

地质找矿科技成果系列丛书之二

矿产地质

国土资源部科技与国际合作司

二〇一二年九月

地质找矿科技成果系列丛书

编委会

主 编：徐绍史

副主编：徐德明 汪 民

编委会主任：钟自然

编委会副主任：姜建军 彭齐鸣 李金发

编 委：（以姓氏笔画为序）

王 昆	王宗起	付 英	白星碧	刘跃进	许大纯
张金昌	连长云	罗立强	郭珍旭	高锦曦	韩子夜
韩和平	熊盛青	谭永杰	鞠建华		

执行编委：（以姓氏笔画为序）

马 岩	马 梅	文 波	王少波	邓 玲	韦延光
兰井志	冉恒谦	史长义	任玉峰	刘凤山	刘 刚
刘 佳	吕振福	孙文泓	孙建华	朱勃霖	齐 华
何凯涛	宋 元	张成强	张学君	张明华	张振华
张振海	张 强	张辉旭	李永胜	李 冰	李 杰
李超岭	李 颖	杨少平	杨日红	杨红霞	杨 玲
屈文俊	岳铁兵	范继涛	柳群义	胡小平	胡 平
胡 欣	赵财胜	赵恒勤	赵春锋	徐志刚	徐 浩
秦绪文	耿树方	聂洪峰	袁桂琴	贾文龙	贾其海
郭宪璞	高林志	黄学雄	黄洪波	葛晓立	谢文卫
谢秀珍					

前 言

为贯彻落实《找矿突破战略行动纲要（2011—2020 年）》（国办发〔2011〕57 号）和“找矿突破战略行动动员部署电视电话会议”精神，保障找矿突破战略行动总体目标的实现，切实依靠科技进步推动找矿突破，加快科研成果转化，充分发挥已有科技成果在找矿突破中的支撑引领作用。

在找矿突破战略行动办公室统筹部署下，我们启动了《地质找矿科技成果系列丛书》编写工作。经各省、自治区、直辖市国土资源主管部门、中国地质调查局、武警黄金指挥部、部其他直属单位、有关学会、协会和高等院校推荐，有关院所组织专家严格把关和专家筛选，编委会审定，科技与国际合作司汇编形成了《地质找矿科技成果系列丛书》。该丛书主要包括：基础地质（21 项）、矿产地质（91 项）、地球物理勘查技术（47 项）、地球化学勘查技术（20 项）、遥感勘查技术（23 项）、地质钻探勘查技术（82）、岩矿测试分析技术（37 项）、矿产资源综合利用技术（90 项）、地质信息技术（25 项）、地质矿产标准规范（166 项）等 10 个方面共 602 项科技成果。

我们深信，《地质找矿科技成果系列丛书》将有助于从事一线工作的地勘人员了解地质找矿科技成果，应用于地质找矿突破，更好地支撑找矿突破战略行动。

藉此机会，我们衷心感谢为《地质找矿科技成果系列丛书》辛勤工作、无私奉献的科技人员和科技管理人员，期望有关单位结合实际情况按照成果汇编中的项目开展科技成果推广活动，并对《地质找矿科技成果系列丛书》不足之处提出批评建议。

内容摘要

《矿产地质》共收集了 141 项成果，分为成矿理论、成矿预测及找矿技术方法、成矿区带研究、金属矿产、非金属矿产、能源矿产和矿产资源战略研究七方面内容。这些成果来源于全国科研、院校、地勘单位的各类研究项目，包括国家重点基础研究计划（973 计划）、国家高技术研究发展计划（863 计划）、国家科技支撑计划、国家专项计划、国土资源大调查计划、国土资源部专项计划、国土资源部深部探测专项计划、全国危机矿山接替资源找矿项目及各省的各类项目。所选项目大多已注明项目来源、性质、完成年限、主要承担单位、主要参加人、项目验收、评审及获奖情况，特别是对于矿产勘查获得的新增地质储量/资源量已经过相关部门的地质储量中心评审认。少数项目虽缺少上述内容，但其成果内容较好，我们也收入其中，便于读者关注查找。有些项目获得了国家及省部级科技成果奖，有些项目通过了省级国土资源厅矿产资源储量评审中心评审。所收集成果在区域上覆盖了我国绝大部分省、市、自治区，内容极为丰富，初步展现了我国矿产地质十年来的成果，为我部实现地质找矿突破战略行动提供了一份有关矿产地质的详实资料。

一、成矿理论

这部分收集了 10 项成果，内容既涵盖了中国成矿体系与区域成矿评价、成矿系统理论、中国特大型矿床的成矿理论等全国性的基础性成矿理论研究成果，也涵盖了区域性的活矿种的成矿理论研究成果，如以中国东部研究为主的成矿作用与大型矿集区预测、以金矿种为研究对象的金矿成矿—找矿系统等成果，内容较为丰富。特别要提及的是“中国成矿体系与区域成矿评价”项目以矿床成矿系列学说为指导思想，从成矿地质背景入手，通过矿床及成矿系列之空间分布、历史演化两条主线，对包括固体金属矿产、非金属矿产和能源矿产在内的 4640 个矿床进行了全面研究，对中国矿产资源成矿规律进行了专题性、区域性和全国性不同层次的系统总结，探索并初步建立了中国成矿体系，提出了区域成矿预测，获得了国家科技进步奖二等奖和国土资源

科技成果奖一等奖。

二、成矿预测及找矿技术方法

共收集成果 21 项，包括成矿预测的理论与实践、找矿评价系统软件及其应用等方面内容。如：成矿预测的理论与实践含大型火山岩型铁铜金铅锌矿床预测和靶区评价技术与应用研究、构造叠加晕找盲矿法在矿山深部预测中的应用、找矿评价系统软件含危机矿山三维信息评价系统软件、矿床模型综合地质信息预测技术方法及预测软件、矿床位置预测系统等成果。这些技术方法的应用已取得了较大的成果，如基于危机矿山三维信息评价系统软件，已通过媒体报道、办理培训班等方式进行了推广，效果显著，已在全国危机矿山找矿专项中开展示范应用工作，已有 20 余个矿山应用该软件开展数字矿山建模、储量估算以及三维成矿预测。

三、成矿区带研究

共收集成果 18 项，主要集中在我国西部和北部的重要成矿区带。包括阿尔泰、天山、北山、东昆仑、西藏班公湖－怒江诸成矿带、以及我国北部与国外交界处的中亚成矿带等。这些项目围绕重要成矿区带进行重要矿产地质调查和矿产勘查以及存在的重大科技问题，开展科技攻关性基础研究和技術方法研究。在开展成矿地质环境、控矿要素、成矿条件、成矿规律、找矿模型等方面取得了一系列丰硕成果，获得国土资源科技成果奖若干项。

四、金属矿产

本类成果是本丛书中收集最多的，共 41 项。包括钛、铁矿、锐钛矿、钒矿、锰矿、铜矿、铜镍矿、铜钼矿、银矿、钼多金属矿、金银矿、铅锌矿、钨多金属矿、锡矿、铝土矿、金矿、锑矿等，其中有关金矿的成果达 14 项，占金属矿产类的三分之一之多。这些成果大部分均提交了资源量，有些还提交了储量，并经过评审。

五、非金属矿产

非金属矿产成果共收集了 20 项，包括红柱石矿、硝石矿、沸石矿、萤石矿、磷矿、高岭土矿、钾长石矿、滨海砂矿、钾盐和盐湖的研究与开发。其中有关钾盐和盐湖研究与开发的成果 8 项，近一半。如：西藏扎布耶盐湖资源评价－矿床成因、地质勘查、动态观察与开发试验项目获国家科技进步二等

奖。扎布耶盐湖资源优势和开发利用技术的突破作为产业化示范工程，2004年10月建成投产，取得了很好的经济效益。新疆罗布泊地区钾盐资源开发利用项目获国家科技进步一等奖。这项成果集盐湖成钾理论、创新技术应用等内容，是勘查与科研相结合的成果，已引起国家的重视，并且快速取得了产业化成果，成为重要的钾肥生产基地，取得极佳的经济效益。2000年罗布泊钾盐开发被列入新疆“十五”规划，国务院批准设立若羌县罗布泊镇。此外，成矿理论研究成果，指导了罗北凹地外围找钾，发现了几个中型规模的钾盐矿床。

六、能源矿产

本类成果共30项，以煤为主，含有少量或个别的煤层气、油气、地热能、铀矿。

七、矿产资源战略研究

本类仅收集了1项成果，但意义重大。该成果针对我国能源资源战略问题开展研究，历时10余年，形成《矿产资源与国家经济发展》和《能源与国家经济发展》2部专著，十多部战略研究报告和数十篇相关文章，建立了涵盖全球矿产资源、矿业公司、资源经济数据库和需求预测模型的全球资源信息系统。揭示了资源消费与经济社会发展之间的一系列相关规律，极大地丰富了资源需求理论。该项研究成果为政府制定战略规划和相关政策起到重要的支撑作用，对企业制定发展规划具有重要参考意义，有关理论也被作为资源经济学的教学内容，同时，该成果对社会各界正确认识我国面临的资源形势、建设节约型社会也具有重要意义。

目 录

第一部分 成矿理论

1. 中国成矿体系与区域成矿评价	(3)
2. 中国特大型矿床成矿偏在性与异常成矿构造聚敛场	(6)
3. 大型矿集区深部结构、成矿流体与成矿预测研究	(11)
4. 深部流体成矿系统	(18)
5. 大规模成矿作用与大型矿集区预测	(21)
6. 以地球动力学演进的理论为指导, 寻找重要成矿远景区(带)	(25)
7. 基于成矿地质环境的金矿成矿-找矿系统	(29)
8. 基于多期叠加脉型金多金属矿床成矿地球化学场时空结构解析的深部成矿预测	(32)
9. 成矿系统理论	(35)
10. 斑岩型成矿理论指导下在古生代岛弧火山碎屑岩背景内矿床的新发现	(37)

第二部分 成矿预测、打矿方法及测试技术

11. 立体地质填图、流体填图技术与深部成矿预测试验研究	(43)
12. 大型火山岩型铁铜金铅锌矿床预测和靶区评价技术与应用研究	(46)
13. 危机矿山三维信息评价系统软件	(49)
14. 矿床模型综合地质信息预测技术方法及预测软件	(56)
15. 矿床位置预测系统	(59)
16. 地质力学矿田构造找矿理论	(61)
17. 构造叠加晕找盲矿法在矿山深部预测中的应用	(63)
18. “三位一体”找矿预测方法	(66)
19. “协优”成矿预测的理论与实践	(68)
20. 隐伏矿体三维定位预测技术方法	(71)
21. “三联式”数字找矿技术与金属矿产资源评价分析系统	(73)

22. 非线性矿产预测理论、方法与软件技术	(75)
23. 矿产资源地球化学模型建立与定量预测研究科技成果	(77)
24. 地质统计学定量找矿分析与评价技术	(80)
25. 安徽省濉溪县前常覆盖区综合找矿方法研究	(82)
26. 地质科学应用程序系统	(84)
27. 矿体侧伏规律在地质找矿的应用	(87)
28. 深海彩色数字摄像技术	(90)
29. 硅同位素地球化学研究新进展	(95)
30. 硫原子量的修订与硫同位素测量基准和尺度的校正	(97)
31. 微区和非传统同位素分析方法及应用研究新进展	(99)

第三部分 成矿区带研究

32. 中亚地区地质矿产对比研究	(103)
33. 阿尔泰火山岩型大型铁矿床找矿靶区预测和评价技术与应用研究	(106)
34. 西准噶尔成矿带构造体系特征及其对成矿作用的控制	(109)
35. 天山铜矿带找矿靶区优选	(111)
36. 新疆北天山西段铜多金属矿找矿方向和勘查模型研究	(114)
37. 新疆哈密市夹白山一带 1:5 万区域地质矿产调查	(118)
38. 新疆西天山及昆仑-阿尔金地区三大成矿远景区铁矿勘查评价研究	(119)
39. 新疆-青海东昆仑成矿带成矿规律和找矿方向综合研究	(122)
40. 蒙-甘-新相邻(北山)地区综合找矿预测与评价	(124)
41. 北祁连山西段镜铁山式铁铜矿床成矿预测和靶区优选	(128)
42. 祁连-龙首山地区镁铁-超镁铁岩与铜镍成矿研究	(132)
43. 青海省金属矿产成矿规律及成矿预测	(135)
44. 青海金矿地质	(136)
45. 班公湖-怒江成矿带西段地质科技找矿新思路	(138)
46. 西藏雅鲁藏布江成矿带铬铁矿找矿部署研究	(140)
47. 西藏当雄县拉屋-嘉黎县同德一带铜铅锌多金属矿评价	(142)
48. 中蒙边境中东段我国一侧铜金银矿床成矿规律与找矿方向	(143)
49. 内蒙古大兴安岭中北段铜铅锌银多金属矿成矿规律与勘查技术示范	(149)

第四部分 金属矿产

50. 内蒙古正蓝旗羊蹄子山-磨石山沉积变质型大型锐钛矿矿床的发现、勘查和研究	(153)
51. 黔东地区南华系锰矿找矿科研成熟找矿理论	(155)
52. 河北省平泉小寺沟地区成矿规律及找矿预测研究	(157)
53. 广东省封开县园珠顶矿区寻找斑岩型铜钼矿床, 实现找矿重大突破	(158)
54. 辽宁凤城青城子铅矿外围金银矿评价	(160)
55. 湘西北地区铅锌富集机理研究	(161)
56. 广东省乐昌市禾尚田矿区钨多金属矿找矿成果好	(164)
57. 贵州省务(川)-正(安)-道(真)地区铝土矿成矿规律与成矿预测	(168)
58. 稳定地台区金矿控矿因素及找矿方向研究	(170)
59. 老挝琅勃拉邦省巴乌县帕奔村金矿构造控矿规律及找矿方向研究	(172)
60. 山东省招远市玲珑金矿田成矿规律和深部外围预测研究	(174)
61. “焦家式”金矿成矿理论	(175)
62. 山东大磨曲家金矿成矿动力学及找矿预测	(178)
63. 河南省灵宝市小秦岭金矿田中深部金矿远景资源调查评价	(180)
64. 小秦岭深部金矿成矿规律与成矿预测	(182)
65. 贵州省水银洞层控卡林型金矿成矿及找矿	(184)
66. 内蒙古架子山 I 区银钼矿深部找矿取得重大突破	(187)

第五部分 非金属矿产

67. 新疆巴州霍拉沟红柱石矿选矿试验研究	(191)
68. 辽宁朝阳天然沸石资源的开发应用研究	(193)
69. 河北省非金属矿产资源调查与评价	(194)
70. 河北省未进矿产资源储量表矿种调查评价	(196)
71. 我国近海海砂资源勘查技术	(198)
72. 滨海砂矿地质勘查方法	(200)
73. 西藏扎布耶盐湖矿床成因、地质勘查、动态观察与开发试验	(202)
74. 西藏自治区仲巴县扎布耶盐湖矿床锂矿详查	(204)
75. 青藏高原第四纪重点湖泊环境演变序列和 20 万年来湖泊气候响应	(206)

76. 我国钾盐找矿规律新认识和新进展	(207)
77. 新疆罗布泊及邻区盐湖钾盐资源评价研究	(209)
78. 新疆罗布泊地区钾盐资源开发利用	(211)
79. 新疆塔里木盆地钾盐大规模成矿条件研究与找矿靶区预测技术研究	(213)
80. 青海别勒滩低品位固体钾盐液化开采的关键技术	(216)

第六部分 能源矿产

81. 新疆三塘湖煤田地质找矿科技成果	(221)
82. 辽宁省铁法煤田外围地质找矿科技成果	(223)
83. 辽宁省煤炭资源潜力评价	(225)
84. 鲁西石炭-二叠系煤层赋存规律和覆盖区找煤方向研究	(227)
85. 福建省“四下”找煤创新研究与应用	(229)
86. 福建省推覆构造理论研究与找矿突破	(232)
87. 煤炭资源评价方法	(235)
88. 新疆伊犁盆地南缘可地浸砂岩型铀矿勘查研究及资源评价	(238)
89. 柴达木盆地油气资源潜力评价	(240)
90. 天津市浅层地热能资源调查	(242)

第七部分 矿产资源战略

91. 矿产资源战略研究	(247)
--------------------	-------

第一部分 成矿理论

中国成矿体系与区域成矿评价

一、内容概述

该项目以矿床成矿系列学说为指导思想，从成矿地质背景入手，通过矿床及成矿系列之空间分布、历史演化两条主线，对包括固体金属矿产、非金属矿产和能源矿产在内的 4640 个矿床（其中典型矿床 535 个）进行了全面研究，对中国矿产资源成矿规律进行了专题性、区域性和全国性不同层次的系统总结，探索并初步建立了中国成矿体系，提出了区域成矿预测。

（1）总结了我国地壳演化与区域成矿关系：以事物螺旋式发展之宇宙观，分出地壳演化的三种构造体制及我国地壳演化的五大发展时段，论述各发展时段特征及与成矿关系

（2）首次全面厘定了我国各时代的矿床成矿系列，编制了一系列数字化基础图件。

①前寒武纪成矿系列图：研究了我国前寒武纪成矿作用。提出前寒武纪共有 14 个矿种 73 处大型、超大型矿产地；划分了与超大陆旋回碰撞汇聚和裂解离散两类地质作用有关的 25 个成矿区带；

②古生代成矿系列图：总结了我国古生代成矿作用。划分了古生代 4 大成矿域、11 个成矿省 36 个成矿区（带）和 4 大矿集区，古生代 10 种大规模成矿作用及岩浆矿床 3 种聚集方式形成的 5 类主要矿床；

③中生代成矿系列图：讨论了我国中生代成矿作用。分析了中生代成矿地质构造环境，划分 2 个成矿域、10 个成矿省、35 个成矿区（带）；提出中生代大规模成矿的时空规律和 11 类成矿作用；

④新生代成矿系列图探索了我国新生代成矿作用。提出了三江地区“两横两纵两斜加一点”成矿集中区分布格局，8 个成矿集中期，在全国范围内厘定了 78 个矿床成矿系列、88 个亚系列，总结了新生代区域成矿规律及大规模成矿的 4 种动力学机制，提出了新生代矿产成矿预测建议。

（3）首次探索并构筑了大陆成矿体系框架。构造环境是成矿体系的基础，区域地球化学和区域地球物理是成矿的显示，矿床成矿系列是构成成矿体系的基本单位，成矿区带是成矿体系的载体，而成矿预测则是成矿体系研究的应用目标，通过矿床成矿系列的构筑揭示地壳运动的基本规律、反演地球演化的历史轨迹，则是成矿体系研究的科学目标。

（4）开发了矿产资源综合信息评价系统（MRAS）。研究和设计了从地学空间数据库—成矿信息提取—信息综合的矿产资源 GIS 定量评价框架，开发了信息提取模型与矿产资源定量评价模型。

（5）编制了我国主要矿产找矿靶区优选图。经与 26 个省（区）专家的研究，提出 803 个成矿预测区，优选出 213 个找矿靶区，45 个靶区验证结果较好，通过与其它项目结合，共发现矿床（矿产地）110 处。

本研究成果极大地丰富和发展了“成矿系列”学说，在理论上有所创新，在实践中得到了验证，为国家提供了一批找矿靶区，并将在今后指导矿产资源勘查和成矿理论研究等继续发挥作用。

二、应用范围及应用实例

中国成矿体系与区域成矿评价部分单位应用效果（截止 2008 年）

实 施 单 位	应 用 效 果
辽宁冶金地质勘查局 联系人：任群智 电话：13709750686	运用成矿系列理论和和综合信息矿产预测理论相结合，2006 年在鞍山黑石砬子铁矿勘查中，获得铁矿资源/储量约 6.1 亿 t，矿权评估价值 4.8 亿元；鞍山市铁砬子山获得铁矿资源/储量约 3 亿 t；本溪徐家堡子经钻探验证获得铁矿 332 + 333 资源/储量 1.68 亿 t，矿权评估 2.78 亿元，是近 20 年来鞍本地区铁矿找矿的最重要突破
中国黄金集团夹皮沟矿业有限公司 联系人：王爱平 电话：0432 - 6742105	前寒武纪专题组在夹皮沟研究工作中提出二道沟、庙岭深部可能存在新矿体，经验证，二道沟金矿深部 600 ~ 1050 m 获得 11 t 金矿储量，庙岭金矿深部新增金矿储量 1 t，夹皮沟本区工程验证也将进行
四川省地质矿产局规划室 联系人：付德明 电话：13699065146	四川昌台-巴塘 Cu、Pb、Zn、Ag、Au 预测区，发现脚根玛大型锡矿 Sn：11.78 万 t（333 + 3341 下同）（平均品位 0.64%）、Zn：12.9 万 t（平均品位 3.12%）；砂西银铅锌矿 Ag：5600.94 万 t（平均品位 361.675 g/t），Pb：120.29 万 t（平均品位 7.757%），Zn：51.56 万 t（平均品位 3.325%）；矿区外围热朗、夏隆、底热也有很好的银铅锌矿前景
四川省地质矿产开发局矿产勘查开发处 联系人：付德明 电话：13699065146	省地勘局攀西地质队、106 地质队、局科研所等单位合作运用成矿系列理论知识和专家经验，在四川圈出铂矿找矿靶区多处，经勘查验证发现米易、新街、会理大岩子、清水河、打矿山等新的铂矿产地，取得较好效益
四川省地质矿产开发局矿产勘查开发处 联系人：付德明 电话：13699065146	在川西圈定的 44 个预测区中，已发现热郎泽（锡铅锌）、兴普勒（锡铅锌）、柴火沟（铅锌）、热隆（锡）、铜场沟（铜）、当隆沟（铜铅锌银）、德拉（金）、扎隆（多金属）、身基岭（锡）、扎瓦拉（铜金银）、打马池觉（铜金银）等矿床，取得很好的找矿效益
山西省地调院 联系人：李德胜 电话：13603516790	前寒武纪专题组在山西中条山地区工作，提出的找矿预测意见，取得较好效果：1. 坪坪沟铜镍矿。对一条矿化体进行揭露，矿长 170 m，延伸 60 m，平均厚 3.02 m，尚未完全控制；2. 在同善地区圈出与基性岩有关的 11 个铜矿小矿体，待验证；3. 在黑崖底云英岩中发现铜矿峪型铜矿体。经验证，两孔见矿，厚度分别为 6.81 m 和 9.90 m（品位 > 0.3%）；4. 对上玉坡-胡家峪找矿工作提出建议
山西省地质矿产勘查开发局二一四地质队 联系人：陈平 电话：13934561375	在中条山南端黄狼沟、花豹沟、坪坪沟、白峪口等预测区，经工程验证找到与变质岩有关的新类型铜矿，使中条山铜矿接替有望
山西地球物理化学勘察院 联系人：陈平 电话：13934561375	应用矿床成矿系列理论，在中条山南段埠埠沟、白峪口进行预测，找到了与变质超基性岩有关的新类型铜矿，使中条山铜矿资源接替有望

续表

实 施 单 位	应 用 效 果
贵州省地质矿产勘查开发局 贵州省地质调查院 联系人：王砚耕 电话：13984898005	子专题以地调项目为依托，细化了贵州成矿区带的划分，取得较好的找矿效果，如威宁银厂坡、赫章长坪子发现大型铅、锌、银矿产各一处，西溪堡锰盆地中隐伏菱锰矿，经验证规模可达中型以上。贵州银厂坡（预测区119号），与会泽麒麟厂地质条件相似，在施工2000 m坑道中见到富铅锌银矿铅锌资源/储量达65万t，赫章长坪子也相继见资源/储量达50万t以上，两处合计105万t，正在建厂开采
甘肃省地质矿产勘查开发局 联系人：张新虎 电话：0931-8763268	子专题与地调工作结合发现甘肃玉山钨矿和华窑山钨矿，取得较好效果
青海省地质矿产勘查开发局地矿处 联系人：任家琪 电话：13099776966	子专题与地勘工作结合，扩大了纳日贡玛-众根涌大型铜、钼矿床，发现了具大型规模的然者涌铅锌银矿床及中型四荣铜矿床
云南省地质矿产勘查开发局 联系人：张翼飞 电话：13700694065	子专题与地质工作结合，为扩大麒麟厂铅锌矿，北衙金矿找矿潜力提供了重要信息。云南拖布卡金矿是云南省主要成矿系列研究（k1.4-2-1-22）圈定的预测远景区，后由云南地质一队工程验证见矿，求得金矿资源/储量7.6t，目前扩大到287t，成为超大型金矿床
安徽地调院 联系人：杜建国 电话：13956062283	在江南隆起区发现了两个中型钨钼矿（大于2万t钨、大于1万t钼），此外申请各类项目获得各类勘查资金1500万元以上
江西省地质矿产勘查开发局 赣南地质队 联系人：许建祥 电话：13979726723	在崇（义）——（大）余——（上）犹矿集区的九龙脑岩体北东部实施的地勘项目，新增（122b+333+3341）资源/储量钨8.43万t，其中（122b+333）3.56万t，使其跃升为与大吉山、盘古山等大型矿山齐名的重矿床，并且预期该矿床及外围远景资源超过20万t。此外天门山岩体南部、红桃岭岩体东南部也都有新的发现，进一步勘查正在进行中

三、推广转化方式

项目通过与省局地勘单位、科研院所、高校密切合作，共同完成。执行期间及时进行会议交流、人员培训、技术咨询和现场服务等方式进行成果推广与转化。

技术依托单位：中国地质科学院矿产资源研究所

联 系 人：王登红

通讯地址：北京西城区百万庄路26号

邮政编码：100037

联系电话：13021121745

电子邮件：wangdenghong@vip.sina.com

中国特大型矿床成矿偏在性与 异常成矿构造聚敛场

一、内容概述

1976 年南澳大利亚庞然大物奥林匹克坝（OLYMPIC Dam）以及 80 年代滨太平洋一系列超大型铜矿、金矿的发现导致了地球科学界和矿业界全球性地对寻找和研究超大型矿床的关注。特大型矿床对一个国家国民经济的重要影响及它带来的巨额利润，驱使政府决策部门和矿业公司加大投资力度，80 年代以来，西方国家的矿床学界在矿业经济形势的影响下，特别提出对特大型矿床进行研究的重要性。1987 年国际地球物理与大地测量大会提出将超大型矿床的全球背景作为 90 年代固体地球科学 12 个重点研究课题之一。这一切鼓舞了矿业界对之勘察的热情和研究兴趣。寻找特大型矿床，使之成为国家新的经济增长点，已成为政府、矿业公司和地学科技工作者的共识，对特大型矿床的研究已成为近年来国际矿床学界的热潮，亦是国际矿业界开展矿产勘查活动的热点。90 年代以来一些矿业大国，如澳、加、美、俄、巴西都在不约而同地围绕超大型矿床开展不同层次的研究工作。“八五”期间我国也及时提出国家攀登项目 A-30 “与寻找超大型矿床有关基础研究”，以科学院为首立项。本项目的立项背景是根据前地质矿产部部长朱训的远见卓识提出地矿部应及时开展具重大经济意义的特大型矿床预测的建议，并经向部学术委员会申请答辩后而立项的。之后，本项目又继“九五”国家攀登计划 B-34 “找寻难识别及隐伏大矿、富矿的新战略、新方法、新技术基础性研究”的实施建立了“难识及隐伏大矿、富矿资源潜力的地质评价”课题（85B34.02）。前一项目是特大型矿床成矿的基础研究，后一课题是研究找矿方向的继续，两者是相辅相承的。

详细科学技术内容：

（1）系统地研究和总结了全国与特大型矿床有关的前寒纪地块、古亚洲、秦祁昆、特提斯-喜马拉雅和滨西太平洋五大成矿域的成矿背景，并在广袤的构造背景中聚焦出 30 个可能具特大型矿床成矿远景的成矿堆积环境。

（2）首次在全国建立了贯通不同成矿地质构造背景和主要成矿堆积环境的北部、中部和南部三大走廊式区域成矿大断面（RMT）（与已有的 13 条地学大断面相呼应），并在走廊断面的成矿堆积环境中建立了 23 个区域矿床柱模式（CODM），从而构筑全国的点（柱模式）、线（走廊大断面）和面（构造背景）三度空间的特大型矿床成矿图景，为深入认识我国特大型矿床的三维（3D）区域成矿规律及在时、空上矿床类型和金属组合的成矿偏在性奠定了科学研究基础。

（3）全面地研究和总结了全国与特大型矿床有关的中国大陆地球物理场；系统地编制了全国地震测深、地壳—上地幔、岩石圈地幔、中国大陆及软流圈地幔剪切波速图，岩石圈地幔厚度和中国大陆地壳上地幔构造图；论述了软流圈、岩石圈地壳结构和变形；提

出了地球物理场控矿性以及地学大断面（GGT）和区域成矿大断面（RMT）的成矿关系，提出重磁异常交汇、地-磁-电-震推断深断裂、地震垂向低速带和岩石圈地幔减薄与特大型矿床成矿的可能性。

（4）本项目选择8个代表性特大型矿床，深入研究了它们为什么偏爱产出在现存构造位置上，并创造性地提出8个特大型矿床成矿偏在性：①白云鄂博铁-稀土-铈矿床是在中元古代陆缘裂谷中同成矿生长断裂的成矿堆积环境中，形成含超大量挥发组分偏碱性深源碳酸岩浆喷流，以及叠置后期构造-岩浆长期持续作用而形成巨量金属偏在堆积；②西城厂坝-李家沟铅锌矿床是在前寒武纪地块基底盖层的古生代同成矿拗陷的堆积环境中，含矿热卤水与碳酸盐岩为主的碳、硅、泥容矿岩石的多旋回有机组合和可能存在的岩体热驱动流体流，形成金属偏在喷流而巨量堆积；③金川铜镍硫化物矿床是在陆缘裂谷深断裂的深部共源岩浆库中，铁镁质岩浆熔离，并发生多旋回补余熔离效应的复式矿浆贯入体，从而形成小岩体而能巨量金属偏在堆积；④柿竹园钨锡钼铋矿床是在扬子与华夏陆-陆碰撞造山期后及滨西太平洋构造-岩浆作用的高热Be、Li、F的BLIF花岗岩环境中，发生共源岩浆动态持续长达100 Ma补余分异效应，从而形成超强烈双模式蚀变（夕卡岩-云英岩化），多期成矿的巨量金属偏在堆积；⑤锡矿山单金属锑矿床是在前寒武纪地块高锑丰度地球化学块体基底的古生代盖层中，发生同不协调褶皱、同成矿断裂、同角砾岩化“三同”控矿和古地热趋动的喷流沉积而形成巨量金属堆积；⑥大厂锡石硫化物多金属矿床也是在高丰度亲石金属元素地球化学块体基底的古生代盖层中，首先形成火山硅质-钙质岩容矿的喷流成矿基本条件预备，再受晚期构造-岩浆作用而形成“广义锡石硫化物”的多期超巨量多金属堆积而偏在成矿；⑦攀枝花钒钛磁铁矿是在大陆边缘裂谷早期阶段与地幔柱有关，沿同成矿断裂发育的偏碱性辉长质岩浆，在高氧逸度条件下铁钛氧化物早期结晶与岩浆断续补给而形成强烈震荡的补余分异而形成超巨量金属偏在堆积；⑧扎布耶盐湖锂硼矿床是在新一代高原泛河湖早期成矿条件下，发生新构造断陷而形成多阶（不同高差）湖，受地貌驱动泛河湖的初始成矿物质汇流在最晚、最低阶湖（扎布耶）而形成巨量金属偏在堆积的。

（5）根据成矿地质构造背景、代表性矿床成矿偏在性和特大型矿床异常成矿的概念，按地质历史演化及综合控矿因素动态汇聚的耦合性，我们提出：①太古宙-古元古代同剪切变形；②元古宙-古生代同不协调褶皱、同生长断裂、同角砾岩化；③中生代构造岩浆作用“行”、“列”、“汇”组合；④新生代多阶湖汇流等四个“异常成矿构造聚敛（场）”控矿，为在全国五大成矿地质构造背景和30个有利成矿堆积环境中进行特大型矿床战略预测提供了新的地质依据。

（6）较系统地研究和总结了特大型矿床痕量元素和稳定同位素地球化学特征，探讨了特大型矿床主要类型的成矿物源的亲缘性和变异性，以及成矿预测的可能性。

（7）首次编制了1:3500万世界特大型矿床分布地质图，包括58个国家的铁、锰、铬、镍、铀、铜、铅、锌、铝、金、金刚石、钾盐、硫、磷等14种矿的273个矿床（中国30个）。较系统地分析了国外17个特大型矿床的全球找矿统一性、一个区域或国家的特殊性和产出的偏在性，通过与中国特大型矿床共性和特殊性的对比，提出中国独特的特大型矿床有白云鄂博式、柿竹园式、锡矿山式、西华山-大吉山式、金顶式；具中国特色的有广义花岗-绿岩型金矿（焦家-玲珑式），广义锡石硫化物型铜锌、锡、（钨、）铅、

锌、汞、锑矿和金川硫化铜镍矿；从姻袭成矿的特大型矿床变异相和衍生相对比的视角，拓宽了中国具有找寻世界级特大型矿床的可能性，并据之首次在中国预测了特大型矿床“姊妹矿”的先兆产区。

(8) 根据特大型矿床成矿构造域、堆积环境和异常成矿构造聚敛控矿模式以及特大型矿床衍生和变异性进行了战略性预测：①华北地块北缘中段的冀北、冀东和辽西三个成矿构造地段深部应寻找花岗岩型和火山岩型、铁硅建造型金矿，特别是克利普-克瑞克碱质火山岩型特大型矿床；②怀玉山-武夷山应寻找与陆缘火山-侵入岩链有关的浅成低温斑岩型金、铜矿床以及陆内碰撞的斑岩锡矿床；③长江中下游应寻找多位一体的宾厄母式斑岩矿床；④西昌-滇中应探索发现奥林匹克坝型 U、Cu-Au-Ag 矿床的可能性；⑤新疆天山应以穆龙套金矿为突破重点；⑥对 8 个代表性特大型矿床都分别预测了新的成矿趋向；⑦提出了深部构造作用（过程）是成矿发动的“引擎”、表壳有利控矿构造是成矿的“温床”，深部与表壳的有机响应或最佳耦合是形成特大型矿床的关键，事件地质激发异常成矿是关键的“基因”。

(9) 在继特大型成矿预测研究之后开展了难识别及隐伏大矿、富矿资源潜力地质评价的新方法：①“景”、“场”、“相”、“床”四个等级体制成矿评价法。异常成矿构造聚敛（场），仅是特大型矿床成矿的有利场地准备，进一步的靶区预测还必须在聚敛（场）中研究“金属成矿相”，即成矿流体流的物、化相对平衡条件。②矿床（点）等密度图及评价预测。大量矿床（点）自然产出密集区分布趋势研究，更能客观地反映矿床产出规律，是一种以就矿论矿为主的评价方法。③衍生矿床导向与成矿轨迹评价预测是对已知矿源体（层）或矿床（点）受不同成矿作用而派生的新的类型矿床的预测，关键在于衍生矿床类型的划分和衍生成矿路径（轨迹）的综合分析。④矿床密集区形成理论评价预测。是从研究成矿物质供应源丰度而评价成矿远景的重要方法，应用初始地壳金属丰度分析，提高预测成果的科学性，也为其他预测方法，尤其是衍生矿床导向法和三源成矿法提供了衍生源和物源理论依据。⑤“三源”交代热液成矿理论评价预测。强调热液矿床的分布在很大程度上决定于热液的来源，或者决定形成热液的矿源、水源和热源的规模、位置及耦合程度。⑥伸展盆地演化评价预测，是评价卡林型金矿成矿远景区重要方法，盆地中央沉降带和推覆构造交汇是微细粒金矿及该类型矿床受控成矿的普遍属性。⑦铅同位素化探方法与区域和深部隐伏矿评价预测。以变革数据处理方法获得铅同位素三维空间拓扑投影特征值 V。不仅能应用其区域分布的急变带评价区域成矿远景，而且其系统剖面 V 值能预测矿体可能赋存部位和总矿量，它将是结合其他化探方法和地质方法进行成矿预测的重要新技术。

主要创新点：

(1) 以五大区域成矿背景（RMS），三条走廊式区域成矿大断面（CODM），23 个矿床成矿柱模式，按面、线、点三度空间的特大型矿床立体成矿图像，应用成矿作用 $3Dt_{0-n}$ 的成矿轨迹研究国内特大型矿床的地质背景和成矿远景是国内首创。

(2) 按特大型矿产出的金属组成、矿床类型、成矿时代和成矿背景的成矿专属创新地提出特大型矿床成矿偏在性（prefrentiality）及其随地质历史演化在晚太古代发生氧大气变态（Oxyatamaversion）、中元古-古生代发生还原大气变态（Redoxyatmaversion）和中-新生代发生构造圈热侵蚀（Tectonosphere thermoerosion）三大地质事件激发正常成矿发生异

常，并形成异常成矿构造聚敛场（Exceptional metalatect convergent）控制超巨量金属工业堆积是创新思维。

（3）应用等级体制成矿、矿床（点）密集区的内部结构、衍生矿床导向成矿轨迹追踪、“三源”交代热液成矿、伸展盆地演化和铅同位素化探方法是对难识别及隐伏大矿、富矿资源潜力地质评价的新方法。

（4）应用烟袭亲缘成矿概念，探讨特大型矿床的衍生性和变异性，开展对特大型矿床“姐妹矿”或“父子矿”的找寻，拓宽了特大型矿床类型的对比和找矿范围。

（5）较广泛地对进行全球有代表性特大型矿床的对比，提出了全球成矿的统一性，一个国家和地区的特殊性，以及其成矿的偏在性，发展了比较矿床学。

二、应用范围及应用实例

属地矿部“八五”“特大型矿床形成地质背景和预测”和“九五”国家攀登计划“找寻难识别隐伏大矿、富矿资源潜力地质评价”新战略、技术方法的基础—应用基础研究。主要内容：以“异常成矿”新思路研究特大型矿床具有成矿“偏在性”，并受控于“异常成矿构造聚敛（场）”。通过对中国8个特大型矿床产出的5大成矿构造域、30个成矿堆积环境及物、化背景，结合三条走廊式成矿大断面及支撑该大断面的23个矿床柱模式为经纬，勾画出中国特大型矿床分布的“景”、“场”、“相”、“床”立体图象及三维演化趋势；创新性地提出太古宙-古元古代同剪切变形、元古宙-古生代“三同一体”、中生代“行”、“列”、“汇”和新生代多阶湖汇流（近代盐湖型矿床）4大异常成矿构造聚敛（场）控矿新概念。针对难识别及隐伏大矿成矿特点提出：①“景”、“场”、“相”、“床”四个等级体制成矿；②矿集区矿床（点）聚类分析；③衍生矿床导向、成矿轨迹追踪；④“三源”交代热液成矿；⑤伸展盆地演化；⑥铅同位素化探等对深部隐伏矿预测法。特点：立足国内独具特色的八个特大型矿床，对比全球58个国家273个矿床，通过成矿共性、特殊性和偏在性的比较，创新地应用烟袭成矿找寻特大矿床“姊妹矿”，拓宽了找矿方向。在应用推广方面：对冀北小营盘-东坪、冀东马兰峪-金厂峪-峪耳崖、辽西排山楼-小塔子沟-迷力营子-金厂沟梁、怀玉山-武夷山-赣南、长江中下游九江-瑞昌、西昌-滇中、天山-阿尔泰、滇黔桂、东川-金平-元阳等九个远景区作了战略性预测，其中除对冀西北、冀东金矿和金平龙脖子铜矿的预测经验证见矿外（见证明），首次应用衍生成矿规律预测了世界级的奥林匹克坝和木龙套两个特大型矿床在国内可能发现的先兆产区。

超大型矿床的发现和证实需要大量勘查工作之后，不是几年的事。例如加拿大萨德贝里特大型硫化铜镍矿床，自发现后约近百年才找到沃依斯湾。本项目目前的应用应以立论是否创新和受到社会关注为主。首先是前地质部长朱训、顶尖科学家涂光炽和张炳熹都在序言中肯定本著作是“新的、更大的贡献”，是“将引起研究者和决策者更多的关注”，是“首次探讨特大型矿床异常成矿的”。其次是在国外取得广泛影响：以裴荣富为首席召开特大矿为主题的第八届国际矿床成因协会（IAGOD），以异常成矿观点建立IGCP-354和“大-超大型成矿图和全球成矿”国际项目；31和32两届世界地质大会（IGC）均聘其为“大型铁矿成因”和“大-超大型矿床成矿”讨论会主持人，并作异常成矿专题报告；即将在俄罗斯、挪威召开的12届IAGOD和33届IGC均将以裴为主持召开以异常成矿为主题的研讨会。第三是在国内外发表论文50余篇，专著3本，国内引用43次，SCI

登录 7 次；第四是查新结论在国内外未见重复研究；第五是成果鉴定达到国际先进水平；最后应用在对龙脖子铜矿，衍生矿床导向对张家口金矿、马兰峪隐伏金矿和大厂锡矿等预测均经验证见矿。另外，对西昌-滇中地区预测的变异相奥林匹克坝和在新疆预测的木龙套金矿应是先兆成矿预测的创新。

三、推广转化方式

本研究成果的社会效益最为显著，成果中创新提出的事件地质激发异常成矿、超大型矿床成矿偏在性、异常成矿构造聚敛场，成矿作用 $3Dt_{0-n}$ 、等级体制成矿、表壳“行、列、汇”控矿构造样式、侵入岩的“体中体”成矿、“层中层”、“盆中盆”的赋矿、“构造的构造”控矿，不但在国内广泛引用，而且在 31、32 两届国际地质大会上均作为专题安排讨论，特别是以异常成矿的学术观点在自然科学基金建立了面上的基础研究项目，2006 年在俄罗斯召开 12 届 IAGOD 会议和 2008 年在挪威召开 33 届国际地质大会也将安排岩石圈超巨量金属堆积研讨会。社会效益已获国内外广泛影响。

技术依托单位：中国地质科学院矿产资源研究所

联系人：裴荣富

通讯地址：北京西城区百万庄路 26 号

邮政编码：100037

联系电话：010-68999034

电子邮件：peirf@sohu.com

大型矿集区深部结构、成矿流体与成矿预测研究

一、内容概述

解决资源问题，必须拓展资源勘查深度，创新成矿理论和勘查技术。长江中下游成矿带是我国东部的“工业走廊”，对“长三角”的经济发展具有举足轻重的意义。对长江中下游深部的成矿潜力，早在上世纪 90 年代就有专家预测：长江中下游之下存在“第二个长江中下游”。那么，究竟深部“第二成矿带”在哪里？它的深度有多深？空间范围多大？深部主要有那些成矿系统和矿床类型？这是制约长江中下游深部找矿取得突破的关键问题。为突破上述问题，国土资源部于 2000 年设立科技专项研究计划“大型矿集区深部精细结构与含矿信息”，从控矿结构和成矿系统解剖两方面探测入手，研究深部控矿构造的空间分布，成矿系统类型和时空结构，预测深部成矿靶区，为我国东部深部找矿提供理论和技术支撑。

该项成果主要来自以下项目：国土资源部科技专项研究计划（2000～2003）“大型矿集区深部精细结构与含矿信息”（编号：20010103）；地质大调查项目（2001～2003）“1:5 万铜陵地区蚀变-流体填图试点”（编号：DKD2102017）；地质大调查项目（2004～2005）“大型矿集区深部精细结构与成矿预测研究”（编号：1212010561607）。

该项成果获得 2008 年度国土资源科学技术奖二等奖，主要完成人：吕庆田，侯增谦，邓军，杨竹森，常印佛，裴荣富，蒙义峰，杜建国，徐文艺，王庆飞，史大年，曾普胜，迟清华，黄定华，赵金花。

成果简介：

项目以长江中下游成矿带的铜陵矿集区为主要研究对象，从地壳结构和成矿系统两方面入手，以探测技术为先导，采用多学科交叉、多技术融合分析的技术路线，直接探测深部控矿结构和深部动力学过程留下的痕迹，提取深部过程信息，发现深部容矿层，揭示成矿系统的时空格架，为深部找矿提供理论依据，为创新陆内成矿理论提供新的信息。项目实施过程坚持技术与理论研究的融合，成矿系统结构与物质研究的结合，强调综合信息的运用和多学科的交叉，强调野外实际调查资料的获取和综合，以技术进步推动成矿理论的创新和国家深部找矿目标的实现。主要研究成果：

1. 铜陵矿集区地壳结构的反射地震探测，取得一系列重要发现。极大地深化了对矿集区深部结构、成矿动力学过程的认识

项目在铜陵矿集区部署了 60 km 的深反射地震探测，剖面穿过了繁昌火山岩凹陷、铜陵隆起、宣南拗陷和扬子克拉通，经过使用最新的处理技术，取得了一系列重要发现：

（1）铜陵矿集区地壳总体呈双层结构，厚约 31～33 km。下地壳厚度变化较大（10～20 km），且内部结构复杂，矿集区北部下地壳（4～11s，TWT）呈现多组倾向相反的“层

状”强反射，认为这是伸展环境下玄武岩浆多次底侵的直接证据。岩石元素和同位素地球化学研究表明，铜陵矿集区中酸性侵入岩具有与埃达克（adakite）岩石类似的地球化学特征：高 Al_2O_3 ，Sr，Sr/Y，La/Yb，富钠和低 Y，Yb。佐证了铜陵成矿岩浆源于底侵作用导致地下地壳物质熔融，并在源区发生强烈的岩浆混合作用，形成铜陵矿集区燕山期初始含矿岩浆。

(2)、发现铜陵矿集区北部上地壳（4-7s，TWT）存在向南倾斜的巨型强反射带，证实矿集区上地壳存在巨大规模的拆离带，并且由北向南逐渐变深，与上下地壳之间的反射相连。该拆离带为岩浆侵入和岩浆房发育创造了空间条件，从而使矿集区下形成巨型穹隆状岩基。

(3)、发现铜陵矿集区上地壳出现复杂的弧形反射，在复杂弧形反射下方出现反射透明区，解释为浅部巨型岩浆房的存在。铜陵矿集区出露的岩体深部可能与巨型岩浆房相连，或是巨型岩浆房演化的产物，证实了矿集区从壳幔边界到地表存在多级岩浆房。遥感解译与数值模拟结果表明，始于浅部巨型岩浆房的岩浆侵入活动，整体上呈“深部在中间集中，浅部向两侧扩散”。该巨型岩浆房从根本上控制了铜陵矿集区燕山期构造-岩浆-热液成矿作用。

2. 铜陵矿集区盖层及主要容矿层的综合地球物理探测，揭示出盖层的精细结构，发现主要容矿层位（五通顶板）的深度及空间形态，对该地区深部成矿预测提供了重要依据，指明了深部找矿方向

“层位+岩体”是铜陵矿集区的重要找矿模式，因此查清主要容矿层位及岩体的深部延伸及形态对深部成矿预测十分重要。项目在冬瓜山矿床南侧部署了3条以反射地震为主的综合地球物理剖面，揭示出盖层及部分岩体的精细结构。

(1) 发现铜陵青山背斜深部主要地层界面和容矿层位的深度和形态，包括泥盆五通砂岩顶板，奥陶灰岩与志留砂岩界面和基底界面。本区主要容矿地层五通顶板深度在1~2 km之间变化，大致呈复背斜形状，与地表的青山背斜相吻合。经安徽国土资源厅钻探验证，在1474 m处见到五通顶板，并见到4 m多厚的黄铁矿层，金、铜含量远高于背景值，证实该层位为重要的矿源层。

(2) 首次使用 REFTEK-125 在金属矿区开展首波层析试验，获得地下1000 m精细速度分布，反映出地层、小岩体和岩枝深部延伸的细节变化。

3. 首次进行了流变实验和数值模拟研究，初步揭示了铜陵矿集区浅部地壳变形历史、应力状态演变及岩浆-流体驱动机制

(1) 流变实验、数值模拟及遥感解译结果显示，印支-燕山期铜陵地块经过“挤压-剪切-旋转-拖带”四步不同性质的变形过程，形成了不规则边界、角顶部的“拖带盆地”和复杂的三维变形场。北东向延伸的“S”褶皱群及伴生断裂系组成了燕山期铜陵矿集区区域性导流与控矿网络的基本成分；北西向走滑断裂沟通深、浅部通道，北东向顺层滑脱则分隔不同层次；褶皱顶部的南北向次级断裂形成浅层容矿构造，北东向逆冲断裂屏蔽流体贮存。

(2) 矿集区燕山期岩浆流体活动可划分为三个主要阶段，在初期阶段，区域中部拉伸，深源岩浆房中岩浆流体上侵形成浅部岩浆房；中期阶段，浅部岩浆房中的含矿岩浆沿北西向断裂与北东向逆冲断裂向上运移；后期阶段，成矿流体中加入大气降水与地层水，

在区域控矿网络中由中央向四周迁移,并最终在不同层位和不同局部分别汇集成矿。

4. 首次尝试性地开展了铜陵矿集区蚀变-流体填图,提出“蚀变-流体填图”的方法体系,初步建立了区内四套流体系统,完成了我国第一幅区域流体地质综合信息图

(1) 蚀变-流体填图方法体系的建立。蚀变-流体填图以流体活动形成的流体记录为对象,依据流体演化同源性概念,将不同时期流体来源不同的流体记录分别提取、归并为不同的填图单位,并将其真实地填绘于地质图上,借以阐明区域内流体活动的相互关系和时空演化,查明不同时期流体的性状和活动机制。蚀变-流体填图要素包括填图对象、填图单位和图面表达方式。填图对象为流体活动形成的各类蚀变岩、接触热变质岩、充填脉体、隐爆角砾岩和化学沉积岩等流体记录。填图单位为流体系统-流体子系统-流体单元构成的三级等级体制,其中,流体单元是最小的填图单位,由同一时期形成的一套具有相同流体来源、相似产出环境的流体记录组成,根据流体记录的矿物成分和结构构造不同,可以分出不同的相带;流体子系统为基本的填图单位,由多个在空间上紧密相关、在时间和流体来源上具有演化和亲缘关系的流体单元组成;流体系统为最高一级的填图单位,可包括一个或多个在特定的地质历史发展阶段形成的流体单元,且这些流体单元在成因上具有相似性或密切联系,在空间上分布于同一个构造单元或构造-岩浆岩带。图面表达方式:流体系统用不同颜色色调表示,流体子系统用不同充填颜色的饱和度表示,流体单元用不同的符号和代号表示。对于规模较小的流体记录,只扩大表示具特殊意义者;对复杂地段,可以大比例尺插图形式表示。

(2) 通过在铜陵矿集区开展蚀变-流体填图示范,确定了4个流体系统、7个流体子系统和18个流体单元:①海西期喷流沉积流体系统(C_2-P_1)以海底喷流-沉积为特征,包括新桥和青阳山2个流体子系统。新桥子系统(C_2X)发育于中石炭世,以形成黄龙组底部的块状黄铁矿层为特征,包括通道单元(C_2Xc)和化学沉积单元(C_2Xp)。青阳山子系统(P_1Q)发育于早二叠世,以形成孤峰组内的硅质岩及含锰岩石为特征,包括通道单元(P_1Qc)和化学沉积单元(P_1Qp)。②燕山期岩浆流体系统(J_3-K_1)与中酸性岩浆侵入活动密切相关,包括狮子山、凤凰山和沙滩角3个流体子系统。狮子山子系统(J_3S)与石英二长闪长岩密切相关,以发育夕卡岩为特征,包括浆夕卡岩单元(J_3Smsk)、接触交代夕卡岩单元(J_3Ssk)、层夕卡岩单元(J_3Slsk)、热变质单元(J_3Sm)和热液单元(J_3Sh)。凤凰山子系统(K_1F)与花岗闪长岩密切相关,以发育夕卡岩为特征,包括接触交代夕卡岩单元(K_1Fsk)、热变质单元(K_1Fm)和热液单元(K_1Fh)。沙滩脚子系统(K_1S)与中酸性侵入岩体密切相关,以中高温热液蚀变及浸染状黄铜矿和辉钼矿化为特征,主要发育于岩体内,局部使接触带附近的夕卡岩也受到蚀变交代,包括蚀变单元(K_1Sa)和爆破角砾岩单元(K_1Se)。③燕山期火山流体系统(J_3-K_1)与中酸性火岩活动密切相关,主要分布于繁昌火山岩盆地内,包括蝌蚪山子系统(K_1K),目前仅包括一个蚀变单元(K_1Ka)。④燕山晚期中低温热液流体系统($K_1?$)主要表现为沿断裂活动的中低温热液,常伴生有金银矿化,分布于铜陵断块内,目前只建立一个鸡冠石流体子系统(K_1J),以中低温热液充填断裂裂隙,并对围岩进行交代蚀变为特征,包括充填单元(K_1Jf)和蚀变单元(K_1Ja)。

5. 详细解剖了铜陵矿集区海西期喷流沉积流体子系统，证实其形成 SEDEX 型块状含铜黄铁矿矿床

海西期喷流沉积流体系统中的新桥喷流沉积流体子系统包括海底喷流沉积单元和通道蚀变单元。

(1) 海底喷流沉积单元：为流体系统向海底的喷流和沉积部分，以发育块状硫化物、喷气岩、热液角砾岩和热水环境沉积岩等流体记录为特征，其中以块状硫化物最为发育，构成喷流沉积单元的主体。块状硫化物赋存于上石炭统黄龙组的底部，呈似层状、透镜状和丘状与上下地层整合产出，矿物组合以胶黄铁矿和各种粒度的晶质黄铁矿为主，另有少量黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、辉铜矿和自然金、银金矿等；具有明显的分带性，黄铜矿、自然金和银金矿常呈星散状分布于块状硫化物层的中下部，而方铅矿、闪锌矿和辉铜矿常组成小规模透镜体分布于块状硫化物层的上部。喷气岩主要有硅铁质岩、菱铁矿岩、重晶石岩和硬石膏岩，大部分产于块状硫化物层的上部。硅铁质岩由微细粒针铁矿、赤铁矿和石英组成，呈透镜状和筒状；菱铁矿岩呈透镜状和似脉状、不规则团块状产出；重晶石岩呈条带状、透镜状产于块状硫化物层的中上部，或呈似层状与块状硫化物同层位单独产出；硬石膏岩呈透镜状和似层状分布于块状硫化物层的上部，后期常被岩浆活动形成的矽卡岩所交代，但残留的条纹条带状构造仍指示其为喷流时期的产物。热液角砾岩呈似层状位于块状硫化物层的上部，棱角状的角砾以黄铁矿为主，杂有少量砂岩和重晶石岩角砾，被胶状黄铁矿和石英胶结。热水环境沉积岩主要有纹层状黄铁矿白云质泥岩和含锰泥岩，纹层状黄铁矿白云质泥岩呈似层状产于块状黄铁矿层之下，由黄铁矿纹层和白云质泥岩纹层相间排列构成，受燕山期岩浆活动的影响，常变为纹层状硫化物蛇纹石（滑石）岩；含锰泥岩分布于块状硫化物的周围。

(2) 底板流体蚀变单元：位于块状硫化物层之下的上泥盆统和志留系碎屑岩中，为流体系统在底板岩系中循环对流和向上运移的通道，以发育区域规模的流体蚀变为特征，形成大范围展布的蚀变带和脉体群。在上泥盆统五通组砂岩中，构成总体呈似层状展布的蚀变带，与地层整合产出，蚀变类型在石英砂岩层中为硅化和绢云母化，在粉砂岩层中为绢云母化和叶蜡石化，伴有浸染状和细脉状黄铁矿化。在志留系碎屑岩中，流体主要沿断裂和裂隙充填，构成切层的脉体群，并在断裂穿切长石砂岩（中志留统）地段形成较宽的蚀变带，近断裂处以硅化和浸染状黄铁矿化为主，远断裂处以绢云母化为主。在志留系碎屑岩的底部，流体活动引起强烈的硅化和黄铁矿化，形成与地层半整合的似层状蚀变壳。上述不同层位的流体蚀变带和充填脉体群，在空间上是紧密相关的，由志留系底部的半整合似层状蚀变带，经过中上志留统中沿断裂充填的脉体群，到上泥盆统的顺层蚀变带，最后形成块状硫化物，构成一个完整的喷流沉积流体系统的流体运移路径。据此将底板流体蚀变单元的蚀变结构概括为：上部为顺层蚀变带，中部为切层脉体群，下部为半整合似层状蚀变带。

(3) 硫同位素组成：硫酸盐的 ^{34}S 值范围为 $11.2\text{‰} \sim 22.8\text{‰}$ ，平均值为 18.2‰ ，与 Sangster (1976) 统计的石炭纪海水硫同位素组成一致，反映喷流沉积形成的硫酸盐主要为海水硫来源。以黄铁矿为主的硫化物 ^{34}S 值分布范围较宽，为 $-31.8\text{‰} \sim 20.0\text{‰}$ ，但绝大多数样品分布在 $1\text{‰} \sim 7\text{‰}$ 之间，众数值为 4.0‰ ，其与硫酸盐的 ^{34}S 平均值相差约 14.2‰ ，与 Sangster (1976) 统计的非火山环境喷气沉积块状硫化物矿床的硫同位素组成

比同时代海水硫同位素组成平均低 13.9‰相吻合,说明铜陵矿集区海西期喷流系统形成的黄铁矿,其硫主要来源于循环海水硫的无机还原。

(4) 喷流沉积旋回:海底喷流沉积单元形成的流体记录,在垂向上可识别出三个完整的喷流沉积旋回,每个喷流沉积旋回的下部为块状硫化物组合,中部为含黄铁矿、水蛋白石结核的纹层状泥岩与透镜状黄铁矿组合,上部为菱铁矿岩、硅铁质岩组合,构成块状硫化物→含黄铁矿泥岩→菱铁矿和硅铁质岩的喷流沉积序列。第一旋回主要展布于铜陵县-南陵县及铜陵市-戴家汇 2 条近东西向的基底断裂所夹持的槽状地带,以及新桥-木镇近南北向基底断裂控制的沉降盆地内。第二喷流沉积旋回主要发育在新桥-木镇一线以西的广大区域内,大致呈南北向展布,受近东西向的铜陵市-戴家汇和近南北向的新桥-木镇基底断裂控制。第三喷流沉积旋回的流体活动强度和范围显著减小,局限于铜官山-冬瓜山、新桥及峙门口 3 个区域,反映喷流沉积流体系统的演化趋向终结。

(5) 喷流沉积中心及流体迁移:喷流沉积流体子系统在垂向上具有逐级分枝的变化,自下向上,由流体储集区→流体上升中心→海底喷流中心,流体逐级分流扩散,最终呈多中心向海底喷流。依据流体迁移模式,结合蚀变-流体填图展示的流体记录分布特征,初步确定了铜陵矿集区内的海底喷流中心、流体上升中心和流体储集区。尽管受剥蚀程度的影响,石炭系内应当还有一些隐伏的海底喷流中心,另有一些海底喷流中心可能已被剥蚀掉了,但仍可看出海底喷流中心具有群集分布的特征。群集区内底板蚀变强烈,群集区之间常被蚀变作用不发育的地段所分隔。一个群集区内常发育多个流体上升中心,其下部可能对应一个流体储集区。多个流体储集区组成一个范围更大的流体活动域。

(6) 喷流沉积流体子系统的活动时代:峙门口一带 5 件块状黄铁矿样品的 Re-Os 同位素等时线年龄为 (303 ± 33) Ma (蒙义峰等, 2004), 与谢华光等 (1995) 所测新桥块状黄铁矿的 Rb-Sr 等时线年龄 $[(313.2 \pm 32.7) \text{ Ma}]$ 相吻合,证明这些块状硫化物由晚石炭世早期的喷流沉积形成。由于喷流沉积发生在黄龙组沉积的最大海泛时期,其对应的时限为 312.5 ~ 307.5 Ma (李儒峰等, 1997),说明喷流沉积持续的时间间隔较短,应在 5 Ma 之内。尽管喷流沉积持续的时间较短,但在时空上仍然表现出巨大的变化。

6. 基本查明了铜陵矿集区矿化时空结构,提出“叠加成矿”是矿集区及大矿形成的主导机制

(1) 界定了矿集区的内涵外延,指出铜陵矿集区是一个内部结构较复杂的以铜为主的多矿汇矿集区。通过对 75 个中生代铜矿床(点)的详细分析,可圈定出铜官山-冬瓜山、新桥-舒家店-药园山、沙滩角、焦冲等四大矿汇,它们是受表壳中带接触构造和浅带“网络状”构造综合控矿的反映,矿床在垂向上具多层位产出的特点,并构成“多位一体”(多层楼)的成矿特色。

(2) 根据对 76 个同位素地质年龄数据的统计分析,铜陵矿集区岩浆侵入活动时限为 185.8 ~ 87.0 Ma,主要集中于 168.0 ~ 100.5 Ma,峰值为 148.2 ~ 131 Ma;蚀变和矿化时限为 321.0 ~ 112.6 Ma,可明显地分为 321.0 ~ 290.0 Ma 和 155.0 ~ 112.6 Ma 两个时段,分别与中晚石炭世喷流沉积成矿事件和晚侏罗世-早白垩世发生的岩浆成矿事件有关。

(3) 研究查明,燕山期岩浆-热液流体活动,在运移通上,与早期热水沉积的喷流同

生断裂相近或重合，在就位空间上，与喷流沉积矿体空间伴生，在成因上，后者为前者提供大量硫和金属，喷流沉积与岩浆热液叠加成矿，是铜陵矿集区夕卡岩铜矿能形成“大型”规模的主要原因。

7. 通过综合研究和区域对比，提出了铜陵矿集区区域成矿的动力学模式

系统研究了区域岩相古地理、反射地震剖面、区域重磁、岩石地球化学和年代学资料，在此基础上，提出了长江中下游地区成矿地球动力学演化模式，该模式的主要新认识如下：

(1) 古生代时期长江中下游地区为华南板块北部的被动大陆边缘。海西期深部地幔的上涌及华南板块和华北板块间的地壳裂解，产生长江中下游沉降带、赣湘桂裂陷槽和中秦岭深洋盆。在长江中下游裂陷沉降带，由深部地幔上涌诱发玄武岩底侵和下地壳部分熔融，产生的深源热流体沿重新活动的基底断裂向上疏导，驱动浅部层次的流体循环导致喷流成矿作用。其中基底断裂为深源热流体向上疏导的通道，控制矿带的展布；盖层中的同生断裂为浅部流体循环的通道，控制矿田的产出；上部裂隙带为流体喷出的通道，控制矿床和矿体的就位。

(2) 二叠纪末或三叠纪初华南板块与华北板块首先在东部开始碰撞，华南板块持续楔入华北板块形成了郯庐断裂，并在断裂东侧的下扬子地区形成若干与之相伴随的次级走滑断裂。侏罗纪南华板块和华北板块相向旋转，导致下扬子地区（或大别以东地区）处于张扭伸展状态，从而诱发下地壳或岩石圈地幔拆沉，拆沉导致该地区构造体制进一步从挤压向伸展转变，同时导致玄武岩浆上涌，并在下地壳发生强烈的底侵作用（underplating）。随着下地壳温度的升高，引起局部熔融，熔融产生的岩浆沿早期形成的次级走滑断裂上侵，形成三级岩浆房，岩浆的多级上侵和混合，萃取了大量的 Cu、Au 等成矿元素，为成矿准备了丰富的物质保证。由于不同部位岩浆底侵强度不同，壳/幔物质混合程度不同，因此，形成不同的岩浆岩系列和不同的金属成矿作用。中白垩世以来，随着伸展作用继续进行，上地壳形成断陷盆地，出现巨厚白垩纪沉积，同时岩浆活动逐渐停止。

8、建立铜陵矿集区“三位一体”矿床的成矿模式，和综合找矿信息模式，圈定 5 处深部成矿预测靶区，并对部分预测区进行了评价

从岩浆岩、构造、地层、蚀变、地球化学和地球物理等 8 个方面建立铜陵矿集区“三位一体”矿床的综合找矿标志；圈定了铜官山北、朱村-焦冲、小金山-西湖、凤凰山和沙滩脚-戴公山 5 个隐伏矿找矿远景区，并对朱村—焦冲远景区进行了初步靶区优先；提出了大型矿集区隐伏矿找矿思路与最佳方法组合。

二、应用范围

科学研究、技术服务和地质勘查业。

三、推广转化方式

转化方式：项目成果可以进行会议交流，人员培训和技术咨询。项目成果已经在部、局多个培训班上以讲课形式进行了介绍。

首次提出区域流体填图方法，丰富了成矿学、找矿学研究的思路 and 手段，为开展深部找矿提供新的区域评价手段。发展完善了层析成像技术，并成功应用于矿集区结构探测，

为深部资源勘查提供了新的技术手段。“叠合成矿”理论指明了长江中下游成矿带深部找矿方向，对我国东部寻找 500 ~ 2000 m 的深部矿具有重要的指导意义。项目成果已经成为长江中下游成矿带基础地质、成矿理论和资源勘查评价研究的重要参考资料；成为安徽省制定长江中下游地区资源勘查、开发规划的重要依据。

项目研究成果提高了对我国东部成矿背景的认识，深化了陆内成矿理论，对区域深部找矿勘查具有重要的指导作用，正在发挥巨大的社会效益。

项目形成了一支产、学、研相结合的研究队伍，为国家培养了一批科技创新人才，其中学术带头人 5 名，博士 15 名。

技术依托单位：中国地质科学院矿产资源研究所

联 系 人：孙文泓

通讯地址：北京市西城区百万庄大街 26 号

邮政编码：100037

联系电话：010 - 68335862

电子邮件：sunwh@ 263. net

深部流体成矿系统

一、内容概述

1. 成果简介

“深部流体成矿系统”项目（编号 1999CB403211）是国家重点基础研究发展规划（973 项目）“大规模成矿作用与大型矿集区预测”的子项目之一。该项成果“深部流体成矿系统”（毛景文、李晓峰、王义天、张作衡、赫英、凌洪飞、李永峰、胡华斌、李红艳、田世洪）获 2006 年度国土资源科学技术奖二等奖。

本研究首次对大陆环境成矿过程中的地幔流体进行了全面系统的研究，取得的创新性成果包括：

（1）指出地幔柱区、大陆裂谷区、大陆减薄区（或伸展带）和深大断裂及其一级断裂（包括大型走滑断裂带中的拉分盆地）等地质环境，是地幔流体强烈活动的地区。

（2）提出地幔物质的不均一性与大型矿集区的形成在物质上具有耦合关系，突破不同类型矿床、甚至金属矿床与油气藏之间的壁垒，提出金与二氧化碳具有同源性。研究发现地幔物质不均一性与大型矿集区形成在物质上具有耦合关系，查明二氧化碳气藏的形成过程为地幔岩浆排气、深大断裂疏导与在盆地隆起部位储集成藏。

（3）研究提出白垩纪中期在中国东部发生了岩石圈快速减薄过程，而且华北及其邻区与华南地区快速减薄的时限有一定的差别，前者在 120 Ma 左右，后者基本上 110 ~ 80 Ma 之间。华北克拉通及邻区在 120 Ma 左右出现的大规模深部流体成金事件与岩石圈快速减薄和软流圈上涌相耦合，地幔流体在不同部位活动的强烈程度不同导致金成矿作用的多样性。华南地区在 110 ~ 80 Ma 期间岩石圈大减薄导致地幔流体大规模活动，广泛发育金和铀的成矿作用。从胶东地区、小秦岭-熊耳山地区、扬子地块南缘（或江南古陆南缘）到华南地区，以金和铀为代表的矿床毫不例外地显示出地幔流体在成矿中的积极作用。

（4）中国东部自印支晚期到燕山期，在岩石圈快速减薄期间，软流圈上涌到上地壳，导致地壳区域地热增温，地幔脱气，岩浆活动及火山喷发，岩浆流体、地幔流体与大气降水的混合。在这种大背景下，地幔流体源源不断地沿深大断裂向上涌动，大面积参与成岩成矿过程。发育有以冀西北东坪为代表的地幔流体明显参与成矿，以西秦岭为代表的地幔流体与地壳流体混合成矿，以及以鲁西为代表的以大气降水为主的浅成低温热液成矿系统。

（5）建立了扬子地台西缘碲矿床、稀有金属矿床和金矿床三种地幔流体成矿系统模型。扬子地台西缘在地质演化过程中经历过多次的开合过程，中生代特提斯洋的开裂、俯冲和闭合以及印度板块与亚洲板块碰撞后造山都在该区留下深刻的印痕。自从白垩纪以来，在扬子地台西缘地区发育有世界罕见的大水沟独立碲矿床、与碱性岩浆活动有关的稀土矿床、剪切带型金矿。这三种成矿系统与地幔活动关系密切，地幔流体不同程度地参与

成矿作用，形成三种各具特色的地幔流体成矿系统。

(6) 发现大型金矿集中区的形成与富金岩石圈金的亏损相耦合，提出地幔排气、深大断裂疏导和盆地储存是形成郯庐断裂两侧幔源气藏和金属矿产的一种重要方式。

2. 基本原理

地幔流体与成藏成矿作用是当代成矿学研究的前沿课题，对它的研究才刚刚起步。作为一个独立的成矿系统在经济地质学界还没有达成共识，是一个探索性极强的新方向，有待于更多开拓性研究工作。地幔流体是一种以 $\text{CO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ 或 $\text{CH} - \text{O}$ 和碱金属元素以及其他挥发分 F、Cl、S、P、卤素等组成的流体系统。近 20 年来，地幔流体在地质过程中的作用日益受到人们的重视，成为地球科学研究的一个前沿课题。地幔流体本身具有很强的物质溶解能力、充足的物质储量、庞大的流体库和稳定的热源供给，可以为成矿作用的持续进行和形成大型和超大型矿床以及大型矿集区提供物质和能量。由于考虑到中国东部中生代很多矿床的形成是岩石圈大减薄的表壳响应，可能有地幔流体参与成矿或出现地幔流体的独立成矿系统，因此将工作重点放到东部地区，针对中国东部中生代与后碰撞伸展期和岩石圈大减薄对应的成矿事件和华南地区铀矿床以及扬子地块南缘和西缘中新生的成矿作用进行了系统的研究。

3. 技术特点

本项目通过开展多学科的综合研究，首次对地幔流体与成矿成藏作用进行了全方位系统的探索，研究成果具有很高的理论性和前沿性。通过地球化学实验模拟地幔物质不均一性对表壳矿产形成的制约以及地幔流体从深部向浅部迁移的形式及其对物质携带能力实验的基础上，以中国东部和扬子地台西缘为例，深入解剖了不同构造环境下大型矿集区的时空结构与地幔流体演化的耦合关系，建立了不同地质构造演化环境中地幔流体成矿系统。从地幔来源流体角度探讨矿床的形成过程，回答为什么巨量金属在某一短时间内聚集在一个区带中几个面积很小的地区，建立成矿模型。

4. 技术指标

通过对若干个地幔流体成矿代表性地区的系统研究，深入解剖了不同地质构造背景下大型矿集区的时空结构与地幔流体活动的耦合关系，将矿床分布与成矿环境（岩石圈伸展与软流圈上涌等）紧密联系在一起，深入地探索整个成矿过程特征，建立了不同构造演化背景中的地幔流体成矿系统。

二、应用范围及应用实例

1. 应用范围

可供科研、地质矿产勘查、教育、矿产开发和管理部门人员使用。

2. 已推广应用情况及效果

本项研究提出地幔流体主要发育的地区包括地幔柱区、大陆裂谷区、大陆减薄区和深大断裂及其一级断裂（包括大型走滑断裂带中的拉分盆地）。在上述地质背景中，地幔流体最发育的地段往往指示出一种特殊的局部构造，往往是壳幔相互作用强烈及金属元素巨量堆积的地区，也就是大型矿集区发育的部位，因而，地幔流体可以作为寻找大型矿集区的有效标志之一。提出鉴别地幔流体活动的系列标志，是寻找和评价大型矿集区的一种

新思路。

本项目在 1999 ~ 2005 年期间共发表 144 篇论文，其中有 51 篇论文被 SCI 期刊总引用 252 次，其中被他人引用 216 次；有 53 篇论文被国内核心期刊（CSCD）他人引用 299 次，二者共计被他人引用 515 次。

3. 应用前景及市场预期

我国东部为滨太平洋成矿域，中生代时期构造 - 岩浆活动强烈，金及多金属成矿作用强度大、范围广。本项研究成果从深部流体参与成矿的角度，进一步揭示了金属成矿作用的背景、机制、过程和规律，同时也为二氧化碳成藏作用机制的认识以及它们二者之间的关系研究提供了新的证据。这些研究成果对于深入认识我国东部地区中生代成矿作用大爆发的成因和规律具有重要的科学研究意义，对于在这一地区开展进一步的找矿勘查工作可以起到重要的理论指导作用，具有广阔的应用前景。

三、推广转化方式

（1）将本成果撰写成学术论文，在国内外期刊上发表，进行广泛展示、交流和推广。

（2）将本成果撰写成专著“毛景文、李晓峰、张荣华、王义天、赫英、张作衡、凌洪飞、李红艳、胡华斌、丁梯平、姜耀辉、李厚民、李永峰、张长青、王立华、胡书敏、谢桂青、田世洪、牛树银. 2005. 深部流体成矿系统. 北京：地质出版社，1 ~ 365”，在全国公开发行，推广本成果。同时，将部分专著赠送有关科研院校、地勘单位和矿山企业，以供他们在科学研究和找矿实践中参考和应用本成果。

（3）将成果报告汇交到全国地质资料馆等相关部门，供社会相关部门和人员使用。

（4）参加国内外相关的学术会议，在会议上通过墙报和报告的形式交流和推广本项成果。

（5）到一些科研院校、地勘单位和矿山企业作专题报告或讲座，直接推广本项成果。

技术依托单位：中国地质科学院矿产资源研究所

联 系 人：孙文泓

通讯地址：北京市西城区百万庄大街 26 号

邮政编码：100037

联系电话：01068999027

电子邮件：sunwh@ 263. net

大规模成矿作用与大型矿集区预测

一、内容概述

成果简介：

“大规模成矿作用与大型矿集区预测”项目（编号 1999CB403200）为国家重点基础研究发展规划项目（973 项目）。该项成果“大规模成矿作用与大型矿集区预测”（毛景文、胡瑞忠、陈毓川、高山、范蔚茗、王学求、王登红、吴淦国、刘家军、华仁民、朱炳泉、向运川、王义天、毕献武、王立华）获 2007 年度国土资源科学技术奖一等奖。

本项目通过全体研究人员的共同努力和拼搏，圆满的完成了项目研究计划，全面实现了科学目标和国家目标，在多项基础地质和矿产研究方面取得重要进展，为预测大矿和大型矿集区奠定了坚实的理论基础，获得了丰硕的研究成果。

（一）在成矿理论方面取得许多重要进展和突破，主要包括：

（1）在大量同位素精确测年的基础上，厘定了我国中生代和晚古生代大规模成矿集中期，建立了成矿谱系。提出大规模成矿可以出现在区域伸展环境、碰撞造山-俯冲造山环境和地幔柱环境，但是制约金属元素巨量堆积成矿的都是伸展构造环境。初步建立了我国中生代和晚古生代的大陆成矿理论，特别强调伸展环境成矿是中国板内成矿理论的核心。

（2）通过详细的地质学、同位素年代学、岩石学和地球化学研究，为峨眉山大火成岩省的时空分布、岩石成因与地幔柱作用，以及地幔柱冲击岩石圈引起的地壳隆升、生物绝灭和资源环境效应等提供了证据，丰富了地幔柱理论。

（3）埃达克岩被认为是热的洋壳俯冲板片部分熔融的产物，但本项目在中国东部发现典型的埃达克火山岩及类似物，它们属于板内成因，与洋壳俯冲无关。该发现为下地壳部分熔融和下地壳拆沉作用等动力学过程提供了重要证据和制约，同时还为板内斑岩型铜矿等矿床的形成机制提供了新的思路。

（4）地幔流体与成矿是当今成矿学研究的前沿课题，本项目首次建立了三组不同构造演化环境中的地幔流体成矿系统，提出地幔流体活动区往往是壳幔相互作用强烈、大规模成矿以及金属元素巨量堆积的地区。因此，地幔流体可以作为寻找大矿、巨矿和大型矿集区的有效标志。

（5）扬子地块西缘发育有世界上最好的低温成矿域，其面积之大、矿种之多、矿床组合之复杂在世界上独一无二。本项目深入研究了该区大面积低温成矿的背景和过程，确定了三个主成矿期，揭示了中侏罗世—白垩纪时期伸展背景下盆地流体大规模流动与形成大面积低温成矿域之间的关系，并提出低温成矿域的成矿模型。

(二) 在新技术和新方法的发展完善及找矿应用方面成果显著,形成了四种找矿新技术方法:

(1) 战略性深穿透地球化学找矿技术方法:为在隐伏区找到新的大型矿产基地,本项目发展了适用于西部大面积覆盖区快速获取地球化学信息和筛选大型矿集区靶区的战略性深穿透地球化学技术方法。开创性提出了深穿透地球化学异常形成的多营力迁移理论(不同地质条件下,各种营力包括地下水循环、离子扩散、氧化还原电位梯度、蒸发作用、植物作用以及地气流等都可将成矿组分迁移至地表的过程)。系统地建立了从超低密度、低密度直到高密度地球化学调查和异常追踪方法。发展了针对荒漠戈壁区深穿透地球化学调查理论与方法。针对深穿透地球化学信息微弱和贵金属提取与分析的难题,研制出高灵敏快速活动态 Au、Pt、Pd 联测信息提取与分析方法,该方法在国内外尚属首次。

(2) 地球化学急变带预测大型矿集区方法:地球化学急变带往往是物质活动,包括运移和储存的有利地带。关键是找到有利于物质保存的区段,伸展盆地通常是成矿物质保存的最佳地区。因此,利用地球化学急变带方法,结合地质理论、化探、重力异常等多重信息集成,本项目开拓出一种有效的找矿方法—地球化学急变带预测大型矿集区方法,并取得了显著的效果。

(3) 热液型铂族金属矿床新模型与找矿新思维:铂族元素矿床在成因上通常与镁铁质-超镁铁质岩浆作用密切相关,因而找矿常常局限在杂岩内部。通过学习和考察南非、加拿大等国在寻找铂族金属矿床的新进展,结合中国西南三省(云、贵、川)的具体地质情况,深刻研究了铂族元素富集机制,提出了热液铂族元素成矿新模型,指出寻找铂族金属矿床不应只局限于传统的镁铁质-超镁铁质杂岩体内部,也可能在杂岩外部围岩中找到脉状铂钨矿,从而开拓了找铂钨的新领域,实现了找矿的新突破。

(4) 深部隐伏矿的定位技术:中国东部和中部很多老矿山资源严重缺乏,面临着关、停的局面。如何在东部地区取得找矿的新突破,关键是采取成矿的新“认知”和有效的技术方法预测深部隐伏矿体。通过研究推出了大深度隐伏矿的定位技术和工作程式,即低密度化探方法迅速缩小靶区→利用矿源岩系构造变形岩相形迹进行填图,建立成矿模型,提出找矿方向→恢复构造物理化学场和成矿环境,开展结构分析与界面找矿研究→化探深穿透活化态金属测量确定隐伏区构造及矿化分布范围→物探方法勘测构造延伸和金属硫化物三维空间位置→地物化综合研究提出找矿模型、找矿方法和预测靶区。

1. 基本原理

本项研究的总体构思是,立足中国大陆演化的特点,选择中国若干大规模成矿的典型地区(东部地区的小秦岭和胶东矿集区,长江中下游、永梅会、湘东南和赣东北矿集区,扬子地块西缘,三江中南段和东天山等地区),作为重点研究区,以 Cu、Au、Ag、PGE、U、Pb-Zn 等矿种的大型-超大型矿床和大型矿集区为重点研究对象,按照“成矿物质与结构-成矿过程-成矿背景-成矿信息提取-找矿战略靶区确定”的研究路线,解剖典型大型矿集区的时空结构和形成过程,探讨重大地质构造变革对大规模成矿作用的控制机理,查明不同地质环境中巨量成矿元素来源,迁移和富集的规律,建立中国大陆大规模成矿的理论体系。探索成矿信息与找矿信息之间的关系,在此基础上提出大型矿集区预测与寻找的理论与方法,圈定新的大型矿集区和隐伏大矿-巨矿的战略靶区。

2. 技术特点

本项目的重要技术特点是开展多学科的综合性和协同性研究，着眼于研究的深度和高度，以及成果应用，从而使本项目的研究成果理论性高，实用性强。来自国土资源部、中国科学院和教育部等部门的 8 个单位的 100 多位科学家共同参与，从基础地质学、区域构造和大地构造学、矿物学和岩石学、矿床学、元素和同位素地球化学、地质年代学，以及物化探和遥感等多学科、多角度入手，研究探讨金属矿床大规模成矿作用发生的背景，剖析了大型矿集区的时空结构，揭示巨量成矿物质堆积过程，提出了区域尺度和矿集区尺度的成矿动力学模型，提出或深化研究了与花岗岩有关的流体、古盆地流体和深部流体成矿系统。研制和发展了圈定大型矿集区靶区以及隐伏大矿体定位的新技术和新方法，圈定出一系列大型矿集区尺度和大型矿床尺度的找矿靶区。

3. 技术指标

系统研究和揭示重大地质构造变革与大规模成矿的耦合关系，重要矿种成矿时代的精确与矿床成矿谱系，大型成矿系统的结构和形成过程，以及深部矿化信息向浅部运输的机理与识别，发展和圈定大型矿集区靶区以及隐伏大矿体定位的新技术和新方法。

二、应用范围及应用实例

1. 应用范围

可供科研、地质矿产勘查、教育、矿产开发和管理部门人员使用。

2. 已推广应用情况及效果

首次建立了三组不同构造演化环境中地幔流体成矿系统，提出地幔流体活动区往往是壳幔相互作用强烈及金属元素巨量堆积的地区，地幔流体可作为寻找大矿和大型矿集区的有效标志。全面揭示了峨眉山大火成岩省的时空分布、岩石成因与特征，为认识地幔柱冲击岩石圈引起的地壳隆升、生物绝灭和资源环境效应等提供了重要证据，丰富了地幔柱理论。在中国东部发现板内成因的埃达克岩及类似物，为下地壳部分熔融和拆沉作用等动力学过程提供了重要证据。发现干旱荒漠戈壁区深部金含矿信息在地表呈超微细纳米级金属颗粒富集于粘土和铁锰氧化物膜中，为荒漠戈壁区含矿信息的获取提供了重要理论基础，具有重大应用价值。发展了细粒级采样与分离和元素活动态提取两种深穿透地球化学技术，获得两项专利。受国际勘查地球化学协会和联合国教科文组织的委托，在许多国家举办学习班进行推广。提出一批大型矿集区的靶区，圈定了滇东北铜矿、吐哈盆地砂岩铀矿、东天山铜银铅锌多金属矿、东天山罗北铜镍和金矿、扬子克拉通西缘铂钯矿等靶区，提出了华南找铀矿的新思路和新方向，潜在经济价值巨大。

本项目共计发表论文 928 篇，其中 SCI 检索刊物论文 244 篇，中文核心期刊（CSCD）论文 684 篇，获得了广大地质工作者的广泛引用。截止 2007 年 6 月，根据中国科学技术信息研究所检索报告显示，本项目发表的论著在中国科学引文数据库（CSCD）被他人引用 1254 次，在 SCI 数据库被他人引用 1878 次。

3. 应用前景及市场预期

本项目初步揭示了我国三大成矿域，尤其是滨太平洋成矿域的大规模成矿作用的动力学背景、时代、过程和规律，研制或进一步完善了战略性深穿透地球化学找矿技术方法、

地球化学急变带找矿技术方法、热液型铂族金属矿床找矿新思路 and 深部隐伏矿定位技术方法。这些研究成果对于在我国东部地区的小秦岭和胶东矿集区、长江中下游、永梅会、湘东南和赣东北矿集区、扬子地块西缘、三江中南段以及新疆东天山等地区开展 Cu、Au、Ag、PGE、U、Pb - Zn 等矿种的进一步找矿勘查工作可以起到广泛的理论指导作用，相关的技术方法可以直接应用于实践，具有十分广阔的应用前景。

三、推广转化方式

(1) 将本成果撰写成学术论文，在国内外期刊上发表，进行广泛展示、交流和推广。

(2) 将本成果撰写成专著“毛景文、胡瑞忠、陈毓川、王义天、高山、范蔚茗、王学求、王登红、吴淦国、翟明国、刘家军、华仁民、朱炳泉、向运川、李献华、郭锋、杜杨松、马东升、张招崇、毕献武. 2006. 大规模成矿作用与大型矿集区. 北京：地质出版社, 1~1030”，在全国公开发行，推广本成果。同时，将部分专著赠送有关科研院校、地勘单位和矿山企业，以供他们在科学研究和找矿实践中参考和应用本成果。

(3) 将成果报告汇交到全国地质资料馆等相关部门，供社会相关部门和人员使用。

(4) 参加国内外相关的学术会议，在会议上通过墙报和报告的形式交流和推广本项成果。

(5) 到一些科研院校、地勘单位和矿山企业作专题报告或讲座，直接推广本项成果。

(6) 获得细粒级采样与分离、元素活动态提取等两种深穿透地球化学技术的发明专利。并受国际勘查地球化学协会和联合国教科文组织的委托，在许多国家举办学习班推广相关技术方法。

技术依托单位：中国地质科学院矿产资源研究所

联系人：孙文泓

通讯地址：北京市西城区百万庄大街 26 号

邮政编码：100037

联系电话：01068999027

电子邮件：sunwh@ 263. net

以地球动力学演进的理论为指导， 寻找重要成矿远景区（带）

一、内容概述

中国地质科学院和地质研究所从 2002 年到 2012 年参加了中国、俄罗斯、蒙古、哈萨克斯坦和韩国合作编制的 1:250 万“亚洲中部及邻区地质图系”的编图与地质矿产综合研究工作（附图 1）。特别是与蒙古和俄罗斯 3 次共同研究了三国边境地区地质及成矿特征与找矿前景的有关问题。蒙、俄共同指出：蒙俄两国的重要矿带向东、向西都延伸到了中国，所以在三国边境的中国境内矿产资源也应该是很有远景的。

实际上，早在 1974 年中国研究“中国斑岩型铜（钼）矿区域成矿特征及找矿远景”时编制的《中国斑岩型铜（钼）矿带分布示意图》中，在大兴安岭地区划分出了 3 个成矿带向西延伸进入了东蒙古和外贝加尔地区；在阿尔泰-东准噶尔和北山地区划分出了 2 个矿带在中蒙边境紧相邻，其中的阿尔泰-东准噶尔矿带向东延伸进入了西蒙古。

由于过去没有得到与蒙、俄共同开展三国矿产资源成矿特征和找矿远景研究的机会，因此对边境地区成矿带的找矿远景不便于冒然提倡。现在三国共同研究获得了共识，并认可了 38 年前我们划出的成矿带是准确的。根据 10 年来（2002 ~ 2012）五国合作研究和编图、以及深部地质研究成果，现在我们提出新的找矿指导思想，即“以地球动力学演进的理论为指导”寻找重要成矿远景区。

在“附图 2”中显示了，蒙古国各成矿带向东、向西都延伸到了我国境内。其中大兴安岭和东准噶尔—北山地区应该是资源最丰富的成矿聚集带。

1. 大兴安岭地区（附图 2 “东部区”的我国境内）

该区的范围北起黑龙江畔、南至北纬 42°（围场—喀喇沁旗）、西起中俄—中蒙边境—二连浩特、东抵松辽盆地西缘。

从新元古代末期—早寒武世的塔河—额尔古纳—呼伦湖—蒙古中央俯冲带开始，由北向南依次为：晚奥陶世—早志留世俯冲带（呼玛—加格达奇—免渡河—贝尔湖俯冲带）、晚泥盆世—早石炭世俯冲带（二连—贺根山—索伦山—黑河俯冲带）、二叠纪西拉木伦双向俯冲带、白乃庙—温都尔庙晚寒武世—奥陶纪（向华北陆块）俯冲带和狼山—白云鄂博中元古代（向华北陆块）俯冲带。在中元古代到古生代这 6 次有规律的动力系统演化的基础上，上叠（叠加）了晚侏罗世—早白垩世（ J_3-K_1 ）蒙古—鄂霍次克裂谷带和白垩纪—古近纪松辽（盆地）裂谷带与大兴安岭—太行山重力梯级带。所以本区从中元古代以来至少经历了 8 次重要的动力系统演进的反复作用。

在这些有利的区域地质条件下，本区最重要的成矿矿种是铜、铅、锌、金、银，其次是铁、钼、钨、锡、铀和铌钽。最主要的矿床类型是斑岩型（以铜、金为主）、海相火山

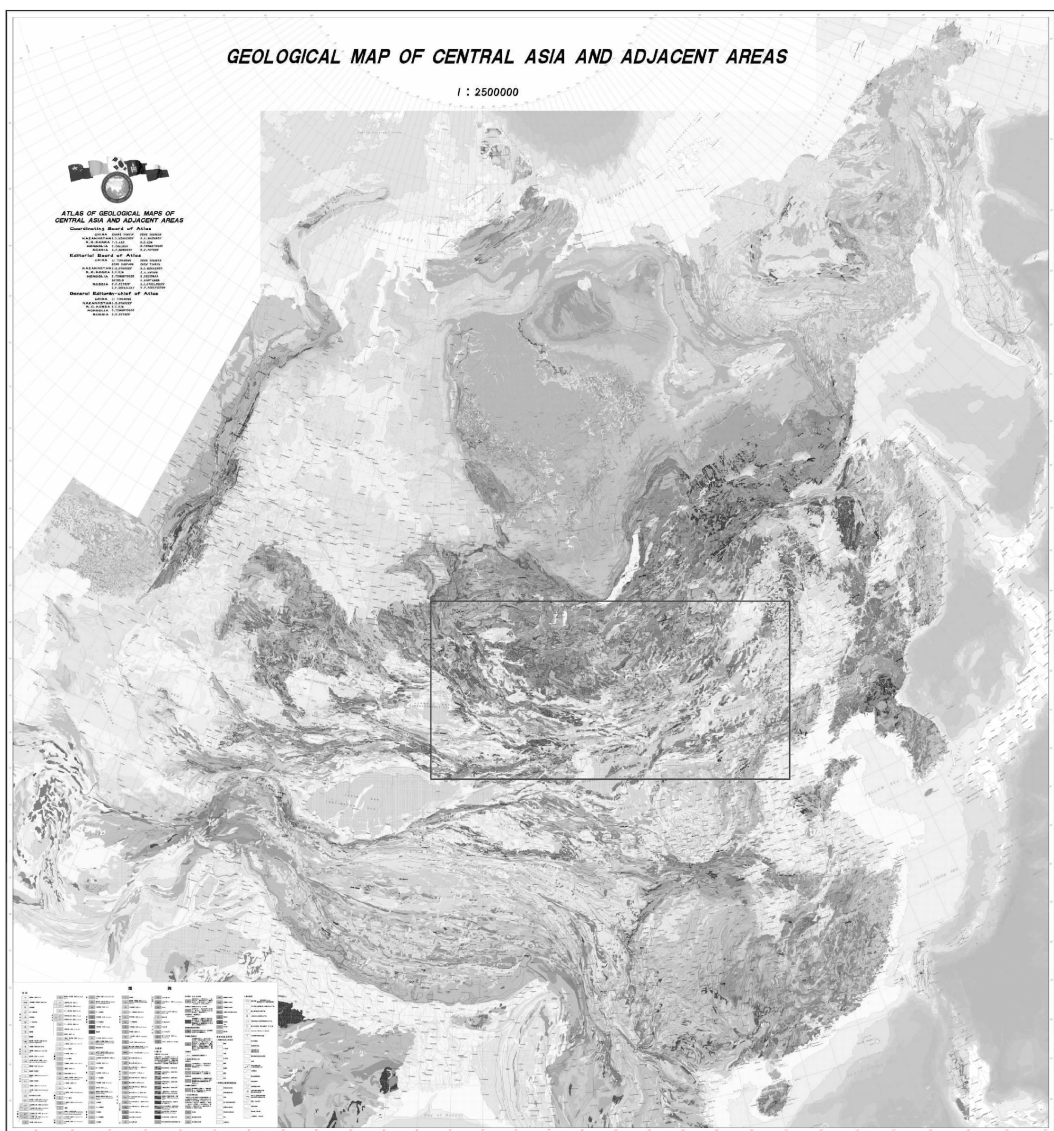


图1 1:250 万亚洲中部及邻区地质图

—热液型（以铜、铅、锌等多金属为主）、热液交代型和热液脉型（以铅锌、金、银、铋、钼、铀为主），其次为块状硫化物型（以铜、铅、锌为主）、矽卡岩型（以铁、钨、锡、钼为主）。在局部地区可能赋存细碧—角斑岩型（或类细碧—角斑岩型）矿床（以铜铅锌银、或铁铜金为主）。上述各类矿床的成矿时代均以晚古生代（即“华力西期”）和侏罗—白垩纪（燕山期）为主。区内最有利的成矿聚集区（找矿“靶区”）是成矿作用前已经形成的不同时代、不同性质和不同方向的断裂交汇在一起形成的“断裂汇集区”。

2. 东准噶尔—东天山—北山地区（附图2西部区的我国境内）

范围：约东经89°以东、北纬47°以南到吐鲁番—哈密盆地北缘，向东延伸为中蒙国界以南、北纬42°以北，直至甘肃北山到东经100°地区。

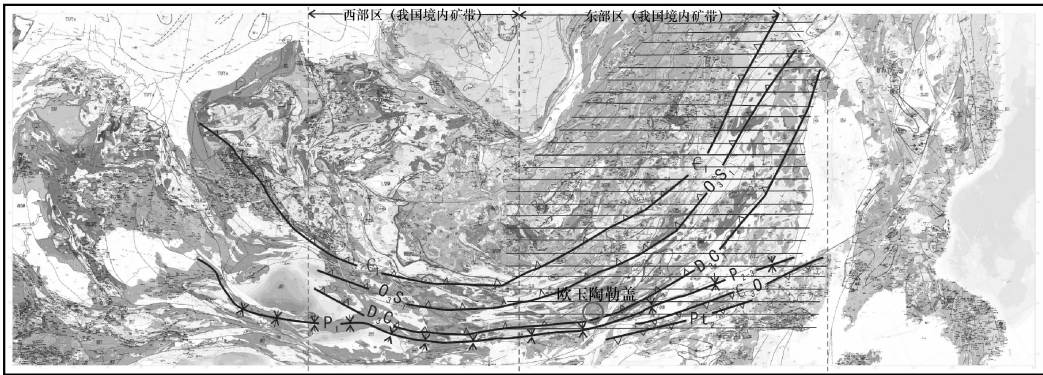


图2 中国北部及邻区成矿规律图

在此区域内（即，东准噶尔—东天山—北山）与成矿作用有关的动力系统演化进程和区域地质特征主要表现在古生代时期。从西准噶尔到东准噶尔都分布有奥陶纪蛇绿岩与早志留世下部（布龙组）的硅质岩组合，构成了本区早古生代阿尔曼太蛇绿岩带和俯冲（缝合）带，此带向东发展成为了蒙古阿尔泰的重要构造—成矿带。由此俯冲带往南、即北天山—东准噶尔东南缘，泥盆纪—早石炭世，形成了东准噶尔卡拉麦里—红石山蛇绿岩和俯冲（缝合）带。此带向东穿越蒙古南部到达二连—贺根山—索伦山。由于动力系统的不断演变，形成本区泥盆纪、石炭纪和早二叠世都发育了具有不同性质和特点的火山—碎屑岩组合，它们都是区内有利的成矿层位或围岩。从三塘湖往东到甘肃北山南部地区，以及红柳河（柳园）经玉石山直至西拉木伦河，发育晚古生代末期华北陆块与西伯利亚陆块最后拼合碰撞的西拉木伦双向俯冲带。本区古生代时期共出现了4次重要的动力系统演变，打造了区内活动陆缘的火山—碎屑岩组合、碳酸盐岩组合和志留纪、泥盆纪、石炭纪、以及二叠纪的侵入岩，均很发育，从而为成矿作用提供了十分有利的区域地质条件。

在上述有利的区域地质环境中，成矿时代以志留纪和晚古生代为主。古生代的成矿特征在许多方面与大兴安岭地区相似。如：成矿主要矿种是铜、铅锌、金、镍，其次是钴、钼、银、钨、锡；主要矿床类型是斑岩型（以铜、金、铅锌为主）、矽卡岩型（以铁、多金属、钨锡为主）、岩浆型（以铜、镍、钴为主）、海相火山热液型（以多金属、铁为主）、热液交代型和热液脉型（以金、铅锌银为主）。这些不同类型矿床的成矿时代，石炭纪是成矿高峰期；部分矿床形成在奥陶—志留纪。但在北山地区，由于存在中元古代和早古生代活动陆缘的火山—沉积组合岩系，所以在北山中—新元古代和早古生代也是重要的成矿期。

需要特别指出的是：西起准噶尔盆地东缘，东到松辽盆地西缘，沿中蒙国境线两侧，是一条近东西方向的晚古生代巨型重要成矿带（包括东准噶尔和大兴安岭）。在此成矿带区域内，蒙古超大型的斑岩型铜金矿欧玉陶勒盖距我国边境线只有85 km左右。而在中国境内，我们建议国家在这条带上迅速加大投入，并进行统一部署。工作部署可按“连续作业、分三步走”的原则实施找—探—采矿“一条龙”计划。即：第一步，开展地面物探和化探“扫面”；第二步，在物、化探圈出的异常区内立即开展以找矿为目的的非正规1:5万或者1:2.5万地质调查，并在填图过程中对重要异常点进行必要的工程揭露；第

三步，对揭露的重要异常点，立即开展钻探等大量的勘探施工工作。进而实施“边采边探”作业，加快开发速度。

我们认为该成矿带成矿远景的规模完全可与藏南冈底斯成矿带相比。此矿带都在以少数民族为主的边疆地区，所以加速资源勘查和开发具有多层意义。在此成矿带内，如果能够切实加大投入和正确实施“三步走”原则，预计每年可以探得中—大型（乃至超大型）矿床3~5个。若能实现这个建议，很有可能实现我们“南有青藏，北有兴蒙，两条“巨龙”，并驾奔腾，破解“瓶颈”，民富国兴”的美好愿望！

在西伯利亚陆块（板块）与华北—塔里木陆块（板块）之间的古亚洲洋区域内，地球动力系统演进历程概况：

（1）向西伯利亚陆块俯冲的主要俯冲带：①额尔齐斯—蒙古中央—呼伦湖—额尔古纳—塔河俯冲带（ O_3S_1 ）；②阿尔曼太—蒙古阿尔泰—贝尔湖—免渡河—加格达奇—呼玛俯冲带（ O_3S_1 ）；③卡拉麦里—南蒙古—二连—贺根山—索伦山—黑河俯冲带（ D_3C_1 ）。

（2）向华北（中朝）陆块（板块）俯冲的主要俯冲带：①狼山—白云鄂博俯冲带（ Pt_2 ）；②温都尔庙—白乃庙俯冲带（ O_2 ）。

（3）向西伯利亚陆块与华北（中朝）陆块双向俯冲（古亚洲洋闭合）：北天山—北山—西拉木伦河双向俯冲带（ $P_1 \rightarrow P_{2-3}$ ）。

（4）蒙古—鄂霍次克中生代残留洋盆闭合后，陆壳伸展作用形成的大陆裂谷系，导致了 J_3-K_1 双峰式火山系和构造—岩浆—成矿带的上叠（叠加）。

二、应用范围及应用实例

蒙古欧玉陶勒盖斑岩型铜矿床（亚洲第一巨型矿床）。

三、推广转化方式

需要时可以与地勘单位（主要是中蒙边境地区的新疆、甘肃和内蒙古，以及地质勘查公司）共同进行座谈和研讨。

技术依托单位：中国地质科学院地质研究所

联系人：耿树方 刘平

通讯地址：北京市西城区百万庄大街26号

邮政编码：100037

联系电话：耿树方：010-68999728，010-68993220 刘平：010-68999726

电子邮件：liupengping@163.com

基于成矿地质环境的金矿成矿-找矿系统

一、内容概述

本成果主要包括两项核心内容。

(1) 基于成矿时(成矿时代)空(成矿环境)的金矿床分类,反映不同成矿地质环境对金成矿的专属性特征。该分类包括理论分类和应用分类(相当于以前的工业类型)两个方面,相辅相成。

①理论分类:根据地质构造环境演化,将金矿床划分为①裂谷型金矿(拉张期);②俯冲造山型金矿(俯冲期);③碰撞造山型金矿(碰撞期);④伸展造山型金矿(伸展期);⑤板内(非造山型)金矿(“稳定”期)和⑥过渡-叠加-复合型金矿。同一理论类型的矿床包括多种应用类型。

②应用分类:通过全国近8000个金矿床(点)的相关资料统计分析,将金矿床划分为:石英脉型(单脉、复脉、网脉及各种不同组成的石英脉)、(破碎)蚀变岩型(韧性、脆性)、角砾岩型(隐爆、爆破、坍塌、构造角砾、沉积角砾)、斑岩型(碱性岩型、细脉浸染型、铁氧化物型?)、微细浸染型(卡林-类卡林型)、(次)火山岩型(低硫、高硫)、矽卡岩型、(浅变质)沉积(碎屑)岩型、蛇绿岩(套)型(基性-超基性岩型)、红土(铁帽)型、(砂)砾岩型等11种应用类型(占有所有矿床的96.6%)。多种矿床应用类型可归结在同一个理论类型之内。

该分类体系具有如下特点:

①无歧义性:有效处理了多类型共生矿床(多型一体)、多因复成矿床、多期叠加矿床、多因素控制等复杂矿床的合理归类,强调基础地质工作的重要性,摆脱了对矿床成因认识的争论,由于矿床在同一时空坐标系内具有唯一性,较大程度上避免了一矿多类、相互交叉重叠现象的发生;

②预见性和完整性:提高了矿床分类的预见性和完整性,从而进一步强化了理论研究对于勘查实践的指导作用;

③理论分类可更好地服务于成矿规律研究:将不同尺度下建立的矿床分类坐标系综合起来,有利于从整体上分析研究相应尺度下矿床成矿的重大基础理论问题,从理论上探求区域成矿规律;不同地区基于同一大地构造理论而建立的矿床分类具有可比性,标准和类型的统一有利于开展区域对比工作和提高矿床成矿问题的综合研究程度。

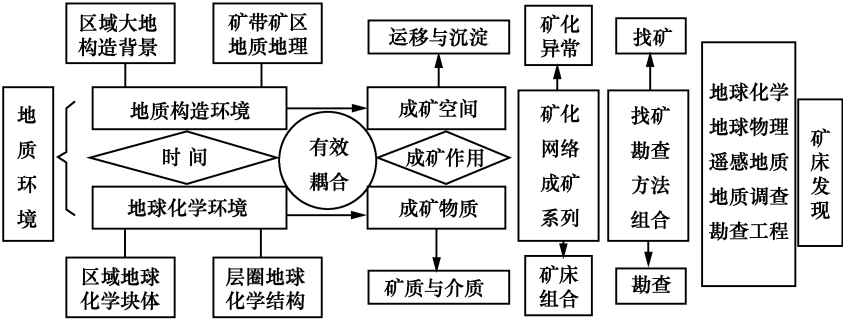
④应用分类可更好地服务于指导地质勘查:新分类极大地拓宽了人们研究矿床、发现矿床的思维和视野。从理论分类角度看,它会随着基础地质工作的加深和大地构造研究的深入而得以完善;从应用类型角度看,会随着地质找矿勘查实践的开展和新矿床类型的发现而不断丰富。任何一种新类型矿床在时空坐标系内都有其相应位置;

⑤理论类型和应用类型的互动更为加强:二者具有密切的联系但不会相互干扰。理论

分类可以有效地指导找矿勘查实践，反过来，实践成果会不断丰富和完善理论研究的内容；理论类型和应用类型服务于不同的领域，理论研究人员和勘查实践人员可以根据各自的需要讨论相关问题，具有针对性。

⑥预期能极大促进金矿床研究和找矿工作的开展：应用新的分类方案对我国金矿床开展新一轮的综合对比研究，预期将极大地促进金矿成矿理论研究水平的提高和找矿勘查实践的深入，有可能在金矿成矿学领域提出新的认识和思想，在不同地区的找矿工作中获得新的更大的发现。

(2) 基于成矿地质环境的成矿-找矿体系它包括基于成矿环境的成矿系统和基于成矿系统的找矿系统两个子系统，集中表示于下图。



该成果分两部分以论文的形式分别发表于《矿床地质》2008（增刊）和《地质找矿论丛》（2009 第 2 期）。

二、应用范围及应用实例

该成果作为一种学术思想和指导理论，分别在武警黄金地质研究所承担的各类不同地质科研项目中得到应用，现举 3 例。

(1) 安徽省金多金属成矿区划此项目为黄金指挥部黄金专项费支撑的重点项目（2009 ~ 2010）。应用上述成果对安徽省金多金属成矿地质环境开展了系统分析和研究，在典型矿床考查和研究基础之上，划分了该省金矿床的理论类型和应用类型，并以此为基础，开展了区域金多金属成矿区划，按重点突破区、密切注意区、一般关注区和暂不介入区四类，制定了安徽省金多金属找矿勘查部署方案。此项目成果获武警黄金指挥部科技成果一等奖（2011）。

(2) 西藏岗底斯-念青唐古拉褶皱带以金矿床的矿产资源调查评价。

此为中国地质调查局国土资源大调查项目（2000 ~ 2004）。通过上述方法开展系统工作，并结合其他工作，系统分析了工作地质构造演化和成矿地质环境，通过开展成矿规律研究和成矿预测，在工作区圈定找矿预测区 15 处；应用找矿系统，在藏北申扎县甲岗地区新发现具有大型资源潜力的甲岗雪山钨钼多金属矿床，提交 W + Mo + Bi 资源量（334）2.3 万 t，实现了藏北地区内生金属矿床的重要突破，同时该矿床也是西藏地区第一个以钨为主的金属矿床，填补了该矿种的空白，对在岗底斯成矿带（北带）矿床的地质勘查具有重要示范作用。后经相关单位（包括武警黄金指挥部）在其中开展进一步工作，在二连浩特东北部新发现大中型钨矿床多处，在东乌旗地区新发现 1017 高地等铅锌

矿床。此项目报告评为中国地质调查局优秀报告，相关成果以论文的形式发表在《地质通报》、《矿床地质》等期刊上。

(3) 内蒙古毕力赫金矿床（Ⅱ号带）的发现与勘查。

该项目为全国危机矿山接替资源勘查项目（2005～2008）。运用上述理论，项目组从2005年下半年开始在矿区所在的区域开展地质科学研究工作，初步查明矿床所处的地质构造环境，明确指出该区具有找斑岩型金、钼等矿床巨大潜力。通过矿床解剖，认为毕力赫金矿床（原Ⅰ号带）具有浅成低温热液型（火山-次火山岩型）矿床特征，矿区范围内或周四边地区有望发现新的斑岩型矿床。经2006～2008年系统开展地、物、化、遥感等多种方法工作，新圈定Ⅱ号矿带（距Ⅰ矿带约800 m），并经勘查，新发现一大型隐伏斑岩型金矿床，提交详查储量21.92吨，挽救了一个濒临倒闭的矿山，延长矿山服务年限（按日处理矿石量1000 t计算）约30年，保证了约1500人稳定就业，潜在经济价值超60亿元。此项目组评为全国危机矿山接替资源勘查先进集体。

相关成果公开发表在《矿物学报》（2007）、《矿床地质》（2009）、《中国地质》（2009）等期刊上。

三、推广转化方式

有兴趣的学者和研究人员开放式应用。

技术依托单位：武警黄金地质研究所

联系人：葛良胜

通讯地址：河北省廊坊市丰盛路159号

邮政编码：065000

联系电话：0316-5909506

电子邮件：geliangsheng@yahoo.cn

基于多期叠加脉型金多金属矿床成矿地球化学场时空结构解析的深部成矿预测

一、内容概述

为执行国家“十一五”科技支撑项目重点课题《哀牢山金多金属成矿带找矿方法开发及应用示范》研究成果之一。所谓成矿（元素）地球化学场时空结构，是指成矿相关元素在成矿作用过程中于特定地区产生的时间分配和空间分布，主要是针对多期成矿叠加脉型矿床的深部预测而提出的。它是在原元素轴向分带（即空间结构）基础上，确定出不同成矿期甚至主要成矿阶段的成矿元素组合，明确划分出各成矿期的有关元素（组合），即时间结构，并进一步明确其在成晕及预测中的意义。然后通过时空结构耦合，结合各具体矿脉的成矿叠加复合特点，有针对性地开展深部预测工作。工作过程大致可分为以下几个步骤。

1. 矿床学研究：

是建立矿床成矿地球化学场时空结构的基础，目的在于确定多期（体系）成矿作用叠加的存在及其特征，重点是查清不同成矿期成矿阶段的矿化特点，如形成矿化的热液体系特征、金属矿物组合、矿化样式、叠加样式等。

2. 元素地球化学的统计分析

通过地面、坑道和钻孔全空间的系统取样与实验室测试分析，开展具体矿脉（或矿体）元素地球化学的统计分析，揭示其中蕴涵的地质—地球化学—成矿作用信息。主要包括：①原始数据整体特征的研究。主要手段为聚类分析和因子分析，目的在于初步考察研究区成矿地球化学场的基本特征。②元素含量水平和组合特征的分析。元素组合特征和元素含量水平是对找矿勘探具有决定意义的特征参数，通过研究各组样品中元素含量水平和组合特征等。

3. 建立元素地球化学场的时间结构

理论上，成矿元素地球化学场时间结构的建立应在成矿期成矿阶段划分的基础上，野外按不同成矿期成矿阶段，分别采取相应时期或阶段的地球化学样品进行测试并予以综合分析。在实际应用中，可用建立在大量样品基础上的统计学分析方法，如相关分析、聚类分析、因子分析或主成分分析等解决这一问题。在成矿期成矿阶段矿物（元素）组合研究基础上，通过对主要矿脉或矿体元素地球化学特征的统计分析成果加以综合，以不同成矿期的先后为序，确立在该成矿期内自早到晚的元素活动序列，即构成了成矿元素地球化学场的时间结构。

4. 建立元素地球化学场的空间结构

可以用传统的地球化学分带序列的方法进行。需要说明的是，在多期成矿叠加矿床中，原生晕的轴向分带序列应该针对各个具体矿脉或矿体分别建立。尽管也可以从中总结出反映整个矿床的一个总体分带序列，但它是未考虑到具体矿脉矿化叠加复杂性的一个趋势性序列。

5. 地球化学场的时空结构耦合与成矿预测模型

从各个矿脉或矿体的矿化特征出发，实现地球化学场时间结构耦合，建立成矿预测模型（准则）。

二、应用范围及应用实例

1. 在云南大坪金多金属矿床中的应用

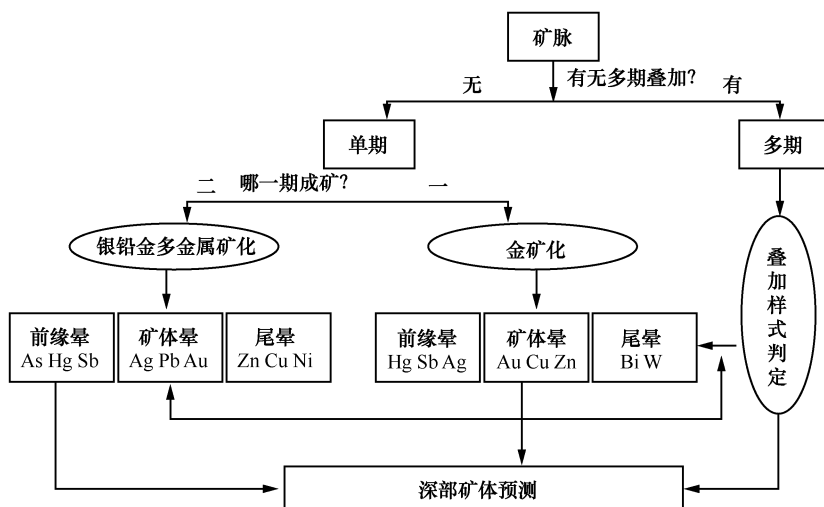
云南大坪超大型金多金属矿床是国家“十一五”科技支撑项目重点课题《哀牢山金多金属成矿带找矿方法开发及应用示范》研究重点矿床之一。该矿床具有明显的多期成矿叠加特征。根据上述工作方法，解析了该矿床部分主要矿脉的成矿元素地球化学时空场结构。时间结构：第一期成矿地球化学场的时间结构（从早到晚）是：Bi - W - Cu (- Ni) - Au - Hg - Sb - Ag。其中早阶段为 Bi - W (- Au)；中阶段为 Cu - Ag (- Ni) - Au；晚阶段为 Au - Hg - Sb - Ag。成矿过程中缺少 As、Pb、Zn、Ba 元素参与。第二成矿期（从早到晚）的元素地球化学结构是：Ag - Pb - Cu - Zn - Ni - Au - As - Sb - Hg - Ba (?)。其中早阶段为 Cu - Zn (- Ni) - Pb - Au；中阶段为 Au - Pb - As - Ag - Hg；晚阶段为 Sb - Ba (?)。该期成矿作用中缺少 Bi - W 元素参与。

空间结构：不同矿脉（体）的轴向分带序列（从上到下）是：V23 号脉（3 个中段）：Pb - Bi - Ni - Cu - Ag - Zn - Sb - Au - Hg - W - Ba - As；V5 号脉东段（4 个中段）：Ag - Cu - Zn - As - Bi - Sb - Ba - Pb - Au - Ni - Hg - W；V5 号脉西段（2 个中段）：Ag - As - Pb - Hg - Ba - Au - Cu - Zn - Sb - W - Ni - Bi；V8 号脉（3 个中段）：Au - W - Ba - Ag - Pb - Hg - Cu - Ni - Zn - Sb - As - Bi。

利用上述成果对矿区 V5、V23、V8-9 等脉体开展了深部预测，并提出了工程验证详细意见，预测结果（无论是有矿还是无矿）已被证明是完全正确的。其是 V8-9 和 V23 号脉从两矿脉最低中段预测有矿部位的上部拉斜井到下一中段，已见到较好的矿体。V5 号脉西段经钻孔施工已证明矿体向下确已尖灭，钻孔中仅有弱矿化现象，达不到工业矿体品位。V5 号脉东段预测深度不大，未部署验证工程，但从采矿的情况看，其下部矿体的规模和品位仍较乐观的。上述结果表明了本文所提出方法开展深部预测的有效性。预测流程如图。

2. 在山东大尹格金矿床的应用

此为山东省招金集团委托横向科研项目。通过上述方法开展系统工作，对大尹格庄金矿开展了深部成矿预测，提交找矿预测靶位 5 处，后经矿山验证，在预测位置深部发现新



的厚大矿体，新增资源量近 20 t。

此项目报告获山东省科技进步二等奖，中国黄金协会科技进步一等奖。

三、推广转化方式

建议以项目合作的形式进行。

技术依托单位：武警黄金地质研究所

联系人：葛良胜

通讯地址：河北省廊坊市丰盛路 159 号

邮政编码：065000

联系电话：0316 - 5909506

电子邮件：geliangsheng@yahoo.cn

成矿系统理论

一、内容概述

“成矿系统是指在一定的时空域中，控制矿床形成和保存的全部地质要素和成矿作用动力过程，以及所形成的矿床系列、异常系列构成的整体，是具有成矿功能的一个自然系统”（翟裕生，1999）。成矿系统理论是中国地质大学（北京）翟裕生院士在长期区域成矿研究基础上将系统理论引入到矿床学研究中的一项创新性成果。成矿系统理论在一般矿床成因研究的基础上，着重从宏观上，从成矿的时间、空间、物质、运动的有机结合上，来探讨区域尺度的成矿规律。其研究意义是深入认识成矿动力学机制，探索掌握矿床的形成和分布规律，全面指导矿产勘查。

成矿系统理论要点包括：

按构造动力环境划分成矿系统类别：根据不同成矿构造动力体制，将成矿系统分为：①伸展构造成矿系统；②挤压构造成矿系统；③走滑（剪切）构造成矿系统；④隆升构造成矿系统；⑤沉降构造成矿系统；⑥大型陨石撞击构造成矿系统等几大类（翟裕生，1999）。这种分类对区域成矿分析具有重要意义。

多因耦合、临界转换的成矿作用机理：成矿作用是一类特殊的地质事件，往往受地质的、化学的、物理的、生物的等多种因素的综合制约，各种有利成矿因素在特定时间空间的耦合常引起成矿参数的临界变化而导致成矿作用的发生，因此，多因耦合与临界转换是成矿作用发生的普遍机制。

矿床系列、异常系列构成的矿化网络：矿化网络表现了在一定的地质背景环境中由成矿系统形成的各矿床类型和有关异常的时空结构。它是一个四维的（空间 + 时间）成矿地质体，既包含已知的矿床和确实存在但尚未被发现的矿床，也包括未知的潜在资源。这一认识反映了成矿系统的开放性和动态性，有重要的理论和实际意义。

矿床形成-变化-保存的全过程：矿床是地质历史的产物，它们在地质历史中产生，又在地史中消亡。研究矿床形成、变化、破坏或保存的全过程是矿床学的基本内容，也是矿产勘查和矿山开发所必需的。这种认识对矿床理论研究和找矿勘查有双重意义。

成矿系统的资源-环境双重效应：成矿系统研究不仅可为探宝服务，同时通过矿床有益有害组分研究、矿床构造和矿床产状分析以及矿床表生变化研究，可以查明污染发生的范围和程度，分析可能诱发污染的机理和过程，区别短期影响因素和长期影响因素，提供整治矿山及毗邻地区生态环境的科学依据。

以成矿系统理论为核心，翟裕生院士领导的科研组先后完成“区域成矿学”（1999）、“古陆边缘成矿系统”（2002）、“区域成矿研究法”（2004）、“成矿系统论（2010）”一系列论著，在国内外学术界产生重要影响（区域成矿学 CNKI 他引 360 次，论成矿系统 CNKI 他引 218 次）。目前，成矿系统理论已成为我国区域成矿研究的主要指导思想之一，

在全国地矿行业得到广泛应用，大幅提升了矿产勘查评价水平，在指导找矿勘查工作中取得显著效果。“成矿系统理论与找矿实践”于 2011 年获国土资源科学技术奖 1 等奖。

二、应用范围及应用实例

《内蒙古自治区大矿、富矿成矿系统及找矿预测研究》：运用成矿系统的思路首次划分了内蒙古金属矿产主要成矿系统，总结了主要成矿系统特征；共划分 6 个成矿带、18 个金属矿产主要成矿系统。编制了一系列相关图件，为内蒙古矿产资源潜力预测、矿产勘查及规划提供了依据，提高了内蒙古成矿规律和找矿预测研究程度，为内蒙古尽快实现找矿突破提供了科学依据。圈定主要金属矿产找矿靶区 80 余处，优选的找矿靶区，如额济纳旗高山铜金矿、阿巴嘎旗高尔旗银铅锌矿等，经过验证具有良好找矿远景。

成矿系统理论指导江西冷水坑矿田外围找矿获重大突破：分析认为该区地质构造位置、地质构造岩石特征及成矿地质条件等显示矿田外围具备了找大矿的地质条件，因此应当拓展找矿思路，进行深边部找矿探索。指导建立了“冷水坑矿田成矿模式”，指出冷水坑矿田北东方向有广阔的找矿前景，为在银珠山矿区乃至矿区外围寻找大中型铅锌银金多金属矿床指明了方向。912 队根据翟裕生院士建议，将成矿系统理论应用于找矿实践，在矿田北部银珠山矿区北矿段发现并查明了一处大型富铅锌银矿床，累计查明 332 + 333 资源储量铅锌达到 53.2 万 t，银资源储量 426 t，其中铅 + 锌大于 15% 的富矿达到 26.4 万 t，占总资源储量的一半，取得了良好的找矿效果。

三、推广转化方式

- (1) 在中国地质大学开设区域成矿学课程，培养大批相关方向研究生；
- (2) 国际会议和全国性会议成果介绍交流，扩大成矿系统理论的影响；
- (3) 通过研究项目向全国推广，如 2001 ~ 2004 完成地质调查项目成果《区域成矿学研究方法指南》，作为“全国（分省）矿产资源调查评价综合编图”、“全国重要成矿区带成矿规律和找矿方向综合研究”等矿产资源调查评价项目的指导和培训教材。
- (4) 作为找矿勘查理论指导，在内蒙、江西、山东等指导找矿勘查取得实际效果。

技术依托单位：中国地质大学（北京）

联系人：王建平

通讯地址：北京市海淀区学院路 29 号中国地质大学地球科学与资源学院

邮政编码：100083

联系电话：13681169022

电子邮件：jpwang@cugb.edu.cn

斑岩型成矿理论指导下在古生代岛弧火山碎屑岩背景内矿床的新发现

一、内容概述

随着近几年一些矿床的发现，在华北陆块与西伯利亚板块的过渡地带存在一个巨大的以斑岩型矿床为主的成矿带已得到广泛认同，可称为蒙古弧成矿带。其西起新疆土屋（斑岩型铜矿），经甘肃公婆泉（斑岩型铜矿）、白山堂（斑岩型铜金矿）、内蒙古霍格气和炭窑口（沉积型铜矿）、蒙古国奥尤陶勒盖（斑岩型铜金矿）、赤峰小坝梁（斑岩型铜金矿）、至黑龙江多宝山（斑岩型金铜矿）。该带上矿床的产出总体上均与早-晚古生代海相沉积、火山岩地层有关，均具有岛弧性质。

该成矿带体现在大兴安岭得尔布干成矿带内其主体分布在罕达盖-鄂伦春近千公里的北东向带状早古生代岛弧环境下的奥陶系-泥盆系火山-碎屑岩建造，带内多发现的是矽卡岩型铁铜（罕达盖铁铜矿）、铁（梨子山、中道山、塔尔其铁矿）、铅锌（扎兰屯二道河子）矿床。目前的成果认为成矿多与燕山期侵入岩体有关。自 2008 年，内蒙古自治区第六地质矿产勘查开发院对相关成矿带内斑岩型铜金矿的成矿模型进行了初步的对比研究，并应用于实际找矿的指导工作，取得了初步的找矿成果。

二、应用范围及应用实例

（一）呼伦贝尔市鄂温克旗红花尔基钨矿的发现

1. 地质环境

- ①北东向头道桥-鄂伦春深断裂的北西侧，近东西向控矿构造。
- ②地层：奥陶系裸河组浅变质碎屑岩。
- ③侵入岩：黑云母斜长花岗岩
- ④蚀变：地表露头见云英岩化。
- ⑤地貌：风成砂厚覆盖区
- ⑥异常：1:20 万水系沉积物异常显示 Cu、Au、As、Mo、W 元素异常组合。

2. 矿床发现

- ①利用基岩浅钻进行 8 点/km² 的岩石地球化学测量工作，圈定异常。
- ②根据基岩浅钻填图结果研究异常的地质环境，Mo、W 异常主体分部在硅化斜长花岗岩、斜长花岗斑岩内（可能还存在热液角砾岩）。认为其成矿与斑岩系统有关。
- ③钻探地质剖面主体见三个岩系：上部奥陶系浅变质碎屑岩、中部为含矿的斜长类花岗岩、深部为钾长类花岗岩。
- ④钻探工程验证发现脉状白钨矿矿体。

⑤在奥陶系浅变质碎屑岩中石英脉 + 黄铁矿发育地段见金矿化。

3. 矿床地质特征

①含矿蚀变带延北东方向延长大于 2000 m、宽 30 ~ 85 m、延深大于 400 m，南东倾。

②含矿岩体：硅化斜长花岗岩、斜长花岗斑岩

③岩石蚀变：硅化、绢云母化。

④矿化类型：平缓的硅质网脉（可能是同生节理容矿）

⑤有益矿物：白钨矿呈浸染状分布在石英网脉中，部分分布在蚀变岩中。

⑥矿体特征：层状脉群。

⑦矿床规模：已控制地段白钨矿资源量 3 万 t，矿床平均品位 0.304%，远景规模可达大型。

4. 成因类型：石英脉型？斑岩型？

（二）呼伦贝尔市牙克石市扎敦河金铜矿的发现

1. 地质环境

①古生代岛弧泥盆系火山碎屑岩背景。

②北东向构造。

③普查区内分布有一套海相火山岩、碎屑岩地层，岩性以安山岩、细碧角斑岩和部分细碧岩质火山碎屑岩组合为主。区域上该套地层以海相火山岩、沉积碎屑岩和薄层灰岩互层组合为特征，时代归为中-晚泥盆世的大民山组。该套地层在区域上是铜的高背景含量区。

④普查区内侵入岩见有流纹斑岩、花岗闪长岩、闪长岩及花岗斑岩脉分布。流纹斑岩多已强烈高岭土化、碳酸岩化及后期石英细脉发育及花岗闪长斑岩斜长石斑晶高岭土化和绢云母化，黑云母斑晶被绿泥石和透闪石交代和钻孔中发现的富含黄铜矿的强硅化花岗斑岩脉体，总体上反映的是硅化-钾化岩石蚀变现象，预示着该区可能存在一个斑岩成矿系统。

⑤构造形迹不明显，仅表现为一条北东走向的含有金、铜矿化的片理化带，岩石表现为破碎的褐铁矿化（黄铁矿氧化的产物）、绢云母化、高岭土化及较少的硅质网脉特点。

⑥岩石蚀变具有分带性，总体表现为面型绿泥石 + 绿帘石 + 碳酸盐蚀变组合（青盘岩化）包围三条黄铁绢英岩化带、云英岩化带（蚀变矿物组合绢云母 + 高岭土 + 石英 + 绿泥石 + 黄铁矿 + 热释铁矿物）的异常分带产出的特点。黄铁绢英岩化带、云英岩化带总体北东走向且具有一定规模，该矿化蚀变带赋存于大民山组地层的角斑岩、蚀变安山岩（包括青盘岩）中，对岩性没有选择性。具有黄铁矿化、褐铁矿化、孔雀石化、黄铜矿化、金矿化不均匀，局部较强，破碎带发育（岩石破碎、褐铁矿化强烈），这一特征在已施工的坑探工程中均已得到证实，是目前发现的主要含矿蚀变带。

⑦元素异常具有一定的分带性，总体表现为向南西开口的“残环”（南部被扎敦河河谷破坏），异常元素以金铜组合为中心，外围被银铅锌元素组合环绕，从成矿的物理环境讲是中心为中温向外围的中低温变化，预示有一个主热液活动通道或活动中心。

⑧地球物理上表现为低阻、低激化特点，与土壤异常的分布范围具有高度重合性。

⑨硫化物的种类主要有黄铁矿、黄铜矿及少量的方铅矿，金的赋存状态目前不清。岩

芯观察中发现硅质网脉发育地段（硅质网脉往往与硫化物伴生）和硅化蚀变强烈地段金、铜的品位（尤其是金品位）偏高。

2. 矿床发现

①根据地质背景和 1:20 万水系异常特征进行选区。

②1:1 万地质填图、土壤测量、电法测量的综合手段。进行岩石蚀变带分带性研究，土壤异常元素组合与分带性研究及其与物探异常的套合性研究。

③选择黄铁绢英岩化带 + 金、铜组合异常地段进行工程验证发现厚大低品位金铜矿体。

3. 矿床地质特征

①岩石蚀变具有分带性：目前划分出的岩石蚀变类型有黄铁绢英岩化带和青盘岩化带。黄铁绢英岩化带呈三条规模不等（300 m × 1500 m ~ 100 m × 1200 m）的北东向蚀变带，岩石破碎。

②成矿岩体：花岗闪长斑岩（目前工程中仅见岩枝）。

③金属矿物：黄铜矿、黄铁矿、自然金？

④品位特征：Cu 0.1% ~ 0.94%、Au 0.1 ~ 3.14 g/t。

⑤矿体特征：厚大脉体（34 ~ 150 m）斜列式分布，发现的矿层主要分布在黄铁绢英岩化带中。

4. 成因类型：斑岩型铜金矿

目前仅评价勘查面积的一小部分且还未发现成矿斑岩系统的中心部位。潜在规模在中型以上。

上述两处找矿实例尽管目前的基础性研究还有相当的不足，但在工作程度极低的大兴安岭北段得尔布干成矿带具有巨大的指导意义，可为整装勘查提供理论依据。

三、推广转化方式

应以整装勘查的方式进行推广转化。

技术依托单位：内蒙古自治区第六地质矿产勘查开发院

联系人：关继东

通讯地址：内蒙古自治区呼伦贝尔市海拉尔区学府路一号

邮政编码：021008

联系电话：13327003396

电子邮件：guanddgs@126.com

第二部分 成矿预测、 找矿方法及测试技术

立体地质填图、流体填图技术与 深部成矿预测试验研究

一、内容概述

本课题是按照科技部与中国地质科学院矿产资源研究所签订的国家科技支撑计划课题任务书规定，通过重磁场源参数反演、3D 人机交互建模、反射地震数据重新处理、区域流体-蚀变填图与流体蚀变 3D 建模等研究，初步实现了狮子山-铜官山矿田 3 km 以内的地质结构和成矿过程“透明”化，深化了对该地区成矿、控矿结构的认识，取得了重要进展。

该项成果主要完成人：吕庆田、徐文艺、陶月赞、严加永、周涛发、王训诚、蒋其胜、孟祥金、祁光、赵金花等。

成果简介：

(一) 提出了 3D 填图（建模）思路和技术流程，并以铜陵狮子山-铜官山矿田为例，建立了 3D 模型，初步实现了铜陵矿集区狮子山-铜官山矿田地壳结构和成矿过程的“透明”化，深化了对该地区深部地质过程和成矿过程的认识。

(1) 提出了立体填图的思路和技术流程。即通过综合地质、钻孔和反射地震解释建立和推断覆盖填图区的系列 2.5D 初始地质模型，对每条 2.5D 剖面在重磁人机交互反演平台上（ModelVision）进行人机交互修正，然后将所有剖面集成到 3D 平台进一步修正，即可获得重磁约束的 3D 地质模型，该模型可以和重磁 3D 场源参数反演相互验证。

(2) 系统梳理了填图区晚古生代至第四系各时代地层的产出特征，对不同时期地层划分方案进行了整合和归并，对各时期地层进行了统一计算机编码。实测了 4 个钻孔 372 件样品的岩矿石物性，开展了各时期地层物性统计研究，获得了各时期地层密度和磁化率值。

(3) 利用层析静校、高精度速度分析、叠前偏移等新技术，开展了 2002 年采集的 3 条反射地震剖面重新处理（每条长 8 km），为建立初始地质模型提供了有用信息。

(4) 在狮子山-铜官山矿田约 150 km² 的范围，按照 500 m 线距，建立了 31 条剖面的初始地质模型，经过逐条剖面的重磁交互约束反演和 31 条剖面在 3D 环境中的进一步修改，获得了该区 3D 地质图。分析了本区重要控矿地质体五通组（D₃w）顶板、三叠系下统殷坑组（T₁y）和中酸性岩体的空间分布规律。按照“岩体+层位”的成矿规律，对填图区深部找矿远景进行了分析，圈定了西湖、焦冲、严冲、五贵桥、天马山-章木山、观音冲-朱村-团山 7 个深部成矿靶区。

(5) 开展了填图区重磁 3D 场源参数反演研究，并与 3D 填图结果进行了相互验证，发现二者在总体上吻合，但对岩体的深部空间形态差距较大。

(二) 开展了铜陵矿集区 1800 km² 重、磁场源参数反演研究, 根据结果推断该区岩浆岩的空间分布和高密度体的空间展布特征, 为深部成矿预测提供了重要信息。

(1) 开展了场源参数反演和位场分离方法试验研究, 并对铜陵矿集区 1800 km² 的航磁异常进行了分离和场源磁参数的反演 (0 ~ 5 km 范围)。研究了该区岩体和地层磁性的变化规律, 按照 4000×10^{-6} CGSM 阈值圈定了中酸性岩体的空间形态。研究了岩体空间形态, 划分出 3 种类型, 并对每一类岩体的空间形态进行了分析。发现铜陵矿集区多数岩体以岩枝、岩脉和小岩体形式产出, 深部相互连通, 构成“圣诞树岩盘”(Corry, 1980) 特征; 一方面验证了“小岩体成矿”的认识, 另外说明深部成矿潜力巨大。还新圈定了 6 个隐伏岩体, 分析了矿床(点分布)与岩体的空间关系。

(2) 对铜陵幅、戴家汇幅 1:5 万布格重力异常进行了分离, 并进行了场源密度参数的反演 (0 ~ 5 km 范围)。反演结果发现铜陵矿集区浅表密度变化较大, 可能与岩体侵入、热液蚀变和构造破碎有关; 当深度逐渐变深, 高密度体与背斜(青山背斜、永村桥背斜和戴公山背斜等)吻合, 说明在褶皱变形过程中, 高密度的基底可能卷入变形, 在背斜的核部出现高密度的基底岩石。

(三) 完善了蚀变流体地质填图的理论方法体系; 在大量成矿流体调查基础上, 将铜陵矿集区成矿流体系统划分为两大系统, 初步查明了不同流体系统形成的构造背景和流体来源和性状特征。

(1) 在多年蚀变流体地质填图实践的基础上, 结合国内外专家学者在相关流域的研究成果, 从流体系统的角度, 系统地总结建立了一套蚀变流体地质填图的理论方法体系。

(2) 通过野外调查, 结合地质、地球化学综合研究, 工作区的地质流体划分为两大流体系统: 海西期喷流沉积流体系统和燕山期岩浆流体系统, 后者进一步划分 3 个流体子系统: 矽卡岩型岩浆流体子系统 (153 ~ 137 Ma)、类斑岩型岩浆流体子系统 (137 ~ 135 Ma) 和浅成热流体子系统 (< 124 Ma)。

(3) 查明了不同流体系统形成的构造背景及其流体来源与性状特征。海西期喷流沉积流体系统形成于扬子陆缘拉张断陷盆地环境, 受东西向基底断裂与其右行走滑派生的近南北向断裂组成的共轭断裂网络控制, 断裂的交汇部位构成流体上升主要通道, 流体活动呈现出弥散式多喷口特征。燕山期岩浆流体系统发育于扬子与华北板块碰撞焊接 (240 ~ 154 Ma) 后、中国东部主应力场由南北向向东西向调整的应力转换期 (145 ~ 125 Ma), 与强烈幔-壳相互作用所衍生的高钾钙碱性岩浆和部分具有橄榄安粗岩系特征的岩浆活动有关。燕山期岩浆流体系统的流体来源与性状明显比海西期喷流沉积流体系统的要复杂。

(四) 查明了不同流体系统的成矿特征, 查明了不同流体系统叠加复合成矿的集中方式。以狮子山-铜官山矿田为例, 首次探索了 3D 蚀变流体地质填图。

(1) 发现研究区不同时期的流体系统具有不同的成矿特征。海西期喷流沉积流体系统主要形成与地层整合的层状含铜、金黄铁矿型块状硫化物矿床; 燕山期岩浆流体系统形成岩体接触带及附近的矽卡岩型铜金矿床和类斑岩型铜钼矿床, 并在远离岩体的围岩中形成脉状铅锌矿化, 晚期浅成热流体子系统主要形成沿断裂充填的脉状金银矿床。

(2) 查明了研究区叠加改造复合成矿的类型。不同流体系统叠加所形成的同位复合成矿是研究区流体成矿作用的一个显著特征, 如燕山期岩浆流体系统对海西期喷流沉积流体系统的叠加改造形成冬瓜山、马山等叠加改造型铜矿床; 燕山期类斑岩型岩浆流体子系

统对矽卡

岩流体子系统的叠加改造形成冬瓜山深部的类斑岩型铜钼矿，浅成热流体子系统对矽卡岩流体子系统的叠加改造形成鸡冠石银金矿床和包村金矿。

(3) 通过三维蚀变地质填图，掌握了狮子山矿田与铜官山矿田成矿流体的时空分布与演化规律，确立了矿田的深部找矿目标与靶区。狮子山矿田北部海西期海底热流体活动较南部强烈，北部为热水喷发和堆积中心，层状硫化物产出稳定，北部石炭系底部的层状硫化物仍是深部找矿首要目标；狮子山矿田岩浆流体活动受 NE 向断裂破碎带以及层间破碎带控制，南部岩浆流体活动较北部强烈，矽卡岩型矿床仍是南部主要找矿目标；铜官山矿田的西北部是深部寻找矽卡岩型矿的一个重要靶区。

(五) 系统总结了铜陵矿集区成矿的成矿系统、成矿模式，地球物理、地球化学特征，在此基础上，建立了铜陵矿集区综合找矿标志，提出了深部成矿预测靶区，并对部分预测区进行了初步评价。

(1) 从岩浆岩、构造、地层、蚀变、地球化学和地球物理等 8 个方面建立铜陵矿集区“三位一体”矿床的综合找矿标志。

(2) 圈定了铜官山北、朱村-焦冲、小金山-西湖、凤凰山、沙滩脚-戴公山和丁桥北等 6 个隐伏矿找矿远景区段，其中朱村-焦冲、凤凰山为最有利找矿远景区。并对丁桥、朱村-焦冲深部靶区进行了综合方法找矿查证。

(3) 提出了大型矿集区隐伏矿找矿思路与最佳方法组合。

二、应用范围

科学研究、技术服务和地质勘查业。

三、推广转化方式

转化方式：项目成果可以进行会议交流，人员培训和技术咨询。项目成果已经在部、局多个培训班上以讲课形式进行了介绍。

技术依托单位：中国地质科学院矿产资源研究所

联系人：孙文泓

通讯地址：北京市西城区百万庄大街 26 号

邮政编码：100037

联系电话：010-68335862

电子邮件：sunwh@263.net

大型火山岩型铁铜金铅锌矿床预测和靶区 评价技术与应用研究

一、内容概述

1. 成果简介

“大型火山岩型铁铜金铅锌矿床预测和靶区评价技术与应用研究”课题（编号：2006BA B07B02）是“十一五”科技支撑项目“新疆大型矿集区预测与勘查关键技术研究”项目的第二课题。这项成果也是地质调查工作项目“新疆大型矿集区预测与勘查关键技术研究”的部分成果。承担单位：中国地质科学院矿产资源研究所，主要参加单位有中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所、中国科学院广州地球化学研究所、中国地质科学院地质力学研究所、新疆维吾尔自治区有色地质勘查局、新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局等。报告编写人：杨富全，牛贺才，陈柏林，申茂德，郝国江，刘锋，陈正乐，郭正林，单强，柴凤梅，郭旭吉，祁万修，罗勇，姚敬金，王永，许英霞，周刚，张兵，秦纪华，周昌平，张志欣，崔玲玲，黄承科等。研究范围为新疆阿尔泰山、东天山彩华沟-康古尔、西天山阿吾拉勒成矿带和阿尔金山东段红柳沟成矿带。取得主要成果：

（1）对阿尔金喀腊大湾地区和阿尔泰山南缘含矿的火山岩系进行了详细的年代学、岩石地球化学和同位素研究，对火山作用的物质来源、构造环境和成矿作用进行了深入探讨，为成矿预测提供了新的基础地质依据。

（2）对西天山不同类型的岩浆岩进行了系统的岩石学和地球化学研究，发现了富铁玄武岩-流纹岩组合，限定了成矿环境，探讨了岩浆活动与成矿的关系。

（3）对11个重点铁、铜、铅锌矿床的成矿背景、矿床特征、成矿流体、成矿物质来源、成矿时代和矿床成因等进行了系统研究，建立了矿床模型，为找矿预测奠定了基础。

（4）总结了研究区铁、铅锌和铜矿的成矿规律，将阿尔泰山铁矿划分为四期，六种类型和三种构造环境，认为早、中泥盆世为主要成矿期；探讨了研究区区域构造演化与成矿作用，建立了区域成矿模式、找矿模型和勘查方法技术组合，为进一步找矿突破提供了技术支持。

（5）编制了6幅1:50万、1:25万和1:20万研究区地质及矿产、构造地质、成矿规律及成矿预测图。

（6）圈定3个大型矿集区，优选出25个找矿靶区，对东天山的4个矿床开展了深部边部找矿工作，提出7个大中型矿床勘查评价基地。在阿尔金新发现主要铁矿床（点）8处，在后续工作中取得了铁矿找矿重大突破。通过课题实施，新增了预测资源量。

2. 基本原理

以板块构造、大陆造山带动力学演化理论、火山作用与成矿理论为指导，遵循野外地质调查和室内综合研究相结合，典型矿床研究与区域地质构造背景分析相结合的原则，综合运用同位素示踪和测年技术、岩石探针技术和流体包裹体技术等对成矿背景、含矿火山岩系、侵入岩及典型矿床进行综合研究，结合典型矿床的解剖、矿床模型的建立、成矿规律总结、地质、物探、化探和遥感蚀变异常进行靶区筛选，对重要靶区进行验证。对已知矿床深部及外围评价的技术路线是通过详细地质填图、物化探测量和现代分析测试技术，建立区内典型矿床的成矿模式；结合矿床发现史，总结评价各种成矿理论、各种方法技术在矿床勘查评价中的作用和贡献；总结研究区内不同层次的控矿要素配置和示矿信息，系统建立从区域—矿带—矿床（田）—矿体的地质—地球物理—地球化学综合找矿模型。根据地貌景观特征和矿床地质条件，实验选用大功率高分辨率 CSAMT、TEM，高精度重力、高密度相位激电测深、井中物探、原生晕测量等方法技术及其组合，在已知矿区及外围开展地质、物化探工作，进行深入分析与解剖，提取识别深部含矿信息。在全面收集地质矿产资料基础上，结合课题最新研究成果编制成矿规律及成矿预测图。

3. 技术特点

研究区赋存于火山岩系中的铁矿床具有明显层状和似层状特征，但是同时发育有矽卡岩矿物组合，查明矽卡岩化在成矿过程中的作用，是认识矿床类型，建立矿床模式，取得区域找矿突破的关键之一。矿床成矿期后的构造变形和中新生代的剥露，是控制矿床最终定位关键因素，因此开展成矿期后构造变形对矿床的改造、中新生代山体剥蚀程度的研究，有助于科学地指导区域找矿、合理地评价矿产资源潜力。针对不同自然景观区和浅表/深部隐伏矿体提出系列找矿勘查的方法技术组合，研究完善起伏地形条件下重磁三维反演和电磁法二维反演方法，提高物探解释精度。

4. 技术指标

①提交成矿规律图和找矿预测图；②建立典型矿床成矿模式和找矿模型；③建立不同自然景观区火山岩型铁、铜、金及铅锌矿床勘查方法技术组合；④圈定成矿远景区 1~2 处，提交找矿靶区 5~8 处、大中型矿床勘查评价基地 1~2 处；提交资源量铜 50 万 t、铅锌 150 万 t、铁矿 1 亿 t、金 30 t。

二、应用范围及应用实例

成果应用范围包括地质矿产勘查、科研、教育、矿产开发和管理部门人员使用。

已推广应用情况及效果：通过对阿尔泰成矿背景和成矿规律的研究，提出在克兰盆地铁米尔特一带有形成火山岩型铁矿的成矿潜力，引进了新疆宏泰矿业有限公司资金进行商业地质勘查，新疆有色地质勘查局七〇六队对托莫尔特一带布置了地面磁法测量，利用钻探工作发现了 3 个矿体。同时加大了含矿火山岩系、矿体特征、围岩蚀变和矿床模型的系统研究，提出该矿的成因类型为火山沉积型铁矿。提出矿体稳定、延深大，深部找矿潜力巨大，为托莫尔特矿区普查、详查和自治区深部找矿项目布置钻孔提供了依据。通过靶区优选认为阿尔泰南缘的塔拉特铅锌矿、可可塔勒铅锌矿、铁热克萨依铅锌矿、大东沟铅锌

矿、阿克哈仁铅锌矿的外围和深部有很好的找矿潜力，通过引进矿业公司商业地质勘查资金和国家其他项目资金对这些矿床进行勘查评价，发现了新的矿体，扩大了资源量，为企业带来了巨大的经济效益。前人在阿尔金东段发现了白尖山铁矿和八八铁矿，通过成矿背景和成矿规律研究，本项目圈定出 2 个有利成矿靶区，通过对靶区的评价，发现了铁矿床（点）8 处，确定了 2 个长度超过 10 km 的铁矿带，预测的铁资源量达到 1.38 亿 t，通过新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局的勘查评价，部分矿床已进行了开采，取得了很好的经济效益。新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局和新疆维吾尔自治区有色地质勘查局根据本项目在阿尔泰、西天山、东天山和阿尔金圈定的找矿靶区部署了基础地质和找矿工作。

应用前景及市场预期：

新疆天山、阿尔泰和阿尔金山是我国确定的十六个重点成矿区带中的三个，成矿条件优越，近年来相关部门加大了这三个成矿带的投入，本成果对重要成矿带的找矿勘查工作可以起到指导作用，具有十分广泛的应用前景。

三、推广转化方式

成果推广转化方式主要有：①编制成果报告汇交到国家 305 项目办公室，供社会相关部门和人员使用；②将本成果写成学术论文进行交流和推广。已发表学术论文 52 篇，其中 SCI 检索 22 篇（国外 SCI 3 篇）、SCI 检索的论文摘要 6 篇、核心期刊 19 篇和其他刊物 5 篇；③参加地质学术会议，在会议上进行成果交流和推广；④通过“新疆地质矿产研究成果系列专题讲座”为新疆 26 个地勘、科研、教学单位的 260 多名专业技术人员介绍阿尔金的找矿成果。

技术依托单位：中国地质科学院矿产资源研究所

联 系 人：孙文泓

通讯地址：北京市西城区百万庄大街 26 号

邮政编码：100037

联系电话：01068999027

电子邮件：sunwh@263.net

危机矿山三维信息评价系统软件

一、内容概述

地质勘探获取的各种勘探资料，首先由专业的软件工具导入三维系统，这些资料有图形资料，例如：地质图、工程分布图、地形等高线数据等，也有矿体各种工程获得的分析数据如矿石的品位、比重等，还有关于三维地下岩石岩性及厚度描述。本软件系统应该对这些数据进行科学的管理，如表格数据的录入、编辑、修改和查询等。对于二维图形数据，如地质图等，可以通过 GIS 软件矢量化后进入系统。另外，系统还应该处理遥感影像及 DEM 数据，形成有逼真效果的三维图形。

三维数据模型的建立 (ore body delineation in a drill)

(1) 开发三维可视化技术将各单工程所见地层、岩石、构造和矿体显示在三维空间坐标中，并根据国家储量圈定规范，根据矿床的工业指标，如边界品位、工业品位、可采厚度、夹石厚度及有害组分等，圈定单工程矿体的形态、厚度、位置等。系统在圈定过程中，提供交互智能工具，用户可以在工程图上，通过人机对话方式圈定矿体。

(2) (ore body delineation in profile) 矿体连接是一项非常重要而且智能化高的工作，由于三维地质复杂性和人们认识的局限性，导致不同的地质专家圈定的结果可能不一样，计算机只能提供半自动的辅助交互工具来帮助专家完成剖面矿体的连接，用户可以使用方便实用的剖面编辑器进行矿体的半自动连接。

(3) (ore body delineation) 将剖面连接成果系统自动形成三维地质体，并使用多种方法进行可视化储量计算。

上述工作在系统中被称为 3DEM 过程，是整个软件系统的框架和主线，其流程可以总结如下：

基于 3DEM 方法开发危机矿山三维信息评价系统软件。该软件可以完成钻孔数据库管理，二维制图、三维地质体建模、传统与数学地质储量估算、三维成矿预测等功能。

二、应用范围及应用实例

本软件适用于三维矿山勘探与三维成矿预测工作。

在此以黄沙坪铅锌矿为例，说明本科技成果的主要功能。

应用矿产勘查三维预测评价软件已经开发完成的功能，开展黄沙坪矿区三维建模工作。建立钻孔、地表模型各 1 个，铅锌矿体模型 1 个，地层与岩体模型总计 8 个。具体建模情况如下：

(一) 应用 3DEM 模型建立矿区实体模型

(1) 将收集到的数据资料包括钻孔资料、勘探剖面图、工程分布图、地形等高线数据等，进行科学的管理，如表格数据的录入、编辑、修改和查询等。并将钻孔数据按照软

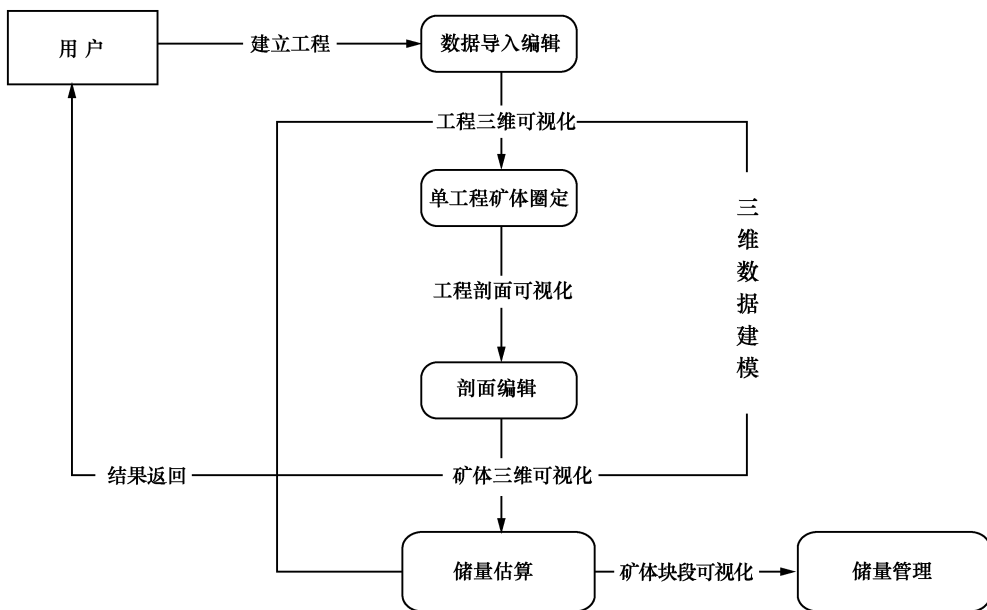


图1 3DEM 储量估算软件

件中规范标准的格式生成钻孔数据库，从而生成钻孔模型。

(2) 对于二维图形数据，如地质图等，可以通过 GIS 软件矢量化后进入系统。若地形图上有等高线资料，也可以在 GIS 软件中将等高线提取出来导入系统后生成矿区地表模型。

(3) 将生成的钻孔模型按照区域要求（勘探线间距、方向等）投影到勘探面上，从而生成剖面文件。

(4) 根据矿床的工业指标，如边界品位、工业品位、可采厚度、夹石厚度及有害组分等，圈定单工程矿体的形态、厚度、位置等。系统在圈定过程中，提供交互智能工具，用户可以在工程图上，通过人机对话方式圈定矿体，进行线框模式连接，并将剖面连接成果生成三维地质体。

(5) 可根据步骤 4 生成矿体实体模型的方法，可生成地层、构造、岩体等地质体模型。

(二) 黄沙坪铅锌矿三维钻孔模型建模

在预测评价信息平台软件中首先需要通过整理数据，创建钻孔数据库，进而生成三维钻孔模型。钻孔数据库主要内容包括①钻孔位置表，用来存储钻孔在地表的位置信息；②钻孔形态表，用来存储钻孔的空间延伸信息；③钻孔采样信息表，用来存储矿物的品位或含量信息。图 2 为钻孔数据的三维显示效果。

(三) 黄沙坪矿区三维地表模型建模

根据收集的矿区地形地质图提取间隔为 2 m 的等高线图，在 Mapgis 软件中经过处理检查、将处理好的线文件赋高程值属性，并转成预测平台兼容的文件格式（. dxf 或 . shp）(图 3)，可在预测平台软件的二维图层编辑中再次检查文件，并将检查好的文件进行地表

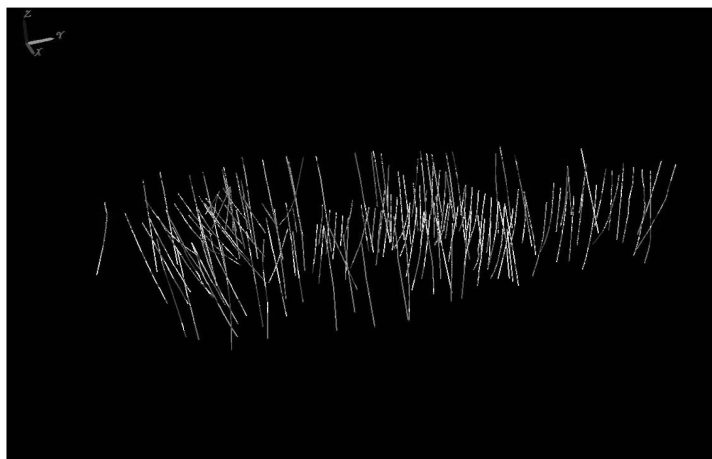


图2 三维钻孔模型显示

建模。在地表建模既可以通过离散点数据建立了 GRD 模型也可以由等高线数据之间得到 TIN 模型。由图 4 可以看出使用等高线数据建模方法得到的图比较细腻，平滑，效果较好。

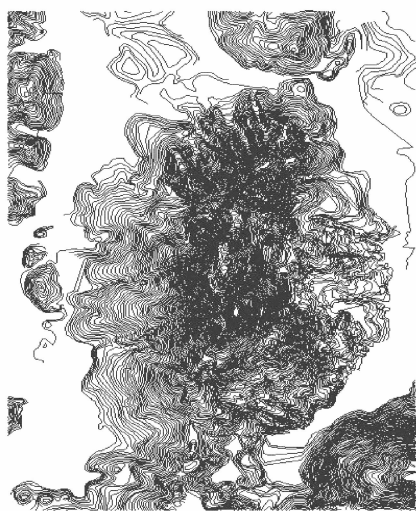


图3 间隔为 2 m 的地形等高线图

(四) 黄沙坪矿区地层与岩体模型建模

黄沙坪矿区内分布的地层属下石炭纪的石磴子灰岩，按层序和新老关系分为 C12 - 2、C12 - 3、C12 - 4、C12 - 5、C12 - 6 以及第四纪岩层。其中 C12 - 2、C12 - 4、C12 - 6 为石灰岩层，C12 - 3、C12 - 5 为砂页岩层。本次应用研究是按照不同地层来建立实体模型的。地层模型的生成方式跟矿体模型的生成方式相似，可依据钻孔上的每个地层岩性特征及研究单位所提供的勘探线剖面图圈定出每条剖面上的同一地层，圈定完成后，进行地层的空间连接，当地层由于形态特别复杂时，无法自动的拟合成完整的空间三维模型时，则需要人为进行交互操作，即给系统一个连接三维模型的趋势，来引导系统完成模型的建立。图 5 ~ 图 10 为每个地层实体模型。

黄沙坪矿区的岩体以贯穿全区的石英斑岩为主，其次在本区东南部有矽卡岩体，其余岩体都较小。石英斑岩出露于宝岭，观音打座一带。建模方式与地层基本相似，根据钻孔上的岩性特征及研究单位所提供的勘探线剖面图圈定出每条剖面上的岩体，再通过曲面连接及实体生成，最终得到岩体实体模型。图 11 为石英斑岩，图 12 为矽卡岩实体模型。

(五) 黄沙坪矿区表内铅锌矿体模型建模

首先将钻孔投影到勘探线剖面上，依据投影到勘探面上的钻孔信息，通过剖面编辑生

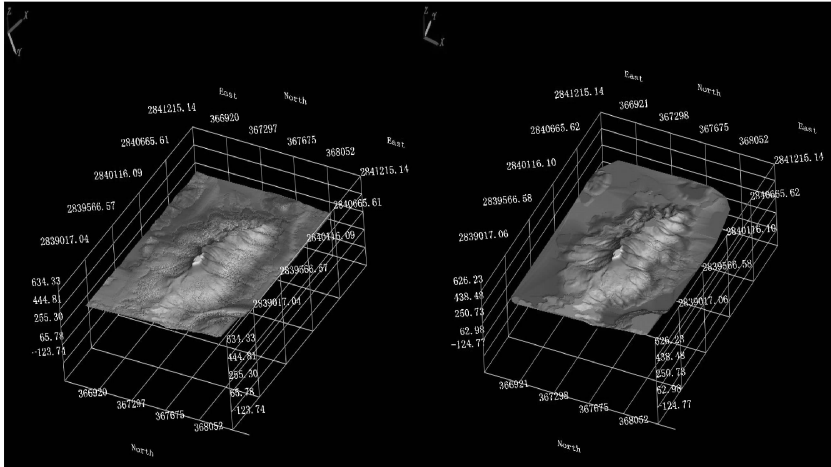


图4 研究区地表模型
(左图为离散点建模, 右图为等高线建模)

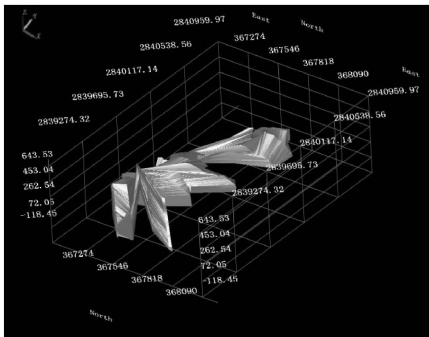


图5 地层 C12-2 实体模型

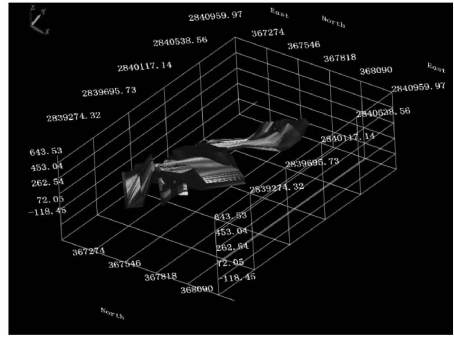


图6 地层 C12-3 实体模型

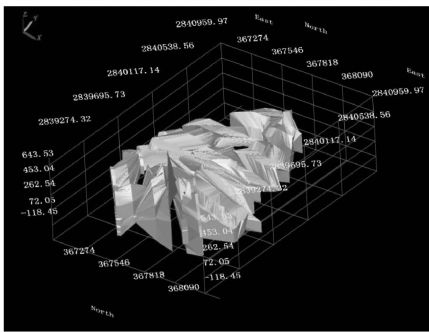


图7 地层 C12-4 实体模型

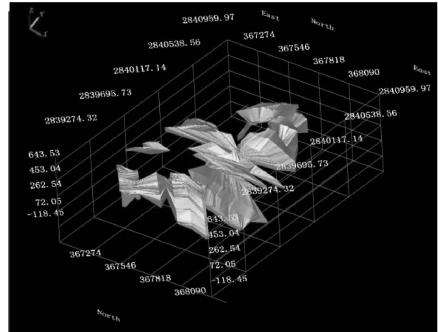


图8 地层 C12-5 实体模型

成地质体的分界线, 为下一步生成空间曲面或空间体做准备。本次研究区所提供的钻孔主要分东南两个方向, 因此在生成剖面文件时, 需要生成东南两组剖面 (如图 13)。

另一方面, 为了满足量化计算的要求, 本次建模对钻孔进行了单工程矿体圈定功

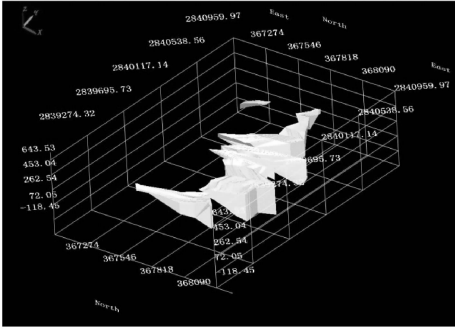


图9 地层 C12-6 实体模型

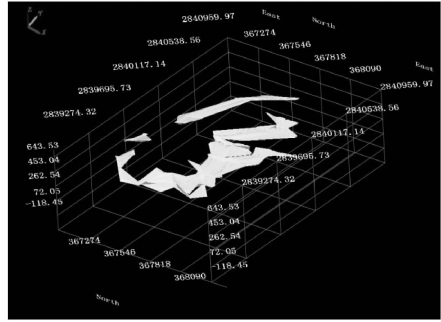


图10 第四纪地层实体模型

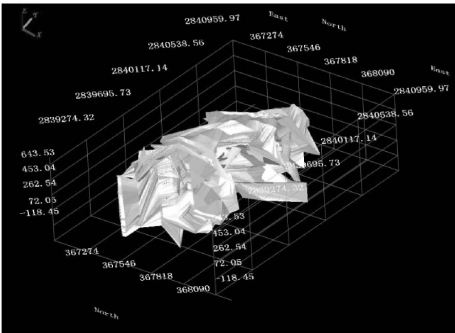


图11 石英斑岩实体模型

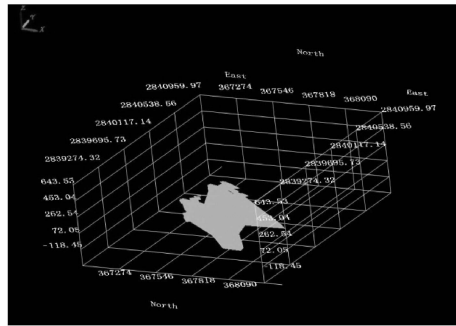


图12 矽卡岩实体模型



图13 剖面定义设定

能。在建模过程中，首先输入边界品位、最低可采厚度和夹石剔除厚度，应用单工程原理进行矿体边界的重划分。黄沙坪矿区内有氧化矿、原生硫化矿，所勘探的主要矿体全为硫化矿，硫化矿分铅矿，铅锌矿，及锌矿体三种，且本次在单工程矿体圈定时还按照研究区

单工程矿体圈定属性设置

标准预设值

地下开采 矿种 Pb 矿石类型 硫化矿 标准品位

圈定类别 多元素圈定

多元素品位表达式

当前岩性名称

pb>0.7 & zn>1.0 复杂条件

条件表达式提示：表达式正确。

复杂条件

条件表达式提示：空表达式

开采技术条件

最低可采厚度 1.2m

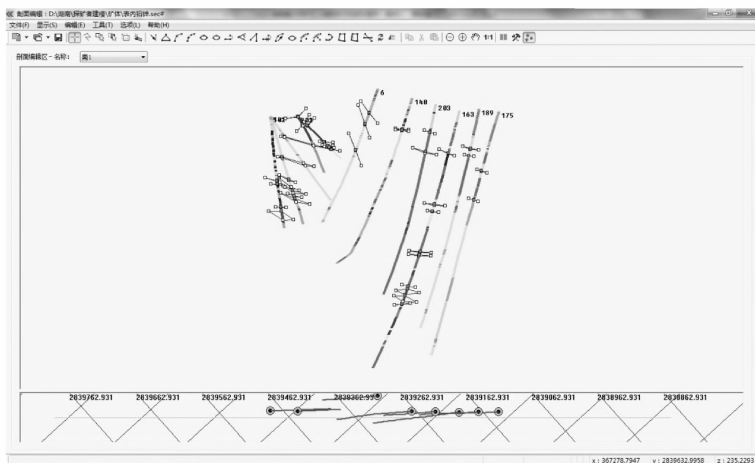
有效厚度 1000.000

夹石剔除厚度 2.000

剥离比 0.000

确定 取消

在完成单工程矿体圈定后，可以进行剖面的编辑。剖面编辑功能需要完成的工作主要是实体轮廓线（即圈定矿体）的编辑。通过鼠标点击屏幕上的一系列点生成屏幕上的曲线，屏幕曲线通过逆映射转换成剖面上的曲线，最后通过保存操作存入剖面数据文件中。根据矿体地质特征及圈定矿体的一般原则，可在剖面上将矿体圈定出来。图 15 为剖面上



54

圈定好的铅锌矿轮廓线。

当每条剖面上的矿体圈定完成后，进行矿体的空间连接，即将每个剖面上的矿体形态连接成一个整体的三维空间模型。由地质报告了解到黄沙坪矿区的矿体小且碎，形状复杂、一般为扁豆状，因此在生成矿体模型时采用尖推或平推的办法生成辅助剖面，连接生成矿体实体模型，图 16 为表内铅锌矿实体模型。

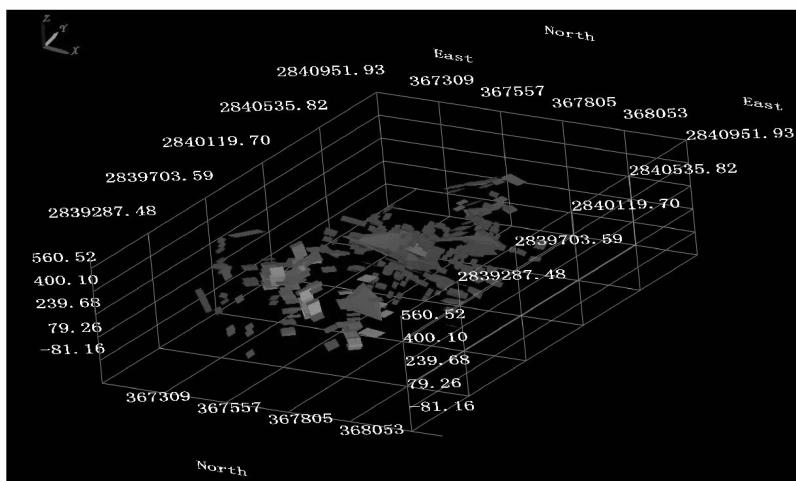


图 16 为表内铅锌矿实体模型

三、推广转化方式

基于 3DEM 方法及软件已通过媒体报道、办理培训班等方式进行了推广，效果显著，目前，该软件已经在全国危机矿山找矿专项中开展示范应用工作。前后已有 20 余个矿山应用本软件开展数字矿山建模、储量估算以及三维成矿预测。

技术依托单位：中国地质科学院矿产资源研究所

联系人：肖克炎 李楠

通讯地址：北京市西城区百万庄大街 26 号

联系电话：68999513

电子邮件：Keyanxiao@sohu.com superln1980@yahoo.com.cn

矿床模型综合地质信息预测技术方法及预测软件

一、内容概述

矿床模型综合地质信息预测技术方法是基于成矿系列理论的方法，方法结合了模型预测与综合信息预测的优势。方法的核心是：在 GIS 环境下，以矿床地质模型为指导，以地球动力学构造建造成矿预测分析为基础，全面系统地分析地质找矿勘查获取的地、物、化、遥、矿产等信息，使用 GIS 矿产资源定量预测方法，科学地开展未发现矿产资源潜力评价。其中，地质背景及综合信息的深入分析、矿床模型的建立是矿产预测的前提，地、矿、物、化、遥、自然重砂等基础空间数据库的建立和应用是矿产预测的基础，正确认识和刻画重要矿产资源的时—空分布和共生规律，选准预测要素，有效地识别和提取找矿信息是矿产预测成败的关键，而运用现代计算机空间数据分析技术，合理地进行信息综合和矿产资源定位、定量预测，是预测的有效途径。

矿床模型综合地质信息预测技术方法的技术流程如图 1：

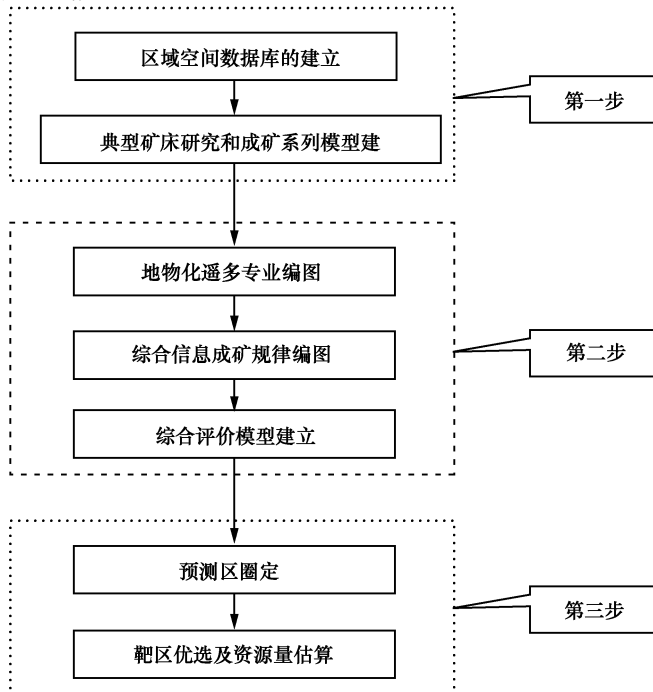


图 1 成矿系列综合信息预测方法流程图

该方法的技术特点主要体现在：

(1) 全过程均可通过计算机来完成，地质技术人员可通过人机交互等方式控制预测的关键环节；

(2) 通过成矿系列划定预测分区、指导建议找矿模型等环节，实现了成矿系列理论与找矿评价的有效结合；

(3) 确定了通过地质勘查的多专业信息编图来建立综合解释模型，进而建立综合信息评价模型的方法；

(4) 提出了以体积法为基础的“资源量估算的地质参数法”。

基于该方法升级了 MRAS 软件，对原有区域矿产资源评价系统软件处理流程进行了改进，增加了数字高程模型彩色晕渲图底图功能，实现了所有预测要素半透明显示功能，提高了区域矿产资源评价系统软件的立体感可视化效果；增加建模器模块，用户可以按照矿产资源潜力评价的工作流程在建模器中建立相应处理流程开展评价工作；增加了体积法定量预测功能模块，使软件更加适应我国地质工作者工作方法和工作惯例。升级后的软件进行了著作权登记（如下图）。

计算机软件著作权 登记证书		
编号： 软著登字第 BJ12664 号		
登记号： 2008SRBJ2358	权利取得方式： 原始取得	
	权利范围： 全部权利	
软件名称： 矿产资源评价系统软件V2.0 [简称: MRAS]	首次发表 日期： 2008年05月16日	
著作权人： 中国地质科学院矿产资源研究所	根据《计算机软件保护条例》和《计算机软件著作权登记办法》的规定，对以上事项予以登记。	
		
		2008 年 5 月 31 日

二、应用范围及应用实例

方法及软件适用于小-中比例尺的找矿预测。

已作为全国矿产资源潜力评价项目的关键技术得以全面推广应用。目前该项目已基于此方法完成了铁、铝、铜、铅、锌、金、钨、锑、稀土、钾盐、磷、煤、铀等十三个矿种的定位及定量预测，获得了一批预测区及 2000 m 以浅的预测资源量。目前，根据部领导提出的“边工作，边出成果，边应用”的要求，潜力评价的阶段性成果已被应服务于部、局，为国家资源政策和资源战略制定提供科学依据。如：为国土资源部“一张图工程”编制了单矿种潜力区分布图；为地质调查局提供了数据支撑，编制了《47 片整装勘查区成果图册》、《找矿突破战略行动技术支撑方案》等。又如：四川省以铁矿资源潜力评价成果为依据，编制了以攀西钒钛磁铁矿为重点的《四川省铁矿地质勘查专项规划（2010

~2015)》等。

上述实例表明，该方法及软件在我国矿产资源管理、资源政策制定及找矿工作部署等方面，都起到了重要的作用，带来了不可估量的潜在经济价值。

三、推广转化方式

方法及软件已通过媒体报道、发布正式出版物、办理培训班等方式进行了推广，效果显著，目前，该预测方法已成为全国潜力评价工作的首选方法，软件也由于与国产 GIS 软件接合好、中文界面、基于中国地质工作习惯编制等特点而易学易用，因此也成为了各地勘查单位的首选。

技术依托单位：中国地质科学院矿产资源研究所

联系人：丁建华

通讯地址：北京市西城区百万庄大街 26 号

邮政编码：100037

联系电话：010-68999062

电子邮件：dingzhanzhan@163.com

矿床位置预测系统

一、内容概述

2004 年 7 月，武警黄金地质研究所受中国地质大学的委托，承担了《基于 arcView GIS 的找矿预测系统研制》任务，该项任务是中国地质大调查项目《新类型矿产资源评价》的工作内容之一。时间 2004 年 7 月—2005 年 12 月。项目已按设计完成，于 2006 年 4 月 15 日通过了中国地质大学（北京）组织的项目评审验收，并已归档。项目成果主要有：①编制的系统（DPIS）运行在 ArcView GIS 平台上，在成矿区（带）内，利用地质、物探、化探、遥感、矿产分布等空间数据库数据，利用信息量法或证据权法完成统计预测，优选找矿靶区，同时还可以基于专家对研究区成矿规律的认识和（或）对区内已知矿床的研究结果，对专家认为重要的地质变量赋予一定的找矿信息量（或权重系数），进行统计和预测，或者是将矿产地质工作程度较高地区统计预测建立的模型进行保存和积累，对工作程度极低地区或模型区外围地区，通过地质类比，“借用”地质条件相似地区的模型进行统计预测；②根据应用 DPIS 开展成矿预测的需要，结合我国目前地质资料、数据的现状，同时开发了一些必要的数据处理工具，用户选用。每一项功能都是针对实际资料处理中遇到的问题而开发的，并且经过了实际应用检验；③编制了系统使用说明书并制作了联机帮助文件，使用者在遇到问题时可以随时查阅相关帮助；④选择“松潘-摩天岭地区”作为示范区，利用该系统进行金、铜矿产成矿预测，并编制了预测应用报告。

该系统简便、实用，地质专业人员不需要掌握很多计算机、GIS 专业知识即可使用进行成矿预测工作。

二、应用范围及应用实例

“中国重要成矿区带金矿资源预测评价及综合编图”是武警黄金地质研究所承担的中国地质调查局“全国（分省）矿产资源调查综合编图”项目的工作内容，工作时间 2005 年 5 月至 2006 年 12 月，该项目的评价及编图工作主要基于 DPIS 系统完成。

项目较系统地总结了与开展本项目工作有关内容的以往工作基础，选择滇黔桂、松潘-摩天岭、秦岭中西段、甘孜-木里北段、西准噶尔、北祁连山中西段、华北陆块北缘西段、延边-东宁等 8 个具有一定工作资料基础的三级成矿区带开展金矿资源预测评价和综合编图工作。

研究工作首先广泛收集、综合整理前人工作成果，总结预测评价区带金矿控矿条件、成矿规律和找矿标志。充分利用全国 1:250 万、1:50 万（1:20 万）数字地质图数据库、中国地质工作程度数据库、全国矿产地数据库、全国区域化探数据库、全国重砂数据库等大型数据库资料，并尽可能收集利用遥感解译成果，在矿床定位预测系统（DPIS）上开

展图层数据集成、空间分析，开展成矿预测工作，结合地质认识和以往工作程度，编制成矿规律和成矿预测图、金矿勘查规划部署图，编写相应文字说明。项目 2007 年 3 月 15 日通过了由中国地质调查局研究发展中心组织的评审验收，专家组认为项目按要求完成了 8 个成矿区带和全国金矿潜在资源预测评价工作，编制了 1:500 万中国金矿找矿远景区划图和 8 个成矿区带的预

测成果图件，其成果及预测方法对开展全国矿产资源潜力评价具有重要的参考意义，对金矿勘查部署具有指导意义，并评定为优秀等级。

该系统已在武警黄金部队推广应用，在武警黄金地质研究所近年来大部分项目的评价预测工作中展开应用，黄金部队各支队在勘查选区中应用，为系统的推广提供了经验。

三、推广转化方式

举办行业培训班，推广应用。软件已放在中国地质调查局的网站上，免费下载使用。

技术依托单位：武警黄金地质研究所

联 系 人：卿敏

通讯地址：河北省廊坊市丰盛路 159 号

邮政编码：065000

联系电话：0316 - 5909505

电子邮箱：qm. hxj@ 163. Com

地质力学矿田构造找矿理论

一、内容概述

1. 研究思路

以矿田构造解析为基础，以构造分析的思路探讨矿床的形成与分布的关系，着重厘定与成矿作用有关的构造型式，研究各种地质构造和变形对成矿带、矿集区、矿田、矿床、矿体的形成和分布的控制和改造作用，重点研究成矿诸因素中的构造与成矿物质积聚的相互关系，深入认识成矿作用过程中的构造作用机理，分析构造体系的联合与复合关系及其对成矿作用的影响，探索构造动力作用下，成矿流体的来源-运移-聚集-成矿过程，从而构建构造控矿-找矿模式，以构造形式分析和构造形迹的展布特点及空间组合规律进行矿体的定位预测。

2. 研究方案

在区域成矿背景研究的基础上，开展矿田构造、构造地球化学、矿田构造应力场、构造流体动力学研究，综合提取各种控矿因素，进行区域构造应力场模拟分析，总结区域（矿区）成矿规律，建立构造控矿模式和找矿模型，开展隐伏矿产找矿预测。

3. 研究步骤

- (1) 区域成矿背景和构造环境：①建造及大地构造的背景；②不同尺度的构造研究
- (2) 控矿构造解析：①成矿构造体系研究；⑤控矿要素、控矿构造的力学性质及其演变过程，构造的分期与配套；③构造蚀变岩相填图。
- (3) 物化探及遥感技术的有效应用；
- (4) 显微构造及岩组学：①矿石结构构造、矿相等；②岩石的形变和相变、动力成岩成矿信息的提取；③区域构造应力场的综合信息提取研究，
- (5) 构造地球化学：①流体演化过程动力学研究；②物质成分、物理化学条件分析；
- (6) 同位素地球化学：①利用同位素示踪技术，追索物质来源；②确定成矿时代
- (7) 构造应力场的模拟：①区域成矿构造应力场信息提取及其边界条件确定、岩石力学性质等测定；②岩石变形的室内模拟；③物理模拟技术-光弹模拟技术；
- (8) 综合信息找矿与地质勘查专家系统：①利用 GIS 平台，建立矿田、矿床的地质数据库；②综合提取成矿要素：地质构造条件、构造地球化学条件、流体条件等。
- (9) 隐伏矿产找矿预测：①总结成矿规律，确定区域找矿标志；②建立构造控矿模式和找矿模型；③开展隐伏矿产找矿预测。

4. 地质力学构造控矿-找矿的基本规律

目前成熟的地质力学构造控岩控矿-成岩成矿的基本规律包括：①结构面控矿；②构造体系控矿；③构造分级控矿；④构造序次控矿；⑤构造复合控矿；⑥构造分带性控矿；⑦构造等距性控矿；⑧断盘构造控矿；⑨构造动力驱动流体成矿、流体势场和运移场；⑩动力成岩成矿。

二、应用范围及应用实例

地质力学矿田构造主要应用于内生金属矿产资源的勘查和找矿预测，先后在广东铀矿、新疆铬铁矿、海南石碌富铁矿、冀东西段金矿、安徽界岭、五河和全椒金矿、福建泰宁和肖板金矿、赣东北虎家尖和大背坞金矿、湖南枞树板铅锌矿和雪峰山等地进行富有成效的研究和找矿预测工作，先后获得多项地质科技成果奖：

(1) 吴磊伯教授 50 年代通过矿田构造研究，指出了广东仁化铀矿预测区，该预测区到目前一直是我国主要的铀矿生产基地，为“两弹一星”提供了原料保证；杨开庆教授利用动力成矿理论，在新疆萨尔托海铬铁矿区，60 年代预测并钻探发现 16 m 厚的矿体，80 年代在预测区深部围绕原 zk331 见矿孔探矿，又发现了深部矿带，扩大储量达 60 万 t；

(2) 根据相同构造岩浆活化背景和同一成矿带的对比，提出“中国东部金属矿山可能较普遍存在深部第二富集带”的意见；通过详细的矿田构造解析，指出焦家金矿深部发育有第二富集带，认为矿床、矿体和富矿依次受构造走向、侧伏和侧列三级控制，并提出深部预测靶区，后期的勘探证实共批准黄金储量 170 余吨；

(3) 通过调查分析湘西雪峰山地区构造-沉积建造-岩浆-成矿属性及历史过程，建立了雪峰山及邻区挤压推覆/伸展滑脱模型及其金矿田的构造-流体运移势场模型，认为同造山花岗岩与围岩成压力影透镜体，与陆内岩石圈渗透性转换断层相联系的 NW 向断层和 NW 向的密集节理带具有重要的成矿意义，推断本区至少经历了 2~3 期成矿前、成矿期脆-韧性构造变形，以三斜对称 S 型岩石组构对导矿、容矿构造的重要性，优选出多个成矿区远景区，勘探证实金属量为 148 t，锑金属量为 14.7 万 t。

(4) 通过研究矿源岩（层）的岩石地球化学特征、成岩构造环境及其与成矿的关系，提出了阿尔金山构造体系控制区域地球化学异常空间展布及区域构造应力场控制矿化富集过程的新模式，提出了阿尔金山地区的矿化富集规律、主要矿化类型、找矿方向及找矿标志，新发现铜、金多金属矿（床）点 15 处，经工程控制提交资源量：金 12.73 t；银 512.99 t；铜 19.44 万 t；铅 74.84 万 t；锌 47.81 万 t；锑 30.54 万 t；铁 2400 万 t。

(5) 在广西佛子冲铅锌矿中，通过矿田构造解析，提出了构造控矿“三位一体”的新模式，并在 2008 年度两个钻孔分别见 9 m、6 m 的富铅锌（铜）工业矿体，新增铅锌资源量近达 64 万 t；在广西德保铜矿，运用构造-蚀变-矿化路线填图，提出了构造-控矿-成矿的新模式，并预测了找矿新靶区，经 2009 年度验证钻孔见到 6 m 厚的铜工业矿体。

三、推广转化方式

①组织矿田构造高级研讨班多次；②在相关矿山成功应用；③发表多篇论文。

技术依托单位：地质力学研究所

联系人：余佳 陈正乐

通讯地址：北京市海淀区民族大学南路 11 号

邮政编码：100081

联系电话：68412309 68422378

电子邮件：gmkjch@163.com

构造叠加晕找盲矿法在矿山深部预测中的应用

一、内容概述

从二十世纪九十年代以来,为提高应用原生晕在矿区深部盲矿预测的准确性,国内做了大量研究工作,以李惠教授为首的化探专家在研究原生晕找盲矿理论的基础上,密切结合金矿的多期、多阶段叠加成矿成晕的特点,提出了热液矿床叠加成矿-成晕理论,开创了“原生叠加晕”新方法新技术。提高了原生晕异常的解释水平和盲矿预测效果。先后参加并完成的三个国家攻关项目的相关专题和冶金部及国家黄金局的项目中,在首席科学家谢学锦院士支持下参加了国家攀登计划,对提交成果给予了很高的评价,并于1998年出版了专著,陈毓川院士、常印佛院士和冶金第一代化探元老欧阳宗圻教授为专著写了序,也给予了高度评价。

1998年以来,李惠、禹斌等又通过参加“96—914”国家攻关项目及在十几个矿山或机矿山找矿的实践,在研究思路、方法又有新的发展和突破,将原生叠加晕法又发展为构造叠加晕法—研究构造中原生叠加晕的方法。2005年中国黄金协会组织以涂光炽院士、翟裕生院士为首的专家对“构造叠加晕方法及在矿山深部盲矿预测效果”的鉴定结论是:达到了国际领先水平。

2007~2010年在完成全国危机矿山项目中不仅进一步提高了叠加晕理论,完善了构造叠加晕找盲矿方法技术,建立了六种类型金矿八种矿床的构造叠加晕模型和四种叠加结构的综合理想模型,确定了五条盲矿预测准则。关键是提高了预测盲矿的准确性,统计跟踪的14个金矿山验证预测靶位见矿率达80%。取得了显著效果。

应用构造叠加晕法找盲矿取得了显著效果:构造叠加晕找盲矿新方法已在50多个金矿、银矿、铜金矿应用,根据部分矿山工程验证,已获得金金属量270余t,铜金属量16万t,潜在价值800亿元,取得了巨大的经济效益和社会效益。

二、应用范围及应用实例

山东三山岛金矿床的构造叠加晕研究-跟踪及预测效果。

三山岛金矿床位于胶东半岛西北部,三(山岛)-仓(上)构造蚀变带北端,为特大型蚀变岩型金矿。三山岛金矿严格受NE向三-仓构造控制,金矿成矿成晕具有多期多阶段脉动叠加的特点。

1. 金矿床地球化学特征

(1) 矿床元素组合

三山岛矿区矿体元素组合是: Au、As、Sb、Hg、B、Ag、Cu、Pb、Bi、Mo、Mn、

Sn;

新立矿区矿体元素组合是：Au、As、Sb、Hg、B、Ag、Cu、Pb、Bi、Mo、Co、Sn。

(2) 不同成矿阶段元素组合

第Ⅰ阶段：Au、As、Hg、Mo；

第Ⅱ阶段：Au、As、Sb、Hg、Ag、Pb、Bi、Co、Ti、Sn；

第Ⅲ阶段：Au、As、Sb、Hg、B、Ag、Cu、Pb、Zn、Bi、Mo、Mn、Co、Sn；

第Ⅳ阶段：Au、As、Sb、Hg、B、Ag、Cu、Pb、Mo、Mn、Sn。

2. 金矿床构造叠加晕特征

(1) 最佳指示元素组合：Au、As、Sb、Hg、B、Ag、Cu、Pb、Zn、Bi、Mo、Mn、Co。

(2) 模式展示了上部第一富集带矿体和预测深部第二富集带盲矿体的叠加晕分带特征。

(3) 单一次成矿形成矿体的前缘晕特征指示元素组合是 As、Sb、Hg、B；近矿晕元素组合是 Au、Ag、Cu、Pb、Zn；尾晕特征指示元素组合是 Bi、Mo、Mn、Co。

(4) 模式中每个矿体都有自己的前缘晕、近矿晕和尾晕：上、下两个串珠状矿体可有三种解释：一是可理解为两次成矿成晕的同位叠加结果；也可解释为先形成上部矿体（晕），后形成下部矿体（晕）；也可理解为一次成矿形成上、下两个串珠状矿体（晕）。无论哪一种情况，其上部矿体的尾晕总是与下部盲矿体前缘晕叠加共存。

(5) 模式中展示了对主断裂带深部下盘平行矿脉的预测。

3. 盲矿预测的构造叠加晕标志

①盲矿预测的前缘晕标志：在有 Au 异常的条件下，特征前缘晕指示元素 As、Sb、Hg、B 具有中、内带异常，尾晕元素 Bi、Mo、Mn、Co 不发育，是盲矿前缘晕叠加结果，指示深部有盲矿体存在，若再有 Cu、Pb、Zn 异常出现，则指示有第Ⅲ阶段叠加，盲矿可能较富。相反，深部无矿。

②盲矿预测的前、尾晕共存标志，在剖面或垂直纵投影图上，构造叠加晕既有前缘晕指示元素的强异常，又有尾晕指示元素的强异常，即前、尾晕共存，是盲矿前缘晕叠加结果，指示深部有盲矿存在，在矿体中出现前、尾晕共存则指示矿体向深部还有很大延伸。

③前缘晕指示元素向深部增强趋势准则，即在剖面上或垂直纵投影图上，若前缘晕指示元素从上→向深部到最深钻孔或开拓中段一直为强异常或异常有增强趋势，是盲矿前缘晕叠加结果，指示深部有盲矿存在。

④反分带准则：计算原生晕轴向分带结果，若出现前缘晕元素 As、Sb、Hg、B 出现在中、下部或尾部，是盲矿前缘晕叠加结果，指示深部有盲矿。

4. 深部盲矿预测效果

(1) 深部预测结果

①2008 年预测结果

对三山岛金矿床深部进行了预测，在剖面上提出了 28 个盲矿预测靶位，预测金金属资源量 35.23 t。

对新立矿区深部预测，在剖面上提出了 14 个盲矿预测靶位，预测金金属资源量

52.189 t。

②2010 年预测结果

2010 年对三山岛金矿床进行了构造叠加晕跟踪研究，完善了三山岛金矿床构造模式，对深部进一步预测，在 2008 预测靶位的基础上又提出了两个有利成矿地段，估算金属资源量 18.96 t。2008 年 ~ 2010 年共预测金金属资源量 106.4 t。

(2) 找矿效果

到 2010 年，据矿山统计：在预测靶位内共探获金金属量 84.1 t。取得了显著的找矿效果。

三、推广转化方式

- (1) 由国土资源部牵头，组织进行技术培训、理论推广；
- (2) 在不同类型的金矿山进行示范研究及推广应用；
- (3) 在不同矿种的热液型矿床进行示范研究及推广应用。

技术依托单位：中国冶金地质总局地球物理勘查院

联 系 人：禹斌

通讯地址：河北省保定市阳光北大街 139 号

邮政编码：071051

联系电话：0312 - 5905351

“三位一体”找矿预测方法

一、内容概述

“三位一体”的深部找矿预测地质方法即：通过成矿地质作用研究确定成矿地质体，通过成岩成矿构造及成矿结构面研究判断矿体（床）空间位置，通过成矿流体作用标志研究判断深部隐伏矿体（床）的存在和可能位置。成矿作用相关的地质作用特征研究是确定找矿思路的基础工作，包括沉积成矿地质作用、岩浆成矿地质作用、火山成矿地质作用、变质成矿地质作用，以及综合成矿地质作用研究等内容。矿田构造研究提出了沉积构造体系、火山构造体系、侵入构造体系、断裂构造体系、褶皱构造体系、复合构造体系、成矿后构造的划分方案及研究内容，及其在深部找矿中的应用。成矿作用标志研究包括成矿特征标志研究及成矿流体物理化学条件标志研究，提出了成矿热液地球化学障理论依据及研究方法及其在深部找矿中的作用。

二、应用范围及应用实例

1. 地质作用特征研究

在矿产预测工作中建立成矿模型开展类比预测是通用的技术手段，大比例尺预测及深部找矿过程中应用已知或前部矿段进行类比预测也是常用的方法，因此开展成矿地质作用研究，判别矿床类型，建立成矿模型，确定找矿思路十分重要，对于深部找矿而言，特别强调工作区自身成矿地质作用特征的工作。

例如，辽宁弓长岭铁矿在高级变质岩区应着重研究多期变形构造，判断向型或北型构造及其与成矿作用的位置关系，对于完全置换了的同斜褶皱构造应判别其可能的深部枢纽变形变化位置。广西铜坑锡矿大树脚地区在笼箱盖隐伏岩体与大厂隐伏岩体与 NE 向黑衣沟断裂与大厂断裂交汇处，EW 向次级褶皱及 NE 向挠曲交汇区层间破碎带控矿，经验证找到大型锌矿。湖南康家湾北段隐伏倒转背斜深部及推覆构造之上层间破碎带控制成矿。

2. 矿田构造研究

矿田构造研究是直接研究矿体三维空间变化的主要手段，是深部找矿理论方法的核心内容。

例如：云南大姚六苴铜矿在平面上形成 300 m 左右宽度呈带状展布的砂岩铜矿，因后期褶皱构造改造，向南产状转陡。山西支家地铅锌银矿地表为北西向断裂带和爆破角砾岩筒复合控制矿体，深部次火山岩体接触带控矿。安徽铜陵铜山铜矿接触带转折处控制成矿，云南个旧锡矿在位于花岗岩接触带的低洼处成矿。山东玲珑金矿床前部矿体和深部矿体倾向相反，说明其控矿构造产状深部变化。四川省宝鼎煤经后期褶皱改造，过去施工钻孔过浅，后来施工深孔见厚大矿体。广东 × × 矿床位于北东、北西、南北向 3 组构造交汇处，南北向主压结构面控矿，经验证深部矿体延伸很大。辽宁红透山铜、锌矿在 -827 m

中段东侧矿体受 F_8 断裂影响发生位移，后根据构造性质判别位移方向，找到右侧矿体。河北迁安铁矿成矿后断裂造成矿体下落，过去钻孔未到位，本次工作经施工见到矿体向下延伸。

3. 成矿作用标志研究

矿床成矿特征研究是成矿规律研究工作的基本内容。主要包括成矿时代、矿体空间分布特征、成矿物质成分、成矿期次、成矿作用标志研究等。在深部找矿中重点是：①矿体物质组分及其空间分布特征、特别是垂向变化特征研究；②成矿期次及多其次成矿物质组合的变化及其空间分布特征研究；③成矿流体物理化学条件标志研究。

例如：斑岩铜矿的蚀变模式，从上到下或从外到内分别为青磐岩化、泥岩化、石英绢云母化、钾化。实际上表示了弱酸性-中性-强碱性的物理化学环境，根据垂向剖面分析，浅部以天水为主，相对低温，内带为岩浆水，相对高温，中带含矿，黄铜矿赋存于石英绢云母化带，为中性环境。胶东金矿带，每一个金矿床都存在蚀变分带，成矿构造带中黄铁绢云岩带和金矿体在空间上紧密产出。属于酸碱度为中性、中低温环境。在附近广泛出现钾长石化，分布范围大小不等，但总是在矿体附近出现，属于强碱性，高温环境。这是中低温蚀变构造带型矿床的热液地球化学障的标志。山东焦家南端寺庄金矿床，全隐伏矿床，地表存在钾化，深部验证后见矿。

根据多年危机矿山深部找矿实践，成矿地质作用研究建立深部找矿思路，矿田构造研究是推断深部找矿赋存空间位置，成矿作用标志研究是判别是否存在规模型矿体的主要标志，这些都只深部找矿地质基础的研究工作。

三、推广转化方式

开展“矿床预测方法研究”，“矿田构造理论研究”和“成矿热液地球化学障理论研究及应用”等专题的培训与研讨工作，并对若干典型矿床实地考察，现场讨论。

技术依托单位：中国地质调查局发展研究中心

联系人：叶天竺

通讯地址：北京市海淀区学院路 40 号研六楼一层

邮政编码：100191

联系电话：010-62303045

电子邮件：YTZ999@126.com

“协优”成矿预测的理论与实践

一、内容概述

在进行成矿预测时，人们通常从地、物、化、遥等等方面入手，选取了数十、甚至近百个信息（变量）进行研究、计算、分析，力求不漏掉任何信息。但在成矿预测、特别是我国西部工作程度极低地区或危机矿山深部找矿、获取信息困难情况下，是否一定需要如此多的信息或变量才能预测呢？

作者在认真学习、吸收前辈成矿预测理论精髓及大量找矿实践和理论思考的基础上，基于系统性、关联性、目标一致性、不充足判据的充足化、复杂与精确的反比性原则，提出了西部工作程度极低地区快速逼近找矿目标的“协优”成矿预测法，试图从另一个视角，用另一种思路来认识、探讨西部工作程度极低地区的成矿预测问题。

1. “协优”成矿预测法的定义

“协优”成矿预测法：是指在复杂的成矿系统中，以异常或地质体为研究对象，在赋予各种信息以客观的地质内涵的前提下，建立特定的异常筛选准则，强调从直接找矿信息着手，以少数相互联系、目标一致的关键信息为核心，捕捉及强化与成矿关系密切的弱信息，达到快速缩小找矿靶区、发现矿床之目的。

具体来说：“协优”分别有两层意思：“协”是指相互作用和内在联系；“优”是指最优（关键）和优化（选优），而且最优的信息必然是少量的。因此，“协优”成矿预测的核心思想：就是通过优选少数相互作用、相互依存、最能揭示成矿本质特征的找矿信息组合，从而导致矿床最后被发现的一种成矿预测方法。它强调的信息应具有少量、联系、目标一致、揭示成矿本质四大特点，它的提取及应用就可能导致地质人员将目光投向矿床产出的位置而发现矿床，而不必去提取大量的、相互联系并不紧密、目标并不一致、成矿意义不明确的信息。

比如在①岛弧或活动大陆边缘地区，②我们发现斑岩体，③并有与之套合的以 Cu，Mo 为主、伴有 Au，Ag，Pb，Zn 等元素组合异常，那么这 3 条信息的关联就足以让我们派人去野外查证是否存在斑岩铜矿化。

其要点是强调直接信息的先导作用及少数相互关联信息的明确指示意义，突出信息与预测目标的一致性，这样可有效减少间接信息的不确定性和多解性，从而降低找矿风险。

2. “协优”成矿预测法的主要理论依据

（1）不充足判据的充足化原则。仔细研究人们会发现，认识一事物绝不会是把它所有的特征都观察准确才能认识。主要是找出那些最关键、最重要的信息，舍弃其他方面的信息。也就是窥一斑可知全貌。例如沙堆里埋了一部自行车，实际上不需要全部露出来人们也能知道埋的是一辆自行车，只要露出一个把手和半只轮子就可以了（杜乐天，2003）。美国人普赖斯运用小波变换处理一张人头像，当仅取原来照片信息的 23% 所得照

片与原照片相比并没有什么两样。这就证明原照片中 77% 的信息是可以舍弃的。

(2) 复杂与精确的反比性原则。这是控制论中的一个原理。成矿系统应是一个复杂系统, 实践表明当一个系统复杂性增大时, 要使它精确化的能力将减小。也就是说, 我们开展成矿预测工作, 当选择的变量(信息)越来越多时, 那么我们精确地把握矿床产出规律的能力越来越弱, 反而预测的结果具有更大的不确定性。因此, 我们只有不断地努力减少系统的复杂性, 忽略那些本质上并不重要(不关联)的变量(信息), 突出抓少数相互作用、相互依存的最能揭示成矿特征的找矿信息组合, 才能达到事半功倍的找矿效果。

(3) 信息与目标的一致性原则。在复杂的成矿系统中, 成矿信息之多是海量的。但我们所需要的并不是所有的这些信息, 而是需要为达到找矿目的的少量关键信息。因为成矿信息之间不一定是相辅相成或累加累乘关系, 有些成矿信息与预测目标不一致, 包含有不一致成分的成矿信息, 我们称为“干扰”。因此要将这些与预测目标不一致的信息剔除掉, 只需优选出少量相互关联的、目标一致的、最能揭示成矿特征的关键找矿信息(组合), 导致最后发现矿床。

(4) 关联性原则。这里特别强调提取找矿信息之间的相互作用、相互依存关系, 因为只有相互关联的找矿信息之间才可能目标一致; 只有相互关联的找矿信息之间的相互作用才会衍生出新的信息($1+1>2$), 才最能揭示成矿的内在本质特征, 才有可能用最少的找矿信息达到最佳的找矿效果。

(5) 赋予各种信息以客观的地质内涵, 这是“协优”成矿预测理论的精髓。而对一个地区地质情况及规律的熟悉程度, 就成为矿床预测成败的关键。因为相同找矿信息、特别是定量信息, 在不同的成矿背景、成矿环境及成矿条件下, 具有不同的成矿意义, 即各种信息是受地质客体控制的。赋予各种信息以客观的地质内涵是勘查选区成功的关键。例如有一个中等强度的斑岩铜矿致地球化学异常, 异常周围的氧化还原环境不同, 其代表的地质意义是完全不一样的。假若异常周围是一个强酸环境, 那么这个异常就非常具有找矿意义。因为风化淋滤出来的铜被大量带走的情况下, 还能达到中等强度, 说明铜的源区有大量充足的物源; 相反假若异常周围是一个强碱性环境, 风化淋滤出来的铜几乎全部在原地沉淀, 其形成的铜异常才达到中等强度, 说明铜的源区物源匮乏, 该异常找矿意义不大。

3. “协优”成矿预测的方法途经

其方法途经: 从成矿理论、认识→关键找矿信息的提取与优选→最佳勘查手段组合→发现矿床。

二、应用范围及应用实例

西藏地域面积大, 交通不便, 高寒缺氧, 气候恶劣, 野外地质工作难度大、效益低, 找矿效果一直不理想。在西藏多年的勘查实践中, 作者运用“协优”成矿预测思路进行勘查选区研究, 快速缩小找矿靶区, 在冈底斯、藏南、念青唐古拉等地先后发现或评价了驱龙超大型斑岩铜矿床(我国第一)、冲江、朱诺大型斑岩铜矿床, 蒙亚啊、洞中松多、洞中拉大型铅锌矿床等一系列矿床, 加速了雅江流域的斑岩铜矿及金锑多金属矿等的勘查进程, 取得继玉龙之后我国铜矿评价的重大突破。下面以驱龙、吉如、朱诺斑岩铜矿床找矿突破为例:

驱龙斑岩铜矿床是在前人 86 年已发现“高、大、全”斑岩铜矿致异常，1987 ~ 1994 年又先后做过三级异常查证、二级异常查证以及矿点预查的基础上，于 2001 年通过“高、大、全”异常位于盆—弧转换部位，受早期控盆、晚期控岩控矿的多期性、继承性大型走滑构造控制；长达 100 km 的 NE 向线性异常带，属构造隐（显）性地球化学边界（急变带）；多期次侵入的复式含矿杂岩体、复杂的元素套合，在 NE 向异常带中属“鹤立鸡群”，反映多期次成矿作用叠加这 3 条相互联系、目标一致、揭示成矿本质的信息而决定评价的，每条信息均与大一超大型矿床的形成条件有着密切的关系，这正是“协优”成矿预测思路的具体体现。

吉如斑岩铜矿床是在前人 1989 ~ 1991 年开展的 1:50 万日喀则幅区域化探图上存在“弱小”铜异常，但并无编号的情况下，利用“弱小”异常、空间位置、成矿环境这 3 条信息发现线索找矿取得重大发现的。

朱诺斑岩铜矿床是在前人 1:50 万日喀则幅区域化探图上“无”铜异常、更无编号的情况下，通过单 Au 异常、可能的成矿类型，并结合成矿环境及等距性规律这 4 条信息发现线索找矿取得重大进展的。

三、推广转化方式

通过培训推广。例如在化探数据处理过程中，通过对与某一成矿类型相关元素的衬值滤波值进行累加，这样出来的就不是通常意义的异常图，而是突出了某一成矿类型的异常在空间上的分布，滤除了与该成矿类型无关的异常，从而通过查证达到发现该类型矿床的目的。

技术依托单位：中国地质大学（北京）

联系人：郑有业

通讯地址：北京市海淀区学院路 29 号逸夫楼 708 办公室

邮政编码：100083

联系电话：18901395521

电子邮件：zhyouye@163.com

隐伏矿体三维定位预测技术方法

一、内容概述

随着地表矿、浅部矿的日益减少，地质找矿难度日益增大且找矿效果日益降低，进入 20 世纪 80 年代以来，深部矿的找寻已经成为许多国家和地区找矿的主要对象。深部找矿需了解深部物质组成、结构构造等地质信息，由于地质信息和地质现象本质上是三维的，很难通过二维的平面图件全面准确地掌握整体地质情况。面对新形势和新需求，基础地质工作必须转变工作模式，将地质问题从传统的二维平面上升至三维立体的高度进行更为透彻的研究。同时，随着计算机软硬件技术的不断发展，一些高新技术，如三维建模技术、遥感技术、数据仓库技术等为三维地质建模提供了技术保证。三维地质实体模型是深部矿产资源定量预测的基础和保证，建立综合的能真实反映深部的三维地质模型，表达各种地质体的三维空间展布及相互关系，揭示地下一定深度的各种地质体和地质现象，更有效地辅助地质研究，为矿产资源定量预测、工程部署等提供科学的模型基础，为解决深部地质作用、深部成矿地质背景等重大地质问题和为重点矿集区深部找矿预测、圈定靶区提供基础和科学依据。

从矿产资源预测评价方法的研究现状来看，随着计算机图形学技术、三维可视化技术、三维插值以及数据库技术的迅猛发展成熟，在三维基础上利用计算机三维建模技术和地质统计学估算储量，进行隐伏矿体的三维成矿地质条件分析也逐渐开始展开研究，成为近几年来矿产勘查领域的一大亮点。三维成矿地质条件分析就是以成熟的三维勘查软件为工具，以大量地质、物探等资料为基础，在对地质体三维数据的获取与可视化的基础上、通过使用三维可视化技术直观地展示地下地质体、矿体的空间形态、分布特征和相互关系。在此基础上，建立矿区数字矿床模型，展开研究。目前，国内外完全基于真三维的矿床建模-预测方法及实例尚不多见，从二维平面转化到三维立体的成矿条件分析涉及到理论和技术方法的进一步研究与改进，它对于我国的一大批矿山所面临的资源危机却有着十分重要的意义。

隐伏矿体三维定位预测方法技术研究的主要目标是以现代成矿理论为指导，以寻找重要矿产远景调查区深部矿产资源为目标，综合分析区域成矿规律，系统地收集研究区的地质、勘探、矿产基础资料，利用三维建模技术构建研究区三维地质模型；在此基础上，利用三维矿产预测模型，有机的组合地质矿产及物化遥各种成矿预测相关信息，提取有利成矿条件，寻找有利组合的空间部位，评价找矿潜力，提出找矿工作部署建议，形成一套完整的隐伏矿体三维定位预测的技术方法流程，并制定各工作阶段相应的原则和标准。同时，本研究提出的深部隐伏矿体数字三维建模方法与流程，对矿体的三维建模有完整的规范 and 标准，适用于不同矿山的三维数字化，能够实现真三维的矿体、岩体、地层、构造信息可视化，并建立预测-可视化-数据管理融为一体的数据模式。同时，还要实现以“立

方体预测模型”为核心的预测模型，通过研究矿区控矿地质条件和找矿标志在空间上、特别是在深部的变化规律，综合分析处理各种深部定量化信息异常的三维实体模型，支持数据在三维尺度上的空间分析，并将二维平面成矿条件分析所使用的有利构造统计分析方法扩展到三维立体上来，实现定位、定量、定价值的矿产资源三维预测评价体系。提出三维成矿的预测研究对于成矿预测理论的发展和隐伏矿的找寻具有重要的意义，它拓展了找矿的思维空间，提供了新的找矿思路，将传统的二维找矿拓展到了三维的空间，是隐伏矿体定位定量预测中不可或缺的有效工具。

二、应用范围及应用实例

中国地质大学（北京）长期从事于矿体真三维建模、危机矿山、矿产资源预测与评价的研究工作，掌握对各种 GIS、建模软件的使用和二次开发技术，并积累了丰富的经验。在多年的项目研究工作中，隐伏矿体三维定位预测技术方法已逐渐成熟，各配套硬件、软件已具备，并在不同地区取得了找矿实效。已先后在新疆可可托海 3 号脉、西藏玉龙铜矿床、云南个旧锡矿、陕西潼关小秦岭金矿、福建永梅、湖南黄沙坪等地区运用三维矿产资源预测评价技术，成功的开展了深部隐伏矿体的三维定位定量预测研究并取得了丰硕的成果。同时，建立了一套可行的三维矿床建模以及三维定位定量预测方法体系，团队具有多年的研究基础并积累了宝贵的资料、数据与经验。目前，相关研究成果包括“基于三维建模的立方体预测模型找矿方法”的发明专利一项，专著两部，文章 50 余篇。将该技术方法进行全国范围的宣传推广与实践应用，拓宽找矿理念与方法手段，为实现地质找矿的重大突破提供一条有效的途径。

三、推广转化方式

通过项目示范性应用、发表专著、申请国家专利、网络共享等方式，将具有推广应用前景的三维数字矿床建模流程，建模-预测方法进行大力宣传与推广。

针对重点成矿带矿区，深入矿山基层，利用讲课、提供培训教材及软件使用手册、实践等方式进行宣传推广，为传统找矿方式提供新的思路和手段，提升深部找矿能力与综合技术及相关成矿理论水平。

技术依托单位：中国地质大学（北京）

联 系 人：陈建平

通讯地址：北京市海淀区学院路 29 号

邮政编码：100083

联系电话：(010) 82323583

电子邮件：3s@cugb.edu.cn

“三联式”数字找矿技术与金属矿产资源评价分析系统

一、内容概述

“三联式”数字找矿技术是赵鹏大院士为学术带头人的科研集体，在长期找矿实践的基础上，于新世纪初创立的新的矿产资源定量勘查评价技术。该技术集致矿地质异常、成矿多样性与成矿谱系于一体作为矿产定量勘查评价的理论基础，以非线性技术作为提取深层次找矿信息的关键手段，最终应用综合致矿信息定量圈定与评价不同级别的找矿靶区。该项研究得到国家“863”前缘探索计划以及“九五”、“十五”与“十一五”国家科技支撑（攻关）计划支持。开发了基于“三联式”数字找矿的金属矿产资源评价分析系统（MORPAS4.0）。该系统对前期研制的金属矿产资源评价分析系统（MORPAS3.0）进行改进完善与扩充，实现综合地物化遥矿产等信息的集成，是我国实施矿产资源快速定量预测评价主要软件工具。

MORPAS4.0 基于 MAPGIS 内核二次开发而成，是功能完整的金属矿产资源评价分析系统软件，功能覆盖地质异常提取与分析、物探数据处理与找矿信息提取、化探资料处理与找矿信息提取、遥感信息提取、综合分析 with 预测评价、非线性数据处理以及其他辅助制图功能等。

地质异常分析模块提供了单元划分、地质异常提取与处理、空间分析等功能，单元划分同时支持规则单元与不规则单元，信息提取方法包括地层组合熵、构造密度、平均方位、优益度、中心对称度、交点数等；物探资料处理模块提供了常用的物探数据各种滤波处理、位场换算及进行异常划分的趋势分析、平均场法和匹配滤波，提供了密度界面深度反演、视磁化率计算和视密度计算等；化探资料处理模块提供了单元元素分析和多元统计分析等处理功能，包括各种异常下限划分方法、衬度异常计算，以及因子分析、对应分析等多元统计方法。遥感信息提取模块提供了对遥感线、环构造的统计分析功能。信息综合与预测评价模块提供许多知识驱动与模型驱动的方法，包括：动态聚类分析、ART 神经网络法、径向基神经网络法、BP 神经网络法、信息量法、（模糊）证据权法、模糊逻辑法及特征分析法等功能。除上述专业处理方法外，提供了多重分析异常分解 SA 法、空间主成分分析、地质统计学分析、二维经验模态分解（EMD）、小波分析等。在辅助制图方面提供了地质图图切剖面、钻孔柱状图与对比图的自动生成模块、平剖面数据自动取值模块，提供了多图层多图元的列表查询、专题图例的自动生成等实用工具。

二、应用范围及应用实例

“三联式”数字找矿技术及其金属矿产资源评价分析系统已广泛应用我国矿产资源评价项目。在我国西南“三江”成矿带、东天山-北山成矿带，陕甘成矿带、川滇黔邻接区

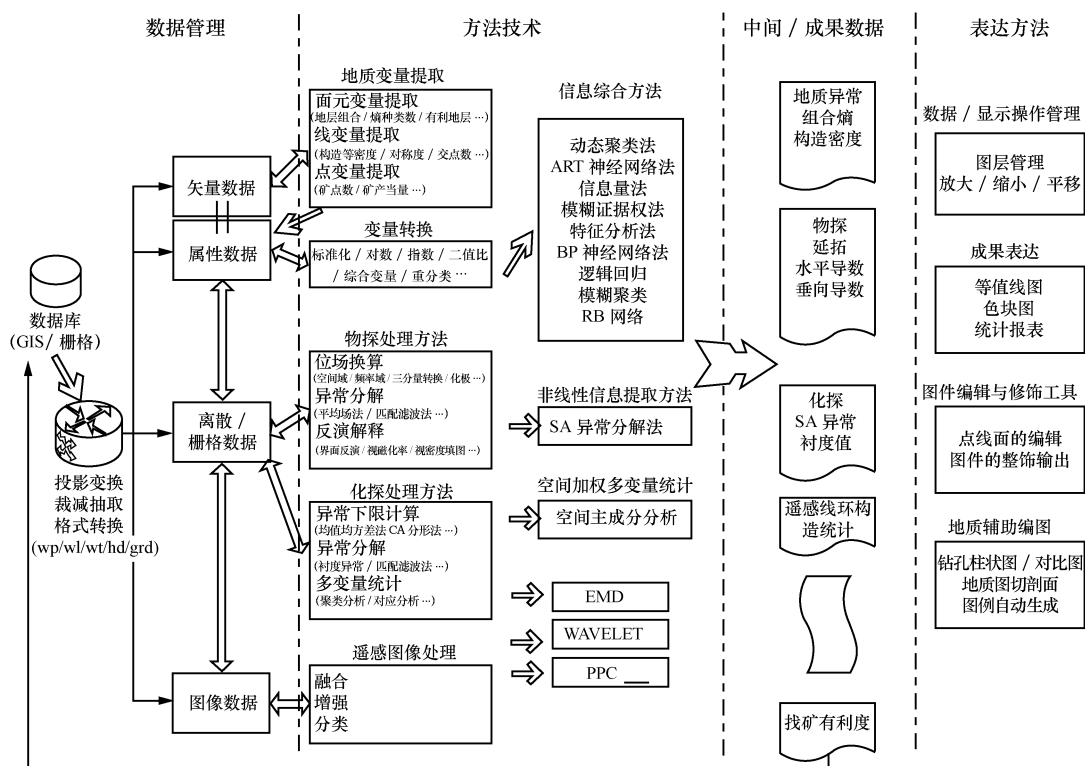


图 1 金属矿产资源评价分析系统 (MORPAS4.0) 技术框架

等矿产资源评价实践中发挥重要作用。其研究成果获得 2003 年教育部科技进步一等奖。

三、推广转化方式

“三联式”数字找矿技术及其金属矿产资源评价分析系统 MORPAS2.0 和 3.0 版本，曾在中国地质调查局支持下，分别于 2004 年，2006 年在昆明市和三亚市举办地矿、有色、冶金以及黄金武警部队成员参加的全国性推广应用培训班。取得良好效果。

技术依托单位：中国地质大学（北京）

联系人：陈永清

通讯地址：北京市学院路 29 号

邮政编码：100083

联系电话：13301223310

电子邮件：yqchen@cugb.edu.cn

非线性矿产预测理论、方法与软件技术

一、内容概述

如何排除复杂背景的干扰而有效地区分矿与非矿异常？如何判断因埋藏深度大造成的矿化弱异常？这些问题无疑是制约当前找矿工作取得重大突破的技术瓶颈。中国地质大学成秋明教授及其科研团队将多重分形和混沌等现代非线性理论与矿产定量预测相结合，提出了广义自相似性理论及 C-A 和 S-A 等多重分形滤波技术、成矿奇异性理论及奇异性指数算法、模糊证据权及增强证据权模型等，建立了非线性矿产定量预测理论和方法体系，突破了勘查地球化学、勘查地球物理、矿床统计预测等基于平稳性和各向同性的假设或服从正态分布和大数定理的前提，将分形理论全局性统计模型发展为可刻画地质体空间结构和各向异性的局部性多重分形模型，从而使非线性理论和模型对奇异性成矿事件和矿床空间分布等具有更好的预测性，改变了勘查地球化学和勘查地球物理依赖含量密度下限圈定异常的传统思路，为异常与背景以及不同类型的异常之间的合理分解、隐蔽和弱小异常的有效识别、多源及多尺度找矿信息科学集成与远景区圈定提供了新的思路和途径，可大大缩短找矿周期和提高找矿效率。

非线性矿产预测理论和方法是以“奇异性-广义自相似性-分形谱系”为核心的一项原创性成果，获 2011 年度国土资源科学技术一等奖和国家发明专利。相关成果发表在本领域国际和国内主流学术期刊上，SCI 他引 487 次、CSCD 他引 368 次，并得到了国际学术界的高度评价，被认为推动了非线性和复杂性科学在固体地学中的应用，为矿产预测提供了新的理论和方法，成为定量地学研究的前沿和热点。成秋明也由此被授予国际数学地球科学协会 IAMG 最高奖—克伦宾奖。相关模型与方法及其所研发的大型 GeoDAS 软件，已成为地球化学异常提取、地球化学基准值确定、矿产预测的国际通用技术之一，并成功应用于我国和世界多个重要成矿带矿产预测和“全球地球化学基准（GGBP）”等重大工程。

GeoDAS 软件在全国矿产资源潜力评价中得到推广与应用，应邀于北京、杭州、西安、成都、武汉等地开展非线性矿产预测方法及软件的技术培训。先后举办国际和国内培训班 18 期，培训人员达 1270 人次，拥有包括美国地调局、加拿大地调局、意大利地调局、巴西地调局、内华达大学、渥太华大学、南非大学、Naple 大学、巴西国立大学和 BHP、Barrick、WMC、INCO、AVRD、Cominco、M. I. M 等矿业公司在内的 25 个国际会员单位。

二、应用范围及应用实例

2002 年以来，云南省地调局李文昌局长多次组织开展了非线性矿产预测新理论和新方法在云南“三江”高山峡谷区的应用示范研究，为复杂地质背景区勘查地球化学和地

球物理等数据处理、隐伏成矿地质体推断解译、矿产预测评价、勘查选区和规划部署等提供了重要依据。该方法在云南地区的应用实践表明：①已知矿床上异常较以往常规方法对应度更高，一些地球化学（衬值）异常没有明显反映的矿床，S-A 多重分形模型处理获得的异常反映却十分明显（如云龙县白羊厂银多金属矿、思茅大平掌铜矿），异常特征更好地揭示了一些（区域）成矿规律，许多异常已成为云南地调局大胆部署矿产勘查项目的依据。②突破了以往玄武岩分布区出现大面积铜异常的状况，使我们能在其中发现真正有找矿意义的铜异常（如中甸拉巴—东炉房）。③根据模糊证据权模型圈定和优选的找矿远景区而部署的找矿项目，多个已获得重大突破，如中甸拉巴铜钼（金）矿、兰坪菜子地铅锌矿等，已由中、小型或矿点扩大到大型规模，镇康芦子园铁铅锌多金属矿在大调查项目结束后，通过多重分形法提供的找矿信息而再次勘查，实现了新的找矿突破，该矿 2007~2010 年累计实现利税 4.18 亿元。④圈定的德钦曲隆、云龙五宝山、中甸拉巴、维西白济汛—石门多、贡山迪麻洛、维西康普、兰坪打米杵、金平龙天等 16 个铜、铅锌、金找矿靶区，已列入“国土资源大调查”或“云南省三年找矿行动计划”开展找矿工作，多个靶区已实现找矿突破，新发现和评价具有工业价值的矿产地 5 处，应用成效显著。

三、推广转化方式

以行业推广或合作研究为宜。

技术依托单位：中国地质大学（武汉）

联系人：成秋明 夏庆霖

通讯地址：湖北省武汉市鲁磨路 388 号中国地质大学（武汉）资源学院

邮政编码：430074

联系电话：027-67883051

电子邮件：qiuming@yorku.ca, qlxia@cug.edu.cn

矿产资源地球化学模型建立与 定量预测研究科技成果

一、内容概述

2006 年中国地质调查局启动了全国重要矿产资源潜力评价计划项目，矿产资源地球化学模型建立与定量预测研究属于其中的一项子课题，中国地质大学（武汉）自 2008 年承担该课题至今，先后在长江中下游铜多金属成矿带（2008 年）、西藏冈底斯铜多金属成矿带（2009 年）开展了铜矿资源定量预测的试点研究，探索出一套斑岩型（矽卡岩型）铜矿产资源地球化学模型建立和定量预测的方法技术。2010 年 6 月在苏州举办了全国矿产资源潜力评价化探定量预测培训班，之后在全国各省（市、自治区）以本课题的方法技术为指导进行铜矿产资源地球化学定量预测。经过全国各个省的实践表明，该方法圈定的预测区和估算的资源量具有较好的可信度。通过四年多来的不断尝试和总结，初步形成了以基础地质、成岩成矿机制、理论地球化学、勘查地球化学及 GIS 技术及为一体的综合性研究思路。

其研究思路可概述为：以我国已有的 1:20 万（1:50 万）区域地球化学数据为主，综合利用 1:5 万 ~ 1:1 万中大比例尺的地球化学资料，以现代成矿、成晕理论为指导，以现代计算机技术为手段，以“源”→“动”→“储”为基本建模思路，在Ⅲ级成矿带的尺度上，充分研究成矿区带的基础地质、成矿成矿规律、理论地球化学及勘查地球化学特征，研究总结典型矿床（矿田）的异常特征，建立矿床（矿田）、成矿带的地球化学找矿模型，为预测区的圈定和资源量的估算提供可类比的依据（图 1）。

二、应用范围及应用实例

以西藏冈底斯成矿带铜预测区的圈定和资源量估算为例：

首先，详细介绍其圈定预测区的依据，并对预测区的可信度区分为 A、B、C 三个等级（表 1）。在表 1 中，以 A 级预测区圈定的依据为例，Cu + Mo + Au 综合异常图中异常达外带以上，Cu + Mo + Au + Ag 相似度图中异常分带清晰，至少具有两级分带，Cu + Mo + Pb + Zn + Au + Ag 平均衬值图中异常分带明显，异常强度较大，Cu、Mo、Pb、Zn、Au、Ag 六个单元素的组合衬值图中，有 Cu 衬值异常（异常至少达外带），且有不低于 3 个的元素的衬值异常套合程度高，即衬值异常的重叠面积较大；此外，有 Cu 的矿点或矿化点存在（包括以 Cu 为主的多金属矿点或矿化点），又根据斑岩型矿床形成的控制因素分析，要求预测区范围内必须存在中新世的深源中酸性斑岩体，而对围岩没有选择性，因为斑岩体若与碳酸盐岩接触可形成矽卡岩型矿体，而侵入在硅铝质岩石则形成斑岩型矿体，最后要求预测区处在断裂构造的交汇部位或者有断裂穿过。只有在上述特征全部具备的条件下，才将该预测区精选为驱龙式的 A 级地球化学预测区。

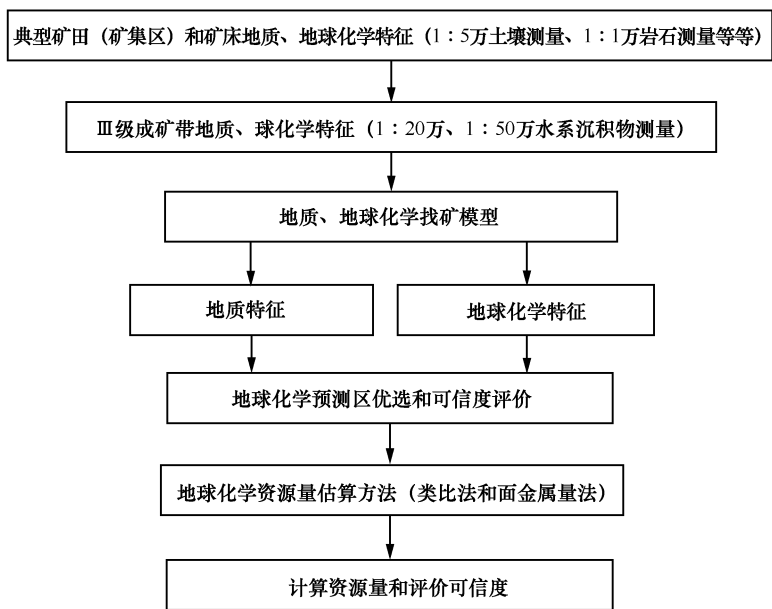


图 1 地球化学定量预测研究思路

表 1 西藏冈底斯多金属成矿带地球化学铜定量预测区圈定与可信度分级
——以驱龙斑岩型铜矿床地质、地球化学找矿模型为例

地球化学预测区圈定依据		可信度分级			备 注
		A 级	B 级	C 级	
地球化学异常特征	Cu + Mo + Au 综合异常图	√	√	√	预测元素综合异常至少具外带
	Cu + Mo + Au + Ag 相似度图	√	√		浓度分带清晰，至少两级分带
	Cu 衬值图	√	√	√	Cu 衬值有异常（至少外带）
	Cu + Mo + Pb + Zn + Au + Ag 平均衬值图	√	√	√	浓度分带明显、异常强度较高
	Cu、Mo、Pb、Zn、Au、Ag 单元素组合衬值图（个数）	≥3	≥3	≥4	有 Cu 元素衬值异常，且多元素衬值异常的套合程度高（重叠面积大）
地质矿产特征	矿产图	√			Cu 矿点或矿化点（包含 Cu 多金属矿点或矿化点）
	地层	矽卡岩型围岩为碳酸盐岩			接触带形成矽卡岩型矿床
	构造	断裂交汇部位或有断裂穿过			成岩、成矿通道（“动”）
	火成岩	中新世中酸性斑岩体			矿质富集“热源”、“物源”

其次，对预测区圈定的操作流程归纳为“两步走”：第一步为粗选，在以驱龙典型铜矿床作为“标准样本”的 Cu + Mo + Au + Ag 相似度图、Cu + Mo + Pb + Zn + Au + Ag 组合元素平均衬值图以及对应单元素衬值套合程度、套合元素的个数等预测要素图上粗选出一批预测区（图 2A）；第二步为精选，在地质图、矿产图、Cu + Mo + Au 组合元素地球化学图、 $(Cu + Mo + Au) / (Pb + Zn + Ag)$ 比值图、Cu 含量或衬值的点位图以及水系分布图等综合考虑，进一步对预测区进行精选和可信度分级（图 2B）。

最后，通过对冈底斯铜多金属成矿带的铜预测区的圈定及资源量估算，以已知的十个

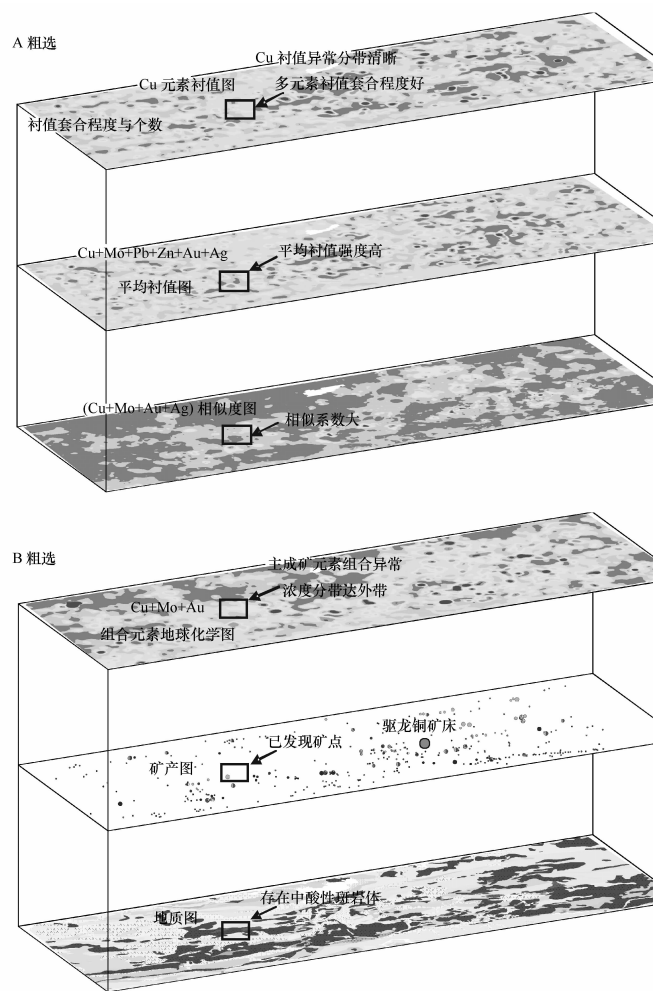


图2 西藏冈底斯Ⅲ级成矿带地预测区圈定方法

典型铜矿床的资源量（截止2008年底，累计333+334资源量为2750万t）为基础，新预测了A、B两级预测区的铜资源量共计2824.26万t。

三、推广转化方式

2010年6月在苏州举办了本课题的方法技术培训班，并在全国各个省（市、自治区）开展铜地球化学定量预测研究。

技术依托单位：中国地质大学（武汉）地质调查研究院

联系人：马振东

通讯地址：中国地质大学（武汉）地球化学研究所

邮政编码：430074

联系电话：13971076337

电子邮件：zhdma@cug.edu.cn

地质统计学定量找矿分析与评价技术

一、内容概述

地质统计学定量找矿分析与评价技术，基于现代成矿理论和矿产勘查新技术，综合运用各种地质统计方法、信息提取技术、三维 GIS 与数字化技术，综合提取并统计归纳地物化遥等致矿信息及控矿地质要素的数字特征。将研究区的数字特征与现代成矿理论模型进行模糊匹配，获得研究区成矿模式与成矿规律的概率统计信息，并在此基础上构建三维综合找矿模型。通过找矿模型，指导项目实施，实现矿体连接、储量估算等地质业务的智能化分析与处理，并为进一步地质找矿工作如工程布置、靶区圈定等提供思路与决策依据。该项技术成果主要包括以下 4 方面内容：

1. 致矿异常定量化分析与提取技术

将定量化技术与区域地质成矿研究相结合，实现有利成矿地质条件和物化探异常的综合分析及综合提取，并与矿区的地质成矿背景相结合，建立数字综合致矿异常模型。

2. 数字控矿地质模型构建与 GIS 评价技术

建立矿区数字成矿构造模型、成矿作用标志模型构建的技术方法，加深找矿工作的研究深度与精度。

3. 数字矿床模型建模技术方法

建立矿区矿床矿化规律、构造控制情况、岩体及地层接触关系的定量化描述技术方法。重点实现了地质勘查资料三维一体化处理、矿区矿体、地质体及成矿构造单元的空间模型及其他几何要素构建，使得充分展现勘查区（矿区）深部矿化分带、构造及地质特征，深化地质认识。

4. 矿床勘查精度评价技术

通过致矿模型（勘查前期）、矿床模型（勘查后期），实现对现有地质工程进行勘探精度评价，提供勘探网度制定、勘探工程布置的数字化设计方案及优化布置建议，为矿区的下一步工作提出指导意见。

二、应用范围及应用实例

目前该项技术在江苏省有色金属华东地质勘查局安徽马头铜钼矿地质勘查资料信息化与三维矿床建模、丁家山铅锌矿智慧矿山系统建设等多个项目中得到应用。

安徽马头铜钼矿地质勘查资料信息化与三维矿床建模工作获得的成果如下：

（1）制定完善地质勘查资料空间数据库建库工作方法与标准，形成适用于地质矿产勘查业务处理的三维可视化矿床模型构建及固体矿产资源储量评价技术方案。为实现全面实现地质勘查资料的一体化集成与统一管理提供了成熟的技术方案。

（2）通过地质矿产勘查信息评价及三维建模系统的建设，实现了从勘探工程数据采

集到地质成图、物化探数据处理、矿体圈定、储量估算、矿量和品位统计、三维矿床及地质模型一体化构建等地质勘查业务的信息化技术流程。为全面实现地质勘查业务流程信息化、自动化与智能化提供了工作标准与技术支持。

(3) 基于地质勘探分析与辅助设计技术,通过地质矿产勘查信息评价与三维地质找矿系统平台,将地质统计学理论与矿床研究成果紧密结合,对现有地质工程进行勘探精度评价,提供勘探网度制定、勘探工程布置的最优化设计方案,提高项目设计质量、缩短工作周期,为马头矿区的勘探开发打下坚实的基础。

(4) 应用国际矿业界较为领先的指示克里格法对工业矿体的边界进行概率估计,形成矿床品位模型,获得高精度的资源储量信息。与传统方法对比,新方法获得的资源储量信息更为可靠。通过将地质统计学资源储量估算方法引入我局的地质勘查工作。搭建与国际技术接轨的地质勘查信息处理平台,为我局开展全球化矿业开发与地质找矿工作提供了有利的技术保障。

丁家山铅锌矿智慧矿山系统建设项目主要取得成果如下:

1. 矿化空间分析与矿化指标计算

通过地质统计学分析,获得矿化空间分布规律从而反映各矿体在整个矿化空间中的形态、产状等空间分布规律及特征。通过矿体空间变化结构分析中获得的矿体结构化信息对矿体资源储量进行估算,并通过矿化投影分布结果图来表现矿化信息在空间中的分布规律。

2. 控矿地质因素定量分析与找矿信息定量提取

基于 TIN 模型的三维距离分析、克里格等分析技术,对三维地质体进行形态分析,建立控矿地质因素场模型,实现控矿地质因素的定量表达与可视化。

3. 三维地质模型与找矿模型构建与可视化

实现地质勘查资料三维一体化处理、矿区矿体、地质体及成矿构造单元的空间模型及其他几何要素构建,充分展现勘查区(矿区)深部矿化分带、构造及地质特征。构建矿区矿田构造、成矿作用标志的三维地质模型,精确控制矿体的三维形态。

三、推广转化方式

第一步 组建“地质统计学定量找矿分析与评价技术试验团队”,首先在华东地区重点矿权区进行 6~8 个矿区试点应用。

第二步 在成功试点应用的基础上,对试点矿区的数字矿床模型进行归纳提取,分类汇总至地质成矿信息数据库。通过对该信息库的不断丰富和完善,为新勘查区的地质找矿工作提供模型参考。

第三步 在国土资源部的要求和指导下,开展软件培训与系统推广工作,全面推开“地质统计学定量找矿分析与评价技术”。

技术依托单位:有色金属华东地质勘查局地质信息中心

联系人:宋震

通讯地址:江苏省南京市白下区大光路 26 号华东大厦

联系电话:025-84688372

电子邮件:songzhen@china-ece.com

安徽省濉溪县前常覆盖区综合找矿方法研究

一、内容概述

众所周知，覆盖区找矿难度大，但是实现“358”找矿突破行动目标，在覆盖区找矿是必然选择。我国覆盖区总面积约占国土面积的1:2以上，具有非常大的找矿潜力。我国华北平原、黄淮海平原、长江中下游平原覆盖区，与皖北地区成矿背景相同或相似，濉溪县前常覆盖区找矿研究成果，具有全国推广意义。

安徽省濉溪县前常覆盖区综合找矿方法研究，取得了4项重要研究成果。

(1) 物探方法有效性研究，研究了重、磁、CSAMT法、CR法、激电测量等方法的有效性和局限性。推荐了淮北覆盖区金属矿产勘查过程需要解决不同的地质问题时物探方法组合方案。

(2) 分析了33处已知矿床（点）重力、磁力和CSAMT法电阻率等物探异常特征，总结了“徐楼式”铁矿、“前常式”铁铜（金）矿矿床和矿田的物探异常模式，具有指导找矿实际意义。

(3) 对全区重、磁物探异常进行了系统分类解释研究。磁异常分5类，重力异常分3类，CSAMT法异常分5类。各类异常均有定性和定量解释。为其它地区物探解释工作提供了模式。

(4) 建立了适应于华北地区“邯邢式”铁（铜）矿勘查的覆盖区勘查流程和找矿模式。找矿模式概括为“一选三定四阶段”。即“区域研究选区、重磁扫面定靶、综合勘查定位、钻探测井定性”。根据不同阶段取得的地质勘查成果和预期目标，按顺序先后开展不同的勘查工作，是覆盖区找矿的关键技术。“物探异常地质解释技术”、“覆盖区找矿靶区优选技术”和“覆盖区多种方法组合与深部异常信息采集与提取技术”是覆盖区找矿的核心技术。

二、应用范围及应用实例

(1) 在安徽省濉溪县前常覆盖区综合找矿方法研究项目实施过程中，共施工验证钻孔16个，8个钻孔见矿，3个钻孔见矿化，见矿率高达50%，确定了5个矿致物探异常，地质找矿效果好。

(2) 在后续淮北市三铺岩体成矿区铁铜金多金属矿整装勘查项目中，继续应用该项目研究成果，施工钻孔33个，21个钻孔见矿，找矿取得了突破，预期可提交中型规模以上金矿床1处、可提规模以上铜、铁矿产地2~3处。

(3) 在皖西北地区铁矿资源调查评价项目中，应用找矿模式研究成果，在皖西北厚覆盖区发现了陶老铁矿，见矿深度1535~1560 m之间，结束了皖西北地区没有金属矿的历史。

(4) 在无为县西湾铁多金属矿预查项目中,应用找矿勘查流程研究成果,在新生界—中生界火山岩覆盖区,发现西湾铅锌矿。

三、推广转化方式

编写教材、举办培训班、开展项目专家辅导等方式推广“物探异常地质解释技术”、“覆盖区找矿靶区优选技术”、“覆盖区多种方法组合与深部异常信息采集与提取技术”和“覆盖区勘查流程和找矿模式”。

技术依托单位:安徽省勘查技术院

联系人:汪青松

通讯地址:合肥市阜阳路 700 号

邮政编码:230031

联系电话:0551-5858911, 15256053399

电子邮箱:wqs5936@163.com

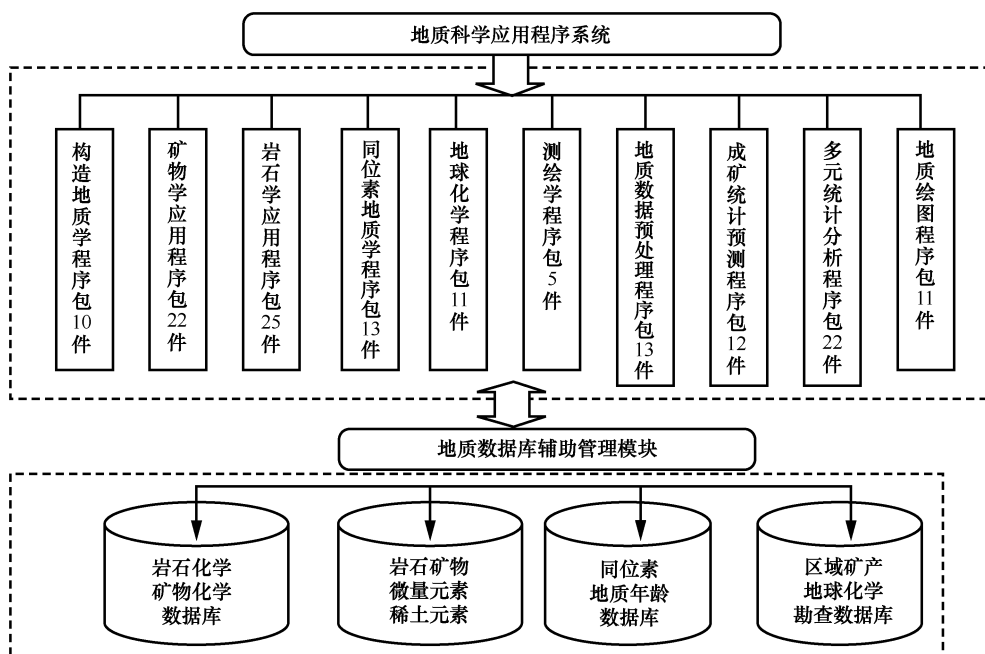
地质科学应用程序系统

一、内容概述

《地质科学应用程序系统》是福建省地矿局“十一·五”重点科研项目，属国家 863 计划的地学信息挖掘处理与获取环节之一，获 2007 年度福建省地矿优秀科研成果。该项目历时二年多，经过全体研发人员不懈努力，参阅大量国内外地质参考文献，吸取最新算法与软件技术，调试了近 20 万条源程序代码，自主研发了地学程序系统，实现专项资源共享，将科技成果转化成为生产力，可实现专项地质学科应用程序资源共享，将科技成果转化成为生产力。为地学信息获取、挖掘、综合分析提供有效技术途径。已推广地矿行业科研院所、地质院校及各地质队在公益性地质调查、战略性地质矿产勘查、生态福建及各类地质工程项目中应用，为地勘可持续发展提供计算机应用技术支撑，该成果填补国内地学软件空白。属自主开发、原创性科技成果，2010 年已申报通过具独立软件著作权登记（证书号：软著登字第 0232713 号）。

1. 研发成果

第一部分：系统集成构造地质学、岩石学、矿物学、同位素地质学、地质测绘、地质绘图、地球化学勘查、数学地质学、成矿统计预测等领域 141 件专业科技计算应用程序



系统总体结构图

集,包括:构造地质学数据信息处理程序 10 件、矿物学数据信息处理程序 22 件、岩石学数据信息处理程序 25 件、同位素地质数据信息处理程序 13 件、地质绘图程序 11 件、地质测绘信息处理程序 5 件、地质数据预处理程序 10 件、成矿统计预测程序 12 件、多元统计分析程序 22 件、地球化学勘查信息处理程序 11 件。

第二部分:《地质数据信息辅助管理系统》与应用程序系统集成。

2. 主要特点

(1) 程序设计面向野外地质人员、面向地质科研人员,具适用性、通用性、可移植性,具有强功能地质学专业化数据综合处理能力。符合“绿色软件”安装技术要求,其“密钥”技术保障系统的安全可兼容。

(2) 集地质信息处理、计算与辅助数据管理于一体,极强的海量数据处理功能,结果数据信息量丰富,图形并茂。提供强功能、翔实完整地质方法应用、程序操作等电子帮助文档。

(3) 采用统一设计、规范的数据、图形输入/输出接口组件(控件),各模块共享调用编程模式,提升软件系统整体开发水平。

(4) 采用虚拟图形设备驱动技术,充分发挥 MapGIS、AutoCAD、Microsoft Office 软件平台强大的图形、数据、文本编辑功能。

(5) 按地质学科分类特点划分 10 个应用程序包“封装”,提供集成调用、单模块调用双重灵活操作模式,便于推广应用。

专家鉴定技术水平:福建省地质测绘院开发的适用于 Windows 操作系统的具有自主知识产权的《地质科学应用程序系统》,操作方便、运算快捷、成图速度快,为公益性地质调查、战略性地质矿产勘查、为地勘可持续发展提供计算机应用技术支持。其关键技术填补了中国国内地学领域空白,达到国内领先水平,被评为优秀级科研成果。

二、应用范围及应用实例

基础地质研究应用:《福建 1:50000 麻沙、建阳市、徐市幅区调填图》(项目编码:1212010811013)项目中,①运用[同位素地质数据信息处理程序包],“在各岩组获颗粒同位素年龄值等一系列测年数据,为闽西北地层划分对比提供新依据”。②运用[岩石学、同位素、矿物学、地质绘图地质数据信息处理程序包],“对测区侵入岩进行调研,依据接触关系,同位素地质年龄等资料划分地质侵入活动时期,显著提高了测区侵入岩的研究程度”。③运用[成矿统计预测程序包],“在充分收集已有资料和野外调研基础上,对重要的矿产、成矿规律及成因类型进行研究,总结了区域成矿控制条件、找矿标志。”(中地调(南)评字[2011]012号)。

专题地质研究应用:《福建省区域地质志》及福建省 1:50 万地质图、福建省 1:50 万地质构造图、福建省 1:50 万中新生代火山岩相构造图、福建省 1:50 万侵入岩图编制过程中,应用[矿物学、岩石学、构造学、地质同位素数据信息处理程序包],进行大批量的数据比对计算与信息综合处理,大大提升地学信息分析水平;《福建省南平地区生态环境地球化学调查与研究》(新开)运用[地球化学勘查、多元统计分析程序包]进行统计分析与制图。

成矿预测研究应用:《福建省矿产资源潜力评价》专题研究中运用[成矿统计预测、

多元统计分析程序包] 进行区域性矿产资源潜力统计分析, 有效地获取评价信息总结成矿规律。

在援藏项目《西藏 1:5 万那曲地区 (H46E005010、H46E005011、H46E006010、H46E006011) 4 幅区调》中 (项目编码: 1212011086059), 运用 [岩石学数据信息处理程序包] 之“火成岩岩石定名及图解系统”及“岩石矿物稀土球粒陨石模式曲线图解”, 详细解析测区侵入岩体, 建立岩浆演化序列, 研究构造岩浆活动与成矿作用的关系, 总结与中生代岩浆作用有关的金、铜、铅、锌多金属矿的成矿地质条件与主要控矿因素。

三、推广转化方式

该系统作为科技转换生产力成果, 已在福建省内地矿、煤炭、化工系统及地质科研、院校等单位进行 3 期约 200 人次培训推广办班, 目前主要应用于区域地质调查、基础地质研究、地质矿产勘察、成矿资源预测、矿产资源潜力评估、地球化学勘查及专题地质科研等领域, 先后推广应用于国内 25 个地质行业单位生产与科研中应用, 取得显著科技效益与地质经济效益。

推进国家 863 计划的地学信息挖掘处理与获取战略目标, 将科技成果转化为生产力, 尽快推广地矿行业科研所、地质院校及各地质队在公益性地质调查、战略性地质矿产勘查、生态福建及各类地质工程项目中应用, 为地勘可持续发展提供计算机应用技术支撑, 填补国内这类应用软件空白。

技术依托单位: 福建省地质测绘院

联系人: 朱世勇 潘孝荣

通讯地址: 中国福建省福州市塔头路 2 号

邮政编码: 350011

联系电话: 0591-87326785; 13805051449; 13850113103

电子邮件: Pxr.1177@hotmail.com Geo3S@21cn.com

矿体侧伏规律在地质找矿的应用

一、内容概述

所谓矿体测伏就是指当矿体的最大延长方向（即矿体轴）与其走向之间的夹角小于 90° 时，该矿体的状态在三维空间就具有测伏现象。要将产状复杂的矿体准确定位于三维空间，至少要测定矿体的走向、倾向、倾角、轴向、侧伏角、倾伏角等六要素。当矿体最大延伸方向（即轴向）与矿体倾向重合时，矿体的侧伏角便等于 90° ，这是一种特殊状况，这种状况矿体的空间定位只要测定其走向、倾向和倾角三要素就够了，而人们在实际工作中往往忽视了矿体的测伏现象，一般将矿体均作为特殊状态的矿体，仅测定三个要素，实际却恰恰相反，特殊状态的矿体极少，大多数矿体具有测伏现象，正因为如此，一直以来对矿体的测伏规律普遍缺乏重视和深入研究。

矿床不是个别地、孤立存在的，它们都是有规律地分布在一定的空间和时间内。矿体的侧伏也一样，是有规律可循的，数十年来我们在湘东北地区从事地质工作时，发现许多矿体（床）具有侧伏规律。运用矿体侧伏规律，我们在地质找矿时对矿体的控制有效准确，大幅度提高了工程见矿率，大大降低了勘查成本。其成果经验值得推广。

二、应用范围及应用实例

从现已发现的侧伏矿体来看，很多是经历了一个曲折的认识过程，才得以认识，使矿体规模得以扩大，矿石储量成倍增加。现以两个矿区为例：

1. 浏阳市井冲潭玲铜钴多金属矿

井冲潭玲铜钴多金属矿位于浏阳市北北西约 32 km，地处长平断裂带中段，从上世纪 50 年代到 1989 年，先后有近 10 家地勘单位在该区开展过地质找矿工作，施工了 54 个钻孔和大量槽、井探工程，共圈出 5 个铅锌矿体，1 个铜矿体，求得远景储量铜 3.5 万 t，铅锌 5.96 万 t。1991 年我队通过对以往资料的综合研究，发现矿体具有明显的侧伏规律，随后在矿区沿侧伏方向施工了 9 个钻孔，其中 7 个见矿，控制最大斜长 592 m，矿体最大侧伏长 2800 m，最大厚度 16.67 m，扩大铜远景储量 12 万 t。2008 年，我队又对该矿区进行了详查地质工作，共圈出大小铜钴矿体 6 个，铅锌矿化体 4 个，均赋存于 F_2 下盘构造热液蚀变岩带中，呈长条状或透镜状平行侧列产出，产状与 F_2 基本一致，倾向北西，并有向南西 240° 方向侧伏下延的规律。长度达 2500 m 以上，倾伏角为 20° 左右（图 1），提交了（332+333）铜金属量 8.50 万 t，钴金属量 2210 t。

通过以上工作为长平断裂带今后评价隐伏铜钴多金属矿体提供了可供借鉴的宝贵经验。

2. 平江万古、大洞金矿

两矿区内出露地层主要为中元古界冷家溪群坪原组，断裂构造主要有北西（西）向

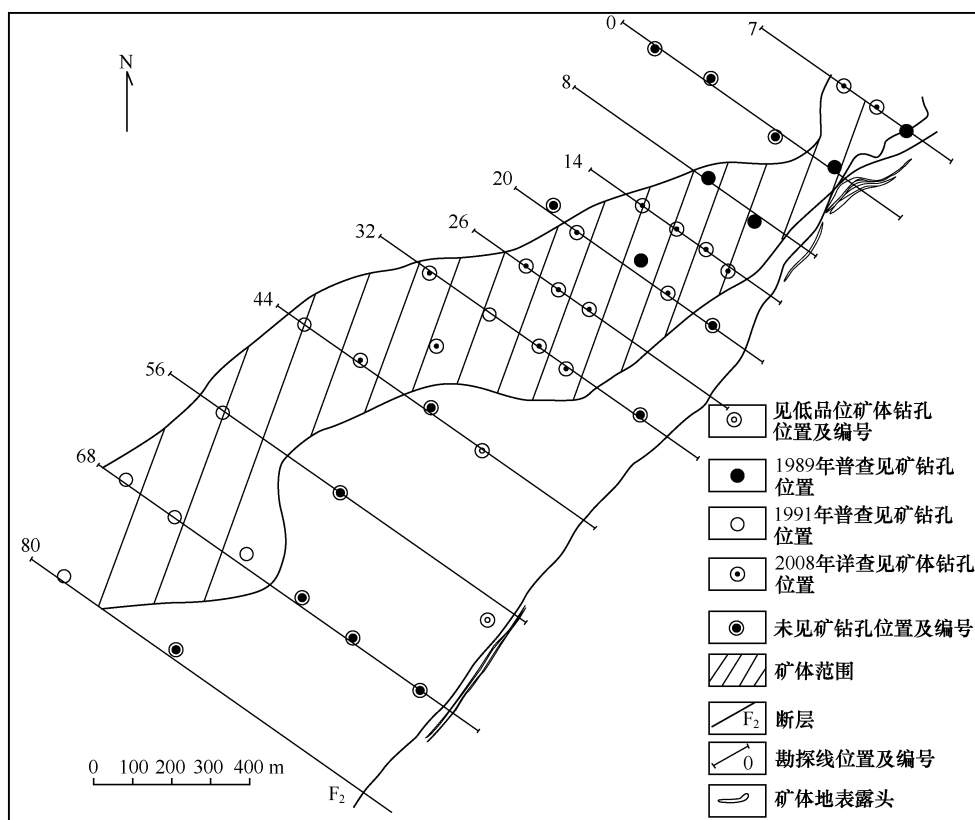


图1 浏阳市井冲潭玲铜钴多金属矿体侧伏平面图

和北东向两组，均具多期次活动特征，其中北西（西）向断裂与金矿化关系密切。两矿区内目前共发现矿脉30余条，主要的矿脉有I号、V号、Ⅷ号及20号脉等，矿脉长350~2900 m，厚0.33~15.5 m，全区共圈出矿体56余个，均受北西（西）向断裂破碎带控制，走向北西（西），倾向北东，倾角中等。

万古金矿我队于1995年完成了I号矿脉的详查评价，由于当时没有充分考虑矿体的侧伏规律，许多钻孔在矿脉倾向方向上均未见矿，控制矿体最低标高在148 m以上，最终结论是矿体只赋存在浅部，在倾向上在150 m标高向深部尖灭，储量仅2.67 t。1999年经有关专家论证，认为该区金矿体存在侧伏规律，并在I-2、I-4矿体侧伏方向上施工了5个深孔，全部见矿，确认了矿体向深部延伸很稳定，矿体侧伏方向87°，侧伏角27°，矿体厚度一般2 m左右，品位 $7 \sim 8 \times 10^{-6}$ ，控制矿体标高接近0 m，大大增长了I号矿脉的远景储量（图2）。

大洞金矿是我队于2001年在万古金矿I号矿脉西部沿该矿脉展布方向开展地质调查工作时发现的，2004年完成了普查评价工作，提交了金资源量（333+3341）13.86 t，当时控制矿体最低标高在-60 m以上。

2008~2011年，我队分别在万古矿区金盆岭、团家洞、童源-和坡矿段及大洞矿区开展了商业性金矿详查工作，其中万古矿区累计新增（332+333+334）金资源量约25 t，

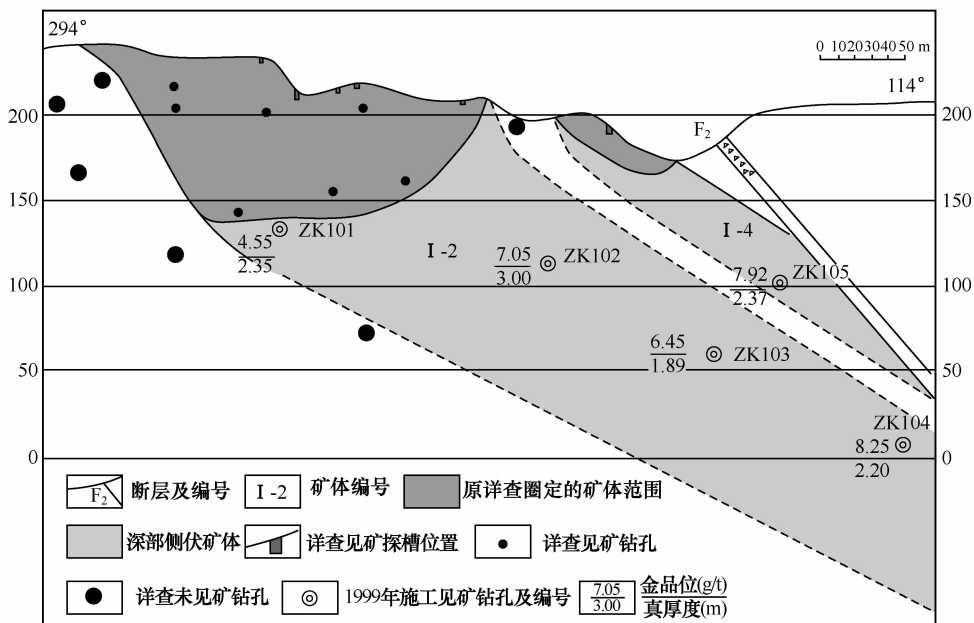


图2 平江县万古金矿 I 号脉垂直纵投影图

大洞矿区累计新增（332 + 333 + 334）金资源量约 10 t，使两金矿床规模均由中型提高到大型。其中一个重要的因素就是我们在勘查过程中充分研究利用了矿体向东侧伏的规律，控制矿体最大斜深达 920 m，矿体厚 5.52 m，品位 8.22×10^{-6} 。通过以上工作，不仅使区内的金矿床提高了规模，对其他类似的金矿床扩大其资源远景提供了一种新的思路 and 方向。

三、推广转化方式

以上地质勘查成果表明，只有正确掌握矿体侧伏规律，才能明确找矿思路，可以不用按步就班参照勘探网度进行施工，降低地勘投入，获得最佳找矿效果。

技术依托单位：湖南省地勘局 402 队

联系人：肖朝阳

通讯地址：湖南省长沙市天心区五凌路 68 号

邮政编码：410004

联系电话：13874869336

电子邮件：xzy402@163.com

深海彩色数字摄像技术

一、内容概述

1. 成果简介

该成果属“十五”国家 863 划资源与环境技术领域海洋资源开发技术主题“深海彩色数字摄像技术”课题（编号 2001AA612010）的科研成果，该成果也是课题组 1997 年至 2001 年期间多项地质调查和大洋综合调查项目（课题）的技术累积成果，属海洋探查与海底资源勘查技术应用研究领域。技术成果经国家科技部组织专家鉴定达到国际先进水平，获得 2005 年度国土资源科学技术二等奖。

成果形式为适合深海作业的水下摄像、照相系统装备及深海作业环境通讯、控制的遥控技术、能源传输技术、大水深抗压水密技术、拖曳式作业的工程装置设计技术和对海底摄像视频数据的处理技术、海底微地形地貌的三维重建技术等。为海底矿产资源、海洋工程和海洋油气调查与开采等提供装备和技术手段。

2. 基本原理

（1）能源传输技术

研制的信号分离器采用高低通滤波分频技术，成功解决了供电电流对宽带数字传输的干扰问题，实现了供电电流和视频信号同缆传输。

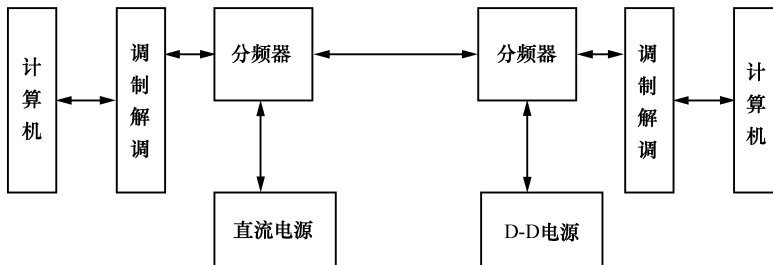


图 1 电源电流与数字信号同缆传输技术示意图

分频器由高通滤波器与低通滤波器组合而成（图 2），其低通滤波器的频率特性如图 3，可保证将 25 kHz 以上的数字调制信号与直流电源电流分离开。通过研制分频器将供电电流的噪声对宽带数字传输的干扰限制在容许的范围内，同时提高数字传输设备耐受电压，最终实现了甲板供电电流与数字通信信号在万米无中继电缆上同缆传输（图 1）。

（2）万米同轴缆图像传输技术（高解析度图像的传输技术）

实时传输的海底图像质量达到 640×480 ，相当 DVD 质量，根据我国“大洋一号”科考船深拖铠装电缆的电器性能测定，运用宽带数字通信技术，在万米同轴铠装电缆上的数

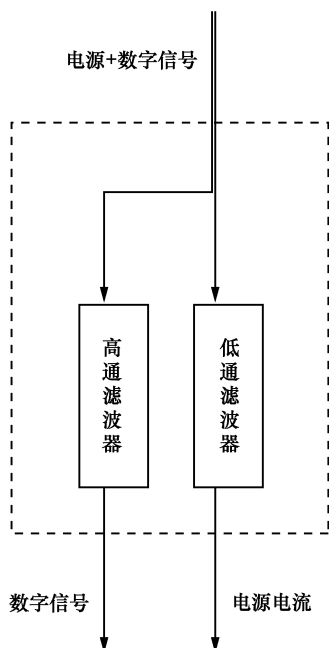


图2 分频器原理图

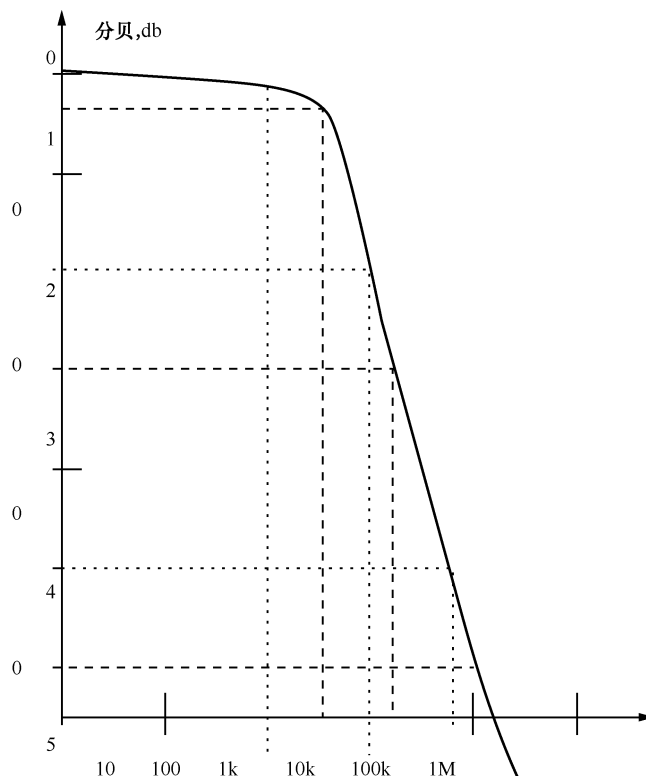


图3 分频器低通滤波器频率（设计）特性曲线

字通信传输速率可达到 7 Mbps。

在数字图像压缩传输上，数字视频图像采用 MPEG4 视频流，在上述数字链路上实时 640×480 分辨率图像单路传输和 352×288 分辨率图像双路传输。传输帧率为 25 帧/秒彩色连续图像，传输滞后时间小于 0.5 秒。

实现中分辨率（ 352×288 ，相当于 VCD 质量）双路图像传输。实现立体摄像监控，用获取的双目立体视视频数据重建三维海底微地形。

（3）控制技术—摄像与深海照相系统的集成

扩展控制技术，实现与深海照相机集成，充分发挥深海照相机分辨率高（优于 2048×1600 ），层次丰富的优势，对重点海底区域进行定点照相，高清照相与连续摄像视频数据相结合，提高数据的应用价值。

母船对水下设备的控制，是通过数字通讯将甲板单元的计算机指令传送到水下单元，改变相应控制端口的 TTL 电平或输出电流/电压到执行模块，驱动相应的设备。设备的工作状态则是通过检测相应的传感器输出的电流/电压或数字信号。图 4 描述了系统水下单元的控制流程。

（4）摄像图像重建三维海底微地形技术

充分利用海底摄像系统取得的大量海底录像资料，挖掘图像资料中的有用信息。通过对取得的摄像资料进行计算机处理解释，获得高精度的海底微地形，对海底的起伏、断崖

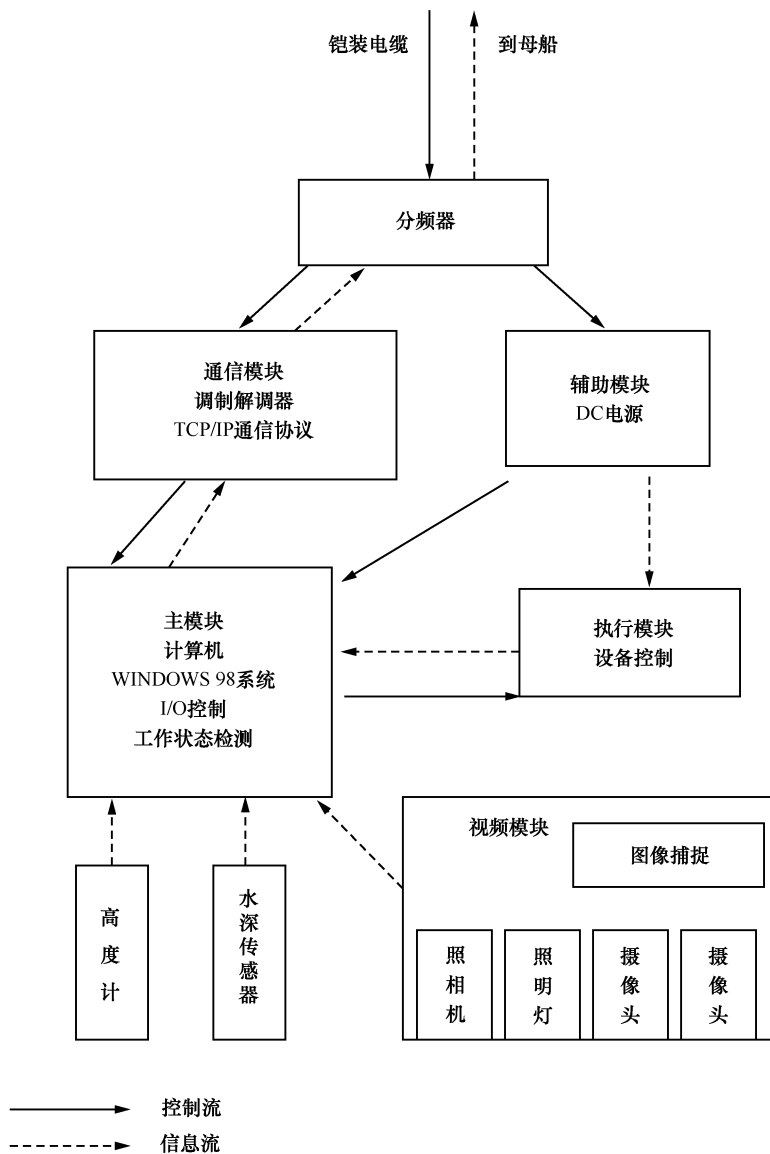


图4 系统水下单元控制流程图

高度、裂缝宽度等微地形地貌进行定量评价。

成功研制了适合深海作业的立体摄像设备，双目海底图像向甲板双路实时传输，再通过合成立体显示，使人如亲历海底。

研发了立体视图像显示与反演计算机软件系统，利用二维摄像视频数据重建三维海底微地形。如图5。两台焦距为 f 的摄像机光轴平行，光心 Cl 、 Cr 相距 b ，点 P 在摄像机投影面上的视差记作 Δl 。则点 P 到 Cl Cr 连线的距离 d 为

$$d = \frac{bf}{\Delta l}$$

实现基本原理是建立双目立体视系统并取得图像，图像面上视差的计算，由视差恢复

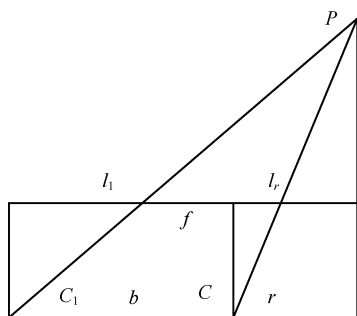


图5 视差测距原理图

点的三维坐标。

3. 技术特点

成果的主要技术特点有：

- (1) 系统成本和作业成本低，设备轻便、易于使用。
- (2) 采用水下拖曳方式作业，作业效率高。
- (3) 支出船上甲板供电和录像记录，水下工作时间不限，也可采用水下蓄电池供电，适用范围广。
- (4) 图像质量：最高达 720×576 单路高分辨率图像， 352×288 中分辨率双路立体视图像，用户根据需

要自由选择，支持在线切换。

- (5) 传输线缆：光电复合电缆、同轴电缆、普通双绞线电缆。
- (6) 支持深海照相机集成控制，用户选择控制拍照
- (7) 最大工作水深 6000 m。
- (8) 最大无中继传输距离 10 km。

4. 技术指标

(1) 海底摄像系统（设备）

① 图像质量

图像：彩色

传输方式：数字

传输速率：25 帧/秒

分辨率： $720 \times 576/640 \times 480$ （单目）， 352×288 （双目）

视频记录方式：船上录像，标准商用录像设备（录像机、硬盘录像机等）。

② 电源功能

船上向水下供应 250W 电能，水下电源参数：220V 1.5A；

③ 其它指标

最大工作水深：6000 m

工作温度： $-5^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$

水下连续工作时间：不限

离底高度探测灵敏度：0.1 m

(2) 立体视图像定量处理解释（计算机）系统

数据处理能力：可独立处理摄像站点数据也可与海洋调查数据库系统连接。

三维微地形起伏评价灵敏度：0.1 m

二、应用范围及应用实例

1. 成果应用范围及应用实例

自 2003 年起至今一直作为大洋科考的重要手段应用于我国大洋调查作业，参加历年大洋航次调查任务，随科考船横跨三大洋，获取了大量海底摄像数据，在结核、结壳和热

液硫化物以及南海水合物调查中发挥了重要作用，已成为大洋科考不可或缺的常规技术手段。

系统应用实例：

(1) 太平洋锰结核、结壳区调查中，获得清晰海底影像资料，为大洋资源调查提供重要的手段，仅2003年在大洋航次任务中就完成了101个测站，获得100多小时，200多公里海底摄像数据资料；历年航次平均获得超过100小时的摄像资料。

(2) 在南海天然气水合物调查中，发现水合物存在的重要地貌特征标志-碳酸盐结壳。

(3) 2007年，摄像系统在西南印度洋首次拍摄到海底热液活动区带，这是我国首次在西南印度洋中脊发现活动的海底热液区，也是世界上首次在该海区发现。（中央电视台等媒体进行了相关报道）

(4) 2008年后，在大洋航次中相继在印度洋、大西洋拍摄到海底热液活动区或与热液硫化物相关的地质、地貌、生物等重要标志的影像资料，为圈定调查靶区提高了重要依据。

2. 推广应用情况、效果

目前，该成果已实现成果转化，技术成果已发展为适合不同作业要求的系列产品，目前有五台套不同型号设备应用在我国不同科考调查船上。

成果作为可视化操作平台与其他海底探测或取样设备相结合，实现了可视遥测遥控海底探查，从而优化并改良了传统大洋作业流程，可视化技术的应用大大提高了作业效率。成果推广应用到电视抓斗、海底潜钻等取样设备获得成功。

3. 应用前景和市场预期

成果还可以用来进行水下建筑物的可视化调查与监测，包括养殖业、环境监测等，尤其在海洋工程、海洋油气调查与开采、航运与水下考古等领域有广泛应用前景。作为海上可视化作业设备与国际同类设备相比具有较高性价比优势，可批量生产出口。

三、推广转化方式

可通过宣传报道，会议交流、现场服务及技术转让等方式，加大同国内外同行的信息沟通，结合客户不同应用特点和要求，进行定向定制和服务。形成适合不同应用特点的水下可视化应用设备。

技术依托单位：中国地质科学院矿产资源研究所

联系人：顾玉民

通讯地址：北京市西城区百万庄大街26号

邮政编码：100037

联系电话：13501151212，(010) 68335862

电子邮件：ymgu@163.com

硅同位素地球化学研究新进展

一、内容概述

1. 立项背景

硅同位素地球化学是稳定同位素地球化学的一个重要新分支。前人对于硅同位素做过长期研究，但在地质应用方面进展缓慢。自 1988 以来，丁梯平等在硅同位素地球化学这一新领域进行开拓研究，取得初步进展，为开展更深入的研究打下坚实基础。近 10 年来，项目组在国家自然科学基金委员会、国家科技部、国土资源部和中国地质调查局的大力支持下，开展《同位素测试新技术的地质应用研究》、《硅同位素与原子量测定》、《水稻生长过程中硅吸收、运移与沉淀的硅同位素示踪研究》、《长江水的化学与同位素演化及其环境意义》、《黄河水及悬浮物的硅同位素研究》等项目研究，加深和拓宽研究领域，进一步完善硅同位素地球化学学科体系。

2. 主要研究成果

(1) 项目采用新的测试技术，对国际参考物质 NBS-28 的硅同位素“绝对比值”与硅原子量进行了重新标定，得出更准确可靠的结果。成果在“同位素丰度与原子量测定及其应用国际学术讨论会”（北京，2005）上报告，撰写的论文已在国际重要学术刊物《Geochim. et Cosmochim. Acta》上发表。

(2) 项目组建立激光微区硅同位素测试方法。论述硅同位素测试方法的论文“Analytic Method for Silicon Isotope Determinations”作为一章被收入国外 2004 年出版的“Handbook of Stable Isotope Analytic Techniques”。

(3) 对地球岩石圈、水圈和生物圈的硅同位素组成进行系统观测，获得大量新数据；更清晰与完整地勾画出地球物质硅同位素分布状况，为开展地球硅循环的硅同位素研究提供丰富、可靠的基础资料。发现地球表面圈层（水圈、生物圈、土壤层和沉积岩）的硅同位素组成变化较大，开展研究大有可为。

(4) 对田地中生长的水稻、竹子及实验室培养的水稻开展综合研究，率先建立植物生长过程中的硅同位素生物动力学分馏的模式，为利用硅同位素研究植物生长过程和探索硅循环奠定理论基础。

(5) 查明水稻和竹子中硅含量与硅同位素组成变化规律，弄清植物与外部环境（土壤、水）在硅同位素组成方面的相互关系，为研究植物吸收和沉淀硅的机制提供重要依据。开拓植物、土壤与水之间的硅循环研究和农业与环境硅同位素示踪研究新领域。

(6) 以长江为例，首次对世界级大河开展全流域系统的硅同位素研究，查明河水溶解硅、岩石风化硅、植物吸收硅在硅同位素组成上的关系，弄清河流对海水含硅量及硅同位素组成的影响。率先开展陆地硅循环的硅同位素示踪研究，探索大陆与海洋硅循环之间

的联系。

(7) 追溯不同岩石间的硅同位素变化, 探讨岩石圈中的硅循环。发现矿物、岩石的硅同位素组成受其硅质来源和形成条件的制约。创建硅同位素示踪方法, 在确定矿物与岩石成因, 判断矿床硅质来源方面取得一系列重要进展。

3. 主要完成人

丁悌平、蒋少涌、李延河、万德芳、白瑞梅、张增杰、田世洪、王成玉、高建飞

二、应用范围和应用实例

(1) 确定的 NBS-28, IRMM-017, IRMM-018 和 NBS-990 等硅同位素参考物质的硅同位素组成相互关系得到 CAWIA 承认。

(2) 发表论文 30 余篇。20 篇核心论著中, 有 14 篇论文被 SCI 收录, 5 篇在国际重要学术刊物上 (影响因子大于 3) 发表。

(3) 成果受到国际同行的重视, 并得到原子量与同位素丰度委员会 (CAWIA) 等国际权威机构的高度评价。20 篇核心论著被 SCI 正面他引 268 次, 引文多出自《Nature》、GCA、EPSL 等权威杂志。

(4) 成果与 2006 年获国土资源科技成果 2 等奖。

(5) 有关成果《硅同位素地球化学研究新进展》2004 年列入中国地质科学院 10 大科技进展,《激光探针微区稳定同位素分析方法及地质应用研究》2006 年列入中国地质科学院 10 大科技进展,《植物中硅的矿化作用硅同位素示踪研究》2008 年列入中国地质科学院 10 大科技进展。

(6) 由于在硅同位素研究和其他稳定同位素地球化学研究方面的突出贡献, 2005 年丁悌平获李四光地质科技奖。

三、推广转化方式

技术依托单位: 中国地质科学院矿产资源研究所

联系人: 孙文泓

通讯地址: 北京市西城区百万庄大街 26 号

邮政编码: 100037

联系电话: 01068999027

电子邮件: sunwh@263.net

硫原子量的修订与硫同位素测量基准和尺度的校正

一、内容概述

(1) 对国际和国内硫同位素参考物质的硫同位素绝对比值进行标定:

1962 年,在“硫的生物地球化学”国际讨论会上,CDT(美国亚利桑那州 Canōn Diablo 峡谷陨石中的陨硫铁)被定为硫同位素的国际标准,并指定其 $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$ 比值为 22.22。但正如 Thode 教授在 1961 年指出的那样,这一比值并未经严格标定。

1991 年,本项目在研制和标定硫同位素国家标准物质过程中,与北大张青莲教授合作对 CDT 和国际硫同位素参考物质 IAEA-S-1 的 $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ 绝对比值进行了测定。实验采用高精密度、高灵敏度的 SF_6 新方法分析,用高纯同位素的硫酸钡配制硫同位素混合物做参照。结果出人意料,标定的 CDT 的 $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ 绝对比值为 22.6496,比指定值(22.22)高出 19.5‰。

由于 CDT 的 $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ 绝对比值是重要的硫同位素基本参数,为确保结果的可靠性,1995 年本项目又进行了再次标定。实验仍用 SF_6 法分析,但改用高纯同位素的硫化银配制硫同位素混合物。结果得出 CDT 的 $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ 绝对比值为 22.6465,与第一次测定结果相符。

两次测定的结果于 1995 年在 IAEA(国际原子能机构)同位素参考物质顾问组会议上报告后,引起高度重视。鉴于 CDT 的硫同位素绝对比值的变化将导致硫同位素测量基准的改变和硫的原子量的修订,事关重大,IAEA 希望做进一步验证。为此 IAEA 安排丁梯平研究员赴比利时与 IRMM(欧盟参考物质及测量研究所)De Bievre 教授等合作,对 IAEA-S-1、IAEA-S-2、IAEA-S-3 和 GBW-04414、GBW-04415 等参考物质的 $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$ 和 $^{32}\text{S}/^{33}\text{S}$ 绝对比值做进一步标定,准确确定 V-CDT 的硫同位素绝对比值。合作研究于 1997 年 10 月完成,得出的 V-CDT 的 $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ 绝对比值为 22.6437,与 1991 年和 1995 年的结果(22.6496)的差别在允许误差范围内,证实了原先的结论。这次合作研究得到的数据更精确,并同时得到了 $^{32}\text{S}/^{33}\text{S}$ 绝对比值数据,扩展了前两次的研究成果。

研究成果于 1999 年,2000 年和 2001 年相继在“Science in China”、“International Journal of Mass Spectrometry”、“Geochemica et Cosmochemica Acta”发表。

(2) 硫原子量的修订:

元素的原子量是十分重要的物理和化学基本参数,准确的原子量数据不但在科学上有重要意义,在技术、计量和商业方面也有重要意义。因此准确测定元素的原子量一直是物理和化学工作者的一项重要任务。

1962 年,CDT 被定为硫同位素的国际标准,同时指定其 $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$ 比值为 22.22。采用由这一比值计算的 CDT 的硫同位素丰度,依据各同位素的质量,并考虑自然界的硫同位素变化,1983 年 IUPAC(国际纯粹与应用化学联合会)CAWIA(原子量和同位素丰度委员会)将标准硫原子量定为 32.066 ± 0.006 。

由于本项目的结果使 CDT 的 $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$ 比值加大了 19.5‰,势必导致硫的原子量的改变。

为此 CAWIA 于 1999 在柏林召开的会议上, 讨论了硫原子量修订问题。根据本项目得出的 CDT 的 $^{33}\text{S}/^{32}\text{S}$ 、 $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ 绝对比值和 CDT 的原子量, 考虑到自然物质的硫同位素丰度变化, 将标准硫原子量由原用的 32.066 ± 0.006 修订为 32.065 ± 0.005 。这一决定载入原子量和同位素丰度委员会 (CAWIA) 柏林会议备忘录。有关内容已在 IUPAC 的刊物 “Chemical International” (2000 年第 22 卷第 2 期) 和 “Pure Appl. Chem.” (2001 年第 73 卷第 4 期 667 ~ 683 页) 发表。

(3) 国际硫同位素参考物质的定值和硫同位素组成尺度的修订:

1991 和 1998 年, 本项目还参加了 IAEA 组织的国际对比测量, 用 SF6 法对 IAEA-S-1、IAEA-S-2、IAEA-S-3、IAEA-SO-5 和 IAEA-SO-6 进行了标定。在 IAEA “第八届稳定同位素参考物质与实验室质量保证顾问组会议” 上 (维也纳, 2000), 本项目提供的数据被作为国际硫同位素参考物质定值的主要依据。顾问组并建议用 SF6 法确定的硫同位素组成尺度取代原来用 SO₂ 法确定的硫同位素组成尺度。其结果将导致对用 SO₂ 法测定的硫同位素数据进行全面修正。

(4) 研制了两个硫同位素国家一级标准物质 GBW-04414 和 GBW-04415。

(5) 主要完成人: 丁悌平、万德芳、李延河、白瑞梅、李金城

二、应用范围及应用实例

(1) 已发表相关论文 5 篇。其中在 “Geochimica et Cosmochimica Acta”, “International Journal of Mass Spectrometry” 和 “Pure Appl. Chem.” 等国际重要刊物上发表的论文 4 篇; 在《中国科学》上发表论文 1 篇 (中英文)。

(2) 有关论文被 SCI 收录 5 篇, SCI 他引 105 次。

(3) 对 IAEA-S-1 和 V-CDT 的硫原子量标定结果得到 CAWIA 的承认, 据此修订了标准硫原子量。

(4) 国际、国内硫同位素参考物质的硫同位素绝对比值和 δ 值测定结果得到 IAEA 同位素参考物质顾问组的高度评价, 成为 IAEA 系列硫同位素参考物质定值和修订硫同位素测量尺度的主要依据。

(5) 研制的两个硫同位素标准物质被批准为国家一级标准物质, 在国内得到广泛应用, 保证了国内同位素数据的可溯源性、可靠性及在国际上的可对比性。

(6) 对国际、国内硫同位素参考物质的硫同位素绝对比值进行标定, 修订硫原子量, 显著提高国际硫同位素地球化学研究的水平, 扩大了我国同位素研究在国际上的影响。

(7) 2004 年获国体资源科技成果 2 等奖

三、推广转化方式:

技术依托单位: 中国地质科学院矿产资源研究所

联系人: 孙文泓

通讯地址: 北京市西城区百万庄大街 26 号

邮政编码: 100037

联系电话: 01068999027

电子邮件: sunwh@263.net

微区和非传统同位素分析方法及应用研究新进展

一、内容概述

同位素分析和定年技术已渗透到地球科学的各个方面,成为推动地球科学发展的重要动力。微区原位同位素、非传统同位素和非质量同位素效应是国际同位素地球化学研究的前沿和热点。微区原位同位素分析技术不仅避免了繁杂的化学纯化分离流程,提高了分析灵敏度和工作效率,而且可以对矿物的环带、微层和子矿物等进行微区原位分析,揭示常规方法难以发现的现象和规律。多接收等离子质谱技术的出现和发展,使 Fe、Cu、Zn 等非传统同位素的分析精度有了很大提高,显示出了巨大的应用潜力和广阔的发展前景,直接利用成矿元素同位素示踪成矿物质来源和形成条件成为可能。物理、化学和生物作用引起的热力学和动力学同位素分馏均为与质量有关的分馏,但最近发现了少量与质量无关分馏现象,而非质量同位素效应可以揭示一些元素浓度和单个同位素比值无法揭示的特殊作用过程。近 5 年来矿产资源所同位素实验室在这些方面进行了深入研究,开发建立了十余种微区和非传统同位素分析和定年新方法,开展了广泛的应用研究,推动了我国同位素地球化学的发展。

(1) 建立了我国第一个硝酸盐氮、氧同位素和氧同位素非质量效应 ($\Delta^{17}\text{O}$) 分析方法,分析精度分别为 0.18‰、0.13‰和 0.065‰,达到国际先进水平。在国际上首次在新疆吐-哈内陆盆地超大型硝酸盐矿床中发现了明显的氧同位素非质量分馏效应,为硝酸盐矿床的大气气溶胶沉积成因提供了可靠证据。相关成果已在《Geology》、《Sci. China Earth Sci.》、《Acta Geologica Sinica》等刊物发表。

(2) 建立了 LA-MC-ICPMS 锆石微区 U-Pb 定年和 Hf 同位素分析方法。采用 25 μm 斑束,对 5 个锆石标准的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄测定误差均在 1% (2σ) 以内,在 8~10 μm 高分辨率条件下, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄误差均小于 1.2% (2σ),测试精度达到国际同类实验室先进水平,所得锆石年龄和 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 比值在误差范围内与推荐值或文献值完全一致,为精确测定成岩成矿年龄和壳幔演化研究提供了有力支撑,为地质科研和地质调查提供了大量高质量数据。

(3) 首次在国内建立了 LA-MC-ICPMS 微区原位 B 同位素分析方法。富硼矿物的微区 B 同位素分析精度优于 1‰,达到国际先进水平,测得的硼同位素参考物质的 $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ 比值在误差范围内与文献值完全一致,为利用 B 同位素精细刻画成岩成矿过程提供了可靠手段。相关成果已在《Chinese Sci Bull》发表。

(4) 建立了高精度非传统同位素 Fe、Cu、Zn 和 Si 的分析法。 $\delta^{56}\text{Fe}$ 、 $\delta^{65}\text{Cu}$ 、 $\delta^{66}\text{Zn}$ 分析精度分别为 0.09‰ (2SD, N=40), 0.08‰ (2SD, N=32), 0.05‰ (2SD, N=26), 达到国际同类实验室先进水平。对 Fe、Cu、Zn 同位素参考物质进行了对比测量,分析结

果与报道值在误差范围内完全一致。为直接利用成矿物质同位素组成示踪成矿物质来源和形成条件开辟了一条新的途径。

(5) 对我国不同时代和不同类型硅铁建造 BIF 的硫、硅、氧同位素进行了系统研究；揭示了硫同位素非质量分馏效应 ($\Delta^{33}\text{S}$) 与 BIF 类型及同期火山活动之间的关系；提出无论是 Algoma 型，还是 Superior 型 BIF 都是由海底喷气作用形成的。热水溶液喷发到海底后温度突然下降， SiO_2 达到过饱和状态，首先快速沉淀形成硅质层； Fe^{2+} 经缓慢氧化形成 Fe^{3+} 稍后沉淀，形成铁质层。一套韵律层代表一次海底喷气活动，周期性海底喷气活动形成了规律性的韵律层。

发表相关论文篇 18 篇，其中 SCI 论文 8 篇，出版专著 1 部。

二、应用范围及应用实例

研建的微区和非传统同位素分析新方法已在地质调查和科研工作中得到广泛应用，取得很好效果。承担完成了大量 LA-MC-ICPMS 锆石微区 U-Pb 定年和 Hf 同位素分析任务，为地质调查和科研工作提供了重要支撑。根据新疆吐-哈内陆盆地超大型硝酸盐矿床的氮氧和氧同位素非质量分馏特征，首次提出新疆吐-哈硝酸盐矿床为大气气溶胶沉积成因，不仅丰富了矿床成因类型，而且为研究大气圈、水圈、生物圈和岩石圈之间的相互作用开辟了一条新的途径。利用 Fe、Si 同位素和硫同位素非质量效应对 BIF 进行了系统研究，对 BIF 形成时大气和海洋环境提出了制约，建立了硅铁韵律层形成新机制。利用 LA-MC-ICPMS 微区原位 B 同位素分析技术对新疆可可托海伟晶岩型稀有矿床不同环带中电气石的 B 同位素进行了系统分析，为了解伟晶岩的形成过程和 B 同位素在岩浆热液演化过程中的变化规律提供了重要依据。

三、推广转化方式：

技术依托单位：中国地质科学院矿产资源研究所

联系人：李延河

通讯地址：北京市西城区百万庄大街 26 号

邮政编码：100037

联系电话：010-68999096

电子邮件：lyh@cei.gov.cn

第三部分 成矿区带研究

中亚地区地质矿产对比研究

一、内容概述

1. 成果简介

“中亚地区地质矿产对比研究”项目（编号 1212010561506）是中国地质调查局 2003 年下达的地质调查计划项目“中国大陆周边地区主要成矿带成矿规律对比及潜力评价”的工作项目之一。该项成果“中亚地区地质矿产对比研究”（杨富全、刘德权、赵财胜、柴凤梅、唐延龄、肖克炎、刘锋、王晓地、刘亚玲、张志欣）获 2011 年度国土资源科学技术奖二等奖。

研究区范围为中国和哈萨克斯坦境内的阿尔泰和准噶尔，西部边界到哈萨克斯坦乌拉尔山，东部到伊吾县中蒙边界，北部到哈俄边界\中蒙边界，南部到天山北麓。地理座标为：东经 66°~96°；北纬 44°~53°。取得主要成果：

（1）全面收集和整理了哈萨克斯坦和中国阿尔泰和准噶尔（面积约 180 万 km²）主要金属矿床的地质矿产数据，建立了中亚（不包括天山）地区矿产资源信息系统数据库，录入各种矿产地计 742 处，其中含超大型矿床 16 处、大型矿床 52 处、中型矿床 112 处、小型矿床 433 处、矿点 129 处。

（2）据最新成果首次编制了研究区 1:100 万大地构造图和成矿规律图，划分了 3 个一级构造单元、4 个二级构造单元和 46 个三级构造单元；划分了 4 个Ⅱ级成矿省、32 个Ⅲ级成矿带和 24 个Ⅳ级矿带，为中亚地质矿产对比研究、成矿规律总结和战略选区等方面奠定了坚实的基础。

（3）在中国新疆和哈萨克斯坦各造山带之间的对比和连接问题上，提出了与前人不同的方案，在次级构造带的对比连接中，一方面要考虑各次级构造带的直接延伸，另一方面更要考虑所对比的次级构造带之间性质和特征的一致性。对中国新疆与西邻的阿尔泰和准噶尔区的主要 26 个成矿区带进行了地质成矿对比研究与分析，指出其异同之点和境内新的找矿方向。如认为新疆阿尔泰南缘冲乎尔、克兰和麦兹泥盆纪火山-沉积盆地发现的铁、铅锌、铜、金矿带与列宁诺戈尔斯克-济良诺夫斯克亚矿带相似、阿舍勒一带的铜、锌矿分布区与阿列依-切尔克齐亚矿带特征相似，但它们呈斜列（雁列）关系。

（4）收集了大量哈萨克斯坦和新疆地质、矿产最新资料，并到哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦天山、俄罗斯和蒙古山区阿尔泰进行了野外考察基础上，系统总结了研究区优势矿产（铜、铅锌、金和稀有金属）的成矿规律，对 23 个典型矿床进行了研究，并建立了区域成矿模型；并对加里东期与花岗岩类有关的金矿、黑色岩系型金矿、火山岩容矿的块状硫化物（VHMS）铜多金属矿床和斑岩铜矿床的含矿建造进行了对比研究，提出了上述主攻类型在新疆境内的进一步找矿方向。

（5）在境内外成矿带对比连接、成矿背景、矿床类型、成矿特征和矿床模型研究的

基础上,对新疆阿尔泰和准噶尔预测了8个大型矿集区,对境外矿产勘查选区(11个大型矿集区)进行了评述,并提出进一步工作的建议,为我国新疆找矿部署和境外风险勘查提供了最新科学依据。

2. 基本原理

以板块构造和大陆造山带动力学演化理论为指导,遵循野外地质调查和室内综合研究相结合,典型矿床研究与区域地质构造背景分析相结合的原则,综合运用同位素示踪和测年技术、岩石探针技术和流体包裹体技术等对典型矿床综合研究,结合典型矿床的解剖,总结成矿规律,在此基础上进行对比研究。全面收集地质矿产资料,建立地质矿产信息空间数据库,境内准噶尔以1:50万地质图为底图,境外以1:100万地质图为底图,编制1:100万大地构造单元划分、成矿规律及成矿预测图。

3. 技术特点

广泛收集新疆和哈萨克斯坦地质矿产信息资料,按统一要求完成中亚地区地质矿产信息空间数据库建设,为成矿规律总结和勘查选区奠定了基础;通过收集新疆和哈萨克斯坦基础地质、矿床研究的最新研究成果,划分构造单元和成矿单元;在中国新疆与哈萨克斯坦各成矿带对比连接上,一方面要考虑各次级构造带的直接延伸,另一方面更要考虑所对比的次级构造带之间性质和特征的一致性;对重要VMS型铜多金属矿、斑岩铜矿、黑色岩系型金矿、加里东期含金花岗岩建造进行了详细对比研究,总结了成矿规律和境外超大型矿床勘查发现史,优选境内找矿靶区,并提出境内外勘查选区建议。总的技术特点是内容丰富,资料翔实,文图并茂,理论性、实用性和可读性很强。

4. 技术指标

建立1个地质矿产信息空间数据库,编制中亚地区1:100万成矿规律图,提出中亚地区开展境外矿产战略调查的选区建议,提交1份综合研究报告。

二、应用范围及应用实例

成果应用范围包括地质矿产勘查、科研、教育、矿产开发和管理部门人员使用。

已推广应用情况及效果:新疆地质矿产勘查开发局根据本项目对新疆阿尔泰和准噶尔成矿单元的划分方案,以及提出的新疆阿尔泰南缘铁、铅锌铜亚矿带与列宁诺戈尔斯克-济良诺夫斯克亚矿带、阿舍勒铜锌矿分布区与阿列依-切尔克齐亚矿带特征相似,但它们呈斜列关系的新观点,部署新疆阿尔泰基础地质和VMS型多金属找矿工作。新疆地质矿产勘查开发局参考了报告中有关“老爷庙-琼河坝铜铁金预测矿集区”和希勒克特哈腊苏-喀拉通克铜镍金预测矿集区中对斑岩铜矿找矿潜力的评价成果和进一步工作的建议,加大了琼河坝和卡拉先格尔一带斑岩铜矿的找矿力度,在蒙西和玉勒肯哈拉苏深部斑岩铜矿找矿工作取得重要进展。在新疆矿产资源潜力评价项目实施过程中,参考和借鉴了该项目成果中新获取的测年成果、建立典型矿床模式和区域成矿模式。20余篇有关矿床研究和成矿规律的论文也获得广大地质工作者的广泛引用。据检索有关代表性论著在中国引文数据库中被他人引用54次、在SCI数据库中被他人引用21次。

应用前景及市场预期:新疆天山、阿尔泰和阿尔金山是我国确定的十六个重点成矿区带中的三个,成矿条件优越,近年来相关部门加大了这三个成矿带的投入,本成果对重要

成矿带的找矿勘查工作可以起到指导作用，具有广泛的应用前景。“地质学研究要进行战略性的调整，既要研究国内的优势矿种，也要研究中国周边国家资源的供给能力”（温家宝，2006），因此深化中亚成矿域的研究，引导矿产勘查开发，为国家资源安全体系的构建和“用好两种资源”提供科学依据，本项目的成果包括大量哈萨克斯坦地质、矿产研究的最新成果，可为企业境外风险勘查提供最新科学依据，具有十分广泛的应用前景。

三、推广转化方式

成果推广转化方式主要有：①编制成果报告汇交到全国地质资料馆等相关部门，供社会相关部门和人员使用；②将成果编制成专著“杨富全，刘德权，赵财胜，柴凤梅，何国琦，唐延龄，肖克炎，刘亚玲，刘锋，王晓地. 2010. 中国新疆北部与西部邻区地质矿产对比研究. 北京：地质出版社，1~398”，在全国发行，推广本成果；③部分专著免费送新疆地勘单位、矿山企业、管理部门，长期在新疆及中亚地区从事研究的科研部门和院校，供他们在地质矿产勘查工作部署、科学研究、地质找矿勘查中应用本成果；④将本成果写成学术论文在中文核心期刊、国内 SCI 检索期刊和国际 SCI 检索期刊上发表，进行交流和推广；⑤参加全国性地质学术会议，在会议上进行成果交流和推广。

技术依托单位：中国地质科学院矿产资源研究所

联系人：孙文泓

通讯地址：北京市西城区百万庄大街 26 号

邮政编码：100037

联系电话：01068999027

电子邮件：sunwh@263.net

阿尔泰火山岩型大型铁矿床找矿靶区预测和评价技术与应用研究

一、内容概述

1. 成果简介

“阿尔泰火山岩型大型铁矿床找矿靶区预测和评价技术与应用研究”专题（编号：2006BA B07B02 -01）是“十一五”科技支撑项目“新疆大型矿集区预测与勘查关键技术研究”项目第二课题（大型火山岩型铁铜金铅锌矿床预测和靶区评价技术与应用研究）的第一专题。承担单位：中国地质科学院矿产资源研究所，主要参加单位有新疆大学、新疆有色地质勘查局 706 地质队 and 新疆地质矿产勘查开发局第四地质大队。报告编写人：杨富全，刘锋，柴凤梅，郭正林，郭旭吉，张志欣，黄承科，刘国仁，周刚，秦纪华，耿新霞，吕书君，姜丽萍。研究范围为新疆阿尔泰山，北西到中国与哈萨克斯坦边界，北东到中国与蒙古边界，南西到额尔齐斯河一带。取得主要成果：

（1）对阿尔泰南缘铁泥盆纪火山岩进行了详细的年代学和岩石地球化学研究，对火山作用的物质来源、构造环境和成矿作用进行了深入探讨，为成矿预测提供了新的基础地质依据。

（2）提出康布铁堡组火山岩与阿勒泰镇组火山岩形成的地球动力学背景相似，均为活动大陆边缘岩浆弧环境，阿勒泰镇组火山岩具有由弧向弧后演化的初级阶段特征，岩浆活动与板块俯冲有关。

（3）将阿尔泰火山岩型铁矿划分为四期（早泥盆世 410 ~ 386 Ma，中泥盆世 380 ~ 377 Ma，早二叠世，287 ~ 274 Ma 和早三叠世 244 Ma）、六种成因类型（火山岩型、矽卡岩型、伟晶岩型、与花岗岩有关的热液型、与基性岩体有关的钒钛磁铁矿型和砂矿 6 种类型，认为早泥盆世、中泥盆世为主要成矿期，指出火山岩型和（类）矽卡岩型是主要成矿类型和找矿勘查的重点。

（4）对蒙库等 6 个重点矿床的成矿背景、矿床特征、成矿流体、成矿物质来源和矿床成因等进行了系统研究，建立了阿尔泰铁矿区域成矿模式、找矿模型和勘查方法技术组合。

（5）编制了 1:50 万新疆阿尔泰山地质及铁矿分布图、1:10 万新疆阿尔泰铁矿成矿规律与预测图。

（6）圈定蒙库-可可塔勒大型矿集区 1 处，提交找矿靶区 4 处，大、中型勘查评价基地各 1 处，提交预测铁矿石资源量 6197 万 t。

2. 基本原理

以板块构造理论、大陆造山带动力学演化理论、火山盆地流体系统的演化、火山岩型

铁矿、VMS 型（火山岩容矿的块状硫化物型矿床）成岩成矿新理论为指导；以近年来的地调和矿产勘查成果为依托；遵循野外地质调查和室内综合研究相结合、典型矿床研究与区域地质构造背景分析相结合的原则；综合运用同位素示踪和测年技术、岩石探针技术和流体包裹体技术等对典型矿床、含矿火山岩系进行系统的综合研究；查明成矿特征、成矿条件和关键控矿因素，总结成矿规律和找矿标志，建立成矿模式和找矿模型，为靶区预测和评价提供理论依据。采用国内外找矿及矿产预测评价的新理论、新技术和新方法发掘致矿信息，实现大型铁矿床找矿的新突破。在阿尔泰重点研究区利用 Aster、ETM⁺ 等多光谱遥感数据提取遥感蚀变找矿信息，选择重点地段进行地质、遥感信息、重力、航磁、化探异常的集成、综合找矿信息挖掘与筛选。对重点找矿靶位进行快速评价，力争实现找矿新突破。

3. 技术特点

通过对火山盆地形成的构造背景、盆地演化和火山（次火山）—流体系统的演化过程研究，探讨流体系统演化对铁成矿元素富集的制约。阿尔泰南缘乔夏哈拉—蒙库—阿巴宫一带的赋存于火山岩系中的铁矿具有明显层状和似层状特征，但是同时发育有矽卡岩矿物组合，查明矽卡岩化在成矿过程中的作用，矽卡岩的形成机制及其与铁成矿的耦合关系不仅关系到正确认识矿床类型，建立矿床模式，同时也是取得区域找矿突破的关键之一。高精度、高分辨率蚀变遥感信息识别与提取是一种找矿新技术，利用这种技术寻找铁矿在国内并不多见。在 GIS 系统下实现地、物、化、遥综合快速、定量化找矿预测方法上的突破，建立阿尔泰铁矿勘查方法技术组合，将有力推动新疆的找矿实现重大突破。在磁法弱异常提取基础上，利用高精度重力和 CSAMT 测量等技术方法组合，在已知矿床外围及深部进行隐伏矿床预测。

4. 技术指标

①总结阿尔泰南缘铁矿成矿规律；②建立铁矿床的成矿模式和找矿模型，开展已知矿床外围和深部评价研究，扩大资源量；③建立适合阿尔泰南缘半干旱山地景观条件下的铁矿有效的物探、化探、遥感等勘查方法技术组合；④圈定大型矿集区 1 处，提交找矿靶区 2~3 处、大中型矿床勘查评价基地 1 处；提交铁矿资源量 5000 万 t。

二、应用范围及应用实例

成果应用范围包括地质矿产勘查、科研、教育、矿产开发和管理部门人员使用。

已推广应用情况及效果：通过对阿尔泰成矿背景、含矿火山岩系及成矿规律的研究，提出在克兰盆地铁米尔特一带有形成火山岩型铁矿的成矿潜力，引进了新疆宏泰矿业有限公司资金进行商业地质勘查，专题参加单位新疆有色地质勘查局七〇六队对托莫尔特一带布置了地面磁法测量，利用钻探工作发现了 3 个矿体。同时专题组加大了含矿火山岩系、矿体特征、围岩蚀变、成矿作用和矿床模型的系统研究，提出该矿的成因类型为火山沉积型铁矿。提出矿体稳定、延深大，深部找矿潜力巨大，为托莫尔特矿区普查、详查提供了依据。同时利用自治区深部找矿项目布置了钻孔，发现了矿体继续向深部延深。通过详查工作，在托莫尔特铁矿共求获资源量铁矿石 5057 万 t，达到大型矿床规模，为新疆宏泰矿业有限公司开发托莫尔特铁矿提供了资源保障，通过矿山的开发也将给企业带来巨大的经济效益，同时也将为阿勒泰市带来好社会效益。通过麦兹盆地成矿背景、蒙库铁矿、乌吐

布拉克铁矿的解剖、成矿规律总结、已有航磁及地面磁法测量分析和对比，认为乌吐布拉克矿区南侧的低缓异常是由隐伏矿体引起的。参加单位新疆地质矿产勘查开发局第四地质队申请自治区深部找矿资金，布置了 4 个钻孔，在深部发现了隐伏矿体，扩大了资源量，给矿山带来了巨大经济效益。

5. 应用前景及市场预期

新疆阿尔泰是我国确定的十六个重点成矿区带之一，成矿条件优越，近年来相关部门加大了阿尔泰成矿带的找矿投入力度，本成果对重要成矿带的找矿勘查工作可以起到指导作用，具有十分广泛的应用前景。

三、推广转化方式

成果推广转化方式主要有：①编制成果报告汇交到国家 305 项目办公室，供社会相关部门和人员使用；②将成果编制成专著“杨富全，刘锋，柴凤梅，郭正林，郭旭吉，张志欣，刘国仁，周刚，黄承科，秦纪华，耿新霞，吕书君，姜丽萍，等. 2011. 中国新疆阿尔泰铁矿床. 北京地质出版社”在全国发行，推广本成果；③部分专著免费送新疆地勘单位、矿山企业、管理部门，长期在新疆从事研究的科研部门和院校，供他们在地质矿产勘查工作部署、科学研究、地质找矿勘查中应用本成果；④将本成果写成学术论文在中文核心期刊、国内 SCI 检索期刊和国际 SCI 检索期刊上发表，进行交流和推广。已发表学术论文 37 篇，其中 SCI 检索 10 篇（其中国外 SCI 3 篇）、SCI 检索的论文摘要 6 篇、核心期刊 19 篇和其他刊物 2 篇；⑤参加地质学术会议或培训班，在会议上进行成果交流和推广。

技术依托单位：中国地质科学院矿产资源研究所

联系人：孙文泓

通讯地址：北京市西城区百万庄大街 26 号

邮政编码：100037

联系电话：01068999027

电子邮件：sunwh@ 263. net

西准噶尔成矿带构造体系特征及其对成矿作用的控制

一、内容概述

西准噶尔成矿带是中亚成矿域巴尔喀什成矿带的东延部分，目前已发现有包古图斑岩型铜矿床、哈图金矿床、萨尔托海铬铁矿床和杨庄铍矿床等大型超大型矿床，是中亚成矿域内重要的成矿远景区。北东向达拉布特断裂、玛依勒断裂、巴尔鲁克断裂等以及所夹的构造地块，构成了西准噶尔“多字”型构造体系（简称“西准系”），是控制西准噶尔成矿带铜-金-钼-铬等矿产的形成与分布的成矿构造体系。西准系控制了西准噶尔成矿带和成矿亚带的分布，低级别北东向断裂构造，以及环状旋转构造、入字型构造、帚状构造等低序次构造体系，控制了矿田和矿床的形成与产出。其中，主要金矿床的产出可能受北东向次级张扭性断裂（如安齐断裂和别鲁阿孜西断裂）的控制，主要的斑岩型铜矿床和伴生金矿床的产出可能受次级帚状构造体系的控制，主要铬铁矿床的产出可能受次级入字型构造体系的控制。西准噶尔成矿带具有重大找矿前景，有可能成为与巴尔喀什成矿带相媲美的斑岩铜-钼-金成矿带。根据断裂构造体系特征的综合分析，该成果提出走滑断层相关褶皱构造模型，并指出西准噶尔成矿带斑岩型铜矿床等的几个重要找矿远景区和找矿方向。

二、应用范围及应用实例

1. 西准噶尔成矿带有利成矿区带与成矿预测

根据构造-岩浆-成矿作用的总体特征，可以在西准噶尔成矿带划分出若干个成矿有利区带（部分可称为矿集区）：①包古图铜钼金成矿有利区（矿集区），包含有包古图大型斑岩铜矿；②哈图-萨尔托海金铬铜镍成矿有利区（矿集区），包含有哈图大型金矿和萨尔托海大型铬铁矿；③加曼铜钼成矿有利区，包含有加曼铜矿和苏云河钼矿；④杨庄铍铀铜成矿有利区，包含有杨庄特大型铍矿；⑤喀腊巴斯套金铜成矿有利区。

由于经受西准系“多字”型构造体系构造动力学环境的控制作用，西准噶尔成矿带斑岩型铜矿床的分带性将具有一定的规律性：几条大型的左行走滑断裂带之间，成矿动力学环境相似，而流体运移的方向相反。因此，根据包古图铜金成矿有利区（矿集区）大型岩体-斑岩铜矿（小岩体）-金矿及其与断裂分布之间的空间关系，推测几个成矿有利区带内可能的成矿远景区和找矿方向如下。

（1）斑岩铜矿成矿远景区与找矿方向。首先是包古图铜钼金成矿远景区，除了现有的包古图大型斑岩铜钼矿床之外，另外几个小岩体也有成矿的可能性。其次，根据包古图地区斑岩铜矿、金矿床和断裂构造体系的空间配置关系，包古图地区的铜-金矿化富集区

(矿集区), 应该与达拉布特断裂北西侧的哈图-萨尔托海金-铬矿集区相对应。在哈图-萨尔托海金铬铜镍成矿有利区(矿集区)内, 预测斑岩铜矿的产出有两种可能, 一种是, 如果假定其成矿流体运移势的量级与包古图矿集区相仿, 根据构造动力条件估计, 斑岩铜矿将可能产出在大致与宝贝金矿相当的部位; 另一种预测是, 假定其成矿流体运移势弱于包古图矿集区, 斑岩铜矿将可能产出在离岩体较近的位置。在加曼铜钼成矿有利区, 目前已经被发现的钼矿和铜矿均为中小型, 是大型斑岩铜钼矿床产出的远景区。在杨庄铍铀铜成矿有利区, 目前已有与碱性次火山岩岩体有关的杨庄特大型铍矿, 周围铜矿化的发育也非常显著, 是一个重要的铜成矿远景区。另外, 在喀腊巴斯套金铜成矿有利区, 虽然目前还没有成型铜、金矿床的发现, 但是, 由于其处在三个花岗岩体之间, 帚状构造发育, 可能也是西准噶尔的一个斑岩型铜金成矿远景区。

(2) 矽卡岩型矿床找矿方向。与哈萨克斯坦环巴尔喀什成矿带相对比, 西准噶尔成矿带唯一不足的条件是碳酸盐岩类岩石不发育, 妨碍了矽卡岩型铜矿床的形成, 目前还没有该类矿床的发现实例。尽管如此, 在西准噶尔成矿带的局部地区也有一些石炭系碳酸盐岩类沉积-变质岩石的产出, 可作为矽卡岩型铜矿床的找矿远景区。

(3) 云英岩-石英脉型钨-钼矿床找矿方向。中亚成矿域巴尔喀什成矿带斑岩成矿系统中的斑岩型(铜-钼-金)矿床与石英脉-云英岩型钨-钼矿床的紧密伴生关系及其形成的成矿系列, 可以作为西准噶尔成矿带石英脉-云英岩型钨-钼矿床的找矿参考。在西准噶尔成矿带的巴尔鲁克山地区, 也存在斑岩铜矿-石英脉云英岩型钨钼矿对, 即加曼铜钼成矿有利区的加曼铜矿-苏云河钼矿矿床对, 反映了巴尔喀什成矿带与西准噶尔成矿带的可对比性, 也指示了后者具有非常大的石英脉-云英岩型钨-钼矿床找矿前景。

三、推广转化方式

发表文章: 陈宣华, 杨农, 叶宝莹, 王志宏, 陈正乐. 2011. 中亚成矿域多核成矿系统西准噶尔成矿带构造体系特征及其对成矿作用的控制. 大地构造与成矿学, 35 (3): 325 ~ 338.

技术依托单位: 中国地质科学院

联系人: 陈宣华

通讯地址: 北京市西城区百万庄大街 26 号

邮政编码: 100037

联系电话: 010-68999902

电子邮件: xhchen@cags.ac.cn

天山铜矿带找矿靶区优选

一、内容概述

“天山铜矿带找矿靶区优选”是一项目遥感技术应用范畴的成果，主要是在东天山-北山地区荒漠戈壁区利用多光谱遥感数据通过建立遥感找矿模型提取遥感蚀变遥感异常来实现荒漠戈壁景观区以遥感找矿异常为主导多元信息综合找矿突破的一项技术及其应用。成果是在成矿系列理论与找矿预测理论指导下，以东天山-北山地区铜矿成矿地质背景为基础，对土屋斑岩型铜矿床、黄山东镁铁-超镁铁岩型铜镍矿床、小热泉子海相火山块状硫化物铜矿床、维权砂卡岩型铜矿床与沙泉子铅锌矿等进行典型矿床研究，并使用便携式短波红外矿物分析仪（PIMA）测试分析黄山东、罗东-坡十、土屋-延东、沙泉子矿区样品的波谱测，确定矿区样品的蚀变矿物组成及空间分布，为利用多光谱遥感数据有针对性地提取这些不同类型矿床的蚀变遥感异常信息奠定了基础；进行典型矿床的遥感找矿信息提取研究，确立不同类型矿床的遥感找矿标志，在东天山-北山地区建立了斑岩铜矿、砂卡岩型铅锌矿和镁铁-超镁铁岩型铜镍矿的遥感找矿模型；在东天山-北山地区 16 万 km² 的范围内，针对不同类型矿床的特点差异，应用主分量分析、比值分析、光谱角填图和阈值处理分级等技术提取蚀变遥感异常，有效地缩小了找矿靶区的范围；将地、物、化、遥感蚀变等多源信息在 GIS 平台进行综合分析，优选找矿靶区并分级，提出铜找矿靶区 10 处，铅锌找矿靶区 1 处。与新疆地质队一起实地查证，发现了铜矿化地 4 处，镍矿化地 1 处，铅锌银矿化地 1 处；在许多已知矿床（点）外围发现了新找矿线索。在荒漠戈壁景观区实现了以遥感找矿异常为主导多源信息综合的找矿突破。初步建立了荒漠景观蚀变遥感异常提取技术方法体系。

1. 主要的技术特点

- (1) 从多光谱遥感数据中提取的蚀变异常（OHA、FCA）是一种直接找矿信息；
- (2) 遥感找矿信息表现为点位信息，蚀变异常为点位、原位异常；
- (3) 遥感数据是等精度、全覆盖（无间隙）信息；
- (4) 购置遥感数据廉价，遥感找矿信息提取耗费比物探、化探工作经费相对要廉价；
- (5) 遥感找矿信息提取以波谱为依据具科学性，全程数字化处理较少主观因素，适合异常快速扫面具工程性；
- (6) 小比例尺遥感找矿信息具有宏观性，可以用于找矿工程性扫面，在成矿带优选找矿靶区；大比例尺遥感找矿信息可以在找矿靶区中给出详查的点位；
- (7) 特别适合地质工作程度低的地区以及境外的矿产资源快速评价；
- (8) 不对环境产生破坏，是一种环保的找矿技术方法。

2. 主要技术指标

- (1) 蚀变遥感异常强度等级是以异常主分量标准离差 σ 为尺度进行门限化异常分级，

划分羟基异常（OHA）和铁染异常（FCA）各三级。

（2）“去干扰异常主分量门限化技术”（Deinterfered Anomalous Principal Component Thresholding Technigue），其流程包括预处理、准归一化、信息提取、后处理和异常分级五个层次。

（3）蚀变遥感异常提取以整景多光谱遥感数据为处理单元。

（4）使得相邻景蚀变遥感异常水平具可比性及拼图色调的一致性，原始遥感数据需经准归一化处理。对原始数据做了增益、径辐射、日地距离、太阳高度角、云上太阳辐照度等五种校正，获得视反射率图像。

（5）预处理去干扰工作是通过谱特征观察，灵活选用不同的数学方法，将可能形成干扰的非目标地物经数学处理归入干扰窗，去干扰后获得基础图像；并形成掩模，尽可能地减少干扰物（水体、云、雪、冰、盐碱地、地形阴影、云影、植被等）对异常提取工作产生的影响。

（6）主分量分析改善了异常主分量的直方图，扩大了数据门限化的动态域。

（7）数据库管理利于标准化工程进展和成果的存储及传递。

（8）光谱角填图（SAM）用于异常优选和异常分类，利用光谱角填图进行异常分类的方法在后期上升为建立找矿模型的工具。

（9）当一景 TM 数据跨越不同的宏观地貌、地势或植被区域时，这些不同区域具有不同的统计规律，于是以统计为基础的主分量分析就应分区进行。

二、应用范畴及应用示例

本项成果建立的荒漠戈壁区的基于多光谱蚀变遥感异常信息提取技术方法的矿产资源快速评价模型，将蚀变遥感异常信息技术应用实践并取得了找矿突破，为今后的相关研究提供了一个比较好的基础。特别是在西天山、昆仑祁连、青藏高原等这样人迹罕见又自然条件恶劣的地方工作，均可以应用本项成果进行工作，先在室内进行遥感数据处理，以及多源元信息的综合分析，在进行野外地质调查之前可做到胸有成竹。这样不仅可以减少野外的工作量，减轻地质人员的劳动强度，还增加了地质工作的科技含量，提高找矿的效率，在境外地质资料难以获得的地区，也可以利用蚀变遥感异常提高找矿效率，于国于家都是好事。

2003 与 2004 年，专题组在新疆地矿局第六地质队的合作下，新发现了铜矿化体 4 处，铅锌银矿化体 1 处；在一些已知矿床（点）外围发现了新的找矿线索，扩大了它们的找矿前景。经新疆地矿局第六地质队已经进行了部分工程验证，证明了这一方法在找矿和矿产资源评价中是行之有效的。

3. 《天山铜矿带找矿靶区优选》的成果应用实例如下：

（1）2004 年，在罗布泊东侧直接发现铜镍矿化的罗东镁铁-超镁铁杂岩体，后经勘查评价控制了一定规模的低品位镍矿体。

（2）2003 年，在雅满苏铁矿西南发现阿其铜矿点，经立项普查评价，为一小型铜矿床。

（3）2007 ~ 2008 年，新疆第六地质大队依据《天山铜矿带找矿靶区优选》蚀变遥感异常成果，发现宏源铅锌矿点，经 2008 ~ 2009 年的普-详查工作，探求出（332）+（333）总资源量 锌 7.23 万 t、铅 3.41 万 t。

(4) 2010 年 4 月, 新疆第六地质大队依据《天山铜矿带找矿靶区优选》蚀变遥感异常图开展工作, 在三岔口东褐铁矿化蚀变花岗岩中发现金矿化线索, 在天湖铁矿以北(中天山铜镍铅锌成矿带)的碳酸盐岩地层中发现规模巨大的蚀变带和矿化镁铁-超镁铁杂岩体, 为铜镍、铅锌矿种的找矿勘查提供了重要线索。

近几年, 我们还利用 ASTER 遥感数据提取了新疆黄山东铜镍矿、蒙古国南部戈壁滩地区的欧玉陶勒盖斑岩铜矿、哈萨克斯坦的科翁腊德斑岩铜矿的蚀变信息。这些工作有效地缩小了找矿靶区的范围, 提高了找矿的概率。在荒漠景观区实现了以遥感找矿异常为主导多元信息综合的找矿突破。

该方法体系在地质研究程度低的地区以及境外找矿勘查中有广阔应用前景。

三、推广转化方式

在工作进行过程中, 积极宣传和推广利用 ETM 蚀变遥感异常信息找矿的技术方法。在新疆、云南、甘肃、中国地质大学(北京)、内蒙等相关进行了宣传推广。多次在国内外相关会议上进行了技术与找矿成果宣讲和交流。还在“全国矿产资源潜力评价技术要求培训班”上推广了“多光谱遥感异常提取技术方法”。在中国地质科学院为发展中国家举办的“矿产资源潜力评价理论、技术和应用短训班”上推广了“多道遥感找矿信息的提取技术”。

改项成果技术含量高, 技术关键点多, 掌握需要一定的时间和熟练度, 特别是在前期预处理上, 预处理的好坏直接影响着改项技术的效果。因此, 后期推广转化方式可以进行宣传报道, 人员培训, 技术入股, 现场服务等方式进行。

技术依托单位: 中国地质科学院矿产资源研究所

联系人: 杨建民

通讯地址: 北京市西城区百万庄大街 26 号

邮政编码: 100037

联系电话: 010-68999083

电子邮件: y6100@vip.sina.com

新疆北天山西段铜多金属矿找矿方向和 勘查模型研究

一、内容概述

1. 成果简介

《新疆北天山西段铜多金属矿找矿方向和勘查模型研究》(编号 1212010561603 - 3) 隶属于项目《战略性矿产资源重点勘查区找矿模型和有效技术方法研究》(1212010561603)。根据中国地质调查局下达的工作内容任务书要求,本课题属综合研究性质,工作起止年限为 2003 年 1 月至 2005 年 12 月。国家自然科学基金项目“新疆北部铜镍矿床成矿时代、成矿物质来源和形成环境示踪”(编号:40402012)和“东天山土屋-延东斑岩铜矿成矿机理研究”(编号:40573028)部分内容分别涉及区域地质构造背景和成矿地质条件综合对比,因此纳入到了该项成果中。该项成果于 2009 年度获得国土资源科学技术奖二等奖,获奖单位分别为:中国地质科学院矿产资源研究所、新疆维吾尔自治区有色地质勘查局 703 队和中国国土资源航空物探遥感中心,获奖人依次为张作衡,王志良,左国朝,王龙生,刘敏,甘甫平,王见藩,张长青。取得了以下主要成果。

(1) 从构造单元时空叠覆理念,系统地提出构造单元划分新方案:本区位于哈萨克斯坦-准噶尔板块与卡拉库姆-塔里木板块交接部位,划分出赛里木-准噶尔早古生代微板块,霍城-哈希勒根奥陶-志留纪缝合带,乌孙-阿吾拉勒早古生代微板块,长阿吾子-乌瓦门早古生代缝合带和塔里木早古生代微板块五个二级构造单元,重新厘定了西天山造山带从古、中元古代泛大陆增生与裂解阶段、新元古代-Rodinia 超大陆形成与裂解阶段、古生代-古亚洲洋形成与消亡阶段(早古生代古亚洲洋生成与演化和晚古生代古亚洲洋消亡)、中新生代-板内陆块走滑位移、盆山格局形成阶段和新生代(现今盆山格局形成)各阶段演化史。

(2) 通过对喇嘛苏铜锌矿床与矽卡岩型矿化有关的花岗岩进行了同位素测年,获得了 390.5 ± 7.7 Ma 年龄数据,将矿床的成矿作用划分为早期矽卡岩型矿化和后期斑岩型,矽卡岩型矿化是早古生代伊犁洋关闭后陆陆碰撞造山作用的产物,而后期斑岩型矿化则是早、中石炭世北天山(巴音沟)洋在俯冲消减过程中岛弧带的产物。首次提出该矿床为不同时代、不同背景下形成的斑岩-矽卡岩型复合矿床。

(3) 首次利用 SHRIMP 锆石 U-Pb 法对达巴特斑岩型铜(钼)矿区范围内与矿化关系密切的英安岩和次火山岩相中的流纹斑岩进行测年分别获得了 315.9 ± 5.9 Ma 和 278.7 ± 5.7 Ma 年龄值,对矿石中的辉钼矿的 Re-Os 同位素测年结果为 301 ± 20 Ma,结合区域

岩浆活动,认为位于别珍套-科古琴成矿带上典型斑岩铜矿形成于晚古生代石炭纪末或二叠纪早期,其成矿时的大地构造背景为板内伸展的裂谷环境,认为成矿流体具有深源浅成的特点。

(4) 通过对研究区以南哈里克套山北坡的菁布拉克铜镍硫化物矿床岩体闪长岩相中的锆石进行 SHRIMP U-Pb 测年,获得了非常谐和的 434.4 ± 6.2 Ma 年龄,表明岩体为早志留世产物,结合岩石地球化学资料和区域构造背景,认为岩体可能形成于俯冲背景,而明显不同于阿尔泰和东天山铜镍矿形成于后碰撞环境。

(5) 基于最新研究成果,探讨了研究区的铜金多金属矿床成矿作用的地球动力学背景,建立了研究区铜金矿床区域成矿动力学模型,为区内进一步找矿指出了方向。

西天山与东天山和哈萨克斯坦巴尔喀什成矿区铜金矿床成矿作用、成矿规律、成矿环境以及成矿条件,据此提出了西天山地区铜金多金属矿床的找矿方向,即:别珍套、汗吉尕、科古琴和阿吾拉勒等地区古生代中酸性岩体出露区是寻找大型—超大型斑岩-矽卡岩型铜矿床有利地段,陆相双峰式火山岩分布区具有形成陆相火山岩型铜矿的成矿条件,可能是今后寻找陆相火山岩型铜矿的潜在地区,火山块状硫化物铜多金属矿床在西天山成矿区也具找矿潜力;吐拉苏火山盆地往东至巴伦台一带金矿带的东部也应该是本成矿区寻找大、中型浅成低温热液型金矿床的有利地段;西天山北部的古生代黑色岩系出露区是西天山成矿区金矿找矿的新方向。

2. 基本原理

以板块构造和大陆造山带动力学演化理论为指导,在全面收集研究区内已有的各种成果资料的基础上,选择有代表性的矿床和有关岩石进行精确测年及岩石源区示踪研究和系统的岩石矿物学研究,初步查明新疆北天山西段构造活动带的演化机制及与铜多金属矿的成矿关系;研究矿床分布规律,厘定矿床形成过程和成矿环境,建立区域成矿地球动力学模型;通过解剖典型矿床,建立区域成矿模式,结合地物化遥等资料,建立研究区不同尺度的找矿勘查模式,提出矿床预测预测,总结区内铜多金属找矿标志;与中亚哈萨克斯坦巴尔喀什斑岩铜矿带和我国东天山铜矿带进行对比,提出适合本区的找矿方向和勘查模型,为新疆西天山及邻区找矿评价提供科学依据和指导。

3. 技术特点

全面系统地收集研究区的区域地质构造、深部地球物理、岩浆岩、地层学、矿物学、区域物化探、遥感资料和矿床地质资料,建立各类信息数据库,在已有图件的基础上,编制相关数字化图件。开展 Ar-Ar (Rb-Sr 或 SHRIMP) 法岩石和运用 Re-Os 或 Ar-Ar 法矿石的直接定年,利用特征性元素和 Sr-Nd 方法测定岩石源区和查明壳幔相互作用过程对巨量元素堆积的制约。在收集和消化以往资料的基础上,开展少量关键工作,提出成矿环境、地球动力学成矿模型和找矿方向。开展精确的室内岩、矿石、矿物化验分析(化学分析、电子探针和稀土元素等)、流体包裹体分析(温压、盐度和成分等)和稳定同位素分析(C、H、O 和 S 等)。通过这些分析,建立水-岩反应模式,追踪成矿物质来源,探讨成矿机制,建立成矿模型。充分收集以往的地质、物化探和遥感资料,在重点地段开展 1:50 万 ETM 遥感填图和相应的地质路线调查,提出研究区铜多金属矿的中尺度

勘查模型和找矿准则，确定一系列找矿评价靶区。为使本研究取得高水平的研究成果和达到找矿预测的突破，将与国内外相关科研组和专家进行必要的交流与合作。

4. 技术指标

新疆北天山西段铜多金属矿产资源数据库基本框架；编制研究区重点成矿区段1:20万数字化成矿规律图（库）；完成研究区内重点区带1:50万遥感数据解译和部分地区1:20万和1:10万矿化蚀变图；建立铜多金属矿床成矿模式；建立一套适合新疆北天山西段的找矿方法、找矿标志和成矿预测准则；在重点地段开展不同比例尺ETM遥感填图和相应的地质路线调查，确定一系列找矿评价靶区；提交研究报告一份，发表科学论文3~5篇。

二、应用范围及应用实例

成果应用范围包括地质矿产勘查、科研、教育、矿产开发和管理部门人员使用。

本项目的研究成果对新疆地质矿产勘查开发局和新疆有色地质勘查局在西天山地区近几年的基础地质工作部署和铜金多金属勘查部署起到了指导意义，提出的找矿靶区为新疆“358”项目在西天山阿吾拉勒地区铁铜铅锌金镍找矿远景区和重要金属矿产评价项目的部署安排提供了依据，在本项研究成果的指导下，在西天山地区发现了五口铜矿等一系列小型矿床或矿点。新的年龄数据和所建模型和总结的成矿规律新认识，对深入开展新疆矿产资源潜力评价产生了重要的指导意义。项目执行以来已经在国内外刊物上发表学术论文15篇，出版专著1部。项目成果被同行多次引用和借鉴，根据不完全统计，受该项研究资助发表的学术论文和论著在SCI中被引用31次；在CNKI系列数据库中被引用32次，一些论文产生了很大反响，其中2004年发表于《地质学报》中文版的“西天山古生代铜金多金属矿床类型、特征及其成矿地球动力学演化”一文获中国科协第三届优秀期刊论文奖。

应用前景及市场预期：天山位于我国确定的十六个重点成矿区带内，成矿条件优越，有大批矿化异常和找矿线索，近年来的找矿突破，表明天山地区具良好的找矿前景。位于新疆西天山的阿吾拉勒成矿带，近年来在铁矿找矿勘查方面取得了重大突破，本成果区域成矿地质构造演化和成矿环境研究等内容将对重要成矿带的找矿勘查工作可以起到指导作用，具有广泛的应用前景。本项目的成果包括西天山与东天山和哈萨克斯坦巴尔喀什成矿区铜金矿床成矿作用、成矿规律、成矿环境以及成矿条件的对比研究，据此提出的西天山地区铜金多金属矿床的找矿方向将为该区进一步找矿工作的部署产生持续的借鉴作用。

三、推广转化方式

成果推广转化方式主要有：①编制成果报告汇交到全国地质资料馆等相关部门，供社会相关部门和人员使用；②将成果主要内容以专著“新疆西天山地质构造演化及铜金多金属矿床时空分布规律和成矿环境”（张作衡，王志良，左国朝，王龙生，刘敏，甘甫平，王见藩，张长青著）2008年在地质出版社出版，全国发行，推广本成果；③

部分专著免费送新疆地勘单位、矿山企业、管理部门，长期在新疆及中亚地区从事研究的科研部门和院校，供他们在地质矿产勘查工作部署、科学研究、地质找矿勘查中应用本成果；④将本成果写成学术论文在中文核心期刊、国内 SCI 检索期刊和国际 SCI 检索期刊上发表，进行交流和推广；⑤参加全国性地质学术会议，在会议上进行成果交流和推广。

技术依托单位：中国地质科学院矿产资源研究所

联 系 人：孙文泓

通讯地址：北京市西城区百万庄大街 26 号

邮政编码：100037

联系电话：010－68999027

电子邮件：sunwh@263.net

新疆哈密市夹白山一带

1: 5 万区域地质矿产调查

一、内容概述

项目在调查区雅满苏深大断裂以北地区划分出有化石依据的下石炭统苦水组地层；依据同位素年龄将调查区内侵入岩确定为二叠纪，初步认为早二叠世混源序列百灵山岩体和晚二叠世混源序列红柳沟岩体为区内银、铜、铅、锌多金属矿的形成提供了热液来源和部分物质来源。

运用板块理论，进一步划分并厘定了调查区的构造格架，首次在调查区阿奇山－雅满苏岛弧（V）与秋格明塔什－黄山石炭纪海沟俯冲杂岩带（V）偏岛弧一侧的大陆斜坡－海沟部位划分出夹白山陆架边缘楔。

以活动论、板块构造理论、成矿系列理论和地、物、化、遥综合信息分析预测为指导，以野外路线观察、查明与成矿有关的基础地质问题为前提，总结区域成矿规律为依据，新技术、新方法应用为手段，以提高“调查效益”为目标开展工作；在1: 5 万区域地质矿产调查中采用“3S”技术开展数字化填图工作，利用美国陆地卫星 LANDSAT-7 ETM+ 数据提取地质矿产信息，提高了地质工作的效益与质量；在成矿规律和成矿带划分上紧密的与大地构造单元的划分结合起来，在觉罗塔格成矿带（Ⅲ级）次级成矿亚带的划分上，紧紧围绕四级构造单元的划分，结合本区实际进一步划分出了三个四级成矿单元。

项目组已完成1: 5 万区域地质填图面积1520km²，1: 5000 地质剖面142. 484km，1: 1 万地质地球化学剖面20. 03km，1: 1 万激电、磁法剖面20. 03km，槽探2601. 82km³，各类样品6773 件。新发现有进一步工作价值的金矿产地2 处，铜矿产地1 处，铅锌多金属矿产地2 处。新发现的红柳沟富铅矿、黄尖包富金矿点和白山锰矿点已开发利用，对促进新疆地矿局第一地质大队和吐鲁番地区地方经济发展有现实意义。

二、应用范围

科学研究、技术服务和地质勘查业

三、推广转化方式

转化方式：合作开发

技术依托单位：新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局第一地质大队

联系人：胡建明

通讯地址：新疆善鄯县连木沁镇

邮政编码：838204

联系电话：0995－833058

电子邮件：1DBGS@XJDK.NET

新疆西天山及昆仑-阿尔金地区三大成矿 远景区铁矿勘查评价研究

一、内容概述

矿产资源安全涉及国家的核心利益。我国矿产资源形势严峻，石油、铁、铜等大宗矿产严重依赖进口，国家付出巨大经济、外交、政治和军事代价。加快新疆铁矿资源勘查，寻找我国铁矿战略接续基地，对保障我国经济安全意义重大，刻不容缓。

新疆成矿地质条件独特，资源潜力巨大，是我国矿产资源的战略接替区。但探明的资源量少、大型矿产地少。新疆尤其是西天山、昆仑-阿尔金等中高山区自然条件恶劣，山高、谷深、高寒、缺氧，地质工作程度低，常规勘查技术难以奏效，资源潜力不清。

2004 年以来，新疆地矿局加强了新疆铁矿区域成矿规律研究、找矿远景区优选和勘查评价，重点开展了西天山阿吾拉勒、西昆仑塔什库尔干、阿尔金迪木那里克铁矿远景区区域成矿规律研究、航空磁测、遥感解译和矿床勘查评价。八年来开展工作项目 28 个，项目资金 3.1 亿元，在区域成矿规律研究、新疆富铁矿成矿新理论及主攻类型的成矿模式、勘查技术方法、勘查机制取得重大创新，实现了铁矿勘查“三大突破”：新发现和评价了 8 处大型矿床（其中两个是大型富铁矿床）和 4 处中型矿床；新探获铁矿石资源储量 20.255 亿 t；新提供了 3 处大型的铁矿资源开发基地。为国家提供了新的大型铁矿资源接替基地。

(1) 科学预测、勘查确立了阿吾拉勒晚古生代海相火山岩型铁矿远景区，总结了阿吾拉勒火山岩型铁矿成矿规律并建立了区域成矿模式和阿吾拉勒上叠裂谷火山岩型富铁矿床成矿模式，经勘查评价将备战、查岗诺尔铁矿从小型扩大为大型和特大型，新发现了智博、敦德、松湖、雾岭等大中型铁矿（图 1）。

(2) 科学预测、勘查确立了塔什库尔干元古代沉积变质型铁矿远景区，总结了塔什库尔干元古代沉积变质型铁矿成矿规律并建立了区域成矿模式、塔什库尔干沉积变质-热液加富型铁矿床成矿模式和海相沉积-热液加富型铁矿床成矿模式，经勘查评价新发现了赞坎、莫喀尔、乔普卡、叶里克、塔喀尔等大中型铁矿，将契列克其铁矿从中型扩大为大型（图 2）。

(3) 科学预测、勘查确立了迪木那里克早古生代沉积变质型铁矿远景区，总结了迪木那里克早古生代沉积变质型铁矿成矿规律并建立了成矿模式，经勘查评价将迪木那里克铁矿点扩大为大型铁矿，并相继发现和肃、玉岭两个中型以上的铁矿（图 2）。

(4) 对阿吾拉勒、塔什库尔干、迪木那里克三大铁矿成矿远景区，创新开展了高寒深切割地区 1:5 万航空磁测和多光谱、高光谱遥感解译，进一步确定了铁矿找矿靶区。通过异常查证，新发现铁矿 20 余个。尤其建立了“空地一体化快速勘查机制”（物探与地质的结合、航空物探与地面物探的结合、综合研究与快速查证的结合），组建异常查证快速

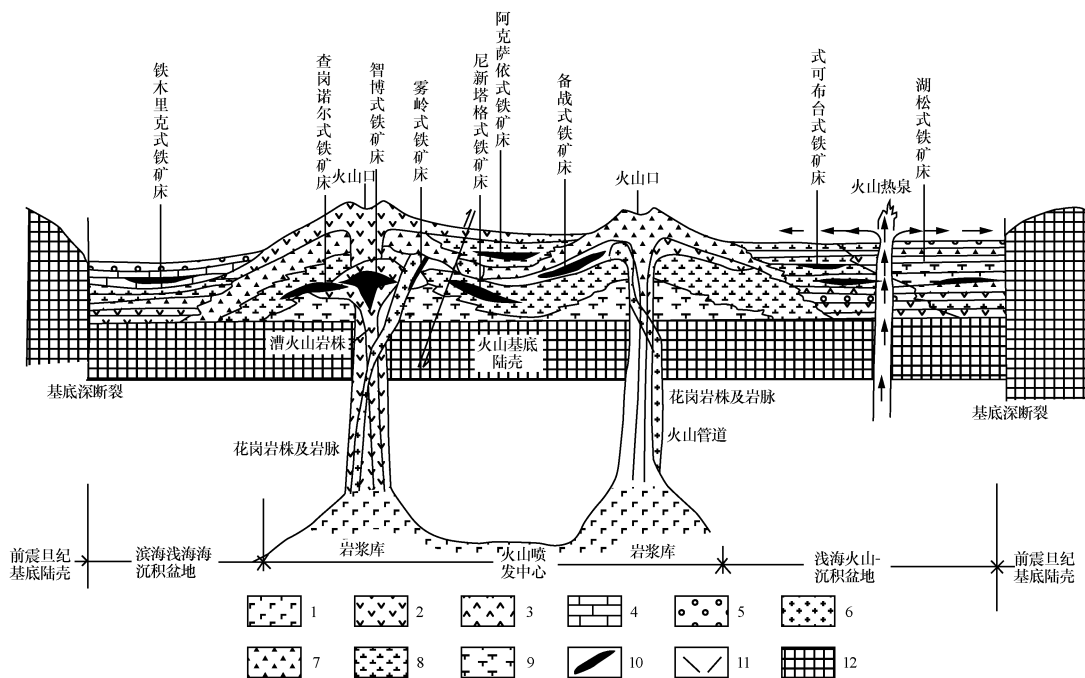


图1 阿吾拉勒铁矿带区域成矿模式图

1—碱玄武岩岩浆库；2—中基性熔岩；3—英安质火山灰凝灰岩、凝灰质砂岩；4—灰岩；5—砂砾岩；6—侵入的花岗岩体；7—火山角砾岩、集块岩；8—砂卡岩化凝灰岩；9—霏细岩；10—铁矿体；11—环行及放射状断裂；12—前震旦纪基底陆壳

小分队和相关地勘单位异常查证，连续实现了当年飞行、当年查证、当年见矿“三当年”突出的铁矿找矿效果。

(5) 创建了“地质填图、磁法覆盖、工程控制（验证）、井中三分量磁测、X 荧光快速分析”一套先进的铁矿高效快速勘查技术，对查岗诺尔、备战、智博、敦德、赞坎、叶里克、莫喀尔、契列克齐、迪木那里克等铁矿开展深部及外围勘查评价，实现了铁矿勘查大型矿床、新探获铁矿石资源储量和大型铁矿资源开发基地“三大突破”，大幅度提高了新疆铁矿石资源储量。

二、应用范围及应用实例

1. 阿吾拉勒敦德铁矿的发现

八钢国贸金属材料有限责任公司利用 2007 年实施的“新疆西天山地区新源县塔勒德—和静县乌拉斯台一带 1:5 万航空磁测”阶段性成果，按照火山岩型铁矿成矿理论和勘察技术方法组合，对 C-2007-374 异常采用地面磁法、槽探、钻探等进行查证和勘查评价，发现了敦德大型铁锌矿，探获资源量铁矿石 1.02 亿 t，锌资源量 100 万 t 以上。

2. 塔什库尔干莫卡尔、叶里克铁矿的发现

新疆地矿局第二地质大队利用 2008 年实施的“新疆塔什库尔干县赞坎—苏巴什一带

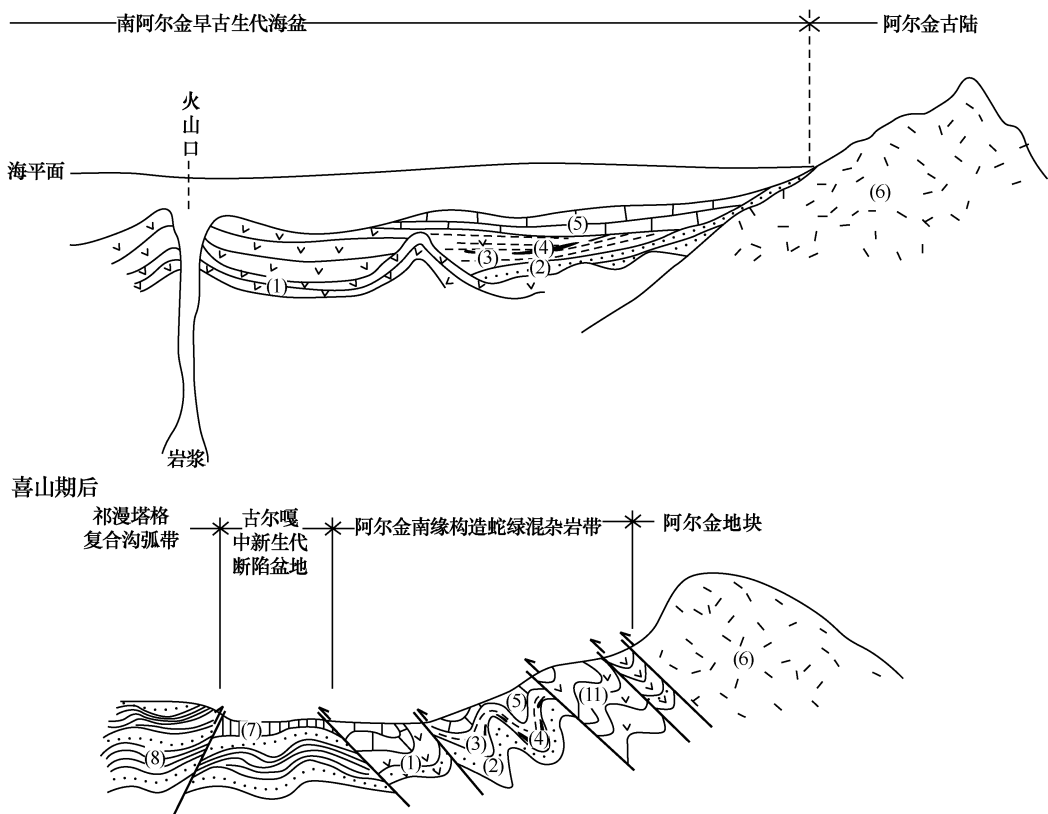


图2 迪木那里克铁矿床成因模式图

1—中基性火山-火山碎屑岩建造；2—砂岩建造；3—粉砂-泥岩建造；4—铁矿体；5—碳酸盐建造；
6—元古代基底；7—侏罗系含煤建造；8—奥陶纪碎屑-火山碎屑岩建造、复理石建造

1:5 万航空磁测”阶段性成果，按照沉积变质型铁矿成矿理论和勘察技术方法组合，对航磁异常进行查证，先后发现莫卡尔、叶里克、塔喀尔等大中型铁矿，快速促进塔什库尔干铁矿带成为新疆最重要的铁矿带。

三、推广转化方式

- (1) 出版专著；
- (2) 利用研究成果，采取整装勘查的方式对新疆三大重要铁矿带实施整装勘查。

技术依托单位：新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局

联系人：张维洲

通讯地址：新疆乌鲁木齐市克拉玛依西路2号新疆地矿局

邮政编码：830000

联系电话：4856352

电子邮件：xjzwz@yahoo.cn

新疆-青海东昆仑成矿带成矿规律和找矿方向综合研究

一、内容概述

基础地质方面：重新建立了东昆仑地球动力学演化模式，提出了该区经历了典型的边缘造山过程而非多旋回的洋-陆开合转化的新认识；确定了东昆南万宝沟群玄武岩为大洋玄武岩高原拼贴残余；提出了东经 91°附近存在有规模较大的南北向构造带的新认识；首次在区内两个矿区含矿岩系中发现了早-中期留世泡沫珊瑚化石，改变了以往青海东昆仑地区无志留系地层的认识，进而确定了该区的地层时代和归属；提出了东昆仑西段新生代“盆”、“岭”构造格局的新认识。

区域成矿规律方面：明确提出印支期是东昆仑地区最重要的成矿期；确定东昆南成矿带是东昆仑地区最具潜力的成矿带，其次是东昆北和阿尼玛卿-巴颜喀拉成矿带，东昆中成矿带最差；明确了区内的主攻矿种和主攻矿床类型；提出并建立了东昆仑钴矿成矿系列；划分了 28 个四级成矿带和 61 个成矿远景区，且分级排序。

典型矿床方面：确定肯德克可矿床为一热水喷流沉积-多期热液叠加改造的复成因叠生型矿床；白干湖矿床为一高温岩浆热液钨锡矿床，既非云英岩型、也非矽卡岩型，而受断裂构造和围岩岩性控制；大场矿床为具有层控性（三叠系巴颜喀拉群）特征、受断裂构造和隐伏岩浆活动控制的浅成、中成之间的过渡造山型金矿，具有重大的找矿潜力；驼路沟钴矿床是一热水喷流沉积成矿基础上，经后期强烈变形改造的热水沉积-变形改造钴矿床，强烈的构造置换作用，使矿层具有“似层非层、似脉非脉”的特点，并建立了该矿床含矿层的三维空间定位模型；风火山铜矿区存在生物化学沉积和热液脉型两类铜矿化，区内所圈定的较富的铜矿体是在同生沉积铜矿基础上经次生氧化富集作用形成；发现了菜园子铜钴矿化点和属于高硫化型浅成低温热液作用形成的五龙沟石英叶腊石化蚀变带等。

空间数据库建设：按中国地质调查局的统一要求，建立和完善了 1/50 万东昆仑空间数据库，包括地理底图数据库、地质图数据库、矿产地数据库、化探数据库、重力数据库以及工作程度数据库。

二、应用范围

科学研究、技术服务和地质勘查业

三、推广转化方式

技术依托单位：吉林大学地质调查研究院

联 系 人：吴景平

通讯地址：吉林省长春市朝阳区西民主大街六号

邮政编码：130026

联系电话：13514466757

电子邮件：ddy@jlu.edu.cn

蒙-甘-新相邻（北山）地区综合找矿预测与评价

一、内容概述

1. 成果简介

“蒙-甘-新相邻（北山）地区综合找矿预测与评价”（项目编号：k1.3.32）是新一轮国土资源大调查首批实施的示范性综合找矿评价项目之一，属于应用基础研究领域。

该项目采用现代成矿学最新理论和采用找矿学最新技术方法，通过对内蒙古-甘肃-新疆相邻地区（北山地区）区域地壳变质作用、岩浆活动和构造运动以及金属元素活化、迁移、聚集和成矿作用进行深入细致的研究，探讨了古大陆板块造山过程，厘定了各大构造单元的边界；首次较为全面和系统地阐明了北山地区大地构造演化、岩浆活动与贵重和有色金属矿床成矿作用的关系；查明了金属矿床成矿地质条件和时空分布特点；总结了本区成矿规律与找矿标志；划分了成矿区带、矿田和找矿预查区；建立了区内典型贵重和有色金属矿床的成矿模式与找矿模型，并最终指出普查找矿方向，进行金属矿床的定位预测；发现和圈定了一批具有良好找矿潜力的铜和金矿预查区，并提交有一批可供进行找矿勘查的后备基地。

总之，上述各项科研成果的取得，极大地提高了我国西北地区矿产地质科学研究水平，填补了我国西北关键地区矿产资源评价空白，为我国增加了一个新的战略远景找矿区，并为当地国民经济和社会进步提供了重要技术支撑。

2. 创新点

采用矿产地质科学最新理论和找矿勘查最新技术方法，对内蒙古-甘肃-新疆三省区交界地域范围内分布的各类金属矿床的产出环境、分布规律和形成机理进行了全方位和多学科的综合研究，填补了我国西北关键地区综合性矿产地质调查空白，主要创新成果表现在以下三个方面：

（1）首次在中元古代造山带内发现中元古代陆壳残片，为重新认识西北地区地壳演化历史提供了科学依据；

（2）首次发现国内首例斑岩型铜-金矿床，并且提出了创新性成矿理论，提高了本区地质科学研究水平；

（3）率先实现斑岩型铜矿床找矿勘查新突破，使本区成为我国紧缺矿产战略性找矿勘查接替基地。

总之，本项科研成果对于极大地提高西北地区矿产地质科学研究水平，推动我国紧缺矿产找矿勘查工作的深入进行，加快“沙尘暴源区”环境治理步伐，促进当地国民经济和社会发展均具有重要理论和现实意义，真正实现了“科学为国民经济建设服务”这一国

家目标。

3. 总体研究思路

采用现代成矿学最新理论和找矿学最新技术方法,阐明蒙-甘-新相邻(北山)地区大地构造演化、岩浆活动与贵重和有色金属矿床(点)成矿作用的关系,查明金属矿床(点)成矿地质条件和时空分布特点,总结本地区的成矿规律与找矿标志,建立区内典型贵重和有色金属矿床(点)的成矿模式和找矿模型,最终指出普查找矿方向,进行金属矿床(点)定位预测。

4. 技术方案

项目之下设立4个课题,共有58人参加科学研究和野外地质调查工作;①首先对区域成矿地质背景和典型矿床开展研究,建立区域成矿模式和找矿模型;②开展矿点和异常检查与评价,划分矿化类型,确定主攻矿化区段;③依据地质、遥感和物化探资料开展成矿预测,指出找矿远景,优选找矿靶区。

5. 创新成果

在大量野外地质调查基础上,经室内综合性研究,对蒙-甘-新相邻(北山)地区的区域变质作用、岩浆活动和构造运动以及金属元素活化、迁移、聚集和成矿作用进行了深入细致研究,探讨了古大陆板块相互碰撞、对接和造山的过程;厘定了各大地构造单元的边界;阐述了区域性金属成矿作用动力学机理;划分了成矿区带、矿田和找矿预查区;论证了花岗岩类岩浆侵位方式和成因,阐明了构造-岩浆带的金属矿床的控制作用;总结了重要金属矿床(点)找矿标志,提出了不同矿种的成矿模式,指出了找矿方向和找矿远景区。项目所获主要成果可概括为以下几个方面:

(1)对全区地层进行了重新划分:对原有的地层单元进行了重新划分和归并,将全区地层划分为2个地层区,和4个地层小区,使其更符合本区的实际地质情况和地质历史演化特点。另外,对各地层单元岩性组合、古生物特点、含矿性和形成环境进行了详细的讨论,为在本区开展矿产地质理论研究和找矿勘查工作奠定了基础。

(2)对全区构造格局进行了重新厘定:通过系统野外地质调查和详细的室内研究工作,将蒙-甘-新相邻(北山)地区划属3大古板块(西伯利亚、哈萨克斯坦和塔里木)和8个次级构造单元。在此基础上,对各古板块及其所属构造单元结构特征、构造式样、边界断裂性质、含矿性和形成过程进行了全方位分析,阐明了断裂形成与岩浆活动、沉积作用和成矿事件的耦合关系,为建立区域金属矿床成矿模型提供了理论依据。

(3)交叉沟古陆壳残片的厘定:对于重新认识研究区北部区域地质构造演化历史,探讨古陆壳演化与金属成矿作用关系提供了重要依据。

(4)花岗岩类侵入岩研究:首次对蒙-甘-新相邻(北山)地区代表性花岗岩类侵入岩体开展了系统岩石学、地球化学、钨同位素研究,对各代表性侵入岩体的成岩环境,形成时代和含矿特征进行深入的讨论。绝大部分花岗岩类侵入岩属古大陆边缘活动带或碰撞造山环境内形成的I型花岗岩。花岗岩类侵入岩体是区域地壳不同演化阶段混源(壳、幔源)岩浆活动的产物。

(5)印支期和燕山早期花岗岩的发现和厘定:采用高精度 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 同位素测年技术,在明水和花牛山地区分别发现存在有印支期二长花岗岩和燕山早期钾长花岗岩,其氩-氩

同位素等时线年龄分别为 218.4 ± 0.5 Ma 和 194 ± 1.0 Ma、 191.9 ± 2.5 Ma。上述两地区印支期和燕山早期花岗岩的发现对于探讨本区花岗岩类侵入岩时空演化规律，查明印支期和燕山早期岩浆活动与金、铜和铅-锌-银矿床成矿作用的关系，进而指导区域性金属矿产地评价具有重要的理论和实际意义。

(6) 区域金属矿床分布规律研究：在整个蒙-甘-新相邻（北山）地区共圈定出Ⅰ级成矿带 3 个，Ⅱ级成矿带 8 个，Ⅲ级成矿带（成矿或矿田）32 个。在此基础上，建立了数字化矿产地质图库和编制了相应的成矿规律图，深入总结了各成矿带地质、物探、化探和遥感特征，揭示了各类金属矿床的空间分布规律。另外，通过各级成矿带（区）的研究，极大地深化了对本区成矿环境的认识，提高了综合性找矿预测的准确性和科学性。

(7) 金矿床研究获重要进展：研究结果表明，照壁山、马庄山和南金山金矿床分别与海西期和印支期花岗岩侵入岩具密切时空分布关系，其中前二者属海西期构造-岩浆活动的产物，而后者与印支期构造-岩浆活动有关，属中温热液脉型金矿床。相比之下，小西弓金矿床则是海西期花岗岩类侵入岩对前寒武纪变质岩型金矿床（或矿胚）进行叠加改造结果，属混源型（岩浆热液和变质热液）中温热液金矿床。

(8) 铜矿床研究获得重要进展：对比分析结果表明，本区斑岩型多金属矿床的找矿潜力巨大。

(9) 首次发现国内首例斑岩型钼-金矿床-内蒙古流沙山钼-金矿床，并对其成矿环境、地质特征、形成时代和成矿机理进行了全方位研究。

(10) 首次对大型铷多金属矿床和大型钒-磷-铀矿床开展了系统研究。

(11) 建立了区域综合性成矿模式。

二、应用范围及应用实例

本项目提出的找矿预查区对指导找矿具有非常重要的指导意义，并已有一部分得到验证，效益显著：

(1) 乌珠尔嘎顺铜-铁矿预查区：经内蒙古国土资源勘查开发院的进一步野外工作，证实了大规模斑岩型铜矿化带的存在，目前该院已与加拿大 Ivanhoe 矿业公司签署了协议，联合在该区开展大规模找矿勘查活动（见附件 3）。

(2) 额勒根乌兰乌拉铜矿预查区：内蒙古地质矿产勘查院通过工作，也在该预查区内验证了大规模斑岩型铜矿化带的存在，目前正在实施槽探工程进一步揭露和控制矿体（见附件 3）。

(3) 本项目确认流沙山斑岩型钼-金矿床为一种新类型矿床，这为内蒙古自治区地质调查院在素有“富铁矿之乡”之称的黑鹰山-流沙山地区寻找新类型金矿床提供了新的找矿思路，具有较大的社会效益和经济效益。

另外，该项目的实施，有力地推动了内蒙古阿拉善盟地方矿业的发展，加速了阿拉善盟地方经济的发展。

本项目所获各项科研成果（含提交的找矿预查区和科研论文）已为中央和地方所属地勘单位广泛采用，在紧缺矿产资源找矿勘查方面获很好的经济和社会效益。所有上述科研成果的应用，不仅极大地提高了本区矿产地质科研水平，同时，有力地推动了找矿勘查工作的深入进行，为促进当地国民经济和社会的发展做出了重要贡献。

三、推广转化方式

(1) 以论文、报告和专著的形式进行学术传播。在该项目实施过程中科研人员获一大批重要科学研究成果，先后出版专著 1 部，并在国内外学术刊物发表学术论文 48 篇，其中 SCI 论文 2 篇，国内中文核心期刊论文 31 篇，取得了十分明显的社会效益。

(2) 通过培养研究生进行学术传播。先后培养博士后研究人员 1 名，博士和硕士研究生 5 名，他们均已成为科研或教学单位、矿业公司的骨干力量。

(3) 通过学术活动进行成果交流。已发表的学术论文为国内外矿床地质学家广为应用，项目负责人先后应邀到澳大利亚、日本、美国、加拿大和保加利亚等国政府地质机构和大学地质学系进行演讲和学术交流活动。

(4) 该项目的实施，有力地推动了内蒙古阿拉善盟地方矿业的发展。有鉴于此，阿拉善盟行政公署已与该项目第一承担单位—中国地质科学院矿产资源研究所签订了长期合作意向书，并成立“阿拉善矿产资源勘查与开发研究中心”，加速阿拉善盟的矿业开发，推动地方经济跨越式发展。

技术依托单位：中国地质科学院矿产资源研究所

联系人：孙文泓

通讯地址：北京西城区百万庄路 26 号

邮政编码：100037

联系电话：010-68999027

电子邮件：sunwh@263.net

北祁连山西段镜铁山式铁铜矿床成矿预测和靶区优选

一、内容概述

1. 成果简介

《北祁连山西段镜铁山式铁铜矿床成矿预测和靶区优选》成矿包括国家计委科技找矿项目(JG9471902)的主要内容以及地质矿产部定向基金项目(DKJ95-16)、中国地质调查局地质调查项目(19991020168003)和原地矿部跨世纪人才基金项目(9617)项目的或部分研究内容。1995年10月承担国家计委地矿行业科技找矿项目“北祁连山西段镜铁山式铁铜矿床成矿预测和靶区优选”,旨在运用新思维,新技术和新方法,边研究,边预测,力争铜、金和铅锌找矿的重大突破,为国家提交一批矿产评价基地。同年11月,开始执行地质矿产部定向基金科研项目“北祁连西段铁铜金铅锌矿床成矿规律和成矿预测”。由于两项项目的工作内容和时间基本相同,因此合并在一起执行。与此同时,甘肃地质矿产勘查开发局开始承担原地质矿产部地勘项目,对柳沟峡铁矿中的铜矿化进行评价。以上三个项目紧密配合,开展工作。该项成果于2003年度获得国土资源科学技术奖二等奖,获奖单位分别为甘肃省地质调查院、中国地质科学院矿产资源研究所、甘肃省地质矿产勘查开发局第四地质矿产勘查院、中国地质科学院地质研究所和中国地质科学院地质力学研究所,获奖人依次为毛景文、叶得金、张招崇、赵恩厚、杨建民、王志恒、丁启福、张作衡、左国朝和王志良。取得了以下主要成果。

(1) 在成矿地质背景方面:①运用 SHRIMP 锆石 U-Pb 法、单颗粒锆石 U-Pb 法和 Sm-Nd 等时线法,首次对区内前寒武纪主要层进行了系统年龄测定,基本理顺了北祁连山西段前寒武纪地层层序和形成时代。②全面厘定了北祁连山西段各时期的构造背景,探讨了区域构造演化史。研究证明以熬油沟为代表的蛇绿岩套是中元古代早期的产物,确认为当时中国最古老的蛇绿岩;并发现了与之配套的混杂堆积岩及硅质岩,从而确定了本区在中元古代早期经历过沟-弧-盆演化阶段。提出震旦纪大陆开始裂解、寒武纪为裂谷、奥陶纪演化为裂谷-岛弧-海沟系统、晚奥陶世发生 A 型俯冲及闭合造山。③首次对区内花岗岩类进行了详细的研究,将其分为两个花岗岩带和一个碱性岩带,论证了南部花岗闪长岩带为造山前期产物,北部黑云母花岗岩带为碰撞期产物,碱性岩带为碰撞后产物,并用单颗粒锆石 U-Pb 方法测定了花岗闪长岩的成岩时代为 459.6 ± 2.5 Ma。

(2) 将区内金属矿化划分为 9 个成矿期次,并首次建立了区内的 4 个成矿系列,即:中新元古代 SEDEX 型铁矿床成矿系列、加里东期大陆循环热液型铅锌矿床成矿系列、与加里东期花岗岩类有关的钨多金属矿床成矿系列和印支期剪切带型金矿床成矿

系列。

(3) 提出桦树沟式铁矿床系中新元古代大陆边缘坳陷槽内的海底喷流沉积成因, 属典型的 SEDEX 型, 是一种新类型铁矿床。桦树沟矿床中与铁矿伴生的铜矿和金矿化则分别是加里东期大陆循环热液成矿系统和印支期剪切带型金矿成矿系统叠加的结果。上述认识与已有的 VMS 矿床模式及同生-改造模式有根本区别, 对区内铜、金矿的找矿和勘查部署产生重要影响。

(4) 论证了区内岩金矿为印支期成矿 (成矿时代为 213.95 ~ 224.44 Ma), 受脆韧性剪切带控制, 成矿流体为深部来源及有不同比例的大气降水加入。从鹰嘴山式→寒山式→珠龙式金矿, 成矿流体由深源为主变为以大气降水为主, 成矿温度亦逐步降低。建立了区内造山型金矿的找矿模式, 并指出了找矿方向。

(5) 指出北祁连山西段是我国最早的钨矿成矿带, 成矿作用与加里东期密切相关, 成矿作用与岩浆早期形成的花岗闪长岩直接相关, 同时利用 Re - Os 同位素方法测定其成矿时代为 462 ± 13 Ma; 成矿岩体具有 I 型和 S 型花岗岩过渡的特点, 与国内及中亚的含钨岩体相比具有独特性, 是一种新钨矿成矿系统。

(6) 在研究确定成矿地质环境和成矿规律的基础上, 综合各种找矿信息并有效应用遥感地面波谱反演技术, 进行了成矿预测及靶区优选。还明确提出剪切带-负地形-黄钾铁矾氧化带是区内找金矿的直接标志。共圈定 12 个铜 (金) 矿预测区、4 个金矿远景区和 4 个矿田级金矿靶区, 提交金科研储量百余吨。

2. 基本原理

以从基础研究→成矿规律和成矿模式的建立→找矿方法→应用研究为指导思想, 运用成矿系列和成矿地球动力学演化理论, 从研究区域成矿地质条件、成矿规律以及大型矿集区控矿要素配置与示矿信息显示入手, 进而综合应用多种技术方法和多种学科知识, 实现科学找矿之目标。

3. 技术特点

全面系统地收集研究区的区域地质构造、深部地球物理、岩浆岩、地层学、矿物学、区域物化探、遥感资料和矿床地质资料, 建立各类信息数据库, 在已有图件的基础上, 编制相关数字化图件。开展 Ar - Ar (Rb - Sr 或 SHRIMP) 法岩石和运用 Re - Os 或 Ar - Ar 法矿石的直接定年, 利用特征性元素和 Sr - Nd 方法测定岩石源区和查明壳幔相互作用过程对巨量元素堆积的制约。在收集和消化以往资料的基础上, 开展少量关键工作, 提出成矿环境、地球动力学成矿模型和找矿方向。开展精确的室内岩、矿石、矿物化验分析 (化学分析、电子探针和稀土元素等)、流体包裹体分析 (温压、盐度和成分等) 和稳定同位素分析 (C、H、O 和 S 等)。通过这些分析, 建立水-岩反应模式, 追踪成矿物质来源, 探讨成矿机制, 建立成矿模型。充分收集以往的地质、物化探和遥感资料, 在重点地段开展 ETM 遥感填图和相应的地质路线调查, 快速圈定 12 个铜金矿预测区、金矿远景区和金矿靶区。

4. 技术指标

在查明成矿规律和构筑成矿模式的基础上,结合化探异常和遥感靶区,快速圈定 12 个铜(金)矿预测区、4 个金矿远景区和 4 个矿田级金矿靶区。提交研究报告一套,发表科学论文 40 余篇。

二、应用范围及应用实例

成果应用范围包括地质矿产勘查、科研、教育、矿产开发和管理部门人员使用。

通过本项目的研究,指导了该地区的找矿工作。通过成矿地质背景、矿床地质特征、找矿远景分析,优选出了石包城-鹰嘴山、青石峡-车路沟等矿田级找矿靶区。有效地指导了找矿,先后在该地区发现并评价了鹰嘴山、寒山两处大型金矿床,发现矿点十余处,提交金资源量 80667.61 kg。提交的金资源量按时下国际市场金价(346 美元/盎司)计算,其直接经济价值达 72.6 亿元人民币。目前当地政府以及个体矿业公司已对寒山、鹰嘴山以及车路沟进行了开采,并直接产生了经济效益。

这些金矿的开采,拉动了地方经济大发展,以矿业为龙头,相关的第三产业迅速兴起,少数民族地区的贫穷面貌正在改观。

在本项目的科研成果指导和影响下,有色地勘局第四地质队在该地区加大了勘查力度,利用或参阅项目研究成果,先后发现了祁宝、世纪和贵山等 3 个钨钼矿床。求得 4 个矿床(包括早先发现的小柳沟矿床)的 WO_3 资源量(333 + 3341) 46 万 t,钼资源量(333 + 3341) 3 万 t。

本项目的研究成果还对该地区的地质工作部署起到了重要的指导作用。各部门对该地区加大了科研、地质调查和找矿勘查资金的投入,据不完全统计,从 1997 年起,仅甘肃地矿局已投资的经费超过 1200 余万元,并取得了良好的效果。

本项目不仅在找矿上取得了重大的突破,同时在理论研究上也取得了丰硕的成果。据不完全统计,本项目研究已在国内外学术刊物上发表了 40 余篇论文,其中 SCI 检索论文 10 篇,国际学术会议论文 2 篇,国内核心刊物 16 篇,国内会议及其他刊物 13 篇。其中论文“Re-Os isotopic dating of molybdenite in the Xiaoliugou W (Mo) deposit in the northern Qilian mountains and its geological significance”1999 年发表在“Geochimica et Cosmochimica Acta”上,该刊物是当年我国学者在国际地学刊物上发表论文影响因子最高的刊物。

应用前景及市场预期:依托该成果出版的专著《北祁连山西段铜金铁钨多金属成矿系列和找矿评价》(毛景文、张招崇、杨建民、左国朝、张作衡、叶得金等著)是该区综合研究的代表性著作,其成果将会持续产生指导作用,圈定的靶区将为进一步找矿提供直接依据。针对海拔高、交通不便的特点,通过遥感地面波谱反演技术,结合物化探,提出的一套适合本区的快速圈定靶区的技术方法将会发挥重要作用。

三、推广转化方式

成果推广转化方式主要有:①编制成果报告汇交到全国地质资料馆等相关部门,供社会相关部门和人员使用;②将成果主要内容以专著《北祁连山西段铜金铁钨多金属成矿

系列和找矿评价》在 2003 年在地质出版社，全国发行，推广本成果；③部分专著免费送新疆地勘单位、矿山企业、管理部门，长期在新疆及中亚地区从事研究的科研部门和院校，供他们在地质矿产勘查工作部署、科学研究、地质找矿勘查中应用本成果；④将本成果写成学术论文在中文核心期刊、国内 SCI 检索期刊和国际 SCI 检索期刊上发表，进行交流和推广；⑤参加全国性地质学术会议，在会议上进行成果交流和推广。

技术依托单位：中国地质科学院矿产资源研究所

联 系 人：孙文泓

通讯地址：北京市西城区百万庄大街 26 号

邮政编码：100037

联系电话：010－68999027

电子邮件：sunwh@263.net

祁连-龙首山地区镁铁-超镁铁岩与铜镍成矿研究

一、内容概述

依托国土资源部岩浆作用成矿与找矿重点实验室研究平台, 结合国家科技支撑项目“金川铜镍硫化物矿深部及外围综合勘查技术示范研究”与“西部优势矿产资源潜力评价体系及集成示范研究”、国家自然科学基金项目“祁连-龙首山元古宙大火成岩省和巨量铜镍聚集”及地质大调查项目“祁连-龙首山大火成岩省与金川型铜镍矿关系研究”等项目的开展, 李文渊研究员在长期镁铁-超镁铁质岩浆作用与铜镍成矿研究的基础上, 取得以下认识和成果:

(1) 提出世界级金川超大型岩浆铜镍硫化物矿床是元古宙重大地质事件产物的认识, 借鉴近年来地幔柱学说和世界上大型-超大型岩浆铜镍硫化物矿床的最新研究, 认为赋存于1立方千米超镁铁岩内储量达镍546万t、铜389万t、铂族金属200t的金川矿床, 要聚集如此巨量的镍金属, 应该存在大规模的岩浆作用。因此, 金川矿床决不是一个孤立的地质现象, 而是一期大规模壳幔物质交换作用的表现, 可能是大火成岩省(LIPs)的产物。由于金川成矿事件形成于元古宙, 目前祁连-龙首山地区古老地块的镶嵌现状并不代表成岩成矿期的拼贴状貌, 加之后期造山作用的影响, 致使大部分喷出岩和部分侵入岩体剥蚀殆尽, 金川岩体外围茅草泉、塔马子沟等岩体和北祁连朱龙关群大陆溢流玄武岩等, 可能为金川岩浆事件残存的侵入岩和喷出岩。

(2) 获得金川矿床二辉橄榄岩的ID-TIMS锆石U-Pb年龄 831.8 ± 0.6 Ma, 与金川超镁铁质岩体的LA-ICP-MS锆石U-Pb年龄(807.3 ± 3.7 Ma)和SHRIMP U-Pb年龄(827 ± 8 Ma)相近(李献华等, 2004; 田毓龙等, 2007; Li et al., 2005)。同时较相对切穿金川超镁铁质侵入体的闪长岩脉(828 ± 3 Ma, Li et al., 2005)年龄要早, 金川矿床的成岩成矿时代应为新元古代。金川矿床橄榄石、辉石和硫化物中He、Ne和Ar丰度和同位素组成显示, 具有地幔、地壳和大气来源组分混合的特征, 表明较高比例的混染地壳流体组分可能在深部岩浆房橄榄石结晶初期就已混入成矿岩浆中, 且在岩浆结晶过程中持续加入, 硫化物熔体的分离发生在岩浆分异的早期。

(3) 金川含矿岩体所在的龙首山镁铁-超镁铁岩带, 通过LA-ICP-MS锆石U-Pb年龄测定, 发现至少存在两期成岩作用。中段金川、茅草泉等岩体形成于新元古代, 获得茅草泉暗色角闪辉长岩LA-ICP-MS锆石U-Pb年龄 833.8 ± 4.0 Ma, Sr-Nd-Pb同位素和地球化学特征表明岩浆来自于富集地幔; 西段藏布台、青井子等岩体形成于古元古代, 获得藏布台辉长辉绿岩LA-ICP-MS锆石U-Pb年龄 1855 ± 48 Ma, Sr-Nd-Pb同位素和地球化学特征表明岩浆来自于亏损地幔。对金川矿区侵入龙首山群的红色碎裂正长花岗岩进行LA-ICP-MS锆石U-Pb年龄研究, 获得了 2116 ± 61 Ma、 2257 ± 43 Ma、 $2385 \pm$

41 Ma 三个捕获锆石年龄, 确定岩体形成年龄为 1834 ± 37 Ma, 证实北祁连早古生代晚期 (380 ± 9 Ma ~ 407 ± 6 Ma) 碰撞造山热事件对龙首山地块存在影响。

(4) 研究表明祁连山化隆-日月山镁铁-超镁铁岩带形成于早古生代, 分别获得东段亚曲辉石岩和西段裕龙沟角闪辉石岩 ID-TIMS 锆石 U-Pb 年龄为 440.74 ± 0.33 Ma 和 442.4 ± 1.6 Ma。岩体主要为辉石岩、辉长岩及橄榄岩等, 蚀变强烈, 多已角闪石化。裕龙沟、拉水峡、亚曲以及沙加的 Re-Os 同位素特征表明, 岩带东段拉水峡铜镍矿床的 Os 以幔源为主, γOs 为 $+68.3 \sim +84.6$, 沙加和西段裕龙沟矿床的 Os 为壳幔混合来源, 沙加的 γOs 为 $+222.8 \sim +323.9$, 裕龙沟为 γOs 为 $+123.4 \sim +273.6$, 而亚曲矿床的 Os 以壳源 ($>80\%$) 为主, 只有少部分来自地幔, γOs 为 $+1144.2 \sim +1604.2$ 。

(5) 化隆-日月山镁铁-超镁铁岩带已知拉水峡、裕龙沟、亚曲和沙加等铜镍矿床, 属岩浆熔离矿床, 但遭受热液作用改造显著, 其中拉水峡矿床最为明显。矿石中 PGE 研究表明, 拉水峡 Os、Ir、Ru、Rh 含量较亚曲要高, 拉水峡矿石形成于岩浆熔离早期, 为深部熔离岩浆贯入的产物, 而亚曲则为深部已发生硫化物液相熔离的残余硅酸盐岩浆上侵后就地熔离而成。热液改造作用使拉水峡矿石中的 Pt、Pd 进一步富集。化隆-日月山镁铁-超镁铁岩带是祁连山重要的铜镍成矿带, 具有良好的找矿潜力。

二、应用范围及应用实例

在祁连-龙首山地区镁铁-超镁铁岩与铜镍成矿研究认识的基础上, 祁连山及邻区获得较好的铜镍找矿进展和突破。青海省化隆岩带就是其中之一, 带内拉水峡岩体的 m/f 为 $0.5 \sim 1.9$, 平均 1.1; 裕龙沟岩体 m/f 为 $0.8 \sim 4.5$, 平均 3.0; 亚曲岩体的 m/f 为 $1.0 \sim 2.3$, 平均 1.5, 由此可知, 化隆基性-超基性杂岩体均属于铁质系列, 表现出了岩浆铜镍硫化物矿床形成的前提条件。总体上显示出相容元素 (如 Ni, Cr, Co, V) 含量高, 不相容元素 (如 Rb, Ba, Th, U 等) 含量低的特点。富集大离子亲石元素 (Sr、Rb、Ba) 和相对亏损高场强元素 (Nb、Ta、Hf、Zr)。与原始地幔 (17.8 与 37) (McDonough and Sun, 1995) 和地壳相应值 (11 和 33) (Taylor and Mclennan, 1985) 不同, 其 Nb/Ta 比值为 $9.81 \sim 17.19$, 平均 14.96; Zr/Hf 比值为 $31.3 \sim 40.0$, 平均 38.56。所有样品均具 Cr、Ni 的负异常, Ti 的正异常。SiO₂ 与 MgO、FeOT、CaO、Al₂O₃ 等相关性表明岩浆演化过程中发生了斜方辉石和斜长石的分离结晶作用。推测进入岩浆房中母岩浆不是地幔直接熔融形成的, 而可能是经历了深部岩浆房分离结晶作用的产物。

区内基性-超基性岩成矿系统岩浆熔离成矿作用强烈, 是重要铜镍找矿潜力地区, 主攻岩体类型为角闪辉石岩型及橄榄辉石岩型岩体, 对于地球物理表现出来高背景下的磁异常, 往往隐伏有基性-超基性岩体, 且岩体多伴有铜镍矿化, 是其重要找矿方向。通过物探、填图、槽探等工作, 新发现具有铜镍矿化的基性-超基性岩体。对其进行深部钻探验证, 隐伏的基性-超基性岩体伴有不同程度的铜镍矿化, 依据异常查证结果, 并圈定了乙什春、亚曲、下什堂 3 处铜镍找矿靶区。

不仅如此, 在阿尔金及柴周缘地区也取得了铜镍找矿重要进展, 如牛鼻子梁、夏日哈木等铜镍矿床的发现。

三、推广转化方式

根据铜镍矿床的成矿地质条件和形成环境，结合祁连-龙首山地区镁铁-超镁铁岩与铜镍成矿的新认识，元古宙和早古生代大规模岩浆活动波及的范围和地区，是找铜镍矿的潜力地区。在实际工作中，将研究视野放大，从该地质找矿理论的支撑和应用出发，阿尔金、柴周缘及邻近区域均是重点研究地区和找矿范围。

技术依托单位：中国地质调查局西安地质调查中心

联系人：李文渊 张照伟 高永宝

通讯地址：陕西省西安市友谊东路438#

邮政编码：710054

联系电话：029-87821656

电子邮件：xalwenyuan@126.com

青海省金属矿产成矿规律及成矿预测

一、内容概述

按照青海省国土资源厅的总体部署,2002~2004年我局承担了“青海省第三轮成矿远景区划研究及找矿靶区预测项目”的子项目——青海省金属矿产成矿远景区划研究及找矿靶区预测项目。在此基础上,我局以青色地地字(2004)13、青色地地字(2005)39号文下达了“青海省金属矿产成矿规律及找矿预测”项目。其目的是:在以往工作的基础上,进一步搜集、整理青海省区域地质及矿产勘查的最新成果资料,应用区域成矿的新理论,系统总结青海省金属矿产成矿规律,建立主要成矿区(带)的成矿系统、成矿系列及典型矿床模式,对重点勘查区(带)进行成矿、找矿预测,为地质矿产勘查工作提供新的思路和依据。工作周期2年,即2004年4月~2006年3月。

通过研究,编著出版了《青海省金属矿产成矿规律及找矿预测》。书中从板块构造理论及多岛弧演化观点出发,探讨了青海省成矿地质构造背景;以分析典型矿床成矿地质制背景和矿床特征、控矿条件为研究途径,以区域成矿规律、成矿预测为核心,探讨了青海省金属矿产成矿规律,进行了成矿预测;总结了青海省内黑色金属、有色金属、贵金属矿产的时间和空间分布规律,论述了不同构造环境下矿产分布规律和成矿作用特征,探讨了动力学演化对矿床形成的控制作用;以成矿系统理论为指导,对青海省金属矿产划分出六大成矿系统,并依据各成矿系统的主要特征,结合成矿物质来源进行找矿方向探讨。

该项工作成果处于国内先进水平,对从事地质工作、科研、教学的单位和个人均有一定的参考价值,对区域成矿研究起到推动作用,对青海省的金属矿产勘查具有实际指导意义。

《青海省金属矿产成矿规律及找矿预测》在多岛弧构造分析、成矿系统划分等诸多方面还存在不成熟和不完善之处,需广大科研、生产技术人员在应用过程中不断提出问题,并加以补充和完善,是其更加成熟、更符合客观规律。

二、应用范围

科学研究、技术服务和地质勘查业

三、推广转化方式

技术依托单位:青海省有色地质矿产勘查局

联系人:伊有昌

通讯地址:青海省西宁市城东区建国路5号

邮政编码:810007

联系电话:0971-8173890

电子邮件:qhngceb@public.xn.qh.cn

青海金矿地质

一、内容概述

本课题研究成果属区域性单矿种基础地质科学技术类科研成果，是一项融地学前缘研究、勘查技术应用、资源信息于一体的综合性科技专题成果。对青海省内的金矿资源勘查、开发、科学研究和资源管理，均具有很高的实践应用价值。

本次研究工作以现代成矿理论为学术思想，充分收集、分析和应用青海省域内的不同地区、不同类型金矿勘查技术成果资料为基础，吸取国内外先进的地质成矿理论与方法为手段，系统分类研究了青海省金矿分布的地质特征、成矿地质环境、成矿规律、成矿机理、资源潜力和找矿方向，也是近年来青海省金矿地质研究方面的最新和较为系统的专题研究成果。

本科研成果已广泛应用于国内及省内的金矿勘查、开发、科学研究和资源管理等领域，是从事矿产地质勘查管理工作、黄金矿山开发利用、科研机构及大专院校从事金矿地质研究等科技人员的重要参考文献。

青海金矿资源丰富，也是我省的优势资源之一。近几年来，随着市场经济对矿产资源需求的不断扩大，我省已形成了新一轮勘查开发岩金矿产资源的热潮，并已陆续新建了20多处黄金生产企业和矿山，这对促进我省贫困地区县域经济的发展有了极大的推动作用。据统计1991年全省黄金产量为34.3 kg（以开采砂金为主），到2002年达894.93 kg（以岩金开发为主），产值已占全省非能源矿产产值的20%~30%。随着西部大开发战略的深入实施，国内外矿业界人士十分关注我省矿产资源的赋存状况，尤其是对金矿的勘查和开发产生了极大的兴趣和合作意向。由于我省地质矿产勘查程度总体水平普遍较低，综合科研水平不高，信息不畅等历史和经济原因，也造成了诸多影响我省经济快速发展的不利因素。为此，经专家多次论证和调研，认为进一步开展“青海金矿地质及资源潜力评价”专题项目研究工作，不仅能够全面系统地反映青海省金矿地质勘查工作的实际现状，而且对提高我省的金矿地质应用理论的发展，促进我省金矿资源的勘查工作程度，进一步摸清资源家底，扩大我省黄金产业规模化发展和产业经济快速增长等方面，均具有重要的现实意义。

本课题研究成果取得的主要创新点有：

在新的地质理论、成矿模型的指导下，采用有效的地质成矿特征、地球化学特征等分析手段，系统开展了全省金成矿（区）带的划分和研究，进一步划分和厘定了我省金矿资源分布的大地构造格架，探索了我省重要金成矿（区）带和一些重要岩金矿集区的时空分布格局、成矿物质富集规律和定位机制。运用地质科学、相关学科及边缘学科的研究成果，通过对全省典型金矿床的重点解剖，系统分析和研究了全省主要金矿床的矿床成因、物质来源、成矿过程及金的迁移富集机理。初步建立了全省主要金矿类型的成因模式

和找矿标志。如：①花岗岩岩浆与金形成的理论模型；②海底海水循环同生沉积-变质改造多阶段模式；③变质流体多阶段成因模式；④金矿床的渗滤混和成因模式；⑤含金建造多旋回综合成因模式等。在矿床成矿系列理论指导下，合理的运用地、物、化等综合信息集成方法，初步建立了较为科学的金矿信息区域成矿评价体系，对全省金矿资源的找矿远景和资源潜力进行了较为全面和系统地评估。改变了我省过去传统的经验找矿思路 and 模式，逐步纳入了理性找矿应用的新理论和新思路，推动了我省地质学科的发展和进步。

社会效益：该项目成果自出版发行以来，已被国内地勘行业及科技研究部门广泛征订和应用，对扩大和提高青海省金矿地质勘查、开发工作起到了积极的推动作用。该研究项目成果的出版发行及成果应用，不仅将我省金矿地质勘查及开发推向新高潮，而且为我省地学基础应用研究领域的科技进步奠定了良好的基础和示范作用。

二、应用范围

科学研究、技术服务和地质勘查业

三、推广转化方式

技术服务，培训交流

技术依托单位：青海省国土资源博物馆

联系人：吴景平

通讯地址：西宁市胜利路 22 号地矿花园 C 座

邮政编码：810001

联系电话：0971 - 6117742

电子邮件：ddy@jlu.edu.cn

班公湖-怒江成矿带西段地质科技找矿新思路

一、内容概述

在班公湖-怒江成矿带西段多龙矿集区，发现多不杂大型铜金矿、波龙超大型铜金矿和拿若大型铜金矿；此外还有地堡那木岗、荣那、尕尔勤、色那、色那东、铁格龙、赛角等多个矿化点。

多不杂矿体为近东西向展布、向南陡倾的巨厚板状体，控制矿体长度为 1200 m，厚度为 200 ~ 500 m，延深为 200 ~ 600 m。矿体产于花岗闪长斑岩体上部的钾化带、石英绢云岩化带及岩体边部的青磐岩化变长石石英砂岩中。在平面上，成扁豆状，进东西向，剖面上成楔形倾向南东方向，倾角 $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 。斑岩体中以浸染状、细脉状黄铜矿化为主，铜品位较低，垂向上：中、上部矿体以细脉浸染状黄铜矿化为主，在近地表见薄膜状孔雀石、兰铜矿；向深部逐渐过渡为稀疏浸染状黄铜矿化。共探得铜资源量（333 + 334）219 万 t；Au 82.57 t。矿床平均品位 Cu 0.51%，Au 0.19 g/t。

波龙矿体为隐伏 ~ 半隐伏矿体。沿平面、垂直方向上均连续为一体，矿体在深部形态上为一不规则柱状体。呈近东西走向，长 900 m，南北宽 400 ~ 800 m，呈似椭圆状，剖面上呈柱状近于直立。矿体在正南、南东、南西方向，厚度大，在垂直方向，矿体呈不规则柱状体向深部延展，倾角近于直立，南部向南倾陡；北部向北陡倾，并被曲色组覆盖。矿床平均品位 Cu 0.47%，Au 0.23 g/t。共探得铜资源量（333 + 334）324.6 万 t；Au 159.38 t。

二、应用范围及应用实例

在地处藏北地区第四系覆盖较厚的地貌景观下，在班公湖-怒江成矿带西段多龙矿集区，面上采用中大比例尺地物化遥手段圈定异常，地表采用网状浅井确定矿化中心部位，深部采用钻探工程验证，覆盖区采用地物化遥 + 浅井（钻）+ 深部钻探的有效的勘查手段和方法。发现并评价了多不杂、波龙、拿若等斑岩铜矿。

首先使用 1:5 万水系沉积物测量的方法，在矿集区内寻找化探异常，缩小找矿靶区，Cu 异常浓度分带最完整，分布面积较大，在尕尔勤、赛角-拿若、地堡那木岗、铁格隆沟及其南部、萨玛龙沟西北段沟内 5 处有较大的异常分布；其次使用 1:5 万高精度磁法测量手段，矿集区；内圈定了 13 处强磁异常、22 处弱磁异常，经过对比分析，在北侧低异常区和南侧高异常区均无较好找矿前景，主要找矿地区集中在北东向的异常畸变区部位，即正异常和负异常同时伴生存在部位，是该区找矿较好部位。综合分析，主要集中的多不杂、波龙、拿若、地堡那木岗、色那、尕尔勤、赛角、铁格龙等处。

第三使用物探激电法配合地化进行矿区内剖面测量，并且进行对比，确定了在极化率达到 2 ~ 8 之间是最有效的找矿部位的结论。

物探、化探异常与本区内已发现的矿点、矿化及蚀变特征在空间及成因上有较好的一致性，异常的分布明显受构造控制，说明本区化探异常主要为矿致异常，显示出本区具有巨大的找矿潜力。

最后，采用地表过程和钻探工程进行验证，除了已发现的多不杂和波龙矿体外，又新发现了拿若、地堡那木岗、荣那等铜金矿，均具有中—大型铜矿潜力。

三、推广转化方式

在班公湖-怒江成矿带西段进行实地勘查过程中，应用于找矿工作。找矿效果良好。

技术依托单位：西藏地勘局第五地质大队

联系人：陈红旗

通讯地址：青海格尔木市盐桥北路46号

邮政编码：816000

联系电话：13897061688

电子邮件：xzdzw@126.com

西藏雅鲁藏布江成矿带铬铁矿找矿部署研究

一、内容概述

(1) 研究报告是在收集研究大量前人生产、科研成果的基础上,应用地质背景演化、化探数据再处理、遥感解译等手段,开展藏南铬矿典型矿床、超基性岩含矿性等方面的研究,对深化西藏雅江超基性岩带铬铁矿研究提供了重要依据,对需要解决的重大问题表述清楚。

(2) 研究工作从地质背景演化上,将雅江蛇绿岩分为南北二支,从超基性岩保存性、岩石剖面结构上明确提出在中东段北支、西段南支更具找矿潜力。系统总结了雅鲁藏布江超基性岩铬铁矿成矿带的成矿地质背景,论述了对成矿有利的构造演化,详细讨论了蛇绿岩的形成时代及构造环境。

(3) 利用地球化学块体理论,尝试性通过对雅鲁藏布江地区 Cr、Ni、Co、MgO 等亲石元素和氧化物化探数据的再处理,重新进行与铬矿有关化探异常圈定,与已有铬矿存在较好的吻合性。对下一步找铬工作布置提供了指示。

(4) 开展了研究区遥感影像的收集,并开展了环、线型、超基性岩解译和圈定、蚀变信息提取。南北向构造与东西展布蛇绿岩交汇处对铬矿有控制作用。

(5) 报告对现有铬铁矿典型矿床进行了充分剖析和论述,较为完整地阐述其成矿规律、条件和背景,并通过地质多学科的信息集成对潜在找矿进行论述,思路清晰,叙述完整,对雅江超基性岩带铬铁矿找矿部署指明方向。

二、应用范围及应用实例

(1) 本报告研究工作尝试性通过对雅鲁藏布江地区 Cr、Ni、Co、MgO 等亲石元素和氧化物化探数据的再处理,形成的组合异常由东到西沿着雅鲁藏布江呈串珠状分布,长约 1500 多公里,规模宏大,郎县秀章铬铁矿、朗县郎吉铬铁矿、曲松县罗布莎铬铁矿、曲松县香嘎山铬铁矿、仁布县东岩体、日喀则西虾雄铬铁矿、仲巴县修古嘎布铬铁矿、普兰县姜叶玛铬铁矿等铬铁矿床点分列其中,与异常图吻合度较高,异常显示出规模大、强度高、浓集中心明显的特点,异常与矿点套合较好,同时铬铁矿仅赋存于雅鲁藏布江超基性岩里,也展现出了较好的成矿规律性。在已知矿床点外围也存在大量异常,异常同样表现为规模大、强度高、浓集中心明显的特点,在这些异常中开展进一步地质工作,对于寻找新的铬铁矿床,取得找矿突破具有十分重要的指示意义。

(2) 在雅鲁藏布江超基性岩带北侧的拉果错-狮泉河超基性蛇绿岩带中同样显示了三处较好的 Cr、Ni 等元素的组合异常,异常规模中等、强度较高、浓集中心明显,这与目前在该带开展的区调工作发现的铬铁矿找矿线索有关,反映出较好的铬铁矿找矿前景,在

该带部署开展铬铁矿找矿专项工作预计能取得较好的找矿成果。

三、推广转化方式

通过提升现有应用软件数据处理能力，对雅鲁藏布江和班公湖-怒江缝合带蛇绿岩分布地区的 Cr、Ni、Co、MgO 等亲石元素和氧化物化探数据的再处理，结合区调、物探、遥感工作已取得最新工作成果，对上述元素现有异常进行更深入地判别、分析，提高认识。特别是对研究区遥感影像的收集，开展环、线型、超基性岩解译和圈定、蚀变信息提取；充分利用南北向构造与东西展布蛇绿岩交汇处对铬铁矿有控制作用的特点，在挖掘现有铬铁矿潜力的同时，力求发现新的铬铁矿异常和找矿线索，在此基础上科学提出铬铁矿野外勘查工作部署依据，适当安排工作量对圈定的重点找矿靶区进行验证、解剖，开展找铬组合方法示范研究，特别是识别矿与围岩的方法，对重要异常进行验证，为取得铬铁矿找矿突破夯实理论与实践基础。

技术依托单位：西藏自治区地质调查院

联 系 人：黄炜

通讯地址：西藏自治区拉萨市北京中路 21 号

邮政编码：850000

联系电话：0891 - 6323595

电子邮件：xzdkc@vip.sina.cn

西藏当雄县拉屋—嘉黎县同德一带 铜铅锌多金属矿评价

一、内容概述

当雄—嘉黎一带铜铅锌多金属矿调查区位于雅鲁藏布江巨型铜多金属成矿带北亚带，地层主要为旁多群（C），列龙沟组（P₂），桑巴组（J₂），拉贡塘组（J₂₋₃）；岩浆岩为燕山晚期黑云母花岗岩、白云二长花岗岩及花岗岩，构造以北西向或近东西向断裂为主；铜铅锌多金属矿床以产于旁多群（C）的条带状大理岩和砂质板岩互层之中的层状矽卡岩型为主，与白云二长花岗岩有成因关系，矿体厚度大、品位高，沿走向倾向延伸稳定；产于次级构造破碎带的中低温热液充填交代型铅银矿也有较好的找矿远景。经对科波熊、建多、麦曲、嘉黎四处异常区的评价，圈出综合地球化学异常 30 处，发现了一批有进一步工作价值的龙卡郎铅银矿点，昂张铅锌矿点等，经过拉屋铜铅锌多金属矿区和尼龙玛铅锌银多金属矿区的普查，提交新发现矿产地 4 处，333 + 334 资源量 Cu 36.20 t，Zn 215.00 t，pb 25.92 t 伴生 Ag 958.91 t，Au 12.93 t。建立了拉屋铜铅锌多金属矿的成矿模式和当雄—嘉黎一带的 Cu—Pb—Zn 的找矿模式。由北向南划分出 4 个多金属成矿带和圈出 10 处找矿远景区。

二、应用范围

采掘业。

三、推广转化方式

技术转让。

技术依托单位：中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所

联系人：王秋霞

通讯地址：河南省郑州市中原区陇海西路 328 号

邮政编码：450006

联系电话：0371—68617811 68632043

电子邮件：zzskjc@163.com

中蒙边境中东段我国一侧铜金银矿床 成矿规律与找矿方向

一、内容概述

1. 成果简介

“中蒙边境中东段我国一侧（北山和二连-东乌旗地区）铜金银矿床成矿规律与找矿方向”（课题编号：1212010561603-1）是国土资源大调查实施的综合找矿评价课题之一，属于应用基础研究领域。

该课题运用现代成矿学最新理论和采用找矿学最新技术方法，对中蒙边境中东段我国一侧的北山和二连-东乌旗地区岩（层）体的变质作用、岩浆活动和构造运动以及金属元素活化、迁移、聚集机制进行了深入研究，探讨了古大陆板块相互碰撞、对接和造山作用过程；厘定了各大地构造单元的边界；阐述了区域性金属矿床成矿作用的动力学机理；划分了成矿区带、矿田和找矿预查区；论证了花岗岩类岩浆侵位方式和成因；阐明了构造-岩浆活动对金属矿床的控制作用；总结了重要金属矿床（点）找矿标志，提出了不同类型金属矿床的成矿模式，指出了找矿方向，圈定出了找矿远景区。

在课题实施过程中，科研人员先后发表论文 37 篇，SCI 收录论文 5 篇，核心期刊论文 30 篇，出版专著 1 部，编写研究报告 1 部。培养博士后 1 人、博士研究生 4 人和硕士研究生 2 人。另外，从课题设计书编写、野外工作验收到研究报告最终评审，全部被评定为优秀级，获同期同类课题的最高得分。

课题完成之后，科研成果被有关地勘单位、矿山企业和地方人民政府广泛采用，为找矿勘查工作部署、隐伏金属矿床寻找和地方工业布局规划提供了重要科学依据，为国家经济建设和社会发展起到了积极作用。

总而言之，本课题各项科研成果的取得，极大地提高了我国中蒙边境中东段我国一侧的北山和二连-东乌旗地区矿产地质科学研究水平，填补了我国北方金属成矿带关键地区矿产资源综合性评价的空白，提供了 5 处新的战略远景找矿区，为当地国民经济和社会进步提供了重要技术支撑。

2. 主要创新点

采用矿产地质科学最新理论和找矿勘查最新技术方法，对北山和二连-东乌旗地区范围内分布的各类金属矿床的产出环境、分布规律和形成机理进行了全方位和多学科的综合研究，填补了我国重要成矿区带综合性矿产地质调查空白，主要创新成果表现在以下三个方面：

（1）首次对北山和二连-东乌旗地区的重要金属矿床和预查区类型进行了初步划分，区分出 8 种金属矿床类型。在此工作基础上，确定了区域构造作用和岩浆活动与金属成矿

作用的关系；阐明了代表性金属矿床的产出环境、地质特征和形成机理，建立了综合性成矿模式和找矿模型。为理清上述地区隐伏金属矿床的找矿思路和进行找矿评价提供了科学依据；

(2) 根据北山和二连-东乌旗地区的地质构造特征、自然地理条件和矿（化）体覆盖层厚度，提出了一整套新的找矿技术方法组合，即“PIMA 扫面，高密度电法跟进和 EH4 法定位”。根据上述找矿评价预测程序，对前人圈定的物化探异常进行了再次筛选，确定了主攻矿化地段，并且在内蒙古额勒根乌兰乌拉铜矿预查区和莫若格钦铅-锌矿预查区取得了找矿突破；

(3) 课题组人员采用新的成矿理论和新的技术方法在内蒙古白音查干地区开展了综合性找矿评价工作，并且获得一大批新的找矿信息。根据课题组人员所提供钻孔位置，矿山企业经钻探验证，在所施工的钻孔中分别见到厚度较大、品位较高和连续性较好的银多金属矿化体，取得找矿的重大突破，该矿有望成为内蒙古东部规模最大的银多金属矿床；

总之，本项科研成果对于极大地提高北山和二连-东乌旗地区矿产地质科学研究水平，推动我国紧缺矿产找矿勘查工作的深入进行，促进当地国民经济和社会发展均具重要理论和现实意义，真正实现了“地质科学为国民经济建设服务”这一国家目标（见应用证明材料之一到之六）。

3. 详细技术内容

总体思路：采用现代成矿学最新理论和找矿学最新技术方法，阐明北山和二连-东乌旗地区地区大地构造演化、岩浆活动与铜金银金属矿床（点）成矿作用的关系，查明金属矿床（点）成矿地质条件和时空分布特点，总结本地区的成矿规律与找矿标志，建立区内典型贵重和有色金属矿床（点）的成矿模式和找矿模型，最终指出普查找矿方向，进行金属矿床（点）定位预测。

技术方案：项目共有 10 人参加科学研究和野外地质调查工作；①首先对区域成矿地质背景和典型矿床开展研究，建立区域成矿模式和找矿模型；②开展矿点和异常检查与评价，划分矿化类型，确定主攻矿化区段；③依据地质、遥感和物化探资料开展成矿预测，指出找矿远景，优选找矿靶区。

4. 创新成果

(1) 对工作区构造格局进行了重新厘定：通过系统野外地质调查和详细的室内研究工作，将二连-东乌旗地区划分为 2 大构造域和 9 个构造-地层单元，即华北陆块：①古元古代-太古代结晶基地；②中-新元古代大陆边缘；③白乃庙-温都尔庙前寒武纪-早古生代构造-岩浆岩带；④阿尔善图-查干淖尔晚古生代构造-岩浆岩带；⑤艾力格庙-锡林浩特前寒武纪中间地块；⑥二连浩特-贺根山晚古生代蛇绿混杂岩带。西伯利亚板块：⑦阿巴嘎旗-东乌珠穆沁旗晚古生代构造-岩浆岩带；⑧查干敖包-奥尤特-朝不楞早古生代构造-岩浆岩带；⑨南蒙古早古生代构造-岩浆岩带。在此基础上，对各构造-地层单元的结构特征、构造式样、边界断裂性质、含矿性特点和形成过程进行了全方位分析，阐明了断裂形成作用与岩浆活动、沉积作用和成矿事件的耦合关系，为建立区域性金属矿床成矿模式提供了理论依据。

(2) 花岗岩类侵入岩研究：首次对北山和二连浩特-东乌旗地区代表性花岗岩类侵入岩体开展了系统岩石学和地球化学研究，对各代表性侵入岩体的成岩环境、形成时代和含

矿性特征进行了深入讨论。尽管在工作区范围内,从前寒武纪到中生代印支期,各时代的花岗岩类侵入岩均有出露,但是海西期和印支期花岗岩以分布范围广、出露面积大和含矿性好为特点。绝大多数花岗岩类属古大陆边缘活动带或碰撞造山构造环境内形成的I型或碱性花岗岩。研究表明,本区大多数花岗岩类侵入岩的成岩作用与深源岩浆活动有关。鉴于工作区范围内各构造-地层单元在形成环境、岩性组合和结构构造上各不相同,各代表性花岗岩岩体无论在岩相学和矿物学特征方面,还是在元素地球化学,同位素组成和壳-幔物质比值上既存在有一定的相似性,又存在某些明显差别,由此来看,花岗岩类侵入岩体是区域地壳不同演化阶段混源岩浆活动的产物。

(3) 对金属矿床的类型进行了划分:以容矿围岩岩相学为基础,同时结合金属矿床(点)空间几何分布形态和成矿作用特征,首次对北山和二连-东乌旗地区的重要金属矿床和预查区类型进行了初步划分,并对其地质特征进行了系统总结。研究表明,本区金属矿床大体可划分为以下8种类型:①斑岩型金属矿床:如毛登锡铜矿床、奥尤特铜矿床、阿太乌拉铜矿预查区和额勒根乌兰乌拉铜矿预查区;②矽卡岩型金属矿床:如朝不楞铁多金属矿床、卡休他铁钴金矿床和查干敖包铅锌矿床;③与花岗岩类深成岩有关的金属矿床:如沙麦钨矿床、白音宝力道金矿床、巴彦哈尔金矿床、红尖兵山钨矿床和朱斯楞海尔罕铜矿预查区;④与镁铁质-超镁铁质侵入岩有关金属矿床,如小坝梁铜-金矿床和哈拉图庙镍矿预查区;⑤沉积岩为容矿围岩金属矿床,如阿尔哈达铅-锌-银矿床、莫若格钦铜-铅-锌-银矿预查区;⑥火山岩为容矿围岩金属矿床:黑鹰山铁矿床;⑦变质岩为容矿围岩金属矿床:如朱拉扎嘎金矿床、老硐沟金矿床、白莲图金矿预查区和青山铜矿预查区;⑧风化壳内产出的金属矿床:如乌斯尼黑镍矿床。上述金属矿床的分类为理清隐伏金属矿床的找矿思路,确定主要矿床类型和进行找矿评价提供了科学依据。

(4) 金和银多金属矿床(预查区)研究获重要进展:从成矿地质背景研究入手,结合矿体地质、矿石结构构造和同位素地球化学特征,详细地论证了朱拉扎嘎金矿床、白音宝力道金矿床、巴彦哈尔金矿床、阿尔哈达铅-锌-银矿床、白莲图金矿预查区和老硐沟金矿预查区地质与地球化学特征,探讨了贵重金属成矿作用与各构造-地层单元变形变质效应和中酸性岩浆侵入活动的关系,阐明了成矿作用时空演化规律和成矿组份的富集过程。研究表明,朱拉扎嘎、老硐沟和百莲图金矿床大都在新元古代变质岩地层内产出,并且与古生代花岗岩体具密切空间分布关系,属海西期岩浆活动对前寒武纪变质岩进行叠加改造的产物。相比之下,尽管白音宝力道金矿床和巴彦哈尔金矿床均在古生代花岗岩株(脉)内及旁侧产出,但是他们的成矿作用与印支期含矿热液流体活动有关,属中生代早期中温热液金矿床。阿尔哈达铅-锌-银矿床的容矿围岩主要为上泥盆统泥岩和粉砂岩,其成矿作用与古洋盆内热流体喷溢活动和海西期花岗岩类侵入岩体对含矿地层的叠加改造作用有关。

(5) 铜、铜-金和铜多金属矿床(预查区)研究获重要进展:北山和二连-东乌旗地区铜、铜-金和铜多金属矿床(预查区)星罗棋布,其中以额勒根乌兰乌拉、朱斯楞海尔罕、青山、奥尤特、小坝梁、阿太乌拉和莫若格钦矿床(或预查区)最为重要,其成矿机理研究和找矿评价预测工作为国内外矿床地质学家所关注。本次工作过程中,我们对上述7处铜、铜-金和铜多金属矿床(预查区)成矿环境、形成时代、元素地球化学和同位素组成特征开展了全方位和系统的研究。研究表明,额勒根乌兰乌拉、朱斯楞海尔

罕、青山、奥尤特和阿太乌拉铜、铜-金和铜多金属矿床（或预查区）均是古大陆边缘海西期中酸性岩浆活动的产物，成矿物质具有明显混源（壳-幔源）特征，其中壳源组份所占比例略大于幔源组份，属斑岩型金属矿床（或预查区）。尽管大部分矿床（或预查区）在古生代火山-沉积岩地层中产出，但是它们均与花岗岩类侵入岩体具有密切空间分布关系，是海西期中酸性岩浆活动的产物，属于与深成花岗岩有关的中温热液脉型矿床（或预查区）。相比之下，小坝梁铜-金矿床在辉绿岩脉群内及其旁侧产出，成矿作用与幔源岩浆活动有关，属于与镁铁质-超镁铁质侵入岩有关的铜-金矿床。

（6）首次对富铁和铁多金属矿床开展了系统研究：自 20 世纪 60 年代以来，黑鹰山富铁矿床，卡休他他铁-钴-金矿床和朝不楞铁-铜-铋矿床就一直是 3 处鲜为人知的大中型矿产地，前 2 处为西北地区重要的富铁产地，第 3 处则是东北地区最重要的产铋矿山。它们在我国西北和东北地区矿业开发利用中所占的重要地位是不言而喻的。本次研究过程中，我们分别对黑鹰山、卡休他他和朝不楞矿床的产出环境、成矿时代和成矿机理开展了系统研究。研究结果表明，黑鹰山富铁矿床的成矿作用与晚古生代中酸性岩浆喷发活动有关，属火山岩型富铁矿床。相比之下，卡休他他铁-钴-金矿床和朝不楞铁-铜-铋矿床的成矿物质分别来自壳-幔混合源，其成矿作用分别与海西期和印支期中酸性岩浆上侵定位及其对围岩的接触交代作用有关，属矽卡岩型铁多金属矿床。

（7）钨和锡-铜矿床研究获重要进展：红尖兵山钨矿床、沙麦钨矿床和毛登锡-铜矿床分别是北山和二连-东乌旗地区最重要的钨和锡-铜矿床，它们的成矿机理研究和矿区深部及外围的找矿评价工作一直未能得到应有的重视。在本次工作过程中，我们对这 3 处矿床的成矿环境、形成时代、元素地球化学和同位素组成特征开展了系统研究。研究结果表明，尽管红尖兵山矿床与沙麦和毛登矿床的地理位置相距甚远，但是它们均是古大陆内部拉张构造环境中印支期富碱中酸性岩浆活动的产物，成矿物质具有明显的混源（壳幔源）特征，其中壳源组份所占比例远大于幔源组分。红尖兵山钨矿床和沙麦钨矿床均属与花岗岩类深成岩有关的热液脉型矿床，相比之下，毛登为斑岩型锡-铜矿床。与华南燕山期钨和锡矿床相比，红尖兵山钨矿床、沙麦钨矿床和毛登锡-铜矿床无论在产出环境和成矿主岩方面，还是在矿物组分、同位素组成、元素地球化学和热液蚀变特征上均存在有明显差异，反映了他们独特的成矿环境、地质-地球化学特征及成矿机理。

（8）提出了一整套新的找矿技术方法组合：根据北山和二连-东乌旗地区的地质构造特征、自然地理条件和矿（化）体覆盖层厚度以及不同找矿技术方法的探测能力，并且本着准确、可靠、快速和经济的原则，在本次工作过程中，我们率先将便携式红外光谱技术（Portable Infrared Mineral Analyzer, 简称 PIMA），高密度电法和 EH4 方法应用于北山和二连-东乌旗地区的找矿评价预测工作，并且提出了新的找矿技术方法组合，即“PIMA 扫面，高密度电法跟进和 EH4 法定位”。根据上述找矿评价预测程序，在 2 处找矿预查区范围内，对前人圈定的物化探异常进行了再次筛选，明确了找矿方向，确定了主攻矿化地段，并且在额勒根乌兰乌拉铜矿预查区内发现多处具有工业价值的铜（钼）矿体。另外，在莫若格钦铅-锌矿预查区内发现多处高品位（铅 1.63%，锌 2.82% 和银 392×10^{-6} ）矿化体，极大地提升了这 2 个预查区的综合性找矿评价与预测水平，推动了隐伏金属矿床找矿工作的进展。

（9）综合性成矿模式：研究结果表明，尽管北山和二连-东乌旗地区各类金属矿床在

成矿环境、地质特征、成因类型、形成环境和成矿方式等方面存在有一定的差异，但是其成矿物质来源和成矿作用均与壳-幔源岩浆活动有关，岩浆活动对各类金属矿床成矿作用影响的强度和规模主要取决于矿床形成的时间和所处的大地构造部位。金属矿床（或预查区）的形成过程大体可划分为下述3个阶段，即造山期前，同造山期和造山期后阶段：①造山期前阶段，新元古代和早古生代时期的构造-岩浆活动可在古大陆内部及边缘海盆地内形成一系列含矿火山-沉积岩建造，如老硐沟、朱拉扎嘎和百莲图金矿床（或预查区）范围内的含金前寒武系变质岩以及青山铜矿预查区范围内含铜的早古生代火山-沉积岩。另外，温都尔庙群绿片岩中的铁矿床同样是新元古代海底火山热液喷溢活动的产物；②同造山阶段：自晚泥盆世开始，受西伯利亚板块、古蒙古洋壳、哈萨克斯坦-北山板块和华北陆台之间多期次俯冲、碰撞和对接作用的影响，强烈的构造-岩浆活动可沿古大陆边缘形成一系列铜、铜（钼）、铁-钴-金、金、镍和铅-锌-银矿床，各类金属成矿作用在海西晚期达到第一个高潮；③造山期后阶段：古大陆内部强烈的张裂构造作用可诱发大规模富碱中酸性岩浆活动，并且在构造有利部位形成铁-铜-铋、锡-铜、铜-金和钨矿床。各类金属成矿作用在印支期达到“顶峰”，工作区内70%以上的金属矿床就是此期构造-岩浆活动的产物。

二、应用范围及应用实例

（1）本课题的研究成果十分清晰地勾画出北山和二连-东乌旗地区区域地壳演化与金属成矿过程的全貌，对于指导该区贵重和有色金属矿床的找矿勘查工作具有重要的指导意义和实用价值。

（2）圈定了一批具有良好找矿潜力的铜、铅-锌-银和金矿预查区：通过区域矿产地质调查、物化探异常查证、成矿环境和控矿条件研究，发现和圈定了一批可供开展面积性找矿普查工作的铜、铅-锌-银和金矿预查区，它们分别是：①百莲图金矿预查区；②青山铜矿预查区；③朱斯楞海拉尔铜矿预查区；④莫若格钦铅-锌-银矿查区；⑤阿太乌拉铜矿预查区。在上述各预查区范围内，铜、金和铅-锌-银异常以峰值高、衬度清晰、规模较大和套合性较好为特点，另外，高密度电法、 EH_4 和磁异常呈罗棋布，部分异常与采用PI-MA确定的热液蚀变常分布范围十分吻合，显示出良好的找矿前景。

（3）在额勒根乌兰乌拉铜矿预查区发现新的铜-钼矿体：运用最新成矿理论，采用红外光谱（PIMA）、连续电导率（ EH_4 ）、激发极化法和高精度磁法等新技术方法，在北山地区的额勒根乌兰乌拉铜矿预查区范围内开展了大比例尺找矿预测评价工作，先后在176线和188线深部发现了多处具有高极化率和中高磁力异常特征的低阻体，并且建议予以钻探验证。通过系统的山地工程，先后在176线1号孔的200 m处和188线2孔号的260 m处以及两勘探线之间3号孔的230 m处分别见到30 m、40 m和100 m厚的铜-钼矿体，其中45%样品的铜含量（0.4%~0.8%）和95%样品的钼含量（0.03%~0.3%）接近、达到或超过工业品位。本区找矿结果表明，红外光谱、连续电导率（ EH_4 ）和激发极化法以及高精度磁法测量相结合，是在该区寻找铜（钼）矿体，进行矿体定位预测的行之有效技术方法组合。红外光谱测量可快速圈定热液蚀变带和成矿有利地段，连续电导率（ EH_4 ）测量的探测深度（200~1500 m）较大，有助于准确锁定深部隐伏矿体的位置。

（4）白音查干地区银多金属矿床找矿获重要进展：课题组科研人员采用新的成矿理

论和新的技术方法在内蒙古白音查干地区开展了综合性找矿预测工作，并且获得一大批新的找矿信息。根据我们所提供钻孔位置，经内蒙古兴业集团（股份）有限公司钻探验证，在所施工的4个钻孔中分别见到厚度较大、品位较高和连续性较好的银多金属矿化体，其中ZK-9号钻孔内发现矿化体21层，累计厚度为83.27 m，其中第10号和第16号矿化层的连续厚度分别为18.4 m和13 m，同样，在ZK-8号钻孔内发现矿化体8层，累计厚度为23.79 m，其中第4号和第7号矿化层的连续厚度分别为6 m和5.24 m。银含量变化范围为 $(22.4 \sim 2270) \times 10^{-6}$ ，平均值为 502.68×10^{-6} ；最高值为 3775×10^{-6} ；铅为0.46%~5.40%，平均值为0.69%，最高值为6.19%；锌1.34%~18.5%，平均值为2.64%，最高值为32.11%。根据上述找矿结果，并且结合已有矿产地质和物化探资料数据，我们认为，在白音查干银多金属矿化区及外围实现更大的找矿突破是完全有可能的；

(5) 在莫若格钦铅-锌矿预查区发现新的铅-锌矿体：在该预查区中部的布哈达山一带的3处探槽内发现氧化带露头，初步控制的长度为100 m，厚度为3~4 m，4件刻槽样品（每件样品长1 m）银、铅和锌的平均含量分别为 138.43×10^{-6} ，0.83%和1.44%，个别拣块样品中银含量为 392×10^{-6} ，铅1.63%和锌2.8%。另外，23件样品中银、铅和锌含量均已达到工业品位，所有上述发现为后续的找矿勘查工作提供了科学依据。

三、推广转化方式

(1) 以论文、报告和专著的形式进行学术传播。在该课题实施过程中科研人员获一大批重要科学研究成果，先后完成科研报告1部，出版专著1部，并且在国内外学术刊物发表学术论文37篇，其中SCI收录论文5篇，国内中文核心期刊论文30篇，取得了十分明显的社会效益；

(2) 通过培养研究生进行学术传播。先后培养博士后1人、博士研究生4人和硕士研究生2人，他们均已成为科研或教学单位、矿业公司的骨干力量；

(3) 通过学术活动进行成果交流。所取得的科研成果为国内外矿床地质学家广为应用，课题负责人先后应邀到澳大利亚、日本、葡萄牙、希腊和保加利亚等国政府地质机构和大学地质学系进行演讲和学术交流活动。

技术依托单位：中国地质科学院矿产资源研究所

联系人：孙文泓

通讯地址：北京西城区百万庄路26号

邮政编码：100037

联系电话：010-68999027

电子邮件：sunwh@263.net

内蒙古大兴安岭中北段铜铅锌银多金属矿 成矿规律与勘查技术示范

一、内容概述

项目来源：该项成果为国家科技支撑计划“十一五”重大项目《内蒙古大兴安岭中北段铜铅锌银多金属矿成矿规律与勘查技术示范》主要完成人员：余宏全、金浚、李进文、马生明、关继东、张德全、吴德文、董英君、杨郢成等。

承担单位：中国地质科学院矿产资源研究所

协作单位：北京矿产地质研究院、内蒙古自治区第六地质矿产勘查开发院、有色金属矿产地质调查中心、中国地质科学院廊坊物化探研究所

主要成果和进展：项目对大兴安岭中北段铜铅锌多金属矿的成矿地质背景、成矿规律和找矿技术方法进行了系统研究，取得重要进展。①以构造、岩浆、成矿事件研究为基础，结合大量原岩锆石 U-Pb 测年结果统计，对大兴安岭中北段研究区主要构造事件时序进行了分析，总结出大兴安岭北段 14 个构造演化阶段，提出大量原岩锆石的同位素测年统计分析对研究构造演化有重要意义；②提出大兴安岭中北段中生代构造构造-岩浆-成矿作用主要与蒙古-鄂霍茨克洋造山作用有关，新发现大兴安岭中北段有强烈早中生代构造-岩浆-变质作用，且主要与蒙古-鄂霍茨克洋在早中生代发生碰撞有关，晚中生代构造-岩浆-成矿作用则主要与蒙古-鄂霍茨克洋造山后伸展垮塌作用有关；③根据成矿年代学研究成果，系统总结了研究区多金属矿的成矿演化规律，提出不同类型矿床有明显的时间演化规律，斑岩型铜矿形成时代延续最长，从早古生代延续至燕山晚期，成矿地质背景具有多样性；斑岩型钼矿、矽卡岩型和热液型多金属矿则主要与碰撞造山和造山后伸展垮塌作用有关；④总结出大兴安岭中北段三个重要的构造-岩浆-成矿事件，即早古生代与岛弧岩浆作用有关的斑岩铜矿成矿事件、早中生代与蒙古鄂霍茨克洋碰撞造山有关斑岩型铜钼矿成矿事件、晚古生代与造山后伸展垮塌有关多金属矿成矿爆发性事件；⑤研究总结了森林沼泽区地质物化探技术方法组合、影响因素和适用范围；开展了大兴安岭中北段综合成矿预测研究，圈定成矿远景区 94 个，其中 A 类成矿远景区 16 个，B 类成矿远景区 78 个；提出找矿靶区 29 处，其中 7 处经过勘查验证，取得良好找矿效果。

课题创新性成果体现在：

(1) 提出大量原岩锆石测年统计结果可以用于研究区区域构造演化历史，并据此研究总结了大兴安岭中北段构造演化史；

(2) 提出工作区有强烈的早中生代构造-岩浆作用；该时期岩石和构造产物有非常显著的陆陆碰撞造山组合特点，其发生的构造地质背景与蒙古-鄂霍茨克洋封闭时的陆陆碰撞事件有关。

(3) 根据构造和岩石组合特点提出大兴安岭中北段邻近地段的蒙古-鄂霍茨克洋在中

三叠世末期-晚三叠世早期即已封闭，西伯利岩板块南缘与兴蒙（+华北）板块在该时期开始陆陆碰撞，地壳增厚和碰撞高峰期在三叠纪末期；

（4）系统性地总结了大兴安岭中北段从洋到陆演化过程中成矿演化规律和地球动力学背景。提出在大洋阶段主要形成于岛弧岩浆作用有关斑岩型铜（金）矿，而陆陆碰撞和造山后伸展阶段、大陆边缘岩浆弧后伸展则形成多种类型的多金属矿床，是成矿的爆发期；

（5）开展了矿致异常结构特征、分散矿化识别方法、REE 在地球化学异常评价中的应用、异常成因判别方法等项试验研究工作，取得了预期研究成果

（6）总结研究了森林沼泽区地质物化探技术方法的影响因素和适用范围，提出草原-森林沼泽景观区针对不同亚景观条件、不同矿床类型的地球化学、地球物理勘查方法组合和工程程序，经过多个矿区示范性勘查取得很好的找矿效果。

二、应用范围及应用实例

大兴安岭地区矿产勘查工作部署、勘查选区、探矿技术方法优选；研究工作期间提出找矿靶区 29 处，其中嘎仙镍钴矿、毕拉河铁矿、原林钼矿等 7 处经过勘查验证，找矿效果良好。

三、推广转化方式

会议交流、技术咨询。

技术依托单位：中国地质科学院矿产资源研究所

联系人：孙文泓

通讯地址：北京西城区百万庄路 26 号

邮政编码：100037

联系电话：010-68999027

电子邮件：sunwh@263.net

第四部分 金属矿产

内蒙古正蓝旗羊蹄子山-磨石山沉积变质型大型锐钛矿矿床的发现、勘查和研究

一、内容概述

1. 成果简介

内蒙古正蓝旗羊蹄子山在 1:20 万区域矿产图上是一个铁矿点, 经过四个地质队的检查 (1959、1972、1974、2001 年), 都认为是一个沉积变质型铁矿点。2004 年底, 赵一鸣、李大新应邀对该“铁矿点”进行短期考察, 并作相应的室内研究, 认为这不是一个铁矿点, 而是一个以锐钛矿 (金红石的同质异象) 为主, 伴有金红石和钛铁矿的大型沉积变质钛矿床, 属新的钛矿床类型。在内蒙古自治区地勘项目 (05-1-TK01)、中央级公益性科研院所基本业务费 (K0714-1) 和国家自然科学基金 (40773038) 的联合资助下, 由赵一鸣、李大新、吴良士、陈文明、丰成友、王佩华、高学东和孙文泓组成的课题组, 于 2005~2009 年对该矿床进行了预查评价、普查和研究, 取得以下主要成果:

(1) 基本查明了矿区含矿变质地层的时代、岩性、层序和含矿层位, 确定了磨石山和羊蹄子山两个重要成矿带; 矿体围岩是原二道洼群变质石英砂岩、变质粉砂岩、斜长角闪岩和石英岩等; 富矿层中的锆石 SHRIMP U-Pb 定年结果为 1751 Ma, 说明含矿地层时代为中元古代。

(2) 共查明锐钛矿矿体 35 条, 其中富矿 6 条; 富矿石平均品位 (TiO_2) 6.91%, 是我国目前已知金红石矿床中最富的矿石。指出矿区内存在两类不同成因的富矿, 即沉积变质型和热液改造型, 以前者为主。

(3) 基本查明矿区构造格局, 含矿变质地层为走向 NEE 的单斜层, 倾向 NNW, 倾角 60° 左右。变质地层局部被 NNE 向断层错断。

(4) 查明了矿区岩浆岩的类型、岩性、分布和时代, 主要为花岗岩, 时代为燕山晚期 (118 Ma)。

(5) 对矿区进行了储量估算, 获得 TiO_2 资源储量 (333) 33.96 万 t, 属大型; 其中富矿 9.86 万 t, 为中型。

(6) 对矿床成因、成矿时代提出了创新认识。详细的矿物学、岩石学、同位素地球化学研究, 揭示该矿床为海底基性火山喷气-热液沉积 (1751 Ma) 后, 经中 (偏低) 级变质改造 (1158 Ma) 而成。在燕山晚期 (118 Ma), 由于花岗岩的侵位, 矿体局部遭受热液改造。

(7) 高精度磁法测量和高精度重力测量试验表明, 在富矿体上部高精度磁法和重力有一定异常反映。

(8) 提出了寻找该类锐钛矿矿床的岩石、矿物、地球化学和地球物理综合找矿标志。

(9) 由于矿石矿物粒度细小, 选矿极其困难, 经多次试验, 已有较大进展, TiO_2 精

矿品位达 80%，回收率 53%，但尚需进一步研究攻关。

2. 主要创新点

首次对原二道洼群含矿变质地层，进行锆石 SHRIMP U - Pb 同位素测年，为 1751 Ma，属中元古代。

沉积变质型锐钛矿矿床在国际上是首次发现。我们查阅了 1500 多份有关钛矿床的文献，目前世界上的钛矿床，除钒钛磁铁矿矿床外，主要为金红石矿床，已知的锐钛矿矿床很稀少，只有两个，即巴西的 Tapira，这是由富钛碱性岩风化淋滤而成；另一个是加拿大魁北克阿巴拉契山的早寒武世沉积古砂矿，其中含较多金红石和锐钛矿，作者 Hebert 等强调，锐钛矿是原来沉积的钛铁矿经古风化淋滤的产物。因此，本区沉积变质型锐钛矿矿床是钛矿床的一个新的类型。

3. 技术特点

(1) 本研究项目是地质科研单位一个课题组，对一个新类型钛矿床从发现、预查评价到普查勘查和研究，进行一条龙亲身实践的有益探索。在此期间，科研工作始终贯穿于矿产勘查的全过程，科研和生产紧密结合，相互促进。

(2) 普查工作重点主要放在新发现的磨石山矿带，按 200 m × 100 m 的勘探网度，共施工 17 个钻孔，其中磨石山 15 个，羊蹄子山 2 个；施工探槽 30 条。上述工程基本上控制了矿区的主要矿体。

(3) 由于矿石矿物颗粒细小 (0.01 ~ 0.1 mm)，肉眼和放大镜难以区别矿和非矿，只能在高倍显微镜下才能识别。为了避免在岩芯中全孔采样的浪费，我们采用手提 X 光荧光光谱仪，在野外进行试验，获得了成功。即先在野外对岩芯进行 X 光荧光光谱仪作半定量测定，对 TiO₂ 含量高者，再采样进行化学分析。

(4) 运用高倍偏反光显微镜、电子探针、X 光粉晶衍射仪和激光光谱仪等先进仪器，对矿石矿物成分进行详细研究，确定矿石主要矿物为锐钛矿，次为金红石和钛铁矿，对数百片光薄片进行统计结果，三者之比为 3:1:1。脉石矿物主要为石英，次为直闪石、黑云母、石榴子石等。

二、应用范围及应用实例

内蒙古羊蹄子山-磨石山沉积变质型锐钛矿矿床的发现、勘查和研究，开阔了对元古宇变质地层中寻找类似锐钛矿矿床的思路。

三、推广转化方式

本成果除了以普查报告、储量报告和研究报告的形式提交外，还在地质学报（英文版）、矿床地质等刊物上发表系列论文 9 篇。

技术依托单位：中国地质科学院矿产资源研究所

联系人：孙文泓

通讯地址：北京百万庄大街 26 号

邮政编码：100037

联系电话：68999027

电子邮件：sunwh@263.net

黔东地区南华系锰矿找矿科研成熟找矿理论

一、内容概述

黔东地区南华系锰矿在 50 余年的找矿勘查中,通过“产学研”紧密结合的方式,运用成矿系统理论和天然气渗漏形成冷泉碳酸盐岩的观点对黔东地区锰矿及赋矿围岩地层与沉积学以及地球化学等方面进行研究,对华南南华纪“大塘坡式”锰矿成矿规律、成矿模式和找矿模型进行探索和研究,提出了一些锰矿成矿的新认识、新标志,指导锰矿整装勘查,实现锰矿找矿新的重大进展。

一是发现了含锰岩系 Mn/Cr 比值规律:即大中型锰矿床含锰岩系中的黑色碳质粘土岩中 Mn 、 Cr 微量元素含量的平均值之比 (Mn/Cr),几乎均等于一常数,即 40 左右,无锰矿的地区, Mn/Cr 比值则无此规律。

二是本区锰矿的形成环境受 Rodinia 超大陆裂解而成的凹陷盆地控制,为此利用沉积盆地分析、构造研究等方法对区内成锰盆地的分布规律进行了研究与预测,提出了系列有利锰矿找矿靶区,为找矿突破奠定了基础。

三是分析研究了菱锰矿体和白云岩透镜体的 C 、 O 同位素和 S 同位素的组成和特征,提出了“大塘坡式”锰矿为冷泉碳酸盐岩成因,提出南华系大塘坡组的菱锰矿体与白云岩透镜体和下伏两界河组的白云岩透镜体,都是在同一古天然气渗漏系统中不同时期的冷泉碳酸盐岩沉积物,这一规律指导了区内锰矿的普查找矿。

四是发现了与现代冷泉十分相似的渗漏沉积构造——气泡状构造、底辟构造、渗漏管构造以及一系列软沉积变形纹理等,初步提出了“大塘坡式”锰矿的天然气渗漏系统形成锰矿的成矿模式和找矿模型。

二、应用范围及应用实例

进入新世纪以来,通过“产、学、研”结合,招商引资带动,特别是 2008 年锰矿整装勘查启动以来,建立了地方政府、国有地勘单位和大企业合作进行勘查的“三位一体”模式,运用锰矿成矿的新理论、新认识和新方法,进行整装勘查,实现锰矿找矿的重大突破,其科技成果运用情况如下:

(1) 2002 ~ 2003 年松桃西溪堡锰矿普查找矿中,首先对地表含锰岩系进行了系统的揭露和微量元素地球化学测量,圈定了含锰岩系 Mn/Cr 接近 40 的地段,并在此基础上进行深部钻探工程评价,施工多个钻孔见矿,从而打开该区锰矿找矿的局面。之后的 2009 ~ 2012 年,通过构造研究、沉积成锰盆地分析,利用古天然气渗漏系统成矿理论指导,从而使西溪堡矿床外围及下院子、平土矿段攻深找盲取得重大突破,目前该整装勘查区初步控制锰矿新增资源量 2000 ~ 3000 万 t。

(2) 2004 ~ 2006 年铜仁瓦屋一下溪锰矿普查找矿中,首先于麦禾溪锰矿段开始钻探

评价，在浅表连续施工 6 个钻孔落空的情况下，通过矿区含锰岩系中的 Mn、Cr 微量元素含量的平均值之比（Mn/Cr）分析仍为 40 左右，进一步增强大家信心，最终第七个钻孔见矿，从而打开该区锰矿找矿的局面，现该区已找到 2~3 个中型规模的锰矿，查明锰矿资源量 1500 万 t 以上。

（3）在松桃乌罗-冷水锰矿普查找矿中，通过盆地分析、古构造研究圈定了有利的锰矿靶区，并于 2010 年在完全隐伏的矿区实施钻探工程验证，实现一孔就见富矿，现该矿区已施工 9 个钻孔见矿，矿体埋深 800~1200 m，初步控制锰矿资源量 3000~4000 万 t，其矿床远景有可能具有超大型矿床规模。

（4）2006~2009 年，利用古天然气渗漏与锰矿成矿理论进行攻深找盲和探边摸底，在杨家湾锰矿区提交了 332+333 资源量 2024 万 t；在杨立掌锰矿深部的李家湾矿床也取得重大进展，初步控制锰矿资源量大于 2000 万 t。

三、推广转化方式

在实践中总结提高，产学研结合，科研项目成果直接与生产结合。

技术依托单位：贵州省地矿局 103 地质大队

联系人：覃英

通讯地址：贵州省铜仁市共表路 162 号

邮政编码：554300

联系电话：0856-5216333，13985345819

电子邮件：gzdk103@163.com，qinying103@163.com

河北省平泉小寺沟地区成矿规律及找矿预测研究

一、内容概述

河北省平泉县小寺沟斑岩铜钼矿床是华北地区一个大中型的多金属矿床,经多年的生产,矿山资源已基本耗尽,但近年来华北地勘局地勘总院运用新的找矿理论与方法,在其外围先后发现了一批新的矿床与矿点,其中小石门银金矿床就是该院新找到的矿床,从已完成的地质、物探工作来看,已具备形成中型以上银-金多金属矿床的成矿地质条件。为了深化本区的普查找矿工作,进一步查明本区的成矿地质背景,提供新的找矿地段和找矿靶位,地质勘查总院联合中南大学地学与环境工程学院地质研究所对该科研项目开展研究工作。

本次研究工作厘定小寺沟地区的矿田构造特征,研究成矿系列组合,矿化富集规律,最终提出新的找矿地段和找矿靶位。主要包括:

地质背景分析:进一步收集和研究工作区的地质、物探、化探等资料和成果,分析成矿地质背景,重点研究工作区的地质构造格架及时空演化规律,研究与成矿有关的各种控制因素;构造研究:重点研究了断裂构造直接控制作用,进一步重新厘定区内断裂构造特征,包括形态、产状、规模、性质及其相互之间关系,分析构造与成矿作用关系,着重分析控矿构造特征;研究成矿规律:在深入研究矿区成矿地质背景、矿区构造特征、控矿因素的基础上,重点研究区内成矿系列组合特征,找出在时间上、空间上和物质来源方面直接控制矿床形成和分布的规律,预测矿区及外围的找矿前景;找矿预测:在研究成矿规律基础上,提出了新的找矿地段和提供了找矿靶位,经工程验证取得了预期效果。

本课题研究所采取的方法组合及取得的科研成果对本区(带)潜在资源的寻找,以及成矿条件相似的其它地区的接替资源的寻找均具有很好的借鉴意义。

二、应用范围

科学研究、技术服务和地质勘查业

三、推广转化方式

转化方式:技术服务

技术依托单位:天津华北地质勘查总院

联系人:杨伦

通讯地址:天津市津塘路99号

邮政编码:300181

联系电话:022-84236601

电子邮件:ylun@263.com

广东省封开县园珠顶矿区寻找斑岩型铜钼矿床，实现找矿重大突破

一、内容概述

资源是国民经济发展的基础，铜更是我国紧缺资源，一直备受国家关注，是国家鼓励勘查的矿种。在国土资源大调查时期，粤西—桂东成矿带就已列为重点成矿带，但在找矿方面一直没有找到突破口。在此背景下，经过多年的努力，改变原来的以寻找断裂带控制的热液型铜矿床为主的找矿思路，提出了以寻找斑岩型铜钼矿床的找矿思路，在粤西桂东地区实现了找矿新突破，新发现并勘探了一个可供近期利用的大型斑岩型铜钼矿。

二、应用范围及应用实例

广东省封开县园珠顶铜钼矿矿区内二十多年前曾有民采铜矿，且期间曾有多地质勘查单位开展过以寻找铜矿为主的地质找矿工作。由于历年来的地质找矿工作多局限在寻找断裂蚀变岩型薄层状铜矿床，且对找矿工作中发现的网脉状钼矿未作系统评价，找矿工作未能取得突破。本次勘查工作在详细收集野外第一手资料的基础上，通过深入分析综合研究，发现每一条小钼铜矿脉自身的产状简单，规模小，但总体上没有规律，用断层或地层控矿、总体具有较单一产状的成矿规律难以解释。针对在开展野外调查时发现靠近斑岩体地层中网脉状裂隙异常发育，通过加强对取得的物、化探等地质成果进行深入研究，认为历年来寻找的小铜矿脉是斑岩型矿体外围的矿脉，是一种找矿标志，而不是主矿体。遂改变原来的以寻找断裂带控制的热液型铜矿床为主的找矿思路，提出了以寻找斑岩型铜钼矿床的找矿思路，终于实现找矿重大突破，是华南地区在国家重点成矿带—钦杭成矿带西南段、粤西桂东成矿带近年来发现的大型铜钼矿床。

(1) 新发现并勘探了一个可供近期利用的华南地区屈指可数的大型斑岩型铜钼矿。经国土资源部矿产资源储量评审中心评审通过（国土资矿评储字〔2008〕174号），并已在国土资源部备案（国土资储备字〔2008〕277号）。为国家新增资源储量：矿石总量57079.58万t；铜金属量979802t、钼金属量258950t。伴生硫249.56万t、伴生银478t。潜在经济价值超1000亿元。

(2) 创新了该区地质找矿理论思路。矿区内二十多年前曾有民采铜矿，且期间曾有多地质勘查单位开展过以寻找断裂蚀变岩型薄层状铜矿床的找矿思路，但未能取得找矿突破。本次勘查工作在详细收集野外第一手资料的基础上，通过深入分析研究，发现每一条小钼铜矿脉自身的产状简单，规模小，但总体上没有规律，用断层或地层控矿、总体具有较单一产状的成矿规律难以解释。针对在开展野外调查时发现靠近斑岩体地层中网脉状裂隙异常发育，通过加强对取得的物、化探等地质成果进行深入研究，认为历年来寻找的小铜矿脉是斑岩型矿体外围的矿脉，是一种找矿标志，而不是主矿体。遂改变原来的以寻

找断裂带控制的热液型铜钼矿床为主的找矿思路，大胆提出了以寻找斑岩型铜钼矿床的找矿思路，终于实现找矿重大突破，是华南地区在国家重点成矿带-钦杭成矿带西南段、粤西桂东成矿带近年来发现的大型铜钼矿床。

(3) 建立了具有指导意义的找矿模型。本次找矿工作中，除加强与国内外典型斑岩铜钼矿床的成矿类比外，还加强本区找矿工作经验研究，建立了本区的斑岩型铜钼矿床的找矿模型，并利用有效的地、物、化探找矿方法组合，有效发现和预测了钼矿体外围的厚大铜矿体。从而在布置的第一个钻孔内便一举发现了厚度达 300 多米的伴生铜的钼矿体，使本次找矿工作得以用较短的两三年时间便快速评价了一个大型铜钼矿床，在我国历年来的地质找矿工作中是极为罕见的。

(4) 该矿床的发现、成矿模式及找矿模型的研究成果对于粤西-桂东地区的成矿规律、找矿方向研究是具有重要指导意义和示范作用。封开县园珠顶铜钼矿床区域上属钦杭多金属成矿带西南段、粤西桂东成矿带内，钦杭多金属成矿带已列入国家第十九个重要成矿区带。区内成矿条件有利，中小型金属矿床星罗棋布，是华南地区重要多金属矿产资源基地。以往的找矿工作主要以热液型、层控型矿床为主攻方向，在找同类矿床上一直没有重大突破。封开县园珠顶大型铜钼矿床的发现，拓宽了原有找矿思路，为该区域的找矿工作提供新的认识和新的找矿方向，势必加快本地区地质找矿工作。

(5) 本次找矿工作，除了快速评价了一个大型铜钼矿床外，也基本查明了本地区地层、构造、岩浆岩以及成矿地质条件，基本查明了矿体特征、矿石特征、围岩蚀变、矿石加工技术性能、矿床开采技术条件，为矿床的规划开采提供充分依据。

三、推广转化方式

(1) 园珠顶铜钼矿的发现，为钦杭成矿带南段粤西桂东地区的找矿提供新的认识和思路，为同类矿床的找矿工作指出了方向。

(2) 为国家新增资源储量：矿石总量 57079.58 万 t；铜金属量 979802 t、钼金属量 258950 t。伴生硫 249.56 万 t、伴生银 478 t。潜在经济价值超 1000 亿元。园珠顶铜钼矿的开发有利于缓解国内铜供不应求的状况。

(3) 据中国恩菲工程技术有限公司可行性研究报告结论：矿床开发产生的经济社会效益是巨大的，产品价格（金属价）按铜 21600 元/t、钼 144500 元/t，利润累计 39 亿元，上缴税费累计 91 亿元。可为社会创造 1000 ~ 1500 人的就业岗位。可为社会创造 1000 ~ 1500 人的就业岗位。

技术依托单位：广东省地质局七一九地质大队

联系人：林良庄

通信地址：广东省肇庆市梅庵路 9 号

邮政编码：526020

联系电话：13822624477

电子邮件：wyd71901@21cn.com

辽宁凤城青城子铅矿外围金银矿评价

一、内容概述

通过本项目工作,实现了青城子老矿区外围贵金属找矿的重大突破,深化了辽东裂谷金银矿产成矿规律的认识。取得的主要成果如下:

发现了4处金银矿产地,为建立大型矿业开发基地提供了资源依据。①发现可供地质详查的尖山沟特大型金(银)矿产地,探获金资源量333级别115.58 t,3341级别67.36 t,333+3341级别合计182.94 t;探获伴生银333级别资源量267.33 t,3341级别167.82 t,333+3341级别合计435.15 t。②发现可供普查的白云三道沟大型金矿产地,探获3341级别金资源量20.20 t。③发现可供普查的云山石沟银矿产地,探获3341级别银资源量85.61 t。④发现可供普查的兰花岭银矿产地,探获3341级别银资源量216.58 t。评价区累计探获金资源量203.1 t,伴生银资源量435.1 t,独立银资源量302.1 t。二、圈定了11处可供区域预查的金银找矿远景区,为接续勘查积累了大量地质信息。共圈定出尖山子断裂上盘、兰花岭、岗草甸子等11处找矿远景区。通过1:10000土壤测量,发现Au异常197处、Ag异常234处、As异常190处、Pb异常168处;通过1:5000和1:10000物探测量,发现视极化率异常60处、磁异常8处,为区域金银矿预查预测提供了物、化探找矿依据。三、深化了区域金银矿产成矿地质规律的认识,为区带找矿丰富了理论指导。①从找矿勘查实践上证实了辽河群盖县组片岩的成矿作用,彻底扭转了“盖县组片岩无大矿”的传统找矿观念,大大拓宽了辽河群金(银)矿产的勘查地域。②综合研究认为青城子地区辽河群各岩组中赋存的金、银、铅、锌矿床形成于统一的成矿过程,具有明显的系列成矿的特点,即均经历了沉积-变质-岩浆热液改造阶段,并共同形成就位于印支-燕山期,具有相同或相似的矿床成因。③建立了对今后找矿具有重要实用价值的成矿模式与找矿模型。

二、应用范围

科学研究、技术服务和地质勘查业

三、推广转化方式

产权转让

技术依托单位:辽宁省有色地质局勘查总院

联系人:于凤金

通讯地址:辽宁省沈阳市和平区柳州街17号

邮政编码:110002

联系电话:024-22823081

电子邮件:kancha@geology-ln.com

湘西北地区铅锌富集机理研究

一、内容概述

湖南科技大学地质研究所在 2008 ~ 2010 年度完成了《湘西北地区铅锌富集机理研究》(湖南省国土资源厅科技项目编号: 2008 - 02) 课题研究。本项目属于国土资源开发与利用领域的“地质基础与成矿理论”方面研究。

项目组成员针对湘西北地区铅锌富集成矿问题, 选择区内渔塘、洛塔两个代表性的主要铅锌矿田, 注重成矿地质条件、成矿物质来源、成矿作用过程、成矿时代、有利控矿因素等方面的主要研究; 运用区域成矿学理论, 从沉积建造、岩浆活动、构造演化以及区域地球物理和地球化学场特征等方面, 阐述了“湘西北地区铅锌矿床属于典型的 MVT 铅锌矿床、区内铅锌资源储量巨大、具有大型-超大型铅锌矿床的找矿前景”。

湘西北地区的地质工作程度相对较低, 且工作条件较为艰苦; 项目组成员在系统的野外和室内工作基础上, 取得了一系列重要的创新性成果:

(1) 该项目以密西西比河谷型铅锌矿床的有关成矿理论为指导, 运用构造流体作用、区域成矿学等研究方法, 专门探讨了“花垣地区下寒武统清虚洞组浊积岩沉积特征及其地质意义”、“洛塔矿田下光荣矿区铅锌矿床主要地球化学特征”等。

(2) 通过研究得出“区内铅锌矿床层控特征明显; 成矿物质主要来自雪峰弧型造山带; 硫质主要来源于同沉积的海水硫酸盐; 含矿热卤水在地下流动的过程中, 不断萃取地层中的金属成分; 铅锌主要以卤素络合物形式存在和运移、在有利构造部位沉淀”的铅锌富集机理, 具有创新性;

(3) 理顺了湘西北主要铅锌成矿区的含矿地层层序, 建立了该区铅锌成矿模式和找矿模型。

(4) 该项目的有关研究成果, 通过应用, 取得了良好的经济效益和社会效益, 将在提高我省矿产资源对经济发展的保障能力方面, 具有重要的理论意义和实际意义。

项目成果的创新点在于, 首次运用构造流体成矿作用、区域成矿学研究方法, 立足湘西北全域(避免了就点论点、就矿找矿), 注重对地球物理、地球化学、遥感地质等资料研究, 并结合野外实际考察和系统的样品测试资料, 探讨了区内各期构造运动对铅锌成矿的影响, 理顺了湘西北主要成矿区的地层层序及其他控矿条件; 认为相当一部分铅锌成矿物质是由地下热卤水(在热循环过程中)从地层中萃取出来、以氯的络合物形式存在和迁移、它们的富集与区内多期多次构造运动-深断裂之间有着密切的内在联系。

项目成果的先进性在于, 以密西西比河谷型铅锌矿床的有关成矿理论为指导, 论证了

该区具有优越的成矿地质条件，是一个重要的铅锌成矿单元；并建立了该区铅锌成矿的成矿模式和找矿模型，对湘西北地区有关成矿系列理论研究做出了有益的补充，为该区的找矿实践提供了科学的理论依据。

经专家会议鉴定，项目研究成果达到了国内领先水平。

二、应用范围及应用实例

本项目有关研究成果，在以下各单位得到推广和应用，并取得了良好的经济效益和社会效益。

(1) 湖南省地质矿产勘查开发局四〇七队：在《湖南新晃县鲍溪矿区铅锌矿评价》项目工作过程中，获得铅锌 334 资源量 39.78 万 t。

(2) 湖南省地质调查院吉首矿产地质调查所：在《湖南龙山-保靖铅锌矿评价》项目工作过程中，获得铅锌 333 资源量 1.65 万 t、铅锌 334 资源量 242.33 万 t。

(3) 湖南省地球物理地球化学勘查院：在《湖南省沅陵县九龙山等地区铅锌金锑矿预查》项目工作过程中，获得铅品位 0.10% ~ 10.78%、锌品位 0.76% ~ 10.40%；铅锌 333 资源量 2.15 万 t、铅锌 334 资源量 165.46 万 t。

(4) 湖南省地质调查院：在《湖南花垣-凤凰地区铅锌矿调查》项目工作过程中，于狮子山、白岩、茶田三个矿区，获得铅锌资源量共 59.63 万 t。

三、推广转化方式

1. 发表论文

①湘西北下光荣矿区铅锌矿床主要地球化学特征（地质科学，2008，43（4）：685 ~ 694，影响因子为 2.212）；

②湘西北花垣县下寒武统清虚洞组浊积岩沉积特征及其地质意义（地质科学，2008，43（2）：347 ~ 358，影响因子为 2.212）；

③湘西北渔塘地区寒武系清虚洞组风暴岩及其地质意义（吉林大学学报（地球科学版），2008，38（2）：225 ~ 232，影响因子为 0.485）；

④厂坝-李家沟 SEDEX 型铅锌矿床成矿作用研究（大地构造与成矿学，2009，33（4）：542 ~ 547，影响因子为 1.9225）

2. 学术会议交流

在 2010 年度湖南省地质学会学术年会上，提交了《湘西北铅锌矿带成矿地质特征与矿床成因研究》论文，并作现场报告，荣获“优秀论文一等奖”。

3. 举办学术讲座

2008 ~ 2010 年度，在湖南科技大学地质系，主办了本科生和硕士研究生学术讲座，做《地质学科学术前沿问题》、《矿床学研究的创新问题》、《湘西北地区铅锌富集机理研

究现状与研究进展》等专题讲座。

4. 提交研究报告

向湖南省国土资源厅信息中心提交了《湘西北地区铅锌富集机理研究》报告，研究成果经鉴定达到国内领先水平。

技术依托单位：湖南科技大学

联 系 人：张新康 匡文龙

通讯地址：湖南省湘潭市雨湖区石马头 2 号

邮政编码：411201

联系电话：0731－58290019；13975249873

电子邮件：kuangwenlong2002@sina.com

广东省乐昌市禾尚田矿区钨 多金属矿找矿成果好

一、内容概述

“广东省乐昌市禾尚田矿区钨多金属矿普查”为广东省地质局与广晟资产经营有限公司合作勘查的部省合作项目之一。广东省地质局局属广东省地质调查院负责具体实施。通过 2010~2011 年普查评价，取得较好的找矿成果。将其成果详述如下：

（一）土壤测量

对禾尚田矿区开展 1:1 万土壤测量，共圈定了沙栋里、石冲、雪马田 W、Sn、Ag、Sb 异常带和瑶母岭 Au、Ag 异常带、中坪 Pb、Zn 异常带，并且与物探异常吻合较好。

（二）矿床地质特征

1. 沙栋里矿段

沙栋里矿段主矿带（主脉带）宽度 100~150m，已施工钻孔 25 个，矿体由含黑钨矿（白钨矿）云英岩脉、石英脉细脉、网脉、薄脉、局部大脉组成。矿体走向 NE，倾向 SE，倾角 40~50°。圈定矿体 20 多条，其中 V4、V4-1 为主矿体。单个矿体长 200~800m，矿体厚度 0.3~3.35m，控制斜深 90~920m，其中 7 线见矿体 18 条。根据现有钻探见矿情况分析，矿体具有往 SSW 侧伏的趋势。V4 矿体长度大于 800 m，WO₃ 平均品位 1.1%，最高 2.2%，平均真厚度 0.86m，V4-1 矿体长度大于 800 m，WO₃ 平均品位 0.60%，最高 2.804%，平均真厚度 1.49m。23 线已施工 ZK2304 钻孔，部分样品已显示出存在 5 个工业矿体，最高品位 1.3%，预计整个矿带沿走向可进一步扩大趋势。据现已完成的见矿工程，初步估算沙栋里矿段 WO₃ 资源量（333）2.5 万吨。

2. 石冲矿段

石冲矿段已施工钻孔 21 个，控制矿体长 400~1000m，斜深 300~900m，累计矿体厚度大于 15m。矿体由含黑钨矿（白钨矿）云英岩脉、石英脉细脉、网脉、薄脉组成。矿体走向 NNE，倾向 SE，倾角 80~90°，WO₃ 品位最高 1.84%，平均品位 0.23%。于 400、407、408 线按 300m 斜距施工的 3 个深孔矿化往深部变好，脉幅变厚，如 ZK4008 孔孔深 720~860m 见 30 多条薄脉，组成密集的细脉、薄脉带。

该矿段共圈定矿体 20 多条，根据现有见矿工程情况分析，初步估算 WO₃ 资源量（333）为 4.5 万吨。

3. 雪马田矿段

雪马田矿段矿体走向 NEE，倾向 NW，地表含矿脉带长度大于 1.5km，宽度 300~600m，地表工程见矿较好，WO₃ 品位最高 0.81%，Sn 品位最高 3.64%。目前见矿钻孔

有 ZK0708、ZK0709、ZK0710、ZK3901、ZK3902、ZK4701、ZK4704。从见矿钻孔情况分析,该矿段南西 39、47 线矿体埋深较浅,而北东 7 线矿化连续,且往深部呈变厚变富趋势。

4. 风化壳型钨锡矿

分布面积约 2.5km²,矿体厚 2~31m,单工程平均品位 Sn 0.02%~0.08%,WO₃ 0.04%~0.15%。初步估算石冲、沙栋里等地段资源量(333)WO₃+Sn 1.0 万吨。风化壳钨锡矿具有易采易选、品位中等、工业价值较大的特征。

(三) 矿体含矿脉带地质特征

矿体含矿脉带主要有云英岩细脉、石英细脉、石英萤石细脉等。

1. 云英岩细脉

云英岩细脉为矿体的主要含矿细脉,一般由脉石英 60%,云母 40% 构成,石英呈乳白色,半透明,他形,块状或粒状结构,白云母和绢云母为灰白色,淡绿色常呈扇状,细鳞片状聚集于矿脉两壁,构成对称式垂直脉壁生长。多产于层间旁侧,羽毛状裂隙发育处,走向北东 40~70°,倾向北西或南东,倾角 50~80°。厚度地表 0.5~20mm,浅中部 5~20cm,形态复杂,多作羽毛状,团块状,不规则状等,一般分支复合多,纵横交错普遍,常与石英脉互相伴生,局部见混合后再次分支,属岩浆期生成的产物,此脉含黑钨矿、锡石,矿石品位较富,为 V4 矿化带主要的矿脉之一。

2. 石英细脉

石英细脉也为矿体的主要含矿细脉,主要为块状油脂光泽强的石英(约占 90%±)和少许的云母(8%)及方解石、长石(2%)等组成;致密块状构造,嵌镶结构,此脉主要沿层理充填,走向北东 40°,倾向北西,呈陡倾角产出,局部亦出现平缓弯曲状,脉幅地表以 3~5cm 为主,浅中部以 5~25cm 为主,部分可达 60cm 以上,如 ZK0005 已揭露到近乎连续的 3 条 60cm 以上石英脉。常与云英岩脉互相共生或彼此切割,推测是同期生成,属高温热液期产物,脉中含 WO₃ 品位约 0.2%~0.5%,为 V4 矿化带最主要的矿脉。

(四) 矿石物质组成

矿体矿石矿物有黑钨矿、白钨矿、锡石、黄铁矿等,而脉石矿物有石英、白云母等。

1. 矿石矿物

黑钨矿:多呈板状,少数不规则他形细粒状集合体,与石英相互镶嵌的白云母、黄铁矿、白钨矿等共生。

白钨矿:呈他形团块状或锥形晶粒,在细脉中多交代黑钨矿产于脉壁,围岩中则以细小粒状散布(颗粒 0.1~0.05mm)和大理岩化灰岩构成致密星点状构造,风化后,围岩成疏松土状,部分白钨呈粉末状胶体钨出现。

锡石:呈粒状或锥状结晶。粒度 1~0.2mm,常聚集在脉壁,与白云母、石英嵌生,通常与黑钨共生。

2. 脉石矿物

黄铁矿:块状或细小立方体结晶,与黑钨、白钨、毒砂共生,分布较普遍。

石英：为主要脉石。呈块状或粒状结构，常与金属矿物相互嵌生，接触面清楚。

白云母：呈鳞片状及放射状集合体，与石英、黑钨、锡石等密切共生，多分布于矿脉两壁。

（五）围岩蚀变

矿体围岩主要为天子岭组泥质灰岩、灰岩、条带状泥质灰岩，围岩蚀变主要有大理岩化、黄铁矿化、硅化、萤石化、绢云母化、白云石化、毒砂化。其蚀变特征：大理岩化：分布较广泛。质纯的灰岩，方解石几乎全部重结晶，为白色、灰白色大理岩，而不纯的条带状灰岩，则重结晶变为灰黑色隐晶质大理岩，大理岩化以矿体或褶皱轴为中心，往两侧和周围减弱，呈环状分带，如禾尚田复背斜环状分带现象较为明显。

黄铁矿化：主要分布在大理岩化蚀变带中，尤其条带状大理岩更为普遍，黄铁矿多呈浸染状、细脉状或条带状产出。黄铁矿化强烈地段钨矿化富集，与成矿关系相当密切。

硅化：一般发育于石英脉两侧灰岩中，呈条带状或不规则团块状，蚀变宽度在 1cm 以内，致密质硬，镜下观察硅质是由次生他形粒状石英（粒度约 0.02 ~ 0.06mm）构成，伴随绢云母化同时出现，与成矿关系不明。

绿泥石化：常见发育于石英脉与灰岩接触带上，伴生黄铁矿化，与钨矿化关系密切。

萤石化：多见于石英脉两壁，偶尔在围岩中沿层理呈细脉状产出，并有硫化物矿化（细粒黄铁矿、毒砂等）。

绢云母化：矿化强烈地段，绢云母呈黄绿色微鳞片状集合体，产于脉壁或灰岩层理的旁侧细裂隙中，伴随有石英时，则有微粒状黑钨矿产出，与成矿关系较为密切。

白云石化：大理岩经白云石化呈不均匀的透镜体构成白云岩或白云石化大理岩，白云石多为规则粒状结晶（粒径 0.2 ~ 1mm），与铅锌矿化关系较密切。

毒砂化：毒砂常呈自形半自形粒状散布，局部见有黄铁矿伴生，是热液蚀变产物，与白钨矿关系稍密切。

二、应用范围及应用实例

禾尚田钨矿是在国土资源大调查发现的基础上，正在进行商业勘查的大型矿床，属石英脉带型和石英细脉带型钨矿床，矿体围岩为泥盆系天子岭组灰岩，目前矿体已控制延深 1200m，尚未见砂卡岩和花岗岩，矿床类型独特，不同于传统的“五层楼式”钨矿床。矿床的成功发现，拓宽了找矿思路。对邻区及其他区域找矿具有较好的指导意义。

该矿床是应用“寻找本地区新的矿床类型”思路，选区开展 1:5 万水系沉积物测量，进而圈定找矿靶区开展预查工作，发现了具大型远景规模的矿床，证实了预查工作预测的资源前景。

三、推广转化方式

2002 ~ 2004 年广东省地质调查院开展国土资源大调查项目“广东粤北地区锡铅锌多金属矿评价”的子项目“广东省乐昌市和尚田锡钨多金属矿预查”，由于资金投入有限，仅施工少量槽探和钻探，发现了 4 条具有找矿前景的含矿构造蚀变带，认为具有寻找大中型锡钨多金属矿找矿潜力。2010 年 1 月国土资源部和广东省人民政府签订了《关于加强广东省地质找矿工作的合作协议》。为落实国土资源部和广东省人民政府的合作协议，构

建广东地质工作新机制，中国地质调查局、广东省国土资源厅、广东省地质局、中国五矿集团公司、广东省广晟资产有限公司共同签订了《共同推进广东省重点成矿带整装勘查试点工作合作协议》，开展广东省重点成矿区带的矿产资源勘查开发工作。”广东省乐昌市禾尚田地区多金属矿普查”为广东省地质局与广东省广晟资产经营有限公司合作勘查的部、省合作矿产资源勘查项目之一。由广东省地质局局属广东省地质调查院提供探矿权和找矿成果，并具体负责组织项目实施，由广东省地质局 757 地质大队负责钻探施工。广晟资产经营有限公司承担项目勘查费用。仅在 2010 年 - 2011 年施工了 3 万立方米槽探、3.2 万米钻探等工作量，提交 W03 资源量（333）8 万吨，在地质找矿方面取得重大进展，可以提交一处大型钨锡多金属矿产资源基地，为省部合作勘查的成功典型范例。

技术依托单位：广东省地质调查院

联系人：张庆久

通讯地址：广东省广州市东风东路 739 号地质大厦 5 楼广东省地质调查院

邮政编码：510080

联系电话：02037653521

电子邮件：ddyzgb@qq. com

贵州省务(川)-正(安)-道(真)地区铝土矿 成矿规律与成矿预测

一、内容概述

黔北务(川)-正(安)-道(真)铝土成矿区属渝南-黔北铝土矿成矿区,是贵州省新的铝土矿产资源地。通过初步的资源潜力评价工作,认为在务(川)-正(安)-道(真)地区还有寻找大型铝土矿床的找矿前景,2007年贵州省有色金属和核工业地质勘查局向贵州省国土资源厅申请并获得“黔北务-正-道铝土矿区铝土矿成矿规律与成矿预测研究”项目,通过与中国科学院地球化学研究所合作,形成的研究成果如下:

(1)在地表地质调查、剖面测量的基础上,结合探槽、钻孔工程控制,论述了各向斜区成矿地质特征,务川瓦厂坪等典型铝土矿床的矿体产出特征,探讨了区域地层、岩性、构造(特别是向斜构造)、古地理沉积环境、古气候、古地貌等成矿地质条件与铝土矿形成的时空演化关系。

(2)从地球化学角度阐述了典型矿床中主要元素、微量元素、硫同位素组成特征及相关性特征,其特征显示,铝土矿层中主要元素和微量元素的富集、贫化与韩家店组具有相似性,提出铝土矿主要成矿物质来源于韩家店组。Th、U、Ha、Zr、Nb、Ta、Sr、Ba等元素含量及比值特征显示,研究区铝土矿物具多源性;铝土矿形成环境可能主要为内陆河湖沼泽环境,局部为局限海域的滨海前缘。

(3)岩相古地理及层序学特征研究表明,务正道地区铝土矿的含矿岩相及相邻层位沉积层序为:潮坪泻湖相(韩家店组)→沉积间断→局限台地相(黄龙组)→冲积扇相(梁山组下部绿泥页岩段)→浅湖相(梁山组中部铝土矿(岩)段)→潮坪相(梁山组上部碳质页岩、泥灰岩段)→局限台地相(栖霞组),含矿岩系沉积相类型表现为从陆相-海相的连续变化,与沃尔索相定律吻合。

(4)依据 Grant (1986)提出的质量平衡方程和图解法,对务-正-道地区铝土矿主成矿元素和伴生元素在成矿过程中的迁移富集、贫化(亏损)规律进行了定量模拟计算,定量的探讨了铝土矿成矿过程中主要成矿元素及伴生元素的富集与亏损特征。

(5)对瓦厂坪等铝土矿床进行了锆石 U-Pb 年龄测定,测定结果显示:年龄范围为 277~2900 Ma, 277 Ma 与二叠世梁山期时代接近,可确定含矿层年龄时代为中二叠世梁山期;铝土矿成矿初始物源应与扬子地台基底元古代-太古代古老地层有关,也反映出成矿母岩志留系韩家店组的物源部分来自古老基底。

(6)X-衍射和电子探针微观矿物学研究显示,铝土矿主要为沉积作用形成,但角闪石、磁铁矿等少量特征矿物揭示,原始物源可能与基底及中酸岩浆岩风化物有关,反映成矿物质的多来源特点。石膏矿物存在显示沉积成岩及成矿环境曾经历过干旱的高温环境。

硫同位素组成 $\delta^{34}\text{S}$ 介于 $-29.20\text{‰} \sim +12.40\text{‰}$ 之间, 属于沉积岩的硫同位素组成范畴, 总体显示出变化范围大, 极值高。组成特征表明, 研究区铝土矿中黄铁矿硫源主要为生物成因硫, 为细菌还原海相硫酸盐所致。

(7) 应用遥感矿化影像异常信息能达到圈定找矿远景靶区, 快速评价, 指导找矿的目的; 研究区岩、矿石的地球物理差异性特征明显, 具有开展浅层地震法、瞬变电磁法、高密度电阻率法等地球物理方法找矿的前提, 浅层地震反射波法能很好确定深部含铝岩系的深度和厚度, 利用岩、矿石电阻率差异, 能圈定含矿层与铝土矿空间分布和成矿关系。

(8) 风化成矿机理及矿床成因研究表明, 铝土矿是陆源风化残积物经搬运迁移沉积而成。系统总结了成矿规律, 建立了该类铝土矿矿床成矿模式与找矿模式。

(9) 依据区域地质背景, 研究区和邻省区已知矿床成矿地质特征, 结合遥感矿化异常信息, 开展成矿预测, 提出黔北务-正一道地区铝土矿预测资源量可达 4.5 ~ 5 亿 t。新增 (332 + 333) 资源量 1.12 亿 t, 经济价值巨大, 能满足大中型铝工业基地建设需要, 促进区域经济和持续发展, 预期经济和社会效益显著。

二、应用范围及应用实例

在务川瓦厂坪大型矿床区开展了浅层地震反射波法和高密度电法实验, 浅层地震反射波法能很好地确定深部含铝岩系的深度和厚度, 推测矿层深度经钻探验证是吻合的; 高密度电法对于不同产状和形状的铝土矿具有较好的探测效果, 能推测出铝土矿的空间展布特征, 同时对测区内不良地质体 (岩溶、构造等) 有很好的探测效果。瞬变电磁法在新木矿床应用, 能推测含矿层延深变化, 断层位置及深部倾向方向, 指导工程验证。

三、推广转化方式

在黔东南凯里-黄平地区铝土矿整装勘查区借鉴了务正道地区铝土矿成矿规律与预测研究的部分思路和方法。

技术依托单位: 贵州省有色金属和核工业地质勘查局

联系人: 陈兴龙 陈子懿

通讯地址: 贵阳市宝山南路 564 号

邮政编码: 550005

联系电话: 0851 - 5854886, 13608575200 (陈兴龙); 13885125011 (陈子懿)

电子邮件: cxl32@163.com

稳定地台区金矿控矿因素及找矿方向研究

一、内容概述

本课题是天津市国土资源与房屋管理局与天津华北地质勘查局联合支持的科研项目。

本课题以苏丹国哈马迪金矿及其成矿地质背景为研究对象，从区域地质背景和成矿地质条件出发，应用先进的测试手段，从研究控矿因素、成矿特征、矿化信息和成矿规律着手，指出找矿方向。

首次在该区运用岩石学、岩石地球化学等方法分析了哈马迪地区金矿矿体及围岩的物质组成，恢复了变质岩原岩，探讨了成矿物质来源。运用矿田构造理论分析了矿体赋存规律，指出了找矿方向。

哈马迪金矿围岩为元古界绿片岩-角闪岩相变质岩，岩性以石英片岩、云母片岩和角闪片岩为主。通过岩石学、岩石化学、微量元素和稀土元素地球化学研究，指出赋矿变质岩原岩为一套中基性火山岩建造，也是金成矿重要的矿源层。

研究认为矿化受韧性断裂带和地层控制，赋存于韧性断裂带内石英云母片岩和斜长角闪片岩界线及附近。矿体形态受褶皱和层间断裂控制。通过对矿体内硫化物硫同位素分析，硫来源于地幔，反映了成矿物质的深源性。通过氢氧同位素组成研究，认为成矿热液以变质热液为主。

指出哈马迪金矿属剪切带型金矿，矿体赋存在石英脉及其两侧蚀变带中，含金矿物主要为自然金。找矿标志明显，矿体分布与地球化学异常、遥感找矿异常吻合程度较高。

通过与非洲其他地方太古代和元古代绿岩带内金矿类型以及中国太古代绿岩带内金矿、元古代浊积岩内金矿对比研究，指出区内找矿方向：在构造剪切带内，扩大找矿区域和找矿深度查找石英脉型金矿是找矿的现实方向；加强综合研究，查找其它成因类型金矿床（如蚀变岩型金矿）在该区也有良好的前景。

二、应用范围及应用实例

本课题研究成果和结论在随后的苏丹哈马迪金矿勘查工作设计、工作部署、勘查工程实施中均有所应用，对勘查工作进展和找矿实现突破均有所贡献。

研究报告中指出的找矿靶区和提出的找矿标志使找矿工作有的放矢，通过推广应用金成矿新理论、新方法，在苏丹 Block 20 地区金矿勘查取得较好效果，该地区金资源量达到 11 t，其中控制资源量达 7 t，取得了可观的经济效益。通过研究认为 Block 20 地区哈马迪矿区外围和深部仍具有广阔的找矿前景。

三、推广转化方式

本课题研究成果为苏丹哈马迪金矿和相似地质成矿条件金矿床对比提供了素材，为哈

马迪金矿进一步金矿勘查和成矿研究工作奠定了基础。

在本课题研究工作经验和成果基础上，开展“苏丹东北部金铜矿成矿规律研究及资源潜力分析”研究课题，进一步总结苏丹东北部苏丹东北部金、铜成矿区带的区域形成环境、成矿规律，评价区内找矿潜力，研究工作区内典型矿床的成矿规律及找矿标志，圈定找矿远景区，提出找矿方向性建议，为国家实施矿产资源勘查开发“走出去”战略，合理部署非洲东北部地区矿产资源风险勘查工作提供基础信息和科学依据，为国内企业在非洲东北部地区的矿产资源风险勘查提供科学指导。

技术依托单位：天津华北地质勘查局

联 系 人：张瑞华

通讯地址：天津市河东区广瑞西路 67 号

邮政编码：300170

联系电话：022－84236658

电子邮件：hkjxxzx@126.com

老挝琅勃拉邦省巴乌县帕奔村金矿构造 控矿规律及找矿方向研究

一、内容概述

本课题是天津市国土资源和房屋管理局与天津华北地质勘查局联合支持的科研项目，该项目立项依托天津华北地质勘查局在老挝开展的帕奔金矿地质普查找矿项目，通过对矿区及区域范围内构造变形和构造序列研究，结合矿床成因分析，提出构造对矿床的控制规律和找矿前景预测。

主要成果有：①矿区主体处于一北东—北北东向大型韧性剪切带之中，该韧性剪切带基本控制了矿区的构造格架，改造和置换了早期构造形迹，使原有的沉积岩层呈北东—北北东向条带状和透镜状展布并遭受不同程度的韧性变形而具有构造岩的特征。韧性剪切带活动强度大，影响范围广，并具多期活动的特点。②根据矿区出露岩石的变形特征和分布特点，可将矿区岩石分布划分出强变形带和弱变形带。强变形带主要表现片理化带发育，以长英质闪长岩、闪长岩和闪岩为主，弱变形带以未变形或弱变形的灰岩透镜体或砂岩体为主。③根据野外现场观察，该韧性剪切带早期以水平方向上左旋剪切运动和沿北东走向，倾角中等的构造面逆冲运动为主（北东方向非共轴斜冲运动）。表现为沿北东—南西方向形成大量的不对称拉长构造透镜体，以及大量顺层逆冲剪切带的存在。晚期发育几组不同方向的韧性断层或断层带，主要有三组：一组沿早期片理化带的顺层剪切挤压破碎带（走向北东，倾向南东方向）；另外两组分别是走向北东，倾向北西和走向北西，倾向南西的以剪切为主的断层带。沿断层带构造角砾岩、碎裂岩和方解石脉发育。④北东向韧性剪切带控制了矿区矿带的分布，内部同方向次级小型构造带控制了各矿体的分布（ M_7 、 M_0 、 M_1 、 M_6 、 M_2 、 M_3 矿带）。剪切带内发育的 S—C 组构造控制矿脉的走向和展布特征。后期韧性构造叠加控制了矿体位置和规模。⑤根据现场勘查和资料分析，本区主要矿化包括构造蚀变岩型和破碎角砾岩型，同时各种热液蚀变如碳酸岩化（铁白云石化）、菱铁矿化、黄褐色方解石化、大理岩化、高岭土化等发育。⑥该韧性剪切变形带对金矿体的形成起空间定位和主体导矿富集作用，它既控制了矿带在区域空间上的展布规律，也控制了矿体的产状形态；既是导矿构造，又是容矿构造。其中强片理化带是导矿构造，而弱变形的灰岩透镜体则是很好的容矿构造。同时，早期韧性变形期提供了矿液来源，韧性变形阶段是较好的矿液沉积场所，特别是多组方向韧性断裂的叠加使矿体富集，是很好的成矿构造期。⑦通过对矿床成因类型和构造控矿的研究，结合矿区物探、化探分析结果，认为区域上沿韧性剪切带延长方向应是重点成矿远景区，特别是灰岩和砂岩接触带应作为下一步寻找新的矿化带位置。对于矿区范围应沿各构造蚀变带的延长线方向，特别是北西部 M_0 矿带延长线上灰岩与砂岩接触带附近重点开展工作。各矿带内要重点寻找有强片理化带边部和多期构造叠加

位置，特别是韧脆性断裂带发育处。

二、应用范围及应用实例

该科研成果运用于老挝琅勃拉邦省巴乌县帕奔地区金多金属矿普查和详查项目中，对帕奔金矿找矿前景起到了有力的指导作用，通过科研理论和实践相结合，在近两年的工作中，基本查明该区矿化蚀变体的分布、数量、矿化蚀变特征以及金矿化带深部矿化规模和找矿前景等，同时为矿山总体规划和矿山设计提供必要的基础资料，实现详查权转为采矿权，截止目前全区共获得 332 类别金资源量 5.1 t，332 + 333 类别金资源量 8.2 t，取得了可观的经济效益。

三、推广转化方式

本课题研究成果为老挝琅勃拉邦省帕奔金矿和类似地质成矿背景的韧脆剪切带型金矿找矿勘查和研究有借鉴意义，为老挝帕奔矿区外围和深部找矿及下步矿山总体规划和矿山设计提供一定的依据。

在本课题研究工作经验和成果基础上，将进一步开展“老挝琅勃拉邦省巴乌县帕奔村金矿构造控矿规律及找矿方向”课题研究，进一步总结老挝爬奔地区金成矿区的区域成矿环境、成矿规律等，为老挝琅勃拉邦省巴乌县爬奔金矿区及其外围勘查提供科学的找矿靶区，为国家实施矿产资源勘查开发“走出去”战略，合理部署东南亚地区矿产资源风险勘查工作提供基础信息和科学依据。

技术依托单位：天津华北地质勘查局

联系人：张瑞华

通讯地址：天津市河东区广瑞西路 67 号

邮政编码：300170

联系电话：022 - 84236658

电子邮件：hkjxxzx@126.com

山东省招远市玲珑金矿田成矿规律和深部外围预测研究

一、内容概述

提出“胶东金矿”是产于东亚大陆与西太平洋结合区的剪压造山带，为中生代活化改造基底花岗绿岩带的韧-脆性剪切带岩浆期后热液金矿床。包括由于主要围岩差别的“玲珑-焦家式金矿”、“大庄子式金矿”等类型矿床。研究提出了胶东金矿床主要受“入”字型断裂蚀变岩带控制，建立了脆-韧性剪切带和雁列的三维分类方案，深化了对胶东构造多级序控矿规律的认识。建立了成矿深度的构造校正测算方法，提出了胶东几大金矿床的成矿深度，预测了深部发育第二富集带，并且已经在几个大型矿山得到探矿工程验证。发展了矿源岩系列的概念，总结了胶东地区金矿矿源岩系的地质特征，同时提出以矿源岩系为指导的一个找矿思路。采用蚀变岩相测量手段，对九曲矿区的-800 m 以下找矿预测、玲珑断裂及大庄子金矿断层断失矿体的寻找，均已取得明显的效果。提出“构造作用力通过改变流体系统压力、温度等物理化学参量的途径影响成矿地球化学过程”的思路，推动了构造物理化学领域的研究。依据科研成果，在靶区勘查圈定了17个矿体，经验证新增金金属量33吨。新增储量按2008年实际生产能力计算，可延长矿山服务年限约7年。研究预测玲珑金矿田-1500 m 以上具有较大的找矿潜力。

二、应用范围

科学研究、技术服务和地质勘查业

三、推广转化方式

技术依托单位：中国地质科学院地质力学研究所

联系人：科技处

通讯地址：北京市海淀区民族大学南路11号

邮政编码：100081

联系电话：010-68412309

电子邮件：gmkjch@163.com

“焦家式”金矿成矿理论

一、内容概述

上世纪 60 ~ 70 年代, 山东省第六地质矿产勘查院发现了破碎带蚀变岩型金矿, 命名为“焦家式”金矿。1985 年, “焦家式新类型金矿的发现及其突出的找矿效果”荣获国家首届科技进步特等奖。经过多年的勘查研究, 初步形成了对胶东金矿成矿的理论性认识, 解决了浅部层次成矿规律及找矿问题。但尚没有形成完整、科学的关于“焦家式”金矿如何成矿、在何处成矿的理论体系, 无法指导深部找矿, 致使上世纪 90 年代至本世纪初胶东金矿找矿徘徊不前。2005 年以来, 山东省地质矿产勘查局以寻找深部金矿接替资源为目标, 以成矿理论创新为先导, 实施了一系列基础地质调查、成矿规律和深部找矿项目, 探获深部金矿 1000 余吨, 实现了深部找矿重大突破, 建立发展了“焦家式”金矿成矿理论体系。

(1) “焦家式”金矿成矿理论模型。侏罗纪, 在中国东部构造体制出现重大转折背景下, 胶东地区因挤压/伸展转换导致由早前寒武纪结晶基底岩系组成的中下地壳减压熔融, 形成陆壳重熔型花岗岩, 金在岩浆中得到初步富集。白垩纪, 地幔隆起, 软流圈上涌, 诱发壳幔相互作用, 产生高氧逸度富水岩浆, 其一方面直接分凝富金流体, 一方面驱动大规模流体循环, 深源流体与浅源流体强烈活动和混合、循环, 从重熔花岗岩中萃取金等成矿物质, 成为最佳成矿时期; 同时, 幔隆作用造成地壳拉张和花岗岩的抬升、去根, 形成了花岗岩穹窿-伸展构造, 伸展构造既为成矿流体运移提供了良好的通道, 又为流体富集、矿体定位提供了有利的空间。在伸展构造主断裂带中, 以碎裂岩为主的构造岩发育良好, 成矿流体以渗流方式运移, 通过与构造岩发生交代作用形成以蚀变岩为主的矿体, 即焦家式金矿; 在伸展构造下盘的花岗岩穹窿边缘, 由于岩体上拱造成的引张作用产生大量张裂隙, 形成减压空间, 成矿流体在泵吸作用下充填成矿, 即所谓的石英脉型玲珑式金矿(图 1)。

“焦家式”金矿成矿理论揭示了胶东金矿的成矿规律, 从理论上阐明了如何成矿、在何处成矿问题, 指示在诱发流体成矿的壳幔混合源花岗岩上部有广阔的深部成矿空间, 深部找矿潜力巨大。

(2) 金矿“阶梯式”成矿模式。控矿构造沿倾向出现若干个倾角由陡变缓的变化台阶, 金矿主要沿台阶的平缓部位和陡、缓转折部位富集, 构成“阶梯式”分布型式(图 2)。

“阶梯式”成矿模式是由构造型式和流体迁移-沉淀方式所决定的。构造是成矿流体运移的通道和矿体定位的场所, 沿断裂主断面发育的断层泥, 是良好的不透水层, 构成了成矿流体的圈闭层, 使成矿物质在圈闭层之下聚集, 因此金矿主要分布于断裂下盘。大型铲式断裂沿走向和倾向呈舒缓波状展布, 沿倾向倾角的陡、缓交替形成台阶型式。成矿流

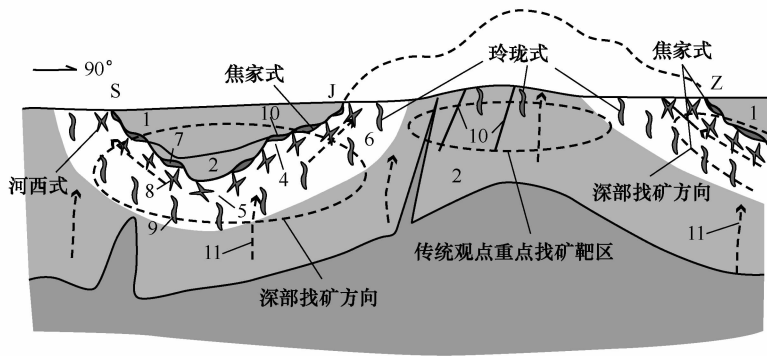


图1 “焦家式”金矿成矿理论模型和深部找矿方向示意图

1—早前寒武纪变质岩系；2—侏罗纪陆壳重熔型花岗岩；3—白垩纪壳幔混合型花岗岩；4—黄铁绢英岩化碎裂岩带；5—黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带；6—黄铁绢英岩化花岗岩带；7—焦家式金矿；8—河西式金矿；9—玲珑式金矿；10—断裂构造；11—成矿流体运移方向；S—三山岛断裂；J—焦家断裂；Z—招平断裂

体沿断裂运移时，断裂陡倾段为开放空间，且顶部压力小，流体向上逸散快，不宜沉淀成矿；断裂缓倾段，为相对封闭空间，顶部压力大，流体横向逸散慢，宜沉淀成矿。因此，矿体主要赋存于断裂缓倾段和陡、缓转折部位，断裂沿倾向的台阶型式造成了金矿的阶梯式分段富集。在靠近断裂主构造面附近，流体受主构造控制，沿构造带扩散、沉淀，形成平行主构造的缓倾矿体；远离主构造带，流体沿花岗岩穹隆的边缘张裂隙运移、沉淀，形成与主构造斜交的陡倾矿体（图2）。由于断层泥的屏蔽作用，成矿流体首先在其下聚集、沉淀，因此，靠近主断面处成矿物质供给丰富，矿化蚀变强，矿体规模大；远离主断面处构造规模较小，流体分散，矿化蚀变减弱，形成矿化蚀变由强到弱的分带现象。

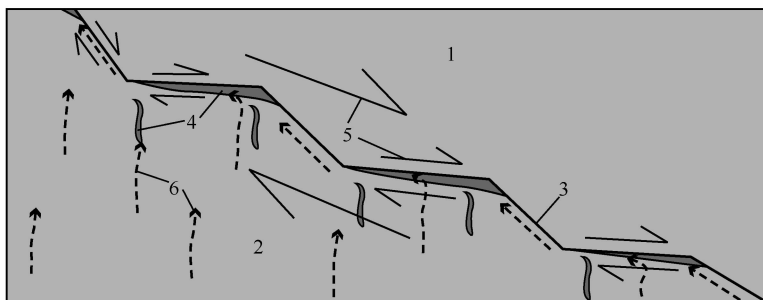


图2 胶东金矿的“阶梯式”成矿模式示意图

1—伸展构造上盘；2—伸展构造下盘；3—铲式断层；4—金矿体赋存位置；5—构造运动方向；6—成矿流体运移方向

“阶梯式”成矿模式的建立，解决了深部成矿空间、赋矿位置、找矿方向问题，揭示了断裂缓倾段赋矿、陡倾段无矿规律，科学解释了深部无矿段出现的原因。

二、应用范围及应用实例

应用“焦家式”金矿成矿理论，实现了胶东深部找矿重大突破。新发现中型以上金矿床 20 处，其中超大型（>100 t）5 处、大型（20 ~ 100 t）9 处。

以往勘查工作发现，胶东主要金矿床多延深至 500 m 以浅即尖灭，致使人们普遍认为深部已无矿。国外矿业公司在胶东开展了多年勘查工作，没有找到矿，他们认为深部无找矿潜力，放弃了勘查。我们根据自主创新的理论认识，认为胶东主要金矿床在 500 m 左右深度为断裂陡倾段，不易成矿，预测在其下部应当出现第二金矿富集带。因此，首先于莱州寺庄地区实施深部找矿探索，在穿越 200 余米垂直距离的无矿段后，发现了厚大的新矿体。后来，相继在焦家、朱郭李家等矿区的深部勘查中，均于无矿段之下发现了深部金矿，进一步证实了“焦家式”金矿成矿理论。有力推动了胶东深部找矿。

三、推广转化方式

出版专著、公开发表论文，学术会议宣讲，媒体报道，系统内部介绍经验，局属地勘队伍作为深部找矿部署的依据。

技术依托单位：山东省地质矿产勘查开发局、山东省第六地质矿产勘查院

联系人：宋明春

通讯地址：山东省济南市历山路 74 号

邮政编码：250013

联系电话：13705317191

电子邮件：mingchuns@163.com

山东大磨曲家金矿成矿动力学及找矿预测

一、内容概述

项目强调产学研联合攻关, 理论与勘查实践密切结合。系统研究了大磨曲家金矿床的成矿地质环境、构造控制、矿床地质和地球化学特征及其动力学过程, 确立了其矿化富集规律的多学科评价体系和预测准则及多元信息找矿模型, 积累了十分丰富的资料和信息, 进一步扩大了矿山资源量, 取得了如下主要成果:

(1) 提出了构造动力体制转换/叠接与临界成矿的认识, 并运用数值模拟方法进行了验证, 指出大磨曲家金矿床的形成与多重尺度的构造动力体制临界-转换/叠接引起的热-流体事件密切相关, 成矿作用发生在挤压向伸展状态转换的时空界面, 明确了找矿方向, 为招平断裂带乃至胶东地区的金矿勘查提供了理论支撑。

(2) 运用非线性成矿动力学理论方法, 开展了 4D 矿化网络观测-探测、模拟和解译研究, 指出了大磨曲家金矿床的矿化网络特征, 即招平断裂带主裂面附近发育破碎带蚀变岩型金矿化(体), 次级断裂带控制蚀变岩型-石英脉型金矿化(体), 对勘查实践起到了指导作用。

(3) 建立了大磨曲家金矿床找矿预测模型, 开展了大磨曲家金矿床的深部矿体定位预测, 提出了勘查验证工程方案, 有效解决了矿区地质勘查面临的主要难题。截止 2006 年底, 布设的 13 个验证钻孔已按施工计划竣工 11 个, 有 9 个孔见金矿(化)体, 见矿率达 82%, 取得了满意的验证效果。

(4) 在招平断裂带北段新发现了一个大型-特大型金矿盲矿床, 已探获(333)金资源量 57.758 t, 平均品位 6.40 g/t (其中, 经国土资矿评储字[2005]178 号和国土资储备字[2006]36 号确认的 302-1 号矿体(现围子矿区)333 类别资源量为 30.230t); 通过科研和工程验证, 可望达到超大型金矿床远景规模, 预测的远景资源量为 119.214 t。按 2006 年平均收购价格计算, 其潜在经济价值约 62 亿元, 可稳定维持矿山生产 21 年。这是招平断裂带新一轮找矿勘查工作的一个重大突破。

总之, 本项研究是一项多学科融合、理论与实际紧密结合、颇具创新性的研究成果, 取得理论探索和找矿勘探的双重效益, 是成矿学理论与矿产勘查工作相结合的成功典范。大磨曲家金矿床的发现, 拓展了招平断裂带沿走向上的找矿空间。对类似矿床深、边部及外围找矿工作具有重要指导意义和广泛适用性, 具有广泛的推广应用价值。

二、应用范围

采掘业

三、推广转化方式

技术依托单位：中国人民武装警察部队黄金指挥部

联 系 人：地质处

通讯地址：北京市宣武区红莲南路 55 号

邮政编码：100055

联系电话：010－59305588

河南省灵宝市小秦岭金矿田中深部金矿 远景资源调查评价

一、内容概述

河南省灵宝市小秦岭金矿田中深部金矿远景资源调查是 2006 年度中央财政地质勘查项目专项资金项目，由河南省地质矿产勘查开发局第一地质调查队、河南省金银多金属成矿系列与深部预测重点实验室完成。通过实施，取得如下主要成果及认识：

(1) 系统分析总结了小秦岭金矿田以往地质勘查、科学研究和各矿山探采资料，归纳升华了数十年找矿实践经验，详细研究了小秦岭金矿田地质构造特征与成矿关系，深入剖析了典型矿床与主要金矿脉成矿规律。

(2) 在成矿系列理论的指导下，运用幔枝构造成矿新思维，建立了小秦岭金矿床成因模式。通过常量、微量、稀土元素地球化学，氧、硫、铅同位素地球化学与流体包裹体研究，结合矿床地质特征，首次提出小秦岭成矿物质来自幔枝构造热液，在地壳浅部构造适宜部位析出成矿，具备形成超大型矿床条件。幔枝热液在不同的温度下先后形成钼、金矿床。金矿为中偏高温热液矿床，石英-黄铁矿与石英-多金属硫化物阶段为主要成矿阶段，成矿空间为韧性剪切带，提出了“小秦岭式金矿”的新类型。该成因模式较符合小秦岭金矿田实际，对本区深部找矿具有重要指导意义。

(3) 系统总结了小秦岭金矿田的地质、地球物理、地球化学找矿标志，丰富了“一街五巷三层楼”控矿模型。其中“一街”指主韧性剪切带控制大型、超大型矿床分布；“五巷”为与其平行的同序次次级剪切带；“三层楼”指垂向上具有富集-贫化-再富集与低、中、高温蚀变分带。该模型具有独创性，揭示了小秦岭地区矿体赋存规律，为深部矿体定位定量预测奠定了可靠基础。

(4) 运用上述矿床成因模式与控矿模型，成功指导了小秦岭地区大湖、灵湖、秦岭、东闯等危机矿山的深部找矿勘查。截至 2010 年底，新查明金资源量 (333) 76.4 t 相当于 3 个大型金矿床，可延长矿山服务年限 10 年以上，经济效益巨大。

(5) 对小秦岭金矿田中深部开展了金矿成矿远景评价。在小秦岭金矿田中矿带、北矿带、北中矿带划分出 17 个深部预测区，预测远景金资源量 548 t，相当于浅部已查明资源量的 1.4 倍，为进一步在深部部署找矿勘查工程，取得更大突破提供了科学依据。

二、应用范围及应用实例

该项成果是小秦岭地区金矿资源远景评价的最新成果，属于生产科研，在小秦岭金矿田 3 个矿带中深部共划分出 17 个深部预测区，预测 (334)? 金矿石量 83261633 t，预测金资源量 547914 kg。根据预测靶区，结合危机矿山接替资源勘查项目深部钻孔验证，均取得了较好的找矿效果。

2009~2010年,矿山企业通过对新增矿体块段进行开采,新增矿石产量185500 t,新增黄金产量870 kg,新增产值19140万元,新增利税(纯收入)5214.33万元,增收节支总额10586.67万元。主要应用单位及效益情况如下:①河南秦岭黄金矿业有限责任公司,应用时间:2009~2010年,经济效益3944.96万元;②河南省文峪金矿,应用时间:2009~2010年,经济效益2958.72万元;③灵宝市金源矿业有限责任公司,应用时间:2009~2010年,经济效益2696.75万元;④灵宝黄金投资有限责任公司,应用时间:2009~2010年,经济效益986.24万元。

三、推广转化方式

采用科研单位+地勘单位+矿山企业的科技成果推广模式。地勘单位为科技成果推广部门,在科研单位与矿山企业之间架起了科技成果转化应用的桥梁。

技术依托单位:河南省地质矿产勘查开发局第一地质调查队。

联系人:徐新光

通讯地址:河南省洛阳市龙门大道573号

邮政编码:471000

联系电话:0379-65952400 65617454

电子邮件:ddydkckfk@126.com

小秦岭深部金矿成矿规律与成矿预测

一、内容概述

“小秦岭深部金矿成矿规律与成矿预测”是河南省国土资源厅 2006 年度地质矿产科技攻关项目。承担单位为河南省地质矿产勘查开发局第一地质调查队、河南省金银多金属成矿系列与深部预测重点实验室。项目起止时间：2007 年 1 月~2009 年 6 月。

通过项目实施，取得主要成果及认识如下：

(1) 系统地收集了小秦岭金矿田以往地质矿产、物化探和各矿山最新探采资料，对该区各地质单元常量元素、微量元素和稀土元素地球化学特征进行了较全面的研究，从区域地质背景分析入手，详细研究了小秦岭金矿田矿源岩特征、控矿构造特征及与成矿的关系，进一步提高了本区的基础地质研究程度。

(2) 系统归纳总结了小秦岭金矿田的主要找矿标志，通过对控矿构造的系统研究，建立了小秦岭地区“一街五巷三层楼”的构造控矿模型。该模型是对小秦岭地区构造控矿、矿体赋存标高及蚀变特征、矿石类型、共伴生矿产类型等高度概括的立体找矿模型。在小秦岭金矿田深部开展找矿，应重点选择主控矿断裂（即所谓的“街”），在不同的标高范围寻找不同的矿石类型的金和共伴生矿产。该模型的建立符合小秦岭金矿田的客观实际，具有创新性，对本区深部找矿具有重要的指导意义。

(3) 首次对小秦岭金矿共伴生矿产进行了研究。北矿带发现钼矿以共生为主，伴生为辅，肯定了区内找钼的前景。同时，在北矿带首次发现了稀土伴生矿产。扩大了小秦岭寻找矿种的范围。系统研究了大湖金矿中的共生钼矿化，分析了钼矿的资源潜力，提升了小秦岭金矿田的综合勘查水平和潜在经济价值。

(4) 首次系统地评价了小秦岭深部资源潜力，运用齐波夫定律预测方法、工程预测方法对小秦岭深部潜在资源总量进行了预测，圈定深部成矿预测区 18 个，预测小秦岭深部资源量 467 t。与浅部已查明资源储量相当，证明深部存在较大找矿潜力。初步证明了小秦岭深部还存在“第二个小秦岭”的可能性

(5) 重新厘定了小秦岭金矿田“三位一体”成矿模式。认为小秦岭金矿成矿物质来源为太华群变质岩，燕山期文峪花岗岩浆活动提供热动力，脆性剪切带为储矿构造。矿床成因类型为中温（偏高）岩浆期后热液型脉状矿床。该成矿模式较好解释了本区成矿物质来源及成矿机制问题。进一步完善和丰富了前人提出的“三位一体”成矿模式的新内涵。

(6) 建立了研究区金矿成矿的地质标志、地球物理标志及地球化学标志等综合找矿标志。地质标志以构造控矿模型为主；地球物理标志根据多年经验总结的低正或负 ΔZ 、低 ρ_s 、高 HN、高 η_s 和高 D 可定位金矿化。地球化学标志主要依据地球化学元素异常的轴向分带。已知 Hg、As、Sb 为金矿体的前缘元素，其异常可指示下部金矿化。

二、应用范围及应用实例

该项成果是小秦岭地区金矿成矿规律研究与成矿预测的最新成果，属于生产科研，研究的方法和技术较先进，理论联系实际，可操作性强。适合应用于小秦岭地区及成矿地质条件类似的地区，对开展成矿规律研究及深部成矿预测，优选找矿靶区和中深部工程部署具有重要的指导作用。

(1) 依据预测研究成果，指导我单位承担的 7 个国家危机矿山接替资源勘查项目，取得较好的找矿成果，在本项目圈定的深部预测区（小秦岭地区）内新增（333）以上类别金资源量 63.8 t，查明（333）以上类别钼资源量 21833 t，潜在经济价值 191 亿元。该区地质科研及找矿工作的大力突破，极大的缓解了小秦岭地区资源危机的现状，并为该区深部找矿及部、省布署整装勘查工作提供了充分的地质依据。主要矿区新增资源量情况如下：①《河南省灵宝市秦岭金矿接替资源勘查》项目，新增（333）金资源量 20.95 t，潜在经济价值 63 亿元；②《河南省灵宝市文峪东闯金矿接替资源勘查》项目，新增（333）金资源量 12.04 t，潜在经济价值 36 亿元；③《河南省灵宝市大湖、灵湖金矿接替资源勘查》项目，新增（333）金资源量 24.36 t；查明（333）钼资源量 21833 t，潜在经济价值 73 亿元；④《河南省灵宝市桐沟金矿接替资源普查》项目，新增（333）金资源量 1.39 t，潜在经济价值 4 亿元；⑤《河南省灵宝市义寺山金矿接替资源普查》项目，新增（333）金资源量 1.94 t，潜在经济价值 6 亿元；⑥《河南省灵宝市文峪金矿区接替资源勘查》项目，新增（333）金资源量 3.14 t，潜在经济价值 9 亿元。

三、推广转化方式

采用科研单位 + 地勘单位 + 矿山企业的科技成果推广模式。地勘单位为科技成果推广部门，在科研单位与矿山企业之间架起了科技成果转化应用的桥梁。

技术依托单位：河南省地质矿产勘查开发局第一地质调查队

联系人：徐新光

通讯地址：河南省洛阳市龙门大道 573 号

邮政编码：471000

联系电话：0379 - 65952400 65617454

电子邮件：ddydckckfk@126.com

贵州省水银洞层控卡林型金矿成矿及找矿

一、内容概述

《贵州省水银洞层控卡林型金矿成矿及找矿》——基于“贵州省贞丰县水银洞金矿中矿段勘探”、“贵州省贞丰县水银洞金矿成矿机理研究”、国家发改委和工信部下发的相关黄金勘查专项基金项目、科学技术部十五国家科技支撑项目，由贵州省地质矿产勘查开发局一〇五地质大队、中国科学院地球化学研究所（贵阳）和贵州紫金矿业股份有限公司联合攻关，“产学研”紧密结合，重点对水银洞层控卡林型金矿成矿区开展金矿隐伏矿床成矿预测和“攻深找盲”。

1. 主要创新成果

①系统总结了黔西南地区及邻区卡林型金矿成矿的地质背景，基于矿床地质特征、成矿规律和控矿因素的研究，明确将黔西南卡林型金矿床分为断控型和层控型两大类，水银洞金矿为滇黔桂“金三角”层控卡林型金矿的典型代表。

②首次明确了 P_2m 与 P_3l 或 $P_3\beta$ 之间的不整合界面为含矿热液远距离运移通道，产于其中的一套强硅化角砾状蚀变岩石为区域构造热液蚀变作用的产物（称之为 Sbt），将黔西南台地相区金矿成矿形成统一的体系。

③首次在水银洞金矿发现和报导了 100 余粒自然金颗粒，为卡林型金矿所罕见。研究表明，金主要赋存于成矿期形成的微细粒浸染状分布的自形晶的黄铁矿中之砷黄铁矿环带中，以及成矿期形成的微细针状毒砂中。这对卡林型金矿成矿条件分析和矿石选冶工艺有重大意义。

④发现了丰富的成矿流体包裹体类型，按室温（25℃）下包裹体的相态特征以及冷冻过程中相的变化，可划分为液态 $CH_4 - N_2 - CO_2$ （ $LCH_4 + N_2 + CO_2$ ）、气相 $CH_4 - N_2 - CO_2$ （ $VCH_4 + N_2 + CO_2$ ）、气液相 $VCH_4 + N_2 + CO_2 + H_2O$ 、富 CO_2 流体包裹体、气液相（ $H_2O - NaCl$ ）流体包裹体五大类。成矿流体具低温、低盐度、较高压力和富挥发份的特点，均一温度在 $220\text{ }^{\circ}\text{C} \pm$ ，盐度在 $6 \pm \text{Wt}\%$ NaCl，压力为 $1.6 \pm 0.4\text{ Kbars}$ ，成矿流体曾经历了不混溶的过程。

⑤首次取得了与金矿成矿密切相关的方解石脉的 Sm - Nd 等时线年龄（134 ~ 136 Ma），表明该区层控卡林型金矿成矿与燕山期区域岩石圈伸展的构造背景相对应。

⑥首次精确刻画了层控卡林型金矿深部成矿作用地球化学“三步曲”过程：含铁碳酸盐溶解（去碳酸盐化）释放 Fe → 溶解的 Fe + 2 硫化物与 Au 沉淀富集 → 碳酸盐脉的形成。

⑦建立了水银洞层控卡林型金矿成矿模式：与深部来源有关的富含 $CH_4 - N_2 - CO_2$ 和 Au^{2+} 、 Sb^{2+} 、 Hg^{2+} 、 As^{2+} 、 H_2O 的热液，在燕山期区域构造作用下沿深大断裂上涌，在 P_2m 与 P_3l 或 $P_3\beta$ 间的不整合界面侧向运移，一方面与岩石产生交代形成构造蚀变体

(Sbt), 局部形成金矿体或矿床; 另一方面, 由于断裂的贯通, 含矿热液在有利岩性组合中沿孔隙度大的碳酸盐岩层侧向运移并在背斜核部附近富集成矿, 形成独特的层控型卡林型金矿床。

2. 成矿预测及找矿标志

①构造和有利岩性组合联合作用。矿床受构造和有利岩性组合联合作用所控制。背斜核部有利岩层中形成以碳酸岩矿石类型为特征的层状矿体, 在低角度断层和不整合面破碎带中形成以角砾岩型矿石为特征的断裂型矿体, 而 Hg 矿或 Hg-Tl 矿则产于 Au 矿床外围高角度断裂破碎带中。黔西南台地相区的背斜构造是金成矿最有利区域。

②构造蚀变体 (Sbt) 标志。明确了 P_2m 与 P_3l 或 $P_3\beta$ 之间不整合界面作为含矿热液远距离运移的通道, 构造蚀变体 (Sbt) 为区域性构造热液活动的产物。对这些成矿规律和 Au-Hg-As-Tl 有规律的共生分异的认识和机制研究, 为深部成矿信息提取及层控卡林型金矿隐伏矿床成矿异常识别提供了理论依据, 为黔西南区域盲金矿找矿提供了方向。广泛分布的构造蚀变体 (Sbt) 为区内金矿找矿最直接的标志, 深部钻探施工以揭穿 Sbt 作为终孔标志。

③构造地球化学标志。研究表明, Au-As-Hg-Sb 的元素地球化学分布能有效反映本区成矿热液活动。Au-As-Hg-Sb 四种元素的异常分布上, 最大程度的叠合区是有利的成矿作用区。强的 Sb 异常对金矿成矿不太有利, 金矿找矿不应处于锑矿床 (点) 区。

④构造作用形成的地表浅部的碳酸盐脉的中稀土元素富集特征, 可能反映了黔西南层控卡林型金矿成矿区深部金成矿作用, 可用来指示深部隐伏矿体可能存在的位置, 是寻找深部隐伏型卡林型金矿床的最重要找矿标志之一。

二、应用范围及应用实例

2006 年根据建立的成矿模式, 明确提出了水银洞金矿区东段 (雄黄岩 + 簸箕田 + 纳秧) 长 7000 m 范围内具有 60~90 t 以上的金矿资源潜力, 找矿勘查沿灰家堡背斜轴线两翼 500 m 范围内开展, 探矿工程以穿过茅口组顶部构造蚀变体 (Sbt), 进入正常茅口组 (P_2m) 灰岩终止, 寻找层控金矿体为目标的成矿预测方向。创造性地以 160~320~640 m 的勘探线距在长 7000 m 范围内进行大范围大面积探索深部盲矿体 (雄黄岩矿段为 160 m × 160 m、簸箕田矿段为 320 m × 160 m、纳秧矿段为 640 m × 160 m), 钻孔见矿率 95% 以上, 发现了雄黄岩、簸箕田、纳秧金矿, 二度空间找矿取得重大进展, 地表 1300 m 以下发现层状盲矿体。经近几年勘查, 区内 (水银洞金矿区) “攻深找盲” 取得重大突破, 新增金资源量 90 t 以上 [其中备案资源量 38147.94 kg, 未备案资源量 13840.25 kg (黄金勘查专项基金项目, 评审未备案), 纳秧 (黄金勘查专项基金项目, 尚未结题) 和簸箕田其他地段已经控制 40 t 以上资源], 水银洞金矿成为中国著名的超大型卡林型金矿床 (资源量 150 t 以上)。

水银洞金矿区 “攻深找盲” 取得的重大突破, 为水银洞矿山提供了可持续发展的后备资源, 使矿山持续发挥较好效益, 新增经济价值 240 亿人民币以上。解决劳动力就业 600 人以上、完成国家和地方税收、为地方经济发展和社会进步作贡献。另外, 在目前金融危机浪潮下, 黄金资源量和产量的增加, 对缓解金融危机的影响和市场对黄金的需求量也十分有利。

该项目的研究成果推动了卡林型金矿矿床学、矿床地球化学及其相关学科的发展，对该类型金矿的科研、找矿勘查等都具有重要意义，为开展黔西南台地相区金矿整装勘查提供了理论支撑。

三、推广转化方式

黄金是国家实行保护性的特定矿种，对国民经济有着重要作用。黔西南地区为我国重要的金成矿区域，浅表（500 m 以浅）找矿取得了重要成果并实施了成功开发，为国民经济发展做出了重要贡献。现阶段及今后的找矿主要表现的二度空间的“攻深找盲”，理论找矿和科学找矿是关键。《贵州省水银洞层控卡林型金矿成矿及找矿》所建立的区域成矿模式和所总结的找矿标志，本身就是基于黔西南具体的金矿成矿条件，模式指导下的二度空间找矿已经取得成功。项目成果的推广，适宜于黔西南台地相区金矿整装勘查工作，其就是通过进一步详细分析具体成矿地段的成矿地质条件，使之与项目成果紧密结合，选择最有利成矿地段，实施整装勘查，实现区域深部找矿重大突破，实现国家“358”找矿目标。

技术依托单位：贵州省地质矿产勘查开发局一〇五地质大队

联系人：刘建中

通讯地址：贵州省贵阳市新添寨新添大道 114 号

邮政编码：550018

联系电话：0851 - 6846056

电子邮件：liujianzhong868@sina.com

内蒙古架子山 I 区银钼矿深部找矿 取得重大突破

一、内容概述

2006 年 10 月到 2010 年 10 月，内蒙古矿业开发有限责任公司在对内蒙古科尔沁右翼前旗架子山矿区 I 区隐伏盲矿体勘查过程中，采用中比例尺和大比例尺的综合找矿方法，找矿取得了重大突破，完成面积 1.44 km^2 的详查工作，控制矿床范围长 1300 m、宽 564 m，面积 0.7332 km^2 ，单矿体厚一般为几米至数十米。

目前工作共圈定银钼矿体 40 条，矿体主要赋存在钾长花岗岩与上侏罗统玛尼图组地层的内、外接触带中，尤以内带为甚；玛尼吐组为上覆地层，岩性为安山岩、蚀变安山岩，均厚 320 m，最薄 25.4 m；钾长花岗岩为隐伏岩体，与成矿关系密切；控矿和赋矿构造以北东、北西向为主，矿床成因类型为斑岩型。

矿石类型分为银钼矿石和钼矿石，主矿产为钼，平均品位 0.119%，共生矿产有银，平均品位 10^8 g/t 。矿体走向一般呈北东向，倾角以小于 30° 为主，形态呈似层状、鞍状、透镜状、脉状，沿走向和倾向上均有尖灭再现、局部有分枝复合现象。矿体形态受钾长花岗岩与地层的接触界面起伏控制，随岩体起伏而变化。

《内蒙古自治区科尔沁右翼前旗架子山矿区 I 区银钼矿详查报告》经北京中矿联储量评审中心评审，审批结论为：本次详查工作质量符合规范要求，基本满足矿山设计需要，批准钼金属资源/储量 9825.85 t，银金属资源/储量 59078.98 kg，均为新增资源/储量。

二、应用范围及应用实例

架子山 I 区找矿思路第一阶段为面上展开，面中求点；第二阶段为点上突破，以点带面。

首先，通过全区 1:5 万地质填图，发现地层、岩体整体呈北北东向展布，二者呈侵入接触关系；通过全区 1:5 万土壤化探扫面工作，圈定综合异常 10 处；通过全区 1:5 万高精磁测工作，圈定磁异常 4 处。

随后通过全区 1:1 万地质填图，更精细的圈定了岩性地质单元、断裂分布，以及在北北东向接触带上发现银、钼、铅、锌、铜的矿（化）点 5 处；在地质、物、化探异常叠合地段，通过 42.26 km^2 的 1:1 万高精磁测，重现并细分了 1:5 万高精磁异常；通过 42.26 km^2 的 1:1 万激电扫面工作，圈定激电异常 4 处。

经综合分析研究发现，在地层-岩体接触带与北东向、北北西向两期断裂的交汇处，很好的叠合有钼矿点 1 处、AS6 号 1/5 万化探综合异常、C-3-3 号 1:5 万高精磁异常和 JD-2-2 号激电异常，并且走向、形态基本吻合；随后围绕钼矿点，结合构造、异常的走向等特征，布置了地质、化探、磁法、CSAMT 等方法综合剖面（测线方向 300° ，线距

80 m)；在多条 CSAMT 深部电阻率数据断面图中圈定的异常带上投入钻探工程进行验证，在平均埋深 270 m 到 580 m 之间发现了达工业品位的隐伏银钼矿体。

随后进行了大量的钻孔验证，加密了勘探线网度，查明了矿体规模等特征，估算并提交了钼金属资源/储量。

综合找矿标志：

①银钼矿体主要受整体平缓的钾长花岗岩与上覆上侏罗统玛尼图组安山岩地层接触带起伏形态控制，赋存在内、外接触带中，尤以内带为甚；②断裂与断裂、断裂与岩体接触带交汇处是主要成矿部位；③硅化、黄铁绢云母化是钼矿成矿的蚀变标志；④化探综合异常为间接找矿标志；⑤正、负跳跃条带拉伸状的高精磁异常，表现为隐伏地质体节理或裂隙构造较发育、岩性变化较强，是重要的物探找矿标志；⑥几何形态吻合较好的地、物、化叠合异常，是重要的综合找矿标志；⑦可控源音频大地电磁测深综合电法（CSAMT-TDIP）剖面圈出的高极化、低阻变化带是重要的成矿部位。

三、推广转化方式

（1）目前，依据电法工作成果，结合钻探工程验证见矿情况圈定详查区范围为 1.44 km²，但由钻探工程控制达到详查工作程度的范围仅为 0.7332 km²，其外围四周边界还未得到有效控制，仍存在扩大矿床规模的可能。

（2）在详查区外围查证部分化探异常结果显示：在 AS₁₀、AS₁₁、AS₁₃ 化探异常区内均发现不同程度多金属矿化，个别样品铜、铅、银、钼品位达到其边界品位，显示 AS₁₁、AS₁₃ 化探异常应更具找矿潜力。

（3）目前在架子山银钼矿区外围仍有 AS₇、AS₈、AS₉、AS₁₀、AS₁₁、AS₁₂、AS₁₃ 等七处套合较好的综合异常，异常面积大，银、铜、铅、锌、钼元素套合好，强度高，分带性明显，成矿条件优越，但工作程度很低（仅少部分做了地表踏查），加强矿区外围综合异常的查证力度，有望找到同类型的中到大型多金属矿床。

（4）架子山地区的Ⅱ区、Ⅲ区和Ⅳ区与Ⅰ区的成矿地质条件类似，可借鉴Ⅰ区的找矿思路和工作方法，如加大投入，有可能取得新的找矿突破。

综上所述，目前Ⅰ区内已发现矿（化）点均位于花岗岩体与地层的内、外接触带上，并叠加有磁法、电法、化探异常，它们在空间上相互套合良好。总体评价架子山Ⅰ区、Ⅱ区、Ⅲ区和Ⅳ区仍具有很大找矿潜力。

技术依托单位：内蒙古矿业开发有限责任公司

联系人：杨亮

通讯地址：内蒙古呼和浩特市呼伦南路 147 号地质矿业大厦

邮政编码：010020

联系电话：0471-6624774

电子邮件：yangliang_022@163.com

第五部分 非金属矿产

新疆巴州霍拉沟红柱石矿选矿试验研究

一、内容概述

中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所受新疆巴州三维罗布泊矿业投资公司委托对新疆巴州霍拉沟红柱石矿进行选矿试验研究，为矿山地质评价提供充足数据和年产 5 万 t 红柱石精矿选矿提供建厂设计依据。

项目研究查清了矿石的矿物组成及矿物间的嵌布共生关系，尤其是脉石矿物集合体的性质变化规律。选矿工艺充分利用了该矿石红柱石的原生粒度粗，明显大于石英、云母等脉石矿物的原生粒度，且红柱石与脉石矿物的嵌布紧密程度远不如脉石之间紧密的特点，提出了在较粗粒度下采用“集合体”抛尾和原矿直接破碎分级入选的新技术。

在大量探索性试验的基础上确定了 $-5+0.5$ mm 级别采用重选-干式磁选工艺流程， -0.5 mm 级别采用重选抛尾-湿式磁选-重选-干式强磁选工艺流程，中矿采用破碎-分级-干式磁选工艺流程。选矿扩大试验取得了红柱石精矿产率 9.61%， Al_2O_3 57.03%，红柱石矿物量 95.69%，回收率 69.73% 的优异工艺指标，工艺简单可靠。该工艺很好的解决了粗粒红柱石矿选矿提纯技术难题，属创新工艺。5~0.5 mm 产品，填补了国内无粗粒红柱石骨料的空白。

新疆巴州三维罗布泊矿业投资公司根据该项目研究成果，2002 年初开始建厂设计，2004 年 6 月建成新疆巴州益隆红柱石有限公司年产 5 万 t 红柱石精矿（1600 t/日原矿）选矿厂。我所承担了选矿厂调试任务，工业调试结果：红柱石矿（原矿品位 12%~17%）经选矿提纯，可获得 Al_2O_3 55%~58%， $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 1\%$ 的优质红柱石精矿，红柱石矿物回收率 60%~70%，产品粒度 5~0 mm。该厂的建成投产，不仅可为我国耐火材料工业提供优质红柱石产品，而且，其产品的成本和价格可以参与国际市场的竞争。

该技术的成功应用，可有效带动区域经济的发展，提高我国此类非金属矿资源合理利用水平和市场竞争力。

二、应用范围

科学研究、技术服务和地质勘查业。

三、推广转化方式

转化方式：技术转让。

技术依托单位：中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所

联 系 人：王秋霞

通讯地址：河南省郑州市中原区陇海西路 328 号

邮政编码：450006

联系电话：0371－68617811；68632043

电子邮件：zzskjc@163.com

辽宁朝阳天然沸石资源的开发应用研究

一、内容概述

朝阳地区是我国天然沸石储量较大的地区之一。朝阳天然沸石过去认为只有斜发沸石一个属种，经过工作调查和对沸石资源采用的理化指标的测试发现，朝阳天然沸石有三种属种，即斜发沸石、片沸石和丝光沸石。理化指标测试获得的数据为研究沸石资源提供了信息。对朝阳天然沸石的分布及地质特征进行了研究，并编制了朝阳天然沸石地理分布图。在天然沸石改良温室大棚土壤的研究中，发现了用天然沸石改良温室大棚土壤的七大作用，并提出单纯应用沸石粉可以使土壤改良作物增产等效果；在处理高氟水的实验中，研究出了一套处理方法和沸石活化处理方法，特别适合于一家一户的分散饮用水除氟，操作方便，成本低廉，效果好。

二、应用范围

科学研究、技术服务和地质勘查业

三、推广转化方式

技术服务

技术依托单位：朝阳市国土资源局

联系人：修璞

通讯地址：辽宁省朝阳市国土资源局

邮政编码：122000

联系电话：0421 - 2659091

河北省非金属矿产资源调查与评价

一、内容概述

课题来源、研究目的

河北省国土资源厅以冀国土资勘任字〔2002〕03号文，下达河北省非金属矿产资源调查评价任务书，其主要任务简述如下：

摸清截止2001年底以前全省非金属矿产资源家底，阐明优势非金属矿产资源的勘查、开发应用前景。充分运用现代成矿新理论、新方法和新技术，总结不同矿种、不同类型矿床的控矿因素和赋存规律，划分成矿远景区，提出可供进一步地质勘查和开发利用的规划区或矿产地。建立河北省非金属矿产资源信息系统。

河北省国土资源厅地勘处已于2005年5月组织有关专家对项目提交的《河北省非金属矿产资源调查评价报告》进行了评审验收，并于2005年8月提交了最终成果。《河北省非金属矿产资源调查与评价》是在该调查评价报告的基础上完成的，是对原报告进行修改、提炼，进一步综合研究的成果。《河北省非金属矿产资源调查与评价》于2006年8月由河北省国土资源厅科技处组织进行了成果鉴定。

查明截止2001年底，全省已发现各类非金属矿产74种，细分亚矿种106种，已列入《河北省矿产储量表》40种，亚种50种。截止2001年底，全省非金属矿产地为1260处，上储量表271处。106个亚矿种中，有查明资源储量的非金属矿产97种，保有资源储量323.52亿吨；在全省已知的106个亚矿种中，已开采利用83种，未利用23种；1260处矿产地中，已采425处。

针对饰面石材、膨润土、浮石、玄武岩、砖瓦页岩等矿种，按预查工作要求进行工作，新发现了32处可供普查产地。

对全省非金属资源潜力进行了分析，对27种主要非金属矿产按找矿潜力分类，归纳找矿潜力较大的矿产15种，有一定潜力的矿产9种，潜力不大的3种。以2001年为基年，结合本省经济社会发展规划，分“十五末”、2010年、2015年三个时期，选择开发利用程度高，具有资源优势的25个重点或优势矿种进行保证程度论证。

对106个亚矿种的资源分布、产地数量、资源储量、矿床类型等逐一进行了叙述，分析了资源潜力、开发利用现状及应用前景。选择本省资源储量大，品质优、加工技术成熟、产品有竞争优势的10类矿种，从产业现状、资源优势、市场需求和应用前景三个方面逐一进行了开发应用研究，指出了开发应用方向。

重点对开发强度大、产业集约度高，资源不能充分保证，尚有较大找矿潜力的13个矿种进行了成矿远景区划，划分了33个成矿远景区，分析预测了潜在资源量；对碳酸钙、饰面石材、新型墙体材料类矿产、碎云母等10类优势矿种，结合区内现有相关产业布局，区域内外环境条件，提出了39个建议开发区，指出了开发应用方向及对策。

以国际流行的 Mapinfo 软件为平台，采用国际主流数据库 Oracle，面向省市县三级国土资源管理部门、地勘单位、矿山企业三类用户，开发研制了《河北省非金属矿产资源信息系统》，为管理部门决策、动态管理、资源勘查、开发利用提供了信息平台。

经过本次工作，查明全省计有非金属矿产 74 种，细分亚矿种 106 种，矿产地 1260 处；提交花岗石材、砖瓦用页岩、水泥灰岩等重点或优势矿产地 32 处，提出勘查规划区 33 处和建议开发区 39 处，是迄今全省最系统的非金属矿主调查评价成果。根据市场需要预测，选择在国内有优势的 10 类矿产，逐一分析了开发利用现状、资源优势和发展前景，指明了开发应用方向，为政府部门统一规划和合理开发非金属资源提供了依据。广泛收集了国内外已有非金属矿产加工利用技术成果，白云岩、滑石、石墨、石英砂岩、花岗石材、碎云母等矿种的开发应用前景分析充分反映了国内外的最新应用成果。全省非金属矿产资源管理系统采用国际主流数据库 Oracle 和国际流行的 MapGIS 软件平台，采用 C/S 结构，支持网络和单机版应用，具有国内先进水平。

二、应用范围

科学研究、技术服务和地质勘查业

三、推广转化方式

技术依托单位：河北省地勘局石家庄综合地质大队

联系人：马志军

通讯地址：河北省石家庄市中山西路 891 号

邮政编码：050081

联系电话：0311 - 85236062

电子邮件：hbsjz970506@163.com

河北省未进矿产资源储量表矿种 调查评价

一、内容概述

(1) 除去地下水、石油、天然气、铀矿煤层气和砖瓦用粘土外,河北省尚有 109 种未进表矿产,其中,能源矿产 1 种;水汽矿产 1 种;化工原料矿产 6 种;贵金属和稀有分散元素矿产 16 种;冶金辅助原料矿产 4 种;建筑材料及其它非金属矿产 81 种。在这 109 种矿产中,包括本次工作新发现矿产 43 种。在工作过程中,砖瓦用页岩、水泥配料用黄土、饰面用辉绿岩等 3 个矿种已经列入《河北省矿产资源储量表》;化工用白云岩、建筑用橄榄岩、天然碱、透闪石和凹凸棒石粘土等 5 种矿产未查到任何产地线索。

(2) 全省未进表矿产地(点) 1929 处,其中,有查明资源储量矿产地 1384 处,占总数的 71.75%;无查明资源储量矿产地 369 处,占总数的 19.13%;新增矿产产地 176 处,占总数的 9.12%。在 1929 处未进表矿产地中,勘探 6 处,详查 36 处,普查 628 处,预查 485 处,其它 744 处;地质工作程度达到普查以上的矿产地仅占总数的 34.73%。

(3) 本次工作涉及的未进表矿产中,建筑材料及其它非金属矿产地 1199 处(大型 43 处,中型 108 处,小型 734 处,矿点 314 处),占总数的 62.16%;冶金辅助原料矿产 35 处(中型 6 处,小型 18 处,矿点 11 处),占总数的 1.81%;化工原料矿产地 29 处(小型 7 处,矿点 22 处),占总数的 1.50%;能源矿产地(地热) 153 处,占总数的 7.93%;水汽矿产地(矿泉水) 302 处(大型 46 处,中型 167 处,小型 36 处,矿点 50 处),占总数的 15.66%;金属矿产地 211 处,占总数的 10.94%。按照矿山规模统计,大型矿产地 94 处,占总数的 4.87%;中型矿产地 284 处,占总数的 14.72%;小型矿产地 840 处,占总数的 43.55%;矿点 711 处,占总数的 36.867%。

(4) 我省未进表矿产资源的潜在价值巨大,举例说明。河北省山区地热资源放热总量为 $4.57 \times 10^{15} \text{ J/a}$,折合标准煤 15.59 万 t/年,平原地热田及地热异常区以及地热远景区地热资源总量为 $122773.37 \times 10^{16} \text{ J}$,相当于标准煤 418.91 亿 t;2007 年,我省制灰用灰岩生产企业 131 家,年工业生产总值 27012 万元,累计动用储量仅占累计查明资源储量的 5.9%;2007 年,我省建筑用白云岩生产企业 542 家,年工业生产总值 47807 万元,累计动用储量仅占累计查明资源储量的 7.4%。

(5) 我省的地热、制灰用灰岩、制灰用白云岩、制钙用灰岩、建筑用白云岩、建筑用砂、饰面用板岩、建筑用玄武岩、砚石和建筑用玄武岩等 10 种矿产的开采已经取得了巨大的经济效益;浮石、珍珠岩、松脂岩、黑耀岩、球粒石英砂、岩盐和卤水等 7 种矿产极具开发前景。本次工作建议将上述 17 种矿产列入《河北省矿产资源储量表》。

(6) 我省未进表的稀有金属矿产、分散元素矿产和稀土金属矿产,由于多为伴生矿产,或者矿石品位低、规模小,目前不具回收利用价值。但是,应该重视对宣化水泉堰家

沟—丁家山一带含锆煤矿和蔚县含锆煤矿中锆的地质评价；饰面用玄武岩、饰面用千枚岩、饰面用片岩和饰面用片麻岩（平山龙耳村）、建筑用安山岩、建筑用辉绿岩和建筑用石英砂岩等 7 种矿产的开发前景看好，需要注意进行合理规划开采；根据我省沉积型海泡石矿品位低的特点，在不进行选矿提纯的前提下，转换开发利用的思路，加强应用研究，利用海泡石特有的吸附能功能，重点发展在农业方面的应用，以及在宠物饲养方面的应用，或者在节能型建筑材料生产方面开辟新的应用途径。

（7）应该切实重视我省玄武岩的开发利用。第一，根据不同产地的实际情况，通过优化产品结构，提高资源利用率，这方面可以借鉴承德叶腊石的开发经验。第二，重视玄武岩纤维和玄武岩连续纤维（CBF）的产品开发。玄武岩纤维是碳纤维的低价替代品，具有一系列优异性能，尤为重要，由于它取自天然矿石而无任何添加剂，是目前为止唯一的无环境污染的不致癌的绿色健康玻璃质纤维产品。可将 CBF 的应用初步锁定在建筑增强、防火消防、过滤环保、绝缘电子、石油化工、体育用品和汽车船舶等领域。

（8）本次工作提交的文档、资料：

①《河北省未进矿产资源储量表矿种调查评价报告》1 份；

②报告附件 3 套：

《河北省未进矿产资源储量表矿种（有查明资源储量）矿产地登记表》，

《河北省未进矿产资源储量表矿种（未查明资源储量）矿产地登记表》，

《河北省未进矿产资源储量表矿种（其它）矿产地登记简表》；

③《河北省未进矿产资源储量表矿种信息管理系统》使用手册。

二、应用范围及应用实例

《河北省未进矿产资源储量表矿种信息管理系统》使用手册，为河北省国土资源厅资源处完善和深化矿产资源储量管理工作提供了依据。参考这一手册，可以提高找矿效率、降低勘查成本。

三、推广转化方式

建立《河北省未进矿产资源储量表矿种信息管理系统》、《河北省未进矿产资源储量表矿种信息管理系统》使用手册。

技术依托单位：河北省地矿中心试验室

联系人：庞玉荣

通讯地址：河北省保定市百花东路 156 号

邮政编码：071051

联系电话：13315236888

电子邮件：13315236888@163.com

我国近海海砂资源勘查技术

一、内容概述

（一）概况

海砂资源是海洋矿产资源中产值仅次于油气的重要矿产类型，是国家基础建设的重要资源之一。据统计，2010 年，我国海砂开采业全年实现增加值已达 49 亿元。自 2005 年以来，青岛海洋地质研究所完成了多项国家级海砂资源勘查项目，为国家重点工程建设（港珠澳大桥）提供了砂源地，通过不断总结和提升，形成了一套以海洋地球物理-地质学-GIS 技术相结合、成矿模式与应用验证相结合为特色的海砂资源勘查技术，并得到良好的应用。

（二）主要内容

该技术借鉴了国外海砂资源勘查经验，充分考虑与认识我国近海地质环境的实际情况，在我国浅海海域（ $<50\text{ m}$ 水深）范围内，提出“总体规划、重点部署、分区实施”的工作思路，以先进的第四纪地质学和矿床地质学理论为基础，以海洋地球物理（浅地层剖面测量、单波束水深测量、多波束水深测量、侧扫声呐测量等）、地质取样（表层取样、柱状取样和地质浅钻）为主要的调查手段，获得调查海域海底以下超过 40 m 的地质和地球物理结构，建立砂体识别标志，圈定海砂矿体和矿层，详细评价海砂质量，计算不同级别的海砂资源量/储量；建设我国近海海砂资源调查数据库和信息管理系统；开展海砂开采环境效应评价；编制海砂勘查开发规划。

（三）特色与创新点

1. 以成矿模式为指导的找矿方法

以第四纪地质学为基础，分析古沉积环境和可能的沉积体系，建立古海平面变化曲线，以砂体成因和演化为主线，判别海砂成因类型，建立海砂矿形成演化模式，指导找矿。

2. 海洋地球物理学与地质学方法相结合

地球物理方法探测砂体，判别海砂矿声学特征，建立地球物理找矿标志；地质取样验证，确定层序地层和沉积相（环境），建立地质找矿标志；综合地球物理与地质资料，圈定海砂矿体。

3. 注重 GIS 信息技术应用

以建成全国浅海海砂矿资源数据库为目标，将各区调查研究资料统一建库，开展海砂矿空间信息研究，建立我国浅海海砂矿三维展示模型；建设浅海砂信息管理系统，为我国海砂矿政管理提供支撑。

（四）社会经济意义

该成果以多学科交叉为基础，填补了我国近海海砂资源勘查技术空白，丰富了我国海

域矿产资源勘查理论，完成的成果中已经获得的海砂总资源量超过 50 亿 t，潜在经济价值超过 1000 亿元。编制的海砂资源调查和勘查规范已经中国地质调查局批准为行业标准，将向全社会推广。

二、应用范围及应用实例

（一）珠江口、舟山、成山头、辽东湾和台湾海域等海域

通过调查和研究，在珠江口外，获得了 3.5 亿 t 的建筑用海砂资源量；在舟山，获得了 2.1 亿 t 的建筑用海砂资源量；在成山头，获得了 1.3 亿 t 的建筑用海砂资源量。在辽东湾和台湾海峡，初步评价的海砂资源量分别达 1.6 亿 t 和 12.4 亿 t。

（二）北黄海西朝鲜湾海域

自 2006 年以来，在国家相关研究专项的支持下，开展了北黄海西朝鲜湾海砂资源勘查，已经获得可采海砂资源量 46.8 亿 t。

（三）广东珠海港珠澳大桥人工岛填筑砂源勘查

2009~2010 年，由中国交通建设集团投资，在珠江口海域完成了国家重点工程“港珠澳大桥”建设人工岛填筑砂源勘查工作，共获得海砂资源量 1.2 亿 t，能够满足大桥建设的需要。该资源量经国土资源部储量中心评审，并报国土资源部储量司备案。目前，该海砂资源已经成功开采使用。

（四）浙江宁波舟山海域海砂资源勘查

2010 年，经招投标程序，由浙江省国土资源部厅立项，完成宁波舟山海域海砂资源勘查，圈定海砂矿资源量达 1.1 亿 t；编制了该海域 5 年内的开采利用规划，为浙江省国土资源厅进行海砂矿政科学化管理提供了基础资料 and 支撑。

三、推广转化方式

（1）本成果主要以研究报告、科研论文、学术讲座等方式向全国相关科技人员进行推广转化，如各沿海地调院、大学等；

（2）编制的海砂资源调查规范和勘查规范将由中国地质调查局以行业标准形式向社会颁布，供全国相关单位参考使用；

（3）编制的海砂勘查开发规划和建设的海砂资源信息管理系统，将提交国土资源部相关司局或各沿海省国土资源厅使用。

技术依托单位：青岛海洋地质研究所

联系人：李军

通讯地址：青岛市福州南路 62 号

邮政编码：266071

联系电话：0532-85776342

电子邮件：qdljun@cgs.cn

滨海砂矿地质勘查方法

一、内容概述

随着矿产资源紧缺的矛盾越来越突出，在加快陆地矿产资源勘查开发的同时，人们的注意力也转向了海洋。滨海砂矿是仅次于海洋石油和天然气资源、居于第二位的潜在海洋矿产资源宝库（谭启新，孙岩．中国滨海砂矿 [M]．北京：科学出版社，1988），而且滨海砂矿应用广泛，投资少，见效快，开采方便。

但见于文献、报告中的滨海砂矿勘查工作，重点在母岩类型、水动力条件、海岸类型和地貌类型、第四纪沉积作用及新构造运动对砂矿的控制作用，也没有关于滨海砂矿的地质勘查规范。中华人民共和国地质矿产行业标准 DZ/T0208—2002《砂矿（金属矿产）地质勘查规范》第 1 条指出：本标准规定了除滨海砂矿以外的金属矿产砂矿勘查。

由于没有滨海砂矿地质勘查规范，在滨海砂矿勘查中，无法确定工程间距等。参考 DZ/T0208—2002，由江苏省有色金属华东地质勘查局下属的江苏华东地质建设集团有限公司（以下简称地建集团）在滨海砂矿勘查中采用的方法如表 1。

表 1 江苏华东地质建设集团有限公司滨海砂矿地质勘查方法

勘查阶段	工程间距	孔深	资源/储量分类
预查	垂直海岸线，线距 2~2.5 km，孔距 150~200 m	踏勘取样（1 m）	预测（334）
普查	垂直海岸线，线距 1.2 km，孔间距 80~100 m	浅孔（8~10 m）	推断（333）
详查	垂直海岸线，线距 400~800 m，孔间距 40~80 m	浅孔和深孔（20 m）相结合	控制（332）

在详查阶段，具体工作方法如下：①先确定一个变化系数，即 $\eta = (\text{原长} - \text{现长}) / \text{原长}$ 。②试验 5 条剖面线，工程间距是 400×40 。③然后根据工业品位要求分别按 400×40 、 800×80 进行矿体试圈定，分别计算出按 400×40 圈出的矿体沿走向、倾向长度（原长）和按 800×80 圈出的矿体沿走向、倾向长度（现长）。④若走向变化系数和倾向变化系数都不超过 70%，则下一步工作按 800×80 工程间距进行；若走向变化系数不超过 70%，而倾向变化系数超过 70%，而按 800×40 工程间距进行；若走向变化系数超过 70%，而倾向变化系数不超过 70%，而按 400×80 工程间距进行。

重砂样品分离是滨海砂矿勘查的组成部分之一，由粗淘、缩分、磁选、电磁选、精淘步骤组成，最后通过鉴定得到品位。由于滨海砂矿样品数量大，参考 DZ/T0208—2002 和 DZ/T0130.1—2006《地质矿产实验室测试质量管理规范》，地建集团在滨海砂矿勘查中采用在野外进行淘洗试验，确定淘洗次数。不仅保证了淘洗质量，而且减少了淘洗工作量，相关成果已发表在核心期刊《矿产勘查》2011 年第 4 期上。

同时，针对市场上没有重砂样品分离仪器的问题，地建集团通过参考已出版文献，在专业人士的指导下，仿制了淘洗盘、缩分仪、多极强磁铁和电磁选仪。在正式应用前，请

地质分析、选矿专门试验室——江苏省华东南工地质技术研究有限公司的技术人员进行校验，以保证品位的准确性，从而解决了市场上没有重砂样品分离仪器的问题。

二、应用范围及应用实例

莫桑比克有 2500 km 濒临印度洋的海岸线，大陆内部三分之二为前寒武纪变质岩和火成岩，富含钛铁矿、锆英石、金红石以及独居石、白钛石、蓝晶石、红柱石等重矿物，经风化、剥蚀和搬运，在沿海地区沉积富集，因此莫桑比克滨海砂矿资源十分丰富。

2010 年，非洲资源投资公司、喜富投资有限公司（甲方）与江苏华东地质建设集团有限公司（乙方）达成合作协议，乙方对甲方在莫桑比克沿海地区 2813L、2815L、2829L、2816L、2812L、2814L 六处总面积 733.2 km² 的矿区开展钛锆砂矿预查工作，工作时间 2010 年 3 月至 8 月。通过预查，圈定四个具有大型规模、两个具有中型规模的成矿远景区，334 资源量：钛铁矿 1853 万 t、金红石 57.2 万 t、锆英石 136.8 万 t。

从 2010 年 11 月至 2011 年 1 月，对 2816L 二块总面积 5.4 km² 的远景区开展详查工作，通过 5 条试验线，确定工程间距 800 m × 40 m。

根据甲方指标——边界品位钛铁矿 $\geq 10 \text{ kg/m}^3$ 、工业品位（G）钛铁矿 $\geq 30 \text{ kg/m}^3$ 、低品位（D）矿石 $10 \text{ kg/m}^3 \leq \text{钛铁矿} < 30 \text{ kg/m}^3$ 、最小可采厚度 1 m，夹石剔除厚度 2 m，开采边坡角 35°，乙方圈定了矿体。

2011 年 3 月，甲方邀请陕西有色金属控股集团有限责任公司、江苏省地质调查研究院专家在南京对《莫桑比克赞比亚省 2816L 矿区钛锆砂矿详查报告》进行了评审。评审专家认为：①报告章节内容齐全，文、图、表一致，工作质量基本满足相关技术要求，同意报告通过评审。②在项目承担单位根据专家评审意见对送审报告进行修改、补充、完善后，提供甲方使用。

在 2011 年 6 月提交的最终成果《莫桑比克赞比亚省 2816L 矿区钛锆砂矿详查报告》，按照 DZ/T0208-2002，钛铁矿为大型，金红石、锆英石为中型。

三、推广转化方式

（1）通过莫桑比克其它五个矿区的详查工作，继续试验工程间距、淘洗次数等滨海砂矿地质勘查的关键点。

（2）在国内外进行上述勘查方法的应用。

（3）以上述应用为基础，编制滨海砂矿地质勘查规范。

技术依托单位：江苏华东地质建设集团有限公司

联系人：樊敬亮

通讯地址：江苏省南京市白下区光华路石门坎 102 号华鑫大厦

邮政编码：210007

联系电话：13813938276

电子邮件：jingliangfan@126.com

西藏扎布耶盐湖矿床成因、地质勘查、 动态观察与开发试验

一、内容概述

本项目在发现新矿物扎布耶石 (Li_2CO_3) 和划分新的锂矿石组合基础上, 提出该矿床新的工业评价指标, 进而查明该矿床为大型、超大型锂、硼综合性矿床、是具有固-液两相的新类型锂盐湖矿床; 提出该矿床为碰撞带多级成盆成矿模式。通过现场持续艰苦的气象、水文观察和卤水天然蒸发实验, 查明盐湖盐动态变化基本规律, 特别是锂在不同季节的固液相转化规律, 并进而开展室内外以提锂为主兼及综合利用的实验研究, 以实验盐湖学为指导, 找到“冬储卤—日晒冷冻—太阳池沉锂”以及淡水浸取高品位锂精矿的绿色提锂新工艺, 形成一整套工艺技术简单易行、低成本的创新工艺, 为开发碳酸盐型锂盐湖提供了主要科技依据。获得国家科技进步二等奖、国土资源部科学技术一等奖和 2006 年中国地质科学院年度十大进展。

二、应用范围及应用实例

本项目应用范围主要在西藏扎布耶盐湖, 其成矿地质条件复杂, 通过系统地实测地质剖面, 填绘矿区 1:10 万地形地质图 1900 km^2 , 据有孔虫和同位素测年, 将 1:100 万日喀则幅认为上新世 (N_2) 的火山沉积岩层勘正为早白垩世晚期—晚白垩世早期; 进一步阐明 $40^+ - 28 \text{ ka B. P.}$ 存在一个证据确凿的古泛湖, 而汇聚了湖区二次深部强烈热水活动的成矿物质, 主成时期在 10 ka B. P. 以后; 查明 3 个时代岩石 Li、B、Cs 具较高正异常: 晚白垩纪末期斜长角闪岩 (68.23 Ma)、喜山期电气花岗岩 (20 ~ 10 Ma) 和晚更新世末期—全新世钙华 (30 ka B. P. —现代), 结合进行的长期观察和水岩实验结果计算, 得出深部热水是扎布耶盐湖锂硼矿床的主要来源的较为可信的结论; 提出扎布耶锂硼矿床青藏高原碰撞带最年青成矿作用产物, 是一种与南美弧后裂谷高山深盆成矿模式不同的多级浅盆成矿新模式。

通过 1990 年始在矿区建立气象、水文长期观察站所取得的多年观察数据和 1999 ~ 2000 年南、北湖洪水期、平水期、枯水期按规范取样分析, 摸清了该湖全年气象和水盐动态变化基本规律; 取得三个水期动态储量的准确数据; 卤水天然蒸发实验表明卤水锂在冬季增高。上述研究对于开采利用该区固液相资源有重要价值。

在发现扎布耶石新矿物和进一步查明锂矿石结构、构造、嵌布关系和水化学特征的基础上, 提出该矿为新类型锂矿床, 在固态矿工业指标、矿石划分等方面有所创新; 将该矿确定为 II 勘探类型, 采用合理的网度探求固液体储量; 对已控制的资源经国土资源部储量中心审查通过, 其主矿体固液相资源 Li_2CO_3 储量 200 余万 t, 硼矿 (B_2O_3) 964 万 t, 钾

盐 2156 万 t, Cs 1559 t, Rb 4565 t, Br 41450 t 等, 其潜在价值在 2000 亿元人民币以上, 从而为该矿的近期开发利用提供了可靠的储量依据。

三、推广转化方式

本项目以实验盐湖学为指导, 提出“冬储卤—日晒冷冻—升温沉锂”盐田新工艺和温棚及太阳池升温沉锂技术, 使混盐的锂品位由 1.5% 上升到 70% ~ 90%; 创立淡水擦洗法无污染分离锂精矿, 获得碳酸锂精矿 Li_2CO_3 品位 76.86%, 锂回收率 72.91%; 用浸取—碳化—热解法生产达国标 I 级品 Li_2CO_3 (99.26%) 产品, 并可综合回收硼、钾、石盐等盐类副产品, 产品回收率达到 93.96% ~ 94.96%。“这些一系列研究不同阶段技术的优选组合所形成的一整套工艺技术简单易行、经济合理, 具有较强的创新性。”目前国外产锂的盐湖和正在开展提锂实验的东台吉乃湖均属硫酸盐型, 与之相比, 扎布耶湖具有低 Mg/Li 优势, 但锂盐难于集中富集, 故采取一整套矿床评价指标和提锂工艺方法和技术, 在世界上尚无先例。据中国有色金属设计研究总院等两个部门测算 (2002.10), 本技术方法提锂成本在 9000 元/t 左右, 达到国际生低成本的前列。

通过基础研究—应用研究—工程化系统研究, 已找到一条适合青藏高原环境锂盐湖工程化的可行科学技术路线, 为自主开发我国新类型盐湖提供了主要科学技术依据。由于扎布耶盐湖资源优势和开发利用技术的突破, 而引起国内外有关企业界的关注。作为产业化示范工程, 2004 年 10 月建成投产, 预计 2005 年建成年产碳酸锂 5000 t 和单水氢氧化锂 2000 t, 年税后利润 3358.6 万元。该湖锂产业的建成, 必将加快发展西藏经济, 并对青藏高原众多盐湖的开发起到示范作用, 而带动高原盐类综合产业的振兴。

技术依托单位: 中国地质科学院矿产资源研究所

联系人: 郑绵平 卮贞 卜令忠

通讯地址: 北京市西城区百万庄大街 26 号中国地质科学院盐湖中心

邮政编码: 100037

联系电话: 010-68327637

电子邮件: zhengmp2010@126.com

西藏自治区仲巴县扎布耶盐湖矿床锂矿详查

一、内容概述

扎布耶盐湖是一种富含锂硼钾和铯铷的特种盐湖资源，但是它同国外已开采的锂硼钾硫酸盐型特种盐湖不同（如智利 Atacama 盐湖、美国银峰湖和阿根廷“死人湖”），扎布耶属于碳酸盐型盐湖，它可以直接沉积碳酸锂，但是大量分散在地层中和日晒盐田析出各阶段，而硫酸盐型锂盐湖卤水中的锂则可以蒸发到后期集中。郑绵平等在发现扎布耶石（ Li_2CO_3 ）新矿物和含锂白云石变种及查明锂矿石结构、嵌布关系、水化学特征以及解决从卤水提取锂盐工艺的基础上，提出该矿为新类型盐湖锂矿床，并据此提出符合该矿固液态各项工业指标和矿石划分新方案，从而为该新类型矿床的储量计算和资源评价提供了可靠科技依据。通过大量艰苦细致勘查，提交了一个以锂为主的大型（锂）和超大型（硼）矿床，共生钾盐达中型*，铯、铷、溴、芒硝达大型，盐碱达中小型，从而确立其重大综合资源意义，估算其潜在经济价值达 2000 亿元以上。该详查报告于 2003 年通过了国土资源部储量评审中心审批，获得 2007 年全国地质勘查行业优秀地质找矿项目一等奖。

二、应用范围及应用实例

本项目应用范围主要在西藏扎布耶盐湖，其成矿地质条件复杂，通过系统地实测地质剖面，填绘矿区 1:10 万地形地质图 1900 km^2 ，据有孔虫和同位素测年，将 1:100 万日喀则幅认为上新世（ N_2 ）的火山沉积岩层勘正为早白垩世晚期—晚白垩世早期；进一步阐明 40⁺—28ka B. P. 存在一个证据确凿的古泛湖，而汇聚了湖区二次深部强烈热水活动的成矿物质，主成时期在 10ka B. P. 以后；查明 3 个时代岩石 Li、B、Cs 具较高正异常：晚白垩纪末期斜长角闪岩（68.23 Ma）、喜山期电气花岗岩（20 ~ 10 Ma）和晚更新世末期—全新世钙华（30 ka B. P. —现代），结合进行的长期观察和水岩实验结果计算，得出深部热水是扎布耶盐湖锂硼矿床的主要来源的较为可信的结论；提出扎布耶锂硼矿床青藏高原碰撞带最年青成矿作用产物，是一种与南美弧后裂谷高山深盆成矿模式不同的多级浅盆成矿新模式。

通过 1990 年始在矿区建立气象、水文长期观察站所取得的多年观察数据和 1999 ~ 2000 年南、北湖洪水期、平水期、枯水期按规范取样分析，摸清了该湖全年气象和水盐动态变化基本规律；取得三个水期动态储量的准确数据；卤水天然蒸发实验表明卤水锂在冬季增高。上述研究对于开采利用该区固液相资源有重要价值。

在发现扎布耶石新矿物和进一步查明锂矿石结构、构造、嵌布关系和水化学特征以及加工利用试验的基础上，指出该矿为新类型锂矿床；提出适合该碳酸型锂盐湖新类型的固液态矿工业指标、矿石划分的方面有新指标；而为国土资源部储量评审中心正式批准，可作为新类型工业指标在国内外相同类型矿床评价时参用。将该矿确定为 II 勘探类型，采用

合理的网度探求固液体储量；对已控制的资源经国土资源部储量中心审查通过，其主矿体 Li_2CO_3 固液相储量和资源量 200 余万 t，硼矿 (B_2O_3) 964 万 t，钾盐 2156 万 t，Cs 1559 t，Rb 4565 t，Br 41450 t 等，其潜在价值在 2000 亿元人民币以上，从而为该矿的近期开发利用提供了可靠的储量依据。

三、推广转化方式

提供一个可供以锂盐为主综合开发的资源基地，目前扎布耶盐湖锂资源开发产业化示范工程已建成，试生产 2006 年 11 月经国家发改委组织专家验收，获得一致肯定和高度评价，“标志着我国首次实现从盐湖中提锂的工业化生产，是我国锂资源将从进口转为自给自足再出口，由高成本的硬岩提锂转化为低成本盐湖提锂的里程碑”，到目前为止仍是我国成功建成的唯一锂盐湖产业化基地。

技术依托单位：中国地质科学院矿产资源研究所

联系人：郑绵平 刘喜方

通讯地址：北京市西城区百万庄大街 26 号中国地质科学院盐湖中心

邮政编码：100037

联系电话：010 - 68327637 13501191772

电子邮件：zhengmp2010@126.com

青藏高原第四纪重点湖泊环境演变序列和 20 万年来湖泊气候响应

一、内容概述

通过多年青藏高原盐湖-湖泊沉积和湖成地貌调查,在国家自然科学基金重点资金(40531002)和大地调(1212010511901)项目资助下,郑绵平院士等在青藏高原湖相沉积与古气候领域有新的发现和取得重要进展:

对高原晚更新世泛湖期与古气候有新认识,首次指出晚更新世高原有五次高湖期 132 ~ 112 Ka、110 ~ 95 Ka 约 91 ~ 72 Ka/83 ~ 75 Ka、65 ~ 53 Ka 和 40 ~ 30/35 Ka。在 5 次高湖面之间为中低湖面;表明了该时段高原气候变化具不稳定性特点。

首次揭示青藏高原腹地扎布耶 128 Ka 以来高分辨率湖芯精细记录:据扎布耶湖钻取的 83.63 m 的湖芯良好年龄测定数据(128 ~ 0.8 Ka),首次辨认出 6 个(Heinrich) / ($H_6 - H_1$) 等冷事件及阿路罗德暖事件。

发现当雄错 13.4 ~ 9 KaBP 叠层石,揭示阿路罗德等暖事件。

探讨高原 20 万年来具有干湿和冷暖演变的特点,在大幅度隆升的背景下,晚第四纪高原在古气候多变性和冷期扩张期扩展,暖气有较频繁冷颤的特点。

通过项目实施,发表了 SCI 论文 5 篇, CSCD19 篇,培养博士生 3 名,博士后 3 名等。

二、应用范围及应用实例

在研究期间,与中科院南京湖泊地理所合办了“国际盐度、气候变化与盐碱化”研讨会。为了推动调查该研究领域的深入发展,并配合当地的需求,2009 年在北京主办第二次“盐湖生物学、嗜盐生物与油气生成”学术研讨会。

三、推广转化方式

可以进一步整理发表,并在相关学术会议上交流;并据当前要求,进一步提出“青藏高原及邻区五千年来湖泊记录的气候演变机制及其影响”课题,已列入中国地质调查局“全球气候变化地质记录研究”计划项目(1212011120046)中,调研中发现的盐湖资源可供地调项目进一步查明资源性质和规模。

技术依托单位:中国地质科学院矿产资源研究所

联系人:郑绵平 王海雷

通讯地址:北京市西城区百万庄大街 26 号中国地质科学院盐湖中心

邮政编码:100037

联系电话:010-68327637 13501191772

电子邮件:zhengmp2010@126.com

我国钾盐找矿规律新认识和新进展

一、内容概述

中国地质科学院矿产资源研究所郑绵平院士团队组织我国相关科研单位开展了新一轮全国钾盐找矿工作，对比研究了国内外钾盐矿床成钾特征，总结出了中国海、陆相成盐盆地和成盐成钾特性；厘定了3个盐类成矿域和1个成矿带；提出了盐类沉积于构造稳定区中相对活动的亚稳定区和在构造亚稳定区中相对稳定区的新认识，发展了适合中国找钾的理论认识；有效地推动了油钾兼探工作；引领中国地质科学院地质研究所和化工地质研究院、云南省地质调查院、柴达木综合地矿勘查院、南京大学、成都理工学院等相关研究组，已在滇西、柴达木、陕北、库车和藏北找钾工作中取得了新的找矿方向和突破，有效指导了钾盐找矿实践。

二、应用范围及应用实例

(1) 由于中国是地处不同古气候带的若干小陆块和造山带拼合而成的，因而导致中国海、陆相盐盆地具有成盐成钾的某些特殊性：如盆地规模较小、盐类物质成分多样性、盐盆地活动性和成盐迁聚性、后期变化性与液态矿多等，提出中国多数古代盐盆地产于“准克拉通”，规模较大的和多期叠合的可溶盐沉积多发育于基底为陆核和地台的沉积盆地，钾盐最后汇集于地台区内的陆核和地台之间，或地台中拗陷（地堑）带的观点，即钾盐主要沉积于构造稳定区是在相对活动的亚稳定区，在构造亚稳定区则位于相对稳定区（基底主要为陆核），完善了我国钾盐找矿理论。

(2) 中国是世界上成盐时代较早、较多的国家之一，海陆相均赋存丰富盐类。其中有海相厚层石盐沉积者，包括晚震旦世，早中寒武世、中奥陶世、早石炭世、早中三叠世、晚白垩世、古近纪、新近纪，（海相侏罗系有大规模膏丘和卤水显示）。提出我国找钾应采取以海相蒸发盐盆地为主攻方向，兼探陆相盐湖及含钾地下卤水的策略。有效指导了钾盐找矿实践，为我国找钾工作部署提供了科学依据。

(3) 完成了全国油钾兼探总体实施方案，通过协调和在有关油田部门大力支持下，实质性地推动了陕北、塔里木、云南及青海的油钾兼探工作。

(4) 基本摸清塔里木古近系盐层厚度和分布范围；通过“油钾兼探”实施，在羊塔4井深5090~5192 m处发现KCl含量达到2%~13%之间，（据厚为100 m盐岩屑，样品数100个），经鉴定含钾矿物为钾石盐。是该地区找钾的实质性重大进展。

(5) 陕北奥陶纪盐盆地找钾过程中，在盆地绥德绥1井深度2476.79 m处，发现厚度约1 m的含钾异常——K含量1.05%~3.01%，KCl含量2%~6%，已接近和达到边界工业品位；深度2503.60 m处发现KCl含量达9%，厚度为10 cm，已达工业品位。在此基础上，2011年，刚完钻的绥德1井发现了厚度较大钾矿化，已确定其含钾矿物为钾石盐

(KCl)。绥德盐凹位于鄂尔多斯地块东南相对活动性较大地块区，为后期含钾卤水聚集创造有利条件，从而，明确陕北盐盆东南部作为找钾主攻方向。

(6) 滇西南找钾工作取得重要新认识：推断钾盐层是由深部挤压塑流到表层来的。可能有钾盐层被覆盖于其他地层之下。提出勐野井钾盐矿体很可能来自中生代含盐岩系的观点，并通过多种物探方法得以证实。通过向有关部门建议，在得到大力支持的情况下，立即快速对勐野井外围开展找钾钻探验证，现钻探工作正在紧张进行中。

(7) 从而扩大了柴达木西部中深部富钾卤水找矿层位和领域，在柴达木西北部找到早第四纪砂砾岩型含钾卤水层，共涌水量大，含钾达到工业品位，具较大找矿远景。

(8) 通过多年高海拔地区调研，基本查明羌北多格错仁钾盐湖综合矿床，面积 475.1 km²，按 4000 m × 2000 m 网度采样分析，其中，LiCl 平均品位 0.58 g/L，资源量 199.62 万 t；KCl 平均品位 5.94 g/L，资源量 2034.55 万 t；NaCl 平均品位 132.43 g/L，资源量 45333.14 万 t；Rb 平均品位 0.021 g/L，资源量 7.21 万 t；B₂O₃ 资源量 53 万 t。由此可以看出，多格错仁湖锂硼钾铷综合矿床已达到大型规模。

三、推广转化方式

通过中国地调局“钾盐资源调查评价”计划项目实施，找钾认识和实践都迈出了坚实的一步，在探索适合我国地质特点的找钾理论认识有重要进展；在钾资源找矿上也有实质性的突破。不但富钾卤水资源有新的发现（包括四川、柴达木、江陵、西藏），而且在难度最大的固体钾盐资源也找到了钾盐矿层及其他重大线索。上述成果已为最近中国地质调查局“找矿突破战略行动技术支撑方案（358）”所采用。虽然可以认为我国具有较好找钾地质前提条件，由于我国地质构造的特殊性，找矿难度很大。我国要从根本上改变过度依赖进口局面，保障我国钾肥供应的稳定，摆脱国外垄断的制约，需要更加重视找钾地质工作，采取切实有效措施，解决我国钾盐当前和后备资源。

技术依托单位：中国地质科学院矿产资源研究所

联系人：郑绵平 张永生 张震

通讯地址：北京市西城区百万庄大街 26 号中国地质科学院盐湖中心

邮政编码：100037

联系电话：010-68327637 13501191772

电子邮件：zhengmp2010@126.com

新疆罗布泊及邻区盐湖钾盐资源评价研究

一、内容概述

“罗布泊及邻区盐湖钾盐资源评价研究”（2003BA612A-06-15）为科技部“十五”国家科技攻关计划专题，主要研究内容：进一步开展罗布泊盐湖第四纪基础地质、钾盐聚集条件与机制的研究，查清钾盐成矿规律，评价和扩大罗布泊钾盐资源，此外，开展邻区盐湖成钾潜力研究。主要目标是提交钾盐资源量 0.5~1 亿 t（333~334）。

取得的主要成果：

1. 发现新的钾盐矿

按照新成钾模式进行钾盐调查，在罗北凹地外围地区，即三条断陷带（铁南断陷带、罗西断陷带等）及另一条断陷带内的两个次级凹地，即罗西洼地和耳北凹地，开展钻探、坑探与物探调查研究，发现四个钾盐矿床，获得了 7661 万 t 新增 KCl 资源量。

2. 提出“含水墙”成钾模式

罗布泊出现一系列地堑式断裂带，并储集了丰富卤水。这种卤水赋存在垂向断裂带的成钾模式称为“含水墙”模式。盐湖卤水钾盐矿通常存储于水平状产出的盐类地层中，因此，该模式的提出是对盐湖成钾理论的创新，扩大了盐湖找钾思路 and 方向，不仅在罗布泊指导寻找到了新的钾盐资源量，预测深部及相关断裂带还赋存有钾盐资源，将来还可以指导其他盐湖找钾工作。

3. 发现地堑式断裂带

根据地貌、地层调查和物探 EH-4 连续电导率剖面探测，在罗布泊发现北北东向的地堑断陷带，长度可达 30~60 km，宽度从数百米~几公里，可能有 7 条，构成罗布泊地堑系，目前，已探测地堑式断陷深度达 1000 m，实际深度可能还要更深。EH-4 显示这些断陷带赋存有丰富的卤水。

4. 发现上升流体（卤水）补给盐湖

罗布泊一些断陷带存在流体上涌的通道或泥火山口，是下部流体沿断裂上升排泄口，因含盐或含钾较高，黏附力强，不断将风成砂吸附而形成矮小的鼓包地貌。上升流体对盐湖沉积贡献：①导致钙芒硝巨量沉积，产生钙芒硝岩储卤层和卤水钾元素的相对富集；②固体钾盐矿物沉积，研究发现杂卤石、光卤石薄层和钾盐镁矾的沉积及固体钾矿化与上升卤水补给有关。

5. 发现塔里木盆地西部干盐湖钾盐矿物

在塔里木盆地中西部一些干盐湖中发现固体钾盐矿物——钾石膏、钾矾、杂硝矾等，可溶性氯化钾含量达 1%。这些钾盐矿物的发现指示出，塔里木盆地中西部干盐湖也具有一定的钾盐成矿潜力，更重要的是，这些资料指示出，西部古代含盐系具有较高含量的可

溶性钾，因此，在这些地层找钾有良好的前景。

二、应用范围及应用实例

2009 年主要依据该成果立项，国投新疆罗布泊钾盐有限责任公司设立了“罗布泊盐湖深部钾盐资源调查”项目，以为钾盐大规模开发提供后备资源基地。该项目开展区域重力资料的分析和高精度重力剖面勘探测量，发现了 8~9 条相间分布的断裂构造，认为这是控制成钾凹地、储集富钾卤水的地堑式断裂带，与“罗布泊及邻区盐湖钾盐资源评价研究”取得的成果一致；EH-4 探测地堑式断陷深度可达 1000 m，而目前罗布泊最深的钾盐科探钻井 LDK01 钻探深度为 781.50 m，已揭示新的富钾卤水层和含钾碎屑岩。对赋存深度 1000 m 的钾盐预测有待新增钻探工程验证。

三、推广转化方式

课题成果在全国矿床会议及中国地质学会组织的学术年会上展示、交流，培养了盐类矿物鉴定、岩心地质编录、物化探技术、盐类矿物流体包裹体测定、钾盐制取工艺等方面的人才；此外，课题主要成果通过发表论文等方式报道、传播。

技术依托单位：中国地质科学院矿产资源研究所

联系人：徐海明

通讯地址：北京市西城区百万庄路 26 号

邮政编码：100037

联系电话：01068335862

电子邮件：sunwh@263.net

新疆罗布泊地区钾盐资源开发利用

一、内容概述

本项成果在“九五”国家科技攻关 305 项目专题和原地矿部定向基金项目基础上取得并通过生产开发，由中国地质科学院矿产资源研究所负责，新疆地矿局第三地质大队、中国地质大学（北京）及罗布泊钾盐公司等产学研多家单位合作完成，形成科研-产业一体化，形成了创新理论和可推广应用的实用成果：

（1）基于长期的柴达木与塔里木盆地第四纪新构造运动、沉积演化、成钾条件对比研究和遥感地质分析，预测罗布泊东北部次级断陷凹地（项目组取名为“罗北凹地”）具有成钾前景，并设计和实施勘查工程，发现了超大型隐伏卤水钾矿床，查明的钾盐（KCl）孔隙度资源/储量（122 + 122b + 333）2.50 亿 t（超大型），已被国土资源部认定。

（2）通过地表调查和钻探工程，开展构造、地貌、沉积学、地层学和水文地质学等多学科研究，评价了该钾盐矿床，发展了钾盐成矿理论。矿床由潜卤层和五个主要承压层构成；卤水主要赋存于钙芒硝晶间孔隙中，此类型在国内外钾矿床中属首次报道；查清了矿床形成条件与物质来源；创新地提出“高山深盆运移”的钾盐成矿理论和“两段式”钾盐成矿理论。该理论既具有重要的理论价值，也具有显著的实际意义，指导了罗布泊大规模钾盐勘查，进一步新发现多处钾矿产地。

（3）通过多年野外调查与创新技术的应用研究，发现该矿床具备良好的开发条件，进行了技术经济评价。

采用创新性实验手段加快了矿床评价。传统的测定地下水流量、流速、流向的方法，均是针对淡水而设定的，面对矿床中多组份高浓度卤水，新研制野外碳-14 真空取样的新型装置与四坑四源（ SCN^- 、 NO_2^- 、 Mo^{+} 、 I^- ）化学示踪法及人工放射性同位素（ Na_{131}I ）示踪法，克服了试验组份含量相对偏低、卤水中盐类离子间相互干扰及取样和观测困难的新问题，准确取得了地下卤水运动的大量数据，揭示了地下水运动规律，为矿床开发可行性论证提供了可确的科研成果。

化学示踪技术研究与抽水试验表明：罗北凹地储卤层富水性属丰富-极丰富级别，储层涌水量大，可采性很好；发现矿区附近具有就近建设盐田的良好条件。

资源经济评价研究得出，矿床潜在价值达 5303 亿元，静态总利润值达 432.8 亿元。资源保证程度很高，如建设规模为年产 100 万 t 硫酸钾的大型企业，资源可服务 50 年以上。

（4）创新性提钾工艺流程试验研究促进了产业化：室内试验查清了卤水蒸发析盐规律，野外盐田试验获得了制取高质量硫酸钾混盐工艺路线，该工艺具有钾离子收率高、产品质量好及成本低的优势，具有市场竞争力。通过实验室和野外现场试验显示，充分利用当地夏季酷热和冬季严寒的气候条件，开展小试、中试和工业化试验，研制成技术先进的

提钾新工艺，克服了矿区淡水缺乏等难题，具有收率高和成本低的优势。

(5) 第四纪古环境研究获重要突破：通过上千件样品古地磁、磁化率、粒度、孢粉等分析，建立了第四纪磁性地层柱状图，确定了钾盐成矿时代等。

二、应用范围及应用实例

这项成果集盐湖成钾理论、创新技术应用等内容，是勘查与科研相结合的成果，已引起国家的重视，并且快速取得了产业化成果。2000 年罗布泊钾盐开发被列入新疆“十五”规划，国务院批准设立若羌县罗布泊镇。新组建的罗布泊钾盐科技开发公司，2001 年完成中试，研制技术领先的提钾新工艺，2002 年增建盐田 21.6 km²，2003 年建成年产 2 万 t 试验工厂，至 2003 年 6 月已有 7 千 t 硫酸钾合格产品畅销市场，2008 年年产 120 万 t 硫酸钾的第一期工程竣工投产，计划 2014 年建成年产 300 万 t 钾肥生产二期工程，该矿区将成为缓解我国农业急需的重要钾肥生产基地。

此外，成矿理论研究成果，指导了罗北凹地外围找钾，发现了几个中型规模的钾盐矿床。

三、推广转化方式

课题成果在全国矿床会议及中国地质学会组织的学术年会上展示、交流，培养了盐类矿物鉴定、岩心地质编录、物化探技术、钾盐制取工艺等方面的人才；此外，课题主要成果通过发表论文等方式报道、传播；鉴于国家钾盐紧缺形势及其成果的地域性，为了加快罗布泊钾盐的开发，研究成果报告无偿提供给罗布泊钾盐公司。

成果的相关技术还可以在其他地方推广应用。

技术依托单位：中国地质科学院矿产资源研究所

联系人：徐海明

通讯地址：北京市百万庄大街 26 号

邮政编码：100037

联系电话：01068335862

电子邮件：sunwh@263.net

新疆塔里木盆地钾盐大规模成矿条件研究与找矿靶区预测技术研究

一、内容概述

1. 成果简介

课题属于“十一五”国家科技支撑 305 项目“新疆大型矿集区预测与勘查开发关键技术研究”课题之一。主要目标是：查明库车等凹陷第三纪古盐湖沉积特征，确定盐湖演化是否达到钾盐沉积阶段；研究古构造特征，了解构造分异及迁移规律，恢复岩相古地理面貌；预测成钾远景区，为下一步找钾提供理论指导。课题考核指标是，查明了库车、莎车凹陷早第三纪潜力和莎车凹陷白垩纪一早第三纪成钾远景，确定重点勘查层位与区段，提交钾盐成矿远景预测区 1~2 处；编制凹陷岩相古地理图、水化学特征分布图、建立含盐系成钾次级划分的评价指标。研究取得主要成果：

(1) 研究证实库车凹陷第三纪古盐湖已演化钾盐析出阶段：发现含盐系地层中产出较多的钾盐矿物，主要有光卤石、氯化钾、钾芒硝、钾石膏和杂卤石。

(2) 研究确定了可能的三个成钾层位：根据钻孔沉积岩屑地球化学及矿物学研究成果，首次确定了库车凹陷第三系具有三个可能的钾盐成矿层位。成钾层位 K_1 、 K_2 、 K_3 分别位于古新统 (E_2) 中上部、古新统 (E_2) 顶部和中新统 (N_1) 中部。

(3) 水文地球化学研究：开展库车凹陷区域水化学调查研究，初步圈定了 3 个钾盐异常区，分别位于库车凹陷西南部、东北部和拜城北部。

(4) 恢复蒸发岩沉积的岩相古地理特征：研究确定在古新世和始新世时期库车凹陷古盐湖受到海水补给，补给方向可能主要来自西北部的塔拉克和小库孜拜一带，沉积环境为咸化海湾-泻湖环境；到渐新世时期，主要为残留海环境，近于封闭的强烈咸化的生态环境；中新世时期，全面转变半咸水的陆相湖泊沉积环境。从岩相古地理图可见，古新世时期，盐湖沉积范围最大，盐层也最厚，这个时期成钾潜力应该最好。

(5) 研究提出的新模式-“盆地构造反转成钾”：研究发现，盆地构造反转起了重要作用，首先，受构造活动影响，蒸发盆地基底出现“单斜状态”，即呈“箕状盆地”，蒸发沉积中心与沉降中心重叠，起到了成钾预备盆地作用；其次，大地构造应力方向发生变化，盆地出现构造反转，蒸发沉积中心也随之迁移到新的沉降区，使盐类物质集中到盆地的另一端；再次，盆地构造反转过程中或略后，地处较高位势的抬升区内部，再次出现局部的构造反转，形成抬升区内的次级盆地，卤水在次级盆地内继续蒸发沉积钾盐矿。据此模式，可以对蒸发盆地成钾靶区进行定位，圈定找钾靶区。

(6) 预测库车凹陷成钾远景, 提出 2 个预测靶区: 根据矿物学、地球化学、岩相古地理、构造动力学分析、区域地球化学及成钾模式等, 提出了两个成钾靶区: 乌鲁木齐孜古成钾凹地、色库都克古成钾凹地。

(7) 探索性调查莎车凹陷白垩-第三纪成钾环境, 圈定了一些钾异常区, 在莎车凹陷 20 万平方公里范围圈出几个面积较小的地区, 为今后科研与调查工作打下了基础。

2. 基本原理

该项成果属于应用性研究, 主要分四个步骤实施: ①确定库车凹陷等第三纪古盐湖蒸发沉积演化已达钾盐析出阶段; ②查明钾盐沉积的层位; ③把握钾盐沉积于凹陷的部位; ④确定找钾的最佳位置。在这些工作基础上, 开展钾盐风险钻探, 以验证和获得找钾信息或矿层, 为下一步勘探提供可靠依据。

3. 技术特点

由于库车凹陷第三纪含盐系, 尤其可能的含钾层位, 埋藏深度大, 即使在背斜隆起部位, 深度也多超过 2000 m, 这种地质构造环境决定了研究方法不能采用传统的第四纪盐湖钾盐研究方法。需要充分利用石油勘探获得的钻井岩屑、测井、地震资料等, 进行二次开发获得相关认识, 另一方面, 开展地表露头剖面 and “深穿透”地球化学研究与方法创新, 以获得更多成钾信息。

4. 技术指标

(1) 基本查明库车凹陷早第三纪潜力和莎车凹陷白垩纪一早第三纪成钾远景, 确定重点勘查层位与区段, 提交钾盐成矿远景预测区 1~2 处;

(2) 初步查明中生代库车凹陷、莎车凹陷的构造分异、次级凹陷形成的构造动力学背景及构造迁移的规律;

(3) 编制库车凹陷岩相古地理图 (1:50 万), 莎车凹陷白垩纪一早第三纪岩相古地理图 (1:100 万);

(4) 编制库车凹陷水化学特征分布图 (1:50 万), 莎车凹陷水化学特征分布图 (1:100 万);

(5) 建立含盐系成钾次级划分的评价指标。

二、应用范围及应用实例

根据课题研究成果, 课题组在库车凹陷设计了两个探矿靶区, 向中央地质勘查基金管理中心申请钾盐普查项目, 经专家论证立项, 在拜城县乌鲁木齐孜古成钾凹地施工钾盐科探 1 井, 设计井深 2500 m。

莎车凹陷也圈出了几个找钾远景区, 目前, 一些企业已表示出进行风险勘探的意向。

三、推广转化方式

本项成果可以技术转让、技术入股等等，结合自身成果特点，在实际工作还需要适当修改、补充和完善。

技术依托单位：中国地质科学院矿产资源研究所

联 系 人：徐海明

通讯地址：北京市百万庄大街 26 号

邮政编码：100037

联系电话：01068335862

电子邮件：sunwh@263.net

青海别勒滩低品位固体钾盐液化 开采的关键技术

一、内容概述

“青海别勒滩低品位固体钾盐液化开发的关键技术”（2006AA06Z133）为国家 863 课题，主要研究青海别勒滩矿区地层中固体钾盐微观组构、赋存状态；固体钾盐人工液化的化学动力学作用及技术方案；固体钾盐液化产物（化学流）的水动力学及驱动开采模式下地层中固体钾盐可液化开采率评价。以期达到揭示地层低品位固体钾盐矿物质组成及结构特征、研究获得可液化开采固体氯化钾资源量以及提出一套液化驱动机理和实用开采方案的目的。

本课题通过与青海盐湖集团的紧密结合，完成了室内实验研究、野外别勒滩矿区开放溶解试验，取得低品位固体钾矿组构特征及液化参数，在固液转化溶剂制取、溶剂输送、转化速率、转化质量等进行系统研究，探索低品位固体钾矿溶解开采工艺，取得了低品位固体钾矿溶解转化开发产业化的关键技术基础。

主要内容：①实验研究与野外溶矿试验相结合，通过人工引涩聂湖水作溶剂，在开放条件下实现低品位难固体钾矿的驱动液化。②应用扫描能谱电镜、碘-131 技术、3Dmine 矿业工程软件等最新的技术手段，在固体钾盐矿物组分与结构、固液转化的水动力条件、低品位固体钾盐资源量评价等方面取得新的认识与成果，为实现产业化积累重要资料。③将 Pitzer 理论的变温高浓卤水地球化学平衡计算软件开发升级，在溶剂优选及溶矿效果评价具有明显优势，可为低品位固体钾混盐的驱动液化开采提供技术支撑。（4）提出低品位固体钾盐增程驱动液化开采的技术方案，并申报了专利 [一种用于盐矿开采的多级驱动溶矿方法（申请号：200910235552.X）]。⑤首次揭示出别勒滩矿区新的钾盐矿物组合：杂卤石-光卤石-钾石盐，这与前人的认识不同，且其溶解之后的成分也与光卤石的有较大差别，这就提出了杂卤石的溶解对作为生产钾盐的原料卤水成分影响的新课题。

二、应用范围及应用实例

本次研究应用 3Dmine 矿业工程软件评价的试验区段固体 KCl 资源储量，3Dmine 矿业工程软件可以形象展示盐湖中 KCl 矿体空间分布特征及准确评价固体钾盐资源量，相比于以往的地质勘查报告资料和青海察尔汗盐湖新积累的资料，3Dmine 矿业工程软件能较为准确的掌握资源赋存状态并对其进行动态管理，对企业开发规划提供指导。

在青海别勒滩试验区开展了为期 4 个月的驱动溶矿试验，低品位固体钾盐液化表现为溶剂中钾离子含量增加，计算后得到在试验时间内试验区共溶出钾盐（KCl）5.8 万 t，平均每立方米溶剂溶出低品位固体钾盐约 46 kg，此外，驱动溶矿的水动力条件、溶程（溶矿距离）、优势通道等研究，取得的这些参数和成果将为深入开展扩大试验及工业化开采

提供重要依据。

课题针对青海别勒滩低品位固体钾盐，研发液化开发的关键技术，为青海盐湖工业集团可持续发展及缓解我国钾肥紧缺形势作出重要贡献。本课题实施过程中，得到青海盐湖集团领导的重视和支持，充分发挥科研院所与盐湖企业紧密合作优势，企业对课题的研究思路、取得的进展与成果给予积极评价。目前与企业在课题合作及推动成果转化方面的措施与前景良好，一是与青海盐湖集团的合作，建立长效合作机制，优势互补，我单位（课题组）已成为盐湖资源综合利用技术创新战略联盟成员；二是依托本课题取得的成果与认识，对固液转化技术及产业化坚持长期研究，日前，与青海盐湖集团合作，向青海省科技厅申报并实施了题为“察尔汗盐湖难采固体钾矿开采技术研究”重大科技计划课题。三是新技术的推广应用，本课题采用的人工放射性同位素技术已被青海盐湖集团推广应用到整个察尔汗盐湖地区，用以揭示大规模开发条件下的水动力特征及其变化规律。基于本次研究采用 3Dmine 矿业工程软件，青海盐湖工业集团与课题组产生合作意向，设立“察尔汗盐湖钾矿层空间模型及资源动态开发评价管理”课题，针对察尔汗盐湖钾盐矿床已积累了大量地质勘查资料数据、矿床的开发已进入大规模开发的中期阶段的特点，利用最新的资源评价技术，建立矿区矿层立体空间模型，评价剩余钾盐资源量，进行资源开发动态评价管理，为钾盐资源开发的可持续进行，做出更科学的开发规划，准确把握资源服务年限。

三、推广转化方式

课题主要成果通过网络、报纸及发表论文等方式报道、展示；参加盐湖资源综合利用技术创新战略联盟，围绕柴达木盆地盐湖资源综合利用与开发技术的主题，持续开展难开采低品位钾矿开采的关键工程技术、固液转化过程中的水文地质参数测定、地层结盐问题及防治技术、固液并存盐湖矿床开采储量动态数学模型建立等研究，为柴达木盆地难利用钾盐资源的开发提供科技支撑。

技术依托单位：中国地质科学院矿产资源研究所

联系人：徐海明

通讯地址：北京市西城区百万庄路 26 号

邮政编码：100037

联系电话：01068335862

电子邮件：sunwh@263.net

第六部分 能源矿产

新疆三塘湖煤田地质找矿科技成果

一、内容概述

2009~2011年,新疆煤田地质局一六一煤田地质勘探队组织了疆内外20多家地勘单位5500余名勘探队员在新疆三塘湖盆地开展了煤炭资源勘查会战,投入资金10.2亿元;完成各类地质填图8000 km²,二维地震物理点25万个;机械岩心钻探68万米;查明煤炭资源量299亿t,预测煤炭资源量286亿t,从组织的勘查队伍,调动的勘查设备,完成的实物工作量,取得的勘查成果,均在煤田勘查历史中留下了浓重的笔墨。先将主要成果概括如下:

(1) 三塘湖盆地为掩盖型煤田,区内构造较为发育,地质条件较为复杂,勘查技术难度大,本次勘查在充分分析了盆地自然地理条件、区域构造特征、地层物理属性后,采用以地面地质调查和地面物探为基础,以机械岩心钻探和地球物理测井为主导,配合样品采集测试等综合勘查方法,各勘查手段互通有无,相互验证,取得了良好的勘查效果;为在掩盖型地区进行煤炭资源勘查提供了成功经验。

(2) 对勘查区地层进行了研究、通过对本次勘查成果及在该区域多年来的以往勘查工作资料进行综合整理和系统分析研究,统一了含煤地层划分、煤层对比编号、煤质评价标准,为矿业总体发展规划的编制提供了先觉条件。

(3) 基本查明了勘查区可采煤层层位、层数、厚度;控制可采煤层范围及延展情况,评价可采煤层的稳定程度和可采性;

(4) 基本查明可采煤层煤质特征和工艺性能,确定可采煤层煤类,评价煤的工业利用方向,评价可采煤层煤质变化程度;

(5) 基本查明勘查区水文地质条件,主要可采煤层顶底板工程地质特征、煤层瓦斯、地温等开采技术条件,对可能影响矿区开发建设的水文地质条件和其他开采技术条件做出评价,初步评价勘查区环境地质条件;对勘查区内可能有利用前景的地下水资源做出初步评价;

(6) 对矿区煤炭资源量进行了全面汇总,统计了本次勘查区和已有矿业权区以及空白区的资源/储量共585亿t,其中查明的299亿t,预测的286亿t。保障自治区党委把加快三塘湖煤田开发作为推动资源转换的重大战略决策和实现资源惠民强区执政理念的前提条件。

(7) 通过对含煤岩系层序划分及岩相古地理分析,恢复了三塘湖煤田古地理环境特征,对后期研究沉积化境及聚煤规律奠定了基础,提升了地质勘查工作的研究广度和深度。

(8) 建立了三塘湖煤田的三维数据模型,打破了以往勘查工作的二维空间,更直观的呈现出勘查成果,开创了煤田地质勘查新元素。

(9) 在勘查施工及报告编制过程中,体现了新疆煤田地勘队伍特别能吃苦,特别能战斗,积极进取、勇于创新的精神风貌,摸索出一套较适合大型煤田地质勘查的管理模式、施工模式,报告编制模式;优化了煤田地质勘查制图软件,提升了报告编制效率;培养和锻炼了一批年轻的专业技术人才。

二、应用范围及应用实例

各勘查方法互通有无,相互验证,综合勘查评价。

首先开展综合地质测量工作,在勘查区实测地质剖面,调查邻区的老窑、小煤矿和生产矿井的分布、开采情况。划分填图单元,正确建立地层层序和了解煤炭资源勘查开发现状。

在施工综合地质测量的同时开展二维地震工作,以 1 km 的间距施工主测线,以 2 km 的间距施工联络线,用以探测覆盖层厚度、煤层深度以及构造复杂程度,并及时指导钻探生产。

结合填图和二维地震成果,由浅至深、由稀到密,利用钻探工作与地球物理测井两种方法综合确定各煤层层位、深度、厚度、结构,估算煤炭资源量。

在开展钻探工作的同时,配合抽水试验、工程地质编录及采样测试分析,从而基本查明勘查区水文地质、工程地质条件和可采煤层煤质特征和工艺性能。

三、推广转化方式

三塘湖煤田为尚未开发的整装煤炭资源基地,区内煤炭资源丰富,品质优良,矿业权设置较少,区位优势明显,较周边矿区有着突出优势,从而较易引进国内外知名煤炭开发企业入驻。

2012 年 3 月,自治区依据我队提供的基础地质资料,在矿区总体规划确定井田的基础上,仅对矿区内的汉水泉 3 号井田、4 号井田和条湖 1、2 号井田等三个区块进行招牌挂,便取得了 320 亿元的出让金,为投入勘查资金 10 亿元的 32 倍。

技术依托单位:新疆煤田地质局一六一煤田地质勘探队

联系人:魏聚瑞

通讯地址:新疆乌鲁木齐西山路 69 号

邮政编码:830009

联系电话:8771976

电子邮件:63567714@qq.com

辽宁省铁法煤田外围地质找矿科技成果

一、内容概述

工作区在行政区划上隶属辽宁省铁岭市所辖，距调兵山市 20 km，距开原市 40 km。区内以辽河为界，西部区为预查程度，东部区为空白区。铁法矿区各矿井通过改扩建后，生产能力比原设计均有了大幅度的提高，因此矿井的服务年限大大缩减。大明二矿由于煤炭保有储量不足目前已经和大明一矿合并，因此为该矿寻找后备基地迫在眉睫。通过对以往地质资料的归纳整理，在大明二矿外围，以往已有 28 个钻孔见到可采及临界可采煤层。因此本次普查勘探是在以往找煤勘探的基础上，选择煤层埋深适中、连续性较大、煤质优良、储量丰富的地区进行普查，以便提高工作程度，为矿井建设服务。从构造特征上分析，辽河以东是黑鱼汀向斜的一部分，经以往工作证实该向斜为本区的一个富煤中心。通过对以往资料进行系统的对比和分析研究认为，辽河以西有一定储量的煤炭资源赋存，主要可采的 17 煤层层位稳定、连续性好、厚度适中、分布面积大，有继续工作的必要。各主要可采煤层均有由西而东厚度增大的趋势，所以，在辽河以东找煤的希望非常大。

本项目的主要内容和特点有以下几方面：

(1) 本区地表为第四系覆盖，勘查方法采用地震、钻探、测井及采样化验等手段相结合的勘查方法。勘查方法运用恰当。

(2) 本报告共利用钻孔 40 个，总工程量为 29645.24 m。全孔特甲级孔率 78%，共见可采煤层点 53 点，在 53 个可采见煤点中优质层（甲级）点 37 个，占可采煤层点 70%；合格层点 16 个，占可采煤层点 30%。

(3) 勘查区含煤地层为下白垩系下统阜新组，根据其岩性、岩相及颜色特征自下而上可划分为四段：底部砂砾岩段、下含煤段、中部砂泥岩段和上部含煤段。在工作区独立编号的煤层有 9 层。其中有 13、18 层为较稳定局部可采煤层，17-2 层为较稳定大部分可采煤层，其余各层均为不稳定煤层和孤立可采点。井田含煤地层及其含煤性已经初步查明。

(4) 本区含煤建造为一西陡东缓的不对称断陷盆地，盆地长轴方向为北北东向，地层倾角平缓，一般 $3^{\circ} \sim 14^{\circ}$ 。本区地震共解释断层 16 条，其中北东向 11 条，北西向 5 条，均为正断层。早白垩系建昌组火成岩，以喷发为主，为成煤前期火成岩，对煤系无影响。勘查区构造已经初步查明。

(5) 工作区可采煤层 3 层，其中主要可采煤层 1 层，即 17-2 煤层；次要可采煤层（即局部可采）2 层，即 13 和 18 煤层。赋存于阜新组下含煤段中。可采煤层多属薄煤层，连续性较好，煤层间距较大，煤层结构一般比较简单，倾角一般 $3^{\circ} \sim 14^{\circ}$ 。可采煤层一般由 1~3 个分煤层组成。

(6) 区内可采煤层的煤质特征，属低水、中高灰、特低硫、中热值长焰煤。报告叙

述了煤层的煤岩特征、化学性质和工艺性能，并指出了煤的利用方向。勘查区煤层的煤质特征已经初步查明。

(7) 本次共获得煤炭总资源量 (333 + 334) 14233 万 t。其中 333: 6283 万 t, 占总资源量的 44.14%; 334: 7950 万 t, 占总资源量的 55.86%。

二、应用范围及应用实例

(1) 勘查区内总资源量 (333 + 334) 14233 万 t。其中新增资源量 9964.8 万 t, 在辽河以东空白区找到煤层。实现了辽宁提出的攻深找盲、振兴辽西北的愿望。

(2) 本区煤层标高自 -350 ~ -800 m, 煤层埋深自 421.03 ~ 820.41 m, 资源量估算范围最大叠合面积 69.93 km²。煤层埋藏浅, 成片集中, -600 m 以上资源量 11130 万 t, 占总资源量的 78.20%。利于建矿开采。

(3) 本项目投入省本级资源补偿费 1123 万元, 获得了 14233 万 t 的煤炭储量, 平均每吨煤炭的勘探成本不足 0.08 元, 取得了较好的经济效益。

(4) 应用 GIS 技术实现了与数值库的链接, 使报告所有图件及数据自动生成, 达到了地质资料数据化管理。

三、推广转化方式

辽宁省是一个经济发达的大省, 但同时又是一个严重缺煤的大省, 煤炭资源的短缺, 制约着辽宁经济的快速发展。辽宁省 2010 年煤炭产量为 5100 万 t, 煤炭消耗量为 8500 万 t, 辽宁省的煤炭缺口很大。另外, 辽宁省近十年没有新建矿井, 如果今后没有新矿井建设规划, 随着老矿井的相继报废, 煤炭产量将会逐年下降, 煤炭调入量也会随着逐年增大。铁法外围煤田普查的成功, 为老矿山提供了后备基地, 为辽宁省的经济发展提供了能源保障, 其战略意义深远, 也实现了辽宁提出的攻深找盲、振兴辽西北的愿望。该区煤炭资源开发外部条件逐步具备, 开发本区煤炭资源具有良好的社会效益。

技术依托单位: 东北煤田地质局一〇一勘探队

联系人: 王生辉

通讯地址: 辽宁省调兵山市迎宾路东煤一〇一队

邮政编码: 112700

联系电话: 024 - 76989101

电子邮箱: DM101@163.com

辽宁省煤炭资源潜力评价

一、内容概述

该课题自 2007 年开始至 2011 年结束,由东北煤田地质局勘察设计研究总院牵头,东煤 101 队、103 队、107 队、155 队、物探测量队协助,组成了 20 余人的科研团队。

课题应用现代矿产资源预测评价理论方法和以 GIS 评价为核心的多种技术手段、多种地学信息集成研究方法,以聚煤规律和构造控煤作用研究为切入点,对我省煤炭资源潜力开展科学预测,对其勘查开发前景作出综合评价,提出煤炭资源近期及中长期部署建议及方案,为本省煤炭地质勘查和煤炭工业可持续发展提供了动态的资源数据和科学依据。

主要成果是建立了辽宁省煤炭资源海陆交互型和内陆湖盆型聚煤模式,特别是早白垩世聚煤模式。提供了煤及煤层气矿产资源工作的靶区,发现新的可供进一步勘探的煤田或煤产地。

通过对构造和沉积的综合分析研究,界定了东北和华北两个一级赋煤区在省内的界线,合理地将下辽河盆地划入东北赋煤区。在赋煤区内进一步划分出 7 个二级赋煤带,在赋煤带中科学地划分出 13 个煤田及 16 处煤产地。辽宁省位于东北赋煤区 (I 级单元) 及华北赋煤区 (I 级单元),其二级赋煤单元 (赋煤带、煤盆地群) 共 7 个,分别为阜新-铁法赋煤带、西丰-平岗赋煤带、下辽河-抚顺赋煤带、北票-平庄赋煤带、锦州-南票赋煤带、太子河-浑江赋煤带和复州湾赋煤带。在此基础上进一步划分出三级赋煤单元 (煤田或煤产地) 共 29 个。命名新煤田两处,即彰武煤田、亮中煤田。总结出不同级别大地构造单元对煤系煤层的控制作用,同时分析了煤炭资源储量现状,包括已利用、尚未利用和可供勘查等各类资源状态及分布。指出了今后找煤方向应聚焦于早白垩世煤系煤层,其范围位于阜新-铁法赋煤带中,分布于辽中和辽北的广大区域,同时确定了预测区 36 处,预测资源量 53 亿 t。根据综合优度,勘查开发前景等级有利的共 3 处,分别为庆云堡、卧牛石和草河掌东部预测区;次有利的共 10 处,分别为双庙子、金沟子、长发、艾友外围、新城子深部、宝相-小北河、杨家杖子、窑子峪东、马架子、暖河子;不利的共 23 处。

辽宁省的主要成煤期为 P_1 、 J_1 、 K_1 和 E_2 ,代表性煤盆地群为太子河-浑江盆地群、锦州-南票盆地群和复州湾盆地 (P_1)、北票-朝阳盆地群 (J_1)、阜新-铁法盆地群 (K_1)、下辽河-抚顺盆地群 (E_2)。

煤矿床分为海陆交互型与内陆型两种,海陆交互型发育于太子河-浑江流域及复州湾盆地,其余均为内陆型,同时建立与其对应的成矿模式。

煤炭资源的时间与空间分布不均衡。二叠纪煤田的煤类级别较高,占资源量的 17.06%,早中侏罗世煤田的煤类为气煤和焦煤,占资源储量的 3.85%,下白垩世煤田的煤类以长焰煤为主,占资源储量的 53.77%,古近纪煤田为褐煤和长焰煤,占资源储量的 25.31%。全省资源量主要以沈阳为中心 200 公里的范围内,分布极不均衡。

成煤的先决条件是古构造、古气候和古地理三种因素，缺一不可，其中古构造因素是决定性的。古构造因素控制着古地理环境，当温暖潮湿的气候条件下，植物繁盛，在适宜的部位形成泥炭堆积。

海陆交互型层序地层 DS₃ 形成于早二叠世早期，沉积期海侵来自于南东方向，发育有河流体系、三角洲体系和碳酸盐台地体系，其中三角洲体系为主要的聚煤沉积体系，在辽宁境内含有重要煤层。内陆型 L₂、L₃ 层序表现在盆地边缘广泛发育有冲积扇，扇顶平原及辫状河，扇前广阔地带及辫状河道之间发育泥炭沼泽环境，开始聚煤作用。聚煤过程中盆缘断裂控制小规模的水进、水退序列，而持续沉积多个煤层。盆地的中心方向盆缘断裂控制性不明显而持续发育沼泽环境，产生加积作用形成赋煤部位。

二、应用范围及应用实例

新划分的彰武煤田、亮中煤田 107 队、101 队分别在近几年进行了立项勘探，截止 2011 年底的勘探结果证实，累计探获长焰煤资源量 19.66 亿 t，其中亮中煤田 187035 万 t（古榆树 3525 万 t、庆云堡 5748 万 t、亮中 177762 万 t），彰武煤田雷家区 9574 万 t。此外，根据早白垩世聚煤模式与赋煤规律，亮中煤田尚有预测资源量 5.3 亿 t，彰武煤田 6750 万 t。评价工作已初见成效。

昌图县亮中煤田位于阜新-铁法赋煤带的北段，早白垩世聚煤，是铁法煤田的北延部分，聚煤期在铁法至四平的巨大盆地内由于受辽河同生断裂的影响，将巨大盆地划分为南北两部分，出现“南型北相”煤田。南部的铁法煤田为扇前湿地型聚煤，同生断裂的北部亮中煤田为冲积平原环境聚煤，北部聚煤晚于南部，聚煤作用逊于南部，北部煤田位于同沉积断裂的下降盘。北部盆地在聚煤期存在北北东向和东西向的次级同生褶皱，聚煤作用在褶皱轴部与翼部不断侧向迁移，肇始了该区特有的聚煤模式。

彰武煤田位于阜新-铁法赋煤带的中段，早白垩世聚煤，是区域上聚煤的又一典型代表。聚煤期前的深水湖泊淤浅后形成广泛的冲积平原环境聚煤，因构造运动引起地壳下沉而出现多次旋回，形成不同的煤层，但总体聚煤环境属于浅水湖泊沉积体系。该煤田主要受东西方向同沉积构造的影响，形成同沉积的褶皱和断裂，赋煤中心多位于褶皱的翼部，侧向迁移不甚明显。

三、推广转化方式

早白垩世聚煤期煤炭资源量巨大，是辽宁省的主要煤炭资源，其聚煤模式可应用于中国北方及内蒙等地，用以指导地质勘探的生产实践，不断寻找到新的煤田或煤产地。

技术依托单位：东北煤田地质局勘察设计研究总院

联系人：王万贵

通讯地址：辽宁省沈阳市沈河区北京街 7 号东煤地质大厦

邮政编码：110013

联系电话：024-24861237

电子邮件：sy_wwg@163.com, sy.wwg@163.com

鲁西石炭-二叠系煤层赋存规律和覆盖区找煤方向研究

一、内容概述

该成果是在一系列地质构造编图和深部找煤项目的基础上完成的。经过多年实践(1999~2010),系统研究和总结了鲁西地区构造样式是总体上为“北断南超,掀斜式构造”,呈“凹凸断块相间”的构造样式;发现并总结了鲁西石炭-二叠系赋煤规律特征是:具有经济意义的煤层通常赋存在“断块凸起的边缘、潜凹陷中的地垒、潜凸起中的地堑”内;提出了鲁西覆盖区找煤方向是“凹中找垒,凸中找堑”。

该项研究发现了1处大型煤田和2个大型井田;对于华北平原覆盖区及其他类似地质背景下深部找煤工作具有重要指导意义。

二、应用范围及应用实例

根据鲁西赋煤规律和“凹中找垒,凸中找堑”的找煤思路,发现了大型曹县煤田和郓城县高庄井田及莘县古城井田。

(1) 研究认为菏泽潜凸起南部是由4条张性断裂组成的潜地堑,即凸中找堑,是重要找煤靶区。2003~2010年,运用地震、钻探、测井和测试等综合勘查手段,成功发现了曹县煤田这一大型隐伏煤田,其主要可采煤层为二叠纪山西组3煤层,煤类为国内外稀缺的优质炼焦用煤(主焦煤和1:3焦煤),具有低灰、低硫等优点。资源量56亿t,占全球已查明低灰、低硫的优质炼焦用煤的1:11,潜在经济价值4万亿元以上。被中国地质学会评为2010年度全国十大地质找矿成果,国土资源部徐绍史部长亲自颁奖,项目负责人代表“全国双十成果”在颁奖大会上发言。

(2) 研究认为,鄄城东北部左营—郓城西北部高庄—郓城咽喉集一带处于菏泽潜断块凸起东北部边缘,且有东西向和北西向张性断裂活动,次级断块及潜凸起的地堑中,应有3煤层赋存。据此于2006~2011年间开展了“山东省郓城县高庄地区煤炭勘查”、“郓城县咽喉集地区煤炭普查”等项目,最终发现了高庄井田。据《山东省郓城县高庄井田煤炭勘探报告》,其探求-1200m以浅煤炭资源量1亿多吨。经评估潜在经济价值509亿元,探矿权评估价值68692万元。既满足了老矿山企业生产接续,也使企业职工得到了妥善安置,取得了巨大的经济效益和社会效益。

(3) 通过研究,认为聊城东南部地区地处泰山—沂山断隆北缘的原“齐河潜凸起西北部边缘”。经地震和少量钻孔验证,提出了聊城东南部含煤区实际由“3凸2凹”构成,即潜凹陷为主伴随潜凸起,即阳谷潜凸起、安乐潜凹陷、茌平潜凸起、乐平铺潜凹陷、齐河潜凹陷。在潜凹陷中,石炭-二叠系埋深达2000m,暂不具开发价值,而潜凸起之上含煤地层分布稳定,凹中找垒,是聊城东南部勘查评价的重点区域。项目组通过在阳谷潜凸

起的莘县古城-阳谷阎楼普查工作，发现了超过 2 亿吨优质煤炭资源量。

三、推广转化方式

根据该找矿理论，在菏泽南部地区及临区发现大型煤田之后多年，临省相邻地区也相继发现了有意义的煤田。

技术依托单位：山东省地质科学实验研究院

联 系 人：张增奇

通讯地址：山东省济南市历山路 52 号

邮政编码：250013

联系电话：0531－86403542；13506407876

电子邮件：zhangzengqi@ sima. com

福建省“四下”找煤创新研究与应用

一、内容概述

“十一五”伊始，福建省煤田地质局开展《福建省二叠纪含煤远景区分析及找煤预测》项目研究，确定了“四下”找煤靶区；“四下”是指推覆体盖层下、火山岩盖层下、白垩系“红层”盖层下及滑覆体下找煤。由于受勘探能力限制和认识上的误区，“四下”找煤工作没有有效进行；鉴于福建经济发展对能源的急切需求，全省“等米下锅”状况未能改观，寻找新煤炭基地引起政府的重视并获得财政支持；但经过几十年的找煤勘查工作，裸露、半隐覆煤系地层基本勘探完毕，所以，打破传统找煤观念，大胆创新，寻找新的找煤空间，成为当务之急。

福建省煤田地质人根据福建成煤环境条件，创新找煤理念，在“四下”大胆实践，在以往认为是找煤禁区开展工作并成功突破，“十一五”期间，探求煤炭资源量 3.2 亿 t，取得了丰硕成果。

课题报告还取得了以下主要研究成果：

(1) 用层序地层分析方法，以主要海侵事件的初始面作为划分层序及准层序的界线，根据海水脉动进退规律共划分出 2 个层序及 11 个准层序；

(2) 分析了沉积环境与富煤带的关系，提出了含煤性的变化、富煤带的迁移规律与沉积环境密切相关的论断，为预测全省童子岩组隐伏或半隐伏分布区的远景煤炭资源提供了理论依据；

(3) 引用并论述了闽西南地区滑脱构造，根据控煤构造在空间上展布规律，对该区自东向西划分了三个控煤类型区，指出了在不同的滑脱构造类型区内的赋煤规律；

(4) 根据推覆构造的发育强度、规模及卷入变形的地层情况，将闽西南地区推覆构造划分成盖层中拆离构造与基底逆冲推覆构造；

(5) 分析了侏罗系火山岩、白垩系“红层”、三叠系溪口组盖层特点及其与下伏煤系相互间的接触关系，建立了火山岩、“红层”与溪口组盖层下找煤的模式；

(6) 报告提出了 58 个找煤靶区，评价了各靶区的煤炭资源潜力，合计预测无烟煤煤炭资源量 15.9 亿 t。

二、应用范围及应用实例

由于福建暴露、半隐伏的煤系地层基本勘查完毕，我局找煤工作重点转入“四下”隐伏区，现把“十一五”期间“四下”找煤突破的典型矿区予以介绍。

1. 侏罗纪火山岩下找煤突破

福建省东部大部分区域为晚侏罗纪火山岩所覆盖，仅在永春县天湖山一带出露；根据成煤特点及赋煤规律，在东部条带二叠系童子岩组一、三段都有煤层，成煤条件优越；在天湖山矿区西部、东北部延伸方向都应该有煤系分布，省 197 地质大队在天湖山矿区西部晚侏罗纪火山岩下陆续找到煤田；如含春北矿区，童子岩组直接被长林组所覆盖，盖层由东向西变厚；据 3 个钻探证实火山岩下 100 ~ 550 m 以下均保存有煤系地层，厚度 145 ~ 375 m，可采煤层 4 ~ 5 层，求的资源量（334?）1940 万 t。又如新村西矿区，孔深 1151.30 m 穿过侏罗系上统长林组（ J_3c ），见到二叠系下统童子岩组，于孔深 1200.02 m 终孔，未穿过煤系地层，地层厚度约 42.00 m，含煤 5 层，预测该矿区煤炭资源量 1.0 亿 t。省 121 地质大队在漳平吕凤矿区，火山岩盆地边缘，探求煤炭资源量 3454 万 t。

2. 白垩纪“红层”下找煤突破

福建省在含煤区分布着大小不一的白垩纪红色盆地，大多为构造断陷，根据以往物探工作，由于断陷作用，红色盖层厚度大；省 121 地质大队利用先进的 V_g 物探手段，在龙岩捷步红色盆地划定浅部盖层区，找到了仁盘、红林坪煤矿。2009 年提交红林坪矿区的普查报告，获得无烟煤资源量（333 + 334?）2683 万 t。在仁盘矿区，煤系地层被沙县组小角度不整合覆盖，盖层较薄（0 ~ 400 m）；2010 年提交该矿区的详查（最终）报告，获得煤炭总资源量（332 + 333 + 334?）2746 万 t。

3. 推覆体下找煤突破

福建省 121 地质大队在龙岩王庄矿区曾经在基底老地层下发现煤系地层，推开了推覆体下找煤的先例；但由于受观念的影响，当时并未引起重视；后来，龙岩盆地开展水文工作，发现存在大量的推覆构造现象，尤其是大田地区在推覆体下发现煤炭资源，极大地开拓了地质人的找煤思路。省 196 地质大队依据大田广平一带的推覆构造研究，在推覆体下发现水井坑矿区；该矿区位于大田含煤区西北部，广平推覆体西侧，矿区地表见推覆构造面。构造面产状较平缓，上盘为上泥盆统桃子坑组（ D_3tz ）砂砾岩，下盘为童子岩组（ P_1t ）煤系地层，断距大于 1000 m。经钻探证实，煤系厚度超过 250 m，见 39、41 号煤均为可采煤层，初步控制可采煤层 3 层，煤炭资源量达 2000 万 t。

4. 滑覆体（三叠系溪口组盖层）下找煤突破

根据闽西南盆地晚古生成煤规律研究，在整个盆地范围内都应有煤系地层的沉积，但大部分为连续沉积的三叠纪溪口组所覆盖而埋深，被福建地质工作者视为找煤禁区。近几年的地质勘探在广布的溪口组下发现丰富的煤炭资源；由于溪口组盖层普遍存在滑脱构造，盖层厚度被拆离而变薄，据所处不同构造位置可找到较浅的煤层，如 2007 年、2008 年省 121 地质大队申请的省地质勘查专项资金项目永定东门地、悠远矿区，在深部（最深达 1300 余米）发现煤层，其中东门地矿区已提交资源量（334?）6000 余万 t。所以，闽西南广布的溪口组是深部找煤的重点区域。

三、推广转化方式

①合作勘查；②合作科研开发；③技术咨询；④技术培训；⑤技术推广。

技术依托单位：福建省煤田地质局

联 系 人：王仁山

通讯地址：福建省福州市加洋路 23 号福建省煤田地质局

邮政编码：350005

联系电话：0591 - 83308703

电子邮箱：wangrs888@126.com

福建省推覆构造理论与找矿突破

一、内容概述

为了解决“三下”找矿的难题，福建地矿局 2007 年福建省推覆构造理论与找矿突破项目，工作时间：2007 ~ 2009 年。项目在系统研究前人工作的基础上，结合近年来深部找矿的成果，以三条典型的推覆构造剖面及其相邻的地质走廊内所观察到的大量实测剖面、地表露头、矿区钻孔岩心的系统分析，总结了推覆构造的特点、组合型式、形成时代、推覆方向、推覆距离等基本特征，并结合福建省区域地质构造演化、岩石圈三维结构及基本特征，探讨了推覆构造的形成机制；文章同时系统总结了推覆构造对内、外生矿产的控制作用，提出了下步值得进一步验证和工作的区域，对福建地区深部找矿工作具有重要的指导意义。项目成果《推覆构造研究在福建找矿中的应用项目取得突破》获得中国地质协会 2010 年十大科技成果。项目取得的主要成果有：

(1) 闽西南地区的推覆和拆离构造是岩石圈层圈性在浅层次的表现形式，与中地壳高导低速层具有密切的成因联系，多期次多层次的推覆构造是福建省的地质构造的重要特色。

(2) 受区域深大断裂的控制，福建省推覆构造可以划分为武夷山挤压推覆构造带、大田—龙岩褶皱推覆构造带和戴云山逆冲推覆断裂带三个带。各个不同的构造带之间均发育有一组走向呈北东向、近于平行的推覆构造，显示了这些推覆构造形成与演化的内在联系。但各个推覆构造带之间的表现形式又有明显的差异，这与后加里东运动以来所奠定的区域构造背景、构造演化有密切的关系。

(3) 逆冲推覆构造的组合型式有单冲型、对冲型和背冲型三大类。闽西南地区推覆构造以单冲型为主；受构造控制的带状盆地两侧一般发育对冲型逆冲推覆构造。背冲型推覆构造发育于武夷山脉中段，武夷山东麓宁化—清流安砂一带，逆冲推覆构造主要表现为一组向北西倾的叠瓦状逆冲推覆断层带，武夷山西麓江西石城以西则表现为倾向南东，自南东往北西方面的叠瓦状逆冲推覆断裂带，两者在剖面上构成一组以武夷山脉为中心，分别向外缘逆冲的叠瓦式逆冲断层。这种组合形式从另一个侧面反应出两者具有相同的演化历史，是在同一构造背景下、同时形成的产物。

(4) 后加里东运动以来，福建省推覆构造具有印支期、燕山期和喜山期多期次的特点。印支运动是福建省海西—印支构造层形成以来第一次大规模构造运动，以发育改造期的伸展构造为特色。闽西南地区、乃至整个华南区普遍发育的拆离构造就是这

个时期的产物。龙永盆地永定隔溪—龙潭一带，发育一组东西—北西西向的推覆构造是这个时期形成推覆构造的代表，其构造形迹已为北东向构造改造而保留不完整。这组推覆构造是省内特提斯构造域向环太平洋构造域转换前，印支运动存在的证据。燕山期是福建省推覆构造形成的主要时期，根据卷入推覆构造的地层、原地岩系的分布规律、同构造期岩浆岩演化趋势认为推覆构造总体具有从西向东演化的特征。推覆方向总体呈北西向南东推覆。

(5) 按照卷入推覆构造地层时代，将推覆构造划分为薄皮推覆构造和厚皮推覆构造两种类型，并指出薄皮推覆构造推覆距离小于 25 km，厚皮推覆构造的最大的推覆距离大于 125 km。

(6) 通过实例阐明了推覆构造的认识对煤、铁多金属矿产勘查具有重要的指导意义。闽西南地区 and 闽西北地区广泛出露的晚元古代和早古生代变质岩系以往被认为是找矿“禁区”，近年来的勘查和研究成果认为有必要进行重新认识。根据研究成果，指出了今后工作中值得注意和进一步工作的十个区域。

二、应用范围及应用实例

福建大田广平推覆构造是推覆构造研究的成功范例。以大田广平推覆构造的解剖为代表，在推覆体之下已累计探明龙凤场、建爱二个中型多金属矿床和苏桥、元沙、坑口、铭溪等多个井田，累计新增煤炭资源量近亿吨，煤炭远景资源量可达二亿吨，潜在价值超过 500 亿元，对南方缺煤省份找煤工作具有重要的指导意义，该区已形成福建省新的煤炭资源基地，这福建省国民经济建设作出重要的贡献。

广平推覆构造带位于大田北部的广平—建爱一带，在区域上广平推覆构造位于闽西南拗陷带东北缘，北与闽西北隆起带交接，东以政和—大埔断裂带为界与闽东火山断陷带相邻，西部为中生代陆相火山岩所覆盖。

逆冲推覆断层 F_4 地表出露长度大于 16 km，断层总体呈北北东走向，向南东突出的弧形，断面呈波状起伏，倾角平缓，局部变陡。断层上盘为麻源群和加里东期花岗岩，下盘为晚古生代地层。受推覆构造影响的外来岩系出露面积约 200 km²。经数十个钻孔验证表明，加里东期花岗岩和麻源群变质岩为无根岩体，总体呈东薄西厚的楔形。推覆构造不同部位构造变形特征有明显的差异，推覆构造前峰地带，外来岩系变形明显增强，麻源群及林地组在垂向上具有多次重复的特征，显示为一组叠瓦状逆冲推覆构造，厚度明显加大。

广平推覆构造西部为侏罗纪南园组火山岩不整合覆盖，并为燕山早期中村、新桥岩体所侵入，其定位时间为燕山早期。

三、推广转化方式

推覆构造研究在福建找矿中的应用项目基础材料来源于地质勘查，成果又为勘查服

务，是科研和生产密切配合取得的成果。项目成果转化应从以下二个方面着手：

（1）加大资金投入，以项目带动成果转化。加大对项目提出的几个值得进一步工作的区域的资金投入，扩大找矿成果。

（2）加强宣传力度，推广科研成果。通过举办培训班以及其它媒介形式加大项目成果的宣传，使更多的地质工作者熟悉和认可项目研究成果，并自觉地应用于找矿实践中，真正实现科研成果的转化。

技术依托单位：福建省闽西地质大队

联 系 人：林全胜

通讯地址：福建省三明市富兴路 50 号

邮政编码：365001

联系电话：13850036019，0598－8322198

电子邮件：mxdlings@126.com

煤炭资源评价方法

一、内容概述

煤炭资源是我国的基础能源，而煤炭资源评价则是资源开发利用的先导性工程。煤炭资源评价方法涵盖内容比较广泛，主要包括煤田地质学、煤炭勘查、煤矿床经济技术评价。

煤田地质学是研究煤、煤层及含煤岩系成因、性质及其分布规律的一门科学，是煤炭地质评价的理论基础；煤炭地质勘查是一门来自生产又直接服务于生产的一门科学，其目的是为煤矿设计和建设提供可靠的地质资料，保证煤炭资源合理顺利开发。主要任务是运用煤田地质理论及相关其他地质理论，选择合理的技术手段和工作方法，经过一定阶段的工作寻找和查明煤矿床，对煤田地质和开采技术条件（包括地层、构造、煤层、煤质、岩浆活动以及水文地质、瓦斯、煤尘、自燃、地温等）进行总和和研究，并结合当前我国经济技术政策的有关规定对煤矿床作出客观、正确的工业评价；煤矿床经济技术评价是应用经济学原理，根据地质勘查获得的资料选取合理的技术经济参数，预估煤矿未来开发利用的经济价值和社会效益为煤矿床地质勘查项目优选和矿山开发投资提供科学依据。

综上所述，煤炭资源评价方法是建立在地质科学、技术科学和经济科学的进出上具有理论性、生产实践性和综合性的一项科技成果。煤炭资源评价方法的地质理论基础乃是矿物学、岩石学、沉积学、地史学、构造地质学、矿床学及其他地址学科。只有具备以上个地质学科方面的知识，才能为每天的形成条件、分布规律以及煤矿床的地质特点研究奠定良好的基础。

煤炭资源评价过程中需要根据勘查区的地形、地质、物性条件，正确选择各种技术手段，综合勘查、综合评价，才能保证煤炭资源评价的质量。

在煤炭资源评价的评价过程中，将获得海量的地质数据和测试数据，需应用“定量数字勘查学”、“数字煤田勘查学”、“煤炭地质勘查数据统计分析”、“煤矿床三维地学建模”等学科知识，进行综合分析、研究、统计。才能保证地质规律认识和煤炭资源量估算的科学性和正确性。

煤炭资源评价过程中，需要应用煤岩学、煤化学、煤工艺学及其他有益矿产加工工艺学的原理，科学评价煤层共生、伴生矿产，提出综合利用方向。

煤炭资源评价过程中，应从煤炭资源高校、洁净、环保利用和可持续发展出发，应用“环境地质学”、“生态环境学”等，客观评价煤炭开采产生的环境效应问题。

煤矿安全生产在煤炭资源评价过程中必须高度重视，密切结合煤矿设计与建设、煤矿生产与煤炭加工，全面评价影响煤矿安全生产的水文地质、工程地质、瓦斯、煤尘爆炸性、煤层自燃等因素。

煤炭资源评价是一项系统性的综合工程，不仅仅是一项地质工作，而且是一项经济工

作，勘查目标的选择，勘查对象的价值评估，勘查工程的布置和优化、勘查工作的产出与经济效益等，均是煤炭资源评价工作的重要内容。

二、应用范围及应用实例

(1) 全国煤炭资源潜力评价及各省区煤炭资源潜力评价；

(2) 地质大调查项目：

广西十万大山煤炭资源调查评价

云南省彝良县彝良-两和地区煤炭资源调查评价

特殊和稀缺煤炭资源调查

青海省天峻县苏里地区煤炭资源远景调查

青海省乌兰煤田东灶火地区煤炭预查

青海省大柴旦行为大滩西-依克湖煤炭资源调查

山西省平朔地区锂镓资源调查

河南省东濮凹陷-内黄隆起煤炭资源调查评价

中国煤系共伴生矿产资源评价等

(3) 地质勘查基金项目：

内蒙古自治区东胜煤田新胜勘查区煤炭普查

内蒙古自治区东胜煤田新胜勘查区煤炭普查

内蒙古自治区东胜煤田唐公梁勘查区煤炭普查

内蒙古东胜煤田铀矿勘查

广西罗城煤田南平勘查区煤炭资源普查

青海省都兰县塔妥煤矿深部及其外围煤炭普查

青海省德令哈市航亚煤炭普查

青海省大柴旦行委全吉山煤炭预查

青海省祁连县牙马沟地区煤炭普查

青海省海晏县乌兰哈达地区煤炭预查

(4) 商业性地质项目：

山西汾西瑞泰正太丈八煤业有限公司补充勘探

山西临县吕家岭补勘

山西石楼县南沟井田煤炭地质勘探

新疆乌苏市托力拜勒煤矿详查及勘探

河南省浍池县梁家洼煤矿补充勘探

山东省郯城县喉咽集-玉皇庙地区煤炭普查

山东省鄆城县宋楼地区煤炭普查

江苏省徐州煤田垞城-凤凰山煤炭普查

山西省文水县王家庄煤炭补充勘

贵州省兴义市白碗窑镇革新煤矿勘探

三、推广转化方式

(1) 通过在总局系统内，对局、队总工程师、地质科长、主要技术骨干、项目负责人，分批分层次进行煤炭资源评价方法的系统培训，提高了转化效率，增加了推广应用范围。

(2) 在优质地质报告、优质地质勘查设计评选中，煤炭资源评价方法的应用作为优质地质报告、优质地质勘查设计的重要条件，促进了成果的推广转化。

技术依托单位：中国煤炭地质总局

联系人：袁同星

通讯地址：北京市丰台区靛厂路 299 号

邮政编码：100039

联系电话：010 - 88246688 - 6306

电子邮件：mtdzkj@126.com

新疆伊犁盆地南缘可地浸砂岩型铀矿 勘查研究及资源评价

一、内容概述

该成果为基础地质与成矿理论，可地浸砂岩型铀矿理论引入中国以前，我国铀资源的现状是“小、散、贫”，采用常规地下掘进开采，不仅成本高、资源利用率低，而且环境和生态问题突出。本项目开展前，国内对地浸砂岩铀矿的研究尚属空白，“一无技术、二无理论、三无规范”。

主要研究内容包括：铀资源预测评价（含选区研究）、铀矿勘查及成矿理论与勘查技术方法体系研究三部分。

关键技术包括：成矿条件优化配置厘定技术（远景靶区预测技术）、成矿机理分析技术、铀矿体空间定位分析技术、资源综合勘查技术。

核心成矿找矿理论：“六位一体”造山带山间盆地层间氧化带砂岩型铀成矿理论；造山带山间盆地砂岩型铀矿体空间定位理论；山间盆地层间氧化带地浸砂岩型铀矿勘查技术方法体系；已申请专利三项专利铀还原沉淀成矿的测定方法及测量装置、砂岩型铀矿体镭氢平衡系数测定方法、松散砂岩取心钻具。

该项成果为建立我国第一个地浸砂岩型铀矿开采基地提供了资源保证，并取得了显著的经济效益。对我国北方及其他地区寻找地浸砂岩型铀矿起到了重要的示范和推动作用，为我国核电发展及国防建设做出了重要贡献；该项成果不仅填补了我国地浸砂岩型铀矿勘查的多项空白，而且丰富和发展了我国的金属成矿理论。研究成果总体达到国际先进水平，成为继前苏联、美国之后第三个能自主独立寻找、评价、勘查、开发该类型铀资源的国家，所提交的经济环保型可地浸铀矿资源缓解了我国当前铀资源紧缺的局面。

二、应用范围及应用实例

通过项目在新疆伊犁盆地南缘库捷尔泰铀矿床发现和提交了我国第一个万t级地浸砂岩型铀矿床和第一个特大型地浸砂岩型铀矿田。提交铀资源/储量达： $\times$ 万t，保证了国家低成本、大矿量、高效益的地浸矿山建设需要；地浸铀矿开发还具有良好的生态环境保护效应，具有无地表破坏、无废渣、无尾矿、抽注液循环利用等优点；提交的煤炭资源为新疆伊犁特大型煤化工项目立项提供了重要的资源保障，为西部大开发、新疆地方经济发展和社会稳定做出了巨大贡献。

三、推广转化方式

中国核工业地质局以该成矿找矿理论为指导，按可地浸砂岩型铀矿找矿模式先后在新疆吐哈盆地、内蒙古二连盆地、东北的松辽盆地均发现了该类型铀矿床，累计铀资源/储量达： $\times \times$ 万 t；新疆准噶尔盆地和塔里木盆地、青海柴达木盆地、甘肃河西走廊、东北的松辽盆地、内蒙古二连盆地新一轮找矿活动正在开展，找矿依据正是该项目成果中的一系列规范、发明专利、找矿判据等，实现了我国地浸砂岩型铀矿找矿的首次重大突破，直接推动了我国铀矿找矿勘查工作的战略性转移，在我国天然铀资源勘查史上具有里程碑意义。

技术依托单位：核工业二一六大队

联系人：任满船

通讯地址：新疆乌鲁木齐市 84 号信箱总工办

邮政编码：830011

联系电话：0991 - 3817724

电子邮件：CNNC216@ 263. net

柴达木盆地油气资源潜力评价

一、内容概述

“柴达木盆地油气资源潜力评价”项目是中国地质调查局 2008 年启动的国土资源大调查综合研究类项目，项目编码：1212010818054。起止时间为 2008 年 1 月—2010 年 12 月，2011 年 12 月验收评为优秀。承担单位为中国地质科学院地质力学研究所，参加单位有中国石油青海油田公司、中国石油大学（北京）。项目总经费 1080 万元。项目负责人马寅生，主要成员有尹成明、刘成林等。项目成果被评为 2011 年度中国地质科学院十大科技进展。

柴达木盆地是我国大型含油气盆地之一，已经发现的油气主要来自中新生界地层，前人研究认为石炭系是一套潜在的烃源岩，但对其质量、分布范围、厚度以及含油气前景少有研究。

项目组通过柴达木盆地以往重、磁、电、震资料的二次开发、遥感图像解译、野外地质构造和石油地质调查，对柴达木盆地基底构造格局，石炭纪地层分布，石炭系地层序列与岩相古地理特征，石炭系烃源岩分布、发育特征、演化史与生烃潜力，石炭系油气资源的后期保存条件等进行了系统的调查评价，取得了六个方面的新发现和新认识。

（1）通过柴达木盆地重磁电震资料重新处理与解释，首次明确了柴达木盆地石炭系分布范围和残留厚度，发现盆地中新生界之下石炭系广泛发育，石炭系分布范围达 10 万 km^2 ，提高了对柴达木盆地石炭系油气资源潜力的认识。

（2）对柴达木盆地石炭纪地层进行了划分对比，分析了盆地晚泥盆—石炭纪不同阶段岩相古地理特征，认为盆地石炭纪主要为海相、海陆交互相沉积，提出了盆地在石炭纪时期不存在大的古陆的新认识。

（3）通过野外调查、岩芯观察和烃源岩地球化学分析，证实柴达木盆地石炭系发育良好的烃源岩，具有很好的生烃能力。

（4）在柴达木盆地石炭系发现多处厚层油砂，油源对比研究显示油砂来源于石炭系烃源岩，显示石炭系曾经有过油气运聚过程。

（5）划分了柴达木盆地构造演化阶段、构造层，明确了不同阶段构造变形特征，认为石炭系构造变形主要发生在新近纪末，之前的构造变形较弱，有利于石炭系油气保存。

（6）初步评价了盆地石炭系油气资源量，提出了 3 个有利勘探目标区。

总之，通过项目组近年来对柴达木盆地石炭系油气资源的调查研究，证实柴达木盆地内石炭系地层分布广泛，厚度很大。盆地石炭系发育良好的烃源岩，石炭系地层普遍发育厚层油砂，显示石炭系具有很好生烃能力和油气运移过程。石炭系构造变形主要发生在新近纪末，之前的构造变形较弱，有利于石炭系油气保存。初步评价柴达木盆地石炭系油气资源量为 $6.14 \sim 7.23 \times 10^8 \text{t}$ ，证实柴达木盆地石炭系油气资源潜力很大，是油气资源战略

突破的新领域。

项目成果即将出版专著和图集各一套，已发表论文 5 篇。2011 年 12 月 18 日中国地质调查局组织专家组对项目成果进行了验收，专家组一致认为该项目研究成果是一份具有战略性、导向性和创新性的重要成果，对柴达木盆地新区新领域的勘探具有重要的指导意义。

二、应用范围及应用实例

(1) 项目以油气资源潜力调查为研究目标，采用产学研结合的项目运行模式，与油气田公司进行合作，充分利用丰富的地震、钻井等资料，与高校合作，利用其研究技术和先进的实验手段，根据研究内容和阶段目标制定技术路线，实行全过程质量管理，实现了项目最佳效果。

(2) 通过野外地质调查、样品采集、岩芯观察和烃源岩地球化学指标测试，综合分析柴达木盆地石炭系烃源岩发育情况。

(3) 应用重力、电法、磁力、地震等地球物理资料的处理与解释，利用钻井资料，在地质分层、测井数据反演进行层位标定，确定石炭系分布的范围和厚度。

(4) 对地层接触关系、断裂展布、构造变形特征等进行野外调查，结合地球物理资料解释的地层厚度和构造形态特征，进行构造演化和构造对油气藏保存的研究。

(5) 对区域地层进行划分对比、岩相古地理研究，划分沉积相带，研究沉积构造演化特征。

(6) 在含油气区划分评价的基础上，进行油气地质资源量估算，预测提出有利勘探目标区。

三、推广转化方式

对于油气资源潜力评价和调查评价类项目，可以借鉴该项目实施的技术路线和技术方法，采用产学研结合的项目管理模式，在项目实施过程中，应用该项目的质量管理体系。

技术依托单位：地质力学研究所

联系人：余佳 马寅生

通讯地址：北京市海淀区民族大学南路 11 号

邮政编码：100081

联系电话：68412309/68422356

电子邮件：gmkjch@163.com

天津市浅层地热能资源调查

一、内容概述

天津市浅层地热能资源调查,通过野外调查、勘查孔施工、抽水和回灌试验、现场热响应试验测试、室内实验测试与分析研究,查明了天津市浅层地热能资源赋存条件,查明天津地区第四系主要岩性是由粘土、粉质粘土、粉砂、细砂、粗砂组成,地质结构为粘土、粉质粘土、粉砂、细砂、粗砂互层,岩土体热导率、比热容、第四系地下水涌水量、导水系数、地下水回灌量、单井回灌量、地层排热量、吸热量,为天津市浅层地热能资源可持续开发利用提供了科学依据。

调查了天津市浅层地热能资源开发利用现状,目前天津市浅层地热能开发利用工程174个(其中地埋管地源热泵系统132个,地下水地源热泵系统32个),总供暖制冷面积约为 $295 \times 10^4 \text{ m}^2$ 。浅层地热能资源与常规能源相比较,供暖系统节能30%以上,制冷系统节能10%以上,运行费用降低30%~70%,缩短投资回收期,增加经济效益,环境效益明显,为编制天津市浅层地热能资源开发利用规划和科学管理提供了重要依据。

分析了天津市地源热泵试验、测试研究及经济性,总结了浅层地热能地源热泵系统典型场地的勘察技术,为我国浅层地热能开发利用工程规范场地勘察技术提供了科学依据。

完成了天津市浅层地热能资源开发利用进行适宜性分区,为编制开发利用规划提供了可靠的依据,对同类地质条件地区开展浅层地热能资源调查具有重要示范作用。依据天津地区的地质条件,提出深度400 m以内第Ⅱ至第Ⅳ三个含水组地下水可作为地下水地源热泵系统开发利用的水源;将调查区划分为:地下水地源热泵系统开发利用的适宜区、较适宜区和不适宜区;天津市平原区120 m范围适宜地埋管地源热泵系统开发利用;结合咸水底界埋深和岩土热物特性等,将调查区划分为:地埋管地源热泵系统开发利用适宜区、较适宜区和一般适宜区。为天津市浅层地热能资源开发利用,政府对浅层地热能资源开发利用的管理、制定规划提供重要的依据。

评价了天津市浅层地热能资源包括:浅层地热能热容量、地下水地源热泵系统换热功率、地埋管地源热泵系统换热功率、浅层地热能潜力评价及经济环境效益,天津市可持续开发利用浅层地热能资源提供了重要的数据。结果显示天津市浅层地热能资源十分丰富,潜力巨大。

研制了分布串式地层温度精细测量、数字采集传输系统,申请具有知识产权的专利项,到目前为止已经申请专利15项,其中实用新型9项,发明专利6项,为天津市浅层地热能动态监测网建设提供可靠的基础。对典型地区开发利用浅层地热能资源的环境地质影响评价,提出相应的防治措施。

根据大量的地质资料和数据,建立了内容丰富、结构合理、简便、实用的浅层地热能调查数据库,为更加有效地组织、管理和使用这些资料提供了一个平台。

二、应用范围及应用实例

(1) 建立了现场热响应试验场，通过试验对比分析采用相同的回填材料情况下不同深度、不同埋管方式的单孔换热量，确定天津市地埋管地源热泵单孔换热适宜深度，为地源热泵工程建设提供可靠的数据支撑。

(2) 建立浅层地热能开发利用示范工程，将本次项目研制的科研成果用于数字化监测地源热泵运行系统对地温场的影响，用于环境影响评价。

(3) 本项目开展地源热泵试验与测试研究，结合典型工程浅层地热能开发利用工程场地进行了规范性勘察，为地源热泵场地勘查提供了合理的技术方案。

(4) 本项目结合本地区特有的水文地质结构，既严格遵循技术规范，又突破规范规定 200 m 界线，是一次符合实际的尝试，在本地区地下水地源热泵系统评价方面得到了广泛的应用。

三、推广转化方式

(1) 天津市浅层地热资源调查的科研部分成果，为天津市浅层地热能资源开发利用，政府对浅层地热能资源开发利用的管理、制定规划提供重要的依据。在以后浅层地热能开发利用过程中，为浅层地热能资源开发利用单位在进行地下水地源热泵系统和地埋管地源热泵系统的选择提供选择的依据。

(2) 对于本次科研的另外一个成果各种浅层地热能相关的监测设备，例如：地温场监测系统、动态监测网数据监测系统、监测网的数据采集监测中心装置等，将产品投放市场，用于浅层地热能开发利用浅层，为后期的环境影响评价提高基本数据。

(3) 本项目建设的浅层地热能开发利用示范工程，对外开发，为其他省市开展浅层地热能调查提供示范作用。

技术依托单位：天津地热勘查开发设计院

联系人：李会娟

通讯地址：天津市河东区卫国道 189 号

邮政编码：300250

联系电话：022 - 24576238；13652051098

电子邮件：dryzgb@163.com

第七部分 矿产资源战略

矿产资源战略研究

一、内容概述

1. 成果简介

本项目针对我国能源资源战略问题开展研究，历时 10 余年，形成《矿产资源与国家经济发展》（56 万字，2002 年）和《能源与国家经济发展》（132 万字，2008 年）2 部专著，十多部战略研究报告和数十篇相关文章，建立了涵盖全球矿产资源、矿业公司、资源经济数据库和需求预测模型的全球资源信息系统。

（1）运用全球、历史和综合分析的系统思维，通过对 100 多年来全球及众多典型国家矿产资源与经济社会发展的深入研究，发现并全面揭示了能源资源需求与经济社会发展之间的一系列重要规律，以及不同发展模式下能源资源与经济发展的特征，为分析我国资源经济趋势提供了重要启示。

（2）首次创立了以“人均资源需求 S 形规律”、“资源消费强度倒 U 形规律”和“资源消费波次递进规律”为核心的资源需求理论和预测模型。

（3）系统预测了全球能源与矿产资源需求趋势，深入分析了供需格局，提出一系列对我国资源安全和经济发展有重大影响的战略性判断，明晰了我国资源安全的全球背景。

（4）运用原创性理论，系统预测了我国能源与主要矿产资源需求趋势，厘定了我国能源及主要矿产资源需求的转折点、峰值点，为国家战略规划和政策调整提供了十分重要的决策依据。

（5）建立了包含全球矿产资源数据库（10 万多矿产地）、矿业公司数据库（1300 多家公司 4000 多个矿山）、资源经济数据库（4 万条储产消费数据）和能源资源需求预测模型的全球资源信息系统，为资源战略研究奠定了坚实基础。

（6）完成各部委委托的有关能源资源供需趋势、资源安全、资源储备、战略规划等一系列战略研究任务，诸多成果被国家战略规划 and 政策所采纳。

研究成果先后获国土资源部科技二等奖四项，系列研究成果受到政府、和社会的高度关注，并被广泛采用。以理论总结为核心的深入研究，极大地提升和丰富了本项研究成果，被国土资源部、工信部、国家能源局、中央电视台、国家开发银行等及时应用，产生了巨大的社会效益。

2. 主要创新

（1）主要发现

①首次发现并揭示了人均矿产资源消费与人均 GDP（PPP）的“S”形规律。确定了描述“S”形曲线的三个重要转变点及其内涵，即起飞点、转折点和零增长点。对能源而言，三个点对应的人均 GDP 分别为 2500 ~ 3000 美元、10000 ~ 12000 美元、20000 ~ 22000 美元，分别对应于工业化起飞期、工业化中期重大结构转型期和向后工业化转变期的开

始。指出人类能源消费零增长时代已经到来，我国即将进入重大转型期的“转折点”。

②首次系统揭示了资源消费强度变化“倒 U 型”规律和顶点下降和向后漂移趋势。能源消费强度顶点位于人均 GDP10000 ~ 12000 美元，这一顶点与工业化重大转型期有内在联系。

③首次系统揭示了资源消费的波次递进规律，即随着经济发展，资源消费重心从地区、品种、部门等方面规律性地发生转移。

这些规律的揭示，为正确判断资源需求趋势，科学制定资源战略规划，及时有效调整资源政策提供了重要的科学依据。

(2) 主要创新

①思路与研究方法创新

站在全球高度，以长周期、大样本的人口、资源、产业、经济、社会和环境多元数据综合分析为基础，采用自然科学与社会科学相融合的研究思路和方法，以揭示规律为核心，综合分析矿产资源与经济社会发展之间的相关关系。

②理论创新

揭示了资源消费与经济社会发展之间的一系列相关规律，极大地丰富了资源需求理论。

③资源需求预测方法及模型创新

确立了以人均资源需求规律为核心，以发展程度划分预测单元，多指标、多参数相互验证的全球资源需求综合预测方法和模型（GMIPM），系统预测了全球及典型国家未来 20 a 资源需求趋势。

④提出一系列创新认识判断和建议，并被政府规划所采用，如：

- (1) 能源与主要矿产资源需求趋势预测结果被广泛采用；
- (2) 我国人均资源消费峰值将在未来 10 ~ 20 a 陆续到来，成为结构调整的重要参考；
- (3) 我国能源消费重心即将从产业部门向生活和交通部门转移；应科学调整能源政策；
- (4) 厘定并提出我国矿产资源战略储备清单，被国家十年物资储备规划采用；
- (5) 全球资源多元配置是我国资源供应的必由之路；
- (6) 能源结构调整的方向是保障煤炭基础、稳定石油供应、扩大天然气份额、大力发展核能及可再生能源，实现能源多元化和现代化

二、应用范围及应用实例

该项研究形成著作 2 部、研究报告 16 部和论文 60 多篇，项目成果受到政府和全社会的高度重视，得到了广泛应用，对政府决策、规划、企业投资决策、资源经济理论研究和研究生教育均具有重要的指导和参考作用。据不完全统计中央政府部门和国家级研究部门出具应用证明 20 多份，地方政府、大型企业和大学应用证明 9 份，CNKI 和 CSCD 论著论文引用检索 200 多次。

2002 年，《矿产资源与国家经济发展》出版后，原国家计委、经贸委、全国人大环资委、国家发改委、财政部、国务院研究室、商务部、国土资源部、国家安全生产监督管理局等十几个政府部门分别来人、来函或来电调用成果。

2004 年、2005 年和 2006 年承担中国工程院、国家发改委和全国人大财经委等单位研究项目，成果被大量应用。相关成果对《国家综合物资储备十年规划》和《国土资源十一五规划》的编制等起到重要的支撑作用。

2008 年，《能源与国家经济发展》出版后，受到各界高度关注。由中国工程院王淀佐副院长、国家能源局副局长吴吟等专家组成的评审委员会评价认为“这是近年来国内外鲜见的能源战略研究报告，对国家能源战略和规划具有重要的参考作用”。王淀佐院长在科技日报专门发表书评，并被广泛转载。中国地质调查局为此专门组织了能源高级论坛，近 30 位两院院士、国务院相关部委司局领导和行内专家参加了会议，高度评价了该项研究成果。

国家能源局、国资委、国土资源部、工信部、国家开发银行等部门在相关管理和规划制定中引用和参考了本成果。中国地质大学、吉林大学等高校把有关成果引入教学。中央电视台“国情备忘录 5—资源”、《科技日报》、《科学时报》等媒体先后专访了本书作者，并大量引用和转载该研究成果。

2011 年形成的《中国能源需求展望报告》—专报、《中国钢铁需求展望报告》—专报获国务院和部领导高度重视。

总之，该项研究成果为政府制定战略规划和相关政策起到重要的支撑作用，对企业制定发展规划具有重要参考意义，有关理论也被作为资源经济学的教学内容，同时，该成果对社会各界正确认识我国面临的资源形势、建设节约型社会也具有重要意义。

三、推广转化方式

主要包括图书出版、论文发表、会议交流、技术咨询、形成专报等形式。

技术依托单位：中国地质科学院矿产资源研究所

联系人：陈其慎

通讯地址：北京市西城区百万庄大街 26 号

邮政编码：100037

联系电话：01068999655

电子邮件：chenqishen@126.com