

# 全国重要矿产和区域成矿规律研究进展综述

王登红<sup>1)</sup>, 徐志刚<sup>1)</sup>, 盛继福<sup>1)</sup>, 朱明玉<sup>2)</sup>, 徐珏<sup>1)</sup>, 袁忠信<sup>1)</sup>, 白鸽<sup>1)</sup>, 屈文俊<sup>3)</sup>,  
李华芹<sup>4)</sup>, 陈郑辉<sup>1)</sup>, 王成辉<sup>1)</sup>, 黄凡<sup>1)</sup>, 张长青<sup>1)</sup>, 王永磊<sup>1)</sup>, 应立娟<sup>1)</sup>, 李厚民<sup>1)</sup>, 高兰<sup>1)</sup>,  
孙涛<sup>1)</sup>, 付勇<sup>1)</sup>, 李建康<sup>1)</sup>, 武广<sup>1)</sup>, 唐菊兴<sup>1)</sup>, 丰成友<sup>2)</sup>, 赵正<sup>1)</sup>, 张大权<sup>5)</sup>

1) 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京, 100037; 2) 中国地质科学院, 北京, 100037;  
3) 国家地质实验测试中心, 北京, 100037; 4) 中国地质调查局武汉地调中心, 武汉, 430205;  
5) 中国地质调查局, 北京, 100037

**内容提要:**对重要矿产开展全国性的资源潜力评价, 是国情调查的重要组成部分, 而开展重要矿产和区域成矿规律的研究, 又是矿产资源潜力评价的基础性工作。自 2006~2013 年的 8 年间, 通过对 400 多个典型矿床的野外调查, 开展了典型矿床和区域成矿规律的全面研究, 编制了成矿规律研究的技术要求, 组织了全国性的技术培训, 指导了大区 and 省级项目成矿规律研究工作, 完成了大区 and 省级项目典型矿床和成矿规律研究成果的验收、汇总和综合, 编制了全国单矿种(组)成矿规律相关专题图件, 建立了相应的数据库, 提出了一系列新认识、新技术和新方法, 包括同位素定年的方法和成矿规律编图方法, 为矿产资源潜力评价奠定了扎实的理论基础, 有效地指导了潜力评价和地质找矿工作, 培养了人才, 锻炼了队伍, 取得了良好的经济效益, 显著地提升了我国成矿学的研究水平。

**关键词:**矿种成矿规律; 区域成矿规律, 潜力评价; 成矿预测; 研究进展

作为“全国重要矿产资源潜力评价”计划项目中的重要组成部分, “全国重要矿产和区域成矿规律研究”工作项目旨在根据现有资料、系统总结全国重要矿种、成矿区带的成矿规律, 并以此指导矿产资源潜力评价和矿产勘查。项目的总体目标任务为: 通过开展全国典型矿床和区域成矿规律研究, 编制成矿规律研究技术要求, 开展技术培训; 指导大区 and 省级项目成矿规律研究工作; 负责大区 and 省级项目典型矿床、成矿规律成果的验收、汇总和综合; 编制和完成全国矿种(组)成矿规律相关专题图件及其数据库建设; 组织开展全国典型矿床野外调查。自 2006~2013 年, 以中国地质科学院矿产资源研究所为首的研究集体野外调查矿产地共 453 处, 采集各类样品数千件, 新测定同位素年龄数据 400 多个, 编制了 16 个矿种的 1:500 万全国性图件 4 类 64 种, 建设分矿种的数据库 16 个, 汇总数据库 1 个, 发表论文 168 篇, 已出版专著 8 部、全国性成矿规律图 1 套,

取得了一系列研究进展。

## 1 研究方法方面的新进展

成矿规律的研究是一项主观能动性很强的工作, 由于研究人员对客观事物的认识千差万别, 采取什么样的方法至关重要(王登红, 2011)。以往没有一套规范性的技术要求来表达对成矿规律的认识, 尤其是如何编制成矿规律图, 学者们认识各异, 编出的图件也各不相同, 影响到对成矿规律的认识和表达。在项目实施之初, 项目负责人就认识到编制统一技术规范的重要性, 组织相关人员编制了全国统一的技术要求(陈毓川等, 2010a), 有效地推动和促进了重要矿产和区域成矿规律的研究。例如, 为编好省级的、大区的和全国的单矿种成矿规律图和综合矿种成矿规律图, 项目有关人员研读并吸取了国内外的一些成矿(规律)图和“国标 GB958-99”之长处, 设计出了一套新的图例(图 1、2、3)。该套图例

注: 本文为中国地质大调查“我国重要矿产和区域成矿规律研究”项目(编号 1212010633903)和“中国矿产地质与区域成矿规律综合研究(中国矿产地质志)”项目(编号 1212011220369)、“中国分矿种(组)矿产地质总结研究”项目(编号 12120114039601)、“中国区域成矿规律研究与总结”项目(编号 12120114039701)等联合资助的成果。

收稿日期: 2014-08-30; 改回日期: 2014-11-21; 责任编辑: 周健。

作者简介: 王登红, 男, 1967 年生。研究员, 博士生导师, 现主要从事成矿规律和矿产资源潜力评价方面的研究工作。通讯地址: 100037, 北京市百万庄路 26 号; 电话: 010-68999048; Email: wangdenghong@sina.com。

| 矿种   | 颜色                                                                                      | 色号 | 黄<br>Y | 品<br>M | 青<br>C | 黑<br>BK | 矿种  | 颜色或代号                                                                                   | 色号 | 黄<br>Y | 品<br>M | 青<br>C | 黑<br>BK |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|--------|--------|--------|---------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|--------|--------|--------|---------|
| 磁铁矿  |  深红色   | 1  | 100    | 100    |        | 10      | 菱镁矿 |  桃红色   | 31 |        | 100    |        |         |
| 赤铁矿  |  鲜红色   | 2  | 100    | 80     |        |         | 磷   |  褐黄色   | 32 | 90     | 30     |        | 10      |
| 褐铁矿  |  深桔红色  | 3  | 30     | 43     | 43     |         | 硫   |  黄色    | 33 | 90     | 20     |        | 5       |
| 菱铁矿  |  浅桔红色  | 4  | 50     | 40     |        |         | 钾   |  红色    | 34 | 30     | 100    |        |         |
| 钒    |  蓝色    | 5  |        |        | 100    |         | 硼   |  褐色    | 35 | 75     | 60     |        | 36      |
| 钛    |  褐色    | 6  | 80     | 80     | 50     |         | 萤石  |  桃红色   | 36 |        | 100    |        |         |
| 锰    |  紫色    | 7  | 60     | 100    | 15     |         | 重晶石 |  绿色    | 37 | 100    |        | 90     |         |
| 铬    |  深绿色   | 8  | 43     |        | 100    | 25      | 煤   |  黑色    | 38 |        |        |        | 100     |
| 铜    |  绿色    | 9  | 100    |        | 100    |         | 金刚石 | Dm     | 39 | 灰色     |        |        | 30      |
| 铅    |  蓝色    | 10 |        |        | 100    |         | 宝石  | Gem    | 40 | 灰色     |        |        | 30      |
| 锌    |  褐色    | 11 | 80     | 80     | 50     |         | 绿柱石 | Ber    | 41 | 灰色     |        |        | 30      |
| 镍    |  淡紫色   | 12 | 40     | 80     | 10     |         | 白云母 | Mu     | 42 | 灰色     |        |        | 30      |
| 钴    |  黑色    | 13 |        |        |        | 100     | 水晶  | Rc     | 43 | 灰色     |        |        | 30      |
| 铂族   |  深灰色 | 14 |        |        |        | 60      | 石棉  | Asb  | 44 | 灰色     |        |        | 30      |
| 铝土矿  |  桔黄色 | 15 | 100    | 80     |        |         | 滑石  | Tc   | 45 | 灰色     |        |        | 30      |
| 黑钨矿  |  桃红色 | 16 |        | 100    |        |         | 蛭石  | Ve   | 46 | 灰色     |        |        | 30      |
| 白钨矿  |  浅蓝色 | 17 | 0      | 10     | 50     |         | 石墨  | Gph  | 47 | 灰色     |        |        | 30      |
| 黑白钨矿 |  蓝色  | 18 | 0      | 50     | 50     |         | 红柱石 | Ad   | 48 | 灰色     |        |        | 30      |
| 锡    |  褐色  | 19 | 75     | 60     |        | 36      | 硅灰石 | Wl   | 49 | 灰色     |        |        | 30      |
| 钼    |  浅蓝色 | 20 |        |        | 60     |         | 蓝晶石 | Ky   | 50 | 灰色     |        |        | 30      |
| 铋    |  酱紫色 | 21 |        | 50     | 15     | 50      | 明矾石 | Alm  | 51 | 灰色     |        |        | 30      |
| 铍    |  浅绿色 | 22 | 50     |        | 50     |         | 叶腊石 | Pyl  | 52 | 灰色     |        |        | 30      |
| 铌钽   |  桔黄色 | 23 | 100    | 50     |        |         | 沸石  | Ze   | 53 | 灰色     |        |        | 30      |
| 汞    |  红色  | 24 | 100    | 100    |        |         | 高岭石 | Kl   | 54 | 灰色     |        |        | 30      |
| 锑    |  浅褐色 | 25 | 50     | 60     |        | 30      | 石膏  | Gyp  | 55 | 灰色     |        |        | 30      |
| 金    |  桔黄色 | 26 | 100    | 80     |        |         | 硬石膏 | Ah   | 56 | 灰色     |        |        | 30      |
| 银    |  粉红色 | 27 | 10     | 40     |        |         | 石盐  | lh   | 57 | 灰色     |        |        | 30      |
| 锂    |  草绿色 | 28 | 70     | 60     | 90     |         | 芒硝  | Mat  | 58 | 灰色     |        |        | 30      |
| 铈族稀土 |  粉红色 | 29 | 10     | 40     |        |         | 钙芒硝 | Glb  | 59 | 灰色     |        |        | 30      |
| 钇族稀土 |  紫色  | 30 | 60     | 100    | 15     |         | 天然碱 | Nso  | 60 | 灰色     |        |        | 30      |

图 1 金属矿产颜色及非金属矿产颜色和代号(据陈毓川等,2010a)

Fig. 1 Color of metal resources and color and code names of nonmetallic resources (after Chen et al. , 2010a)

| 规模<br>类型 | 查 明 的                                                                               |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      | 推断的 (333)<br>预测的 (334)                                                                |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|          | 超大型                                                                                 | 大型                                                                                  | 中型                                                                                  | 小型                                                                                  | 矿点                                                                                   | 以大型为例                                                                                 |
| 岩浆型      |    |    |    |    |    |    |
| 伟晶岩型     |    |    |    |    |    |    |
| 斑岩型      |    |    |    |    |    |    |
| 接触交代型    |    |    |    |    |    |    |
| 热液型 (狭义) |    |    |    |    |    |    |
| 海相火山岩型   |    |    |    |    |    |    |
| 海相沉积型    |    |    |    |    |    |    |
| 陆相火山岩型   |  |  |  |  |  |  |
| 陆相沉积型    |  |  |  |  |  |  |
| 砂矿型      |  |  |  |  |  |  |
| 风化壳型     |  |  |  |  |  |  |
| 沉积-变质型   |  |  |  |  |  |  |
| 成因不明型    |  |  |  |  |  |  |

注：图例大小以中型为基本型，超大型、大型、中型、小型和矿点分别为1.5、1.25、1、0.75和0.5倍

图 2 单矿种成矿规律图之矿床类型和规模的表示方法(据陈毓川等,2010a)

Fig. 2 Legends of deposit types and their size in mineralogenic map (after Chen et al. , 2010a)

用简练、易读、易记、易用的符号，清晰而完整地表示了矿床的四要素：矿种(金属用颜色、非金属用灰色+代号)、类型(用简单符号)、规模(符号大小)和成矿时代(符号外圈颜色+“时针方位”——此乃吸取《1：5 000 000 北美成矿图》之长处)及其形成的地

质环境，较以往的编图技术有了大幅度改进。

此外，在“综合图例”基础上，还专门针对需要重点研究的 23 个矿种，设计了单矿种图例(图 3)和多矿种图例的表达方法(陈毓川等,2010a)，其特点是：①“表头”给出矿床规模确定的标准和计量单位，如

矿石量、金属量、 $\text{WO}_3$ , 亿吨、百万吨、吨等;②矿床类型图例加点小补充,就能很容易表示“亚类型”;这样设计的“规模和类型表”很清晰显示了不同类型和亚类型矿床的成矿能力。初看起来,这套图例较复杂,但在项目实施过程中,借助于计算机技术,其“复杂性”很快得到了解决,为“单矿种成矿规律图”的编制发挥了重要作用。

## 2 重要矿种成矿规律研究进展

本次全国范围内的潜力评价工作涵盖 25 个矿种,本项目组对铁、锰、铬、铜、铅、锌、铝、镁、镍、钨、锡、钼、锑、金、银、锂和稀土 17 个矿种(组)进行了深入研究和全面的总结,汇总形成了分矿种的矿产地数据库;编制了包括单矿种矿产成矿预测类型分布图、单矿种矿产地分布图、单矿种成矿规律图等一系列图件;首次提出了单矿种成矿区带的概念(如成铬带、成铜带、成金带、成锑带,等)及其划分原则、依据和方法,系统划分了单矿种的成矿区带,并编制了单矿种成矿区带图,有效地对接了单矿种成矿预测和单矿种勘查工作部署,对全国不同矿种行业的地质勘查工作部署也具有现实意义。

(1)铁矿:系统梳理了全国约 4000 处铁矿矿产地资料,深入总结了全国铁矿的成矿规律(李厚民等,2012a,2012b),厘定出 71 个以铁为主要矿种的矿床成矿系列(亚系列),将沉积变质型、岩浆型、火山岩型和接触交代-热液型(矽卡岩型)4 个铁矿预测类型作为重点预测类型,并划分出 82 个成铁带(含 91 个成铁亚带);其中,资源现状和成矿潜力最大的 A 类成铁带 22 个(亚带 33 个),编制了“中国成铁带分布图”和“中国铁矿成矿规律图”等系列图件,为本次潜力评价和预测工作提供了理论依据。研究认为,我国铁矿资源丰富,以沉积变质型和岩浆型铁矿为主,其次为接触交代-热液型和火山岩型铁矿,而沉积型和风化淋滤型较次要。沉积变质型铁矿的沉积作用主要发生在新太古代,主要分布在华北克拉通;岩浆型铁矿主要形成于海西期,主要分布于四川攀枝花-西昌地区;矽卡岩型铁矿主要为中生代的大冶式、邯邢式等铁矿;陆相火山岩型铁矿主要分布在长江中下游的宁芜、庐枞等陆相火山岩盆地;海相火山岩型铁矿,除康滇地区的中元古代大红山式铁矿外,在西天山阿吾拉勒成矿带的石炭纪铁矿也很重要,且近年来矿产勘查取得了一系列新进展。

(2)锰矿:对全国 856 处锰矿产地(其中大型矿床 9 个、中型 89 个、小型 206、矿点 537 个)的资料

进行了系统梳理,深入总结了我国锰矿的成矿规律,划分了中国锰矿的成因类型和矿产预测类型,厘定出与锰矿相关的矿床成矿系列 11 个和亚系列 17 个,划分出 18 个成锰带(其中 A 级成锰带 8 个),编制了“中国锰矿成矿规律图”等系列图件,为本次潜力评价预测工作提供了理论依据。研究指出:中国锰矿以海相沉积型和风化壳型为主,主要分布在“泛扬子地区”、华北陆块北部的燕辽地区以及西天山和祁连山部分地区;成矿时代多,主要在中—新元古代、早古生代(寒武纪、奥陶纪)、晚古生代—早中生代和第四纪。沉积盆地类型主要是离散背景下形成的大陆边缘裂谷盆地和陆内断裂凹陷盆地。

(3)铬矿:系统梳理了全国 350 处铬矿矿产地资料的,深入总结了全国铬矿的成矿规律,划分出 17 个成铬带,圈定出 13 个重要矿集区(朱明玉等,2013),厘定了 16 个与铬有关的矿床成矿系列,编制了“中国铬矿成矿规律图”等系列图件,为本次潜力评价铬矿预测工作提供了依据(张建等,2009)。研究指出:我国铬矿资源贫乏,矿床类型以岩浆型为主,其中又以蛇绿岩型豆荚状铬矿最有价值,主要分布在西藏雅鲁藏布江、新疆西准噶尔和内蒙索伦山-贺根山等矿集区;提出蛇绿岩型地幔局熔改造型铬矿可作为我国寻找铬矿的重点预测类型;成矿时代以中生代及古生代最为重要;成矿大地构造背景以板块缝合带最具特色。

(4)铜矿:以全国 814 处铜矿产地为基础,厘定出 27 个以铜为主的矿床成矿系列,并划分出 40 个成铜带(其中 13 个为最重要),编制了“中国成铜带分布图”等系列图件,为本次潜力评价预测工作提供了理论依据。研究结果表明,我国铜矿资源丰富,以斑岩型为主,但仍需要大量进口。今后地质找矿将以西部为主,斑岩型、矽卡岩型和火山岩型铜矿为重点预测类型。斑岩型铜矿集中产于冈底斯、班-怒带两侧、昌都-三江、德兴、东天山等地区;成矿时代以新生代和中生代最为重要。一些老矿区的新类型也值得重视(赵斌等,2009b;王登红等,2012a)。

(5)铅锌矿:本次研究涉及全国铅锌矿产地 3000 多处,基本摸清了我国铅锌矿资源家底,统计铅锌资源量 1 亿多吨,以西南、西北和中南地区铅锌矿资源量较多;最重要的矿床类型为碳酸盐岩型、碳酸盐岩-细碎屑岩型、砂砾岩型、矽卡岩型和热液型;成矿时代以中生代和古生代最为重要;成矿大地构造背景以造山带最具特色,多期次多旋回的构造部位是铅锌矿形成的最有利环境。全国范围内划分出

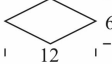
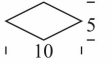
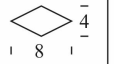
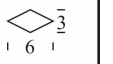
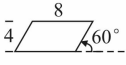
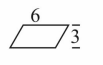
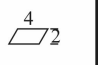
| 类 型 \ 规 模             |                    | 超大型                                                                                 | 大型                                                                                | 中型                                                                                  | 小型                                                                                   | 矿 点                                                                                   |
|-----------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                       |                    | 10000×10 <sup>4</sup> t                                                             | 2000×10 <sup>4</sup> t                                                            | 200×10 <sup>4</sup> t                                                               | 20×10 <sup>4</sup> t                                                                 |                                                                                       |
| 海相沉积型                 | 细碎屑岩中<br>氧化锰-碳酸锰矿床 |                                                                                     |  |    |    |    |
|                       | 黑色页岩中<br>碳酸锰矿床     |                                                                                     |  |    |    |    |
|                       | 碳酸盐岩中<br>碳酸锰矿床     |                                                                                     |                                                                                   |    |    |    |
|                       | 硅-泥-灰岩中<br>碳酸锰矿床   |    |  |    |    |    |
| 海相火山-沉积型<br>氧化锰-碳酸锰矿床 |                    |                                                                                     |                                                                                   |    |    |    |
| 热液改造或“层控”型<br>铁锰铅锌矿床  |                    |                                                                                     |  |    |    |    |
| 与岩浆作用有关的热液型(银)矿床      |                    |                                                                                     |                                                                                   |    |    |    |
| 受变质型                  | 受区域变质锰矿床           |                                                                                     |                                                                                   |  |  |  |
|                       | 受接触变质锰矿床           |                                                                                     |                                                                                   |  |  |  |
| 表生型                   | 铁帽型锰矿床             |  |                                                                                   |  |  |  |
|                       | 淋积型锰矿床             |                                                                                     |                                                                                   |  |  |  |
|                       | 堆积型锰矿床             |                                                                                     |                                                                                   |  |  |  |

图 3 中国锰矿床之类型和规模(据陈毓川等,2010a)

Fig. 3 Legends of manganese deposit types and their sizes in China (after Chen et al. , 2010a)

7 个铅锌矿预测类型,48 个矿床式;其中,“层控”热液型、矽卡岩型和火山岩型为重点预测类型。圈定出 51 个成铅锌带,划分出 50 个与铅锌矿有关的成矿系列;编制了“中国成铅锌带分布略图”、“中国中生代铅锌矿床分布图”、“中国铅锌矿床成矿规律图”等系列图件,为本次潜力评价预测工作提供了理论依据,对未来的勘探开发也提出了意见和建议(张长

青等,2012,2013)。

(6)铝土矿:通过对全国 827 处铝土矿矿产地资料的系统梳理,厘定出了 7 个铝土矿成矿系列,认为古风化壳沉积型、堆积型和红土型铝土矿为重点预测类型,划分出 15 个成铝区带,圈定了 7 个重要矿集区,编制了“中国成铝区带分布图”等系列图件,为本次潜力评价预测工作提供了理论依据。研究指

出,我国铝土矿以古风化壳沉积岩型为主,一水硬铝石型铝土矿虽然储量巨大,但提取工艺复杂、能耗大,资源利用十分有限。古风化壳沉积型铝土矿集中分布于山西、河南、贵州和广西四省(区),成矿时代以晚古生代为主,成矿大地构造背景构造以稳定陆块环境最具特色。

(7)菱镁矿:系统梳理了全国 62 处菱镁矿矿产地资料(包括超大型矿床 4 个、大型 8 个、中型 11 个、小型 11 个、矿点 26 个),厘定出 2 个以菱镁矿为主的矿床成矿系列,认为沉积变质型为重点预测类型,划分出 13 个成菱镁矿带,编制了“中国成菱镁矿带分布图”等系列图件,为本次潜力评价工作提供了理论依据。研究指出,我国菱镁矿资源丰富(统计查明资源量 38 亿吨),以晶质菱镁矿为主,开发利用技术方法成熟,且储量巨大,因而在世界上居于储量和产量的首位。晶质菱镁矿又以沉积变质型为主,集中分布在辽东地区,形成了世界级的大型—超大型菱镁矿集中区和生产基地;成矿时代以古元古代最为重要;成矿大地构造背景以古裂谷盆地最为有利。

(8)镍矿:通过对全国 339 处镍矿矿产地资料的系统梳理,厘定出与镍相关的矿床成矿系列 18 个,成矿亚系列 23 个;将岩浆型、风化壳型和海相沉积型作为重点预测类型,并划分出 30 个成镍带(其中,重要者 13 个),编制了“中国成镍带分布图”等系列图件,为本次潜力评价预测工作提供了理论依据。研究指出,我国镍矿资源丰富,以岩浆型为主,而风化壳型和海相沉积型镍矿在储量和开发利用上都相对较少。岩浆型镍矿集中分布在甘肃、新疆、青海、云南、四川、吉林等几个省(自治区);成矿时代多集中在新元古代和晚古生代;成矿大地构造背景以大陆边缘裂解、地幔柱和造山带伸展背景为主(Sun et al., 2013)。

(9)钨矿:对全国 1199 处钨矿矿产地资料进行了系统梳理,深入总结了全国钨矿的成矿规律,厘定出 22 个以钨为主或以钨为特色的矿床成矿系列,认为矽卡岩(-云英岩型)、石英脉型和岩体型可作为重点预测类型,并划分出 65 个成钨带,圈定出 22 个重要矿集区,编制了“中国成钨带分布图”等系列图件,为本次潜力评价预测工作提供了理论依据。研究指出,我国钨矿资源丰富,钨矿类型比较齐全,在钨矿资源储量中占较大比重的主要是矽卡岩型和石英脉型为主,但从开采和利用角度来说,最为重要的是石英脉型黑钨矿矿床。矽卡岩型钨矿的储量巨大,但回收率不高,开发利用技术尚待改进。矽卡岩型钨

矿集中分布在南岭中段的湘南和东秦岭等矿集区,石英脉型则主要集中在华南地区的闽西、赣南、粤北、湘南等地;成矿时代以中生代最为重要;成矿大地构造背景以造山运动之后构造变动剧烈,深大断裂纵横交错,岩浆活动频繁的区域为主,特别是与中生代花岗岩类关系最密切。

(10)锡矿:对全国 873 处锡矿矿产地资料进行了系统梳理,厘定出 20 个以锡为主的矿床成矿系列,认为锡石-硫化物型、矽卡岩(-云英岩型)、石英脉型和岩体型应该作为重点预测类型,划分出 44 个成锡带,提出了 19 个重要工作部署区,编制了“中国成锡带图”、“中国锡矿成矿规律图”等系列图件,为本次潜力评价预测工作提供了理论指导。研究认为:我国锡矿资源丰富,锡矿类型比较齐全,占有锡矿资源储量较大比重的主要是锡石-硫化物型、矽卡岩型和石英脉型为主;从开采和利用角度来说,最为重要的是锡石-硫化物型和石英脉型。锡石-硫化物型主要集中在桂北、滇东等地,矽卡岩型锡矿集中分布在南岭中段湘南等矿集区,石英脉型主要集中在闽西、赣中、粤北、湘南等地。成矿时代以中生代最为重要;成矿大地构造背景类似于钨矿。

(11)钼矿:在对全国 1114 个钼矿产地资料系统梳理的基础上(超大型 16 个、大型 43 个、中型 131 个、小型 241、矿(化)点 700 个),查明了钼矿的资源禀赋特征,划分出 6 个主要钼矿预测类型,厘定出 39 个与钼成矿有关的矿床成矿系列,圈定了 41 个成钼带,总结了钼矿的时空分布规律(黄凡等, 2011a, 2011b; 2013a, 2013b; Huang F et al., 2014),并编制了“中国成钼带分布图”等系列图件。研究指出,中国钼矿资源丰富,是优势矿种之一。近年来在传统和非传统钼矿产区均取得重大突破,截至 2012 年底,我国钼矿查明资源储量超过 2700 万吨。正是这种找矿突破,彻底改变了中国大陆原有的“南钨北钼”的分布格局,钼矿呈现全国遍地开花之势,成为世界第一钼资源大国。同时,随着科技进步和社会经济发展,钼的战略储备价值日益明显,在新兴材料方面也表现出强劲的发展态势。因此,在查明我国钼资源家底的基础上,需要充分、合理、前瞻性地开发利用好我国的钼矿资源,避免“黄金卖了个白菜价”。

(12)锑矿:锑是我国的传统优势矿产,但近年来由于过度开发,资源呈负增长之势,以至于被英国地调局排列在全球紧缺矿种第一位,因为一旦中国停止供应,全球势必紧张。本次在对全国 734 处锑矿

矿产地资料系统梳理的基础上,深入总结了全国锑矿的成矿规律,编制了“中国锑矿床分布图”,划分出 12 个成锑带,认为碳酸盐岩地层中热液型、碎屑岩地层中热液型及岩浆热液型应该作为重点预测类型,为本次潜力评价工作奠定了理论基础(王永磊等,2013)。研究认为,中国锑矿床数量多,规模大,如闻名世界的湖南锡矿山锑矿床,总体上经历了加里东期、印支期、燕山期及喜马拉雅期的复杂成矿过程,但成矿时代以中生代最为重要;找矿突破一方面是东部现有老矿区的深部找矿、探边摸底,另一方面是要积极开拓特提斯成矿域的新区,那里将是未来最重要的远景新区。

(13)金矿:金在我国是最复杂的矿种之一,本次在对全国 6000 余处金矿矿产地资料系统梳理的基础上,厘定出 71 个以金为主的矿床成矿系列,认为与岩浆岩有关、微细浸染型和变质碎屑岩中热液型金矿应该作为重点预测类型,划分出 53 个成金带,编制了“中国成金带分布图”等系列图件,为本次潜力评价工作提供了理论依据(王成辉等,2012a; Wang Denghong et al., 2007)。研究指出,我国黄金资源在区域上和成矿时代上分布具有不平衡的特点,在空间上金矿主要集中在东部(占已探明储量的 90% 以上),且多成群分布于古陆边缘,受深断裂及韧性剪切带的控制;成矿时代以中生代最为重要。我国金矿资源较为丰富,目前已建成胶东、小秦岭、滇黔桂等黄金基地,近年来在贵州、云南、西藏、胶东等地找矿取得较大突破,今后仍然需要在深部找矿和开拓新区上深入开展工作,要取得找矿新进展也是有把握的。

(14)银矿:我国银矿资源较为丰富,分布广泛,以共伴生为主,近年也陆续发现了一批独立银矿床。银矿床类型多样,主要有:与海相和陆相火山作用有关的矿床、与中性及酸性侵入岩有关的矿床和与沉积作用有关的矿床等。本次在对全国 490 处银矿矿产地资料系统梳理的基础上,总结了全国银矿的成矿规律(王登红等,2007),认为海相火山沉积型、陆相火山次火山岩型、矽卡岩型、热液型(脉型和层控型)、沉积变质型、沉积型和新生代风化淋积型可作为重点预测类型,并划分出 47 个成银带,圈定出 111 个银矿集区,编制了“中国成银带分布图”等系列图件,为本次潜力评价预测工作提供了理论依据。

(15)锂矿:锂是代表新兴产业发展的标志性矿种,战略意义十分重要。本次对全国 191 处锂矿产地资料进行了系统梳理(主要涉及新疆、西藏、青海

等 9 个省份,特大型 3 个,大型 10 个,中型 15 个,小型 13 个,矿点 112 个),深入总结了全国锂矿的成矿规律,厘定出 12 个以锂为主的矿床成矿系列,认为伟晶岩型、花岗岩型和盐湖沉积型可作为重点预测类型,并划分出 12 个成锂带,圈定出 5 个重要矿集区,并编制了“中国成锂带分布图”等系列图件,为本次潜力评价预测工作提供了理论依据。研究指出,我国锂矿资源丰富,以硬岩型为主,盐湖锂矿虽然储量巨大,但开发利用技术尚待发展。硬岩型锂矿又以伟晶岩型为主,集中分布在新疆阿尔泰和川西甲基卡等矿集区;成矿时代以中生代最为重要;成矿大地构造背景以造山运动之后的稳定环境最具特色。今后地质找矿的重点宜放在川西甲基卡矿集区,只要加强勘查和统一规划,可望建成世界级的锂工业基地(王登红等,2013c, 2013f)。

(16)稀土矿:本次在对全国 447 处稀土矿矿产地资料系统梳理的基础上(涉及新疆、西藏、青海等 20 个省份,特大型矿床 4 个,大型 15 个,中型 39 个,小型 81 个,矿点 308 个),深入总结了全国稀土矿的成矿规律(袁忠信等,2012),厘定出 4 个以稀土为主的矿床成矿系列,认为海相沉积-变质型、碱性岩-碳酸岩型和花岗岩风化壳型应该作为重点预测类型,并详细划分出 14 个一级远景区,11 个二级远景区和 10 个三级远景区,编制了“中国稀土矿床远景区分布图”等系列图件,为本次潜力评价预测工作提供了理论依据。研究指出,我国稀土以硬岩型为主,但离子吸附型独具特色。硬岩型稀土矿又以海相-沉积变质岩型为主,以内蒙古的白云鄂博最为重要,无论是储量还是产量都具世界第一。另外,四川西部牦牛坪式碱性岩-碳酸岩型稀土矿因为品位高、容易采选而迅速成为主要矿床类型,产能不断得到扩大,牦牛坪和大陆槽等地的深部找矿也取得了突破性进展。硬岩型稀土矿的成矿时代“一老一新”,分别以元古宙和新生代最为重要,华南的离子吸附型稀土以中生代花岗岩类为主要母岩。白云鄂博式稀土矿的成矿大地构造背景以古陆边缘的裂谷带为主,因而具有指示古大陆边缘裂谷带的意义。牦牛坪式的碱性岩-碳酸岩型稀土矿则形成于新生代造山带,成岩成矿物质来自于地幔,属于造山带中通达地幔的软弱带。

### 3 成矿区带方面的研究进展

在以往工作基础上,全面搜集、梳理、研讨、修改,完善了对于全国尺度 I 级(成矿域)、II 级(成矿

省)、Ⅲ级(成矿区带)3个层次的成矿区带的划分方案,实现了4个成矿域、17个成矿省和94个成矿区带的国土面积的全覆盖(图4),并指导了全国各省级项目组开展Ⅳ级成矿区带(成矿亚带)划分和Ⅴ级成矿区带(矿集区)的圈定工作,其中Ⅳ级成矿区带实现了全国陆地面积的全覆盖。这一“全覆盖”是史无前例的,为今后地质找矿工作的部署提供了充分的依据,并具有很强的前瞻性、实用性和可操作性。

在按照统一的技术要求对全国、大区和省级成矿区带进行划分的基础上,全国项目组、大区项目组和省级项目组分别对不同级别的成矿区带的成矿规律进行了全面、系统的总结,其广度和深度是罕见的。全国项目组主要对我国陆域的16个成矿省(阿尔泰、准噶尔、伊犁、塔里木、阿尔金-祁连、昆仑、秦岭-大别、巴颜喀拉-松潘、喀喇昆仑-三江、冈底斯-腾冲、喜马拉雅、吉黑、大兴安岭、华北、扬子、华南)进行了成矿规律的研究总结,梳理了各个成矿省的矿产地数据表,划分了各成矿省的成矿期次,建立了区域成矿谱系,构建或完善了各成矿省或其部分地段的区域成矿模式,结合各地的找矿进展,分析了找矿潜力,指出了找矿方向。部分重点成矿省的研究进展如:

(1)阿尔泰成矿省:通过对阿尔泰成矿省内矿产地、同位素年龄、基础地质资料的更新,进一步梳理了矿床成矿系列,完善了区域成矿模式和区域成矿谱系,指出了深部找矿的方向。认为,阿尔泰成矿省作为一个典型的海西期成矿省,在国内外均有重要地位,除了以伟晶岩型稀有金属矿床闻名于世之外,与海相火山作用有关的铁、铜、铅锌多金属矿床,与幔源基性超基性有关的铜镍硫化物矿床以及与大型变形构造(韧性剪切带)有关的金矿床,也都很发育,形成了一系列的大、中型矿床,成为阿尔泰成矿省的又一特色。虽然地质工作程度在新疆是比较高的,但找矿远景仍然很大,而且进入到了深部找矿的新时期,阿舍勒、乔夏哈拉、蒙库等典型矿床的深部找矿都是值得的。

(2)伊犁成矿省:也通过对矿产地数据资料的更新,进一步梳理了主要矿床类型和预测类型,总结出“北铜中铁南铅锌”的区域分布特点,厘定了成矿系列。根据对陈毓川院士2009年采自莫托沙拉ZK3801、ZK2601、ZK3003等钻孔中石榴子石样品的Sm-Nd同位素年龄测定,获得较好的等时线年龄为 $308 \pm 5$  Ma,表明矽卡岩型铁矿石形成于早石炭世。

(3)塔里木成矿省:在充分吸收新疆潜力评价项目组研究成果的基础上,更新了矿产地数据库、全面搜集了成矿年代学资料,总结了区域成矿规律,完善了矿床成矿系列的厘定,探讨了构造演化历史与成矿谱系的内在联系,重点研究了彩霞山等典型矿床,认为彩霞山作为新疆最大的铅锌银矿床,最初可能是在古元古代后期(1984 Ma 前后)通过海底喷流沉积成矿作用形成,在加里东期(457 Ma)和海西期(324 Ma)先后遭受了区域变质、变形作用,初步梳理了成矿演化的历史过程。

(4)冈底斯-腾冲成矿省:通过对雄村铜金矿床的深入研究,总结了冈底斯成矿作用时空分布特征,验证了雅鲁藏布江新特提斯洋俯冲阶段成矿作用的存在性,认为该矿床属于俯冲阶段典型的岛弧型斑岩铜金矿,并指导找矿实现了新突破;指出了冈底斯-腾冲成矿省下一步的主要找矿方向为:①在拉则以西的冈底斯西段寻找斑岩-矽卡岩铜多金属矿;②在冈底斯南北两缘大型韧性剪切带或增生楔寻找岩金矿;③在冈底斯弧背断隆带寻找云英岩型W-Sn-Pb-Zn组合多金属矿。冈底斯北缘班-怒带南侧成矿作用主要发生于燕山晚期,矿床分布西密、东疏;冈底斯南部成矿作用主要发生于喜马拉雅期,矿床分布东密、西疏。矿化元素分带特征明显:冈底斯南缘以Cu-Au矿化为主,向北过渡为Cu-Mo矿化,至冈底斯弧背断隆带演变为Pb-Zn-Mo矿化;完善了矿床成矿系列并初步构筑了矿床成矿谱系;建立了冈底斯带喜马拉雅期与中酸性浅成岩建造有关的铜、钼、金、银矿床区域成矿模式(唐菊兴等,2010,2012),验证了矿床成矿系列“缺位找矿”指导思想的有效性和实用性。

(5)大兴安岭成矿省:在充分搜集各种资料的基础上,分析了大兴安岭成矿省的成矿地质条件,总结了矿产资源的类型与时空分布特征,编制了矿产地分布图,进一步划分了Ⅳ级成矿区带并总结了各自的成矿规律,厘定了矿床成矿系列和亚系列,完善了区域成矿模式,圈定出47个A级找矿远景区,强调了海拉尔、二连盆地新生代煤、油、盐与铀等不同类型矿床组合产出的重要性,为油盐兼探、煤铀兼探等地质找矿工作的部署提供了理论依据。

(6)扬子成矿省:进一步梳理了矿床类型、厘定了矿床成矿系列,分别对裂谷、地台盖层、坳陷区、火山喷发盆地、深断裂带、陆内隆起区、陆内坳陷区、隆坳过渡带、基底韧性剪切带、推覆构造等10大类构造环境下的成矿机制进行了分析,完善了区域成矿



模式。指出,该成矿省属于滨太平洋成矿域,但西部的上扬子成矿亚省与特提斯-喜马拉雅成矿域具有过渡和继承关系,东北部的下扬子成矿亚省则隔开了华北成矿省和华南成矿省,因此又受到华北、华南两个大的构造单元的影响而或多或少具有过渡色彩。此外,扬子成矿省对于古亚洲成矿域也有一定的“叠加”关系。成矿作用以沉积矿产和幔源岩浆成矿作用为特色,风化矿产、与花岗岩类有关的矿产和变质岩型矿产相对欠发育。成矿构造背景一方面以扬子陆块准地台盖层沉积环境密切相关,另一方面则与陆内拉张或大陆边缘裂谷带关系十分密切。对 17 个矿种的矿集区和找矿方向进行了初步的分析,强调了深部找矿和综合利用对于扬子成矿省的重要意义。

(7)华南成矿省:华南成矿省在我国 16 个成矿省中面积不是最大,但无论是矿产地分布的密度还是探明的资源储量都名列前茅的一个成矿“强”省。对其成矿规律的研究较为深入(陈毓川等,2012;王登红等,2010a,2014b),尤其是对中生代成矿作用的重要性众所周知,但对于其成矿构造背景的歧见也由来已久。在前人工作基础上,本次将华南成矿省进一步划分为 12 个Ⅲ级成矿区带,并重点对桂西北、湘南、赣南粤北等矿集区进行了较为深入的研究,系统总结了广西大厂式锡多金属矿床(梁婷等,2007,2008)、湖南柿竹园式的钨锡钼铋矿床、江西西华山式钨矿等重要矿床的成矿要素,建立了典型矿床成矿模式,并将“五层楼”成矿模式发展为“五层楼+地下室”模式,提出了“南钨北扩”和“东钨西扩”等认识(许建祥等,2008;王登红等,2010c,2012b),及时指导了区域成矿评价成矿预测和深部勘查工作,在赣南陶锡坑钨矿及盘古山 2000m 深钻、银坑矿田 3000m 深钻工作部署中发挥了积极作用。

## 4 矿床类型和矿产预测类型研究进展

本次在全面梳理铁、锰、铬、铜、铅、锌、铝、镍、钨、锡、钼、锑、金、银、锂、稀土、菱镁矿 17 个矿种(组)及硫、钾盐、磷、重晶石、硼和萤石 6 种化工矿产资料的基础上,首次界定了矿产预测类型的概念并厘定出了 388 个矿产预测类型,为各省级项目组圈定预测工作区提供了依据和“指南”(王登红等,2013b)。388 个矿产预测类型不但具有实用性和可操作性,其理论基础就是矿床成矿系列理论中的“矿床式”,因而将成矿系列理论与成矿预测的实践更紧密地结合起来了,可以和预测方法类型相衔接,

为本次全国性重要矿产资源潜力的量化评价奠定了基础。实际操作中,先由全国汇总组拿出单矿种各矿床类型的矿集区分布图,请各省级项目组提出省级单矿种预测工作重点及预测工作部署图,全国汇总组在汇总之后,通过多次研讨、修改、完善,最后形成全国层面的重要矿产预测类型划分方案,并编制各类型预测工作部署建议图(也称为“预测类型分布图”)。各省按照预测类型分布图再圈定最小预测工作区,并搜集各工作区的地质、矿产、地球物理、地球化学、遥感等各专业的资料,进而以典型矿床为核心确定成矿要素和预测要素,开展定量预测和潜力评价。对全国重要矿产的预测类型划分方案已有专著出版(陈毓川等,2010b),此处不赘述。

## 5 典型矿床研究进展

在室内系统搜集、整理典型矿床资料的基础上,建立了矿产地数据库和矿床卡片;同时,项目组成员在负责人陈毓川和王登红的带领下,对全国近 453 处矿产地进行了野外实地调查,采集了大量的样品,开展了相关的分析测试工作,丰富了矿床成矿模式的研究内容,编写了《典型矿床野外调查图册》和《典型矿床成矿模式表册》,可为成矿预测和矿床勘查提供范例。

成矿模式充分采用勘查单位熟悉的素材,尽量避免生涩难懂而与地质找矿勘查工作关系不那么直接的材料,并分门别类,因而具有很强的实用性和参考价值。比如,针对新疆阿舍勒铜矿,其描述性模式称为“阿舍勒式海相双峰式火山岩型块状硫化物铜锌矿”,名称体现了基本的地质信息;其成因模式称为“阿舍勒式海底热卤水池中火山喷气-沉积成因铜锌矿床”,体现了成矿环境和成因机制;其找矿模式称之为“阿舍勒式黄铁矿型铜矿勘查模型”,强调了富含黄铁矿的特点,因而电法可以作为有效的勘查手段。此外,“五层楼+地下室”模式的提出与推广,大竹园式铝土矿区域成矿模式的建立与应用,既是理论上的创新,对于老矿区的深部找矿和整装勘查区的部署也都发挥了积极作用(李沛刚等,2013,2014;Wang et al.,2012;王登红等,2013d,2013e)。

## 6 同位素年代学的方法创新与应用

在同位素成矿年代学方面取得了实验技术和测试方法方面的创新,包括闪锌矿样品的非流体包裹体 Rb-Sr 等时线测年技术和石墨、沥青及含辉钼矿岩石样品的全岩 Re-Os 等时线直接定年技术(李超

等,2010,2011,2012;陈郑辉等,2010;刘舒波等,2012),扩展了同位素测年的对象和应用领域;获得了400多个(组)新的同位素年龄数据,搜集了全国范围内与成岩成矿作用有关的15000多个同位素年龄数据,梳理出其中11886个成矿年龄和与成矿作用关系密切的成岩年龄数据汇编成册,既便于使用,对于成矿年代学的发展也具有现实意义(王登红等,2010b,2014a)。应用所获得的数据,在解释矿床成因、建立成矿模式、总结成矿规律等方面发挥了重要作用(梅玉萍等,2007;张家菁等,2008a,2008b;李华芹等,2008;王成辉等,2009,2012b;秦燕等,2010;王彦斌等,2010;韩娟等,2011;黄凡等,2011b;王永磊等,2012;赵芝等,2012,2013)。如,以同位素年龄标定的我国最古老铅锌矿的形成不晚于 $1984 \pm 320$  Ma,最早的金-钼矿形成于 $1780 \pm 28$  Ma(赵斌等,2009a),等等。

## 7 对与成矿规律有关重大科学问题的探讨

在上述对于17个单矿种(组)的成矿规律和以16个成矿省的综合研究基础上,对一些重大科学问题进行了探讨(王登红等,2008,2012b,2013a;陈毓川等,2012)。

(1)成矿区带与构造单元、预测单元不一致的问题:成矿区带“圈定”与“划分”是不同的,“矿集区”与“成矿区带”也是不同的,构造单元与成矿区带也是不同的。比如,华南成矿省的湘中-桂西北Ⅲ级成矿区带(Ⅲ-86),在地质上可作为扬子成矿省的东南缘,但矿产资源方面尤其是内生矿产资源却更多地体现了华南成矿省的特点。综合性成矿区带与单矿种的成矿区带也是不一致的。由于“中国成矿区带划分方案”是综合了所有矿产之时-空展布特征及受控因素而划分的,而对某些矿种而言,由于其成矿作用的特殊性,其成矿区带的划分可能不同于《中国成矿区带划分方案》(徐志刚等,2008)。例如,离子吸附型稀土矿和砂金矿,主要受控于第四纪地质-地貌及古气候,其成矿区带划分定会有异于《中国成矿区带划分方案》。但是,内生矿产乃由含矿流体沿断裂带向上、向两侧运移所致,而成矿区带边界多数情况下选择以断裂为界,致使一些矿种往往呈现“跨带”和“过渡”特征。矿集区的研究在潜力评价项目启动时发挥了重要作用,特别是抓住关键性地段进行了重点评价,以免“撒胡椒面”。但矿集区的圈定在很大程度上受制于工作程度,而不是成矿条件,具备成

矿条件的区域可以归属于某个矿种或综合性矿种的成矿区带,但没有大型、超大型以上的已知矿产地是不能称之为矿集区的。矿产地很多、矿化物化遥信息很多的地区可以暂时称之为“矿化集中区”。

(2)从矿床成矿系列的角度对华南成矿省中生代的成矿规律进行了深入研究:华南成矿省在中生代形成了5个成矿系列,其中武夷-云开成矿带自加里东以来是一条长期沟通地幔的热带,可能也是加里东时期扬子与华夏的碰撞带,对于区域成矿分带和构造演化起到了“中流砥柱”的作用(陈毓川等,2014)。

(3)以阿尔泰和觉罗塔格的对比为例(陈毓川等,2009),探讨了不同成矿省、成矿区带之间成矿规律的类似性问题,指出:无论空间范围大还是小,演化历史长还是短,一个成矿省的成矿体系包括应发育的各种成矿作用,涵盖各类矿床;如果存在某种成矿作用但尚未发现相应的矿产地,则属于发育不完善的成矿体系,即成矿系列存在“缺位”。这一思路可弥补传统“就矿找矿”思想之不足,可以据“全位与缺位”的理论预测与指导空间不同、但具相似性的成矿带的找矿,以发现新的矿床类型和矿产地(王登红等,2011)。

(4)对我国24种主要成矿系列类型所形成的大地构造背景进行了研究,探讨了大地构造相与成矿系列之间的关系,并从成矿体系的角度初步分析了成矿省与地球化学省、地球物理异常场、遥感异常场、重砂异常场之间的关系。

(5)初步探讨了华北陆块南北缘的对称性问题:华北陆块南北缘成矿的对称性主要表现在:矿种上,均产出铁、金和钼矿;时间上,成矿主要发生在太古宙和中生代(包括印支期和燕山期)。其成矿的对称性可能与其区域地质构造演化有关。

(6)成矿省的成因机制问题:一个矿床的形成有其成因机制,一个矿田的形成有其具体的成因机制,一个成矿省的形成也有其内在的成因机制。本次对华南成矿省的成因机制进行了综合分析,初步提出了“造原运动”、“造海运动”的概念,指出了造山运动、造原运动与造海运动的区别与联系,探讨了造原运动与造海运动构造体制的对立统一与转换关系,提出了对于华南成矿省成因的新认识,即:华南成矿省是环太平洋成矿域的一部分,是通过中生代的造原运动、在“燕华高原”背景下,主要由燕山期的多样化的成矿地质作用共同形成的,并且通过喜马拉雅期的造海运动而剥蚀出来的,在新生代,华南壳下幔

源岩浆-热作用持续而强烈、地壳活化而减薄、矿床因剥蚀而出露。需要指出的是,剥蚀作用对矿床本身的形成不是决定性的,但对于矿床的“被发现”却是至关重要的。这对于新生代成矿作用强烈的青藏高原,同样具有启发。

8 创新点概述

本次潜力评价项目中成矿规律的研究按照国家目标、科学目标和人才目标三大要求开展工作,在理论、方法、集成创新等方面取得了显著进展,并提出了一系列的新认识、新看法。

8.1 理论创新

在典型矿床建模方面,提出了“五层楼+地下室”等新模式,并论证了其普适性。该模式具有推广价值和实用价值;在区域成矿模式建模方面,以“大竹园式”为重点,提出了围绕梵净山古陆周边寻找大竹园式铝土矿的新认识,并发现了其中锂、钨具有综合利用价值,指出了新的找矿方向。在成矿区带划分方面,在 5 位院士、20 多位老老总及全国汇总组的共同努力下,分 3 个层次划分了成矿区带,并指导各省首次实现了全国Ⅳ级成矿区带划分的全覆盖,是一个历史性的突破。

在单矿种的区域成矿规律总结方面,提出了“南

钨北扩、东钨西扩”、“白钨矿趋势线”(图 5)新认识,提出了新的找矿方向。

首次提出“矿产预测类型”的概念,并分矿种提出了划分方案,有效地支撑了潜力评价工作。

在区域成矿规律研究方面,发现和探讨了板块两侧的成矿对称性规律,并以准噶尔板块南北侧、华北板块南北侧为例进行了剖析,对区域找矿的战略选区和工作部署具有现实和理论意义。

在区域成矿动力学研究方面,提出了华南中生代“三源成矿”的新认识,显著提升了对区域成矿规律的研究程度和认识深度。认为:华南(及邻区的扬子成矿省东南部)这一世界上独一无二的成矿省是由幔源、壳源(+幔渗)和壳幔混合的 3 个成矿源,在板块碰撞、古构造再活化和地幔物质调整三大机制(三要素)的制约下,于特定的构造环境,通过相互叠加或/和叠合成矿而形成的,所形成的五大成矿系列和诸多矿集区,具有区域分带性和时空耦合性,从而奠定了华南矿产资源分布的基本格架,为矿产资源潜力评价提供了科学依据。

8.2 方法创新

Re-Os 定年方法的创新:通过测试技术的创新,初步实现了含钼岩石的直接定年,可显著提高工作效率,拓展应用范围。以北京大庄科钼矿为例,辉钼

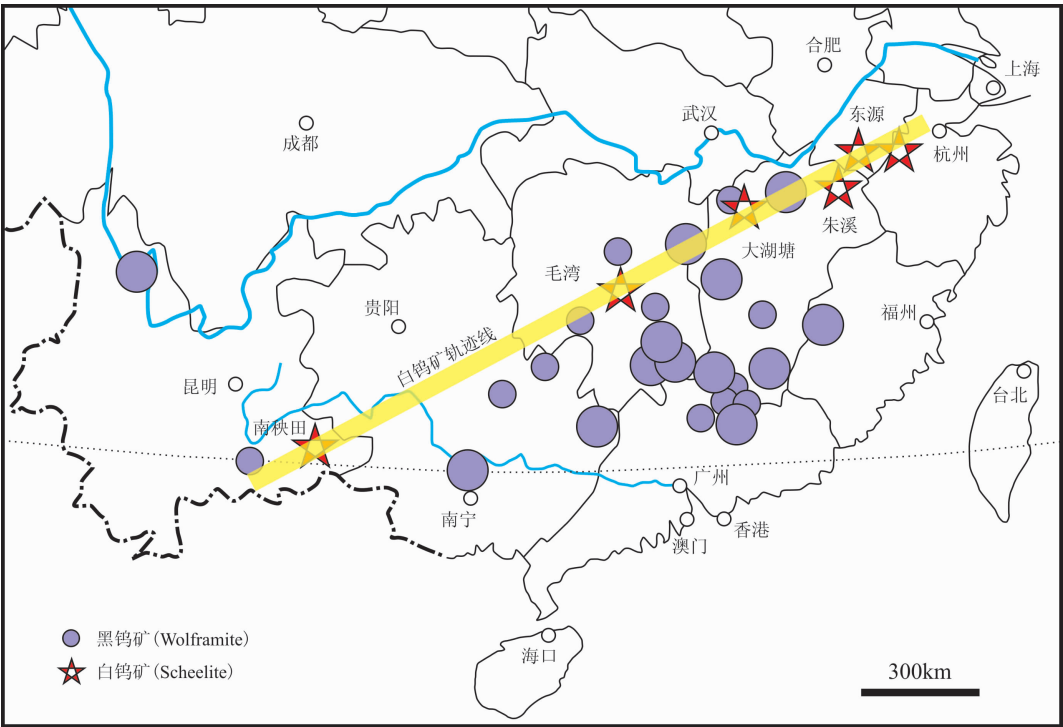


图 5 华南白钨矿分布趋势线

Fig. 5 Distribution trend of scheelite ore deposits in South China

矿的年龄为 136.8 Ma, 含钼岩石为 137.6 Ma。实现了沥青和石墨的直接定年, 获得云南金顶沥青的年龄为 63~60 Ma, 江西长寿源铅锌矿中石墨年龄为 424 Ma。

Rb-Sr 定年方法的创新: 通过大量实验证明 Rb、Sr 不但赋存在流体包裹体中, 也赋存在晶格中, 吸附物(如粘土)也可以含 Rb、Sr。以江西篁碧铅锌矿为例, 通过对这几种测试对象的反复试验, 获得的 Rb-Sr 等时线年龄完全一致( $133.1 \pm 2.3$  Ma)。这一方法的创新, 说明无论是流体包裹体, 还是金属矿物中含 Rb、Sr 的吸附物或是矿物本身, 只要是同时形成的, 就应该落在同一条等时线上。反之, 只要证明前述 3 种赋存状态同生, 即可择其一种来测定成矿年龄, 为解决“无流体包裹体”金属矿物的定年问题提供了新的技术支撑。

### 8.3 集成创新

方法集成。在成矿规律研究思路等方面开展了集成创新, 提出了成矿规律研究的 6w 方法(矿种、时代、空间、成因、谁研究、为谁而研究, 即因 what、when、where、why、who 和 whom 六个单词的首字母均为 w 而称为成矿规律研究 6w 法)。在全局性、层次性、技术性和流程性方面也都有创新点。

纵向资料集成。在各省、大区项目工作基础上, 进一步集成矿产地数据库, 使本次研究拥有更扎实基础资料, 站在更高的起点, 瞄准更远的目标, 显著地充实了矿床成矿系列研究的内容, 深化了对单矿种和区域成矿规律的认识。在 1999~2004 年间开展“中国成矿体系与区域成矿评价”研究时, 项目组搜集了各类矿种的 6091 处矿产地资料; 本次 17 个矿种(组)就涵盖了 30603 处矿产地, 信息量大大增加。

横向专业信息集成。尽量(尚未充分)使用地质背景、物探、化探、遥感、重砂等不同专业的最新研究成果, 使得区域成矿规律的研究拥有更丰富的内涵, 为充实成矿体系理论奠定了基础, 提高地质找矿的成功率(郭娜等, 2011; 李建康等, 2013)。同时, 矿产资源的分布趋势也可以为大地构造背景的研究提供依据, 如华南近年来发现了一批大型的白钨矿(从皖南的东源、赣北的朱溪、大湖塘, 一直到滇东南的南秧田)近似于线状展布(称为白钨矿趋势线, 图 5), 这种分布格局可能不是偶然的, 而与华南、扬子两个成矿省的分界带耦合。

### 8.4 新认识新观点

以往对于贵州、湖南等地的低温 Sb、Hg、Au 矿

床的研究比较深入, 提出了“低温成矿域”等概念。本次研究认为这些矿床不是单一时期形成的, 而是经历了从加里东、海西、印支期到燕山期甚至到喜马拉雅期的漫长过程, 可构成一个特殊的成矿谱系。

初步探讨了华南成矿省的形成机制, 认为前述白钨矿趋势线平行于华南与扬子两个成矿省的分界带, 东部与“钦杭结合带”重叠。成因上继承了古老基底钙质建造, 但定位于中生代扬子成矿省东南缘的构造再活化, 与太平洋板块在燕山期的活动有关。

通过系统梳理中国弧形-山字型构造(8 个)、旋卷构造(296 个)和帚状构造(53 个), 编制相关图件, 探讨大型变形构造与金等矿产资源空间分布的关系, 认为大型矿集区的形成与大型变形构造之间存在密切联系。

## 9 结语

总之, 历时 8 年全国性重要矿种和区域成矿规律研究, 在前人和以往成果的基础上, 以新要求、新技术、新思维、新目标、新起点来开展全局性的工作, 实现了成矿规律研究的理论创新、成矿规律编图的技术创新和理论指导预测、指导找矿的应用创新。具体包括:

(1) 首次提出了全国统一的重要矿产和区域成矿规律研究的技术要求, 包括成矿规律图编制的技术要求, 具有创新性, 其中单矿种图例的设计使得每个矿产地的成矿信息四要素(矿种、规模、时代和类型)在一个图例上得以同时、清晰地表达, 较以往编图技术有了大幅度改进;

(2) 全面搜集、梳理了铁、锰、铬、铜、铅、锌、铝、镍、钨、锡、钼、锑、金、银、锂、稀土、菱镁矿 17 个矿种(组)的资料, 首次厘定了 388 个矿产预测类型, 编制了各预测类型工作区(相当于预测目标区)分布图, 为各省级项目组圈定预测工作区提供了依据;

(3) 重新提出了对于全国尺度 I、II 和 III 级 3 个层次成矿区带的划分方案, 实现 4 个成矿域、17 个成矿省和 94 个成矿区带的国土面积的全覆盖, 并指导各省级项目组完成了 IV 级和 V 级成矿区带的厘定, 其中 IV 级区带首次实现了全国陆地面积的全覆盖, 为今后地质找矿工作的部署提供了充分依据, 并具有很强的实用性和可操作性;

(4) 分别对 17 个矿种(组)进行了深入的研究、总结, 编制了矿产地分布图、预测类型分布图和成矿规律图等系列图件; 首次全面提出了单矿种成矿区带的概念(如成铬带、成铜带)及其划分原则、依据和

方法,系统划分了单矿种成矿区带并编制了单矿种成矿区带分布图,总结了各区带成矿规律,提出了各矿种勘查工作部署的建议,对于全国性分矿种地质勘查工作的部署具有现实意义。

**致谢:**全国重要矿产和区域成矿规律研究工作是在国土资源部、中国地质调查局和中国地质科学院等各级主管部门领导下实施的,各级领导和各方面的大力支持是本项目组织实施得以成功的基本保证,涉及到的各方人士数百人,对于他们的领导、指导和协助,在此一并致谢!本次全国性成矿规律研究工作是在陈毓川院士亲自组织和领导下完成的,陈先生本人也自始至终参加了研究工作。值此陈先生 80 华诞,研究团队以本文及《地质学报》本专辑相关论文表达对陈先生的崇敬和感激之情,在祝愿陈先生健康长寿的同时,也将继续为中国矿床学的发展而努力奋斗!

参 考 文 献

陈毓川,刘德权,应立娟,王登红,唐延龄. 2009. 新疆觉罗塔格成矿带与南阿尔泰成矿带的对比研究. 矿床地质,28(1):1~14.

陈毓川,王登红,徐志刚,芮宗瑶,盛继福,徐珏,袁忠信,白鸽,李厚民,高兰,陈郑辉,李建康,张永生,叶会寿,李华芹,屈文俊,陈文,王彦斌. 2010a. 全国重要矿产和区域成矿规律研究技术要求. 北京:地质出版社,1~179.

陈毓川,王登红,李厚民,熊先孝,高兰,徐志刚,盛继福,徐珏,袁忠信,白鸽,朱明玉,芮宗瑶,叶会寿,刘喜方,张长青,陈郑辉,王成辉,王永磊,应立娟,张建. 2010b. 重要矿产预测类型划分方案. 北京:地质出版社,1~222.

陈毓川,王登红. 2012. 华南地区中生代岩浆成矿作用的四大问题. 大地构造与成矿学,36(3):315~321.

陈毓川,王登红,徐志刚,黄凡. 2014. 华南区成矿和中生代岩浆成矿规律概要. 大地构造与成矿学,38(2):219~229.

陈郑辉,李超,屈文俊,王登红,张家菁,杜安道. 2010. 石墨 Re-Os 同位素分析及其在成矿年代学中的初步运用. 岩石学报,26(11):3411~3427.

郭娜,郭科,胡敬仁,唐菊兴,陈建平,张廷斌,钟婉婷. 2011. 多元信息分析技术在西藏林周地区找矿中的应用. 成都理工大学学报:自然科学版,38(4):463~470.

韩娟,王彦斌,王登红,陈郑辉,王清利,侯可军. 江西黄蜂岭铀矿床花岗岩时代、成因:锆石 U-Pb 年龄和 Hf 同位素证据. 2011. 地质与勘探,47(2):284~293.

黄凡,陈毓川,王登红,袁忠信,陈郑辉. 2011a. 中国钼矿主要矿集区及其资源潜力探讨. 中国地质. 38(5):1111~1134.

黄凡,王登红,陈毓川,王成辉,唐菊兴,陈郑辉,王立强,刘善宝,李建康,李超,张长青,应立娟,王永磊,李立兴. 2013a. 中国钼矿中辉钼矿的稀土元素地球化学及其应用. 中国地质,40(1):286~300.

黄凡,王登红,陈毓川. 2013b. 中国东部中生代典型钼矿研究. 北京:地质出版社,1~272.

黄凡,王登红,陆三明,陈毓川,王波华,李超. 2011b. 安徽省金寨县沙坪沟钼辉钼矿 Re-Os 年龄——兼论东秦岭一大别山中生代钼成矿作用期次划分. 矿床地质,30(6):1039~1057.

李超,屈文俊,王登红,陈郑辉,杜安道. 2010. 富有机质地质样品 Re-Os 同位素体系研究进展. 岩石矿物学杂志,29(4):421~430.

李超,屈文俊,王登红,陈郑辉,杜安道,张长青. 2011. 沥青样品 铀-钼同位素分析溶解实验研究. 岩矿测试,30(6):688~694.

李超,屈文俊,王登红,周利敏,陈郑辉,杜安道. 2012. Os 同位素在花岗岩物质来源示踪中的初步研究:以湖南骑田岭岩体为例. 大地构造与成矿学,36(3):357~362.

李厚民,陈毓川,李立兴,王登红,冯京,许立权,任树祥,孙鹏慧,许东,胡起生,倪振平,黄草非,胡世华,侯占国,松权衡,李通国,武国忠,丁少辉,杜建国,周迎春,潘凤雏,罗志兴,邓盛波,杨生德,左全周. 2012a. 中国铁矿成矿规律. 北京:地质出版社,1~246.

李厚民,王登红,李立兴,陈靖,杨秀清,刘明军. 2012b. 中国铁矿成矿规律及重点矿集区资源潜力分析. 中国地质,39(3):559~579.

李华芹,王登红,梅玉萍,梁婷,陈振宇,郭春丽,应立娟. 2008. 广西大厂拉么锌铜多金属矿床成岩成矿作用年代学研究. 地质学报,82(7):912~919.

李建康,王登红,梁婷,许以明,张怡军,梁华英,卢焕章,赵斌,李建国,屈文俊,周四春,王汝成,韦龙明,林锦富. 2013. 南岭区域成矿与深部探测的研究进展及其对西藏钨锡找矿的指示. 地球学报,34(1):58~74.

李沛刚,赵芝,刘新星,顾文鳌,翁申富,雷志远. 2013. 贵州务正道铝土矿区域成矿规律及其对整装勘查的意义. 岩矿测试,32(5):832~839.

李沛刚,王登红,赵芝,雷志远,翁申富,杜芳应,叶德书,顾文鳌,高兰,熊星. 2014. 贵州大竹园铝土矿矿床地质、地球化学与成矿规律. 北京:科学出版社,1~218.

梁婷,王登红,屈文俊,蔡明海,韦可利,黄惠民,吴德成. 2007. 广西大厂锡多金属矿床方解石的 REE 地球化学特征. 岩石学报,23(10):2493~2495.

梁婷,王登红,蔡明海,陈振宇,郭春丽,黄惠民. 2008. 广西大厂锡多金属矿床 S、Pb 同位素组成对成矿物质来源的示踪. 地质学报,82(7):967~977.

刘舒波,李超,岑况,屈文俊. 2012. 含辉钼矿全岩样品 Re-Os 同位素定年研究:在北京大庄科钼矿床中的应用. 现代地质,26(4):254~260.

梅玉萍,李华芹,王登红,路远发,杨红梅,许建祥,张家菁. 2007. 江西岩背斑岩锡矿的成岩成矿时代及其地质意义. 地球学报,28(5):456~461.

秦燕,王登红,吴礼彬,王克友,梅玉萍. 2010. 安徽东源钨矿含矿斑岩中的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地质意义. 地质学报,84(4):479~484.

唐菊兴,王登红,汪雄武,钟康惠,应立娟,郑文宝,黎枫佶,郭娜,秦志鹏,姚晓峰,李磊,王友,唐晓倩. 2010. 西藏玛玛铜多金属矿床地质特征及其矿床模型. 地球学报,31(4):495~506.

唐菊兴,多吉,刘鸿飞,郎兴海,张金树,郑文宝,应立娟. 2012. 冈底斯成矿带东段矿床成矿系列及找矿突破的关键问题研究. 地球

- 学报, 33(4): 393~410.
- 王成辉, 松权衡, 王登红, 李立兴, 于城, 汪志刚, 屈文俊, 杜安道, 应立娟. 2009. 吉林大黑山超大型钼矿辉钼矿-钼同位素定年及其地质意义. 岩矿测试, 28(3): 269~273.
- 王成辉, 王登红, 黄凡, 徐珏, 陈郑辉, 应立娟, 刘善宝. 2012a. 中国金矿集区及其资源潜力探讨. 中国地质, 39(5): 1125~1142.
- 王成辉, 张长青, 王永磊, 邱小平, 龚朝阳. 2012b. 广东高要河台金矿同位素年代学研究. 大地构造与成矿学, 36(3): 427~433.
- 王登红, 应立娟, 王成辉, 陈郑辉, 许建祥, 曾载淋, 陈毓川, 徐珏, 白鸽. 2007. 中国贵金属矿床的基本成矿规律与找矿方向. 地学前缘, 14(5): 71~81.
- 王登红, 许建祥, 张家菁, 李水如, 许以明, 曾载淋, 陈郑辉. 2008. 华南深部找矿有关问题探讨. 地质学报, 82(7): 865~872.
- 王登红, 陈富文, 张永忠, 雷泽恒, 梁婷, 韦龙明, 陈郑辉, 刘善宝, 王成辉, 李华芹, 许以明, 曾载淋, 许建祥, 傅旭杰, 范森葵, 陈祥云, 贾宝华, 姚根华. 2010a. 南岭有色—贵金属成矿潜力及综合探测技术研究. 北京: 地质出版社, 1~472.
- 王登红, 陈郑辉, 陈毓川, 唐菊兴, 李建康, 应丽娟, 王成辉, 刘善宝, 李立兴, 秦燕, 李华芹, 屈文俊, 王彦彬, 陈文, 张彦. 2010b. 我国重要矿产地成岩成矿年代学研究新数据. 地质学报, 84(7): 1030~1040.
- 王登红, 唐菊兴, 应立娟, 陈郑辉, 许建祥, 张家菁, 李水如, 曾载淋. 2010c. “五层楼+地下室”找矿模型的适用性及其对深部找矿的意义. 吉林大学学报(地球科学版), 40(4): 733~738.
- 王登红, 陈毓川, 徐志刚, 陈郑辉, 沈保丰, 汤中立, 裴荣富. 2011. 成矿体系的研究进展及其在成矿预测中的应用. 地球学报, 32(4): 385~395.
- 王登红. 2011. 关于矿床学研究方法的一点看法——就“埃达克岩”与成矿的关系问题与张旗先生商榷. 矿床地质, 30(1): 171~175.
- 王登红, 陈振宇, 秦燕, 赵斌, 陈郑辉, 王成辉. 2012a. 中条山地区八一铜矿床中白钨矿的发现及其找矿意义. 岩矿测试, 31(3): 513~517.
- 王登红, 陈郑辉, 黄国成, 武国忠, 陈芳. 2012b. 华南“南钨北扩”、“东钨西扩”及其找矿方向探讨. 大地构造与成矿学, 36(3): 322~329.
- 王登红, 陈毓川, 王瑞江, 黄凡, 王永磊. 2013a. 对南岭与找矿有关问题的探讨. 矿床地质, 32(4): 854~863.
- 王登红, 陈毓川, 徐志刚, 盛继福, 朱明玉, 刘喜方, 张长青, 王成辉, 王永磊. 2013b. 矿产预测类型及其在矿产资源潜力评价中的运用. 吉林大学学报: 地球科学版, 43(4): 1092~1099.
- 王登红, 王瑞江, 李建康, 赵芝, 于扬, 代晶晶, 陈郑辉, 李德先, 屈文俊, 邓茂春, 付小芳, 孙艳, 郑国栋. 2013c. 中国三稀矿产资源战略调查研究进展综述. 中国地质, 40(2): 361~369.
- 王登红, 李沛刚, 屈文俊, 雷志远, 廖友常. 2013d. 贵州大竹园铝土矿中钨和锂的发现与综合评价. 中国科学: 地球科学, 43(1): 44~51.
- 王登红, 张长青, 王永磊, 王成辉, 梁婷, 杨启军, 李艳军, 蔡明海, 魏俊浩, 付伟, 王东明, 李华芹, 康先济, 常海亮. 2013e. 泛北部湾桂、琼铁铜锡铅锌金矿典型矿床研究. 北京: 地质出版社, 1~593.
- 王登红, 付小方. 2013f. 四川甲基卡外围锂矿找矿取得突破. 岩矿测试, 32(6): 987.
- 王登红, 李华芹, 屈文俊, 何哈哈, 秦燕, 刘新星, 黄凡, 王成辉, 李超, 陈郑辉, 李建康, 张长青, 王永磊, 梅玉萍, 应立娟, 李立兴, 赵芝, 赵正, 付勇, 孙涛, 侯可军. 2014a. 全国成岩成矿年代谱系. 北京: 地质出版社, 1~438.
- 王登红, 何哈哈, 黄凡, 王永磊. 2014b. 对华南小岩体找大矿问题的探讨. 地球科学与环境学报, 36(1): 10~18.
- 王彦斌, 王登红, 韩娟, 雷泽恒, 陈郑辉, 屈文俊, 许以明, 资柏忠, 王清利. 2010. 汝城高坳背钨-钼矿区花岗岩岩石 U-Pb 年龄、Hf 同位素及矿石辉钼矿 Re-Os 年龄. 地质论评, 56(6): 820~830.
- 王永磊, 陈毓川, 王登红, 徐珏, 陈郑辉. 2012. 湖南渣滓溪 W-Sb 矿床白钨矿 Sm-Nd 测年及其地质意义. 中国地质, 39(5): 1339~1344.
- 王永磊, 陈毓川, 王登红, 徐珏, 陈郑辉, 梁婷. 2013. 中国锑矿主要矿集区及其资源潜力探讨. 中国地质, 40(5): 1366~1378.
- 许建祥, 曾载淋, 王登红, 陈郑辉, 刘善宝, 王成辉, 应立娟. 2008. 赣南钨矿新类型及“五层楼+地下室”找矿模型. 地质学报, 82(7): 880~887.
- 徐志刚, 陈毓川, 王登红, 陈郑辉, 李厚民. 2008. 中国成矿区带划分方案. 北京: 地质出版社, 1~138.
- 袁忠信, 李建康, 王登红, 郑国栋, 娄德波, 陈郑辉, 赵芝, 于扬. 2012. 中国稀土矿床成矿规律. 北京: 地质出版社, 1~116.
- 张家菁, 陈郑辉, 王登红, 陈振宇, 刘善宝, 王成辉. 2008a. 福建行洛坑大型钨矿的地质特征、成矿时代及其找矿意义. 大地构造与成矿学, 32(1): 92~97.
- 张家菁, 梅玉萍, 王登红, 李华芹. 2008b. 赣北香炉山白钨矿床的同位素年代学研究及其地质意义. 地质学报, 82(7): 927~931.
- 张建, 王登红, 付平. 2009. 中国铬矿资源形势及其找矿方向. 西北地质, 42(3): 69~76.
- 张长青, 叶天竺, 吴越, 王成辉, 吉海, 李莉, 张婷婷. 2012. Si/Ca 界面对铅锌矿床定位的控制作用及其找矿意义. 矿床地质, 31(3): 405~416.
- 张长青, 芮宗瑶, 陈毓川, 王登红, 陈郑辉, 娄德波. 2013. 中国铅锌矿资源潜力和主要战略接续区. 中国地质, 40(1): 248~269.
- 赵斌, 陈毓川, 王双猗, 刘仁亮. 2009a. 三岔沟金矿区钼矿成矿时代及中条山区找矿方向的研究. 矿床地质, 28(4): 462~472.
- 赵斌, 王登红, 陈振宇, 陈毓川. 2009b. 山西中条山洞沟铜矿地质特征及找矿前景分析. 矿床地质, 28(4): 462~472.
- 赵芝, 陈郑辉, 王成辉, 杨武平. 2012. 闽东大湾钼铍矿的辉钼矿 Re-Os 同位素年龄—兼论福建省钼矿时空分布及构造背景. 大地构造与成矿学, 36(3): 399~405.
- 赵芝, 王登红, 李沛刚, 雷志远. 2013. 黔北大竹园组碎屑锆石年代学及成矿指示意义. 岩矿测试, 32(1): 166~173.
- 朱明玉, 王成辉, 王登红, 李立兴, 张建, 王国瑞, 周详. 2013. 中国铬矿主要矿集区及其资源潜力探讨. 中国地质, 40(4): 995~1006.
- Huang F, Wang D H, M Santosh, Wang C H, Zeng Z L, Liu S B, Wang L Q, Zhang Y Z. 2014. Genesis of the Yuanlingzhai porphyry molybdenum deposit, Jiangxi province, South China: constraints from petrochemistry and geochronology. Journal of Asian Earth Sciences, 79: 759~776.
- Sun Tao, Qian Zhuangzhi, Li Chusi, Xia Mingzhe, Yang Suhong.

2013. Petrogenesis and economic potential of the Erhongwa Mafic-ultramafic intrusion in the Central Asian Orogenic Belt, NW China: constraints from olivine chemistry, U-Pb age and Hf isotopes of zircons and whole-rock Sr-Nd-Pb isotopes. *Lithos*, 182~183; 185~199.

Wang Denghong, Ying Lijuan, Wang Chenghui, Chen Zhenghui, Xu Jianxiang, Zeng Zailin, Chen Yuchuan, Xu Jue, Bai Ge.

2007. Basic patterns of metallogenesis of precious metal deposits in China and vectors for prospecting. *Earth Science Frontiers*, 14(5): 71~81.

Wang D H, Li P G, Qu W J, Yin L J, Zhao Z, Lei Z Y. 2012. Discovery and preliminary study of the high tungsten and lithium contents in the Dazhuyuan bauxite deposit, Guizhou, China. *Science China (Earth Sciences)*, 55(1): 1~8.

**Progress on the Study of Regularity of Major Mineral Resources and Regional Metallogenic Regularity in China: A Review**

WANG Denghong<sup>1)</sup>, XU Zhigang<sup>1)</sup>, SHEN Jifu<sup>1)</sup>, ZHU Mingyu<sup>2)</sup>, XU Jue<sup>1)</sup>, YUAN Zhongxin<sup>1)</sup>,  
BAI Ge<sup>1)</sup>, QU Wenjun<sup>3)</sup>, LI Huaqin<sup>4)</sup>, CHEN Zhenhui<sup>1)</sup>, WANG Chenhui<sup>1)</sup>, HUANG Fan<sup>1)</sup>,  
ZHANG Changqin<sup>1)</sup>, WANG Yonglei<sup>1)</sup>, YING Lijuan<sup>1)</sup>, LI Houmin<sup>1)</sup>, GAO Lan<sup>1)</sup>,  
SUN Tao<sup>1)</sup>, FU Yong<sup>1)</sup>, LI Jiankang<sup>1)</sup>, WU Guang<sup>1)</sup>, TANG Juxing<sup>1)</sup>,  
FENG Chengyou<sup>2)</sup>, ZHAO Zhen<sup>1)</sup>, ZHANG Daquan<sup>5)</sup>

1) *Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing, 100037;* 2) *Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037;*  
3) *National Research Center for Geoanalysis, Beijing, 100037;*  
4) *Wuhan Center of Chinese Survey of Geology, Wuhan, 430205;* 5) *Chinese Survey of Geology, Beijing, 100037*

**Abstract**

To carry out a national important mineral resource potential evaluation is an important part of national conditions survey, and to carry out the study on important minerals and regional metallogenic regularity is also a basic work for potential evaluation of mineral resources. Since 2006 to 2013 in eight years, through field investigation of more than 400 typical deposits, by organization a series studies on mechanism of typical deposits and metallogenic regularity of regional mineralization belts, by preparation of the technical requirements of metallogenic regularity study, by technical training for the local geologists around the whole country, by guiding the research projects under taken by the local centers of Chinese Survey of Geology and provincial branches of geological survey, the research group of this paper completed a lot of work such as the acceptance, summary and synthesis of the research results on typical deposits and metallogenic regularity finished by the work groups of large district and provincial units. Based on the above work, the authors compiled a series of national regularity maps of single minerals (group) mineralization, established a corresponding database, put forward a series of new knowledge, new technologies and new methods, including isotopic dating methods and metallogenic regularity map compilation methods, laid a solid theoretical foundation for the mineral resource potential assessment, effective guided the geological prospecting work, trained personnel, and achieved economic, social and scientific effectiveness significantly, enhance the research level of Economic Geology nationally.

**Key words:** regularity of major mineral resources; regional metallogenic regularity; potential evaluation; metallogenic prediction; study progress