

文章编号: 1001-8166(2006)04-0436-04

对澳大利亚金属矿产研究、勘探开发 现状和特色的讨论与思考^{*}

周少平

(中国科学院资源环境科学与技术局, 北京 100864)

摘 要: 在概述我国金属矿产资源研究、勘探开发所面临新的形势、任务和挑战的基础上, 介绍了澳大利亚从事金属矿产研究、勘探开发的主要机构, 介绍了澳大利亚与金属矿产资源研究、勘探开发有关的重大研究计划、研究中心、找矿新技术方法, 总结了澳大利亚金属矿产资源研究、勘探开发的现状、特色以及对我国矿产资源工作的启示意义。

关 键 词: 金属矿产; 研究、勘探与开发; 澳大利亚

中图分类号: P61

文献标识码: A

新中国建立之后的半个多世纪以来, 在我国东北、华北、华南、华中、西南以及西北地区, 根据民采点分布、历史采矿遗迹、群众报矿、露头或典型矿化找矿等线索开始, 经过勘查工作, 发现了大量可以宏观评价的矿床, 为我国国民经济的发展发挥了重要作用。我国的地质工作者对发现和探明的矿床进行深入的物质成分、结构构造、矿床成因等多方面的工作, 面向国家需求, 承担重大任务, 起到了骨干和引领作用。时至今日, 我们所面临的形势发生了巨大变化, 表象明显的矿床和浅就位矿床越来越少, 资源探寻难度愈来愈大, 越来越多的危机矿山陆续出现了, 而地质找矿工作的任务也越来越艰巨。

我国在过去五六十年里的矿业发展历程与某些西方矿业大国, 如澳大利亚, 自19世纪下半叶以来所走过的路程颇为相似。当今世界已经步入信息时代, 各方面形势发生了巨大变化, 信息技术突飞猛进并与矿产勘查紧密结合, 先进的分析测试设备和找矿勘查手段出现了。但是我们面临的矿产勘查问题却和某些矿业大国十分相似。在这种情况下, 我们要重新审视和思考我们的工作定位。除了在已经发现的矿床基础上, 在深部和外围拓展资源潜力, 继续摸清家底的工作。同时, 借鉴主要矿业大国的经验和

做法, 汲取他们最新的矿床勘查思路、技术方法, 也是十分重要的工作, 这就是本文写作的初衷和目的。

1 澳大利亚从事金属矿产研究、勘探和开发的主要机构

澳大利亚从事金属矿产研究、勘探和开发的主要机构包括: 澳大利亚联邦科学和工业研究组织(简称科工组织)、勘探与采矿研究所、政府地质矿产勘探局、大学以及矿业公司等。

科工组织勘探与采矿研究所, 科工组织勘探与采矿研究所在新南威尔士、昆士兰、西澳设3个分部, 分别位于悉尼、布里斯班、佩斯。

政府地质矿产勘探局, 包括澳大利亚地学中心、新南威尔士州地质矿产局、南澳工业与资源局、昆士兰现代勘查技术中心等。

大学主要有: 墨尔本大学、塔斯玛尼亚大学、詹姆斯库克大学、麦考理大学等。

矿业公司, 矿业公司既有资金、技术、人力雄厚的澳境内、境外公司, 也有众多中、小型甚至个人创办的公司。比较著名的公司有: 帕斯明科(Pasminco)、里奥—廷托(Rio Tinto)、必和必拓(BHP Billiton)、纽蒙特(Newmont)、WMC矿产(WMC Re-

^{*} 收稿日期: 2006-01-18; 修回日期: 2006-02-22。

作者简介: 周少平(1965-), 男, 甘肃白银人, 副研究员, 主要从事固体地球科学领域的科研管理工作。E-mail: spzhou@cashq.ac.cn

sources)、芒特艾萨矿业公司(MIM)、加拿大黄金公司(Placer Dome)等。

矿业公司中,必和必拓公司是世界上最大的矿业公司,成立于1885年,2001年BHP与英国公司比利登(Billiton)合并,组成BHP Billiton矿业集团,合并后该集团成为全球第二大矿业集团。WMC矿产是澳大利亚的铜生产商和全球第五大镍生产商,WMC矿产拥有奥林匹克坝铜铀金矿,排位在全球铜矿第八和铀矿第三。帕斯明科,即太平洋金属矿业公司,是澳大利亚锌业巨头和主要的贱金属生产者,是我国锌压铸合金的主要供应者。芒特艾萨矿业公司拥有芒特艾萨铜矿,同时经营黄金、锌、铅和煤炭等。其他还有世界头号金矿纽蒙特(Newmont)公司、诺兰达公司(Noranda)公司、英美公司(Anglo American)、布罗肯希尔联合公司(Broken Hill)等。

矿业公司在澳大利亚十分活跃,矿业公司对于探矿强烈的兴趣和追求以及不竭的资金注入是矿业发展的原动力。它们曾经为澳大利亚矿业的发展作出了十分巨大的贡献,至今成为澳大利亚矿业发展不可缺少和积极推动的重要因素。

科工组织为全国性综合研究机构,是澳大利亚最大的科研机构,也是世界上最大和最综合的研究机构之一。它始建于1926年,分设研究、工业、教育、咨询等部门,目前研究部门的科研、技术、支撑人员约6500人。科工组织从事研究和开发的领域十分广泛,主要包括矿物与能源、农业、制造、交通、建筑、健康、环境等。科工组织下设5个研究部,它们是:矿物能源部、环境与自然资源部、农业综合部、信息技术与基础设施和服务部、制造业部。矿物能源部是其中的主干部之一,它涉及的研究领域包括:矿物、能源探查与矿业、矿业加工与金属产品、石油。科工组织下属研究单元共21个,遍布全澳,在澳大利亚主要城市都分布有其实验室或者研究所。

科工组织勘探和采矿研究所在新南威尔士州的分部以研究活动为主,承担找矿技术攻关,包括高光谱科学技术在填图中的应用、岩芯编录、电磁法模拟、反演以及铅同位素在勘探中的应用等。昆士兰的分部承担科学和工程技术在矿物探查、矿物开采、矿物处理等领域的成果转化和推广应用工作。西澳的分部包括了勘探和采矿,也从事部分基础研究。

科工组织、大学与工业界联系密切,这种密切关系形成其鲜明特色,因此研究工作导向受工业和社会需求的制约明显。研究成果在经过组合、包装之后,在科工组织内外走向市场化。

以科工组织勘探与采矿研究所在布罗肯希尔铅锌银多金属矿的研究为例,他们首先要关注矿业公司最为迫切和优先的要求和期望,比如进一步勘探存在的技术障碍、资料和数据优先性分级、有关基础理论研究的差距何在、现有资料的覆盖面是否全面等。在了解这些需求之后,研究工作可以尽可能做到有的放矢,从而引起较为广泛的关注和兴趣,研究结果令人印象深刻。

2 与金属矿产研究、勘探开发有关的战略构想——重大研究计划和研究中心

(1)“玻璃地球”计划(Glass Earth Program)和旗舰计划(The National Flagships Program)。“玻璃地球”计划是一项地质勘探计划,发生在科工组织内部。其宗旨是使澳大利亚大陆地表以下1 km的深度以及发生于其中的地质过程,变为透明。“玻璃地球”计划作为一种勘探的理念,是澳大利亚百多年金属矿产勘查经历了巨大的成功和摸索、勘探愈来愈深化、各种资料密度愈来愈大、精度愈来愈高的形势下提出来的。也是基于过去20多年诸多因素,如各大地质块体的深度风化、块体隐伏、勘探成熟度增加等造成勘探成功率大幅下降的背景下提出的。

“玻璃地球”计划围绕3个主题,即:获取新资料的能力建设,新资料判识、综合和解译的能力建设,基于澳大利亚大陆的勘探模式的建立。项目主要包括:机载重力梯度研究,机载磁力梯度研究,航空、航天和地面矿物化学填图,地球化学勘探过程中的同位素示踪,使用新型切割介质的高级钻探技术,多重作用耦合的地质模型,基于网络的虚拟与假设的验证能力。

“玻璃地球”计划的预期成果是建立可验证的针对澳大利亚不同地质块体的4维地质模型,并验证这些模型与实际资料的近似程度,最终这些模型将被用于对潜在的成矿区带进行客观的预测。

旗舰计划是澳大利亚国家层面上的一项重大计划。它是在同政府、科技界、工业界和社会各界广泛协商、咨询的基础上提出的,其目标是综合、重组、凝练国家科技资源配置,解决对国家发展最为紧迫和至关重要的一系列问题。科工组织、各个大学、各州政府部门所属研究机构都积极参与,承担任务。

旗舰计划瞄准六大领域,包括:轻金属、海洋能源、水、人类健康、农业和食品。旗舰计划以项目形

式体现,并突出强调团队合作和创新意识。旗舰计划培育的技术是新型工业的核心和支柱,采矿是其中内容之一。旗舰计划总共投入的经费达几十亿澳元,在管理方式上,每个旗舰项目都设立专家委员会,对项目进行咨询和指导。旗舰计划已经启动了若干年,旗舰项目达到几十项。

旗舰计划的提出与我国的大型研究计划——“国家重点基础研究发展计划”(973)殊途同归。“973”计划旨在确保我国科技自身发展能力不断增强,面向新世纪全球科技迅猛发展的挑战。矿产类“973”项目的共同特点是,聚焦我国地球科学界矿床勘探科学研究前沿和重大科学问题,开展地质、地球物理、地球化学等多学科综合研究和学科交叉研究,提供探寻战略性紧缺矿产资源后备储量的理论依据和勘查方法。研究的出发点站在学科前沿,提出的科学问题有重大创新意义,研究成果为矿产资源探寻提供理论基础和指导,体现国家目标与科学目标的有机结合。

(2)联合研究中心(Corporative Research Center, CRC)和矿床综合研究中心。联合研究中心是由工业界与学术界联合形成的网络式团体。以 $\text{pm d}^* \text{CRC}$ (Predictive Mineral Discovery, CRC) 为例, $\text{pm d}^* \text{CRC}$ 联合研究中心旨在联合科工组织、有关大学、政府部门,聚焦在一些对矿床发现具有重要意义的研究上。通过对成矿过程以及成矿区 4 维地质演化的更广泛深入的了解,促进勘探实践向快速高效转变和成本—效益比提高转变。 $\text{pm d}^* \text{CRC}$ 联合研究中心诞生于澳大利亚过去十几年创下历史新高的矿业勘探费用,但对重要矿床的发现进展不大的背景之下。找矿勘探花费巨大,是由于许多资金用在了对那些近期不会被开采的靶区的寻找和验证上,而要实现勘探实践的根本转变,就必须识别更加优质的靶区,实现矿床定位的高效率和快速度。 $\text{pm d}^* \text{CRC}$ 联合研究中心就是为更有效进行靶区矿体定位提供知识储备,以期对勘探实践产生显著影响。

在大学中建立成矿方面的综合研究中心,为全球成矿对比与选区提供有力技术支撑,是澳大利亚的另一显著特色。

在全球有名的为数不多的几处成矿方面的综合研究中心中,澳大利亚高校占了 3 处,它们是:西澳大学的全球成矿研究中心,塔斯玛尼亚大学的矿床研究中心,詹姆斯科克大学的经济地质研究中心。这些研究中心多由政府(含地调所)、大型矿业公司和相关领域的同行专家组成研究理事会,与工业界

有着密切的联系。西澳大学创建于 1911 年,以办学质量和创业精神驰誉国际。全球成矿研究中心在著名的 D. I. Groves 教授领导下,多年来致力于全球构造与成矿对比和大型—超大型矿床的对比研究与寻找。为了更好地面向矿业界勘查实际,该中心 2005 年更名为勘查靶区研究中心。塔斯玛尼亚大学的矿床研究中心专长于火山岩块状硫化物矿床、沉积喷流贱金属矿床、斑岩铜矿和浅成低温金矿的研究,并在火山机构和熔融包裹体方面有优势。詹姆斯科克大学的经济地质研究中心则专长于流体成分和流体运移的特征与模型建立、铁氧化物铜金矿床、浅成低温金矿床和变质地体中的贱金属矿床,这些行之有效的做法无疑值得我们学习借鉴。

(3)应用高光谱遥感进行蚀变矿物填图,快速追索矿化靶区。围岩蚀变现象是重要的找矿标志,已被广泛应用,在一系列大型—超大型矿床的发现过程中起了重要作用。近矿围岩蚀变是成矿流体运移并与围岩发生水岩反应,成矿物质逐步富集成矿过程中留下的印迹。绝大多数内生矿床都伴有其围岩的交代蚀变现象,而且热液蚀变带范围大于矿体分布范围的数倍至数十倍。参照光谱特征标记图,可以较简便地解译遥感数据中常见的羟基蚀变矿物光谱特征。蚀变遥感异常是一种从遥感数据中量化提取的、用以表征有可能是蚀变岩石(包含蚀变强度与蚀变规模大小)的近矿找矿信息。因而蚀变遥感异常可作为独立参量参与综合地学方法区域成矿预测和资源潜力评价,并可用以直接指导找矿和成矿预测。

高光谱遥感,即成像光谱技术,最重要的特征和标志就是光谱和图像组合为一体。近 20 年来,高光谱遥感技术不断发展,从最初的地面波谱分析,到一系列航空遥感器的出现,再到新千年第一星的成功发射,从可见光到近红外再到热红外,澳大利亚、美国等国家始终处于领先地位。澳大利亚研制成功的 HYMAP 航空成像光谱仪,主要针对可见光—短波红外,共有 128 波段,信噪比达 $1\ 000\ 1$,与美国的 SEBASS 航空成像光谱仪(主要针对中红外和热红外)互为补充。应用高光谱反射和发射光谱开展矿区尺度、矿田尺度、航空和航天尺度的围岩蚀变、矿化、围岩矿物学和矿物化学填图,还可应用这些技术进行矿业活动诱发环境响应的遥感监测。通过详细的数据库和特征光谱图库,对岩芯进行系统扫描—蚀变矿物及其组合识别,从而达到蚀变矿物填图与矿化信息定量提取的目的。新的研究方向包括:关

于热液蚀变、围岩、矿物风化作用以及矿石—品位光谱预测的新的地质知识和更多的区域地质制图信息,监测矿业活动的环境效应;上述高新技术(硬件和软件)向矿业界的转移与商业化。整体趋势应是光谱空间分辨率的提高、光谱涵盖范围的扩大和波段的有效选择。

相信随着高光谱遥感卫星的成功运行,其经济、高效、广泛应用的时代即将到来。

3 澳大利亚金属矿产研究、勘探开发现状和特色

澳大利亚金属矿产勘探开发特色,从勘探方法上,有浓厚的多样性特色,强调多种方法的结合。优先运用的方法如重力、磁力、地震、地化、年代学、遥感、岩石物性、钻孔资料、风化层堆积物填图、区域地质评价。

勘探开发的重点是引导投资布局在能够产生显著影响的区域,为勘探公司提供具有公益性质的资料、数据和信息,并最大程度地利用现有的各种资源、技术和工艺,促进交流。

工作方法上,则是首先调研工业部门、政府和学术研究部门的想法和观点。关注工作区相邻块体与工作区之间的相似和相异之处、勘探状况,并客观评价存在新类型矿化的可能性。对目标工作区已有资料和数据进行分类梳理,从大量数据中判断其优势以及局限性,如数据之间的重叠性、不同时期获得的数据之间的一致性、可比性问题等。评价其覆盖范围、质量、精度。

比较普遍的现象是:以往勘探获得了大量的数据和图件,但它们各自独立,难以连接成整体;一些

数据内容具体,但缺少数据属性说明;矿业公司的资料和图件往往不够精细;矿业公司因为没有专门填图人员,因而往往有钻探图、矿点图,而缺乏详细的地质填图。大学的论文在地球化学数据方面有一定优势,但精确度存在问题。勘探公司往往不寄希望于此。各州的地矿部门所拥有的资料则有局限性,主要是受其所管辖地界的限制。总体而言,以往获得的数据量巨大,但缺乏进行深层次的综合分析以及地质解释,同时缺少更为详细的重力资料、地层钻孔资料、基岩深度图件资料,而这些正是工业部门所期望得到的。

4 结 语

由于表象明显的矿床和浅就位矿床越来越少,矿产资源探寻难度愈来愈大,地质找矿工作成为极具挑战性的工作。我们在21世纪面临的挑战就是要努力发现那些深埋地下的被各种岩石覆盖的目标。在找矿勘探和开发领域,采用新的先进的方法和技术,提高效率,提高目标命中率,努力降低费用和成本。为此,通过对澳大利亚从事金属矿产研究、勘探开发的主要机构、澳大利亚与金属矿产资源研究、勘探开发有关的重大研究计划、研究中心、找矿新技术方法的介绍,通过对澳大利亚金属矿产资源研究、勘探开发的现状、特色的总结,对比分析我国金属矿产资源研究、勘探开发面临的新形势、任务和挑战,供学界参考,同时,期望为我国政府各级部门制定相关政策,提供一点启示。

致谢 秦克章研究员提供部分资料,张志强研究员审阅全文并提出宝贵意见,谨致谢忱。

Review and Discussion on Basic and Applied Geological Research , Exploration and Development of Metallic Mineral Resources in Australia

ZHOU Shao-ping

(The Bureau of Science and Technology for Resources and Environment , CAS , Beijing 100864 , China)

Abstract : Metallic mineral geological research , exploration and development used to be , and is still maintaining strong and prosperous momentum in Australia , which is a rather ideal referenced example for China . This paper describes major institutions , strategic plans , research centers , new technologies related with Australia's metallic mineral resources . The author also proposes its significance and revelation to China's mineral resources facing new challenges of metal exploration on a thousand-meter scale at depth .

Key words : Metallic mineral resources ; Basic and applied geological research ; Exploration and development of minerals ; Australia .