

# 金属资源的紧缺与隐伏矿找矿的思考

王庆乙, 胡玉平

(北京矿产地质研究院, 北京 100012)

[摘要] 我国金属资源的紧缺, 不是资源的匮乏, 而是对隐伏矿找矿的不力。

就空间而论, 隐伏矿只是埋藏较深的矿床, 它不涉及地质成矿的新理论。需要解决的是深部找矿的能力, 要求找矿方法与技术有新的突破。

当前矿山开采的深度可达1km左右, 据此, 要求隐伏矿找矿的深度至少应该达到开采深度, 地质(物理)填图达到2~3km的深度, 是完全必要的。

地球物理在深部探测方面具有相对优势。但现有地面地球物理方法, 尚不能满足隐伏矿找矿的需要, 应加大科研力度, 依靠基础研究, 有望3~5年的时间, 能有系列的新方法与新技术的出现, 满足隐伏矿的有效勘查。

由于隐伏矿找矿失去了矿产的直接信息, 只能依靠深部探测的方法、技术, 得到间接信息。间接信息的欠定性, 会给找矿带来高风险性。为了降低高风险的巨大损失, 除应具备足够的有效信息量外, 还必须对信息表述的对象, 进行去粗取精、去伪存真的分析与研究。而基于不同知识背景的多学科, 对信息的综合研究, 能最大限度地使信息的欠定性转化为矿产的专属性, 从而发现隐伏矿床。

建立多学科互补、合作的找矿机制, 是找矿的必然要求, 也是矿产资源部门体制改革的重点。

[关键词] 金属资源 隐伏矿 深部探测 多学科互补与合作找矿

[中图分类号] P618.2 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2004)06-0075-05

## 1 金属资源现状

我国有色金属矿年产量已跃居世界首位。由于人口众多, 人均拥有量仍处后位(是比利时和我国台湾的1/17)。因此, 有色金属工业还需持续、高速的发展。即使进入后工业社会, 经济发展仍需大量金属资源为支撑(今日美国)。

我国金属资源的紧缺已经凸显。矿产资源的基礎储量经落实只有原先的三成。虽然进口资源已达1/3, 但资源的消耗还是过快, 近一半矿山的资源已趋于枯竭, 主力矿山资源也处于中、晚期。预期至2020年10种有色金属资源除钨矿外将全面进口, 至2030年仅铜、铅、锌资源缺口将高达亿吨级。

## 2 隐伏矿找矿

20世纪的后50年, 是我国金属资源大规模勘查的重要时期。前25年是发现多种矿床的全盛时期, 找矿的对象主要是出露矿与浅表矿。地质学是

直接找矿的当然主角, 发现了大量矿床。自50年代中期, 相继投入的磁法、自电与激电等地球物理方法。很快发现了一大批铁矿、夕卡岩铜矿、硫化矿床, 以及斑岩铜矿等浅表矿床。地球化学以其微观、直接的优势, 也发现了许多矿床, 尤其是难辨矿与盲矿, 以及随后的地球化学普查扫面。

后25年, 金属矿发现率有明显下降。甚至加大投入, 找矿效果也不明显。原因是, 找矿主体由原来的出露矿、浅表矿, 逐渐的转向隐伏矿了。至20世纪90年代中期, 全国主要矿带地球化学扫面的基本完成。标志隐伏矿找矿时代的到来。尽管地表找矿方法还能找到新矿, 甚至大矿, 但毕竟不会多了。

面对隐伏矿找矿, 原先找矿能力的优势在逐渐消失, 而适应隐伏矿找矿的实力尚未形成。这就是今天找矿不力的原因所在。当前, 我国每年找矿的新增储量, 远低于金属资源的年消耗量。这种入不敷出的局面, 警示我们: 解决隐伏矿的找矿课题, 已是刻不容缓!

就空间而论,隐伏矿只是埋藏较深的矿床。因此,它不涉及地质找矿的新理论,也不影响区域成矿的预测。需要解决的课题是在预测区的深部,采用哪些方法与技术,能把隐伏矿的矿床实实在在的找出来。

如果我们能在地下深部,一个全新、巨大的空间进行找矿,则必将有一系列隐伏的矿床与资源基地被发现。现阶段,缓解我国全面资源紧缺现状,取决于能否解决深部找矿的课题。

当前,我国金属矿山开采深度一般可达 500 ~ 600m,深的已达到 1000m 以上。据此,解决隐伏矿的找矿深度,达到最大开采深度,即直接找矿深度达到 1km,地质(物性)填图的深度达到 2 ~ 3km,是完全必要的。

由于洋壳成矿的几率大大低于陆壳。因此,新世纪找矿的注意力仍在陆壳。它将是出露区的深部与向覆盖区进军。

我国覆盖区约占国土面积的 1/2,覆盖区找矿也有很好的远景。特别在盆地边缘、山前地带,往往是深大断裂与不同地质单元的转换或衔接带,且覆盖并不很厚。

在出露矿、浅表矿找矿时期,由于找矿方法与技术的成熟,各学科只要遵照找矿规范行事,就能找到矿床。找矿犹为工业产品的“生产”。因此,找矿关注的重点是野外实物工作量与山地工程量。投入越大,找矿越多。

隐伏矿找矿最大的不同,是失去了直接信息。当浅部成矿环境与深部不同时,由此及彼,由表及里的推测都失去了前提。找矿往往是在缺乏矿产信息,甚至单凭一些设想或直觉开始的。隐伏矿找矿更像是一项科学研究。即对设想进行求证。显然,这是一项高风险、高投资的项目。据国外初步统计,发现一个隐伏的贱金属矿床的投资,比发现一个出露、浅表的贵金属矿床高达 10 倍以上。

为了避免高风险带来的巨大的损失,找矿投资的注意力,由原先的工作量、工程量转向找矿思路的科学性、投入方法与工作量的合理性、探测信息、资料的可靠性、多学科综合研究的实效性,以及布钻验证的目的性等,重大技术环节的把握与环节的转换。隐伏矿找矿将从个人找矿、单学科找矿,转向多学科互补、合作的整体找矿。

由于找矿的基础发生了重大变化。因此,隐伏矿找矿队伍的体制、机制、管理与人才需要等方面,必将发生重大的变革。

### 3 地球物理的深部作用

凡能发掘地下深部与矿产地质相关信息的方法与技术,都应列为重点研究。使之成为隐伏矿找矿的先决基础。

地球物理公认有深部探测能力的学科。它基于物理场的“超距”能力,可由场求得源的存在。在隐伏资源勘查过程中,地球物理应发挥全域勘查作用。即从空中(航天、航空)、地面、地下进行三维(立体)的勘查。

地球的构造与岩浆的演化,其动力来自地幔对流与物质转换。由于区域地球物理资料,能够反映莫霍面起伏、造山带与洋壳陆壳的转换带。因此,它是矿产资源预测的重要依据。

世界大型、超大型矿床位置,一般与地球物理查明的线形断裂构造相吻合。在重力布格线形异常交汇部或梯度带内。

地球磁场源于地幔中的环形电流。所以,地磁异常反映了地球构造与含矿断块的存在。

深大断裂或断块的边缘,往往是地球深部热源、流体源与金属源得以运行的通道。巨大的热源,伴随着巨大的震动,使岩浆中的各种元素,按其物理、化学性质与围岩发生强烈作用,经分异聚集形成有序的矿带。

深地震(COCOP)与大地电磁测深(MT)都在上地幔软流层中发现低速带(高导电带)。它们的存在与矿产资源密切相关。

区域地球物理资料与区域地质、矿产资料、区域地球化学资料,以及陆地卫星遥感资料,构成区域成矿预测的基础资料。

现有地面地球物理方法,一般找矿深度较浅(约 100 ~ 200m 左右)。加大找矿深度达到 1000m,还有相当的难度。随着深度增加,分辨能力还要进一步降低,场源能量消耗也随之加大。此外,还要克服我国金属矿赋存的条件与环境,对深部探测带来的困难。主要是:

1)我国是多山国家,山区占国土面积的 2/3。许多金属矿都分布在山区,山区地形起伏,对探测结果影响较大。在地形恶劣的多山、高山地区,重力法、地震法都很难获得可靠的资料。

2)我国许多的金属矿经历了过多的地质活动,地层陡立、构造复杂。与地球物理方法原理的前提(均匀大地与层状大地)相去甚远,因此找矿效果大为降低。

3)起伏地形与复杂构造,将导致浅部电性的不均匀,对深部的探测带来严重的干扰,我国从加拿大、美国等国引进的主动源音频大地电磁测深(CSAMT)被动源音频大地电磁测深AMT(EH-4)等,在山区探测出现大量静位移干扰,严重地影响了找矿的效果。

4)随着工农业生产发展,电气化普及,人文设施干扰日益严重。

上述可知,针对国情,我国地面地球物理方法,必须同时解决:探测深度大(1~3km);分辨率高;能抗多种干扰(地形、静位移与工业电磁干扰等);以及强场源的轻便化。才能满足隐伏矿找矿的需要。

解决集多种功能于一身的地面地球物理方法,其难度是世界级的,国外并未解决。应依靠基础研究,独立自主的解决。我们长期从事金属矿的勘查,深感目前的地面地球物理方法,不能解决我国隐伏矿找矿。在总结存在问题的同时,长期以来也开展了艰难的基础研究。已经看到了综合解决上述难题,在理论上存在可能性;在技术上也可以得到实现。应加大科研力度,在科研、找矿队伍与仪器厂的通力协作下,有望用3~5年时间,可研制系列的新方法、新仪器设备,应用于隐伏矿找矿。

利用钻孔、坑道作为深部找矿的通道,地球物理是具有很大的优势。无论是勘查钻、验证钻,都应进行井中地球物理探测(含测井)。通过测井可得到地层与矿体的物理参数,它是地球物理资料解释的依据。当钻孔未能见矿,可通过井中地球物理发现钻孔外围、深部是否有矿存在;当钻孔见矿,则通过对矿体充电,可在几十到上百平方千米范围内了解矿体分布情况。

由于隐伏矿埋藏较深,深钻的成本将会大幅度提高,而钻探的命中率必然会降低。井中地球物理随着接近深部矿体,异常将越来越清晰。因此,井中地球物理将可以避免矿体近在咫尺,而与钻孔失之交臂带来的风险。国外金属矿井中地球物理十分活跃。加拿大应用井中瞬变电磁法,发现深部2430m的维克多隐伏矿床(矿石储量达460万t)。俄罗斯金属矿系统,很早就已立法,每钻必测,否则钻孔不予验收。从而形成很强的深部地质填图与深部找矿能力。我国石油、煤炭系统都有测井法规。唯有金属矿系统至今仍“逍遥法外”。

我国金属矿井中地球物理有很好的基础,取得过极好的找矿效果。现今,由于种种原因,不但未有发展,反而有很大的退步,甚至濒临消亡。面对隐伏

矿找矿,我们一方面深感缺乏深部找矿能力,而另一方面具有很强深部找矿能力的井中地球物理,虽然每年打孔数千,却得不到应有的应用。这是巨大的浪费与损失。再次呼吁中国地调局制定相应法规。

隐伏矿找矿仍应遵循逐步收缩的原则,严格遵照踏勘-普查-详查-精查的程序,显然有助发现矿床,但也带来投资大、效率低的弊端。找矿的最终目的是要发现矿床。可以利用运载工具帮助进行跨越式的找矿勘查。针对我国多山的国情,采用小型直升飞机,组装成航空地球物理综合系统,依靠激光测高与GPS导航,在预测区内沿地形超低空飞行,既可直接找矿也可进行地质填图。加拿大近4年多飞行,找到16处金属矿床。美国与巴西联合考察亚马逊地区,发现了180亿t铁矿(价值1000亿美元)。美国在海拔与高差与我国三江地区相似的落基山脉进行找矿,取得了很好的效果。澳大利亚在新南威尔士州利用航空系统进行了高精度立体地质填图,被誉为地质与地球物理填图的新时代。我国金属资源勘查部门,应该建立该系统,通过跨越式找矿勘查,加速缓解金属资源的现状。

#### 4 多学科互补、合作的找矿机制

地质学根据成矿理论与区域资料的对比,可对区域成矿的远景做出很好的预测。然而,人们至今尚不能进入地球内部,亲眼目睹物质成分、地质构造,研究成矿规律。所以地质学失去深部矿区的预测能力。

地球物理有深部探测能力,它获得的是地下物理场的信息。这些物理信息反映什么地质矿产内容,在大多数情况下靠其自身是难以回答的。

地球化学元素信息,它与地块的地球化学元素背景,各种矿床以及地壳演变等因素密切相关。因此,地球化学异常是原生还是后生,反映是深部矿床的上缘晕,还是与矿无关的尾晕,依靠地球化学自身也是难以解决的。

在隐伏矿找矿中,由于失去反映深部矿产的直接信息,取而代之的是获得一些间接的信息。有限的间接信息,具有严重的欠定性。即使只有“差之毫厘”的差错,也会造成“失之千里”的巨大损失。

虽然单学科在隐伏矿找矿中存在着很大的局限性,但是更应该看到它们之间存在着有良好的互补性。地质学需要地球化学、地球物理提供深部信息(在隐伏矿找矿中,应充分发挥地球化学、地球物理的超前勘查作用);地球物理需要地质学与地球化学的

帮助,将物理场信息转化为地质、矿产等信息;地球化学同样需要地质学帮助解决异常的成因,需要地球物理确定异常深部的定位。学科之间这种相互依赖、彼此互补的能力,将形成隐伏矿找矿的新实力。

耗散结构理论,是研究无序系统,通过系统的开放与环境的交互作用,能动地使系统从无序走向有序,形成耗散结构。从而解决复杂的难题。

各学科在隐伏矿找矿中,必须克服自身孤立、封闭状态。通过与环境(找矿实践与其他学科相处以及前人工作经验等),发生物质交换、能量交换,形成开放系统,从中不断地激发活力。

在找矿实践中,各学科要努力地获得高质量、过硬的野外考查资料,从中得到可靠信息,学习信息带来的知识。通过与其他学科进行信息、资料的交换,认识与思维的交流。信息在不同背景学科的交流中得到印证,在获得共识中得到取长补短。信息在流动中得以加工、提高与发展。从而产生新的信息。新信息又带来新知识,使找矿队伍内部具有高度的自组织性,导致找矿新思维不断涌现,并指导找矿。这样便形成找矿的实力。这种实力是多学科融入整体的实力,它具备各单学科不具备的新品质与新功能。这种强大的整体找矿实力,与那种“地质选区,物化探定位,钻探验证”的分工模式相比,显然是不可同日而语。

多学科互补、合作找矿形成的整体实力是隐伏矿找矿成功的保证。也是找矿队伍体制改革的中心任务。

要选举热爱找矿、热爱多学科、有现代管理知识与组织能力的专家,作为找矿队伍的领导十分重要。

从找矿的全局出发,不断地分析找矿中存在的问题,调整内部组织结构,使各学科、各部门结构与能力,适应找矿全局的需要。以此带动各学科、各部门的发展。

要创造各种条件和环境,使不同学科专家有交往与交谈的机会。组织多学科互补、合作的交流会。为野外探查资料的“会诊”会;找矿思路与找矿形势座谈会;工作布置讨论会;异常综合解释研究会等。

多学科联席会议,应成为找矿决策的最高咨询机构。

领导者要花较大精力,来消除学科间的隔阂,老大自居的习惯势力与不尊重其他学科等有碍于团结、合作的不良风气。要倡导责任心与不屈不挠的找矿意志。要求高质量的野外实践,它是成功找矿的基础,也是创新思维的前提。

## 5 谋求金属资源的全球化战略

国家经济、政治的独立,人民生活的幸福,在很大程度上取决于自然资源。作为大国,考虑到资源安全涉及国家的安全,应加速形成隐伏矿找矿实力,立足于国内找矿。

我国面临着工业化与知识经济的双重挑战,加上巨大的人口压力,金属工业必须在相当的历史时间里持续发展。由于金属资源从发现到矿山建成,需要较长时间,它落后于金属工业生产的速度。因此,谋求国外金属资源已是必然选择。鉴于全球金属资源地域分布的不均衡性,国外资源相对丰富的现实,在经济利益一体化的今天,通过互利互惠、确保安全的条件下,为我国谋求国外资源得以较好的实现。

从国际市场购置,逐步过渡到与资源国合作办矿,可节约大量资金。如果我们具备了隐伏矿找矿的实力,随着矿业全球化带来的国界开放,找矿选择地区的余地极大。应该走出国门,选择成矿条件好、得天独厚的国家与地区,开展成功找矿。这样,不仅解决我国金属工业持续发展所需的巨大资源量,而且还可以依靠矿权,获得更多的经济利益。这是解决我国金属资源的一条多快好省之路。

## 6 结语

1)我国金属资源的紧缺,不是资源的匮乏,而是对隐伏矿找矿的到来,缺乏应有的预见与相应的对策,导致当前找矿的不力。

隐伏矿找矿难度很大,国外也未能解决,如能及早解决,其意义巨大。在矿业全球化的今天,它涉及未来资源的归属。正如著名地质学家伍德(R Woodall)所预言,“未来的矿产资源,将归属于那些在覆盖区能快速、有效勘查的人们”。

2)由于人类尚无法亲眼目睹地下深部的物质成分与地质结构,因而失去了隐伏矿直接找矿能力,找矿难度很大。只能依靠与矿产相关的间接信息。即使如此,现在探测的深度也还是过浅,无法获得深部的间接信息。需要从 100 ~ 200m,加深至 1 ~ 3km。其难度很大。据统计,探测深度每翻番加深,大约需要 25 年的时间。

隐伏矿找矿的另一个难题是,间接信息只是客体的表述,而不是客体的本身。有限数量的间接信息,存在极大的欠定性。解决欠定性的难度极大,它给找矿带来高风险性。

3) 隐伏矿找矿,必先利其器。应发挥地球物理的全域(空中、地面、地下)勘查作用。当前,地面地球物理还不能在探测深度、高分辨能力、抗干扰(地形、静位移与电磁等干扰),以及装备轻便化等方面满足隐伏矿找矿的需要。应加大科研力度,依靠应用基础研究,在现在基础上,有望在3~5年时间里,将会有系列的新方法、新技术出现。

4) 克服间接信息的欠定性,将其转化为确定性,直到发现隐伏矿床。这个过程需要足够的信息量,尤其是不同学科的信息量。只有信息在不同背景学科的交流、互补、印证中,才能得到去粗取精、去伪存真,最大限度的克服欠定性,获得唯一性。多学科互补,合作的机制,是一条通向成功的找矿之路。

地质学家、地球物理学家、地球化学家以及勘探工程学家,从来没有像今天这样需要彼此依靠、互相

帮助。唯有这样才能应对隐伏矿找矿的挑战。

由于隐伏矿的找矿基础发生了重大变化。必将导致找矿体制相应的变革。建立多学科互补、合作机制,将是改革的重要任务。

5) 隐伏矿找矿呼喊人才。教育要培养热爱找矿、热爱野外与不怕艰苦,且有多学科综合素质的矿产勘查学家,而不是单学科、高学位的学院式的学者。

#### [参考文献]

- [1] 王庆乙,王敬尧. 论隐伏金属矿勘查的技术调整[J]. 地质与勘查,1997,2.
- [2] 王庆乙,姚治龙. 地球物理在中国金属矿资源勘查中的发展任务[J]. 地球物理学进展,1992,3.
- [3] R. Woodall. The Multidisciplinary Team Approach To Successful Mineral Exploration[J]. SEG conference, 1993, 93:129 ~ 131.

## THOUGHT ON THE SHORT SUPPLY OF METAL RESOURCES AND PROSPECTING CONCEALED ORES

WANG Qing - yi, HU Yu - ping

(Beijing Institute of Geology for Mineral Resource, Beijing 100012)

**Abstract:** Instead of resource pinch, the difficulty in prospecting metal ore deposits due to the lagging knowing has been the main reason for the short supply of metal resources in China. The concealed ores were imbedded in deeper space. Exploration of those ores is not involved with new theory. The problem to be solved is to improve the prospecting ability in deep, and to find new methods and technologies in prospecting. Currently, the depth of ore exploitation is about 1 km, so that the depth of prospecting concealed ores must at least meet this depth of exploitation, and it is absolutely necessary to reach 2 to 3 km in depth for geological (geophysical) mapping. Geophysics is predominant comparatively in the deep exploration, but couldn't meet with request of prospecting concealed ores. A series of new methods and new technologies would come forth in 3 to 5 years to satisfy efficient prospecting concealed ore. All progresses depend on the basic researches and enhancement investment. There is no direct information, only indirect information depended on the methods and technologies for prospecting concealed ores could explore in the deep. It could be venturesome to prospect on the indirect information. In order to reduce the risk, except for the enough information, the synthetically analyses and investigation on the information is required. The information must be abstracted and distinguished. Concealed ores could be found when the characteristic information comes from the uncertain information by synthetically research with multidisciplinary. It is necessary for prospecting to build the mechanism of cooperation and help each other of multidisciplinary. And so is keystone in reform of the mineral department.

**Key words:** metal resources, concealed ore, exploration in deep, cooperation and help each other of multidisciplinary in prospecting