

地质找矿

## 关于深部找矿问题的思考

陈喜峰

(中国冶金地质总局矿产资源研究院, 北京 100025)

**摘 要:** 深部矿已成为我国矿产勘查的主攻方向之一。研究表明, 我国矿山深部具较大的找矿潜力。在分析了深部矿床的定义、我国深部找矿的潜力、技术路线与关键、面临的挑战、成矿系统、第二富集带、综合基础地质研究等深部矿成矿理论的研究现状、新物探与新化探等深探测技术方法的研究现状的基础上, 提出了转变找矿思路、加强深部找矿成矿理论研究、研发新的勘查技术方法的建议。

**关键词:** 深部找矿; 找矿理论; 技术方法

**中图分类号:** P624/P621 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-4051 (2011) 06-0070-04

### Study on deep ore prospecting

CHEN Xi-feng

(Institute of Mineral Resources Research, China Metallurgical Geology Bureau, Beijing 100025, China)

**Abstract:** Deep ore has become one of the important object of mineral exploration in China. The research revealed that There are plenty of mineral resources in the depth of mine in China. Based on the analysis of the definition of deep ore, prospecting potential of the depth of mine in China, the technical route, challenges and the research situation of metallogenic theory of metallogenic system, the second enrichment belt and comprehensive geological studies and technology and method of geochemical and geophysical survey of deep ore prospecting, some suggestions such as the conversion of prospecting thinking, strengthen the research of metallogenic theory and research and development the new technology and method of exploration are proposed.

**Key words:** deep ore prospecting; metallogenic theory; technology and method

随着国民经济建设的快速持续发展和人民生活水平的提高, 我国一些主要大宗矿产资源供不应求、短缺的矛盾日益突出。现有主要金属矿产的大中型矿山中, 有近一半处于危机矿山状态。同时, 近几十年来, 随着矿业的迅猛发展, 易采矿、地表矿、浅部矿等基本开发利用殆尽, 因而急需发现接替资源, 以缓解资源供应紧缺的状况, 促进矿业可持续发展。探索新的矿产资源, 无非宇宙、地下深部、海洋3大空间, 相比较而言, 向地下深部找矿是比较现实和可行的。因此, 向地下深部找矿, 必将成为我国矿产勘查的主攻方向之一。开展深部矿的地质研究和勘查工作, 具有重要的经济、理论与实践意义。

#### 1 深部矿床的定义

矿床形成后, 因受后期的地壳升降、构造运

动、岩浆活动等因素的影响, 其产出深度会发生变化。因而, 深部矿床是指现阶段产在深部的矿床, 而不一定就是指在深部形成的矿床<sup>[1]</sup>。深部矿与浅部矿在产出深度、矿化特征、成矿特征与规律、勘查找矿技术方法与要求等方面具有明显不同(表1)。

目前, 由于世界各国的矿产资源情况、地质工作程度、矿业发展历程与水平、勘查技术水平、矿产市场形势等方面都各不相同, 对矿产勘查的深度也有不同的要求与理解, 因而, 对于划分深部矿和浅部矿的具体深度范围各不相同, 尚无定论。依据我国矿产勘查与开发利用的技术水平与要求, 固体矿产勘查一般对地表500m以下的资源只做远景控制、不做详细调查的勘查要求, 我国绝大多数现有金属矿山的探采深度为300~500m。因此, 笔者认为, 我国的深部矿床可认为是指距现今地表500m以下的矿床。

收稿日期: 2011-02-14

作者简介: 陈喜峰(1979-), 男, 博士, 从事矿床学研究。

表 1 深部矿与浅部矿特征对比表

项目	深部矿	浅部矿
产出深度	>500~1000m	<500~1000m
地质思维	经验式的、依赖于足够地质信息支持	推断式的，缺乏足够地质信息支持
矿化信息	相对弱，多为间接获得，可靠性低	相对强，直接获得多，可靠性高
成矿规律	较难获得，多为间接	较易获得，较直观
成矿理论	研究程度高，覆盖面广、系统	研究程度低，处于探索阶段
地质研究	埋藏深，难度大，地质信息少	埋藏浅，较易获得大量地质信息
勘查模型	经验实例型	预测推断型
找矿技术	地质、化探、物探、地质工程的单独应用或相结合应用	强调地质、化探、物探、遥感、地质工程的综合应用
探测要求	探测深度深，技术要求高	探测深度浅，技术要求相对低
探测信息	探测获得信息的准确性和可靠性低	探测获得信息的准确性可靠性相对高
风险费用	风险大，费用高	风险低，费用相对低

2 深部找矿潜力分析

根据成矿理论，成矿有利空间为地下 5~10km 的深度范围，这个深度范围正好是地壳内外动力的复合叠加场，也是多种成矿要素发生突变与耦合的转折带，有利于大量岩浆矿床、热液矿床的产出<sup>[1]</sup>。裴荣富等<sup>[2]</sup>对一些成矿区带的综合研究表明，一个大型热液成矿系统的垂直延伸，可达 4~5km 或更深。近年来，国外的深部找矿工作取得巨大进展，代表性的金属矿山有：印度采矿深度达 3200m 的太古宙绿岩型 Kolar 金矿、南非采矿深达 4000m 的金-铀砾岩型 Witwatersrand 金矿、俄罗斯在地下 10km 深度发现的赋存于变超基性岩中的 Cu-Ni 硫化物矿床和赋存于基性岩中的 Fe-Ti 矿化、单个矿体产出深度都大于 1km 的澳大利亚 Parks 斑岩铜矿床和 Rand 型 Au-U 砾岩型层控矿床等等。近年来，特别是自 2004 年国家危机矿山接替资源找矿计划实施以来，我国深部找矿取得了重大进展，代表性的金属矿山有：云南的会泽铅锌矿和个旧锡矿、广东凡口铅锌矿、广西南丹铜坑钨矿、安徽冬瓜山铜矿、江西相山铀矿、胶东招远金矿、西藏驱龙铜矿、辽宁弓长岭铁矿和红透山铜锌矿、河北迁安铁矿、山东玲珑金矿、湖北大冶铁矿等。以上国内外找矿实例说明，深部具备形成金属矿床的有利构造地质条件，成矿潜力大。最新的成矿理论研究和深部定位预测验证结果均表明，地下 500~1500m 深度见矿范例众多，例如在胶东，证实深部存在第二富集带，深度约 600~1200m，矿体在侧伏方向上具有等间距雁列分布的规律<sup>[3]</sup>。总体看，我国绝大多数矿山开采深度不超过 500m，只有少数矿山的开采深度达到了 1000m，表明我国矿山深部蕴藏着潜力巨大的矿产资源，特别是我国东部研究程度比较高的重要成矿带，深部找矿潜力大。

3 深部找矿的技术路线与关键

加强深部找矿在我国是近几年才提出来而受到重视的，因此，与其相关的地质研究、勘查方法、找矿技术路线等还处于探索研究阶段。代表性的研究成果为叶天竺等<sup>[4]</sup>提出的深部找矿基本技术路线，指出深部找矿的三要素：地质研究是基础，物探技术是主要技术支撑，钻掘工程是实现条件。通过地质研究工作建立明确的深部找矿思路，通过物探、化探推断深部矿体位置、施工钻掘工程，实现深部找矿突破。近几年，我国的危机矿山接替资源找矿和国外深部找矿的实践证明，这一基本技术路线是可行、有效的。此外，已有实践经验<sup>[5]</sup>证实，政府的强力支持、矿业企业的高强度投入、基于成矿理论建立的矿床模型的指导、新技术新方法的联合探测、综合信息的提取、大密度的工程施工，是深部找矿取得成功的关键。

4 深部找矿面临的挑战

由于深部矿具有不同于浅部矿的成矿条件、成矿规律、成矿模式、地质研究程度底等特点，对其矿化信息、矿床地质特征、成矿构造地质条件、成矿规律和成矿模式等信息的获得多是间接的，因此，深部勘查找矿对现有地质研究提出了新的挑战。现有的地质研究成果可谓覆盖面广、系统、全面而有效，但绝大多数只针对、适用于浅部矿，而不适用于深部找矿。例如：传统的适用于浅部的定性的线性推理地质思维，对深部复杂的非线性系统是不适用的；经验式的、依赖于足够地质信息的、适用于对已有事实解释的成矿模式、成矿规律，不适用于对深部未知矿床的预测，缺乏深部地质演化信息支持的现有地质构造演化理论，对深部成矿预测存在不确定性等等。因此，如何解决这些类似问题，是今后深部勘查找矿地质研究工作的主要任务。

深部矿埋藏较深、矿化信息弱,因而无论是地球物理还是地球化学的探测技术,随着探测深度的增大,地质背景就越复杂,探测获得的信息的准确性、可靠性就越低。因此,深部找矿对现有适用于浅部矿找矿的勘查技术方法,提出了更高的要求与挑战。以往的物探与化探技术,多存在探测深度浅、分辨率低、抗干扰差、存在多解性等问题。因此,必须对现有适用于浅部矿找矿的勘查技术方法进行改进、调整与升级,研究开发适用于深部矿找矿的勘查技术方法。

## 5 深部找矿成矿理论与技术方法研究现状

深部矿埋藏深、矿化信息弱、找矿难度大,因而研发适用于深部找矿的行之有效的成矿理论与技术方法是当务之急。

### 5.1 深部找矿成矿理论研究现状

目前,对深部找矿成矿理论的研究,主要表现在对以下方面:

1) 深部矿床定义的厘定:翟裕生等<sup>[1]</sup>通过对矿床的成矿深度、矿床形成后因后期地质构造作用其埋藏深度可能发生的各种变化情况、矿床产出深度等方面的综合分析,提出了深部矿床的定义。并根据我国矿产勘查与矿山开发技术水平与要求,指出我国的深部矿床多指埋藏距现今地表500m以下的矿床,这一定义符合我国矿产勘查与开发利用的实情。

2) 成矿系统研究现状:成矿系统是指在一定时空域中,由成矿要素、源-运-储成矿过程、成矿物及成矿后变化等诸因素构成的成矿整体。一个发育完整的成矿系统,具有一定的时-空边界,包括三维网络空间,常能包括多个矿种和多种矿床类型<sup>[6]</sup>。基于这一概念和近年来依据成矿系统理论所取得的研究成果,翟裕生等<sup>[1]</sup>从成矿系统发育的完整程度、成矿系统发育的深度、成矿系统网络的三维结构与矿床分带(图1)、深部矿床的示踪标志、矿体和矿化通道中的各类异常不是孤立的,而是密切关联的(图2)等方面,详细阐述与分析了成矿系统理论在深部找矿中的指导意义和如何利用成矿系统理论进行深部找矿。实践证明,成矿系统理论对深部成矿预测具有重要的指导作用,适用于深部找矿。

3) 第二富集带研究现状:第二富集带是一个新概念,前人的研究成果<sup>[1,7-11]</sup>直接或相近地对该概念进行了分析、研究和引用,并指出长江中下游矿集区、小秦岭金矿带、胶东金矿区的深部可能存在第二富集带。但迄今为止,对第二富集带

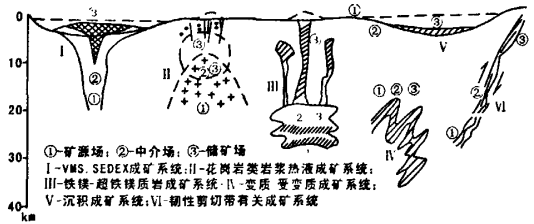


图1 主要成矿系统发育深度概图(据翟裕生等, 2004)

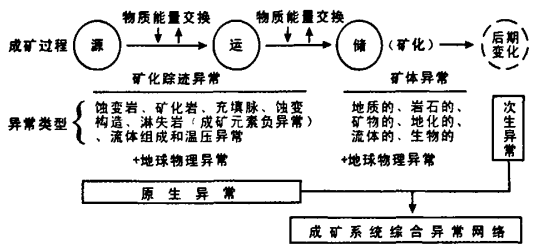


图2 成矿系统及综合异常网络图解(据翟裕生, 2004)

的定义尚无定论。曹新志等<sup>[5]</sup>认为,第二富集带是指在已知矿集区或矿区深部的新的矿化富集空间,其与上部矿化富集带,即第一矿化富集带之间由所谓的无矿(或贫矿)带所分隔。目前,一些地质学家提出了针对第二富集带的研究思路与技术方法,已发表了一些相关论文,但研究深度十分有限,对地下深部是否存在第二富集带、其定义与地质意义、与第一富集带的联系及异同点、识别标志、地质构造演化过程、成矿机制等还没有可靠的研究成果,有待于进一步深入研究。

4) 综合基础地质研究现状:深部找矿是探索性很强的实践问题,具有高度的综合性,具体矿区的深部找矿是战术性问题<sup>[4]</sup>,找矿难度大。实践证明,合理、有效、科学的综合地质研究,是深部找矿取得突破的前提。国内众多地质学家从不同角度,提出了针对深部找矿综合地质研究的认识,代表性的研究成果有:叶天竺等<sup>[4]</sup>强调深部找矿方法理论研究应突出三维空间信息的综合研究,以及成矿作用的垂向变化特征的研究,即深部找矿地质研究基础工作,应包括成矿地质作用研究、矿田构造研究和成矿作用标志研究等三个方面,并对这三方面展开了深入、详细的分析与研究。依据这些研究成果,叶天竺等在危机矿山接替资源找矿工作中取得了重大突破,例辽宁弓长岭铁矿、山东玲珑金矿、湖北大冶铁矿等;翟裕生等<sup>[1]</sup>强调深部找矿的关键,是要对区域和矿区的成矿规律开展深入研究,重点研究成矿环境、成矿系统和成矿演化,从而获得矿床就位于深部空间的原因

及其制约因素，再运用适当手段找到深部矿床；赵鹏大<sup>[12]</sup>则强调地壳深部结构的研究。综上所述，上述认识和成果极大地丰富和促进了深部找矿的综合地质研究的发展，并在深部找矿工作中发挥了积极的指导作用。

深部找矿的综合地质研究，具有复杂性、综合性、未知性和不确定性，浅部矿床的成矿地质背景、成矿特征、控矿因素、成矿规律和成矿模式等，并不一定适用于其下部的深部矿床，但浅部矿床与其下部的深部矿床之间可能存在某种因果关系。因此，针对不同成矿区带、具体矿区的深部找矿的综合地质研究应具体问题具体分析，可由已知研究未知、由表及里，最大程度地从最可靠、最准确、最直接的地质信息着手，逐步展开综合地质研究工作。此外，任何新成矿理论的研究，都是以野外实地对各种地质现象进行详细、认真细致的观察、记录、分析、编录等为基础的，即只有在掌握野外获得的详实可靠的第一手资料的基础上，才能研究出实用、科学、可行的适用于深部找矿的成矿理论。

## 5.2 深部找矿技术方法研究现状

深部矿无疑埋藏较深，因而与之相匹配、探测深度能够达到其埋藏深度的找矿技术方法，是实现找到深部矿的先决条件。传统的物探方法大多存在探测浅（小于300m）、功率小、笨重、抗干扰差等缺点；而传统的化探方法对矿化信息弱的深部矿而言，更是存在多解性、不确定性等问题。因此，为适应与满足深部找矿对找矿技术方法的要求，必须研发新物化探技术方法。近年来，国内外在这方面取得了一定进展。

### 1) 新物探技术方法研究现状

近年来，国内外在研制探测深度大、分辨率高、轻便、抗干扰强的物探新技术方法方面取得了一定进展。例如：①瞬变电磁法（TEM）：探测深度300~400m；②可控源音频大地电磁法（CSAMT）：探测深度可达1km，招金集团利用该方法在7个矿山中的6个找到深达800~1000m的深部矿体<sup>[5]</sup>；③井中物探：该方法包括井中磁测、井中瞬变电磁法、井中激发极化法和井中充电法等。其中，井中瞬变电磁法与深部钻孔组合应用效果更好，其探测深度可达2500~3000m，探测井周半径为200~300m。井中物探法在国内外的深部找矿中取得较好的找矿效果，例如加拿大萨德伯里铜镍矿区用深部钻孔加井中瞬变电磁测量组合方法，相继发现了埋深1280m的Linsley铜镍矿

床、埋深2400m Victor铜镍矿床、埋深1000~1500m的New McCreedy铜镍矿床等<sup>[5]</sup>。

总体看，可控源音频大地电磁法和井中物探法在我国深部找矿中得到推广应用，而且找矿效果较好。

### 2) 新化探技术方法研究现状

归纳起来，适用于深部找矿的、效果较好的新化探方法主要有：①活动态金属离子法（MMI）：这种方法主要分析Cu、Pb、Zn、Cd、Ni、Au、Ag、Pd等，探测深度可达700m<sup>[13]</sup>；②地电化学法（CHIM）：包括元素赋存形式法、热磁地球化学法、扩散提取法和部分金属提取法等方法。地电化学法的探测深度超过500m。总体看，活动态金属离子法和地电化学法在深部找矿中应用较广，找矿效果相对较好。

## 6 结语

深部矿产是指现阶段产在深部的矿产，是今后我国乃至世界范围内矿产勘查的主攻方向之一。研究表明，我国矿山深部有巨大的找矿潜力。因此，如何利用有效、可行、科学的成矿地质理论和勘查技术方法找到深部矿产，是迫切需要研究解决的问题，故提出以下建议：

1) 转变找矿思路：由于传统的找矿思路大多以可直接获得的可靠的矿化信息、有详细可信地质信息支撑的成矿地质背景、成矿构造地质条件、成矿规律和成矿模式等为基础和依据，对于找浅部矿而言，是可行和实用的，而对于矿化信息弱、各种地质信息不确定的深部矿而言就可能不适用，效果不好。因此，要调整 and 转变找矿思路，针对不同的成矿带、矿区，可以借鉴国外有效的找矿思路。

2) 加强深部找矿成矿理论研究：近年来，尽管我国在成矿系统理论、第二富集带、综合地质研究等成矿理论研究方面取得了一定的研究成果，但总体看，缺乏深入的研究，与国外某些国家相比相距甚远。因此，为适应深部找矿的需求与发展，应加强深部找矿成矿理论研究，学习和应用国外先进的、科学的深部找矿成矿地质理论。

3) 研发新的勘查技术方法：尽管现阶段我国在深部找矿中应用的勘查技术方法取得了一定的找矿效果，但总体看，它们的分辨率、抗干扰力、特别是探测深度还十分有限，无法满足深部找矿的需要。因此，应加强适用于深部找矿的新物探、化探勘查技术方法的研究。

风大巷的位移量急剧增加，逐渐表现出失稳的特征。因此，当 5218 工作面的终采线位置与回风大

巷的距离大于 50m 时，就可以保证三条大巷的稳定。

表 3 回风大巷的位移量统计表

巷道	推进长度/m	150	250	370	400	430	436	446	450
	与回风大巷距离/m	350	250	130	100	70	64	54	50
北轨巷道	顶板	水平位移/mm	0.36	0.75	1.96	2.06	8.53	18.56	38.68
		垂直位移/mm	0.074	0.13	0.19	0.13	0.99	2.14	3.18
	底板	水平位移/mm	0.35	0.70	1.82	1.95	8.00	17.81	30.2
		垂直位移/mm	0.056	0.12	0.16	0.18	0.61	1.05	2.23
	上帮水平位移/mm	0.36	0.75	1.97	2.09	8.77	19.16	32.23	51.05
	下帮水平位移/mm	0.34	0.67	1.80	1.88	7.42	16.30	27.56	43.32

巷道顶板垂直位移量和水平位移量逐渐增加，说明巷道的顶板的稳定性随着工作面的不断的推进而趋于不稳定；

当工作面推进到 430m（与辅运大巷距离 70m）以后，巷道的各项位移量开始急剧增加，巷道稳定性逐渐减弱，说明工作面前端的煤柱的承载能力逐渐降低；

当工作面推进到 450m（与辅运大巷距离 50m）时，巷道各项主要位移量发生突变，巷道失稳。

3 结论

通过对采区大巷两侧工作面回采影响的分析，可以得到以下结论：

1) 工作面在推进过程中，三条巷道的变形速度加快，使得巷道的位移量明显加大。

2) 巷道各项位移量主要以水平位移位置，且在工作面不断向前推进的过程中，巷道位移的矢量方向发生了大的逆转。

3) 综合考虑巷道围岩应力的变化以及三条大巷的位移变化情况，在工作面推进过程中，要及时对三条大巷进行二次支护。同时，5218 工作面的终采线位置与采区回风大巷之间的距离，应保持在 70~80m 左右。

参考文献

[1] 王磊, 谢广祥. 倾斜长壁仰斜与俯斜开采终采线的合理确

定 [J]. 煤炭科学技术, 2008, 36 (6): 36-38.  
[2] 查文华, 谢广祥, 华心祝, 等. 综放采场走向压力分布规律及终采线位置确定 [J]. 煤炭科学技术, 2007, 35 (4): 12-15.  
[3] 刘保宽, 吴吉南, 朱建明, 等. 安家岭二号井 B402 工作面终采线位置合理确定 [J]. 煤炭科学技术, 2008, 36 (12): 12-18.  
[4] 张向阳, 涂敏, 徐乃忠. 动压下底板大巷围岩应力分析及合理终采线研究 [J]. 采矿技术, 2006, 6 (3): 311-314.  
[5] 曹胜根, 刘长友, 韩强, 等. 综放面合理终采线位置的确定 [J]. 矿山压力与顶板管理, 1998 (4): 59-61.  
[6] 李洪武, 李晋平, 李海忠. 合理动态终采线位置的确定 [J]. 煤, 1994, 3 (2): 17-18.  
[7] 朱建明, 彭新坡, 姚仰平, 等. SMP 准则在计算煤柱极限强度中的应用 [J]. 岩土力学, 2010, 31 (7): 2987-2991.  
[8] 冯锦艳, 朱建明. 露天-井工联采边坡井工与边坡合理位置的数值模拟研究 [J]. 中国矿业, 2008, 17 (10): 86-89.

\*\*\*\*\*

(上接第 73 页)

参考文献

[1] 翟裕生, 邓军, 王建平. 深部找矿研究问题 [J]. 矿床地质, 2004, 23 (2): 142-149.  
[2] 裴荣富, 彭 聪, 熊群尧. 南岭金属成矿省深部构造过程与超巨量金属堆积 [A]. 裴荣富, 翟裕生, 张本仁, 主编. 深部构造作用与成矿 [C]. 北京: 地质出版社, 1999: 1-13.  
[3] 王殿华. 从地质找矿的三大突破看深部找矿 [J]. 中国地质教育, 2009 (3): 31-33.  
[4] 叶天竺, 薛建玲. 金属矿床深部找矿中的地质研究 [J]. 中国地质, 2007, 34 (5): 855-869.  
[5] 曹新志, 张旺生, 孙华山. 我国深部找矿研究进展综述 [J]. 地质科技情报, 2009, 28 (2) 104-109.  
[6] 翟裕生. 论成矿系统 [J]. 地学前缘, 1999, 6 (1): 13-27.

[7] 廉吉文. 强化开展地壳内部第二深度空间金属矿产资源地球物理找矿、勘探和开发 [J]. 地质通报, 2006, 25 (7): 767-771.  
[8] 廉吉文. 第二度空间金属矿产勘查与东北战略后备基地的建立和可持续发展 [J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2007, 37 (4): 633-651.  
[9] 吕古贤. 山东省玲珑金矿田成矿深度的研究与测算 [J]. 科学通报, 1995, 40 (15): 1399-1402.  
[10] 吕古贤, 武际春, 郑小武, 等. 山东省玲珑金矿田深部资源第二富集带的研究和预测 [J]. 矿床地质, 2006, 25 (增刊): 435-438.  
[11] 常印佛, 刘湘培, 吴昌昌. 长江中下游铜铁成矿带 [M]. 北京: 地质出版社, 1991: 1-379.  
[12] 赵鹏大. 成矿定量预测与深部找矿 [J]. 地学前缘, 2007, 14 (5): 142-149.  
[13] 戴自希, 王家枢. 矿产勘查百年 [M]. 北京: 地震出版社, 2004: 1-241.

## 关于深部找矿问题的思考

作者: [陈喜峰, CHEN Xi-feng](#)  
作者单位: [中国冶金地质总局矿产资源研究院, 北京, 100025](#)  
刊名: [中国矿业](#)   
英文刊名: [CHINA MINING MAGAZINE](#)  
年, 卷(期): 2011, 20 (6)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_zgky201106019.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zgky201106019.aspx)