

我国深部矿产勘查现状与钻探技术进步

张佳文¹, 张林霞²

(1. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2. 中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000)

摘要:探采深度不断加大是全球矿产勘查和开采态势的显著特征。介绍了国内外深部矿产勘查的发展现状及中外深部钻探技术的发展现状, 结合当前实施的找矿突破战略行动, 从加大对钻探技术和装备现代化的支持力度, 重视改进钻进工艺及应用低成本钻探技术, 研发和推广地学信息管理系统和高光谱岩心编录系统 3 方面, 提出了发展我国钻探技术和提升矿产勘查水平的若干建议。

关键词:深部找矿; 成矿理论; 矿产勘查; 钻探技术

中图分类号: P634 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2013)S1-0007-05

世界矿产的勘查和开采深度在不断加大。从勘查投资、新发现矿床等统计分析全球深部矿产勘查的现状与趋势表明: 探采深度不断加大是世界矿产勘查和开采态势的显著特征。已知矿区的深部找矿和未知矿区的隐伏矿找矿被广泛关注, 成矿理论对深部找矿的指导作用日益突出, 矿产勘查新技术特别是钻探技术的进步在深部找矿中起到了更多的作用, 现代电子和计算机信息技术的飞速发展对矿产勘查和钻探技术的影响意义深远。

1 国内外深部矿产勘查的发展现状

国外找矿的勘探和开采深度正在向更深的方向发展, 据不完全统计, 国外金属矿大型矿山的开采深度 > 1000 m 的有 80 多座。目前世界上开采最深的矿床是南非的 Western Deep Level 金矿, 现已开采到 4800 m; 加拿大的肖德贝里 (Sudbury) 铜镍矿床, 现已开采到 2000 m, 探测到的最深矿体位于地下 2430 m; 加拿大诺兰达 (Noranda) 矿田的米伦贝齐、科伯特、安西尔等矿床, 主矿体深度均在 700 ~ 1280 m; 澳大利亚奥林匹克坝铜-金-铀矿床, 在 1000 m 深处发现了隐伏的几乎直立的铜金铀矿体。

按照成矿理论和已有超深钻和个别超深开采的矿床资料, 认为“成矿有利空间”在地下 5 ~ 10 km 的深度范围内赋存了各类与岩浆-热液成因有关的矿床, 据此提出大型热液成矿作用的垂直延伸可达 4 ~ 5 km。俄罗斯科拉半岛的超深钻证实, 地下 10 km 的深处存在成矿流体。地壳内成矿地质作用的深度、随矿床类型的不同而成矿深度各异, 理论和实

验岩石学试验认为: 与超基性岩类有关的铬铁矿床在地壳中形成深度 > 20 ~ 30 km, 硫化铜镍矿床形成的最大深度达 10 km; 高温热液矿床侵位深度 7 ~ 8 km; 矽卡岩型矿床在 4 ~ 5 km; 火山岩型矿床侵位深度 < 2 km; 热卤水型成矿作用深度 < 2 km; 沉积成矿作用为地表水体; 韧性剪切带型矿床的成矿深度在 2(浅部带)—3 ~ 5(中浅部带)—5 ~ 10(中部带)—> 10 km(深部带), 依此认为成矿作用主要发生在浅部及中浅部, 一般不超过 3 ~ 5 km。

关于矿床成矿深度, 矿床学家研究后认为矿床视其成因延展深度差异很大。矿床类型不同, 形成的深度差异会很大, 内因及热液矿床可能延展到几千米以下, 随生产发展矿山开采深度也会日益增加。

20 世纪 90 年代世界固体矿产勘查在 80 年代的基础上, 地质人员运用新认识、新概念、新技术、新方法, 通过团队协作和艰苦努力, 在拉美、北美、西南太平洋岛弧、非洲、俄罗斯等地相继发现了 70 余个具有重要工业意义的大型、超大型矿床, 在原有基础上大幅度增储的矿床约占 25%。美国在卡林金矿带的找矿成果卓著, 自 1987 年执行深钻计划以来, 该矿带先后在矿区深部发现了一系列高品位的大型金矿床。

据此, 矿床学家认为, 世界固体矿产勘查的重点: 一是那些易于成大矿、成超大矿的类型, 应该作为我们今后矿产勘查的重点; 二是新区的发现说明全球仍有许多未认识的矿化集中区; 三是已知矿山在成矿区带内增储说明这些区带仍有较大的找矿潜力。

“全球 290 Ma 金矿找矿: 下一钻往哪打?” 澳大利亚珀斯金凤凰伙计咨询公司的 Greg Hall 在加拿大

收稿日期: 2013-06-30

作者简介: 张佳文 (1955-), 男 (汉族), 湖南湘潭人, 中国地质科学院矿产资源研究所党委书记、副所长、教授级高级工程师, 探矿工程、经济管理专业, 研究生, 从事管理和资源环境与勘查技术方面的研究工作, 北京市西城区百万庄大街 26 号, zhangjiawen1955@sina.com。

2012年PDAC会上做的“全球290 Ma金矿找矿:下一钻在哪儿打?”的学术报告,从地球动力学、成矿流体来源、成矿流体迁移路径和动力、成矿机制研究角度出发,结合澳大利亚的西拉克兰(West Lachlan)、伊尔冈(Yilgarn)、加拿大的阿比蒂比(Abitibi)、北美廷蒂纳造山带(Tintina Belt)、非洲比日米亚(Birimian)、阿拉伯努比亚地盾(Arabian Nubian Shield)、非洲维多利亚湖(Lake Victoria)和中国天山(Tianshan)主要构造背景下的Au矿床、Cu-Au矿床成因,给出了金矿成矿和钻探选址的有利位置。

这些位置在:克拉通边缘,克拉通内部断裂的交汇点,含碳、长石和碳酸盐的厚层沉积岩序列,大型背斜构造,分异的花岗岩上盘,大面积Au地球化学异常中心。

南非的兰德金铀矿是国外深部找矿的成功案例。南非维特瓦特斯兰德盆地是世界上最重要的金矿产地,约100年来,其黄金产量居世界各种类型金矿之首。南非重视找矿新方法的应用和研究。如:根据东兰德金矿田在含金砾岩层下部一定距离有一层磁性页岩的特点,首先通过磁法确定隐伏和半隐伏的磁性页岩层,然后通过钻探控制金矿床,达到找矿目的。目前,开采最深的矿床是卡勒顿维累(Carltonville)金矿田的Western Deep Level金矿,其开采深度现已达到4800 m。

中国现有金属矿山采矿深度多在300~500 m,仅个别矿山如安徽铜陵的冬瓜山铜矿开采深度为1100 m,吉林磐石市石嘴子铜矿的开采深度近千米,辽宁二道沟矿金矿开采深度为1052 m;辽宁抚顺的红透山铜矿为东北地区最大的铜矿山,矿山开采深度近1200 m,是国内开采深度最大的金属矿山。目前很多生产矿山设计深度近千米或千米以上,如鞍钢弓长岭铁矿设计深度标高为-750 m,地表深度达1000 m。由此认为我国深部矿产勘查系指地表下面500 m以深的矿床,考虑到采矿新技术的应用,深度可达2000 m。因此一般认为矿床深部勘查是指地表以下600~2500 m之间的矿床。

2 中外深部钻探技术的发展现状

中外深部钻探技术发展现状总体是:钻探深度随着钻探技术的发展在不断加深。1969年以来,国际上习惯于用旋转钻机(石油钻机)施工的6000 m深的井和用地质岩心钻机施工的2500 m深的钻孔,通称为超深井。过去地质岩心钻机孔深标准一般划分为:浅孔0~300 m,中浅孔300~600 m,中深孔600~1200

m,深孔1200~2500 m,大于2500 m为特深孔。新版《地质岩心钻探规程》对地质岩心钻机孔深标准做了新的划分:浅孔0~300 m,中深孔300~1000 m,深孔1000~3000 m,大于3000 m为特深孔。

国外石油钻探使用的设备主要是以转盘式石油钻机为主。1974年美国在俄克拉河马州钻成一口9583 m的超深井,创造了转盘式石油钻机施工超深井的历史记录。前苏联石油钻探超深井施工设备主要是15000 m钻机,用呈倒Y字形的井底钻具,连接涡轮钻施工,1982年在科拉半岛施工,井深达到了12262 m,创造了世界石油深钻记录。

美国在世界超深井钻井中主要采用转盘钻机施工,其深度记录的历年情况是:1927年2454 m,1928年2600 m,1929年2830 m,1930年2975 m,1931年3228 m,1933年3338 m,1934年3470 m,1935年3900 m,1938年4576 m,1944年4955 m,1946年5081 m,1947年5436 m,1949年6259 m,1953年6552 m,1958年7729 m,1970年7808 m,1972年9165 m,1974年为9583 m。

前苏联:在科拉半岛施工的CF-3号超深井记录:1980年10000 m,1981年10780 m,1982年12262 m。

南非立轴式岩心钻机钻探超深孔记录:1960年3000 m,1938年3268 m,1962年4300 m。

国外取心钻进超深孔设备主要以立轴式岩心钻机施工为主,南非于1962年施工了4300 m的超深井,使用64.7 kW柴油机驱动钻机,卷扬能力44.5 kN,水泵动力11.8 kW,排量60~120 L/min,最终泵压5.7 MPa,终孔直径为BX(2 $\frac{1}{8}$ in)。

1988年加拿大Heath and Sherwood钻探公司与其前姊妹公司Universal Drillers Co.合作,使用HSS-150型超深型岩心钻机,HNQ与NBQ隔级绳索取心钻具,N级(70 mm)带钢接头的铝合金钻杆与人造孕镶金刚石钻头。在南非金矿区钻成一口深达5424 m岩矿心采取率近100%的探金钻孔,创造了世界绳索取心钻孔新纪录。

世界其他国家用立轴式地质岩心钻机钻探超深孔的记录:加拿大1944年2312 m;日本1965年2500 m,1966年2703 m,1972年2807 m。

国际上地质岩心钻机发展经历的4个阶段是:手把操作机械式钻机—液压立轴型钻机—全液压顶驱型钻机—自动化钻机;目前主要使用的是适应从浅孔(100 m)到深孔(3000 m)的矿产勘查的第三代全液压顶驱型钻机(见表1)。中国现在使用的主力

钻机仍然是第二代钻机(见表2),与全液压顶驱型钻机相比,立轴式钻机钻进效率低,通用性和标准化

程度差,钻进工艺适应性有限,且缺少2000 m以上深度的成熟机型。

表1 国外公司研制的部分深孔全液压钻机技术参数

钻机型号	生产厂家	钻孔能力 /m	回 转 器				卷扬机最 大提升力 /kN	质量 /kg	动力机 功率/kW
			转速 /($r \cdot \min^{-1}$)	最大通孔 /mm	最大行程 /mm	最大扭矩 /($N \cdot m$)			
LF230	宝长年	BQ3642,NQ2661	144~1250	127	3350	5322	181	13607	205
SC11	宝长年	BQ2128,NQ1547	27~1230	127	3350	5456		6401	128
KWL1600	宝长年	NQ2000	1挡925,2挡1250		7500	5456	151	21000	328.2
CS3001	阿特拉斯	NQ1830		117	3350		133		
CS4002	阿特拉斯	NQ2450		117	3350		178		212
B30H	JKS Boyels	HQ1070,NQ1620	200~1250	92	3400	6780	136		198
DE740	山特维克	BQ2117,NQ1630	10~1500		3540	12200	194		
DE840	山特维克	NQ1980	73~1500			7300	151	18500	195
DE880	山特维克	NQ2500	73~1500			7300	216	20600	195

表2 国内部分立轴式深孔岩心钻机的主要参数

钻机型号	生产厂家	钻孔能力/m	回 转 器				质量 /kg	动力机 功率/kW	
			转速 /($r \cdot \min^{-1}$)	最大通孔 /mm	最大行程 /mm	最大扭矩 /($N \cdot m$)			
HXY-6	黄海	BQ2500,NQ2100,HQ1650	81~1037	93/118	600	780	3650	75	
HXY-8	黄海	1000~3000	8速:95~1011		1000		8200	90	
HXY-9	黄海	2000~4000	10速:82~948		1200			160	
HXY-6B	无锡探矿	1500	正转8速:80~1000; 反转2速:62,170		600		3800	55	
HXY-2000	陕西核昌	Ø50,1600;Ø71,1150;Ø89,950	10速:55~1346	91	600	900	3300	55	
THJ-2000	河北永明	Ø73,2000;Ø89,1400	8速:43~410	116	600	10000	7950	110	
XY-6B	张家口探矿	1500~2000	8速:80~1000	96	600	6000	3800	55	
XY-8	张家口探矿	1000~3000	8速:79~1024	117	1000		7800	90	
XB2000A	张家口探矿	2000	3速:69~298				8300	4500	75
XY-2000	江苏天明	600~2200		118	900	7500	3350	85	
XY-3000	江苏天明	BQ3400,NQ2700,HQ1800		118	1150	8300	6600	75	

1977年由勘探技术研究所和张家口探矿机械厂共同设计,张家口探矿机械厂制造2台JU-1500型深孔金刚石油压岩心钻机:一台在河北十五地质队生产试验,大口径钻进孔深935 m;另一台在浙江第三地质队生产试验,小口径钻进孔深1803.8 m,创造了我国当时最深的小口径钻进孔深。

2004年“中国大陆钻探工程”作为国际大陆科学钻探计划的重点项目,在江苏省东海县具有全球地学意义的大别山-苏鲁超高压变质带东部实施了中国第一口5000 m科学深钻(科钻一井)。科钻一井先导孔于2001年6月25日开钻,2002年4月15日顺利钻至井深2046.54 m完钻;主孔于2002年5月7日开始,2005年1月23日钻至井深5118.20 m完钻。地质学家利用从钻孔中获取的岩心及液、气态样品与井下原位观测数据,进行多学科综合研究,查明大陆造山带的物质组成与结构构造,揭示超高压变质带的形成与折返机制,探索现代地下深部流体与极端条件下的微生物,建立了长期的地下观测

与实验科学基地。

2007年10月在福建武夷山召开的第十四届全国探矿工程学术研讨会的主题是“深部找矿,回归主业”,充分反映了我国探矿工程界对学习《加强地质工作的决定》,为找矿突破做出贡献的自信和决心。中国地质调查局组织有关科研单位开展深部找矿技术的研发,“十一五”期间初步形成了适合我国矿产资源特点的2000 m深度的精细资源探测技术体系,其中的个别技术已接近国际先进水平。

由中国地质科学院勘探技术研究所2006年研制成功的YDX-3型(1000 m)顶驱式全液压力头岩心钻机是我国第三代岩心钻机更新换代的首台样机,现在,又推出了YDX-2(600 m)、YDX-4(1500 m)、YDX-5(2000 m)顶驱式全液压力头系列岩心钻机。该系列钻机完全可以适应国内2000 m以浅地质找矿的各种钻探需要。目前国内常用的全液压力头深孔岩心钻机见表3。

值得肯定的是:2010年,由安徽地矿局313

表3 国内部分全液压动力头式深孔岩心钻机的主要参数

钻机型号	生产厂家	钻孔能力 /m	回 转 器				卷扬机最大提升力 /kN	质量 /kg	动力机 功率/kW
			转速 /(r·min ⁻¹)	最大通孔 /mm	最大行程 /mm	最大扭矩 /(N·m)			
HYDX-6	黄海	BQ2000,NQ1600,HQ1300	0~1100	121	3800	6400	120	14500	179
HCR-8	黄海	NQ3000,HQ2400,PQ1700	0~1250	121	3800	7200	120	25000	276
YDX-4	勘探所	1500	0~1200	117	3300	5800	136	14000	179
YDX-5	勘探所	2000	0~1200	117	3300	5880	180	14500	194
HCDF-6	张家口探矿	BQ3000,NQ2200,HQ1500	0~1200	117	4800	5960	96	11000	132+11
HCDU-6	张家口探矿	BQ3000,NQ2200,HQ1500	0~1240	117	3300	6100	200/120	22000	194
XDL-5A	山东探矿	BQ1800,NQ1500,HQ800	30~780	94	3500	4170	80	9500	132
XDF-6	山东探矿	BQ2500,NQ2000,HQ1300	120~1200	117	3500	5500	95	5900	90
YDX-1800	天和众邦	BQ2000,NQ1700,HQ1200	0~1200	117	3500	8170	135	11000	179
YDX-3000	天和众邦	BQ3000,NQ2300,HQ1600	0~1250	117	3450		181	25000	242

地质队和中国地质装备总公司共同研制的 FYD-2200 型分体塔式全液压动力头钻机在安徽省六安市霍邱铁矿周集矿区进行试钻,钻深至 2706.68 m,刷新了此前国产机具小口径绳索取心钻探孔深 2401.12 m 的国内纪录。

FYD-2200 型分体塔式全液压动力头钻机消化、吸收了国内外钻机的优点:4 部件合成整机,拆装分体搬迁运输,适合在山区、丘陵等我国当前深部找矿重点地区作业;操作系统数字化与智能化,可精确钻进。自 2009 年 5 月起,采用 S96、S76 绳索取心机具进行深部勘探施工,钻孔钻遇了第四系土层及基岩层涌水、漏水、破碎、坍塌、硬岩层打滑钻进等多种复杂地层。专家认为,该钻孔对于提高深部矿体勘探速度、勘探靶区精度、地质成果的精度和加速寻找隐伏矿与深部矿的“第二找矿空间”步伐,具有一定的技术指导意义。4 年来,FYD-2200 型全液压动力头钻机先后完成科学钻探孔 4 个、深部找矿钻孔 6 个,累计进尺 15720 m,钻机曾应用于汶川、赣州、霍邱、庐枞等科学钻探工程和深部找矿工作,取得了显著的地质效果和社会经济效益。2012 年 12 月该钻机通过了安徽省科学技术厅组织的专家鉴定,成果总体上达到国内领先、国际先进水平。

胶西北金矿集区位于郯庐断裂带以东,是我国重要黄金矿产地,属世界级金矿富集区。莱州位于郯庐断裂以东的盆岭区,是一个主要由前寒武纪基底岩石和超高压变质岩块组成,中生代构造与岩浆强烈发育的内生热液金矿成矿集中区,已探明的黄金储量达 500 多吨。近两年,山东省第三地质矿产勘查院使用了由连云港黄海机械厂设计开发的新型深孔岩心勘探技术装备——HXY-9B 型岩心钻机,施工了莱州三山岛西岭金矿 K112-1 勘查孔,于 2011 年 12 月 26 日顺利完钻,终孔孔深 2738.82 m,

刷新了小口径绳索取心钻探的国内孔深记录。

而该院使用 HXY-9B 型岩心钻机施工的 ZK96-5 孔从 2010 年 9 月 18 日开钻至 2013 年 5 月 29 日终孔,终孔孔深 4006.17 m,被誉为“中国岩金第一深钻”。HXY-9(HXY-9B)为冲击回转式钻机:钻孔直径 118 mm、钻孔深度 4000 m、电动机功率为 160 kW、质量 17000 kg。

3 提高我国钻探技术和矿产勘查水平的建议

3.1 加大对钻探技术和装备现代化的支持力度

近些年,我国矿产资源接替基地面临的主要找矿难题是:新区、老矿山深部和各类隐伏区的探矿难度增大,成矿预测、钻孔选址、复杂地层与深部连续取心,急需运用先进的、高效的成矿理论和勘查技术指导。我国大部分金属矿山位于地形条件相对较好的地区,以往探查和开采深度多停留在 500 m 以浅范围。而 500 m 深度以下,不仅地质构造环境复杂,找矿难度加大,而且原有探测仪器分辨率不高,严重影响了对查找新区矿产和深部资源的勘探开发。

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 500~2000 m 深度见矿范例众多,表明我国大陆深部矿产资源潜力巨大。如何在重要成矿区带准确、有效地开展深部定位预测;如何研发先进实用的系列深孔、超深孔地质岩心钻机;如何突破大深度软硬交互、复杂破碎地层连续取心的钻进工艺和泥浆技术,已成为地质找矿需要破解的迫在眉睫的重大科技任务。

加强深部找矿勘查技术方法尤其是深部钻探装备和钻进工艺技术方法的自主创新,这是我国深部找矿的应对之策。开展 500~1000 以及 1000~2000 乃至 2000 m 以深的矿产勘查,必须重视和运用成矿

学、找矿学、多种勘查技术方法组合的最新成果,同时加大深部钻探设备和技术的研发力度。在制定战略发展规划和科研立项中要高度重视,并给予足够的经费支持。我国钻探技术和装备现代化的发展,重点是研发全液压顶驱型岩心钻机和高科技含量的自动化岩心钻机。建议在加快 YDX 系列岩心钻机研制的同时,继续研发钻进深度 2000 m 以深的全液压顶驱型钻机,同时要尽快开展自动化岩心钻机的技术攻关和技术储备工作。

3.2 重视钻进工艺的改进和低成本钻探技术的应用

钻探工程是矿产勘查的重要技术方法之一,是目前深部找矿地下信息推断与解释的唯一验证手段,也是最终圈定矿体、计算储量、评估品位唯一的技术手段。钻探取心(样)的关键技术是钻探设备、器具和工艺方法,他们不仅对钻探效率、施工成本、取心(样)质量及环保等方面有重要影响而且对缩短整个周期、加快开发利用有直接意义。鉴于深部钻探钻孔深度大,孔径大,结晶岩石坚硬和研磨性强,钻孔轨迹难控制,钻孔稳定性差,取心量大,孔内温度高、压力大等诸多不利因素,对钻探技术构成了强有力的挑战。

勘探深度增加,必然对钻探技术提出更高要求,特别是对钻探设备、钻探机具、泥浆技术等关键技术提出新的要求,深部找矿中的关键技术问题,归根结底是新深度、新要求与研发新技术、新设备器具间的矛盾,已有技术成果与推广应用间的矛盾。但钻探施工的特点是成本高,不仅要求设备安全先进,性能优越,而且需要先进的钻具组合和钻进工艺,能够解决复杂地层的深孔钻进和连续取心。

为降低钻探施工成本,在确定钻进孔位后,可结合 X 射线荧光测井开展无岩心钻探研究;结合地表 X 荧光测量开展空气反循环取样钻探研究。X 射线荧光测井技术提供了在井中原位测定岩石中金属矿产品的品位、划分矿层厚度、计算储量,现场实时提供结果的方法。

定向钻探多分支孔钻进工艺是降低钻探施工成本的另一重要技术方法。所谓定向钻进是在一个主孔底部侧钻出多个分支孔达到多个地质靶点。运用这些方法,在经费一定的情况下,可明显降低钻探成本,增加钻孔数量和钻孔进尺,经济技术效益明显,因此这是一种高效的钻探方法。

选择会使用现代化钻探设备和掌握了先进钻进

工艺的专业化钻探公司来承担深部钻探施工任务也是一种有效的降低钻探成本的方法。这样的专业化钻探公司不仅可以安全高效的完成各种复杂地层的钻探施工任务,而且有丰富的处理各种钻井事故的经验,最大限度地节约整个钻探工程的成本费用。

3.3 借助地学信息方法整体提升我国矿产勘查水平

地学信息管理系统在钻探工程中已经获得应用。加拿大 acQuire 技术方法有限责任公司在 2012 年 PDAC 会上推出的地学信息管理系统表明:acQuire 不仅仅是一个数据库,而且是一个获取、管理、传输地学观察和测量信息的大型地学信息管理系统。acQuire 真正实现了对钻进过程的规划、钻孔数据获取、数据输入管理、输入数据审核、数据信息发布、钻探指标报告等一系列流程。acQuire 通过提供丰富的功能化、自研工具,实现了工作流程的最优配置,并可以根据需求、特殊标准和工作流程进行个性化配置。

DRPL (Drilling Reconciliation Packaged Workflow) 是一套专用于钻井管理的系统。它可经完成对钻井动态数据的有效管理,能够指导整个钻井流程的工作,跟踪和控制钻井成本,生成生产质量报告,为决策者提供完整的钻井管理信息。

随着找矿勘查与深部钻探发展,钻孔施工条件更加复杂,作业时间更紧,岩心编录工作量更大,岩心库建设要求更高,传统的地质编录方法已经越来越不适应找矿勘查与深部钻探发展的需要。近年来,遥感技术的发展,特别是高光谱遥感技术的发展,利用高光谱遥感波段连续性强、分辨率高的特点,用地物光谱仪对岩心进行高光谱分辨率测量,获取岩心光谱数据,使得传统地质编录转为基于数码的高光谱岩心编录成为可能。

通过对编录后的岩心高光谱数据进行定量遥感解译,使得地质工作者能够从一个全新的角度,快速、高效、低成本、永久化、数字化、图像化地完成地质编录,为矿物识别、矿物填图、成矿机理和成矿规律研究提供现代化的手段。

建议地学高校和科研院所要加快研发适应钻探施工现场需要的具有自主知识产权的地学信息管理系统和高光谱岩心编录系统,有关生产企业和地勘单位、矿业公司要尝试生产和使用这些方法,以整体提升我国矿产勘查水平。

(下转到第 29 页)

备大功率电力供应和通畅的道路条件,因此,电驱动岩心钻机必须满足钻机的功率、体积和质量与野外施工条件的适度匹配,才能成为野外勘探的选择。

(3)进一步降低成本。与油气行业不同,地质勘探行业的勘查施工定额较低,勘探单位设备投资能力有限,因此,考虑到电驱动钻机在运行成本上的优势,需进一步降低初始购置成本,以达到相对相近深度的机械立轴和液压力头钻机的较高综合性价比。

(4)进一步加强配套。在不断探索电驱动岩心钻机主机设备研制的同时,要根据深孔岩心钻探工艺的要求,加大对卡夹拧卸等井口作业的机械化成套装置的关注,加强配套,形成一个完整的深孔岩心钻探技术装备体系。

20世纪80年代,业内专家就呼吁变频电驱动技术在地质钻探设备上的应用,但至今刚刚起步,考虑到其在实践中的比较优势明显,亟需包括行业主管部门、装备研制单位和应用单位共同调研、共同思考与实践,共同协作,共同推动并加快电驱动地质钻机产业化和在深部勘查中的推广应用,为我国

深孔地质勘探提供坚强的国产化装备支撑。

参考文献:

- [1] 王达. 深孔岩心钻探的技术关键[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(S1).
- [2] 刘跃进, 朱江龙, 潘飞, 等. 我国深孔钻探装备的发展与展望[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(S2).
- [3] 张伟, 王达, 刘跃进, 等. 深孔取心钻探装备的优化配置[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(10).
- [4] 朱恒银, 刘跃进. FVD-2200型全液压力头钻机的研制及应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(S1).
- [5] 黄洪波, 朱江龙, 刘跃进. 我国钻探技术装备“十一五”回顾与“十二五”展望[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(1): 8-14.
- [6] 黄洪波, 张文举, 臧臣坤, 等. 深部取心钻探拧卸工具机械化的思考和实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(7): 1-4.
- [7] 张连山. 国外石油钻机驱动型式的应用与发展[J]. 国外石油机械, 1996, (4): 1-8.
- [8] 侯郁, 郑晓峰. 机械驱动钻机和电驱动钻机的比较[J]. 石油机械, 1995, (8): 48-51.
- [9] 陶建华, 李粤南. 福建省深孔钻探主要技术难题及其解决对策[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(S2).

(上接第11页)

参考文献:

- [1] 朱裕生, 梅燕雄, 吕志成, 等. 隐(盲)矿床的预测找矿和深部勘探[EB/OL]. http://www.cgs.gov.cn/dzsz/z_t_more/sbzk/jlv/1-2.doc.
- [2] 深部开采的特征和问题[EB/OL]. http://www.mining120.com/Html/0808/20080818_12297.asp, 2008-08-18.
- [3] 李红零, 吴仲雄. 我国金属矿山开采技术发展趋势[J]. 有色金属(矿山部分), 2009, (1).
- [4] 韩毅昌. 我队深部钻探技术思考与设想[EB/OL]. http://www.360doc.com/content/10/1118/10/72265_70348418.shtml, 2010-11-18.
- [5] 聂江涛. 铀矿深部找矿研究动态[A]. 中国地质学会. 首届找矿突破战略行动青年论坛[C]. 北京: 2012.
- [6] 李功成. 长江中下游地区铜矿体找矿模型[D]. 安徽合肥: 合

肥工业大学. 2010.

- [7] 夏时斌, 闵刚, 邱林, 等. 大地电磁(MT)在深部矿产勘探中的分辨率探讨[J]. 工程地球物理学报, 2012, (5).
- [8] 王达. 地质岩心钻探标准化的若干技术要点[A]. 中国地质调查局. 深部地质钻探技术培训交流会[C]. 安徽黄山: 2010.
- [9] 孙建华, 周红军, 王汉宝, 等. 深孔岩心钻探装备配置应用技术趋势分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(5).
- [10] 朱恒银. 深部矿体勘探钻探技术方法的研究[A]. 中国地质调查局. 深部地质钻探技术培训交流会[C]. 安徽黄山: 2010.
- [11] 张佳文, 张新元, 成杭新, 等. 矿床学研究与勘查技术方法进步[A]. 中国地质学会矿床地质专业委员会. 第十一届全国矿床会议[C]. 贵州贵阳: 2012.
- [12] 陈师逊. 深部钻探和海上钻探施工介绍[A]. 山东省地质矿产勘查开发局. 深部钻探和海上钻探最新进展高级学术研讨会[C]. 山东烟台: 2013.