

贵州省地矿局钻探工程发展回顾与展望

宋继伟¹, 苏宁², 余立新², 李奇龙^{*3}, 李勇³

(1. 贵州省地质矿产勘查开发局一一二地质大队, 贵州 安顺 561000;

2. 贵州省地质矿产勘查开发局, 贵州 贵阳 550000;

3. 贵州省地质矿产勘查开发局111地质大队, 贵州 贵阳 550081)

摘要:贵州省地矿局建局63年以来, 钻探工程作为地质找矿的重要手段, 发展至今已形成门类齐全、设备精良、技术精湛的专业体系。本文在总述贵州省地矿局地质找矿辉煌成就的基础上, 从小口径岩心钻探、大口径深井钻探、地下水机井钻探、浅层地温能钻探等几个重点方面详细回顾了钻探工程的发展历程, 对未来发展趋势进行了展望, 同时提出了相关的建议, 以供今后的工作参考。

关键词: 贵州省地矿局; 钻探工程; 发展历程; 未来展望

中图分类号: P634; TE2 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-9686(2021)03-0001-09

Review and prospect of drilling engineering development of Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Guizhou Province

SONG Jiwei¹, SU Ning², YU Lixin², LI Qilong^{*3}, LI Yong³

(1. 112 Geological Team, Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Guizhou Province,

Anshun Guizhou 561000, China;

2. Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Guizhou Province,

Guiyang Guizhou 550000, China;

3. 111 Geological Team, Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Guizhou Province,

Guiyang Guizhou 550081, China)

Abstract: In the past 63 years since the establishment of Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Guizhou Province, drilling engineering as an important means of geological prospecting has developed into a professional system with complete categories, sophisticated equipment and exquisite technology. On the basis of summarizing the brilliant achievements in geological prospecting of Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Guizhou Province, this paper reviews in detail the development process of drilling engineering in several key directions, such as small diameter core drilling, large-diameter deep well drilling, mechanized water well drilling, shallow geothermal drilling, etc.; presents a prospect on the future development trend; and puts forward relevant suggestions as reference for future work.

Key words: Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Guizhou Province; drilling engineering; development process; prospect

收稿日期: 2020-12-21 DOI: 10.12143/j.ztgc.2021.03.001

基金项目: 贵州省科技计划项目“多分支定向井钻进技术在贵州省煤系地层‘三气共采’中的研究及应用”(编号: 黔科合支撑[2018]2195); 贵州省地矿局地质科研项目“贵州省地热深井降低成井风险综合技术研究”(编号: 黔地矿科合[2019]15号)

作者简介: 宋继伟, 男, 汉族, 1982年生, 研究员, 博士, 长期从事钻探工程管理和技术研究工作, 贵州省安顺市西秀区西水路57号, 343219784@qq.com。

通信作者: 李奇龙, 男, 汉族, 1986年生, 高级工程师, 长期从事钻探工程管理和技术研究工作, 贵州省贵阳市观山湖区地质科技园5号楼, 390274119@qq.com。

引用格式: 宋继伟, 苏宁, 余立新, 等. 贵州省地矿局钻探工程发展回顾与展望[J]. 钻探工程, 2021, 48(3): 1-9.

SONG Jiwei, SU Ning, YU Lixin, et al. Review and prospect of drilling engineering development of Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Guizhou Province[J]. Drilling Engineering, 2021, 48(3): 1-9.

0 引言

贵州省地质矿产勘查开发局(以下简称“贵州省地矿局”)自1957年建局以来发展至今,目前下属地勘单位中拥有钻探施工资质并开展钻探业务的有101队、102队、103队、104队、106队、111队、112队、113队、114队、115队、117队等11个单位;全局钻探从业人员总计600余人,其中研究员4人、高级工程师55人、博士1人、硕士13人、本科100人、大专60人;拥有岩心钻机、水井钻机、水源钻机、石油钻机、锚杆钻机、坑道钻机、旋挖钻机、地源热泵钻机、空压机、增压机等各类钻探设备200余台套,可从事固体矿产、水文水井、深部地热、浅层地温能、非常规天然气、瓦斯抽放、边坡支护、桩基础等多个工程领域钻探施工。

先后实施过贵州省铜仁地区锰矿勘查、贵州省瓮福地区磷矿勘查^[1]、贵州省务正道地区铝土矿勘查、贵州省黔中地区铝土矿勘查、贵州省黔西南地区金矿勘查^[2]、贵州省六盘水地区铅锌矿勘查、贵州省重点矿产资源大精查、贵州省页岩气资源调查评价^[3-4]、贵州省地热资源整装勘查、贵州省省级财政机井工程、中国科学院南海珊瑚岛礁科学研究^[5]等重大项目的钻探工程,总计完成岩心钻探工作量1000余万米、地下水机井12000余口、深部地热井100余口、页岩气煤层气井30余口。

63年发展历程,贵州省地矿局锻造了坚强的、拥有“三光荣”精神的钻探队伍,形成了较先进和完善的钻探设备配套,总结出了适合贵州地质条件的钻探技术工艺体系。昨天,贵州地矿钻探人为“找矿兴黔”做出了不可磨灭的贡献;明天,贵州地矿钻探人还将为建设“多彩贵州新未来”奉献自己的全部力量。

1 历史回顾

1.1 小口径岩心钻探

1.1.1 钻探设备

贵州省地矿局自建局之初,伴随地质找矿工作就已同时开展岩心钻探施工。最早的岩心钻探设备,主要为手摇式、手把式、链条式钻机,代表机型包括XB-300、XB-500、XU600型等。20世纪80年代初,开始逐步淘汰手把式钻机,较新型的机械传动立轴式岩心钻机成为主流,主要机型包括XY-2、XY-4(42、44)、XY-5、XY-6等系列型号。2006年,

112队引进了2台CS14型瑞典阿特拉斯科普柯全液压动力头岩心钻机,这2台钻机在2007年均实现年进尺1万m以上的超高效率,新型全液压动力头岩心钻机应用于固体矿产勘查规模性会战的优势开始体现;2007年,103队引入了第一台国产全液压动力头钻机YDX-3A型;2012年,局扶持各钻探单位添置了一批国产全液压动力头钻机,主要包括北京天和众邦勘探技术股份有限公司的履带式YDX1800、CSD1800X、CSD3000和贵州远东兄弟钻探有限公司的便携式YDXD1200、YDXD1800等型号,全局岩心钻探设备实现了由机械传动立轴式向全液压式的过渡。2017年,115队实施中国科学院南海珊瑚岛礁科学钻探项目时,引入了第一台全变频电驱动岩心钻机,为中地装张家口探矿机械有限公司生产的XY-8DB型,新型智能化钻机应用初露端倪。2020年,在贵州省重点矿产资源大精查过程中,115队引进了珠海英格尔特种钻探设备有限公司生产的EP1000型模块化轻便钻机;贵州省松桃县李家湾锰矿勘查过程中,112队引入了山东梦迈液压设备有限公司生产的HTZB-800型模块化轻便钻机用于坑道钻探。

目前,贵州省地矿局共拥有95台套岩心钻机,机型涵盖传统立轴式、全液压履带式、全液压便携式、变频电驱动式等类别(图1),能适用全地形条件,施工0~3000m深度的各种岩心钻探工程。

1.1.2 钻具配套

20世纪70年代以前均是采用普通单管取心钻具。1981年,103队率先采用SC56型绳索取心钻具。近年来,全局各钻探单位均逐步更新换代成Q系列绳索取心钻具,配备了齐全的SQ(150mm)、PQ(122mm)、HQ(96mm)、NQ(76mm)4个口径系列。针对坚硬岩石、硬脆碎易堵塞地层钻进,112队引进了中国地质科学院勘探技术研究所生产的SYZX96、SYZX76型绳索取心液动锤。针对岩心采取困难地层,115队引进了半合管绳索取心钻具。2020年,针对金属矿体,为避免磁性干扰,引入了上海地学仪器研究所生产的JTL-40GX(W)型无缆光纤陀螺测斜仪。

1.1.3 钻探工艺

20世纪70年代以前,岩心钻探普遍采用钢粒钻进技术,主要存在效率低、孔斜大的缺点。1973年,103队率先尝试采用普通金刚石单动双管技术并取



图1 贵州省地矿局现有代表性岩心钻机

Fig.1 Typical drill rigs of Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Guizhou Province

得成功。1981年,103队率先进行SC56型绳索取心钻进试验并取得成功,同年,在杨立掌锰矿施工中初级定向钻孔试验获得成功。1982年,103队成立泥浆实验室,在水银厂汞矿田复杂地层采用PHP、PHP-KHM低固相新型泥浆护孔试验取得成功。1983年,112队液动冲击回转钻进试验取得成功,该工艺集回转钻进和冲击钻进为一体,能有效预防岩心堵塞,同时大幅度提高硬岩钻进效率。1984年,103队与地矿部探矿工艺研究所共同承担的地质矿产部重点科研项目受控定向钻孔试验取得成功,此次试验由主孔ZK3950内孔深200 m处定向分支,向70 m外的ZK3927深部设计靶点定向钻进(该孔位于村寨内部,地表无法施工),先后使用KDJ-1型直孔井下定向仪、摆定向仪、连续测斜器与PC-1500

型微电脑等,分支孔钻进297.32 m,穿靶时偏线距1.07 m,沿线距2.34 m,比设计给定靶区范围提高精度约10倍,是我国当时准确度最高的岩心钻探直孔井下定向分支孔。2002年,开始大规模推广SQ、PQ、HQ、NQ系列绳索取心钻具,根据不同深度钻孔需求,选用不同口径系列组合,逐级钻进,确保孔内安全,岩心采取率和台月效率进一步提高。2013年,115队在中国南海珊瑚岛礁钻探项目中开始正式使用半合管绳索取心钻具,该钻具单动性好、能有效避免岩心被钻井液冲刷、“剖开式退心”能更好地确保岩心原状性,保障了岩心采取质量;另外,通过该项目形成了较成熟的南海珊瑚岛礁取心钻探技术工艺体系,开我国岛礁钻探技术研究之先河^[6-7]。

1.2 大口径深井钻探

1.2.1 钻探设备

贵州省地矿局大口径深井钻探施工始于2006年,主要为深部地热井,从事该产业的单位包括111队、112队、114队,另外2016年115队在贵州织金自行施工过一口煤层气开采井^[8-9]。早期主体设备主要是SPS-2600、GZ-2600、RPS-3200型等传统转盘式深井水源钻机。2015年,局为111队扶持了先进的德国宝峨RB-T100型全液压多功能车载钻机(图2)。2017年,112队购置了宝鸡石油机械有限责任公司的ZJ30DB型全变频电驱动钻机(图3)。RB-T100和ZJ30DB型2种钻机都实现了将钻进、起下钻、泥浆泵运转等功能集中在司钻房精确显示和控制,已经属于一定程度上的自动化、智能化钻机。

目前,贵州省地矿局拥有各类型大口径深井钻机8台套,可满足3500 m以浅地热井、非常规天然气井、水文水井施工需求。

1.2.2 钻具配套

除传统牙轮正循环钻进用牙轮钻头、扶正器、钻铤、钻杆等常规钻具配套外,随着钻井方法的进步,还配备了螺杆钻井技术、空气钻井技术所需要的PDC钻头、螺杆马达、空气潜孔锤、空压机、双壁钻杆等配套机具,以及2套钻井液五级净化系统。

1.2.3 钻探工艺

2006年,刚从事地热钻井施工之初,核心工艺主要是常规的牙轮正循环回转钻进,钻头一般选用三牙轮钻头。牙轮钻进长期作为贵州地热深井的主要钻进方法,是基于牙轮钻头适用范围广,从软



图2 RB-T100型钻机

Fig.2 RB-T100 drill rig



图3 ZJ30DB型钻机

Fig.3 ZJ30DB drill rig

地层到硬岩均可钻进,而且该钻进方法工艺技术非常成熟的特点。但牙轮钻进是从油气钻井发展起来的,研究和演化也主要针对油气地层,其碎岩机理是依靠硬质合金球齿滚动冲击压裂、滑移剪切破碎岩石为主,贵州省地热深井钻探涉及的地层普遍比油气地层偏硬2~3级,这就决定了牙轮钻进的碎岩方式在贵州地层钻速相对很低。统计显示,之前在贵州省施工一口2000 m的地热深井一般需要1年左右时间^[10-12]。

2014年,贵州省地矿局成立深井钻探技术攻关领导小组开展地热钻井技术攻关,包括空气钻井技术、螺杆钻井技术、定向钻进技术、地热钻井泥浆技术4个子课题。2015年,111队、112队、114队联合申报获得贵州省科技计划项目“贵州复杂地层深井钻探工艺应用研究”,这是贵州省地矿局第一次在钻探领域获得省级科研项目。该项目自2015年1月至2016年9月实施过程中,共进行19口钻井的现场应用研究,试验井段总进尺超过15000 m,其中螺杆钻井工艺试验进尺9000余米,空气钻井工艺试验进尺6000余米。项目研究形成“贵州省地热深井钻探螺杆钻井工艺”、“贵州省地热深井钻探空气钻井工艺”、“贵州省地热深井钻探多工艺组合钻井”、“贵州省地热深井钻探钻井液”等重要成果,螺杆钻井工艺钻进效率达到常规牙轮钻井工艺的2~3倍,空气钻井工艺钻进效率达到常规牙轮钻井工艺的4~11倍,同时两种工艺均可有效降低钻井施工成本,新的钻井液体系可有效实现钻井过程优质稳定

井壁、钻完井结束良好解堵保证开发效果作用。最终总结出一整套适合贵州省地质条件的地热深井钻探施工并能显著提高钻井效率和经济效益的组合工艺技术体系,该成果能将一口2000 m地热深井施工周期由原来的8~12个月缩短至4~6个月,将单井平均施工成本由450万元降低至380万元以下,具有重大的推广价值^[13-16]。贵州省地热深井钻探技术水平提升到一个全新的高度。

1.3 地下水机井钻探

1.3.1 钻探设备

贵州省地矿局地下水机井钻探始于20世纪80年代。早期钻探设备主要采用SPJ-300型转盘钻机全面钻进,或使用XY-4(42、44)型等岩心钻机进行普通单管钻进。2000—2010年间,部分单位更新了少量车载式液压水井钻机,如DT-500、SPC-600型等。2010年以后,随着空气潜孔锤工艺的广泛推广,尤其是在2014年开始的贵州省水利建设“三大会战”地下水(机井)工程项目支撑下,全局配置了一大批履带式全液压水井钻机,主要包括YSL-200(图4)、YSL-300(图5)等型号。



图4 YSL-200型钻机

Fig.4 YSL-200 drill rig



图5 YSL-300型钻机

Fig.5 YSL-300 drill rig

目前,贵州省地矿局共拥有各类型水井钻机28台套,能满足600 m以浅水井钻探需求。

1.3.2 钻具配套

随着空气潜孔锤钻井工艺的推广,目前主要配套机具包括英格索兰XHP1070型、阿特拉斯XRVS1050型(图6)、寿力1070XH型(图7)空压机以及各口径空气潜孔锤、扶正器。



图6 XRVS1050型空压机

Fig.6 XRVS1050 air compressor



图7 1070XH型空压机

Fig.7 1070XH air compressor

1.3.3 钻探工艺

贵州省地矿局最早的地下水机井钻探施工主要采用传统的全面钻进或者普通单管回转钻进工艺,效率极其低下,在当时全局全年最多时仅能完成50口井。1995年,引进使用空气潜孔锤钻井工艺,钻井效率实现革命性提升。2014年,贵州省水利建设“三大会战”地下水(机井)工程项目启动以后,空气潜孔锤钻井工艺和机具配套得到进一步的完善和成熟,单井成井时间从原来的40~60天缩短为7~10天,甚至创下单机月成井4口、10 h成井一口(150 m)的贵州省最高记录。

1.4 浅层地温能钻探

1.4.1 钻探设备

贵州省地矿局自2013年才开始涉足浅层地温能钻探领域,当时是112队、115队参加贵州省地质科技园地源热泵埋管钻探施工。该项目在试验阶段,112队采用XY-4型钻机配合空气潜孔锤钻进,由于钻机扭矩小、行程短等特点限制,所以施工效率较为低下。正式施工阶段,112队、115队参考同场地内山东某单位所使用的张家口宣化正远钻采机械有限公司生产的专用钻机,对部分YSL-200型水井钻机改造后使用,最终效果较好。2018年开始,114队着力打造贵州省本土专业化浅层地温能钻探施工队伍,正式引入了宣化正远生产的SL400和SL600型专用钻机(图8)。



图8 浅层地温能钻探施工现场

Fig.8 Site of shallow geothermal drilling

目前,贵州省地矿局共拥有各类型浅层地温能钻机12台套,能满足200 m以内各种浅层地温能钻探需求。

1.4.2 钻具配套

主要包括空气潜孔锤钻具和复合片全面钻进钻具,其中空气潜孔锤钻具较少使用。复合片全面钻进工艺,配套机具包括65YW35-60-15型无堵塞排污泵、 $\varnothing 89$ mm(73 mm)常规钻杆、扶正器、三翼复合片钻头,钻具自下而上组合为:三翼钻头+井底钻具组合+钻杆+扶正器+钻杆+动力头接头。

1.4.3 钻探工艺

贵州省地矿局施工浅层地温能钻探,刚起步阶段采用空气潜孔锤钻进工艺。该工艺在贵州省地

质科技园项目实施试验孔时,效果良好,仅用13 h就完成了150 m的钻孔。但是在钻机进场以后出现严重问题,贵州省地层覆盖层薄、200 m以浅地层大多不完整,节理、裂隙、空洞繁多,地下水丰富,浅层地温能钻孔布置密集、间距非常小,多台钻机和空压机同时作业情况下,高压风将地下这些通道压穿,钻孔相互影响,最后整个场地各个钻孔被高压风串通、压垮,难以继续施工,8台钻机工作一个星期仅完成7个钻孔,空气潜孔锤工艺被否定。后经研究,采用三翼复合片钻头进行全面钻进,钻速虽然小于空气潜孔锤工艺,但是能确保在不完整地层成孔且相互无影响,该钻进方法目前是贵州省浅层地温能钻探主流工艺。

1.5 钻井液技术体系

2008年,112队成立泥浆实验室,2009年完成了“钻探用深孔泥浆体系研究应用”科研项目,经过试验探索,成功研制了抑制性泥浆等适合贵州地质条件的钻井液体系,解决了水敏性地层钻进井壁掉块、垮塌、缩径、卡钻等难题。2014年,局科研项目“地热钻井泥浆技术的研究与应用”完成验收,制定了贵州省地热钻井常用钻井液材料评价标准,结合现场试验,研究了适合贵州省地热钻井地质条件和钻井工艺的钻井液工艺体系。2015年,在“贵州复杂地层深井钻探工艺应用研究”科研项目中,开展了“松散破碎地层钻井液技术研究”、“水敏性地层钻井液技术研究”、“抗石膏侵钻井液技术研究”等工作,通过钻井液处理剂选择、初选实验、优选实验等步骤,确定了一批用于贵州省常见复杂地层的钻井液推荐配方^[17]。

1.6 其它方面

贵州省地矿局在工程勘察钻探、桩基钻探、坑道钻探等方面也有业务开展。工程勘察钻探方面,2009年111队实施了“中国天眼”勘察项目,现在项目在广泛实施,但基本都是使用市场上外协队伍;桩基钻探方面,20世纪八九十年代在西南沿海地区曾经做过较多工作,目前仅115队拥有1台徐工XR360型钻机,贵州地矿基础工程公司拥有2台德国宝峨BG38型钻机,这3台钻机也是主要租赁使用,其它业务多数委托给外协旋挖钻机施工;坑道钻探方面,2018年,115队实施了紫金矿业贞丰水银洞金矿勘查项目^[18],2020年初,117队实施了“中国黄金烂泥沟金矿勘查项目”,2020年9月,112队实施了

贵州省松桃县李家湾锰矿勘查项目。这些产业,依靠自有技术力量开展工作较少,因此不再展开介绍。

回顾贵州省地矿局钻探工程发展历程,主要有3个标志性事件:一是全液压力头岩心钻机的规模化推广,二是空气潜孔锤工艺的引进应用,三是复杂地层深井钻探工艺攻关。这3项举措,实现了贵州省地矿局钻探水平质的飞跃,基本形成了现在的格局。

2 未来展望

2.1 小口径岩心钻探

未来发展方向主要是设备更新换代和深孔钻探工艺研究问题。

2.1.1 产业展望

贵州是矿产资源大省,矿产资源勘查开发是贵州经济发展的重要支柱。2020年,围绕贵州十大千亿级工业产业振兴行动对矿产资源保障需求,优选全省优势、特色矿产,把资源优势转化为产业优势和经济优势,为推动经济社会高质量发展提供有力支撑,贵州省财政拨款2亿元实施了“贵州省重点矿产资源大精查”,全年完成10万多米钻探进尺,取得了非常好的效果。2021年,贵州省将继续拿出2亿元“深入推进大精查”。可以预见,今后很长时期,矿产资源勘查开发都将会是贵州经济建设的重要工作内容,因此作为主要技术手段的岩心钻探也必将大有可为。

2.1.2 技术展望

2.1.2.1 设备方面

该领域今后一段时间应该主要向大型设备智能化、小型设备轻便化发展。目前贵州省地矿局主流的岩心钻探设备主要是满足0~2000 m钻探需求,存在2个主要短板,一是适应2000~4000 m大深度的钻机较少,二是适应0~1000 m的便携式钻机缺乏。

随着今后深地探测工作的推进,必然要逐步引进一批适应深部钻探的大型设备,这类设备应该是以变频电驱动为主,具有智能化、可视化集中操控性能。

立轴式和履带式岩心钻机虽然多数也能满足1000 m以浅钻进需要,但是由于其设计形式对于进出场道路和场地要求较高,施工准备过程中开挖破

坏较大。随着绿色勘查理念的贯彻,钻探过程少占地、少开挖成为绿色勘查的源头。1000 m以浅钻孔对设备能力要求低,应尽可能采用便携式钻机。便携式模块化钻机,体积小、解体后单件质量轻,搬迁方便,对进出场道路和场地要求都很低,是最符合绿色勘查理念的设备。

2.1.2.2 工艺方面

主要是提升深孔(1700 m以深)施工能力,从设备配套、井身结构设计、钻进方法选择、钻井液、事故预防与处理等诸多角度着手进行研究总结,形成施工3500 m以浅钻孔较成熟的技术体系。

2.2 大口径深井钻探

未来发展方向主要是考虑产业转型问题。

2.2.1 产业展望

2.2.1.1 地热深井方面

2016年,贵州省出台打造“温泉省”意见,要实现“县县有温泉”目标,2017年,贵州省拿出专项地勘基金项目支持地热开发,因此2016—2019年是贵州省地热开发的黄金时期。目前上述目标基本实现,市场自2020年开始陷入低谷,全年贵州省地矿局只实施了3口地热井。虽然当前市场大幅萎缩,但也有以下方向存在机遇:一是目前已经开发的地热井今后都将面临洗井、储层改造等工程;二是目前贵州省地热井开发利用形式比较单一,未来可能会向梯级多元、综合应用方向发展。这两方面均会维持一定的市场需求。

2.2.1.2 其它新能源钻探

非常规天然气、干热岩等其它新能源,国外及国内其它省份已经研究开发得如火如荼,贵州省在这方面仍较为滞后。贵州省“十四五”规划中制定了关于上述新能源的计划,有望成为大口径深井钻探转型的主要方向。

2.2.2 技术展望

持续推进设备更新换代,结合产业发展趋势将现有转盘式水源钻机逐步更换成带二层平台的电驱动(转盘或顶驱)钻机以适应不同能源的钻井需求;不断引进新的钻井工艺,比如气动潜孔锤反循环钻井工艺等等;由单一钻井工艺向多工艺复合钻进发展,更好地发挥各种钻井工艺的优势。

2.3 浅层地温能钻探

未来发展方向主要是考虑专业队伍规模化扩建问题。

2.3.1 产业展望

对于贵州来说,煤层气、页岩气等新能源规模化开发还未成熟,目前只有浅层地温能是最现实的广普型新能源,基本任何区域均可实施。现在贵州省浅层地温能开发刚处于起步阶段,根据贵州省“十四五”规划初步意见,贵州省将积极探索地热能梯级多元、综合利用,新增供暖制冷面积2000万 m^2 ,新增投资100亿元,形成地热能规模化、商业化应用,在这个大背景下,浅层地温能开发利用将呈现逐步增长态势,为浅层地温能钻探提供广阔空间。

2.3.2 技术展望

目前贵州省地矿局仅有114队从事浅层地温能钻探施工,规模不大,其它钻探队伍在传统地质勘查业务萎缩的情况下,也应积极考虑向浅层地温能钻探施工工业转型。利用2~3年时间,全局建设3个以上浅层地温能专业化施工队伍。在队伍建设的同时,逐步引入空气潜孔锤跟管钻进等工艺,结合现有钻进方法,研究探索适合贵州省地层的浅层地温能钻探技术。

2.4 瓦斯抽放孔钻探

未来发展方向主要是考虑积极打造队伍转型进入问题。

2.4.1 产业展望

瓦斯是煤矿开采安全的主要隐患。贵州省近年来发生多起瓦斯事故,造成群死群伤,因此贵州省将2020年定为进一步提升瓦斯治理能力防治攻坚年。贵州省政府先后出台黔府发[2020]3号文和黔府办发[2020]6号文,针对全省煤矿,提出全面实施“通风系统、瓦斯地质、瓦斯参数测定和突出危险性鉴定、防突防爆炸措施、瓦斯抽采及计量、监测监控系统提升”6个瓦斯防治专项行动。这里面一个核心工作就是瓦斯抽采。目前,瓦斯通过地面实施煤层气井抽采在贵州省已经不被认可,投入几百万元实施一口煤层气井,控制面积小(半径100 m圆形面积)、抽采效果差。现在最直接现实的方式就是在煤矿井下掘进工作面上直接实施顺煤层钻进的超长钻孔进行瓦斯预抽采。这个技术是在煤矿掘进巷道内工作面上,按煤矿性质合理布置钻孔,使用专用井下钻机,常用型号如ZDY6000LFD型(钻深能力1000 m)等等,配合定向测量仪器,进行顺煤层超长钻孔,钻孔完成后,使用专用的负压瓦斯采集装置抽采瓦斯,抽采后瓦斯可发电、民用等等。

瓦斯指标降低到安全范围内后,进行煤矿开采,如此循环作业。该方式是目前煤矿开采最成熟安全的技术。

黔府发[2020]3号文和黔府办发[2020]6号文两个文件都明确提出,所有煤矿都必须实施井下掘进工作面上顺煤层钻孔进行瓦斯预抽采要求。原文如下:“经论证不具备开采保护层条件的掘进工作面必须优先采用穿层钻孔预抽煤巷条带瓦斯,将定向长钻孔顺层预抽煤层瓦斯、具有钻孔轨迹测量功能的大功率钻机预抽区段煤层瓦斯作为主要区域防突措施”。这个大背景为贵州省钻探单位转型提供了新的机遇。

2.4.2 技术展望

中煤科工集团西安研究院有限公司在瓦斯抽放孔钻探领域技术已经非常成熟,我局应采购装备、组建队伍,同时结合贵州省煤系地层特点,摸索适合本地的钻井技术体系。

2.5 钻探技能人才队伍建设

近年来,老一代钻探工人逐步退休、地勘市场不景气造成青年钻探工人的培养滞后与流失、钻探行业性质艰苦对现在年轻人吸引力不足、钻探工人诸多社会保障不到位等因素影响,导致钻探技能人才出现断档,严重影响着钻探行业的发展。2020年贵州省重点矿产资源大精查项目出现有钻机没人打,有人打没人精通,机班长配不齐,班员以民工为主,施工水平总体偏低。为解决这个问题,钻探单位应积极与职业院校合作,根据需求定向培养钻探技术工人,毕业后保障工作,用人过程中想方设法做好传帮带,同时努力为他们争取各项待遇,通过多种措施,重新接上链条,建设新一代的钻探队伍,实现产业传承。

3 结语

(1)贵州省地矿局建局以来63年发展历程中,地质找矿取得了辉煌成就。作为地质找矿重要技术手段的钻探工程,在小口径岩心钻探、大口径深井钻探、地下水机井钻探、浅层地温能钻探等领域的钻探设备、钻具配套、钻探工艺等均取得长足进步,形成了适合贵州省地质特点的综合钻探技术工艺体系。

(2)“十四五”期间以及今后一段时期,小口径岩心钻探重点考虑设备更新换代和深孔钻探工艺

研究,大口径深井钻探努力向非常规天然气和干热岩领域转型,浅层地温能钻探加快规模化专业施工队伍建设,各钻探单位积极打造能力转型进入瓦斯抽放产业,推动贵州省地矿局钻探行业的不断发展。

参考文献(References):

- [1] 李勇,宋继伟.贵州瓮安县老虎洞磷矿ZK1007孔钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S2):277-281.
LI Yong, SONG Jiwei. Drilling technology of Hole ZK1007 of Laohudong Phosphate Mine in Wengan county Guizhou province [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012,39(S2):277-281.
- [2] 班金彭,代云鹏,谭代卫,等.黔西南水银洞金矿涌水坑道钻探难点与对策[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(11):14-20.
BAN Jinpeng, DAI Yunpeng, TAN Daiwei, et al. Challenges and countermeasures for water kicks in tunnel drilling at Shuiyindong Gold Mine in Southwest Guizhou [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(11):14-20.
- [3] 宋继伟,李勇.贵州省页岩气调查井施工工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(8):26-30.
SONG Jiwei, LI Yong. Summary of shale gas investigation well construction technology in Guizhou province[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2013,40(8):26-30.
- [4] 郝海洋,宋继伟,蒋国盛,等.南方页岩气基础地质调查黔普地1井钻井施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(8):23-29.
HAO Haiyang, SONG Jiwei, JIANG Guosheng, et al. Drilling technology of Well Qianpudi-1 for basic geological survey of shale gas in Southern China[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(8):23-29.
- [5] 宋继伟,蒋国盛,李勇.南海珊瑚礁本底调查“琛科一井”钻探工艺[J].地质科技情报,2017,36(5):232-237.
SONG Jiwei, JIANG Guosheng, LI Yong. Drilling technologies of “Chenke-1 Well” for the background value survey of coral reef in South China Sea[J]. Bulletin of Geological Science and Technology, 2017,36(5):232-237.
- [6] 宋继伟,蒋国盛,李勇,等.中国南海珊瑚岛礁第四系覆盖层钻探取心技术[J].地质科技通报,2020,39(3):211-215.
SONG Jiwei, JIANG Guosheng, LI Yong, et al. Coring drilling technology of coral-reef Quaternary overburden in South China Sea [J]. Bulletin of Geological Science and Technology, 2020,39(3):211-215.
- [7] 宋继伟,蒋国盛,班金彭.中国南海珊瑚岛礁泻湖砂层钻探取心技术[J].地质与勘探,2020,56(6):1251-1257.

- SONG Jiwei, JIANG Guosheng, BAN Jinpeng. Coring drilling technology for the coral-reef lagoon sands tone formation in the South China Sea[J]. *Geology and Exploration*, 2020, 56(6): 1251-1257.
- [8] 李勇, 黄明勇, 宋继伟, 等. 贵州织金煤层气非储层水平井开发技术研究[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2017, 44(10): 31-36.
- LI Yong, HUANG Mingyong, SONG Jiwei, et al. Research on non-reservoir horizontal well development technology of Zhi-jin coalbed methane reservoir in Guizhou province[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2017, 44(10): 31-36.
- [9] 郝海洋, 李勇, 宋继伟, 等. 黔西南地区煤系地层井壁稳定技术探讨[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2019, 46(7): 8-13, 33.
- HAO Haiyang, LI Yong, SONG Jiwei Wellbore, et al. stabilization techniques in coal-bearing formation in Southwestern Guizhou[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2019, 46(7): 8-13, 33.
- [10] 陈怡, 王虎, 王剑, 等. 贵州省地热钻井工艺现状及发展探讨[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2017, 44(S1): 80-85.
- CHEN Yi, WANG Hu, WANG Jian, et al. Discussion on the kstatus and development of geothermal drilling technology in Guizhou province[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2017, 44(S1): 80-85.
- [11] 王虎, 陈怡, 段德培, 等. 贵州省深部地热钻井现状与发展建议[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2015, 42(2): 45-47, 52.
- WANG Hu, CHEN Yi, DUAN Depei, et al. Present situation of deep geothermal well in Guizhou and the development suggestion[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2015, 42(2): 45-47, 52.
- [12] 王虎, 苏宁, 王剑, 等. 车载钻机地热钻井多工艺组合钻进配套[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2017, 44(S1): 86-92.
- WANG Hu, SU Ning, WANG Jian, et al. Truck-mounted drilling rig matching with multiple drilling processes combination in geothermal drilling[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2017, 44(S1): 86-92.
- [13] 苏宁, 王虎, 王剑, 等. 多工艺钻井技术在贵州省遵义县ZK1井施工中的应用研究[J]. *地质与勘探*, 2016, 52(1): 165-172.
- SU Ning, WANG Hu, WANG Jian, et al. Application of multi-process drilling technology to the well ZK1 in Zunyi, Guizhou province[J]. *Geology and Exploration*, 2016, 52(1): 165-172.
- [14] 宋继伟, 蒋国盛, 苏宁, 等. 贵州省复杂地层地热深井钻探工艺[J]. *地质与勘探*, 2018, 54(5): 1024-1037.
- SONG Jiwei, JIANG Guosheng, SU Ning, et al. Drilling technology of deep geothermal wells for complex strata in Guizhou province[J]. *Geology and Exploration*, 2018, 54(5): 1024-1037.
- [15] 宋继伟, 蒋国盛, 班金彭. 贵州省地热深井开放式思维高质量成井综合技术[J]. *地质与勘探*, 2020, 56(5): 1065-1071.
- SONG Jiwei, JIANG Guosheng, BAN Jinpeng. Innovative and high-quality comprehensive completion technology of deep geothermal wells in Guizhou province[J]. *Geology and Exploration*, 2020, 56(5): 1065-1071.
- [16] 王剑, 王虎, 李勇, 等. 气举反循环钻进工艺在贵州地热井中的推广应用[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2019, 46(12): 18-23.
- WANG Jian, WANG Hu, LI Yong, et al. Popularization and application of air-lift reverse circulation drilling technology in Guizhou geothermal deep wells[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2019, 46(12): 18-23.
- [17] 王虎, 陈怡, 段德培, 等. 低渗透成膜钻井液在贵州深部地热井中的应用[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2015, 42(4): 13-15, 20.
- WANG Hu, CHEN Yi, DUAN Depei, et al. Application of low permeability film forming drilling fluid in deep geothermal well in Guizhou province[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2015, 42(4): 13-15, 20.
- [18] 畅利民, 郝海洋, 宋继伟, 等. 贵州贞丰水银洞金矿坑道钻探施工技术[J]. *西部探矿工程*, 2019, 31(1): 21-23, 26.
- CHANG Limin, HAO Haiyang, SONG Jiwei, et al. Tunnel drilling technology of Shuiyindong Gold Mine in Zhenfeng, Guizhou[J]. *West-China Exploration Engineering*, 2019, 31(1): 21-23, 26.

(编辑 周红军)