

# 坑道钻探施工技术规程探讨

梁 俭<sup>1</sup>, 高元宏<sup>1</sup>, 陈宗涛<sup>2</sup>, 段隆臣<sup>2</sup>

(1. 青海省第二地质矿产勘查院, 青海 西宁 810003; 2. 中国地质大学(武汉)工程学院, 湖北 武汉 430074)

**摘要:**坑道钻探在地质勘查、矿山勘探等活动中的应用越来越广泛,尤其是在地表钻探工程受地形深切而制约搬迁时,矿山企业为延长矿山服务寿命,坑道钻探就成为了首选的勘探技术。但由于其设备模块、作业环境、安全施工条件等特点,坑道钻探的施工安全、钻深能力无法满足日益发展的地质勘查和施工管理要求。同时,我国对坑道钻探的行业规范尚待补充、完善。正确评价安全施工条件、分析其施工特点,并制定相应的工艺方法,能有效保障坑道钻探的安全施工和钻探施工能力。本文以坑道钻探设备、工艺、施工环境、施工经验等为依据,结合多年的坑道钻探经验,整理了全液压坑道钻探施工特点,并将坑道钻探普遍的方法、公约整理成标准并形成规程,在指导坑道钻探安全、高效生产的同时,为安全管理提供依据,为补充和完善行业规范提供参考。

**关键词:**坑道钻探; 机场硐室; 施工环境; 技术规程; 安全规程

中图分类号: P634 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2016)09-0089-04

**Discussion of Technical Specification for Construction of Underground Drilling/LIANG Jian<sup>1</sup>, GAO Yuan-hong<sup>1</sup>, CHEN Zong-tao<sup>2</sup>, DUAN Long-chen<sup>2</sup>** (1. No. 2 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources of Qinghai Province, Xining Qinghai 810001, China; 2. Faculty of Engineering, China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China)

**Abstract:** Underground is widely applied in geological prospecting, mining exploration and other activities; especially when the removal is limited by the difficult surface drilling in deep dissected topography, underground drilling is sure to be the preferred technique for further exploration to extend the service life of the mine. As for its equipment modularization, working environment, construction conditions and other aspects, the ability of drilling depths can't meet the requirements of the increasing development of geological prospecting and construction management. At the same time, China's professional standard of underground drilling needs to be supplemented and improved. Only by proper evaluation of construction conditions, analysis on construction characteristics and developing appropriate technical methods, can safety construction and drilling construction capability of underground drilling be efficiently guaranteed. In this paper, based on the drilling equipments, technology, construction environment and years of experience of underground drilling, the characteristics of full hydraulic underground drilling construction are summed up, common methods and convention of underground drilling are collected and organized into specification as regulation, which are used to guide the safe and efficient production, can provide the basis for safety management and also can provide reference for the supplement and perfection of industry standards.

**Key words:** underground drilling; chamber; construction environment; technical specification; safety code

## 0 引言

坑道钻探是与地质坑探工程相结合进行深部勘探的重要工程手段,是多山、地形切割深、设备搬迁运输困难矿区进行深部勘探常采用的勘探方法之一。坑道钻探对延长矿山开发寿命、提高矿山坑道工程的使用效益具有重要意义<sup>[1-4]</sup>。同时,自“十一五”以后,随着矿产经济的迅速发展和我国发展生态经济的产业政策,坑道钻探在实现绿色地质勘查中具有良好的应用前景。

本文以坑道钻探设备、工艺、施工环境、施工经验等条件为依据,结合本单位多年来的坑道钻探经验,整理了全液压坑道钻探施工特点,并将坑道钻探普遍的方法、公约整理成标准并形成规程,在指导坑道钻探安全、高效生产的同时,为安全管理提供依据,为补充和完善行业规范提供参考。

## 1 坑道钻探施工技术的发展与应用现状

20 世纪 50 年代末,我国云南省个旧锡矿山企

收稿日期:2016-04-19; 修回日期:2016-08-16

作者简介:梁俭,男,汉族,1966 年生,副院长,工程师,钻探工程专业,长期从事岩石钻探工程施工工作,青海省西宁市朝阳西路 42 号, gy-hqhz2011@163.com。

通讯作者:段隆臣,男,汉族,1967 年生,教授,博士生导师,研究方向为岩石破碎学与金刚石工具,湖北省武汉市洪山区鲁磨路 388 号, duan-longchen@163.com。

业首先从国外引进了 JKS-25、泰美克-250 等型号的坑道钻探设备。此后,地质、煤炭、有色金属等部门自 80 年代也陆续开展了坑道钻探设备的应用<sup>[5]</sup>。国内赤峰、重庆等探矿工程设备生产企业陆续开发了 DK 型、MK 型和钻石型坑道钻探设备,并参照国外标准形成了  $\varnothing 46$  和 59 mm 两种孔径的自主标准,其中  $\varnothing 59$  mm 型的坑道钻探设备最大钻深能力可达 150 m。自 2000 年以来,青岛一诺钻机制造有限公司引进国外技术生产了上仰孔最深达 240 m、垂直孔达 380 m 的“Z”系列坑道钻探设备。

自 2006 年以后,我国部分地质勘查单位、矿山企业陆续引进了 Boart longyear(宝长年) LM75 型和瑞典 Atlas-copco(阿特拉斯)的 U6 型坑道钻探设备,并在云南腾冲、青海五龙沟矿区先后开展了应用<sup>[6-9]</sup>。

但是受地质勘查坑道钻探施工规范依据的缺失、施工环境的影响,实现坑道钻探安全生产管理和深部地质勘查的目标仍然受到制约。因此,研究并编制坑道钻探施工规范对于完善我国社会安全管理、地质勘查和矿山企业的安全生产管理,以及实现设备钻深设计目标和深部地质找矿都具有十分紧迫的需求和意义。

## 2 坑道钻探的施工特点

为适应施工场地、环境要求,我国坑道钻探设备均采用了全液压动力头式。相对于地表钻探,坑道钻探与其有明显的区别,具有自身的特点。

### 2.1 作业环境差

坑道作业环境和地表钻探不同,坑道钻探作业具有的特点如下。

(1) 井下作业、安全系数低(坑道冒顶偏帮、电线电缆、瘴气或交叉作业时的炮烟等安全隐患多)、空气质量差。

(2) 由于坑道内积水、污浆沉积、顶壁岩石裂隙水的渗漏使环境潮湿,作业人员在作业时必须采取防潮、防水措施,以及设备、管材、钻具、工具等防锈难度增加。

(3) 由于工作空间狭窄,带来作业不便、增加了更多的辅助工作,如:泥浆循环系统布置简短,无法布置沉淀坑,使得维护泥浆的辅助设备和频率增加等等。

(4) 受空间面积限制,钻探设备、辅助设备和设

施、钻探材料的现场布置、存放管理等难度增加,钻进过程更容易受到循环水温度、电压不稳定的影响,因此,钻进条件要求更高。

(5) 钻探生产期间由于空间狭小使得噪声更大,职业危害隐患更加突出。

### 2.2 劳动强度大

(1) 坑道内设备、设施、管材、泥浆材料、岩心等的搬迁无法使用机械设备,全靠人力搬运安装。

(2) 由于受作业环境的影响,单个回次短(1.5 m),回次总数增加,提下钻单次作业在 3.0 m 内。

(3) 辅助设备增加,辅助设施增加,辅助工作量增大。如:设备冷却水需要水泵、循环水坑,锚固钻机需要空压机、凿岩机、锚杆;坑道内施工过程中需要通风增加的风筒、风机、电线电缆、风筒、循环水管等的挂设,坑道内的污浆排放等。

(4) 泥浆的搅拌相对于地表钻探更加频繁,而且泥浆更容易受到地下裂隙水的侵污稀释,使维护泥浆的劳动力相对增大。

(5) 在施工上仰直孔时,需要提钻取心,劳动强度相对增大。

### 2.3 生产效率低

(1) 受空间狭小的影响,使单个回次的进尺降低,增加了取心的辅助时间。

(2) 由于搅拌机仅能使用  $0.5 \text{ m}^3$ ,使得搅拌泥浆的时间更长,由于没有循环槽、沉淀坑,使得维护泥浆性能的频数增加、难度增大,相对减少了钻进时间。

(3) 搬迁难度大,时间长,不能进行机械化搬迁,辅助工作更多,需要搬运的设备材料多,如:风机、凿岩机、风筒、循环水坑和水泵的布置、电线电缆和风筒风管循环水管的加设等,增大了钻探总台时,减少了台月时间。

(4) 设备配件不通用,调度难度大。

(5) 岩层稍有破碎,则极易发生岩心堵塞。

### 2.4 生产成本高

(1) 设备配件与地表钻探设备不通用,调配难度大,配件成本高。

(2) 相对于地表柴油发电机使用频率高,功率大,耗油多。

(3) 由于辅助时间长,增加了劳动力时间,使劳动力成本高。

(4) 单班劳动力人数定额相对于地表钻多,使

得劳动力成本高。

(5)因作业环境差,劳动力招工难度大、成本高。

(6)辅助设备多,材料种类多,如:空压机、凿岩机、污浆泵、变压器、电缆线等,相对增加了成本。

### 3 坑道钻探规程

近年来,由于我国坑道钻探设备的设计、制造加工、钻探施工工艺均参照了世界先进水平的 Boart longyear“LM-75”与 Atlas“U6”,同时,我国许多大型矿山企业和地勘单位广泛采用了由动力车提供动力的全液压力头坑道钻探设备,因此规程可以“LM-75”为依据,并结合其坑道钻探典型——青海省五龙沟地区、锡铁山,以及四川华峰地勘工程公司在云南省部分矿区的坑道钻探设计、施工及总结开展研究。

#### 3.1 机台硐室环境与设备安装

(1)坑道钻探场地建设标准:对于300 m以浅钻孔,宽×高×长=5.5 m×6.5 m×9.5 m;对于300 m以深钻孔,宽×高×长=7 m×6.7 m×11.5 m。

(2)安全评价与措施:硐室顶、壁存在水敏性的破碎带,则采用钢支架进行支护;无明显水敏性氧化蚀变,但有构造破碎带硐室,采用喷塑固化稳定;节理裂隙发育且碎裂带明显、整体性差,则采用锚杆加固,并辅以钢网围栏;岩石硬度在5级以上,岩层完整且无裂隙,则不予支护。

(3)设备安装:采用钎杆锚固,300 m以浅的钻孔锚固深度 $\leq 0.8$  m,300 m以深的钻孔锚固深度 $\leq 1.2$  m。

#### 3.2 开孔前的准备

(1)钻深要求:根据地质勘查坑道断面规程,承担坑道钻探NQ最大钻深为700 m,BQ最大钻深为1000 m。

(2)坑道钻探准备开钻前的检查:电线电路、水管、风管,以及壁挂;凡空气开关须放在密封较好的配电柜内;凡电线电缆与管线接头须要用高压防水胶布粘接,禁止使用普通胶布。

(3)坑道内应当加工材料工具架,将管材、钻具、工具等材料物资放置在架子上。采取预防管材、设备锈蚀的措施,避免工具、管材直接摆放在地面或浸泡在泥水中而生锈。

(4)检查循环水路系统是否有漏水现象,要保证循环水的清洁度、水量,温度要控制在规范要求的范围内。

(5)检查设备的液压油,动力头齿轮油,水泵里的机油等是否满足使用要求。

(6)检查固定钻机的锚杆是否牢固。

(7)检查送风管是否有漏风现象,检查空压机的工作状态和保养情况。

(8)检查主油箱液压油、动力头齿轮油、循环水滤心的状况。

(9)检查工作台的稳定状态。

(10)检查钻具、钻杆、钻头、内管总成与打捞器到位情况。

(11)检查水笼头的单动性能和注油嘴。

(12)检查工作人员的劳动保护用品的穿戴情况。

#### 3.3 坑道钻探安全生产要点

(1)保持良好通风、供风量。

(2)采矿或掘进交叉作业时,停止钻探生产。

(3)对危险不稳定的坑道围岩通过协调进行支护;对经过评估后无法保障安全施工环境的,则协商终止钻探施工。

(4)潮湿环境中顶、壁蚀变带和断层泥围岩易潮解、水化、应力变形,此时应当经过安全评估并根据评估结果确定是否重新支护。

(5)机台必须设置安全员,并每天检查坑道内的安全环境。

(6)搬迁作业时统一指挥。

(7)供电线需采用电缆输送。电缆、送风管、循环水应当分别挂设两边,相互间距 $> 10$  cm。

(8)循环水温 $> 40$  °C或水蒸气影响视线时,应当停钻更换循环水,并检查水滤芯。

### 4 坑道钻机安全操作规程

(1)交接班时,应当将坑道内顶、帮的岩石稳定性、电线、电缆、风管、送风机、坑道内的空气质量等进行详细交接,接班班组还应并检查核实。尤其是电线、电缆、风管是否有破损一定要详细检查<sup>[7]</sup>。

(2)坑道内岩心、钻杆运输应采用电动车或两轮人工车搬运,不能使用尾气排放超标的机动车。须防止空气污染、消耗。

(3)提下钻不能太快,最好在0.5 m/s左右。提

钻时要严格注意主动钻杆顶部顶撞坑道顶部岩石,防止发生顶部岩石脱落。

(4)在钻进仰角孔时,应当使用封水密闭的接头,并泵入有合适泵压的冲洗液,严防内管因下落太快可能造成对人员、设备、钻具的撞击事故发生。

(5)竖塔后,要上紧固定钻塔的螺丝。固定钻机的锚杆深度要大于15 m。如果在钻进过程中发现有松动现象,应当重新锚固。

(6)在钻进过程中如果发现电路、油路或机械部分的警示灯发亮,则应停车检查原因,并排除故障,不能再次或反复启动钻机强行钻进。

(7)在提钻、拧卸钻杆或钻进过程中,不能站在动力头底部。

(8)当下钻遇阻时,应当扫空,不能强行下压钻具,应防止压弯钻杆。

(9)施工结束后,对主巷道内的泥浆坑、泥浆应当清理和填埋,不能使其对搬运运输构成安全隐患。

(10)300 m以深的中深孔施工,须设计并采用机场硐室以外钻井液大循环系统,不能仅围绕机台。

(11)300 m以深的中深孔施工,冷却水须设计采用长循环进行冷却。

(12)经常采取清理坑道积水。不得在坑道内任意蓄水,不得将废浆存放在坑道内。

(13)班报表检查。包括水文报表、岩心牌、箱号的编写等。

## 5 设备保养与维护

(1)开钻前认真组织学习《设备维护保养、使用手册》和相关安全规范。

(2)检查钻机、柴油机的防冻液、机油、钻机液压油、齿轮油的用量是否足够、油品是否清亮,机油、柴油滤芯、油水分离器、空气滤心是否干净、拧紧。检查动力头、钻具、绞车等的注入黄油、黄油嘴、黄油枪的使用状态。液压油不能用多种品牌,亦不能混合使用,严防使用伪劣假冒产品。液压油有明显絮状物或透明度降低时必须更换液压油。液压油不能长期在高于40℃环境下运行。动力头内的齿轮油应当每班进行检查,发现油料变脏,必须进行更换。

(3)开钻前认真检查各个循环水管是否畅通,

钻具配备的间隙,总成单向阀等。动力头钻机下稳定器不能越级装配。

(4)根据地层充分搅拌泥浆,另外配制好相关的处理剂溶液,以便在钻井过程中对泥浆性能进行及时调整。

(5)根据覆盖层、地层情况准备钻具、套管、钻头、变丝接头等,确定钻孔结构。

(6)动力头式钻机的辅助设施如:扼型板、下夹持器不得随意拆除,施工斜孔时则必须安装。

(7)钻进过程中设备不能在压强>30 MPa条件下运行,防止损坏主泵和马达。

## 6 结语

该操作规程以我国广泛采用的全液压力头坑道钻探设备特点、地质坑探断面、施工环境及地勘和矿山单位的施工设计为依据,并参照了国外坑道钻探设备安全生产手册,从安全施工条件、施工特点、钻井液循环条件等方面进行了系统规范,能够对施工安全目标、坑道钻探钻深能力带来可靠的、有效的支持。同时,由于我国尚缺乏坑道钻探施工规程,该标准的探讨对我国形成坑道钻探行业规范具有一定的意义。

## 参考文献:

- [1] 汤凤林, A. F. 加里宁, 段隆臣. 岩心钻探学[M]. 湖北武汉: 中国地质大学出版社, 2009.
- [2] 张金昌. 地质岩心钻探技术及其在资源勘探中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(8): 1-6.
- [3] 徐国辉, 万道含, 杨树强, 等. 青海省都兰县五龙沟矿区坑道钻探工艺研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 42(11): 34-37.
- [4] 王达, 何远信. 地质钻探手册[M]. 湖南长沙: 中南大学出版社, 2014.
- [5] 田国志. 我国煤矿坑道钻探技术发展思考[J]. 内蒙古煤炭经济, 2015, (4): 56-57.
- [6] 肖胜祥. 硐探、坑道钻探在查岗诺尔铁矿的应用[J]. 西部探矿工程, 2012, (7): 189-191.
- [7] 盛光业. 矿区坑道钻探的安全防护[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(S1): 304-305.
- [8] 梁绪年, 李建斌, 刘清. 浅谈甘肃玛曲大水金矿坑道水平钻探施工[J]. 西部探矿工程, 2014, (8): 77-82.
- [9] MT/T 790—2006, 煤矿坑道勘探用钻机[S].