

北京大安山煤矿井下深孔钻探实践

卢尚春

(北京昊华能源股份有限公司大安山煤矿, 北京 102419)

摘要:北京大安山煤矿地表只有少数钻孔控制到+550 m水平,为探明下部煤层赋存条件,提高资源储量级别,应用ZDY1000G型全液压坑道钻机、S75绳索取心钻进工艺进行了硐内深孔钻探,完成了坑道内试验钻探孔深505.17 m。随之在2012—2014年共计钻探进尺8237 m,勘探增加资源储量1877.7万t。深孔钻探技术不仅加快了对深部水平煤层的勘探,探明了深部水平煤层赋存条件。为开拓工程部署提供了可靠的地质资料,而且减少了巷探成本,提高了工程效率。本文对井下硐内深孔钻探进行了介绍。

关键词:煤矿井下钻探;深孔钻探;绳索取心钻进

中图分类号:P634.5 **文献标识码:**B **文章编号:**1672—7428(2019)06—0031—05

Underground deep hole drilling in Beijing Daanshan Coal Mine

LU Shangchun

(Daanshan Coal Mine of Beijing Haohua Energy Resource Co., Ltd., Beijing 102419, China)

Abstract: Only a few boreholes in Beijing Daanshan Coal Mine were controlled to the level of +550m. In order to explore the occurrence conditions of deeper coal seams and improve the magnitude of order of resource reserves, a ZDY1000G full-hydraulic tunnel drill rig and S75 wire-linecore drilling technology were used to carry out deep hole drilling in the adit. The test drilling depth in the tunnel was 505.17m. Subsequently, from 2012 to 2014, the total drilling amount was 8237m, resulting in an increase in the resource reserves by 18.777 million tons through exploration. On the one hand, the deep hole drilling technology can accelerate the exploration of deep horizontal coal seams, and define the occurrence condition of deep horizontal coal seams, which provide reliable geological data for the development of the project. On the other hand, it also reduces the cost of tunnel exploration and improves the efficiency of development. In this paper, the deep hole drilling in the tunnel is introduced.

Key words: underground drilling in coal mine; deep hole drilling; wire-line core drilling

0 引言

大安山井田位于北京市房山区大安山乡,井田面积29.4579 km²,隶属于北京昊华能源股份有限公司。以往的勘探中,地表只有少数钻孔施工至+550 m水平,该水平以下煤层赋存条件未探明(属远景规划资源储量)。为探明下部煤层赋存条件,提高资源储量级别,大安山煤矿与中煤科工集团西安研究院合作进行煤矿井下深孔钻探技术研究。采用中煤科工集团西安研究院生产的ZDY1000G型全液压动力头式坑道钻机、S75绳索取心钻进工艺,进行了500 m孔深钻探试验。

1 地层情况

1.1 地层

大安山煤矿煤系为下侏罗统窑坡组陆相含煤建造,上覆龙门组砾岩,下伏南大岭组玄武岩、凝灰岩、凝灰质粉砂岩、变质岩,地层以缓倾斜为主,倾向NE,主要由深灰色、黑灰色粉砂岩和灰色、浅灰色砂岩及煤组成。岩相以河床相、湖泊相、河流三角洲相为主。

1.2 含煤地层

500 m范围内可采煤层8层,其中薄煤层3层,中厚煤层5层。孔口为15槽顶板粉砂岩。

收稿日期:2019—03—11; 修回日期:2019—05—28 DOI:10.12143/j.tkgc.2019.06.006

作者简介:卢尚春,男,汉族,1981年生,工程师,勘查技术与工程专业,从事煤矿地质钻探工作,北京市朝阳区利泽中路1号望京科技发展大厦A1505室,lushangchun@163.com。

引用格式:卢尚春.北京大安山煤矿井下深孔钻探实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(6):31—35.

LU Shangchun. Underground deep hole drilling in Beijing Daanshan Coal Mine[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019, 46(6): 31—35.

2 设备选择

2.1 钻机

选择 ZDY1000G 型全液动力头式坑道钻机(结构见图 1)。该钻机转速高,系煤矿和金属矿井钻探的多种用途的钻孔。既可满足地质勘探、瓦斯抽放、注水及其它硐内工程施工,也可用于地面勘探施工,适用于金刚石、硬质合金钻进和冲击回转钻进。



图 1 ZDY1000G 型全液压坑道钻机

Fig.1 ZDY1000G full-hydraulic tunnel drill rig

该钻机采用分组式布置,全机分主机、泵站、操纵台 3 大部分,各部分之间用液压胶管连接,摆布灵活,解体性好,在现场拆装和搬迁方便。主要技术参数见表 1。

表 1 ZDY1000G 型钻机主要技术参数

Table 1 Main technical parameters of ZDY1000G drilling rig

回转器	额定转矩/(N·m)		1000~220
	额定转速/(r·min ⁻¹)		270~1000
	额定压力/MPa		26
	额定流量/(L·min ⁻¹)		110
	主轴倾角/(°)		-90~30
给进装置	最大给进(起拔力)/kN		85
	给进(起拔)行程/mm		1200
	额定压力/MPa		21
	额定流量/(L·min ⁻¹)		13
液压泵站	电动机	额定功率/kW	55
		额定转速/(r·min ⁻¹)	1480
整机	钻机主机质量/kg		1280
	主机运输状态外形尺寸(长×宽×高)/mm		2565×820×1635

2.2 泥浆泵

试验中选用 BW-250/50 型泥浆泵,该泵具有压力高、泵量大、工作平稳、安全可靠的特点。

2.3 附属设备及工具

根据本工程特点,选用 SJ-X 型绳索取心绞车及 S75-J 型木马夹持器,并采用多点测斜仪。

3 钻具选择

3.1 钻头

选用了 3 种规格的孕镶金刚石钻头(如图 2 所示)。 万方数据



图 2 实验钻头

Fig.2 Test drilling bits

A 型钻头:孕镶热压锯齿形金刚石钻头。金刚石粒度 46~70 目,金刚石浓度 100%,胎体硬度 HRC30~35,工作层厚度 6 mm,水口数量 10 个。

B 型钻头:电镀锯齿形金刚石钻头。金刚石粒度 46~70 目,金刚石浓度 100%,胎体硬度 HRC25~30 或 35~40,水口数量 8 个。

C 型钻头:JBD-75S 仿生金刚石钻头。金刚石粒度 35~40、50~60 目,金刚石浓度 80%,胎体硬度 HRC32~38,水口数量 8 个。

3.2 扩孔器

选用 $\varnothing 75.5$ mm 普通孕镶金刚石扩孔器。

3.3 绳索取心钻具

配备 3000 mm(长度)×5.5 mm(壁厚)的 S71 绳索取心钻杆 200 根。选用 S75 绳索取心钻具。外管 $\varnothing 73$ mm,内管 $\varnothing 56$ mm,长 2000 mm,设计取心长度 1900 mm。

4 钻探工艺

4.1 钻场设计和设备安装

4.1.1 钻场设计

钻场设计要根据煤矿井下硐室设计规范和煤矿安全规程,以及钻机和各种附属设备的安装尺寸,同时考虑钻场水、电和通风需要^[1]。

4.1.2 设备安装

所有设备到达钻场后,先进行钻机的安装。用地脚螺钉把钻机底座固定在已经凝固好的水泥基座上,接上支撑杆短节,松开机身与前、后横梁及支撑杆与横梁上的锁紧轴瓦螺钉。然后用支撑油缸将机身缓缓顶起到垂直角度,用地质罗盘测量垂直角度无误后,拧紧所有螺栓,然后安装提升架。

将泵站、操作台和泥浆泵放置在有利于安全操作的地方^[2],进行管路的连接。使用专用脚手架及木质材料大板,搭建 2 层工作台。工作台搭好后安

设 2 层护栏,上、下工作台设有人行梯子,安全带固定在后方较高层护栏中部^[3]。给油箱加满油,电源和水源到位后,开机试运行,待所有准备工作完成后,开始正常钻探。钻场的平面布置如图 3 所示。

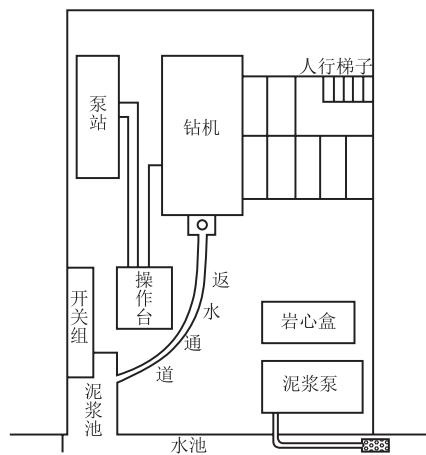


图 3 钻场布置示意

Fig.3 Schematic layout of drill site

4.2 钻进工艺及流程

4.2.1 绳索取心施工流程

开孔用 $\varnothing 91$ mm 的单管钻头进尺 1.5 m,下 $\varnothing 89$ mm $\times$ 4.5 mm 孔口管,然后用 S75 绳索取心钻具钻进^[4]。

4.2.2 钻进技术参数

4.2.2.1 钻压

绳索取心钻头比普通双管钻头底唇面积大,要求的钻压也相应增大^[5],通常情况下 S75 钻头所需钻压 7~13 kN,具体以孔底压力计算为依据并视孔底地层情况进行调整。

0~260 m 孔段采用加压钻进,由于 +550 m 以下岩层多以粉砂岩和细砂岩为主,针对地层情况,给进压力为 0~3 MPa;当孔深 $\geq$ 260 m 后,钻具重力超过了钻头所需要的压力,应进行减压钻进。随孔深的增加,逐步调整背压,使钻头压力始终处于合理范围以内^[6]。

孔底压力的计算如下:

$$F_{\text{钻}} = 4000i(P_{\text{给}} - P_{\text{起}}) + G_{\text{头}} + G_{\text{杆}} - 4416P_{\text{泵}}$$

式中: $F_{\text{钻}}$ ——孔底压力,N; i ——传动效率,液压缸—链条传动机构的传动效率取 0.79~0.82; $P_{\text{给}}$ ——给进压力表压力,MPa; $P_{\text{起}}$ ——起拔压力表压力,MPa; $G_{\text{头}}$ ——动力头重力,N; $G_{\text{杆}}$ ——钻杆重力,95 (N/m) $\cdot L$; L ——钻杆长度,m; $P_{\text{泵}}$ ——泥浆泵压力,MPa。万方数据

4.2.2.2 转速

转速的选取决定于地层、孔深、钻孔结构及钻具级配等多个因素^[7]。由于整个钻孔结构简单,一径到底,环空间隙较小,故在孔深 0~300 m 时使用高转速钻探,根据岩层的软硬不均,转速变化范围为 400~750 r/min。随着孔深的增加,钻杆质量也不断增加,在 300 m 以深时,转速也逐渐降低,转速变化范围为 240~400 r/min。

4.2.2.3 泵量和泵压

绳索取心钻进泵量的确定,应以确保有效清除、携带岩粉和冷却钻头为准^[8]。根据规程,S75 钻进泵量范围为 40~60 L/min。此次试验,开孔及孔深 $\leq$ 20 m 段,泵量为 36 L/min。其后,选择泵量为 52 L/min。

4.2.3 合理使用金刚石钻头

(1)金刚石钻头、扩孔器要排队轮换使用,先用外径大的后用外径小的^[9]。

(2)钻头与扩孔器必须合理级配,扩孔器外径应比钻头外径大 0.3~0.5 mm。

4.3 冲洗液及护壁堵漏

为防止对地下水的影响,钻探施工中,采用清水作为钻井液。当钻遇松散、破碎的煤层时出现孔壁坍塌,频繁憋泵,采用灌注水泥浆进行加固^[10]。

一般选用普通硅酸盐水泥,水灰比为 0.3~0.5,注浆时将钻具提离孔底 2~3 m,将搅拌均匀后的泥浆从钻杆中间倒入孔底,边倒边提钻^[11],直到记录塌孔处最上层的煤层位置停止注浆,然后将钻具全部提出孔外,并冲洗所有钻杆内壁,防止钻杆内孔水泥浆凝固结垢。随孔深的不同,候凝 36~72 h,然后下钻扫孔后进行钻进。试验孔共注浆 6 次,效果都比较理想。

5 施工效果

5.1 钻孔质量

经验收,钻孔质量达到优良。

(1)岩心采取率。是反映钻探质量的指标,和地层岩性破碎程度、钻探技术和质量控制有关^[12]。破碎岩层降低钻速和给进压力,可减少破碎岩层的扰动^[13]。降低取心回次长度可减少岩心管内岩心磨损^[14]。通过统计,本孔平均岩心采取率达 99.2%。

(2)孔斜。在钻进过程中控制好压力、转速,下

套管后重新钻进、扩孔,大径换小径时加导正器以防止钻孔偏斜。钻孔施工过程中及终孔后,经测量钻孔弯曲情况如表 2 所示。开孔换径后在孔深 50 m 处顶角为 0.91°,终孔孔深 505 m 处顶角为 8.74°,全孔方位基本在 135°左右。分析原因,一是钻机安装时采用罗盘进行钻机垂直度校核时,误差较大;二是换径时未带导向,使 S75 钻具偏向 135°方向。

表 2 钻孔测斜数据
Table 2 Borehole inclination data

测井次数	测井深度/m	顶角/(°)	方位角/(°)	测井次数	测井深度/m	顶角/(°)	方位角/(°)
1	1.5	0.50	137	7	300	4.41	135
2	50	0.91	134	8	350	5.34	133
3	100	1.55	135	9	400	6.44	136
4	150	2.13	133	10	450	7.53	134
5	200	2.74	134	11	505	8.74	135
6	250	3.56	137				

(3)孔深误差测量与校正。终孔后,对孔深进行校正,孔深误差率<1‰,故不需修改报表,终孔孔深 505.17 m。

(4)封孔。终孔后,选用水灰比为 0.3~0.5 的普通硅酸盐水泥进行封孔。

(5)原始资料。钻探施工中,及时记录和整理了有关资料,工作结束后,对有关原始资料及时进行了整理归档。

5.2 经济技术指标

(1)经统计,钻探施工历时 63 d,采用绳索取心钻进工艺,正常钻探 92 个台班,纯钻时间 401.70 h,终孔深度 505.17 m,顺利完钻。

(2)共使用 S75 金刚石绳索取心钻头 9 个。

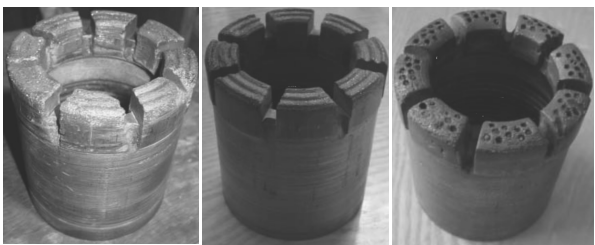
(3)平均时效 1.26 m,钻月效率 240.56 m,台月效率 494.19 m。

5.3 钻头使用效果

试验孔共使用了 3 种金刚石取心钻头,图 4 为使用过的 3 种钻头。施工中,当注浆或钻进时效明显降低的情况下提大钻更换钻头^[15],故每个钻头只使用了一个回次。从钻头使用效果可以看出,时效降低主要是金刚石出刃不好,而工作层尚未完全消耗。如果进行修复,仍可继续使用。

经统计,单个金刚石钻头进尺及时效如表 3 所示。

从表 3 分析得出,3 种钻头在胎体硬度、金刚石粒度、水口数量这几个参数上有所差别,针对大安山



A型钻头 B型钻头 C型钻头

图 4 使用后的金刚石取心钻头
Fig.4 Diamond coring bits after use

表 3 试验用金刚石钻头钻进情况统计
Table 3 Test drilling data of diamond bits

序号	钻头型号	纯钻时间/h	进尺/m	时效/m		钻遇岩层
				平均	最高	
1	B1	53.85	48.17	0.89	3.60	
2	C1	37.32	28.10	0.75	1.22	粉砂岩、粗砂岩、煤
3	B2	34.60	31.90	0.92	1.40	
4	A1	26.27	57.70	2.20	3.60	
5	A2	12.75	12.80	1.00	1.78	粉砂岩、煤
6	B3	60.81	94.60	1.59	3.55	
7	A3	89.90	141.20	1.57	3.00	细砂岩、粉砂岩、煤
8	B4	33.80	32.80	0.97	1.58	
9	A4	52.40	57.90	1.10	2.05	煤
合计		401.70	505.17	1.26	3.60	

煤矿井下岩层以细砂岩和粉砂岩为主,A 型钻头相比其它两种钻头进尺多,时效快,寿命也长,比较适合大安山煤矿的地层。

6 结论与建议

(1)应用 ZDY1000G 型全液压坑道钻机,采用 S75 绳索取心钻进工艺,有效地提高了效率。

2012—2014 年共计钻探 8237 m,增加资源储量 1877.7 万 t,年进尺由 3000 m 提高到 4500 m,对深部煤层补充勘探,部署开拓工程提供了可靠的地质资料,减少了成本,提高了效率;钻探效率有了大幅提高,平均时效 1.26 m,最高达 3.6 m。台月效率在 500 m 左右。经统计,岩心采取率达到了 95% 以上。

(2)针对以粉、粗砂岩和煤层为主的地层,应选用合适的孕镶金刚石钻头。

实验及后续施工中,热压孕镶金刚石钻头相比其它两种钻头寿命长,时效快,较适合大安山煤矿的地层,其胎体硬度应控制在 HRC30~35。

(3)ZDY1000G 型钻机在硐内(井下)勘探中有较大的应用潜力。

选择 ZDY1000G 型全液压力头式钻机,转速

高,扭矩大,集成度较高,组装方便。既能满足煤矿和金属矿井钻探的多种用途的钻孔,又可满足地质勘探、瓦斯抽放、注水及其它工程洞内施工。适用于金刚石、硬质合金钻进和冲击回转钻探。在洞内(井下)勘探中有较大的应用潜力。

(4)应加强洞内(井下)施工管理。

洞内(井下)施工,涉及施工用水、电和相关机具材料的运输搬迁及通风等安全生产因素较多,是一个较复杂的系统工程。必须加强整体协调和综合管理,对于首次参与施工的人员,必须进行全面的安全生产教育培训,合格后方可进行施工。

参考文献(References):

- [1] 北京京煤集团有限责任公司.煤矿安全生产操作规程[Z].2015. Beijing Jingmei Group Co., Ltd. Operation code for safe production in coal mines[Z]. 2015.
- [2] 吴光琳.定向钻进工艺原理[M].四川成都:成都科技大学出版社,1991. WU Guanglin. Principle of directional drilling technology[M]. Chengdu Sichuan: University of Science and Technology of Chengdu Press, 1991.
- [3] 秦沛.矿山洞内同一位置垂直向上向下钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004, 31(11):47—49. QIN Pei. Tech. of drilling vertically up and down from same point in mining tunnel[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2004, 31(11):47—49.
- [4] 李世忠,等.钻探工艺学[M].北京:地质出版社,1992. LI Shizhong, et al. Drilling technology[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1992.
- [5] 王三牛,牛庆磊,杨引娥.PDC 金刚石复合片扩孔钻头及其在科学深钻中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S2): 145—148. WANG Sanniu, NIU Qinglei, YANG Yine. PDC reaming bit and its application in scientific deep drilling[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012, 39 (S2):145—148.
- [6] 张鸿飞.深部找矿钻探施工工艺与方法[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(10):26—31. ZHANG Hongfei. Construction technologies and methods for deep coal prospecting[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012, 39(10):26—31.
- [7] 彭步涛.绳索取心煤田钻探深孔施工综述[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S2):60—65.

- PENG Butao. Review of wire-line core drilling technology in coalfield deep boreholes[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012, 39(S2):60—65.
- [8] 邢士学.煤田钻探绳索取芯技术探讨[J].煤炭技术,2008, 27 (9):154—155. XING Shixue. Discussion of core-drilling technology of wire-line coring in coalfield exploration[J]. Coal Technology, 2008, 27(9):154—155.
- [9] 刘广志,等.金刚石钻探手册[M].北京:地质出版社,1991. LIU Guangzhi, et al. Diamond drilling handbook[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1991.
- [10] 王有东.绳索取心钻进技术在煤田勘探超深孔施工中的应用[J].中国煤炭地质,2009,21(4):67—69,72. WANG Youdong. Application of wireline core drilling in coalfield ultra-deep boreholes[J]. Coal Geology of China, 2009, 21(4):67—69,72.
- [11] 陶士先,刘四海,胡继良.地质钻探堵漏新技术的初步研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(11):13—16. TAO Shixian, LIU Sihai, HU Jiliang. Preliminary study on control of lost circulation for the geological drilling[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012, 39(11):13—16.
- [12] 洪安娜,严家平,张玉林,等.应用钻探岩芯采取率评价煤层瓦斯含量及分布[J].煤炭科学技术,2009,37(3):103—105. HONG Anna, YAN Jiaping, ZHANG Yulin, et al. Application of core drilling collecting rate to evaluate seam gas content and distribution[J]. Coal Science and Technology, 2009, 37(3):103—105.
- [13] 何远信,刘家荣,翁炜,等.深部高效钻探技术研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S2):84—88. HE Yuanxin, LIU Jiarong, WENG Wei, et al. Research on high efficiency deep drilling technology[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012, 39 (S2):84—88.
- [14] 畅利民.贵州瓮安磷矿 ZK811 孔复杂地层深孔钻探施工工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S2):291—293. CHANG Limin. Deep hole drilling process for Borehole ZK811 in difficult formation at Weng'an Phosphate Mine, Guizhou Province[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012, 39(S2):291—293.
- [15] 石伯彪.绳索取心钻进孔斜及其防斜探讨[J].西部探矿工程, 1990, (3):69—80. SHI Bobiao. Discussion on causes and prevention of deviation in wire-line core drilling[J]. West-China Exploration Engineering, 1990, (3):69—80.

(编辑 王建华)