

# 采用空气潜孔锤钻进技术在井筒内施工泄水孔实践

李广兵, 叶礼明, 李泉, 石民, 宋毅鑫  
(淮北矿业(集团)勘探工程有限责任公司, 安徽 淮北 235047)

**摘要:**袁店一井煤矿风井井筒基岩段施工中遇工作面大量涌水,排水能力无法满足掘砌需要。为保证井筒掘砌施工安全,提出施工钻孔直达风巷的方法进行快速泄水,但已无法进行传统泥浆钻进。通过采用长距离悬空钻杆结合空气潜孔锤钻进技术以及孔口管的安装等施工工艺和措施,有效解决了岩粉上返、水压过大、钻杆摆动等施工技术难题,快速地完成了泄水孔的施工,成功将井筒基岩段涌水排入井下水仓,从而确保了井筒的安全和快速施工。

**关键词:**井筒涌水;悬空钻杆;孔口管;潜孔锤钻进;空气钻进

中图分类号:P634 文献标识码:B 文章编号:1672-7428(2017)06-0048-04

**Practice of Drainage Hole Construction in Shaft by Air DTH Drilling Technology/LI Guang-bing, YE Li-ming, LI Quan, SHI Min, SONG Yi-xin** (Huaibei Mining Group Exploration Engineering Co., Ltd., Huaibei Anhui 235047, China)

**Abstract:** Large amount of working face gushing water was encountered in the bedrock section of air shaft in Yuandian 1st coal mine, the drainage capacity could not meet the needs of excavation and lining. In order to ensure the safety of shaft excavation and lining, rapid releasing by direct drilling to air shaft was proposed, but the conventional mud drilling could not be used. By long-distance suspended drill pipe with air DTH hammer drilling technology, conductor pipe installation and some other construction technologies and measures, the technical difficulties of rock powder returning upward, too large water pressure, drill pipe swinging and some others have been effectively solved, the drainage hole construction is completed smoothly, the gushing water in bedrock section is discharged into the underground sump.

**Key words:** shaft water gushing; suspended drill pipe; conductor pipe; DTH hammer drilling; air drilling

## 0 引言

地面预注浆技术是矿山特殊地层凿井的一项重要技术<sup>[1-2]</sup>,在煤矿井筒建设需要穿过含水丰富的基岩地层时往往会采用该技术,在淮北矿区有多次应用<sup>[3-6]</sup>。地面预注浆一般是在井筒掘砌之前完成,才能有效隔绝涌水对施工安全的影响。如若在掘砌过程中遇大量涌水工作面注浆无法有效施工时再考虑采用地面预注浆的方法,将会大大影响施工进度与施工成本。陕西彬县长安矿并排研立并在施工过程中遇到工作面大量涌水的问题,针对这一问题,提出了一种利用长距离悬空钻杆导向管钻孔技术,模拟钻孔环境进行泥浆循环钻孔施工,将涌水导入巷道,成功对工作面进行了泄水<sup>[7]</sup>。本文结合工程实例,提出另一种施工方法,利用空气钻进技术,以快速有效地解决井筒掘砌工作面涌水问题。

## 1 工程概况

袁店一矿东风井设计深度 757.50 m,净直径 6500 mm,311 m 以浅冲积层及基岩风化带采用冻结

法施工,余下 446.5 m 基岩段采用普通凿井法施工。掘进至 316 m 位置时遇含水层,井筒涌水量急剧增大,最大涌水量达到 80 m<sup>3</sup>/h。由于现场设备能力有限,每天排水时间高达 12 h,已经无法满足掘进以及井壁浇筑等施工的需要。为了解决该施工问题,提出采用长距离悬空钻杆结合空气潜孔锤冲击回转钻进施工工艺从风井工作面施工垂直钻孔至井筒下口进入已经建成的回风巷道,将井筒涌水引至井下水仓,再由此排出矿井。

## 2 地质特征及水文地质条件

该孔位于矿井东部,根据袁店一井煤矿东风井检查钻孔提供的地质资料:钻孔穿过地层自上而下依次为第四系和二叠系。第四系厚约 269.30 m,基岩部分主要由泥岩、粉砂岩、砂岩、煤层和破碎带组成,其中破碎带分为 5 层:①450.76~461.93 m,厚度 11.17 m;②467.05~469.05 m 含水层,厚度 2.13 m;③499.02~503.29 m 含水层,厚度 4.27 m;④535.50~537.00 m 含水层,厚度 1.50 m;⑤655.64

收稿日期:2016-07-25;修回日期:2017-05-09

作者简介:李广兵,男,汉族,1989年生,石油与天然气工程专业,硕士,从事煤田地质与勘探及大口径钻孔施工工作,安徽省淮北市杜集区梧桐中路18号,lgbing1989@126.com。

~658.62 m,厚度2.98 m。

根据检查孔水文地质资料,316 m工作面以深还存在4个含水层:①388.50~399.75 m含水层,厚度11.25 m;②471.75~486.05 m含水层,厚度14.30 m;③609.25~614.35 m含水层,厚度5.10 m;④745.10~754.26 m含水层,厚度9.16 m。根据检查孔测井资料,预计井筒涌水量 $80\text{ m}^3/\text{h}$ 。

### 3 钻孔设计

#### 3.1 确定钻孔地面位置

鉴于井筒工作面空间不足,加之已开挖部分难于进行传统的泥浆循环钻井,提出在井筒上口布置钻机。袁店一矿东风井抢险快速放水钻孔理论孔位应设在东风井井筒中心,但由于既有矿建现有井架限制,钻机天车只能固定在矿建井架一个地方,从而导致钻孔无法布置在井筒中心,只能从天车下放中线找垂点,找最近的点安装施工。

#### 3.2 工作面导向管铺设

井下工作面预先施工一段5 m钻孔,钻孔埋设孔口管,固管止水。工作面再用护筒浇筑混凝土稳固孔口管。孔口管用钢丝绳结合螺旋锚杆固定在井筒壁上,以防止钻进过程中钻杆摆动打脱孔口管。

#### 3.3 钻孔施工方案

利用长距离悬空钻杆空气潜孔锤回转钻孔技术进行钻井。一方面借助空气作为携岩介质,岩粉直接排至井筒工作面,另外一方面利用空气作为潜孔锤冲击的动力来源。钻进过程中采用低转速、低钻压钻进。同时与矿建队伍排水工作做好协调工作。终孔测斜至关重要,一旦钻孔未进入巷道,采取井下巷道贯通泄水。

根据排水需要,设计钻孔深度为755.84 m,钻孔施工长度为439.84 m,孔径216 mm。钻孔内下放 $\text{O}139.7\text{ mm}\times 9.17\text{ mm}$ 筛管,丝扣外管箍连接,丝扣涂抹环氧树脂结构胶。设计钻孔结构如图1所示。

### 4 钻孔施工

#### 4.1 加固工作

由于井口空间有限,无法进行正常的钻机井架安装,结合现场环境和钻进需要,对钻机底盘和井架天轮平台做了相应加固工作,达到满足钻孔施工安全要求。由于钻机坐在井筒底盘的工字钢上,施工前

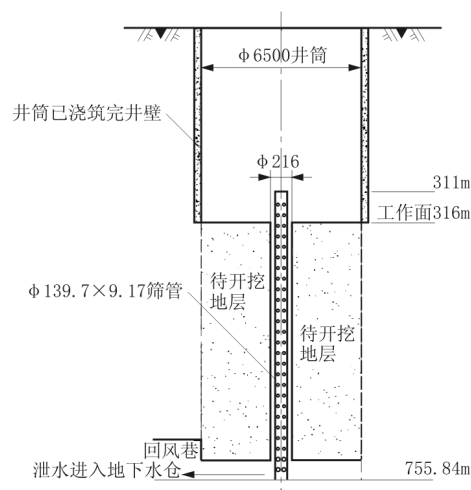


图1 设计钻孔结构示意图

必须对工字钢进行加固,设计用2个25a槽钢对面焊接加固支撑,下支撑点为永久井壁,上支撑点为井筒底盘的工字钢。钻机卷扬底盘下用螺栓固定在井盘底梁。天车底盘安装在井筒天轮平台的工字钢上,用钢板及销钉、螺丝加固。

#### 4.2 导向管施工

(1) 钻具下到掘进工作面后,在井底钻具垂点用风锤和风镐挖好钻头钻窝,钻窝大小稍大于 $\text{O}311\text{ mm}$ 潜孔锤,深度 $\leq 1\text{ m}$ 。

(2) 用 $\text{O}311\text{ mm}$ 潜孔锤钻进5 m以便下放孔口管。将加工好的长度12 m的带喇叭口的孔口管( $\text{O}244.5\text{ mm}$ 钢管)下入钻孔,然后在孔口管上部用螺旋锚杆和钢丝绳将之与井壁使进行固定。调整好中心位置,用水泥浆进行固管。在孔口管外围用长1.3 m规格 $\text{O}1500\text{ mm}\times 7\text{ mm}$ 的管材作为护筒,内部扎钢筋笼后浇筑C40混凝土,护筒外用混凝土做坡脚固定。导向管结构见图2。

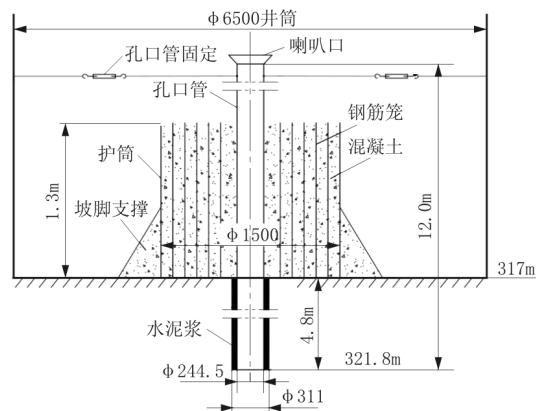


图2 导向管结构示意图

(3)固管时间 $\leq 3$  d。之后经试验合格后方可进行下一步钻进工作,否则必须重新固管。

#### 4.3 钻进设备及机具选择

(1)根据空气钻进技术要求,结合现场情况,采用两空一增的空气钻进设备配置。通过设备选型最终确定了钻机等设备型号,具体情况见表1。

表1 主要设备情况

设备名称	规格型号	数量	功率/kW
钻机	TSJ-2600	1台	110
空压机	寿力 DLQ1250XHH/1525XH	2台	700
增压机	ZR4015MPA	1台	400
电动机	900 r/min	1台	110
Ø311 mm 潜孔锤	TD112	1组	
Ø216 mm 潜孔锤	ACE80	2组	
陀螺测斜仪	自寻北陀螺测斜仪	1套	

空压机是空气钻进施工的关键设备。空压机采用美国寿力 DLQ1250XHH/1525XH 双工况型,低压挡额定压力 2.41 MPa (350 Psi) 时,气量 43.2 m<sup>3</sup>/min;高压挡额定压力 3.45 MPa (500 Psi) 时,气量 35.4 m<sup>3</sup>/min。增压机选用蚌埠产 ZR4015MPA 型,气量 40 m<sup>3</sup>/min,最大增压到 15 MPa。

(2)为保证钻孔垂直度,防止孔斜,同时考虑钻进气量问题,主钻具采用 Ø127 mm 钻杆。钻具组合为:Ø127 mm 钻杆 + Ø178 mm 钻铤 + Ø311/216 mm 潜孔锤。

#### 4.4 施工环境改进

(1)由于井筒内有吊盘、井口有封口盘等,这些设施影响钻孔布置。因此,应对吊盘、封口盘和二层平台进行改造,即把对钻孔施工有影响的部位进行开孔切除,切除部分待钻孔完毕后再进行恢复;为防止切除部分坠落至井筒内,提前对切除部分采取安全防坠措施。

(2)对于井口薄弱部分,重新铺垫钢板;井口所有电缆进行包裹,以免损坏伤人;加工工作台板,以便工人方便操作。现场施工环境见图3。

#### 4.5 钻进工艺参数

钻孔施工总长度 448 m,实际钻进工期 9 d(纯钻进时间 48 h),平均 49.7 m/d(9 m/h)。空气钻进设备组合及施工现场布置如图4所示。

##### 4.5.1 转速

为确保在钻进过程中钻杆的摆动幅度及对孔口管的扰动降到最低,将转速降低到 30 r/min 左右。

##### 4.5.2 钻压

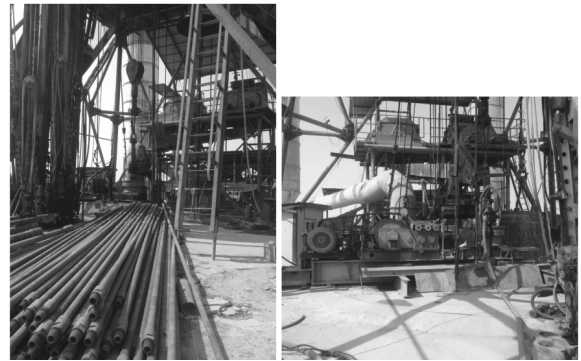


图3 现场施工环境

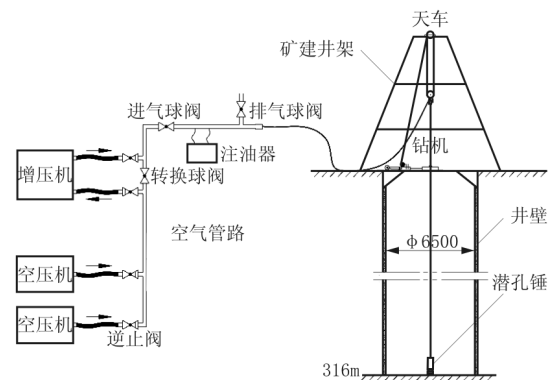


图4 空气钻进设备组合施工现场布置示意

由于潜孔锤的特殊构造和工作原理,压力过大或者过小冲击器均无法工作或者效率很低,进尺慢,所以根据现场的地层情况,钻压控制在 20 kN 左右的低压力。钻进时要给压均匀,采用悬吊钻进,以防钻杆产生较大的横向扭矩。

##### 4.5.3 气压

空压机出气压力受钻孔深度及涌水量的影响。随着钻孔深度的增大不断增大,特别是开始钻进时用于举水的压力增加得很快。开孔时压力举水空气压力 1.5 MPa,钻进压力 1.2 MPa;400 m 时举水空气压力超过了 3.5 MPa,不得使用增压机举水,举水结束后再使用普通空压机钻进,钻进时空气压力达到了 1.8 MPa;穿过第二层含水层后压力明显上升,到 600 m 时举水空气压力达到了 4.5 MPa,钻进时空气压力 2.7 MPa;随后压力增加的更大,举水压力达到了 5 MPa,钻进时空气压力也是达到了 3.4 MPa。

#### 4.6 终孔结构

钻孔终孔深度 762 m,达到设计深度,由于该孔技术条件限制,无法使用泥浆配合螺杆钻具,难以纠斜,钻孔未进入巷道。经过现场会商研究决定利用

自寻北陀螺仪钻杆内进行测井,找准方位在井下巷道内施工钻孔对接贯通泄水。钻孔施工完毕,下入 $\Phi 139.7\text{ mm} \times 9.17\text{ mm}$ 筛管,泄水成功,泄水量达到约 $100\text{ m}^3/\text{h}$ 。

钻孔实际结构如图5所示。

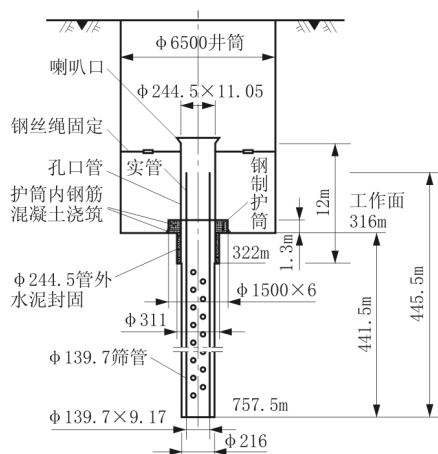


图5 泄水钻孔实际钻孔结构示意图

## 5 结语

经过相关技术攻关与方案调整,解决了制约长距离悬空无法进行传统泥浆钻进及钻杆摆动的问题,克服了水量大、压力大的施工影响因素,圆满完

成钻孔的施工任务。该施工方法与地面预注浆相比,投入低、速度快。本次工程经验为建井中遇到涌水情况提供了一项经济高效的解决方法。不足之处是孔斜难以控制,需要下一步重点研究解决。

## 参考文献:

- [1] 崔云龙. 简明建井工程手册[M]. 北京:煤炭工业出版社, 2003.
- [2] 郭培强, 尚国安. 立井井筒含水层地面预注浆施工技术[J]. 中国煤炭地质, 2009, 21(S2): 60-61.
- [3] 许延春. 竖井施工中用地面预注浆法堵塞裂隙涌水和加固岩层[J]. 煤田地质与勘探, 1995, (2): 41-44.
- [4] 昌修林. 地面预注浆技术在立井井筒施工中的应用[J]. 建井技术, 2007, 28(5): 12-14.
- [5] 胡焕明. 地面预注浆技术在杨柳煤矿井筒施工中的应用[J]. 建井技术, 2006, 27(5): 2-4.
- [6] 赵厚胜. 井筒地面预注浆施工技术[J]. 煤炭技术, 2006, 25(9): 96-98.
- [7] 丁振宇. 地面预注浆技术在袁店二矿风井施工中的应用[J]. 建井技术, 2011, 32(4): 11-13.
- [8] 王冠民, 孟林, 刘庆利, 等. 利用长距离悬空钻杆导向管钻孔技术应用研究[J]. 煤炭工程, 2012, (11): 26-28.
- [9] 赵福森, 谭家政, 杨晨, 等. 空气(泡沫)潜孔锤钻进工艺在王家岭煤矿紧急避险孔中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 42(8): 25-29.
- [10] 刘海波. 空气泡沫潜孔锤钻进技术在大直径基岩深井中的应用试验[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 42(5): 31-34.

(上接第47页)

勘查中取得了较好的效益,钻孔速度快,成本低,取样率高。其勘查成本从金刚石取心钻进的650元/m,下降到连续取样钻进的210元/m,施工成本仅为原来的1/3。钻孔取样率平均96%,即使在破碎地层钻进,其取样率也高于90%,所有钻孔倾斜角度 $< 1^\circ/100\text{ m}$ ,完全满足地质取样要求。

潜孔锤反循环连续取样钻进在紫金山金铜矿勘查中的成功应用,为干旱缺水地区矿产勘察提供了一种很好的钻进方法。

## 参考文献:

- [1] 耿瑞伦, 陈星庆. 多工艺空气钻进技术[M]. 北京:地质出版

社, 1995.

- [2] 刘军, 王春毅, 何亚青. 贯通式潜孔锤反循环钻进技术在探矿中的应用[J]. 采矿技术, 2007, (2).
- [3] 博坤, 殷琨, 王茂森. 贯通式潜孔锤反循环钻进技术在矿区勘探中的应用研究[J]. 金属矿山, 2009, (3).
- [4] 李峰. 空气反循环连续取样钻探技术在新疆乌什磷钒矿区地应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(5).
- [5] 李雪峰, 白玉鹏. 空气反循环连续取样施工中卡钻事故的预防与处理[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(8).
- [6] 刘家荣, 王建华, 王文斌, 等. 气动潜孔锤钻进技术若干问题[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(5).
- [7] 王达, 何远信, 等. 地质钻探手册[M]. 湖南长沙:中南大学出版社, 2014.
- [8] 武汉地质学院, 等. 钻探工艺学[M]. 北京:地质出版社, 1980.
- [9] 鄢泰宁. 岩土钻掘工程学[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社, 2001.