

钻探技术在煤矿水害防治工作中的应用

王永全¹, 周 兢²

(1. 中国煤炭地质总局水文地质局, 河北 邯郸 056004; 2. 中国煤炭地质总局, 北京 100038)

摘要: 钻探作为煤矿水害防治工作一种重要的技术手段, 得到了广泛的应用。煤矿大口径排水井钻进技术、底板多分支水平井地面定向钻进及注浆加固改造技术、井下定向探(疏)放水钻进技术、注浆封堵突水通道钻探技术和矿井突水灾害快速钻进救援技术等煤矿防治水钻探技术, 在煤矿水害防治工作中得到了广泛应用, 取得了良好效果。加强防治水钻探配套设备的研发和相关钻探工艺技术研究, 将有力促进煤矿水害防治工作的发展。

关键词: 煤矿水害防治; 钻探; 大口径钻进; 定向水平分支井钻进; 快速钻进

中图分类号: TD745; P634 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2017)11-0035-07

Application of Drilling Technology in Coal Mine Water Hazard Control/WANG Yong-quan¹, ZHOU Jing² (1. Hydrogeology Bureau of China National Administration of Coal Geology, Handan Hebei 056004, China; 2. China National Administration of Coal Geology, Beijing 100038, China)

Abstract: As an important technical approach to control coal mine water hazard, drilling technology has been widely used. The application of coal mine water hazard control technologies, such as large diameter drainage well drilling, ground floor multi-branch horizontal wells by surface directional drilling and grouting reinforcement and reconstruction, underground directional drainage drilling, grouting to seal water inrush passage drilling and rapid rescue drilling of mine inrush disaster, has received good effects. Further development of drilling equipments for water control and the research on related drilling technologies should promote coal mine water hazard control.

Key words: coal mine water hazard control; drilling; large diameter drilling; directional horizontal branch wells drilling; rapid drilling

我国煤炭储量与产量丰富, 但不少煤矿的水文地质条件复杂, 随着近年煤炭工业的迅速发展, 煤矿安全生产中遇到的水害问题更加突出。在煤矿突发事故(除顶底板事故)造成的人员财产损失中, 水害事故仅次于瓦斯事故, 水害威胁已经成为制约我国煤矿安全生产的重大隐患^[1-2]。钻探技术作为注浆填充加固改造、注浆堵水、疏水降压、大排量直接排水、快速救援、水文地质异常体探查等煤矿水害防治技术实施的重要途径和手段, 已成为煤矿水害防治工作的重要支撑。

1 煤矿水害类型及防治技术

1.1 水害类型

我国煤矿发生水害的因素很多, 形成矿井水害的类型也很多, 目前, 对矿井水害类型的划分基本形成如下观点。

(1)按水源类型划分: 大气降水、地表水、地下

水和老窑水。

(2)按导水通道划分: 断层突水、陷落柱突水、裂隙岩体突水、封闭不良钻孔突水、煤(岩)柱突水。

(3)按水源含水介质类型划分: 孔隙水、裂隙水、岩溶水。

(4)按出水位置划分: 顶板水、底板水、老空水。

1.2 水害防治技术

矿井发生灾害性水害必须具备3个基本条件: 一是必须具备充足的充水水源; 二是必须具备畅通的导水裂隙、导水构造等突水通道; 三是含水层必须有一定的水头高度和储量。在开采条件下, 这3个条件必须同时具备时才能发生突水事故。

依据突水成因, 矿井防治水技术主要分为以下几类。

(1)从水源上解决。属于这类技术有探放水、疏水降压开采、含水层注浆、建设矿井防排水系统。将水疏放出来, 就谈不上突水了; 将水头降低到不足

收稿日期: 2017-05-10; 修回日期: 2017-05-17

作者简介: 王永全, 男, 汉族, 1967年生, 副局长, 高级工程师, 探矿工程专业, 从事钻探生产施工、技术研究和管理工作, 河北省邯郸市丛台区滏河北大街154号, w13722690771@163.com。

以威胁生产,降低突水机率;含水层注浆改造技术,用水泥浆或粘土浆将水置换出来并占据水的位置,含水层由富水状态变为弱富水或隔水层情况;利用排水系统将矿井水排出。

(2)从隔水层隔水能力和完整性方面解决。通过评价隔水层抵抗水压的能力,采取带压开采,或者采用底(顶)板注浆改造,使隔水层由不完整或含有通道的情况,变成一个完整的整体。

(3)躲避水源。主要方法有留设防水煤柱、砌筑防水闸门和水闸墙、帷幕截流技术。

(4)改变采煤方法。通过改变采煤设计和采煤方法,减少采动应力、减少底(顶)板破坏深度,从而达到安全采煤。如通过缩短工作面斜长的短臂工作面开采法、协调采煤法、对拉工作面采煤法、充填开采等。

(5)水害预测预报预警技术。有了水害提前进行预测预报,有了出水危险发出警报而避免危险。

2 钻探在水害防治中的应用分类

无论是在查明突水水源、导水通道、水源含水介质类型及出水位置,还是在水害防治的关键技术中,钻探都是一种不可或缺的重要手段。根据应用目标不同,可以将钻探技术进行如下分类。

2.1 联合探查钻探

钻探技术与物探技术相结合,成为地面开展矿床(矿区)水文地质勘探、井下查明矿井水文地质条件,特别是查明5 m以上断层和特殊地质构造体的主要技术手段。

2.2 井下探放水钻探

在井下布置钻孔,利用井下钻探技术,对老窑(采空区)、顶板、底板和掘进面开展深度可达500 m的超前可定向钻探,对影响安全开采的水体进行探查,必要时进行可控的安全疏放。

2.3 封闭不良钻孔启封钻探

对钻孔封闭质量有疑问的钻孔,主要在地表对疑问钻孔实施透孔和重新封闭工作。

2.4 大口径直排水井钻探

为保证安全排放井下出水,减少占用井筒、巷道空间,缩短排水通道距离,采用钻探技术,在水仓附近施工直径可达2 m、靶点位移可控的大口径直排水井,已日益成为矿井排水的选择。

2.5 底板注浆改造(注浆加固)钻探

采用地面定向钻探技术,对可能发生透水的含水层或薄弱地带(如顶、底板,断层,陷落柱等构造)的层(部)位进行钻探施工,分段、分次带压注入水泥浆、粉煤灰、粘土、化学浆液等加固材料,对含水层储水空间和导水通道进行填充,实现含水层储水空间变小、隔堵导水通道,或改造、加厚隔水层的目的是对矿井主要含水层源头治理最治本、最治根的技术。

2.6 疏水降压钻探

通过在地面或井下开展钻探,对顶、底板可疏水体进行提前疏放,减小水压和水量,达到安全开采的目的。

2.7 注浆封堵通道钻探

通过分析地质及水文地质资料,确定导水/突水通道,采用精准定向钻探技术,将注浆钻孔钻至预定位置,通过注浆(动水注浆和静水注浆)封堵导水/突水通道。

2.8 抢险救援快速钻探

对于发生突水人员被困井下事故的矿井,无法开展井巷抢险,或井巷抢险进展、效果较差时,在地面采用精准定向钻探技术,施工抽排井、逃逸井、救援(补养通信)孔等井孔,进行抢险救灾。

3 典型防治水钻探技术

水害防治工程对钻探工作提出了一些特殊的要求,这些既不同于地质岩心钻探也不同于水文地质钻探的特殊要求的提出,促使一些典型防治水钻探技术的形成。

3.1 煤矿大口径直排水井钻进技术

煤矿大口径直排水井,一般要求成井井管内径为350~500 mm,因此直排水井有着口径大(一般450~700 mm)、井眼垂直度要求高、中靶点位范围小等技术难点。中国煤炭地质总局等单位经过多年实践经验及研究,形成集定向钻进、气动潜孔锤钻进、气举反循环钻进、固井、完井等技术为一体的大口径井钻井技术^[3-8]。近年来,中国煤炭地质总局水文地质局利用此项技术已施工煤矿大口径工程井40余眼,口径最大达1.4 m,单次下入套管质量近300 t,深度最深达880 m。

3.1.1 技术特点

(1)可采用泥浆正循环钻进、空气(泡沫)潜孔锤钻进、气举反循环钻进、空气(泡沫)潜孔锤反循

环钻进的一种或几种钻进技术组合。

(2)反井法施工此类工程,对施工设备、地层和井下作业条件有一定要求,虽然钻井效率较高,但适用范围较小。对于 $\varnothing 800$ mm以上的大口径直排水井,在井巷具备运渣、疏排浆液条件下,采用反井法施工,钻井效率和成本会更好。

(3)对于动力头顶驱钻机,在开孔阶段,即可选择液压顶驱动力头钻进工艺、空气潜孔锤跟管钻进技术等。

(4)为保证井眼轨迹和井底中靶,解决设备扭矩和钻压不足的问题,常采用先精准定向施工小井

眼先导孔,再进行(逐级)扩眼的钻进方法。

3.1.2 使用要求

根据地质、水文地质条件、大口径直排水井设计要求等,合理选择钻进(扩眼)工艺技术和相应的设备。

3.1.3 应用实例

因受设备因素制约,施工大口径直排水井多采用泥浆正循环钻进(扩眼)技术,但空气潜孔锤钻进(扩眼)技术、气举反循环钻进(扩眼)技术^[15-16]也有较多应用,并取得了很好的效果(见表1)。

3.2 地面多分支水平井精准定向钻进技术

表1 大口径直排水井施工事例

项目名称	深度/m	钻进(扩眼)技术	投入主要设备、器具	施工程序	施工效果
冀中能源邢东煤矿-760泵房直排水井	824	泥浆正循环钻进, MWD定向钻进导向孔,组合钻头扩眼	TSJ-3000型钻机, 3NB-500型泥浆泵, $\varnothing 127$ mm钻杆, $\varnothing 165$ mm钻铤	一开(0~240 m): $\varnothing 245$ mm先导孔, $\varnothing 680$ mm组合钻头扩眼。二开(240~824 m): $\varnothing 245$ mm先导孔, $\varnothing 530$ mm组合钻头扩眼	施工效率较低,对设备配置要求也较低
内蒙古黄玉川煤矿 $\varnothing 530$ mm排水孔	335	泥浆正循环钻进,空气潜孔锤钻进,集束式反井空气潜孔锤钻进	TSJ-2000B, SDC1500型钻机, BW-1200型泥浆泵, LS25S-250H型空压机(2台),刮刀、组合牙轮钻头,空气潜孔锤,集束式反井空气潜孔锤, $\varnothing 127$ mm钻杆, $\varnothing 165$ mm钻铤	一开(0~51 m): 泥浆正循环, $\varnothing 311$ mm先导孔, $\varnothing 850$ mm组合钻头扩眼。二开(51~335 m): 潜孔锤+集束式反井潜孔锤钻进, $\varnothing 254$ mm潜孔锤先导孔, $\varnothing 690$ mm集束式反井潜孔锤扩眼	$\varnothing 690$ mm集束式反井潜孔锤反井扩眼,时效达10 m,约为常规反井法效率的10倍、正循环大直径空气潜孔锤扩眼效率的3倍多
淄博岭子煤矿排水井	674	泥浆正循环钻进,气举反循环钻进	TSJ-2000E型钻机, BW1200/7B型泥浆泵, W6/10型空压机, $\varnothing 203$ ~ $\varnothing 178$ mm钻铤, $\varnothing 89$ mm钻杆, SHB127型双壁钻杆	一开(0~19.6 m): 泥浆正循环, $\varnothing 216$ mm先导孔, $\varnothing 500$ mm组合钻头扩孔。二开及三开(19.6~674 m): 气举反循环, $\varnothing 216$ mm先导孔, $\varnothing 445$ mm(426 mm)组合钻头扩眼	解决了大口径孔眼泥浆正循环钻进泥浆上返速度慢、排渣困难,以及泥浆存在一定量漏失的施工难题

华北地区石炭系下部及奥陶系灰岩为巨厚层含水层,含水层具有水头压力高、裂缝及陷落柱发育的特点,针对高压富水含水层严重困扰石炭系下组煤炭资源安全开采问题,中国煤炭地质总局水文地质局、中国煤炭地质总局特种技术勘探中心等单位^[9]研发裂隙发育区和破碎带开展了水平井眼轨迹控制、成孔、注浆加固及效果评价等技术的研究与应用,在地面采用多分支水平井精准定向钻井技术沿煤层底板实施多条水平钻孔,通过高压注浆加固改造,高效、安全地实现了底板加固改造、隔离奥灰水(太灰水)的目的。地面多分支水平井精准定向钻进技术的应用,实现了煤矿水灾害的主动预防与治理,与采用地面直井注浆和巷道钻孔注浆方式治理陷落柱和底板加固相比,解决了其施工效率低、成本高和治理效果有限的问题。

3.2.1 技术特点

采用钻头+螺杆钻具+MWD随钻测斜仪(配伽马)+常规钻具+加重钻具+常规钻具的定向钻

具组合方式,以滑动钻进+复合钻进的模式实现定向钻进。孔眼轨迹精度可达井斜角 $\pm 0.1^\circ$ 、方位角 $\pm 1^\circ$,实现钻孔轨迹实时监控、随时可控可调,并且基本实现了岩性判别。

3.2.2 技术要求

(1)利用浆液传输信号,须采用浆液钻进,同时依靠螺杆钻具提供定向钻进动力,采用正循环钻进。

(2)提供浆液向螺杆钻具输送动力,因此对泥浆泵性能(排量、工作泵压)、钻具抗高压密封性有较高的要求。钻孔具有(近)水平、羽状分支多、井眼延深长的特点,钻具提升、回转阻力大,对钻机、井架、钻具有较高的要求。因地质条件比较复杂,在钻机提升能力满足的情况下,尽可能采用动力头钻机,增加施工安全系数。

(3)为保证注浆质量,钻井液宜为清水或无固相聚合物,但必须保证钻井液润滑性能良好,并配置固控设备,控制钻井液固相含量。

(4)合理选用钻头类型,保证定向轨迹稳定和

钻进效率。

(5)发现 MWD 信号嘈杂、微弱或消失时,及时分析判断处理,必要时起钻检查,以保证定向钻进的准确性。

(6)钻进时托压较大,应配备数量足够的加重钻杆,必要时采用水力振荡器,提高钻进效率。

(7)钻进的主要目的是及时准确发现漏浆点并进行注浆,因此,钻进中要加强水文地质观测和判层工作,钻进全程要做好简易水文观测,加强岩屑录井工作,认真观察、记录漏浆、塌孔、缩径、掉钻、变层等情况。

3.2.3 应用实例

目前,在邯邢矿区、两淮矿区,通过广泛应用多分支水平井精准定向地面钻探技术和高压注浆技术,达到了探查地层薄弱带、隐伏导(含)水构造、富水径流带,注浆加固改造奥灰含水层或煤系薄层灰岩含水层,强化地层薄弱带强度,基本消除了大的出水通道,增加了煤层底板隔水层厚度,降低或消除了工作面掘、采期间的突水危险性,实现了安全带压开采,治理效果显著。

如羊东矿 8466 工作面(目的层位大青灰岩,实施 2 个主井眼和 7 个定向分支水平井眼,钻探进尺 9100 m)、宝峰矿 - 850 m 水平北翼二采区(目的层位奥陶系峰峰组,实施 2 个主井眼和 11 个定向分支水平井眼,钻探进尺 15560 m)等,治理效果良好。

中煤水文地质局实施的冀中能源邢东矿 - 980 水平以深区域探查治理项目(目的层位奥陶系峰峰组,已完成主井眼 1 个、定向水平井眼 2 个、定向水平羽状分支井眼 19 个,钻探进尺累计 16000 余米,井眼最大延深 2760 m,水平羽状分支井眼段最大长度 1450 m,见图 1、图 2),冀中能源羊东矿 8470 工作面区域治理工程(目的层位奥陶系峰峰组,已完成主井眼 1 个、定向水平井眼 7 个,钻探进尺累计 7100 余米,井眼最大延深 2120 m,水平井眼段最大长度 1240 m),冀中能源辛安矿北翼地面区域治理工程(目的层位山西组大青灰岩,设计主井眼 3 个,定向水平羽状分支井眼 30 个,钻探进尺 37086 m,井眼最大延深 2215 m,水平羽状分支井眼段最大长度 1030 m,见图 3)。钻进施工顺利,井眼轨迹控制良好,治理效果已经显现。

(1)主要设备:ZJ40/2250 型、ZJ30/1700 型钻机, F - 1300 型、F - 800 型泥浆泵, MWD 无线随钻

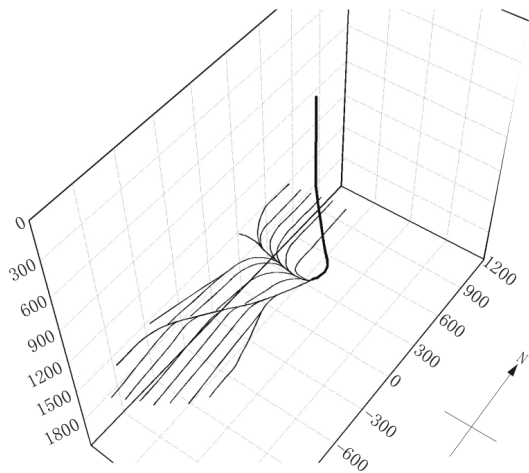


图1 邢东矿 - 980 水平以深区域探查治理项目钻孔平面投影图

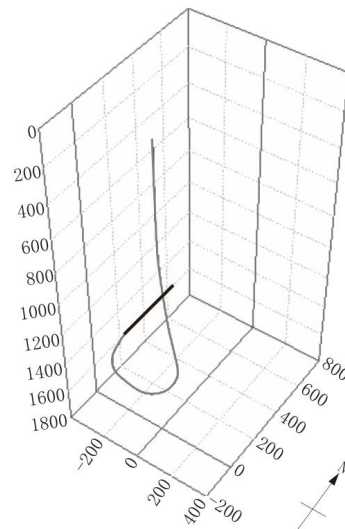


图2 邢东矿 - 980 水平以深区域探查治理项目 N4 钻孔空间投影图

控制仪, $\varnothing 127$ 、 102 、 89 mm 钻杆及加重钻杆, $\varnothing 165$ mm 钻铤,水力振荡器等;制浆注浆设备:水泥罐、螺旋推进器、射流搅拌机、注浆泵和输浆管路等。

(2)钻孔结构:一开 $\varnothing 311$ mm ($\varnothing 345$ mm),下 $\varnothing 245$ mm ($\varnothing 273$ mm) 石油套管;二开 $\varnothing 216$ mm ($\varnothing 245$ mm),下 $\varnothing 178$ mm ($\varnothing 194$ mm) 石油套管;三开 $\varnothing 152$ mm ($\varnothing 165$ mm),裸眼。

(3)钻具组合:牙轮钻头(PDC 钻头) + 螺杆钻具 + MWD 随钻测斜仪(配伽马) + 常规钻具 + 水力振荡器(水平段大于 400 m 时使用,距钻头 300 ~ 350 m) + 加重钻具(井斜 35° 以上井段,40 ~ 60 根) + 常规钻具。

(4)钻井液:高润滑性无固相聚合物。

(5)注浆要求。

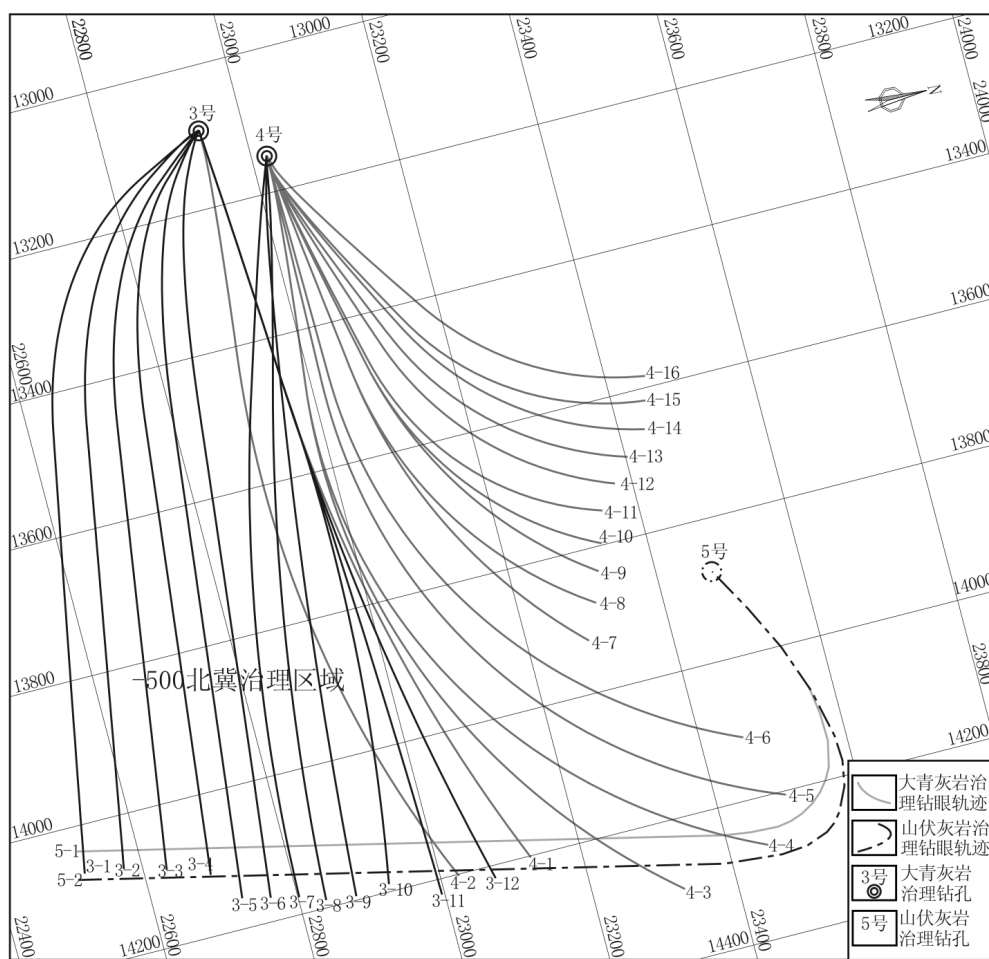


图3 辛安矿北翼地面区域治理项目钻孔平面投影图

①注浆材料为32.5、42.5水泥。在遇较大裂隙或溶洞时浆液流失量大,可考虑采用部分粉煤灰,具体配比根据现场漏失量制定。

②注浆方式采用地面钻探施工地点建造临时注浆站,采用连续2次搅拌法制浆工艺,通过注浆泵及注浆管路向注浆孔内注浆,主要设备有散装水泥罐、螺旋推进器、射流搅拌机、注浆泵和输浆管路等配套设施及工具。

③采用分段下行式、孔口封闭静压注浆法进行注浆,采取“遇漏则注”的原则,出现漏失后分析判断层位,确定漏失原因。施工时要及时观测泥浆消耗量,当泥浆消耗量大于正常消耗量($5 \sim 8 \text{ m}^3/\text{h}$)时,应及时进行注浆,根据压水试验,确定注浆起始参数。

长距离(200 m)出现泥浆不消耗,要进行压水试验。

④注浆前应采用潜水泵抽水至水清,或向孔内先注清水约30 min,根据吸水量确定浆液配比。吸

水率与注浆参数:一般情况下,吸水率 $q < 1$,水灰比单液水泥浆1:1~3:1, $1 < q < 10$ 时,加粉煤灰或骨料,水灰比单液水泥浆1:1~0.6:1。

⑤根据受注层岩溶发育程度设计注浆参数。一般地说浆液应采取先稀后稠,注浆一般必须连续进行,直至结束。因不可抗拒原因临时停止注浆时,应向孔内注入注浆管路容积的2~3倍(含钻孔)左右的清水。

⑥串浆处理。发现有串浆现象应对各注浆孔同时注浆,孔口应压盖密封防止串浆泄压返水、返浆。

⑦注浆结束后,注浆孔、串浆孔均应进行扫孔,以防孔堵。

⑧注浆结束标准:终压受注层水压的1.5倍以上,单孔吸浆量 $< 35 \text{ L}/\text{min}$ 。测得单位吸水率 $q \geq 0.05 \text{ L}/(\text{min} \cdot \text{m} \cdot \text{m})$ 。稳定30 min以上;否则,要求复注直至小于标准值为止。只有同时满足上面的条件的情况下,才能认为受注段达到注浆结束标准,可以停止注浆。

⑨注浆过程中如遇裂隙较发育,注浆量大的情况,可采取注骨料或使用粉煤灰等作为辅助注浆材料。

3.3 井下定向钻进探放水技术

井下探放水应采用定向钻进技术,定向钻进技术分为普通定向和精准定向技术。

在对井眼轨迹及靶点要求不高时,一般采用钻机回转器定位的井下普通定向钻进技术,如顶(底)板探放水、短距离超前探放水等,其缺点是井眼轨迹及靶点受控精度不高。中煤水文地质局在山西焦煤庞塔塔煤矿老窑及采空区探放水、中煤纳林河煤矿顶板探放水等项目中,均采用普通定向钻进技术,实施效果较好。

在对井眼轨迹及靶点要求较高时,应采用井下精准定向钻进技术。井下精准定向钻进技术采用专用设备、工具,使近水平分支井眼轨迹按设计要求延伸至设计目标区域的一种钻探方法^[11]。如中煤科工集团西安研究院^[12-14]研制的YHD1-1000、YHD2-1000型井下随钻测量定向钻进系统,由定向钻机、泥浆泵、孔底马达、下无磁钻杆、测量探管、上无磁钻杆、通缆式钻杆、通缆式送水器、通讯电缆、井口监视器等组成,采用有线随钻测量方式,监控井眼实钻轨迹(见图4)。该系统已在陕西彬长,宁夏宁煤,山西晋煤、阳煤、焦煤,乌海能源,神华神东等20余个矿区使用,定向井眼轨迹水平偏差小于井深的5%,垂深偏差小于井深的1%,定向井眼主井段最大长度1112 m,分支井眼段最大长度915 m。

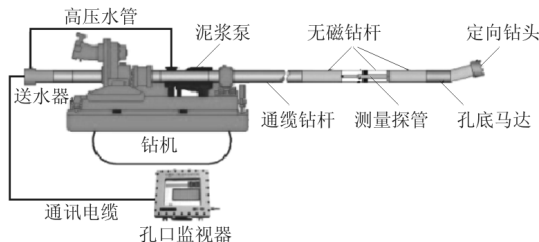


图4 井下定向钻进系统示意图

3.4 矿井突水灾害的快速钻进救援技术

矿井突水灾害救援时,时间是宝贵的因素,最快的钻进速度是救援钻孔的核心,尽可能地建立地面与井下被困人员的联系是钻孔救援的最主要任务,同时越短越意味着营救成功的可能性越大。

矿井突水灾害后,井下人员一般都向标高较高的巷道空间躲避。救援钻孔施工前,首先收集分析详细的矿井掘进平面图,准确的巷道走向及标高、坐

标数据,救援人员认真分析研究被困人员的躲避的位置,确定地面救援钻孔的布置坐标,制定采用垂直钻进或定向造斜钻进的钻孔施工方案。矿井突水救援钻孔尽可能采取空气潜孔锤钻进工艺,一是速度快,二是空气潜孔锤钻透巷道后可以向井下输送空气。泥浆液钻透巷道会造成通道周围堆积物泥泞湿滑,也不便于井下人员通过钻具向地面传递信息。

2010年3月1日,神华集团乌海能源公司骆驼山煤矿发生突水灾害,中国煤炭地质总局特种技术勘探中心应国家安监总局矿山救援指挥中心调遣,前去施工救援钻孔。根据矿井巷道开掘位置平面坐标,应用GPS卫星地面定位系统,准确测量事故巷道在地面的相对位置,确定救援钻孔所在开钻坐标。救援采用了空气潜孔锤施工工艺,一开采用 $\varnothing 311$ mm空气潜孔锤钻进,钻至12.15 m深,二开采用 $\varnothing 219$ mm空气潜孔锤钻进,钻至402.00 m深,透巷,总用时仅72 h。钻进过程中使用了无线随钻仪器进行钻孔纠斜工作,保证钻孔准确透巷。

3.5 钻孔启封钻进技术

近几年,尤其是在西北侏罗系煤矿区,封闭不良钻孔成为导水通道,已成为煤矿水患之一,成为防治水的重点工作。如麦垛山矿在掘进中曾发生封闭不良1504钻孔突水,突水量 $120 \text{ m}^3/\text{h}$,被迫进行井下封堵抢险。对封闭不良钻孔进行启封,是解决突水隐患的最根本方法。

中煤水文地质局在鄂尔多斯、大同等矿区实施的近百个封闭不良钻孔启封工作中,针对地层疏松,钻孔封孔的水泥呈未封、分段封或全孔封等情况,采用常规钻进技术易造成丢失原钻孔孔眼的施工难题,在认真分析研判地质及以往施工资料的基础上,形成了柔性钻具、小径透、大径套的钻孔启封钻进技术,启封成功率达92%。

4 结论与建议

(1) 钻探技术为煤矿水害防治工作提供了有力支撑,在查明突水水源、导水通道、水源含水介质类型及出水位置和水害治理工作起着重要作用。

(2) 煤矿大口径直排水井钻进技术、地面多分支水平井精准定向钻进技术、井下定向钻进技术和矿井突水灾害的快速钻进救援技术等钻探技术,在煤矿水害防治工作中得到了广泛的应用,为煤矿的安全生产提供了有力的保障。

(3) 煤矿防治水是煤矿安全生产工作中的重点,煤矿防治水是全方位的工作,煤矿企业要高度重视钻探手段在水害防治工作的重要地位,加强水害防治工作的设计和管理,加大防治水投入,确保安全生产。

(4) 开展和做好煤矿防治水钻探工作,要加强防治水钻探技术配套设备的研发,如应用于地面多分支水平井精准定向钻进的大提升力(> 1500 kN)、大扭矩(> 25 kN·m)非车载液压动力头钻机,加强相关钻探工艺技术研究,加快钻探技术进步,为水害防治工作提供钻探施工方面的有力保证。

参考文献:

- [1] 虎维岳. 矿山水害防治理论与方法[M]. 北京:煤炭工业出版社,2005.
- [2] 方向清,沈智慧,任虎俊,等. 有关煤矿床水文地质勘查类型问题的讨论[J]. 中国煤炭地质,2016,(11):49-54.
- [3] 王永全,崔秀忠,巩建雨. 大口径瓦斯抽放井施工工艺[J]. 中国煤炭地质,2009,21(1):65-66.
- [4] 杜兵建. 华北型煤矿施工大口径直排孔的工艺探讨[J]. 中国煤炭地质,2009,21(S1):76-78,81.
- [5] 季学亭. 大口径瓦斯排放孔施工工艺探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(S1):204-206.
- [6] 袁志坚,熊亮. 大口径瓦斯抽排井施工扩孔分级设计优选探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(11):17-19.
- [7] 周兢. 煤矿大口径工程井钻井技术研究[J]. 中国煤炭地质,2016,28(1):58-62.
- [8] 王玉春. 钻探技术应用研究与实践[M]. 江苏徐州:中国矿业大学出版社,2013:43-44.
- [9] 张彪,王越. 基于水平取心的煤层底板注浆加固检验方法研究及应用[J]. 中国煤炭地质,2017,(1):57-58,72.
- [10] 石智军,董书宁,姚宁平,等. 煤矿井下近水平随钻测量定向钻进技术与装备[J]. 煤炭科学技术,2013,41(3):1-6.
- [11] 姚宁平,张杰,李泉新,等. 煤矿井下梳状定向孔钻进技术研究与实践[J]. 煤炭科学技术,2012,40(5):30-34.
- [12] 李泉新,石智军,史海岐. 煤矿井下定向钻进工艺技术的应用[J]. 煤田地质与勘探,2014,(2):85-88,92.
- [13] 史海岐. 随钻测量定向钻进技术在煤矿水害防治中的应用[J]. 现代矿业,2014,(4):38-41.
- [14] 刘文革,曹继玉,刘春明. 集束式反井气动潜孔锤钻进工艺在大口径煤矿排水孔施工中的应用[J]. 中国煤炭地质,2015,27(3):49-51,69.
- [15] 赵光贞,刘玉仙,李海波. 山东淄博煤矿大口径超深基岩排水孔钻井技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(8):53-54.