

# 煤矿大口径输冰井施工技术

缙延民

(河南省煤田地质局四队,河南平顶山 467000)

**摘要:**结合中平能化集团某矿大口径输冰井的工程实践,总结了大口径输冰井的施工技术。从设备机具的选择,先导孔及扩孔钻具组合,采用先导孔、分级扩孔和水泥固井方法等方面阐述了大口径输冰井钻井施工中的相关技术措施以及研制的新型保温套管和采用割孔穿杠提吊加浮力塞的下套管方法。

**关键词:**煤矿;大口径输冰井;施工技术

**中图分类号:**P634.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2012)08-0069-03

**Construction Technology of Large Diameter Ice Transmission Well in Coalmine/GOU Yan-min** (The 4th Team, Coalfield Geology Bureau of Henan Province, Pingdingshan Henan 467000, China)

**Abstract:** With the engineering practice of the large diameter ice transmission well of a coalmine, the construction technologies of large diameter ice transmission well were summed up. The relative technologies in the drilling construction were discussed about the equipment selection, bottom hole assembly for pilot hole & reaming, the pilot hole, step reaming and well cementing; and the newly developed insulating case and casing method by lifting bar in cutting-holes and floating plug were also presented.

**Key words:** coalmine; large diameter ice transmission well; construction technology

## 0 引言

煤炭一直是我国的主要能源,在一次性能源结构中占据着不可替代的重要地位。为满足国民生产需要,煤矿必然加快向深部资源的勘探和开采。深部开采条件下,随着采矿机械化程度的提高,生产更加集中,开采强度加大、地温升高等因素恶化了矿内作业环境,热害问题越来越突出。井下高地温严重影响矿工的工作效率和身心健康,甚至很可能导致一些矿井恶性事故的发生,给矿井的安全生产及其日常管理带来了极大的威胁。为了改善井下采面的高温现状,有些煤矿开始与相关高校和降温公司合作,对高地温矿井井下降温工程技术进行了积极的研究,其中有少数高温矿井采用冰冷却系统方法,通过井上融冰和井下融冰2种方式实施了井下降温工程。但由于这些已经实施的降温工程受煤矿立井等开拓通道位置的限制,位置较远的采面实施井下降温工程受到了很大限制,迫切需要在需要降温的采区上部地面实施大口径钻井工程,下入保温套管,在建立井上下保温联通通道的基础上,实施井下降温工程。可见煤矿井下降温需要的大口径钻井技术和套管保温技术正成为国内外矿业开发研究的一个重要课题。

目前国内外开展煤矿井下降温工程,建立矿井上下连接通道,大都是利用煤矿开拓的立井中来敷设常规保温管道,而通过钻井的方式建立矿井上下联通的套管保温通道,尚处于试验研究阶段。

由于大口径输冰井井位设计大都在矿井采区井下巷道附近,对钻井井斜的要求非常高,一些矿井岩石地层的倾角非常大,必须有效控制井斜,确保中靶;由于孔径大、上部地层松软,必须研究钻井液工艺,解决井壁易坍塌的问题;此外,为满足输冰保温要求和下套管要求,必须研究保温套管的结构性能和制造工艺。因此,通过对煤矿大口径输冰井施工技术和保温技术开展研究,对于今后实施井下降温工程、排水工程、瓦斯排放工程和建立煤矿应急救援通道等方面,具有非常重要的现实意义。

中平能化集团某矿大口径输冰井钻井工程,设计井深为600 m,下入 $\varnothing 426$  mm的双层保温套管,水泥固井后,井下建设融冰站,井上下的输冰管路通过钻孔连接,该井主要用于地面制冰站向地下采区内输送冰片,利用低温水喷洒,实现井下降温和除尘的双重目的。

收稿日期:2012-07-16

作者简介:缙延民(1967-),男(汉族),山东齐河人,河南省煤田地质局四队党委书记、副队长、高级工程师,机电工程专业,从事煤田地质勘探、地质钻具加工、石油和煤层气钻井、大口径特雷钻井技术与管理工作,河南省平顶山市矿工中路185号,gym2819@163.com。

## 1 工程概况

### 1.1 地层情况

0~96 m 为第四系粉质粘土、流沙和砾石层;96~145 m 为基岩风化带砂质泥岩和砂岩;145~600 m 为泥岩、砂质泥岩、砂岩等,裂隙发育,地层破碎,部分砂岩硅质胶结,有3层不可采薄煤层,其中589~595 m 为二、煤层。

### 1.2 技术要求

钻孔深度 600 m,井斜要求井底位移 1 m/100 m。一开孔径 1080 mm,下入  $\varnothing 820$  mm 套管,水泥固井;二开孔径 650 mm,下入  $\varnothing 426$  mm 钢基 GFRP 双层复合保温套管,水泥固井后完井。

### 1.3 工程难点

#### 1.3.1 地层松散、复杂

上部为第四系粉质粘土、流沙和砾石层,地层松散,易坍塌掉块;下部为泥岩、砂质泥岩、砂岩等,裂隙发育,地层破碎,部分砂岩硅质胶结(平顶山砂岩),可钻性差。

#### 1.3.2 设备和钻具能力低

由于输冰井口径大,需要较大的转盘扭矩,对钻机和钻具有较高的扭矩要求;由于孔径大,对钻井泵的能力也提出了较高的要求;由于套管串质量大,需要钻机、钻塔和天车有足够的提升力和承载力。

#### 1.3.3 井斜和固井质量要求高

由于地层有一定的倾角、井底附近又有巷道,需要采取可靠的控制井斜措施;由于孔径大,固井水泥量大,对固井设备和固井过程的施工组织提出了较高的要求。

## 2 施工主要技术措施

### 2.1 施工主要设备和钻具选择

#### 2.1.1 设备选择

GZ2600 型工程钻机, JJ110/28 - A 型井架(配 2.3 m 钻井平台); 3NB - 1000、3NB - 350 型泥浆泵,旋流除砂器,电子单点多点测斜仪,配套电机和动力配电柜等。

#### 2.1.2 钻具选择

材质为 G105 的  $\varnothing 127$  mm 钻杆,  $\varnothing 203$ 、178、159 mm 钻铤,螺杆钻具、无磁钻铤和螺旋稳定器等。

### 2.2 井身结构设计(见表 1)

#### 2.3 成井方法

大口径输冰井要求井筒垂直度高,井底位移小,完井后入井套管必须下入设计靶区,为保证输冰降温井的施工质量,有效预防井斜,成井设计采用先导

表 1 井身结构设计参数表

| 施工顺序 | 井径 /mm | 井深 /m | 套管规格 /mm                             | 套管下深 /m | 水泥返深 /m |
|------|--------|-------|--------------------------------------|---------|---------|
| 一开   | 1080   | 152   | $\varnothing 820$ (螺旋钢管)             | 150     | 地面      |
| 二开   | 650    | 602   | $\varnothing 426$ (钢基 GFRP 双层复合保温套管) | 600     | 地面      |

孔钻进加分级扩孔的成井方法。

采用先导孔加分级扩孔方法的优越性主要表现在:一是对于大口径输冰井,采用先导孔钻进然后分级扩孔的办法,可以有效减少一次碎岩面积,从而较好的弥补了设备能力的不足;二是采用分级扩孔阶梯型破碎井底,增加了井底岩石自由面,从而降低了破碎单位体积岩石所需的破碎功,使在同等机械破碎功的条件下,机械钻速获得较大的提高;三是实施先导孔钻进能够有效降低孔斜,一旦发生孔斜超标时能够及时有效地采取措施纠斜,从而为全孔孔身质量的控制提供重要保障,此外,扩孔时采用带导向头的扩孔钻头有利于钻孔保直。

### 2.4 钻具组合

#### 2.4.1 先导孔钻具组合

$\varnothing 215.9$  mm 牙轮钻头 +  $\varnothing 215.9$  mm 稳定器 +  $\varnothing 178$  mm 短钻铤  $\times 1$  根(长 3 m) +  $\varnothing 215.9$  mm 稳定器 +  $\varnothing 178$  mm 钻铤  $\times 1$  根 +  $\varnothing 215.9$  mm 稳定器 +  $\varnothing 178$  mm 钻铤 +  $\varnothing 159$  mm 钻铤 +  $\varnothing 127$  mm 钻杆 + 方钻杆

#### 2.4.2 先导孔纠斜钻具组合

在施工先导孔过程中,如果通过测斜发现孔斜超标时,应及时采用纠斜钻具组合进行纠斜。纠斜方法采用随钻螺杆定向钻进技术,通过螺杆定向钻进纠斜,确保井眼轨迹在设计范围内,井斜、井身质量和井底位移满足设计要求。

$\varnothing 215.9$  mm 牙轮钻头(或 PDC 钻头) +  $\varnothing 165$  mm 螺杆 +  $\varnothing 165$  mm 无磁钻铤  $\times 1$  根 +  $\varnothing 159$  mm 钻铤  $\times 6 \sim 9$  根 +  $\varnothing 127$  mm 钻杆 + 方钻杆。

#### 2.4.3 分级扩孔钻具组合

组合牙轮钻头 +  $\varnothing 203$  mm 钻铤 +  $\varnothing 178$  mm 钻铤 +  $\varnothing 159$  mm 钻铤 +  $\varnothing 127$  mm 钻杆 + 方钻杆。

### 2.5 钻头选择

先导孔选用  $\varnothing 215.9$  mm 牙轮钻头或 PDC 钻头。扩孔时,为了防止开出新孔,根据扩孔孔径需要,选用自制有导向的组合牙轮钻头。

### 2.6 钻井液

大口径输冰井钻井施工中,钻遇地层一般都会穿越第四系粘土、流沙及卵砾石等松散地层及水敏性地层和造浆性较强的地层。针对第四系地层不稳

定、孔壁易垮塌的特点,优选细分散体系钻井液,遇流沙、卵砾石地层,可以将钻井液密度调到 $1.3\text{ g/cm}^3$ ,漏斗粘度调到30 s以上。由于煤系地层部分层段易失水缩径、裂隙发育,常规钻井液漏失严重,煤系地层宜采用高粘度、低固相、不分散钻井液体系。

### 3 大口径输冰井完井工艺技术

#### 3.1 保温套管结构设计

由于设计部门提交的钢套钢聚氨酯双层保温套管的结构形式抗压强度低,只能用于城市直埋供热管道和煤矿立井中向下敷设,无法满足本工程的施工要求。因此必须对原保温套管的结构进行重新设计,使其既能简化套管结构,起到保温效果,又能满足安全下入套管和水泥固井要求。

在多种方案对比分析研究基础上,最终设计采用钢基 GFRP 双层复合保温套管,其内管为 $\varnothing 426\text{ mm}$ 无缝钢管。新型的钢基 GFRP 双层复合保温套管具有优良的保温性能和抗拉、抗压强度,与原设计相比具有结构更加简单、施工技术更加可靠、造价更为低廉、保温性能满足设计要求等诸多优点,经过降温工程实践,完全满足保温设计要求。

#### 3.2 下套管作业技术

大口径输冰井套管总质量较大,往往超过钻机及钻塔的最大承载能力,下套管作业现场一般采用“提吊+浮力塞”法。该方法的关键点之一是浮力塞下入位置和浮力塞上部空管段长度的确定,既要通过浮力塞提供足够大的有效浮力,降低钻机提升和钻塔承载负荷,又要确保浮力塞上部空管段的长度尽可能小,保证套管有效外挤压力小于套管三轴抗外挤强度。因此在套管设计时必须对输冰井的套管厚度进行强度计算,同时考虑设备的承载能力确定浮力塞安装位置并计算出浮力塞上部最大允许空管段长度,确保下套管作业时钻机钩载控制在安全合理范围内。

下套管前应调整好钻井液性能指标,循环要充分,确保井底沉渣能冲洗上来,同时利用除砂器,尽可能除去钻井液中的有害固相。还要备好各种下套管工具,保养好钻机、钻井液泵及搅拌机等设备。

套管焊接前,必须打坡口,确保上下套管同心。使用的焊条必须经过烤箱烘干,焊缝必须满焊,密实、牢固,无气孔和夹渣,焊缝质量满足要求,确保焊缝强度不低于套管材质。套管管口焊接完毕,应在焊缝外均匀加焊补强板。内管焊接完成后,钢基

GFRP 双层复合保温套管的接头位置要做好保温处理。

#### 3.3 固井

##### 3.3.1 固井设备

主要有水泥灰罐车、水泥浆混合器、清水泵、注浆泵,设备数量根据固井水泥用量确定。

##### 3.3.2 固井方法

大口径输冰井固井作业采用套管头密封钻具井底注浆固井的方法。套管下管作业完成、钻穿水泥浮力塞后,在套管内下入固井钻杆到套管底口上部设计位置,利用井口装置上的上下公母接头将套管内下入的钻具与上部方钻杆连接在一起,井口装置与套管焊接在一起,实现套管井口密封。通过井口上部注水孔,用清水将套管空管段注满并封闭注水阀门。这样钻杆底部以上到套管井口以下的空间被钻井液实现了密封。由于套管顶部被密封,根据液体不可压缩的原理,在进行钻井液循环和注入水泥浆固井时,通过钻杆入井的钻井液或水泥浆只能从注浆钻杆底口沿井壁与套管外壁之间的环状间隙返出,由于钻井液密度比水泥浆小,水泥浆从套管底部向上将环空中的钻井液顶替出来。待环空中的水泥浆凝固后即可达到固管的目的。

在制备水泥浆前,为提高固井水泥浆顶替环空钻井液的效率,有效避免固井水泥浆串槽,提高固井质量,注水泥浆前应先制备一定量前置液注入井之后才开始制备水泥浆,转入固井作业。

为保证固井质量,水泥浆的制备和注水泥浆作业必须连续进行,要求制备水泥浆和注水泥浆作业有备用设备。在水泥浆的制备过程中,要配备专人动态检测水泥浆的密度,水泥浆返出地面时要及时转入替浆作业。替水后候凝,候凝结束后,将钻具提出,清理井底,提出套管内的水,套管内的水位达到设计要求后,完井交工。

### 4 存在的问题及展望

由于施工大口径输冰井孔径大,施工中选用的设备和钻具能力明显偏低,钻机扭矩小,钻压加不上,加上需要分级扩孔,造成钻进效率低,完井周期长。据笔者调查,目前国内尚无合适的施工井径 $2.0\text{ m}$ 以内、井深 $1000\text{ m}$ 以浅的高效钻机和配套钻具,因此研制和研究选配合适的钻机和钻具迫在眉睫。

由于施工大口径输冰井孔径大,采用正循环钻  
(下转第84页)

工作面送风,通过风流流动将井下作业点的悬浮粉尘和炮烟排出,同时降低作业场所粉尘和炮烟浓度,直到对人体无害。决定通风除尘效果的主要因素有风速及粉尘密度、粒度、形状、润湿度等。监测表明,风速过低,粗粒粉尘将与空气分离下沉,粉尘和炮烟不易排出;风速过高,将造成坑道内二次扬尘,增加粉尘浓度。因此,通风除尘效果是随风速的增加而增加的,达到最佳效果后,如果再增大风速,效果又开始下降。《坑探规程》规定巷道风速范围是  $0.25 \sim 0.9 \text{ m/s}$ 。经现场反复测算,小断面探矿坑道最优风速应为  $0.4 \sim 0.7 \text{ m/s}$ ,对粉尘和炮烟的排除最为理想。粉尘浓度与风速的关系如图5所示。

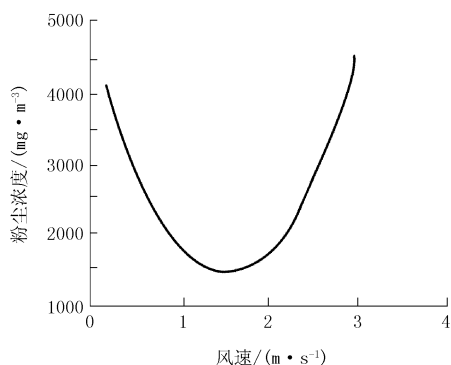


图5 粉尘浓度与风速关系曲线图

### 3 其它因素

为了最大可能地减少粉尘和炮烟的产生,对使

(上接第71页)

井工艺,泥浆上返流速低,岩屑循环不上来,造成二次破碎,钻进效率低,完井周期长。因此需要加强大口径工程气举反循环钻井工艺的研究,而目前国内使用的气举反循环钻具中,大直径反循环钻具都采用法兰连接,起下钻辅助时间太长,而小直径丝扣连接的反循环钻具,又不适合大口径钻井。因此研制直径在  $219 \sim 245 \text{ mm}$  之间的丝扣连接的反循环钻具和大口径反循环钻头,可减少扩孔级数,大幅度提高大口径工程井钻井效率,有效缩短起下钻辅助时间。

### 5 结语

中平能化集团某矿大口径输冰井项目的顺利完井,其井身质量、固井质量、保温效果等技术指标均满足设计要求,项目顺利通过竣工验收。煤矿大口径输冰井施工技术的研究,钢基 GFRP 双层复合保

用炸药的类型、炮孔钻凿质量及岩层地质条件的变化等都必须给予考虑。要尽可能使用零氧平衡或接近零氧平衡的炸药,炮孔钻凿要“直”,要根据岩层地质条件的变化改进爆破工艺,提高爆破效果,尽量减少粉尘和炮烟的产生。

### 4 结语

探矿坑道空间狭小,通风阻力大,排烟除尘困难,控制爆破粉尘和炮烟浓度在安全范围之内,有一定难度。通过在甘肃岷县马坞矿区探矿坑道中进行多次现场实验和技术攻关,结果表明,只要合理运用多种手段对爆破粉尘和炮烟进行综合治理,是可以达到理想效果的。对于小断面坑道来说,采取经济、实用、高效的综合措施是今后爆破粉尘和炮烟控制技术的发展趋势。

### 参考文献:

- [1] 王德明. 矿井通风与安全[M]. 江苏徐州:中国矿业大学出版社,2007.
- [2] 宋萌,周小凤,郑必杰. 浅谈爆破产生的危害及预防措施[J]. 硅谷,2009.
- [3] 张国枢. 通风安全学[M]. 江苏徐州:中国矿业大学出版社,2007.
- [4] 刘殿中,杨仕春. 工程爆破实用手册[M]. 北京:冶金工业出版社,2003.
- [5] 吴立,等. 凿岩爆破工程[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,2005.

温套管的研制和成功应用,对全国矿山企业高地温矿井实施井下输冰降温、输送保温介质、瓦斯排放、井下排水工程和建立煤矿井下应急救援通道等施工领域具有重大的借鉴意义和推广价值,具有广阔的应用前景。

### 参考文献:

- [1] 缙延民,耿建国,等. 煤矿大口径输冰井施工技术研究报告[R]. 河南省煤田地质局四队,2011.
- [2] 赵金洲,张桂林. 钻井工程技术手册[M]. 北京:中国石化出版社,2011.
- [3] 中油长城钻井有限责任公司钻井液分公司. 钻井液技术手册[M]. 北京:石油工业出版社,2009.
- [4] 袁志坚,白领国. 大口径瓦斯抽放井钻探施工[J]. 西部探矿工程,2007,19(10):80-82.
- [5] 袁志坚. 提吊加浮力塞下管法在大口径瓦斯抽排孔的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(1):27-29.
- [6] 金涌. 煤矿大口径瓦斯抽排孔施工技术[J]. 中国煤炭地质,2009,21(11):68-69.