

# 煤矿矿井水净化处理与回灌治理技术

郭再峰

(河北省煤田地质局水文地质队,河北邯郸 056201)

**摘要:**煤矿在开采煤炭的同时,会有大量的矿井污水排到地面,造成环境污染。为解决矿井水排放的污染问题,施工大口径回灌井和建造地面水净化处理厂,矿井水经处理后部分用于煤矿生产,多余部分通过回灌井注入地下,实现水资源循环利用和节能减排。通过梧桐庄矿工程实例,介绍了煤矿矿井水净化处理与回灌治理技术。

**关键词:**矿井水;回灌井;水处理;环境污染;节能减排

**中图分类号:**TD74 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)12-0079-04

**Water Decontamination and Recharge Treatment in Coalmine/GUO Zai-feng** (Hydrographical Geological Team of Hebei Coalfield Geologic Bureau, Handan Hebei 056201, China)

**Abstract:** Large amount of wastewater is discharged to the ground surface in coal mining with environment pollution. Large-diameter recharge well and water decontamination plant are constructed to solve the problem. After the treatment, part of mine drainage is used in coal production and the rest is injected into the ground through recharge well to realize water resource cyclic and energy-saving & emission reduction. With the project case of Wutongzhuang mine, the water decontamination and recharge treatment are introduced.

**Key words:** mine drainage; recharge well; water treatment; environment pollution; emission reduction

冀中能源峰峰集团梧桐庄矿是优质主焦煤生产基地,该煤矿于2003年投产,年生产煤炭150万t,随着国民经济的快速发展,对煤炭的需求不断扩大,经技术改造,2010年梧桐庄矿年生产煤炭提高到350万t。由于煤炭开采每年排放的矿井水多达400万t,而且水质矿化度高,为了解决矿井水对地面的污染问题,矿方委托中国地质科学院环境工程技术设计研究院与我队联合研究论证设计方案,决定钻凿大口径回灌井并建造地面水处理厂,将矿井水在地面经多级处理净化后,通过回灌井注入地下,解决煤矿生产排水问题。该项目获得中国煤炭工业科学技术科研一等奖。

## 1 矿区地质概况与水文地质条件

### 1.1 地质概况

0~150 m:新生界第三、四系,岩性以粘土、砂卵石、砂层为主,地层互层变化较大,松散,易坍塌、漏失。

150~830 m:二叠系、石炭系,岩性主要为粉砂岩、砂岩、泥岩、含薄层石灰岩、煤层。

830 m以深:奥陶系中统,总厚度约600 m,施工段为830~1200 m,岩性为石灰岩、白云质灰岩。

### 1.2 水文地质条件

根据资料显示,该井田奥陶系灰岩总厚度约600 m,为煤系地层的基底,其含水层岩溶裂隙发育,单位涌水量为1.258~6.438 L/(s·m),富水性强,为回灌目的层段。

矿井水回灌治理工程共施工2个回灌井,回灌1号井揭露奥陶系灰岩厚度372.18 m,回灌2号井揭露奥陶系灰岩厚度402.13 m。

## 2 井位选择与回灌原理

### 2.1 选择井位的原则

在矿区周边范围无煤层采空的区域内,优选地质构造背斜轴岩溶发育带,两眼回灌井间距<500 m。

### 2.2 回灌原理

梧桐庄矿水文地质特征研究表明,矿东西两侧由于断层的切割,使矿井抬起,呈一近似三角形的地垒块段,形成三面封闭、一侧开口的相对封闭的独立的水文地质块段,使得该水文地质单元的地下水处于相对滞留状态,也使高矿化度水回灌不会对相邻水文地质单元产生不良影响,并且回灌量总是小于矿井排水量;水量均衡的结果小于0。因此,在回灌

收稿日期:2011-04-28

作者简介:郭再峰(1961-),男(汉族),河北邢台人,河北省煤田地质局水文地质队副总工程师、工程师,钻探工程专业,从事煤田地质勘探管理工作,河北省邯郸市峰钢街20号,hanyuxin@126.com。

状态下,该水文地质单元不产生对相邻水文地质单元的水量补给,当然也就不会对相邻水文地质单元产生水质的不良影响,所以该地区具备回灌、存贮高矿化度水的基本地质构造条件。

### 3 回灌井结构及设计技术要求

回灌井设计孔深 1200 m,奥陶系灰岩以浅井段用钢管封固,成为一个注水通道。把矿井排放水在地面经过水处理厂多级处理达标后,经过管网系统一部分由矿方生产使用,其余部分通过回灌井泵送注入地下奥陶系灰岩层段的含水层。

#### 3.1 回灌井结构(见图 1)

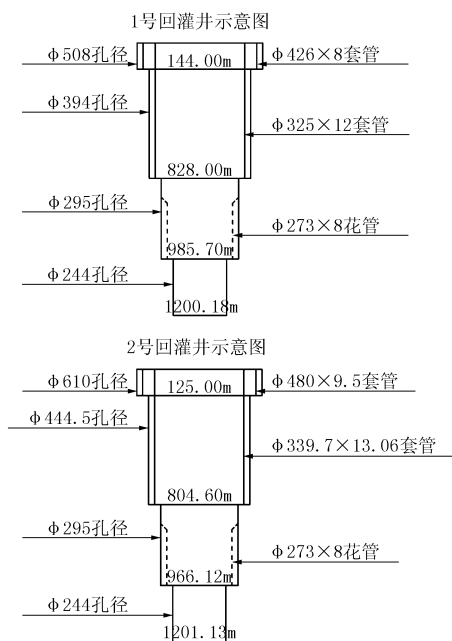


图 1 回灌井结构示意图

#### 3.2 设计技术要求

##### 3.2.1 孔斜要求

100 m 以内,其顶角偏斜 $\geq 0.5^\circ$ ;100~700 m 井段,顶角的偏斜 $\geq 1.0^\circ/100$  m,大煤以上(约 700 m 深)钻孔偏斜距离 $< 15$  m。

##### 3.2.2 套管(见表 1)

表 1 套管程序表

井段	1号回灌井	2号回灌井
一开套管	$\Phi 426$ mm $\times$ 8 mm 无缝钢管,丝扣连接	$\Phi 480$ mm $\times$ 9.5 mm 钢管,对焊连接
二开套管	$\Phi 325$ mm $\times$ 12 mm 无缝钢管,丝扣连接	$\Phi 339.7$ mm $\times$ 13.06 mm 石油套管,外接箍丝扣连接
坍塌段花管	$\Phi 273$ mm $\times$ 10 mm 无缝钢管,丝扣连接,孔隙率 20%	$\Phi 273$ mm $\times$ 10 mm 无缝钢管,丝扣连接,孔隙率 20%

##### 3.2.3 固井及止水

$\Phi 325$  mm 套管及  $\Phi 339.7$  mm 套管必须使用 32.5R 硅酸盐水泥进行管外孔口返浆固井封闭奥陶系灰岩以浅层段,井口做耐压试验,孔口压力 3.5 MPa,时间不少于 30 min 为合格。

#### 3.2.4 洗井、抽水试验与注水试验

终孔后采用常规洗井和压酸洗井。

洗井后做一次降深抽水试验,抽水量 $\leq 120$  t/h,延续时间 $\leq 24$  h,并采水样一组。

抽水试验结束后,根据设计要求,安装永久注水管道,做注水试验,注水量约 300 t/h,延续时间 72 h。

### 4 施工设备

27 m A 型金属钻塔 1 部, GZ-2000 型钻机 1 台, TBW-1200/7B 型泥浆泵 1 台, 6135G 型柴油发电机组 1 台, 泥浆净化机 1 台, 泥浆搅拌机 1 台, 固井车 1 台。

### 5 成井工艺及技术措施

#### 5.1 钻进方法

根据地层情况和设计要求,1号回灌井(2号回灌井)一开采用  $\Phi 508$  mm( $\Phi 610$  mm)组合牙轮钻头钻进至 144 m(125 m),变径后探孔下入  $\Phi 426$  mm  $\times$  8 mm 无缝钢管( $\Phi 480$  mm  $\times$  9.5 mm 钢管)144.50 m(125.33 m)后用水泥浆固管。二开采用  $\Phi 394$  mm( $\Phi 444.5$  mm)牙轮钻头钻进至 828 m(804.6 m),探孔后下入  $\Phi 325$  mm  $\times$  12 mm 无缝钢管( $\Phi 339.7$  mm  $\times$  13.06 mm 石油套管)828.80 m(805.10 m),并用固井车进行水泥固井。

三开采用  $\Phi 295$  mm 组合牙轮钻头钻至 985.70 m(966.12 m),下入  $\Phi 273$  mm  $\times$  10 mm 无缝钢管制成的花管 70.50 m(77.99 m),孔隙率为 20%,用以隔离易坍塌的奥陶系灰岩六段地层。

四开采用  $\Phi 244$  mm 三牙轮钻头钻至 1200.18 m(1201.13 m),裸孔。

#### 5.2 钻具组合

$\Phi 508$  mm( $\Phi 610$  mm)组合牙轮钻头 +  $\Phi 203$  mm 钻铤 +  $\Phi 178$  mm 钻铤 +  $\Phi 127$  mm 钻杆 +  $\Phi 114$  mm 四方立轴。

$\Phi 394$  mm( $\Phi 444.5$  mm)三牙轮钻头 +  $\Phi 203$  mm 钻铤 +  $\Phi 178$  mm 钻铤 +  $\Phi 127$  mm 钻杆 +  $\Phi 114$  mm 四方立轴。

$\Phi 295$  mm 三牙轮钻头 +  $\Phi 178$  mm 钻铤 +  $\Phi 159$  mm 钻铤 +  $\Phi 127$  mm 钻杆 +  $\Phi 114$  mm 四方立轴。

Ø244 mm 三牙轮钻头 + Ø159 mm 钻铤 + Ø127 mm 钻杆 + Ø114 mm 四方立轴。

### 5.3 钻进工艺参数

根据孔径、地层情况合理选择钻进技术参数,在两个回灌井的钻进过程中,保持孔底干净,孔底钻压均匀,三班操作一致,控制钻进速度,预防孔斜。两个回灌井的钻进技术参数见表2。

表2 回灌井钻进参数表

井段	钻压/kN	转速/(r·min <sup>-1</sup> )	泵量/(L·min <sup>-1</sup> )
一开	130~150	45	1200
二开	120~130	45	1200
三开	70~80	45~64	1200
四开	40~60	45~64	1200

### 5.4 钻井液的配置

#### 5.4.1 一开钻井液

上部松散层粘土、砂砾石层,钻井液配方为:峰峰粘土粉25% + 水解度为30%的PHP 0.5‰~1‰ + CMC 0.25% + NaOH 溶液(调节pH值)。

钻井液性能指标:密度1.12~1.15 g/cm<sup>3</sup>,粘度25~30 s,失水量15~20 L/30 min,pH值为8。

#### 5.4.2 二开钻井液

基岩层钻井液配方为:潍坊膨润土粉6% + Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>3% + CMC 0.15% + 水解度为30%的PHP 0.5‰。

钻井液性能指标:密度1.08~1.15 g/cm<sup>3</sup>,粘度20~25 s,失水量8~15 mL/30 min,pH值为8~9。

#### 5.4.3 三、四开钻井液

灰岩层以清水钻进为主,保护该层段的渗透率为重点。为保证钻进中孔内安全,必要时可适量分段加CMC和PHP提高钻井液的排粉性能,在该段钻进过程中钻渣基本上流入岩层溶洞和裂隙内。

### 5.5 其它技术措施

(1)加强泥浆净化处理,利用机台配备的除砂设备(振动筛和旋流除砂器)对泥浆进行机械净化处理,同时采取加长泥浆循环槽长度和沉淀池等方法,形成良好的地面循环系统,使有害固相絮凝沉淀。

(2)上钻时及时向孔内回灌泥浆,在一、二开钻进上下钻具时,向孔内回灌泥浆,确保孔内压力平衡,避免造成坍塌、掉块、涌水现象。

(3)堵漏。两个回灌井在一、二开施工中均出现不同程度的地层漏失现象,采取了废浆加锯末回灌堵漏、]投粘土加水泥球堵漏等经济实用的惰性材料的堵漏方法解决漏失问题,取得了很好的堵漏效

果。

### 5.6 灰岩段漏失地层施工注意事项

在灰岩段漏失地层钻进中,基本上使用清水钻进,岩粉进入岩层溶洞和裂隙内,危险性极大,应加强钻具检查,以防发生断管、脱扣事故,另外在加钻具时应将孔内岩粉排净,试探岩粉厚度<0.5 m时再加钻具,以防埋钻事故发生。

### 5.7 下管、固井技术措施

#### 5.7.1 下管

下管前进行圆孔、探孔及调浆,1号回灌井的Ø325 mm套管加工成螺距为6 mm的方形丝扣,用石油CMS-XL型套管卡瓦进行夹持下放,丝扣连接处采用电焊密封,2号回灌井的Ø339.7 mm石油套管采用石油套管吊卡进行下放。两个钻孔均采用石油专用浮箍浮鞋作为浮力塞,下管过程中及时向套管内回灌泥浆,保持套管在孔内的浮力并减少套管内外的压力差。

#### 5.7.2 固井

为保证固井质量,采用石油SMC-400型高压固井车进行固井,水泥标号为32.5R,水灰比为0.5,1号井水泥用量为43 t,2号井水泥用量为58 t,孔口返浆后停止。候凝72 h后,进行孔口试压,试验时间为30 min,压力达到4.0 MPa,压力降为0,固井合格。

## 6 洗井

### 6.1 盐酸洗井

先用清水冲孔24 h,然后用浓度为35%的盐酸2.0 t,进行盐酸洗井,采用边注酸边注水同步进行的方法。注酸流量4 t/h,注水量20 t/h。注酸结束后,注清水80 t冲孔。

### 6.2 抽水洗井

下入250QJ140-175/11型潜水泵160 m深,进行抽水洗井72 h。

## 7 抽水试验

根据设计要求,对1号井进行了抽水试验,下泵深度160.00 m,抽水层段828~1200.18 m,抽水历时时间90 h,初始水位(埋深)97.05 m,动水位(埋深)96.08 m,水位降为-1.03 m,出水量142 t/h,水温44.2℃,反映了地下水为热水的特征。2号井因无排水条件,未作抽水试验。

## 8 回灌试验

根据设计要求,利用现有矿井排水进行了回灌试验,其成果见表3。

表3 回灌试验成果表

孔号	回灌层段 /m	延续时 间/h	初始水 位/m	注水量 /t	平均回灌量 /(t·h <sup>-1</sup> )	井口压 力/MPa
回1	828~1200.18	489	99.20	74880	153.07	-0.092
回2	799~1201.13	1464	75.50	289332	197.63	-0.087

### 8.1 矿井水回灌流程

在矿井水处理厂附近,施工回灌井,利用地面标高与奥陶系灰岩含水层水位标高差(约100m),将经过净化的矿井水回灌至奥陶系灰岩含水层中储存起来。见图2。

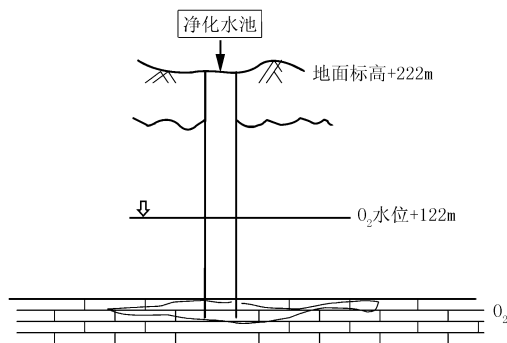


图2 矿井水回灌流程示意图

### 8.2 矿井水水处理回灌工艺流程

系统中的矿井水在井下初步处理(絮凝、沉淀)之后送至地面,再经进一步过滤处理、消毒后再利用和回灌井下,系统设计处理水量11520 m<sup>3</sup>/d。其部分产水可供二期反渗透系统深度处理,其产水可满足全矿生活用水需要,实现矿井水资源再利用。见图3。

## 9 结语

(1)随着煤矿经济的高速发展,利用矿井水处理回灌技术,实现矿井水零排放,适应环保形势要求,改善矿与农村关系,创建和谐社会和环境友好型企业,对于提高居民的生活质量和促进区域经济发展,起到了积极的作用。

(2)该项目建成后实现了矿井水地面零排放,矿井水的回用从源头上解决了矿井水排放超标的问题,

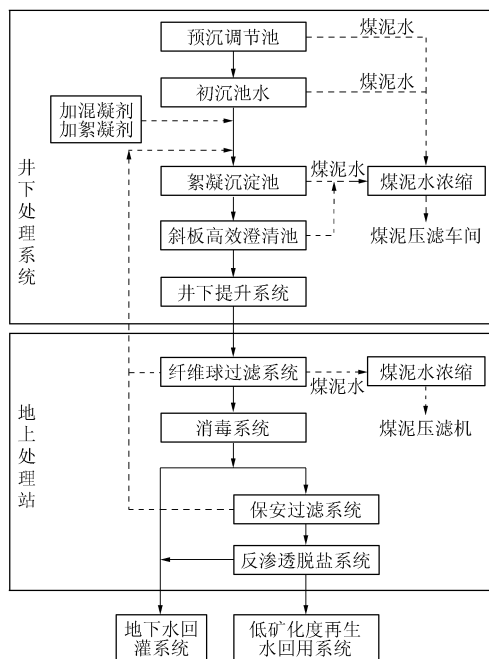


图3 矿井水水处理回灌工艺流程图

题,减少了地下水资源的开采,有利于保护环境和地下水资源。所以本项目具有显著的环境效益。

(3)高矿化度矿井排水在特定的水文地质条件下,采用回灌的方法来治理是既经济又有效的方法,但矿井排水回灌治理的同时,应加强对周边环境的监测,加强对矿井安全生产的研究,使该方法在条件类似的矿井中尽早得到应用和推广,以减少矿井高矿化度排水经地面排放后对环境的污染和破坏。

## 参考文献:

- [1] 韩广德. 中国煤炭工业钻探工程学[M]. 北京:煤炭工业出版社,2000.
- [2] 乌效鸣,等. 钻井液与岩土工程浆液[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,2002.
- [3] 王英,刘炳志,杜庆军. 大口径煤矿应用井施工技术难点及应对措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(12):51-53.
- [4] 赵金洲,张桂林. 钻井工程技术手册[M]. 北京:中国石化出版社,2004.
- [5] 河北省煤田地质局水文地质队. 邯邢煤田梧桐庄勘探区梧东井田精查勘探报告[R]. 河北邯郸:河北省煤田地质局水文地质队,1985.
- [6] 张贵双,齐俊启. 峰峰梧桐庄矿充水因素分析[J]. 中国煤田地质,2006,1(4):36-37.