

淹井矿井井筒排水试验方案

单崇雷

(国投新集能源股份有限公司 板集煤矿,安徽 亳州 236744)

摘要:板集煤矿由于副井井筒发生突水事故造成井下巷道和主井、副井和风井井筒全部淹没,被泥砂和水充填。在治理过程中先后采取了井筒内抛填石子、井筒周围探查地层、地面注浆、冻结等治理方案措施,在冻结壁达到一定程度后将开始对井筒进行排水。由于目前在国内外均无类似案例经验可以借鉴,而在排水及后续的清淤过程又可能存在因前期治理不到位出现威胁井壁以及施工人员安全的因素,因此制定科学合理的方案尤为重要。该方案通过对前期治理过程中的地质、水文现象进行科学分析,合理确定了排水试验的方式以及获取的水文地质参数,能够为后续的排水工作提供指导依据。

关键词:井筒;淹井;排水试验

中图分类号:TD824.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9102(2014)04-0029-04

The testing scheme of flooded mine shaft drainage well

SHAN Chonglei

(Banji Coal Mine, State Development and Investment Corporation, Haozhou 236744, China)

Abstract: Due to water inrush accidents caused by underground tunnel air shaft, the main shaft of Banji coal mine and its shaft auxiliary were submerged, with mud and sand and water filled in. In the process of governance, it has taken the wellbore to throw fill stones, around the wellbore formation, exploration, and frozen ground grouting treatment scheme of measures. The frozen wall to a certain extent will begin drainage on wellbore. Because currently both at home and abroad, there are no similar cases from which the experience can be learnt, and may be in the drainage and dredging processes subsequent exist because early governance is not in place with the factors threatening the wall as well as the safety of construction workers. Therefore, it is important to make a scientific and reasonable plan. Through the scientific analysis of geological, hydrological phenomena in the process of pre-treatment, reasonable drainage test mode and obtaining hydrogeological parameters are determined, which can provide guidance for the drainage of the follow-up job.

Key words: shaft; mine flooding; drainage test

立井是矿井的咽喉,井筒的破裂给矿井的安全生产带来极大威胁^[1,2],近年来,矿井井筒突水时有发生。板集煤矿设计年产 300×10^4 t,矿井采用立井、主要石门及分组大巷开拓方式。主、副、风3个井筒设计净直径分别为6.2,7.3,6.5 m,井筒深度分别为795.5,795.4,776.5 m,穿过地层自上至下分别为第四系松散层(厚度约585 m)和二叠系。

矿井在施工二期井底车场及主要石门大巷工程期间,副井井筒在新生界第四系底部含水层即

“四含”段^[3](该含水层富水性中等)突然发生破裂,造成大量涌水、并伴有泥砂,造成井下已经施工完成的几千米巷道和3个井筒全部被淹没。出现淹井事故后,经国内有关专家对井筒突水的原因以及应采取的措施进行了讨论,提出了“井筒内抛填石渣-井筒周围地面地层探查注浆-井筒周围冻结-井筒排水-井筒清淤-破损井壁修复”的总体治水技术路线^[4]。

在经过前期研究、设计、组织和施工,治水工程已进入冻结制冷阶段,即将进行井筒排水阶段。而在排水过程中可能存在因前期治理工程不到位比如突水通道未完全封堵、冻结壁并未完全交圈等等原因,造成在排水过程中出现进一步井筒涌水淹井、影响前期成果或者威胁井壁安全的情况。因此,为安全、经济、高效地完成3个井筒的排水工程,有必要通过对前期治水过程中的地质、水文现象进行分析和研究,制定科学合理的排水试验方案后再行确定正式排水方案。

1 排水试验方案设计的依据

1.1 前期治水过程中的地质水文现象

1)副井抛入的渣石使原始淤砂面显著下降:副井在抛渣充填之前井筒中淤砂面的深度为592 m,抛入3 924 m³石渣后测得抛渣结束时的淤砂面埋深为476 m,经20 d固结后渣面埋深为519 m,根据抛渣体积和井筒断面面积计算,固结后石渣的高度约94 m,由此推算,在石渣压力作用

下井筒中原始淤面下沉了20 m左右。

2)在对井筒周围松散层注浆过程中,3个井筒均出现水泥浆进入井筒并导致淤砂面上升的现象,由注浆造成主、副、风井中淤面上升的幅度分别为47,89,28 m,上升至517,430,500 m,3个井筒中的淤层高度分别为245,332,262 m。

3)前期注浆结束后进行了3井筒试排水,结果表明主井和风井与周围含水层之间的水力联系已不明显,但副井与含水层之间的水力联系仍然显著(见表1)。

4)前期注浆工程结束后,主、副井井筒中的淤面高程和水位长时间基本保持稳定,井筒中水位的偶然小幅度变化可以用天气、气压的变化或人工干扰解释;风井的水位则一直不稳定,并且与主、副井之间一直有较大的水位差^[5,6]。

5)风井中水位与巷道中水位比较接近,并且在充填过程中与巷道中水位联动。主、副井中水位与巷道水位差别较大,并且在充填注浆过程中水位未发生变化。

表1 前期注浆后试排水观测结果

位置	排水前		第一段排水			第二段排水			第三段排水				
	30 d 水位升幅 /m	降深 /m	停抽后 48 h 水位升幅 /m	水位恢复 速度 /(m/h)	水位恢复 速度分布	降深 /累计 降深/m	停抽后 48 h 水位升幅 /m	水位恢复 速度 /(m/h)	水位恢复 速度分布	降深/ 累计降深 /m	停抽后 48 h 水位升幅 /m	水位恢复 速度 /(m/h)	水位恢复 速度分布
主井	0.08	45.89	0.07	0.00~0.01	随机	50.11/95.97	0.59	0.00~0.03	正态随机	29.61/122.70	0.81	0.00~0.02	随机
副井	0.18	54.41	1.68	0.01~0.08	正态随机								
风井	2.60	50.89	0.57	0.00~0.03	正态随机	50.80/100.79	0.72	0.00~0.03	正态随机	30.40/129.63	1.31	0.00~0.05	正态随机

1.2 根据上述现象作出的判断

1)伴随副井的涌水、涌砂,松散层出现不均匀下沉,由此产生的差异应力导致主井和风井的井壁也发生了破裂^[7]。

2)巷道中可能存在圈闭的空气。

3)由于探查注浆过程中漏入的水泥浆的固结,副井和主井中淤积层的渗透性很差,使的在较小的水位差下井筒淤面以上水体与巷道水体之间不发生水力联系。

4)风井由于漏入的水泥浆量较小,井筒中淤积层的渗透性较好,淤面以上水体与巷道水体之间水力联系密切。

2 排水试验方案

2.1 排水试验的目的

通过对上述现象的初步判断,拟采用分阶段、小降深、密观测的方式进行试验性排水,该试验应

能达到以下目的,以指导下一步正式排水。

1)判断井筒与其周围含水层之间是否存在水力联系。通过对比排水实际流量、绘制流量动态曲线、井筒中的水位动态曲线以及井筒水量减少值动态曲线。如果出现明显偏差,并且有随着排水时间逐渐增大的趋势,则可以判断井筒与其周围含水层之间存在水力联系。停止抽水后观察水位恢复情况,如井筒中水位出现连续回升并且回升速度呈由大到小的趋势,也可以判断井筒与其周围含水层之间存在水力联系。

2)判断井筒中淤积层的渗透性。通过密集观测排水试验过程中井筒水位和巷道水位观测孔(3个排气孔和2个充填孔)中的水位,可以判断判断井筒中淤积层得渗透性。其渗透系数可根据井筒-巷道水位差与降深速度的关系曲线进行计算。

3)判断井下巷道存在圈闭空气的可能性或巷道的水力连通性。通过对比和分析排水试验过程中

巷道观测孔的水位动态曲线结合井筒水位动态曲线可以对井下巷道存在圈闭空气的可能性或巷道的水力连通性作出判断:如果在排水过程中,不同的巷道水位观测孔中的水位变化趋势出现显著的差异,则提示圈闭空气存在的可能.如果某个观测孔的水位反复出现较大幅度的升降现象,则表明在该孔附近有圈闭空气.

4)通过排水判断井筒中淤面滞后性突然下沉的可能性.根据饱水松散介质固结理论和松散介质堆稳定理论,随着井筒中水位和巷道中水位的大幅度下降,井筒中淤面由于中性应力的降低会出现固结性下沉和休止角减小性下沉^[8-10].这种下沉与排水是同步的或略滞后于排水过程,因此对后期的井筒清淤过程不会造成影响.但是,3个井筒在对围岩注浆过程中均出现水泥浆进入井筒的现象,因此不排除水泥浆将淤层得上段充填并与井壁胶结在一起的可能(副井出现此现象的可能性最大),如果出现此现象,则可能出现当巷道中的水位降深较小时淤积层得下段因固结而下沉,淤积层上段位置保持不变,使上、下段之间形成脱节;当巷道水位降至淤面高度以下时,淤积层上段因失去水的顶托力而突然下移.根据排水试验得到的井筒-巷道水力联系的结论和试排结束后淤面高度的观测可以在一定程度上排除淤面滞后性突然下沉的可能性:试排结束后如果能观测到淤面有显著下沉,则可以排除滞后突然下沉可能;虽然在试排结束后的观测期内未观测到淤面有显著下沉,但如果井筒中水位与巷道中水位呈协调性下降趋势,则表明淤积层未被水泥有效胶结,淤面

未下沉的原因是淤积层的固结速度慢,因此也可以排除滞后突然下沉可能.

2.2 排水方式

2.2.1 三井筒排水顺序

根据上述目的,并且因为风井的冻结期最长,冻结壁应已形成有效交圈,在设计流量和降深速度下排水造成的冷量流失根本不足以造成已交圈的冻结壁的破坏,因此按照风井→主井→副井的顺序逐井试排,每个井筒完成所有降深阶段的排水及观测后再进行下一个井筒的排水试验.该排水方式的优点:

1)井筒中淤层的渗透性较好,排水能够有效地降低巷道中的水位,有利于尽早判断井下巷道存在圈闭空气的可能性或巷道的水力连通性.

2)巷道中圈闭气体的减压期较长.

3)为主、副井中的原始淤层提供较长的失水(压)固结时间.

2.2.2 降深安排

井筒排水采用分阶段、间歇式的方式进行.每阶段降深的设计原则是:

1)第一阶段排水过程中排水井筒中的水位始终高于巷道中的平均水位.

2)每一阶段井筒水位降深处于排水泵的能力范围内,并小于0.3倍淤层高度.

3)井筒在排水试验期间的水位累计降深小于淤层高度.

根据现场实测的上述数据,各井筒的排水阶段以及各阶段的降深安排如表2所示.

每个井筒的2个排水阶段之间应间隔24 h.

表2 排水试验阶段划分

位置	井筒横断面 面积/m ²	井筒中 水位埋深/m	淤层 高度/m	设计 总降深/m	排水阶 段数	第一阶段 降深/m	后续阶段 降深/m	累计排水 时间/h	累计观测 时间/h
主井	30.18	8.88	245	240	4	30	70	145	96
副井	42.99	7.92	332	210	3	30	90	180	72
风井	34.19	7.66	262	240	4	30	70	165	96

注:每个井筒的2个排水阶段之间应间隔24 h用于观测水位变化情况.

2.3 观测的水文地质参数

2.3.1 水位观测

1)观测点.本次排水试验共设置7个水位观测点:主井、副井、风井、排1孔、排2孔、排3孔、充1孔和充2孔.

2)观测方法.井筒及观测孔中的水位测量均

以电极式测绳为主要测量工具.

3)观测时间.(1)水位背景观测:排水试验开始前14 d为水位背景观测期.在该观测期内,对上述7个观测点应每间隔6 h测量1次水位值.每次测量时,不同观测点的观测时间差不得大于2 h,以避免气温和气压对测值对比的影响.(2)排水过程

中的观测:在每个井筒的每个降深阶段排水过程中,对排水井筒每隔0.5 h观测1次水位;对非排水井筒和观测孔每间隔2 h观测1次水位.观测孔的观测时间差不得大于1 h,以便对比井下不同位置对排水响应的滞后性.(3)阶段间歇期的观测:在每个降深阶段结束后的观测期内,对排水井筒每隔1 h观测1次水位;对非排水井筒和观测孔每间隔3 h观测1次水位.

2.3.2 流量观测

流量观测包含2个内容:井筒水泵实排流量和井筒容水损失量.前者采用流量计直接测得的,后者根据井筒中的水位下降速度及井筒横断面面积计算而得.

每0.5 h测取一次实排流量,与井筒容水损失量进行对比.

3.3 淤面观测

各井筒在每一降深阶段试验开始前均要各测量1次淤面的高度(深度),并在达到最大试验降深后的7 d内测量3次淤面高度,间隔时间为24~48 h.每次测量时要在井筒的4个方位点各测1次.不同测次的测量位置要保持一致.

3.4 试验暂停或中止的标准

任一井筒在第一阶段的排水过程中如果出现以下现象必须立刻暂停排水12 h,并观察井筒和观测孔的水位恢复情况:

1)连续3次观测到的实排流量与井筒水量的损失量之差大于0.1倍实排流量.

2)降深速度曲线出现突变性变缓趋势.在暂停排水期间应每隔0.5 h观测一次排水井筒的水位并绘制水位动态曲线和水位恢复速度曲线;每隔1 h观测1次观测孔(排气孔和充填孔)的水位并绘制水位动态曲线.如果同时出现以下现象,意味着含水层中的地下水进入井筒,应中止排水试验:(1)水位恢复速度曲线与排水暂停前得降深速度曲线形态一致;(2)多数观测孔的水位出现上升的趋势.若上述现象只出现1种,则应延长观测期,以便做出进一步的判断,若上述2种现象均未出现,可以恢复排水试验.

4 结论

1)试验第一阶段的降深必须根据试验开始时的井筒水位作相应调整,确保在该阶段排水排水井筒中的水位始终高于巷道中的背景平均水位.

2)排水试验可以判断井筒与其周围含水层之间存在水力联系,验证井筒周围冻结壁是否有效交圈,形成有效隔水层,以保证下一步井筒正式排水清淤施工安全.

3)为获得理想的施工指导依据,合理制定排水试验方式、排水降深、观测的水文地质参数具有重要意义.

4)正式排水方案应根据排水试验得出结论后进行确定.

参考文献:

- [1] 王宝贤.恒源煤矿副井井壁破裂综合治理技术[J].能源技术与管理,2013(2):125-127.
- [2] 徐良才,郭英海,黄鑫磊,等.浅谈我国煤矿主要突水类型及防治技术[J].煤矿安全,2011,42(1):53-56.
- [3] 安徽煤田地质局勘察研究院.安徽省亳州市板集煤矿地质报告汇编[R].蚌埠,2006.
- [4] 江多如,孙道贵,杨保林,等.复杂地层矿山井筒注浆治水抢险工程施工实践之总结[J].西部探矿工程,2011(11):92-95.
- [5] 董梅,李宏伟,张勇,等.淮南煤田板集煤矿主井井筒注浆加固工程实践[J].中国煤炭地质,2013(4):50-54.
- [6] 马江淮,严家平,张海涛,等.板集煤矿副井井筒地面注浆堵水技术与效果评价[J].煤矿安全,2011,42(4):45-47.
- [7] 潘银光,马占国,兰天,等.井筒涌水突变特征研究[J].煤炭科技,2010(3):1-3.
- [8] 赵彭年.松散介质力学[M].北京:地震出版社,1995.
- [9] 贺瑞霞.工程地质学[M].北京:中国电力出版社,2010.
- [10] 张春梅.土力学[M].北京:机械工业出版社,2012.