

大水位落差深井止水修复方案及实施效果分析

赵振云, 孙智杰

(山西省第三地质工程勘察院, 山西 晋中 030620)

摘要:以山西潞安集团和顺李阳煤业有限公司大水位落差深井止水修复方案及实施效果为工程实例,对该工程先后实施的管内注浆法、管外注浆法、衬管固井法、同径水泥架桥法、泄压通桥法等止水修复方案进行了详细分析,总结了其成功的经验,可为类似旧井修复工程或新井施工工程提供借鉴和指导。

关键词:大水位落差;止水修复方案;同径架桥;泄压通桥

中图分类号:TU991.12 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2014)12-0027-04

Waterstop Scheme for Deep Well with Large Water Level Difference and the Analysis on Its Implementation Effect/ZHAO Zhen-yun, SUN Zhi-jie (Shanxi Province No. 3 Institute of Hydrogeology and Engineering Geology Investigation, Jinzhong Shanxi 030620, China)

Abstract: With the engineering case of waterstop scheme for a deep well with large water level difference and the implementation effect, the detailed analysis is made on in-tube grouting, out-tube grouting, liner tube cementing, the same diameter cement bridging and pressure relief drilling methods and the experience is summarized.

Key words: large water level difference; waterstop scheme; the same diameter cement bridging; pressure relief drilling method

0 引言

近年来,我院在山西和顺县城附近,施工基岩深井数眼,取水层位一般为中奥陶下马家沟组及部分寒武系地层。这类深井的特点是:(1)成井深度大(800~1000 m),变径次数多(4、5径);(2)取水层区域水位埋深大(550~650 m);(3)上部封闭层与取水层区域水位埋深落差大(500 m左右);(4)上部煤系地层水泥止水效果差;(5)深井泵扬程大(650~700 m);潜水电机功率大(125~145 kW);(6)下泵井段井斜递增量要求严($<0.5^\circ/100\text{ m}$);(7)抽水降深较大(50~80 m)而出水量较小(一般仅 $20\text{ m}^3/\text{h}$ 左右)。部分基岩深井情况见表1。

表1 部分基岩深井技术数据统计

深井名称	完井深度/m	区域水位埋深(封闭/取水)/m	深井泵技术参数(扬程/流量)	电机功率/kW
隆华公司1号井	940.36	78/617	700/20	137
隆华公司2号井	879.26	60/585	700/25	145
李阳煤业公司深井	881.81	80/609	700/25	145
长沟煤矿1号深井	940.50	92/640	750/20	145
正邦煤业公司深井	894.00	69/568	700/20	137
新天地公司深井	820.78	46/556	650/20	125
长沟煤矿2号深井	965.56	90/645	750/20	145

这类水井在其实施过程中,封闭层的止水方案

设计及实施把关非常关键,若把关不严,不仅会影响后续井段正常施工,还会影响成井质量。表现为:(1)通桥后水位骤降,使封闭层井管吸扁、错位,造成钻具提下困难;(2)封闭层井管开裂、刺水,影响成井后的水质指标;(3)封闭层井管管柱“狗腿”偏大,影响深井泵顺利下放。

本文以山西潞安集团和顺李阳煤业有限公司旧井封闭层重新止水修复项目为实例,分别对先后采取的几种止水修复方案及实施效果进行分析与探讨,从中得到了许多有益的经验 and 失败的教训。

1 旧井修复工作概况

1.1 旧井简述

该井于2009年5月21日建成,终孔深度881.81 m,静止水埋深609 m。经过抽水试验,水表实测出水量 $23.95\text{ m}^3/\text{h}$,水位降深61 m,水质指标及出水量完全符合合同要求。原井井身结构技术数据见表2。该井建成后,建井方并未立即投入使用,直到2011年5月才正式起用。正常使用半年后,该井上部封闭井管先后出现向井内漏水、漏砂、涌泥,出水浑浊,最终导致多次烧毁潜水电机。如果不处理上部封闭层问题,该井将无法正常使用。

收稿日期:2014-06-02

作者简介:赵振云(1971-),男(汉族),山西晋中人,山西省第三地质工程勘察院工程勘察处处长、工程师,钻探工程专业,从事钻探(井)工程与工程勘察技术管理工作,山西省晋中市榆次区鸣李,452231714@qq.com;孙智杰(1959-),男(汉族),山西万荣人,山西省第三地质工程勘察院副总工程师、教授级高级工程师,钻探工程专业,从事钻探(井)工程技术管理工作,2668720192@qq.com。

表2 修复施工前井身结构技术数据

井身结构			井管结构			
井径 /mm	深度 /m	管径 /mm	井管 类型	起止深度 /m	数量 /m	重叠 /m
500	30.19	478	螺旋钢管	-0.30~30.19	30.49	高出地面0.30
450	136.61	426	螺旋钢管	-0.30~136.61	136.91	30.49
400	362.22	377	螺旋钢管	129.67~362.22	232.55	6.94
350	607.77	325	螺旋钢管	358.87~607.77	248.90	3.35
300	787.75	273	螺旋钢管	603.75~787.75	184.00	4.02
250	881.81		裸孔			

据此,建井方委托我院处理该井。

1.2 主要问题

经过井内电视检测及水质化验,旧井存在以下问题:

(1)上部300 m以浅封闭井段,164、214、248 m处存在漏水情况,其中214 m处漏泥砂、漏浑水比较严重;

(2)井管螺旋状焊缝轻微变形,但未发展到影响起下钻具程度;

(3)井管穿杠眼补焊有砂眼,向井内雾状刺水,形成井管安全隐患;

(4)由于封闭层水的混入,水质检测发现硝酸根及氟离子偏高。

1.3 修复目标

(1)通过下管、固井、止水等工艺,对原井300 m以浅部分井管刺漏部位进行永久性封堵,确保水质合格及深井泵正常运行;

(2)300 m以浅部分永久性封堵之后,通过捞渣、排渣,彻底清理由于井壁管泄漏而进入井内的泥沙、堵塞物;

(3)清淤之后,通过活塞抽拉、泵注盐酸洗井等工艺,恢复或改善旧井含水层的涌水量;

(4)机械、化学联合洗井完毕,在试抽水之后,再次清捞井底沉淀物,直至井底干净。

1.4 技术难点

(1)同径水泥架桥:300~603.75 m井段,均为 $\varnothing 325$ mm螺旋井管,计划在300~350 m井段进行管内架桥,但没有可利用的变径台阶。如何在井管内分步骤完成同径水泥桥塞的制作。

(2)水泥桥塞承载能力:水泥桥塞形成的人工井底,必须能承受280 m以上水柱或水泥液柱的压力,如何确保在桥塞水泥浆凝固之前,底部的木塞及粘土充填层不失稳下滑。

(3)扫通水泥桥塞:由于封闭层区域水位埋深与取水层水位埋深相差500多米,如何确定合宜的

通桥方法,防止扫通桥塞后,管内水位急剧下降,产生巨大负压“激动”,而使固井衬管被吸扁,酿成事故。

(4)衬管外水泥固井:衬管底部封固段80~100 m必须保证水泥固结质量,如何通过对衬管底部管柱结构和水泥浆液配比,采取相应的特殊措施,以保证衬管底部封固质量。

1.5 修复简述

该井修复处理历时9个月,由于封闭层与目的层水位相差500余米,对第一阶段采取的衬管管柱结构、水泥浆液配比、通桥泄压方式等考虑不周,方法不当,各种修复方案均告失败,并且先后2次将下入的螺旋钢管(壁厚7 mm)吸扁,造成2次严重的井内卡钻事故。对第一阶段修复工作进行全面反思与总结之后,重新拟定针对性修复技术方案及措施,并认真组织施工机组予以实施,旧井修复效果令双方都非常满意。修复后井身结构技术参数见表3。

表3 修复施工后井身结构技术数据

井身结构		井管结构				说明
井径 /mm	深度 /m	管径 /mm	起止深度 /m	数量 /m		
500	30.19	478、325、273	-0.30~30.19	30.49	三层管重叠	
450	136.61	426、325、273	-0.30~136.61	136.91	三层管重叠	
400	362.22	377、325、273	129.67~300.00	232.55	三层管重叠	
350	607.77	377、325	300.00~362.22	248.90	两层管重叠	
350	607.77	325	362.22~607.77	245.55	单层井管	
300	787.75	273	603.75~787.75	184.00	重叠4.02	
250	881.81				裸孔	

注:井管类型均为螺旋管。

2 止水修复方案实施成败分析

2.1 止水修复方案实施失败分析

2.1.1 衬管内高压注浆方案

2.1.1.1 实施简述

在井深362 m变径处做桥塞,并在 $\varnothing 426$ mm及 $\varnothing 377$ mm井段之内,下入 $\varnothing 325$ mm \times 7 mm螺旋井管至井口,采用衬管内高压注浆法,候凝期满,扫通桥塞之后,因泄压太快,造成部分衬管被吸扁、开裂,而且衬管290 m处,仍然向井内严重漏水,此止水方案实施失败。

2.1.1.2 原因分析

(1)水泥浆液灌注之后,单向止水器回流密封失灵,外环水泥柱下降至290 m,因而290 m以深 $\varnothing 325$ mm井管没有被吸扁;

(2)采用425号矿渣水泥,水下凝固质量较差,扫通桥塞后,在管外液柱压力作用下,向井内涌水;

(3)没有采用先降低管内水柱高度,后扫通桥塞的方法,衬管内300余米水柱瞬间消失,造成管外无水泥的部分衬管被吸扁、开裂;

(4)衬管壁厚7 mm偏小,衬管焊接处未逐个采取“疤片”补强措施;

(5)对水泥地面凝固与水下凝固时间差异重视不够,扫通桥塞时间偏少,水泥在水下凝固时间不足。

2.1.2 衬管外砂浆注浆方案

2.1.2.1 实施简述

在290 m以浅 $\varnothing 325\text{ mm} \times 7\text{ mm}$ 废井管取出之后,重新下入同规格螺旋井管至井口。井管管柱底部10 m段,相间设置膨胀止水胶带3组,缠绕止水海带2组,并用钢筋圈分组固定。井管下到位后,从管外依次注入素水泥稠浆、水泥砂浆、岩屑砂料,孔口20 m孔段用混凝土浇固。10天后检测,孔深290 m处,仍然漏水,此止水修复方案实施再次宣告失败,而新下入的 $\varnothing 325\text{ mm} \times 7\text{ mm}$ 螺旋井管已无法拔出。

2.1.2.2 原因分析

(1)衬管底部设置的止水组合,在注入素水泥稠浆前,尚未完全膨胀而与原井管壁挤紧,从而未达到阻止水泥稠浆下行的目的。

(2)衬管外止水材料输送通道不畅,水泥稠浆到达水面后立即稀释,根本到不了衬管底部的止水组合部位。

(3)随后注入的水泥砂浆,遇水后水泥与砂子分离而流入井内,未在封闭层位留下水泥砂浆固结段,进而起不到封固止水作用。

(4)衬管底部的膨胀胶带夹海带止水组合,膨胀能力有限,因不能承受管外的液柱压力而失去止水作用。

2.2 止水修复方案实施成功分析

2.2.1 现状简述

在实施了上述修复方案后,井身结构为:-0.30 ~607.77 m, $\varnothing 325\text{ mm} \times 7\text{ mm}$ 螺旋井管(包括原井

及修复施工下入的井管);603.75 ~787.75 m, $\varnothing 273\text{ mm} \times 7\text{ mm}$ 螺旋井管(含滤水管);787.75 ~881.81 m, $\varnothing 250\text{ mm}$ 口径裸眼。井深290 m处 $\varnothing 325\text{ mm}$ 井管,仍然向井内漏水。

2.2.2 实施简述

根据井身现状及委托方要求,必须将290 m处的开裂漏水部位予以永久性封闭。实施过程为:(1)先在300 ~346 m井段进行同径架桥;(2)候凝期满,下钻具检验桥塞的承载能力(应大于10 t);(3)在-0.30 ~300 m井段下入 $\varnothing 273\text{ mm} \times 8\text{ mm}$ 螺旋井管;(4)采用井管内高压水泥浆止水工艺;(5)候凝期满,采用特殊方式扫通水泥桥塞。

2.2.3 针对性措施

(1)下入井内的 $\varnothing 273\text{ mm}$ 井管,壁厚由7 mm变成8 mm、井管柱对接处增焊“加强疤片”,防止由于泄压控制不当,井管再次被吸扁。

(2)采取了适合于该井的特殊结构的同径木塞架桥、水泥固桥工艺,使封井段先建立起静水位(水位埋深80 m),实现在静水位条件下水泥浆液高压固井作业。

(3)专门租用了一套小扬程、小泵量深井泵,在通桥之前,先将管内水位抽降至290 m,再干扫通桥,排除因瞬间形成压差而造成井管吸扁的事故隐患。

(4)采用了管内单向高压注浆、憋压,初凝期满才予以泄压,虽然风险很大,却能阻止管外水泥浆液回流,以保证止水质量。

(5)采用山西智海集团生产的P.052.5最高标号的硅酸盐水泥及三乙醇胺早强剂,配置固井止水水泥浆液,提高水泥固结质量。

(6)严把水泥浆液拌合质量关,按照理论计算量及规范规定加料顺序,充分搅拌,均匀无结块,可泵性能良好。

2.2.4 同径架桥技术

2.2.4.1 同径桥塞结构(见表4)

2.2.4.2 同径桥塞制作流程

表4 同径桥塞结构数据及作用

材料	所在井段/m	制作长度/m	制作要求	主要作用
水泥	300 ~ 340	40	使用高标号水泥制浆,适量添加剂,充分搅拌	凝固后,承托固井止水水泥浆的液柱压力
粘土	340 ~ 345	5	制成粘土球,并要求晾干,便于投放	制作桥塞时,防止水泥浆液沿木塞周围漏失
木塞	345 ~ 346	1	$\varnothing 300\text{ mm}$,双向倒角,径向穿钢丝绳	承托上方粘土及桥塞水泥凝固前的重力

钻具送木塞到预定位置→固定木塞→投放粘土球→下钻蹧实粘土球→下注浆钻具并送水检验管路

情况→注入水泥浆液→替浆并提起注浆钻具→初凝期满后下钻具检测水泥面并修整至300 m→提起修孔

钻具并将 $\varnothing 325$ mm 管内灌满清水→桥塞候凝。

3 效果检验与相关认识

3.1 效果检验

(1) 经井内摄像检验, 静止水位以上井段已确认完全封闭, 再没有发现封闭井段向井内刺水、漏水现象, 实现了预期的止水目的。

(2) 经多次下泵试抽水, 深井泵组起下顺畅, 井内各级管柱安全、可靠无异常, 完全满足深井泵正常运行及起下安装作业。

(3) 经过对含水层段机械活塞洗井, 最终出水量达到了 $23 \text{ m}^3/\text{h}$ 以上, 比原井出水量有所增大, 水质有所改善。

(4) 完成洗井、抽水试验后, 在下入深井泵组之前, 多次下入专用的清渣、捞渣工具, 清捞至井底, 圆满完成了清孔作业。

3.2 体会与认识

(1) 由本次止水修井工程所获得的封闭层(本溪组以上)区域水位埋深资料和施工中有益的经验与沉痛的教训, 能使我院今后在该区域施工类似深井时, 提前采取针对性的防范措施, 少走弯路。

(2) 对于井深大、口径大、变径次数多、水位埋深大的基岩深井, 必须从井身结构设计、管材选择、成孔工艺与工序、含水层保护及洗井方法等方面, 全面严格把关, 确保成井质量, 从源头上避免旧井修复

作业。

(3) 井内水位骤降吸扁井管这种恶性事故, 不仅在本次修井作业中多次发生, 而且在正常施工中频频出现, 由此而报废水井的工程实例屡见不鲜。对于取水层水位埋深较大的水井, 在揭开含水层前, 施工单位应高度重视, 采取措施, 严防井内水位骤降。

(4) 对于旧井修复工程, 全面收集, 认真分析旧井的各种技术数据与技术资料非常关键, 否则, 会误导修复技术方案的制定, 造成旧井修复处理复杂化, 甚至会造成旧井报废, 进而给委托方与施工方带来更大的劳动付出和经济损失。

参考文献:

- [1] 中国地质调查局主编. 水文地质手册(第二版)[M]. 北京: 地质出版社, 2012.
- [2] 钻探管材手册编写组主编. 地质、水文、石油钻探管材手册[M]. 北京: 地质出版社, 1975.
- [3] 朱宗培, 王启华, 华雪芳, 等. 地质勘探用水泥[M]. 北京: 地质出版社, 1984.
- [4] 魏碧波. 钻井成井工艺对出水量的影响分析及技术措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(1): 31-34.
- [5] 许刘万, 王艳丽, 刘江, 等. 影响水井钻探效率的因素及提高钻井速度的关键技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(4): 18-21.
- [6] 于孝民, 杨春光, 董国明, 等. 唐山市第一眼蓟县系地热井钻探及成井技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(2): 41-44.

(上接第 26 页)

种类不多, 但互相协同作用, 可以形成稳定而优质的乳状液结构, 易于维护处理, 可操作性很强。

(3) 在现场应用过程中, 该体系沉降稳定性好, 没有发生重晶石粉沉淀的情况。该体系动塑比 > 0.4 , 携岩能力很强。该体系的润滑性和抑制性非常突出, 定向钻进时摩阻力仅 $10 \sim 20 \text{ kN}$, 起下钻顺利, 井壁规则, 平均井径扩大率为 3% 。

(4) 由于事先针对该井易发生水侵的情况作了充分的室内评价工作, 所以在现场虽然钻遇了异常高压水层, 发生了多次水侵, 但经过正确的应对处理, 将钻井液性能及时调整到正常范围, 将钻井液成本影响控制在最低, 保证了钻井的正常施工, 最终顺

利优质地完成了该井的技术服务。

参考文献:

- [1] 鄢捷年. 钻井液工艺学[M]. 山东青岛: 中国石油大学出版社, 2006. 13-15.
- [2] 李健鹰. 粘土胶体化学[M]. 山东青岛: 中国石油大学出版社, 1988.
- [3] 蒲晓林, 黄林基, 罗兴树, 等. 深井高密度水基钻井液流变性、造壁性控制原理[J]. 天然气工业, 2001, 21(6): 48-50.
- [4] 李春霞, 黄进军. 一种新型高温稳定的油基钻井液润湿反转剂[J]. 西南石油学院学报, 2002, 24(5): 22-24.
- [5] 罗立公, 关增臣. 油基钻井液在特殊井中的应用[J]. 钻采工艺, 1997, 20(3): 71-74.
- [6] 刘永福. 高密度钻井液的技术难点及其应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(5): 47-49.