

神朔铁路寇庄站供水井水质浑浊的处理及防治措施

陈伟武

(山西省地质勘查局 217 地质队,山西 大同 037008)

摘要:神华集团神朔铁路寇庄站供水井由于煤系地层水止水效果不好,对水质影响较大。针对止水封堵出现的问题,提出了在已成井情况下采用上下分隔器封堵注浆工艺技术,很好地解决了煤系水漏水造成供水井水质浑浊的问题。实践证明,该技术施工简单,使用灵活,止水处理事故效果良好。

关键词:供水井;水质浑浊;止水封堵;上下分隔器

中图分类号:P634;TU991.12 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2018)03-0049-04

Treatment and Prevention Measures for Water Quality Turbidity in Kouzhuang Water Supply Well of Shenshuo Railway/CHEN Wei-wu (217 Geological Team, Shanxi Province Bureau of Geology Exploration, Datong Shanxi 037008, China)

Abstract: In the water supply well of Kouzhuang station of shenshuo railway, the unsatisfactory water-sealing effect greatly influences the water quality. Aiming at the problems in water-sealing and plugging, plugging and grouting technology with upper and lower packer is put forward under the condition of well completion; the water quality turbidity is solved. The practice shows that this technology is simple in construction and flexible in use with good water-sealing effect.

Key words: water supply well; water quality turbidity; water-sealing and plugging; upper and lower packer

神华集团神朔铁路寇庄站供水井位于朔州市朔城区张蔡庄乡,西辛村西南 620 m、神朔线山西境内 K252+499 处,是神朔铁路寇庄站扩能改建万吨列车会让站项目。该项目原有一眼水井,取第四系松散层孔隙水,不能满足改扩建需水要求,需新钻凿一眼石灰岩岩溶水井,解决扩建供水。2016 年我单位钻探公司通过招投标方式,中标实施该项目的供水井工程,2016 年 12 月完工,经洗井后,达到水清砂净。水井静止水位为 149.7 m,与周边区域地下水位一致,经试验抽水后换算,出水量可达到 32 t/h,符合规范标准,满足合同要求,同时交付甲方使用。然而在 2017 年 4 月,在抽水过程中出现水质浑浊现象,通过井下摄像发现,在两层井管环状间隙间,由于煤系地层水进入而出现浑浊。我单位通过采用上下分割器止水注浆封堵,成功解决该问题,取得良好效果。

1 供水井的水文地质情况

根据地质、水文地质资料分析,不同成因类型的含水岩组由于岩性及结构的差异,具有各自相对独立的含水系统。

1.1 寒武奥陶系碳酸盐岩岩溶裂隙含水组

据该区域资料,厚度 >500 m,岩性以灰色石灰岩为主,白云质灰岩、白云岩次之,夹少量竹叶状灰岩、泥灰岩和角砾状白云质灰岩,广泛出露于神头岩溶泉域的北、西、南三面,构成高山、丘陵地貌,出露、半出露面积约 3200 km²,平原区则覆盖于石炭二叠系及新生界地层之下,特征为岩溶裂隙发育,富水性较强,且具不均一性。据钻孔抽水试验,寒武系单位涌水量为 0.025~0.26 L/(s·m⁻¹),暖崖 S19 号孔单位涌水量 0.041 L/(s·m⁻¹),水位标高 1466.20 m。奥陶系单位涌水量为 0.1~93.358 L/(s·m⁻¹),水位埋深:山区一般 100~300 m,平原 4.9~140 m,由山区到平原,地下水由潜水转为深层承压水。神头附近压力水头+3.25 m,在马邑附近,水文一队施工的 8018 孔揭露 O₂ 地层,压力水头达+11.37 m,水质类型为 HCO₃-Ca·Mg 型水,矿化度 <0.4 g/L。

1.2 石炭二叠系碎屑岩裂隙含水组

总厚约 480 m,岩性主要为砂岩、砂砾岩、砂质泥岩、泥岩、铝土岩及煤层,广泛分布于水文地质单元中部、中南部及北部的小京庄向斜区,此含水组具

收稿日期 2017-12-14; 修回日期:2018-01-15

作者简介:陈伟武,男,汉族,1972 年生,高级工程师,探矿工程专业,从事钻探生产技术与管理工作,山西省大同市永泰南路 79 号,494062192@qq.com。

多层含水结构,富水性弱且较为均一。在朔县平原区埋深 95~400 m 以下。据钻孔抽水试验,单位涌水量为 $0.001 \sim 1.21 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^{-1})$,水位埋深一般 $78.94 \sim +3 \text{ m}$ 。阳方口一带有泉水出露,但流量甚小,总流量约为 $5.0 \text{ L}/\text{s}$,水质类型为 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$ 及 $\text{HCO}_3 \cdot \text{Cl} - \text{Na}$ 型水,矿化度 $0.3 \sim 1.2 \text{ g}/\text{L}$ 。

1.3 新生界松散碎屑沉积物孔隙含水组

总厚约 300 m,岩性主要为粗砂、中砂、细砂及少量砾石层、粘土,分布于朔县平原及山前地带,以冲积、洪积为主要成因,富水性弱—中等。据钻孔抽水试验,单位涌水量 $0.029 \sim 8.25 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^{-1})$ 。水质类型为 $\text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$ 型水,局部为 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$ 与 $\text{HCO}_3 \cdot \text{Cl} - \text{Na} \cdot \text{Ca} \cdot \text{Mg}$ 型水,一般矿化度 $< 0.5 \text{ g}/\text{L}$,最大 $1.5 \text{ g}/\text{L}$ 。井区位于秦岗—丹子山隆起部位东南侧,断裂构造比较发育,为地下水的富集提供了相对良好的水文地质条件。

区内地下水含水层主要有第四系松散层孔隙水、石炭、二叠系碎屑岩裂隙水,奥陶系灰岩岩溶水。有供水意义的地下水为第四系松散层地下水和奥陶系岩溶水。由于本区域奥陶系岩溶水完全能满足供水井出水量要求,因此该井设计中不取第四系松散层地下水。

2 供水井井身结构

根据寇庄站区内地质、水文地质条件,我们采用的钻孔结构如图 1 所示。

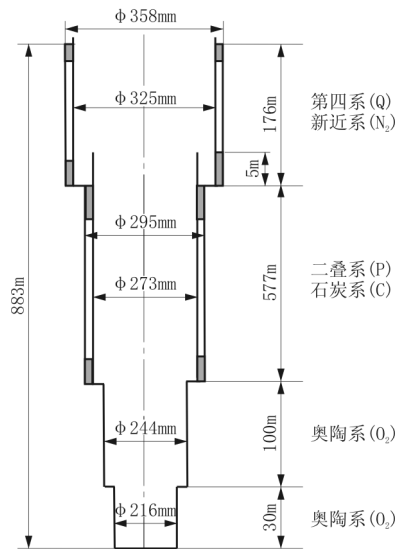


图 1 钻孔结构示意图

(1) 0~176 m,采用 $\text{O}358 \text{ mm}$ 筒状钻具或带扶正器牙轮钻头,优质膨润土加化学处理剂泥浆护壁钻进。钻至目的层(煤系地层完整基岩钻入 5~8 m)后下入 $\text{O}325 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$ 螺旋钢管,然后采用注浆器在钻孔壁和井壁管之间的环状间隙注入一定高度水泥浆液对第四系松散层孔隙潜水进行永久性封闭止水。

(2) 176~753 m,采用 $\text{O}295 \text{ mm}$ 组合牙轮钻头施工,低固相泥浆作为冲洗介质护壁钻进。钻至目的层(奥陶系灰岩钻入 8 m)后用送管器下入 $\text{O}273 \text{ mm}$ 螺旋钢管并与上一层井壁管重叠 5 m,然后采用注浆器在钻孔壁和井壁管之间的环状间隙注入一定高度水泥浆液对煤系地层裂隙水进行永久性封闭止水。

(3) 753~853 m,用 $\text{O}244 \text{ mm}$ 镶齿牙轮钻头钻进施工,清水作为冲洗介质,裸孔。

(4) 853~883 m,用 $\text{O}216 \text{ mm}$ 镶齿牙轮钻头钻进,为确保水井出水,本段采用清水钻进,裸孔成井。

3 供水井出现的问题及原因分析

3.1 供水井出现的问题

2017年4月在供水井使用4个月,甲方发现抽出的水浑浊,水中含有泥质固体颗粒(甲方用水量不大,每天抽水1h)。

我单位接到甲方通知后,立即组织技术人员到现场了解,通过现场水质分析及井下高清摄像头观察,在 $\text{O}273 \text{ mm}$ 螺旋钢管管头,也就是在 168~174 m 处发现有 6 m 水段水质浑浊,其他水段水质清澈,由于水质浑浊无法通过摄像头看到具体出浑点。

根据观察情况,经专家讨论分析井水水质浑浊的原因:在 $\text{O}273 \text{ mm}$ 管头外壁和 $\text{O}325 \text{ mm}$ 井管内壁环状处的封闭水泥出现问题,其间有透水缝隙,使石炭、二叠系煤系水进入井内,造成奥陶系井水污染,出现浑水现象。因此,出水浑浊点应该在 171m 的 $\text{O}273 \text{ mm}$ 管头处。

3.2 原因分析

3.2.1 井径与井管之间环状间隙过小

在施工 176~753 m 井段时,采用 $\text{O}295 \text{ mm}$ 组合牙轮钻头施工,这段地层岩性主要为砂岩、砂砾岩、砂质泥岩、泥岩、铝土岩及煤层,在这种地层施工中进尺比较快,钻孔的扩径系数较小,有些地方可能出现小于钻头的口径,因此造成井径与井管外径之

间间隙过小,在固管时水泥浆液不能全面充填井管外环形间隙,无法达到封堵煤系水作用。

3.2.2 水泥浆液配比不合理

水泥浆液是固管作业重要一环,水泥浆液配置的是否合理,关系到固管作业成功与失败,浆液的水灰比对其流动性有很大影响,关系到是否能很好地充填到井管周围;一般而言,水泥浆的抗拉能力和抗压能力都很差,具有脆性,在深井中的固管间隙比较小,井壁外水泥环相对来说非常薄弱,当进行换径施工钻进时受到的冲击力及震动比较大,此时无疑会使井管固定受到非常大的影响。

3.2.3 施工过程中下放井管不居中

在井管下放过程中,由于钻孔垂直度的原因,井管安放没有居中,造成环状间隙不均匀,有些孔段紧贴井壁,固管时水泥浆液不能很好充填其间,使井壁间出现过水通道。

3.2.4 水泥浆液凝固时间短

虽然在水泥浆液中加入促凝剂,但是在井下而且是水里,浆液的凝固时间无法准确掌握,造成水泥没有达到一定强度就开始钻进施工,破坏了水泥强度。

4 处理方法和措施

4.1 处理的方案

供水井工程已完工并投入使用,机井房场地、空间有限,而且井房内设备、管道等都妨碍钻机设备的摆放,因此,采用钻机处理事故的方案被否定。

经过分析,决定采用吊车起下,人工操作上下分隔器方式,对井内出水浑浊点进行上下封闭,通过高压对出水点注入水泥浆进行封堵,起到封堵石炭、二叠系煤系水作用。

4.2 上下分隔器制作

上下分隔器采用 $\phi 50$ mm 钻杆焊制上下托盘,托盘内用编织袋装黄豆方法止水(采用黄豆泡水膨胀原理)。

止水点位于 $\phi 273$ 、 $\phi 325$ mm 井管交接处,因此,上下托盘采用的直径不同,上托盘采用 $\phi 200$ mm 厚度 10 mm 的钢板焊接,焊接 2 块,间距 600 mm;下托盘采用 $\phi 150$ mm 厚度 10 mm 的钢板焊接,焊接 2 块,间距 700 mm。具体结构如图 2 所示。

4.3 处理方法

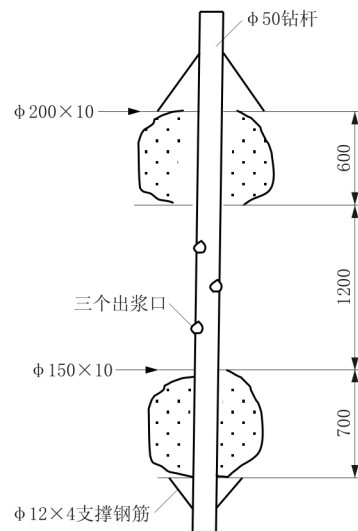


图 2 上下分隔器结构图

(1)把上下分隔器中间用编织袋装好黄豆,要计算好黄豆量,按膨胀后 2 倍体积计算。

(2)下放过程中要注意编织袋固定在托盘中,而且控制下放速度,防止下放过程中蹭烂编织袋,黄豆漏出。

(3)用水灰比 0.65 水泥浆液,加入氯化钠、三乙醇胺等促凝剂,在注入 2 m^3 后,压力升高到 2 MPa;换成水灰比 0.5 浆液注 0.4 m^3 ,停注。1.5 h 后,考虑吊车起拔能力,开始拆除钻杆。

水井封隔后结构如图 3 所示。

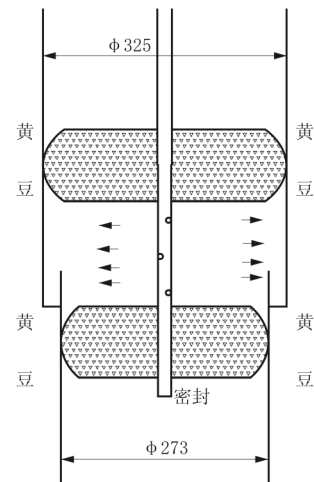


图 3 水井封堵结构示意图

4.4 处理结果

提起钻杆后,测量孔内水位由原来 155.4 m 下降到 157.7 m。2 d 后抽水,水质清澈,没有出现浑浊现象,经水质化验,各项指标都符合饮用水要求。

5 对分隔器的改进

此次水井出水浑浊事故处理是建立在水井房已经建成并投入使用,受场地限制,而采取的相对简单有效的处理措施,在处理过程中,出现了注浆完成后25 t吊车不好起拔的问题,后来分析原因,上下分隔器有需要改进的地方。

(1)将上下分隔器装黄豆的上下托盘间距改为400 mm,初次设计因怕密封不够,设计的有点大(600~700 mm),造成黄豆密封摩擦力太大,起拔困难。

(2)上下分隔器之间出浆口间距,这次设计为1.2 m,根据孔内实际情况可以适当调整,满足孔内要求即可。

(3)可以适当调整水泥浆液初凝时间,保证起拔孔内钻具顺利进行。

6 结语

通过此次事故处理,对水井施工中预防此类事故得出以下体会。

(1)在水井施工过程中要合理级配井径和管径,

使两者间的间隙在合理范围内,保证水泥浆液能顺利充填到井管周围。

(2)根据现场水泥和所用水的性能,对所使用的水泥浆液进行试配,得出合理的水灰比,以保证灌注浆液的流动性及其强度。

(3)在下放井管过程中,要保证井管居中安放,必要时可对井管外侧加扶正器。

(4)固管注浆完成后,要让水泥有充分凝固时间,防止因凝固时间短,对其扰动而影响其强度。

参考文献:

- [1] DZ/T 0148—2014,水文水井地质钻探规程[S].
- [2] GB 50296—99,供水管井技术规范[S].
- [3] SL 187—96,水质采样技术规范[S].
- [4] GB/T 50625—2010,机井技术规范[S].
- [5] 中国地质调查局.水文地质手册(第二版)[M].北京:地质出版社,2012.
- [6] 王达,何远信,等.地质钻探手册[M].湖南长沙:中南大学出版社,2014.
- [7] 赵苏文.琼东南盆地深水钻井关键技术及其实践效果[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(11):26—31.
- [8] 吴跃钢,徐菁.无固相弱凝胶钻井液在水井施工中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(10):261—264.

(上接第48页)

(3)降失水剂DZF合成工艺简单,综合性能好,没有过缓凝问题,具有良好的应用前景。

参考文献:

- [1] 郭锦棠,卢海川,靳建州,等.新型耐温抗盐降失水剂的合成与测试[J].天津大学学报,2012,45(11):1001—1006.
- [2] 秦国宏,覃毅,尤凤堂,等.水泥浆失重对高压油气井固井质量的影响分析及工艺对策[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(3):33—36.
- [3] 吕兴辉,李燕,常领,等.耐温抗盐聚合物水泥降失水剂的合成与性能评价[J].钻井液与完井液,2010,27(2):43—46.
- [4] 刘崇建,黄柏宗,徐同台,等.油气井注水泥理论与应用[M].北京:石油工业出版社,2001.
- [5] 王中华.超高温钻井液体系研究(I):抗高温钻井液处理剂设计思路[J].石油钻探技术,2009,37(3):1—7.
- [6] Kelessidis V C, Tsamantaki C, Michalakis A, et al. Greek lignites as additives for controlling filtration properties of water-bentonite suspensions at high temperatures[J]. The Science and Technology of Fuel and Energy, 2007, 86(11): 1112—1121.
- [7] Perricone A C, Enright D P, Lucas J M. Vinyl sulfonate co-pol-

ymers for high-temperature filtration control of water-base muds[J]. SPE Drilling Engineering, 1986, 1(5): 358—364.

- [8] Dugonjic-Bilic F, Plank J. High-temperature-resisting and salt-resisting spacer fluid contains fluid loss additive, suspension stabilizer, fluidity regulator, barite powder or iron ore powder, and pure water[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2011, 121(3): 1262—1275.
- [9] 嵇井明,杨远光,安新朝,等.固井水泥浆主要性能模糊评价方法研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(2):24—27.
- [10] 夏亮亮,倪涛,刘昭洋,等.新型耐高温油井水泥降失水剂的合成及性能研究[J].油田化学,2017,34(3):417—421.
- [11] 严思明,杨坤,王富辉,等.新型耐高温油井降失水剂的合成与性能评价[J].石油学报,2016,37(5):672—679.
- [12] Holland B J, Hay J N. The kinetics and mechanisms of the thermal degradation of poly(methyl methacrylate) studied by thermal analysis-Fourier transform infrared spectroscopy[J]. Polymer, 2011, 42(11): 4825—4835.
- [13] 郭春,郭锦棠,陈頔,等.海水水泥浆用分散型降失水剂的制备及性能[J].石油化工,2017,46(5):608—613.
- [14] 马艳超.龙凤山气田易漏失井固井工艺技术研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(6):58—61.
- [15] 赵常伟.新型低密度水泥浆体系在大庆油田深层气井中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(8):15—18.