

地方病高发区成井用胶质水泥浆的试验研究

冉德发, 叶成明, 王建增, 郑继天, 汪敏

(中国地质调查局水文地质工程地质技术方法研究所, 河北保定 071051)

摘要:通过地方病高发区成井用胶质水泥浆的试验研究,以普通水泥和膨润土为基本材料,同时添加改善材料性能的外加剂,研制了一种用于高砷、高氟、高矿化度地区水井成井的止水材料,具有流动性好、抗渗性高、不收缩、完全无毒、价格低廉等特点,特别是其高抗渗性和不收缩性非常适合地方病区成井时隔离劣质含水层,保证优质含水层与劣质含水层互不串通、不渗漏、不污染。

关键词:地方病高发区;水井;胶质水泥浆;止水材料

中图分类号:TU991.12 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2007)03-0001-04

Test Study on Colloid Cement Slurry for Well Construction in High Prevalence Area of Endemic Disease/RAN De-fa, YIE Cheng-ming, WANG Jian-zeng, ZHENG Ji-tian, WANG Min (The Institute of Hydrogeology and Engineering Geology Techniques, CGS, Baoding Hebei 071051, China)

Abstract: A kind of water-sealing material used for well completion in high arsenic, high fluoride and high mineralization area was developed with good liquidity and high permeability resistance; no shrinkage, non-toxicity and in low-price. And the high permeability resistance and no shrinkage are very suitable to isolate the inferior aquifer in prevalence area.

Key words: high prevalence area of endemic disease; water well; colloid cement slurry; water-sealing material

1 问题的提出

我国是地方病流行较为严重的国家,其特点是分布广、病种多、受害人口多。地方病主要包括地方性氟中毒、地方性砷中毒,以及大骨节病、克山病、碘缺乏症等。由于受历史、自然、社会以及经济等多种因素影响,我国地方病防治工作形势非常严峻。截止2003年底,全国有氟斑牙患者3877万人,氟骨症患者284万人,地方性砷中毒患者9686人,大骨节病患者81万人,潜在型克山病患者3万人,慢性克山病患者1.09万人;有4194万饮水型地方性氟中毒病区人口和115万饮水型地方性砷中毒病区人口需要改水,有7个省、自治区、直辖市尚未实现消除碘缺乏症的目标。据统计,全国592个国家扶贫工作重点县中,有576个是地方病流行的重病区,且大多集中在西部和中部贫困偏远地区。

地方病的流行不仅严重危害了病区广大人民群众的基本生存、身体健康和正常生活,而且严重制约了病区经济发展和社会进步。因此,从中央到地方、各级政府和部门领导都十分重视这一问题,要求尽快提出行之有效的解决方法。

通过打井开采优质含水层中的地下水是防病改水的重要途径之一。然而,在高氟、高砷和高矿化度

地区的地层中存在劣质含水层,甚至有的地方优质含水层与劣质含水层交替出现,在此情况下,必须加强成井工艺的研究,特别是成井工艺中止水方法的研究,只有准确可靠的隔离劣质含水层,才能开采出符合饮用水标准的优质地下水。为此目的,2006年提出了“地方病区地下水开采工艺技术成井用胶质水泥浆的试验研究”专题,重点开展这一新型的止水材料研究。

2 试验研究方法

针对以往成井中所采用的止水材料粘土球和水泥等存在一定的局限性和某些不足,如粘土球止水易出现桥堵、井管周围厚薄不均、不密实、抗渗性较差等问题;而水泥止水一般用于基岩水井成井中,存在的主要问题是:水泥浆固结后凝固体收缩,止水不严,随着时间推移,会出现各含水层之间互相串层、水质污染等问题。

为此,我们采取了以下的研究方法:

(1)广泛地搜集国内外成井的资料,进行分析对比;

(2)进行大量的室内试验,多材料、多组合交叉试验;

收稿日期:2006-10-24; 改回日期:2007-01-24

基金项目:中国地质调查局地调项目“典型地方病严重区地下水供水安全示范工程”(编号:1212010634711)

作者简介:冉德发(1959-),男(汉族),河北顺平人,中国地质调查局水文地质工程地质技术方法研究所教授级高级工程师,钻探工程专业,从事水工环和地质调查项目的钻探技术研究与开发工作,河北省保定市七一中路135号,ffsrdefa@cgs.gov.cn。

(3) 优选止水材料配方,从较多的室内试验中筛选出满足技术指标要求,符合成井条件要求的材料配方;

(4) 在试验的同时进行各项技术指标测试。

研究方法流程见图1。

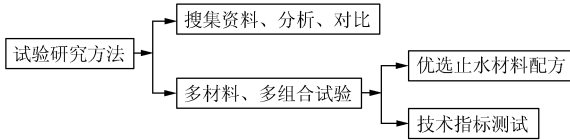


图1 研究方法流程图

3 试验程序及过程

3.1 技术指标

地方病区地下水开采工艺技术专题研究对成井用胶质水泥浆止水材料的具体指标要求如下:

- (1) 胶质水泥浆止水材料拌和后的流动度 ≥ 150 mm;
- (2) 漏斗粘度 20 ~ 35 s;
- (3) 高抗渗性,抗渗系数 $\geq 10^{-7}$ cm/s;
- (4) 膨胀系数 ≥ 0 ;
- (5) 初凝时间为 2 ~ 4 h 之间调节;
- (6) 完全无毒、原料易得、成本低廉;
- (7) 抗压强度为 0.5 ~ 10 MPa。

3.2 试验程序

根据这个要求,课题试验小组自 2006 年 6 月 21 日至 8 月 30 日 2 个多月时间,共做室内试验 87 次,所用试验材料有水泥、膨润土、 Na_2CO_3 、速凝剂、膨胀剂、CMC、PHP、高吸水树脂、无机天然高分子聚合物、CaO、植物胶粉等,在这些材料中,确定水泥和膨润土为胶质水泥浆的基本材料,其它为改善材料性能的添加材料。

试验程序是:在固定某一水灰比情况下,分别加入各种材料进行试验,例如水灰比分别试验了 0.5、0.6、0.75、1、1.25、1.5 等 6 种比例,分别加入 3 ~ 5 种材料进行试配、复配,进行综合性能比较后,筛选出满足止水要求的胶质水泥浆材料配方。

通过 80 余次试验,优选出了 2 个有代表性的配方,见表 1、表 2。

表 1 胶质水泥浆止水材料优选配方表

配方号	水泥 /%	膨润土 /%	Na_2CO_3 /%	天然高聚物 /%	水灰比
1	83	15	2	-	0.55
2	80	15	2	3	0.75

表 2 胶质水泥浆止水材料优选配方技术性能指标表

配方号	流动度 /mm	抗渗性 /($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)	粘度 /s	膨胀性	初凝时间/min	抗压强度/MPa	参考成本 /($\text{元} \cdot \text{t}^{-1}$)
1	200	4.06×10^{-7}	>35	0	100	1 ~ 8.3	380
2	200	1.1×10^{-7}	>40	0	150	0.5 ~ 4.25	447

其中 1 号配方适用于静水位以上孔内止水封井,2 号配方由于添加了天然高分子聚合物,使止水材料具有良好的粘弹性特点,特别适用于水位以下需要封闭止水的含水层。

3.2.1 膨胀性测试

有 2 种方式,一种是用百分表精度 0.01 mm 来测试,被测试体做成 2 cm × 2 cm × 2 cm 立方体试块,从拌料开始倒入试模中,经过 8 h 脱模开始测试,连续测试 48 h,试块放在水中测试,每 24 h 读数一次。

另一种方式是玻璃管测试法:在一个容量 250 mL 或 500 mL 玻璃量桶中事先放入一定量的水,然后灌入拌和好的止水材料浆液 100 mL,因量桶上有带细格的刻度,通过量桶上刻度值即可读出 1、2、3 天的膨胀数值。

3.2.2 抗渗性测试

根据文献[3]中“变水头渗透试验”所规定的方法步骤进行抗渗性试验(见图 2、图 3)。



图 2 变水头渗透试验示意图(一)

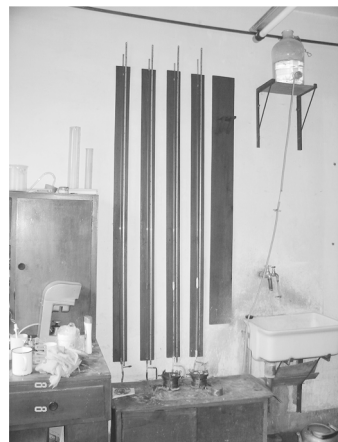


图 3 变水头渗透试验示意图(二)

该试验主要是测记变水头管中起始水头高度和起始时间、终止水头高度和终止时间 4 个参数,同时测记出水口的水温,然后按下式计算变水头渗透系数:

$$K_T = 2.3 \frac{aL}{A(t_2 - t_1)} \log \frac{H_1}{H_2}$$

式中: a ——变水头管的断面积, cm^2 ; 2.3—— \ln 和

\log 的变换因数; L ——渗径,即试样高度, cm ; t_1 、 t_2 ——测读水头的起始和终止时间, s ; H_1 、 H_2 ——起始和终止水头; A ——试样的断面积, cm^2 。

本试验中,试样面积 $A = 29.98 \text{ cm}^2$,试样高度 $L = 4 \text{ cm}$,测压管断面积 $a = 0.785 \text{ cm}^2$ 。变水头渗透试验见表 3。

表 3 变水头渗透试验表

开始时间 t_1/s	终止时间 t_2/s	经过时间 t/s	开始水头 H_1/cm	终止水头 H_2/cm	$2.3 \frac{aL}{A(3)}$	$\lg \frac{H_1}{H_2}$	温度 T 时 渗透系数 $/(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	水温 $/^\circ\text{C}$	校准 系数	水温 20°C 时 的渗透系数 $/(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	备注
(1)	(2)	(3) = (2) - (1)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8) = (6) \times (7)	(9)	(10) = n_1/n_{20}	(11) = (8) \times (10)	(12)
0	86400	86400	200	143	2.788×10^{-6}	0.145	4.06×10^{-7}	23	0.932	3.78×10^{-7}	1 号配方
0	87900	87900	200	181	2.74×10^{-6}	0.043	1.19×10^{-7}	23	0.932	1.1×10^{-7}	2 号配方
0	345600	345600	200	150	6.97×10^{-7}	0.125	8.7×10^{-8}	23	0.932	8.11×10^{-8}	71 号配方

4 野外应用试验

为了进一步验证止水材料实际效果和技术性能,2006 年 10 月 30 日~11 月 18 日在室内实验基础上结合实际止水工作的需要进行了野外应用试验。试验地点选在河北省保定石油化工厂,结合“地下水污染调查”工作内容,对所开展的监测井进行了止水试验。分别用 2 组配方在 3 个监测井中进行止水试验(见图 4~8),通过止水后按照水文地质钻探成井技术要求的相关规定进行了止水效果检查,采用食盐水扩散检验法,以 5% 浓度的食盐水倒入井孔中,使井孔中水位与监测管中水位差值大于 10~15 m,灌入食盐水之前测记监测管中水的电阻背景值,灌入食盐水 4 h 之后再次测记监测管中水的电阻值,结果表明,胶质水泥浆止水材料止水效果良好,不漏水、不漏气,可以推广应用到水井成井特别是地方病高发区和粉细砂地层中进行止水封井。试验结果见表 4。

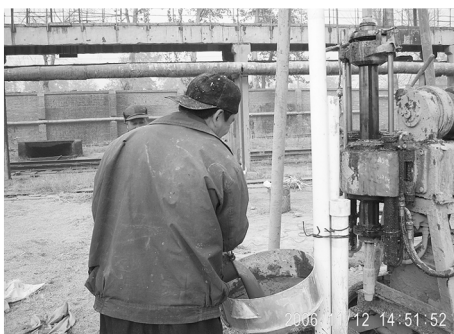


图 4 监测井止水试验示意图(一)



图 5 监测井止水试验示意图(二)

孔深 /m	岩层名称	层底深度 /m	岩层剖面	成井结构示意图	成井说明
0	杂填土	2.4			回填土
0	粉土	5.2			一级监测井
0	细砂	5.9			二级监测井
0	粉土	7.6			三级监测井
10	粉质粘土	10.2			粘土球
10	细砂				滤水材料
10	粉质粘土	15.8			粘土球
20	粉土	21.9			一级监测井
20	粉质粘土	26.0			二级监测井
30	粉质粘土	31.0			三级监测井
30	粉土	31.9			滤水材料
40	粉质粘土	39.0			粘土球
40	粉土	40.8			一级监测井
40	粉质粘土	41.3			二级监测井
40	粉质粘土	45.6			三级监测井
50	粉土	40.8			滤水材料
50	坚硬姜石层	45.6			粘土球
50	细砂	51.5			滤水材料

图 6 SH-1 多级监测井成井结构图

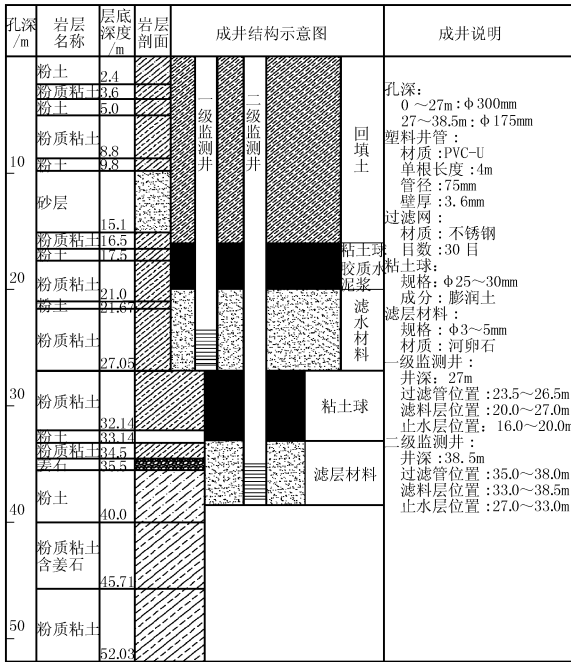


图7 SH-4多级监测井成井结构图

表4 食盐水扩散法止水效果检查记录表

孔号	井水背景值/ Ω		备注
	2500	2600 ~ 2800	
	测试值/ Ω		
1	2500		1. 测试值为3次平均值;
4	2600		2. 自备水井盐水浓度5%
5		2800	时的电阻背景值1100 Ω

5 结果评价

通过地方病高发区成井用胶质水泥浆的试验研究,达到了专题研究的各项技术指标要求,对各项指标的测试方法科学、合理。试验研究的胶质水泥浆止水材料具有流动性好、抗渗性高、微膨胀不收缩、粘度适中、凝固时间可调控、完全无毒、成本低廉的

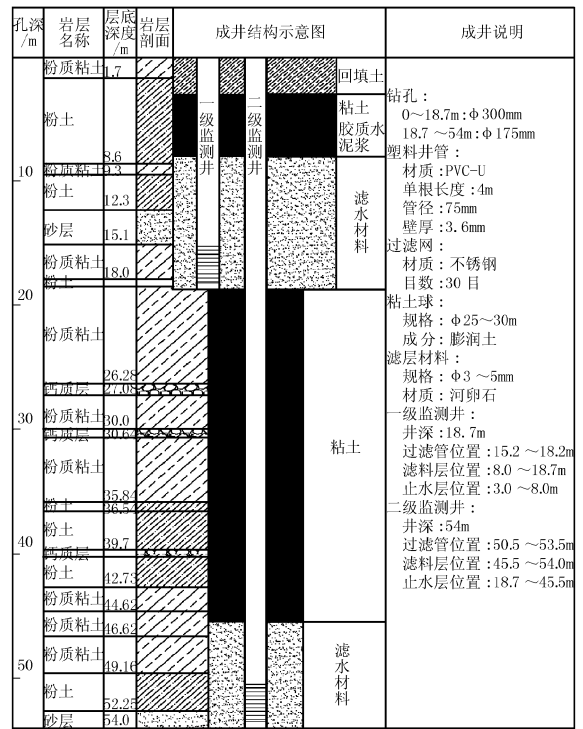


图8 SH-5多级监测井成井结构图

特点,在成井工艺中完全可以解决含水层止水封闭不严、串层混合污染问题,是一种很好的止水材料,可在水文水井成井中推广应用。

参考文献:

- [1] 曾祥熹,陈志超,何玉明. 钻孔护壁堵漏与减阻[M]. 北京:地质出版社,1981年.
- [2] 郝宝仁. 水文地质钻探工艺[M]. 地质出版社,1983.
- [3] 注册岩土工程师必备规范规程汇编[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [4] 冉德发,郑继天,李炳平,等. 地质灾害防治技术高强无公害灌浆新材料研究[M]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(1).