

陶粒贴砾过滤器的研制与应用

李炳平, 解 伟, 李小杰, 叶成明

(中国地质调查局水文地质环境地质调查中心, 河北 保定 071051)

摘 要: 针对水井修井和水平井成井填砾困难的特点, 通过大量室内试验, 研制了陶粒贴砾过滤器。该过滤器以 PVC-U 塑料管作衬管、陶粒作滤料, 经粘合剂粘结而成, 具有滤水阻砂效果好, 整体质量轻, 韧性好, 滤层的抗压、抗冲击强度高等优点。介绍了陶粒贴砾过滤器的基本性能特点和应用效果。

关键词: 水井; 陶粒贴砾过滤器; 衬管; 粘合剂; 性能指标

中图分类号: TU991.12 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2009)08-0007-04

Development of Porcelain Granule Pre-coated Well Screen and the Application/Li Bing-ping, Xie Wei, Li Xiao-jie, Ye Cheng-ming (Center for Hydrogeology and Environmental Geology, CGS, Baoding Hebei 071051, China)

Abstract: According to the difficulties of water well repairing and gravel-filling for horizontal well, porcelain granule pre-coated well screen was developed based on a lot of laboratory tests. PVC-U and porcelain granule were taken as the liner pipe and filter material with outstanding permeability of water and sand-resistance effect. The paper introduced the development process of the porcelain granule pre-coated well screen and the application.

Key words: water well; porcelain granule pre-coated well screen; liner pipe; bonding agent; performance index

目前, 传统的填砾成井已无法满足日益发展的水文地质、环境地质的需求, 如地下污染物治理, 地质灾害地下水疏通, 水平井、深井取水和水井修复等。常规填砾成井存在几个关键问题: 第一, 在成井填砾过程中易造成砾料分选不均或架桥、蓬塞而垮塌导致水井涌砂, 特别是水平井、深井成井和水井修复填砾困难或根本无法实施填砾; 第二, 在填砾成井工作完成后, 因洗井或开采地下水时砾料会下沉而与含水层错位导致水井涌砂甚至报废; 第三, 通常成井中要求填砾厚度在 75~200 mm 之间, 但在细颗粒地层或粉细砂地层中成井, 为了保证阻砂效果和成井质量, 需要钻进更大直径的钻孔以增加填砾厚度, 从而导致钻进效率降低和施工成本增加。

针对上述问题, 课题组通过大量室内试验, 研制的陶粒贴砾过滤器, 可以解决水井填砾不均和水平井、修井填砾困难等问题。

1 陶粒贴砾过滤器材料的基本性能

1.1 陶粒

陶粒通常用于水质净化和污水过滤介质, 它是以优质粘土为基料, 经粉碎、团粒、高温烧制而成的球形颗粒, 它的主要成分是 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 等, 其表面粗糙且带微孔隙, 与其它滤料相比, 陶粒具有较高的孔隙率和渗透性能及比表面积, 且强度高、密度低、不易破碎、颗粒均匀, 在水中耐腐蚀、不结垢, 使用寿命长。其物理性能指标见表 1。

表 1 陶粒物理性能指标

规格	TCP-TL1	TCP-TL2	TCP-TL3	TCP-TL4
	Ø0.5~1.5 mm	Ø1.6~2.5 mm	Ø2~4 mm	Ø3~5 mm
外观	球形颗粒, 表面粗糙多微孔			
视密度/(g·cm ⁻³)	1.5~1.9			
堆积密度/(g·cm ⁻³)	1~1.5			
堆积空隙率/%	>30			
摩擦损失率/%	<3.0			
抗压强度/MPa	>5.2			
溶出物	不含对人体有害的微量元素			
灼烧量/%	<0.1			

收稿日期: 2009-03-26; 改回日期: 2009-07-27

基金项目: 国土资源部“十一五”第一批重大科技创新项目(编号: 1212010734411)

作者简介: 李炳平(1958-), 男(汉族), 河北人, 中国地质调查局水文地质环境地质调查中心高级工程师, 钻探工程专业, 从事水文地质钻探研究和开发工作, 河北省保定市七一中路 1305 号。

1.2 衬管

陶粒贴砾过滤器采用 PVC-U 塑料滤水管作衬管,其主要特点有:

(1)管材密度低,运输和安装方便,井管密度为 $1.35 \sim 1.45 \text{ g/cm}^3$,质量仅为钢管和铸铁管的 $1/6$ 左右;

(2)抗腐蚀能力强,井管几乎不与酸、碱、盐等化学物质发生反应,本身无毒,不污染地下水源,使用寿命可在 50 年以上;

(3)抗拉、抗压强度高(测试结果为: $\varnothing 200 \text{ mm} \times 9.8 \text{ mm}$ 横条缝抗拉、抗压强度分别为 45.7 和 31.0 MPa;竖条缝抗拉、抗压强度分别为 40.9 和 31.1 MPa)、韧性好,井管环刚度 $> 32000 \text{ N/m}^2$ 。

1.3 粘合剂

贴砾过滤器在生产应用中会受到各种因素和复杂环境的影响,如搬迁运输、成井下管,在井水中受到长期浸泡和水流冲刷等。因此,要求过滤器贴砾层内部、贴砾层与衬管间具有较高的粘结强度和抗浸蚀能力。选用的粘合剂包括树脂类粘结剂、固化剂和稀释剂,要求其粘结强度高、无毒,且在较低的温度下具有良好的固化性能和可加工操作性。通过室内系统的试验和对贴砾层式样的性能测定,确定了陶粒砾料与粘合剂的最优配比,制成的过滤器其强度指标和渗透性能均满足设计要求。

2 贴砾过滤器的基本性能

2.1 贴砾过滤器的物理性能指标

用不同规格的陶粒与粘合剂制成贴砾试样,采用 WE-100 型万能试验机、TYE-300 型电液式压力试验机和 LC-XA 型落锤冲击试验机分别测定了 4 种贴砾试样的抗压强度、抗折强度和抗冲击强度,测试结果见表 2。

表 2 陶粒贴砾过滤器力学性能指标			
陶粒粒径/mm	抗压强度/MPa	抗折强度/MPa	抗冲击强度/J
0.5~1.5	10.8	0.74	9.9
1.5~2.5	10.7	1.81	10.7
2~4	10.2	2.75	11.9
3~5	10.5	2.24	11.1

2.2 贴砾层的渗透性能

用 4 种规格的陶粒与粘合剂制成贴砾层试样,分别测试其密度、孔隙率和渗透系数,测试装置见图 1,测试结果见表 3。

试验结果表明,贴砾层孔隙率和渗透系数的大小主要与滤料的粒径大小和密实度有关,随着滤料

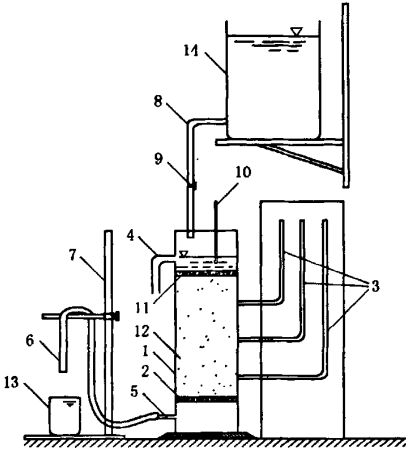


图 1 渗透性能测试装置示意图

1—金属圆筒;2—金属孔板;3—测压管;4—溢水孔;5—渗水孔;6—调节管;7—滑动架;8—供水管;9—止水夹;10—温度计;11—砾石层;12—试样;13—量杯;14—供水瓶

表 3 贴砾层的密度、孔隙率、渗透系数测试结果

陶粒规格/mm	贴砾层密度/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	孔隙率/%	渗透系数/($\text{cm} \cdot \text{min}^{-1}$)
0.5~1.5	1.320	37	0.84
1.5~2.5	1.378	35	1.70
2~4	1.280	33	3.77
3~5	1.182	31	5.66

粒径的增大其孔隙率逐渐降低,渗透系数增大。在实际应用中应根据不同含水层(组)合理选择不同规格的贴砾过滤器,见表 4。

表 4 贴砾滤料规格与含水层匹配表

含水层	含水层粒径构成/mm	滤料粒径/mm
粉细砂	0.05~0.1	0.5~1
细砂	0.1~0.25	1~2
中砂	0.25~0.5	2~4
粗砂	0.5~2	3~5

2.3 陶粒贴砾层的阻砂效果试验

陶粒贴砾层阻砂效果试验装置由自行研制的 ST-1 型渗透率仪和供水、供气系统组成,测试原理见图 2,测试结果见表 5。

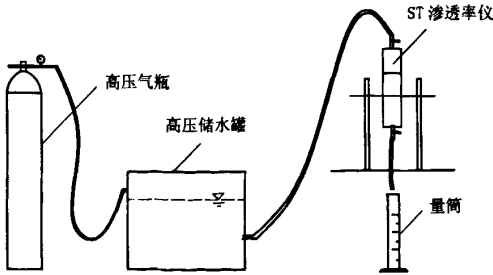


图 2 测试原理图

表 5 不同规格陶粒贴砾层阻砂测试结果

组号	陶粒粒径 /mm	被阻砂粒径 /mm	被阻砂质量 /g	净质量 /g	含砂量/[1 · (百万) ⁻¹]
1	0.5~1.5	0.17~0.25	15	0.05	10
			15	0.04	8
			15	0.02	4
			0	0.01	2
2	1.5~2.5	0.25~0.50	15	0.06	12
			15	0.05	10
			15	0.03	6
			0	0.01	2
3	2~4	0.50~1.00	15	0.29	58
			15	0.20	40
			15	0.10	20
			0	0.05	10
4	3~5	1.00~2.00	15	0.27	54
			15	0.20	40
			15	0.14	28
			0	0.04	8

注:过水量为 5000 mL。

试验步骤如下:

- (1)将试验系统按顺序连接,把供水罐注满水并封闭,先打开氮气瓶阀门,给高压水罐供气增压,按试验要求调整系统压力。
- (2)按试验要求,将陶粒和被阻砂装入渗透率仪内,接入系统。打开渗透率仪的出水口阀门,用一定容积的容器收集渗透率仪内流出的混合液体,同时用秒表记录时间,至规定容量时关闭阀门并停止计时。
- (3)收集容器内滤出的砂子装入烧杯中,将烧杯按顺序编号后置入电烤箱中烘干。
- (4)称取砂子质量,计算滤失量。

结果表明,4 种规格的贴砾试样对应 4 种含水层砂样经滤水阻砂试验,阻砂效果明显,其变化规律是砂样的初始滤失量最大,随着被阻砂不断增加,滤失量逐渐降低,说明小颗粒的砂子被滤出,较大颗粒的砂子留在了滤层外,重新形成的滤层粒径由大到小排列,更有利于滤层的阻砂效果和透水能力。总之,陶粒贴砾过滤器,具有良好的透水阻砂性能,满足水井成井和修井要求。

3 应用效果

2008 年 10~12 月,项目组生产了 Ø860、690 mm 大型陶粒(粒径 2~4 mm)贴砾过滤器 860 m, Ø250 mm 陶粒(粒径 1.6~2.5 mm)贴砾过滤器 45 m,分别用于湖南隆回县自来水厂渗渠取水工程和辽河油田水井修复工程,取得了良好的应用效果和经济效益。

3.1 辽河油田水井修复

辽河油田茨水 14 号井始建于 2004 年,该井自建成后因抽出大量粉细砂一直没有启用。原井下入 Ø325 mm 钢管,井深 109.4 m,滤水管段 71.1~101.1 m,井管内径 305 mm,修井前淤埋至 71 m,已报废。

根据该井的出砂情况,设计采用 Ø250 mm PVC-U 塑料井管和粒径为 1.5~2.5 mm 的陶粒贴砾过滤器(衬管直径 200 mm、贴砾层厚度 25 mm)整体套补修井方案。修井前经洗井清淤至井深 104 m,然后下入塑料井管和陶粒贴砾过滤器,并在 60 m 处采用遇水膨胀橡胶带止水,如图 3。全井共下入贴砾过滤器 41.1 m,井壁管 63 m。该井修复后,经抽水试验水并出水量达到 45 m³/h,且水清砂净,符合国家饮用水标准。

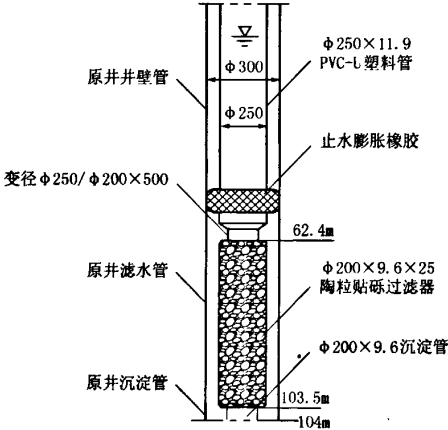


图 3 辽河油田水井修复井身结构示意图

3.2 渗渠取水工程使用效果

湖南隆回县自来水厂渗渠取水工程是隆回县 2008 年启动的民心工程,设计供水量 50000 m³/天,供县城内居民日常的生活生产用水。采水区位于县城南侧资江的南岸,工程设计采用江岸原沉积砂层和 Ø860、690 mm 陶粒贴砾过滤器对江水进行二级过滤,过滤器沿江边铺设(见图 4、图 5)。



图 4 Ø860 mm 陶粒贴砾过滤器

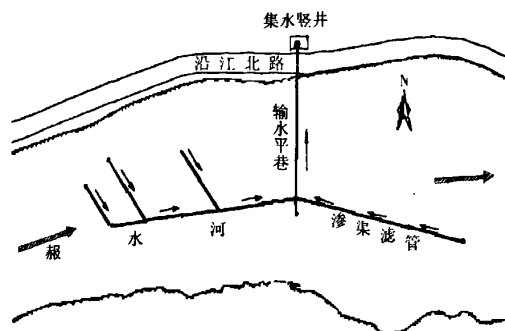


图5 隆回县自来水厂渗渠取水工程平面图

施工方案采用人工开挖5 m深的明渠,然后铺设大直径贴砾过滤器并用砂砾覆盖,地表做防护加固处理。江水经砂层和贴砾过滤器净化后通过地下输水平巷、集水竖井抽出送往自来水厂,经地表处理后作为生活生产用水。经测试检验,陶粒贴砾过滤器的滤水净化功能和透水量完全满足工程设计要求,受到用户的好评。

4 结语

通过大量实验研究,成功研制了陶粒贴砾过滤

器。它具有如下优点:

(1)可针对不同的含水层(组)选用不同粒径的滤料,制成的过滤层均匀密实、粒径级配合理,具有良好的透水、阻砂性能,成井质量高;

(2)成井时不用围填滤料,简化了成井工艺,安装的过滤器与含水层对准准确,不存在架桥堵塞问题;

(3)选用的塑料滤水衬管和陶粒滤料具有抗电化学腐蚀、耐酸碱盐,不会对地下水资源污染,水井使用寿命长;

(4)过滤器管材本身具有较高的抗拉、抗压强度和韧性,质量轻,便于运输安装。

实践证明,陶粒贴砾过滤器结构简单、性能优越、价格低廉,具有广阔的市场前景。陶粒贴砾过滤器的成功研发填补了我国该类水井用过滤器的空白。

参考文献:

- [1] 王纪科,等.塑料管成井理论与实践[M].西安:陕西科学技术出版社,1999.
- [2] YSJ 225-92,土工试验规程[S].

《国土资源科学技术奖励办法》出台

《中国国土资源报》2009-08-17消息 为了进一步规范和完善对国土资源科技创新的奖励,国土资源部日前出台了《国土资源科学技术奖励办法》。

《办法》称,为了调动广大科技人员的积极性和创造性,推动国土资源科技事业的发展,依据《社会力量设立科学技术奖管理办法》的有关规定,设立中国土地学会、中国地质学会、中国地质矿产经济学会国土资源科学技术奖(简称国土资源科学技术奖),奖励在国土资源科技创新中做出重要贡献的集体和个人。国土资源科学技术奖每年评审一次,设一等奖、二等奖2个等级。共设奖励项目70项左右。

国土资源科学技术奖在土地调查与评价、土地规划与利

用、地质调查与评价、矿产资源勘查与保护利用、地质环境保护与地质灾害防治、基础研究、应用技术开发、国土资源管理等八个方面开展评奖工作。

国土资源科学技术奖面向全社会,对符合奖励范围的结果实行限额推荐。设立国土资源科学技术奖励委员会,开展国土资源科学技术奖的评审工作,委员会由国土资源部科技专家咨询委员会和中国土地学会、中国地质学会、中国地质矿产经济学会秘书长组成。评审结果实行公示。

《办法》还对国土资源科学技术奖的奖励范围和评审标准进行了具体规定。

我国海洋石油资源量约240亿t

《中国国土资源报》2009-08-12消息 2009年7月30日,国家海洋局副局长王宏在接受媒体采访时透露,我国海洋石油资源量约240亿t,天然气资源量14万亿m³。

据王宏介绍,我国有着种类繁多的海洋资源,其中,海洋石油资源量约240亿t,天然气资源量14万亿m³;滨海砂矿资源储量31亿t;海洋可再生能源理论蕴藏量6.3亿kW;滩涂面积380万公顷,水深0~15m的浅海面积12.4万km²。此外,我国在国际海底区域还获得了7.5万km²专属勘探开发区。我国海域辽阔,跨越热带、亚热带和温带,大陆海岸线

长达18000多千米,面积大于500m²的岛屿6500多个,内水和领海主权海域面积38万km²。根据《联合国海洋法公约》有关规定和我国的主张,我国管辖的海域面积约300万km²。

王宏同时指出,我国海洋资源虽然丰富,但从人均管辖海域面积来看,我国在世界排名大概是在第120名左右。我国海陆面积比是0.31:1,世界排名大概也在第100名以后。另外,我国海岸线的长度和国土面积比,在世界排第90多名。