

PVC-U 携砾过滤器滤料厚度与阻砂性的相关关系试验研究

冉德发, 李炳平, 解 伟, 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:针对第四系覆盖层、粉细砂地层成井中存在的问题,结合携砾过滤器的研制,试验并探讨了滤料层厚度与阻砂性的相关关系,初步得出了不同规格滤料理论最小阻砂厚度值。

关键词:粉细砂地层;成井;滤料层厚度;阻砂性;相关关系

中图分类号: TU991.12 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2009)04-0007-03

Experimental Study on Correlation between Filter Material Thickness of PVC-U Gravel-filled Filter and the Sand-resistance/RAN De-fa, LI Bing-ping, XIE Wei, YE Cheng-ming(Centre for Hydrogeology and Environmental Geology, CGS, Baoding Hebei 071051, China)

Abstract: According to the difficulties in well completion in quaternary overburden and silt & fine sand layers, and by the development of gravel-filled filter, the paper tested and discussed the correlation between thickness of filter material and sand-resistance, minimum theoretical thickness value of sand-resistance with different specifications of filter materials was preliminary obtained.

Key words: silt and fine sand; well completion; thickness of filter material; sand-resistance; correlation

针对在粉细砂地层成井中存在的水井涌砂、使用寿命低、深井难以成井等问题,我们研制了 PVC-U 预充填条缝式塑衬携砾过滤器,该过滤器透水性高、阻砂性好,非常适合于松散覆盖层深井成井尤其是难填砾地层成井和粉细砂地层成井。但是,过滤器过滤层的厚度与阻砂性的关系是很有必要进行探讨的问题。本文紧密结合携砾过滤器的研制对不同规格滤料、不同厚度在不同水头压力下与阻砂性的关系进行了室内试验研究,初步得出了不同规格滤料理论上的最小阻砂厚度值以及不同厚度与阻砂性的相关关系。



图 1 渗透恢复率测定仪图片

1 试验研究方法

1.1 阻砂性试验及砾料的筛分

首先进行阻砂性试验并对所选砾料进行筛分,对主体、客体分别进行标注。

阻砂性试验模拟携砾过滤器工作状态,采用渗透恢复率测定仪进行。测定仪的中腔室内径 40 mm,净高度 55 mm,见图 1。

室内试验采用了不同水头压力下不同主体厚度阻挡固定客体质量的研究方法。即分别进行了 0.5 ~ 1 mm 滤料阻粉砂、1 ~ 2 mm 滤料阻粉砂、1 ~ 2

mm 滤料阻细砂、2 ~ 3 mm 滤料阻细砂、混合滤料阻细砂、阻粉砂等 5 项试验。主体厚度分别为 20、25、30、35 mm,客体质量 40 g。试验数据见表 1 ~ 5。

表 1 0.5 ~ 1 mm 砾料阻粉砂试验记录数据表

指标项目	样品厚度/mm	水头压力/米水柱	泥砂净重/g	含泥砂量/($\times 10^{-6}$)	粉砂固定质量/g	试验仪器
试验数据	30	10	0.18	18	40	渗透恢复率测定仪、天平、电子称、烤箱
	30	20	0.07	7		
	30	25	0.08	8		
	30	30	0.12	12		
	30	40	0.04	4		

注:(1)粉砂规格 0.05 ~ 0.1 mm;(2)颗粒组成: >0.1 mm 占 70%, <0.1 mm 占 30%;(3)试验过水量 10000 mL;(4)每次试验停待 25 min。

收稿日期:2008-10-27

基金项目:中国地质大调查项目“全国地方病严重区地下水勘查与供水安全综合研究”(编号:1212010634714)

作者简介:冉德发(1959-),男(汉族),河北保定人,中国地质调查局水文地质环境地质调查中心教授级高级工程师,钻探工程专业,从事水工环和地质调查项目的技术与开发工作,河北省保定市七一中路 1305 号,randefa@163.com。

表2 1~2、2~3 mm混合砾料阻粉砂试验记录数据表

指标项目	样品厚度/mm	水头压力/米水柱	泥砂净重/g	含泥砂量/($\times 10^{-6}$)	粉砂固定质量/g	试验仪器
试验数据	25	30	0.968	96.8	40	渗透恢复率测定仪、天平、电子称、烤箱
	25	20	0.221	22.1		
	25	10	0.077	7.7		
	30	30	0.898	89.8		
	30	20	0.142	14.2		
	30	10	0.041	4.1		

注:(1)粉砂规格0.05~0.1 mm;(2)颗粒组成:>0.1 mm占70%,<0.1 mm占30%;(3)试验过水量10000 mL;(4)每次试验停待20~25 min。

表3 1~2 mm砾料阻细砂试验记录数据表

指标项目	样品厚度/mm	水头压力/米水柱	泥砂净重/g	含泥砂量/($\times 10^{-6}$)	粉砂固定质量/g	试验仪器
试验数据	20	10	0.15	15	40	渗透恢复率测定仪、天平、电子称、烤箱
	20	20	0.03	3		
	20	30	0.02	2		
	25	10	0.15	15		
	25	20	0.04	4		
	25	30	0.02	2		
	30	10	0.08	8		
	30	20	0.05	5		
	30	30	0.02	2		
	35	10	0.10	10		
	35	20	0.02	2		
	35	30	0.00	0		

注:(1)细砂规格0.17~0.25 mm;(2)试验过水量10000 mL;(3)每次试验停待25 min。

表4 2~3 mm砾料阻细砂试验记录数据表

指标项目	样品厚度/mm	水头压力/米水柱	泥砂净重/g	含泥砂量/($\times 10^{-6}$)	粉砂固定质量/g	试验仪器
试验数据	20	10	0.18	18	40	渗透恢复率测定仪、天平、电子称、烤箱
	20	20	0.10	10		
	20	30	0.08	8		
	25	10	0.24	24		
	25	20	0.11	11		
	25	30	0.15	15		
	30	10	0.25	25		
	30	20	0.10	10		
	30	30	0.09	9		
	35	10	0.15	15		
	35	20	0.05	5		
	35	30	0.06	6		

注:(1)细砂规格0.17~0.25 mm;(2)试验过水量10000 mL;(3)每次试验停待25 min。

表5 1~2、2~3 mm混合砾料阻细砂试验记录数据表

指标项目	样品厚度/mm	水头压力/米水柱	泥砂净重/g	含泥砂量/($\times 10^{-6}$)	粉砂固定质量/g	试验仪器
试验数据	25	30	0.468	46.8	40	渗透恢复率测定仪、天平、电子称、烤箱
	25	20	0.012	1.2		
	25	10	0.003	0.3		
	30	30	0.912	91.2		
	30	20	0.045	4.5		
	30	10	0.021	2.1		

注:(1)细砂规格0.17~0.25 mm;(2)试验过水量10000 mL;(3)每次试验停待25 min。

在对试验数据进行充分的对比、分析、整理后,为更直观地描述每一种滤料的阻砂性和不同水头压力下不同厚度的滤料与阻砂性的关系,在试验数据基础上对应做出了下面一组曲线(图2~6)。

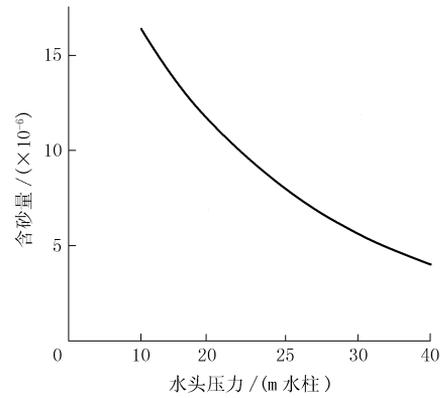


图2 相同砾料厚度不同水头压力与含砂量的关系曲线(0.5~1 mm滤料阻粉砂试验曲线)

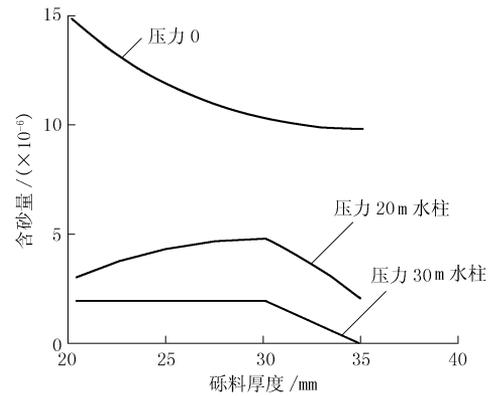


图3 不同砾料厚度与含砂量的关系曲线(1~2 mm滤料阻细砂试验曲线)

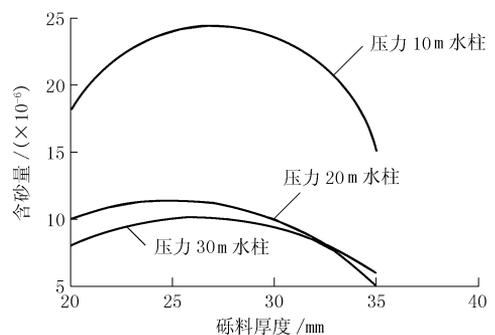


图4 不同砾料厚度与含砂量的关系曲线(2~3 mm滤料阻细砂试验曲线)

1.2 室内渗透性试验

根据《土工试验方法标准》(GB/T 50123-1999)常水头渗透试验方法,对0.5~1、1~2、2~3、3~5 mm等4种规格自然堆积的石英砂滤料采用ST-70型渗透仪进行了渗透性试验,经用 $k_T = QL / (Aht)$ 公式计算,试验结果见表6。

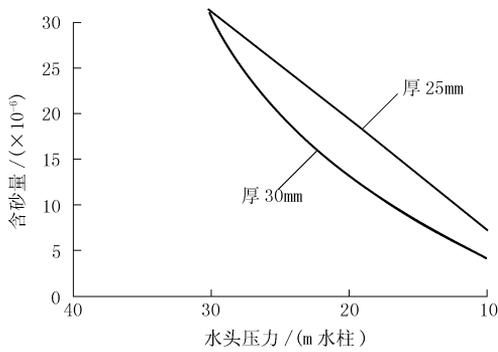


图 5 不同水头压力与含砂量的关系曲线 (1~2、2~3 mm 混合滤料阻粉砂试验曲线)

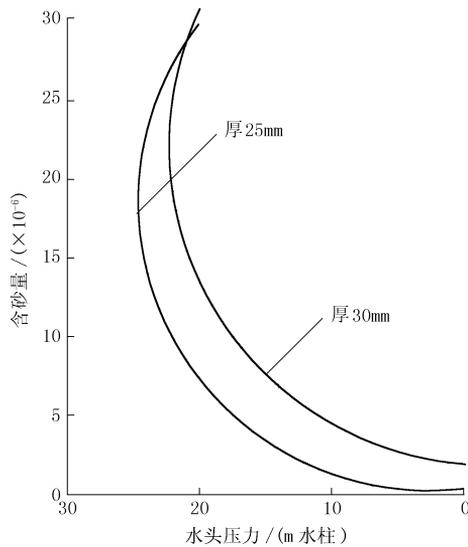


图 6 不同水头压力与含砂量的关系曲线 (1~2、2~3 mm 混合滤料阻细砂试验曲线)

表 6 自然堆积石英砂滤料渗透性试验结果

砾料粒径/mm	测筒内径/cm	测筒截面积/cm ²	经过时间/s	渗水量/cm ³	渗透系数/(cm·s ⁻¹)	水温/℃	校正系数	水温 20℃ 时渗透系数/(cm·s ⁻¹)
3~5	94.4	70	900	7260	2.8809	9	1.334	3.8431
2~3	94.4	70	900	7360	1.7973	9	1.334	2.3976
1~2	94.4	70	900	7700	0.3761	9	1.334	0.5017
0.5~1	94.4	70	903	2640	0.1305	9	1.334	0.1741

通过试验结果显示,自然状态的石英砂滤料的渗透性即携砾过滤器滤料的透水能力是比较高的。

2 试验结果分析

从 0.5~1 mm 滤料阻粉砂曲线(图 2)和 1~2 mm 滤料阻细砂曲线(图 3)可以看出,在砾料厚度一定时,含砂量与水头压力呈负相关关系。图 3 总的趋势是:随着砾料厚度的增加,含砂量下降;在水头压力 20 和 30 m 水柱时,不论那一种厚度,含砂量均在国家饮用水标准 5/百万以内,这说明开始的第一个水头压力已经滤掉部分砂子,绝大部分砂子经

过重新排列、镶嵌后,不论水头压力再增加,砂子都不会再滤出多少;同时也得出,理论上最小阻砂厚度 20 mm 即可满足挡砂要求。从图 4 看出,2~3 mm 滤料阻细砂,水头压力在 20 m 水柱时,其过滤层(挡砂层)厚度≥35 mm 方能满足水井含砂量的要求;而水头压力在 10 和 30 m 水柱时,其过滤层厚度>35 mm 方能满足水井砂量的要求。试验表明,2~3 mm 滤料不能阻粉砂。这充分说明砾料级配的重要性。

针对颗粒级配挡砂问题,我们专门做了一组混合试验:1~2、2~3 mm 滤料按一定比例混合,混合后分别阻粉砂、阻细砂试验,试验顺序由高压到低压反向进行,分别做了 25 和 30 mm 两种厚度,试验结果参见表 2 和表 5。从表 5 和图 6 可以看出,阻细砂试验两种厚度均随着水头压力降低含砂量降低,当水头压力分别为 20 和 10 m 水柱时,含砂量均在 5×10⁻⁶ 以下,两种厚度均满足国家饮用水含砂量的标准。反向试验也与成井洗井时大降深的状态相吻合。从表 2 和图 5 的阻粉砂试验看出,随着滤料厚度增加阻砂性提高,混合滤料的厚度>30 mm、水头压力<10 m 水柱压力时才能满足要求。

3 结论

(1)通过试验研究,基本找出了滤料层厚度与阻砂性的相关关系,不同的水头压力与阻砂性的关系,砾料级配与阻砂性的关系等,初步确定了不同规格滤料的理论最小阻砂厚度值。

(2)针对传统成井方法存在的为保证一定的填砾厚度尤其是粉细砂地层成井,被迫加大钻孔口径,从而加大成井成本,降低效率等一系列问题,开展携砾过滤器滤料厚度与阻砂性的相关关系试验研究,对我国水文水井成井特别是粉细砂地层成井将起到积极的技术支撑和指导作用。

(3)存在的问题:通过试验,我们发现 1~2 mm 滤料阻粉砂室内试验中含砂量与阻砂层的厚度、水头压力的关系没有呈现明显的规律性,今后应进一步做大量而细致的试验工作以找出相关性。

参考文献:

[1] GB/T 50123-1999,土工试验方法标准[S].
 [2] 山西省勘察院.供水管井设计施工指南[M].北京:中国建筑工业出版社出版,1984.
 [3] 西部严重缺水地区地下水勘察新技术应用项目组.国内外地下水勘察新技术专集[Z].2004.