

薄壁低强度塑料滤水管适宜开孔率的研究

王纪科

(西北农业大学水利与建筑工程学院, 陕西杨凌 712100)

摘 要 论述了滤水管设计的基本要求和地下水由含水层进入滤水管时的水头损失。通过模型试验, 确定了薄壁低强度塑料滤水管的抗拉强度、单位降深出水量及水头损失与开孔率的关系。分析单位降深出水量、水头损失随开孔率的变化特征, 确定了薄壁低强度塑料滤水管满足出水量要求, 水头损失较小而又不过份降低其抗拉强度的适宜开孔率为 4% ~ 6%。

关键词 塑料井管, 滤水管, 开孔率

中图分类号 S277. 2

用塑料井管替代钢井管和铸铁井管建造中深水井, 不仅施工容易, 节约下管时间, 减轻造井工人的劳动强度, 降低造井费用, 而且能大大延长井的使用寿命, 是今后我国轻型、耐腐蚀井管材料研究和机井建设的发展方向^[1]。但是, 普通塑料材料的力学指标较低, 用塑料管加工制作滤水管, 必然要降低其力学强度指标。用薄壁低强度塑料管能否加工制作滤水管以及如何既满足滤水管的基本要求, 又保证薄壁低强度塑料滤水管的力学强度指标不致过份降低, 是薄壁低强度塑料滤水管应用研究的重要课题。

以前作者曾作过中、细砂及黄土等人工含水层中, 薄壁低强度塑料滤水管适宜开孔率的研究, 但对粗砂、砂砾石人工含水层中适宜开孔率的研究没有涉及, 这次是对以前试验研究的补充和完善。

1 滤水管的基本要求

滤水管的作用是滤水拦砂, 即既要使地下水以最小的阻力从含水层进入滤水管内, 又要有效地防止水井涌砂。综合国内外的资料^[2], 对滤水管的基本要求是: 能有效地防止产生涌砂; 尽可能大的透水性和尽可能小的进水阻力; 合理的强度和耐久性; 具有抗腐蚀、锈结的能力和防止机械、化学堵塞的能力以及结构简单, 加工制作容易, 造价低等^[3]。

分析上述基本要求可以看出, 它们之间既互相联系又互相矛盾。如要求滤水管具有尽可能大的透水性和尽可能小的进水阻力, 必然要有尽可能大的进水面积。这样, 就有可能过份地削弱管材的力学性能指标。所以, 如何协调矛盾各方, 使其很好地统一, 是薄壁低强度塑料滤水管设计研究的核心内容。

2 滤水管的水头损失

在管井抽水试验中, 经常可以观测到井管内外水位不一致的现象。井管内水位总是低于井管外水位, 这个水位差就是滤水管的水头损失, 也称为水跃值或井损。这个水位差的

收稿日期 1997-12-08

作者简介 王纪科, 男, 1941年生, 副教授

形成主要是井壁管,特别是滤水管的阻力及地下水由含水层中的水平运动转化为在滤水管内的垂直运动的结果。水头损失大小可用下式^[2]计算:

$$S = Q^2 / g \pi^2 r_k^4 [f M / 12 r_k (Z/M)^3 + (Z/M)^2 + r_k / 2 C A_p M (Z/M) - (f M / 48 r_k + \frac{1}{3} + r_k / 4 C A_p M)] \quad (1)$$

式中: S 为滤水管的水头损失; g 为重力加速度; f 为滤水管摩阻系数; C 为流量系数; A_p 为滤水管上圆孔的开孔率; Q 为井出水量; r_k 为井半径; M 为含水层厚度; Z 为从井底算起的竖向坐标值

上述水头损失由三部分组成。即

(1) 水流通过滤水管的摩阻损失,即地下水由含水层通过滤水管的缝隙或孔隙进入滤水管内时,水与滤水管的摩擦阻力造成的水头损失,其值为

$$\Delta h_1 = Q^2 / g \pi^2 r_k^4 [f M / 12 r_k (Z/M)^3 - (f M / 48 r_k)] \quad (2)$$

(2) 井管内水流的增量加速运动引起的水头损失,其值为

$$\Delta h_2 = Q^2 / g \pi^2 r_k^4 [(Z/M)^2 - 1/3] \quad (3)$$

(3) 水流进入滤水管后,流向偏转引起的附加水头损失,其值为

$$\Delta h_3 = Q^2 / g \pi^2 r_k^4 [r_k / 2 C A_p M (Z/M) - r_k / 4 C A_p M] \quad (4)$$

上述三部分水头损失中,以水流通过滤水管的摩阻损失值最大,水流增量加速运动引起的水头损失次之,水流流向偏转引起的水头损失最小。实用时,通常将水流偏转引起的水头损失略去不计。水流增量加速运动引起的水头损失与滤水管的开孔率无关,在此也不讨论。水流通过滤水管时产生的摩阻损失对滤水管的设计最有实际意义。

从式(2)可以看出, Δh_1 与井的出水量 Q 的平方、含水层的厚度 M 及摩阻系数 f 等有关。当 Q 、 M 一定时,仅与 f 有关。而 f 则与滤水管的材质、水流边界条件、滤水管的孔形、开孔率等及水的流态有关,可用试验来测定。为此,作了薄壁滤水管的水头损失 (Δh) 与滤水管开孔率 (Z) 关系的试验研究。利用 H200 mm 的双壁波纹塑料管,分别加工成不同开孔率的滤水管,测定它们在不同颗粒粒径的人工

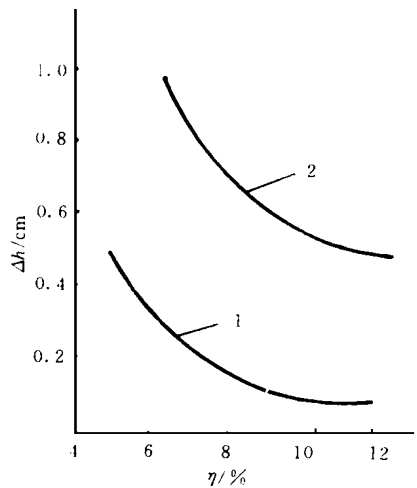


图 1 $Z/M - \Delta h$ 关系曲线

1.粗砂; 2.砂砾石

含水层中进水时的水头损失,试验观测数据列于表 1 中。利用表 1 数据,可作出不同人工含水层中滤水管开孔率 (Z) 与水头损失 (Δh) 的关系曲线(图 1)。由图 1 可以看出,在同一含水层中,滤水管的水头损失随着开孔率的增大而减小。在不同的含水层中,同一开孔率下,滤水管的水头损失不同,含水层颗粒愈粗,滤水管的水头损失愈大。当滤水管的开孔率由 4.7% 增大到 8.3% 时,水头损失减小比较明显;当开孔率超过 8.3% 并继续增大时,水头损失虽继续减小,但减小“速率”变小。这是由于开孔率过小时,过水断面面积过小,通过定流量时的进水流速过大,故水头损失较大;随着开孔率的增大,进水流速变小,因而水头

损失也会相应减小。但是,当开孔率增大到一定程度时,继续增大开孔率,对降低进水流速已无多大作用,故而,水头损失也不再明显减小。可见,薄壁低强度塑料滤水管的开孔率无需过大,过大的开孔率不仅会增加滤水管的造价,而且会降低滤水管的各种力学指标

表 1 滤水管水头损失试验观测值

滤水管 开孔率 %	粗 砂									砂 砾 石								
	降深 (cm)			出水量 (L° s ⁻¹)			水头损失 (cm)			降深 (cm)			出水量 (L° s ⁻¹)			水头损失 (cm)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
4.7	21.0	39.4	66.0	0.34	0.97	0.79	0.0	0.0	0.05	19.8	53.5	89.3	0.24	0.41	0.47	0.0	0.7	1.5
5.2	19.7	40.3	59.3	0.29	0.52	0.69	0.1	0.2	0.4	27.0	53.0	77.8	0.44	0.54	0.56	0.1	0.7	1.2
7.9	20.0	40.7	60.3	0.30	0.57	0.75	0.1	0.2	0.2	26.0	53.4	82.3	0.21	0.32	0.36	0.0	1.1	1.0
8.3	20.0	40.7	64.8	0.30	0.54	0.72	0.1	0.2	0.2	21.5	53.6	78.4	0.22	0.38	0.43	0.1	0.7	0.8
12.6	23.6	40.8	58.0	0.41	0.64	0.75	0.0	0.0	0.1	11.0	31.4	44.4	0.49	0.80	0.92	0.0	0.8	0.4

3 滤水管开孔率与抗拉强度的关系

理论分析和造井实践表明,轴向拉力是塑料滤水管最不利的荷载^[4]。通过对不同开孔率的薄壁塑料板条的拉力试验和塑料管的拉力试验,测定了不同开孔率下塑料滤水管的抗拉力值和抗拉强度。测试数据列于表 2中。

表 2 不同开孔率的板条状试件抗拉试验结果

试件 编号	几何尺寸		开孔率 ¹⁾ (%)	受拉面积 (cm ²)	总拉力 ²⁾ (kN)	抗拉强度 (kN° cm ⁻²)
	宽 (mm)	厚 (mm)				
L1	62.5	3	4	1.88	1.09	0.58
L2	50	3	5	1.50	0.71	0.48
L3	50	3	6	1.50	0.46	0.31
L4	50	3	8	1.50	0.21	0.14

注: 1)开孔率 $\eta=0$ 时,抗拉强度为 $1.56\text{ kN}^{\circ}\text{ cm}^{-2}$; 2)每组试件数量为 3 个,总拉力为三个试件的算术平均值。

利用表 2的试验观测值,可作出开孔率 (η)与抗拉强度 (e)的关系曲线 (图 2)。由图 2可见,开孔率越大,抗拉强度越小。这是因为滤水管开孔削弱了受拉断面面积,因而就降低了滤水管的抗拉强度。开孔率愈大,受拉断面面积愈小,抗拉强度也就愈小,二者近似呈直线关系。因此只有控制开孔率,才能保证滤水管有足够的抗拉强度。当开孔率达到 8% 时,抗拉强度已很小,极易在较小拉力下破坏。

4 滤水管开孔率与出水量的关系

利用表 1的试验观测数据,可作出同一降深下,开孔率与单位降深出水量关系曲线,以分析开孔率对出水量的影响 (图 3)。

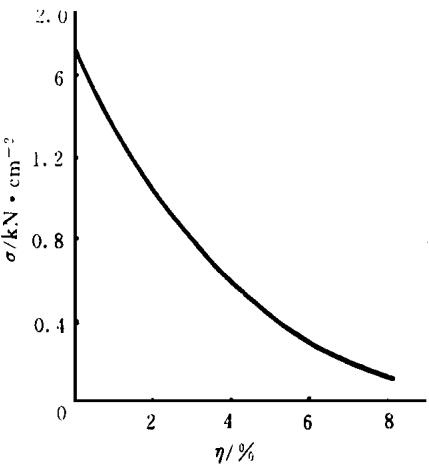


图 2 $\eta-e$ 关系曲线

由图 3 可见,随着滤水管开孔率的增大,无论是粗砂,还是砂砾石含水层,单位降深出水量都没有明显变化。说明增大开孔率既没有引起地下水流态的变化,也没有明显地减小进水阻力。这是因为薄壁塑料滤水管不易发生孔道堵塞,开孔率几乎 100% 有效。较小的开孔率便能满足进水要求。在本试验条件下,大于 4.7% 的开孔率对出水量增大无明显影响,故不必片面追求过大的开孔率。

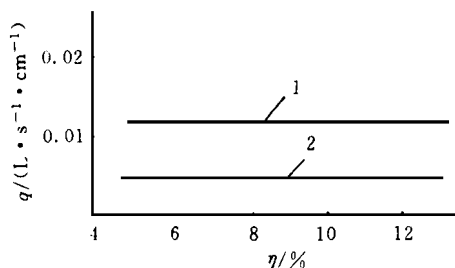


图 3 $Z-q$ 关系曲线

1.粗砂; 2.砂砾石

5 结 论

- 1) 滤水管的开孔率与其抗拉强度成反比, 开孔率越大, 抗拉强度越小。为保证滤水管有足够的强度, 必须合理确定开孔率。
- 2) 滤水管的水头损失随着开孔率的增大而减小, 开孔率超过 8.3% 时减小速率变小。
- 3) 滤水管开孔率大于 4.7% 后, 随着开孔率的增大, 单位降深出水量增大不甚明显。
- 4) 薄壁低强度塑料滤水管的开孔率控制在 4% ~ 6% 范围为宜。

参 考 文 献

- 1 王纪科. 塑料管井是我国水井工程发展的方向. 地下水, 1994(2): 15~ 16
- 2 供水水文地质手册编写组. 供水水文地质手册(第二册). 北京: 地质出版社, 1997. 489~ 490
- 3 张席儒, 赵尔慧, 霍崇仁等编. 地下水利用. 北京: 水利电力出版社, 1988
- 4 王纪科. 双壁波纹塑料管成井的力学问题及对策. 地下水, 1995(2): 66~ 67

The Appropriate Opening Ration of Plastic Filter Tube With Thin Wall and Low Strength

Wang Jike

(College of Water Conservancy and Architechtrual Engineering,
Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract This paper deals with the basic demands for designing filter tube and the head loss occurring when groundwater enters into the filter from aquifer. The relations between the opening ration and the tensile strength, the specific well capacity and the head loss are also determined by model test. Based on the analysis of variable characters of the specific well capacity and the head loss with the opening ration, the paper verifies that the appropriate ration of the plastic filter tube with thin wall and low strength to meet the demands for well yield is 4% - 6% .

Key words plastic wall tube, filter tube, opening ration