第45卷 第4期 地 质 学 报 Vol. 45, No. 4
1965年11月 ACTA GEOLOGICA SINICA Nov., 1965

大厚度含水层中钻孔涌水量与滤水管长度关系的初步研究*

邱 樹 杭

一、引 言

目前对大厚度含水层中地下水向取水孔运动规律的研究还不够完善，人们对这一规律的认识是不全面的。因而在大厚度含水层地区的供水水文地质的勘察工作中，钻孔涌水量与滤水管长度的关系是需要解决的重要課题之一。

研究大厚度含水层中地下水向取水孔运动的特征，确定钻孔涌水量与滤水管长度的关系，其实际意义在于：

1. 減少大厚度含水层地区供水水文地质勘察工作的工作量；

2. 提高大厚度含水层地区供水水文地质勘察工作的质量，更合理地评价地下水的开采储量；

3. 便于设计人员在大厚度含水层中的供水设计，为合理地开采大厚度含水层中的地下水提供资料；

4. 为现有建筑在大厚度含水层中的水源地的进一步扩建和改造开辟新的途径。

对于大厚度含水层中钻孔涌水量与滤水管长度关系的研究，是用取水钻孔“分段填塞”方法进行的。通过试验获得了钻孔涌水量与滤水管长度之间量的关系，为阐明大厚度含水层中地下水向取水孔运动的特征和确定大厚度含水层中钻孔涌水量与滤水管长度的关系提供了某些新资料。

本文主要是根据原冶金工业部黑色冶金设计总院勘察处1961年的试验资料编写的，初稿写于1961年12月。该项试验的野外工作，主要由水文地质科302队完成。1963年我们在东北某地又用井液电阻计测井的方法，研究了某水源地取水井滤水管的有效长度问题，把所取得的资料也补充进去了。这篇文章实际上是我们单位全体同志共同劳动的成果。

本文在编写过程中，原勘察处水文地质科的同志们给予了很多帮助；北京地质学院的许涓铭同志、中国科学院地质研究所的胡长麟同志提出了不少宝贵意见，笔者在此谨致谢忱。

由于笔者水平的限制，文中谬误在所难免，请同志们批评指正。

* 本文在1965年中国地质学会第一届全国水文地质工程地质学术会议全体会议上宣读。

二、大厚度含水层中鑽孔湧水量与滤水管长度关系的試驗結果及分析

（一）试验条件和试验结果

（1）试验地段为承压的地下水，压力水头约 6.5 米。根据已有资料来看，含水层的厚度达 84.3 米。本次试验钻孔孔深 46.9 米，所揭露的含水层厚度约 30 米。含水层由砂砾、卵石组成，渗透系数 80—90 米/昼夜。

（2）试验孔装置为直径 0.102 米的滤水管，其孔隙率为 25% 左右。滤水管垫筋包网。滤网为平织的铁丝网，网眼直径 2.5 毫米。

（3）试验孔用"分段填塞"法分六个试验段进行抽水试验，在正式抽水试验以前，采用 9 米^3/秒 × 7 公斤/厘米^2 的空气压缩机洗井。每个试验段的抽水试验分别为两次或三次水位下降，试验结果见表 1。抽水试验稳定后的延续时间，一般为 3—4 小时。

（二）对试验结果的分析

（1）根据试验的结果（表 1），绘制水位下降与钻孔涌水量关系曲线（图 1），从曲线上所获得的值，绘制钻孔涌水量与滤水管长度的关系曲线（图 2）。曲线的特点是首部近于正比例关系，中部的曲率比较显著，尾部近于平行横座标轴。这一特点说明，在滤水管长度上，水流流入取水孔的強度，在各个部位有所不同，因而它表征了大厚度含水层中，地下水向取水孔运动在垂直方向上分带的现象。曲线首部所对应的含水层，是主要补给带；尾部对应的含水层，对取水孔的涌水量不具有实际的意义；其中部所对应的含水层，是界于两者之间的过渡带。试验的结果还表明，当取水孔中水位下降值较小（$S < 1$ 米）时，钻孔

表 1 試驗孔各試驗段抽水試驗成果

序 号	滤水管工作部分长度（米）	下降次数	水位下降值（米）	涌 水 量（升/秒）	单位涌水量（升/秒）
1	22.95	1	1.03	15.4	14.1
		2	0.27	6.8	19.4
2	18.95	1	1.53	20.0	13.05
		2	0.80	12.5	15.65
3	15.76	1	1.72	20.9	12.15
		2	0.90	13.5	15.0
		3	0.50	7.65	15.30
4	12.89	1	1.49	16.5	11.05
		2	0.70	9.25	13.20
5	10.40	1	1.57	13.9	8.86
		2	0.84	8.5	10.10
6	6.87	1	1.39	9.93	7.25
		2	0.74	5.38	7.28

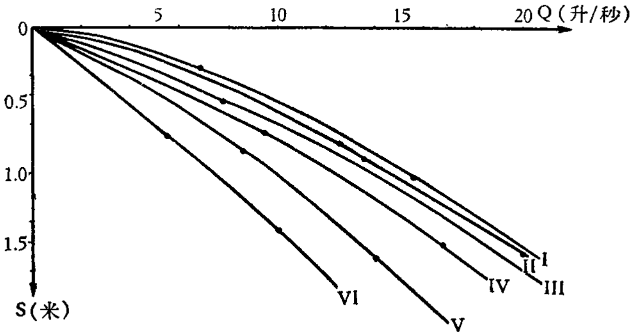

图 1　试验孔之不同滤管长度时涌水量与水位下降关系图

I $l = 22.95$ 米　　II $l = 18.95$ 米　　III $l = 15.76$ 米

IV $l = 12.89$ 米　　V $l = 10.40$ 米　　VI $l = 6.87$ 米

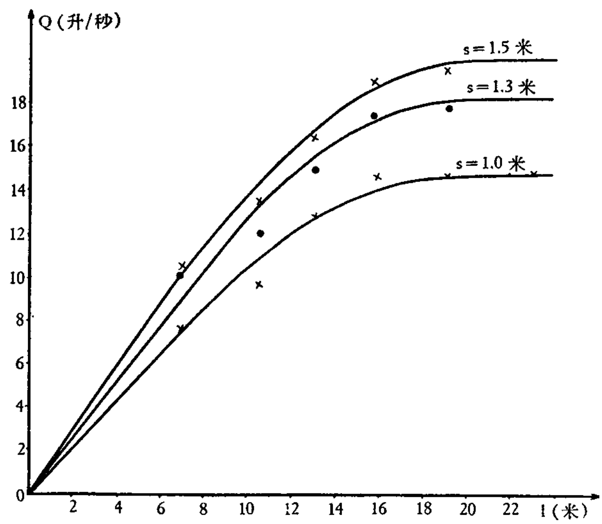

图 2　试验孔之 $Q \sim l$ 关系图

涌水量与滤水管长度关系曲线比较平缓，因此，从相对量的变化上进行分带就不够十分明显。但是，在这样的情况下，从供水的角度来看，其意义不大。

（2）当井中水位下降值改变时，其涌水量也相应改变。钻孔涌水量与滤水管长度关系曲线变化的特点，是当井中水位下降值增大时，曲线首部向纵座标轴方向移动，同纵座标轴的夹角愈来愈小；曲线中部所表现的曲率愈来愈大；曲线尾部近似平行地向上移动。这种变化的特点说明，钻孔涌水量的增大，主要是通过曲线首部和中部所对应的滤水管来补给的，而曲线尾部所对应的滤水管作用不大。

（3）钻孔涌水量与滤水管长度关系的试验曲线表明：钻孔涌水量随滤水管长度的增加而增加，其增加的強度（$\Delta Q/\Delta l$）是愈来愈小。产生这一现象的原因，可以从以下两方面来分析。

① 当水流质点进入滤水管以后，在运动的过程中，由于水流质点的相互撞击，使其运动能量互相交换而造成水头损失，同时滤水管壁的摩擦阻力也要产生水头损失，因而对一

个较长的滤水管来说，其下部水流质点在向上运动的过程中，其水头损失就大，所以促使其涌水量增加的強度就减小；

② 由于试验的过程是使滤水管的工作部分逐次缩短，因此，就促使取水孔附近含水层中地下水的流速场发生变化，在其允许流速的范围以內，加快了水流质点运动的速度，增加了进水的強度，更有效地利用了滤水管的进水面积，在一定的范围內，不致于因为滤水管长度的缩短，而显著地影响钻孔的涌水量。

三、大厚度含水层中取水孔滤水管的“有效”长度問題

（一）滤水管“有效”长度的概念

在大厚度含水层中试验的结果证明：在一定水位下降条件下，当取水孔的滤水管达到某一长度时，其涌水量增加的強度趋近于零，相应于这个滤水管长度的数值，可以被认为是在该条件下“有效”的滤水管长度。在这个长度以外的滤水管，对取水孔涌水量的增加不具有实际意义。滤水管有效长度这一概念的确立，给更合理地开采大厚度含水层中的地下水提供了基础。

（二）确定滤水管有效长度的计算公式

影响滤水管有效长度改变的因素是比较多的，其中岩石的水理性质、取水孔的结构（包括取水孔的几何形状）和孔中水位下降値是主要因素。这些因素是互相联系的，其影响都集中反映在取水孔涌水量的变化上。涌水量变化的规律是：涌水量增加的強度随滤水管长度的增加而逐渐减小。涌水量的增加強度値，是指由某一段的滤水管长度所流入取水孔之水量（ΔQ）与其相对应之滤水管长度（Δl）的比値；ΔQ 与 Δl 的数値是根据钻孔涌水量与滤水管长度关系曲线（图 2）获得的（表 2）。根据表 2 所列的値，绘制了滤水管长度（l）与涌水量增加強度（$\Delta Q/\Delta l$）的关系曲线[1]（图 3），当涌水量增加強度趋近于零时，

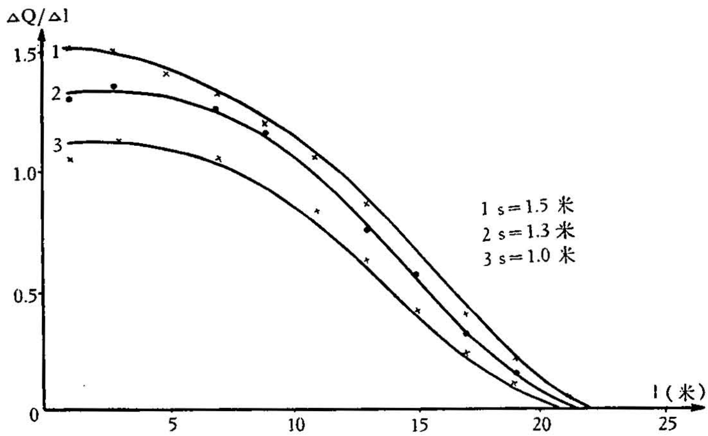

图 3 试验孔之 $\Delta Q/\Delta l \sim l$ 关系图

---

1) $\Delta Q/\Delta l$ 値所对应的 l 値是指 Δl 段的中间値。例如：$\Delta Q/\Delta l$ 所对应的 Δl 是 l 从 8 到 10 米的这一小段滤水管，那么 l 値应为 9。

表 2　試驗孔滤水管长度与涌水量增加强度关系

序号	S(米) / 项目 / l(米)	1.0 Q (升/秒)	1.0 Δl (米)	1.0 ΔQ (升/秒)	1.0 ΔQ/Δl	1.3 Q (升/秒)	1.3 Δl (米)	1.3 ΔQ (升/秒)	1.3 ΔQ/Δl	1.5 Q (升/秒)	1.5 Δl (米)	1.5 ΔQ (升/秒)	1.5 ΔQ/Δl
1	2	2.10	2	2.10	1.05	2.6	2	2.6	1.3	3.0	2	3.0	1.5
2	4	4.35	2	2.25	1.125	5.3	2	2.7	1.35	6.0	2	3.0	1.5
3	6	6.50	2	2.15	1.075	7.9	2	2.6	1.30	8.7	2	2.7	1.35
4	8	8.60	2	2.10	1.05	10.4	2	2.5	1.25	11.35	2	2.65	1.325
5	10	10.45	2	1.85	0.925	12.7	2	2.3	1.15	13.7	2	2.35	1.175
6	12	12.10	2	1.65	0.825	14.7	2	2.0	1.0	15.8	2	2.10	1.05
7	14	13.35	2	1.25	0.625	16.3	2	1.5	0.75	17.5	2	1.70	0.85
8	16	14.15	2	0.80	0.40	17.3	2	1.1	0.55	18.8	2	1.30	0.65
9	18	14.60	2	0.45	0.225	17.9	2	0.6	0.30	19.6	2	0.80	0.40
10	20	14.80	2	0.20	0.10	18.2	2	0.3	0.15	20.0	2	0.40	0.20

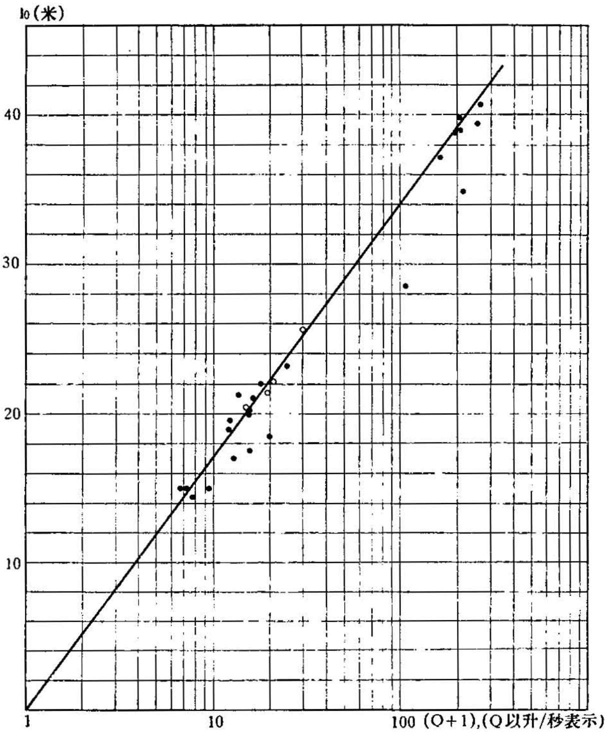

图 4　鉆孔涌水量与滤水管有效长度关系图

○ 用钻孔"分段填塞"法取得的资料

● 用井液电阻计测得的资料

滤水管的长度卽为其有效长度。根据滤水管长度与涌水量增加强度关系曲线，确定不同水位下降条件下的滤水管有效长度值。将不同水位下降条件下的滤水管有效长度值（l_0）与相对应的 Q_0（涌水量）+1 的数值，绘制在半对数座标纸上为一直线关系，并且该直线

通过座标的原点（图 4[1]）。同时，从理论分析知道，当钻孔的涌水量为零时，则其滤水管的有效长度值亦为零，所以其方程式表示为：

$$l_0 = \alpha \lg(Q_0 + 1) \tag{1}$$

式中：

l_0——滤水管的有效长度（米），

Q_0——相应于 l_0 的钻孔涌水量（升/秒），

α——修正系数，与含水层的渗透性有关，在一般的砂砾、卵石层中，根据表 3 所列的试验资料，用加权平均法求得为 17。

这一方程式可以概略地计算大厚度含水层中取水孔滤水管的有效长度值。根据方程式(1)计算的结果与实际资料相比较(表 3)，两者基本上一致。为了验证方程式（1）的正确程度，我们采用井液电阻计测井的方法，进一步研究了取水孔滤水管的有效长度问题。采用这种方法测定滤水管有效长度的基本原理，是利用井水含盐量的变化，获得相应的井水之视电阻率的变化，从不同时间的变化曲线，来确定滤水管的有效长度值。其具体测量的步骤：首先测定取水孔不同深度上水的视电阻率(ρ_0)，然后用食盐盐化孔内的水(最好使孔中水的含盐量提高 5 倍以上)，并使之上下均匀，这时再测量取水孔不同深度上水的视电阻率(ρ_1)，而后开始抽水。抽水过程中，在取水孔的不同深度上，不断地测量孔内水视电阻率的变化。在地下水流积极补给取水孔的范围内，由于地下水流质点的涌入，而使孔内水的含盐量迅速减小，其视电阻率亦即迅速接近 ρ_0 值。在地下水的积极补给范围以外，孔内水含盐量的浓度变化不大，测得的视电阻率变化也不大。这样就可从视电阻率曲线上所反映出的变化带，来确定滤水管的有效长度值。这种方法虽然存在一些缺点，但是它所取得的结果，是有参考价值的。利用这种方法，原黑色冶金设计总院勘察处和给水排水设计院勘察室在北京、东北等地区进行了试验，试验所取得的资料与方程式（1）计算数值的比较结果见表 4。表 4 同样表明方程式(1)基本上正确地反映了 l_0 值的变化规律。

表 3 l_0 之計算数值与实际资料比較

Q_0 (升/秒)	$lg(1+Q_0)$	α	l_0 (米)		误差 (米)
			计算数值	实际资料	
14.8	1.1987	17	20.23	20.5	−0.27
18.3	1.2856		21.85	21.5	+0.35
20.1	1.3243		22.51	22.2	+0.31
30.0*	1.4914		25.35	25.6	−0.25

* 根据原建工部综合勘察院试验资料，该资料采自：原冶金部勘察公司，1960，厚含水层中过滤器有效长度及分段取水问题，(油印稿)。表内所列结果是按上述制图分析方法所得结果。

1) 图 4 首先是根据钻孔“分段填塞”法试验所获得的资料(表 3)绘制，以后又为井液电阻计测井测量的资料(表 4)所证实。

表 4　l_0 值之計算数值与井液电阻計測井測量資料比較

孔号	Q_0（升/秒）	$l_g(1+Q_0)$	α	l_0（米）計算数值	l_0 实测资料 突变点以上长度	l_0 实测资料 影响全长
勘（1）	6.8	0.8921		15.17	12	17
	14.5	1.1903		20.24	—	20
勘（2）	5.72	0.8274		14.07	12	18
	15.1	1.2068		20.52	—	21
勘（3）	11.2	1.0864		18.5	12.9	26.3
	16.8	1.2504		21.3	16.9	27.1
勘（4）	12.85	1.1415		19.4	19.7	23.0
勘（5）	14.33	1.1855		20.2	18.2	22.2
	23.81	1.3947		23.7	22.2	24.2
勘（6）	11.23	1.0875		18.5	16.0	22.0
	14.36	1.1863		20.2	16.0	24.0
勘（7）	8.5	0.9777		16.6	12.1	18.1
	14.57	1.1922		20.3	14.1	21.2
勘（8）	6.23	0.8591	17	14.6	10.5	19.5
勘（9）	11.87	1.1096		18.9	13.5	21.5
	19.00	1.3010		22.1	15.5	23.5
井（1）	214	2.3324		39.65	30.8	39.0
	252	2.4031		40.85	36.4	42.4
	267	2.4281		41.28	39.8	41.4
井（2）	109	2.0414		34.7	17.6	30.94
	164	2.2175		37.70	30.04	44.04
	208	2.3201		39.44	33.94	46.04
	209	2.3222		39.48	32.24	44.54
	197	2.2967		39.04	36.04	42.04

说明：对井液电阻计测量曲线的分析：

① 存在有突变点的曲线，其正确的 l_0 值应大于突变点以上的长度，而小于影响全长，一般可取其平均值。

② 无突变点的曲线，其正确的 l_0 值应与影响全长接近。

③ 当 $Q_0<5$ 升/秒时，其计算结果所产生的误差较大，不宜应用。

（三）对确定滤水管有效长度计算公式的分析及其适用条件

方程式（1）显示了滤水管有效长度与钻孔涌水量之间的关系。而钻孔的涌水量又与该地区的水文地质条件、取水孔的结构（包括取水孔的几何形状）及其孔中的水位下降值密切相关。对某一地区来说，在孔中水位下降值相同的条件下，取水孔的结构是主要因素，其中孔的直径和滤水管的长度是关键问题所在。直径大的孔，必然是涌水量大，其滤水管的有效长度值也大；对直径小的孔来说，则其涌水量小，而滤水管的有效长度值应该也小。这主要是因为由于取水孔直径的不同，其水流质点在运动过程(在含水层中向钻孔的运动以及在孔内的运动）中的能量损失也不一样所造成的结果。这一分析应该认为是合理的。但是需要指出，方程式（1）是以渗透性较好的粗粒(砂砾、卵石)含水层中的试验资料为基础的。它概略地表征了粗粒含水层中滤水管有效长度与钻孔涌水量之间的关系。对于渗透性较差的细粒(砂)含水层来说，从水流质点在运动过程中所造成的能量损失分析，其滤水管的有效长度值应该要大些，因此，用方程式(1)计算的结果可能略偏小。

四、大厚度含水层中鑽孔湧水量与滤水管长度的关系

在大厚度含水层中开采地下水时，取水孔所需要的滤水管是有一定限度的，从实用的观点出发，在此限度以外的滤水管，对钻孔的涌水量不具有实际意义。在这种情况下，钻孔的涌水量可以近似地认为相等于完整孔条件下的涌水量；随着取水孔滤水管的逐渐缩短，其涌水量亦逐渐减小（表 5）。

表 5 試驗孔不同滤水管长度之涌水量相对关系

$S = 1.0$ 米 $Q_0 = 14.8$ 升/秒 $l_0 = 20.5$ 米				$S = 1.3$ 米 $Q_0 = 18.25$ 升/秒 $l_0 = 21.5$ 米				$S = 1.5$ 米 $Q_0 = 20.1$ 升/秒 $l_0 = 22.2$ 米			
l (米)	Q_i (升/秒)	$\frac{l_i}{l_0}$	$\frac{Q_i}{Q_0}$	l (米)	Q_i (升/秒)	$\frac{l_i}{l_0}$	$\frac{Q_i}{Q_0}$	l (米)	Q_i (升/秒)	$\frac{l_i}{l_0}$	$\frac{Q_i}{Q_0}$
2	2.1	0.097	0.142	2	2.6	0.093	0.142	2	3.0	0.090	0.149
4	4.35	0.195	0.294	4	5.3	0.186	0.294	4	6.0	0.180	0.298
6	6.5	0.293	0.439	6	7.9	0.279	0.433	6	8.7	0.270	0.433
8	8.6	0.390	0.581	8	10.4	0.372	0.570	8	11.35	0.360	0.565
10	10.45	0.487	0.707	10	12.8	0.465	0.702	10	13.7	0.450	0.682
12	12.1	0.585	0.818	12	14.7	0.558	0.805	12	15.8	0.54	0.786
14	13.35	0.683	0.903	14	16.3	0.651	0.893	14	17.6	0.63	0.875
16	14.15	0.780	0.956	16	17.3	0.745	0.948	16	18.9	0.72	0.94
18	14.6	0.878	0.987	18	17.9	0.836	0.982	18	19.6	0.81	0.975
20	14.8	0.975	1	20	18.2	0.930	0.998	20	20.0	0.90	0.995

根据表 5 所列的数值，绘制钻孔的相对涌水量系数（Q_i/Q_0）与其不完整程度（l_i/l_0）之间的关系曲线（图 5），两者之间的函数关系为一曲线方程式，根据图 5 求其数学表达式：

令 $\alpha = 1 - \frac{Q_i}{Q_0}$,

$$\beta = \frac{l_i}{l_0},$$

求 $\alpha—\beta$ 的曲线方程。

设 $\alpha = 1 + a\beta + b\,\beta^2$，

由图 5 知，当 $\beta = 1$ 时，则 $\alpha = 0$，

即：$0 = 1 + a + b$，

$\therefore\ a + b = -1$，

或 $a = -b - 1 = -(b + 1)$。

又从图 5 知，当 $\beta = 0.6$ 时，则

$\alpha = 0.15$。

$\therefore\ 0.15 = 1 + 0.6a + 0.36\,b$，

将 $a = -(b + 1)$ 代入：

故 $0.24b = 0.25$，

$\therefore\ b = \dfrac{0.25}{0.24} = 1.042$。

故 $a = -(b + 1) = -2.042$。

所以 $\alpha = 1 - 2.042\,\beta + 1.042\,\beta^2$。

由于 $\dfrac{Q_i}{Q_0} = 1 - \alpha$，

所以 $\dfrac{Q_i}{Q_0} = 2.042\,\beta - 1.042\,\beta^2$。

将 $\beta = \dfrac{l_i}{l_0}$ 代入上式，

即：$\dfrac{Q_i}{Q_0} = 2.042\,\dfrac{l_i}{l_0} - 1.042\left(\dfrac{l_i}{l_0}\right)^2$。

或者近似为：$\dfrac{Q_i}{Q_0} = \dfrac{2\,l_i}{l_0} - \left(\dfrac{l_i}{l_0}\right)^2$ (2)

式中：

Q_i——钻孔的涌水量(升/秒)，

Q_0——相应于 l_0 的钻孔涌水量(升/秒)，

l_i——滤水管工作部分长度(米)，

l_0——滤水管的有效长度(米)。

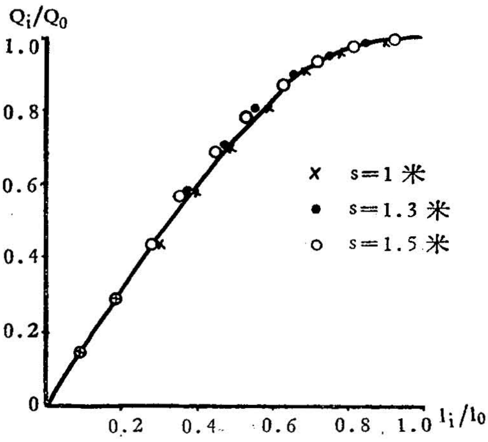

图 5 $Q_i/Q_0—l_i/l_0$ 关系图

方程式(2)表征了大厚度含水层中取水孔的相对涌水量系数与其不完整程度之间的相互关系，对于在大厚度含水层中的给水设计是有实际意义的。

在利用方程式(2)计算不同滤水管长度的取水孔的涌水量时，首先需要根据方程式(1)和方程式(2)用试算法取得与抽水试验相同条件下的 Q_0 值和 l_0 值(见附录)。这两个数值的取得是比较麻烦的，它需要先根据某一滤水管长度的取水孔的涌水量代入式(1)取得 l_{01} 值，再将 l_{01} 值代入式(2)计算 Q_{01} 值，然后，根据 Q_{01} 值计算 l_{02} 值，再将 l_{02} 值代入式(2)计算 Q_{02} 值……。这样逐次试算，直到 l_0 值和 Q_0 值都相差很小，由此所产生的误差能够符合我们对计算精度的要求时，即可考虑选取合适的数值，代入式(2)计算不同滤水管

长度的取水孔的涌水量，从而用以选择经济合理的滤水管长度。

附录： 当我们进行抽水试验时，抽水孔的滤水管长度和在某一水位下降条件下的涌水量都是已知数值。以这两个数值，根据本文所提供的计算公式，用试算法卽可近似地求得该条件下的 Q_0 值和 l_0 值，步骤如下(依本次试验之抽水试验资料为例)：

本次之試验孔的最短滤水管工作部分长度为 6.87 米，在该条件下，当抽水孔水位下降 1 米时，其涌水量为 7.75 升/秒；当水位下降为 1.3 米时，其涌水量为 9.3 升/秒；而水位下降 1.5 米时，则其涌水量为 10.6 升/秒。根据这些数值分别求出不同水位下降条件下的 Q_0 值和 l_0 值。

当水位下降 1 米时：

(1) $l_{01} = 17\lg(Q_i + 1) = 17\lg(7.75 + 1) = 17 \times 0.9420 = 16.01$ 米；

$$Q_{01} = \frac{Q_i\, l_{01}^2}{l_i(2l_{01} - l_i)} = \frac{7.75 \times 16.01^2}{6.87(2 \times 16.01 - 6.87)} = \frac{1986.48}{172.78} = 11.5 \text{ 升/秒。}$$

(2) $l_{02} = 17\lg(Q_{01} + 1) = 17\lg(11.5 + 1) = 17 \times 1.0969 = 18.65$ 米；

$$Q_{02} = \frac{Q_i\, l_{02}^2}{l_i(2l_{02} - l_i)} = \frac{7.75 \times 18.65^2}{6.87(2 \times 18.65 - 6.87)} = \frac{2695.61}{209.05} = 12.9 \text{ 升/秒。}$$

(3) $l_{03} = 17\lg(Q_{02} + 1) = 17\lg(12.9 + 1) = 17 \times 1.1430 = 19.43$ 米；

$$Q_{03} = \frac{Q_i\, l_{03}^2}{l_i(2l_{03} - l_i)} = \frac{7.75 \times 19.43^2}{6.87(2 \times 19.43 - 6.87)} = \frac{2925.86}{219.77} = 13.31 \text{ 升/秒。}$$

(4) $l_{04} = 17\lg(Q_{03} + 1) = 17\lg(13.31 + 1) = 17 \times 1.1556 = 19.65$ 米；

$$Q_{04} = \frac{Q_i\, l_{04}^2}{l_i(2l_{04} - l_i)} = \frac{7.75 \times 19.65^2}{6.87(2 \times 19.65 - 6.87)} = \frac{2992.43}{222.79} = 13.43 \text{ 升/秒。}$$

(5) $l_{05} = 17\lg(Q_{04} + 1) = 17\lg(13.43 + 1) = 17 \times 1.1593 = 19.71$ 米；

$$Q_{05} = \frac{Q_i\, l_{05}^2}{l_i(2l_{05} - l_i)} = \frac{7.75 \times 19.71^2}{6.87(2 \times 19.71 - 6.87)} = \frac{3010.72}{223.62} = 13.46 \text{ 升/秒。}$$

(6) $l_{06} = 17\lg(Q_{05} + 1) = 17\lg(13.46 + 1) = 17 \times 1.1602 = 19.72$ 米；

$$Q_{06} = \frac{Q_i\, l_{06}^2}{l_i(2l_{06} - l_i)} = \frac{7.75 \times 19.72^2}{6.87(2 \times 19.72 - 6.87)} = \frac{3013.9}{223.76} = 13.47 \text{ 升/秒。}$$

从上述计算结果看来，l_{06} 与 l_{05} 相比较和 Q_{06} 与 Q_{05} 相比较，两者都仅相差 0.01，所以可近似地认为其 l_0 值为 19.7 米，Q_0 值为 13.5 升/秒。用与上述相同的计算方法，可以分别获得水位下降为 1.3 米和水位下降为 1.5 米时的 l_0 值和 Q_0 值。水位下降为 1.3 米时的 l_0 值为 21.5 米，Q_0 值为 17.3 升/秒；水位下降为 1.5 米时，其 l_0 值为 22.7 米，Q_0 值为 20.6 升/秒。

根据以上计算的结果与实际资料相比较(表 6)，其误差不到 9%，这样的误差可以满足在供水设计中对计算精度的要求。

表 6 l_0 值和 Q_0 值計算結果与实际資料比較

水位下降(米)	l_0 值			Q_0 值		
	计算结果(米)	实际资料(米)	误差 $n = \frac{l_{0实} - l_{0计}}{l_{0实}}\%$	计算结果(升/秒)	实际资料(升/秒)	误差 $n = \frac{Q_{0实} - Q_{0计}}{Q_{0实}}\%$
1.0	19.7	20.5	3.90	13.5	14.8	8.78
1.3	21.5	21.5	0	17.3	18.3	5.46
1.5	22.7	22.2	−2.25	20.6	20.1	−2.49

五、結　　語

对大厚度含水层中钻孔涌水量与滤水管长度关系的研究，初步地探索了大厚度含水层中地下水向取水孔运动的规律。所谓“大厚度”含水层，即指实际厚度大于取水孔滤水管的有效长度（l_0）值时的含水层。这种情况，应该认为是一种特殊的水文地质条件。在这种条件下，地下水向取水孔运动的规律与一般渗流理论研究工作中常常假设的条件是有所不同的。实际资料已经证明：在大厚度含水层中，取水孔滤水管的实用长度是有限的，这样就不能将滤水管的全部长度按照汇线的原理来考虑。在这种情况下，其等势线不是围绕滤水管分布，而是滤水管截断了等势线。显然，揭露大厚度含水层中地下水向取水孔运动的规律是渗流理论研究工作中的新课题。本文所提供的适合于这种情况的新的计算公式，是以实际抽水试验资料为基础的，从供水设计的角度来看，主要的目的是为了正确地获得取水孔的开采水量值。但是，往往由于目前对取得含水层渗透系数的研究方法还不够完善，从而降低了所取得的渗透系数的正确程度，增大了取水孔设计水量产生的误差。而本文所提供的方法，沒有涉及含水层的渗透系数值，因而就消除了产生这一误差的可能性。但是，这些结果主要是对上述一例试验成果的初步分析，它可能具有某些局限性，需要今后更进一步地积累资料给予充实和修正。

参　考　文　献

[1] 力伯法　1956　用最小功方法求井的滤水管中流量分布情形。土木工程，第 5 期，211—225。
[2] 巴布什金 В. Д.　1955　钻孔水量与过滤器在含水层中之长度及位置之关系。地质译丛，第 5 期，36—41。
[3] 巴布什金 В. Д.　1957　有关进入无压水中钻孔入流的某些问题及其在水文地质勘察中的实际意义。水文地质工程地质问题，140—156。地质出版社。
[4] 建工部给水排水设计院勘察室　1961　挖掘地下水潜力的新方法——分段取水。建筑，第 12 期，16—17。
[5] 宾德曼 Н. Н.　1954　用抽水、灌水和压水测定岩石渗透性的方法，7—8。地质出版社。
[6] 高钟　1958　关于“抽水试验工作中几个问题的研究”的商榷。水文地质工程地质，第 3 期，21—24。
[7] 常士骠　1957　抽水试验工作中几个问题的研究。水文地质工程地质，第 5 期，30—35。
[8] Бородин Р. В., Кальницкий А. Ф.　1959　К вопросу о применении ярусных водозаборов при гидрогеологических исследованиях и экспруции грутовых вод аллювиальных галецников большой мощности, Тр. II Узбекист. гидрогеол. совещания, 92—103, Ташкент, АН УЗССР.
[9] Плотников, Н. И.　1959　Водоснабжение горнорудных предприятий, 374—385, госортехиздат.

THE INVESTIGATION OF THE RELATION BETWEEN THE WATER WELL DISCHARGE IN AQUIFER WITH BIG THICKNESS AND THE LENGTH OF WELL SCREEN

CHIU SHU-HANG

(**Abstract**)

The aquifer with big thickness so termed means the fact, that the actural aquifer's thickness is bigger than the "effective length" of the well screen.

In this work, by using the method of "Sectional filling" of test well (pumping), the relation between the water well discharge and the length of well screen in aquifer with big thickness has been investigated. This paper reports some new material, explaining the character of the motion of ground water to water well in aquifer with big thickness, and the exploitation of the ground water in aquifer.

In the aquifer with big thickness, the relation between well discharge and the length of screen is that the well discharge increases when increasing the length of screen, but the intensity of increment is reduced gradually. The curve of the well discharge and the length of screen shows that the forepart of curve is approximately in direct proportion, the curvature of the intermediate part appears clear, and the posterior is approximately parallel to the abscissa. This character shows that the motion of water to well in aquifer with big thickness has a vertical distribution. The forepart of the curve corresponds to the main part of recharge in the aquifer, posterior of the curve corresponds to that of aquifer, from which the discharge is small and cannot obtain practical significance and the intermediate part corresponds to the transitional zone of the aquifer.

According to the result of test, the auther offers two new equations, characterizing generally the motion of water to the ground water well in aquifer with big thickness. In the ground water exploration of the aquifer with big thickness and water supply engineering, these equations have practical significance.