

关于铁路给水浅井 之产水量计标

铁道部第三设计院编

1958年12月

—— 編 者 按 ——

关于水文地质計算这一門科学，就目前来说还是尚未完全成熟的学科。尤其在应用方面的知识更为缺乏，作者虽从事工作不久，但对这一方面的问题是经过一番研究的，他彙集了一些资料，編成此文，就給水勘测设计来讲是有可供参考的价值，希读者研究应用，并提出宝贵意見。

目 录

引 言

§1. 浅井涌水量的计算

一. 用底部工作的浅井：

甲. 采用承压水的浅井：

i. 平的井底

ii. 半球形井底

乙. 采用无压水的浅井

二. 用井壁工作的浅井：

甲. 承压水

乙. 无压水

丙. 混合情况

三. 用井底和井壁同时工作的浅井：

甲. 无压水：例 1

乙. 用井壁和井底工作的混合状态浅井

丙. 承压水

§2. 浅井井壁进水结构水力计算：

i. 砂砾滤水层

ii. 重力滤水层：例 2

§3. 井底反滤层的水力计算

§4. 无滤水管的浅自流井

§5. 筒管井（结合井）

§6. 井的半径选定及浅井可能的最大涌水量
之水位的探讨。

附：关于浅井水跃问题。

关于铁路给水浅井产水量的计算

给水科 万邦炎

引言

在铁路及农业给水中，广泛地采用了浅井作为取水构筑物。我国从53年至56年二年中，为农业灌溉共修了720万眼井；近年来在铁路给水集水构筑物中，浅井要佔90%左右。因此正确地选择井的位置及合适地规定井的深度、直径和结构，就具有重要意义。

对于浅井产水量计算，一方面要考虑其水文地质条件，也就是含水层可能的给水量；另一方面要考虑浅井本身的结构形式，也就是如何保证含水层中可能涌水量的顺畅流入。我们把前者称为水文地质计算，把后者称为进水结构的水力计算。

应该承认，在我们工作范围内绝大部分的浅井设计，在实践中经得起考验，施

工和运用情况都很良好。但是也有一小部分出现了一些问题。

这些问题表现在：

第一，对于浅井涌水量计算公式的应用范围尚缺乏明确认识，因而有的在计算上水量要少些，而实际上产水量很多，或者相反，算的多而实际上出水量少。当然在勘探时所作的水文地质资料是否正确，亦是其中主要原因之一。

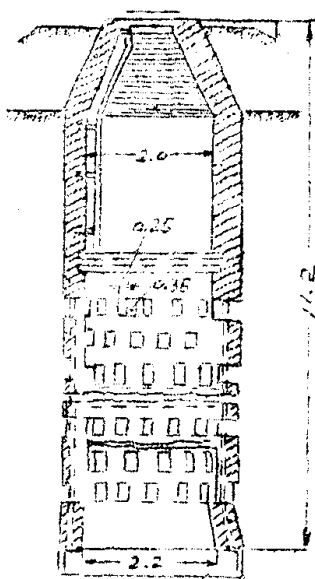
第二，对于浅井井壁，特别是进水眼的设计，尚缺乏经验，如砂眼进水眼出水量少，局部有被污塞等现象出现。

第三，对井底反滤层设计的重要性缺乏应有的认识，如井底滤层污塞而使井产水量大量减少，或有严重的翻砂现象等。

现针对上述情况，谨就本人学习苏联文献心得编成此文，并愿与读者共同研究。

浅井有砖砌的，混凝土的，钢筋混凝土的及木造的。它们一般用下沉法筑造。

井水的供给是通过井壁或井底，或者是井壁和井底。井的一般形式如右图。近年来也开始广泛地采用结合井和无泥水管的自流井。



浅井

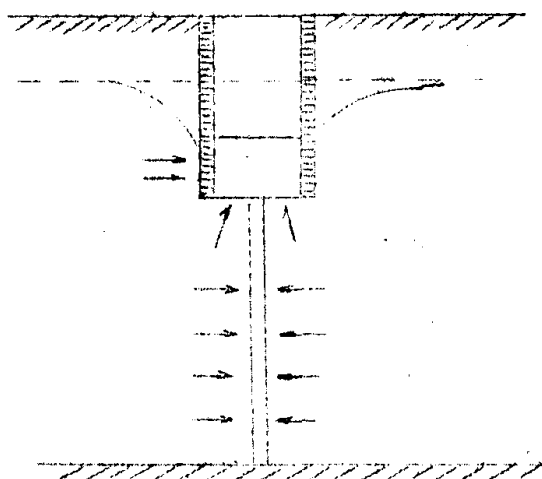
浅井比其他集水设备具有下列优点：

结构简单；便于对井的某些主要部分进行检查和整修；可以安装大尺寸的抽水机；水流稳定 使用年限长。

§1. 浅水产水量的计算：

地下水的运动分为两个类型：层流（平行流束）和紊流（涡流、无规律流动）。根据 F. H. 卡门斯基实验资料，当地下水

运动速度达到 400 米/昼夜时，其渗透的线



结合井

性规律 ($v = kI$) 是正确的。因此在砂土中及中等裂隙岩石中即可见到。在强烈裂隙性的岩石中，喀斯特中以及大的碎屑土中地下水的运动，在个别情况下为紊流，并按照克拉斯诺波里斯基工程师所导出的公式 ($v = k\sqrt{I}$) 运动。

在确定浅井涌水量时，我们必须考虑到：

- a) 地下水流入井内的图式（经由井底或井壁，或同时经由井底和井壁）；
- б) 含水层的水力状态（承压的，无压的以及混合的）；
- в) 井的横断面形状（圆的，方的）以及井底的形状（平的，半球形的）。

以下引证的公式都是应用于圆形浅井的计算，如遇方形浅井时，可以用 $0.6a$ 代替公式中 r_0 值， a 为井横断面的边长。

半球形井底涌水量比平底井多，但是建造困难。两者的计算公式形式是一样的，不过把公式中的 2π ，代以数值 4 而已。

一. 用底部工作的浅井:

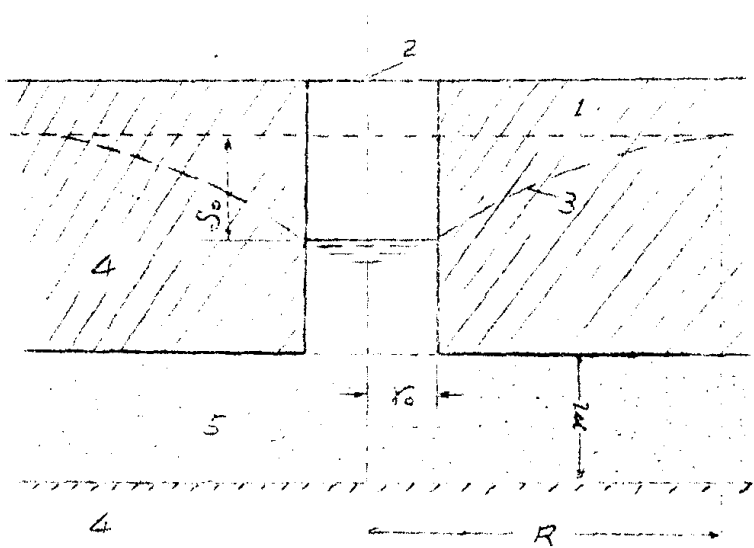


图1 承压水浅井井底进水的计算图式

1. 静水位 2. 浅井 3. 承压降落曲线
4. 隔水层 5. 承压含水层

(甲) 采用承压水的浅井: B. A. 伯布契金得出的有限承压含水层自井底进水的计算公式如下:

(i) 平的井底:

$$Q = \frac{2\pi k S_0 r_0}{\frac{\pi}{2} + 2 \arcsin \frac{r_0}{m + \sqrt{m^2 + r_0^2}} + 0.515 \frac{r_0}{m} \lg \frac{R}{4m}} \quad (1)$$

当 $\frac{r_0}{m} \leq \frac{1}{2}$ 时, 此公式可足够正确地简化为:

$$Q = \frac{2\pi k S_0 r_0}{\frac{\pi}{2} + \frac{r_0}{m} (1 + 1.18 \lg \frac{R}{4m})} \quad (1a)$$

(ii) 半球形井底:

$$Q = \frac{2\pi k S_0 r_0}{1 + \frac{r_0}{m} (1 + 1.18 \lg \frac{R}{4m})} \quad (2)$$

公式(1)和(2)曾经由 Э. М. А (水电比拟法) 验证过, 而且在实践中也充分地得到证明。

按弗尔赫格依麦尔, 半球形井底位于无限厚含水层的顶板之涌水量等于:

$$Q = 2\pi r_0 S_0 k \quad (3)$$

对平底井为:

$$Q = 4r_0 S_0 k \text{ ----- (4)}$$

当含水层厚度小于15~20公尺时，
对于同半球形井底工作的涌水量计称，

H. H. 宾德宾提出了下面的公式：

$$Q = \frac{2\pi k m S_0 r_0}{m + r_0 \left[\ln \left(\sqrt{\frac{3}{2}} \times \frac{R}{m} \right) - 1 \right]} \text{ ----- (5)}$$

对于平底井为：

$$Q = \frac{4\pi k m S_0}{\pi \left(\frac{m}{r_0} - 1 \right) + 2 \ln \left(\sqrt{\frac{3}{2}} \times \frac{R}{m} \right)} \text{ ----- (6)}$$

当水是紊流运动特性时，半球形井的
涌水量为：

$$Q = 2\pi k \sqrt{3 S_0 r_0^3} = 10.9 k r_0 \sqrt{S_0 r_0} \text{ ----- (7)}$$

对平底井为：

$$Q = 6.9 k r_0 \sqrt{S_0 r_0} \text{ ----- (8)}$$

(乙) 采用无压水的平底浅井 (图2)：

按B. B. 伯布契金公式计称的涌水量为：

$$Q = \frac{2\pi k S_0 r_0}{\frac{\pi}{2} + 2 \arcsin \frac{r_0}{T + \sqrt{T^2 + r_0^2}} + 0.515 \frac{r_0}{T} \ln \frac{R}{4H}}$$

----- (9)

当 $\frac{r_0}{T} \leq \frac{1}{2}$ 時，公式(9)可以足够正确地简化为：

$$Q = \frac{2\pi k S_0 r_0}{\frac{\pi}{2} + \frac{r_0}{T} (1 + 1.18 \lg \frac{R}{2.4H})} \quad (9a)$$

按柯泽尼，用底部工作的潜水井的涌水量可按下列式确定：

$$Q = 4kr_0^2 \cos\left(\frac{\pi(H-T)}{2H}\right) \left[-\ln \frac{R}{r_0} + \left(\ln \frac{R}{r_0} \right)^2 + \frac{S_0^2}{r_0^2} \right] \quad (10)$$

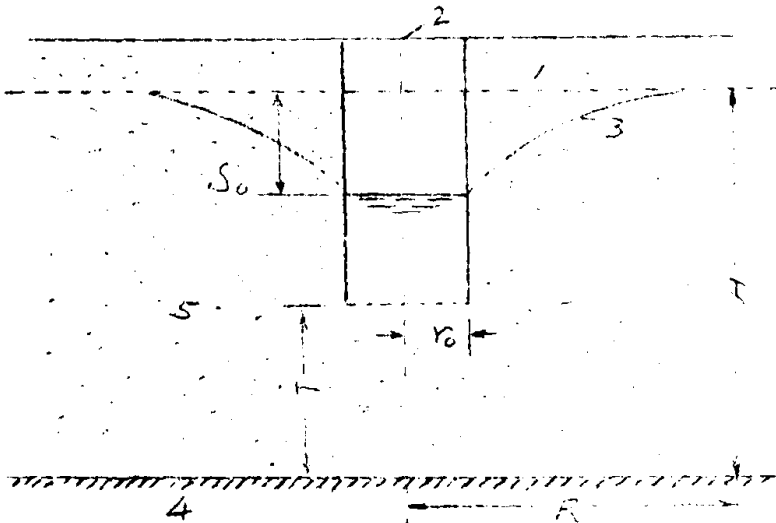


图2. 无压水浅井井底进水的计算图式。

1. 静水位 2. 浅井 3. 降落曲线 4. 隔水层 5. 无压含水层

式中：

Q ——井的涌水量，立方公尺/昼夜

μ ——含水层的渗透系数，公尺/昼夜

S ——井中水位降落，公尺。由静水位（相应的承压水位或自由水位）升起。

r_0 ——井的半径，公尺。

m ——承压含水层厚度，公尺。

H ——无压含水层厚度，公尺。

R ——井的影响半径，公尺。

可由唐沙金公式求出：

$$R = 2S_0 \sqrt{H\mu}$$

如同井承压水则 H 为含水层底至静止测压水位距离，也可由基哈尔德特公式求出：

$$R = 10S_0 \sqrt{K} \quad \text{，但前者较准确。}$$

T ——井底至隔水层的距离，公尺。

二、用井壁工作的浅井：

茲依公式給出水流呈層流特性時井涌水量的計稱。

(甲) 承压水 (圖 3a)

$$Q = 2.73 \frac{k m S_0}{\lg \frac{R}{r_0}} \text{ --- (11)}$$

A. A. 克拉斯諾波里斯基給出當地下水成系流運動時的井流量方程式：

$$Q = 2\pi m k \sqrt{\frac{S_0}{\frac{1}{r_0} - \frac{1}{R}}} \text{ --- (12)}$$

可以忽略 $\frac{1}{R}$ 項，因比起 $\frac{1}{r_0}$ 來是很小的值，於是求得：

$$Q = 2\pi m k \sqrt{r_0 S_0} \text{ --- (12a)}$$

(乙) 無壓水 (圖 3b)：

$$Q = 1.37 \frac{k(2H - S_0)S_0}{\lg \frac{R}{r_0}} \text{ --- (13)}$$

當井和河流水邊緣距離 l 小於 $0.5 R$ 時，則其涌水量為：

$$Q = \frac{1.37 k (2H - S_0) S_0}{\lg \frac{2l}{r_0}} \text{ --- (13a)}$$

A. A. 克拉斯诺里斯基提出了当运动呈紊流特征时的涌水量为：

$$Q = 2\pi k \sqrt{\frac{H^3 - h^3}{3(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{R})}} \\ = 3.63 k \sqrt{\frac{H^3 - h^3}{\frac{1}{r_0} - \frac{1}{R}}} \text{ --- (14)}$$

当降落 S_0 不大而含水层厚度 H 很大时，则为：

$$Q = 2\pi k H \sqrt{r_0 S_0} \text{ --- (15)}$$

(丙) 混合的情况 (当存在承压和无压的两个区域) (图3B)

当水成层流时：

$$Q = \frac{1.36 [(2H - m)m - h^2]}{\lg \frac{R}{r_0}} \text{ --- (16)}$$

如地下水成紊流时：

$$Q = 3.63 k \sqrt{\frac{3Hm^2 - 2m^3 - h^3}{\frac{1}{r_0} - \frac{1}{R}}} \text{ --- (17)}$$

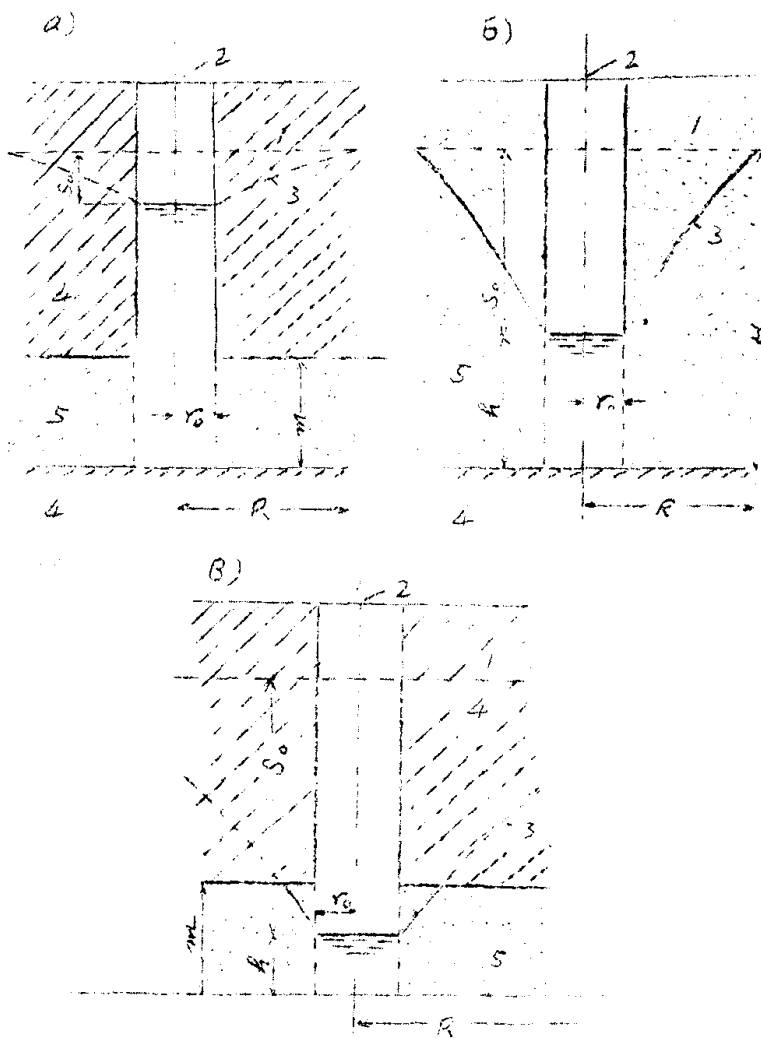


图 3. 浅井井壁进水的计算图式

a-b 承压水 b-b 承压水 b-b 混合补给情况

1. 静水位 2. 浅井 3. 降落曲线 3. 隔水层 5. 含水层

— 16 —