

文章编号: 1001-1986(2005) 03-0051-03

# 供水管井设计出水量的确定

黄选明, 邵东梅, 李功宇

(煤炭科学研究总院西安分院, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 论述了管井出水能力的概念及确定管井出水量的理论依据。科学合理的出水量设计和避免过量抽水, 是确保管井良好运行、延长管井使用寿命的关键。并以孟加拉国 Barapukuria 电厂水源地为例, 对管井出水量的设计方法进行了详细说明。

**关键词:** 供水管井; 出水能力; 过滤器; 流速

**中图分类号:** P641.1 **文献标识码:** A

## Determining the water yield from tube-well for water supply

HUANG Xuan-ming, SHAO Dong-mei, LI Gong-yu (Xi'an Branch, CCRI, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** The conception and theory basis of water yield from deep well are analyzed and discussed. The scientific and reasonable design is very important. Avoiding excessively pumping is the key factor for the operation from maintains of tube well, and it will contribute to prolong the lifetime of the tube-well. The design of water yield from the tube-well has been explained through the example of water resource in Barapukia power plant.

**Key words:** water supply well; water yield capacity; screen assembly; velocity

### 1 引言

管井投产后, 其出水量直接关系到管井的运行、维护及使用寿命。过量抽水会导致管井运行管理上的一系列问题, 既增加了运行成本, 又缩短了管井的使用寿命。有些管井投产数年后即告报废, 给建设单位及用户带来经济损失。

我国石家庄市自来水公司、陕西渭河电厂等 39 眼停产报废井调查报告显示, 除了水质原因外, 过量抽水是管井报废的主要原因。我国学者张锡范先生

对此曾作了大量的调查, 也得出了相同的结果。美国学者 E. B 威廉姆斯在其《水井设计的基本法则》一文中指出: 在供水管井存在的问题中, 最普遍的情况是超量抽水。

目前, 确定管井的出水量在理论与实践大多单纯地依据于水文地质计算, 很少考虑管井自身的出水能力, 这是造成管井过量抽水的根本原因。在凿井过程中, 许多建设单位认为: 管井出水量越大, 管井质量越好。勘察施工单位为迎合建设方的要求, 不顾及管井的出水能力, 追求短期的管井大出水

收稿日期: 2004-08-10

作者简介: 黄选明(1962—), 男, 陕西临潼人, 煤科总院西安分院高级工程师, 水文地质工程地质专业。

300 d 和 480 d 的固结沉降曲线几乎重合, 这说明此时复合地基固结基本完成。

### 5 结论

a. 碎石桩处理粘性土地基达到了加固地基目的, 碎石桩用来加固粉土和一般粘性土地基时, 可起到增强复合地基强度和减小变形的效果, 但对于高灵敏性的软弱粘性土不宜用碎石桩处理; 散体材料单桩承载力大小主要取决桩周土体所能提供的最大侧限力;

b. 碎石桩复合地基在粘性土中的桩土应力比变化曲线呈上凸抛物线型, 其值一般在 3~6 之间, 这反映碎石桩起到了分担外荷载的作用; 载荷试验时碎石桩桩身附加应力分布规律同天然地基土载

荷试验相似, 且影响范围为 2~3 倍载荷板宽度, 碎石桩的有效桩长可取 8~9 m;

c. 碎石桩复合地基可加快粘性土地基排水固结, 加固区在 10 d 左右即完成了固结 60% 以上, 加固区固结大多发生在荷载施加过程中, 从而可大大减小工后沉降的影响。

### 参考文献

- [1] 龚晓南. 复合地基理论及工程应用[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
- [2] 龚晓南. 有关复合地基的几个问题[J]. 地基处理, 2000, 11(3): 42—48.
- [3] 陈龙珠, 谢得贵等. 振动沉管碎石桩加固饱和粉土地基的机理研究[J]. 浙江建筑, 2002, (B02): 71—73.
- [4] 池跃君, 宋二祥等. 刚性桩复合地基应力场分布的试验研究[J]. 岩土力学, 2003, 24(3): 339—343.
- [5] 地基处理手册(第二版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.

量,是很普遍的现象。在管井的运行管理过程中,盲目加大管井出水量也是很常见的现象。我国每年成井数量巨大,由此带来的经济损失也是巨大的。管井过量抽水的普遍存在表明,如何正确设计管井的出水量仍是一个目前尚未完全解决的理论和实践课题。

## 2 管井出水能力的几个概念

### 2.1 管井出水能力

管井出水能力一词不时见诸于有关文献和资料上,但概念不尽相同。如我国部分深水管井方面的文献受苏联文献的影响,以井壁进水能力表示管井出水能力;与之相异,部分管井文献受欧美文献的影响,以过滤管单位长度的进水量表示管井出水能力。显然,两者含义不同,数值亦不同,且在实践中极易使人产生混淆。管井出水能力是确定管井设计出水量的基础,因而是首先需要讨论和明确的问题。

“管井出水能力”易与“管井最大出水量”相混淆。一般所说的管井出水量是依据理论计算得出的管井从含水层可以抽取的最大出水量。本文所指的管井出水能力,是指依据管井的自身结构计算得出的管井最大允许出水量,两者概念完全不同。

就管井出水能力而言,管井结构是由井身结构和井管结构两部分组成。从地下水流入井内角度看,井壁存在一个最大允许进水量,也就是井壁进水能力。过滤器也存在一个最大允许进水量,即过滤管进水能力。井壁进水能力和过滤管进水能力反映了管井在其两个进水断面上的进水能力,并由其中相对较小者决定了管井最大允许出水量,即管井出水能力。

管井出水能力是指管井结构自身所决定的最大允许出水量,它表明了管井出水能力与管井最大出水量的概念差异。这对于管井出水能力的确定是非常重要的。

### 2.2 井壁进水能力

井壁进水能力是管井抽水时地下水通过井身开采段时的最大允许进水量,在数值上井壁进水能力( $Q_j$ )等于开采段井壁过水断面面积( $A_j$ )乘以允许井壁进水流速( $V_j$ ),即:

$$Q_j = A_j \cdot V_j \quad (1)$$

由此可以看出,因为允许井壁进水流速是由含水层渗透性决定的,故井壁进水面积的大小决定了井壁进水能力的大小。如果管井出水量过大,超过了井壁进水能力,将导致过大的井壁进水流速,从而导致含水层细颗粒移动,造成井水含砂量增高,滤料孔隙堵塞等一系列不良后果。

### 2.3 过滤管进水能力

过滤管进水能力是管井抽水时地下水流通过过滤器外层进水面时的最大允许进水量。在数值上,过滤管进水能力( $Q_g$ )等于过滤管外层进水面( $A_g$ )有效进水面积乘以允许过滤管进水流速( $V_g$ ),即:

$$Q_g = A_g \cdot V_g \quad (2)$$

过滤管允许进水流速为  $0.03 \text{ m/s}$ ,当地下水具有侵蚀性及容易结垢时,应减少  $1/3 \sim 1/2$ 。

式中的过滤管允许进水流速值和过滤管外层进水面有效孔隙率是国标《供水管井技术规范》GB50296—99 规定的。应该注意的是,允许过滤管进水流速是真实流速,因此是与含水层透水性无关的定值,而允许井壁进水流速是渗透流速,因此是随含水层透水性变化的变值。

从(2)式可以看出,过滤管进水能力决定于过滤管外层进水面的有关进水面积大小。若管井出水量过大超过其过滤管进水能力时,将导致过滤管结垢和腐蚀加剧,水头损失增大等一系列不良后果。

## 3 管井出水能力确定

管井结构设计不同,其井壁进水能力和过滤管进水能力也不同。当管井出水量超过其中任何一个时,都将导致管井运行不良和使用寿命缩短。所以对管井出水能力的确定,显然应同时兼顾两者。管井的进水能力与过滤管进水能力两者间的相对大小并不是固定不变的,而是由管井井身的结构设计所决定的,并且受水质的影响。根据我国大量管井复核计算,一般来说位于松散层中的管井,根据(1)式计算的井壁进水能力相对偏小,通常小于过滤管进水能力。但是,当过滤管采用包网过滤管、贴砾过滤管,或因材质等原因导致过滤管有效进水面积变小时,过滤管的进水能力也会低于井壁进水能力。在地下水具腐蚀性和容易结垢时,允许过滤管进水流速大大降低,过滤管进水能力亦随之降低。

管井调查表明,在一些管井运行中,井水含砂量很高,并由此产生了地面沉降,井管弯曲等不良后果,当管井出水量减少后即得到明显好转。这说明管井出水量超过了井壁进水能力。在部分井中,管井出水量衰减很快,水头损失增大,井下透视发现,过滤管进水缝隙结垢堵塞严重,但当管井出水量减少后,过滤管进水缝隙结垢堵塞减缓,这说明管井出水量超过了过滤器的进水能力。

井壁进水能力与过滤管进水能力相对大小的不固定性说明,管井出水能力应根据管井的结构分别计算,考虑各种因素综合确定。

#### 4 管井设计出水量的确定

管井设计出水量是指保证管井投产后良好运行和正常使用寿命的允许出水量, 它包含了技术经济的合理性于其中, 因此不同于单纯的水文地质计算的管井出水量, 是根据水源地的水文地质条件及开采方案等经济因素确定的。

从理论上讲, 管井结构设计应与水文地质计算的管井出水量相一致, 但实际上, 在管井设计时, 由于管井结构设计不同, 管井的出水能力也不同。这就需要在管井结构设计后计算管井的出水能力, 通过技术经济合理性比较, 确定管井的设计出水量。

图1为孟加拉国 Barapukuria 电厂水源地水文地质剖面及井的结构设计。该水源地松散含水层性质如图1所示。设计步骤如下:

a. 选择符合该水文地质条件的水文地质计算公式, 计算管井在设计降深下的出水量( $Q$ ,  $\text{m}^3/\text{d}$ ):

$$Q = k\pi(H^2 - h^2) \frac{1}{\ln \frac{R}{r}},$$

式中  $k$  为含水层的渗透系数( $\text{m}/\text{d}$ );  $H$  为自然状态下潜水含水层的厚度( $\text{m}$ );  $h$  为含水层在抽水试验时的厚度( $\text{m}$ );  $R$  为影响半径( $\text{m}$ );  $r$  为抽水孔过滤器的半径( $\text{m}$ )。

计算结果:  $Q = 215 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

b. 设计管井结构, 计算其井壁进水能力和过滤管进水能力, 确定管井出水能力。

井壁进水能力:  $Q = \pi \cdot D_k \cdot L \cdot V_j$ ,

式中  $D_k$  为开采段井径( $\text{m}$ );  $L$  为井壁进水段长度( $\text{m}$ )。

计算结果:  $Q = 200 \text{ m}^3/\text{h}$

过滤管进水能力:  $Q_g = \pi \cdot n \cdot V_g \cdot D_g \cdot L$ ,

式中  $n$  为过滤管进水面有效空隙率;  $D_g$  为过滤管外径( $\text{m}$ );  $L$  为过滤管有效进水长度( $\text{m}$ )。

根据抽水试验资料可知, 该含水层 Fe 离子含量较高, 富含云母薄片, 地下水具腐蚀性且容易堵塞滤管, 故设计时  $V_g$  应减少 1/2。

计算结果:  $Q = 112.5 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

抽水试验结果:  $Q = 130 \text{ m}^3/\text{h}$ , 主孔降深 8 m, 有实际意义的影响半径约 500 m, 水中含砂量标准也满足规范要求。

综合上述因素, 管井设计出水量应为  $110 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

#### 4 结语

a. 管井过量抽水直接导致了管井运行管理上的一系列问题, 并使管井使用寿命缩短, 因此, 在管

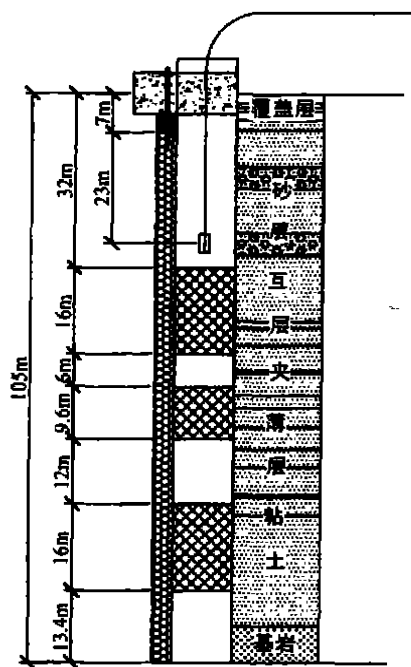


图1 抽水井结构设计

Fig. 1 Construction design of water supply well

井设计时, 正确地确定管井设计出水量具有重要的理论和实践意义。

b. 管井设计出水量系保证管井投产后良好运行和正常使用寿命的出水量, 管井设计出水量应低于管井的出水能力。

c. 管井出水能力系管井结构自身决定的管井最大允许出水量, 其数值应低于井壁进水能力和过滤管进水能力。

d. 井壁进水能力系管井开采井壁最大允许进水量, 对于松散层供水井, 其数值应根据井壁允许进水流速确定。

e. 过滤管进水能力系过滤管最大允许进水量, 其数值应以过滤管有效孔隙率和允许过滤管进水流速进行计算。对于具有双层进水面结构的过滤管, 内层进水面因不与含水层或滤料接触, 计算过滤管进水能力时, 仅考虑外层进水面的进水能力。

f. 管井设计时, 管井结构设计应与管井设计出水量相一致, 即管井设计出水量接近并低于管井的出水能力。因此, 单纯依据水文地质计算确定管井设计出水量是不全面的, 也是造成管井过量抽水的原因所在。

#### 参考文献

- [1] 胡链, 张锡范等. 供水管井技术规范[M]. 北京: 中国计划出版社, 2000.
- [2] 彭易华, 龙建忠等. 供水水文地质勘察规范[M]. 北京: 中国计划出版社, 2000.
- [3] 张育蓂, 刘瑞祺等. 供水管井设计指南[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1984.