

真空点井降水工程中有关问题的探讨

王和平, 梅 胜

(广东工业大学 建设学院, 广东 广州 510643)

摘要: 就降水工程中真空点井的设计和施工中存在的一些问题, 结合新近颁发的《建筑与市政降水工程技术规范》(JGJ/C11-98)加以论述, 指明了工程中现有成规的几点不合理之处。

关键词: 降水工程; 真空点井; 地下水

中图分类号: TU94⁺ 3. 1

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2001)03-0110-05

降水在建筑和市政工程中是经常应用的一种工程措施, 它对于建筑工程和市政工程有效、安全、顺利地进行起着重要的作用, 有时决定着主体工程的成败。长期以来, 对于真空点井(《建筑与市政降水工程技术规范》中规定的术语, 指工程中常用的轻型井点, 下同), 有一个成规, 即真空点井应距基坑边缘的距离不小于 1~ 1. 5m, 井孔填入滤料后在距地面以下 1. 5 m 深度范围内用粘土封闭, 其主要目的是防止漏气, 影响抽水效果^[1~ 3]。

推荐性行业标准《建筑与市政降水工程技术规范》(JGJ/C11-98)(以下简称《规范》)于 1999 年 3 月 1 日起执行。这个规范的出台, 对统一降水工程术语、指导降水工程的设计与施工, 使降水工程作到技术先进、安全可靠、确保质量、具有重要的作用。相信它将成为我国建筑工程规范的重要组成部分。然而, 该规范中关于真空点井的布置和封孔, 仍然沿用了工程界长期以来的成规, 这一成规是否正确, 笔者就这一问题谈一点看法, 供广大同仁参考。

1 关于井点布置

《规范》第 6. 2. 3 条第二款中关于真空点井的布置原则: “真空点井沿基坑周围布置成线状、封闭状, 点井间距 0. 8~ 2. 0 m, 距边坡线至少 1. 0 m”。此款中距边坡线 1. 0 m 距离的规定, 在《规范》条文说明中未提出依据。根据工程实践, 点井的布置依基坑的形状布置成线状或环状(即封闭状), 点井间距通常在 0. 8~ 2. 0 m 之间, 这种布置对降水是有效的。然而点井距边坡线的距离, 很多情况下由于现场条件限制, 常常达不到这个要求, 在很多工程中, 点井只能在基坑边坡线上。除了对现场操作略有影响之外, 对降水效果没有什么影响。因此, “距边坡线至少 1. 0 m”的要求过于严格, 在实际操作中不易达到。关于真空点井距边坡线的距离要求, 长期以来在认识上存在一个误区, 即认为真空点井距边坡线的距离是为了防治由于点井距边坡太近产生漏气, 从而影响降水效果^[1~ 3]。下面对这一观点予以分析。

真空点井降水是利用地面上的抽水设备产生的真空将地下水抽升到地面, 当在井中抽水之后, 地下水位逐渐下降, 在抽水井周围形成一个曲线形的降落漏斗, 造成地下水由四周向抽水井

收稿日期: 2000-12-18

作者简介: 王和平(1957), 男, 副教授, 主要研究方向为给水排水工程施工、水处理。

运动的水力条件。

目前, 按地下水的埋藏条件通常把地下水分为3大类, 上层滞水、潜水和承压水, 每一类含水层中所含水份主要是指重力水。上层滞水和潜水都具有自由表面, 通过包气带与地表相通^[4], 当抽水井抽水后, 地下水向抽水井的流动是在重力作用下进行的, 原来的自由表面由平面变为曲线(面)形。在同一地质条件下, 水流的速度取决于曲线的水力坡度。真空点井外在自由表面以上的部分本身就处于包气带中, 与大气相通, 不存在漏气的问题。

若工程所处的位置为承压含水层, 就承压水的埋藏特点而言, 它无自由表面, 有稳定的隔水顶板, 水体承受静水压力。但就建筑和市政工程降水的目的而言, 常常是由于基础已经深入到了承压含水层而需要降水, 如图1所示。由于基坑需挖至隔水顶板以下, 降水的目的是将基坑周围的稳定地下水位降至坑底以下。因此在抽水井周围必然产生自由表面 $ABCD$, 此自由表面通过坑底的 $abcd$ 面与大气相同, 故此时点井的工况与潜水时的一样, 不存在漏气的问题。因此, 由于漏气而影响降水效果的观点缺乏理论依据。

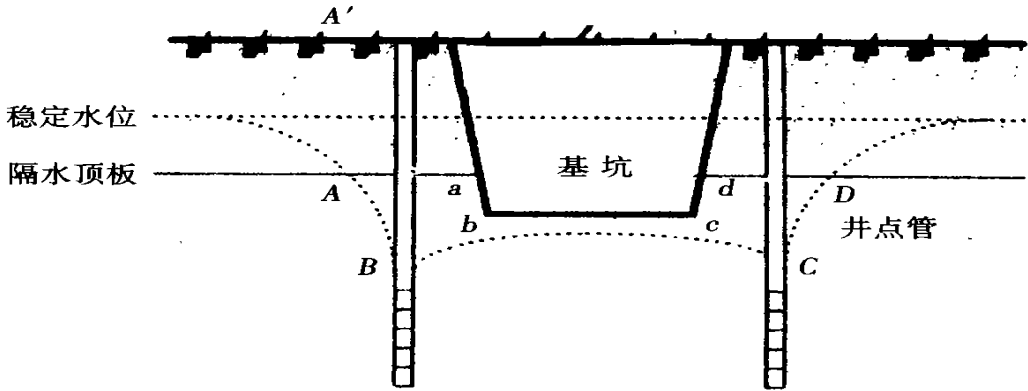


图1 基坑降水示意图

2 关于点井用粘土封孔

《规范》第7.2.2条第二款(1)中指出:“垂直点井的滤料填至地面以下1.0~2.0m, 再用粘土封孔”。关于点井用粘土封孔的作法, 多年来已为成规。《规范》对用粘土封孔的原因, 在《规范》(条文说明)中未指明。根据多年来对这一成规的解释, 封孔主要是为了防止沿井孔滤料产生漏气。^[1,2]如果《规范》的这一条款是基于此种原因, 则在理论上也是缺乏依据的。

由前所述, 抽水井抽水后, 地下水位降低, 在井周围形成的曲线形自由水面上的压力为一个大气压。当在点井上部距地面下0.5~1.0m的深度范围内用粘土填塞密实后, 可以在井孔填塞粘土的范围内(即钻孔直径)阻止气体泄漏, 但是阻止不了自由水面与大气相通, 也即其他地方的通气状态依然如故。因为对于上层滞水和潜水含水层而言, 自由水面上的土层并非一密封层, 自由水面与大气是相通的, 此为其一。

其二, 抽水井抽水时, 真空点井内是充满水的, 点井管内各处的压力不同, 由图1, 管口 A' 点到下部的管 B 点, 压力值是逐渐增大的, B 点处管外的压力值即为自由水面的压力。由于 B 点的压力值大于 A' 点的压力, 才能使得地下水由管路上升。由水力学的基本原理可知, 当 B 点的压力值和 A' 、 B 两点的高差一定时, A' 点的压力越小(即真空值越大), 管中的流速也越大, 抽水效果越好。所以抽水效果取决于 A' 、 B 两点之间的压力差, 保证管内 A' 点处的真空度, 才是

保证抽水效果的关键, 而不是防止管外的漏气问题. 管外的漏气是无法防止的. 即使考虑管外的漏气, 由上面的分析, 管外 B 点处自由水面的压力越大, 抽水效果越好, 就是说管外自由水面与大气的联系越畅通, 越有利于抽水, 而不是成规所认为的影响抽水效果. 但是, 用粘土密封, 可以有效地防止地表污水流入造成地下水的污染.

3 关于基坑出水量计算公式

《规范》第 6.4.3 条给出的面状基坑出水量计算公式为:

$$\text{对于潜水} \quad Q = \frac{1.36K'(2H-s)s}{\lg R - \lg r_0}, \quad (1)$$

$$\text{对于承压水} \quad Q = \frac{2\pi 73K'Ms}{\lg R - \lg r_0}, \quad (2)$$

公式中 R 和 r_0 分别为影响半径和基坑范围的引用半径. 多年来该公式广泛用于真空点井系统出水量的计算. 但当在土质渗透系数小、基坑面积较大时应用此公式却来显示出明显的不足, 甚至会出现不合理的情况.

公式(1)(2)是将裘布依(Dupuit)单井稳定流公式应于面状基坑出水量计算. 当基坑面积较小时, 可直接利用该公式. 但当基坑面积较大, 如 r_0 接近于 R 时, 由该公式, 流量则趋于无穷大, 当 r_0 大于 R 时, 流量为负值, 这显然是不可能的. 但实际中 r_0 等于甚至大于 R 的情况是存在的.

例如, 以边长 70 m 的方形基坑为例, 该基坑的面积为 4900 m², 真空点井环状布置, 则

$$r_0 = \sqrt{\frac{4900}{\pi}} = 39.5$$

若渗透系数 $K = 2\text{m/d}$, 含水层厚度为 8 m, 点井内的水位降深 4 m, 则根据库萨金公式:

$$R = 2s \sqrt{HK} = 2 \times 4 \sqrt{8 \times 2} = 32 \text{ m}$$

此时 $R < r_0$, 由公式(1), 流量 Q 为负值, 说明公式有缺陷. 造成这种现象的原因, 是 R 的范围在稳定水位. 此发生了变化. R 的原始意义是单井的影响半径, 由井的半径和井壁外水面下降的范围组成. 对于基坑井点系统而言, 其影响范围也应由引用半径和降

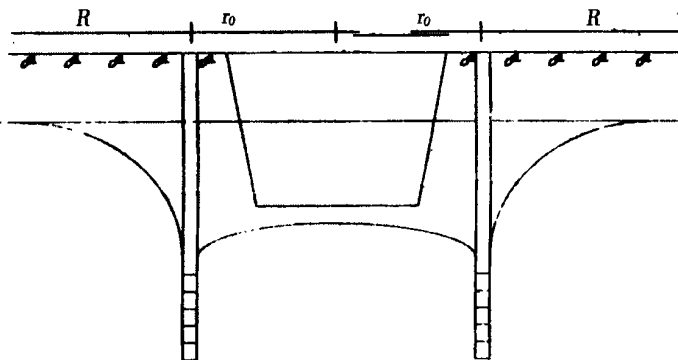


图 2 影响半径示意图

水系统外水面下降的范围所组成. 系统外水面下降是由系统周边的点井抽水所致, 此时 R 应视为基坑点井的影响范围, 它从点井处算起, 见图 2. 故对点井系统而言, 其影响半径应为 $r_0 + R$. 这样处理, 即有一定的理论依据, 又不受公式(1)、(2)的局限出现计算结果不合理现象, 故公式应修正为:

$$\text{对于潜水} \quad Q = \frac{1.36K'(2H-s)s}{\lg(R+r_0) - \lg r_0}, \quad (3)$$

$$\text{对于承压水} \quad Q = \frac{2 \cdot 73K'Ms}{\lg(R + r_0) - \lg r_0} \quad (4)$$

4 关于真空帷幕

在《规范》(条文说明)中关于井点的间距, 指出“加大间距可节约降水费用及能耗, 但要形成基坑降水周围完整的真空帷幕, 用以截断地下水渗流, 应依试验为依据, 才可加大点井间距”。按照这一说明, 点井降水的目的是在基坑周围形成真空帷幕来截断地下水向基坑的渗流。在此对点井抽水系统能否在基坑周围形成真空帷幕, 真空帷幕是否能截断地下水进行分析。

所谓真空帷幕, 即可理解为一真空带。在这个带内, 气压小于一个大气压。如前所述, 对于潜水含水层, 由于其通过包气带与大气相通, 不可能在地下形成一个真空带, 因地面下与大气相通, 不具备形成真空的地质条件。

其二, 假设可以形成真空带, 根据水力学的基本原理(图3)分析可知, 当无真空带时, 地下水的自由水面为 abc , 自由水面上压力为一个大气压; 当形成真空带后, 真空带内的压力小于大

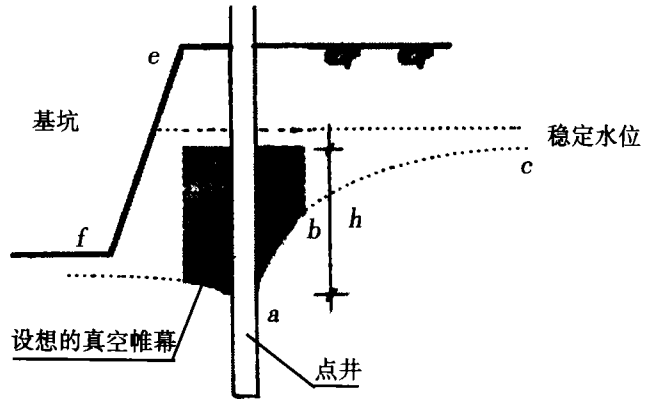


图3 真空帷幕分析示意

气压, 这个负压会对水产生抽吸作用, 则在真空带内的水面应高于自由水面 bc , 真空度越高, 则 h 应越大, 真空带的产生将使基坑周围形成水带, 这个水带的水面高于真空带外部的自由水面, 这样一来就会产生如下矛盾:

- 1) 众所周知点井系统抽水后在井周围会产生曲线形的降落漏斗, 距井越近, 漏斗的深度越大。而上述由于真空帷幕的作用, 水面曲线不是降落漏斗(对潜水而言), 故与实际不符。
- 2) 要保持帷幕的水位, 边壁 ef 必须是隔水层, 否则水就会沿边壁流出, 或大气进入破坏真空。这与基坑所处含水层的地质条件相矛盾。
- 3) 基坑降水的目的是为了将地下水降至基坑底部以下创造一个干燥的作业环境, 保证工程的正常进行。而真空帷幕非但不是降水, 反而将水提升, 这种设想的真空帷幕带来的效果是与工程目的相违背的。

其三。如果真空帷幕存在的话, 由上所述, 其作用只能对水产生抽吸, 不能截水。截水只能采用其他材料作成的密实性挡墙。因此, 利用真空帷幕截水的观点即不符合水力学的基本原理, 又不符合工程中的实际情况。

4 关于降水延续时间

《规范》8.2.8条指出:“降水监测与维护期宜待基坑中基础结构高出降水前静水位高度即告结束”。降水延续时间的这一规定局限性太大。

对于基坑降水, 工程基础结构甚至地下室位于静水位以下是非常普遍现象, 对于降水维护期不应以地下结构是否高出降水前静水位而定, 因为当这种类型的地下结构高出静水位降水即告结束时, 往往造成结构上浮, 产生严重的工程事故。因此, 降水维护期应以已完成结构的强

度、刚度和抗浮稳定性验算为依据进行确定。

5 结语

(1)点井的布置,宜根据工程实际情况而定,若仅从点井的抽水效果而言,点井距边坡距离过近不会影响抽水效果。对由于距离过近而产生漏气的考虑是不必要的。从某种意义上而言,漏气对抽水更为有利。

(2)点井埋设后,在距地面 1.5 m 的深度无需用粘土封孔。用粘土封孔这种成规也是考虑漏气影响抽水效果,本文分析说明这种担心是多余的。用粘土封孔的积极意义是可以防止地表污水渗入污染地下水。

(3)《规范》(条文说明)中真空帷幕截断地下水渗流的观点,理论上无依据,实际中也难以达到。

(4)点井降水的延续时间,基础高出原地下静水位终止抽水的时间局限性太大,应以地下结构的强度、刚度和抗浮稳定性验算为依据确定。

参考文献:

- [1]《建筑施工手册》(第三版)编写组. 建筑施工手册(第三版)(第三册)[M]. 北京:中国建筑工业出版社. 1997. 181-186.
- [2]刘祖绳,唐祥忠主编. 建筑施工手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1997. 146-149.
- [3]刘嗣信主编. 高层建筑施工手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社. 1993. 260-262.
- [4]刘兆昌. 供水水文地质(第三版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1998. 38-80.

Discussion on Issues of Vacuum Point Well in Dewatering Engineering

WANG He-ping, MEI Sheng

(Faculty of Construction, GDUT, Guangzhou, 510643, China)

Abstract: Questions existed in the designing and constructing of the vacuum point well in dewatering engineering are discussed based upon the newly issued *Technical Code for Groundwater Lowering Engineering in Building and Municipal* (JGJ/C111-98). Several rules currently used are demonstrated unreasonable. And a correct calculation method is presented.

Key words: dewatering engineering; vacuum point well; groundwater