

# 回灌技术在控制地下水位中的应用

周理武<sup>1</sup>, 宋建锋<sup>2</sup>

(1. 丽水市道桥工程公司, 浙江丽水 323000; 2. 杭州市市政工程集团有限公司, 浙江杭州 310014)

**摘要:**回灌技术在石油开采以及控制地面沉降、防止引起防洪措施失效的应用实践表明,该技术经济效益好、施工简便,尤其对控制因地面沉降引起的防洪措施失效,有较好的效果。但目前在该技术的应用过程中缺乏设计依据,该文对回灌技术进行了分析、总结,给出了注水井群及抽水井群共同工作时的混合井群浸润线的求解方法,以及工程使用回灌技术求解抽水量和注水量、注水井深度确定方法和施工注意事项等,对工程实践具有一定的指导意义。

**关键词:**地下水位;回灌;井群;浸润线

**中图分类号:**TV679.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2006)04-0047-02

## 1 概述

往地下注水以提高地下水位,从而达到控制地面因抽水引起沉降,及因地下水位沉降引起的海水倒流等问题,有较多的工程实践。特别是近年北方地区由于大量抽取地下水,致使地面沉降严重,许多防洪措施因沉降而失效,采用回灌技术加以控制,虽然控制了地面的沉降速度,但已经沉降的地层即使注水使水位提高,地面也无法恢复。故对地下水位的控制显得尤为重要,该文以基坑工程中的降水、注水为对象,并根据相关文献提出了水位控制的方法,以供参考。

## 2 回灌技术原理

基坑工程回灌技术的工作原理是:在抽水井和被保护建筑物之间设一排注水井,并在抽水的同时通过注水井向地下注水,这样在原有建筑物处,一方面由于抽取地下水使其水位下降;另一方面,通过回灌技术又会使其地下水位上升。二者共同作用的效果,使基坑周围被保护地域保持实际地下水位不变,或变化在允许范围内。

一般采用的回灌形式有砂沟回灌和井点回灌,在施工中井点回灌采用较多,回灌技术原理决定了该方法只能用于渗透性较好的土层中。回灌系统的设计内容主要包括:回灌井点的深度布置、平面布置、回灌水量以及回灌水箱水位设计等。该方法与控制地下水位采用的理论方法完全一致。

## 3 理论计算分析

### 3.1 数值计算

根据文献<sup>[4]</sup>,潜水完整井群,或是潜水非完整

井群,均应符合下式:

$$z^2 = z_{\text{井群}}^2 + z_{\text{井群}}'^2 - H^2 \quad (1)$$

$z$ : 抽水井群和注水井群共同工作时潜水渗流区域中任意一点的水头值(m)。

$z_{\text{井群}}$ : 抽水井群独立工作时,与 $h$ 点对应的水头(m)。

$z_{\text{井群}}'$ : 注水井群独立工作时,与 $h$ 点对应的水头(m)。

$H$ : 含水层厚度(m)。

### 3.2 解析

(1) 潜水完整井

对潜水完整井的情况,抽水和注水按下式计算即可:

$$\text{抽水井群: } z_{\text{井群}}^2 = H^2 - \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{\pi k} \ln \frac{R_i}{r_i} \quad (2)$$

$$\text{注水井群: } z_{\text{井群}}'^2 = H^2 + \sum_{j=1}^m \frac{Q_j'}{\pi k} \ln \frac{R_j'}{r_j'} \quad (4)$$

(2) 潜水非完整井

对潜水非完整井,抽水井涌水量计算公式很多,但计算非完整抽水井周围浸润线的方法尚未找到,该文采用镜像原理和势能叠加原理,结合数值计算,得出了非完整井浸润线计算的公式。

$$\text{潜水抽水井群: } z_{\text{井群}}^2 = H^2 - \sum_{i=1}^n \alpha_i \frac{HQ_i}{\pi k L_i} A_i \quad (5)$$

$$\text{潜水注水井群: } z_{\text{井群}}'^2 = H^2 + \sum_{i=1}^n \alpha_i \frac{HQ_i'}{\pi k L_i'} A_i' \quad (6)$$

其中:  $A_i = \text{Arsh} \frac{H+z_2^i}{r_i} - \text{Arsh} \frac{H+z_1^i}{r_i} - \text{Arsh} \frac{H-z_2^i}{r_i} + \text{Arsh} \frac{H-z_1^i}{r_i}$

$$A_i' = \text{Arsh} \frac{H+z_2^{i'}}{r_i'} - \text{Arsh} \frac{H+z_1^{i'}}{r_i'} - \text{Arsh} \frac{H-z_2^{i'}}{r_i'} + \text{Arsh} \frac{H-z_1^{i'}}{r_i'}$$

$$\alpha_i = \begin{cases} 1 + \frac{1.25}{\sqrt{\frac{1.5H-r_i}{R}}} - \left(\frac{r_i}{R}\right)^3 & r < 1.5H; \\ 1 - \left(\frac{r_i}{R}\right)^3 & r \geq 1.5H \end{cases}$$

收稿日期:2006-06-05

作者简介:周理武(1966-),男,浙江丽水人,工程师,主要从事路桥施工管理工作。

其他变量意义见下图:

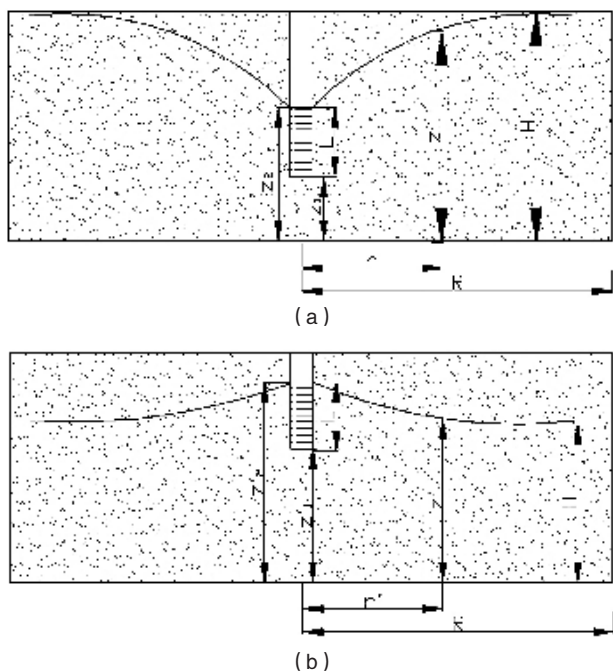


图1 计算变量示意图

#### 4 工程应用方法

由于目前对该方法的研究甚少,一直没有统一的计算设计方法,给工程的实际应用带来了很大的不便,根据上面的分析,在基坑工程中一般可以按以下方法进行<sup>[4]</sup>:

(1)根据降水要求(基坑降水要求)求出抽水量(不考虑回灌情况),由此可以得出任意点的水头值 $z$ 。

(2)根据式(1)可以求得满足任一需要保护点的水头符合设计要求时的 $z'$ ,从而可以根据式(2)或式(6),计算出注水量 $Q'$ 。

(3)以抽水量为未知量,注水量为已知量,利用式(1)计算出在满足最低点水头值(基坑内部)情况下的抽水量,此时的抽水量一定大于第一步所求出的抽水量,再转到第二步继续计算,经过几次计算,可以求出在满足要求的水位最低点、最高点的水头值情况下的抽水量和注水量。

#### 5 注水井深度的确定

抽水井深度的确定,可以根据实际工程的需要,结合现有的理论方法,可计算得出合理的结果,由于注水井在基坑工程中应用较少,研究不多,所以目前基本靠经验确定,注水井和抽水井(群)共同工作后,其效果一般认为与注水井的深度有关,对不变的抽水量,注水井深度的变化对浸润面的变化影响很小。

根据达西公式:

$$Q = kjA, j = \frac{\Delta h}{\Delta l}。$$

若要保持注水量不变,则只需 $jA$ 保持不变,只要注水井上端在浸润面以下,可以认为 $A$ 是不变的,所以只要 $j$ 不变即可。由上式可以看出,随着井深度减小, $\Delta l$ 变小,所以, $\Delta h$ 也要减小才能保持 $j$ 不变,即注水井内的水头值要减小,显然这更便于施工。因此,在确定注水井深度时,应考虑经济和施工难度问题,宜浅不宜深。

注水目的是为了减小水位的下降,从而减小地面的下沉,一般认为水位下降引起的地面沉降的可分为3部分:弹性变形、弹塑性过渡、塑性变形。弹性变形是由于土颗粒本身的弹性变化引起的,由于水位下降,有效应力增加,表现出弹性性质,其只占总沉降量的很小一部分,沉降量主要组成部分是塑性变形,其表现为水位下降后,随着有效应力的增加,土颗粒之间的组合重新排列,更趋紧密,造成地面下沉。当地面下降后,再注水,水位一般可以恢复到原水位,而土颗粒不可能再恢复到初始状态,因此地面无法恢复到原来的水平,所恢复的只是土的弹性部分,效果很不明显,所以要保持基坑外围保护区的水位始终不能低于要求的最低水位,一般浸润面能够淹没井过滤器的上端即可,但是考虑到安全因素,注水井过滤器顶部应在浸润面以下0.5~1 m。

#### 6 施工注意事项

(1)回灌井点系统由水源、流量计、水箱、总管、支管回灌井点等组成,总管、回灌井沟的构成和施工方法与轻型井点相同。由于井点深度较大,沉设井灌时宜用套管式冲枪水冲法,若用水冲法沉设,则必须经过试验,达到设计要求,方可采用,孔深应比滤管底深0.5 m。每根井灌沉设后,应检验渗水性能,在填粗砂滤料时,管口应有泥浆冒出,管口注水后,管内水位下沉。

(2)井点系统安装完毕后,必须试灌,检查井点系统质量,发现有“死井”和漏气现象应补救处理。保证正常运转使用。回灌水必须用清洁水,禁止用浑浊水,可以采用降水井点管抽水的水,但必须采取过虑措施,以防回灌井管堵塞、失效。回灌水量应根据观测井的水位变化情况调节,使水位控制在要求的标高。

#### 7 结论

该文通过对回灌技术在工程中的应用的研究,

# 玻璃钢复合材料应用于道路护栏的可行性研究

计国庆

(上海斯雄复合材料有限公司 上海市 200231)

**摘 要:**玻璃钢是国外于 20 世纪初开发的一种新型复合材料,发展快、应用广、工艺档次高,具有强大的生命力。该文介绍了世界玻璃钢行业现状及其发展趋势,并阐述了城市道路玻璃钢护栏研制背景以及玻璃钢护栏的结构形式和施工工艺。强调以玻璃钢材质取代铸铁材质,符合“环境资源型、友好节约型”城市建设目标的实现。  
**关键词:**玻璃钢;护栏;环保;资源  
**中图分类号:**TQ171 **文献标识码:**B **文章编号:**1009-7716(2006)04-0049-02

## 1 玻璃钢行业现状

历经上世纪 90 年代与“十五”计划,我国玻璃钢行业在生产技术、产品种类、生产规模等方面迈过了由小到大的台阶,产量已先后超过德国、日本而居世界第二位,现已接近居世界首位的美国。我国 2004 年玻璃钢年产量已达 174 t, 接近美国历史上最高的一年(2001 年 177 t)。尽管玻璃钢具有明显的优点,已有 30 000 多种不同产品,产品涉及航空航天、船艇、汽车、风能、建筑、电气电子和民用器具等领域,但它目前仅占全球材料总用量的(包括钢、铝、木材、塑料等)的微小部分(0.2%)。然而,随着玻璃钢用途的不断扩大,相信每年新增的产品将越来越多。

### 1.1 生产工艺分类

玻璃钢各类成型工艺产品情况见表 1。

表 1 玻璃钢各类成型工艺产品比例				
工艺分类	中国	日本	欧洲	美国
手糊	40	30	35	48
缠绕	30	7	13	7
SMC/BMC	14	54	26	31
拉挤	9			
连续成型	4	5	7	14
RTM			9	
其他	3	4	9	
合计	100	100	100	100

收稿日期:2006-06-10  
作者简介:计国庆(1960-),男,上海人,高级工程师,从事玻璃钢产业研究工作。



给出了正确的抽水井群和注水井群共同工作时浸润线、抽水量、注水量的计算方法,并给出了完整抽水井群、注水井群共同工作时的浸润线以及抽水量和注水量的计算公式,具有较强的操作性,结合实际工程给出了施工注意事项等,对工程实践有很大的参考价值。

## 1.2 世界 FRP 行业现状及发展趋势

### (1)现状

全球目前 FRP 年产量 700 t,从业人员 45 万,年产值 415 亿欧元。其生产能力及市场分布情况见表 2。

表 2 生产能力与市场分布	
地区	比例
北美	32 %
亚太地区	35 %
欧洲	30 %
其他地区	3 %

### (2)发展趋势

见表 3、表 4。

表 3 全球 4 个领域 FRP 制品增长最快	
领域	增长率
风能	20 %
航空航天	9 %
汽车	7 %
船艇	7 %

表 4 全球占 FRP 用量 72%之多的 4 大市场	
市场	用量
汽车	23 %
建筑与公共工程	21 %
航空	17 %
运动器材	11 %

## 2 玻璃钢护栏

### 2.1 城市道路玻璃钢护栏研制背景

**参考文献**  
[1] 俞建霖,龚晓南.基坑工程地下水回灌系统的设计与应用技术研究.[J].建筑结构学报,2001,22(5):70-74  
[2] 薛禹群.地下水动力学.[M].北京:地质出版社,1987  
[3] 曾庆军,龚晓南.深基坑降排水-注水系统优化设计理论.[J].土木工程学报,2001,34(2):74-78  
[4] 毛根海,宋建锋等.回灌技术在基坑工程中的研究与应用.[J].浙江大学学报,2005(2)