

# 管井降水技术在细砂层中的应用效果研究

林凤英, 蔡志鹏, 许 繁, 雷连发, 林乙真

(中建四局建设发展有限公司, 福建 厦门 361000)

**摘 要** 管井降水广泛应用于各类基坑(槽)降水中,在地下水位高、深基槽开挖、整个降水深度范围内均为细砂层的应用过程中,如果降水井设计不合理、泥浆制备质量差、施工工艺不正确等,将影响管井制作成功和降水效果。本文主要通过降水井设计、防塌孔措施、施工过程控制要点等方面阐述了管井降水技术在细砂层中的应用,得出管井适用于细砂层地质中的降水以及为保证管井实施成功需要着重在泥浆、护筒、清孔换浆、洗井等方面进行控制的结论,以期为相关人员提供借鉴。

**关键词** 管井降水; 细砂层; 降水井设计; 防塌孔措施

中图分类号: TU753

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.06.013

## 0 引言

地下水抽取在我国具有十分悠久的历史,如闻名世界的新疆坎儿井,在汉武帝时期司马迁的《史记》中便有记载,通过“打井取水”的方式获得人畜饮用水及灌溉田地,而如今的管井降水技术便是在此基础上建立起来的,不同的是“打井取水”是为了利用地下水,而管井降水是为了避开地下水,以便开展工程施工。

管井降水具有井距大、井独立作业、设备和造价低、施工的工艺简单等优点,其适用于粉土、砂土、碎石土、岩石等地质,适用于含水层深、渗透系数大的深基坑(槽)工程,特别值得一提的是,其降水深度不受限制。本文依托次四路及相交联络支路道路工程,从降水井设计、施工要求等方面入手,研究管井降水技术在细砂层中的应用。

## 1 工程概况

### 1.1 工程简介

次四路及相交联络支路道路工程位于漳州古雷港,包含一条次干路和两条支路,总长 2.913 km,具体见表 1。

主要建设内容包括:道路工程、交通工程及沿线设施、给水工程、雨水工程、电力工程、通信工程、

照明工程、景观绿化工程等。

### 1.2 地质概况

1. 工程地质概况。根据本次勘察钻探揭示,场地内共分布有 11 个工程地质单元和一个透镜体亚层。结合本工程雨水管道基槽开挖标高,降水井均穿越耕土层,到达细砂 I 层,这两层的工程地质特性自上而下分别为:

(1) 耕土(Qm1): 灰黄、灰褐色,稍湿~很湿,松散状为主(密实度不均匀),成份以细砂及粘性土为主,细砂矿物成份以石英为主,呈次棱角状,含大量植物根系,个别钻孔变相为素填土层,归并本层。本层在沿线工程场地内均有分布,厚度为 0.60~1.20 m。工程地质性能差。

(2) 细砂 I(Q4 eol+mc): 风积和海陆交互相沉积形成。灰白色及灰黄色等,饱和,稍密~中密,颗粒组成以粉细砂为主,中粗砂次之。分选性较差,小于 0.075 mm 的颗粒含量约为 5.00~14.10%,矿物成份以石英为主,长石次之,颗粒呈棱角状。层厚为 4.10~11.00 m,平均为 8.25 m,层顶埋深 0.60~1.20 m,层顶标高 5.44~10.82 m,工程地质性能一般。

2. 水文地质概况。场地内地下水主要类型为孔隙潜

表 1 道路概况

路名	道路长度(km)	道路等级	红线宽度	车道
次四路	1.664	次干路	20	双向四车道
联悦气体与中碳连接线	0.428	支路	15	双向两车道
维德福与中试基地连接线	0.821	支路	13	双向两车道

水、孔隙承压水。孔隙潜水主要赋存于耕土、细砂 I、细砂 II 层中,属强透水层,富水性好,水量丰富,其补给来源主要为同一层的侧向补给及大气降水补给;孔隙承压水主要含水层为细砂 III 及粗砂层,属强透水层,富水性好,水量丰富,其补给来源主要为同一层的侧向补给及大气降水补给;淤泥、粉质粘土及(II)残积粘性土层为相对隔水层。

孔隙潜水水位埋深为 1.00~7.10 m(标高 4.13~4.54 m);测得孔隙承压水(第一层)埋深为 7.50~14.30 m(标高 0.32~-9.17 m);测得孔隙承压水(第二层)埋深为 14.80~23.60 m(标高 -6.98~18.47 m)。

工程场地内钻孔地下水初见水位为 1.20~7.10 m(标高 3.93~4.47 m);测得工程场地内钻孔地下水混合静止水位为 1.00~7.10 m(标高 4.13~4.67 m)。

## 2 降水方案设计

结合本工程需降水位置的土质情况、渗透系数、降水深度等,本工程选用管井降水降低地下水位。

### 2.1 基槽涌水量计算

$$Q = \frac{kL(H^2 - h^2)}{R}$$

$$R = 2S\sqrt{kH}$$

式中:

K 为含水层的渗透系数,1.1 m/d; L 为基坑长度,分段按 200 m; H 为潜水含水层厚度,10 m; h 为基坑动水位至含水层底板的距离,5 m; R 为引用影响半径; S 为地下水降深,1.7 m。计算得涌水量  $Q=1\ 463.22\ \text{m}^3/\text{d}$ 。

### 2.2 单井出水能力

$$q = 120\pi r l^3 \sqrt{k}$$

式中: r 为过滤器半径,取 0.15 m; l 为过滤器进水部分长度,1.7 m。计算得单井出水能力  $q=99.24\ \text{m}^3/\text{d}$ 。

### 2.3 降水井数量

$$n = \lambda Q/q$$

式中:  $\lambda$  为调整系数,本工程基槽安全等级为 II 级,取 1.1。计算得降水井数量 =16.2 个,考虑富余,按 17 个设计。所以管井间距 =  $200 \div (17-1) = 12.5\ \text{m}$ 。

### 2.4 降水井深度

$$H_w = H_{w1} + H_{w2} + H_{w3} + H_{w4} + H_{w5} + H_{w6}$$

式中:

$H_{w1}$  为基底深度,取 3.0 m;  $H_{w2}$  为降水水位距离基槽底要求的深度,取 0.5 m;  $H_{w3}$  为水力坡度作用于基坑中心所需增加的深度,其等于  $R_0$  (降水井分布范围的等效半径或降水井排间距的 1/2) 与  $i$  (水力坡

度,在降水井分布范围宜为 1/10~1/15) 的乘积,取 0.63 m;  $H_{w4}$  为降水期间的地下水位变幅,取 0.5 m;  $H_{w5}$  为降水井过滤器工作长度,取 1.7 m;  $H_{w6}$  为沉砂管长度,取 1 m。计算得降水井深度 =7.33 m。

## 3 防塌孔措施

降水井施工成功与否,钻孔成功、保证不塌孔是关键一环,特别是本工程地质情况:降水井深度范围内均为细砂地质、地下水位高,易发生塌孔。

钻孔过程中是否塌孔,主要取决于采取的施工方法和土层的物理力学性质是否配套。可以通过泥浆护壁、钢护筒埋设等方式防治塌孔<sup>[1]</sup>。

在钻孔过程中,考虑到细砂地质容易塌孔,还应当采用快速钻进的方式,钻孔完成后及时放入管道等,减少孔道暴露时间,从而降低塌孔、缩孔的概率。

### 3.1 泥浆护壁

在钻孔过程中,为了防止塌孔和缩径,最常用的方式就是泥浆护壁,即在钻孔过程中,将有一定稠度的泥浆灌入孔内,并保持一定的高度,如此就可加大孔内的径向压力,抵消掉钻孔孔边最大剪切应力,从而保证孔体的稳定,不发生塌孔和缩径。

1. 钻孔方法选择。管井钻孔的施工方法主要有正循环钻孔和反循环钻孔。正循环成孔适用于粘性土、粉土和细砂等土质条件,尤其适合直径较小且中等深度钻孔,在地质条件均匀、无大颗粒物质或坚硬岩石的地层中成孔效率高,能够提供高效的钻孔速度和良好的经济效益。反循环钻进成孔适用于填土、淤泥、粘土、粉土、砾石、卵石或岩石层等复杂地质条件,大直径孔需要更高效排渣能力且承载力要求较高的情况<sup>[2]</sup>。本工程土质为细砂,易发生塌孔,同时因为降水井为临时措施,对孔底清渣、成孔曲线是否平滑等要求不高,综合考虑,钻孔方法选用正循环。

2. 泥浆性能。泥浆的性能应与选用的钻孔方法、地质情况等相适应。在泥浆制备前,查看施工技术规范 JTG/T 3650—2020,结合本工程所选用的钻孔方法和地质情况,在钻孔过程中需随时对泥浆性能进行检测,发现偏离超过允许值时,及时进行调整<sup>[3]</sup>。

### 3.2 钢护筒埋设

在细砂层这种易塌地质条件下,除采用浓稠泥浆护壁外,还应采用钢护筒。钢护筒可以固定管井井位,保护孔口,防止地面水流入孔内,同时可以增加孔内水压力,防止发生塌孔。成孔时护筒还可引导钻头方向,保证成孔的垂直度,使孔内受力分布均匀。

护筒内径比钻孔直径大 50 ~ 100 mm, 本工程因为孔径小、降水井为临时构筑物, 因此取小值 50 mm; 因为钻孔深度不深, 护筒长度取 2 m, 埋深 1.7 m, 顶部高出地面 0.3 m。在护筒上口设进水口, 管外应用粘性土填实封严, 防止施工时管外返浆。必须使护筒平整安放, 护筒中心和降水井中心点同位。

## 4 施工过程控制要点

### 4.1 清孔换浆

下滤水管之前, 清孔换浆是保证成井质量的一道极为关键的工序, 为了保证孔壁在含水层部位泥皮不过厚, 在钻孔达到设计高程位置后, 将钻头提升至距孔底 20 ~ 30 cm 处继续旋转, 同时将泥浆密度逐渐调整到 1.05 左右, 以便将浮渣和密度不符合要求的泥浆置换出去, 从而达到清孔的目的, 此步骤以返出的泥浆不含泥块为合格。第一次清孔换浆直接影响到成井的质量, 处理不好将导致成孔失败或降水效果不佳, 因此施工时, 清孔换浆工作必须达到规定要求且经检验合格后, 方可进行下一工序作业<sup>[4]</sup>。

### 4.2 洗井

因为细砂层中细砂不稳固, 受到扰动容易导致细砂随水流流动, 堵塞填砂滤料, 导致降水效果不佳, 因此洗井采用微扰动洗井工艺。

微扰动洗井的原理是, 地下水流场是层流的条件, 在固定位置用低流量(抽水速度不超过该位置的补水速度)抽水时, 该位置抽出的水都将由该层位的新鲜水进行补充, 实现抽补平衡。

具体操作方法是使用连续抽水装置, 放置在管井中进行低流量抽水, 通过抽水的方式把井底的泥带出井外, 循环往复, 直至把井底部的脏水抽干净, 有清澈的水流出, 洗井合格<sup>[5]</sup>。

## 5 地下水位监测

从降水开始, 现场安排专人通过水位观测井对地下水位进行观测并做相关记录, 根据记录制作水位记录表, 如表 2 所示。

根据水位记录表可知, 从开始降水到水位降至基坑底以下 0.5 m, 共需 6 天。降水速率在首日达到 0.5 m/d

表 2 水位记录表

日期	6.10	6.11	6.12	6.13	6.14	6.15	6.16	6.17	6.18	6.19	6.20
水位距基坑顶距离(m)	1.8	2.3	2.65	2.95	3.2	3.4	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
降水速率(m/d)	/	0.5	0.5	0.3	0.25	0.2	0.1	0	0	0	0

d, 后续每日降水速率逐渐减小, 在第六天降水速率降低至 0.1 m/d, 后续趋于稳定。

## 6 结论

经实践证明, 管井降水技术在细砂层中应用效果明显, 且其成本低。但因为深度范围内均为细砂层, 属于易塌地质, 在施工中需注意以下事项: (1) 对泥浆性能控制应严格, 泥浆宜浓稠, 以保证其护壁效果。

(2) 应设置护筒, 保护孔口不在荷载作用下发生塌陷而导致钻孔失败。(3) 管井的布置除经理论计算外, 还应当进行试验, 保证降水效果达到要求<sup>[6]</sup>。

管井降水的应用, 使基槽底部处于干燥状态, 便于下一步工序的实施。经检验, 从管井中抽出的水水质良好, 可以用作施工用水, 如防尘喷雾、洗车槽等, 节约了施工成本。而且管井降低地下水位, 使钢板桩支护受力减小, 从而使施工更加安全。采用管井降水取得了预期的效果。在抽水期间, 台风“格兰”带来暴雨, 在此情况下使用管井降水, 加之细砂层的强渗

透性, 甚至能保证沟槽底部不发生积水, 更体现了管井在细砂层中具有的优势。

## 参考文献:

- [1] 毛建伟. 管井井点降水在粉土质砂地层高水位深基坑施工中的应用[J]. 西部探矿工程, 2019(11):21-24.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部 JGJ111-2016. 建筑与市政工程地下水控制技术规程[S]. 2016-09-05.
- [3] 中华人民共和国交通运输部 JTG/T3650-2020. 公路桥涵施工技术规程[S]. 2020-06-30.
- [4] 牛浩蕴. 饱和富水砂层管井降水施工管理要点[J]. 珠江水运, 2023(12):40-43.
- [5] 董鲁强. 地铁车站工程富水砂层深基坑管井降水施工技术[J]. 工程机械与维修, 2014(05):114-116.
- [6] 李雄凯. 红海地区巨厚粉细砂层基坑管井降水案例分析[J]. 中国水运, 2021(04):147-150.