

# 大口径管井降水在北京地铁施工中的应用

马 健 冯科明

(北京城建勘测设计研究院有限责任公司, 北京, 100101)

**【摘要】**大口径管井降水方法是应用较为广泛的、成熟的地下水控制措施。但因施工准入门槛低,在土建施工造价中所占比重较小,往往得不到重视,常出现边坡失稳、底板隆起等重大损失。基于抽水试验成果完成方案设计,抓准施工质量关键点是实现良好降水效果的必要条件。

**【关键词】** 地铁;管井降水;抽水试验;质量控制

**【中图分类号】** TU 463

**【文献标识码】** A

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2012.04.011

## Application of Large Diameter Tube Well Dewatering in Subway Construction

Ma Jian Feng Keming

(BEIJING URBAN CONSTRUCTION EXPLORATION & SURVEYING

DESIGN RESEARCH INSTITUTE CO. LTD, Beijing 100101, China)

**【Abstract】** As one of groundwater control measures, the larger diameter tube well dewatering is applied widely and maturely. Because of the low criteria of construction admittance, and the little proportion in the construction cost, quality control is often ignored. It causes slope instability and bottom plate uplift frequently. It's necessary to design based on hydrological parameters from pumping test, control construction quality strictly for achieving satisfied effect.

**【Key words】** Subway; Tube Well Dewatering; Pumping Test; Quality Control

### 0 引言

北京正处在地铁建设的高峰期,如何更好地解决地下水问题是确保地铁隧道及车站基坑开挖安全的关键因素。在地铁建设中,井点降水方法最为常见,有轻型井点、喷射井点、电渗井点、自渗井点、管井井点、水平井点等。

针对北京地区的水文地质特点,以及积累的大量工程经验,管井降水方法以其施工工艺简单、工期短、经济成本低等优点在地铁工程建设中得到了广泛应用。地铁施工降水效果总体尚可,但局部地段降水效果不太理想。分析原因,笔者认为,一是施工设计参数太依赖于经验,缺少对拟建场地水文地质参数的准确把握;另一方面,管井施工过程质量控制不严,抓不准技术质量控制点。本文基于地铁施工降水的一些设计及施工经验,总结出笔者对于北京地铁施工降水设计及管井施工质量控制的一些心得体会。

### 1 北京地铁施工中管井降水方法的应用

美、欧、日、和原苏联等国按地下水从含水层排出的原则把降水分为重力法降水、真空法降水、电渗

法降水,或简化为重力法降水和强制法降水<sup>[1]</sup>。降水方法的选择要综合考虑诸多因素,但含水层特征无疑是最主要的。管井降水是重力法降水的一种,其适用范围较广,含水层类别包括粉土、砂土、碎石土、可溶岩、破碎带,渗透系数从 1~200 m/d<sup>[2]</sup>。

管井降水就是沿基坑外侧按一定距离设置井管,在井管内安装水泵抽排地下水来降低水位至要求标高以下。由于管井结构在深度上仅受施工机械和水泵提升能力所限,因此理论上对管井降水的深度没有限制。

管井井管一般采用钢管、加筋混凝土管、无砂混凝土管、PVC 管、钢筋骨架缠丝管等。混凝土管以其成本低、安装简单、不回收等优点而得到广泛使用。

国内管井常用抽水设备有两种:一种是轴式深井泵,而另一种是深井潜水泵。最常用的是国产 JD 型深水泵,其抽水量为 10~490 m<sup>3</sup>/h,扬程为 30~92 m。国产潜水泵有 QS、QJ 型等,扬程可达 24~180 m,流量为 8~600 m<sup>3</sup>/h。深水泵的安装调试比潜水泵复杂,故障出现率高,因而施工中一般采用潜水泵。

## 2 基于抽水试验成果的管井降水设计

相关规范中详细列出了施工降水的设计计算方法及公式<sup>[2-4]</sup>,然而降水设计参数的计算取值往往过度依赖于经验。例如,北京地区砂卵石层渗透系数经验取值仅为 80 m/d<sup>[5]</sup>,而抽水试验结果显示北京西部地区的砂卵石含水层渗透系数均大于 100 m/d,部分地区达到 300 m/d。因此,有必要进行拟建场地的抽水试验实测相关水文地质参数。

常规的单井抽水试验一般设置一眼试验主井抽水,同时在一定范围内设置观测井。记录抽水过程中流量、降深等数据,再利用成熟的公式计算有关水文地质参数<sup>[5]</sup>。该方法选择在施工工点场地周边,试验成果更接近于现场实际水文地质条件。下面以北京地铁亦庄线次渠南站抽水试验及降水设计为例介绍下抽水试验方法及成果应用情况。

### 2.1 试验场地工程概况及水文地质条件

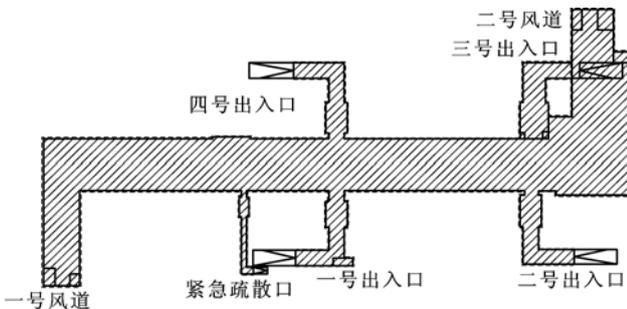


图 1 车站结构平面示意图

试验场地选择在北京地铁亦庄线,线路位于北京市区东南部,穿越亦庄区和通州区。图 1 中阴影部分为车站轮廓,主体基坑长 208.00 m,宽 20.00 m,埋深约为 14.70 m。车站场区勘探深度范围内地层主要为粉土填土层、杂填土层、粉土层、粉质粘土层、细中砂层、粉细砂层(见图 2)。

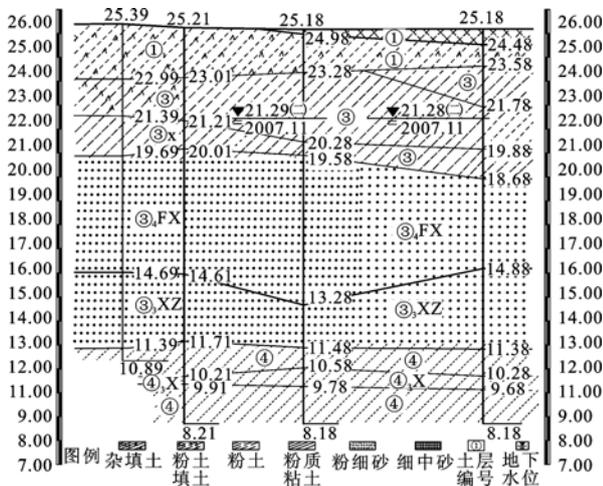


图 2 车站典型地质剖面示意图

影响基坑开挖的地下水主要为潜水(二)层,该含水层岩性为粉土③层、细中砂③<sub>3</sub>层、粉细砂③<sub>4</sub>层,含水层厚度 9.92 m,水位平均标高为 21.41 m。相对隔水底板为粉质粘土④层。该层水透水性好,主要接受大气降水及侧向径流补给,以蒸发、侧向径流、向下越流补给的方式排泄。抽水试验的目标含水层选择为潜水(二)层。

### 2.2 抽水试验

抽水试验布置了潜水完整井 1 眼、观测井 3 眼,观测井与抽水井沿同一直线布置在东西向,平行于地下水流动的方向<sup>[5]</sup>。抽水管井井身结构见图 3,观测井井身结构与抽水井类似,但成孔直径减小为 130 mm,井管直径为 73 mm。试验抽水设备选用 QJ10-30-1.5 型潜水泵,共进行了三个降深的定流量稳定流抽水试验。

依据抽水试验成果对水文地质参数进行了

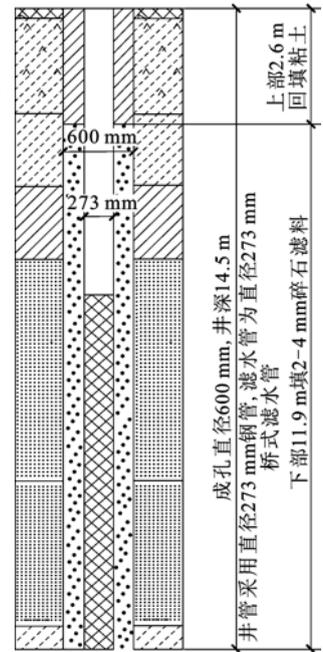


图 3 试验管井井身结构

表 1 抽水试验成果表

水文地质参数	第一落程	第二落程	第三落程
降深/m	1.65	4.93	8.72
流量/(m <sup>3</sup> d <sup>-1</sup> )	24.0	38.4	50.4
渗透系数 $\bar{K}$ /(md <sup>-1</sup> )	9.4	8.0	7.8
影响半径 $\bar{R}$ /m	62.8	82.6	70.5

依据试验结果,影响基坑开挖的潜水(二)混合含水层渗透系数为 7.8~9.4 m/d,影响半径为 62.8~82.6 m。参照规范公式,分别选取试验成果和经验取值进行施工降水设计参数计算,计算结果见表 2。

通过表 2 可以看出,按照抽水试验结果计算的井间距比较符合实际,且北京成功的降水实例接近此布井间距,而依据经验取值计算结果,井间距增大了近一倍,结合北京地区管井降水经验,该井间距无法取得有效的降水效果。

表2 施工降水设计参数对比

取值方法	渗透系数/( $\text{md}^{-1}$ )	影响半径/m	基坑涌水量/( $\text{m}^3\text{d}^{-1}$ )	单井出水量/( $\text{m}^3\text{d}^{-1}$ )	井间距/m
按试验成果	9.4	82.6	2329.34	50.4	8.0
按经验取值	6.1	154.3	809.19	36.0	17.0

注:《建筑基坑支护技术规程》(DB11/489—2007)中规定,单井出水量可按  $36\sim 60\text{ m}^3\text{d}^{-1}$  确定<sup>[4]</sup>。

### 3 管井降水施工质量控制关键点

#### 3.1 成井质量控制

管井施工工艺流程如下:成孔——清孔替浆——安装井管——填砾料——洗井(补滤料)——下潜水泵试抽——填粘土密封——连接抽水、用电管路——排水管路检查——抽水运行。施工过程中质量控制关键点有以下几个方面。

##### 1) 成孔

成孔环节是整个降水工程成败的关键环节,也是施工过程中质量控制最难的环节,成孔工法、成孔孔径、成孔深度、孔底沉渣等质量验收要点制约着最终的降水效果。

根据地层条件可选用冲击钻、回转钻钻进,有条件时宜采用泵吸反循环钻井法<sup>[6]</sup>。然而在实际施工过程中,选取泥浆护壁工艺,因处理不当造成含水层堵塞,单井出水量不满足设计要求的情况屡见不鲜。应优先选择泵吸反循环成孔工艺,至设计孔深时不提钻注清水替浆,将孔内泥浆比重稀释至 1.05 后立即下管<sup>[6]</sup>。

成孔直径与选用井管有密切的关系,规范中规定管井井管外径不宜小于  $200\text{ mm}$ <sup>[2][4]</sup>。北京管井施工中常用外径  $400\text{ mm}$  的无砂混凝土井管,因此成孔直径一般设计为  $600\text{ mm}$ ,形成的  $200\text{ mm}$  的环状反滤层可有效阻隔细颗粒流失(见图 4)。施工过程中为确保成孔直径,应严格控制钻头直径不小于  $580\text{ mm}$ 。

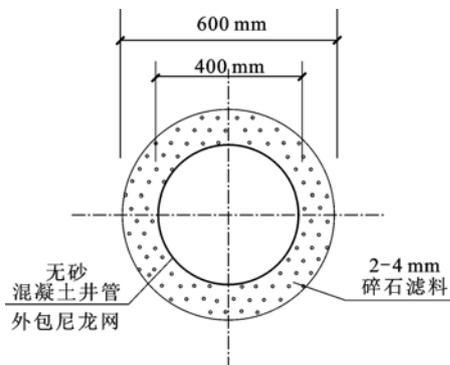


图4 井身横断面图

成孔深度宜大于设计深度  $0.5\sim 1.0\text{ m}$  左右,

并进行充分返浆清孔,减小孔底沉渣厚度。

##### 2) 安装井管

井管下放过程中不居中,造成管井一侧反滤层厚度过小,甚至出现井管完全紧贴孔壁造成管井过水断面减小,影响单井出水量。为确保安装井管垂直居中,首先井口架要摆放居中、稳定。施工中常用钢丝绳穿过管靴底部,通过松放钢丝绳逐节下放井管,因此,两侧钢丝绳松放速率应一致,必要时应在井管中下部设置保护定位装置。安装上节井管时,下节井管必须高出孔口不小于  $40\text{ cm}$ ,通过量测监控井管垂直度 $\leq 1\%$ <sup>[6]</sup>。

##### 3) 包网、填滤料

施工降水势必会引起场地周边地表沉降,这主要是由两方面原因造成。一方面,地下水位下降引起土层有效应力增加,发生土体固结变形引起地表沉降;另一方面,抽水过程中,地层内的细颗粒被大量抽出引起土层变形,造成地表沉降。地下水位变化引起的土体固结变形是个长期的过程,而施工降水过程较为短暂,一般地铁车站基坑降水运行周期为  $8\sim 10$  个月,甚至更短。因此,这个过程引起固结变形沉降量很小。

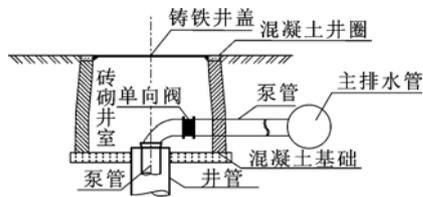
施工过程中,透水滤料粒径较大,包网不符合要求等原因造成管井出水携带细颗粒问题极为严重。根据北京地区施工经验,建议滤料选用  $2\sim 4\text{ mm}$  (粉土、砂层)或  $5\sim 7\text{ mm}$  粒径(圆砾、卵石层)的豆石滤料,遇粉砂地层可以在豆石滤料中掺加一定量的中粗砂,增加过滤效果。

#### 3.2 管井保护

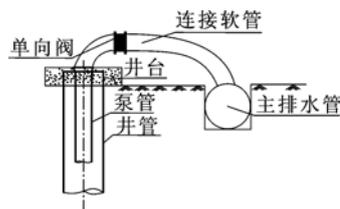
地铁施工场地多位于城市交通、建筑、道路密集区,施工场地多数较为狭窄。而在有限的场地内容纳了护坡施工、土方施工、结构施工等多个专业,井口、排水及配电系统极易遭到破坏。

两种基本的井口设置形式,即暗埋(a)与明设(b)两种(见图 5)。暗埋式的井口须砌筑具有一定强度的地下井室,上口覆盖铸铁井盖。明设方式须在井口砌筑一定强度的混凝土井台,并喷涂明显标识,井口覆盖硬质井盖。排水主管、配电线路也可采取暗埋或明设的方式。暗埋法埋设深度一般不宜小

于 1.0 m, 电缆可穿硬质管材后与排水管路同槽敷设。明设形式的排水管路保护难度较大, 排水主管宜选用钢管且喷涂标识, 电缆如随排水管路一同架设, 二者之间应做绝缘处理。



(a) 暗埋式井口示意剖面图



(b) 明设式井口示意剖面图

图 5 管井井口示意图

基坑施工中锚杆成孔作业易造成管井损坏。锚杆施工前应采用吊铅锤的方法, 在基坑侧壁明显标识出管井位置, 并设专人指挥。锚杆钻进过程中注意出土情况, 一旦发现豆石滤料, 应立即停钻, 调整锚杆孔位。

地铁车站基坑端头设置盾构竖井时, 端头处沿线路纵向 6~9 m 的范围内需注浆加固, 包括锚杆施工注浆在内, 易发生浆液随地下水流入临近的

管井内造成管井损坏的情况。应在注浆时调整管井内的水泵泵型、泵量, 并不间断抽排, 直至无浆液排出为止。

#### 4 结 论

北京地区采用管井降水方法较早, 积累了丰富的施工设计经验。在地铁工程的应用过程中总结发现:

1) 基于抽水试验成果完成的降水方案设计计算更加合理、可行。

2) 成井质量和成品保护是施工过程控制的关键。

上述两点是确保管井降水实现预期效果的必要条件。

#### 参 考 文 献

- [1] 李传尧, 张峻岩. 当前基坑降水中的几个问题[J]. 城市勘测, 1997(2): 45-48.
- [2] JGJ120—1999 建筑基坑支护技术规程[S].
- [3] JGJ/T111—1998 建筑与市政降水工程技术规范[S].
- [4] DB11/489—2007 建筑基坑支护技术规程[S].
- [5] 地质矿产部水文地质工程地质技术方法研究队. 水文地质手册[M]. 北京: 地质出版社, 1978: 341-376.
- [6] QGD—013—2005 轨道交通降水工程施工质量验收标准[S].

收稿日期: 2012-04-18

(上接第 199 页)

性评价, 提供基础性的借鉴和参考; 同时, 提供的现场试验结果, 也可供其他动力计算程序校核模拟结果准确性使用, 确保进一步数值模拟研究的可靠性。

#### 参 考 文 献

- [1] LS\_DYNA keywords user's manual, Livermore software technology corporation, 2003.

- [2] 杨 军, 金乾坤. 岩石爆破理论模型及数值计算[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [3] 陆浩亮. 锚喷支护抗爆动力响应[D]. 上海: 同济大学, 1985.

收稿日期: 2012-02-28