

天津地铁10号线基坑降水相关问题研究

杨 明

中铁十四局集团有限公司天津地铁10号线6标, 天津 300000

[摘要] 开挖基坑时, 如果地下水位过高, 如不及时降低水位, 不但会使施工条件恶化, 造成土壁塌方, 亦会影响地基的承载力。严重时甚至会产生流砂现象。因此, 在土方施工中, 做好施工降水工作, 保持土体干燥是十分重要的, 同时也改善了工作条件。但降水前, 应考虑在降水影响范围内的已有建筑物和构筑物可能产生附加沉降、位移, 从而引起开裂、倾斜和倒塌, 或引起地面塌陷, 必要时应事先采取有效的防护措施。

[关键词] 工程概况; 基坑降水; 施工措施

Study on Problems Related to Foundation Pit Dewatering of Tianjin Metro Line 10

YANG Ming

Title 6 of Tianjin Metro Line 10 China Railway 14 Bureau Group Co., Ltd., Tianjin, China 300000

Abstract: If the groundwater level is too high and the water level is not lowered in time, the construction conditions will not only deteriorate, the soil wall will collapse, but also the bearing capacity of the foundation will be affected. When it is serious, it will even produce the phenomenon of quicksand. Therefore, in earthwork construction, it is very important to do a good job of construction precipitation and keep soil dry, and at the same time, it also improves the working conditions. However, before precipitation, it should be considered that existing buildings and structures in the range of precipitation may produce additional settlement and displacement, which may lead to cracking, tilt and collapse, or ground collapse, and effective protective measures should be taken in advance if necessary.

Keywords: General situation of engineering; Foundation pit dewatering; Construction measures

1 工程概况

本站有效站台中心里程右 DK17+805.000, 车站纵向由小里程向大里程为 2% 下坡。主体规模 218.0m*20.9m, 站台宽 12m, 主体结构标准段总宽度为 20.9m, 为地下双层岛式站台车站, 站中心里程处顶板规划覆土约 4.4m, 标准段底板埋深约 18.1m。车站共设 2 组风亭, 3 个出入口, 1 个预留出入口。本站主体结构及其他附属结构均采用明挖顺做法施工。

基坑围护结构所揭露的剖面图显示地面整平标高 +3.15m, 小里程端基坑底部标高 -17.075m, 即埋深为 20.225m; 基坑标准段开挖深度约为 18.3m, 下翻梁结构位置下翻梁底部埋深约为 19.2m; 基坑大里程端底板标高 -16.672m, 底板埋深 19.8m。基坑面积为 4774m²。

基坑围护结构采用地下连续墙加内支撑的支护形式, 墙厚 0.8m, 地连墙标准幅宽度为 6m, 局部根据具体情况调整, 地下连续墙接头处采用凹凸锁口管接头。基坑标准段墙长 31.5m, 沿竖向设置 4 道支撑 +1 道换撑, 两端盾构井处墙长 34.2m, 设 5 道支撑 +1 道换撑。标准段及盾构井段第一道支撑采用钢筋混凝土对撑, 主截面尺寸为 800mmx1200mm, 混凝土支撑间距 6m, 横撑采用 $\angle 800 \times 16$ mm 钢支撑, 倒撑采用 $\angle 800 \times 16$ mm 钢支撑, 间距约 3 米。

2 基坑降水目的及重点难点分析

2.1 基坑降水的目的

(1) 将基坑内水位降至基坑开挖面以下 1.0m, 降低坑内土体含水量, 方便挖掘机和工人在坑内施工作业, 有利于坑内土体的边坡稳定, 防止坑内土体滑坡。

(2) 基坑开挖过程中, 承压水满足抗承压水稳定要求, 安全系数不小于 1.05, 确保基坑开挖安全。

(3) 尽量减少由于坑内降水对周边环境的影响。

2.2 基坑降水重点难点

(1) 基坑开挖范围内存在平均厚度超过 10m 的④ 3 粉土、⑥ 3 粉土等液化土层, 该土层含水量较高, 渗透性较差, 如何降低该层土的含水量, 确保土体正常开挖, 是本工程的难点。

(2) 基坑止水帷幕隔断第一承压含水层, 未隔断第二承压含水层, 对于第二承压水的合理有效控制是工程的重点。

(3) 如何有效地发现并应对基坑围护结构对应含水层位置的渗漏, 是本工程降水控制的重点。

(4) 上部潜水埋藏较浅, 最浅仅位于地面以下 0.7m, 基坑开挖深度最深为 20.225m, 将基坑内水位降至基坑开挖面以下 1.0m, 需水位降深超过 20m, 水位降深较大, 如何保证水位降至开挖面以下, 保证基坑顺利开挖, 是本工程的重点。

2.3 基坑降水保证措施

基坑降水方案应结合地质条件以及基坑围护结构形式综合考虑。本工程降水整体思路采用坑内疏干降水方案, 坑外设置一定数量的观测井, 及时掌握坑内外水位变化情况。应对以上重点、难点具体降水措施有以下几点:

①考虑围护结构可能存在对应含水层位置渗漏对于基坑的不利影响, 基坑外侧分别设置潜水和各承压水观测井, 密切关注坑外潜水和承压水水位变化, 指导坑内降水施工。

②考虑坑内降水井保护的困难, 坑内降水井设置适当增加一定的备用井。

③降水井施工结束后, 应进行降水试验, 通过降水试验, 制定合理的后期降水运行方案。

④降水运行过程中, 密切关注坑内降水井运行状况。对坑内外各井内水位、出水量进行观测, 若发现降水井出水量及水位异常, 及时进行分析。

⑤基坑降水运行, 应结合基坑开挖分区严格执行分区降水, 分层降水, 按需降水。

⑥降水过程中加强监测, 通过监测数据及时调整基坑降水运行情况。

⑦在基坑降水过程中增加预降水时间, 且适当辅以明排措施, 达到降水效果。

3 基坑疏干降水井数量计算

(1) 地区经验面积法

为确保基坑顺利开挖, 需要降低基坑开挖深度范围内的土体含水量。

坑内疏干井数量按下式确定:

$$n=A/a \text{ 井}$$

式中: n —井数量 (口);

A —基坑需疏干面积 (m^2);

a —单井有效疏干面积 (m^2);

根据天津地区经验, 单井有效疏干面积按 250m^2 考虑, 考虑 20% 的备用井, 春海路站基坑开挖面积 4774m^2 , 经计算, 基坑内共布置 20 口降水井和 4 口备用井, 共计坑内布置 24 口降水井。

(2) 基坑涌水量方法

以上经计算基坑单日出水量 $Q=525\text{m}^3/\text{d}$ 。降水井的出水量在降水初期主要为坑内疏干水量和越流补给量, 后期水量逐渐减少, 主要为越流补给量。

单井出水能力计算根据《建筑基坑支护技术规程》中下式计算:

$$q_0=120\pi r_s l \sqrt{k}$$

计算单井出水能力 $q=72\text{m}^3/\text{d}$, 考虑到成井质量对实际出水量的影响、止水帷幕的挡水作用、群井抽水的影响, 结合以往经验, 单井出水量 $1\sim 2\text{m}^3/\text{h}$ 。

经计算在基坑内部需要设置的降水井数为:

$$N=1.2*Q/q=24 \text{ 口}$$

(3) 降水井数量

综合考虑基坑内设置 24 口降水井, 能够满足降水要求。

4 基坑底板稳定性分析

基底以下存在已经被止水帷幕隔断的第一承压含水层, 和未被止水帷幕隔断的第二承压含水层, 第一承压含水层一方面被止水帷幕截断, 另一方面坑内降水井深度均进入到第一承压含水层, 为疏干和减压的混合井, 因此不需要针对第一承压含水层进行抗突涌验算; 需要针对第二承压含水层进行验算, 根据最终验算结果, 考虑是否需要设

置减压井或减压备用井。

开挖过程中,必须有效控制承压水水头埋深,防止基坑发生突涌事故,因此,必须进行基坑突涌稳定性分析,如图 3.1 所示。

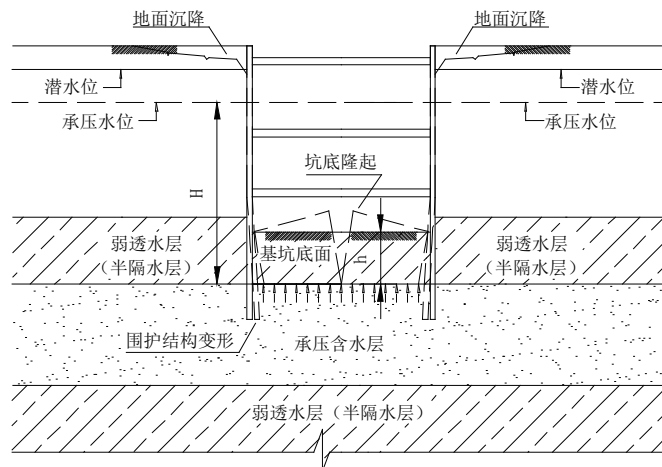


图3.1 基坑抗承压水突涌稳定性验算原理示意图

基坑底板抗突涌稳定条件:在基坑底板至承压含水层顶板之间,土的自重压力应大于承压水含水层顶板处的承压水顶托力,^[1]可按式(5.5-1)进行承压水位控制:

$$\frac{P_s}{P_w} = \frac{\sum h_i \times \gamma_s}{H \times \gamma_w} \geq F_s \quad \text{式 (5.5-1)}$$

式 2.2-1 中:

P_s —承压含水层顶面至基底面之间的上覆土压力, (kPa)

P_w —初始状态下(未减压降水时)承压水的顶托力, (kPa)

h_i —承压含水层顶面至基底面间各分层土层的厚度,其和等于图 5.5-1 中的 h , (m)

γ_s —承压含水层顶面至基底面间各分层土层的重度, (kN/m³)

H —高于承压含水层顶面的承压水头高度,即图 5.5-1 中所示 H , (m)

γ_w —水的重度,工程上一般取 10.00 (kN/m³)

F_s —安全系数,工程上一般取 1.05 ~ 1.20;本工程取 1.05。

结合地质剖面图,第二承压含水层呈层状分布于基底以下,分别对上下两层含水层分别进行抗突涌验算,如果上下两层均不满足要求,则减压井的滤水管同时针对两层的地层设置;若只有上层不满足要求,则根据地层具体分布情况进行滤水管的设置。

(1) 第二承压含水层上部地层抗突涌验算

根据基坑和围护结构,选取有代表性的勘探孔所处位置的承压含水层进行抗突涌验算,初始水位埋深取 -4.14m,位置选取每个勘探孔所在位置。

从计算结果看,整个基坑范围内小里程端处安全系数小于 0.8,基坑左线大里程端安全系数小于 0.9,标准段的安全系数处于 0.9 ~ 1.2。其中最不利的位置位于基坑左右线小里程端的位置,该处对应的第二承压含水层最浅埋深 28.9m,对应基坑开挖深度 20.225m,计算安全系数 $F=0.701$,基坑开挖至基底时对应安全水位埋深 12.38m,需水位降深为 8.24m。所以需要对第二承压含水层上部地层设置减压降水井,减压备用井根据抗突涌验算的结果进行不同部位的布置。

综合基坑范围内各勘探孔位置处抗突涌计算结果,承压含水层最大水位降深 8.24m,才能保证基坑的安全开挖,具体见各勘探孔抗突涌计算结果。

减压备用井根据具体条件必要时开启,坑内降水过程中密切关注坑外减压备用井的水位变化,对应开挖深度与安全水位埋深关系表,当坑外承压水备用减压井兼观测井水位下降到安全水位埋深以下需要开启坑外减压备用井,水位降深幅度对应基坑开挖深度表进行分部降水,确保安全开挖。

(2) 第二承压含水层下部地层抗突涌验算

第二承压含水层下部地层最浅顶板埋深 35.7m,对应基坑开挖深度为 18.9m,经计算安全系数 $F=1.06 > 1.05$,

最不利位置满足基坑抗突涌要求, 因此无需对第二承压含水层下部地层进行减压降水。

(3) 减压井设置位置以及数量通过模拟计算进行确定

通过模拟计算, 确定需要在坑内设置 6 口减压井, 能够将坑内不同位置水位降至安全开挖水位以下, 满足安全开挖要求。

坑内减压井在降水初期作为承压水观测井, 伴随降水及土方开挖的进行, 密切关注坑内减压井的水位, 尽量不启动减压井, 坑内减压井的设置作为坑内减压备用井兼观测井, 必要时启动^[3]。

5 坑外观测井设置

结合场地工程地质、水文地质条件、围护结构特征以及抽水试验结果、抗突涌分析等综合因素, 坑外观测井设置潜水观测井、第一承压水观测井、第二承压水针对上部地层设置减压井兼备用观测井、第二承压水下部地层设置一定数量的观测井。坑外承压水观测井的位置根据抗突涌计算结果以及地层分布具体而定, 且承压水观测井滤水管的位置视地层起伏不同位置具体而定。

6 降水应急措施

6.1 临时降水措施

为应对雾霾等环境恶劣的天气, 颁布的冬季大气污染综合资料的方案, 要求建设工程停止施工等政策, 降水单位一方面应该积极响应政策, 配合施工单位做好工程的暂停运转, 在保证现阶段水位满足要求的情况下, 做好排水工作; 另一方面需要提前对降水井进行专门的保护措施, 保证停止运行期间降水井不受损坏, 且无杂物进入到井内。对排水管路等设施进行保护和管理, 并且定期检查巡视。

除上述工作内容外, 在施工过程中, 各方都应该严格的执行应急预案的操作内容和操作流程。作为降水单位, 一旦发生较大的基坑风险如发生严重管涌, 围护结构带砂侧漏等情况时, 降水单位应根据自己掌握的资料结合自身的经验判断水力联系并提出相应的处理意见, 充分发挥专业降水单位的优势。

6.2 雨季施工保障措施

(1) 及时掌握天气预报的气象趋势及动态, 定期提供旬、月气象预报, 以此安排月度施工计划; 并注意临近 3 天天气预报, 以此安排日施工计划, 并同时做好预防的准备工作。

(2) 成立防洪领导小组, 明确责任, 落实到人头。

(3) 坚持防洪值班制度。遇有险情及时组织力量抢修, 并及时向上级报告。

(4) 根据地形对场地排水系统进行疏通, 以保证水流畅通不积水, 并防止周邻地面水倒流进入场内。^[1]

(5) 机电设备的门箱或开关应采取进料箱、帐篷等防雨、防潮措施, 并安装接地保护装置。检查生产、生活用电线路和设备的绝缘情况, 漏电保护器的灵敏度和有效性, 接地、绝缘、防雷试验, 并做好记录, 及时整改隐患; 焊机做好接地保护和防雨工作。防护措施; 焊丝应无损伤、无泄漏; 焊工应戴干燥的绝缘手套; 采取防雨措施时, 必须保证施工现场电气开关刀、插座、插头的完好。如有损坏及时更换, 施工结束后, 应步行拉闸。

(6) 雷雨天气禁止电工攀爬电线杆和开关操作。雨天抢修线路施工时, 应根据具体情况制定安全措施。应使用手持电动工具。为了保证供电线路良好, 必须使用漏电保护器。在湿作业照明电源施工中, 必须使用安全电压。

(7) 基坑开挖适逢雨季, 基坑排水系统在确保日常降水要求外应有加强措施, 满足雨季施工最大排水量要求。基坑外侧应设置截排水系统, 确保地表水不流入坑内, 影响降水效果。

总结

在基坑水较高的地区, 深基坑开挖特别适用管井降水法来达到降低地下水位的目的, 如果方案选择合理, 施工和运行得当, 完全可以收到满意的效果, 保证基坑施工的安全。

[参考文献]

[1] 张吾渝马艳霞. 高层建筑基坑管井降水系统设计与施工[J]. 青海大学学报自然科学版, 2011 (4): 26.

[2] 曹蔓, 刘刚. 深井降水施工在某高层建筑深基坑中的应用[J]. 山西建筑, 2007 (33): 147-148.

[3] 陈哲成. 高层建筑深基坑降水施工技术的探讨[J]. 建筑安全, 2010 (8): 211.

作者简介: 杨明 (1971. 9. 16) 男, 山东滕州市; 工程师