

浅议深基坑支护结构降水设计

杨德君

江门市新会区水资源开发利用管理中心

摘要:为解决水利工程基坑地面渗水的问题,全面提升深基坑支护结构稳定性,保障工程建设安全性,本文以金牛头排涝泵站基坑支护工程为例,分析了项目降水方案的选择要求,基于出水量计算、管井数确定、井点间距确认、方案论证、降水井深度确定、管井平面布设以及成井工艺选择等角度针对降排水工程的相关参数进行了明确,结合现场实际分析了降排水设计施工对项目周边环境的影响及其实施效果,最后针对降排水工程设计的注意事项进行了相应阐述,以期对相关水利工程项目建设的建设提供参考依据。

关键词:水利工程;深基坑支护;降排水设计;技术要点

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.09.064

引言

在水利工程建设过程当中,基坑开挖与降水施工扮演着关键性角色。合理降水方案能够有效降低基坑土体当中的水含量、提升土体固结度和减少基坑内部产生的土体渗流,减少因基坑内水位降低而基坑周边产生位移现象发生,使基坑支护结构的稳定性与安全性得到质的飞跃。建设单位应当针对建设工程的地质和地形条件、基坑支护结构型式优化基坑降水设计方案,使基坑作业和工程水下项目的施工开展获得优质的环境保障。

一、工程概况

本文以金牛头排涝泵站基坑支护工程为例进行分析和研究。该工程位于江门市新会区会城街道茶坑村以西,金牛头大桥以北,紧靠金牛头水闸,河涌为英洲海,河涌出口为银洲湖,是江新联围的穿堤泵站,同时也是新会区小鸟天堂国家湿地保护区周边水系与基础设施提升工程当中的重要组成部分,在水系连通以及防洪排涝工作当中发挥着关键性作用。金牛头排涝泵站的设计排涝流量仍为 $49.9\text{m}^3/\text{s}$,装机容量 3200kW ,为中型排涝站,排涝站顺水流方向依次为抛石防冲槽、护坦段、进水前池段、泵室段、出水箱涵段、出口消力池、出口海漫段、防冲墙及抛石防冲槽段等部分组成。

排涝站基坑地层为淤泥,层顶高程 $-9.78\sim-0.80\text{m}$,层底高程 $-24.29\sim-17.17\text{m}$,平均层厚 17.77m ,主要由粘粒、粉粒组成,饱和,呈流塑状态,高压压缩性,含水率平均值 52.4% 、压缩系数 1.210MPa^{-1} 、压缩模

量 2.11MPa 。泵站基坑尺寸为 $117.0\text{m}\times 32.6\text{m}$,基坑底面积为 3814m^2 ,开挖深度在 $4.20\sim 8.40\text{m}$ 之间。根据地质条件和基坑周边地形条件,基坑采用了上部放坡开挖,下部二排钢板桩构成墙加内支撑的支护模式。

二、降水方案选择与设计的要求

(一) 降水方案的类别与特性

基坑降水包括现状河床面以上的河涌降水和河床面以下的地下降水,设计方案的基坑支护工程措施已解决了常规河涌降水速率引起基坑稳定问题,本文主要论述河床面以下的基坑地下降水方案与设计的要求。

为进一步提高设计的深基坑降水方案的可行性与有效性,业主单位在开展项目建设管理工作的过程当中应根据不同类别基坑降水策略的特点,结合工程实际情况选择与运用基坑降水策略。在现阶段的土木工程深基坑项目的常见降水技术包括真空点井降水、喷射点井降水、电渗点井降水、引渗井降水、管井降水、辐射井降水以及埋藏井降水等多种不同类别^[1]。真空点井降水指的是将井点管沉入深入坑底的含水层当中,并将井点管上部与抽水总管相连,通过真空作用将坑内地下水进行抽取,这一技术手段能够形成止水帷幕,有效提升基坑边坡稳定性,避免出现土体流变或管涌,主要适用于以粉细砂、粉土以及粉质黏土等为主的渗透系数较小的含水土层当中。喷射井点降水指的是在井点管管内预装喷射器,并向喷射器当中输入高压空气,形成水气射流,使含水层当中的地下水得到有效抽排。喷射井点降水这一降水方法施工较为便捷,成本较为低廉,主要适用于开挖深度较深,降水深度较大的项目当中。电渗点井降水指的是采用井点管与外围钢筋钢管分别作为阴极与阳极,通过施加直流电,基于电渗原理实现对地下水抽取的一种降水技术手段。电渗点井降水通常适用于渗透系数较小,密实度较高的饱和含水层当中,具有降水时间短、降水效果好等特性。而管井降水指的是由滤水井管、吸水管与抽水机械等共同组成的一种降排水体系,具有流程简洁,降水效果好、维护便利的优势特征,主要适用于地下水含量较高的基坑土层当中。

(二) 案例项目降水方案选择

金牛头排涝站位于滨海冲积平原地带,主要地下水类型为围堰渗水、基坑淤泥地层孔隙水以及基岩风化裂隙水三种。地下水基本与地表河水位持平或略高,基岩

裂隙水主要赋存于强~弱风化岩石裂隙中,基于项目施工现场基本环境指标与水位状态的影响,案例项目采用钢板桩加填土止水的围堰将项目基坑施工部位全面封闭,采取在基坑边坡与底角部位设置了排水沟与集水井的管井降水方案,抽水排干基坑和管井内部积水、为工程建设施工的开展提供空间支持与环境保护。

三、降水参数计算

(一) 出水量计算

在工程深基坑开挖与施工的过程当中,可能会出现差异化的出水与涌水现象,这一情况的出现对工程项目的建设推进产生极大的负面影响,还可能会引发一定的稳定性与安全性问题。应要求技术团队根据工程地质条件和围堰可能出现渗水情况计算和分析基坑内部出水量状态,为合理确定降水管井深度、管井及其排水沟尺寸提供计算参数。具体计算公式为:

$$Q_0 = \frac{1.366K(2H-S)S}{\lg R/r_0}$$

式中, Q 为水利工程深基坑内部总出水量数据, K 为降水土层系数, H 为基坑含水层厚度, R 为降水施工范围半径, r_0 为工程基坑作业半径, S 为基坑设计水位降排值^[2]。

基坑内部总出水量应计入工程施工过程可能遇到的天气降水所带来的影响,工程位置的地区最大日降水量为297.5mm,本次方案设计过程当中将环境降水量设定为13mm/h,基坑集雨面积为21764.22m²,因此基坑总排水量为282.93m³。

(二) 管井数确定

根据基坑出水量计算确定所需管井数量,计算公式为:

$$n = \frac{Q}{q} \times 1.1$$

式中, n 为水利工程深基坑降水排水作业过程当中的管井数目, Q 为降雨状态下深基坑总涌水量情况, q 为单一降水管井的出水量,经复核计算,案例工程总管井数量设定为7口。

(三) 井点间距确认

井点间距指的是深基坑支护结构降水作业开展过程当中管井布置点位之间形成的间距,其影响因素涵盖了深基坑内部集水面积、基坑总出水量、单个管井出水量以及管井个数等相关参数指标,具体公式为:

$$D = 2\pi r_0 / n$$

式中, D 指的是降水作业开展过程当中管井布置点位之间的间距情况, r_0 指的是基坑降水作业半径, n 为降水作业当中涉及的管井数量。在案例工程中,管井分别

布置在基坑底四个角、出水箱涵底板部位以及排水沟的末端位置。

(四) 方案论证分析

为提高深基坑降水方案在施工过程可能出现的不利情况适应性,保证工程建设施工顺利进行,基坑降水方案应分别基于单井干扰情况以及场地不利情况等两种状态进行计算单井干扰情况下的基坑出水量情况为:

$$Q' = \frac{1.366K(2H-S)S}{\lg R^n - \lg r_0^{n-1}}$$

式中的 Q' 为不利状态下或受干扰情况下单井出水量, Q' 计算成果需与理想情况下的单井出水量 q 进行比较,当 $Q' < q$ 时,说明水利工程深基坑降水方案的规划与设计工作具备相应的合理性与可行性。

在场地不利状态下,需要结合现场数据以及相关环境数值针对降水方案的开展成效进行验算与分析,具体公式为:

$$S_A = H - \sqrt{H^2 - \frac{Q}{1.366K} \left[\lg R - \frac{1}{n} \lg(r_1 r_2 r_3 \cdots r_n) \right]}$$

式中, S_A 为场地环境不利状态下水利工程深基坑降水方案的开展效果, H 为基坑内部含水层厚度情况, Q 为基坑内部总出水量, K 为土层渗透系数, R 为基坑内部集水半径, r_n 为降水水位测量点位与降水管井布置点位之间的距离。在案例工程的降水管井相关指标参数设定能够符合基坑降水作业目标要求,方案具备相应的可行性。

(五) 降水井深度确定

降水井深度的计算是保障深基坑支护结构降水作业效果,避免出现渗水、积水或管涌风险的关键所在。项目建设管理团队以及技术人员应当结合基坑深度、现场水位变化情况、降水管井分布范围等相关指标数据进行降水作业深度的确定,一方面适应基坑降水作业的相关要求,另一方面还能够在保障降水作业效果的前提下尽可能减少对于周边环境产生的影响,为后续建设工作的开展提供支持保障。降水井深度的具体计算公式为:

$$Hw = Hw_1 + Hw_2 + Hw_3 + Hw_4 + Hw_5 + Hw_6$$

式中, Hw 为降水井深度, Hw_1 为基坑总深, Hw_2 为降水水位距基坑底要求深度, Hw_3 为 $i\gamma_0$, i 为水力坡度,一般取1/10至1/15, γ_0 为降水井分布范围的等效半径, Hw_4 为降水过程中地下水位变幅情况, Hw_5 为降水井过滤器工作长度, Hw_6 为沉沙管长度,一般来说,降水井深度应大于基础总深度。

(六) 降水管井布设

为了使深基坑支护结构降水排水方案达到最佳应用效果,使其能够进一步适应环境因素所带来的相关影

响。管理团队与设计团队应当针对性优化降水管井的布设工作,使其能够满足项目建设现场最大降水量来临时的降排水需求,避免其给支护结构的建设与运行造成额外风险。在本文所述案例工程的管井布设过程当中,按照基坑内外现状进行了分别布设,其中,在基坑内外部的降水管井主要预防工区外来水的流入,其高程控制在-0.5-0.0m之间,而内侧降水管井主要沿结构两侧进行部署,并在基坑内部低点设立了集水井。

（七）管井参数以及成井工艺

案例工程集水井参数设定为1500×1500×2000mm,采用80WQ65-25-7.5潜水泵针对其内部出水情况进行抽排,为保障降水管井施工质量以及建设成效,设计与规划方案当中采用了一字型钻头的冲击成型技术,并借助扶中器使降水管井建设状态达到了预期目标。

四、降排水设计对项目周边环境的影响评估

基坑土层内部含水量以及土颗粒结构动态等因素变化,可能会引起基坑周边环境的受力状态出现一定变化,引发地表沉降等安全风险^[4]。因此,在基坑降排水作业过程中,需对降水管井作业过程中的出水洁净度进行了实时观察,分析与评估对周边环境的影响。基坑外河道水体稳定了基坑外围含水层水量,基坑淤泥层为弱透水性,基坑周边支护钢板桩切断了边荷载对基坑土层压力影响,支护钢板桩外的基坑周边含水层水量变化有限,基坑内淤泥土层地下水位降低提出基坑土层固结度及抗剪强度指标值,增加了基坑土层抗水平和抗基底隆起能力,提高了基坑支护结构稳定性。

五、降排水施工实施效果

通过对水利工程深基坑支护结构降排水方案的开展与落实情况跟踪分析过后能够发现,其项目现场作业基本达成了预期设计目标以及设计要求,整体结构稳定性符合设计标准,有效强化了深基坑支护结构对于倾覆现象的抵抗能力,契合《建筑基坑支护技术规程》等相关规范标准当中的规定。

六、降排水工程设计的注意事项

在水利工程深基坑支护结构的建设工程当中,降排水作业对保障整个项目系统的安全性及稳定性具有至关重要的作用,基坑降水方案需遵循以下几方面要求与注意事项。

（一）结合实际选择适宜的降水方案

基于上文可知,能够应用到的水利工程深基坑降排水方案涵盖了真空点井降水、喷射点井降水、电渗点井降水、引渗井降水、管井降水、辐射井降水以及埋藏井降水等多种不同类别,这些降排水技术与策略的应用特性以及适用范围各有不同,在拟定设计方案时,建设管

理团队应与设计人员充分沟通,理清建设工程场地水文地质和深基坑降排水作业特点,有针对性拟定施工和维护简便可行的降水设计方案以及降水作业技术,实现深基坑支护结构安全稳定和基坑底干水结硬目标。

（二）针对项目现场指标参数进行准确测定与计算

水利工程深基坑支护结构降排水作业方案设计过程当中,涉及包括基坑总出水量、含水土层厚度、施工范围半径、设计水位降排值等多项参数,因此项目管理团队与设计团队应当针对上述参数进行准确测定与计量,并结合现场气候环境状态以及水文地质条件针对降排水作业方案的内容与基本要求进行合理规划,一方面充分控制降排水作业方案的成本支出,另一方面还能够有效保障降排水作业方案的可行性与可靠性,使其能够更好地完成预定设计与作业目标。在案例工程当中,采用了信息化平台针对项目现场参数指标进行了相应管理,并构建起了高精度的传感与测量网络,使方案的规划与设计能够获取到更加全面客观的参数支持^[5]。

（三）合理调整现场工序流程

为检验单一降水管井的出水量与理论计算的单一降水管井的出水量是否相符合,在基坑地表水抽干后应开展管井抽水试验,根据试验成果合理调整单一降水管井数量和平面布置位置、井深及井内孔口尺寸,确保基坑排水能达到深基坑支护结构安全稳定和基坑底干水结硬目标。

结论

综上所述,在水利工程深基坑支护施工当中,积极开展降排水作业活动对保障基坑边坡安全性与稳定性具有重要意义和作用。相关业主单位以及建设管理团队应当结合实际情况妥善优化降水方案设计思路,使其能够更好地为水利工程基坑工程提供支持,减少工程推进当中所面临的相对风险。

参考文献

- [1]张宇.地铁车站深基坑井点降水施工技术优化研究[J].烟台职业学院学报,2022,17(2):88-92.
- [2]段雪琴.西南某医院富水砂卵石层深基坑降水方案分析[J].四川建筑,2022,42(4):177-179.
- [3]刘文强.深基坑降水对周围地表沉降的影响[J].建设科技,2022(2):102-104.
- [4]金磊.降水技术在建筑深基坑施工中的运用[J].大众标准化,2022(12):149-150,153.
- [5]胡祥锋.建筑深基坑降水施工技术分析[J].建设监理,2022(12):77-78.