

复杂地质条件下泵站厂房基础处理技术研究

孙嘉尧

陕西省水利电力勘测设计研究院(集团)有限公司

DOI:10.12238/hwr.v9i2.6125

[摘要] 地质条件对泵站地基处理设计通常有着较大的影响,本文以某泵站厂房为例,针对其泵站处复杂地质条件展开分析,并结合工程项目实际特点,经过对其方案的有效对比,采用塑性混凝土围封墙解决渗透稳定和砂土液化问题,从而实现对该复杂地质条件下泵站厂房基础地基的有效处理,有助于为后续类似工程项目提供必要的参考借鉴。

[关键词] 复杂地质; 泵站厂房; 基础处理

中图分类号: TV675 **文献标识码:** A

Research on foundation treatment technology of pump station building under complex geological conditions

Jiayao Sun

Shaanxi Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Institute (Group) Co., Ltd.

[Abstract] Geological conditions usually have a great influence on the design of pump station foundation treatment. Taking a pump station plant as an example, this paper analyzes the complex geological conditions at the pump station, and combines the actual characteristics of the project. After effective comparison of its scheme, plastic concrete enclosure walls are used to solve the problems of seepage stability and sand liquefaction, thereby achieving effective treatment of the foundation of the pump station plant under the complex geological conditions, which will help provide necessary reference for subsequent similar engineering projects.

[Key words] complex geology; pump station building; foundation treatment

引言

泵站作为水利工程的重要组成部分,承担着区域水资源调配、防洪排涝等重要任务。但泵站的建设往往面临复杂多变的地质条件,如软土地基、不均匀地层、地下水位高等,这些对泵站厂房基础的处理提出了严峻挑战。传统的地基处理方法在复杂地质条件下往往难以达到理想的处理效果,甚至有可能导致泵站结构失稳、地基沉降过大等问题。因此,做好对复杂地质条件下泵站厂房基础处理技术的研究,对于确保泵站结构的稳定性和安全性具有重要意义。

1 工程项目概述

本文以某泵站项目工程为例,该泵站位于陕北地区,其工程项目所在地土壤以湿陷性黄土为主,其泵站厂房设计流量为 $35\text{m}^3/\text{s}$,总装机5000kW。整个泵站工程等级设计为III级,其工程规模以中型规模为主,使用钢筋混凝土作为基础,对应的底板厚度设计为0.8m,基础底高程为1.78m,基底应力设计为160kPa,而本工程项目的土层特征及其分布如表1所示。

2 工程地质条件分析

2.1 场地砂土液化问题

表1 某泵站土层特性力学指标表

层序	土层名	层底标高	承载力kPa	渗透系数 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$
	填土	10.35~13.14	100	$6\cdot 10^{-5}$
1	马兰黄土	7.02~11.65	90	$2\cdot 10^{-5}$
2	淤泥中粉土	5.21~7.76	65	$5\cdot 10^{-6}$
2月1日	离石黄土	-2.61	90	$2\cdot 10^{-4}$
2月2日	轻、中粉质土	5.88~-6.93	90	$1\cdot 10^{-4}\sim 7\cdot 10^{-5}$
3	粉细砂	-13.58~-12.56	180	$8\cdot 10^{-4}$
3月1日	砂壤土	-3.59~-10.61	150	$6\cdot 10^{-4}$
5月1日	午城黄土	-13.84~-13.11	250	$2\cdot 10^{-2}$
7	砂纸泥岩	-21.64	350~1000	-

在对本工程区域进行地质评估时,确定基本地震动峰值加速度为 0.10g ,根据这一加速度值,对应的地震基本烈度被评定

为Ⅶ度,表明在此类地震事件中,建筑物和基础设施可能会遭受中等程度的破坏^[1]。经过详细勘探与分析,场地土壤被分类为湿陷性黄土类型,这种类型的土壤在地震作用下有着特殊的响应特征,尤其是在变形和承载能力方面需要特别注意。依据场地分类标准,该工程地点被划分为II类场地,所以在选择和设计地震动参数时,可直接使用基本地震动峰值加速度的数值作为参考,而无需额外调整。

2.2 承载力变形以及不均匀沉降问题分析

泵站的基础建设位于几种特定性质的土层之上,主要包括强度较低的1层中、重粉质壤土,这类土壤强度较低。2-2层轻、中粉质壤土,以及2层淤泥质中粉质壤土。这些土层的特点十分明显,比如具有较高的压缩性,在承受荷载时容易产生较大的形变。另外,泵站所在位置的地质条件相对复杂,在泵站的左侧,存在3层埋藏较浅的粉细砂层,而在泵站右侧,则主要是2-2层轻、中粉质壤土,这种类型的土壤由于其介于软土和硬土之间的特性(半软半硬),可能导致在荷载作用下出现不均匀沉降现象。所以,针对泵站右侧地基的这种情况,必须采用专门的变形协调策略,例如设置沉降缝、运用桩基础或复合地基技术等,以确保地基沉降的一致性和结构的整体稳定性。

2.3 渗透稳定问题分析

在对站址区域进行地质勘探时,2-1层的砂壤土和3层的粉细砂(特别是在泵站基础左侧直接暴露的部分)显示出显著的中等透水性。这种特性意味着在遇到地下水流动或水位变化时,这些土层容易迅速吸收水分,由于抵抗冲刷和渗透的能力较弱,这类土层特别容易遭受诸如流土、管涌等渗透破坏,这对泵站基础的稳定性和耐久性构成了严重威胁^[2]。此外,2-1层和3层土层位于基坑底部,这在汛期高水位期间显得尤为重要,鉴于这些土层较强的透水性,当地下水位突然升高时,可能会引发如突涌或管涌等严重的地质问题。同时,2-2层轻、中粉质壤土也表现出特定的透水性特征。其水平方向透水性较强,属于中等透水级别,而在垂直方向上则表现为微弱透水性。而2-2层土层,则需要采取专门的防渗和抗冲措施,以提升其整体稳定性和耐久性。

3 泵站厂房地基基础处理措施及效果分析

3.1 塑性混凝土围封墙

对于本项目而言,所在地的主要地质特征为湿陷性黄土,这类土层透水性强,导致在雨季前后,降雨量的变化和地下水补给会使地下水流动状态发生明显变化,直接影响到地基处理的效果。因此,在选择处理方案时,必须充分考虑地下水动态变化对地基稳定性的影响,如表2所示为不同处理方案表。在评估不同方案时,方案1和方案2在连续性、围封效果、施工质量控制以及成槽后的检查方面优于方案3和方案4。进一步比较方案1和方案2,可以看出方案2采用塑性混凝土围封墙的方法具有更多优势。该方法形成的墙体具备一定的柔韧性,能更好地适应周围土层的变形,减少基础周边应力集中的可能性。此外,塑性混凝土围封墙的成本相对较低,更容易被工程项目接受。

表2 不同处理方案优缺点

方案	名称	优点	缺点
1	混凝土围封墙	适应性好,强度高,防渗性好	与土体变形协调差,工艺复杂
2	塑性混凝土围封墙	适用于各种土层,墙体连续性好	施工工序复杂,速度慢
3	多头小直径截渗墙	取材方便,成墙造价低,与土体变形协调好	墙体强度低,地下有动土层,成桩困难
4	高压旋喷截渗墙	施工设备简单,进度快,操作简单	水泥浆液流失严重

而根据本项目工程现场土层的详细分布,在泵站外墙边线外0.5m处设置封闭的塑性混凝土围封墙,封墙设计厚度为0.5m,旨在提供坚固的防护屏障。选用的塑性混凝土需达到无侧限抗压强度3MPa以上,确保墙体结构强度。同时,墙体需深入下伏砂质泥岩至少1m,以增强其稳定性和抗渗性能。对于墙体渗透性能,规定渗透系数应小于 $1.00 \times 10^{-6} \text{cm/s}$,以防地下水对墙体造成渗透破坏。在成槽施工期间,需注意槽身范围内可能存在含砂地层或粉砂层的问题。针对这些复杂的地质条件,选用了比重为 $1.10 \sim 1.15 \text{g/cm}^3$ 的膨润土泥浆,以保证泥浆的护壁效果及钻屑携带能力^[3]。同时,严格控制泥浆粘度,要求马氏漏斗粘度保持在 $35 \sim 50 \text{s}$ 之间,且含砂率不超过4%,从而确保成槽质量。塑性混凝土围封墙的施工分为20个槽段进行,每个槽段都经过了严密的监督和管理。施工完成后,采用高密度电法、取芯检测和注水试验等多种方法对围封墙进行全面的质量评估,28d后无侧限抗压强度大于4MPa,渗透系数则处于 $2.21 \times 10^{-8} \text{cm/s}$ 范围内,可达到设计标准。

3.2 钉形水泥土双向搅拌桩+换填复合地基

在对泵站地基进行详细勘察与设计时,需注意到地基左侧的第3层粉砂层,在其自然状态下,承载力已能满足泵站结构的基本要求。但对于地基其他部分,由于地质条件复杂或承载能力不足,需采取一系列加固措施,以确保整个地基能够达到泵站结构所需的承载力,并将变形控制在安全范围内^[4]。为了提升地基承载力和控制沉降,其中预制桩、钻孔灌注桩及水泥土搅拌桩是三种广泛应用的处理方法。预制桩通过使用预先制造好的桩体,并采用锤击或静压等方式将其植入土中,从而增强地基的承载能力和刚性。针对泵站地基不同区域的具体情况和地质条件,可灵活选用预制桩、钻孔灌注桩或者水泥土搅拌桩等技术来进行处理,以满足地基承载力的需求并控制变形。

针对场地中需要处理的2-2层轻、中粉质壤土进行分析,该土层天然地基承载力特征值为90kPa,而设计要求的地基承载力为160kPa,因此必须采取有效的地基处理技术来提升其承载能力。在多种地基处理方法中,水泥土搅拌桩相比预制桩和钻孔灌注桩,水泥土搅拌桩施工设备更加简单,成本更低,并且与周围土体有更好的变形协调性。加之成桩外侧设置了围封墙,能有效地阻止地下水的渗流,对成桩过程几乎没有影响^[5]。考虑到该场地土质特点,即轻、中粉质壤土中含有砂性土成分,水泥土搅拌桩显得尤为适用,这种土质易于均匀搅拌,从而确保成桩质量,

特别是使用钉形水泥土双向搅拌桩工艺后,成桩质量得到了进一步保障,桩身强度显著提高。虽然采用钉形水泥土双向搅拌桩会使得机械费用增加约15%~20%,但在同等强度条件下,通过减少水泥掺量和优化施工效率可以抵消这部分成本增长。在具体设计时,遵循桩径0.6m、桩身无侧限抗压强度1MPa的标准,通过调整桩间距和布置方式等参数,并依据《建筑地基处理技术规范》(JGJ79-2012)和《双向搅拌粉喷桩复合地基技术规程》(DB32/T3642-2019)等标准规范,计算出不同方案下单桩及复合地基的承载力特征值,如表3所示。

表3 不同方案单桩及复合地基承载力计算表

方案	间距m	布置方式	面积置换率	复合地基承载力	是否满足要求
1	1	等边三角形	0.326	173	满足
2	1.1	等边三角形	0.271	154	不满足
3	1.2	等边三角形	0.226	139	不满足
4	1	正方形	0.281	158	不满足
5	1.1	正方形	0.232	141	不满足
6	1.2	正方形	0.195	129	不满足

根据表3可得知,从泵站基础左侧7m处开始,根据地质条件的变化对桩长进行了精确设计。在3层粉细砂直接暴露的区域,桩长设置为3m,确保桩体穿透至更坚硬的土层。随着地层加深,在需要进入3层粉细砂至少1m以提供足够承载力的情况下,桩长增加到8m。在此过程中,采用科学的水泥掺量配比,即18%的水泥比例,并运用了四搅两喷的先进施工技术,以保证桩体的强度和稳定性,经过处理后,桩体28d无侧限抗压强度达到了1MPa,符合设计要求。为提升地基的整体性能,在基础底板下铺设整体水泥土换填垫层,该垫层水泥掺量为10%,压实度达到0.96,能有效提升地基的承载能力和变形协调性^[6]。同时,为了更好地实现泵站底板与桩土间的变形协调和力的均衡分布,在水泥搅拌桩顶部

及基础左侧非桩基部分分别设置了厚度为0.30m和0.80m的水泥七垫层,不仅加强了地基的整体稳定性,也提高了泵站结构的抗震能力。

4 结束语

通过对复杂地质条件下泵站厂房基础处理技术的研究,从而探讨多种地基处理技术的适用性及其优化组合方案。研究表明,针对复杂地质条件,采用综合地基处理技术,可显著提高泵站厂房基础的承载力,有效控制地基变形,确保泵站结构的稳定性和安全性。本文的研究不仅为类似复杂地质条件下的泵站建设提供了科学依据和技术参考,也为进一步推动水利工程地基处理技术的发展和應用奠定了坚实基础。而随着工程技术的不断进步和地质条件的日益复杂,泵站厂房基础处理技术的研究仍需不断深入,以适应更广泛、更复杂的工程需求。

[参考文献]

- [1]王春琪,王淑霞.复杂地质条件下的钻孔灌注桩成桩技术在夏桥泵站中的应用研究[J].长江工程职业技术学院学报,2023,40(03):5-10.
- [2]杜晓刚.复杂环境下水利泵站机电设备安装施工的挑战与对策[J].工程与建设,2024,38(04):861-863.
- [3]周喜武,胡继成,张维,等.复杂水文地质条件下泵站基坑支护和降水方案设计变更案例分析[J].治淮,2022,(09):36-38.
- [4]闫尚德,张鑫.城区复杂地质条件下深基坑支护方案研究[J].工程建设与设计,2022,(11):40-44.
- [5]董帅.复杂地质条件下煤矿综放工作面设备选型研究[J].采矿技术,2020,20(03):115-117.
- [6]魏海波.复杂地质条件下的桩基施工问题分析及处理措施研究[J].青海交通科技,2020,32(01):103-108.

作者简介:

孙嘉尧(1990--),男,汉族,陕西西安人,大学本科,中级,研究方向:水利技术。