

大型泵站建设中的地基处理技术与实践探索

赵亮¹ 刘肖² 戴兴奇³ 张桥⁴

1. 徐州市水利工程建设管理中心 江苏 徐州 221000

2. 徐州市水利工程运行管理中心 江苏 徐州 221000

3. 徐州市泓瑞水利工程建设有限公司 江苏 徐州 221000

4. 徐州市贾汪区水务保障中心 江苏 徐州 221000

摘要: 本文探讨了大型泵站建设中的地基处理技术。分析了地基土分类、承载力评估和沉降变形分析。介绍了孔内深层强夯法、换填垫层法、强夯及置换法、砂石桩法、振冲法、水泥土搅拌法、高压喷射注浆法和预压法等地基处理技术的原理、特点及应用。通过实践,总结了不同地质条件下的处理方案、技术难点与解决方案,以及处理效果评估方法。为大型泵站地基处理提供技术参考和实践指导。

关键词: 大型泵站; 地基处理技术; 实践探索

引言: 大型泵站作为水利工程的重要组成部分,其建设质量直接关系到水利工程的整体效益和安全性。地基处理作为泵站建设的关键环节,对于提高泵站地基的承载力、稳定性和耐久性具有重要意义。深入研究和探讨大型泵站建设中的地基处理技术,对于确保泵站工程的安全运行和长期效益具有重要意义。

1 地基处理基础理论

1.1 地基土的分类与特性

地基土是指建筑物或构筑物下的土壤层,其分类和特性对于地基处理方案的选择至关重要。地基土的分类通常基于其成因、颗粒组成、物理力学性质等因素进行。常见的地基土类型包括:(1)粘性土:主要由粘土矿物组成,具有显著的塑性和粘滞性^[1]。其抗剪强度较低,易于变形,但在干燥状态下强度会有所提高。(2)砂性土:主要由砂粒组成,颗粒间空隙较大,排水性能好。砂性土的抗剪强度较高,不易变形,但易于产生液化现象。(3)碎石土:由粒径较大的碎石和砾石组成,具有良好的透水性。其抗剪强度较高,稳定性好,但难以压实。(4)软土:包括淤泥、泥炭等,具有含水量高、压缩性大、抗剪强度低等特点。软土地基处理难度较大,需要采取特殊措施。

1.2 地基承载力的评估方法

地基承载力是指地基土在单位面积上所能承受的最大荷载,是评估地基稳定性的重要指标。评估地基承载力的方法主要有以下几种:(1)现场试验法:通过现场进行荷载试验,直接测定地基土的承载力。这种方法结果准确,但费用较高,且受到现场条件的限制。(2)理论计算法:根据地基土的力学性质和建筑物的荷载情

况,通过理论计算得出地基承载力。这种方法适用于简单地基,但计算结果可能受到多种因素的影响。(3)经验公式法:根据地基土的分类和特性,采用经验公式计算地基承载力。这种方法简单易行,但结果可能存在一定的误差。

1.3 地基沉降与变形分析

地基沉降是指建筑物荷载作用下地基土发生的垂直变形。地基沉降的大小和分布直接影响到建筑物的稳定性和使用功能。地基变形分析主要包括以下几个方面:

(1)沉降量计算:根据地基土的力学性质和建筑物的荷载情况,采用合适的计算方法预测地基沉降量。(2)沉降速率分析:通过分析地基沉降随时间的变化规律,评估地基的稳定性和变形趋势。(3)不均匀沉降分析:由于地基土的不均匀性,建筑物各部分的地基沉降可能存在差异。不均匀沉降可能导致建筑物倾斜、开裂等严重问题。需要对地基的不均匀沉降进行监测和分析,及时采取措施进行处理。

2 大型泵站地基处理技术

2.1 孔内深层强夯法

(1)技术原理与特点:孔内深层强夯法是一种集高动能、高压强、强挤密效应于一体的地基处理技术。该技术通过机具成孔,在孔道内填料,并使用具有高动能的特制重力夯锤进行冲、砸、挤压作业,以达到加固地基的目的。孔内深层强夯法能够显著改善地基的承载性状,使地基土性得到优化,并且不惧怕水,满足设计要求。(2)适用范围与限制:孔内深层强夯法适用于处理软弱土层,如淤泥质土、湿陷性黄土等^[2]。该技术特别适用于大型泵站等需要高承载力地基的工程项目。该技术

对于某些特殊地质条件，如含有大量块石或坚硬土层的地基，可能存在一定的施工难度。

2.2 换填垫层法

(1) 材料选择与施工要点：换填垫层法是一种有效的地基处理方法，它涉及挖除原地基的部分或全部软弱土层，并用强度更高、压缩性更低的材料（例如砂石、灰土等）进行替换，从而增强地基的承载能力。在挑选换填材料时，需综合考虑材料的物理力学性能、透水特性以及稳定性。施工的关键步骤涵盖分层铺设材料、适量洒水、夯实或碾压等，这些环节对于确保换填层的密实度与均匀性至关重要，进而影响地基的整体性能。

(2) 提高地基承载力的效果：换填垫层法能够显著提高地基的承载力，减小地基沉降，并改善地基的变形特性。该方法还能提高地基的抗剪强度和稳定性，为泵站等建筑物的安全运行提供有力保障。

2.3 强夯法及强夯置换法

(1) 夯实机理与加固效果：强夯法是通过使用大型起重设备，将重锤提升至一定高度后自由落下，对地基进行强力夯实。强夯置换法则是在夯坑内不断填加石块、碎石等粗颗粒材料，强行夯入并排开软土，形成碎石桩。这两种方法都能显著提高地基的承载力，减小地基沉降，并改善地基的变形特性。(2) 不同土质的适用性：强夯法及强夯置换法适用于处理多种类型的地基土，包括粘性土、砂性土、碎石土等。对于某些特殊类型的地基土，如饱和细颗粒土，强夯法的加固效果可能不显著且不稳定。需要考虑采用其他地基处理技术。

2.4 砂石桩法

(1) 砂石桩的构成与施工：砂石桩是以碎石为主要材料制成的复合地基加固桩。砂石桩的施工方法包括振冲碎石桩和干法碎石桩两种。振冲碎石桩是通过振动加水冲的制桩工艺制成的，而干法碎石桩则是采用无水冲工艺制成的。砂石桩的构成和施工工艺对于提高地基承载力至关重要。(2) 提高地基承载力的途径：砂石桩能够显著提高地基的承载力，主要通过以下途径实现：一是置换作用，将建筑物荷载向桩体集中；二是加密作用，通过碎石向下的不断贯入，使碎石桩下的土层受到冲击能的影响而得到加密；三是排水作用，砂石桩作为排水通道，加速了软土在强夯过程中和夯后的排水固结。

2.5 振冲法

(1) 振冲加密与碎石桩的应用：振冲法是通过振动设备对地基土进行加密处理的方法。在振冲过程中，振动设备产生的振动波能够使地基土颗粒重新排列，减小孔隙比，提高地基的密实度和承载力^[3]。振冲法还可以

用于设置碎石桩，进一步提高地基的稳定性和承载力。

(2) 地基稳定性的提升：振冲法通过加密地基土和设置碎石桩，能够显著提高地基的稳定性和承载力。该方法特别适用于处理中、粗砂等粗颗粒土以及细颗粒的粘性土加固。

2.6 水泥土搅拌法

(1) 湿法与干法的比较：水泥土搅拌法是通过将水泥与地基土进行混合搅拌，形成具有一定强度和稳定性的水泥土复合地基。湿法搅拌是将水泥与水混合成水泥浆后，再与地基土进行搅拌；而干法搅拌则是直接将水泥与地基土进行干拌。湿法搅拌的水泥土硬化时间较长，但搅拌均匀性较好；干法搅拌则硬化时间较短，但搅拌均匀性可能稍差。(2) 在特定土质中的应用：水泥土搅拌法特别适用于处理软土地基和湿陷性黄土地基。通过水泥土的加固作用，可以显著提高地基的承载力和稳定性，为泵站等建筑物的安全运行提供有力保障。

2.7 高压喷射注浆法

(1) 注浆材料的选择与注浆工艺：高压喷射注浆法是通过高压设备将注浆材料注入地基土中，形成注浆加固层。注浆材料的选择应根据地基土的性质和加固要求来确定，常用的注浆材料包括水泥浆、水玻璃浆等。注浆工艺包括注浆管的埋设、注浆压力的确定、注浆速度的控制等步骤。(2) 深层地基加固与止水效果：高压喷射注浆法能够显著提高地基的承载力和稳定性，特别是对于深层地基的加固效果显著。该方法还具有良好的止水效果，能够有效防止地下水对地基的侵蚀和破坏。

2.8 预压法

(1) 堆载预压与真空预压的原理：预压法是通过在地基上施加一定的荷载，使地基土在荷载作用下产生预压变形，从而提高地基的承载力和稳定性。堆载预压是通过在地基上堆放重物来实现预压；而真空预压则是通过在地基表面设置真空膜，利用真空泵抽取膜内的空气，使地基土在负压作用下产生预压变形。(2) 解决地基沉降与稳定问题：预压法能够有效解决地基沉降和稳定问题。通过预压处理，可以使地基土在荷载作用下逐渐固结和稳定，减小地基沉降量，提高地基的承载力和稳定性。预压法还能够改善地基的变形特性，为泵站等建筑物的安全运行提供有力保障。

3 大型泵站地基处理实践探索

3.1 地质条件适应性处理策略

3.1.1 不同地质条件下的地基处理方案

(1) 软土地基：对于软土地基，由于其承载能力低、压缩性高，常采用的处理方法有换填法、预压法、

水泥土搅拌法等。在某大型泵站工程中,由于地基土为深厚的淤泥质软土,采用了水泥土搅拌法进行处理。通过深层搅拌将水泥与软土均匀混合,形成具有较高强度的水泥土复合地基,有效提高了地基的承载力和抗变形能力。(2)砂土地基:砂土地基具有较好的透水性,但承载力相对较低,且易发生液化^[4]。针对这类地基,常采用的方法有砂石桩法、振冲法等。在某泵站工程中,地基砂层较厚,且地下水位较高,选择了振冲法进行加固。通过向地基中打入振冲器,利用高频振动和水平向挤压力使松散的砂土颗粒重新排列并趋于密实,从而提高了地基的承载力。(3)硬土地基:硬土地基虽然承载力较高,但可能存在裂缝、岩溶等不良地质现象。对于这类地基,常采用的处理方法有注浆法、强夯法等。在某泵站项目中,地基中存在多处岩溶空洞,采用了注浆法进行填充加固。通过向岩溶空洞中注入水泥浆或其他化学浆液,使空洞得到填充并固结,从而提高了地基的整体性和稳定性。

3.1.2 施工过程中的技术难点与解决方案

(1)地基处理过程中的排水与降水:在地基处理过程中,排水与降水是至关重要的。对于软土地基和砂土地基,需要采取有效的排水措施,以防止地基土在加固过程中因水分过多而发生软化或液化。在某泵站工程中,采用了井点降水法,通过在地基周围布置降水井,利用水泵将地下水抽出,有效降低了地下水位,为地基处理提供了有利条件。(2)施工质量控制:地基处理施工过程中的质量控制是保证处理效果的关键。对于各种地基处理方法,都需要严格按照施工规范和设计要求进行操作,并加强现场监测和检验。在某泵站工程中,采用了先进的施工设备和监测仪器,对地基处理过程中的各项参数进行了实时监测和记录,确保了施工质量的可控性和可靠性。(3)环境保护与安全生产:地基处理施工过程中,还需要注意环境保护和安全生产问题。对于可能产生的噪音、粉尘、废水等污染物,需要采取有效的防治措施;对于施工现场的安全管理也需要加强,确保施工人员的安全和身体健康。

3.2 地基处理效果评估

(1)承载力与沉降量的监测:在地基处理完成后,需要对地基的承载力进行监测。通过静载试验等方法,可以测定地基的承载力是否满足设计要求。还需要对地基的沉降量进行监测。通过布设沉降观测点,定期测量地基的沉降量,可以判断地基是否稳定以及是否存在异

常沉降现象。(2)地基处理前后的对比:通过对比地基处理前后的各项参数,可以直观地评估地基处理的效果。例如,可以对比地基处理前后的承载力、沉降量、地基土的物理力学性质等指标,以判断地基处理是否达到了预期目标。在某泵站工程中,通过对比地基处理前后的数据,发现地基的承载力得到了显著提高,沉降量也得到了有效控制,证明了地基处理方案的有效性和可靠性。

3.3 技术创新与应用

(1)新型地基处理技术的研发与应用:近年来,国内外学者和工程师们不断研发出新型地基处理技术,如微生物加固法、电化学加固法等。这些新技术在大型泵站地基处理中得到了初步应用,并取得了一定的成效。例如,微生物加固法通过向地基中注入特定的微生物菌液,利用微生物的代谢活动改变地基土的性质,从而达到加固的目的。这种方法具有环保、经济、可持续等优点,具有广阔的应用前景。(2)智能化施工技术的应用:随着智能化技术的快速发展,智能化施工技术在大型泵站地基处理中也得到了广泛应用。例如,通过采用智能监控系统,可以实时监测地基处理过程中的各项参数和数据,及时发现和处理异常情况;通过采用无人机等遥感技术进行地形地貌测量和地质勘察,可以提高勘察的精度和效率;通过采用BIM技术进行三维建模和模拟分析,可以优化施工方案和工艺流程,提高施工质量和效率。

结束语:大型泵站建设中的地基处理技术是一个复杂而重要的课题。通过深入研究和探讨地基处理基础理论、关键技术以及实践探索,为大型泵站地基处理提供了有益的参考和借鉴。未来,随着科技的不断进步和新型地基处理技术的不断涌现,大型泵站地基处理技术将不断得到创新和发展,为水利工程的安全运行和长期效益提供更加坚实的保障。

参考文献

- [1]张优优.浅谈泵站工程技术档案建设与管理[J].建筑施工,2023,45(2):421-423
- [2]吴渝玲.浅谈泵站工程技术档案建设与管理[J].南北桥,2023(2):88-90.
- [3]石纪龙,申建红,侯运超.浅谈泵站工程技术档案建设与管理[J].建筑经济,2022(7):70-77.
- [4]安丽红.浅谈泵站工程技术档案建设与管理[J].城市建设理论研究(电子版),2022(7):1304-1305.