

水利工程地基处理技术

严 阔

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司 天津 300202

摘 要: 水利工程作为国家基础设施建设的重要组成部分,其地基的稳定性和承载能力直接关系到工程的安全运行和使用寿命。由于水利工程地基常面临复杂的地质条件,如软弱地基、砂土液化、岩溶等问题,因此需要采用合适的地基处理技术来改善地基性能。基于此,本文详细阐述了水利工程中常见的地基问题,并对多种地基处理技术的原理、施工方法以及适用范围进行了深入分析,旨在为水利工程地基处理提供技术参考,确保水利工程的质量与安全。

关键词: 水利工程;地基处理;技术

引言:水利工程涵盖了大坝、水闸、渠道、水电站等多种类型,其地基条件复杂多样。在水利工程建设过程中,地基处理是确保工程质量和安全的关键环节。不良的地基条件可能导致地基沉降、失稳、渗漏等问题,严重影响水利工程的正常运行,甚至引发安全事故。因此,深入研究和合理应用地基处理技术对于水利工程的成功建设和长期稳定运行具有极其重要的意义。

1 水利工程地基处理技术的价值

1.1 提升工程整体性能

水利工程地基处理技术的首要价值在于提升工程的整体性能。采用各种地基处理技术,如开挖、换土、压实挤密、桩基础、沉井或沉箱、防渗墙、灌浆等,可有效增强地基的强度和稳定性,提高承载力,大幅度减少变形及防止不均匀沉降。这些措施使得水利工程能够更好地应对各种自然和人为因素的挑战,如洪水、地震等,最大程度上确保工程在长期运行中的安全性和稳定性。

1.2 加强防渗性能

水利工程的地基处理对于防渗性能的提升至关重要。地基处理中的防渗墙技术、灌浆技术等,能够有效减少蓄水建筑物的地基渗漏量,形成整体防渗帷幕,极大地提高地层的抗渗性能^[1]。此举对于水利工程来说尤为重要,因为渗漏不仅会导致水资源的浪费,还可能对工程结构造成损害,甚至威胁到周边环境和居民的安全。因此,加强防渗性能是水利工程地基处理技术的重要价值之一。

1.3 保障施工质量和安全

水利工程地基处理技术作为工程施工的地下隐蔽环节,其施工质量和安全性对于整个工程来说至关重要。地基处理技术的运用能够确保地基的稳固性和均匀性,尽可能避免在后续施工过程中出现质量问题或安全事故。更重要的是,地基处理技术还能够根据工程的具体情

况进行定制化设计,以满足不同地质条件下的施工需求。这些措施提高了施工效率的同时,还显著降低了施工成本,进一步为水利工程的顺利建设提供了有力保障。

1.4 延长工程使用寿命

水利工程地基处理技术的运用还能够延长工程的使用寿命。加强地基的强度和稳定性,减少变形和沉降,使得水利工程在长期运行中能够长期保持较好的状态。这样一来,不仅能够减少工程的维修和保养成本,还能够提高工程的经济效益和社会效益。并且,延长工程使用寿命还能够减少对环境的影响,实现可持续发展。

1.5 推动技术创新和发展

水利工程地基处理技术的不断进步和创新,既提升了工程质量,还推动了相关技术的发展。如,随着现代化设备和仪器的广泛应用,地基处理技术的施工效率和精度得到了显著提升。同时,新型地基处理技术的不断涌现,如旋喷法、排水固结处理技术等,也为水利工程建设提供了更多的选择和可能性。这些技术创新和发展不仅提升了水利工程建设水平,还为其他领域的技术进步提供了借鉴和参考。

2 水利工程常见地基问题

2.1 软弱地基问题

软弱地基是水利工程中普遍存在的地质隐患,主要由淤泥、松散砂土、饱和黏土等低强度土层构成。这类地基抗剪强度低、压缩性高,在外荷载作用下易产生沉降、侧向变形或滑动失稳。其成因多与自然沉积(如河流冲积、湖泊淤积)、地下水活动及人类工程活动(如开挖、填筑)密切相关。在水利工程中,软弱地基问题直接影响大坝、渠道、边坡和闸室等结构的稳定性:例如,坝基沉降可能导致坝体倾斜或开裂;渠道底坡滑动可能引发渗漏破坏;边坡失稳则可能造成塌方事故。

2.2 砂土液化问题

在地震、动力荷载等作用下,饱和砂土的抗剪强度会突然降低甚至丧失,导致土体像液体一样流动,这种现象称为砂土液化。水利工程中的砂土液化可能引发地基失稳、地面塌陷、坝体滑坡等严重后果^[2]。尤其是在地震多发地区的水利工程,如土石坝、堤防等,砂土液化问题必须引起高度重视。例如,1964年日本新潟地震中,大量建筑物因地基砂土液化而遭受严重破坏,其中包括一些水利设施,给当地的水利系统和人民生命财产造成了巨大损失。

2.3 岩溶地基问题

岩溶地区由于可溶性岩石(如石灰岩、白云岩等)长期受到地下水的溶蚀作用,形成了各种岩溶洞穴、溶沟、溶槽等地质构造。在岩溶地基上修建水利工程时,可能会出现地基不均匀沉降、塌陷以及渗漏等问题。例如,在岩溶发育地区修建水库大坝,若坝基下存在未处理的岩溶洞穴,在水库蓄水后,由于水压力的作用,可能导致坝基渗漏,甚至引发坝体失稳。

2.4 湿陷性黄土地基问题

湿陷性黄土在天然状态下具有较高的强度和较低的压缩性,但在遇水浸湿后,土的结构迅速破坏,发生显著的附加下沉,强度也随之降低。水利工程中的渠道、水窖等设施若建在湿陷性黄土地基上,一旦地基浸水,可能会出现渠道变形、漏水,水窖坍塌等问题,影响水利设施的正常运行。

3 水利工程地基处理技术

3.1 换填法

换填法是通过清除地基表层不良土层,回填强度较高、透水性良好的材料,形成稳定持力层的地基处理技术。其核心原理是利用优质填料改善地基土的物理力学性质,减少沉降量并提高承载能力。换填法适用于处理淤泥、松散砂土、有机质土等软弱地基,尤其对厚度较浅(一般小于3-5m)的软弱层效果显著。常见工程场景包括河道堤防、泵站基础、渠道边坡等。

施工工艺如下:

第一步,清除表层淤泥、腐殖土等软弱物质,直至达到设计要求的持力层深度;第二步,根据工程需求选用砂砾石、碎石、矿渣、灰土(如生石灰与粘土按比例混合)等材料。例如,砂砾石换填可提高地基渗透性,灰土垫层则兼具强度与防水性。第三步,采用压路机、振动碾等设备分层摊铺填料,控制每层厚度(通常为20-30cm)并逐层压实至设计密实度。压实度需通过环刀法或灌砂法检测。第四步,在换填层顶部或底部铺设土工膜、黏土心墙等防渗结构,防止水分渗入导致地基软化。

3.2 强夯法

强夯法作为地基处理领域中常见且极为有效的技术手段,在水利工程建设里占据着举足轻重的地位。其核心原理基于重锤从特定高度自由落体,在与地基接触的瞬間释放出强大的冲击能,让地基土在极短时间内承受极高压力。当重锤高速落下,产生的能量以波的形式,沿着水平与垂直方向向地基深处全方位扩散。能量传递促使土体内部原本松散的颗粒结构发生改变,土颗粒相互挤压、重新排列,原本存在的孔隙被大幅压缩,从而有效提升了地基土的密实程度,地基承载能力也随之显著增强。

相较于其他地基处理技术,强夯法优势明显。其施工设备构造并不复杂,仅需配备起重机械以及特制重锤,这在很大程度上降低了设备购置与维护成本^[3]。实际施工过程中,强夯法展现出卓越的加固成效,能够极大程度减少地基后续沉降量,为水利工程设施筑牢坚实基础,增强整体稳定性。在水利工程场景下,强夯法对多种地基土质具有良好适用性。对于碎石土,强夯产生的强大冲击力可使碎石颗粒紧密咬合;砂土经强夯后,抗液化能力大幅提升;低饱和度的粉土与黏性土,强夯作用下也能改善其物理力学性能。像水库大坝建设时,通过强夯法处理地基,能确保大坝在长期承受巨大水压与自身重力时,地基稳固不沉降;水闸工程采用强夯法,可保障水闸在频繁开启、关闭过程中,地基始终维持稳定状态,抵御水流冲击,保障水利设施安全、高效运行。

3.3 排水固结法

第一,排水固结法是利用在地基中设置排水体(如砂井、塑料排水板等),并施加预压荷载,从而使地基土中的孔隙水逐渐排出。这样一来,孔隙体积减小,土体发生固结,最终提高地基的承载能力,减少地基沉降。排水固结过程中,随着孔隙水压力的消散,有效应力逐渐增加,土体的强度得到提高。

第二,排水固结法的施工主要包括排水系统和加压系统的设置。排水系统的施工:首先,根据设计要求在地基中打设砂井或塑料排水板^[4]。砂井一般采用套管法施工,将带有活瓣式桩靴的套管打入地基中,然后在套管内灌注砂料,最后拔出套管形成砂井。塑料排水板则通过专门的插板机插入地基中。加压系统的设置:可采用堆载预压、真空预压或联合预压等方式。堆载预压是在地基表面堆填土石等材料,利用其重量作为预压荷载;真空预压是通过在地基表面铺设密封膜,然后抽真空,使地基内部形成负压,从而加速孔隙水的排出;联合预压则是将堆载预压和真空预压相结合,充分发挥两

者的优势。施工过程中,要对地基的沉降、孔隙水压力等进行监测,根据监测数据调整预压荷载和排水时间。例如,在某围垦工程的地基处理中,采用了真空联合堆载预压法。先在地基中打设塑料排水板,然后铺设密封膜,抽真空至稳定负压值,再在密封膜上进行堆载。经过一段时间的预压,地基沉降基本稳定,承载能力满足了围垦工程建设的要求。

第三,排水固结法适用于处理各类淤泥、淤泥质土及冲填土等饱和黏性土地基。对于厚度较大、压缩性较高的软土地基,排水固结法具有良好的处理效果。

3.4 桩基础法

桩基础法是一种利用向地下打入或灌注桩体,将建筑物的荷载传递到更深、更稳定的地层中的方法。在水利工程中,桩基础法常用于土壤条件较差或需要承受较大荷载的情况。

桩基础法可以分为多种类型,包括端承桩和摩擦桩。端承桩主要通过桩尖嵌入坚硬的持力层来承受荷载,而摩擦桩则主要通过桩身与土壤之间的摩擦力来传递荷载。根据施工方法的不同,桩基础法又可以分为预制桩和灌注桩。预制桩是在工厂或现场预先制作好的桩体,然后通过打桩机将其打入地下。灌注桩则是在施工现场通过钻孔、注浆等方式形成的桩体。

在水利工程中,桩基础法的应用具有显著的优势。一是桩基础法能够显著提高地基的承载力和稳定性,使得水利工程能够更好地应对各种自然和人为因素的挑战。二是,桩基础法能够适应不同的地质条件,无论是软土、硬土还是岩石地层,都可以通过选择合适的桩型和施工方法来实现有效的地基处理。三是,桩基础法还具有施工速度快、对周边环境影响小等优点。

但问题是,桩基础法的应用也需要注意一些问题。在选择桩型和施工方法时,需要充分考虑地质条件、工程规模、荷载要求等因素,以确保施工质量和安全性。而且,在施工过程中还需要严格控制桩体的垂直度、深度和间距等参数,尽量避免对周边环境和建筑物造成不良影响。

3.5 灌浆法

灌浆法是一种通过钻孔或预埋管道将具备流动性和胶凝特性的浆液注入地层或建筑物的缝隙中,经过胶结

和硬化后形成一体化的结构,从而实现防渗和加固效果的方法^[5]。在水利工程中,灌浆法常用于处理地基中的裂缝、空洞和软弱夹层等问题。灌浆法可以分为多种类型,包括帷幕灌浆、固结灌浆、接缝灌浆等。帷幕灌浆主要用于形成防渗帷幕,防止地下水渗漏;固结灌浆则主要用于提高地基的承载力和稳定性;接缝灌浆则主要用于填充和加固建筑物之间的接缝。

灌浆法的应用具有显著的优势。首先,灌浆法能够有效地填充地基中的裂缝和空洞,提高地基的密实度和整体性。其次,灌浆法能够增强地基的抗渗性能,防止地下水渗漏对水利工程造成损害。此外,灌浆法还具有施工灵活、适应性强等优点,可以根据不同的地质条件和工程需求进行定制化设计。同时,灌浆法的应用也需要注意一些问题。在选择灌浆材料和确定灌浆参数时,需要充分考虑地质条件、工程规模、防渗要求等因素。而施工过程中还需要严格控制灌浆压力和浆液稠度等参数,以确保灌浆质量和安全性。此外,还需提醒的是,对于特殊的地质条件或工程需求,要采用特殊的灌浆技术和设备来实现有效的地基处理。

结语:综上所述,水利工程地基处理技术具有提升工程整体性能、加强防渗性能、保障施工质量和安全、延长工程使用寿命以及推动技术创新和发展等多重价值。这些价值不仅体现在工程本身的质量和安全性上,还体现在对经济社会发展的贡献上。因此,在水利工程建设中,应高度重视地基处理技术的运用和创新,以不断提升水利工程的整体性能和综合效益。

参考文献

- [1] 贡立超.水利工程地基处理技术分析[J].百科论坛电子杂志,2020(11):1501.
- [2] 刘锋.新形势下水利工程地基处理技术的应用[J].河南水利与南水北调,2021,50(5):97-98.
- [3] 翟照阳.水利工程施工中软土地基处理技术[J].建筑与装饰,2024(4):169-171.
- [4] 梁虹丽.水利工程地基处理技术在施工中的应用与实践[J].中华建设,2024(30):61-63.
- [5] 焦政运,孟凡冬.水利工程施工中不良地基处理技术[J].中国新技术新产品,2021(12):76-78.