

水工建筑物基础处理技术研究与应用案例分析

王洪胜

汉江润北工程咨询（湖北）有限公司 湖北 丹江口 442700

摘要：本文聚焦于水工建筑物基础处理技术，首先阐述了水工建筑物基础处理的重要性，包括保障建筑物安全稳定、适应复杂地质条件以及提高工程经济效益等方面。接着详细介绍了常见的水工建筑物基础处理技术，如固结灌浆技术、帷幕灌浆技术、桩基础技术、防渗墙技术等，并分析了各技术的原理、特点及适用范围。通过具体的水利工程案例，深入剖析了基础处理技术在实际工程中的应用情况，包括工程概况、地质条件、基础处理方案选择及实施效果等。最后对水工建筑物基础处理技术的发展趋势进行了展望，旨在为水工建筑物基础处理提供理论支持和实践参考。

关键词：水工建筑物；基础处理技术；应用案例；发展趋势

1 引言

水工建筑物作为水利工程的重要组成部分，其安全性和稳定性直接关系到整个水利工程的运行效益和周边地区人民生命财产的安全。而基础作为水工建筑物的根基，承受着建筑物的全部荷载，并将荷载传递给地基。由于水工建筑物所处的地质环境复杂多样，常常会遇到软弱地基、岩溶地基、裂隙发育地基等不良地质条件，这些地质条件会给水工建筑物的建设带来诸多困难和挑战。因此，对水工建筑物基础进行处理，提高基础的承载能力、减少沉降变形、防止渗漏等，是确保水工建筑物安全稳定运行的关键环节。

2 水工建筑物基础处理的重要性

2.1 保障建筑物安全稳定

水工建筑物在运行过程中，会受到水压力、自重、风浪等多种荷载的作用。如果基础处理不当，基础可能会出现不均匀沉降、滑动、倾覆等问题，从而导致建筑物开裂、损坏甚至倒塌。例如，一些水库大坝如果基础存在渗漏问题，可能会导致坝体土体流失，降低大坝的稳定性，严重时甚至会引发溃坝事故，给下游地区带来巨大的灾难。通过合理的基础处理技术，可以改善基础的工程性质，提高基础的承载能力和抗变形能力，从而保障水工建筑物的安全稳定。

2.2 适应复杂地质条件

我国地域辽阔，地质条件复杂多样。在水工建筑物建设中，经常会遇到各种不良地质条件，如软土、膨胀土、湿陷性黄土、岩溶、断层等。这些不良地质条件具有不同的工程特性，对水工建筑物基础的影响也各不相同。例如，软土具有压缩性高、强度低、透水性差等特点，在软土地基上修建水工建筑物，容易导致建筑物沉降过大；岩溶地区存在溶洞、溶沟等，可能会使基础失

稳^[1]。基础处理技术可以根据不同的地质条件，采取相应的处理措施，改善地基的工程性质，使基础能够适应复杂的地质条件。

2.3 提高工程经济效益

合理的基础处理技术不仅可以保障水工建筑物的安全稳定，还可以提高工程的经济效益。一方面，通过基础处理可以提高地基的承载能力，减少基础的沉降变形，从而可以减小建筑物的尺寸和基础工程量，降低工程造价；另一方面，良好的基础处理可以延长水工建筑物的使用寿命，减少后期的维修和加固费用，提高工程的综合效益。例如，在一些地基处理中采用强夯法、振冲法等经济实用的处理方法，可以在满足工程要求的前提下，降低工程成本。

3 常见的水工建筑物基础处理技术

3.1 固结灌浆技术

3.1.1 技术原理

固结灌浆是一种广泛应用的基础处理技术，其核心原理是通过钻孔将具有胶凝性能的浆液注入岩体或土层的裂隙、孔隙之中。浆液在注入过程中会逐渐填充这些空隙，并在凝固后将原本松散的岩石或土体颗粒胶结成一个整体，形成一个强度较高、整体性较好的岩土体结构。通过这种方式，可以有效提高岩体或土体的强度和变形模量，减少其渗透性，增强基础的稳定性和承载能力。

3.1.2 技术特点

固结灌浆技术具有诸多显著优点。首先，其施工工艺相对简单，易于操作和掌握。施工人员只需按照设计要求进行钻孔、灌浆等基本工序，无需复杂的设备和专业技术，能够快速高效地完成施工任务。其次，该技术适应性强，可以广泛应用于各种岩体和土层，尤其适用于裂隙发育的岩体和软弱土层。无论是坚硬的花岗岩还

是松散的砂土,固结灌浆都能在一定程度上改善其工程性质。此外,固结灌浆成本较低,与其他一些基础处理技术相比,不需要大量的昂贵设备和材料,能够在满足工程要求的前提下,有效降低工程成本。

3.1.3 适用范围

广泛应用于水工建筑物的基础处理,如大坝基础、水闸基础、堤防基础等。对于地基存在裂隙、软弱夹层等情况,固结灌浆可以有效地提高地基的整体性和稳定性。

3.2 帷幕灌浆技术

3.2.1 技术原理

帷幕灌浆技术主要应用于水工建筑物的防渗处理。其原理是在靠近上游坝基或其他水工建筑物基础部位,按照一定的设计要求布置一排或几排灌浆孔。然后,通过高压将浆液注入岩体或土层的裂隙中,使浆液在裂隙中扩散、凝固,形成一道连续的防渗帷幕^[2]。这道防渗帷幕就像一道坚固的屏障,能够有效地阻止地下水的渗透,减少坝基的渗漏量,降低坝基扬压力,从而提高坝体的稳定性。

3.2.2 技术特点

帷幕灌浆技术具有较强的防渗性能,这是其最突出的特点。通过合理设计灌浆孔的布置和灌浆参数,可以形成一道连续、致密的防渗帷幕,有效截断地下水的渗流路径,大大降低渗漏量。然而,该技术对施工精度要求较高。灌浆孔的位置、深度、角度等都需要严格按照设计要求进行施工,否则可能会影响防渗帷幕的效果。同时,帷幕灌浆的质量检测也较为重要,常用的检测方法有压水试验、物探检测等。通过这些检测方法可以准确评估防渗帷幕的密封性和完整性,确保工程质量。

3.2.3 适用范围

主要用于水工建筑物的防渗处理,特别是对于高水头的水库大坝、水闸等工程,帷幕灌浆是防止坝基渗漏的关键技术措施。

3.3 桩基础技术

3.3.1 技术原理

桩基础是一种常见且有效的基础形式,其工作原理是将桩打入或钻入地基中,通过桩身将上部结构的荷载传递到深层较坚硬的地基土层中。根据桩的施工方法不同,可分为预制桩和灌注桩。预制桩是在工厂或施工现场预先制作好桩体,然后通过打桩机将其打入地基中;灌注桩则是先在地基中钻孔,然后在孔内灌注混凝土形成桩体。根据桩的受力情况不同,又可分为端承桩和摩擦桩。端承桩主要依靠桩端与坚硬土层或岩层的接触来承受荷载,摩擦桩则通过桩身与周围土体之间的摩擦力来传递荷载。

3.3.2 技术特点

桩基础具有诸多优点,其中承载能力高是其最为突出的特点之一。由于桩身能够深入到较坚硬的地基土层中,可以将上部结构的荷载有效地传递到深层土体,从而承受较大的荷载。同时,桩基础的沉降变形小,能够为上部结构提供稳定的支撑,保证建筑物的正常使用^[3]。此外,桩基础可以适应各种复杂的地质条件,尤其适用于软弱地基和深厚覆盖层地基。对于不同地质条件下的工程需求,可以选择不同类型的桩基础进行灵活应用。

3.3.3 适用范围

广泛应用于水工建筑物的基础处理,如码头、船闸、泵站等工程。对于地基承载力不足或存在较大沉降变形的情况,桩基础可以有效地提高基础的承载能力和稳定性。

3.4 防渗墙技术

3.4.1 技术原理

防渗墙是在地基中建造一道连续的混凝土或塑性混凝土墙体,以阻止地下水的渗透。常用的防渗墙施工方法有槽孔型防渗墙和桩柱型防渗墙等。槽孔型防渗墙是通过挖槽机械在地基中开挖槽孔,然后在槽孔内浇筑混凝土形成墙体;桩柱型防渗墙是通过钻孔灌注桩相互搭接形成墙体。

3.4.2 技术特点

防渗墙技术具有防渗性能好、适应性强等优点。它可以处理各种复杂的地质条件,如砂砾石层、卵石层等。防渗墙的厚度和深度可以根据工程需要进行设计,以满足不同的防渗要求。

3.4.3 适用范围

主要用于水工建筑物的垂直防渗,如水库大坝、堤防、水闸等工程的防渗处理^[4]。对于地基存在严重渗漏问题的情况,防渗墙可以有效地截断渗流路径,提高工程的防渗效果。

4 水工建筑物基础处理技术应用案例分析

4.1 某水库大坝基础处理工程

4.1.1 工程概况

某水库大坝为黏土心墙坝,坝高85m,坝顶长320m。大坝基础坐落在砂砾石层上,砂砾石层厚度较大,且存在强透土层,导致坝基渗漏严重,扬压力较高,影响了大坝的稳定性。

4.1.2 地质条件

坝基砂砾石层颗粒级配不均匀,粒径一般介于0.075-200mm之间,其中粒径大于5mm的颗粒含量约占60%-70%。砂砾石层的渗透系数较大,实测渗透系数为 $1 \times 10^{-2} - 1 \times 10^{-3}$ cm/s,属于强透土层。

4.1.3 基础处理方案选择

针对坝基的地质条件和存在的问题,采用了帷幕灌浆和防渗墙相结合的基础处理方案。在坝基上游侧布置一道混凝土防渗墙,防渗墙深度进入相对不透水层以下5m,墙厚0.8m。在防渗墙下游侧布置一排帷幕灌浆孔,灌浆孔间距2m,灌浆深度与防渗墙深度相同。

4.1.4 实施效果

经过基础处理后,对坝基进行了压水试验和渗流监测。压水试验结果表明,坝基的渗透系数明显降低,帷幕灌浆和防渗墙的防渗效果显著。渗流监测数据显示,坝基渗漏量大幅减少,扬压力明显降低,大坝的稳定性得到了有效提高。

4.2 某水闸基础处理工程

4.2.1 工程概况

某水闸为5孔开敞式水闸,设计流量为500m³/s。水闸基础坐落在软土地基上,软土层厚度约为8-10m,具有压缩性高、强度低等特点。水闸建成后,出现了较大的沉降和不均匀沉降,影响了水闸的正常运行。

4.2.2 地质条件

软土主要为淤泥质黏土,天然含水量高,孔隙比大,压缩模量小。其天然含水量一般在40%-60%之间,孔隙比大于1.0,压缩模量小于2MPa。软土的抗剪强度较低,快剪强度指标中凝聚力约为10-15kPa,内摩擦角约为5°-10°。

4.2.3 基础处理方案选择

为了改善软土地基的工程性质,提高水闸基础的承载能力,减少沉降变形,采用了水泥搅拌桩复合地基处理方案。水泥搅拌桩桩径为0.5m,桩间距为1.2m,呈正方形布置。桩长根据软土层厚度确定,一般为8-10m。

4.2.4 实施效果

水泥搅拌桩施工完成后,对复合地基进行了静载试验和沉降观测。静载试验结果表明,复合地基的承载力特征值达到了设计要求,比天然地基承载力提高了2-3倍。沉降观测数据显示,水闸的沉降和不均匀沉降得到了有效控制,满足了水闸正常运行的要求。

5 水工建筑物基础处理技术的发展趋势

5.1 绿色环保技术的应用

随着人们环保意识的不断提高,水工建筑物基础处理技术将更加注重绿色环保。在基础处理过程中,将尽量减少对周围环境的污染和破坏,采用环保型的材料和施工工艺。例如,研发新型的环保灌浆材料,减少化学浆液对地下水的污染;采用低噪音、低振动的施工设备,减少施工对周边居民的影响。

5.2 智能化施工技术的推广

智能化施工技术将成为未来水工建筑物基础处理的

发展方向。通过引入物联网、大数据、人工智能等技术,实现对基础处理施工过程的实时监测和智能控制。例如,利用传感器实时监测灌浆压力、流量、密度等参数,通过数据分析及时调整施工参数,提高施工质量;采用无人机进行施工现场的巡查和监测,提高施工管理的效率和安全性。

5.3 多种技术综合应用

由于水工建筑物所处的地质条件复杂多样,单一的基础处理技术往往难以满足工程要求。未来,将更加注重多种基础处理技术的综合应用,发挥各种技术的优势,提高基础处理的效果。例如,将固结灌浆与帷幕灌浆相结合,既提高地基的强度,又增强地基的防渗性能;将桩基础与防渗墙相结合,解决软弱地基的承载和防渗问题。

5.4 新材料的研究与应用

新材料的研究与应用将为水工建筑物基础处理技术带来新的发展机遇。研发具有高强度、高耐久性、良好防渗性能的新型材料,如高性能混凝土、纤维增强材料等,可以提高基础处理的质量和耐久性。同时,新型材料的应用还可以降低工程成本,提高工程的经济效益。

结语:水工建筑物基础处理技术是确保水工建筑物安全稳定运行的关键环节。本文介绍了常见的水工建筑物基础处理技术,包括固结灌浆技术、帷幕灌浆技术、桩基础技术和防渗墙技术等,并分析了各技术的原理、特点及适用范围。通过具体的水利工程案例分析,验证了基础处理技术在实际工程中的有效性和可行性。同时,对水工建筑物基础处理技术的发展趋势进行了展望,指出绿色环保技术、智能化施工技术、多种技术综合应用和新材料的研究与应用将是未来的发展方向。在实际工程中,应根据水工建筑物的类型、地质条件和工程要求等因素,合理选择基础处理技术,确保基础处理的质量和效果,为水利工程的安全运行提供可靠保障。

参考文献

- [1]陈俊华.试论粉细砂地基的水工建筑基础处理新技术[J].科技风,2019,(09):105.
- [2]汪金龙.浅析水工建筑物基础处理技术[J].智能城市,2018,4(01):128-129.
- [3]覃定昌.水利水电工程基础处理施工关键技术研究[C]//广西生产力学会.新质生产力与科技发展学术研讨会论文集.桂中治旱乐滩水库引水灌区建设管理局,2025:332-334.
- [4]何佳佳.复杂地质条件下水利工程基础处理技术应用研究[C]//广西网络安全和信息化联合会.第六届工程技术与数字化转型学术交流会议论文集.杭州中邦生态环境有限公司,2025:170-172.