

# 水利水电施工中的高压喷射灌浆技术

历睿鑫

新疆花城勘测设计研究有限责任公司 新疆 伊宁 835000

**摘要：**高压喷射灌浆技术在水利水电施工中具有显著作用，该技术通过高压水或浆液切割、破碎土体并混合水泥浆液形成固结体，提高地基承载力和防渗能力。文章介绍了高压喷射灌浆技术的原理、特点与优势，并详细分析了其在地基加固和防渗处理中的应用场景。通过对堤坝工程防渗加固、钻孔与插管、喷浆与提升以及清洗与检查等施工环节的阐述，展现了高压喷射灌浆技术的施工流程。同时，还探讨了浆体质量控制与优化措施，为水利水电工程的施工提供参考。

**关键词：**水利水电工程；高压喷射灌浆技术；施工难点；应用措施

## 1 水利水电施工中的高压喷射灌浆技术概述

### 1.1 技术原理

高压喷射灌浆技术是一种在水利水电施工中广泛应用的地基加固和防渗技术。其技术原理主要是利用高压水或高压浆液形成高速喷射流束，这些流束具有强大的冲击力，能够切割、破碎地层中的土体。在喷射的同时，将水泥基质浆液充填、掺混到被切割、破碎的土体中，使浆液与土粒掺和凝结，形成板桩或板墙体的凝固体。这一过程改变了原地层的结构或将其全置换成新复合材料结构，从而提高了地基的承载力和防渗能力，达到了加固地基和防渗的目的。在高压喷射灌浆技术的实际操作中，首先需要使用钻机或其他造孔设备在预定的土层深度钻孔，然后将带有喷头的注浆管下至土层的预定深度。接下来，通过高压水泵或高压泥浆泵将浆液以极高的压力从喷嘴中射出，形成强大的喷射流束。这一流束在冲击和破坏预定深度地层的土体的同时，也将水泥浆等固化浆液高压喷射到周围土体中，使其与土体达到有效的固化，从而形成一定性能和强度的固结体。

### 1.2 技术特点与优势

高压喷射灌浆技术具有一系列显著的技术特点和优势：（1）技术特点方面，高压喷射灌浆技术施工简便，具有广泛的适用性。它不仅可用于加固地基，提高地基的承载力，还可以用于形成防渗墙，增强工程的抗渗性能。此外，该技术还能够根据不同的施工环境和要求，灵活调整高压喷射的速率和浆液配比，以满足不同工程的实际需求<sup>[1]</sup>。（2）技术优势方面，首先，高压喷射灌浆技术能够在不改变工程结构与基础条件的情况下，优化工程的抗渗性能。这对于水利水电工程来说尤为重要，因为这类工程往往需要承受巨大的水压和渗流作用。其次，该技术形成的固结体具有较高的强度和

稳定性，能够有效增强土层结构的安全稳固性。再次，高压喷射灌浆技术的施工成本相对较低，原材料（如水泥）的采购成本偏低，且机械设施的占地空间有限，有利于降低工程的总体造价。最后，该技术还具有较好的耐久性，能够长期保持工程的稳定性和安全性。

## 2 高压喷射灌浆技术在水利水电施工中的应用场景

### 2.1 地基加固

在水利水电工程中，地基的稳定性是整个工程安全的基础。高压喷射灌浆技术作为一种高效的地基加固手段，在水利水电施工中发挥着至关重要的作用。在地基加固方面，高压喷射灌浆技术通过高压喷射出的浆液，能够深入地基的软弱层或松散层中，将其中的土体切割、破碎并与浆液充分混合，形成具有较高强度和稳定性的固结体。这些固结体不仅能够有效地提高地基的承载力，还能够增强地基的整体性和抗变形能力。此外，高压喷射灌浆技术还能够通过调整喷射的压力、速率和浆液配比等参数，实现对地基加固效果的精确控制，从而满足不同工程对地基承载力和稳定性的要求。在实际应用中，高压喷射灌浆技术常用于水利水电工程中的大坝、堤防、水电站等建筑物的地基加固。例如，在大坝工程中，由于大坝需要承受巨大的水压力和自重，地基的稳定性尤为重要。通过高压喷射灌浆技术，可以在大坝地基中形成连续的固结体，提高地基的承载力，防止大坝因地基失稳而发生坍塌或滑坡等安全事故。同时，该技术还能够减少地基的沉降和变形，保证大坝的稳定运行。

### 2.2 防渗处理

在水利水电工程中，防渗处理是确保工程安全稳定运行的关键环节。由于水利水电工程往往处于水体环境中，受到水流的冲刷、渗透等作用，如果工程防渗措施

不到位,很容易发生渗漏现象,导致工程结构受损、水资源浪费甚至安全事故的发生。高压喷射灌浆技术作为一种高效的防渗处理技术,在水利水电施工中得到了广泛应用。在防渗处理方面,高压喷射灌浆技术通过高压喷射出的浆液,能够形成连续的防渗墙或防渗帷幕。这些防渗结构能够有效地阻断水流对工程的渗透作用,提高工程的抗渗性能;高压喷射灌浆技术还能够根据工程的具体需求和地质条件,调整喷射的压力、速率和浆液配比等参数,实现对防渗效果的精确控制。在堤防工程中,高压喷射灌浆技术同样发挥着重要的作用。由于堤防工程长期处于水体环境中,受到水流的冲刷和渗透作用,容易发生渗漏现象。通过高压喷射灌浆技术,可以在堤防内部或外部形成连续的防渗帷幕,提高堤防的抗渗性能。同时,该技术还能够用于加固堤防的薄弱环节,提高堤防的整体稳定性和安全性<sup>[2]</sup>。

### 3 高压喷射灌浆技术在水利水电施工中的应用

#### 3.1 堤坝工程防渗加固

在水利水电工程的堤坝建设与维护中,防渗加固是保障堤坝安全与稳定的关键任务,高压喷射灌浆技术在此发挥着核心作用。堤坝长期受到水压力、渗流以及外部环境因素的影响,极易出现渗漏、管涌等问题,严重威胁堤坝的安全。通过高压喷射灌浆技术,能够在堤坝内部构建起可靠的防渗结构,有效阻止水体渗透,增强堤坝的整体稳定性。在实际应用中,针对不同的堤坝材质与地质条件,会灵活选用旋喷、定喷或摆喷方式。对于土质堤坝,若渗漏情况较为严重且范围较大,常采用定喷方式形成连续的板状防渗墙,能够大面积截断渗漏通道。而在砂性土堤坝中,旋喷形成的圆柱状桩体可以与土体紧密结合,既起到防渗作用,又能增强地基承载能力。例如,某地区的防洪堤坝,由于地基土质疏松且长期受河水浸泡,出现了多处渗漏点。采用高压喷射灌浆技术进行防渗加固时,在渗漏区域采用定喷方式,沿着堤坝轴线方向,以特定间距布置喷射孔,成功构建了一道坚固的防渗帷幕。经过后续监测,堤坝渗漏量大幅降低,有效保障了防洪安全。

#### 3.2 钻孔与插管

钻孔的精准度与插管的顺利程度直接影响后续喷浆效果与工程质量。在钻孔作业前,需根据设计要求,利用专业测量仪器准确确定钻孔位置,并做好标记。钻孔设备的选择依据地质条件而定,对于较软土层,可选用回转式钻机;在坚硬岩石或砂卵石地层中,则采用冲击式钻机更为合适。钻孔过程中,要严格控制钻孔垂直度,确保偏差在允许范围内,防止因钻孔倾斜导致喷射

范围偏离设计要求。当钻孔达到设计深度后,需进行清孔操作,清除孔内的岩屑、泥土等杂物,保证孔壁的清洁与光滑。随后进行插管作业,将喷射管缓慢插入钻孔内,直至到达孔底设计位置。插管过程中要注意避免喷射管受损,确保其密封性良好。同时,要对喷射管的插入深度进行准确测量与记录,以便后续施工参数的调整与控制。例如,在某大型水利枢纽的堤坝施工中,为保证钻孔与插管的质量,采用了先进的自动导向钻孔设备,大大提高了钻孔的垂直度与定位精度,为后续高压喷射灌浆施工奠定了坚实基础。

#### 3.3 喷浆与提升

喷浆与提升是高压喷射灌浆技术的核心施工环节,直接决定了加固与防渗效果。当喷射管准确就位后,通过高压泵将水泥浆液或其他加固材料以高压状态喷射出去。喷射压力通常可达20-40MPa,高速喷射流具有强大的冲击力,能够瞬间切割、破碎周围土体,并与之充分混合。在喷浆过程中,要根据不同的喷射方式(旋喷、定喷、摆喷),调整喷射管的旋转速度、摆动角度等参数。例如,旋喷时,喷射管以一定速度匀速旋转,使浆液在土体中形成圆柱状加固体;定喷时,喷射管固定不动,仅作水平方向的喷射,形成板状防渗体;摆喷则是喷射管在一定角度范围内往复摆动喷射,形成折线状或扇形防渗结构<sup>[3]</sup>。与此同时,喷射管按照设计的提升速度缓慢向上提升,一般提升速度控制在10-30cm/min。提升过程要保持匀速稳定,避免出现忽快忽慢或停顿现象,以确保加固体的连续性与均匀性。在某中型水库的大坝防渗加固工程中,通过精确控制喷浆压力、喷射角度以及提升速度,成功在坝体中形成了高质量的防渗墙,有效解决了大坝渗漏问题。

#### 3.4 清洗与检查

清洗与检查是高压喷射灌浆技术施工完成后的重要收尾工作,对于保障工程质量与后续运行安全意义重大。施工结束后,首先要对喷射设备、管道等进行全面清洗,清除残留的水泥浆液,防止其凝固堵塞设备与管道,影响设备使用寿命与下次施工。清洗过程中,通常采用高压水冲洗与化学清洗剂相结合的方式,确保设备与管道内部清洁干净。随后进行工程质量检查,检查内容包括防渗效果检查、加固体强度检查等。防渗效果检查一般采用注水试验、压水试验等方法,通过测量渗漏量来判断防渗结构是否满足设计要求。对于加固体强度检查,可在施工现场预留试块,养护至规定龄期后进行抗压强度试验,也可采用钻芯取样的方式,对加固体内部结构与强度进行直接检测。例如,在某河道整治工程

的堤坝加固项目中,施工完成后通过注水试验,发现渗流量远低于设计允许值,且钻芯取样检测结果显示加固体强度满足设计标准,表明高压喷射灌浆施工质量合格,达到了预期的防渗加固效果。

#### 4 水利水电施工中高压喷射灌浆技术的质量控制与优化

##### 4.1 浆体的可泵性与保水性处理

在水利水电施工中,高压喷射灌浆技术的浆体质量直接关系到防渗加固效果。浆体的可泵性和保水性是评价浆体质量的重要指标。可泵性决定了浆体能否顺利、连续地被泵送到预定位置,而保水性则关系到浆体在喷射过程中能否保持足够的水分,以确保其与土体充分混合并固化形成稳定的防渗结构;为了提高浆体的可泵性,通常需要对浆体进行适当的稀释和添加流变剂。稀释可以降低浆体的粘度,使其更易于流动;而流变剂的添加则可以改善浆体的流动性,减少泵送过程中的阻力。然而,稀释和流变剂的添加需要控制在一定范围内,以避免过度稀释导致浆体强度下降或流变剂过多影响浆体的固化效果;浆体的保水性处理主要通过添加保水剂或调整浆体配比来实现。保水剂能够吸收并保持一定的水分,防止浆体在喷射过程中因水分蒸发而过度干燥。同时,合理的浆体配比也可以提高浆体的保水性,确保其在喷射过程中保持适宜的水分含量。在实际施工中,需要根据工程要求和地质条件,对浆体的可泵性和保水性进行综合考虑和优化,以确保高压喷射灌浆技术的施工质量。

##### 4.2 膨化剂的添加与浆体干缩情况的改善

膨化剂的添加是高压喷射灌浆技术中优化浆体性能的重要手段之一。膨化剂能够在浆体中产生微小的气泡,增加浆体的体积和膨胀性,从而改善浆体与土体的混合效果,提高防渗结构的密实度和稳定性;膨化剂的添加量需要根据工程要求和地质条件进行精确控制。添加过多会导致浆体体积膨胀过大,影响防渗结构的均匀性和稳定性;而添加过少则可能无法达到预期的膨化效果<sup>[4]</sup>。因此,在实际施工中,需要对膨化剂的添加量进行严格控制和监测,以确保浆体的膨化效果符合设计要求。在浆体固化过程中,由于水分蒸发和体积收缩,容

易导致防渗结构出现裂缝和渗漏问题。膨化剂的添加可以增加浆体的体积稳定性,减少干缩裂缝的产生,提高防渗结构的耐久性和安全性。

##### 4.3 防渗墙位置与钻孔参数的精确控制

在水利水电施工中,高压喷射灌浆技术形成的防渗墙位置与钻孔参数的精确控制是确保防渗加固效果的关键。钻孔参数的精确控制包括钻孔位置、深度、角度和直径等。钻孔位置的准确性直接影响到防渗墙的位置和形状;钻孔深度和角度则需要根据地质条件和防渗要求来确定,以确保浆液能够充分渗透到预定深度并形成连续的防渗结构;钻孔直径则需要与注浆管的直径相匹配,以确保浆液能够顺利注入土体并形成稳定的防渗帷幕。为了实现防渗墙位置与钻孔参数的精确控制,需要采用先进的施工设备和监测技术。例如,使用GPS定位系统和激光测距仪等高精度设备来确定钻孔位置和深度;采用倾斜仪和测斜仪等监测设备来实时监测钻孔角度和偏差;同时,还需要对钻孔过程中的土样进行分析和测试,以了解土体的性质和特点,为后续的喷浆与提升工作提供准确的数据支持。通过精确控制防渗墙位置和钻孔参数,可以确保高压喷射灌浆技术的施工质量,提高水利水电工程的防渗加固效果。

##### 结束语

综上所述,高压喷射灌浆技术在水利水电施工中发挥着至关重要的作用。通过精确控制防渗墙位置和钻孔参数,优化浆体性能,可以确保高压喷射灌浆技术的施工质量,提高水利水电工程的防渗加固效果。随着技术的不断进步和工程实践的积累,高压喷射灌浆技术将在水利水电领域得到更广泛的应用和发展。

##### 参考文献

- [1]张秀娟.高压喷射灌浆技术在水库防渗加固中的应用[J].黑龙江水利科技,2023,51(04):122-125.
- [2]程雄辉.高压喷射灌浆技术在病险坝防渗加固中的应用[J].科技创新与应用,2022,12(33):48-51.
- [3]苑广会.高压喷射灌浆技术在水利水电施工中的应用[J].云南水力发电,2022,38(10):234-236.
- [4]杜翔宇.水利水电施工中的高压喷射灌浆技术解析[J].智能城市,2021,7(06):45-46.