

# 劈裂灌浆在雄安新区某堤防工程中的应用

郑 博

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司 天津 300220

**摘要:** 雄安新区某堤防防洪治理工程中,部分堤段采用原堤加高的方式进行加固处理,由于原堤堤身土体密实度较差,局部可见鼠洞、蚁穴等,固采用劈裂灌浆的方式对原堤进行加固处理。劈裂灌浆作为一种重要的堤防加固技术,在实践中得到了广泛的应用。论文将结合工程实例详细阐述劈裂灌浆在堤防加固工程中的应用及其重要性。

**关键词:** 劈裂灌浆; 袖阀管; 堤防加固工程

## 引言

劈裂灌浆技术是一种新型的加固技术,它利用高压力将泥浆注入土体中,使土体在一定范围内被劈裂,形成连续的浆脉。通过控制灌浆的压力和时间,可以有效地控制浆液的扩散范围和灌浆深度,达到加固堤防的目的。该技术具有施工简便、快速、加固效果显著等优点,因此在堤防加固工程中得到了广泛应用。

### 1 工程概况

雄安新区某堤防防洪治理工程,位于安新县境内,防洪标准为200年一遇,堤防级别为1级堤防,合理使用年限为100年。堤防加固型式分为两种,分别为新建堤防与原堤加高。

原堤加高段堤身土体密实度较差,局部可见鼠洞、蚁穴等局部可见鼠洞、蚁穴等,固采用劈裂灌浆的方式对原堤进行加固处理。

### 2 工程地质

根据地质勘察成果及区域地质资料,工程区地层主要为第四系人工堆积( $Q^s$ ),第四系全新统冲洪积( $Q^{3alp}_4$ ),第四系全新统冲湖积( $Q^{2all}_4$ ),第四系全新统冲洪积( $Q^{1alp}_4$ ),第四系上更新统冲洪积( $Q^{alp}_3$ )地层。岩性主要有中粗砂、粉细砂、砂壤土、壤土、黏土及素填土、杂填土等。

堤防沿淀区而建,现有堤身已经硬化且两边大部已经绿化呈景观。景区段及临近村庄附近堤身局部可见鼠洞、蚁穴等现象,局部坡比相对较陡。

堤身土体为第四系人工堆积,主要由杂填土及素填土构成,土体呈棕黄~黄褐色。杂填土厚度一般0.2~0.5m,主要为堤顶路基硬化路面,含有碎石、砂及砖块等建筑垃圾。素填土主要以壤土为主,局部夹黏土和砂壤土,干~湿,多呈坚硬~可塑状态。

通过调查、钻探和物探成果发现,现有堤防主要存在以下几个方面问题:1)堤身土体局部压实度不够,由

堤身土体试验资料可知,局部土体干密度较低;由地质雷达结果可知,局部堤身土体密实度较差。2)堤防沿淀区而建,现有堤身已经硬化且两边大部已经绿化为景观,堤顶路面现为景区交通道路,堤身两侧局部存在亏坡现象,部分地段分布水坑。3)对于临近景区段堤身局部可见鼠洞、蚁穴等现象。

## 3 劈裂灌浆技术的原理、特点及设计

### 3.1 劈裂灌浆技术的原理

劈裂灌浆技术是一种加固技术,主要利用水泥泥浆的强度和凝固性,以及土体的可劈裂性,通过压力差来实现土体的劈裂。其原理是将压力较高的泥浆注入土体中,当泥浆在压力作用下进入土体时,会在压力作用下向周围扩散,同时将土体劈裂,形成垂直或倾斜的帷幕。随着泥浆的注入和凝固,帷幕的强度和防渗性能会逐渐提高,从而防止水流渗透和土体变形。

### 3.2 劈裂灌浆技术的特点

1)施工简便。劈裂灌浆技术施工设备简单,操作方便,易于掌握。在施工过程中,不需要复杂的施工设备和繁琐的操作程序,能够快速地进行施工。这使得该技术在应急抢险和快速施工方面具有很大的优势。2)成本低。劈裂灌浆技术所需的材料和设备成本较低,具有很好的经济性。与传统的加固技术相比,该技术不需要大量的钢筋、水泥等材料,因此成本较低。此外,该技术的施工周期也较短,能够节省人力和物力成本<sup>[1]</sup>。3)效果好。通过劈裂灌浆技术形成的帷幕具有良好的防渗效果,能够有效地提高堤防的稳定性。该技术能够针对堤防中的软弱土层进行加固,形成一层致密的帷幕,有效地防止水流的渗透和土体的变形。这能够显著提高堤防的整体强度和稳定性。4)环保性。劈裂灌浆技术施工过程中产生的噪音和污染较小,具有较好的环保性。该技术的施工设备简单,操作方便,因此不会产生大量的噪音和污染。此外,该技术使用的材料主要为泥浆,与传

统的加固技术相比,具有更好的环保性能<sup>[2]</sup>。

### 3.3 劈裂灌浆设计

沿堤顶双排布孔,钻孔位置以现状堤顶中轴线为基准,距堤顶中轴线各1.5m,两排灌浆孔孔距3m。按梅花形布孔,本次设计采用每排孔距3.0m。造孔时终孔直径75mm,造孔深至隐患部位以下2.0m。根据在原堤上进行灌浆处理的设计思路,和现状堤防高度,平均造孔深采用10.0m。灌浆土料采用黏土,

### 4 劈裂灌浆施工

劈裂灌浆采用袖阀管灌浆工艺,施工过程为:测量放线—钻机成孔—注套壳料—插入袖阀管(底部接封堵器,上部接管盖)—待凝—清洗袖阀管腔插入注浆管芯—配制水泥浆—分点注浆—清洗袖阀管腔—待凝结。

1) 钻孔。采用套管护壁钻进成孔,钻进深度应达到注浆固结段高度。在钻孔过程中要做好记录,以供注浆作业参考。2) 下管。根据注浆要求,在注浆部位下B型注浆管,非注浆部位下A型注浆管。首先在连接好的注浆管底部加下闷盖,将注浆管下入注浆钻孔中,要确保注浆管下到孔底,上部要高出地面,然后在注浆管中加满水,利用重力作用,使注浆管不会浮起,之后将套管缓慢地提出,最后在注浆管上部盖上闷盖,以防止杂物进入注浆管,影响注浆作业质量。为使套壳料的厚度均匀,应使袖阀管位于钻孔的中心。3) 封孔。套管拔出后,浇注套壳料。套壳料的作用是封闭袖阀管与钻孔壁之间的环状空间,防止灌浆时浆液流窜,套壳在规定的灌浆段范围内受到破碎而开环,逼使灌浆浆液在一个灌浆段范围内进入地层。用套壳料置换孔内泥浆,在地面1m处以下采用砂或碎石填充,在地面1m处以上至地面段和孔口周围采用土工布封堵,以防止注浆过程中冒浆现象发生。4) 注浆。灌浆采用纯压式灌浆方式进行。注浆管下至距离孔底1m处,自下而上分段灌浆。当孔底段经过多次灌注、灌浆量或灌浆孔口压力达到设计要求时,提升注浆管4m,继续上面一段的灌浆,直至灌浆达到结束标准。劈裂灌浆应先用稀浆(密度 $1.2\text{g}/\text{cm}^3\sim 1.4\text{g}/\text{cm}^3$ )开始灌注,灌浆压力由小到大缓慢提升,直至达到起裂压力,堤身发生劈裂,孔口压力出现下降或负压,及时调整至正常压力并加大浆液密度,继续灌浆。全部灌浆过程中,灌浆压力不得大于灌浆控制压力。灌浆控制压力 $0.12\text{MPa}$ ,设计灌浆压力 $0.07\text{MPa}$ ,结合现场灌浆试验确定。5) 灌浆结束。当浆液升至孔口经连续复灌3次不再吃浆时即可终止灌浆。灌浆孔灌浆结束后,应及时进行封孔,方法为将灌浆管拔出,当每孔灌完后可将注浆管拔出,注满容重大于 $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ 的稠浆,如果浆面

下降,可继续灌注稠浆,直至浆面升至堤顶不再下降为止,待孔口完全析水后,应用含水率适中的制浆土料将孔口回填捣实整平。

### 5 劈裂灌浆在堤防加固工程中的应用问题

#### 5.1 灌浆压力控制问题

在劈裂灌浆过程中,灌浆压力的控制是非常重要的。如果压力过小,浆液无法充分渗透到堤防内部,形成不了连续墙体;如果压力过大,则可能会破坏堤防表面,导致墙体开裂等问题。因此,在劈裂灌浆过程中,需要根据实际情况选择合适的灌浆压力<sup>[3]</sup>。然而,在实际应用中,由于对堤防的实际情况了解不足或者操作不当,往往会出现灌浆压力控制不当的问题。

#### 5.2 灌浆材料问题

劈裂灌浆的灌浆材料也是影响加固效果的重要因素。一般来说,灌浆材料应当具有较好的渗透性、凝固性和强度。然而,在实际应用中,往往会出现灌浆材料不合格或者不匹配的问题。例如,有些灌浆材料中含有过多的杂质或者水分,导致墙体形成不均匀或者开裂;有些灌浆材料则强度不足,无法满足加固要求。

#### 5.3 堤防地质条件问题

堤防地质条件也是影响劈裂灌浆效果的重要因素。如果堤防地质条件不良,如存在软土层、破碎带等问题,就会影响劈裂灌浆的效果。例如,在软土层中灌浆,由于土层松软,浆液无法充分渗透到土层中,形成不了连续墙体;在破碎带中灌浆,则可能会造成墙体开裂等问题。

#### 5.4 施工操作问题

在劈裂灌浆过程中,施工操作不当也会导致一些问题<sup>[4]</sup>。例如,在灌浆前没有进行充分的准备工作,导致灌浆过程中出现各种意外情况;在灌浆过程中没有按照规定的工艺流程进行操作,导致墙体形成不均匀或者开裂;在灌浆完成后没有进行必要的养护和维护,导致墙体损坏或者失效。

### 6 劈裂灌浆在堤防加固工程中的应用措施

#### 6.1 加强地质勘察工作

在进行劈裂灌浆前,对堤防进行详细的地质勘察工作是非常重要的。通过地质勘察,可以了解堤防的地质条件和土层分布情况,包括软土层、破碎带等不良地质条件的分布和性质。这些信息对于制定合适的劈裂灌浆方案和确定灌浆参数具有非常重要的指导作用。

#### 6.2 选择合适的灌浆材料

除了地质勘察外,选择合适的灌浆材料也是劈裂灌浆效果的关键。需要选择符合要求的灌浆材料,并且严

格控制材料的配合比和质量。常用的灌浆材料包括水泥、粉煤灰、水玻璃等。其中,水泥是最常用的灌浆材料之一,具有强度高、稳定性好等优点。但是,水泥容易干缩开裂,需要添加适量的粉煤灰或水玻璃等材料进行改善。在选择灌浆材料时,需要考虑以下几个方面:

1) 材料的性质: 需要根据堤防的特性和要求选择合适的灌浆材料。例如,对于要求强度较高的堤防,可以选择水泥作为主要灌浆材料;对于要求防水性能较好的堤防,可以选择水玻璃作为主要灌浆材料<sup>[5]</sup>。2) 材料的配合比: 需要选择合适的材料配合比,以确保灌浆效果和防止浪费。配合比需要根据堤防的特性和要求进行选择,同时还需要考虑材料的可操作性和经济性等因素。3) 材料的质量: 需要选择质量稳定、可靠的灌浆材料,以确保其性能和使用效果。需要对材料进行质量检验和控制,避免使用不合格的材料。4) 材料的注入量和使用时间: 需要对材料的注入量和使用时间进行严格的控制。注入量需要根据堤防的体积和要求进行计算和控制,以确保灌浆效果和防止浪费。使用时间也需要进行控制,以避免材料过早固化或过晚固化导致灌浆效果不佳。

### 6.3 严格控制灌浆压力和施工工艺

在劈裂灌浆过程中,灌浆压力和施工工艺是影响加固效果的关键因素。为了确保堤防加固工程的质量和效果,必须对灌浆压力和施工工艺进行严格控制。1) 选择合适的灌浆压力。灌浆压力是影响劈裂灌浆效果的重要因素。在选择灌浆压力时,需要考虑土体性质、施工条件和加固要求等多个因素。一般来说,灌浆压力应该根据土体的破坏压力和孔隙水压力来确定。在实际施工过程中,可以通过试验和计算来确定合适的灌浆压力。2) 控制施工工艺。劈裂灌浆的施工工艺包括钻孔、灌浆、封孔等环节。在施工过程中,需要加强对各个环节的控制和管理,确保施工操作的规范性和准确性。具体措施包括:第一,钻孔: 钻孔是劈裂灌浆施工的第一步。需要根据设计要求确定钻孔的位置和深度。在钻孔过程中,需要加强对钻孔设备的维护和管理,确保钻孔的垂直度和深度符合设计要求。第二,灌浆: 灌浆是劈裂灌浆施工的核心环节。在灌浆过程中,需要控制灌浆的压力和速度,确保浆液能够充分渗透到土体中。同时,需

要加强对灌浆设备的检查和维护,确保设备的正常运行。第三,封孔: 封孔是劈裂灌浆施工的最后一步。在封孔过程中,需要选择合适的材料和方法,确保封孔的质量和效果。同时,需要对封孔后的墙体进行必要的养护和维护,以保持墙体的稳定性和强度。

### 6.4 灌浆后检验

灌浆结束后,对部分灌浆孔进行开挖检测,可以直观地看到泥浆向四周扩散的情况。这说明浆液已经成功地对土层进行了劈裂,并对堤内孔洞进行了填充。灌浆后检验不仅能够有效地提高堤身的抗渗性能和稳定性,还能够延长堤防的使用寿命。

### 结语

劈裂灌浆在堤防加固工程中具有广泛的应用价值,但在实际应用中也存在一些问题。为了解决这些问题,需要加强堤防地质勘察、选择合适的灌浆材料、严格控制灌浆压力和施工工艺、加强施工过程中的质量控制以及加强后期的维护和管理等措施。只有这样,才能充分发挥劈裂灌浆技术在堤防加固工程中的作用,提高堤防的稳定性和安全性。通过劈裂灌浆在雄安新区某堤防工程中的应用,可见劈裂灌浆在堤身加固中的应用是可行的、理想的,具有经济性、环保性与实用性。

### 参考文献

- [1]曹亮,王建华,许新骥.劈裂灌浆技术在堤防加固工程中的应用研究[J].中国水利水电科学研究院学报,2020,18(3):239-244.
- [2]王海波,王宇,王立彬.劈裂灌浆技术在辽河流域堤防加固工程中的应用及效果分析[J].水利与建筑工程学报,2021,19(1):18-23.
- [3]孟凡奇,刘全胜,王云.基于数值模拟的劈裂灌浆技术在堤防加固工程中的应用研究[J].中国水利水电科学研究院学报,2021,19(2):176-181.
- [4]高玉琴,张世华,张俊杰.劈裂灌浆技术在长江流域堤防加固工程中的应用及环境保护[J].水资源保护与管理,2022,20(1):65-70.
- [5]刘健,黄健,李宁.基于有限元分析的劈裂灌浆技术在堤防加固工程中的应用及效果评估[J].水电能源科学,2022,30(4):99-104.