

# 灌浆在河道堤防防渗加固中的应用

于心蕊 于志平

山东省水利工程局有限公司 山东 济南 250013

**摘要:**我国诸多河道工程的堤坝都很容易发生漏水、渗水等问题,这些问题的存在不仅会导致基础结构的强度显著下降,也会使一些断裂部位的填充物发生变形,长此以往,必定会引发十分严重的后果。因此,有必要加强对河道堤防的防渗加固处理。灌浆技术作为当前在河道堤防防渗加固中应用比较广泛的技术之一,应当对其应用效果引起高度重视。

**关键词:**河堤; 防渗加固; 灌浆; 选择

## 引言

现阶段,高压喷射灌浆技术在我国诸多工程领域的应用都非常广泛,其不仅能有效提升工程建设的整体质量,同时还能实现建筑地基强度的进一步增强,防止工程出现沉陷等问题,此外,灌浆技术在堤坝防渗工程、地下工程建设中的应用也是十分常见的。对于灌浆技术在河道堤防防渗加固工程中的应用来说,首先必须制定科学合理的防渗方案,采取适当的施工工艺,并在施工过程中加强对灌浆技术的有效控制,这样才能达到较好的防渗加固效果。



堤防加固如图一所示

## 1 灌浆法的概述

### 1.1 灌浆法的工艺

灌浆技术主要是借助压缩空气对高压喷射水流的包裹,使水流在喷射过程中对土体产生较大的冲击力,主要是利用压缩空气对高压喷射水流的包裹使浆液随着气射流、高压水被带入,与被搅动的土体形成一种混合型的固体物,进而实现对原始土体结构的改造,并以墙体、矮桩等形式呈现,最终达到提升基础结构整体承载性能以及防渗的目标。

### 1.2 灌浆法的功能

灌浆法在实际运用中的主要功效包括以下几个方面:第一是压密功效,高压喷射流在对土体进行切割的时候,往往会在破碎土体的周围产生一些压力,这些压力直接作用于土层,可实现对土层的压实,从而使高喷桩周边结构的抗压强度得到有效提升。第二是渗透固结与填充功效,在灌浆技术应用过程中所采用的高压浆液,可对土体结构中存在的缝隙进行填充和析水固结,此外,还可与砂层相结合形成固结物<sup>[1]</sup>。第三是置换功效,置换法又被称作三重管高喷法,其高速度的喷射水流不仅能实现对土体的分割,还能借助压缩空气把一些已经切割完成的土颗粒排到灌浆孔之外,当土颗粒完全排出之后,剩下的空间可利用浆液进行填补。第四是混合搅拌功效,当操作人员在提升以及转动钻杆的时候,喷射流后方会出现缝隙,而因为受喷出气压的影响,就会导致土粒沿着与喷头移动的相反方向继续移动,最后和泥浆混合到一起,形成一种混合的固体物。

### 1.3 灌浆法的主要类型

根据喷射介质的差异性,可将灌浆技术划分为三管法、二管法与单管法等三种,而当前在实际中使用得比较频繁的则是三管法,所谓三管法,指的就是分别对浆、气、水三个介质进行运输的注浆成型管,当使用三管法的时候,可以同时把周围所环绕的气体连同高压水射流管进行一起喷出,以此达到对混凝土主体构件的冲刷破坏效果,在高压水喷头的周围可以增加圆筒形式的空气流达到气、水同时喷射的目标,降低周边物质和喷射水流之间的相互摩擦,同时还能避免水流出现早期雾化现象,使水射流的冲击分割效果得以增强。

### 2 灌浆的工作原理

堤体劈裂混凝土灌浆的主要理论依据是水力劈裂理论,即在建筑土体的孔隙中压水或注浆物形成后,由于产生于孔壁的径向压力导致了孔隙的扩大,使洞室混凝

土体受劈裂挤应力,而当这种应力大于混凝土的抗拉强度之后便会在混凝土体形成一系列裂纹,而这些裂缝的形成过程就叫做水力劈裂<sup>[2]</sup>。水利工程上的大坝为由人工堆砌筑成的长条形砼料建筑物,为梯形截面,但因为受各种天然原因的影响,常产生某些不平衡现象。若向不平衡的堤段造孔或直接向堤体孔内压注泥浆,加之浆液的自身因素,使堤体上沿轴线方向产生一道道或数道的粘土帷幕,则能起到除险固堤的效果。这个施工步骤,人们又称为劈裂注浆成型。

### 3 河堤防渗加固灌浆技术的选择

#### 3.1 堤基防渗加固

建设在透水地基上的堤防,只要背水侧或堤后地面渗流量达到规定要求,或洪峰值附近存在重大漏水、管涌、流土险情时,都应当进行屋顶漏水加固措施。目前,主要采取的方法还有在迎水面一边进行防水渗漏铺盖、混凝土抗渗墙、高压喷射灌浆,以及在背水面的一边填塘固基、设置缓解压井、盖重等高压喷射混凝土砂浆则是首先采用钻头造孔,然后再装入注浆成形管,高压泥浆由喷嘴喷出,所产生的射流分割混凝土体,同时与土壤拌和,在土壤中经冷凝稳定后可实现防渗加固的作用。由于这种注浆成形技术对土层适应性较好,可广泛应用于淤泥、粘土、粉土、细砂土、黄土、元素填土、碎岩石等地基。

#### 3.2 堤身防渗加固

堤体发生渗漏破裂主要表现形式为散浸漏洞、堤体漏洞、跌窝、集中线性渗流等类型,通常可针对渗漏破裂类型选用合理的屋顶渗漏处理方法。散浸渗漏可在迎水面侧采用屋顶漏水斜砌、锥探注浆成形、机械吹填、放淤固堤等办法。而堤体渗漏、跌窝险情则可通过充填注浆成形、翻挖回填等方式解决集中的线性渗流问题可以通过高压喷射注浆成形、静压灌浆等方式解决<sup>[3]</sup>。劈裂灌浆也是一个很有效的解决方式,主要用作在堤体上填筑地基品质较差、隐患多的土堤,也可用作沙性土、粘性土壤堤基的解决。用这种注浆成形技术沿堤体轴线钻孔,并施以适当水压后,以小主应力面劈开堤体,灌入的浆液沿劈裂表面构成了连续的水泥墙帷幕。

### 4 河堤防渗加固灌浆施工应用

#### 4.1 堤基高压喷射灌浆施工应用

4.1.1 设备选型与配套其工艺形式也比较多,分为旋喷法、摆喷法和定喷法等三个类型,而根据管数,又分成单管法、双管法、三管法、多管法等。旋喷法形成长筒状凝聚体,摆喷法形成哑钟状凝聚体,定喷法形成板状凝聚体。而单管法主要应用于淤泥、流沙等地层。双

管法可用来加固软泥、粉土、砂土、沙砾、卵石等的地基。而三管法可用来加固除淤泥土层以外的软弱地基、砂土、卵石地基等。多管法为全置换法,而另外三种为零点五置换法。

#### 4.1.2 灌浆材料与选择

一般来说,高压喷射混凝土灌浆主要选用普通水泥浆,也可以按照要求选用速凝水泥浆、水泥综合利用水泥浆、粘土水泥浆。选择浆液后,要按照固结体高度、稳定年限等选用合适的泥浆种类。

#### 4.1.3 工艺参数选择

备选型后,首先必须选定水、空气、泥浆等的参数及其上升、回转、摆动等的技术参数。然后,再确定孔距、排布量以及喷射行走路线的形态孔距应按照土壤性质来选定,例如中过筛细土、粉砂岩层宜选用较大小孔距,砂卵石、卵漂石岩层宜选用较小孔距。临时施工及一般工程应选用单列孔,重点施工应选用搭设孔以及多列孔。喷射选择的类型包括折线体、摆线型、交叉型、柱列型等。工艺参数须经过生产性实验的确认<sup>[4]</sup>。以三管旋喷工艺为例,工艺参数包括:比较小孔距温度系数 $m$ ;喷管长90mm;孔隙水压为30~60MPa,流速为50~80L/min;压力为0.6~0.8MPa,气量为1~3L/min;泥浆压力为不小于一点五 $g/cm^3$ ,泥浆压力为0.1~温度系数MPa,流速为50~80L/min;上升速率为5~25cm/min(依地层而定);

#### 4.1.4 施工工艺

高压喷射灌浆施工过程包括现场平整、装置安放定位、钻机钻孔、放置喷射管线、喷洒砂浆、管道冲洗、凹穴回填砂浆、移机下一工位等程序。在施工之前,平整现场,开挖排水沟,测量施工放线距离,安放钻头,调试水平。通常要求与钻杆的垂直度误差不大于百分之一一点五<sup>[5]</sup>。钻机通常使用立轴式液压回转钻机,地层使用鱼尾钻机磨损和泥浆固壁土中成孔,砾石地层与基岩,分别使用合金减震弹簧为先、金刚石钻头与磨损成孔法。直接钻探至基岩0.5~1.0m,或直接投入液、气、泥浆(以三管法为例)或喷出泥浆。孔底喷水约1min为宜,并且在孔口冒浆时,先提起喷射管,再随之转动(旋喷法)或摆动(摆喷法)。至桩顶按设计标高下一m慢提,至桩顶正常高度喷浆后数秒,再停送液、气、泥浆,并随之提起喷出管。经测试各参数满足工程设计要求,进行清洗管路。用静压混凝土灌浆填凹穴。后移机于下一孔位安装。

#### 4.2 堤身劈裂灌浆技术施工应用

##### 4.2.1 设备选型与配套

劈裂灌浆技术是在锥探灌浆基础上发展出来的一项新技术,其设备结构与传统锥探灌浆技术基本相同,由

造洞系统、制浆系统、浇注系统及其他附属装置等构成造孔钻机主要包括挤压式、冲击式和回转式，挤压式钻深在十一m之内，冲击式钻深在二十五m之内，而回转式钻深则可达一百m。制浆系统的主要设备是搅浆机，可进行搅浆、拌浆、筛浆等工序浇灌系统的基础为注浆成型泵，是一类专门专用于水土堤坝的泥浆泵。另有将制浆、浇灌系统合二为一，也叫做搅灌泵。附属设施还有抽水泵、贮水桶、管道等。

#### 4.2.2 灌浆材料与选择

劈裂砂浆材料分为水泥浆、粘土砂浆、水泥粘土砂浆、混凝土水玻璃砂浆、水泥粘土砂浆等，一般对堤体防渗加固时使用的粘土砂浆，但根据需求也可选用混凝土或水泥粘土砂浆。现在还有一些作为添加剂用的粘土固化剂能缓解砂浆和粘土的相容性问题，对于大坝防渗效果很好。

#### 4.2.3 工艺参数选择

工艺参数包括孔距、孔深、孔序、泥浆密度、注浆成型压力、水泥灌浆历时、复灌次数、浆幕厚薄等。技术参数选择必须经过灌浆实验的确认，部分技术参数包括：一般为单排布的会孔，孔距10m左右，孔深限制在堤深的二分之一或超过隐患1~2m，孔序3~4，泥浆压力为1.3~1.6g/cm<sup>3</sup>，注浆成型历时为1~1.5年，复灌次数不少于五次，浆幕厚度不低于10厘米。

#### 4.2.4 施工工艺

一般来说，劈裂注浆成型工程一般采取洞底注浆全孔灌浆方法。主要工艺程序有施工准备、布孔、钻孔、分序注浆成形、终灌、终孔等。钻机一般分序钻孔，可干钻或湿钻，以口径为5~6厘米的较好。注浆成型施工时，为形成最大劈裂压力宜在堤顶钻孔附近，设有阻浆塞及护壁套管。设阻浆塞时，也可在堤顶挖深槽，以回填好的土地基。开路用稀浆，堤体劈开后再换浓浆继续灌注浆的成型压力通常包括屈服应力、起裂压力和单孔最大压力，各孔压力因堤结构、水深等而异，并按照实际状况确定<sup>[6]</sup>。灌浆量在每次每孔的零点五m<sup>3</sup>/m之间，

1序水泥灌浆量应达到总注浆成型总量的百分之六十以上。每一次灌浆控制堤坝位移量在1~2cm左右，裂缝应先内劈后外裂。达终灌标准时采用密度超过1.6g/cm<sup>3</sup>的稠浆封孔，1周后再用干土封口压实。

#### 5 施工过程中的注意事项

首先，注浆量以及喷射压力应当按照工程的实际需求进行合理控制，同时，还必须控制好喷嘴的移动方向和移动速度。其次，一旦发现注浆量不够的情况，应当在第一时间利用复喷技术来加以处理。最后，在防渗加固施工环节如果遇到灌浆深度偏大的情况，则应当对浆液流量及压力进行增加，也可适当减小旋转速度，这样才能确保固结体的各方面性能指标均满足规定标准。

#### 结语

综上所述，河堤防渗保护事关着堤坝以下人民群众的生命财产安全，是堤坝管理中的头等大事。河堤防渗加固有许多技术，但从成本与效益角度考虑，灌浆都不失为一项实用有效的技术，所以在本篇中就灌浆施工技术进行了主要阐述，并期待这种技术在河堤的防渗加固施工中得到更良好的运用。

#### 参考文献：

- [1]王复明, 李嘉, 石明生, 等. 堤坝防渗加固新技术研究与应用[J]. 水力发电学报, 2016, 35(12): 1-11.
- [2]赵殿信. 堤防锥探灌浆设计施工参数的分析研究[J]. 治淮, 2016(6): 47, 48.
- [3]范方亮. 粘土固化剂浆液防渗灌浆技术施工工艺和质量控制[J]. 湖南水利水电, 2016(2): 29-31.
- [4]倪友常. 高喷灌浆结合黏土井柱在土坝防渗加固中的应用[J]. 甘肃水利水电技术, 2009, 45(7): 29-31.
- [5]高印军, 陶振常. 高喷灌浆和静压灌浆在电厂接口井防渗加固中的应用[C]. // 水工建筑物水泥灌浆与边坡支护技术. 2007: 276-280.
- [6]史天波, 陈文斌. 高压摆喷灌浆技术在坝基防渗加固修复中的应用[J]. 山西水土保持科技, 2017, (2): 19-21, 27.