

高聚物超薄防渗墙施工设备及工艺改进

郭成超^{1,2}, 杨建超³, 石明生², 蔡兵华⁴, 李忠超⁴, 关欢⁵

(1. 中山大学土木工程学院, 广东 广州 510275; 2. 郑州大学水利科学与工程学院, 河南 郑州 450001;
3. 武陟裕泰房地产开发有限公司, 河南 武陟 454950; 4. 武汉市市政建设集团有限公司, 湖北 武汉 430023;
5. 西南交通大学土木工程学院, 四川 成都 610031)

摘要:针对现行高聚物防渗墙施工中成槽能力有限、槽孔垂度不易控制、连续性和密实性较差等不足,对其设备和工艺进行改进,并对改进后设备及工艺的成墙效果进行了检验。结果表明:双轴测柱式电子水平仪的应用实现了锥头板的精准套孔;在原有的三锥头压槽板基础上,加长引导杆及变固定式锥头为一次性活动式锥头,可提高套孔速度和精度,保证搭接孔垂度及连续性;提升-注浆一体化施工工艺避免了槽孔的坍塌或收缩,保证了墙体的均匀性、连续性和密实性。改进后的高聚物防渗墙施工设备及工艺能够保证高聚物防渗墙的垂度及搭接完整性,提高设备工作效率,加快工程施工进度。

关键词:高聚物防渗墙; 施工设备; 施工工艺; 压槽板

中图分类号:TV543

文献标志码:A

文章编号:1006-7647(2020)03-0068-04

Improvement of construction equipment and technology of super-thin cut-off walls with polymer//GUO Chengchao^{1,2}, YANG Jianchao³, SHI Mingsheng², CAI Binghua⁴, LI Zhongchao⁴, GUAN Huan⁵ (1. School of Civil Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China; 2. School of Water Conservancy Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 3. Wuzhi Yutai Real Estate Development Co., Ltd., Wuzhi 454950, China; 4. Wuhan Municipal Construction Group Co., Ltd., Wuhan 430023, China; 5. School of Civil Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: Aiming at the shortcomings of existing cut-off walls with polymer during construction, including limited trench capacity, difficult verticality, poor continuity and compactness, the improvement for the construction equipment and technology was carried out and the effects were inspected. The results show that the application of the electronic level instrument of biaxial measuring column realizes the accurate hole sleeve of the cone head plate. Lengthening the guide rod and changing the fixed cone head into one-time movable cone head can improve the speed and accuracy of hole insertion and can ensure the verticality and continuity of the overlapping hole. The integrated construction technology of lifting and injection can avoid collapse or shrinkage of the slot hole, and the uniformity, continuity and compactness of the wall can be ensured. The improvement of the construction equipment and the technology of super-thin cut-off walls with polymer can ensure the verticality and lap integrity of the wall, improve the working efficiency of the equipment, accelerate the construction progress.

Key words: cut-off walls with polymer; construction equipment; construction technology; grooved plate

堤坝是水利枢纽工程中的最重要的建筑物之一,也是涉及水利工程安全的关键所在。我国的水利基础设施大多修建于20世纪50~70年代,由于当时技术受限,加之年久失修,造成目前病险率较高,安全形势严峻^[1]。因此,堤坝防渗加固成为国内外的研究热点,其中垂直防渗技术是最为常用的一种堤坝加固技术,该技术是根据我国堤坝防渗加

固的需要,特别是1998年长江、松花江和嫩江特大洪水发生后迫切的防渗加固需求,快速发展起来的防渗加固技术,目前已在堤坝防渗处治上广泛应用^[2-6]。防渗墙加固技术是垂直防渗技术的一种,根据成墙方式的不同,可分为高压喷浆成墙防渗技术、垂直铺塑防渗技术、振动沉模板墙防渗技术、水泥土搅拌桩成墙防渗技术、置换成墙防渗技术等^[1]。但

在实际应用中,尤其是抢险性防渗堵漏中,现有防渗墙加固技术存在形成实际防渗效果的周期长、对堤坝扰动较大、防渗墙自身缺陷等问题,难以满足病险堤坝防渗加固实际需求。从20世纪60年代开始,以聚氨酯为代表的有机高分子化学注浆材料及相应的注浆技术受到国内外学者和工程师的广泛关注^[7-8],其中非水反应类高聚物注浆材料以其施工方便快捷方便、防渗性能优良、材料绿色环保、耐腐蚀、性价比高、抗震抗裂性能好等优点^[9]成为水利工程基础设施防渗加固优先研究发展的高分子化学注浆材料,在实际工程中得到了越来越广泛的应用^[10-12],然而现行的高聚物注浆施工技术仍然在槽孔垂度、成墙连续性等方面存在着不足。

本文通过对高聚物注浆槽孔垂度、套孔精度度进行控制,采用静压成槽方式和提注同步的施工工艺,对高聚物防渗墙的施工设备和工艺进行改造,并对成墙效果进行了检验,可为改善高聚物防渗墙设计及施工提供参考。

1 改进前高聚物防渗墙施工设备和工艺

1.1 施工设备

薄型高聚物防渗帷幕技术是一种新型、高效、经济、实用的堤坝防渗加固方法。由于高聚物材料具有不透水性和良好的韧性,1~3 cm厚的防渗帷幕即可满足防渗要求,为此研制了侧翼板锥头压槽板和三锥头压槽板2种成孔钻具(图1)。

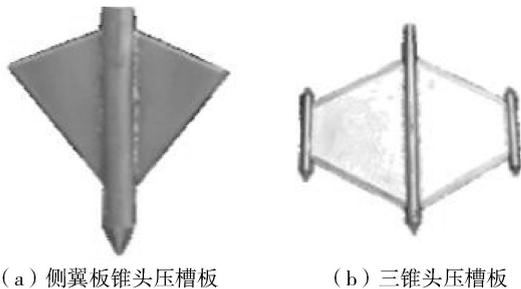


图1 成孔钻具

侧翼板锥头压槽板(图1(a))是在锥式探头的基础上改进而来的。锥式探头直径为40~50 mm,锥尖夹角为60°。探头两侧对称焊接有刃口的三角形钢板,根据需要,两块钢板可以与平行面有0°~25°夹角,压入堤坝中形成V形劈裂孔^[13]。

三锥头压槽板^[14-15](图1(b))整体宽度为500~1200 mm,左右钻杆、中间钻杆均为圆柱形,直径分别为30~40 mm、40~80 mm,高度分别为400~600 mm、800~1000 mm,左右翼板均为等边梯形,厚度为10~30 mm,梯形斜边与底边的夹角为60°~70°。

1.2 施工工艺

由于成孔钻具的不同,防渗墙的施工工艺存在

一定的差异^[14]。

采用侧翼板锥头压槽板形成防渗墙的施工工艺主要包括:设置圆形垂直引导孔;将侧翼板锥头压槽板压入土中一定深度,拔出后形成V形孔模;在孔模中置入注浆管进行注浆;重复上述施工工序,并使相邻V形孔模交叉搭接,注浆完成后即形成搭接连续的超薄高聚物防渗墙。

采用三锥头压槽板形成防渗墙的施工工艺主要包括:布置注浆槽孔;将三锥头压槽板压入土中一定深度,拔出后形成单个注浆槽孔;将三锥头压槽板左钻杆对准前次操作中由右钻杆压制成型的圆形孔,再次压入并拔出后形成连续注浆槽孔;在两个孔模之间的连接孔中,采取布袋注浆的方法封孔,避免浆液串孔;在超薄型孔模中置入注浆管进行注浆;连续重复上述施工工序,注浆完成后即形成连续搭接的超薄高聚物防渗墙。

1.3 成墙效果

侧翼板锥头压槽板和三锥头压槽板的成墙效果如图2所示,可以看出,采用侧翼板锥头压槽板形成的墙体在搭接处存在缝隙(图2(a)),连续性较差,影响实际防渗效果;采用三锥头压槽板形成的墙体的连续性明显得到了改善,搭接处完整性好,但是在局部表面依然存在凹凸不平的现象(图2(b)),竖向的平整性有待提高,这种现象可能是由于成槽和注浆过程分离造成的。



(a) 侧翼板锥头压槽板



(b) 三锥头压槽板

图2 两种成孔钻具的成墙效果

1.4 存在的问题

现行防渗墙加固技术受施工设备和工艺等诸多条件限制,存在如下几方面的问题:

a. 钻具引导杆过短,搭接成槽时难以精准定

位,槽孔的垂度难以精准控制;没有采取有效的垂度控制仪器,难以保证静力压槽时的垂直度,影响成墙后的连续性。

b. 如果成槽时采用的钻具存在初始偏差,则此偏差就会随着成槽深度的增加而累积,这对高聚物成墙的连续性造成不小的影响,极易导致库区堤坝、滨江道路等工程中渗漏水灾害发生。

c. 成槽和注浆过程分离,先成槽后注浆的施工工艺在钻具突然提升过程中,极易造成槽孔内部真空,引起土体的二次扰动,极易引起塌孔、缩孔,导致高聚物成墙不连续,难以达到密实匀质成墙的效果。

2 设备与工艺改进

2.1 设备

针对现有设备存在的问题,主要从以下两方面进行改进。

a. 为了保证静力压槽的垂直度,在静力压槽机的滑道附近安装 Digi-Pas DWL 1000XY 双轴测柱式电子水平仪,如图 3 所示。该电子水平仪具有如下优点:①测量范围为 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$, X 、 Y 轴同步测量;②4 个方位图标指示测量角度(X 、 Y 轴);③分辨率高达 0.1° , 0° 时最高精度可达 $\pm 0.05^{\circ}$, 在其他角度时,精度为 $\pm 0.2^{\circ}$;④在 0° 、 90° 或指定角度时有声音提示。利用双轴测柱式电子水平仪可以对压槽时钻具的垂直度进行精确控制,一旦钻具垂度发生偏差,双轴测柱式电子水平仪就会及时发出蜂鸣声提示,便于对钻具垂度进行调整。



图 3 双轴测柱式电子水平仪

b. 将现行的三锥头压槽板改进为加长引导杆压槽板(图 4)。具体作了如下改进:①加长引导杆,方便后续槽孔施工时实现准确套孔;②将固定式的锥头改造为一次性可活动锥头,与锥头连接的是可分离式软质橡胶棒,为了减小该橡胶棒与土体的摩擦,用聚乙烯材料将其包裹,这样当模具压入指定深度后开始提升,锥头脱离,左侧的锥头孔可以实现模具上下部分的气体交换,避免模具突然提升而产生真空,从而有效地避免塌孔、缩孔;③将现有设备的中间钻杆由实心结构改为中空结构,以便注浆管穿

设和注浆,避免原有施工工艺中成槽后下注浆管过程对孔壁的二次扰动。

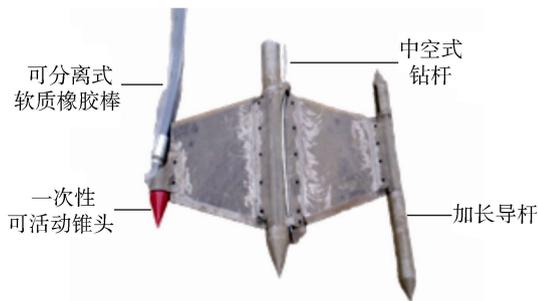


图 4 加长引导杆压槽板

2.2 工艺

针对原有工艺先用模具静压成槽后下注浆管注浆的缺陷,对高聚物注浆成墙工艺进行了改进,提出提注同步的高聚物防渗墙施工工艺(图 5),即在提升成槽板的同时进行高聚物注浆,通过导管提升设备^[13]控制提升速率及注浆压力,有效地避免了原来设备工艺因为拔出模具造成的真空,同时利用了高聚物发生化学反应产生的膨胀力,迅速填满槽孔,防止了塌孔、缩孔的发生,使墙体更加密实均匀。

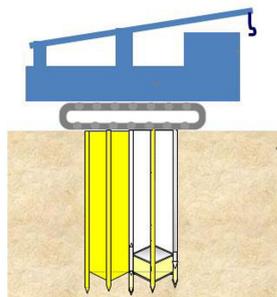


图 5 提注同步高聚物注浆施工工艺

改进后的施工工艺关键在于提升-注浆的一体化,在施工中应注意:①利用静压成槽设备将三锥头槽板模具压入土体;②注浆管深度大于槽孔深度(包含槽孔外加长部分);③采用导管提升设备控制注浆导管提升速率;④采用静力压槽机提升槽具,槽具提升后再利用注浆控制系统进行注浆,形成“注浆—提升—注浆”的循环操作,浆液自下而上通过化学反应体积膨胀,填满槽孔,形成片状高聚物防渗体(图 6)。

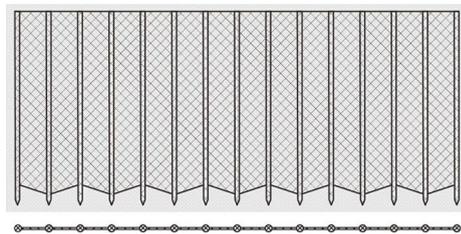


图 6 高聚物防渗墙

2.3 成墙效果

高聚物防渗墙施工执行 DB41/T 712—2011《高聚物防渗墙技术规范》,对改进后的设备和工艺的

成墙效果进行检验。

2.3.1 直观效果

施工完成后高聚物成墙效果如图7所示,目测墙体不仅匀质密实,而且搭接连续,达到预期的成墙效果。与改进前的成墙效果(图2)对比发现,采用改进后的设备及工艺形成的防渗墙在搭接孔位置更加均匀密实,表面凹凸不平的现象几乎没有,即竖向表面的平整性得到提高,固化后的高聚物墙体整体连续性得到明显改善。因此,从直观效果上可直接反映出设备和工艺改进前后成墙效果的区别,说明设备和工艺改进后的先进性。



(a) 局部效果

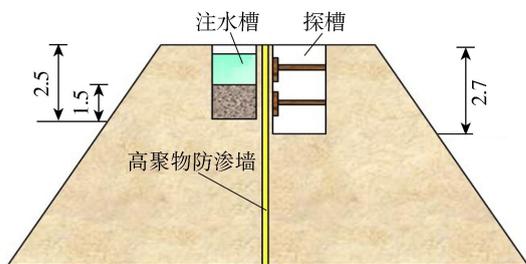


(b) 整体效果

图7 成墙效果

2.3.2 防渗效果

选取一段进行开挖注水试验(图8(a)),在防



(a) 试验示意图(单位:m)



(b) 试验结果

图8 高聚物防渗墙现场渗透试验

渗墙一侧开挖长3.5m,深2.5m,宽1.2m的矩形水槽,为了保持相对较高的水位,并防止贮水槽坍塌,槽内放置1.5m的透水砂层,采取恒水位注水试验,观察防渗墙有无渗漏情况。为防止注水之后墙体坍塌,在探槽内对墙体进行支撑。在注水槽与高聚物防渗墙之间预留15cm的保护土层,加透水砂,然后注水,保持2.5m恒水位。试验后期,由于土体浸水时间较长,开挖水槽边的土体出现裂缝剥落,支撑木板受压发出响声,此时进行抽水,试验结束。

从试验结果(图8(b))可知,经过恒水位渗透试验,深槽内部未出现水渍、潮湿等状况,高聚物防渗墙将注水槽中水全部阻挡在注水槽中,水分子无法穿过防渗墙进入到深槽中,这说明防渗墙体阻水性好,防渗效果达到规范要求。

3 结论

a. 双轴测柱式电子水平仪的应用改进了原有的注浆设备及工艺基础,使锥头板更加精准地实现套孔,避免由于套孔不连续导致墙体搭接不连续。

b. 加长引导杆及活动式锥头的应用,实现了快速的套孔操作,提高了履带式静压成槽的效率;锥头部分搭接的改进,避免了布袋的应用,使搭接孔部分黏结更加均匀,保证了垂度及连续性,有效地实现了防渗功能。

c. 提注一体化施工工艺,不仅加快了工程进度,提高了施工效率,而且利用了高聚物化学反应膨胀固化,提升同时填充了下部槽孔,避免了因为锥头板提升导致的真空,防止槽孔因为真空可能出现的塌孔、缩孔,使墙体的均匀性、连续性、密实性得到保障,为高聚物防渗墙的应用推广提供了技术支持。

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. (WANG Fuming, LI Jia, SHI Mingsheng. New seepage-proof and reinforcing technologies for dikes and dams and their applications [J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2016, 35(12): 1-11. (in Chinese))
- [2] 沈振中, 邱莉婷, 周华雷. 深厚覆盖层上土石坝防渗技术研究进展[J]. 水利水电科技进展, 2015, 35(5): 27-35. (SHEN Zhenzhong, QIU Liting, ZHOU Hualei. Review of seepage control of earth-rockfill dams on thick overburden layer [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2015, 35(5): 27-35. (in Chinese))

(下转第77页)