

3D打印技术在苏州河堤防达标改造工程中的创新与应用

叶茂盛

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要:展示3D打印技术在苏州河堤防达标改造工程中的创新应用。通过三维建模创建预制箱型砌块和生态框的精确模型,选用适合的材料,利用先进的3D打印机进行打印,并进行严格的质量检测。结果表明:该技术提高了工程质量,预制构件连接紧密,增强了堤防稳定性和安全性;提升了工程效率,满足进度要求,缩短施工周期;增强了景观效果,造型多变使堤防与自然环境更融合;降低了成本,减少了模板用量,降低人工成本。此外,3D打印技术还具有制作灵活、低碳环保等优势。该技术在苏州河堤防达标改造工程中取得了显著成效,具有广阔的应用前景。

关键词:3D打印技术;苏州河;堤防达标改造;制作灵活;质量与效率

中图分类号:TV871

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2024)09-0275-04

0 引言

3D打印技术作为一种新兴的制造技术,在各个领域得到了广泛的应用^[1]。在苏州河堤防达标改造工程中,3D打印技术的应用为该工程带来了诸多创新和变革。本文针对3D打印技术在苏州河堤防达标改造工程中的应用进行深入探讨。

1 3D打印技术在苏州河堤防达标改造工程中的应用情况

在苏州河堤防达标改造工程中,采用3D打印技术进行预制箱型砌块和生态框的生产,这在上海市水利工程建设中尚属首例。该技术的应用为工程的顺利实施提供了有力的支持。

1.1 预制箱型砌体方案

在苏州河堤防达标改造工程中,郊野风光及亲水宜居段二级挡墙拟采用预制箱型砌体结构。可装配式预制混凝土砌块结构为生态框,即为箱型砌块,根据设计图纸要求制作钢模进行生产,运至现场进行装配式拼装^[2]。

近期生态框按照河道蓝线布置,不侵占水域和陆域空间,远期待具备实施条件结合景观要求进行

布置,弱化挡墙的概念和水陆的分界线,提升整体景观效果,如图1至图2所示。

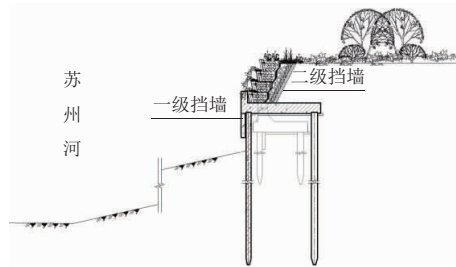


图1 近期预制箱型砌体堤防断面

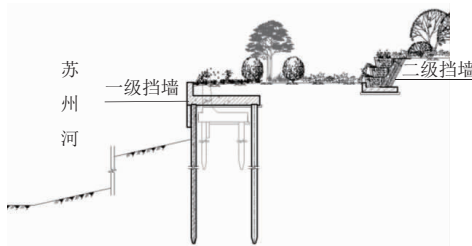


图2 远期预制箱型砌体堤防断面

分级堤防中二级挡墙采用的可装配式结构可采用石笼挡墙和预制混凝土砌块。石笼挡墙施工方便,可水下施工,网笼结构利于生物栖息,生态性好,但受限于石笼的施工质量参差不齐,导致实际效果差异较大;预制混凝土砌块挡墙又包括舒布洛克挡墙、荣勋挡墙和预制混凝土箱型砌块挡墙,其中舒布洛克挡墙和荣勋挡墙由于需要布置一定长度的土工格栅来增加结构的抗滑力,需要较大的开挖面,在苏州河堤防达标改造工程中,二级挡墙采用可装配式预制混凝土

收稿日期:2023-127-27

作者简介:叶茂盛(1982—),男,工学硕士,高级工程师,从事水利设计工作。

砌块结构是合适的,可以靠自重保持墙体稳定,不需要设置土工格栅拉筋,同时保持护岸自身的生态性和景观性,如图3至图5所示。

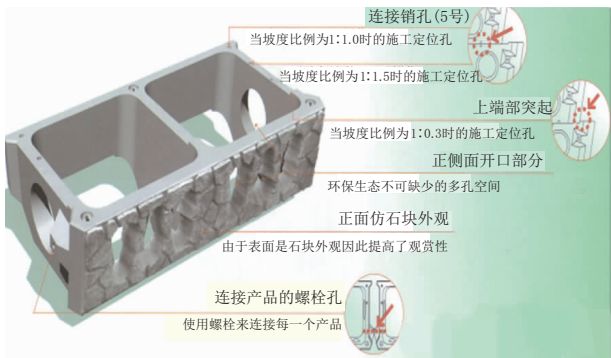


图3 预制箱型砌体



图4 预制箱型砌体堤防远景



图5 预制箱型砌体堤防近景

1.2 3D 打印预制箱型砌块的生产

(1)设计与建模

在苏州河堤防达标改造工程中,首先根据工程需求和设计要求,使用专业的三维建模软件创建预制箱型砌块的精确模型。在模型中,详细定义了砌块的尺寸、形状、内部结构以及连接方式等关键参数。确保模型的准确性和完整性,为后续的打印过程提供可靠的基础。

(2)材料选择

为了确保预制箱型砌块的质量和性能,精心选择了适合3D打印的高强度混凝土材料。这种材料具有优异的力学性能、耐久性和稳定性,能够满足堤防工程对砌块的严格要求。同时,对材料的配比进行了优化,以提高材料的可打印性和成型质量。

(3)打印过程

苏州河堤防工程中采用3D打印机型号为ZT3D-01型^[3]。将创建好的三维模型数据导入先进的3D打印机中。打印机根据预设的参数和路径,逐层堆积混凝土材料,精确地打印出箱型砌块。如图6所示,为3D打印预制箱型砌块的生产车间,在打印过程中,严格控制打印速度、层厚和温度等参数,以确保砌块的打印质量和精度。同时,采用了先进的打印技术,如连续打印和无缝拼接,以提高生产效率和减少接缝处的缺陷。



图6 3D 打印预制箱型砌块的生产

(4)质量检测

打印完成后,对预制箱型砌块进行了全面的质量检测。检测项目包括尺寸精度、表面平整度、强度、耐久性等多个方面。采用了高精度的测量仪器和检测设备,对砌块进行了严格的检验和测试。确保每一块砌块都符合相关标准和设计要求,不合格的砌块将被淘汰或进行修复。

(5)应用效果

预制箱型砌块在苏州河堤防达标改造工程中的应用取得了显著的效果。由于3D打印技术能够实现高精度的制造,砌块之间的连接更加紧密,提高了堤防的稳定性和安全性。同时,预制箱型砌块的生产效率高,能够满足工程进度的要求,缩短了施工周期。此外,通过个性化定制,砌块的形状和尺寸能够更好地适应工程现场的实际情况,减少了施工中的调整和修改,提高了施工效率和质量。

1.3 3D 打印生态框的应用

1.3.1 设计与建模

利用BIM技术进行三维建模,充分考虑了苏州河的生态环境和景观需求。在模型中,精确设计了生态框的壁厚、长度、宽度、高度、造型图案等参数,以确保生态框能够与周围环境相融合,同时具备良好的生态功能。通过三维建模,还可以直观地展示生态框的设计效果,便于进行优化和调整,确保设计方案的可行性和有效性。

1.3.2 材料选择

选择了环保、可降解的材料作为 3D 打印生态框的主要原料。这些材料不仅对环境友好,不会对苏州河的生态系统造成负面影响,而且具有足够的强度和耐久性,能够承受河水的冲刷和外界环境的考验。同时,在材料中添加了一些特殊的添加剂,以提高生态框的生态功能,如促进植物生长、吸附污染物等。

1.3.3 打印过程

通过 3D 打印机将选定的材料逐层打印成生态框的形状。在打印过程中,严格控制打印参数,如打印速度、层厚、温度等,以确保生态框的打印质量和精度。同时,采用了先进的打印技术,如多材料打印和彩色打印,以实现生态框的多功能和美观性。例如,可以在生态框的表面打印出各种图案和纹理,增加其艺术价值和观赏效果。

1.3.4 生态功能实现

生态框内部设计了合理的空间结构,便于填充土壤和植被。在填充土壤和植被时,选择了适合苏州河生态环境的本土植物品种,以促进生态系统的恢复和发展。生态框的表面还设计了一些孔洞和凹槽,为水生生物提供了栖息和繁殖的场所,有助于增加生物多样性。此外,生态框的材料具有一定的吸附性能,能够吸附水中的污染物,改善水质,起到生态修复的作用。

1.3.5 应用效果

3D 打印生态框的应用在苏州河堤防达标改造工程中取得了良好的效果,如图 7 所示。生态框的应用不仅增强了堤防的生态功能,改善了水环境和水生态,还提升了景观效果,使堤防与自然环境更加和谐融合。生态框成为了苏州河沿岸的一道亮丽风景线,吸引了众多游客和居民的关注和喜爱。同时,生态框的应用也为其他水利工程提供了有益的借鉴和参考,推动了水利工程的生态化发展。

2 3D 打印技术的优势

(1)制作灵活

通过 BIM 管理系统,可根据用户需求进行建筑造型、结构和功能的个性化定制。这种灵活性使得预制构件能够更好地满足工程的实际需求,提高了工程的适应性。

(2)质量与效率兼得

3D 打印所需时长比传统预制工艺缩短 70% ~ 80%,全过程由电脑程序操控,打印误差低至 3 ~ 8 mm,

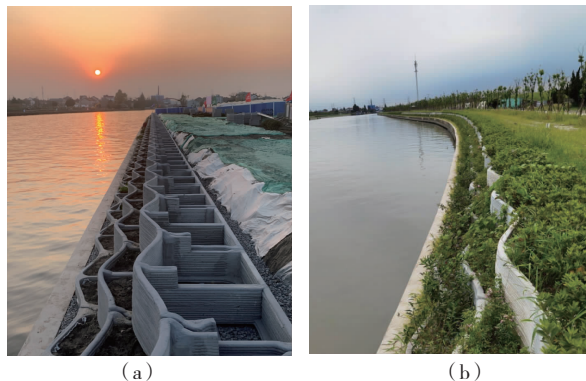


图 7 3D 打印技术在苏州河堤防达标改造工程中的应用
精度远高于传统工艺。这不仅提高了生产效率,还保证了预制构件的质量,为工程的高质量建设奠定了基础。

(3)低碳环保

采用 3D 打印技术可直接打印成型,完全不用模板及配套材料,使得施工现场的建筑垃圾大量减少,现场无泥沙、砖石、粉尘,而且施工噪声污染得到极大改善。同时也降低了人工成本,工日数比传统方式减少 60%~80%。机械施工代替人力施工,降低了人身安全风险,符合绿色环保的发展理念。

(4)造型多变

在苏州河堤防达标改造工程中,采用的箱体外立面为波浪形式,造型优美,同时为了力求线性的多变,如图 8,设计出了大波浪、小波浪、扭面等几种形式,堆放排列时可以错缝形成椭圆形绿化空间、或者箱体平移后退形成条形绿化空间。这种多变的造型为苏州河堤防增添了独特的景观特色,提升了周边环境的美观度。

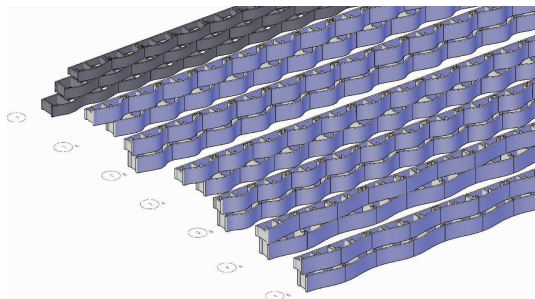


图 8 3D 打印预制箱型砌块立面造型变化

3 3D 打印技术的实施过程

3.1 预制箱型砌块的实施过程

(1)根据工程设计要求,通过 BIM 管理系统进行建模,确定预制箱型砌块的尺寸、形状和结构。

(2)将模型数据传输到网络 3D 打印机中,进行打印生产。

(3)打印完成后,对预制箱型砌块进行质量检

测,确保其符合设计要求。

(4)将合格的预制箱型砌块运输到施工现场,进行安装使用。

3.2 3D 打印生态框的实施过程

(1)前期准备

选定打印设备,进行安装和调试;选定打印材料,进行配合比试验;平整打印场地。

(2)三维设计

利用 BIM 技术在 CAD 设计图的基础上进行建模,确定 3D 打印预制箱型生态框的壁厚、长度、宽度、高度、造型图案等;进行三维分区,做好截面和切片;逐层打印。

(3)切片处理

打印机利用计算机程序读取文件中蕴含的截面信息;将打印材料按照设定打印出来,并将各个截面粘合,制造出实体。

(4)打印材料及配合比试验

选用早期强度高、凝结时间短的水泥材料和粒径较大的骨料;进行混凝土配合比试验,确保混凝土具有良好的流变性、可塑性和早期强度;该工程采用干混砂浆作为打印材料,操作方便灵活^[4]。

(5)电脑程序设定及打印试验

设定打印机打印参数,包括料斗容量、打印速度、层高层厚、出浆量等;进行打印试验,根据试验块成型效果调整电脑程序参数,直至达到满意效果。

(6)正式批量打印成型

试验品产品质量要求稳定后,进行批量生产打印;准备和整理整平场地和简易厂房,以满足 3D 打印生态框的成型、养护、起吊和周转堆放等工作。

(7)养护、搬运和运输

3D 打印生态框打印完成后 4 h 进行洒水覆盖养护,养护 14 d 满足搬运起吊强度,移位再养护 14 d 后装车运输至施工现场。

(8)现场安装

混凝土基础浇筑完成并达到设计强度后,清理基础表面;用墨线在基础混凝土上画出箱型砌块的摆放位置;若基础混凝土面与制品面的衔接处出现孔隙,使用灰浆铺设平整;检测连接孔,确保无混凝土毛刺或泥沙等异物;检测起吊所需要的金属零件以及吊索等,监视起吊作业的安全情况;用挖掘机将预制砌块吊装到基础上,排列整齐,用砂浆垫平,防止砌块摇动;预制箱型砌体内部布设无纺土工布,回填砾质土;在制品的背面铺设反滤碎石和土工布,防

止墙后水土流失。

4 3D 打印技术的实施效果

(1)提高工程质量

3D 打印技术的高精度确保了预制构件的质量,从而提高了整个工程的质量和稳定性。预制构件的尺寸精确、表面光滑,能够更好地与其他构件进行连接,提高了工程的整体性。

(2)提升工程效率

该技术大大缩短了预制构件的生产时间,加快了工程进度。同时,由于预制构件的质量稳定,减少了现场安装过程中的调整和修正工作,进一步提高了施工效率。

(3)增强景观效果

造型多变的预制构件为苏州河堤防增添了独特的景观特色,使其成为了一道亮丽的风景线。与周边环境相融合,提升了整个区域的景观品质。

(4)降低成本

3D 打印技术的应用减少了模板及配套材料的使用,降低了材料成本。同时,提高了生产效率,减少了人工成本,总体上降低了工程的建设成本。

5 结 论

3D 打印技术在苏州河堤防达标改造工程中的创新应用取得了显著成效,展示了其在水利工程建设中的巨大潜力。未来,随着技术的不断发展和完善,3D 打印技术将在水利工程领域得到更广泛的应用。我们应进一步加强该技术的研究和开发,提高其生产效率和质量,降低成本,为水利工程建设提供更加优质、高效的解决方案。同时,应积极探索 3D 打印技术与其他先进技术的结合,如物联网、大数据等,实现水利工程的智能化建设和管理。相信在不久的将来,3D 打印技术将为水利工程行业带来更多的创新和变革。

参考文献:

- [1] 左然芳,董阳,王霞,等.混凝土 3D 打印技术研究进展与应用现状[C]//中冶建筑研究总院有限公司.2022 年工业建筑学术交流会议论文集.中冶建筑研究总院有限公司:工业建筑杂志社,2022.
- [2] 王飞,张宏伟,王彭国.预制构件“生态框”在工程中的应用[J].山西水利,2022(9):52-54.
- [3] 董莘,赵寒涛,吴冈.“打印+加工”一体式 3D 打印技术的研究[J].自动化技术与应用,2015,34(12):98-100,105.
- [4] 段珍华,刘一村,肖建庄,等.混凝土建筑 3D 打印技术工程应用分析[J].施工技术(中英文),2021,50(18):15-20.