

水系公园海绵工程精细化施工技术

王洪伟

中土集团南方建设发展有限公司

摘要: 通过总结江门人才岛多个水系和公园的施工经验,总结出海绵工程精细化的施工技术。解决因为施工不够精细、工人操作不规范或者原材料把控不严等原因造成完工后效果不理想的情况。

关键词: 水系; 公园景观; 海绵工程; 精细化

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.07.060

“海绵城市”理念自2012年提出以来,已经在中国各地快速蓬勃的发展,各种新技术不断革新,各类工程项目都积极应用,其中尤其在公园、水系工程和市政道路建设中应用显著。本文结合广东省江门人才岛上多个公园、水系工程和市政道路工程的实际应用及改进情况,就海绵工程精细化施工有关关键技术进行总结。

一、工程概况

江门人才岛全岛开发建设项目位于江门市蓬江区潮连岛,面积约12.68平方公里,项目总投资约280亿元,主要建设内容包括:岛屿路网及管网等市政工程;大型公用工程;广场、绿地及公园等基础设施工程。

本项目含有多个公园项目,包含环岛公园、水系公园及传统公园。各类公园中均使用了海绵城市的概念和技术。其中潮头中央公园项目位于岛头部位。潮头公园基于海绵城市低影响开发的理念,将公园地表雨水排放和LID设施相结合,实现对雨水的综合利用。公园海绵功能指定:年径流控制率指标85%(平均),水体水质I-IV类水,雨水利用率指标5%,防洪50年一遇、30年一遇不内涝。具体包含生态滤池、表流湿地、漂浮湿地、湿塘、雨水花园、生态旱溪、植草沟以及排水渠雨水收集与排水系统等。

二、施工工艺技术

(一) 雨水花园、下凹绿地/植草沟

1、主要构造层自上到下包括:两侧8mm厚耐候钢板和200mm厚防冲碎石区域(粒径20-50青,黄色),主体200mm深表层蓄水空间,种植完成后表层散铺树皮覆盖(厚度3cm,粒径2-4cm),300厚种植过滤基层,白色透水无纺布200g/m²,400厚底部蓄水层(8-32mm洗净碎石),素土夯实(夯实度90%)。

下凹绿地主要构造层为300mm厚种植过滤层。

2、关键施工工艺

(1) 测量放线

根据设计图纸放线定位图确定雨水花园基坑开挖的范围,然后撒好白灰线。

(2) 土方开挖

采用人工配合1m²液压反铲放坡开挖,开挖边坡坡

度按1:1控制,开挖时先由反铲开挖至沟槽底部以上200mm处,之后采用人工继续开挖,以免扰动地基土。

(3) 素土夯实

雨水花园基础夯实采用手扶式震动打夯机对基底进行夯实,压实系数达到90%以上。

(4) 溢流井施工

溢流井为Φ700圆形砖砌检查井,用100mm厚C15混凝土为井基,井墙为240厚用M7.5水泥砂浆砌MU10砖。抹面、勾缝,座浆均用1:2防水水泥砂浆,井外墙用1:2防水水泥砂浆抹面厚20。井盖使用成品铸铁溢流口。

(5) 铺碎石蓄水层

人工铺400mm厚8-32mm洗净碎石层,摊铺后表面应平整。

(6) 透水无纺布铺设

透水无纺布外包蓄水碎石层,接缝处采用包缝或者丁缝搭接,无纺布搭接宽度不少于20cm。铺设时应用人工拉紧,没有折皱,且紧贴下承层。应随铺随即压固,以免被风掀起。有积水或下雨时不能施工。

(7) 铺种植过滤基层

人工铺300厚种植过滤基层。种植过滤基层为粗砂(粒径大于0.5mm的颗粒占全重50%)体积含量占50%,壤土体积含量40%,有机质(锯木、木屑等)腐植质体积含量占10%的配比,渗透系数要求介于1×10⁻⁵m/s与1×10⁻⁴m/s之间。

(8) 两侧耐候钢板及防冲碎石

两侧使用8mm厚耐候钢板挡水,耐候钢板嵌入基础50mm,比周围地面高50mm。再在内边填200mm厚防冲碎石区域(粒径20-50青,黄色)。

(二) 植草沟

植草沟分为①渗排型植草沟、②调蓄型植草沟、③生态多孔纤维棉植草沟。

①渗排型植草沟主要构造层自上到下包括:面层草坪满铺,两侧换填150厚种植土层,主体1米宽,300厚海绵专用种植土,透水无纺布200g/m²,400厚蓄水层(8-32mm洗净碎石),穿孔管(PE材质,透水土工布200g/m²),素土夯实(夯实度≥90%)。

②调蓄型植草沟主要构造层自上到下包括:汀步堰(自然灰色块石,300mm高,不规则直径100-400mm)每隔30米一座,换填种植土150mm。

③生态多孔纤维棉植草沟主要构造层自上到下包括:面层草坪满铺,两侧换填150厚种植土层,主体1米宽,300厚海绵专用种植土,透水无纺布200g/m²,500厚

蓄水层（生态多孔纤维棉），穿孔管（PE材质，透水土工布200g/m²），素土夯实（夯实度≥90%）。

2、关键施工工艺

①渗排型植草沟：施工前准备→测量放线→土方开挖→素土夯实→透水无纺布铺设→穿孔管安装→铺碎石蓄水层→透水无纺布铺设→铺海绵专用种植土→面层满铺草坪

②调蓄型植草沟：施工前准备→测量放线→土方开挖→素土夯实→汀步堰→换填种植土→面层满铺草坪

③生态多孔纤维棉植草沟：施工前准备→测量放线→土方开挖→素土夯实→透水无纺布铺设→穿孔管安装→铺生态多孔纤维蓄水层→透水无纺布铺设→铺海绵专用种植土→面层满铺草坪

（1）穿孔管安装

穿孔管采用DN150 PE实壁管，开孔采用梅花形式布置，环向开孔四个，开孔间距50mm，φ8孔洞，纵向开孔保持在一条直线上，并外包透水无纺布一周。管道连接采用热熔连接。热熔连接详见生态滤池配水管安装。

（2）铺碎石蓄水层

人工铺400厚 8-32mm洗净碎石层，摊铺后表面应平整。透水无纺布上方填石料时，应先填一层保护层完成后再填筑，严禁将石料直接抛落于土工合成材料上。

（3）汀步堰

汀步堰采用自然灰色块石，300mm高、不规则直径100-400mm，每隔30m一座置石间隙30-50mm 出露地表约150mm。

（4）生态多孔纤维棉

生态多孔纤维棉按设计尺寸采购，将一组多孔纤维棉放入沟槽中并通过穿孔管道将各个贯穿孔相连，外部封闭包裹无纺布。

（三）生态滤池

1、生态滤池通过模拟天然湿地的结构功能，利用自然生态系统中的物理、化学和生物的多重作用来实现对雨水或生态景观水体的净化，是一种高水力负荷、高效径流污染控制措施。主要构造层自上到下包括：600mm过滤层，透水无纺布200g/m²，50mm碎石（粒径2-4mm），250mm碎石（粒径4-8mm），200mm碎石（粒径8-32mm），两布一膜土工布400g/m²焊接，50mm沙垫层0-2mm，现状土壤（夯实度≥90%）。

2、关键施工工艺

施工前准备→测量放线→土方开挖→素土夯实/注浆法加固地基→水位调节井施工→铺设沙垫层→两布一膜土工布铺设及焊接→集水散水管/穿孔盲管安装→铺设第一层碎石层→配水管安装→铺设第二、三层碎石层→配水管水压试验→透水无纺布铺设→铺设过滤层→散水板安装→通气管帽→绿化种植

（1）素土夯实/注浆法加固地基

生态滤池基础夯实采用手扶式震动打夯机对基底进行夯实，压实系数达到90%以上。堤坝部位横向两排，

纵向间距1m，用Φ28钢筋打入土中2m，拔出钢筋，灌注材料为纯水泥浆，水灰比为1:1，水泥为P.0 42.5普通硅酸盐水泥。水泥浆自然下渗。

（2）水位调节井施工

水位调节井为净空矩形1100×1500mm，井墙及底板C25钢筋混凝土。座浆均用1:2防水水泥砂浆，踏步采用300宽，360高布置。井盖使用两块304不锈钢格栅盖板井盖。浇筑前，钢筋、模板工程经检验合格，混凝土配合比满足设计要求。

（3）铺设沙垫层

沙垫层采用0-2mm细沙，铺筑50厚，铺好后场地应平整。

（4）两布一膜土工布铺设及焊接

采用两布一膜土工布400g/m²，HDPE防渗膜1mm。两布一膜土工布应量好尺寸，在平整，没有油污，水份，尘土的机耕路上先焊接，再人工搬运进生态滤池中施工。最长搬运距离为200米。

①两布一膜土工布铺设

首先检查材料有无损伤破坏。两布一膜土工布须按其受力方向铺放，同时不要拉得太紧，应留有一定伸缩量，以适应基体变形。铺设时应用人工拉紧，没有折皱，且紧贴下承层。应随铺随即压固，以免被风掀起。不能在有积水或下雨时施工。两布一膜土工布铺设时，两端须有富余量。坡上铺设的两布一膜土工布应埋在坡顶锚固沟内，防渗膜外露2cm完工之后剪掉边缘（完工之后6周内），且应按设计要求加以固定。铺设时，要调整好每个单元两布一膜土工布走向，以便于两个单元两布一膜土工布的焊接。对于铺设好的两布一膜土工布，边缘接缝处要求不能有油污，水份，尘土等。两布一膜土工布与周围地基和结构物的连接应形成完整的密闭系统。

②两布一膜土工布焊接

焊接前要调整好接缝处两幅边HDPE单膜，使之搭接一定的宽度，搭接宽度不宜小于10cm且平整，无折皱。两布一膜土工布焊接使用双轨焊接机，采用热焊接方法使HDPE膜相连的表面加热处理使之表面熔化，然后通过压力使之熔合成一体。热熔焊接工作温度280-300度，行进速度2-3m/min，焊接形式为双轨焊接。破损部位修复方法，裁剪规格相同的材料，热熔粘补或采用专用土工膜胶密封。

土工膜防渗层施工的难点是管道贯穿防渗层的节点，应使用上下层透水土工布HDPE防渗膜1mm厚为加强层，焊接后不锈钢管箍固定。

（5）集水散水管/穿孔盲管安装

穿孔盲管采用DN150 PE实壁管，开孔采用梅花形式布置，环向开孔四个，开孔间距50mm，φ8孔洞，纵向开孔保持在一条直线上，并外包透水无纺布一周。生态滤池散水管均采用DN200 PE实壁管，连通管不开孔。散水管开孔均采用梅花形布置，环向开孔四个，间距

80m， $\phi 10$ 孔洞，纵向开孔保持在一条直线上。管道连接采用热熔连接。热熔连接详见配水管安装。

(6) 铺设第一层碎石层

人工铺200厚 8-32mm洗净碎石层，摊铺后表面应平整。土工膜上方填石料时，应先填一层保护层完成后再填筑，严禁将石料直接抛落于土工膜上。

(7) 配水管安装

采用热熔连接，热熔连接原理是将两根PE管道的配合面紧贴在加热工具上来加热其平整的端面直至熔融，移走加热工具后，将两个熔融的端面紧靠在一起，在压力的作用下保持到接头冷却，使之成为一个整体。

焊接过程：① 焊接准备：将与管材规格一致的卡瓦装入机架，准备足够的支撑物，保证待焊接管材可与机架中心线处于同一高度，并能方便移动，设定加热板温度200-230度，接通焊机电源，打开加热板、铣刀和油泵开关并试运行。

②焊接：焊接工艺流程如下：检查管材并清理管端→紧固管材→铣刀铣削管端→检查管端错位和间隙→加热管材并观察最小卷边高度→管材熔接并冷却至规定时间→取出管材

在焊接过程中，操作人员应参照焊接工艺卡各项参数进行操作，而且在必要时，应根据天气、环境温度等变化对其进行适当调整：

a、核对欲焊接管材规格、压力等级是否正确，检查其表面是否有磕、碰、划伤，如伤痕深度超过管材壁厚的10%，应进行局部切除后方可使用。

b、用软纸或布蘸酒精清除两管端的油污或异物。

c、将欲焊接的管材置于机架卡瓦内，使两端伸出的长度相当（在不影响铣削和加热的情况下尽可能短，宜保持20-30mm），管材机架以外的部分用支撑物托起，使管材轴线与机架中心线处于同一高度，然后用卡瓦紧固好。

d、置入铣刀，先打开铣刀电源开关，然后再合拢管材两端，并加以适当的压力，直到两端有连续的切屑出现后（切屑厚度为0.5-10mm，通过调节铣刀片的高度可调节切屑厚度），撤掉压力，略等片刻，再退开活动架，关闭铣刀电源。断料后管材端面应平整光滑、无毛刺，端面应垂直管轴线。

e、取出铣刀，合拢两管端，检查两端对齐情况（管材两端的错位量不能超过壁厚的10%），通过调整管材直线度和松紧卡瓦予以改善管材两端面间的间隙也不能超过0.3mm，如不满足要求，应在此铣削，直到满足要求。

f、加热板温度达到设定值后，放入机架，施加规定的压力，直到两边最小卷边达到规定高度时，压力减小到规定值（管端两面与加热板之间刚好保持接触，进行吸热），时间达到后，松开活动架，迅速取出加热

板，然后合拢两管端，其切换时间尽量缩短，冷却到规定时间后，卸压，松开卡瓦，取出连接完成的管材。



(8) 铺设第二、三层碎石层

碎石层按二层分层填筑，第一层人工铺250厚4-8mm洗净碎石层，铺好后应经厚度检测合格后，第二层人工铺50厚2-4mm洗净碎石层，铺后表面应平整。

(9) 铺设过滤层

分二层人工铺设600厚过滤层，铺设后表面应平整。过滤层采用：85%沙（粒径1-3mm，洗净且无空颗粒，渗透系数： $k_f \geq 3 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ ）和15%红色火山岩（粒径2-4mm，有棱角且无空颗粒，最小铁含量10%）。材料运输到集中场地后，采用立式搅拌机，使用人力车运输，最长运距为110米。

(10) 散水板安装和通气管帽

散水板采用2mm厚钻孔不锈钢网篮，钻孔8mm，表面大约40%为孔，预制混凝土圆板C25厚80直径。通气管帽采用成品安装。

三、总结

目前海绵城市建设处于探索和发展阶段，要根据不同地区特色来制定建设技术指南。海绵城市的建设要与城市环境气候、城市规划、经济社会等领域结合起来，这样才能将海绵城市的作用发挥到最大化^[1]。

海绵城市在应对自然灾害方面具有良好的“弹性”，能够有效提升城市生态系统功能和减少城市洪涝灾害的发生^[2]。海绵工程的精细化施工是海绵工程能否成功的关键，它不仅关系到一项工程的施工质量能否保证和满足相关要求，同样对海绵工程的推广和应用起到积极的作用。

参考文献

[1]徐雪婧,王欣.关于海绵城市建设的技术要点分析[J].清洗世界,2022,38(04):147-148+152
[2]高峰,蔺欢欢.海绵城市的建设与评估概念模型构建研究[J].国际城市规划,2017,32(05):26-32