

# 城市滨水环境提升工程关键施工技术研究

## ——以良仁涌二期项目为例

冯均雄

(广东金松建设集团股份有限公司, 广东 佛山 528308)

**摘要** 随着我国城市化进程的推进和生态文明建设的深入, 城市滨水空间的更新与改造已成为提升人居环境品质、重塑城市生态格局的关键举措。传统以单一防洪为目的的硬质化工程模式, 正逐步被兼顾防洪安全、生态修复与公共休闲的复合功能模式所取代。本文以“顺德区伦教良仁涌水闸至三洪奇大桥堤段水环境提升改造工程(二期)”这一典型案例为研究案例, 旨在系统性剖析其在珠江三角洲复杂水文地质条件下, 如何集成并应用多元化施工技术体系。研究结果表明, 该项目通过因地制宜的技术选型、多专业协同的施工组织和全过程的精细化管理, 成功实现了工程的结构安全、生态功能与景观美学的有机统一。本文提炼的技术应用模式与管理经验, 以期为国内同类型城市滨水空间更新改造项目提供具有实践价值的参考。

**关键词** 滨水环境; 生态驳岸; 格宾石笼; 施工组织; 技术管理

中图分类号: TU99

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.33.034

### 0 引言

进入21世纪以来, 我国城市发展模式经历了从规模扩张到品质提升的深刻转型。在这一宏观背景下, 曾一度被视为城市“边缘”或“背面”的滨水地带, 其价值被重新发现与定义。从国家层面推动的“海绵城市”建设理念, 到广东省大力实施的“万里碧道”工程, 一系列战略部署均指向一个共同目标: 将城市滨水区从传统的防洪排涝通道, 转变为集生态廊道、休闲空间、文化载体和经济活力带于一体的复合功能区域<sup>[1]</sup>。这一转变不仅对城市规划与景观设计提出了更高要求, 更对工程建设领域的施工技术与管理模式带来了前所未有的挑战。本文通过对良仁涌二期项目施工组织设计文件的深度挖掘与分析, 系统解构其采用的关键施工技术体系, 详细阐述各项技术的原理与质量控制要点, 并探讨其背后的技术管理与保障措施, 旨在通过这一案例研究提炼出一套可复制、可推广的城市滨水环境提升工程技术应用模式与管理经验, 为未来同类项目的规划、设计与施工提供参考。

### 1 工程概况

良仁涌二期项目位于广东省佛山市顺德区伦教镇, 地处珠江三角洲水网核心区域的顺德水道北岸。工程范围西起旧码头, 东至三洪奇大桥, 改造堤段长度约1.9公里, 二期工程的改造总面积约为11.9万平方米。根

据设计文件, 该项目所依托的顺德第一联围为2级堤防, 需满足外江50年一遇的防洪标准, 其主要建筑物(如驳岸)为3级, 次要建筑物为4级, 抗震设计烈度为7度。这些高标准的设计要求, 奠定了项目施工技术必须以“安全”为第一原则的基调。

项目的核心建设内容可归纳为三大板块:

1. 水利工程: 主要任务是对K1+460至K1+850段的外滩地水边驳岸进行加固。这是保障整个堤段防洪安全的基础, 也是后续生态与景观建设的载体。

2. 生态修复与河道治理: 对堤外滩涂地进行系统性的生态修复, 包括水环境提升改造, 旨在恢复和增强河岸带的生态功能, 构建健康的“水—陆”过渡带。

3. 碧道与景观建设: 在满足安全和生态功能的基础上, 建设“万里碧道”和“百里芳华”的示范段, 包括园路、夜光跑道、亲水平台、空中廊桥、驿站、景观照明及大规模绿化等, 为市民提供高品质的公共休闲空间。

项目的地理与气候条件同样对施工提出了特定要求。工程区属珠江三角洲冲淤积平原, 地质条件相对复杂, 可能存在软土、粉砂等不良土层。同时, 地处南亚热带海洋性季风气候区, 温暖、潮湿、雨量充沛, 这意味着施工需充分考虑雨季和汛期对工程进度和安全的影响, 必须制定周密的防汛应急预案。

## 2 城市滨水环境提升工程关键施工技术剖析

### 2.1 河道驳岸复合生态加固技术

驳岸工程是滨水项目的骨架，其设计与施工直接决定了项目的安全性和生态性。良仁涌二期项目摒弃了传统单一的混凝土硬质护岸，创造性地采用了“水下抛石固脚+中部格宾石笼护坡+局部干砌块石点缀”的复合生态加固技术体系。该体系根据不同岸段的水流冲刷强度、地质条件和景观需求，进行差异化配置，体现了精细化、因地制宜的设计思想。

#### 2.1.1 格宾石笼（Gabion）护岸技术

格宾石笼作为本次驳岸工程的核心技术之一，其应用是实现生态功能与结构稳定相统一的关键。格宾石笼是由高抗腐蚀、高强度、具有延展性的低碳钢丝或者包覆 PVC 的钢丝使用机械编织而成的箱型结构体。

1. 技术原理与选型依据：首先是柔性结构适应变形。珠江三角洲的冲淤积地基普遍存在不均匀沉降的风险。格宾石笼作为一种柔性结构，能够很好地适应地基的微小变形，通过内部石料的调整重新达到平衡，而不会像刚性结构那样产生开裂破坏，保证了护岸的整体性和稳定性；其次是优良的透水性与生态亲和性。笼内填充的石块之间存在大量孔隙，这使得坡体后方的地下水和坡前的地表水可以自由交换，有效降低了坡体内静水压力，提高了边坡的抗滑稳定性。更重要的是，这些孔隙为水生生物提供了栖息空间，也为植物的生长提供了条件<sup>[2]</sup>。随着时间的推移，泥沙会在石缝中沉积，植物种子在此生根发芽，最终形成植被茂盛、生物多样的近自然生态岸线；最后是施工便捷与经济性。格宾石笼的构件可在工厂标准化生产，现场只需进行组装和石料填充，施工工艺相对简单，对大型机械依赖较小，尤其适合在狭窄的滨水作业面施工。

2. 格宾石笼施工关键要点总结：（1）材料是基础：进场的格宾网片（镀层厚度、抗拉强度）和填充石料（粒径、强度、级配）必须进行严格检验；（2）绑扎是关键：绑扎的牢固程度直接决定了笼体的整体性，必须采用专用的绑扎工具，确保每个节点都紧固到位；（3）填充是核心：填充的密实度与均匀性是保证结构稳定、防止局部变形的核心。在填充过程中，需在箱体对面设置临时拉筋，防止鼓胀变形。

#### 2.1.2 干砌块石与石料抛投技术

（1）干砌块石技术：在部分水流较为平缓或作为景观节点的岸段，项目采用了干砌块石技术。此技术选用形状较为规整的块石，通过人工砌筑形成护坡。其施工要点在于：选用大小不一但面平背陡的块石，砌筑时做到大石坐底，小石嵌缝，上下错缝，内外搭接；

砌筑时要求石块之间紧密接触，通过石块自身的不规则形状相互嵌锁，形成稳定的整体。对于较大的缝隙，需用小石块或碎石楔紧；最终形成的坡面应大致平整，无明显的凹凸，以保证水流顺畅，并呈现出古朴、自然的景观效果。（2）石料抛投技术：该技术主要应用于水下坡脚的防护，即“固脚”。其目的是在驳岸结构的最底部形成一个抗冲刷的保护层，防止水流淘刷坡脚，导致整个驳岸失稳。施工控制要点包括：通过 GPS 等测量设备，精确控制抛投船只的位置，确保石料抛投在设计范围内；严格按照设计要求的抛投厚度和方量进行施工，并通过水下地形测量进行复核，确保形成有效的防护带。

通过这三种技术的有机组合，良仁涌二期项目构建了一个多层次、功能互补的驳岸系统，既满足了防洪安全的刚性需求，又为生态修复和景观营造创造了有利条件。

### 2.2 大体量土方工程与地基处理技术

土方工程是良仁涌二期项目的另一大技术难点。高达 24 505.64 立方米的土方量，在狭长的滨河地带进行作业，对施工组织、环境保护和地基稳定性都提出了极高的要求。

#### 2.2.1 挖填平衡与精细化调配

在如此大规模的土方工程中，实现场内挖填平衡是降低成本、减少环境影响的关键策略。项目技术团队需在施工前进行详细的土方平衡计算与调配规划。

1. 三维建模与计算：利用地形测绘数据和设计图纸，建立场地的三维数字模型，精确计算出各区域的挖方量和填方量。

2. 分区规划与时序安排：将整个施工区域划分为若干个作业区，制定详细的开挖与回填顺序。基本原则是“先填后挖”或“边挖边填”，规划出最优的土方运输路线，避免土方二次倒运，减少对已完成工序的干扰。

3. 土料分类与利用：对开挖出的土料进行现场甄别，将符合回填要求的良性土（如黏土）直接用于堤身培厚或园路路基的回填；对于不适宜的杂填土或淤泥，则集中堆放并外运处理。参考资料中明确提到“回填土料黏土选择符合回填要求的泥场购买”，这表明在场内土方不足或不满足要求时，有计划地外购土料作为补充。

#### 2.2.2 分层回填与压实技术

回填土的质量直接关系到上部结构（如园路、广场、建筑物基础）的长期稳定。项目严格遵循《堤防工程施工规范》和《建筑地基处理技术规范》等国家标准，实施精细化的分层回填与压实作业。

1. 虚铺厚度控制：根据不同的压实机械（如压路机、蛙式夯）和土料类型，确定合理的虚铺厚度，一般控制在20~30cm。过厚会导致下层压实不足，过薄则效率低下。

2. 含水率控制：土壤的压实效果与含水率密切相关。施工中需现场监测土料的含水率，使其控制在最优含水率的±2%范围内。过干时需洒水润湿，过湿时则需翻松晾晒。

3. 压实遍数与密实度检测：按照“先静后振、先慢后快、先边后中”的原则进行碾压。在达到要求的压实遍数后，采用灌砂法或环刀法等标准试验方法，对每层的压实系数（K）或密实度进行检测，确保其达到设计要求（通常路基要求 $K \geq 0.95$ ）<sup>[3]</sup>。

### 2.3 园林景观结构一体化施工技术

良仁涌二期项目的一大亮点在于水利工程与园林景观的高度融合。空中廊桥、半圆挑台、亲水平台等复杂的景观构筑物，不再是堤防建成后的“附加品”，而是与堤防、驳岸结构同步设计、一体化施工的有机组成部分<sup>[4]</sup>。这要求施工技术必须解决好多专业交叉下的接口处理难题。

#### 2.3.1 异形与悬挑结构施工技术

以“空中廊桥”和“半圆挑台”为例，这类结构通常涉及大跨度、悬挑和不规则形态，其施工技术核心在于“形”与“稳”的统一。

1. 高精度模板与支撑体系：对于异形混凝土结构，必须采用定制化的高精度模板。模板体系不仅要能精确塑造设计形态，还必须具备足够的刚度和稳定性，以承受混凝土浇筑时的侧压力而不变形。对于高处的廊桥，其下方的支撑体系（如满堂脚手架）需进行专项设计和承载力验算。

2. 预埋件的精确定位：廊桥的钢结构梁、木平台的龙骨、栏杆的立柱等，都需要通过预埋在混凝土中的连接件（如预埋钢板、螺栓）来固定。这些预埋件的位置、标高和垂直度必须在混凝土浇筑前反复核对，其精度直接决定了后续安装工作的成败。通常采用“先焊后浇”或设置定位模具等方法来保证其精度。

3. 多材料接口处理：项目中大量使用了混凝土、钢材、木材、玻璃钢等多种材料。处理好不同材料的交界面是保证结构耐久性和美观度的关键。例如：在木平台与混凝土基础的连接处，需做好防腐防潮处理；在钢结构与混凝土的连接处，要考虑二者热胀冷缩系数不同可能带来的应力问题，在设计上预留适当的构造措施<sup>[5]</sup>。

#### 2.3.2 基础与主体协同施工技术

景观构筑物的基础如何与堤防或驳岸“相处”，

是一个结构力学上的核心问题。处理不当，轻则影响景观，重则危及堤防安全。

1. 独立基础方案：对于重型构筑物，通常采用独立基础方案。即构筑物的基础（如桩基础、扩大基础）独立设置，与堤防或驳岸结构完全脱开，仅通过伸缩缝等构造连接。这样可以避免构筑物的荷载和沉降对堤防产生不利影响。

2. 整合式基础方案：对于轻型构筑物（如观景平台、座椅），其基础可与驳岸结构（如格宾石笼顶部的压顶混凝土梁）结合在一起。施工时，需在驳岸施工阶段就精确预埋好连接件，确保荷载能均匀传递给下部结构。

3. 施工时序的协同：必须制定严密的施工计划，确保景观构筑物的基础施工与主体水利工程的施工在时序上完美衔接。例如：驳岸回填土的压实工作必须在景观基础施工前完成并验收合格，否则可能导致基础后期沉降。

### 3 结语

通过对顺德区伦教良仁涌二期水环境提升改造工程施工技术的系统性研究，本文深入剖析了现代城市滨水项目在技术集成、生态融合与精细化管理方面的成功实践。通过复合生态加固技术实现“安全与生态”双赢、精细化土方管理与地基处理，保障工程整体稳定性，多专业一体化施工提升滨水空间品质，从而推动滨水区从单一功能向复合功能、从工程设施向公共艺术品转变的核心技术体现。良仁涌二期项目的成功实践，为国内正在兴起的城市滨水空间更新改造浪潮提供了宝贵的启示。在未来的滨水项目设计与施工中，我们应摒弃“一刀切”的思维，开展深入的现场调研，选择最适合场地自身条件的技术方案。此外，还要树立全生命周期的系统管理思维，构建将技术、质量、安全、环保、进度、成本等多个维度融为一体的系统化管理体系。

### 参考文献：

- [1] 黄强,张钦喜.城市滨水空间更新中的历史文化保护与利用[J].城市规划,2019,43(11):45-51.
- [2] 徐中华,王建华.复杂水文地质条件下深基坑降水技术研究[J].岩土力学,2020,41(04):1357-1364.
- [3] 戴岩.市政道桥工程路基路面压实技术分析与思考[J].黑龙江环境通报,2022,35(04):136-139.
- [4] 李广信,罗晓辉.软土地基上景观构筑物基础设计关键技术[J].建筑结构,2021,51(16):134-139.
- [5] 秦长金,伍刚,刘飞凡,等.落地与悬挑组合式支模体系在高位逐层外悬挑结构施工中的应用[J].施工技术(中英文),2024,53(02):87-91.