

复杂要素下马銮湾新城芸尾水道工程设计研究

黄盛杰

(厦门市市政城市开发建设有限公司, 福建 厦门 361000)

摘要: 芸尾水道是厦门市马銮湾新城水系中的支河连接河道, 主要承担收集山区雨水和城区涝水、水质生态、景观等功能。作为新城内湾水系重要一环, 芸尾水道的建设是实现片区防洪排涝安全、水生态环境提升、水资源可持续利用的重要措施。以芸尾水道建设为研究对象, 分析了工程建设需要考虑的各种要素保障以及在这些要素保障限制下的河道堤防设计要点, 重点研究了用地条件限制与行洪过流需求、工程造价之间的平衡, 通过限宽设计、特殊节点防护等措施, 完成了复杂边界条件下用地限宽与河道设计的有机统一。

关键词: 马銮湾; 建设要素; 水系; 河道设计; 护岸断面; 节点防护

中图分类号: TV85; TU998.4

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)11-0184-07

Study on Design of Yunwei Waterway Project in Maluan Bay New Town under Complex Element Conditions

HUANG Shengjie

(Xiamen Municipal Urban Development and Construction Co., Ltd., Xiamen 361000, China)

Abstract: Yunwei Waterway is a branch river connection channel in the water system of Maluan Bay New Town in Xiamen City, which mainly undertakes the functions of collecting the mountain rainwater and urban floodwater, maintaining the water quality and ecology, and providing a landscape. As an important part of the inner bay water system of the new town, the construction of Yunwei Waterway is an important measure to achieve the flood control and waterlogging drainage safety, improve the water ecological environment, and ensure the sustainable utilization of water resources in the area. Taking the construction of Yunwei Waterway as the research object, various element guarantees that need to be considered in the engineering construction and the key points of river embankment design under the constraints of these element guarantees are analyzed. The focus is on the analysis of the balance among the land use conditions restrictions, flood discharge requirements and engineering cost. Through the measures such as limited width design and special node protection, the organic unity of land use limited width and river design under the complex boundary conditions has been achieved.

Keywords: Maluan Bay; construction elements; river system; river design; bank protection section; node protection

0 引言

马銮湾新城位于厦门市西北部, 地处海沧、集美两区交界, 与厦门岛隔海相望, 具有典型的海湾地形特征, 地理位置得天独厚, 具有建设滨海城区和发展滨海旅游的优越条件。马銮湾海堤控制断面以上陆域共有 9 条溪流汇入海湾, 汛期洪水自各溪流汇入, 经过马銮湾新城规划河道, 汇入马銮湾外湾, 通过马銮湾海堤水闸泄入厦门西海域。目前, 马銮湾新城水系正在加快建设中, 以满足片区开发的水安全生态需求。

收稿日期: 2025-03-10

作者简介: 黄盛杰(1990—), 男, 硕士, 工程师, 从事工程项目建设管理工作。

1 工程概况

芸尾水道位于马銮湾中心岛南侧, 作为马銮湾新城水系的重要一环, 芸尾水道的建设是实现湾区防洪排涝安全、水生态环境提升、水资源可持续利用、促进区域高质量发展的重要措施, 项目的建设十分必要。水道建成后, 东孚街道芸美村、鼎美村、后柯村周边及中心岛南侧等区域约 2.8 km² 范围将直接受益, 保障片区达标 50 a 一遇防洪排涝标准, 并与上游新月公园水系、下游鼎美排洪渠及环湾南溪等水系形成连通, 保障新城内湾防洪排涝安全及水生态安全。然而, 受近几年开发建设、国土空间规划调整等影响, 芸尾水道的方案设计面临诸多边界条件和要素问题。工程位置如图 1 所示。



图1 规划芸尾水道位置图

2 地质情况

拟建场地在钻探控制深度范围内地基土可划分为10层(见表1),其中第四纪土层厚度较大,以黏性土及砂土地层为主,属冲洪积、海相沉积、坡积及残积成因,基底为花岗岩及其风化壳。各岩土层埋深及厚度变化较大,地基复杂程度中等,地基条件一般。

表1 土层物理力学性质表

编号	计算指标岩土层名称	天然重度 γ / ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)	直接剪切		固结快剪	
			内聚力 C/kPa	内摩擦角 $\varphi/(^\circ)$	内聚力 C/kPa	内摩擦角 $\varphi/(^\circ)$
①	杂填土	17.5				
②	粉质黏土	18.5	23.5	15.8	29.5	16.3
③	淤泥	15.8	10.5	3.6	10.5	7.1
④	粉质黏土	18.6	26.8	15.7	30.5	16.3
⑤	含泥中砂	(19.3)	(5.0)	(20.0)		
⑥	粉质黏土	18.8	25.4	15.5	29.6	16.5
⑦	残积砂质黏性土	18.0	17.7	18.0	20.5	18.5
⑧	全风化花岗岩	(19.0)	(20.0)	(25.0)	(23.0)	(28.0)
⑨ ₋₁	强风化花岗岩(散体状)	(19.5)	(20.0)	(30.0)	(25.0)	(32.0)
⑨ ₋₂	强风化花岗岩(碎裂状)	(21.0)	(21.5)	(35.0)		
⑩	中风化花岗岩	25.0				

注:括号内数值为经验值。

3 要素保障

项目建设范围及其周边共涉及农用地转建设用地(以下简称农转用)、征地拆迁、管线迁改、文物保护、古树名木保护、结构安全评估、土方平衡、施工期影响等8项建设要素。本项目不涉及占用永久基本农田和生态保护红线,不涉及用海,不涉及湿地,项目用地不在地质灾害易发区,不涉及覆压矿产,无涉台。

3.1 农转用

本项目总用地红线面积为92 590 m²,经厦门市自然资源和规划局海沧分局初步查询核对厦门市土地利用三调数据,项目涉及耕地、园地、草地及其他农用地(见图2),具体农用地面积待《土地勘测定界技术报告书》出具后确定。图3为项目农用地现状情况图。

要素保障方案:项目立项后,按要求办理农转用手续;耕地占补平衡由海沧区纳入2025年计划,统一平衡。农转用手续预计于项目立项后6个月内完成。

3.2 征地拆迁

项目场地现已基本拆迁完成,场地内现存较多

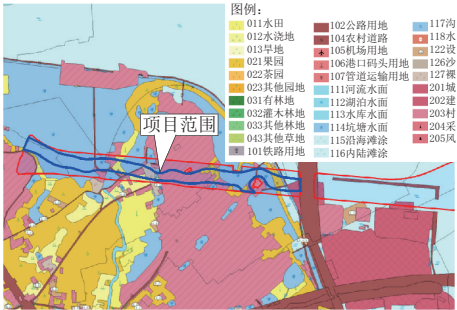


图2 现状地类核对图



图3 项目农用地现状情况图

的池塘、空地及砂石堆场等,局部尚存少量建筑及简易搭盖。本工程占地包括工程永久征地和施工临时占地。其中:永久征地主要包括河道建设及其附属构筑物用地;临时占地为施工过程中生活建筑、仓库、施工工厂设施、堆料场和场内临时道路等临时占用的土地,在工程完工后将恢复其原有土地性质。

项目本阶段涉及永久征地面积约2.53 hm²,用于

河道及其附属构筑物建设,征地不涉及基本农田及生态保护红线。项目本阶段涉及临时用地面积约 1.2 hm^2 ,主要为施工临时用地。

项目建设范围内涉及现有民房1处,主要包括1栋4层框架房屋,面积约 190 m^2 ;连片两层古厝房屋,面积约 580 m^2 。根据初步调查,需要拆迁补偿的面积共约 $1\,800\text{ m}^2$ 。图4为拆迁点平面影像图。



图4 拆迁点平面影像图

要素保障方案:项目立项后,按要求办理征地拆迁。本项目已预估暂列征地拆迁费用。

3.3 管线迁改

根据踏勘及调档资料,规划芸尾水道范围内存在雨水、污水、通信等管线。本项目实施范围内主要涉及灌新路侧下方电信管线(见图5),需要迁改或回避。



图5 现状管线分布情况图

要素保障方案:结合河道开挖进行通信管线迁改。预计开工后3个月内完成管线迁改,项目已预估暂列管线迁改费用。

3.4 文物保护

本项目建设范围旁存在2处一般不可移动文物(尚未定级的不可移动文物),为“锦云堂”和“鼎美关帝庙”(见图6)。文物建筑周边主要为已拆迁场地及空地,地势较为平坦,地形高程为 $5\sim 7\text{ m}$ 。

要素保障方案:文物建筑不含在本项目红线范围内。本工程已列取文物影响评估二类费用,工程施工时应预留安全距离并加强保护。后期由海沧区结合鼎美历史文化遗产园区规划,共同打造厦门闽



(a) 锦云堂

(b) 鼎美关帝庙

图6 文物现状照片

南文化博览地、活态非遗传习园,使其成为闽南非遗体验地、文化消费引领地、民俗技艺传承地、传统建筑展示地。

3.5 古树名木保护

根据初步调查,本项目建设范围外侧存在多处榕树。其中4棵为挂牌古树(见图7),树龄为 $50\sim 60\text{ a}$,挂“厦门市古树后备资源保护牌”,位置分布于鼎美关帝庙旁。



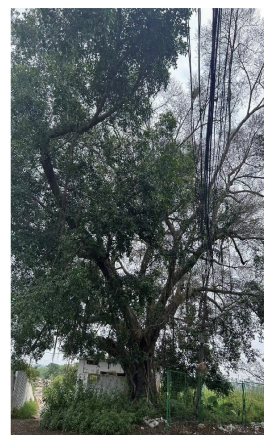
(a) 古榕树1



(b) 古榕树2



(c) 古榕树3



(d) 古榕树4

图7 古树名木保护点现状图

要素保障方案:古树名木不含在本项目红线范围内。本工程已列取古树影响评估二类费用,工程施工时应预留安全距离,对古树名木进行原状保护。

3.6 结构安全评估

规划芸尾水道由灌新路分为东西两段。灌新路下方分布有灌新隧道、灌新路管廊、拟建轨道交通4

号线二期(未建)等结构(见图8)。

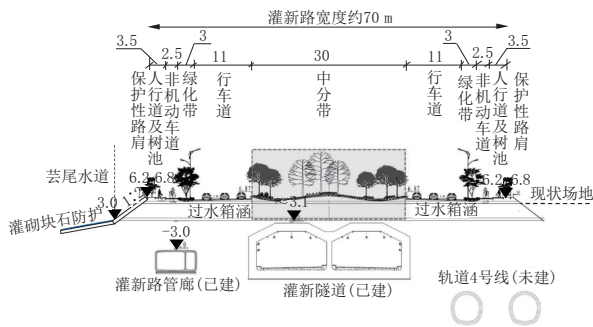


图8 灌新路节点处剖面示意图(单位:m)

灌新隧道、灌新路管廊已建成,轨道4号线二期短期内不进行施工建设。以上构筑物均不在本次芸尾水道建设红线范围内。

要素保障方案:灌新隧道、灌新路管廊、轨道4号线二期(未建)等相关构筑物均不在本次芸尾水道建设红线范围内。

本次河道建设不涉及道路、隧道、管廊、地铁等结构或基础设施的直接变动,未对以上建构筑物进行土方加载。河道开挖时应做好结构安全评估及安全监测,可减小施工对相关建构筑物的影响,保障其结构安全。

芸尾水道将与灌新路西侧边坡相衔接,需要对灌新路西侧边坡及河底进行硬质防护,保证边坡稳定。本工可报告列取了公路隧道工程安全评估项、轨道安全评估项、管廊安全评估项等二类费用,预计开工后2个月内完成相关安全评估。

3.7 土方平衡

本项目工程总挖方量为29.35万m³,总填方利用量6.75万m³。工程挖余总量约22.60万m³,需要外运处置。在项目设计过程中,已充分结合护岸后方回填及地形塑造、施工利用等考虑土方平衡。

要素保障方案:项目土方主要集中于河道开挖,建议多余土方按边挖边运的方式进行消纳处置。根据施工时序,未开挖段河道可作为临时土方堆放场地,其中耕作层进行土壤剥离再利用。

经调查,本阶段弃土暂运至厦门信岳市政园林工程有限公司消纳场进行消纳,土方由环保运输车经灌新路—海翔大道—锦园南路运至消纳场(见图9),运距约15 km,并应考虑相关渣土接收费用。

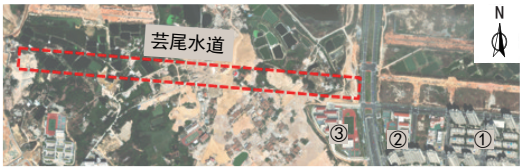
3.8 施工影响

本项目周边居民及生产生活点主要集中在东南侧,项目施工阶段涉及及大量的土方开挖及回填,施工扬尘、噪声、废水、废气等将对周边环境产生一定



图9 弃土消纳场运输路径示意图

影响。图10为项目周边施工主要影响点实景。



图例: ①龙湖春江彼岸小区; ②芸景实验小学; ③芸景实验中学

图10 项目周边施工主要影响点实景

要素保障方案:优化项目方案与施工工序,采取降低噪声污染的对应措施,并在规定时间内施工;采取降低废水、尾汽排放量的对应措施,对废水、尾汽进行处理后按要求排放;通过施工期间交通组织及相应的降噪、洒水降尘等措施,降低施工对周边居民的生产生活影响。由业主委托有资质的单位编制环境影响评价及水土保持等相关报告。

3.9 项目要素保障分析结论

本项目建设范围及其周边所涉及的农转用、征地拆迁、管线迁改、文物保护、古树名木保护、结构安全评估、土方平衡、施工期影响等8项建设要素均已对接。设计方案应充分考虑要素影响,降低要素干扰,结合项目立项或开工后逐步开展的各专项论证及评估(各专项列入二类费用),确保项目建设方案满足相关主管部门报批要求,各要素对项目进度及建设总工期基本无影响。

4 工程设计

4.1 工程等别及建筑物级别

本次芸尾水道规划防洪标准为50 a一遇,工程等别为Ⅲ等,河道堤防工程级别为2级,次要建筑物级别为3级,临时建筑物级别为4级。

4.2 设计参数

4.2.1 平面布置

本工程河道位于马銮湾新城中心岛南侧,西接内湾新月公园,东临灌新路。河道总长度约1 591 m,

河道总宽 40~70 m。水系设计突破传统城市河道做法,强调蓝绿交融,在保障过洪断面前提下,增加了河道蜿蜒度。图 11 为工程总平面布置图。



图 11 工程总平面布置图

河道护岸结构断面根据不同场地条件确定,包括斜坡式护岸和直立式护岸,总长度约3 081 m。其中,斜坡式护岸长度约2 671 m,直立式护岸长度约410 m。

4.2.2 纵坡与跌水

工程河段总长约 1.6 km。灌新路西侧河道长约 1 591 m, 起点设计河底高程 0.50 m, 终点设计河底高程 0.25 m, 平均纵坡约为 0.22‰。

为达到流域生态保水及河床防护目的,结合灌新路补水点出口位置,布置2级跌水堰形成梯级水面(见图12):跌水堰布设位置桩号分别为K1+260和K1+460,堰身高度分别为1.0 m和0.8 m,堰顶高程分别为2.00 m和2.80 m。在跌水堰分级生态保水的作用下,各渠段常水位水深为0.00~1.00 m和0.20~0.80 m。

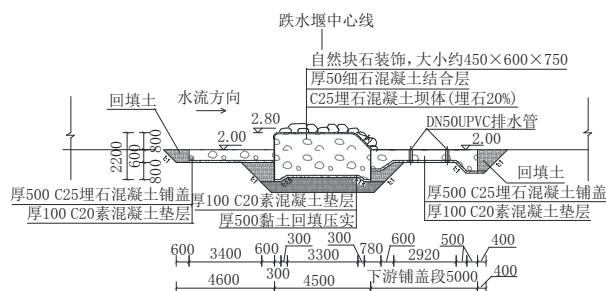


图 12 跌水堰结构剖面图(单位:mm)

4.2.3 横断面设计

本工程综合考虑用地条件、防洪要求、文物古树保护、生态需求及周边工程衔接等因素,针对不同区段特点,因地制宜地确定相应的护岸断面(见图13)。

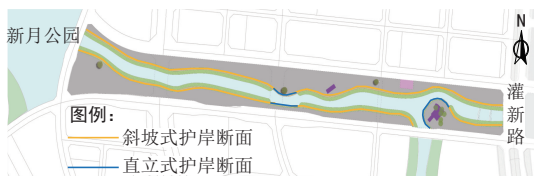


图 13 护岸型式平面分布示意图

河道现状主要为池塘及空地,上游为基本已建成的新月公园及内湾公园水系,其均为斜坡入水

式护岸结构,具有充分的亲水性和生态景观功能。因此,本工程在保证防洪排涝安全的前提下,河道主要推荐选用斜坡式护岸断面。

河道范围周边存在多处文物建筑、挂牌古树、榕树等历史文化遗产保护点,其中桩号 K0+730 附近分布有古树榕树及埭头庙,桩号 K1+200 附近分布有保护文物“鼎美关帝庙”。为避让河道背水侧文物建筑以及古树榕树,并同时保证河道行洪时的过流能力,在场地条件受限的局部缩窄段推荐采用直立式挡墙断面。

4.2.3.1 A型护岸断面

A 型护岸断面适用于项目范围线背水侧不受限的河道区段,长度约 2 011 m。该段现状为已填场地,地势较高,且较平坦,沿河道方向起伏较小。根据不同地质条件,将 A 型护岸细分为 A1 型及 A2 型,主要区别在于护脚挡墙型式。图 14 为 A 型护岸分布示意图。



图 14 A 型护岸分布示意图

(1) A1 型护岸断面(普通段)

A1 型护岸主要分布于杂填土浅薄区域,开挖后护脚直接坐落于粉质黏土层,长度约 1 640 m。考虑断面生态性和经济性,选用斜坡式断面,即格宾石笼+水土保持毯护坡,河道侧设格宾石笼护脚。具体尺寸如下:

- a. 迎水侧坡脚设格宾石笼挡墙, 高度 2.5 m, 底高程 -1.0 m, 顶高程 1.5 m。
- b. 迎水侧边坡采用水土保护毯+草皮护坡, 坡比 1:2.5, 具备生态景观性。斜坡中部设亲水平台, 高程 2.80 m, 宽 2.0 m, 堤顶设 4 m 宽巡查通道。
- c. 背水侧采用放坡型式与现状地形顺接, 宽度 2 m。

图 15 为 A1 型护岸断面示意图。

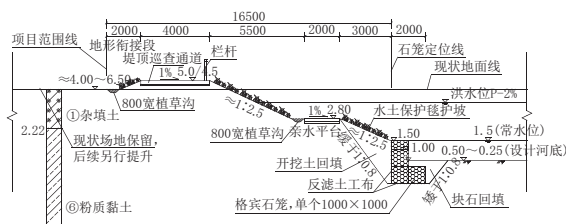


图 15 A1 型护岸断面示意图(单位:mm)

(2) A2 型护岸断面(鼎美关帝庙—灌新路段)

A2 型护岸主要分布于杂填土深厚区域,即灌新路西侧区段,长度约 380 m。该型护岸与 A1 型护岸断面类似,主要区别为本段护岸在护脚处增设了仿木桩,以保证护岸结构安全。具体尺寸如下:

- a. 护岸迎水侧坡脚设置仿木桩,长 6.0 m。
- b. 仿木桩外侧设格宾石笼共 2 个,总宽 2.0 m,顶高程 1.0 m。
- c. 边坡采用水土保持毯+草皮护坡,坡比 1:2.5,具备生态景观性。斜坡中部设亲水平台,高程 2.80 m,宽 2.0 m,堤顶设 4 m 宽巡查通道。
- d. 背水侧采用放坡型式与现状地形顺接,宽度 2 m。

图 16 为 A2 型护岸断面示意图。

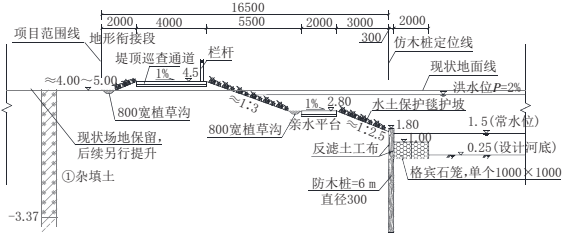


图 16 A2 型护岸断面示意图(单位:mm)

4.2.3.2 B 型护岸断面

B 型护岸断面适用于项目范围线背水侧受现状鱼塘限制的河道区段,即桩号 K0+000~K0+260(左岸)、K0+095~K0+230(右岸)等区段,长度约 660 m。该段现存较多鱼塘,塘底高程-1~0 m,所占范围广,需要较大填方量。图 17 为 B 型护岸分布示意图。



图 17 B 型护岸分布示意图

B 型护岸采用挡墙衔接式断面,考虑河段结构一致性,临水侧采用斜坡式断面,即格宾石笼挡墙+水土保持毯护坡,河道侧设格宾石笼护脚,背水侧采用 L 型挡墙消化堤顶及池塘高差。具体尺寸如下:

- (1) 迎水侧坡脚设格宾石笼挡墙,高度 1.5 m,底高程 0 m,顶高程 1.5 m。
- (2) 临水侧边坡采用水土保持毯+草皮护坡,坡比 1:2.5,具备生态景观性。斜坡中部设亲水平台,高程 2.80 m,宽 2.0 m,堤顶设 4 m 宽巡查通道。
- (3) 背水侧采用悬臂式 L 型挡墙与现状池塘进行衔接,挡墙高 5.0 m。堤身下部淤泥采用水泥搅拌桩进行地基处理。墙后布置爬墙植物,用于临时遮

盖及美化。

图 18 为 B 型护岸挡墙衔接式断面示意图。

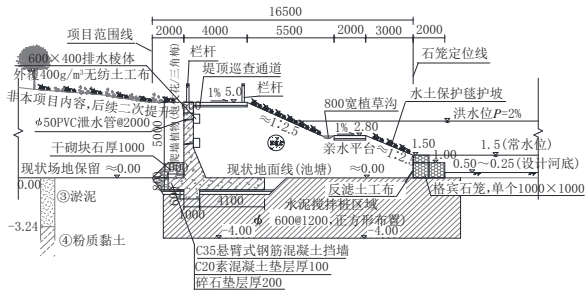


图 18 B 型护岸挡墙衔接式断面示意图(单位:mm)

4.2.3.3 C 型护岸断面

C 型护岸断面适用于项目范围线背水侧受现状文物建筑以及古树榕树限制的河道区段,该段可用地宽度极小,应采用最节省用地的全直立式挡墙护岸。由于挡土高度较高,采用倒 L 型挡墙以减少开挖施工所需的作业面,挡墙顶高程与现状场地高程接顺,长度约 410 m。该段河道护岸后侧临近文物建筑以及古树榕树,放坡空间以及施工作业面不足。图 19 为 C 型护岸分布示意图。



图 19 C 型护岸分布示意图

C 型护岸采用悬臂式挡墙+重力式生态框,需要满足空间要求以及河道行洪要求,并兼顾生态性和景观效果。具体尺寸如下:

- (1) 重力式生态框尺寸 2 m×1 m×0.5 m,堆砌挡墙上下坡比为 1:0.3,共 5 层,高度为 2.5 m。
- (2) 重力式生态框下部采用悬臂式挡墙,墙高 2.95 m,墙身厚度 0.95 m,底板厚度 0.7 m。
- (3) 护岸土方开挖采用拉森钢板桩临时支护,避免放坡开挖影响后方古树建筑。
- (4) 堤顶设 4 m 宽巡查通道,背水侧采用放坡型式与现状地形顺接,宽度 2 m。

图 20 为 C 型护岸悬臂式挡墙+重力式生态框断面示意图。

4.2.4 节点处理方案

本项目芸尾水道东侧与灌新路边坡相衔接,本工程考虑对灌新路路基进行保护。对道路边坡及水道河底进行局部灌砌块石防护,保证边坡及河床稳定。灌新路西侧边缘高程约 6.5 m,通过 1:2 放坡至高程 3.0 m 与现有涵洞出口齐平。往西利用缓坡衔

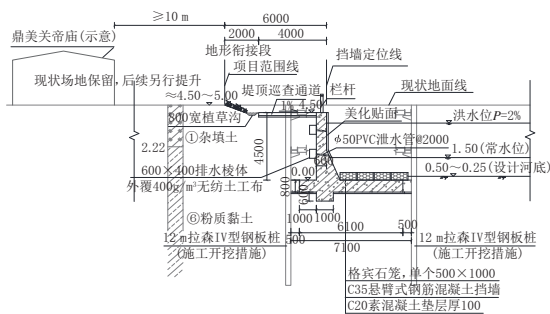


图20 C型护岸悬臂式挡墙+重力式生态框断面示意图(单位:mm)

接1#跌水堰,堰前河底高程2.0 m。高程2.8 m处通长布置景观叠石镶嵌,形成分级水流景观。

衔接段长度约35.6 m,采用0.5 m厚灌砌块石护底进行防护,以对此处节点河床进行防护,并减少补水水流对基础的冲刷影响。

图21为灌新路节点平面详图,图22为灌新路西侧出口节点剖面示意图。

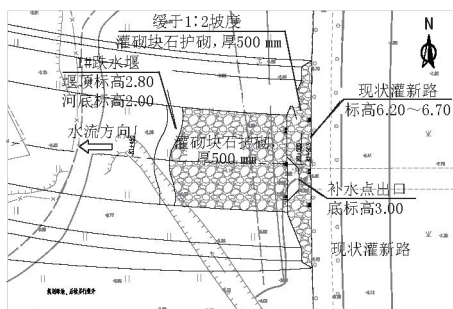


图21 灌新路节点平面详图

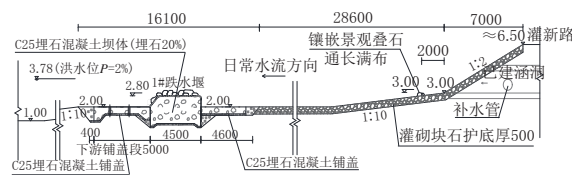


图22 灌新路西侧出口节点剖面示意图(单位:mm)

5 结语

城市建设开发越来越重视环境保护、国土空间、文物保护等各个要素及其互相之间的影响,城市河道工程既要满足防洪排涝功能需求,又要在设计时考虑各种制约要素,以保障项目顺利推进实施。

本文重点阐述了马銮湾芸尾水道设计中的各限制因素及其应对要点。项目充分考虑了周边具体限制因素,通过城镇开发边界相关政策梳理研究、专项规划落地性优化调整、工程选址多方案比选论证等手段,落实保障项目涉及的各土地要素及资源环境要素;在优选科学合理的项目选址方案及实施范围的基础上,以控规水域线内进行工程内容建设为原则,重点研究用地条件限制与行洪过流需求及工程造价间的平衡,通过限宽设计、特殊节点防护等措施,完成复杂边界条件下用地限宽与河道设计的有机统一,实现因地制宜,安全合规。研究成果可供其他类似项目参考。

(上接第137页)

- 凝土拱桥动力分析[J].福州大学学报(自然科学版),2023.
- [15] 陈宝春,刘君平.世界拱桥建设与技术发展综述[J].交通运输工程学报,2020,20(1):27-41.
- [16] 杨齐海,季跃华.大跨钢管混凝土系杆拱桥更换系杆施工[J].施工技术,2006,35(3):62-63.
- [17] 陈宝春,范冰辉,余印根,等.钢管混凝土拱桥强韧性设计[J].桥梁建设,2016,46(6):88-93.
- [18] 李晓莉,孙治国,郭乃胜,等.现役中承式悬吊桥面系拱桥静动力响应[J].大连海事大学学报,2019,45(1):102-109.
- [19] 余印根.断索作用下悬吊桥面系结构动力响应试验研究[J].水利与建筑工程学报,2021,19(6):88-93,216.
- [20] 陈康明,吴庆雄,罗健平,等.中、下承式拱桥悬吊桥面系强韧性加固试验[J].交通运输工程学报,2022,22(6):95-113.
- [21] 谭岩斌,张哲,杨宗林,等.一种悬吊桥面系拱桥减振加固方法及

- 模型试验[J].铁道工程学报,2020,37(9):35-40;107.
- [22] 交通运输部办公厅.公路危旧桥梁改造行动方案[Z].北京:交通运输部办公厅,2020.
- [23] 廉志刚.钢管混凝土拱桥拱肋数值建模方法探讨[J].交通科技,2016(5):34-37.
- [24] 崔凤坤,朱谊彪,杜朋等.钢管混凝土系杆拱桥拱脚一致多尺度建模及分析[J].江苏大学学报(自然科学版),2017,38(2):211-217.
- [25] 王安怀.浅谈钢管混凝土系杆拱桥拱肋的数值模拟方法[J].山西建筑,2011,37(19):181-182.
- [26] 周岑,宋黎明,高昊.桥梁桩基集中参数模型的比较分析[J].公路,2017,62(6):110-117.
- [27] 梁昌德.复杂地质条件下桥梁桩基施工的质量控制研究[J].产品可靠性报告,2024,38(4):39-41.