

设计经验

DOI: 10. 19853/j. zgjsps. 1000-4602. 2023. 16. 011

滨海城市海岸带沙滩修复中雨水排放口改造设计

张齐云, 付朝晖, 洪俊华

(珠海市规划设计研究院, 广东 珠海 519001)

摘要: 滨海城市海岸带沙滩修复中雨水排放口改造不当会造成沙滩流失、排放口淤积、排放口附近水环境恶化等问题。珠海市情侣路沿线沙滩修复雨水排放口改造工程经验如下: 总体方案选择应重点考虑上游排水安全和沙滩水环境要求; 雨水排放口内涝风险评估中应对暴雨和 offshore 潮位多种组合工况进行核算, 沙滩范围内雨水管渠设计规模宜比计算规模加大一级; 沙滩范围内雨水管渠线位和标高宜结合沙滩修复主体工程的岸线泥沙运动特征来确定, 应利于沙滩蚀淤动态平衡; 排放口末端设计应重点考虑排放口延伸长度对景观协调的影响、顶面高程对坡面稳定的影响及排放口前淤积等; 沿岸线平行铺设的主渠及沙滩范围内外露大型管渠应结合景观和海绵城市设计, 构筑物顶面上宜预留表层沙移动通道。

关键词: 滨海城市; 沙滩修复; 雨水排放口改造

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2023)16-0063-07

Design of Rainwater Discharge Outlet Reconstruction during Coastal Beach Restoration in Coastal Cities

ZHANG Qi-yun, FU Zhao-hui, HONG Jun-hua

(Zhuhai Institute of Urban Planning & Design, Zhuhai 519001, China)

Abstract: During the restoration of coastal beaches in coastal cities, the improper reconstruction of rainwater discharge outlets may lead to problems such as beach erosion, siltation and the deterioration of water environment near the outlet. This paper summarized the experience of rainwater discharge outlet reconstruction in coastal beach restoration along Qinglü Road, Zhuhai. The overall scheme selection should focus on upstream drainage safety and beach water environmental requirements. The multiple combination conditions of rainstorm and offshore tide should be calculated during the waterlogging risk assessment of rainwater discharge outlet, and the design scale of storm sewer in the beach area should be one level larger than the calculated scale. The location and elevation of storm sewer or channel within the beach area should be determined according to the characteristics of sediment movement along the shoreline of the main beach restoration project, which should be conducive to the dynamic balance of sand erosion and siltation. The influence of outlet extension length on landscape coordination, the influence of top elevation on slope stability and the siltation in front of the outlet should be considered in the design of the end of the discharge outlet. The main channel laid parallel to the coastline and the large exposed channel in the beach area should be designed in combination with the landscape and sponge city, and the surface sand movement channel should be reserved on the top surface of the structure.

Key words: coastal city; beach restoration; rainwater discharge outlet reconstruction

珠海市是国家级旅游城市,拥有长约765.85 km的海岸线,其中大陆岸线长224.5 km^[1]。

2014年以来,为了提升珠海名片——情侣路沿线滨海景观,珠海市相继开展了近岸海域沙滩修复工作,并取得了一定成效。海岸带沙滩修复必然会影响到沿岸现有雨水排放口,同时也需要考虑雨水排放口改造方案对沙滩修复效果的影响。

1 沙滩修复中雨水排放口改造影响因素

1.1 排水安全的影响

靠近城市中心区海岸带内的雨水管渠多为城区雨水排放的主要通道,承担着排水防涝的重任。海岸带沙滩修复会导致雨水排放口条件发生变化,从而影响原有雨水系统的排放能力。故改造方案应系统性分析排水安全,尤其是对上游存在水浸的区域进行重点评估。

1.2 水文动力特征的适应

沙滩在自然演变过程中,受到波浪、潮汐等自然力的作用,处于一种蚀淤动态平衡状态,即波浪与泥沙供给间存在一种动态平衡^[2]。这种动态平衡塑造了沙滩的典型剖面:滩肩、滩面和海底平面(见图1)。

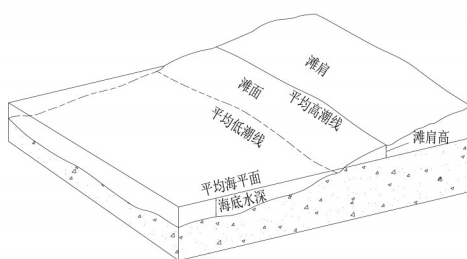


图1 沙滩典型剖面图

Fig.1 Typical profile of beach

滩肩指干燥、近似水平、坡度平缓的平台;滩面是连接滩肩和海底之间的坡面。沙滩修复中雨水排放口改造的重要原则是结合泥沙的运动规律,减少对平衡剖面的影响,利于后期造滩和养滩的实施。

1.3 滨水景观的融合

对于滨海城市来讲,海岸带沙滩修复提升了海洋环境的美观性与功能性,但是矗立在沙滩面的体型庞大的排水管渠会加大人与自然的距离,影响整个沙滩的视觉效果。要减少负面影响,就需要合理处理排水管渠与沙滩的平面、高程和功能融合的

关系。

1.4 沙滩水环境的需求

滨海城市海岸带人工沙滩可以分为景观沙滩、休闲沙滩和海滨浴场。其中景观沙滩不提供休闲娱乐场所,休闲沙滩提供简单的游人休闲场所,海滨浴场则提供比较丰富的文体娱乐场所^[3]。根据《海水水质标准》(GB 3097—1997),景观沙滩海水水质应满足第三类标准,休闲沙滩和海滨浴场应满足第二类标准。根据不同的水环境要求,雨水管渠改造宜区别采取点源、面源处置等不同水质提升方案。

2 沙滩修复中雨水排放口改造设计

2.1 雨水排放口改造总体方案

为了打造珠海市情侣路沿线“一带九湾”美丽风情,珠海市2014年—2019年相继开展了拱北湾(海滨泳场)改造、香炉湾沙滩修复、凤凰湾沙滩(美丽湾段和银坑段)、凤凰湾沙滩(银坑段)修复工程;同步进行了沿岸雨水排放口改造工程。

沙滩修复工程分布见图2。



图2 珠海市情侣路沿线沙滩修复工程分布

Fig.2 Distribution of beach restoration works along Qinglü Road in Zhuhai

沙滩修复中雨水排放口改造需要重点保障排水安全、提升水环境质量及有利于沙滩平稳运行,同时兼顾滨海景观、经济和施工等因素。

结合工程案例,雨水排放口改造总体方案(见表1)主要有以下四种:①直接排在滩肩上;②单独延伸到滩肩外排放;③合并集中排放;④转移排放口。

表1 雨水排放口改造总体方案

Tab.1 Overall renovation plan for rainwater discharge outlets

总体方案	适用条件	适用案例
① 直接排放在滩肩上	排放口水量小、水质好,对沙滩冲击小	拱北湾(海滨泳场)雨水排放口改造
② 单独延伸到滩肩外排放	排放口水量大、水质好、距离沙滩边线远,改造困难	凤凰湾沙滩(银坑段)排放口3和凤凰湾沙滩(美丽湾段)排放口3
③ 合并集中排放	沿线数量多、相互距离近,沿岸有管渠串联空间	凤凰湾沙滩(银坑段)排放口1、2、4、5、6、7、8、9;凤凰湾沙滩(美丽湾段)排放口1、2、4、5、6
④ 转移排放口	排放口水质差,现状排放口影响滨海景观	香炉湾沙滩修复雨水排放口改造

2.2 具体设计

2.2.1 拱北湾(海滨泳场)改造

拱北湾海滨泳场位于珠海市金融商务及旅游服务中心。改造前海滨泳场周边道路没有服务上游城区的雨水排放口,周边路面雨水已单独排放到泳场范围外。海滨泳场内部场地雨水排放量小,雨水受污染小,故总体方案采用方案①(直接排放在滩肩上)。

海滨泳场雨水排放口改造具体方案为采用缝隙式排水沟汇集沙滩范围内部硬质铺装、单体建筑等的雨水,再通过卵石沟及 $D200\text{ mm}\sim D300\text{ mm}$ 盲管收集后,渗流排入沙滩。

2.2.2 香炉湾沙滩修复

香炉湾沙滩位于情侣路的核心路段,修复长度约1 500 m。工程范围内沿线雨水排放口共计9处(见表2),均匀分散在沙滩沿线。排放口汇流面积大,对现状海滩已经造成冲击;同时排放口1、2、4、9还存在合流污水。故总体方案采用方案④(转移排放口)。

为了保障养滩和保滩效果,沙滩修复主体工程结合该区域水文条件在沙滩南、北端设置拦沙坝(见图3)。为了减少排放口对沙滩的冲击及降低溢流污染,改造方案将南北两端排放口分别串联合并后延伸至拦沙坝外集中排放。排放口1、2、4、9上游雨污分流改造短期内难以完成,故将其转移至沙滩范围外截污后排放;同时通过拦沙坝挑流将雨水溢流污染排向沙滩范围外。

表2 香炉湾沙滩修复范围雨水排放口统计

**Tab.2 Statistic of rainwater discharge outlets in
the restoration area of Xiangluwan Beach**

编号	断面尺寸	内底标高/m	汇水面积/hm ²	排放类型
排放口 1	3.5 m×2.0 m	0.47	6.50	合流
排放口 2	3.5 m×2.0 m	-0.39	6.30	合流
排放口 3	D1 000 mm	0.85	1.70	雨水
排放口 4	1.5 m×1.0 m	0.99	2.40	合流
排放口 5	D400 mm	1.75	0.43	雨水
排放口 6	2.4 m×1.0 m	1.27	4.10	雨水
排放口 7	D400 mm	1.78	0.41	雨水
排放口 8	D400 mm	1.69	0.41	雨水
排放口 9	1.5 m×0.5 m	1.55	2.30	合流



图3 香炉湾沙滩修复雨水排放口改造总体方案

Fig.3 Overall plan for reconstruction of rainwater discharge outlets in Xiangluwan Beach

2.2.3 鳳凰灣沙灘(美麗灣段)修復

凤凰湾沙滩(美丽湾段)位于珠海市香洲区海天公园附近,沙滩修复长度约1.1 km。工程范围内雨水排放口共计6处(见表3)。

表3 凤凰湾沙滩(美丽湾段)修复范围内雨水排放口统计

Tab.3 Statistic of rainwater discharge outlets in the restoration area of Fenghuangwan Beach (Meiliwan section)

编号	断面尺寸	内底标高/m	汇水面积/hm ²	排放类型
排放口 1	D1 500 mm	2.13	4.40	雨水
排放口 2	D1 200 mm	2.13	4.00	雨水
排放口 3	16 m×3.6 m	0.00	419.60	雨水
排放口 4	0.95 m×0.4 m	3.04	1.00	雨水
排放口 5	1.0 m×0.4 m	2.56	1.86	雨水
排放口 6	0.95 m×0.4 m	2.46	1.12	雨水

其中排放口3断面尺寸大($B \times H = 16 \text{ m} \times 3.6 \text{ m}$),

距离沙滩边界远;其余排放口断面尺寸较小,相对集中地分布在沙滩边界。排水以山水为主,水质较好,面源污染为海岸边路面初期雨水。故排放口3采用方案②(单独延伸到沙滩滩肩外排放),其他排放口采用方案③(合并集中排放)。

具体改造方案为排放口3采用单独延伸到滩肩外排放,排放口1、2以及排放口4、5、6分别合并后在沙滩边界处集中排放(见图4)。由于排放口3排水暗渠顶标高高出沙滩滩肩,故结合景观改造为滨海观景平台。



图4 凤凰湾沙滩(美丽湾段)修复雨水排放口改造总体方案

Fig.4 Overall plan for renovation of rainwater discharge outlets in Fenghuangwan Beach (Meiliwan section)

海岸边沿线人行道、绿化带结合海绵城市建设理念,采用生物滞留带及雨水花园等设施处置该路段路面初期雨水。

2.2.4 凤凰湾沙滩(银坑段)修复

凤凰湾沙滩(银坑段)位于珠海市香洲区和高新区交界处,沙滩修复长度约1.2 km。工程范围内雨水排放口共计9处(见表4)。其中排放口3断面尺寸较大($B \times H = 10 \text{ m} \times 1.8 \text{ m}$),距离沙滩两端比较远;其余排放口断面尺寸相对较小,位置分散。排水以山水为主,水质良好,面源污染为海岸边路面初期雨水。故排放口3采用方案②(单独延伸到沙滩滩肩外排放),其余排放口采用方案③(合并后集中排放在沙滩滩肩外)。

综合排放口分布、排放条件及景观等因素,具体改造方案为将沿线分散的排放口集中合并到排放口3后,结合排放口3一并延伸到滩肩外排放(见图5)。

沿岸串联合并的雨水暗渠则改造为沙滩沿岸步道。海岸边面源污染处置方案同美丽湾段。

表4 凤凰湾沙滩(银坑段)修复范围雨水排放口统计
Tab.4 Statistic of rainwater discharge outlets in the restoration area of Fenghuangwan Beach (Yinkeng section)

编号	断面尺寸	内底标高/m	汇水面积/hm ²	排放类型
排放口1	D800 mm	2.85	0.98	雨水
排放口2	2根 D800 mm	1.72	2.10	雨水
排放口3	10 m×1.8 m	1.26	17.00	雨水
排放口4	1.0 m×1.0 m	1.32	2.80	雨水
排放口5	2.0 m×1.0 m	1.40	6.50	雨水
排放口6	D1 200 mm	1.40	2.70	雨水
排放口7	D300 mm	2.00	0.34	雨水
排放口8	D1 000 mm	1.20	1.04	雨水
排放口9	D1 000 mm	1.47	1.02	雨水

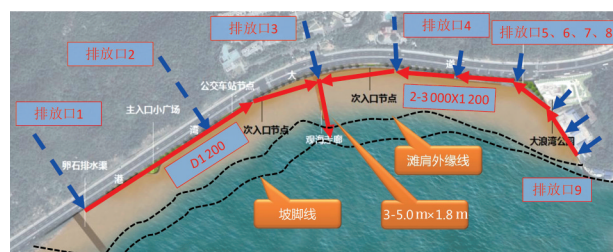


图5 凤凰湾沙滩(银坑段)修复雨水排放口改造总体方案

Fig.5 Overall plan for renovation of rainwater discharge outlets in Fenghuangwan Beach (Yinkeng section)

3 沙滩修复中雨水排放口改造设计要点

3.1 内涝风险评估和水力计算

由于受外海潮位的影响严重,海岸带沙滩修复中雨水排放口改造设计除了按照《室外排水设计标准》(GB 50014—2021)确定管渠设计重现期外,还应进行内涝风险评估。特别是上游服务范围已存在内涝风险的区域,内涝风险评估应对暴雨和外海潮位组合工况进行校核,比选不同工况(含历史极端天气),综合考虑设计标准。

四个改造工程均位于中心城区,原雨水管渠均在20世纪80年代建设完成,设计重现期采用1年一遇标准,排洪渠采用25年一遇设计标准。四个沙滩修复区域上游除香炉湾沙滩外,其余沙滩上游已建区域地势与沙滩面存在5~10 m高差,不存在内涝风险。2015年香炉湾沙滩雨水排放口改造设计按照《室外排水设计规范》(GB 50014—2006,2014年版)确定雨水管渠重现期为3年,同时还按照20年重现期暴雨遭遇5年重现期潮位(第一种工况)和2年重现期暴雨遭遇100年重现期潮位(第二种工况)

进行工况组合校核。根据校核结果,现状雨水系统均会出现不同程度的内涝:第一种工况地面积水深度0.05~0.3 m,第二种工况地面积水深度0.2~1.14 m。综合分析后管渠设计标准按照20年重现期遭遇5年重现期潮位设计,同时预留2年重现期暴雨遭遇100年重现期潮位的强排设施(强排设施在其他工程中实施)。

沙滩范围的雨水管渠排放口顶部宜敷设于沙滩表层下,内涝水力计算中流态为淹没出流。在淹没出流状态下,单纯采用加大出水口埋深及坡度的方法不仅对改善排水效能起不到任何作用,而且会加大管渠埋深、增加施工难度;宜按照小坡降、低流速和大管径雨水系统进行设计^[4]。由于淹没出流沙滩范围内雨水管渠内部易淤积泥沙,为了减少水浸风险,建议埋设在沙滩下的排水管渠较计算管径加大一级(100 mm)。

3.2 滩肩范围雨水排放口改造线位和高程设计

为了减少沙滩的冲淤,雨水管渠在滩肩的线位应结合沙滩岸线输沙平衡特征设计。沙滩外边缘的管渠设置在沿岸输沙下游,可有效拦截沙滩横向位移,使填沙保持在沙滩范围内,减少沙滩维护成本。沙滩范围内布置垂直于滩肩的雨水管渠对沙滩岸线的影响作用类似于沿岸丁坝。合理的线位设计不仅可以划分沙滩单元,形成局部岬角,缩小沙滩弧形内凹尺度,而且可以拦截沿岸输沙,将泥沙运动局限在单元内^[5]。

凤凰湾沙滩(美丽湾段)排放口3和凤凰湾沙滩(银坑段)排放口3位于岸线侵蚀段,故改造方案将其延伸到滩肩外排放有利于横向输沙平衡。凤凰湾沙滩(美丽湾段)排放口1、2位于沙滩南端,合并设计可有效拦截海岸沙滩流失;排放口4、5、6合并后于沙滩北段排放可以形成类似丁坝,有利于沙滩稳定。上述雨水排放口改造线位均作为沙滩修复主体工程岸线变化数值模拟的条件进行了整体校验,以验证对后期沙滩的影响。

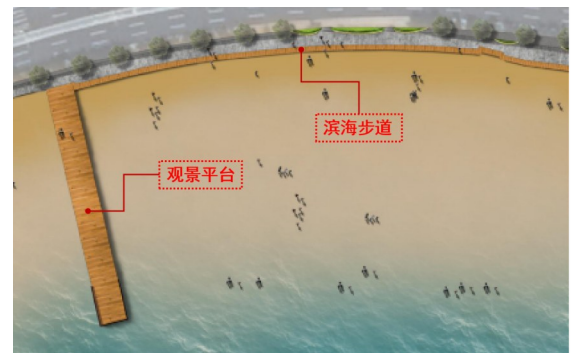
滩肩范围雨水排放口高程应结合滩肩高程确定。沙滩修复工程滩肩多采用双层结构设计,即表层沙和垫层沙。滩肩表层填沙,沙质为中、细沙,厚度一般为0.3~1.0 m。由于表层沙易流动,为了保障沿岸输沙平衡及沙滩景观效果,排水管渠结构顶面设计高程宜在表层沙下方,深度不小于0.5 m;不能满足标高要求的管渠,应结合景观进行改造,预

留表层沙流动通道,以减少后期养护成本。

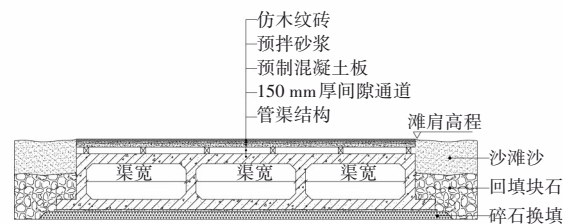
3.3 排水管渠改造与沙滩景观的融合

雨水排放口合并改造后主渠应沿岸线平行铺设,出口段延伸到滩面边缘排放。改造时应考虑构筑物的高程和形态、面源污染防治与沙滩景观的关系,可采用以下几种解决措施:

① 外露在滩肩的大型管渠可设计为观景平台或休憩平台,同时在面层预留表层沙150 mm厚移动通道,具体见图6。



a. 管渠与景观融合效果图



b. 管渠与景观融合设计图

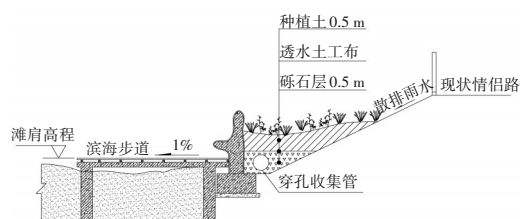
图6 凤凰湾沙滩(美丽湾段和银坑段)管渠与景观融合

Fig.6 Integration of pipe canal and landscape in Fenghuangwan Beach (Meiliwan section and Yinkeng section)

② 合并后沿岸雨水渠可以结合景观功能设计为沙滩休憩平台、滨海步道,充分利用沿岸雨水渠与岸线间的空间,结合海绵城市设计收集和处理沙滩周边场地的面源污染(见图7)。



a. 面源污染防治方案效果图



b. 面源污染防治方案设计图

图7 凤凰湾沙滩(美丽湾段和银坑段)面源污染防治方案

Fig.7 Prevention and control for non-point source pollution in Fenghuangwan Beach (Meiliwan section and Yinkeng section)

③ 沙滩内部配套公共服务区域面源污染可结合景观设计采用线型排水沟收集后,通过盲管、卵石沟等设施渗流排入沙滩。

3.4 滩面雨水排放口末端设计

滩面处排放口设计不合理,不仅会影响滨海景观,而且还会破坏沙滩输沙系统的稳定性。排放口设计合理性的评判指标为以下几类:①排放口后方是否能聚沙,进而覆盖渠身^[6];②排放口前方淤积程度;③对排放口两侧滩面的侵蚀。

滩面排放口具体设计应结合海洋水文条件综合考虑延伸长度、排放口标高及排放口保护范围等因素。沙滩排放口与沙滩响应关系比较复杂,目前国内研究实例较少,还处于摸索阶段。

凤凰湾沙滩(美丽湾段)雨水排放口设计如图8所示。

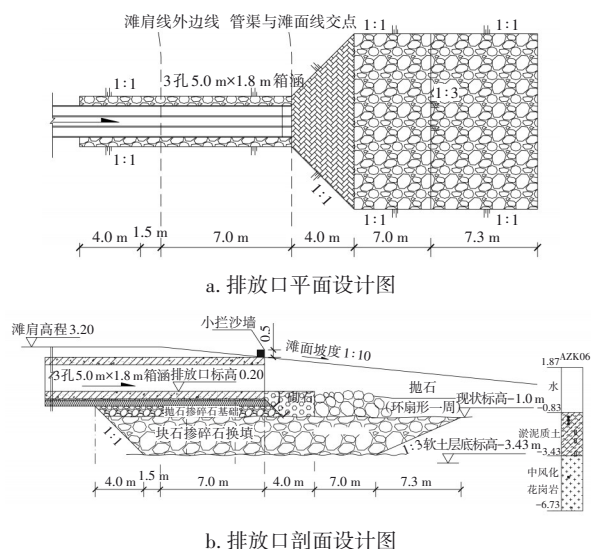


图8 凤凰湾沙滩(美丽湾段)雨水排放口设计

Fig.8 Design of rainwater discharge outlet in Fenghuangwan Beach (Meiliwan section)

结合上述实例,排放口末端设计要点如下:

① 排放口延伸长度

为了打造沙滩整体景观效果,排放口应延伸到滩肩外,在减少对景观影响的同时还可以减少排放口淤积,便于维持排放口附近滩面的动态平衡。

② 排放口末端顶部高度

排放口末端保滩的效果与其高程密切相关,排放口顶面高程越高越有利于后方泥沙的淤积^[7]。排放口末端顶面标高既要有利于减少后方泥沙的淤积,又要避免外露出滩面影响景观。建议排放口顶面标高在滩肩和滩面交汇处至少在表层沙下1.0m,排放口末端顶部与滩面相交处可设置拦沙小挡墙(高50cm)以减少后方沙面流失。

③ 排放口上下游保护

由于排放口对上下游附近滩肩剖面存在不同程度侵蚀,排放口附近应设置一定范围干砌石保护。保护范围可取管渠宽度的1/3~1/2。排放口底部基础应换填到非砂土层,以避免侵蚀导致基础失稳。

④ 排放口前淤积影响

排放口前泥沙淤积难以避免,为了减少排放口堵塞,宜在排放口排出方向设置砌石坡面,坡度应大于滩面坡比,使泥沙在坡面前落淤。

4 工程效果

随着城市“双修”工作的持续推进,滨海城市海岸带沙滩修复工程也会越来越多。珠海市情侣路沿线沙滩修复中雨水排放口改造工程从2016年陆续完工到现在已经运行了6年多,运行效果良好。特别是香炉湾沙滩修复获得“2017年中国人居环境范例奖”,情侣路沿线沙滩已经成为珠海市的新名片。

5 结语

珠海市情侣路沿线沙滩修复雨水排放口改造工程经验:

① 总体方案应重点考虑沙滩水安全和水环境的影响。

② 雨水排放口改造内涝评估应进行不同暴雨重现期和海潮重现期的组合多工况核算,沙滩下管渠尺寸宜比计算尺寸大100mm。

③ 滩肩雨水排放口线位宜结合沙滩修复主体工程的岸线数值模拟确定,以利于后期沙滩管养。管渠顶标高宜设置在滩肩表层沙下不小于0.5

m,不满足时应与景观融合设计,同时预留表层沙移动通道。

④ 滩面排放口设计应重点考虑管渠顶面高程确定及对上下游滩面的保护,以减少对滩面的影响。

参考文献:

- [1] 孙敏. 珠海近岸海域生态系统健康评价及胁迫因子分析[D]. 青岛:中国海洋大学,2012.
SUN Min. Ecosystem Health Assessment and Stress Factor Analysis on Zhuhai Coastal Marine Areas [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2012(in Chinese).
- [2] 赵薛强. 海湾综合整治研究——以茅尾海为例[D]. 厦门:国家海洋局第三海洋研究所,2011.
ZHAO Xueqiang. The Study of Bay Integrated Renovation—Take Maowei Hai for Example [D]. Xiamen: Third Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, 2011(in Chinese).
- [3] 蒋晓磊. 人工沙滩设计分析[J]. 建筑技术开发, 2017,44(16):13-16.
JIANG Xiaolei. Design and analysis of artificial beach [J]. Building Technology Development, 2017,44(16): 13-16(in Chinese).
- [4] 张雨飞,何亦森,邝敏毅. 低地坪高潮位地区的雨水管道淹没出流计算[J]. 给水排水, 2011, 37(4): 107-109.
ZHANG Yufei, HE Yisen, KUANG Minyi. Submerged discharge calculation for the storm sewer in low terrace and high tide level area [J]. Water & Wastewater Engineering, 2011,37(4):107-109(in Chinese).
- [5] 徐敏. 滨海城市人工沙滩选址、规划与平面布置探讨[J]. 城市道桥与防洪, 2017(8):295-299.
XU Min. Discussion on site selection, planning and plane layout of artificial beach in coastal city [J]. Urban Roads Bridges & Flood Control, 2017(8): 295-299(in Chinese).
- [6] 董标. 连岛沙坝式海滩排水管头设计及其对滩面形态影响[D]. 福州:福州大学, 2017.
DONG Biao. Design of Tombolo-shape Drainage Tip and Its Influence on Morphology of Beach [D]. Fuzhou: Fuzhou University, 2017(in Chinese).
- [7] 董标,蔡锋,金保明,等. 基于连岛沙坝原理设计的海滩排水管头地貌稳定性研究[J]. 海洋工程, 2018,36(1):128-137.
DONG Biao, CAI Feng, JIN Baoming, et al. Study on the beach morphological stability near the coastal drain-pipe tips design based on the theory of tombolo [J]. The Ocean Engineering, 2018, 36(1): 128-137 (in Chinese).

作者简介:张齐云(1980—),男,湖北仙桃人,硕士,高级工程师,注册公用设备工程师(给水排水工程),国家注册咨询工程师(投资),注册土木工程师(道路工程),珠海市规划设计研究院市政分院设备所所长,主要从事市政给排水管网设计和咨询工作,曾获省级及以上规划类奖项3项、省级及以上咨询类奖项2项、省级及以上设计类奖项6项、专利4项。

E-mail:88342788@qq.com

收稿日期:2023-04-03

修回日期:2023-05-26

(编辑:孔红春)

尊法学法守法用法, 治水管水兴水护水