



广州港南沙港区四期工程海绵港口设计

罗佳文，李彬，钟良生

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司，广东 广州 510290)

摘要：为响应国家对港口绿色发展水平的要求，本文将“海绵城市”设计理念融入广州港南沙港区四期工程港口建设中，打造生态化海绵港口。结果表明，在满足港口排水能力的前提下，通过在排水系统中建设下凹式堆场、绿色屋顶、透水铺装、下凹式绿地等海绵工程性设施，利用其对雨水存储、渗透、调蓄功能，可大大增强港口的防洪排涝能力，研究成果可为类似海绵港口建设提供参考。

关键词：海绵城市；生态化海绵港口；海绵工程性设施

中图分类号：U 651

文献标志码：A

文章编号：1002-4972(2022)10-0013-05

Sponge port design of phase IV project of Nansha port area of Guangzhou Port

LUO Jia-wen, LI Bin, ZHONG Liang-sheng

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510230, China)

Abstract: In response to the country's requirements for the green development level of ports, the design concept of "sponge city" is integrated into the port construction of the phase IV project of the Nansha port area of Guangzhou Port to create an ecological sponge port. The results reveal that, on the premise of satisfying the drainage capacity of the port, through the construction of concave storage yard, green roof, permeable pavement, concave green space and other sponge engineering measures in the drainage system, it can be used to store, infiltrate and adjust rainwater. The storage function can greatly enhance the flood control and drainage capacity of the port, and the research results can provide a reference for the construction of similar sponge ports.

Keywords: sponge city; ecological sponge port; sponge engineering facilities

2019年11月，交通运输部等9部委颁发了《关于建设世界一流港口的指导意见》，提出建设安全便捷、智慧绿色、经济高效、支撑有力、世界先进的世界一流港口的高质量发展要求^[1-2]。在生态环保及节能低碳优先的新形势下，广州港南沙港区四期工程将“海绵城市”建设理念融入港口建设当中，实现港口建设和自然生态系统相协调，增强港口防洪排涝能力，力求将港口建设成“生态化海绵港口”。

以广州港南沙港区四期工程为例，结合生态化海绵港口的设计思路，根据JTS/T 105-4—2020

《绿色港口等级评价指南》中生态环保与节能低碳的要求，重点从港区功能布局来分析可采用的海绵港口工程性措施，为类似生态化海绵港口建设提供参考。

1 工程概况

广州港南沙港区四期工程位于南沙作业区(龙穴岛)规划的中部挖入式港池，东南侧紧邻已建的南沙港区一期工程，陆域西侧有规划物流园区及规划铁路物流中转站，北侧与粮食码头隔海相望。该项目是华南片区第1个采用“多泊位，堆场水

平布置，港区自动化”模式的自动化集装箱码头，港区陆域总面积约 120.6 万 m²，主要分为码头前沿作业区、堆场作业区、辅建区。

2 海绵港口建设理念

低影响开发雨水系统的径流总量控制一般采用年径流总量控制率作为控制目标。低影响开发雨水系统、雨水管渠系统及超标雨水径流排放系统是海绵港口建设相互依存的重要基础元素。低影响开发雨水系统通过采用渗、滞、蓄、净、用、排等多种技术，如绿色屋面、下凹式绿地、透水铺装等，从而有效控制径流总量、径流峰值和径流污染；雨水管渠系统应与低影响开发雨水系统共同组织径流雨水的收集、转输与排放；超标雨水径流排放系统用来应对超过雨水管渠系统设计标准的雨水径流^[3]。

3 海绵港口工程性设施

3.1 下凹式绿地

在港口辅建区的传统景观绿化设计中，道路两旁绿地一般采用路缘石与道路分隔开，绿地高程比路面高程高出 10 cm 左右；在生态化海绵港口中，下凹式绿地高程低于周边道路高程。降雨时，大部分雨水通过缺口路缘石进入下凹式绿地下渗存储，当超过下凹式绿地的受纳能力时，超标雨水通过溢流雨水口排放至港区雨水管网系统；少部分雨水通过道路两侧雨水口直排至港区雨水管网系统。

下凹式绿地的下凹深度宜通过综合考虑植物耐淹性能和土壤渗透性能确定，一般为 100~200 mm。下沉式绿地内一般应设置溢流雨水口，保证暴雨时径流的溢流排放，溢流口顶部高程一般应高于绿地 50~100 mm。下凹式绿地典型构造见图 1。

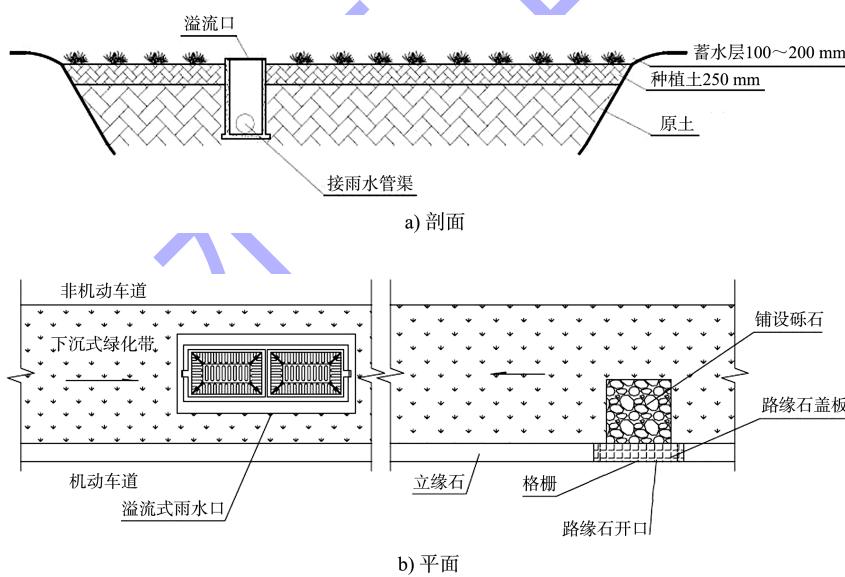


图 1 下凹式绿地典型构造

3.2 透水铺装

在港口辅建区的非机动车道和人行道采用透水铺装，按照面层材料不同可分为透水砖铺装和透水水泥混凝土铺装。降雨时，雨水可以通过透水铺装渗透到路基或者周围土壤加以蓄存，既可保持道路的原有设计功能，又可以进行雨水收集。透水铺装结构符合 CJJ/T 188《透水砖路面技术规

程》和 CJJ/T 135《透水水泥混凝土路面技术规程》的规定。当透水铺装对项目所要求的道路路基强度及稳定性有较大影响时，可采用半透水铺装结构；当项目土壤渗透能力较低时，应在透水基层内设置排水盲管；当透水铺装设置在地下室顶板上时，顶板覆土厚度不应小于 600 mm 且应设置排水层。透水水泥混凝土、透水砖典型路面结构见图 2。

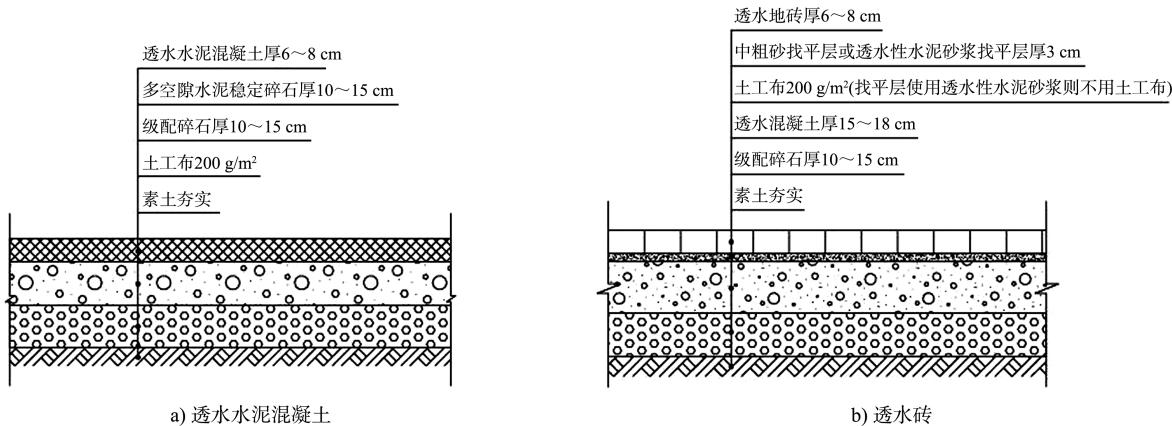


图 2 典型路面结构

3.3 绿色屋顶

绿色屋顶也称种植屋面, 其基质深度根据植物需求及屋顶荷载确定, 简单式绿色屋顶的基质深度一般不大于 150 mm, 屋顶上设置有雨水斗及雨落管, 绿色屋顶的设计可参考 JGJ 155 种植屋面工程技术规程。降雨时, 雨水经种植屋面渗

透后, 通过泄水口收集至屋面雨水边沟, 内设雨水斗进一步收集雨水至雨落管, 最终流入室外雨水管网系统。绿色屋顶不仅可以截留部分初期雨水, 而且有一定的隔热作用, 对建筑物有明显的节能减排效果。平屋面、坡屋面绿色屋顶见图 3。

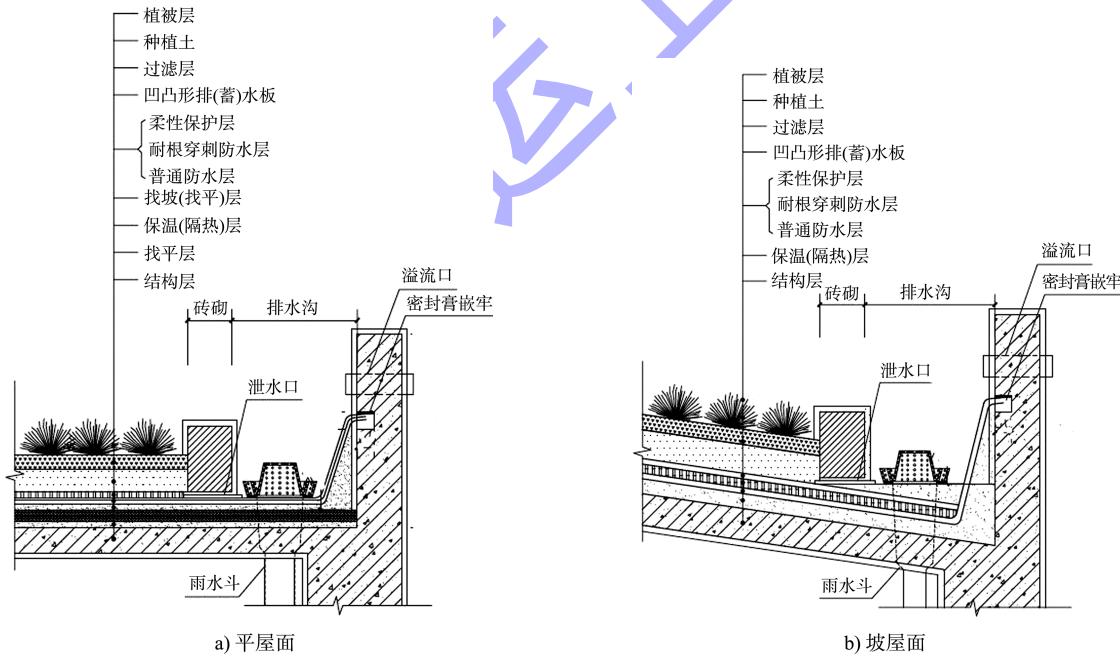


图 3 屋面绿色屋顶

4 设计方案

广州港南沙港区四期工程陆域总面积约 120.6 万 m², 主要分为码头前沿作业区、堆场作业区、辅建区。在“生态化海绵港口”设计中, 需根据不同区域的功能及特点, 统筹考虑工程性海绵设施的布置。

4.1 码头前沿作业区

港区码头前沿作业区为四期工程主要作业区, 面积为 19.4 万 m², 占港区总陆域面积的 16%, 基本实现全自动化, 不适宜设置海绵工程性设施。在不影响码头作业的前提下, 可考虑设置简单的绿地, 降雨时绿地可储蓄少部分雨水, 大部分雨

水由区内雨污水管网系统收集排放。同时，适当的绿地景观可减少扬尘、净化空气，改善码头前沿作业区的工作环境。

4.2 堆场作业区

堆场作业区以道路和堆场为主，多数为混凝土或联锁块铺面，透水铺装可应用于该区域。在透水铺装设计中，需要考虑道路的荷载，针对不同功能的道路采用不同的设计方案。此外，综合考虑港区道路及堆场区的高程，项目堆场区采用箱角梁基础，在保证集装箱正常堆存的前提下，适当降低堆场区高程，使箱角梁顶高程高出堆场区域地面，利用高差形成天然的蓄水池，既可以蓄水，发生暴雨等恶劣天气时又可避免集装箱货物造成经济损失，增加港区抵抗极端天气的抗风风险能力。

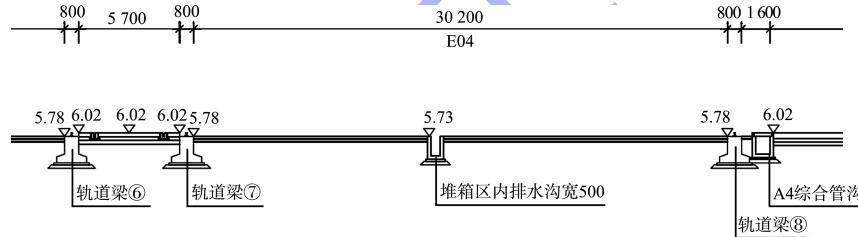


图 5 下凹式堆场标准箱区断面 (高程: m; 尺寸: mm)

4.3 辅建区

辅建区是最适宜生态化海绵港口建设的区域，下凹式绿地、透水铺装、绿色屋面等工程性海绵设施均可运用于辅建区。在考虑屋面荷载的前提下，各建筑单体合理布置绿色屋面，建设节能环保型的绿色建筑；下凹式绿地与区内道路协调布置，保证道路雨水经缺口路缘石自流进入下凹式绿地；非机动车道、人行道和露天停车场在考虑使用功能的前提下均采用透水铺装。合理的海绵设施布置不仅增加了辅建区对雨水的调蓄能力，而且使整个区域错落有致、美观大方。

根据《广州市海绵城市专项规划(2016—2030)》，广州港南沙港区四期工程属于狮子洋建设流域 08-04 片区，土壤类型为壤土，用地类型为

本工程港区堆场区面积为 46.8 万 m²，占港区总陆域面积的 39%。码头箱角基础高程 6.1 m，轨道梁高程 5.78 m，箱间区铺面高程 5.73~5.78 m，由箱区两侧往中间倾斜，坡度约 3‰，箱区平均下凹深度约 0.25 m，总蓄水能力约 11.7 万 m³。下凹式堆场平面布置见图 4，下凹式堆场标准箱区断面见图 5。



图 4 下凹式堆场平面布置

交通枢纽用地 S3，项目年径流总量控制率 73%，对应的设计降雨量为 28.5 mm。

辅建区建筑总用地面积 2.89 万 m²，下垫面主要为屋面、铺装、绿化。该区域的海绵城市建设以滞留、净化、存储为主。通过透水铺装、下凹式绿地、绿色屋顶等海绵设施重新构建排水系统，设 1 个总排水出口，外接市政管网。

项目充分利用地面绿化进行下凹式绿地设计，地面铺装在适宜地区采用透水性铺装，合理布置绿色屋面，下垫面类型见表 1。雨量径流系数宜按 GB 50014—2021《室外排水设计标准》和 GB 50400—2016《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》采用相应取值^[4-5]，汇水分区的综合雨量径流系数见表 2。

表 1 辅建区下垫面类型

下垫面类型	面积/m ²	面积比例/%
屋面	3 763	13.0
铺装	16 181	56.0
绿地	8 956	31.0
水体	0	0
总计	28 900	100.0

表 2 辅建区综合雨量径流系数

下垫面类型	面积/m ²	径流系数
硬质屋面	3 145	0.85
绿化屋面	618	0.15
绿地	6 594	0.35
下凹式绿地	2 362	0.35
透水铺装	2 572	0.30
不透水铺装	13 609	0.85
合计	28 900	0.57

辅建区需设计调蓄容积: 面积 28 900 m², 径流系数 0.57, 年径流总量控制率 73%, 设计降雨量 28.5 mm, 需设计调蓄容积 469.48 m³。辅建区下凹式绿地调蓄容积: 面积 2 362 m², 下凹调蓄深度 0.20 m, 调蓄容积 472.40 m³。

经上述分析计算, 调蓄容积大于需设计调蓄容积, 该项目海绵城市设计方案年均径流总量控制率大于 73%, 满足规划中所要求的年径流总量控制率 73% 的控制目标。

5 结语

1) 在港口建设中引入“生态化海绵港口”建设理论, 结合港口工程的自身特性, 将自然途径充分应用到港口排水系统中, 结合港口建设中采用的各种海绵工程性措施, 使得雨水得到存储、渗透、净化, 控制辅建区总径流量及初期雨水的

污染, 实现了“生态化海绵港口”的建设目标。

2) 南沙四期工程的“生态化海绵港口”设计理念, 改变了传统港口建设中排出雨水完全依靠港区雨污水管网系统的情况, 在满足港区排水能力的前提下, 通过设置调蓄设施提升堆场区域排水设施的抗风险能力, 减少极端天气对港区造成的经济损失。

3) 码头前沿作业区基本上依靠自动化运作, 工程性海绵设施不适宜在该区域设置。堆场作业区可采用下凹型设计, 根据自动化集装箱码头的特点, 通过提高箱角梁基础, 降低箱区间铺面高程, 以高差形成天然的蓄水池, 提升港区抵抗极端天气的抗风险能力。辅建区采用下凹式绿地、透水铺装、绿色屋面等工程性海绵设施, 改善辅建区办公环境的同时, 可对雨水进行调蓄和渗透净化。

参考文献:

- [1] 谭凤, 马小江, 李大功, 等. 绿色港口规划设计思路[J]. 水运工程, 2021(10): 104-110.
- [2] 王钊, 汪悦平. “海绵港口”建设方案简析[J]. 港工技术, 2018, 55(2): 61-64.
- [3] 北京建筑大学. 海绵城市建设技术指南: 低影响开发雨水系统构建(试行)[R]. 北京: 北京建筑大学, 2014.
- [4] 上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司. 室外排水设计标准: GB 50014—2021 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2021.
- [5] 中国建筑设计研究院. 建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范: GB 50400—2016[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.

(本文编辑 王传瑜)

编辑部声明

近期不断发现有人冒用《水运工程》编辑部名义进行非法活动, 他们建立伪网站, 利用代理投稿和承诺上刊等手段进行诈骗活动。《水运工程》编辑部郑重声明, 从未委托第三方为本编辑部约稿、投稿和审稿。《水运工程》编辑部唯一投稿网址: www. sygc. com. cn, 敬请广大读者和作者周知并相互转告。