

水质净化厂海绵设施的优化设置与效能研究

杨勇¹, 王海涛²

(1. 中交一航局生态工程有限公司; 2. 中交第一航务工程局有限公司)

摘要:为解决城市水质净化厂在极端天气时排水不畅及面源污染控制能力不足的问题,文章采用理论分析与实地调研相结合的方法,对水质净化厂中海绵设施的优化设置进行了深入探讨。通过对比不同海绵设施(如生物滞留设施、透水铺装等)的效能,结合水质净化厂的工艺特点和实际需求,提出了针对性的海绵设施配置方案。研究结果显示,合理配置海绵设施不仅能有效提升水质净化厂的雨水调蓄能力,还能显著减少污染物排放,改善出水水质,是提升城市水环境综合治理能力的有效途径。

关键词:有限用地;下沉式绿地;植草沟;透水铺装

0 引言

城市化进程的加速带来了诸多水环境问题,其中雨水径流带来的面源污染增多、洪涝频发、水质恶化等问题尤为突出。传统的城市排水系统往往侧重于快速排放雨水,而忽视了雨水的资源化利用和生态化处理,导致城市水环境恶化,洪涝灾害频发。海绵城市理念作为一种先进的城市雨洪管理理念,旨在通过模拟自然水文循环过程,增强城市对雨水的吸纳、蓄渗、缓释和净化能力,从而减轻城市洪涝灾害影响,改善城市水环境^[1]。

然而,在水质净化厂等公共设施的建设中,由于用地限制和工艺要求,实现海绵城市的建设目标面临诸多挑战。如何在有限用地条件下,既保证污水处理功能,又实现海绵城市的建设目标,成为了一个亟待解决的问题。本文以沙井水质净化厂三期工程为例,深入探讨了如何在有限用地条件下实现海绵城市的建设目标,以期为类似工程提供借鉴和参考。

1 海绵城市理念及其重要性

1.1 海绵城市定义

海绵城市是指城市能够像海绵一样,在适应环境变化和应对雨水带来的自然灾害等方面具有良好的“弹性”。其本质是通过控制雨水的汇流方向,恢复城市原始的水文生态特征,使地表径流尽可能达到开发前自然状态,从而实现修复水生态、改善水环境、涵养水资源、提高水安全、复兴水文化的目标。

海绵城市的建设包括多个方面,如透水铺装、

绿色屋顶、下沉式绿地、生物滞留设施、植草沟等。这些设施能够有效地吸纳、蓄渗、缓释和净化雨水,减轻城市排水系统的压力,改善城市水环境。

1.2 海绵城市的重要性

海绵城市建设对于缓解城市内涝、改善水质、补充地下水、提高城市生态质量等方面具有重要意义。

1) 缓解城市内涝:通过构建低影响开发系统,可以有效减少雨水径流,降低城市排水压力,从而减轻城市内涝灾害。在暴雨天气下,海绵城市设施能够迅速吸纳并储存雨水,减少地表径流,防止洪水泛滥。

2) 改善水质:雨水在渗透、蓄存、净化过程中,能够去除部分污染物,如悬浮物、有机物等,从而改善水质。这对于提供清洁的补给水源、保护水生态系统具有重要意义。

3) 补充地下水:通过透水铺装和生物滞留设施等措施,可以增加雨水的下渗量,补充地下水,缓解城市地下水位下降的问题。这对于维持城市水文生态平衡、保障城市供水安全具有重要作用。

4) 提高城市生态质量:海绵城市建设有助于提升城市绿地率,增加生物多样性,改善城市生态环境,提高城市的生态质量。这对于提升城市居民的生活质量、促进城市可持续发展具有重要意义。

2 工程概况

沙井水质净化厂三期工程位于深圳市宝安区

沙井街道帝堂路与锦绣路交叉口西南角预留用地,占地面积为 6.19 ha。该工程是深圳市重要的污水处理设施之一,对于改善城市水环境、提高污水处理效率具有重要意义。

沙井水质净化厂净水规模为 30 万 m^3/d ,采用半地下加盖建设形式,主要建设内容包括污水及污泥处理构(建)筑物、生产辅助设施、生产区(不包括开放公园)的绿化及道路等。

由于用地紧张且绿地资源有限,如何在保证污水处理功能的同时实现海绵城市的建设目标成为了该工程的一大挑战。项目建设过程通过深入研究和实践,在有限用地条件下实现了海绵城市的建设目标,为类似工程提供了宝贵的经验。

3 设计思路与原则

3.1 设计原则

沙井水质净化厂三期工程作为深圳市海绵城市建设的关键一环,其设计不仅承载着污水处理的基本功能,更需深度融入海绵城市的先进理念,实现对雨水的有效管理和高效利用。面对这一挑战,遵循了一系列科学、合理且富有前瞻性的设计原则,以确保项目的成功实施和长期效益。

1) 建筑主体多层次外延综合设计

在综合楼屋顶等关键区域,充分利用空间资源,创新性地实施了屋顶绿化,不仅丰富了建筑的视觉效果,提升了整体美学价值,更重要的是显著增加了绿地面积,增强了雨水的吸纳能力。屋顶绿化通过植被覆盖,有效减少雨水径流,增加雨水的滞留和渗透,从而可以大幅减轻城市排水系统的压力。此外,屋顶绿化还有助于改善建筑的微气候,降低室内温度,提升建筑的整体舒适度。

2) 精选铺装种类并优化铺装设计

非机动车道的铺装设计是海绵城市建设中的重要环节。经过比选最终采用透水铺装材料。这种材料具有良好的透水性,能够让雨水迅速渗透到地下,从而减少地表径流,同时有效补充地下水。与传统的不透水铺装相比,透水铺装能够更高效地管理雨水,减少洪峰流量,提高雨水资源的利用率。此外,透水铺装还能增加地面的摩擦力,提高行车安全性,为市民提供更加安全、舒适的出行环境。

3) 设置生物滞留设施

在地势低洼且覆土条件满足的区域尽可能设

置生物滞留设施。这些设施是一种集雨水收集、净化、蓄存和利用为一体的综合性海绵城市设施。通过植物和土壤的过滤作用,生物滞留设施能够有效地去除雨水中的污染物,提高水质。同时,还能增加雨水的蓄渗能力,减少雨水径流,从而进一步减轻城市排水系统的负担。

4) 利用植草沟引导雨水

在绿化宽度不足的区域巧妙地利用植草沟来引导雨水。植草沟是一种用于引导雨水流动的海绵城市设施,能够将雨水从高处引导至低处或其他海绵设施中,从而提高雨水的收集率,减少地表径流。通过植草沟的设置,有效地解决了绿化宽度不足的问题,提高了雨水管理的效率。这种设计思路充分利用了现有的地形和植被条件,以最小的改动实现了最大的效益。

3.2 设计目标

根据《深圳市海绵城市建设专项规划及实施方案》及《深圳市海绵城市规划要点和审查细则》的明确要求,沙井水质净化厂三期工程的建设目标十分明确且具体:项目位于深圳市西部雨型区的软土区,项目开发建设后的年均雨水径流控制率不低于 57%,需要控制的雨水厚度为 21.24 mm。实现这一目标,需要通过合理设置海绵城市设施,严格控制建设项目的径流总量、峰值流量和初期污染物排放^[2]。

为此,设计了包括下沉式绿地、透水铺装、生物滞留设施等一系列海绵城市设施。这些设施共同构成了一个完整的雨水管理系统,实现了雨水的自然积存、自然渗透和自然净化。同时,这些设施还能显著提升项目的生态环境质量,增强城市的防洪排涝能力,为市民提供更加安全、舒适的生活环境。

在设计过程中,充分考虑了项目的可持续性和长期效益。注重选用环保、耐用的材料和设备,确保海绵城市设施能够长期稳定运行。同时,还注重与周边环境的协调与融合,确保海绵城市设施不仅具有实用性,还具有良好的景观效果。

3.3 海绵基础设施规模及指标计算

为了确保海绵城市设施的有效性以及可行性,对海绵基础设施的规模和指标进行了详细的计算和分析。这一步骤是项目设计过程中至关重要的一个环节,直接关系到海绵城市设施的效能和效益。

3.3.1 海绵城市建设系统参数确定

1) 确定项目区域的平均径流系数。这一系数是根据各类性质地面的面积与总的汇水面积的比值确定的百分比, 并结合各种地面的径流系数计算得出。通过精确的计算和分析, 得出项目区域的平均径流系数, 为后续的雨水控制规模计算提供可靠依据。

2) 根据雨水控制率、日设计控制雨量以及项目占地面积等关键参数, 计算雨水控制规模。这一规模是指项目需要控制的雨水总量, 是评估海绵城市设施效能的重要指标。通过科学的计算和分析, 得出项目需要控制的雨水规模, 为海绵城市设施的设计提供有力的支撑。

3.3.2 调蓄量及污染物削减率计算

为全面评估海绵城市设施效能, 需要计算各海绵设施的雨水调蓄量和污染物削减率。雨水调蓄量是指各海绵设施能够蓄存的雨水总量, 是评

估海绵城市设施蓄水能力的重要指标。通过精确计算和分析, 得出各海绵设施的雨水调蓄量, 为后续的设计和施工提供有力的指导。

污染物削减率是指海绵城市设施对雨水中污染物的去除效果。通过科学的计算和分析, 得出了海绵城市设施对污染物的削减率。这一指标是评估海绵城市设施水质改善效果的重要依据。通过这一计算, 对海绵城市设施的水质改善效果有了更加清晰的认识, 为后续的设计和施工可提供有力的保障。

4 海绵城市设施设计与施工重点

4.1 下沉式绿地设计与施工

下沉式绿地作为海绵城市设施的重要组成部分, 其断面图如图 1 所示, 其设计和施工对于实现雨水管理和利用目标至关重要。在设计阶段需要充分考虑绿地的坡度、深度以及溢流口的设置等因素。

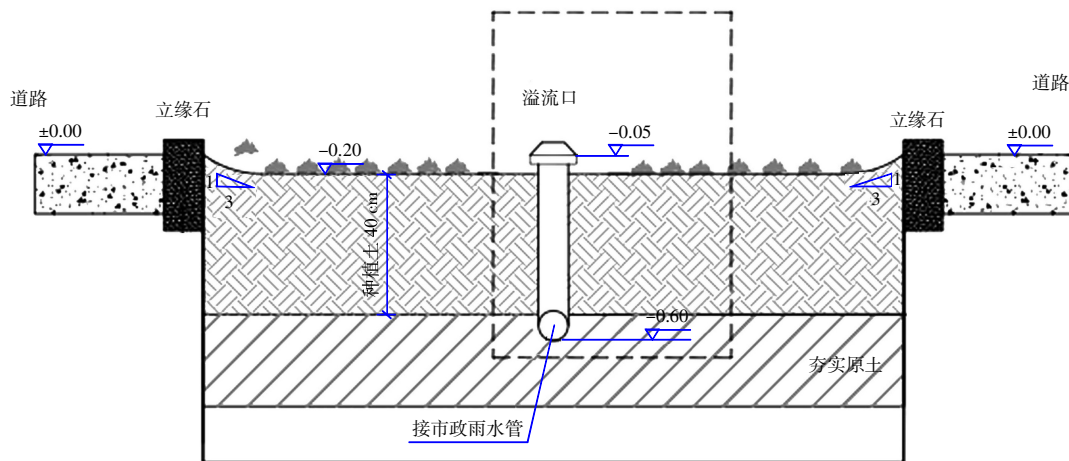


图 1 下沉式绿地断面图

坡度设计应确保雨水能够顺利流入绿地中, 避免积水现象的发生。为此, 需要对项目区域的地形和雨水流动方向进行深入的分析和研究, 以确定最佳的设计坡度。

深度的设计则应根据项目的实际情况和雨水管理需求来确定。需要对项目区域的土壤类型、地下水位等因素进行全面的调查和分析, 以确保绿地具有足够的蓄水能力。同时, 还需要考虑绿地的植物种植和生长需求, 确保深度设计既能满足雨水蓄存的需求, 又能保障植物正常生长。

溢流口的设置也是关键一环。应位于绿地内的最低点, 以确保当绿地内蓄水过多时能够及时排出多余水分。需要对溢流口的位置、大小和数

量进行精确的计算和规划, 以确保能够满足雨水排放的需求。同时, 还需要考虑溢流口与周边环境的协调与融合, 确保其既具有实用性, 又具有良好的景观效果。

溢流口施工重点主要包括: 1) 埋地管道要保证畅通; 2) 种植土厚度要保证植物能够存活; 3) 草皮地面标高要低于道路标高, 形成蓄水区域; 4) 溢流口标高要高出草皮标高, 当绿地内蓄水过多时能够排出多余水; 5) 立缘石开口数量和宽度要能够满足最大限度的吸纳周边雨水, 有条件的情况做成平缘石, 设置在雨水口收水前方; 6) 在海绵设施附近的雨水口进行封堵, 避免截流通向吸纳口的雨水。

4.2 透水铺装设计与施工

透水铺装作为海绵城市设施的重要组成部分，其设计和施工同样至关重要。在设计阶段，需要充分考虑铺装材料的透水性、稳定性和耐久性等因素。

铺装材料应选择具有良好透水性的材料，以确保雨水能够迅速渗透到地下。同时，还需要考虑材料的抗压强度、耐磨性和抗老化性能等因素，以确保其能够满足长期使用的需求。在设计过程中，需要对多种材料进行比选和试验，以确定最佳的铺装材料。

在施工阶段，需要严格按照施工图纸和施工方案进行作业。先对基础进行处理和整平，确保铺装层与基层之间的紧密结合，再严格按照设计要求进行铺装材料的铺设和固定，确保铺装层的平整度和稳定性。同时，还需要对铺装层的透水性进行严格的检测和评估，以确保其能够满足雨水渗透的需求。

4.3 生物滞留设施设计与施工

生物滞留设施是一种集雨水收集、净化、蓄存和回用为一体的综合性海绵城市设施。其设计和施工需要充分考虑植物的选择、土壤的配比以及设施的维护管理等因素^[3]。

在设计阶段，需要选择适合当地气候和土壤条件的植物种类，并确定合理的种植密度和配置方式。

在施工阶段，需严格遵循设计图纸，精心挑选并种植适应当地气候与土壤条件的植物，确保

植物的种植密度与配置方式科学合理。同时，要精细铺设符合配比要求的土壤，以构建良好的植物生长环境和雨水净化系统。此外，还需注重设施的细节处理，确保施工质量，并为后续的设施维护管理奠定坚实基础。

5 结语

沙井水质净化厂三期工程的海绵城市建设实践，通过巧妙融合海绵城市理念与景观绿化设计，在有限空间内成功构建了高效且美观的海绵城市设施。该项目不仅有效提升了城市防洪排涝能力，还显著改善了城市生态环境，实现了生态效益与美学价值的双重提升。通过深入分析与总结项目在设计与施工过程中的经验，本研究为城市有限空间内的海绵城市建设提供了可行的路径与方法，并为同类工程提供了宝贵的实践经验与参考案例。然而，鉴于项目运行时间较短及技术应用上的局限性，未来研究需进一步跟踪项目的长期运行效果，并积极探索与验证更多新技术、新材料的应用，以不断提升海绵城市建设的综合效益。总体而言，沙井水质净化厂三期工程的海绵城市建设实践为推动海绵城市理念的广泛应用与城市的可持续发展做出了积极贡献。

参考文献：

- [1] 姚桃峰,吴光豪. 市政工程中海绵城市技术运用分析[J]. 城市建设理论研究(电子版),2025(6):208-210.
- [2] 李国豪. 基于海绵城市理念的公园绿地建设与思考[J]. 居舍, 2025(7):133-136.
- [3] 李航. 海绵城市背景下的市政排水设计优化策略[J]. 建材发展导向,2025,23(4):124-126.