

海绵城市建设中给排水系统协同设计方法

吴雄杰

中承文和建设集团有限公司 江西南昌 330000

摘要: 随着城市化进程的加快,城市内涝、水资源短缺和水环境污染等问题日益严重。海绵城市作为一种新型的城市规划理念,旨在通过模拟自然界的水循环过程,增强城市地表的透水性、蓄水性、渗水性和净水性,以达到缓解城市内涝、提高水资源利用效率和改善水环境质量的目。给排水系统作为海绵城市建设的重要组成部分,其协同设计方法对于实现海绵城市目标至关重要。本文首先介绍了海绵城市的概念和特点,然后分析了给排水系统在海绵城市建设中的作用,最后提出了给排水系统协同设计的策略和方法,以期为海绵城市的建设提供参考。

关键词: 海绵城市; 给排水系统; 协同设计

引言

随着全球气候变化和城市化水平的不断提升,城市面临的水资源和环境问题日益凸显。传统的城市排水系统已经难以应对极端天气事件导致的内涝问题,同时,城市水资源的过度开发和污染问题也亟待解决。为了解决这些问题,海绵城市的概念应运而生。海绵城市通过一系列的工程措施和非工程措施,模拟自然水循环过程,提高城市对雨水的吸纳、蓄存、渗透和净化能力,从而实现城市水循环的可持续性。给排水系统作为海绵城市的重要组成部分,其设计的合理性和协同性直接关系到海绵城市建设的成败。因此,研究给排水系统的协同设计方法,对于推动海绵城市的建设具有重要意义。

一、传统给排水系统与海绵城市理念的冲突与协同必要性

(一) 传统系统弊端分析

传统给排水系统,尤其是雨水快速排放模式,无法适应现代城市地表径流变化。它虽短时间缓解局部积水,但汇集径流致下游河道洪峰流量远超设计能力,加剧洪涝风险。同时,雨水流经硬化地面携带污染物冲入受纳水体,造成径流污染,破坏生态平衡。此外,传统污水系统雨污分流不彻底,雨水与污水错接、混接,增加处理负荷、降低效率,还可能造成污染。部分污水处理厂设计能力不足,雨季超负荷运行,加剧水环境压力。

(二) 海绵城市理念对给排水系统的要求

海绵城市理念对传统给排水系统提出新要求,强调将雨水管理从末端排放转为源头分散控制,在降雨初始地拦截、滞留、渗透和净化雨水,削减进入管网的径流

总量,通过设置相关设施增加就地消纳能力。同时重视面源污染控制,在源头拦截净化污染物,减少入水量。还倡导雨水资源化利用,用于非饮用目的,提高水资源利用率。这些要求对给排水系统规划设计和运行管理提出挑战,需全面革新^[1]。

(三) 协同设计的必要性与意义

因此,将传统给排水系统与海绵城市理念协同设计,是落实理念、解决传统系统弊端、改善城市水安全和水环境质量的必然路径。协同设计并非简单叠加海绵设施,而是整体规划水系统,有机结合源头控制、过程管理、末端处理和雨水资源化利用等环节,形成多层次、多目标的解决方案。它有助于优化资源配置,避免功能单一和土地浪费,平衡多重目标,提高给排水系统效能和适应性,使城市应对气候变化,实现水环境可持续管理。

二、海绵城市给排水系统协同设计的基本原则

(一) 系统性原则

海绵城市给排水系统的协同设计必须遵循系统性原则。这意味着设计者需要将整个城市视为一个相互关联、相互影响的水系统整体来加以考量,不能割裂地看待各个部分。设计工作需要统筹兼顾地上与地下的水文过程,将雨水径流的产生、汇集、转输、排放,以及污水的收集、处理、排放或回用等环节视为一个连续的过程。同时,要将雨水系统与污水系统结合起来规划,并充分考虑自然生态系统(如河流、湖泊、湿地、绿地)与人工工程设施(如管道、泵站、调蓄池、处理厂)之间的相互作用和影响。具体到设计内容上,必须覆盖从降雨落在建筑屋顶、地面等源头汇水区开始,经过各种源头控制设施、管渠系统、中途提升泵站,到达污水处理厂,

直至最终将处理后的水排放到接纳水体或进行资源化回用的全过程^[2]。

（二）源头控制优先原则

源头控制优先是海绵城市给排水协同设计的核心原则之一。设计应优先采用低影响开发（LID）技术，如透水铺装、绿色屋顶、雨水花园、下沉式绿地、植草沟等，在降雨形成的径流离开源头汇水区之前，就对其进行干预和管理。这些设施通过增加下渗、促进蒸发、暂时滞留和植被过滤等方式，能够有效削减进入管网的雨水径流总量和峰值流量，同时也能显著去除径流中携带的悬浮物、重金属、营养盐等污染物，从源头上减轻对下游管渠和处理系统的压力。强调源头控制设施与给排水管网的有效衔接，是指这些LID设施并非孤立存在，它们需要与后续的管渠系统在水量、水力条件上做好衔接设计。

（三）过程与末端结合原则

在强调源头控制优先的同时，协同设计也必须坚持过程与末端结合的原则。这是因为源头控制措施虽然有效，但往往难以完全消除所有径流，尤其是在极端降雨条件下，或者对于已经形成的建成区，完全依靠源头控制可能不现实或成本过高。因此，在实施源头控制的基础上，仍然需要对现有的或新建的管渠系统进行合理规划、必要的改造和持续的优化，确保在经历了源头削减后，剩余的雨水（特别是超过源头设施调蓄能力的“超标雨水”）能够得到安全、有序的排放，避免城市内涝；同时，也要保证污水能够被有效收集并输送至处理厂进行处理。这一原则还强调海绵设施与管网的容量需要相互匹配，功能上需要互补。例如，源头设施的调蓄能力应与下游管网的输水能力相协调；管渠系统需要为海绵设施在极端降雨时的溢流提供通道；而海绵设施则可以分担管渠系统的部分调蓄和净化功能，减轻其负担。这种结合确保了整个系统在面对不同降雨强度和频率时，都能维持稳定可靠的运行^[3]。

（四）多目标平衡原则

海绵城市给排水系统的协同设计面临着多个相互关联又可能存在冲突的目标，因此必须遵循多目标平衡原则。这些目标包括但不限于：保障城市防洪排涝安全，减少内涝风险；控制径流污染，改善接纳水体水质；提高雨水资源的利用效率，缓解水资源短缺；以及高效处理和回用污水等。协同设计需要在这些目标之间寻求一个平衡点，而不是片面地追求单一目标的优化。例如，过度强调雨水资源化利用可能会导致调蓄设施占地过大或增加处理成本，从而影响防洪排涝目标的实现；而过

高的防洪标准则可能增加基础设施投资，并可能牺牲部分生态空间。强调根据具体场地条件（如降雨特征、地形地貌、土壤渗透性、土地利用现状、水文地质条件）和实际需求（如城市发展规划、水资源状况、环境质量要求、经济承受能力），科学地确定各目标的优先级和权重，是进行有效多目标平衡的关键。这种平衡不是简单的折中，而是基于充分的技术经济分析和风险评估，选择能够最大程度地满足主要需求、兼顾次要需求、整体效益最优的设计方案。

三、海绵城市给排水系统协同设计的关键环节方法

（一）场地与区域水系统规划

在规划层面进行海绵城市给排水系统的协同设计，首先需要深入分析场地的地形地貌特征、水文地质条件、土壤渗透性能以及现有的土地利用状况。基于这些基础信息，可以科学地评估不同区域的雨水径流潜力、污染风险和汇水范围，从而为海绵设施的合理布局提供依据。例如，在地势低洼、汇水面积较大的区域，可以优先规划建设较大型的调蓄设施或雨水花园；在坡度较大的区域，则可以设置渗透沟或植草沟，以减缓径流速度。同时，需要结合这些海绵设施的布局，优化给排水管网的走向和密度，避免管网与海绵设施在功能上产生冲突或重叠。规划阶段就必须明确源头控制设施（如透水铺装、绿色屋顶等）所要达到的径流总量削减目标和污染负荷削减目标，并将其与雨水管渠系统的设计排放能力进行协同考量，确保在正常降雨条件下，大部分雨水能够通过源头和过程控制得到消纳或净化，仅在遭遇设计标准的暴雨时，管网系统才介入进行安全排放。这种协同关系的确立，是后续详细设计的基础，有助于从源头避免系统性的矛盾^[4]。

（二）源头减排设施与给水/排水系统的衔接设计

将雨水花园、下沉式绿地、植草沟等具体的源头减排海绵设施与周边的给水及排水系统进行有效连接，是确保设施功能得以充分发挥的关键环节。设计时需要探讨并确定清晰的连接方式。例如，雨水花园收集的雨水经过简单沉淀和过滤后，其出水可以通过设计专门的渗透管或穿孔管，缓慢补充地下水，或者作为附近绿化灌溉的补充水源，这就需要与建筑的回用水系统相连接。当雨水花园的蓄水能力达到上限或遇到较大强度降雨时，多余的水量需要通过溢流管道接入到下游的雨水排水管网中，这就涉及排水系统的衔接。这种接口设计必须细致考虑水量、水质和水压的匹配与安全。水量上要确保海绵设施的设计调蓄能力与溢流管的设计流量相匹配，

避免溢流不畅导致设施内水漫溢；水质上要考虑溢流接管点下游管网的承受能力，必要时对溢流水质进行简单处理；水压上要确保连接点的压力平衡，防止虹吸或倒灌现象发生，保证连接的稳定性和安全性。

（三）管网系统优化设计

在考量海绵设施所具备的调蓄功能与下渗能力之后，有必要对传统的雨水管渠系统展开重新评估与优化设计。这表明不可直接沿用原有的设计参数，而需依据海绵设施削减后的径流峰值流量与总量，重新计算并确定雨水管渠的管径尺寸、坡度以及节点连接方式。例如，鉴于源头及转输过程的调蓄作用，抵达管渠系统的雨水流量峰值或许会大幅降低，出现时间的延迟也可能增大，这会使原本需要较大管径或较多泵站的管段，其设计标准能够相应下调，进而有可能节省工程投资。在合流制管网的改造工作中，协同设计尤为关键。可通过在源头和支路上设置具备足够规模的海绵设施，并结合调蓄池等过程控制措施，最大程度地削减进入合流管网的雨水量，尤其是在降雨初期污染负荷较高的“初期雨水”阶段，从而显著减少因雨量过大引发的污水溢流事件，减轻对受纳水体的污染。这种结合海绵措施进行的管网优化，能够使整个排水系统在满足防洪排涝要求的同时，兼顾了水环境保护的目标^[5]。

（四）污水处理与资源化利用系统整合

对污水处理厂处理后的污水、再生水回用系统、海绵城市设施以及建筑给水系统开展整合设计，是达成水资源循环利用的关键途径。设计过程中，需研究如何以再生水作为水源，为那些需要补充水源的海绵设施（如人工湿地、景观水体或需维持一定水位的雨水花园）供水，如此可降低对新鲜水资源的依赖。与此同时，再生水还可接入建筑的冲厕、绿化灌溉、道路冲洗等非饮用供水系统，实现水资源的梯级利用。此整合设计着重强调，污水处理厂的布局、处理工艺的选择以及再生水输配管网的建设，均需与区域性的水循环利用规划相契合。例如，处理厂应尽量靠近再生水用户或需要水源补充的海绵设施，以降低输配成本；处理工艺的选择不仅要符合排放标准，还需考量再生水回用的水质要求；再生水输配管网的规划应与常规给水管网分离，并明确标识，以保障用水安全。通过这种系统性的整合，能够最大程度地发挥污水处理与资源化利用的效益，使整个水系统

更具高效性与可持续性。

结语

海绵城市建设中给排水系统的协同设计是解决城市水资源和水环境问题的关键举措。通过系统性、源头控制优先、过程与末端结合以及多目标平衡等原则的贯彻，从场地与区域水系统规划、源头减排设施与给排水系统衔接、管网系统优化、污水处理与资源化利用系统整合等关键环节入手，能有效实现海绵城市建设的目标。在未来的实践中，还需进一步加强对这些设计方法的应用和推广。一方面，要加大对相关技术和理念的宣传培训力度，提高规划设计人员、施工人员以及管理人员的专业素养，确保设计方案能够准确落地实施。另一方面，应建立健全的监测和评估机制，对已建成的海绵城市给排水系统进行长期跟踪监测，及时发现问题并进行调整优化。此外，随着科技的不断发展，新的材料、技术和工艺将不断涌现，为海绵城市给排水系统的协同设计提供更多的可能性。我们应积极关注行业前沿动态，将先进的理念和技术融入到实际设计中，不断提升海绵城市建设的质量和水平。相信在全社会的共同努力下，海绵城市将成为未来城市建设的典范，为人们创造更加宜居、可持续发展的城市环境。

参考文献

- [1]王思思,任朝阳,王文亮,等.海绵型绿地设计的若干关键问题探讨[J].水利水电技术,2019(5):9.DOI:10.13928/j.cnki.wrahe.2019.05.001.
- [2]王成坤,黄纪萍,王俊佳,等.海绵城市规划方案编制系统性特征初探[C]//第三届全国工程规划年度论坛暨2019年中国城市规划学会工程规划学术委员会年会.中国城市规划设计研究院深圳分院,2019.
- [3]宁宁.探究基于海绵城市理念的城市绿地系统规划[J].信息产业报道,2022(008):000.
- [4]亚轻靳.海绵城市理念在市政给排水设计中的有效运用[J].水电水利,2019,3(8).DOI:10.32629/hwr.v3i8.2332.
- [5]王国玉,何俊超,白伟岚,等.基于绿色基础设施的城市水系统提升实践研究[J].水利规划与设计,2021.DOI:10.3969/j.issn.1672-2469.2021.02.003.