

系统化全域推进海绵城市建设背景下城镇道路海绵化设计研究

李建宁

上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司 上海 200092

摘要:道路是城市的基本骨架,既是交通联系载体,也是降雨产汇流主要源头,道路海绵化是海绵城市建设的核心内容。本文对比传统道路“密封、全排、快排”与海绵道路“渗透、减排、慢排”的径流排放路径差异,系统介绍透水铺装、下沉式绿地、生物滞留设施、雨水存储设施等典型海绵城市设施的功能与构造设计,并针对车行道、人行道、高架桥、绿化带及附属设施提出海绵化设计方案,为系统化全域推进海绵城市建设提供技术参考。

关键词:海绵城市;市政道路;海绵城市设施

引言

随着城镇化发展不断推进,原本具有吸水、蓄水功能的自然生态本底被越来越多径流量系数极大的不透水硬质铺装替代,暴雨天气下,造成一些城市在雨季积水与内涝频发。在此背景下,自然积存、自然渗透、自然净化的海绵城市建设理念应运而生,旨在全面增强城市应对环境变化、抵御自然灾害的综合能力^[1]。当前,海绵城市建设是适应新时代城市转型发展的新方式,加快对占城市建设用地面积15%~20%城市道路^[2]的海绵化建设是助力城市高质量发展的重要内容。

“十三五”期间,国家在30个城市开展海绵城市建设试点,取得了显著成效^[3]。“十四五”期间,我国进一步在60个城市开展海绵城市示范建设,更加注重海绵城市建设的系统性、全域性;更加强调问题导向、正向带动作用。积极推进道路海绵化建设,提升道路径流的滞蓄

行泄和净化能力。

本文对比分析了传统道路与海绵道路的径流雨水排放路径差异,介绍了道路海绵化设施与设计方案,以期系统化全域推进海绵城市建设的道路海绵化建设提供借鉴。

1 道路海绵化理念和径流雨水排放路径

雨水落到传统不透水路面后快速汇集到雨水口经市政雨水管道排走,不仅给城市排水系统带来巨大压力,超过管道标准的降雨易造成内涝,且雨水对路面冲刷后会携带大量污染物,造成径流污染^[4]。而道路海绵化建设是在道路红线内外的绿化带等空间设置海绵城市设施,让道路雨水在排放前完成渗透、滞留、净化和利用等过程,延长雨水排放的路径和时间,进而减轻城市排水系统的压力并降低径流污染^[5]。道路雨水宜优先汇入道路红线内外绿地空间的海绵城市设施中。传统道路与海绵道路雨水排放路径差异如图1所示。

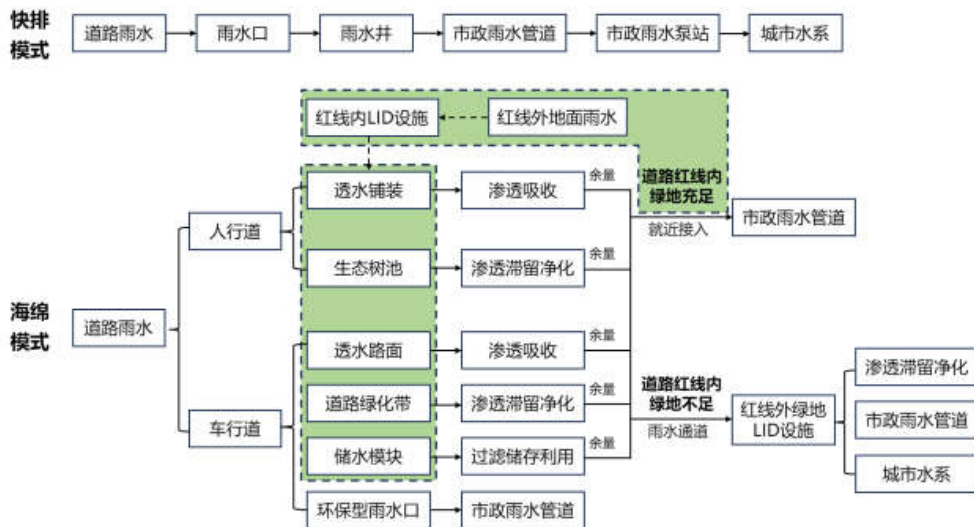


图1 传统道路“快排”模式与海绵道路“海绵”模式对比

2 海绵道路典型海绵城市设施

海绵城市设施是指依据低影响开发原则设计的“渗、滞、蓄、净、用、排”等多种工程设施的统称。在海绵道路设计过程中常设置具有渗透、储存利用、运输和截污净化等功能的海绵城市设施，其主要构造设计和功能介绍如下。

2.1 透水铺装

透水铺装是一种采用大孔隙材料实现雨水自然渗透的铺装形式，可减少路面雨水峰值流量，能消除行车水雾、减少交通噪声、保证行车安全、补充地下水等。根据材料不同主要有透水砖、透水水泥混凝土、透水沥青混凝土等。

透水砖主要用于人行道、广场，构造为透水面层、找平层、基层、底基层；渗透条件差时增设排水管。

透水水泥混凝土铺装分半透水与全透水，半透水适用于轻载机动车道与非机动车道，全透水多用于非机动车道、人行道。

透水沥青根据《透水沥青路面技术规程》(CJJ/T190)可分为 I、II、III 型。I、II 型为排水路面，适用于各类车道，II 型兼具蓄水功能；III 型为全透水，适用于中轻载非机动车道

2.2 下沉式绿地

低于周边路面（通常 $\leq 20\text{cm}$ ），通过下沉空间滞蓄雨水，利用植物、土壤入渗、净化雨水的绿地。形式含生物滞留设施、渗透塘、湿塘、雨水湿地等，成本低、适用广。

2.3 生物滞留设施

利用植被、土壤与微生物系统蓄渗、净化雨水，处理高频小雨与初期径流，超量雨水经溢流排放。简易型由蓄水层、覆盖层、原土层组成；优化型换填渗透介质，底部设土工布、砂层、砾石层与穿孔渗排管。

生态树池：占地小、灵活，适用于污染较重路段，周边铺 $200\sim 300\text{g/m}^2$ 土工布，可收集净化雨水并与其他设施衔接。

雨水花园：雨水花园：兼具滞渗与景观功能，由蓄水层、覆盖层、种植土、填料层、砂石层与渗排管组成，净化后接入市政管网。

3 城镇道路海绵化设计内容

3.1 车行道

车行道可分为机动车道和非机动车道，在满足道路使用功能的前提下，可将车行道改造为透（排）水路面，并在道路横断面上调整道路坡向，利于径流雨水就近排入海绵城市设施。

车道一般优先选用 I 型或 II 型排水沥青路面，当非机动车道承受荷载较轻或道路年径流总量控制指标要求较高时可选用全透水式水泥混凝土路面或 III 型透水沥青混凝土路面。为减少雨水对路基的不利影响，通常不建议选用全透水式路面，并对靠近路基部位做好防渗处理，确保入渗雨水及时排走。

3.2 人行道

人行道铺装通常采用全透水水泥混凝土路面或透水砖铺装，为提高蓄渗能力，可将分散的生态树池设计为连片的生态树池带，充分利用绿地。

3.3 城市高架与立交

城市高架桥或立交桥面的雨水通常经路侧雨水口汇集后由沿桥墩雨水立管转输至桥下绿地内，通过设置下凹式绿地等设施对雨水直接进行蓄渗利用，当土壤渗透性差或绿地空间不满足控制目标时，而径流雨水总量控制或雨水利用指标要求较高时，可在生物滞留设施下增设蓄水模块等。

3.4 绿化带

绿化带是海绵道路设计的重要对象，其包括道路红线内和红线外的绿化带。

道路红线内主要利用和侧分绿化带，相对路面标高应采用下凹式设计。为保证路面雨水能顺利汇入下凹的侧分绿化带中，应将侧分带的路缘石改造成开孔（口）形式路缘石，即带豁口或孔洞等可过水形式，并在侧分带内设置雨水溢流口和连接管，对超量雨水进行及时排除。当侧分带宽度较小（如 $< 1.5\text{m}$ ）时，可将非机动车道横坡坡向设计为人行道方向，使非机动车道和人行道的径流雨水进入红线内的人行道绿化带内的海绵城市设施。

当城市道路红线内绿化设施不足以满足径流雨水水质、水量控制要求时，可在道路红线外退让绿地并设计海绵设施，消纳道路红线内的径流雨水。

3.5 其他附属设施

海绵道路雨水口宜采用环保型雨水口，通过内置污染物拦截装置，可在保证雨水排放通畅的同时对雨水进行初步净化。

传统路边停车位会影响雨水径流方向和流速，并易对路面雨水口造成破坏。可将传统停车位路面设计为透水铺装路面，并与周边下沉式绿地结合，让路面径流雨水一部分经路面下渗，另一部分流入绿化带中海绵城市设施中。

4 道路海绵化实例

4.1 工程概况

某城市某主干道为双向 4 车道城市次干路。项目分南、北两段，其中南段为改造道路，北段为新建道路。

南段改造路段长2300m，宽24m（16m主车道+4m×2人行道），改造范围主要是市政道路及周边公园，汇水面积约38公顷。改造前排水方面存在三个问题：(1)设计管道重现期局部路段有积水情况；(2)雨污分流不彻底，影响排放水体水质；(3)雨水利用率低，景观水体自来水补给消耗大。改造目标为：消除设计管道重现期道路积水，实现雨污分流，年径流总量控制率应达到80%（对应

设计降雨量32.1mm）。

北延段新建道路长618m，道路宽度35m（14m宽主车道+绿化侧分带宽2.5m×2+辅道宽4m×2+人行道宽4m×2）。设计年径流总量控制率为80%。雨水管网设计重现期3年一遇（对应2小时降雨量69mm），土层渗透系数约 $7 \times 10^{-5} \text{m/s}$ ，透水性能较好。示意图如图2所示。

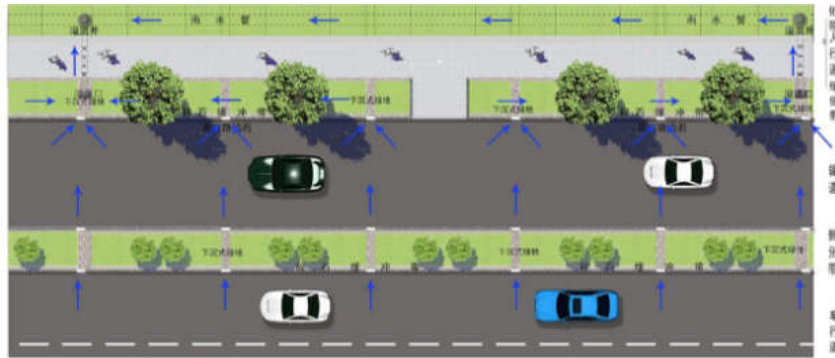


图2 北延段海绵道路径流组织示意图

4.2 实施方案

4.2.1 现状路海绵化改造

现状南段海绵化改造坚持问题导向。通过对排水管网的排查，对现状雨污水管渠系统进行系统分析与模拟。该路段雨水主管淹没排放水体，受排放水体水位影响，淤积严重，过水断面达不到设计标准，排水能力不足，一年一遇的降雨也容易冒溢导致内涝；雨水支管接入主干道时，错接主干道污水主管，导致发生一年一遇降雨时污水检查井冒溢造成污水外溢进入雨水系统；同时存在部分道路红线外洗车场、餐饮店商铺污水私自接入雨水井内，造成污水晴天直排，引起排放水体水质恶化。

针对上述问题，采用系统治理的思路：将雨水管道清淤疏通保证过水能力，对道路下雨污管道混错接整改彻底实现雨污分流。在此基础上，对市政道路、公园及相邻小区的海绵化改造统一实施，实现连片效应。充分结合场地条件，利用道路边绿地、停车场等地可布置雨水湿塘、下沉式绿地、生态停车场、旱溪、植草沟等海绵设施，实现道路雨水就近收集、净化、入渗、利用。分布图如图3所示。



图3 南段改造海绵设施分布图

对公园沿线的停车场及局部大面积空间进行了场地透水改造，在车位下方设置了钢带波纹管等海绵体，并通过路侧渗透边沟、景观水系将海绵设施与地下天然砂卵石地层有机衔接形成整体，实现径流系数减小到0.4以下，充分发挥系统的渗透效应。停车场改造海绵设施如图4所示。

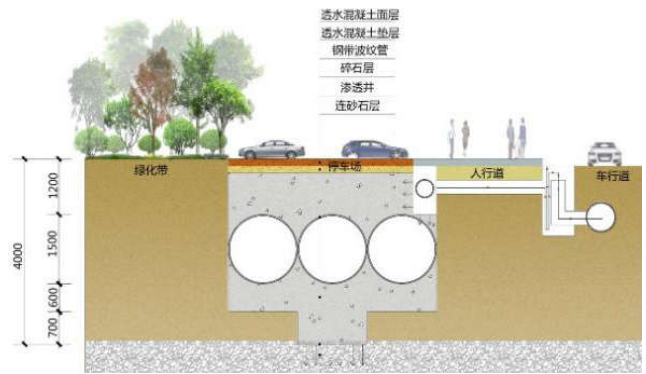


图4 南段道路边停车场地改造海绵设施图

4.2.2 新建海绵化延伸路段

北段为新建段，路面面层看起来与南段相似，但采用透水沥青路面、人行道透水砖，采用连体树池等措施将场地径流系数降低到0.4以下。结合场地与周边地形、雨水管网分布条件，合理规划地块标高，将雨水径流最大程度消纳在场地内部的海绵城市设施内，实现径流污染削减、径流总量控制，地下水涵养等海绵城市建设目标。新建海绵道路断面如图5所示。

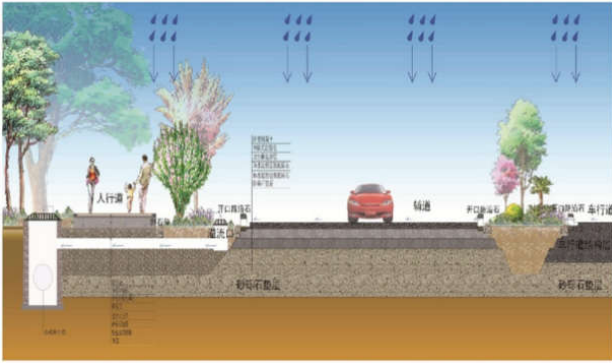


图5 北延新建海绵道路断面图

4.2.3 海绵化设施分析

本项目海绵化采用设施主要有下凹式绿地、旱溪、透水混凝土、透水沥青、透水砖、浅层调蓄带等设计的面积共33825m²，构成见图4-5。海绵化调蓄设施共14373m³，其中改造段9105m³，新建段5268m³，设施调蓄能力比例构成见图6、图7所示。

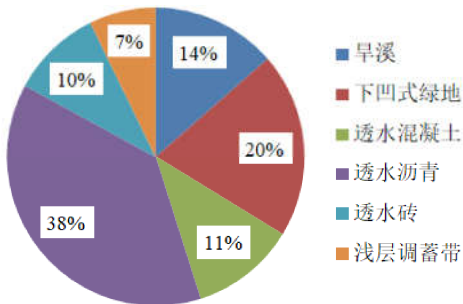


图6 海绵设施面积构成

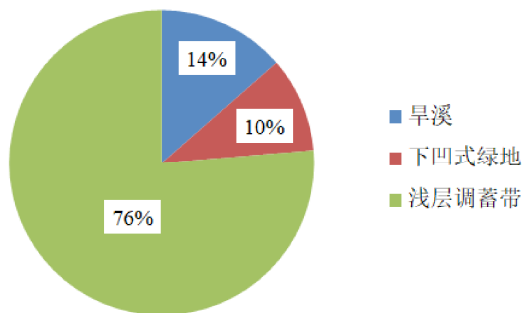


图7 海绵设施调蓄能力构成

4.3 建设效果

南段改造彻底解决了道路积水问题。改造路段通过导水边沟、碎石调蓄导水带、旱溪、停车场海绵设施，

将年径流总量控制率95%。该区域管道重现期标准由1年一遇提升到5年一遇。在改造实施后，目前承受住超标准降水不发生积水的验证。

南段重在利用道路沿线的空间，尽量减少对路面的改造，通过导流、下渗与调蓄控制降雨量与污染物。北段新建按照管控指标实施，采用海绵措施后径流系数降低至约0.4；项目实际年径流总量控制率达到92%以上，对应控制降雨量为66mm。在内涝防治系统中，结合排水分区规划，与内涝防治体系充分对接^[6]。

5 结论与思考

(1) 城镇道路海绵化建设是提升城市内涝体系的重要一环，同时可以改善城市生态环境，提高道路的舒适性。(2) 海绵城市建设是一项多专业融合的系统化工作，在道路海绵化设计与建设过程中，应注重与城市规划、给水排水、水利、风景园林等专业的融合，并建立健全符合城市海绵建设特点的标准体系和全过程管控体系。(3) 城镇道路因绿化空间小、建设或改造空间受限、适宜海绵设施类型有限等条件约束，在道路海绵化设计时应以满足道路功能和安全为前提，结合经济性，从路面、绿化、排水设施等方面进行综合考虑，兼顾各方的需求，确保道路排水功能完善，控制径流总量的目标。

参考文献

- [1]冯兴学,吕永鹏,凌语珍,等. “海绵机场”建设思路探索——以广州白云机场三期为例 [J]. 城市道桥与防洪, 2022, (11): 110-114+17.
- [2]邓睿,刘曹懿. 徽州古村落水系对现代“海绵城市”的借鉴 [J]. 辽宁科技学院学报, 2018, 20 (02): 27-29.
- [3]张辰,吕永鹏,邓婧,等. 上海市系统化全域推进海绵城市建设体系与技术研究 [J]. 环境工程, 2020, 38 (04): 5-9+107.
- [4]马玉. 基于海绵城市理念的城市道路改造设计研究 [J]. 城市道桥与防洪, 2019, (07): 145-147+170+19.
- [5]段晓强. 基于“海绵城市”设计理念的道路改造研究 [J]. 山西交通科技, 2021, (05): 35-36+106.
- [6]赵丰昌,章林伟,高伟. 海绵城市理念下城市内涝防治体系构建的探讨 [J]. 给水排水, 2021, 47 (08): 37-44.