

海绵城市理念下城镇道路设计实践探讨

卜政滔

(成都农业科技职业学院,四川 成都 611130)

摘要:市政工程项目全面落实海绵城市建设理念已近10年时间,在海绵城市理念下的道路工程设计实践取得了丰硕的成果,但也出现了一些问题。针对城镇道路LID设施设计中存在的共性问题,分别从透水路面结构、道路几何设计、重要节点LID设施设计等三个方面进行了分析与思考,并给出了建议和参考样图,可为后续的城镇道路海绵设施设计提供借鉴和参考。

关键词:海绵城市;城镇道路;LID设施;低影响开发

中图分类号: U412.37

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2024)05-0153-05

0 引言

从2012年习近平同志提出“山水论”(绿水青山就是金山银山)至今,各级政府持续推进生态文明建设,坚持节约优先、保护优先的主方向不动摇。2014年10月住建部发布了《海绵城市建设技术指南—低影响开发雨水系统构建》,同年10月发布了《推进海绵城市建设的指导意见》。从此,全国各地掀起了海绵城市建设的热潮。在这10 a时间里,由于国家对环境问题的高度重视以及环境治理资金的持续投入,使得我国环境恶化情况得到了有效遏制,环境治理水平不断提升。但大气污染、水环境污染以及水土流失等问题仍在持续。随着城市化进程的不断推进,城市土地开发强度持续提高,在城市用地中,通常城市交通设施用地面积在城市建成区总面积中的占比超过20%,是城市面源污染的主要来源之一。在城镇道路建设过程中积极践行海绵城市建设理念,充分发挥道路红线范围内、外绿地以及道路结构层对雨水的滞留、渗透、净化和缓释作用,对缓解城市内涝、降低城市污染负荷、改善城市热岛效应等具有重要的现实意义。市政工程建设领域全面落实海绵城市建设理念已有近10年时间,在海绵城市理念下的工程设计实践取得了丰硕的成果,但也出现了一些问题。针对城镇道路LID设施设计中存在的共性问题

进行了分析与思考,并对常见海绵设施的应用范围和常见问题进行了探析。以期后续的城镇道路建设项目提供参考与借鉴。

1 城镇道路低影响开发总体设计思路

海绵城市是指能够对雨水径流总量、峰值流量以及径流污染物浓度进行控制的系统。而低影响开发(LID)技术措施则是实现海绵城市控制目标的重要手段(主要包括渗、滞、蓄、净、用、排等技术措施),属于城市基础设施的建设范畴。海绵城市理念的核心是保持地块开发前与开发后的水文特征基本保持不变。值得注意的是,在低影响开发技术措施的选择与运用时,应充分认识到雨水入渗土层时对临近建筑物的地基以及道路路基、边坡等可能带来的安全隐患;其次,由于路面雨水径流形成时间短、径流系数较大(通常大于0.8)且由径流冲刷引起的面源污染严重,因此在进行雨水径流路径设计时应以降低地表径流与控制面源污染为主,并应明确年径流总量控制率和年径流污染削减率两大核心指标。低影响开发措施的种类众多,但是对城镇道路而言,红线内的绿化带和红线外的绿地以及路面结构是实施低影响开发技术措施的主要区域^[1-3]。

2 城镇道路径流路径设计

城镇道路应根据年径流总量控制目标、道路透水铺装面积、绿化面积等情况综合确定雨水低影响开发系统的构成及雨水径流路径设计,通过道路径流路径设计展示雨水径流是如何通过各种设施实现有组织

收稿日期:2023-06-19

基金项目:成都市农业科技职业学院项目(22ZR212):海绵城市生态步道路面结构优化研究

作者简介:卜政滔(1978—),男,学士,高级工程师,从事道桥工程的教学、科研与工程设计工作。

的汇流、传输、渗透、蓄存和调节的,见图1。

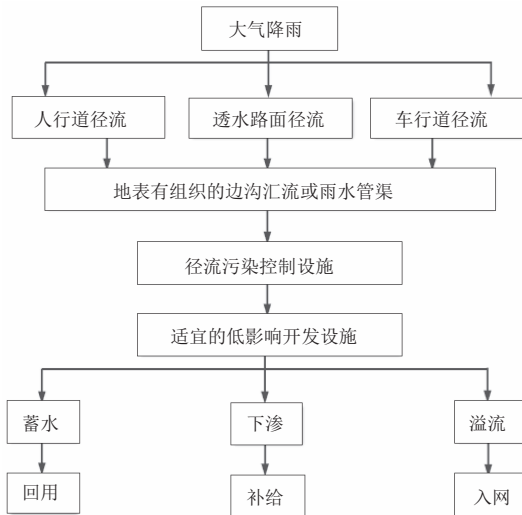


图1 城镇道路径流设计的基本流程

3 城镇道路常用 LID 设施设计中的要点与改进

3.1 城镇道路低影响开发设施的选择

在进行城镇道路低影响开发设施选择时,应充分掌握各种低影响开发设施的适用条件、控制效果、建设成本、后期维护费用以及生态环境效益等各种要素指标。低影响开发措施的种类众多,但是对城镇道路而言,红线内的绿化带和红线外的绿地以及路面结构是低影响开发措施实施的主要区域,城镇道路布置的低影响开发设施从技术类型角度主要可以分为三种类型:渗透设施、调蓄设施和截污净化设施。城镇道路低影响开发设施的选用原则见表1。

表1 城镇道路低影响开发设施选用表

设施类型	单项设施	主要功能	建设成本	适宜性
渗透	透水沥青混凝土	削减峰值流量 / 净化雨水	高	☆
	透水水泥混凝土	削减峰值流量 / 净化雨水	高	☆
	透水砖铺装	补给地下水 / 削减峰值流量 / 净化雨水	低	★
	生物滞留带	补给地下水 / 削减峰值流量 / 净化雨水	低	★
	下沉式绿地	补给地下水 / 削减峰值流量 / 净化雨水	低	★
	生态型树池	补给地下水 / 净化雨水	低	★
调蓄	雨水湿地	调蓄雨水 / 削减峰值流量 / 净化雨水	高	☆
传输	植草沟	输送雨水 / 净化雨水	低	★
截污	植被缓冲带	降低径流流速 / 净化雨水	低	☆

注:★为宜选;☆为可选。

3.2 城镇道路常用透水路面结构

3.2.1 透水沥青混凝土透水路面的

目前,城镇道路主要还是采用不透水沥青路面

的路表排水方式,而海绵城市建设理念要求雨水下渗、滞留,以减少路表径流和降低污染。国内各地区由于气候条件的差异,使得路面结构也存在一定差异,但总体而言,AC和SMA沥青混凝土路面占主导地位,而这两种路面的设计孔隙率均小于5%,其密实性较好、透水性较差。近10a来,由于海绵城市建设的兴起,大孔隙OGFC(即大孔隙开级配排水式沥青磨耗层)已从最初的超薄磨耗层逐步发展为具有良好生态功能的路面结构层,被大量的应用于海绵城市的道路建设中。该路面的设计孔隙率一般为18%~25%,沥青混合料中粗集料的占比较高(约为集料总质量的85%),属于典型的骨架孔隙结构,使得路面具有良好的透水性能、抗滑性能以及降噪功能。OGFC路面为了在获得大孔隙率的同时获得较高的强度,则需要采用高黏度改性沥青和昂贵的TPS改性剂,从而使得OGFC的造价较高,通常是同体积普通沥青混凝土造价的3倍左右;由于孔隙率大,雨水能够充分的进入到路面结构内部,导致沥青老化快,使用年限较短。决定透水沥青混凝土铺装设计的关键因素是土基土壤的渗透系数以及地下水位的高度。目前,国内规范^[1]将透水沥青路面分为三类,I型(排水型沥青路面)、II型(蓄水型沥青路面)和III型(全透水型沥青路面),见图2。

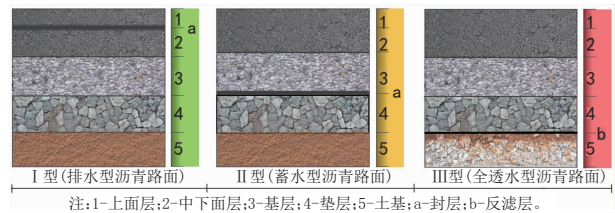


图2 透水沥青路面结构类型

对于I型结构,当雨水进入上面层后将沿道路横坡方向横流,并汇集到指定的排水管渠。该型结构是基于功能的设计方案,其主要功能为排除路面积水、降噪和提高路面抗滑性能。封层之下的结构部分与传统的沥青路面相同,其承载能力较高,因此该结构类型可用于重交通等级的城镇道路。对于II型结构,雨水可进入基层,并最终汇集到指定的排水管。该型结构除了具备I型结构的功能外,还具备蓄水功能,可降低暴雨时城市排水系统的负担,蓄水基层可以采用大孔隙沥青稳定碎石的柔性基层ATPB。由于土基渗透性较差,渗透系数达不到不小于 $7 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ 的要求,因此在土基或垫层上(该层并非必设层)必须设置隔水层,以防止土基泡水而引起承载力降低。由于雨水并未进入土基,因此该型结构相对于III型

结构有更高的承载力。对于Ⅲ型结构,由于土基渗透性较好,雨水可直接进入土基,即Ⅲ型结构为全透水性结构,路面各层均具有良好的透水性或大孔隙率,从而导致整个结构的强度和耐久性降低,因此该结构类型主要用于轻交通等级的城市支路、园路或小区道路等。在工程设计实践中,值得注意的是:在透水路面的结构设计中应当考虑可能存在的雨水溢流问题,尤其对于Ⅱ型结构在设计中适当考虑防溢流措施是有必要的,如可在Ⅱ型结构中埋设排水盲管,并可通过控制盲管的放置高程来控制其蓄水深度;对于Ⅲ型结构,虽然为全透水型,但是设计中考虑雨水溢流的预防措施仍然是必要的,通常可在垫层或基层内设置排水盲管,将其溢流雨水引至排水管渠或集水设施。

3.2.2 人行道透水砖铺装

人行道铺装通常采用预制混凝土砖、天然石材、透水砖、透水混凝土和透水沥青等铺装材料。为贯彻海绵城市建设理念,人行道普遍透水砖铺装,根据透水原理的不同,透水砖可以分为自透水砖和缝隙透水砖,目前在工程实践中使用较多的是自透水砖。按照自透水砖的材料构成和制备工艺的不同,又可分为陶瓷透水砖和非陶瓷透水砖(如混凝土透水砖和砂基透水砖),前者需要烧结而后者不需要,因此后者能耗更低。透水砖路面设计应满足在2 a一遇的暴雨强度下,持续降雨60 min,地表不产生径流的基本要求^[2]。典型的透水砖路面结构为:透水砖+找平层(中粗砂或干硬性水泥砂浆)+透水混凝土+级配碎石+土基,见图3。渗入人行道的雨水主要有三个去向,渗透、横流与蒸发。透水人行道设计时,除了路面各结构层的渗透性能是影响因素外,其中最主要的影响因素是土基的渗透系数。据美国透水路面使用经验表明,当土基的透水系数不小于 1×10^{-3} mm/s,则储存在基层中的水能在72 h内完全入渗时。因此,在工程实践中应保证土基的透水系数不小于 1×10^{-3} mm/s且土基顶面应高于地下水位1.0 m以上,当土基土质不满足要求时,可采用砂性土进行置换。垫层的主要作用是改善土基的温湿度环境,当土基为砂性土或底基层为级配碎石时,则可以不用单独设置垫层。在工程设计实践中,值得注意的是:在人行道的透水路面的结构设计中仍然应当考虑可能存在的雨水溢流问题,尤其是对于土基透水系数偏小的情况,通常可在垫层或基层内设置排水盲管,将其溢流雨水引至人行道内侧的雨水井,见图4。

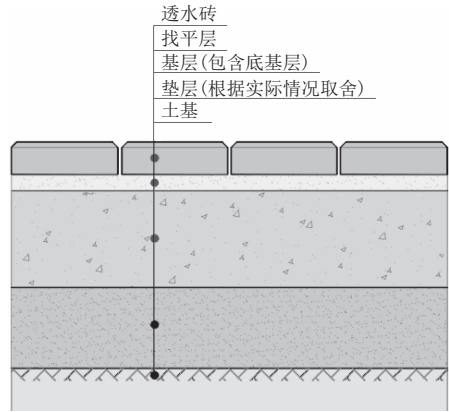


图3 透水砖路面基本结构组合图

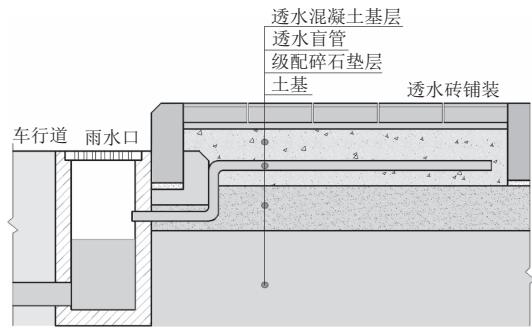


图4 人行道雨水溢流处理措施示意图

透水砖的形状主要包括长宽方向均有凹凸轮廓的透水砖、仅长边方向有凹凸轮廓的透水砖以及正多边形透水砖,目前人行道铺装用得较多的是长方形透水砖,见图5。在对透水砖进行铺筑时,应考虑不同铺筑方式对透水砖纵、横向所产生的不同约束效果,即限制砖体产生位移的效果。工程实践表明,在交通负荷作用下,人字形铺筑方式对约束砖体纵向位移的效果最佳,其次是横竖形铺筑方式,效果最差的是一字形铺筑方式。因此,对于有小型车辆通行或停驻的路面应优先采用人字形铺筑方式。

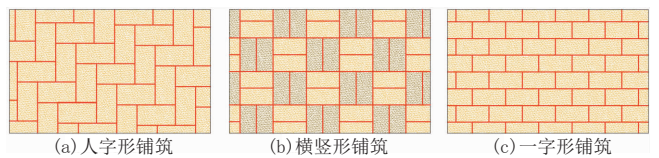


图5 长方形透水砖常见铺筑方式对比图

3.3 海绵城镇道路设计中的几何问题

城镇道路几何设计面对的地形主要有平原区、微丘区和重丘区。平原区地势平坦,在平、纵、横的几何设计中的高质量设计指标容易得到满足;微丘区和重丘区地形存在不同程度的起伏,其地形高差从数十米到数百米不等,因此道路平、纵、横设计中受到地形限制的情况较常见。对道路纵坡而言,平原地区的城镇道路纵坡很少超过2.5%,在微丘区和重丘区的城镇道路纵坡为5%~8%的情形却比较常见。有

研究表明,道路横坡对雨水口泄流量的影响比纵坡更加显著,道路纵坡坡度从0.3%增加到5%时,雨水口泄流量的变化范围仅为 $0.083\text{ m}^3/\text{min}$ 左右^[3]。因此,在道路设计中,当道路纵坡不大于5%时,建议道路横坡取值1.5%;当道路纵坡大于5%时,建议道路横坡取值2.0%,但不建议取用大于2.0%的道路横坡。对道路横断面设计而言,平原区地势平坦,横断面布置相对灵活,城市快速路与城市主干路常常采用三幅路或四幅路断面形式,次干路常常采用双幅路或三幅路断面形式。微丘区和重丘区城镇道路,由于横向自然坡度较陡,若仍然按照平原区道路的路幅宽度进行设置,那么必然会增加路基的挖填方量,同时还会增加大量的边坡支挡费用。因此,在断面布置时为了降低工程造价和工程难度,常常取消非机动车道和绿化隔离带,从而使得微丘区和重丘区城镇道路断面主要以单幅路或双幅路为主。由于人行道树池、分隔带、路侧绿化带等区域常常是布置LID设施的重要载体,见图6。这便导致对路幅数较低(单幅路或双幅路)的微丘区或重丘区的城镇道路而言,在实施LID设施布置时通常都会遇到一些困难。对于此类情况,建议采取以下两种方式进行处理:(1)适当增加人行道宽度并将独立树池改为带状绿化带(见图6),以增加容纳雨水的的能力;(2)将双幅路的中央分隔带改为隔离栏,并将中央分隔带的宽度分配至道路两侧的路侧带范围内。由于中央分隔带通常位于横断面的路脊位置,这就决定了路面径流一般不能进入中央分隔带(设置反向横坡的情况除外),因此可将该部分宽度均分到道路两侧的路侧带范围内,以便设置植草沟或生物滞留带。总之,在城镇道路横断面布置时,除了考虑道路建设成本问题外,还要考虑路幅布置应有利于LID设施的布置。

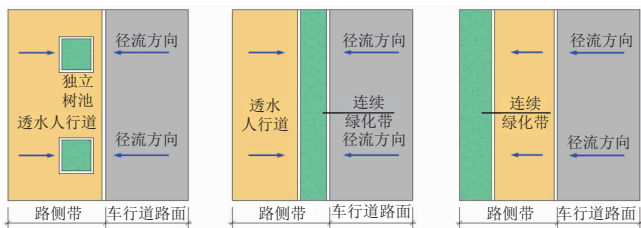


图6 绿化设施平面布置示意图

3.4 城镇道路重要节点LID设施设计

LID设施种类繁多,对于城镇道路而言,常用设施包括:生物滞留带、下沉式绿地、生态树池、雨水湿地、植草沟等。每一种设施往往都具备多种功能,并通过合理组合后,有利于实现对径流总量、峰值流量和污染物等多个目标的有效控制。

3.4.1 生物滞留带

生物滞留带是生物滞留设施的一种,因其形态为条带状而简称为生物滞留带,主要收集和处车行道和人行道的雨水径流。生物滞留带可分为简易型和复杂型,其中复杂型主要用于宽度不小于1.5m的绿化带或路侧绿地。道路雨水径流通过路缘石上预留的豁口流经卵石耗能区后进入种植区,雨水经过植物、土壤、砂滤层及微生物共同作用后完成雨水净化和下渗,对于未即时下渗的雨水通过盲管接入雨水管道系统;当遇暴雨时,对超量雨水可通过溢流口传输至雨水管道系统,见图7。

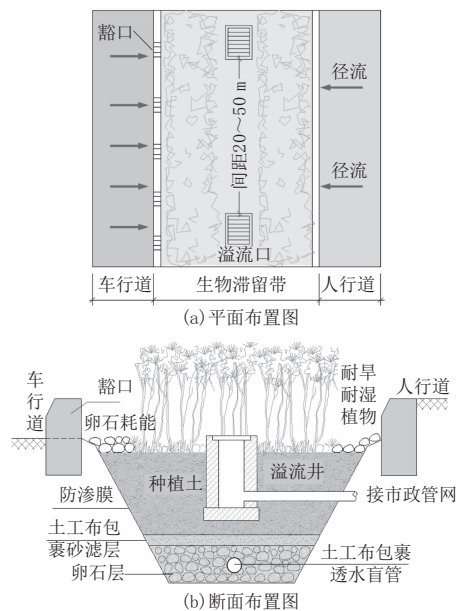


图7 城镇道路生物滞留带构造图

在工程设计实践中,值得注意的是:当道路纵坡大于3%时,应在滞留带内设置拦水坎(可用碎石或卵石堆砌),其高度应比滞留带底部高20cm比溢流口高程低5cm;当道路纵坡大于5%时,建议采用阶梯式布局,其主要目的是降低径流流速、减小径流对滞留带边界的冲刷。为了保护滞留带一侧的车行道路基或因径流污染较严重,通常需敷设两布一膜的防渗土工布以保护路基不受雨水浸泡或防止地下水被污染。为了提高路缘石雨水豁口的进水率,通常可将路缘石紧邻的25cm路缘带以3%的坡度坡向豁口,同时应在滞留带一侧的豁口处铺筑一定数量的卵石层,以降低径流动能和减少冲刷。对于污染严重的汇水区域,应采取弃流措施,对相对较轻的区域,可通过植被缓冲带或沉淀池进行预处理,以去除大颗粒污染物和降低流速。

3.4.2 生态树池

就其原理而言,生态树池仍属于生物滞留设施

的范畴,雨水进入树池后,通过截留和渗透作用以达到削减径流和降低污染的功效。生态树池在空间上呈离散型分布,为了方便雨水的排放,设计中可考虑利用盲管将独立树池进行连接,并利用道路纵坡实现雨水排放。生态树池的构造设计相对简单,应重点关注土壤问题,如果土壤的渗透系数较小,会导致乔木根系长期泡水而出现烂根;若要使土壤的渗透系数提高,那么土壤中的砂石比会提高,这样又不利于乔木的生长。相比之下,生态树池应优先考虑土壤的渗透问题,即生态树池宜设计成渗透型树池,以减少树池的积水量和积水时间。另外,在乔木种类选择时,应选择具有一定耐湿能力的树种(如香樟、黄葛榕和小叶榕等)。

3.4.3 植草沟

植草沟可以分为三种类型,道路工程中用得较多的是传输型植草沟,常常与道路绿化带或人行道外侧绿地配合使用,将某一汇水区域的雨水传输到其他LID设施或者接入市政雨水管道。传输型植草沟的主要功能为径流传输,虽然植草沟在进行雨水径流传输的同时对雨水具有一定程度的净化功能,但其效果有限。对于宽度较窄的道路,往往由于受到空间限制而不宜采用生物滞留带设施时,可以考虑在路侧带范围内布置植草沟。植草沟植物选择时,应优先选用根系发达、固土能力强、耐旱耐湿的植物(如狗牙根和黄菖蒲等)。

3.4.4 下沉式绿地

下沉式绿地通过其凹形空间来承接和调储雨水,以达到减少径流量、降低道路内涝风险、截污净化雨水等功能。通常要求下沉式绿地应低于道路两侧的人行道路面标高,其下沉深度一般不超过20cm。

城镇道路两侧红线外的带状开放式绿地,其宽度通常都比道路内的绿化带更宽,因此在该区域内通常可以布置生物滞留带或下沉式绿地等LID设施,同时可以考虑将道路红线范围内的雨水引至红线外进行滞留与净化。下沉式绿地在道路工程中的运用比较灵活,其尺度取决于带状绿地的宽度,在构造层次上比生物滞留带更简单,因此建设费用和维护费用更加低廉。同时,由于路侧绿地空间比较宽敞,在植物布置上可以采用乔、灌、草相组合的群落结构形态,以构建立体感强、层次更加丰富的绿地景观。值得注意的是,当两侧绿地的纵向坡度较陡($i \geq 3\%$)时,应结合地形增加工程措施(如拦水埂或阶梯型单元划分)以达到降低流速和减少冲刷的作用。

4 结语

海绵城市理念是一种通过源头分散控制实现对雨水控制与利用的雨水管理理念,在城镇道路建设中积极践行海绵城市建设理念,对缓解城市内涝、降低城市污染负荷、改善城市热岛效应等具有重要的现实意义。针对城镇道路LID设施设计中存在的共性问题,分别从透水路面结构、道路几何设计、重要节点LID设施设计等三个方面进行了分析与思考,从而明确了城镇道路海绵城市设计的要点、注意事项和改进方向,避免在后续的工程设计中出现相类似的问题。

参考文献:

- [1] CJJ/T 190—2012,透水沥青路面技术规程[S].
- [2] CJJ/T 188—2012,透水砖路面技术规程[S].
- [3] 王秋萍,郭帅,陈国芬,等.道路雨水口泄流量试验研究[J].中国给水排水,2021,37(17):115-120.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com