

市政道路雨水管网与路面排水协同设计

莫 波

南昌县燃气有限公司 江西南昌 330000

摘要：市政道路排水系统是城市基础设施重要部分，其性能影响城市运行与居民安全。雨水管网与路面排水是道路排水系统核心，协同设计合理性与有效性是提升排水效能、防内涝、保通行安全的关键。本文先阐述该协同设计的重要性与必要性，分析当前设计脱节问题及负面影响；接着探讨协同设计的系统性、因地制宜、安全优先、经济高效等基本原则；然后从设计流程优化角度，提出基础资料共享与联合勘察、统一标准与参数等协同环节；详细论述具体协同要点，强调数值模拟技术应用；最后结合工程实践，提出协同设计实施保障措施与建议，为提升排水系统性能提供支持，构建安全、高效、可持续的城市道路排水体系。

关键词：市政道路；雨水管网；路面排水；协同设计

引言

随着我国城市化推进，城市规模扩大、人口增长，市政道路交通压力增大。同时，全球气候变化使极端降雨频发，城市内涝问题突出，对市政道路排水系统设计与运行提出更高要求。市政道路排水系统由路面排水和地下雨水管网构成，路面排水排除路面积水、保障安全，雨水管网收集输送雨水，二者协同效率决定排水与内涝防治效果。但当前设计中，路面排水与雨水管网设计由不同人员负责，缺乏沟通协调，易出现脱节。因此，打破“分而治之”局限，推行协同设计成为提升排水系统设计质量、应对内涝挑战的必然趋势。协同设计从系统工程角度出发，将二者视为相互依存子系统，在各设计阶段充分共享信息、联动参数、比选优化方案，实现最佳综合效益。

一、雨水管网与路面排水的基本概念与设计原则

(一) 雨水管网系统的定义与功能

雨水管网系统是指由管道、检查井、雨水口、泵站等设施组成的，用于收集、输送和排放城市道路及周边区域雨水的工程系统。其核心功能包括三个方面：一是雨水收集功能，通过设置在道路两侧的雨水口快速汇集路面径流；二是传输功能，依靠不同管径的管道网络将雨水重力流或压力流输送至排放点；三是调蓄排放功能，通过设置调蓄设施削减洪峰流量，减轻下游排水压力。该系统需满足设计重现期要求，确保在规定降雨强度下道路不积水，同时兼顾防涝、防洪和水质控制等多重目标，是城市基础设施的重要组成部分。

(二) 路面排水系统的构成与作用

路面排水系统由道路横坡、纵坡、边沟、排水口、集水井等要素构成，形成完整的路面雨水排除路径。道路横坡设计通常采用1.5%-2.5%的坡度，确保雨水向路缘石方向汇集；纵坡则根据地形条件确定，最小纵坡不小于0.3%以保证排水顺畅。边沟设置在道路边缘，起到临时储存和输送雨水的作用；排水口间隔布置，间距一般为30-50米，其数量和位置需根据汇水面积和降雨强度计算确定。该系统的主要作用是快速排除路面雨水，防止积水影响行车安全，同时减少雨水对路面结构的侵蚀破坏，延长道路使用寿命。此外，合理的路面排水设计还能降低雨水携带污染物进入管网的风险，具有环境保护意义^[1]。

(三) 协同设计的内涵与必要性

协同设计是指将雨水管网系统与路面排水系统作为有机整体进行统一规划、同步设计的过程，其内涵体现在空间协调、时间同步和功能耦合三个层面。空间协调要求管网布局与道路线形、断面形式相匹配，避免管线冲突；时间同步强调两个系统在建设时序上的衔接，确保一次性完成；功能耦合则注重两者在排水能力上的匹配，形成从路面汇集到管网输送的完整链条。协同设计的必要性主要表现在四个方面：一是提高排水效率，通过优化衔接点设计减少雨水滞留时间；二是降低工程造价，避免重复开挖和返工造成的浪费；三是保障系统安全，防止因设计脱节导致的局部积水或管网超载；四是适应海绵城市建设要求，实现源头减排、过程控制、末端治理的系统化解决方案。

（四）协同设计的基本原则与技术要求

协同设计遵循系统性、适应性、经济性和可持续性四项基本原则。系统性原则要求统筹考虑两个系统的相互影响，建立整体水力模型进行模拟分析；适应性原则强调设计需适应不同降雨条件、地质条件和道路等级要求；经济性原则追求在满足功能前提下实现全生命周期成本最优；可持续性原则则注重与生态环境的协调，促进雨水资源化利用。技术要求包括五个方面：一是设计标准统一，采用相同的降雨重现期和径流系数；二是水力计算衔接，确保路面排水能力与管网过流能力相匹配；三是空间布局合理，管网埋深、坡度与道路竖向设计协调；四是材料选择兼容，考虑不同材料间的耐久性和施工可行性；五是维护管理便利，预留足够的检修空间和监测设备安装位置。这些要求共同构成协同设计的技术支撑体系，为工程实践提供规范指导^[2]。

二、雨水管网与路面排水协同设计的关键技术

（一）协同设计的技术路线与流程

协同设计的技术路线采用“目标导向—系统分析—方案比选—优化验证”四步流程。目标导向阶段明确设计需达到的排水标准、服务年限和生态目标，如重现期采用3年一遇，服务年限不低于50年。系统分析阶段建立包含地形、地质、水文、路网等多要素的数据库，运用GIS技术进行空间叠加分析，识别排水薄弱环节。方案比选阶段生成至少三种协同设计方案，分别从技术可行性、经济合理性、施工便利性三个维度进行量化评分，选择综合得分最高的方案。优化验证阶段通过水力模型软件（如SWMM）进行动态模拟，检验方案在不同降雨情景下的排水效果，对不达标区域进行针对性调整。整个流程强调各专业协同作业，建立道路、排水、结构等专业的数据共享平台，确保设计参数实时同步更新。

（二）雨水管网与路面排水的衔接方式

雨水管网与路面排水的衔接方式分为直接式、间接式和复合式三种类型。直接式衔接通过雨水口直接将路面雨水导入管网，适用于常规路段，雨水口设置间距根据汇水面积计算确定，一般不超过40米，箅子尺寸采用300×500mm标准规格，确保进水能力大于设计流量。间接式衔接通过边沟或植草沟过渡，适用于景观要求较高或纵坡较缓路段，边沟底宽不小于0.3米，深度0.4–0.6米，纵坡与道路纵坡一致。复合式衔接结合两种方式，在主干道采用直接式快速排水，在绿化带或人行道采用间接式滞蓄净化。衔接设计需特别注意三点：一是雨水口与检查井的相对位置关系，避免形成死水区；二是算

子标高控制，一般低于路面1–2厘米，防止杂物堵塞；三是防渗处理，在接口处采用防水砂浆或橡胶止水带，防止地下水渗入管网^[3]。

（三）排水能力匹配与水力计算方法

排水能力匹配采用“由点到线、由线到面”的递进计算方法。点计算针对单个雨水口，采用堰流公式 $Q=1.66Lh^{1.5}$ 计算其过流能力，其中L为箅子周长，h为水深。线计算针对管道系统，采用曼宁公式 $Q=(1/n)A(R^{2/3})(I^{1/2})$ 计算管道过流能力，其中n为粗糙系数，混凝土管取0.013，A为过水断面面积，R为水力半径，I为水力坡降。面计算针对整个排水区域，采用推理公式 $Q=\psi Fq$ 计算设计流量，其中ψ为径流系数，沥青路面取0.9，F为汇水面积，q为设计暴雨强度。匹配标准要求路面排水能力大于管网设计流量的1.2倍，管网过流能力大于设计流量的1.3倍，确保系统安全冗余。计算过程需考虑最不利工况，即上游满管运行时下游的排水能力是否满足要求，必要时设置调蓄设施或溢流口。

（四）协同设计中的关键参数与控制指标

协同设计的关键参数包括几何参数、水力参数和结构参数三类。几何参数主要有道路横坡（1.5%–2.5%）、纵坡（不小于0.3%）、雨水口间距（30–50米）、管道埋深（最小覆土0.7米）等，这些参数直接影响雨水汇集效率。水力参数包括设计重现期（一般道路3年，重要道路5年）、径流系数（沥青路面0.9，透水路面0.4）、设计流速（管道最小0.75m/s，最大5m/s）等，决定系统排水能力。结构参数涉及管道材料（混凝土管、HDPE管等）、接口形式（承插式、柔性接口等）、基础类型（砂垫层、混凝土基础等），影响系统耐久性。控制指标设置五项硬性要求：一是积水时间不超过15分钟；二是管网充满度不超过0.7；三是雨水口箅子泄水能力不小于10L/s；四是管道最小流速满足自清要求；五是系统总水头损失不超过允许值。这些参数和指标共同构成协同设计的质量控制体系，确保工程达到预期排水效果^[4]。

三、协同设计实施中的难点与对策

（一）设计标准不统一带来的协调问题

设计标准不统一是协同设计实施中的首要难点，主要体现在三个方面：一是排水规范与道路规范存在差异，如《室外排水设计规范》规定雨水口间距一般不超过40米，而《城市道路工程设计规范》则要求根据道路等级和纵坡灵活设置，导致设计时难以兼顾；二是地方标准与国家标准存在冲突，部分城市对重现期、径流系数等参数有特殊要求，与国家标准不一致；三是不同专业对

同一参数的理解存在偏差，如道路专业关注行车舒适性，倾向于采用较小横坡，而排水专业则强调排水效率，要求较大横坡。这些差异造成设计过程中频繁出现参数矛盾，影响设计进度和质量。针对这些问题，需建立标准协调机制，在项目启动前组织各专业编制统一的技术导则，明确优先采用的标准和参数取值原则，对争议较大的参数通过专题论证确定，确保设计依据一致。

（二）施工阶段协同管理的挑战

施工阶段协同管理面临三大挑战：一是工序衔接不畅，道路基层施工与管道安装存在交叉作业，若协调不当易造成返工，如先施工道路基层后开挖沟槽会破坏路面结构，而先安装管道又可能影响道路施工进度；二是质量控制困难，路面平整度与管道高程精度要求不同，难以同时满足，如道路平整度要求误差不超过5mm，而管道安装高程允许误差为 $\pm 10\text{mm}$ ，导致验收标准冲突；三是进度管理复杂，受天气、材料供应等因素影响，道路和排水施工进度往往不同步，影响整体工期。针对这些挑战，需采取以下措施：制定详细的施工组织设计，明确各工序的先后顺序和时间节点；建立联合质量检查制度，由道路和排水专业人员共同验收关键工序；采用信息化管理手段，实时监控施工进度，及时调整资源配置^[5]。

（三）不同专业部门之间的沟通障碍

不同专业部门之间的沟通障碍主要表现在三个方面：一是专业术语差异，道路专业使用的“纵坡”“横坡”等术语与排水专业的“水力坡降”“充满度”等术语存在理解偏差，导致沟通效率低下；二是数据格式不兼容，道路设计常用CAD软件，排水设计则多用水力模型软件，数据交换困难；三是部门利益冲突，当出现排水不畅问题时，道路部门认为是管道设计问题，排水部门则认为是路面坡度问题，相互推诿。为消除这些障碍，需建立有效的沟通机制：编制跨专业术语对照表，统一技术语言；开发数据接口，实现不同软件间的数据转换；建立联合审批制度，同步审查道路和排水方案；签订责任共担协议，明确各方在协同设计中的责任边界，形成工作合力。

（四）提升协同设计实效的对策建议

提升协同设计实效需从制度、技术、管理三个层面采取综合措施。制度层面，建议制定《市政道路排水协同设计导则》，明确各专业的工作界面和协同要求；建立

协同设计激励机制，对表现突出的团队给予奖励；完善责任追究制度，对因协同不力导致工程问题的单位和个人进行问责。技术层面，推广应用BIMGIS技术，构建三维协同设计平台，实现道路与排水设计的实时联动；开发协同设计评价系统，对设计方案进行多维度量化评估；建立参数化设计库，实现关键参数的自动匹配和优化。管理层面，实行项目总负责制，由总设计师统筹协调各专业工作；建立定期会商制度，每周召开协调会议解决设计中的问题；开展协同设计培训，提高设计人员的跨专业协作能力。通过这些措施，可有效提升协同设计的质量和效率，确保市政道路排水系统达到最佳运行效果。

结语

市政道路雨水管网与路面排水的协同设计是一项复杂的系统工程，需要综合考虑技术、经济、环境等多方面因素。通过科学的设计方法和有效的管理手段，可以实现两个系统的有机整合，从而提升整体排水效率，降低工程成本，并保障城市基础设施的安全运行。在实际工程中，应注重技术创新和经验积累，不断优化设计流程和技术标准，以适应城市发展和气候变化带来的新挑战。同时，加强跨部门协作和信息共享，构建更加高效的协同工作机制，为建设海绵城市和可持续发展的现代化城市提供有力支撑。未来的研究方向可进一步探索智能化、数字化技术在协同设计中的应用，推动市政排水领域的技术进步和管理水平提升。

参考文献

- [1] 魏志强.市政工程道路排水系统雨水管网施工研究[J].建筑·建材·装饰, 2019, 000 (003): 180, 186. DOI: 10.3969/j.issn.1674-3024.
- [2] 邹怀明.市政工程道路排水系统雨水管网施工研究[J].名城绘, 2020, 000 (009): P.1-1.
- [3] 谢晓巧.市政道路工程中雨污水管网施工关键技术要点研究[J].2022 (23): 160-162.
- [4] 李勇.市政道路雨污水综合管网施工技术[J].科技创新与应用, 2022 (025): 012.
- [5] 李勇.市政道路雨污水综合管网施工技术[J].科技创新与应用, 2022, 12 (25): 181-183. DOI: 10.19981/j.CN23-1581/G3.2022.25.043.