

城市排水系统优化设计与雨污分流技术研究

彭钰崧

四川官昇达建筑工程有限公司, 中国·四川 成都 610000

摘要: 论文围绕城市排水系统展开深入探究, 着重剖析其优化设计策略与雨污分流技术要点。点明城市排水系统对城市稳定运行、生态环境维系的关键作用, 以及当下内涝、水污染等严峻挑战。详细解读排水系统规划、管网布局、管径坡度设计、泵站及调蓄设施建设等优化设计内容, 阐释雨污分流原理、常见模式与实施难点。结合实际案例展现成效与困境, 提出针对性发展建议, 旨在全面提升城市排水效能、净化水环境, 推动城市可持续发展。

关键词: 城市排水系统; 优化设计; 雨污分流技术; 水环境改善

Research on Optimization Design of Urban Drainage System and Rainwater Sewage Diversion Technology

Yusong Peng

Sichuan Guanshengda Construction Engineering Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610000, China

Abstract: This paper focuses on the in-depth exploration of urban drainage systems, with a particular emphasis on analyzing their optimization design strategies and key points of rainwater and sewage diversion technology. Point out the key role of urban drainage system in the stable operation of cities and the maintenance of ecological environment, as well as the severe challenges of current waterlogging and water pollution. Elaborate on the optimization design of drainage system planning, pipeline layout, pipe diameter and slope design, pump station and storage facility construction, and explain the principles, common modes, and implementation difficulties of rainwater and sewage diversion. By combining practical cases to demonstrate achievements and challenges, targeted development suggestions are proposed with the aim of comprehensively improving urban drainage efficiency, purifying water environment, and promoting sustainable urban development.

Keywords: urban drainage system; optimize design; rainwater and sewage diversion technology; improvement of water environment

0 前言

城市排水系统, 犹如城市的“隐形守护者”, 悄无声息地肩负着雨水排泄与污水输送的重任, 是保障城市机能顺畅运转的关键基础设施。在城市化浪潮汹涌澎湃的当下, 城市版图迅速扩张, 人口如潮水般涌入, 传统排水系统渐显疲态。每逢暴雨倾盆, 城市内涝肆虐, 大街小巷瞬间沦为泽国, 交通陷入瘫痪; 污水肆意直排, 让河湖水体遭受重创, 黑臭水体滋生蔓延, 城市景观大打折扣, 居民的健康也受到潜在威胁。鉴于此, 深入钻研城市排水系统的优化设计与雨污分流技术, 已然成为化解城市水患难题、守护生态环境、提升城市品质的当务之急。

1 城市排水系统优化设计要点

1.1 科学规划排水系统

排水系统规划绝非孤立之举, 需紧密贴合城市总体规划的宏大蓝图, 综合考量地形地貌、气候特征、土地利用等多元要素。对于依山而建的城市而言, 巧妙利用地势高差优势, 匠心设置自流排水管道, 能极大减少泵站提升所需能耗, 让雨水与污水顺势而下, 自然排出。在多雨湿润地区, 设计时就未雨绸缪, 加大雨水排放能力, 预留足够余量应对频繁暴雨袭击。而不同功能区, 无论是繁华热闹的商业区、人

口密集的居民区, 还是生产繁忙的工业区, 排水需求千差万别, 必须精准布局管网, 实现排水系统与城市各区域发展的协同共进。

例如, 某山地城市在新区规划时, 充分调研地形走势, 依山势规划雨水排放路径, 高海拔区域雨水借助重力, 沿缓坡管道快速汇入城市景观河; 污水管道则依据居民区、商业区分布, 呈枝状延伸至污水处理厂, 既节省建设成本, 又保障排水高效, 为城市后续发展奠定坚实排水基础。

1.2 合理布局排水管网

排水管网布局形式丰富多样, 各有千秋。正交式布局仿若棋盘格般规整简洁, 施工难度较低, 建设成本也相对亲民, 在地形平坦开阔区域应用, 优势尽显; 截流式布局独具匠心, 它能在排水过程中巧妙截留污水, 防止未经处理的污水直排水体, 守护水环境安全; 分区式布局则是应对地势落差较大区域的“利器”, 通过分区作业, 避免高地势区域水流如脱缰野马般冲击低区管网, 保障整个排水系统平稳运行。因地制宜、因势利导地选用合适布局, 是确保排水畅通无阻、减少堵塞积水隐患的关键。

以平原地区某城市为例, 老城区地势平坦, 采用正交式为主的管网布局, 便于早期快速建设与后期维护; 而随着城市扩张, 新开发的工业园区地势略有起伏, 便采用分区式

布局,划分多个排水区域,各自设置泵站与调控设施,有效解决了地势差带来的排水难题。

1.3 精准确定管径与坡度

管径确定犹如量体裁衣,需依据精准流量计算。雨水管径设计要勇挑重担,足以应对暴雨峰值流量冲击,确保短时间内大量雨水能迅速排出;污水管径则要适配日常稳定污水量,并预留一定前瞻性,考虑城市远期发展带来的污水增量。坡度设计更是不容小觑,它是保障水流在管道内依靠自重重力顺畅前行的关键因素。坡度过小,水流慵懒拖沓,易致淤积堵塞;坡度过大,水流湍急,又会对管壁产生剧烈冲刷,减损管道寿命。唯有依循管材特性、流量大小,科学合理取值,才能为管网长期稳定运行保驾护航。

在某沿海城市排水系统升级项目中,工程师们依据多年降雨数据模拟暴雨流量,精准确定雨水管径;同时,结合当地常用管材耐冲刷性能,精细规划管道坡度,改造后的管网排水效率大幅提升,以往雨后积水难消的状况得到显著改善。

1.4 强化泵站与调蓄设施

泵站堪称排水系统的“动力心脏”,在排水体系中举足轻重。雨水泵站犹如冲锋陷阵的先锋,暴雨来袭时火力全开,迅速抽排积水,让城市街道免遭水淹;污水泵站则是幕后英雄,克服地势落差阻碍,稳稳当当输送污水至处理厂。优化泵站选址,要兼顾排水需求与周边环境;选型需契合流量、扬程要求;运行控制引入智能调控,依实时水位、流量灵活启停,全方位提升排水效率。

调蓄设施亦是不可或缺,雨水塘、蓄水池宛如城市的“海绵口袋”,暴雨时敞开怀抱暂存雨水,削峰缓流,大大减轻管网排水负担。不仅如此,收集的雨水还能经过简单处理后回用,用于绿化灌溉、道路喷洒等场景,实现水资源循环利用,提升城市水资源利用效率。

2 雨污分流技术原理与模式

2.1 雨污分流原理

雨污分流技术立足雨水、污水本质差异,开启精准分流之路。雨水多为天然降水,相对纯净清洁,只需收集起来,便可直排自然水体,或是稍作处理后回用,滋润城市绿地、补给景观用水;污水则截然不同,其中裹挟大量有机污染物、悬浮物与有害微生物,必须集中输送至污水处理厂,历经多道工序处理达标后,方可排入环境水体,绝不容许其混入雨水管道,直排造成环境污染。

2.2 分流模式

完全分流制:在新兴城区规划建设时,完全分流制如同一张白纸好作画,较易落地实现。从源头起始,雨水、污水管道系统泾渭分明,各自独立铺设,雨水通过专门管道排入河道、湖泊,污水则乖乖流向污水处理厂,条理清晰,污染防控效果显著。

不完全分流制:老城区受限于历史遗留问题与资金掣肘,不完全分流制较为常见。早期往往先紧着建设污水管,

解决污水去处;雨水则依靠天然沟渠、地面漫流初步排泄,待后续条件成熟,再逐步完善雨水管网,循序渐进推进雨污分流改造。

截流式分流制:这种模式是在分流基础上的优化升级。在污水管末端巧妙设置截流井,小雨时,它如同忠诚卫士,截留全部污水,不让一滴流入雨水管道;大雨时,允许部分雨水混入污水,缓解污水处理厂瞬时处理压力,是兼具分流精准与应急灵活的实用模式。

3 城市排水系统优化设计策略

3.1 科学规划布局

排水系统规划应紧密贴合城市总体规划,将城市地形地貌、土壤渗透特性、水系分布等自然要素作为核心依据。城市地形坡度起着天然的引导作用,依循地势高低,合理规划分排水流域与汇水区,顺势规划排水管网走向,让雨水和污水能够借助重力作用自然流动,减少额外能耗。例如,在山地城市,可沿山体等高线布局截洪沟,拦截坡面径流,避免短时间内大量雨水涌入低洼城区;平原城市则着重构建放射性与环状相结合的管网体系,保障各区域排水均衡。水系分布更是关键,临近河流、湖泊的区域,排水管网应与之高效衔接,把处理达标后的污水妥善排入受纳水体,让雨水也能顺畅回归自然水系,补充城市水资源。同时,考虑土壤渗透特性,在渗透性能良好的区域,推广下渗式排水设施,进一步削减地表径流。

3.2 管网精细化设计

精准计算雨水、污水流量是管网设计的基石。借助当地多年降雨数据、城市发展规划预估人口增长与用水需求,运用专业水文水力模型,精确推算不同重现期下的流量,以此选定适配管径,规避管径过大造成资源浪费、过小引发排水拥堵的问题。管网的节点设计不容小觑,转弯、交汇之处,采用顺滑过渡的管件,减少局部水头损失;合理设置检查井,方便后期运维巡检。引入智能模拟软件,模拟不同降雨强度、降雨时长场景下的管网排水表现,犹如提前开展“实战演练”。发现诸如局部积水、流速过缓的瓶颈区域,针对性调整管径、坡度或增设排水支管,提升管网输水效率与可靠性。此外,还应考量管材耐久性、环保性,新型的 HDPE 管材、球墨铸铁管等,在抗腐蚀、抗压方面表现出色,可延长管网使用寿命。

3.3 配套设施建设

雨水调蓄设施:因地制宜打造多元化雨水调蓄设施。雨水花园巧妙融合景观与调蓄功能,通过植被、土壤层层过滤净化,滞留储存雨水;绿色屋顶在建筑物顶部构建小型“蓄水池”,削减屋面径流,还能起到隔热保温效果;地下调蓄池仿若城市的“隐形水库”,大容量存储雨水,应对暴雨洪峰。这些设施在降雨时截留储存雨水,削减洪峰流量,雨后缓慢释放用于灌溉、洗车、道路喷洒等非饮用水场景,实现水资源再利用,减轻城市供水压力。

污水处理设施升级：污水处理厂是污水净化的关键防线，需紧跟时代步伐升级处理工艺。针对生活污水中日益增多的氮、磷等营养物质，采用具有脱氮除磷功能的 A^2/O 工艺，或是更为先进的 MBBR 工艺，强化处理效果。对于工业污水占比较大的区域，设置专门的预处理车间，分类处理含重金属、高浓度有机物的污水，避免冲击后续生化处理单元。优化污水泵站布局，依据污水流量变化、地形落差，合理选址与配置泵站功率，保障污水顺畅输送，防止污水外溢污染周边环境。

4 雨污分流技术实践案例分析

4.1 案例介绍

选取 A 市老城区排水系统改造项目展开深入剖析，该区域作为城市的发源地，承载着厚重的历史文化，但基础设施大多建于 20 世纪，排水管网陈旧老化，管径狭窄且布局杂乱无章，雨污合流问题极为突出。每逢降雨，地势低洼的老街区瞬间沦为一片汪洋，污水裹挟着垃圾漂浮在积水中，不仅居民出行受阻，家中时常遭受水患，而且未经处理的污水随着雨水直排入城市内河，致使河水常年散发刺鼻恶臭，富营养化严重，水生态几近崩溃，周边居民苦不堪言，城市形象也大打折扣。

为彻底扭转这一困境，此次改造工程规模浩大，秉持系统治理理念，采用截流式分流制为主，结合局部完全分流改造的综合方案。项目团队先是对整个老城区进行详细测绘与勘察，利用地理信息系统（GIS）、激光雷达扫描等技术，精准掌握地下管网分布、地形地貌以及建筑物布局。在此基础上，规划新建与改造并行的管网铺设路线，针对重点路段，如交通主干道、易涝点周边，全面拆除老旧合流管道，重新铺设管径适配当下排水需求的雨水、污水专用管道，严格遵循雨污分流原则，确保雨水、污水各行其道。

同时，为增强排水系统的韧性与调蓄能力，结合老城区有限的空间条件，多点布局雨水调蓄池与污水提升泵站。雨水调蓄池选址靠近公园、绿地等公共空间，巧妙利用地下空间资源，采用装配式建筑技术，快速高效施工。部分调蓄池还融入海绵城市理念，内部设置生态净化模块，在储存雨水时对其进行初步过滤净化，为后续雨水回用奠定基础。污水提升泵站则依据地势落差与污水流量分布，合理分布于各污水汇集节点，选用高效节能的水泵机组，保障污水稳定输送至污水处理厂。

4.2 改造效果

改造完成后的首个雨季，便迎来了严峻考验。以往逢雨必涝的局面得到显著改观，暴雨来袭时，雨水通过新建的雨水管网迅速收集，就近流入调蓄池，地面积水时间从原来的数小时大幅缩短至半小时以内，内涝现象得到有效遏制，城市交通得以正常运转，居民能够安心出行。

内河水质更是发生了翻天覆地的变化。此前黑臭的河

水逐渐恢复清澈，水体异味逐渐消散，这得益于截流式分流制的精准截流，晴天时，合流管内污水不再排入河道，雨天时，截流井严格控制污水流入量，大幅减少污水溢流。随着水质改善，水生植物开始在河道扎根，鱼虾等浮游生物重现身影，水生态逐步复苏，周边居民茶余饭后也愿意到河边散步休闲，曾经被嫌弃的“臭水沟”如今成了城市的生态景观廊道。

从长期监测数据来看，污水处理厂的进水水质更为稳定、纯净，减轻了处理负担，处理效率与出水达标率稳步提升。这不仅降低了污水处理成本，还使得更多处理后的中水得以回用，用于城市绿化灌溉、道路喷洒等场景，实现水资源的循环利用。周边商业氛围因环境优化日益浓厚，店铺客流量增多，房产价值也随之攀升，城市经济活力得到进一步激发。居民对此次改造满意度极高，切实感受到生活品质的提升，城市的宜居度与美誉度在市民口碑与外界形象上都实现了质的飞跃，为其他老城区排水系统改造提供了极具价值的借鉴样本。

5 结语

城市排水系统优化设计与雨污分流技术，犹如城市水生态的“守护者”与“梳理者”，在城市发展进程中扮演着举足轻重的角色。当下，城市化进程高歌猛进，城市人口与建筑密度持续攀升，极端降雨事件愈发频繁，既有的排水模式已难堪重负，水患与水污染问题亟待破解。

通过深入探究排水系统优化设计策略与雨污分流技术实践，我们明晰了科学规划布局、管网精细化设计以及配套设施建设的关键意义。从宏观层面的城市水系协同，到微观层面的管网节点打磨，再到功能性设施的补充完善，每个环节都紧密相扣，共同塑造强韧且环保的排水体系。

实践案例更是有力佐证了技术落地的成效，内涝缓解、水质改善、居民满意度提升，城市的宜居性与韧性得以增强。不过，排水系统建设非一劳永逸之事，需保持动态更新。一方面，持续关注城市扩张、气候变化，提前预留升级空间；另一方面，强化公众环保意识，鼓励全民参与节水、护水行动。唯有如此，城市才能在暴雨中从容不迫，在日常用水中精打细算，真正迈向水资源可持续利用、水生态良性循环的美好未来，实现经济、社会与环境效益的全方位共赢。

参考文献：

- [1] 张智,魏新平.城市排水工程[M].北京:中国建筑工业出版社,2019.
- [2] 周玉文.排水管网系统模拟与优化[M].北京:中国建筑工业出版社,2017.
- [3] 赵锂.建筑给水排水工程[M].北京:中国建筑工业出版社,2021.
- [4] 姜文源.建筑给排水设计手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2017.
- [5] 顾夏声.水处理微生物学[M].北京:中国建筑工业出版社,2016.
- [6] 王增长.建筑给水排水工程[M].北京:中国建筑工业出版社,2022.