

# 市政道路下穿式立交桥排水设计与计算

栾玉婷

中铁工程设计咨询集团有限公司 北京 100055

**摘要:** 市政道路下穿式立交桥多位于交通要塞, 由于地势较周边低, 在暴雨情况下容易出现积水现象, 严重影响城市交通系统甚至危及生命。本文以工程为例, 选取合理雨水系统形式及设计参数, 达到降低低洼路面积水概率, 实现安全出行, 提出低洼雨水强排系统设计要点及注意事项。

**关键词:** 雨水泵站; 下穿式桥排水; 下沉式道路; 重现期; 暴雨强度公式; 雨水管网

## Drainage system design and calculation of underpass municipal road

Yuting Luan

China Railway Engineering Design and Consulting Group Co., Ltd., Beijing 100055, China

**Abstract:** Underpass overpasses of municipal roads are usually located in the traffic hot-spot areas. Due to the low terrain around, ponding is easy to occur in case of rainstorm, which seriously affects the urban traffic system and even endangers lives. This paper takes the project as an example, we select the reasonable rainwater system form and design parameters, in order to reduce the ponding probability of low-lying road area and realize safe travel, as well as put forward the key points and precautions for the design of low-lying rainwater forced drainage system.

**Keywords:** Rainwater pump station; Undercrossing grade separation; Return period; Stormwater intensity formula; Rainwater drainage network

### 引言:

随着城市发展需求, 为缓解交通堵塞, 城市路网逐步向立体式发展, 市政道路下穿式立交桥普遍存在。近年来, 我国极端天气频繁出现, 城市低洼处积水现象出现频率增加, 严重影响交通系统正常运行并影响人民安全出行。雨水强排系统作为下穿桥排水设计重要组成部分, 可为人民出行创造安全的环境, 因此, 有必要针对市政道路下穿式立交桥排水系统设计的相关问题进行探讨, 以便后续更好地开展类似工程设计。

### 1 工程概况

以某市政道路下穿铁路为对象, 分析排水系统设计及主要涉及参数。该项目道路为城市主干路, 道路全长628.7m。根据规划情况, 道路红线宽度50m, 道路等级为城市主干路, 行车速度50km/h。主要交叉结点构造物为铁路火车站。道路需下穿铁路火车站(共包含2个站台和8股铁路线), 下穿铁路采用立交形式, 采用四孔7m-11m-11m-7m框架桥下穿铁路, 框架桥全长79.2m, 框架桥前后抗浮水位线以下设置U型槽; 剩余道路范围

均为路基段。

### 2 雨水泵站设计

#### 2.1 路面雨水收集方案确定

根据GB 50014-2021《室外排水设计标准》<sup>[1]</sup>规定, 当道路纵坡大于2%时, 因纵坡大于横坡, 雨水流入雨水口少, 故沿途可少设或不设雨水口。坡段较短(一般在300m以内)时, 往往在道路低点处集中收水, 较为经济合理。

本项目下穿桥工程机动车道道路全程设5个纵坡, 最大纵坡为5.5%, 最小纵坡为0.3%; 非机动车道道路全程设5个纵坡, 最大纵坡为3.5%, 最小纵坡为0.3%。道路最低点位于铁路西侧。由于道路坡度较陡, 本次桥面雨水收集方案采用最低点收集方案, 于最低点处沿道路集中设置排水沟收集路面雨水, 并于最低点设置连接管。地道桥范围内的雨水在最低点处收集后排入地道桥雨水提升泵站, 雨水经雨水提升本站提升后排至河体。

由于机动车道路面坡度较大, 为了便于收集隧道内二次集水, 设计于框构桥范围内机动车道两侧设置通长排水沟, 用于快速收集隧道内二次集水, 保证行车安全。

## 2.2 设计基本参数

### (1) 暴雨强度公式

暴雨强度有两种表示方法:

1) 降雨深度: 常用某一连续降雨时段内的平均降雨量, 即单位时间的平均降雨深度, 用*i*表示。

$$I=H/t \text{ (mm/min)}$$

2) 降雨体积: 工程上常用单位时间内单位面积上的降雨体积计, 用*q*表示,  $L/(s \cdot \text{hm}^2)$ 。

降雨深度与降雨体积的关系:  $q=167i$

暴雨强度选取:

1) 当地有暴雨强度公式的地区, 采用当地暴雨强度公式。可参考《给水排水设计手册》附录1<sup>[2]</sup>或《建筑给水排水设计手册》附录1<sup>[3]</sup>。

2) 当地无暴雨强度公式的城市, 可参考《中国气候区划图》及当地气象条件选取周边教近城市/地区暴雨强度公式。

目前, 我国各地已积累了完整的自记雨量纪录资料, 可采用数理统计法计算确定暴雨强度公式。根据GB 50014-2021《室外排水设计标准》<sup>[1]</sup>规定, 暴雨强度公式按公式(1)计算

$$q = \frac{167A_1(1 + ClgP)}{(t + b)^n}$$

*q*—设计暴雨强度,  $L/(s \cdot \text{hm}^2)$ ;

*t*—设计降雨历时, min;

*P*—设计重现期, a

*A*<sub>1</sub>, *C*, *b*, *n*—地方参数, 根据统计方法进行计算确定。

具有20年以上自动雨量记录的地区, 排水系统设计暴雨强度公式应采用年最大值法。若采用年最大值法, 应进行重现期修订, 可按GB 50014-2021《室外排水设计标准》<sup>[1]</sup>附录B的有关方法编制, 并应根据气候变化, 宜对暴雨强度公式进行修订。

不足20年以上自动雨量记录的地区, 应采用非年最大值法。

年多个样法是非年最大值法的一种, 适用于具有10年以上自纪雨量记录的地区。

本项目采用山西临汾暴雨强度公式:

$$q = \frac{1207.4(1 + 0.94lgT)}{(t + 5.64)^{0.74}}$$

### (2) 设计重现期

根据GB 50014-2021《室外排水设计标准》<sup>[1]</sup>第4.1.3-4条“中心城区下穿立交道路的雨水管渠设计重现期应按表4.1.3中“中心城区地下通道和下沉式广场等”的规定执行, 非中心城区下穿立交道路的雨水管渠设计重现期不应小于10年, 高架道路雨水管渠设计重现期不应小于5年。”

表4.1.3 雨水管渠设计重现期(年)<sup>[1]</sup>

城镇类型	城区类型			
	中心城区	非中心城区	中心城区的重要地区	中心城区地下通道和下沉式广场等
超大城市和特大城市	3-5	2-3	5-10	30-50
大城市	2-5	2-3	5-10	20-30
中等城市和小城市	2-3	2-3	3-5	10-20

山西临汾属于大城市, 暴雨重现期按30a选取。

### (3) 降雨历时

$$t = t_1 + t_2$$

*t*—降雨历时 (min);

*t*<sub>1</sub>—地面集水时间 (min), 应根据汇水距离、地形坡度和地面种类通过计算确定, 宜采用5min~15min;

*t*<sub>2</sub>—管渠内雨水流行时间 (min)

在设计工作中, 应结合具体条件恰当地选定。如*t*<sub>1</sub>选用过大, 将会造成排水不畅, 以致使管道上游地面经常积水; 选用过小, 又将使雨水管渠尺寸加大而增加工程造价, 因此, 应采取雨水渗透、调蓄措施, 从源头降低雨水径流产生量, 延缓出流时间。当雨水径流量增大时, 排水管渠的输送能力不能满足要求时, 可设雨水调蓄池。

$$t_2 = \sum \frac{L}{60v} \text{ (min)}$$

*L*—各管段的长度, m;

*v*—各管段满流时的水流速度, m/s;

本工程按*t*=10min选取。

### (4) 雨水量计算公式

当汇水面积 ≤ 2km<sup>2</sup>时采用推理公式计算:

$$Q_s = \psi qF$$

*Q*<sub>s</sub>—雨水设计流量 (L/s);

*q*—设计暴雨强度,  $L/(s \cdot \text{hm}^2)$ ;

$\psi$ —径流系数;

*F*—汇水面积 (hm<sup>2</sup>)

当汇水面积超过2km<sup>2</sup>时, 应考虑区域降雨和地面渗透性能的时空分布不均匀性和管网汇流过程等因素, 采用数学模型法确定雨水设计流量。

雨水量计算方法分为面积叠加法和流量叠加法: 1) 面积叠加法中*F*指设计断面汇集的所有地块面积之和; *q*是设计断面对应的集水时间最长的时间。2) 流量叠加法: 某一设计管段的设计雨水量=此设计管段汇水面积的雨水量+与本段相连的上游管段的设计雨水量之和。

流量叠加法计算雨水设计流量, 须逐段计算叠加, 过程较繁复, 但其所得的设计量比面积叠加法大, 偏于安全, 一般用于雨水管渠的工程设计计算。

本工程为最低点集中收集, 采用面积叠加法计算雨

水量。

### (5) 径流系数

根据GB 50014-2021《室外排水设计标准》<sup>[1]</sup>第4.1.8条选取径流系数。

表4.1.8-1 径流系数<sup>[1]</sup>

地面种类	径流系数
各种屋面、混凝土或沥青路面	0.85-0.95
大块石铺砌路面或沥青表面各种的碎石路面	0.55-0.65
级配碎石路面	0.40-0.50
干砌砖石或碎石路面	0.35-0.40
非铺砌土路面	0.25-0.35
公园或绿地	0.10-0.20

本工程路面为混凝土路面，径流系数取0.9。

### (6) 汇水面积

根据GB 50318-2017《城市排水工程规划规范》<sup>[4]</sup>第5.1.2条规定：“立体交叉下穿道路的低洼段和路堑式路段应设独立的雨水排水分区，严禁分区之外的雨水汇入，并应保证出水口安全可靠。”

本工程下穿桥引道两侧设置U型槽的侧墙，侧墙外的水不汇入道路；道路小里程处设置反坡，防止水流入引道范围内；道路大里程新建道路与既有两条路交汇，既有道路有既有雨水排水系统，排入市政管网，设计汇水面积考虑收新建路及交叉路路口150m范围作为排水富裕量，并于路口处设置横街沟，截流既有两条路雨水，排入现状市政雨水管网。仅考虑下穿桥引道范围内的汇水面积，并考虑收集既有路路口150m范围作为排水富裕量。

## 2.3 泵站设计

### (1) 雨水泵站的排水能力

雨水泵站的涉及流量按泵站进水管设计流量确定。由于近年来我国多处发生大暴雨，超过改区域排水能力，多处发生被淹现象。为提高安全性能，雨水泵站排水能力可提高暴雨重现期进行校核。

### (2) 雨水泵配置原则

GB 50014-2021《室外排水设计标准》<sup>[1]</sup>第6.4.1-2条规定：“雨水泵房可不设置备用泵，下穿立交道路的雨水泵房可视泵房重要性设置备用泵。”

GB50788-2012《城镇给水排水技术规范》<sup>[5]</sup>第4.4.6条规定：“道路立体交叉地道雨水泵站和大型公共地下设施的雨水泵站应设置备用泵。”

### (3) 雨水泵站集水池容积

GB 50014-2021《室外排水设计标准》<sup>[1]</sup>第6.4.1条规定：雨水泵站集水池的容积不应小于最大一台水泵30S的出水量，地道雨水泵站集水池容积不应小于最大一台水泵60s的出水量。

### (4) 雨水泵站设计

本次设计雨水流量按重现期30年，降雨历时5分钟雨水流量设计，并按重现期100年，降雨历时5分钟进行校核。泵站的排水能力满足100年，降雨历时5分钟雨水量。

雨水泵站内设置雨水泵三台，两用一备，最大时三台泵同时启动。两台雨水泵工作时排水能力可满足30年重现期雨水流量，极端条件下可同时启动三台水泵，最大排水能力满足100年重现期设计雨水流量。

雨水泵站集水池有效容积按不小于最大一台水泵60s出水量设计。

## 3 总结及建议

(1) 设计必须明确工程服务范围，并明确雨水片区排水方案，须与当地规划保持一致，根据实际现状调整优化排水方案需与规划部分沟通并取得规划部门同意。

(2) 为提高泵站排水安全性，需明确雨水片区排水方案，设置与周边雨水系统完善分隔，并且对雨水泵站排水能力进行校核。

(3) 结合路面情况，保证行车安全，需考虑隧道内二次集水并采取二次排水方案设计。

(4) 落实泵站选址的可行性。

(5) 落实防洪防涝设防标准，明确雨水接纳系统的安全性。

(6) 雨水泵站的出水管末端宜设置拍门、堰门、防潮门、柔性止回阀等防逆流措施。

## 参考文献：

[1]中华人民共和国住房和城乡建设部、中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.室外排水设计标准.GB 50014-2021.

[2]北京市市政工程设计研究总院有限公司.给水排水设计手册第五册.北京：中国建筑工业出版社，2017（5）.

[3]中国建筑研究院有限公司.建筑给水排水设计手册（第三版）上册.北京：中国建筑工业出版社，2018（11）.

[4]中国质量技术监督局、中华人民共和国建设部.城市排水工程规划规范.GB50318-2017.

[5]中华人民共和国住房和城乡建设部.城镇给水排水技术规范.GB50788-2012.

[6]张建新、吕锐、贺田富.下穿式道路立交雨水泵站排水设计参数探讨.给水排水，01.38 No.12012.

[7]余忠宾.沈阳市市政雨水重现期与水利排涝标准对应关系分析.吉林水利，1009-2846（2018）09-0024-02.

[8]张文时、郑轶丽、张勇.浅析雨水泵站存在的问题及解决方案——以成都市46座雨水泵站排水能力提升项目为例.价值工程，1006-4311（2021）13-0148-02.