

城市高架桥排水相关计算及设计优化

张丽峰

(合肥市市政设计研究总院有限公司, 安徽 合肥 230001)

摘要: 随着城市化进程不断加速,高架桥作为缓解交通压力的重要基础设施,其排水系统性能直接关系到行车安全、桥梁结构耐久性。极端降雨下城市高架桥积水事件频发,凸显排水系统优化的紧迫性。通过对比桥梁及排水相关规范,对桥面排水口规格及数量、悬吊管管径坡度、立管管径等影响高架桥排水能力的几个重要因素进行分析。以合肥为例,核算不同车道数下所需的排水设施的最小设计规模,提出纵坡段、凹曲线段、超高段高架桥排水的优化策略。该研究成果可为城市高架桥排水设计及提标改造提供参考。

关键词: 高架桥排水;桥面排水;桥面排水口;凹曲线段;雨水径流

中图分类号: TU992

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)09-0301-07

Calculation and Design Optimization of Urban Viaduct Drainage

ZHANG Lifeng

(Hefei Municipal Design and Research Institute Co., Ltd., Hefei 230001, China)

Abstract: With the accelerated urbanization process, viaducts serve as vital infrastructure for easing traffic congestion. The performance of their drainage systems is closely linked to driving safety and the durability of bridge structures. Frequent waterlogging on urban viaducts during extreme rainfall highlights the urgency of drainage system optimization. By referring to relevant codes for bridges and drainage engineering, the key factors of size and layout quantity of deck drains, pipe diameter and slope of suspended pipes and diameter of vertical pipes affecting the drainage capacity of viaducts are analyzed. Taking Hefei as an example, the minimum design scale of drainage facilities for viaducts with different lane numbers is calculated. The optimization strategies for viaduct drainage on longitudinal grade sections, concave curved sections and superelevation sections are proposed. The research findings can provide a reference for the design, upgrading and reconstruction of drainage systems on urban viaducts.

Keywords: viaduct drainage; bridge deck drainage; bridge deck outlets; concave curved section; rainwater runoff

0 引言

近年来,各地为缓解交通拥堵,加快路网建设,新建高架快速路日益增多。由于极端降雨频发,城市高架桥积水事件时有发生。城市高架桥排水以往并未受重视,存在设计标准低、雨水口数量不足、排水管径不足、排水设施堵塞^[1]等问题,多地因高架桥排水失效造成交通堵塞及经济财产损失,凸显了高架桥排水系统优化的现实需求。

国外关于桥面排水(Bridge Deck Drainage)在工程建设领域的研究起步较早,理论体系与应用实践均较为成熟。国外诸多学者针对桥面排水口、格栅、泄水孔等排水构件效能展开了研究^[2]。美国联邦公

路管理局(FHWA)于1993年发布了《桥面排水设计(手册第21卷)》^[3],涵盖桥梁进水口设计理论、分步设计流程以及示例说明,并论述了系统细节及模型。近年来,国外学者侧重桥面排水防沉积措施^[4]、桥面排水设施养护^[5]、生物滞留、桥下净化,注重生态化、资源化和径流污染控制^[6]等方面的研究。

国内关于高架桥排水主要研究集中于雨水口及排水管道的设置^[7]、采用虹吸排水增大排水能力^[8-9]、高架桥排水结合海绵城市理念^[10]、高架桥病害分析^[1]、渗水治理^[11]等,尚未有针对高架排水具体细节设计流程的梳理以及规范对比。

1 高架桥排水设计思路

排水系统的核心作用:及时排离桥面积水,防止积水漫延,规避桥梁锈蚀受损与通行不畅。良好的排水系统需满足以下要求:(1)高效排水,保障通行安全;(2)减缓锈蚀,延长桥梁使用寿命;(3)保障结

收稿日期: 2026-05-09

作者简介: 张丽峰(1986—),女,硕士,高级工程师,注册公用设备工程师(给水排水),从事市政给排水设计、管网设计、海绵城市等设计工作。

构完整,并美化桥梁外观。高架桥排水由道路纵横坡、桥面排水口、悬吊管、立管、地面排水设施组成^[7]。设计需要重点考虑雨水口样式、雨水口间距和数量、布设位置、悬吊管、立管等细节方面。

分别计算并复核高架桥标准段和特殊段所需的雨水口、悬吊管、立管的尺寸及数量。

2 高架桥排水设计计算参数及依据

2.1 雨水设计流量公式^[12]

$$Q = \varphi F q$$

式中: φ 为径流系数,沥青路面取0.95; F 为汇水面积,ha; q 为暴雨强度, $L/(s \cdot ha)$;

2.2 设计暴雨强度公式

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

式中: q 为设计暴雨强度, $L/(hm^2 \cdot s)$,具体以各地暴雨强度公式为准;

$$\text{以合肥为例: } q = \frac{4234.323(1 + 0.952lgP)}{(t + 18.1)^{0.87}}$$

式中: P 为设计重现期,a; t 为降雨历时,min。

2.3 设计重现期 P

《室外排水设计标准》(GB 50014—2021)^[12]第4.1.3条提出高架道路雨水管渠设计重现期不应小于5年。《城乡排水工程项目规范》(GB 55027—2022)^[13]第3.3.3条规定高架道路雨水管渠设计重现期 ≥ 5 年。对比国外标准,美国州际、城市主干路的设计重现期标准为10年^[3]。

在高速、高流量桥梁的行车道上出现积水,影响不良,且事故风险和交通延误成本都比较高。当水深接近2 mm,车速达到88 km/h就可能发生打滑^[3]。故建议高架桥桥面雨水排口及悬吊管、立管的排水设计重现期采用10年。

2.4 集水时间 t

集水时间按照《室外排水设计标准》^[12]第5.10.2条规定,坡面汇流历时计算公式:

$$t = \left(\frac{nL'}{\sqrt{i}} \right)^{0.467}$$

式中: t 为坡面汇流历时,min; L' 为坡面流的长度,m; i 为坡面流的坡度; n 为地表粗糙系数,沥青路面为0.013。

为简化计算,假设桥面排水口为独立的排水单元,分别收集其各自小范围汇水区的径流。该假设对等间距布置的桥面排水口而言,可提供保守且恒

定的集水时间。

坡面流的坡度考虑桥梁的纵坡和横坡的复合坡度。根据《城市道路工程设计规范》(CJJ 37—2012)^[14](2016年版)第6.3.7条,合成坡度计算公式:

$$i = \sqrt{S_x^2 + S_L^2}$$

式中: i 为合成坡度,%; S_x 为横坡度,%; S_L 为纵坡度,%。

桥面雨水主要通过桥墩附近设置的悬吊管及立管排下,桥面雨水口结合桥墩设置的间距布设,坡长按照最大的桥墩间距考虑。

2.5 扩散宽度

桥面径流关系如图1所示。边沟流量计算用于估算水在路面上的扩散情况^[20]。

$$T = \left(\frac{Qn}{K_u S_x^{1.67} S_L^{0.5}} \right)^{0.375}$$

式中: K_u 为单位换算常数,0.376; n 为曼宁系数,0.013; T 为扩散宽度,m; S_x 为横坡,m/m; S_L 为纵坡,m/m; Q 为边沟流量, m^3/s 。

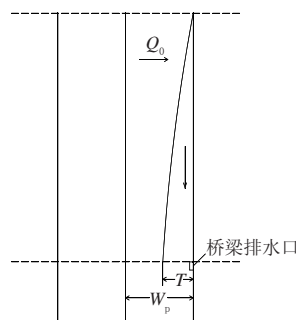


图1 桥面径流关系

2.6 截留效率^[20]

截留效率 E 是指桥面排水口能够拦截的总流量的百分比。流向桥面排水口的水流可分为正面流(沿道路边流向格栅前缘的水流)和侧向流(越过格栅前缘后沿道路边流动的水流)。格栅能够截取全部正面流,直到水流速度达到使水开始飞溅越过格栅的程度。均匀横坡下,正面流量与总边沟流量之比表示为:

$$E_0 = \frac{Q_w}{Q} = 1 - (1 - W/T)^{2.67}$$

式中: Q_w 为桥面排水口能够拦截流量, m^3/s ; Q 为总流量, m^3/s ; W 为格栅宽度,m。

正向水流拦截效率 R_f :

$$R_f = 1 - 0.295(V - V_0)$$

式中: V 为沟槽中水流速度,m/s; V_0 为首次发生飞溅时的排水沟速度,m/s。

$$V = \frac{2K_u}{n} S_x^{0.67} S_L^{0.5} T^{0.67}$$

当 $V_0 > V$ 时, $R_f = 1$ 。

侧向水流拦截效率 R_s :

$$R_s = \frac{1}{1 + \frac{0.0828V^{1.8}}{S_x L^{2.3}}}$$

式中: L 为格栅长度, m。

总效率 E :

$$E = R_f E_0 + R_s (1 - E_0)$$

2.7 截留能力^[20]

根据桥面排水口的位置, 可分为设置于纵坡坡段上和位于凹曲线上 2 种情况。桥面雨水口的进水随上游来水量变化, 泄流流态主要为堰流到孔口出流的过程。

在纵坡坡段上的桥面排水口的截留能力 Q_i :

$$Q_i = EQ = Q(R_f E_0 + R_s (1 - E_0))$$

位于凹曲线上的格栅式泄水口, 其堰流条件下泄水量计算公式:

$$Q_i = 0.37 \sqrt{2g} P d^{1.5}$$

式中: P 为不包括靠路缘一侧的格栅周长, m; d 为格栅处的平均水深, m; g 为重力加速度, 9.81 m/s^2 。

其孔口流条件下泄水量计算公式:

$$Q_i = 0.67 A_g (2gd)^{0.5}$$

式中: A_g 为格栅的净过水面积, m^2 。

以上为雨水口泄流能力的理论计算公式, 实际应用较为繁琐。图集《雨水口》(16S518) 给出了在纵坡为 $0.3\% \sim 3.5\%$ 、横坡为 0.015 、算前水深 40 mm 条件下的实验数值, 并注明可根据算子实际过水面积折算过流量。

2.8 桥面排水口间距

高架桥雨水口的数量需要满足现行排水、桥梁规范的要求。

《室外排水设计标准》^[12] 第 5.10.6 条对雨水口间距给出了建议值: 宜为 $20 \sim 30 \text{ m}$, 且要求每个雨水口均需单独设立管排放; 第 5.7.2 条规定雨水口及管道设计流量应为计算流量的 $1.5 \sim 3.0$ 倍。

《城市桥梁设计规范》(CJJ 11—2011)^[15] 第 9.2.3.3 条要求排水管道管径不宜小于 150 mm ; 第 9.2.3.4 条提出排水管道间距根据桥梁汇水面积和水平管纵坡而定, 给出了最低排水管道管径的要求: 纵坡大于 2% 时, 排水管道管径不宜小于 $60 \text{ mm}^2/\text{m}^2$; 纵坡小于 1% 时, 排水管道管径不宜小于 $100 \text{ mm}^2/\text{m}^2$; 第 9.2.3.8 条提出高

架桥桥面应设置横坡、纵坡的最小坡度 3‰ 。对凹曲线附近桥面排水口的设置提出了相应要求: 最低点及前后 $3 \sim 5 \text{ m}$ 处分别设置排水口。当条件受限, 桥面为平坡时, 应沿主梁纵向设置排水管, 排水管纵坡不应小于 3‰ 。

由于以往高架桥排水设计重视不足, 多按照桥梁设计规范等经验值设计, 未详细计算复核其桥面排水口数量及排水管道管径。桥面排水口数量影响雨水收集能力, 排水管道管径规模则影响排水能力。

3 计算实例对比分析

以合肥市某高架快速路为例(见图 3), 按《城市桥梁设计规范》及《室外排水设计标准》计算, 并进行结果对比。该高架桥最小纵坡 S_L 为 0.005 , 假设雨水口间距为 30 m , 标准段道路的横坡 S_x 是 0.02 , 防撞护栏高度 1.1 m 。合肥市高架桥桥面排水口以尺寸长度 $L=0.47 \text{ m}$, 宽度 $W=0.3 \text{ m}$ 为主。

3.1 桥面排水口数量核算

根据《城市桥梁设计规范》^[15], 纵坡 $5\text{‰} < 1\%$, 排水管道管径不宜小于 $100 \text{ mm}^2/\text{m}^2$ 。本工程桥梁设计纵坡小于 1% , 半幅高架桥宽度为 11.75 m 。桥面排水口设为 30 m 一个, 根据该规范第 9.2.3.3 条要求, 排水管道管径不宜小于 150 mm , 因此竖向管径管径选 De160, 计算内径为 150 mm , 则单位汇水面积排水管道

$$\text{截面积: } \frac{\frac{1}{4} \pi d^2}{S} = \frac{0.25 \times 3.14 \times 150^2}{11.75 \times 30} = 50.1 \text{ mm}^2/\text{m}^2 <$$

$100 \text{ mm}^2/\text{m}^2$, 不满足要求。竖向管径管径选 De200, 则单位

$$\text{汇水面积排水管道截面积: } \frac{\frac{1}{4} \pi d^2}{S} = \frac{0.25 \times 3.14 \times 200^2}{11.75 \times 30} =$$

$89.1 \text{ mm}^2/\text{m}^2 < 100 \text{ mm}^2/\text{m}^2$, 管径仍然不满足要求。直

$$\text{径选 De250, 则单位汇水面积排水管道截面积: } \frac{\frac{1}{4} \pi d^2}{S} =$$

$$\frac{0.25 \times 3.14 \times 250^2}{11.75 \times 30} = 139.2 \text{ mm}^2/\text{m}^2 > 100 \text{ mm}^2/\text{m}^2, \text{管径}$$

满足要求。若 30 m 范围采用 2 根 De160: 则单位汇水面积

$$\text{排水管道截面积: } \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 \times 2}{S} = \frac{0.25 \times 3.14 \times 150^2 \times 2}{11.75 \times 30} =$$

$100.21 \text{ mm}^2/\text{m}^2 > 100 \text{ mm}^2/\text{m}^2$, 管径满足要求。

即每个桥墩处至少设置 1 根 DN250 或 2 根 DN150 排水管道, 其至少需要 2 个桥面排水口。考虑开洞尺寸大小对桥梁结构的影响, 推荐采用 2 根 DN150 排水管道。规范未对雨水算尺寸、数量及悬吊管坡度

做强制要求。

根据《室外排水设计标准》^[12]计算:每个汇水单元的汇水面积按1个桥梁墩距乘以半幅高架桥宽度并加上一半的防撞护栏高度乘以半幅高架桥宽度考虑:即 $F = 30 \times 11.75 + 0.5 \times 1.1 \times 30 = 369 \text{ m}^2$ 。每个汇水单元的坡长为桥墩间距30 m,桥梁横坡 $S_x = 0.02$,桥梁纵坡 $S_L = 0.005$,桥梁合成坡度 $i = \sqrt{S_x^2 + S_L^2} = \sqrt{0.02^2 + 0.005^2} = 0.0206$ 。

则集水时间:

$$t = \left(\frac{nL'}{\sqrt{i}} \right)^{0.467} = \left(\frac{0.013 \times 30}{\sqrt{0.0206}} \right)^{0.467} = 1.595 \text{ min}$$

每个汇水单元的计算流量为:

$$Q = \varphi Fq = 0.95 \times 369 / 10\,000 \times \frac{4\,234.323(1 + 0.952lg10)}{(1.595 + 18.1)^{0.87}} = 21.676 \text{ L/s}$$

根据《室外排水设计标准》^[12]第5.7.2条,设计流量至少为1.5倍计算流量:即设计流量为32.51 L/s。

关于桥面排水口泄水能力的对比分析,根据理论公式计算:扩散宽度 $T = \left(\frac{Qn}{K_u S_x^{1.67} S_L^{0.5}} \right)^{0.375} = \left(\frac{0.02167 \times 0.013}{0.376 \times 0.02^{1.67} \times 0.005^{0.5}} \right)^{0.375} = 2.1 \text{ m}$,则对应算前水深 $2.1 \times 0.02 = 0.042 \text{ m}$ 。

正面流量与总边沟流量之比 $E_0 = 1 - \left(1 - \frac{0.3}{2.1} \right)^{2.67} = 0.337$ 。

沟槽中水流速度:

$$V = \frac{2 \times 0.376}{0.013} \times 0.02^{0.67} \times 0.005^{0.5} \times 2.1^{0.67} = 0.489 \text{ m/s}$$

样式为P-1-1/8型格栅,查 $L = 0.47 \text{ m}$,对应图中曲线的 $V_0 = 2.13 \text{ (m/s)} >$ 沟槽中水流速度时, $R_f = 1$ 。

$$R_s = \frac{1}{1 + \frac{0.0828V^{1.8}}{S_x L^{2.3}}} = \frac{1}{1 + \frac{0.0828 \times 0.489^{1.8}}{0.02 \times 0.47^{2.3}}} = 0.134$$

截留效率:

$$E = R_f E_0 + R_s (1 - E_0) = 1 \times 0.337 + 0.134 \times (1 - 0.337) = 0.663$$

则在纵坡坡段上的桥面排水口的截留能力: $Q_i = EQ = 0.663 \times 0.021\,676 = 0.014\,37 \text{ m}^3/\text{s}$

位于凹曲线上的桥面排水口,其堰流条件下泄水量: $Q_i = 0.37 \sqrt{2g} P d^{1.5} = 0.37 \times \sqrt{2 \times 9.81} \times (2 \times 0.3 + 0.47) (2.1 \times 0.02)^{1.5} = 0.015\,1 \text{ m}^3/\text{s}$

其孔口流条件下泄水量: $Q_i = 0.67 A_g (2gd)^{0.5} =$

$$0.67 \times 0.077\,616 \times (2 \times 9.81 \times 0.042)^{0.5} = 0.047\,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

实际应用时按最不利的条件下选取,则在纵坡坡段上的桥面排水口截留能力为 $0.014\,37 \text{ m}^3/\text{s}$,即14.37 L/s,位于凹曲线上的桥面排水口,按堰流条件下泄水量 $0.015\,1 \text{ m}^3/\text{s}$,即15.1 L/s。

根据《雨水口》^[16]图集,雨水算子尺寸为 $750 \text{ mm} \times 450 \text{ mm}$,开孔率34%,对应的开孔断面尺寸为 $0.114\,75 \text{ m}^2$ 。过流能力为20 L/s(淹没水深4 cm)。实际使用时,根据所选算子实际过水面积折算过流量^[16]。桥面排水口开孔断面尺寸为 $0.077\,616 \text{ m}^2$ 。折算过流能力约为13.5 L/s(淹没水深4 cm)。由此可见,按照图集计算出的截留能力与理论计算的相比稍小一些。

据此,每个桥墩间距范围内所需该尺寸的雨水算子数量应为 $32.51/13.5 = 2.4$,取整应为3个。合肥地区某高架桥雨水算见图2。

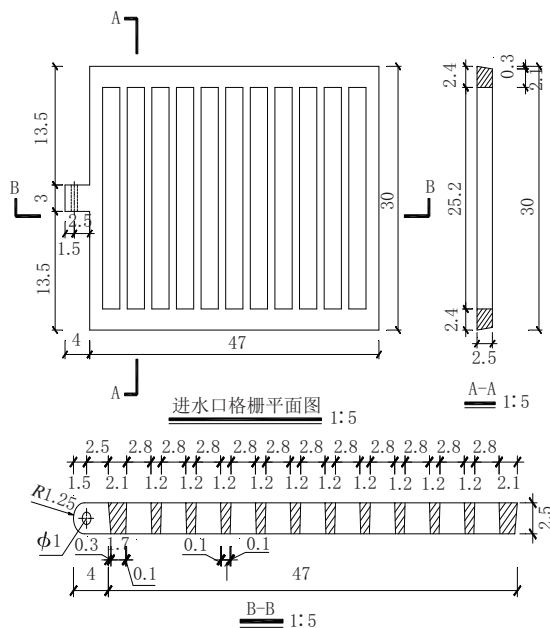


图2 高架桥雨水算(合肥地区)

3.2 高架桥悬吊管尺寸及坡度核算

重力流雨水系统的雨水悬吊管水力计算按《建筑给水排水设计标准》(GB 50015—2019)^[17]中式(4.5.4-1)、式(4.5.4-2)计算,雨水悬吊管充满度应取0.8,其泄流能力详见表1。

设计流量为32.51 L/s,至少设置2根DN150排水管,坡度为0.01。桥梁规范的管径要求可以满足要求,但需保障其水力坡度大于等于0.01。

3.3 立管尺寸核算

立管泄流能力查《建筑给水排水设计标准》^[17]附录G,见表2。可知2根DN150排水立管泄流能力满

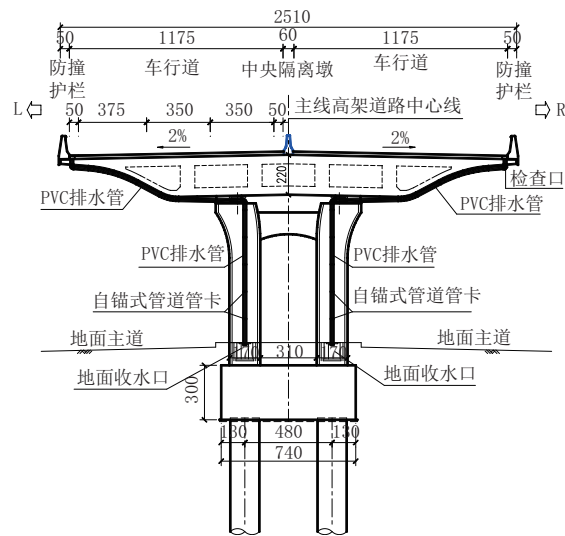


图3 桥面排水系统横断面图(双面坡)(单位:cm)

表 1 悬吊管(塑料管)水力计算表($h/D=0.8, v: \text{m/s}, Q: \text{L/s}$)

水力 坡度	150×4.7		200×5.9		250×7.3	
	v	Q	v	Q	v	Q
0.01	1.28	19.55	1.48	35.42	1.72	64.33
0.02	1.81	27.65	2.10	50.09	2.44	90.98
0.03	2.22	33.86	2.57	61.35	2.99	111.42

足其设计流量要求,即桥梁规范要求的排水管径(对于合肥来说)可以满足要求。

按《室外排水设计标准》计算所得的桥面排水口数量3个,多于《城市桥梁设计规范》要求的2个。因此,可以考虑1个双篦桥面排水口及1个单篦桥面排水口。

表 2 重力流系统雨水排水立管泄流量表(塑料管)

公称外径×壁厚 /mm	最大泄流量/($\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$)
160×4.0	35.50
160×4.7	34.70
200×4.9	64.60
200×5.9	62.80
250×6.2	117.00
250×7.3	114.1

以此类推,总结合肥不同道路宽度(单侧)、10年重现期下的桥面排水口数量见表3。表中的雨水口的设计流量已按规范考虑1.5倍堵塞系数。

表 3 典型高架桥不同路幅宽度下桥面排水口及管道复核

车道类型	设计流量/ ($\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$)	桥面排水 口数量	悬吊管、立 管数量	悬吊管最小 尺寸
双车道	20.71	2	2	De160
三车道	32.51	3	2	De160
四车道	40.00	3	2	De200
五车道	49.65	4	2	De200
六车道	59.30	4	2	De200

由表3可知,若考虑1.5~3倍的堵塞系数,在单侧三车道情况下,所需雨水口设计数量至少为3个,

而现状高架桥每墩桥面排水口的数量往往仅为1~2个。桥面排水口设置数量不足,易造成超标雨水收水不及,路面积水、水滑等现象。

4 特殊情形计算

对凹曲线段、超高段、展宽段、带侧墙声屏障等特殊情形进行计算复核。

4.1 凹曲线段(局部低点前后30 m)

按照《城市桥梁设计规范》计算,凹曲线段桥面排水口数量为4个,管径为DN150。按照《室外排水设计标准》计算,考虑1.5~3倍堵塞系数,在单侧三车道情况下,桥面排水口设计数量为5个,悬吊管尺寸为De200。

在桥梁专业允许的前提下,凹曲线段也可采用排水沟排水,其下方设置相应满足流量要求的雨水出口及悬吊管、立管。表4中单根悬吊管坡度0.02。

表 4 凹曲线段高架桥不同路幅宽度下桥面排水口及管道复核

车道类型	设计总流量/ ($\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$)	桥面排水 口数量	管道数量	悬吊管最小 尺寸
双车道	41.42	4	2	De200
三车道	65.03	5	2	De200
四车道	80.01	6	2	De200
五车道	99.30	8	2	De200
六车道	118.59	9	2	De250

4.2 超高段

(1)方案一:不将一侧路面雨水引入另一侧桥面,而是采用梁体开孔的方式将桥面雨水引入桥下(见图4)。所需雨水算数量及管径等计算参见标准段。

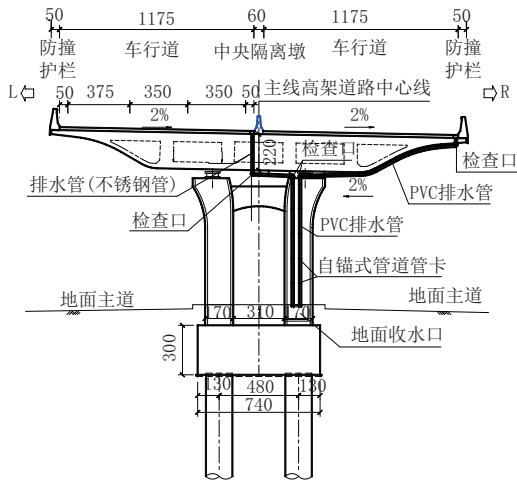


图4 桥面排水系统横断面图(单面坡)

(2)方案二:将一侧路面雨水引入另一侧桥面,中央分隔带护栏开口,超高较低侧半幅桥排水压力

增大。不建议采用这种方式,若雨水过路,收水不及时容易造成水滑。

4.3 匝道衔接段

车道数增加,其桥面排水口数量及悬吊管规格可以参见表3。

4.4 带侧墙声屏障

路过居民区段,高架桥往往安装声屏障,其侧墙计算的总高度约为5.1 m。由表5可知,考虑1.5~3倍堵塞系数,在单侧三车道情况下,所需雨水口设计数量至少为3个,与标准段所需的数量相同。

表5 带侧墙声屏障不同路幅宽度下悬吊管、立管排水计算复核

车道类型	设计流量/ (L·s ⁻¹)	桥面排水 口数量	管道数量	悬吊管最小 尺寸
双车道	25.85	2	2	De160
三车道	35.50	3	2	De160
四车道	45.15	4	2	De200
五车道	54.80	5	2	De200
六车道	64	5	2	De200

5 高架桥排水设计优化策略

5.1 排水标准的提升

排水标准的提升是优化高架桥排水的基础。基于城市高架快速路发生积水的事​​故风险、交通延误成本较高以及减少路面水滑考虑,对于新建高架桥,尤其是重要路段,设计暴雨重现期应适当提高,可取10年或更高。特别是对于高架桥的凹曲线段、超高段等特殊区段,应在正常设计暴雨强度基础上进一步提高标准。

5.2 桥面排水口收集效率提升

收集样式进行优化:通过增加桥面排水口开口尺寸,增大雨水口收水效率,如增加侧入式的开口增加收水面积。《雨水口标准图》(DBJT08-120—2015)^[18]图集中高架桥雨水口提升了雨水口收集效率。

采取防堵塞措施:集水井内增设钢制滤网,减少树叶及杂物等落入雨水管。《市政公用工程细部构造做法》(17ZZ04)^[19]中,已明确要求桥梁桥面泄水口需设置钢制滤网。

5.3 优化进水流态

优化进水流态,加快排水速度,产生虹吸效果,通过涡轮,减少进气。国内已有针对高架桥排水设施优化的相关研究,如成都成彭高架桥采用虹吸雨水斗解决积水问题。虹吸雨水斗可以较好地防杂物和防旋流,形成虹吸后管内水流速度大,雨水快速排

放且管道自净效果好^[8]。郑淑勤提出新建高架桥采用虹吸系统;现状高架桥排水改造可在结构梁底部增设虹吸管加强排水^[9]。

目前,常用高架雨水口的进水流态多为重力流跌水进入雨水管道,排水效率相对较低。可在易积水路段设置纵向集水边沟,沟内安装虹吸雨水斗,其下安装有虹吸雨水管。

5.4 高架桥凹曲线段雨水优化措施

经计算,凹曲线段所需的雨水口数量较多,为5个。对于设置位置及间距,桥梁规范第9.2.3条规定,最低点及前后3~5 m各需设置一处。

优化方式:为减少纵向排水管长度,主体专业布设桥墩时,优先在最低点附近布设桥墩,其两侧可按3 m间距布设雨水口,共计5处。凹曲线段需增加纵向排水管,根据表3,5个桥面雨水口分2根排水管排水,纵向排水管的坡度至少为0.02,管径De200。

现状桥面雨水改善:凹曲线段桥面排水口数量、立管数量往往设置不足,下方排水管径规模偏小。建议在不影响结构安全前提下,新增桥面排水口,增大悬吊管及立管管径,以满足设计排水流量要求。

5.5 高架桥超高段雨水优化措施

目前,超高路段桥面排水往往通过将中央防撞护栏开洞口的方式,将高侧路面雨水引入低侧路面。该方法不破坏桥梁主体结构,漏水风险小,但大雨天容易形成较厚的水膜,导致行车飘滑,影响行车安全。低侧排水流量较大情况下,积水深度增加较快,且雨水口的截流效率较低^[3]。

因此,建议条件允许情况下采用梁体开孔的方式将桥面雨水引入桥下,而不将一侧路面雨水引入另一侧桥面。

5.6 排水管的优化

设计图纸需标注坡度,施工交底需重点强调严格按照图纸坡度安装,该坡度应满足1.5~3倍的计算流量要求。

排水管附件设计应考虑便于检修。由于转折较多,泥沙和杂物容易沉积和堵塞,若在转折处无检查口,排水管很难疏通,容易造成桥面积水;若阻塞的杂物过多,还会加重自身重量,加大坠落的风险。参考《市政公用工程细部构造做法》,其转折处均设置了检查口。参考《建筑给水排水设计标准》第5.2.25条规定,有埋地排出管的屋面雨水排出管系,在底层立管上宜设检查口。因此,建议纵向排水管在转折处设置检查口,雨季前管养单位可定期重点检查易

积水点,避免排水设施和管道堵塞^[10],便于日常养护。

对于跨铁路、跨道路的高架桥,纵向排水管需谨慎设置。

5.7 道路桥梁总体专业设计建议

超高段本身排水条件就不利,应尽量避免将最低点设在超高段;同时,考虑到沿桥梁方向的纵向雨水管容易堵塞和损坏,最低点位置应尽量靠近墩柱。

5.8 既有高架桥排水改善建议

宜由原设计单位结合桥梁结构自身情况,在不影响结构安全前提下,改善桥面排水。

按照设计重现期核算高架桥 2 个相对高点凹曲线段的整体排水能力。当匝道与上游坡向一致时,其桥面雨水顺匝道可汇入地面,该部分汇水范围可以扣减。分别复核现有雨水口、管道的排水能力,不满足要求时,在相对低点上、下游位置增设桥面雨水口及立管。

高架桥排水应按照满足内涝重现期标准核算:道路中单条车道的积水深度不超过 0.15 m。由于高架桥下方往往是机动车道路,不宜设置溢流口。故建议在凹曲线段新增虹吸雨水斗及虹吸排水管,以满足强降雨条件下的排水能力要求及内涝重现期标准。

6 结 语

高架桥积水现象近年来备受关注。本研究围绕高架桥高效排水目标,梳理了高架排水设计流程,并对《城市桥梁设计规范》及《室外排水设计标准》进行了对比分析。以合肥某高架桥为例,计算了标准段、特殊段的桥面排水口数量、悬吊管数量及管径、立管数量及管径。研究表明,现有桥梁排水规范虽规定了最小管径的经验值简便计算方法,但未考虑桥面雨水口收集效率,且对桥面排水口尺寸、数量及悬吊管坡度未做具体要求。

围绕高架桥排水系统开展分析,结合各地工程实践,提出了高架桥排水的优化策略,研究成果可支撑高架桥排水设计工程应用。

关于桥面雨水口泄流能力的核算,本文按照《美

国联邦公路管理局水力工程手册 22 号》中的水力计算公式进行了实例计算,并与图集《雨水口》中的数据进行了对比,未进行具体实验验证,后续可补充工况试验。未来可进一步对极端暴雨条件等特殊场景开展专项研究,持续优化高架桥排水方案,提升系统运行可靠性。

参考文献:

- [1] 吴尧康.城市桥梁桥面排水系统若干问题探讨[J].福建交通科技,2021(4):81-84.
- [2] Qian Q, Liu X Y, Barrett M E, et al. Physical Modeling on Hydraulic Performance of Rectangular Bridge Deck Drains[J]. Water, 2016, 8(2): 67.
- [3] Federal Highway Administration (FHWA). Hydraulic Engineering Circular No. 21 (HEC-21): Bridge Deck Drainage[R]. Washington: U. S. Department of Transportation, 2004.
- [4] Michalek A T, Husic A, Roundy J K, et al. Assessment of Climatic and Anthropogenic Controls on Bridge Deck Drainage and Sediment Removal[J]. Water, 2021, 13(24): 3556.
- [5] Akhnouk A K, Seracino R. Design and Construction Practices for Efficient Bridge Deck Drainage[C]//Proceedings of 60th Annual Associated Schools of Construction International Conference, Greenville, 2024: 813-821.
- [6] Bakr A R, Fu G Y Z, Hedeem D. Water quality impacts of bridge stormwater runoff from scupper drains on receiving waters: A review[J]. The Science of The Total Environment, 2020, 726: 138068.
- [7] 林涛,李怀明.城市高架桥排水问题浅析[J].公路,2019(8): 108-111.
- [8] 侯翠婷.城市高架桥桥面雨水排水系统研究[D].成都:西南交通大学,2013.
- [9] 郑淑勤.基于虹吸原理的高架桥高效排水系统及其应用分析[J].市政技术,2025(12):218-220.
- [10] 杜建康.基于海绵城市理念的高架桥雨水排水设计[J].城市道桥与防洪,2019(8):134-136;151.
- [11] 郁利华,艾尼瓦尔·克里木,王治,等.新疆地区既有高架桥渗漏水治理技术研究[J].中国建筑防水,2018(2):39-43.
- [12] GB 50014—2021 室外排水设计标准[S].
- [13] GB 55027—2022 城乡排水工程项目规范[S].
- [14] CJJ 37—2012 城市道路工程设计规范(2016年版)[S].
- [15] CJJ 11—2011 城市桥梁设计规范[S].
- [16] 16S518 雨水口[S].
- [17] GB 50015—2019 建筑给水排水设计标准[S].
- [18] DBJT08—120—2015 雨水口标准图[S].
- [19] 17ZZ04 市政公用工程细部构造做法[S].
- [20] Federal Highway Administration (FHWA). Hydraulic Engineering Circular No.22: FHWA-HIF-24-006[R]. Washington: U.S.Department of Transportation, 2024.