

一体化预制泵站应用于市政道路地下通道 案例分析及探讨

况 旺, 杜红飞

(深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司, 广东 深圳 518000)

摘 要:一体化预制泵站可工厂组装和预制,具有自身系统集成度高、施工工期短、运维成本低、易与周围环境融合等优点,是高效增益的给排水加压设备。结合南昌市东站北路下穿地下通道工程实例,阐述一体化预制泵站应用于市政道路地下通道雨水提升排放时,设计中各要素如汇水面积、降雨历时、径流系数等的计算或选定,采用“设计-校核”“公式-模型”双重验算的方式,计算校核设计雨水量,探索下穿通道一体化排水泵站方案并对其安全性进行讨论。

关键词:市政;排水;一体化泵站

中图分类号: TU992.25

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)10-0167-03

0 引 言

近年来,城市道路下穿通道建设蓬勃发展,然而与之配套的排水设施的设计、建设与运营发展略逊,下穿通道洪涝及引发的次生灾害屡见不鲜。下穿通道径流汇流特征有三个:其一,汇水面积 F 较小;其二,径流系数 ψ 较大;其三,急流和洪峰时段较长,最终通道相应汇水面积径流量及洪峰流量大、洪峰形成早。加之城市热岛效应加剧、气候变化,地表降雨渐趋极端化,防涝排涝已成为下穿通道设计工作中不容忽视的一环。

东站北路位于南昌东部北部,所在区域内的人工河网是江西省最大灌溉水网的一部分,区域整体地势较低,排水条件不佳。东站北路道路红线宽 36 m,为城市次干道。道路中段与现状天祥大道交叉处采用下穿通道形式。地下通道整体呈抛物线形,最低点位于通道内,且高程远低于周边市政雨水系统,两端敞口 U 形槽段的雨水径流无法依靠重力排至市政雨水管网,需提升抽排。

雨水提升泵站设计要素有站址、规模、泵型等。其中,泵站的规模尤为重要。本案例对汇水面积、降雨历时、径流系数等数据计算或选定,通过“设计-

校核”“公式-模型”双重验算的方式,计算校核设计雨水量,探索下穿通道一体化排水泵站的方案制定及其安全性。

1 汇水范围

为达到“高水高排、低水低排、杜绝客水”的目的,需做到封闭汇水范围,避免客水汇入。为避免“高水”流域面积内雨水越过原本设计的范围进入“低水”流域面积,有效地防止高水进入低水系统,本工程设计采取三个措施,一是道路纵坡设计使 U 形槽敞口段与路基段分界点处为高点;二是在路基段分界点与敞口段端口处设置两道线型横截沟,进一步封闭汇水范围,避免路基段跨越雨水汇流入地下通道;三是在敞口段 U 形槽两翼设置挡墙,防止高处客水进入通道排水系统,从而减少提升流量、缩小泵站规模、降低洪涝风险。

刘雷斌等^[1]的实验研究数据显示,当道路纵坡为 0.3%、横截沟算子开孔方向与水流平行时,雨水算子临界收水量为 147 L/s;当道路纵坡为 3.5%,雨水算子临界收水量大幅减少至 31.4 L/s。路基段分界点横截沟位置参考此成果,设置于坡度较为平缓的位置。

经封闭围合后,下穿通道汇水面积包括人行通道的四段敞口段与车行道的两段敞口段,总面积为 0.91 km²。

下穿通道布局见图 1。

收稿日期: 2023-09-26

作者简介:况旺(1984-),女,学士,高级工程师,从事给排水工程设计工作。

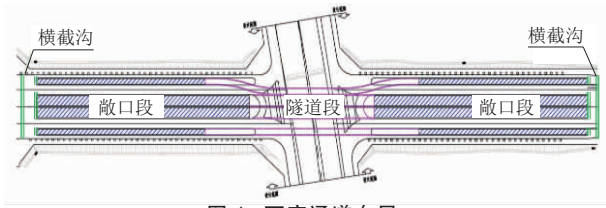


图1 下穿通道布局

2 泵站流量计算

2.1 参数

(1)暴雨重现期

东站北路为南昌东站配套道路,要求下穿通道具有较高的安全性,《室外排水设计标准》(GB 50014—2021)中,大城市中心城区地下通道雨水管渠设计重现期为20~30 a,大城市内涝防治重现期为30~50 a。根据南昌降雨历时、降雨量分布等历史数据,为应对长历时、长降雨状态,从内涝防治安全的角度考虑,东站北路雨水泵站暴雨重现期按设计标准,重现期取30 a、50 a 校核。

(2)径流系数

《室外排水设计标准》(GB 50014—2021)中规定,立体交叉道路排水系统设计综合径流系数 ψ 宜为0.9~1.0。并明确规定:采用推理法进行防内涝30~50 a设计校核时,宜将径流系数提高20%~25%。同时,东站北路整体虽设置多种海绵城市设施,但在下穿通道汇水范围内,无蓄滞作用海绵设施发挥作用,降水基本形成径流。因此,本工程中地下通道综合径流系数 ψ 区别于其他路面,取值1.0。

(3)降雨历时

降雨历时(min) $t=t_1+t_2$,其中 t_1 为地面集水时间, t_2 为管渠内雨水流行时间。本地下通道坡度约为4%,汇水工况与坡面汇流相似,适用坡面汇流公式计算汇水时间。目前应用最为广泛的基于运动波理论推求而来的汇流时间公式如下:

$$T = L^{0.6} n^{0.6} / i^{0.4} S^{0.3} \quad (1)$$

式中: T 为汇流时间,s; L 为地面流长度,m; n 为粗糙率; i 为降雨强度,m/s; S 为坡度。经计算, $t_1=3$ min。管内流行时间 t_2 则根据曼宁公式计算。

2.2 设计流量计算

2.2.1 推理公式法

由于汇水面积小于2 km²,因此采用公式推理计算地下通道雨水泵站的设计规模可取信。设计排水量采用短历时暴雨强度公式计算。

本工程采用推理公式法计算雨水泵站设计流量时,计算公式为:

$$Q = q \psi F \quad (2)$$

式中: Q 为雨水设计流量,L/s; q 为设计暴雨强度,L/(s·km²); ψ 为综合径流系数; F 为汇水面积,km²。

本工程位于南昌市高铁东站片区,南昌市暴雨强度公式为:

$$q = \frac{1598(1+0.69 \lg P)}{(t+1.4)^{0.64}} \quad (3)$$

式中: q 为设计暴雨强度,L/(s·km²); P 为设计重现期,a。各参数取值参考前述。经计算,设计流量 $Q=1.1$ m³/s,各管段输水能力可满足要求。

2.2.2 模型法校核

通过建立SWMM模型校核排水系统50 a重现期下120 min连续降雨、30 s步长情况下的排水能力。模型结果显示,在50 a重现期径流量最大时,隧道内路面和泵站(理想水泵)提升后路面存在6.105 mm积水(见图2~图4)。考虑本次径流系数取值为1.0,积水应为地面径流。说明:(1)系统排水能力可以应对50 a暴雨重现期;(2)提高收水效率是需优化之处。

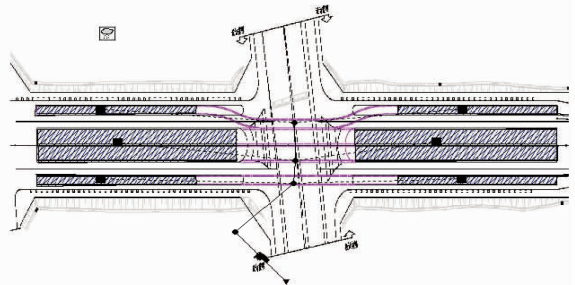


图2 SWMM模型平面

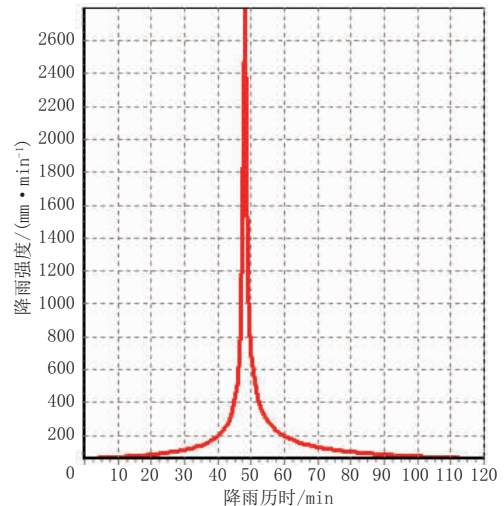


图3 50 a降雨强度

3 泵站设计

因东站北路与天祥大道交叉口处周边用地较为紧张,且考虑到雨水泵站方便施工,并减少泵站后期运维人力资源投入,故本次雨水泵站选用一体化预

径流量连续性	容积 公顷-m	深度 mm
总降水	0.335	372.963
蒸发损失	0.000	0.000
渗入损失	0.000	0.000
地表径流	0.332	369.265
最终地表蓄水	0.005	6.105
连续性误差(%)	-0.645	

流量演算连续性	容积 公顷-m	容积 10 ⁶ ltr
旱季进流量	0.000	0.000
雨季进流量	0.325	0.249
地下水进流量	0.000	0.000
RD11进流量	0.000	0.000
外部进流量	0.000	0.000
外部出流量	0.000	0.000
内部出流量	0.324	3.238
蒸发损失	0.000	0.000
渗出损失	0.000	0.000
初始蓄水容积	0.000	0.000
最终蓄水容积	0.001	0.008
连续性误差(%)	0.082	

最大流量不稳定性索引

所有管段是稳定的。

图4 SWMM模型模拟结果

制泵站。一体化预制泵站设置于东站北路与天祥大道交叉口西南角绿地内。

3.1 雨水泵站设计

敞口U形槽段雨水径流经雨水收集系统汇集至一体化预制泵站前端配水井,再经由泵站提升后排至设计消能井,最后排至现状市政雨水系统。一体化预制泵站大样图见图5。

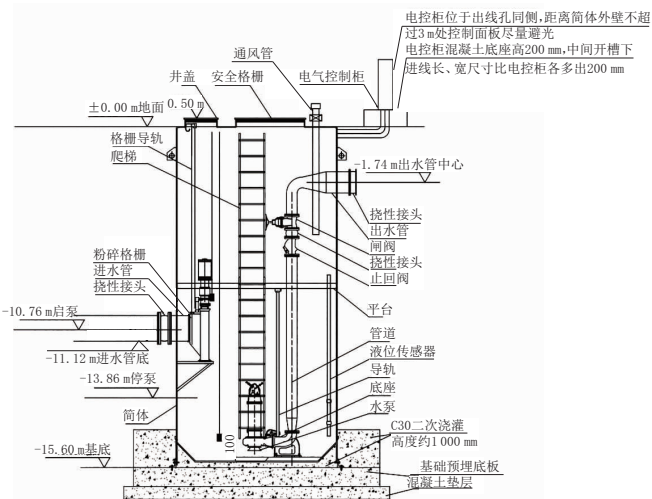


图5 一体化预制泵站大样图

雨水泵站集水池容积不应小于最大一台泵60s的出水量。因本工程设计一体化预制泵站设置于绿化带内,故泵站的井盖应高出周边地面45cm以上,并进行防水设计。雨水泵站供电应按二级负荷设计。

本工程设计雨水一体化预制泵站工艺数据如下(地面高程为±0.00m,其余高程均为相对高程):(1)DN1400mm雨水泵站进水管,管内底高程-11.12m;(2)水泵启泵水位高程-10.76m;(3)水泵

停泵水位高程-13.86m;(4)DN1000mm雨水泵站出水管,管中心高程-1.74m;(5)DN1500mm现状雨水管,管顶高程-2.32m;(6)一体化预制泵站井盖顶高程0.50m;(7)一体化预制泵站井盖底高程-15.6m;(8)一体化预制泵站设置三台潜污泵,每台泵流量均为1487m³/h。

雨水泵站进水经粉碎格栅井粉碎污物,均匀配水给3台潜污泵,通过3台潜污泵提升后通过1根DN1000mm管道排至设计消能井。DN1000mm出水管道上设置蝶阀,以作检修用;出水口处安装鸭嘴阀,防止雨水倒灌。

本工程设计一体化预制泵站埋深较大,为避免深基坑支护,本工程在一体化预制泵站外设钢筋混凝土井,设计钢筋混凝土井采用沉井法施工。

3.2 安全性探讨

3.2.1 设计安全

一体化预制泵站具有占地面积小、施工周期短、远程控制、组件配合度高、抗腐抗渗性强、噪声小等多方面的优点。在泵站设计时,是否选择一体化预制泵站问题上仍存在许多方面的顾虑,首先就是一体化预制泵站的安全性。本案遴选影响一体化预制泵站安全性的主要设计因素,即设计雨量计算、泵站工艺设计,设计时采用“设计-校核”“公式-模型”双重验算的方式,同时与泵站厂家积极沟通选泵事宜,以保障一体化预制泵站可行性、经济性和安全性。

3.2.2 运行安全

一体化预制泵站运行安全决定了下穿通道排水安全。因此,一体化预制泵站在远程控制的基础上,仍需制定定期巡护机制,加强管养;雨季前应对泵站进行全面检修维护,确保雨季大水量高重现期时排水安全。

4 结语

项目所处区域内人工河网属江西省最大灌溉水网,区域整体地势低洼,排水条件不佳。加之东站北路需下穿现状天祥大道,且通道最低点位于地下通道内,加剧路段雨水径流无法重力自排的矛盾。

本文依托东站北路下穿通道工程实例,阐述总结地下通道一体化排水泵站的设计过程及要点,并形成以下经验与建议。

(1)在下穿通道洪涝及引发的次生灾害屡见不鲜的背景下,应适当提高设计防洪排涝标准,提级设计,如暴雨重现期取50a。

(下转第213页)

受顶管施工影响既有雨水管线纵向 14 m 范围均发生变形,在邻近新建管道处虽沉降速率陡增,但沉降曲率较常规施工状态已大幅减小,既有管线无破损及渗漏风险,新建顶管工程施工不影响既有管线的正常使用。



图 12 管线沉降曲线

5 结 语

北京某外电源改造项目,下穿市政道路采用顶管法施工。为研究外电源顶管下穿对市政道路及管线安全的影响,通过数值模拟,分析了顶管施工引起市政道路、管线的变形规律。并采用数值模拟试验的方法,通过优化顶推压力以减小顶管施工对地层扰动,进而减小对市政道路及地下管线的变形影响,保证穿越工程安全。试验结果表明,通过优化顶推压力,穿越工程施工对道路沉降影响减小 45%,对管线

变形影响减小 47%,研究成果对下穿顶管的安全施工和市政道路及管线的正常运营具有重要的意义。

顶管施工引起地表沉降变形量受多因素影响,本文以顶管工艺顶推压力这一关键技术参数为研究对象,采用数值模拟实验方法通过改变顶推压力单一变量对顶管工程垂直下穿城市道路及管线开展了施工模拟研究。得出如下结论:(1)在顶管施工法向平面,顶管穿越城市道路时,会引起地表及管线沉降变形,沉降槽呈正态分布;(2)一定程度上地表及管线沉降量与顶推压力负相关,即随顶推压力提高管线及地表沉降量逐渐减小,反之随顶推压力减小,地表及管线沉降量增加;(3)常规顶推压力对道路影响较小,但对一些变形敏感的地下管线可能会引起开裂渗漏风险,影响管线运营安全,通过合理优化顶推力可减小管线变形。

参考文献:

- [1] 郭延辉,孔志军,李斯桂,等.天然气管涵顶管下穿对高速公路的影响研究[J].地下空间与工程学报,2021,17(6):1958-1964.
- [2] 周舒威,夏才初,葛金科,等.粘土中超大直径泥水平衡顶管被动极限支护压力计算方法[J].现代隧道技术,2015,52(3):127-136.
- [3] 马清杰,李小杰,谢延锁,等.浅埋顶管隧道下穿施工对路面变形的数值分析[J].现代隧道技术,2018,55(增刊2):411-418.
- [4] 范佳楠.浅层顶管穿越车道地面变形规律及控制研究[D].阜新:辽宁工程技术大学,2020.

(上接第 169 页)

(2)地下通道必须做到封闭汇水范围,杜绝客水,如设置二道截水。

(3)与传统雨水泵站相同,一体化预制泵站需定期巡护,雨季前进行全面检修。

参考文献:

- [1] 刘雷斌,黄鸥,郭磊,等.城市道路雨水口收水量研究[J].给水排水,2016(增刊1):12-16.
- [2] GB 50013—2018,室外给水设计标准[S].