

地道排水系统设计与探讨

许靖航

[上海城建市政工程(集团)有限公司, 上海市 200065]

摘 要:以合肥市某地道排水设计为例,阐述了地道排水的设计参数的选择与计算过程,确定地道雨水设计流量为 $1\,623.5\text{ m}^3/\text{h}$ 、废水设计流量为 $8\text{ m}^3/\text{h}$ 。分析了该地道与相交道路、现状河道的高程关系,通过设计道路驼峰、辅道挡水墙保证周边道路的雨水不会进入地道。通过在道路驼峰处设置横截沟、地道两侧设置排水边沟,对地道雨水、冲洗废水、结构渗漏水进行收集。在地道最低点下方设置与地道合建的雨水泵房,泵房内分别设置雨水、废水提升泵,将收集到雨水、渗漏水提升排入附近河道,冲洗废水提升后排入道路污水井。并且利用 SWMM 模型校核了排水边沟的泄水能力。验证了在芝加哥雨型,暴雨重现期 50 a,降雨历时 2 h 的条件下,宽×深=400 mm×450 mm 的排水边沟可以满足排水需求。

关键词:排水设计;地道;高程分析;SWMM 模型

中图分类号: TU992.03

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)10-0129-04

1 工程概况

本工程位于安徽省合肥市某 CBD 地块之内,承担着完善城市干路网和满足 CBD 的交通需求。路线全长 754 m,道路红线宽 40.75 m,其中地道段全长 590 m,为两孔地道,两端敞开段长度 205 m,暗埋段长度 385 m。地面道路为 6 车道,后分成 4 车道下穿地道,2 地面车道为交通辅道。在地道中段与 CBD 地块的地下环路出入口相接,通过地下环路与 CBD 各地块衔接,见图 1。本文通过该工程案例,阐述该工程地道段排水方案的设计和采用 SWMM 模型对排水边沟排水能力校核。

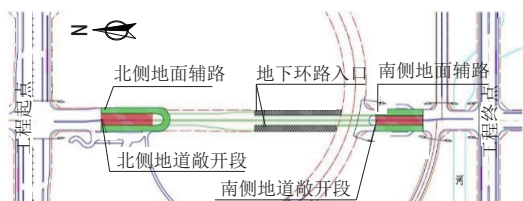


图 1 道路平面图

2 设计参数与雨水流量计算

雨水流量公式如式(1)所示:

$$Q = \Psi \cdot q \cdot F \quad (1)$$

式中: Ψ 为径流系数; F 为汇水面积, hm^2 ; q 为暴雨强度公式, $\text{L}/(\text{s} \cdot \text{hm}^2)$ 。

暴雨强度公式采用《合肥市城市排水(雨水)防

涝综合规划》提供的暴雨强度公式,如式(2)所示:

$$q = \frac{4\,850(1+0.846\lg P)}{(t+19.1)^{0.896}} \quad (2)$$

式中: P 为暴雨重现期, a; t 为集水时间, $t=t_1+t_2$, t_1 为地面集水时间, t_2 为管内流行时间, min。

雨水管渠的暴雨设计重现期应根据汇水地区性质、地形特点等因素进行选择,根据《合肥市排水设计导则》及《室外排水设计标准》^[1]要求,本工程地下通道敞开段雨水重现期取值为 50 a。

地面集水时间应根据汇水距离、地形坡度和地面种类计算确认,一般采用 5~15 min,但是由于地道坡度大(一般为 2%~5%),坡长较短(一般为 100~300 m), t_1 时间一般小于 5 min。因此,下穿通道的地面集水时间一般需要通过计算确认,根据《室外排水设计标准》条文说明第 5.10.2,坡面汇流可以参考式(3):

$$t_1 = 1.445 \left(\frac{n \cdot L}{\sqrt{i}} \right)^{0.467} \quad (3)$$

式中: n 为地面粗糙度; i 为引道段坡度; L 为坡面流长度, m。

本工程地道北端从驼峰至地道最低点坡度为 4.5%~0.3%,长度约为 470 m;地道南端从驼峰至地道最低点坡度为 4.5%,长度约为 190 m,计算得到的地道北端驼峰至最低点处 t_1 为 8.78 min,地道南端驼峰至暗埋段起点处 t_2 为 4.55 min。

地道一般在地道两端设置驼峰以阻止其他区域的雨水进入地道,汇水面积长度为从驼峰至暗埋段起

收稿日期: 2022-12-28

作者简介:许靖航(1990—),男,硕士,工程师,从事市政给排水设计工作。

点处,宽度为地道敞开段宽度。根据《建筑给水排水设计规范》^[2]第 5.2.7 条规定:高出屋面的侧墙,应附加其最大受雨面正投影的一半作为有效汇水面积计算。本设计以道路设计驼峰为设计分界线,地道北端总汇水面积为 0.34 hm²,地道南端总汇水面积为 0.32 hm²,由于地道中分带将地道隔开,因此,北端一半汇水面积为 0.17 hm²,南端一半汇水面积为 0.16 hm²。

本工程地道的汇水区域主要为地道敞开段,该段为沥青路面结构,因此综合径流系数取 0.9。

本工程地道段计算得到的北端敞开段一半的雨水流量为 91.71 ~ 105 L/s,南端敞开段一半的雨水流量为 100.03 L/s。出于安全系数考虑,雨水泵房流量取进水总管流量的 120%,因此本次设计雨水泵房流量为 375.81L/s。

3 高程分析

地道不积水或者被水淹的前提是周边市政管网可以将区域内各地块雨水顺利排出,地表不产生大面积积水。本工程与北端现状道路交叉口的高程分析见图 2,交口处设计标高为 17.050 m(吴淞高程系统,绝对标高,下同),北端现状道路东高西低,现状道路最低点位于交叉口处西侧约 185 m 处,此处道路设计标高为 16.468 m,北端驼峰设计标高约为 17.220 m,可以隔绝北端现状道路上雨水进入地道。本工程北端辅道最低点标高为 15.799 m(主线桩号 K0+117 处),北端敞开段起点处(主线桩号 K0+115 处)的标高为 16.054 m。北端辅道的最低点与北端地道敞开段距离为 2 m,此处地道为 U 型槽设计,两侧设置挡水墙,防止辅道雨水倒灌进地道。

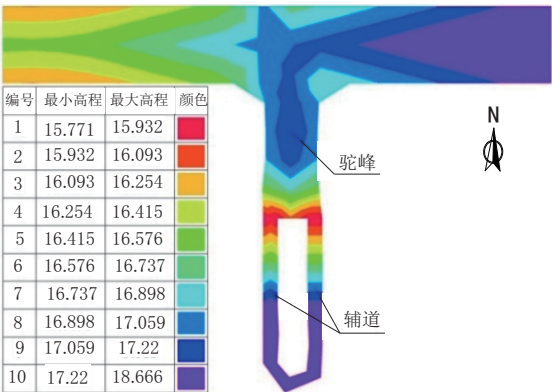


图 2 道路北端高程分析图

本工程与南端现状道路交叉口的高程分析见图 3,南端现状道路东高西低,南端驼峰设计标高为 14.921 m,交叉口中心线处标高为 14.710 m,可以隔

绝南端现状道路雨水进入地道。本工程南端辅道最低点标高为 13.671 m(主线桩号 K0+667 处),南端地道敞开段起点(主线桩号 K0+685.5)标高为 13.888 m。此处地道为 U 型槽设计,两侧设置挡水墙,防止辅道雨水倒灌进地道。

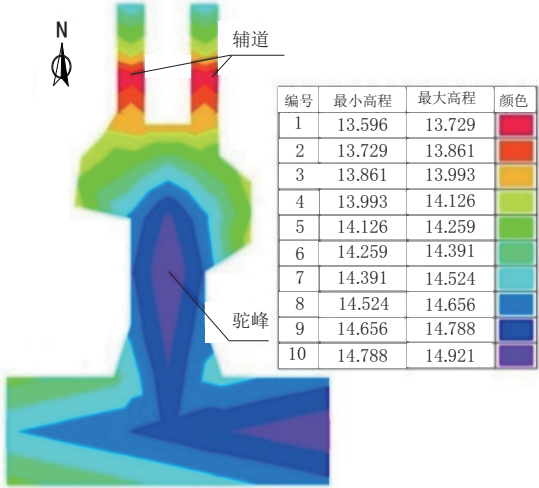


图 3 道路南端高程分析图

地道段的雨水最终需排入道路南侧的现状河道。现状河道驳岸设计顶标高为 13.60 m 左右,正常蓄水位为 12.00 m。南侧驼峰设计标高为 14.921 m。因此,在高程上可以防止现状雨水倒灌进入地道。

4 地道排水方案

地道排水系统包括渗漏水收集系统、雨水收集系统、废水收集系统、雨水泵房、废水泵房。

4.1 渗漏水收集系统

本工程地下水位标高为 14.94 ~ 9.28 m,敞开段采用钢筋混凝土 U 型槽结构,暗埋段采用整体现浇钢筋混凝土结构,根据《地下工程防水技术规范》^[3],本工程采用二级防水标准,要求平均渗水量不大于 0.05 L/(m²·d),因此本工程结构渗漏水取值为 2 m³/d,结构渗漏水通过排水边沟收集后进入雨水泵房提升排河。

4.2 废水收集系统及废水泵房

地道内废水主要来自冲洗废水以及消防产生的废水,本工程地道暗埋段长度为 385 m 且仅限通行非危险化学品等机动车,根据《建筑设计防火规范》^[4],属于四类隧道(隧道),不需要设置水消防系统,仅设置干粉灭火器用于扑救隧道内的火灾。因此本工程废水主要来自平时冲洗产生的废水,参考当地养护习惯,地道冲洗用水为 8.0 m³/次,洗用水按 1 h 内冲洗完计。考虑到废水量较少,单独设置废水泵房经济性不合理。因此将废水泵房与雨水泵房合建,在雨水

泵房内设置2台 $Q=10\text{ m}^3/\text{h}$, $H=13\text{ m}$ 的废水泵(一用一备)用以排出雨水泵停泵水位以下的积水,冲洗地道的废水以及结构渗漏水,最终接入地面已设计污水井。

4.3 雨水收集系统

本次地道部分的雨水收集系统以横截沟与排水边沟为主,见图4,在地道的南北两端的暗埋段起点处各设置两道横截沟、通过地道两侧设置排水边沟连接至地道最低点,在地道最低点的排水边沟上设置两根DN300排水立管连通至地道最低点下方的雨水泵房,通过雨水泵房提升后排入现状河道。在地道与地下环路出入口相交处设置两道横截沟。

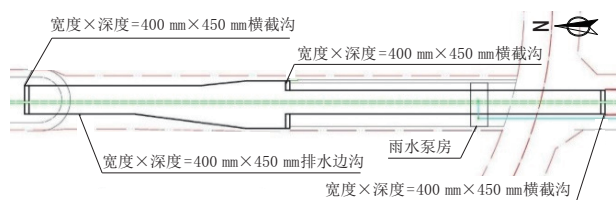


图4 地道排水方案平面图

横截沟的坡度同地道横坡,为1.5%,排水边沟的坡度与地道纵坡相同,地道北端排水边沟坡度为0.3%~4.5%,地道南端排水边沟坡度为4.5%。本次设计的横截沟与排水边沟的宽度均为400 mm,高度均为450 mm,其中有效水深取250 mm。根据计算得到4.5%坡度的排水边沟的排水能力为377.14 L/s,0.3%坡度的排水边沟的排水能力为97.38 L/s。排水沟的排水能力均可满足设计重现期为50 a一遇的暴雨流量的排放。

根据相关研究表明^[5],当栅条方向与水流方向相同时,称为0度栅条,当0度栅条的单宽流量取 $60\text{ L/s}\cdot\text{m}$ 时,水舌长度为20 cm。而本次设计的横截沟宽度为400 mm,地道一孔的长度为10 m。因此在0度栅条的过水流量为600 L/s时,产生的水舌长度为20 cm,小于横截沟的400 mm的宽度。而依据本次计算得到的南北侧最大的雨水流量为105 L/s,在此条件下,反推算出水舌长度约为8 cm。因此,在地道暗埋段入口处的一道横截沟可以将雨水都收集起来。本次设计,在地道暗埋段入口处设计两道的横截沟以收集汇水面积范围内的所有雨水。在地下环路相交处又多设置了一道截水沟。形成了双保险。

4.4 雨水泵房设计

根据地道和泵房的位置关系,可分为合建式、分建式。合建式泵房一般与地道结构主体一同建设,具有进水管路短、不需要单独征地等优点,缺点为管理

不方便,如果地道被淹,无法采取有效的措施进行处理。分建式泵房其优点为运行可靠、管理方便,缺点为进水管路长、埋深较大、需要单独征地。而本工程周边地道为商业用地,征地困难,因此采用合建式泵房。

本工程雨水泵房设置在地道的最低点下方,与地道结构共同合建。在最低点排水边沟下设置DN300的进水管和拦污格栅。出水管设置2根DN400的出水压力钢管,在现状河道前设置泄压井泄压后排入河道。

地道雨水泵房设计重现期采用50 a,雨水流量为 $1\,623.5\text{ m}^3/\text{h}$,渗漏水流量为 $0.08\text{ m}^3/\text{h}$,雨水泵房设计流量取 $1\,623.58\text{ m}^3/\text{h}$ 。根据《室外排水设计标准》^[1]要求,地道雨水泵站集水池不应小于最大一台泵60 s的出水量。因此本工程按最大一台泵60 s的出水量进行设计。泵房集水池的最低点水位标高为4.137 m,需提升的静扬程为9.463 m,沿程水头损失加局部水头损失为2.300 m,再加上1.500 m的富裕水头,因此水泵扬程取13.500 m。泵房内设置4台 $Q=550\text{ m}^3/\text{h}$, $H=13.5\text{ m}$ 的雨水泵(三用一备)用以提升雨水,排入现状河道。

5 SWMM 模型校核

为了验证进一步验证排水边沟的效率,对本次设计的排水边沟采用SWMM模型进行校核。SWMM模型(暴雨洪水管理模型)可以追踪模拟不同时间步长任意时刻的每个管道的流量、水深等情况。利用SWMM模型对本工程地道的排水边沟的排水能力进行校核。根据岑国平等人的研究表明^[6],芝加哥雨型效果好,一般能满足精度要求,并且比较容易确定雨强过程,在国内外均有广泛应用,因此本次采用芝加哥雨型作为设计雨型。暴雨重现期采用50 a,降雨历时为2 h,生成的雨量数据见图5。

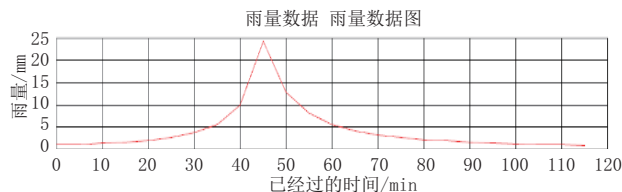


图5 雨量数据图

如图5所示,2 h的模拟降雨的降雨量在45 min时候达到最大,排水沟的水流深度在50~52 min达到最大。其对应的排水边沟的水力深度见图6、图7,南端道路坡度均为4.5%,沿线流速均匀,北端坡度由4.5%降至0.3%,在边坡点处,会产生雍水,导致

下游水深加大。在模拟降雨量达到最大时,其边沟最大水深为 0.28 m,本次设计的排水边沟深度为 0.45 m,因此仍有 0.17 m 的富裕水深。可以保证雨水及时收集输送排入雨水泵房。

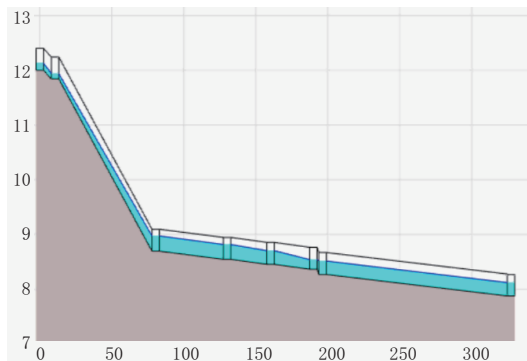


图6 地道北端排水沟水力断面图

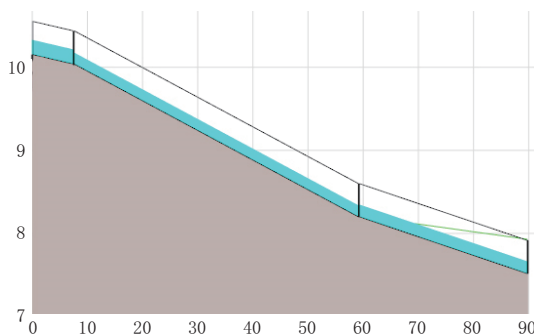


图7 地道南端排水沟水力断面图

6 结 语

本文系统性阐述了地道排水设计的雨水流量的设计参数的选择与计算过程,地道排水应遵循高水高排,低水低排的原则,在道路纵坡的设计上应设置有驼峰,隔绝地道范围外的雨水进入地道,由于地道排水的暴雨重现期一般为 30 ~ 50 a,远大于道路排水的暴雨重现期,因此要尽量减少地道的汇水面积,以减少雨水泵房的负荷与造价。同时,本文利用 SWMM 模型校核了排水沟的泄水能力,以保证排水沟在暴雨重现期为 50 a 一遇的条件下,可以满足排水要求。

参考文献:

- [1] GB 50013—2021,室外排水设计标准[S].
- [2] GB 50015—2019,建筑给水排水设计标准[S].
- [3] GB 50108—2008,地下工程防水技术规范[S].
- [4] GB 50016—2014,建筑设计防火规范[S].
- [5] 李鹏,李曦淳,宋启元,等.雨水篦子水力特性研究[J].城市道桥与防洪,2014(3):85-86.
- [6] 岑国平,沈晋,范荣生.城市设计暴雨雨型研究[J].水科学进展,1998,9(1):41-46.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smeti.com