

中心城区全地下雨水泵站设计

汤泽和¹, 李正杰²

(1.温州设计集团有限公司, 浙江 温州 325000; 2.温州市排水有限公司, 浙江 温州 325000)

摘 要:温州市锦绣路下立交位于中心城区两条交通性城市主干道交叉口, 四周城市用地紧张, 作为附属设施的雨水泵站征地困难, 设计充分利用城市的立体空间, 结合下立交隧道将泵站设计为全地下式。详细介绍了该雨水泵站的汇水面积划分、泵站规模确定、泵站选址、泵站工艺及通风、供电、自控等附属设计, 为类似项目积累工程经验, 具有一定的借鉴意义。

关键词:下立交; 雨水泵站; 汇水面积

中图分类号: TU992.25

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2020)11-0096-04

0 引 言

随着城市的飞速发展, 城市的交通问题日益突出, 为了缓解交通拥堵状况, 越来越多的城市在其中心城区建设立交工程, 中心城区立交多为下穿式立交。下穿立交往往是所处汇水区域最低洼的部分, 雨水径流汇流至此后再无其他出路, 只能通过泵站强排至附近河湖等水体或雨水管道中, 如果排水不及时, 必然会引起严重积水^[1]。随着中心城区建设用地的日益紧张、道路景观要求的日益提高, 有关部门希望将泵站设施全部置于地下。

本文以温州市锦绣路下立交工程为例, 对全地下式雨水泵站设计思路进行分析探讨。

1 工程概况

温州市锦绣路、温瑞大道均为交通性城市主干道, 承载着东西和南北走向大量交通压力, 两条道路十字交叉, 交叉口是温州最堵路段之一。

2016 年, 为缓解温瑞大道沿线交通拥挤, 改善城市环境形象和景观品质, 践行政府“大建大美”的整体规划, 温州市政府决定对温瑞大道进行道路整治提升, 项目北起市区黎明路, 南至瓯海大道, 道路宽度 45~50 m, 全长 5 122.8 m。锦绣路作为道路整治提升最重要节点, 为缓解地面车辆的平面冲突, 实现上下分层、多方向行驶, 省去等红灯的时间, 提高行车效率, 锦绣路采取下穿方式穿越温瑞大道, 温瑞大道为平交道路。

锦绣路下立交段设计范围西起南塘街, 东至体育中心大门, 全长约 820 m, 宽 50 m, 设计车速 50 km/h。锦绣路路中将被挖开建下穿地道, 下穿

通道全长约 610 m, 分敞开段和暗埋段两部分, 均为双向 4 车道设计。下穿通道结构最低点标高为 -5.307 m, 周边地块标高在 4.2~4.3 m 之间, 两者相差近 10 m, 而该路段地下水位较高, 常水位约 2.62 m。本工程结合下穿通道, 在最低点设计一座雨水泵站, 泵站主体与下穿通道结构整体进行施工 (见图 1)。



图 1 锦绣路下立交效果图

2 泵站设计规模

2.1 汇水面积

立交排水汇水面积划分, 应尽量缩小其汇水面积, 以减小流量, 在条件许可的情况下, 应争取将属于立交范围的一部分面积, 划归附近另外系统, 或采取分散排水的原则, 以免使雨水都汇集到最低点, 一时排泄不及, 造成积水^[2]。

下立交排水应尽可能高水高排, 低水低排, 减少低水系统汇水面积。本工程在下穿道路两端设置反坡点, 隔绝高水进入低水系统; 加高下穿道路 U 形槽顶标高, 使其高出地面 0.3 m, 防止 U 形槽外雨水进入低水系统; 在满足交通通行净空要求的条件下尽量增加下穿道路暗埋段长度, 将暗埋段上部雨水引入平交道路雨水系统。

本工程下立交桩号 K0+120~K0+730, 其中 K0+320~K0+530 为暗埋段, 计算道路长度为 400 m,

收稿日期: 2020-06-01

作者简介: 汤泽和(1981—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事给排水设计工作。

下穿道路宽度 18.8 m, 则计算汇水面积为 7 520 m², 考虑设计安全性, 本次设计适当放大汇水面积, 安全系数取 1.5, 则汇水面积为 11 280 m² (见图 2、图 3)。

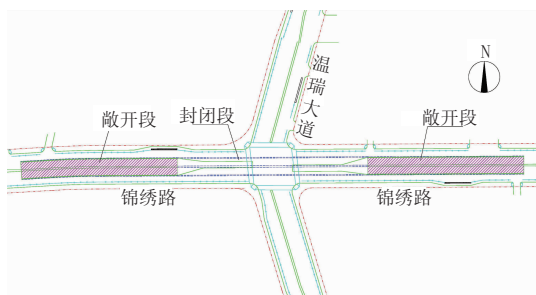


图2 下立交平面图

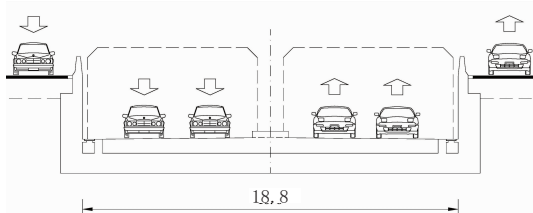


图3 下立交敞开段横断面图(单位:m)

2.2 雨水设计量计算公式

根据《室外排水设计规范》(GB 50014—2006) (2016 版) 采用推理公式法计算雨水设计流量, 雨水设计流量采用式(1):

$$Q_s = q \Psi F \quad (1)$$

式中: Q_s 为雨水设计流量, L/s; Q 为设计暴雨强度 L/(s·hm²); Ψ 为径流系数; F 为汇水面积, hm²。

设计暴雨强度 q 各地区不同, 温州市设计暴雨强度按式(2):

$$q = \frac{781.307 \times (1 + 0.867 \lg P)}{(t + 5.029)^{0.429}} \quad (2)$$

式中: t 为降雨历时(min); P 为设计重现期(a)。

2.3 设计参数确定

(1) 径流系数 Ψ : 汇水面积的综合径流系数应按地面种类加权平均计算, 本工程地道范围内为单一的沥青路面, 根据《室外排水设计规范》GB 50014—2006 (2016 版) 表 3.2.2-1 沥青路面径流系数为 0.85 ~ 0.95, 本次径流系数取 0.95。

(2) 降雨历时 t : $t = t_1 + t_2$ 。其中 t_1 为地面集水时间(min), 应根据道路坡长、坡度和路面粗糙度等计算确定, 坡面汇流参照式(3)计算:

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

式中: L 为径流长度(m); N 为地表粗糙系数; I 为径流坡度。

地面集水径流长度 L 为 9.1 m, 地表粗糙系数

为 0.013, 径流坡度 i 为 0.02, 计算得 $t_1 = 1.33$ min。

t_2 为管渠内雨水流行时间(min), 亦可根据径流长度与路面坡度确定:

$$t_2 = \frac{L}{v \times 60} \quad (4)$$

式中: v 为道路偏沟流速, m/s。

雨水在偏沟内径流长度 L 为 200 m, v 参照《给水排水设计手册 (第三版) 第 5 册 城镇排水》表 3-10, 道路坡度 2.5% ~ 5% 时, $v = 0.9 \sim 1.3$ m/s, 本工程下立交敞开段道路坡度为 5%, v 取 1.3 m/s, 计算得 $t_2 = 2.31$ min。

由此可得 $t = t_1 + t_2 = 1.33 + 2.31 = 3.64$ min。

(3) 设计重现期 P : 根据《室外排水设计规范》GB 50014—2006 (2016 版) 4.10.2 立体交叉道路雨水管渠设计重现期不应小于 10 a, 位于中心城区的重要地区, 设计重现期应为 20 ~ 30 a。本工程设计重现期取 30 a。

计算得出雨水设计流量 $Q_s = 756$ L/s, 由此确定泵站设计流量为 800 L/s。

3 泵站选址

本项目位于中心城区, 周边地块均已开发, 用条件地极为紧张, 本工程对周边用地进行详细调查后对泵站选址进行多方案比较。

方案一:

本工程方案一选址考虑在下立交西北角, 该处有一块接头绿地, 是泵站的佳位置, 但该地块规划不属于泵房用地, 业主需要办理相关用地手续 (见图 4)。泵站考虑全地下整体合建式泵站 (二层), 将进水廊道、集水池、格栅井、出水井、变配电间等合建在地下, 地面以上仅设置必要的人员进出通道口、通风孔、设备吊装孔。

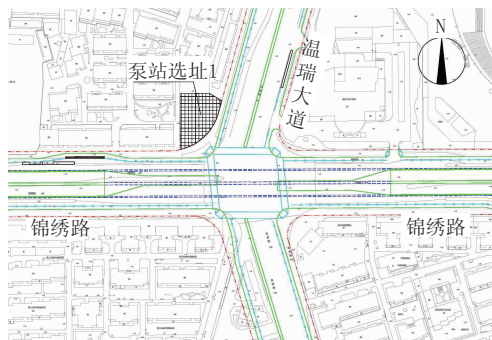


图4 方案一泵站选址

方案二:

结合下立交隧道一并考虑, 在隧道内侧墙上开孔, 将泵房与隧道连成一个整体, 进水廊道、集水池、格栅井、变配电间均设置在隧道内, 仅将出水井设置在交叉口人行道上。该方案不需另外征

地,但其与下立交隧道连成整体,且泵房底板低于隧道底板,设计、施工难度均加大,另外变配电间位于隧道内,一旦隧道积水,变配电间受淹损坏可能性较大。

方案三:

该方案泵房设置同方案二,但将变配电间设置在隧道上方实填绿化带,抬高配电间标高,降低变配电间受淹风险。

方案三泵房与下立交隧道整体设计,进水廊道、集水池、格栅井均设置在隧道侧壁外侧,出水井设置在交叉口人行道上,变配电间设置在下立交暗埋段上方的绿化带,不需另外征地,且避免变配电间受淹损坏(见图 5)。因此,推荐采用方案三。

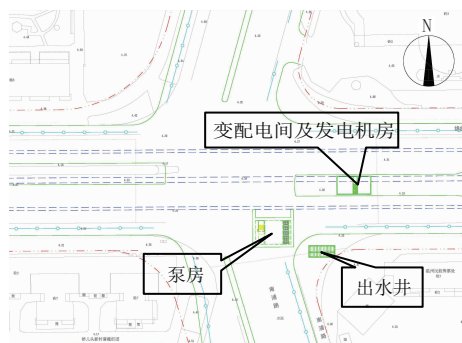


图 5 方案三泵站选址

4 泵站设计

由于本工程位于中心城区,周边用地紧张,征地困难,雨水泵站采取全地下式,泵房与下立交隧道合建,出水井设置在附近人行道下,变配电间及发电机房设置在地下通道暗埋段顶部绿化带内。由于泵站位于地下通道内,为便于泵站设备维养、检修,在地下道路与泵站之间预留 $10\text{ m} \times 4\text{ m}$ 泵站检修应急停车带(见图 6)。

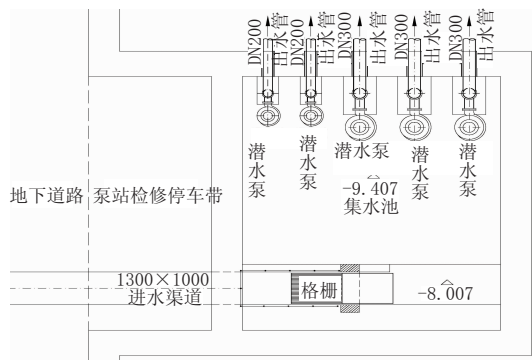


图 6 泵站平面布置图

下立交路面雨水经边沟收集后,通过水泵提升排入河道。泵站基本工艺流程为:雨水收集→进水渠(格栅)→集水池→雨水泵→出水井→出水管→受纳水体。

4.1 格栅

格栅用于拦截进水中的杂物,保护水泵的正常运行,根据《室外排水设计规范》5.3.3 规定:流入集水池的污水和雨水均应通过格栅。本工程在泵站进水渠中设置反捞式格栅,格栅安装角度 75° ,栅条间距 30 mm ,栅前最高水深 1.7 m ,水过栅流速为 0.5 m/s 。由于格栅需要检修甚至进行更换,需要对格栅进行吊装,格栅起吊采用吊车,为保证格栅正常起吊,将地下泵房顶板进行抬升,格栅工作平台距泵房顶板高度为 7 m 。

4.2 集水池

集水池的容积,应根据设计流量、水泵能力和水泵工作情况等因素确定。雨水泵站集水池的容积,不应小于最大一台水泵 30 s 的出水量。

对于立交雨水泵站来说,集水池容量尽可能大些,这样可为水泵的安全运行提供更好的保障^[3]。考虑该泵站的重要性,工程安全性要求高,结合实际经验,本次设计适当增大集水池容积作为调蓄容积,一方面对暴雨进行削峰,从而降低下穿道路积水的风险,另一方面减少水泵开启次数,提高水泵运行安全。设计集水池容积按不小于最大一台水泵 5 min 出水量考虑,集水池有效水位 2 m ,有效容积 $W_1=124.32\text{ m}^3$,最大一台泵 5 min 的容量为 $W_2=95.8\text{ m}^3$, $W_1>W_2$,满足要求。

4.3 水泵选择

(1)水泵选型:潜水排污泵具有结构简单、安装方便、占地少等优点。众多工程的应用实践证明,采用潜水泵的地道排水泵站运行安全、可靠。目前,潜水泵已逐步成为地道排水泵站的主流产品。随着水泵行业的发展,许多新型潜水泵被广泛地应用,这些新型潜水泵为泵站工艺设计带来了革新,简单的泵房主体结构 and 便捷的设备更换为泵站的使用和维护提供了极大的便利,同时设备能耗和噪声大大减少,环保性能良好^[4]。本次设计推荐采用潜水排污泵。

(2)水泵扬程:集水池最低水位 -8.507 m ,出水压水地形高度为 2.75 m ,安全水头 0.5 m ,流出水头 0.5 m ,局部水头损失为 1.0 m ,沿程水头损失为 0.15 m ,则估算水泵总扬程 $H=\text{静扬程}+\text{局部水头}+\text{沿程水头}+\text{流出水头}+\text{安全水头}=[2.75-(-8.507)]+1.0+0.15+0.5+0.5=13.407\text{ m}$ 。

(3)水泵选择:根据《室外排水设计规范》,当水量变化大时,可配置不同规格的水泵,但不宜超过两种。雨水泵站可不设备用泵,立交道路的雨水泵站视泵站重要性设置备用泵。

考虑温州降雨的特点是大雨和小雨时设计流

量差别很大,设计时采用不同规格的大小水泵搭配,既避免了小雨时水泵频繁启动,又保证了极端暴雨时雨水的顺利排放。考虑泵站位于中心城区两条主干道交叉口,排水要求高,泵站设置备用泵,以提高排水的安全性和可靠性。

水泵宜选择同一型号,台数不少于 2 台,不宜大于 8 台。台数若小于 2 台,如遇故障,影响太大,台数太多,则影响运行管理。设计选用水泵 5 台,Ⅰ型大泵 3 台(2 用 1 备),Ⅱ型小泵 2 台(1 用 1 备),水泵技术参数见表 1。

表 1 水泵技术参数表

类型	流量 / (m ³ ·h ⁻¹)	扬程 / m	功率 / kW	台数	备注
Ⅰ 型	1150	14	75	3	2 用 1 备
Ⅱ 型	600	14	37	2	1 用 1 备

4.4 出水井

出水井的作用是将多台水泵的出水汇合,经过压力调整,由出水总管排除泵站。出水井采用敞开式设置,净尺寸为 8.8 m × 3.75 m。设计时多路水泵出水采用并联设置,并在水泵出水管路上安装止回阀、闸阀等防倒流装置,止回阀、闸阀均安装在出水井内。

5 泵站附属设计

5.1 通风设计

位于地下的泵房、变配电间及柴油发电机房,自然通风条件较差,根据《室外排水设计规范》规定,应设置机械排风综合系统排除可能产生的有害气体以及泵房内的余热、余湿。

本工程泵房、配电间采用机械进、排风;发电机房采用自然进风、机械排风的通风方式,充分保障了操作人员的安全和健康。泵房内当空气相对湿度达到 80% 时开启,50% 时关闭,且每小时至少运行 1 次。每次 10 min。配电间内当温度达到 40℃ 时开启,33℃ 时关闭,且每小时至少运行 1 次。每次 10 min。发电机房内根据需要运行,且每小时至少运行 1 次,每次 15 min。

5.2 供电设计

根据《室外排水设计规范》第 5.1.9 条规定:排水泵站供电应按二级负荷设计,特别重要地区的泵站,应按一级负荷设计。当不能满足上述要求时,应设置备用动力设施。本工程现场仅能引入一路电

源,故配置柴油发电机作为备用电源。

泵房变配电间设备遇水容易损坏,设计将变配电间及柴油发电机房设置在地下通道暗埋段顶部绿化带内,大大降低变配电间设备损坏的风险,更好的保证水泵的正常运行,增加了地下通道的安全性。本工程对景观要求高,在变配电间及柴油发电机房顶板留有一定的覆土并铺设草皮,达到了与周围环境协调一致的效果。

5.3 自控设计

考虑到泵站设置在隧道内,难以像常规泵站设专人值守,设计时在配电室设置 PLC 自控。在集水池设置超声波液位计,将其水位信号传输至 PLC,根据水位自动控制水泵启停,并根据不同液位确定开启水泵的数量。在泵房、配电间设置湿度仪,自动控制风机启停。在电源低压侧设置智能电力仪表,以便判断电源是否正常,同时可以自动启动柴油发电机。在 PLC 中设置交换机,通过光纤将信号传输至排水公司中控室,同时中控室可以对 PLC 发出指令。

在泵房内及下穿段等重要位置安装摄像机,通过网络交换机传输图像至排水公司中控室,远程监测下立交泵站状态,实现泵站无人值守。

6 结 语

全地下雨水泵站充分利用了城市的立体空间,节约了中心城区的土地,但泵房和变配电间等均位于地下,因此对泵站的运行安全和运行管理提出了更高的要求。本次设计充分结合运行管理部门的意见和管理经验,在坚持高标准和可靠性的同时,合理选取各个设计参数;同时充分考虑泵站在实际运行中的各种工况,灵活选择水泵;考虑地下泵站的运行安全,将配电间移到地下通道暗埋段顶部,降低变配电间设备损坏的风险。该泵站为温州地区第一座全地下式雨水泵站,它的设计、建造将为类似项目积累工程经验,具有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 张辰,吕永鹏,邹伟国,等.下穿式立体交叉道路排水防涝设计的若干思考[J].城市道桥与防洪,2014(1):5-7.
- [2] 北京市市政工程设计研究总院.给水排水设计手册(第三版)第 5 册城镇排水[M].北京:中国建筑工业出版社,2017.
- [3] 张培龙.上海华翔路地道雨水泵站设计[J].中国市政工程,2010(2):37-39.
- [4] 苏功军.浅析城市下穿地道排水系统设计[J].城市道桥与防洪,2010(2):49-51.