

地铁地下车站中央排水系统的应用研究

李普军

(中铁第一勘察设计院集团有限公司, 710043, 西安//高级工程师)

摘 要 地下车站需及时排除车站内雨污废水以确保地铁安全运营。传统排水系统需设置集水坑和提升设备,雨污废水布置位置点位多,系统复杂;车站主废水泵房和区间废水泵房设置位置低,受地下水位影响土建施工难度大,与市政接口较多且不易协调;此外,传统排水还存在密闭性较差的问题。针对真空排水系统在地铁中的应用案例,分析系统集成,对地铁地下车站中央排水系统进行分析研究。研究结果表明,应对全地下车站雨污废水系统进行整合,采用中央控制,集中排放。

关键词 地下车站;传统排水;中央排水;系统集成

中图分类号 U231+.4

DOI:10.16037/j.1007-869x.2021.05.038

Application Research of Metro Underground Station Central Drainage System

LI Pujun

Abstract Rainwater sewage in underground station must be discharged in time to ensure the safety of metro operation. Conventional drainage system requires setting sump and lifting equipment, numerous layout location points and complex system. The station master wastewater pump room and interval wastewater pump room setting position is low, and civil engineering construction is difficult due to underground water level, while there are plenty municipal interfaces, causing complicated coordination. In addition, conventional drainage is poor in sealing. In view of the vacuum drainage system application cases in the metro, system integration is analyzed, and the metro station underground central drainage system is studied. Research results show that the rainwater sewage systems in all underground stations should be integrated, adopting central control and centralized discharge.

Key words underground station; conventional drainage; central drainage; system integration

Author's address China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd., 710043, Xi'an, China

地铁地下车站的排水系统分为雨水系统、污水系统和废水系统。为保证地铁安全运营,及时有效

地排出地铁雨污废水势在必行。因此,如何打造地铁的排水集成管理,有待于进一步分析论证。

1 地下车站排水系统现状

为满足通风空调的需求,地铁地下车站设置新风亭、排风亭和活塞风亭。车站风亭设置位置需与周边环境相融合,目前多为低风亭。为满足乘客乘车和疏散,设置 4 个出入口、1 个紧急疏散出入口和 1 个无障碍电梯,车站站厅层设置工作人员卫生间,站台层设置公共卫生间。为及时排出车站和区间内的冲洗水、消防废水和结构渗漏水、凝结水、生活污水和雨水,地下车站需在上述位置设置集水坑,在站台层卫生间附近设置污水泵房,车站或区间在线路最低点设置废水泵房,在局部低洼地带的转辙机、外挂的消防泵房、冷水机房等位置需设置临时排水集水坑。因此,车站设置排水点众多,常规地下车站排水点设置情况如表 1 所示。

表 1 地下车站排水点设置表

编号	名称	水泵排量/(m ³ /h)	数量/台	设置位置
1	车站废水泵房	50	2	站台层
2	污水泵房	15	2	站台层
3	一号出入口	10	2	站厅层
4	二号出入口	10	2	站厅层
5	三号出入口	10	2	站厅层
6	四号出入口	10	2	站厅层
7	1 号风亭新风井	10	2	站厅层
8	1 号风亭排风井	10	2	站厅层
9	1 号风亭活塞风井	10	2	站厅层
10	2 号风亭新风井	10	2	站厅层
11	2 号风亭排风井	10	2	站厅层
12	2 号风亭活塞风井	10	2	站厅层
13	转辙机基坑	10	2	部分有
14	垂直电梯基坑	10	2	站厅层
15	区间废水泵房	20	2	区间

从表 1 可知,一般地下车站的排水点多达 15 处,系统较为复杂。

2 传统排水系统

为确保地铁安全可靠的运营,满足地下车站的排水需求,传统排水系统主要存在以下问题:① 排水点位多,各处均需设置集水坑,施工难度大;② 集水坑内需设置提升设备,用电负荷较大;③ 为满足水泵自动控制,FAS(火灾自动报警系统)、BAS(环境与设备监控系统)控制点位多,系统接口复杂;④ 各排水点均需设置压力管道和检修阀门,管网布置复杂,检修难度大;⑤ 各排水点由于出户位置不同,与市政排水接驳点位多。

3 真空排水系统

目前真空排污国内已在西安、武汉、长沙、广州等 10 多个城市地铁工程得到广泛应用。真空排污系统是一个由真空机组、卫生器具、中间收集装置^[2-4]、控制系统及真空排污管道网络组成的完全密闭的负压系统。真空排水避免了传统的重力向下的排水局限性,所以管道布置具有任意性。根据

真空排水系统的研究成果,排水的输送距离可达 3 km 左右。标准车站的设计长度约为 220 m,设置有站后配线的车站长度约为 400 m,站间距基本不超过 1.5 km,区间设置联络通道的长度不超过 600 m,区间排水考虑车站就近原则,因此,真空排水输送的距离基本在 1 km 范围之内。

真空排污系统将车站站厅、站台卫生器具和地漏排水通过中间收集装置汇集至真空泵站,因此本文将根据真空原理展开对地下车站中央排水系统的分析研究。

4 中央排水系统

地下车站排水系统充分利用真空排污系统的原理,将车站内各处产生的雨污废水汇集至一处,即中央排水系统。中央排水系统将地下车站的污水泵房、废水泵房、出入口、风亭以及局部排水进行高度集成,根据市政相关要求由废水泵和污水泵提升排至站外。

中央排水系统的核心内容为中央泵站的设置、设备选型以及控制的实现,系统原理详见中央排水系统图(见图 1)。

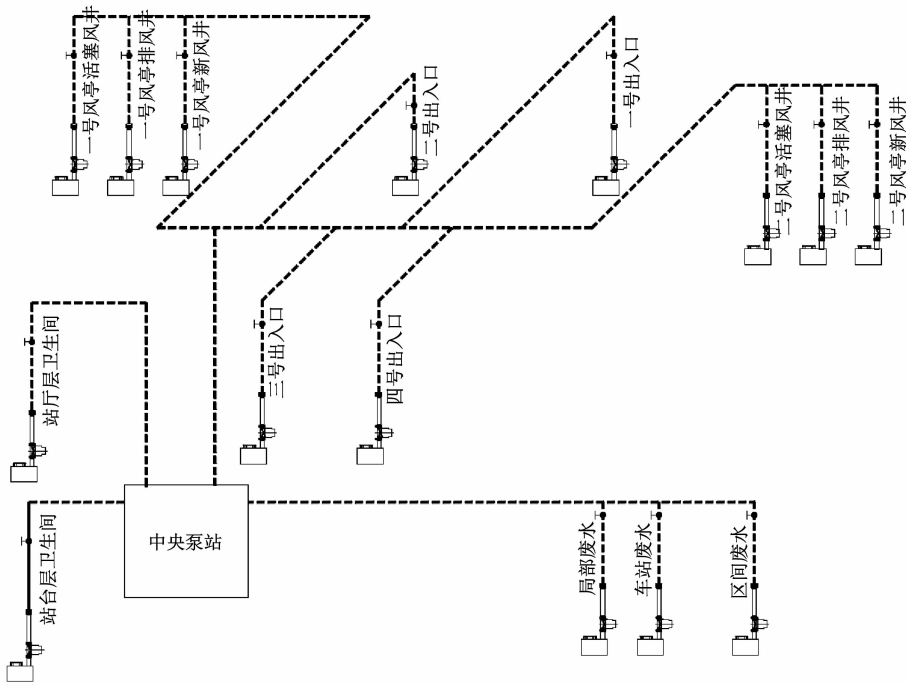


图 1 中央排水系统图

4.1 中央泵站设置位置选择

地下车站的中央泵站宜靠近大的排水点布置,车站的最大排水点为消防废水,其次为生活污水和

风亭、出入口雨水。消防废水的收集在车站线路的最低点,为事故排水,根据国内地铁车站废水泵使用统计,目前基本未曾真正投入使用。但站台层公

共卫生间为乘客服务,在列车运行期间一直处于工作状态,若卫生间布置于线路的高点,污水管道的布置势必穿越站台层公共区,中央排水系统检修时将对车站空气环境造成不必要的影响。考虑风亭和出入口为车站两侧对称布置,且为临时排水,因此中央泵站的设置宜靠近卫生间布置。

4.2 中央泵站布置

市政排水采用分流制,中央泵站真空罐^[5-7]应分开布置,真空泵采用一组同时为污水和废水真空罐服务,污废水提升装置及管路分开布置。中央泵站布置原理图如图2所示。

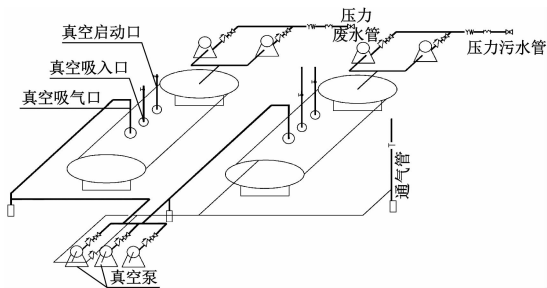


图2 中央泵站布置原理图

4.3 真空罐设计选型

真空罐是中央排水的中央组成部分。真空泵首先抽空真空罐内空气使其达到一定负压^[7-9],通过真空管道启动控制阀门来达到排水的效果,真空罐的有效容积决定着系统能否正常工作。真空罐容积^[10-11]主要由真空工作压力允许上限值、下限值、真空排水管数量、极限工作压力等参数确定。为满足管道敷设要求,真空排水系统中真空工作上下限压力基本确定,所以真空罐的有效容积由真空管路数量和管径确定。

4.4 真空泵设计选型

真空排污为一个封闭的空间,当真空系统从卫生间排水时,仅真空泵补偿管路为真空。当污水泵启动排放污水时,并未有空气进入真空罐,但气体体积增加,罐内真空度降低,因此还需真空泵启动抽取空气,使罐内达到设定值,即要求真空泵在排污的同时使真空罐扩大的容积空间从大气压降到设计的真空度。真空罐的抽气速率由真空罐的抽气体积和抽气时间确定^[10-11]。

真空泵的有效抽气速率为在满足真空室工作压力时的真空泵实际的抽气速率,是在101.325 kPa(1个标准大气压)下运行的,真空罐内本身已处于准工作状态。根据《真空设计手册》要求,真空泵的

选型应根据特性曲线选泵,当无相关资料时应按技术抽气速率的2~4倍选用^[11]。

中央排水系统包含污水和废水系统,真空泵的配置应考虑资源共享。当消防废水排水量远大于污水排放量,设备选型应按消防废水系统配置。真空泵的配置选用3台,平时污水系统1台用2台备,消防时2台用1台备。

4.5 中央控制

中央排水系统由于系统集成,在各排水点设置提升装置,提升装置设置水位探测装置。为达到物联网的要求,探测装置预留R485接口。真空度设置上、下限,全系统采用PLC(可编程逻辑控制器)集中控制,具备手动控制、自动控制和远程控制。

中央排水系统具体控制要求如下:①系统在真空度上、下限内运行;②提升装置处液位大于100 mm时真空隔膜阀打开,低于50 mm时停止工作;③真空度低于下限值时真空泵启动,污水系统时1台用2台备,定期轮换工作,废水系统时2台用1台备;④真空罐内污水或废水达到启动液位时启动污水泵或废水泵,消防时废水泵同时启动;⑤真空泵自带巡检功能,控制柜显示故障状态并上传控制室;⑥提升装置显示故障状态并上传控制室。

5 中央排水系统与传统系统对比

中央排水系统采用对地铁地下车站全部雨污水进行系统集成、集中排放的方法,大大简化了排水系统设计。现从以下几个方面与传统排水系统进行比较。

5.1 集水坑设置

传统雨废水的排放是设置集水坑和提升泵,集水坑的有效容积不小于最大1台泵的15~20 min的出水量,污水集水坑的有效容积不小于最大1台泵的5 min的出水量。根据表1地下车站排水点设置情况,可知车站及区间需设置15处集水坑。其中:主废水泵房有效容积不小于12.5 m³,区间泵站有效容积不小于5 m³,其他各排水点有效容积不小于2.5 m³;各集水坑设置根据排水需求均需降低底板,尤其车站主废水泵房和区间废水泵房处于站台层,需排除站台板下和道床排水沟废水,集水坑需降板2~3 m左右(因为地下水位较高的车站时有涌水发生,这会给土建施工造成很大的难度)。

中央排水系统利用真空采用提升器提升废水,控制液位为50~100 mm。当存水点大于100 mm

时真空阀打开,开始提升;低于 50 mm 时系统停止工作,基本不需设置集水坑,靠装修垫层即可解决问题。

5.2 房间布置需求

风亭雨水设置于抽口风亭下方,出入口和无障碍电梯基坑排水设置于基坑外,转辙机排水设置于转辙机基坑内,区间废水泵站设置于联络通道内,无房间需求;污水泵房根据目前设计情况采用真空排污或密闭一体化装置,需单独设置泵房,面积 12 m² 左右;废水泵房需单独设置,面积 15 m² 左右,合计约 27 m²。中央排水系统仅设置 1 处,面积 20 m²。

5.3 设备配电及控制需求

传统排水系统均需在排水点设置配电柜和控制柜,FAS、BAS 需在各排水点采集控制信号。中央排水系统仅在中央泵站配电和控制。

5.4 管网布置

传统排水系统需在各排水点设置压力管道和检修阀门,管网布置复杂,设备区各专业管线众多,这对管线综合造成很大的困难。中央排水系统仅设置污水和废水两路管线,比较单一。

5.5 运营维护

传统排水系统需检修各排水点设备和管网,工作量大,人员配置较多。中央排水系统仅在中央泵站运营维护。

5.6 市政接驳需求

传统排水系统在风亭处雨污水可以管网合并,污水和出入口单独排放,市政接驳点数不少于 7 处。中央排水系统根据市政条件决定,若市政雨污合流则需 1 处,若市政为分流则需 2 处。

5.7 工程投资

系统投资应从集水坑、建筑面积、设备、管网、阀门等进行综合对比,从目前地铁工程综合指标来分析,地下车站面积指标为 1.1 万元/m²,集水坑工程造价为 0.1 万元/m²,设备和管网造价按信息价格综合考虑。标准车站常规排水系统投资如表 2 所示,中央排水系统投资如表 3 所示。

从表 2 和表 3 对比可知,传统排水系统和中央排水系统投资区别不大,中央排水系统甚至比传统排水系统投资要低一些。

综上所述,中央排水系统和传统排水系统对比结果如表 4 所示。

表 2 传统排水系统投资

名称	单价/万元	数量	合计/万元
主废水泵	1.10	2	2.20
废水泵	0.45	24	10.80
污水泵	0.90	2	1.80
主控制柜	1.10	1	1.10
控制柜	0.80	14	11.20
液位控制仪	0.20	15	3.00
阀门	0.01	26	0.26
配电柜	1.10	15	16.50
管网	0.02	1 100	22.00
土建	0.10	15	1.50
泵房面积	1.10	27	29.70
市政接驳	8.00	7	56.00
合计			156.06

表 3 中央排水系统投资

名称	单价/万元	数量	合计/万元
真空罐 I	10.00	1	10.00
真空罐 II	15.00	1	15.00
真空泵	10.00	3	30.00
污水泵	0.90	2	1.80
废水泵	1.10	2	2.20
控制柜 I	1.10	1	1.10
控制柜 II	0.90	1	0.90
泵房面积	1.10	20	22.00
阀门	0.01	52	0.52
管网	0.02	1 100	22.00
配电柜	1.10	1	1.10
市政接驳	8.00	2	16.00
合计			122.62

表 4 中央排水系统和传统排水系统综合对比

比较项目	中央排水系统	传统排水系统
集水坑	尺寸小,集水坑可以排干,集水坑无需下沉	集水坑大,底板需下沉
密闭性	密闭性好,无外溢	较差
设备	设备单一	不同位置设备选型不同,数量多
设备配电	中央泵站 1 处	不同位置均需配电
FAS、BAS 接口	中央泵站 1 处	不同位置均需采集信号
管网敷设	具有随意性,管网单一	不同位置均需独立安装
市政接驳	单一	接驳点复杂,点位多
设备维护管理	集中维护,单一	点位多,巡检困难
设备智能化	远程监控,自动巡检	远程监控,人工定期巡检

(下转第 186 页)

型采用机场联络线外包、带折返的双岛四线站型,这样既能实现两线的贯通运营,同时本线在 T3 航站楼站又具备了折返作业功能,交路方案如图 8 所示。

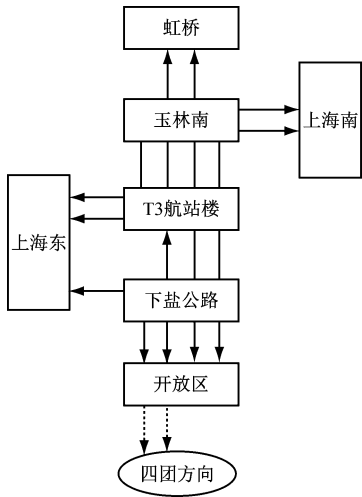


图 8 建议开行交路方案示意图

该运营组织方案主要有如下优点:开行方案能够较好地适应整体客流断面形态,并能保证较高的服务水平,同时运营组织灵活性较好,未来应对客流变化风险能力较强,综合效益效果较好。

(上接第 182 页)

6 结语

传统排水系统设置点位多,接驳复杂,通过对系统组成、集水坑设置以及土建的要求,在总结真空排水系统的基础上对中央排水系统进行分析研究,研究结果表明:① 中央排水系统无需设置集水坑,土建无需降板,可降低土建施工难度;② 中央排水系统为真空排水,系统密闭运行,可杜绝对环境空气的影响;③ 与市政接驳少,可减少与市政相关部门的协调;④ 降低低压配电的设计难度,全车站仅 1 处需低压配电;⑤ 各排水点通过真空管路联网,扩展方便,便于车站排水;⑥ 检修方便,系统单一,仅检修中央泵站及管路。

参考文献

[1] 赵青松,王艳伍.真空排污系统在地铁中的应用[J].城市轨道交通研究,2011(5):102.

3 结语

本文提出的优化方案,有利于提升新片区快速对外、强化与市中心快速联系、优化网络互联互通及片区服务等功能。基于客流需求分析提出的运营组织方案建议也具有较好的适应性及灵活性,这对于本项目后续的方案研究和设计工作具有指导和借鉴意义。本文提出的优化方案与建议也得到了相关部门的认可,相关研究成果已纳入上海浦东综合交通枢纽专项规划及正在编制的临港新片区综合交通规划中。

参考文献

[1] 上海市人民政府办公厅.上海市城市总体规划(2017—2035 年)[R].上海:上海市人民政府办公厅,2017.
[2] 上海市规划和自然资源局.中国(上海)自由贸易试验区临港新片区国土空间总体规划(2019—2035 年)草案公示稿[R].上海:上海市规划和自然资源局,2020.
[3] 中铁上海设计院集团有限公司.上海轨道交通市域线两港快线方案研究报告[R].上海:中铁上海设计院集团有限公司,2020.
[4] 薛新功.上海机场联络线系统制式的选择[J].城市轨道交通研究,2014(12):15.

(收稿日期:2020-08-10)

[2] 齐薇.西安北站真空卸污设施设计及应用探讨[J].铁道标准设计,2014(4):93.
[3] 闫凯,曾凤柳,邱慧.真空卫生排污系统在北京地铁车站的应用[J].城市轨道交通研究,2012(3):113.
[4] 郭霖,吴国华,齐鸣春.北京南站动车组卸污设计[J].铁道标准设计,2011(7):105.
[5] 周文哲.高海拔地区铁路客站分散式真空卸污系统的应用研究:以格尔木车站为例[J].铁道标准设计,2020(4):175.
[6] 李江雯.普速车站真空卸污系统设计要点分析[J].铁道标准设计,2020(7):1.
[7] 杨伟帅.天津于家堡交通枢纽真空排水系统设计研究[J].给水排水,2016(10):88.
[8] 李江雯,吴国华,陈为民.两种典型铁路真空排水泵站工作原理及能耗分析[J].给水排水,2020(1):100.
[9] 黄焱歆.铁路站段真空卸污系统之真空管道设计探讨[J].中国给水排水,2013(8):56.
[10] 《动力管道设计手册》编写组.动力管道设计手册[M].北京:机械工业出版社,2006.
[11] 达道安.真空设计手册[M].北京:国防工业出版社,1996.

(收稿日期:2020-08-07)