

深埋地下车站排水设计探讨

覃 旭

(广州地铁设计研究院股份有限公司, 广州 510010)

摘 要: 研究深埋地下车站污水系统、废水系统的设计难点和技术解决方案。以地下埋深约 60 m 的青秀山站为例, 提出深埋车站污水系统、废水系统排水提升的设备选型和排水方式。通过技术分析和方案比选, 明确青秀山站污水系统采用半真空污水提升装置并采用二次接力提升的排水方式; 对于站厅层和站台层间实土层约为 20 m、废水无法重力流到站台层排水沟的现象, 采用站厅层设置集水坑的方案。站台层及以上楼层的废水均通过设置于站厅层的集水坑收集, 再经潜水泵二次接力, 就近排入集水坑或直接提升排至室外。站台层的主废水泵房提升泵不采用潜水式的潜水泵, 而是采用置外型立式泵提升方式。青秀山站的污水系统、废水系统的排水方式在实际运维中运行良好, 为深埋地下车站的排水系统设计提供了新思路。

关键词: 城市轨道交通; 深埋地下车站; 排水系统; 污水; 废水; 半真空污水提升装置

中图分类号: U231

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2020)05-0106-05

Drainage Design of Deep-Buried Underground Stations

Qin Xu

(Guangzhou Metro Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510010)

Abstract: The challenges and technical solutions of sewage and wastewater systems in deep underground stations are studied. Selection and drainage methods for the sewage and drainage systems of deep-buried stations are proposed based on the example of the Qingxiushan station, which has an underground burial depth of approximately 60 m. Based on technical analysis and scheme selection, it is clear that the Qingxiushan Station sewage system uses a semi-vacuum sewage lifting device and a secondary relay lifting drainage method. Because of a 20 m thick layer of soil between the station hall and the platform floors, the wastewater cannot flow under gravity to the drainage ditch on the platform floor. Therefore, a plan was adopted to install water puddle at the station hall floor level. Wastewater from the station hall floor and above is collected in collection puddles setup on the station hall floor and discharged into the collection puddles or directly lift drainage to the external sewage system. The main waste pump station lifting pump on the platform is not of submersible type but uses a vertical lifting method. The sewage system and the drainage method of the wastewater system installed at Qingxiushan station perform well in actual operating conditions; thus, the effective implementation of the novel idea for an underground station drainage system is demonstrated.

Keywords: urban rail transit; deep-buried underground station; drainage system; sewage; waste water; semi-vacuum sewage lifting device

随着中国城市人口持续增长, 城市交通拥堵日益严重, 城市居民对城市公共基础设施要求也日益加大, 城市轨道交通可以给城市居民提供交通便利。

早期城市轨道交通出于站内空气质量、卫生安全、提升泄露等众多原因考虑, 城市轨道交通车站并没有设置卫生间^[1], 且《地铁设计规范》(GB 50157—2013)^[2]也未有具体规定需设置卫生间。随着提升设备技术的更新换代, 人们生活水平的改善、乘客素质的提高, 对城市轨道交通车站设计卫生间的要求日益迫切, 后期建设的城市轨道交通车站逐步开始设置卫生间, 给乘客提供便利。

收稿日期: 2019-07-02 修回日期: 2019-10-29

作者简介: 覃旭, 男, 本科, 高级工程师, 从事轨道交通给排水及消防、市政工程给排水、建筑给排水及消防系统设计工作, 45768327@qq.com

排污系统是指将卫生间或其他单元中产生的粪便污水及冲洗水通过收集、提升等步骤,经过化粪池处理后排入城市污水管网系统,一般由末端设备(包括便器、地漏等)、污水收集装置、污水提升系统和管网系统组成。

废水系统主要由车站的冲洗废水、消防废水、结构渗漏水等组成,经排水立管收集排至站内道床排水沟后流入车站废水泵房的废水池,再由提升设备提升后排入市政排水管网。

1 排水系统的分类及特点

1.1 排水系统的分类

目前城市轨道交通地下车站的污水主要采用密闭污水提升装置系统和半真空污水提升装置提升方式。废水、雨水主要采用潜污潜水泵提升方式。

1.2 排水系统的特点

1.2.1 密闭污水提升装置的特点

密闭提升排污系统由密闭水箱、污水泵、手动隔膜泵及管道组成,水箱上设置有进水、出水、通气管道接口。污水泵和密闭水箱相连,污水经管道汇入密闭水箱,通过水泵排至室外^[3]。

密闭污水提升装置(俗称污水一体化提升装置)与传统集水池加潜水泵的模式基本相同,采用重力流收集排放,不同的是把集水池改为密闭水箱,最大可能地避免了泵房的臭气外溢。相对于传统重力流集水坑模式,密闭污水提升装置具有较好的密闭性、污水泵能切割且能通过颗粒较大的污水、初始投资增加较少等优点。同时,密闭污水提升装置臭气的空气污染依然存在,提升泵站采用废污合流进入污水收集箱,排污泵在抽取污水时容易破坏地漏水封,或者地漏干涸,使臭气通过地漏外溢。污水泵房需沉降,以满足重力流至污水箱里面,同时考虑到后期维修的污水收集,需要设置局部集水坑,给土建施工增加难度的同时也增加成本,特别是对地质条件比较差的地方,影响非常大。卫生间污水没有格栅直接排至污水罐内,对于像手机、钥匙、针等物件,污水泵切割难度非常大甚至无法切割,很容易卡死甚至烧毁污水泵,导致污水提升系统无法正常工作,密闭污水提升装置的污水罐容积小,污水泵特别是换乘站、带大型物业的车站启泵次数频繁,会影响污水泵寿命与工况。

1.2.2 半真空污水提升装置的特点

半真空污水提升装置是一个由卫生洁具、真空管

路、真空废污水提升器、真空泵站、控制中心等组成的完全密闭的排污系统^[4]。系统根据气压差可产生快速气流这一基本物理原理工作,污水在气流的带动下在管道内高速运动,流速可达 $4\sim 6\text{ m/s}$ ^[5]。

半真空污水提升装置的废污水分开收集,粪便水臭气不会通过地漏外溢,卫生间空气质量得到控制,基本没有臭味,整个真空排污系统除排气管装置与大气相通以外,完全处于密闭状态,避免了臭气外溢;各个排污点到真空泵站是通过真空管道,利用真空抽吸,而不是靠重力流,所以真空泵房不受土建条件的限制,位置可以灵活放置。同时,具有不受高低远近的限制,对于卫生间、泵房的结构要求很灵活,以真空机组为输送动力源,可输送浓度较高的粪便,输送速度高,不易堵塞,同时实现了同层排水,取消了污水泵房的下沉部分,节约了有效空间,大大降低土建成本。但半真空污水提升设备与传统重力排污系统相比,初始投资较高,每套设备约30万~55万元^[6]。

1.2.3 废水泵房、雨水泵房的特点

目前城市轨道交通地下车站的废水系统、雨水系统主要采用常规潜污潜水泵提升方式,在此不再赘述。

2 深埋车站排水系统设计难点及解决方案

2.1 污水排水系统设计难点及解决方案

2.1.1 污水提升装置设备的比选及性能分析

通过以上分析、比较可以看出,密闭水箱提升装置和真空排污系统各有优缺点。密闭水箱提升泵站由于结构简单,能有效改善传统重力流臭气外溢的问题,适用各类传统重力流改造的项目中;半真空污水提升排污系统具有明显的技术优势,而其中的半真空系统(重力与真空结合式真空排污系统)更适合诸如地铁站、火车站等人流量大、人口素质参差不齐的公共场所推广使用。考虑到青秀山站位于著名的风景区(即青秀山)附近,其地理位置十分重要,基于节假日人流量大、站内环境要求高、社会影响度大,以及运营后期维护便利的需要等因素,设备招标时明确青山站污水排放方式采用半真空污水提升装置设备。

半真空系统中大便器和小便器均为传统重力式便器,粪便污水采用真空污水提升器收集,地漏水、洗涤水采用真空废水提升器收集,因此废水和污水在进入真空系统前是严格分开的,避免了便器管路的臭气传入废水管路。

半真空系统中的真空排水系统属于全真空的系

统,系统的真空排污管路和真空泵站中始终保持一定的真空度($-30\sim-80\text{ kPa}$)^[7]。真空废、污水提升器和真空地漏通过真空支管路及真空主管路与真空废污水泵站相连。废、污水利用短距离的重力流进入提升器,当液位达到设定值时,真空废、污水提升器启动,将废污水抽吸进入真空管路系统,最后被输送至真空废污水泵站,通过真空泵站将污水加压提升排入到室外化粪池,经处理达标后排入市政排水管网或市政污水管网。真空废、污水提升器设有隔栅和检查口,并有大物件报警提示,可将诸如手机、钥匙等物件探测并取出,同

时不影响厕所的使用。根据设备厂家技术分析,半真空污水提升装置的污水泵的经济提升高度约40 m。

2.1.2 污水排水系统设计的难点分析

青秀山车站属于深埋地下车站,主体部分为地下5层,竖井部分为地下9层,车站埋深约为地下60 m;其中站厅层至室外地坪的高度约为33 m,站厅层至站台层约27 m。车站总长度为184.7 m。车站主体总建筑面积为24 638 m²,其中车站主体建筑面积为22 811 m²;车站附属建筑面积为1 827 m²。车站立面示意图如图1所示。

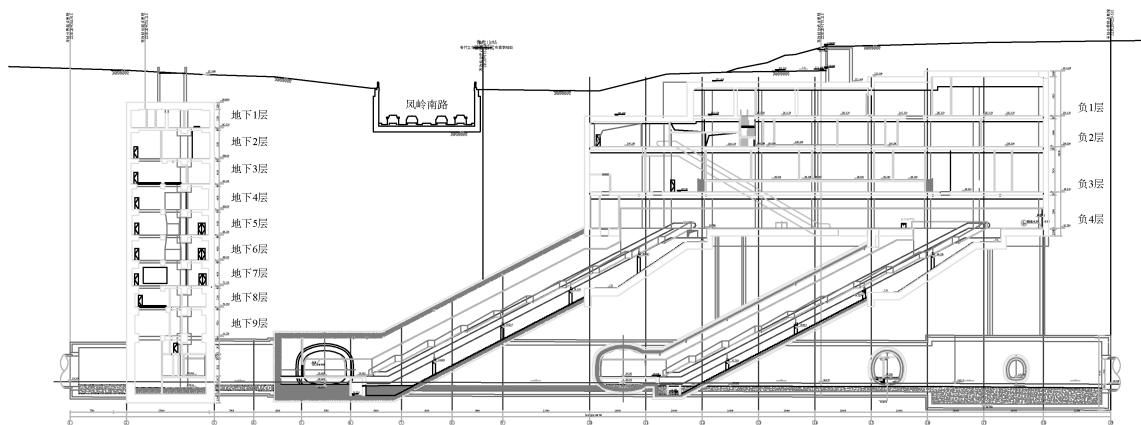


图1 车站立面示意

Fig. 1 Map of the car's standing surface

根据城市轨道交通地下车站的特点及服务功能的要求,常规地下标准站的工作人员卫生间一般设置在人员较多的车站大端处;乘客卫生间设置于站台层设备区大端,与站厅层的卫生间上下对应,并在站台层卫生间毗邻或附近设置污水泵房。站厅层和站台层的卫生间污水及废水经管道收集后排入污水泵房的污、废水收集器内,最终排至室外市政污水管网。

青秀山站属于深埋地下车站,站厅层位于主体部分的地下4层,站台设置于主体建筑的地下5层。根据车站的功能及特点,车站工作人员的卫生间设置于站厅层的设备区内,乘客的卫生间设置于站台层的设备区内。主体建筑的站厅层与站台层垂直高度相差约27 m,站厅层与站台层除了两部电扶梯、一部消防电梯和两个安全疏散楼梯连接外,其余的中间均为实土层。站厅层工作人员卫生间污水无法满足重力流收集到站台层的污水泵房内,此为难点一。

站台层污水泵房设置于车站竖井端部,考虑到管道安装施工难度风险、减少主体建筑风井管道敷设的数量、后期维修便利等因素,站台层污水泵房污水提

升装置的扬水管路径敷设于竖井端内,平时维修、检修、更换管道等,经竖井疏散楼梯到各楼层进行维护。青秀山站竖井部分为地下9层,污水泵房至室外地坪垂直高度约为60 m,而半真空污水提升装置经济提升高度约为40 m。采用半真空污水提升装置不能满足一级提升直接排至室外污水管网,此为难点二。

2.1.3 污水排水系统设计的解决方案

对于难点一,因无法依靠重力排至站台层污水泵房半真空污水提升装置污水罐内,因此需在站厅层工作人员卫生间毗邻处增设污水泵房,与其增设一套半真空污水提升装置,以满足车站工作人员卫生间的污水能及时排至室外,在室外经埋地一体化污水处理装置处理达标后排至市政排水管网。站厅层工作人员按50人计,用水标准按50 L/人·班,工作时间按18 h计,则工作人员最高日最大时用水量约为0.35 m³/h^[8]。按上述流量计算,沿程水头损失和局部水头损失可忽略不计,站厅层工作人员污水泵房至室外地坪的垂直高度约为33 m,半真空污水提升装置的经济扬程约为40 m,设备提升高度能满足站厅层污水的扬程要求。

对于难点二,即站台层污水泵房至室外地坪垂直高度约为 60 m,而半真空污水提升装置经济提升高度约为 40 m,设置于站台层的半真空污水提升装置不能满足一级提升直接排至室外污水管网的扬程要求。针对这一情况,经技术分析及图纸梳理,在竖井的中间部分(即地下室 4 层处)增设一个二次提升的污水泵房及一套半真空污水提升装置设备,以满足污水提升要求。

乘客生活污水量按生活用水量的 95% 计算,最高日最大时污水量为 $3.45 \text{ m}^3/\text{h}$;按上述流量计算,沿程水头损失和局部水头损失可忽略不计,站台层污水泵房至竖井部分地下 4 层的垂直高度约为 30 m,竖井部分地下 4 层至室外地坪垂直高度约 30 m,半真空污水提升装置的经济提升高度约 40 m 满足污水一级、二级的提升要求。

2.2 废水排水系统设计难点及解决方案

2.2.1 废水排水系统设计难点分析

青秀山站站厅层与站台层间除了预留部分电扶梯、无障碍电梯、楼梯、风井及电缆井等土建条件外,其他均为实土层,实土层厚度约为 20 m。若按常规标准车站站厅层及以上层的渗漏水 and 清洗水经离壁沟收集后,由设置于离壁沟内的地漏经立管有组织地排入轨道边沟,最终排入车站主废水泵房的废水池内。本站不具备这样的条件。

站台层的废水排水是本站的最大难点。本站属于暗挖车站,站台层不同于常规标准站,公共区全是敞通。为了降低施工难度,减少工程投资,青秀山站除

了布置满足车站功能的房间、消防通道、乘客通道及用房等要求外,其余部分均为实土层。车站轨道边沟最低点左、右中心线间的距离为 33.2 m,其中实土厚度约 20 m。若按常规标准站仅设置一处主废水泵房,左右线轨道排水沟的废水均排入主废水泵房内,青秀山实现难度很大。经技术分析,为了降低施工风险、减少施工难度,为后期维护便利,本站主废水泵房及废水池左、右线各设一个。

2.2.2 废水排水系统设计的解决方案

要解决站厅层及以上层的渗漏水、清洗水等废水的排水问题,需在站厅层设置废水泵房或集水坑,且站厅层受建筑平面布置条件限制,坡度影响,站厅层无法重力流汇集到一个废水池内,因此在站厅层仅设置一处废水泵房及废水池,无法满足站厅层废水排水要求。同时考虑到平时清洗时,清洗水等会对电扶梯正常运行造成影响,需在电扶梯入口处设置截水沟及集水坑,采用潜污潜水抽取至附近的集水坑内,经二次提升后,最终排至室外市政排水管网。图 2 所示为站厅层集水坑平面布置示意图。

根据四川法斯特消防安全性能评估有限公司关于《南宁市轨道交通 3 号线青秀山站消防性能化评估报告》中灭火系统的要求,车站站厅层公共区(不含设备区)、站台层的公共区以及站厅层至站台层的自动电扶梯上方应设置自动喷水系统措施,其用水量按 30 L/s 计^[9]。消防时,加上室内消火栓系统排水量 20 L/s ^[10],站台层主废水泵房的设备排水要求较大。同时,站台层废水

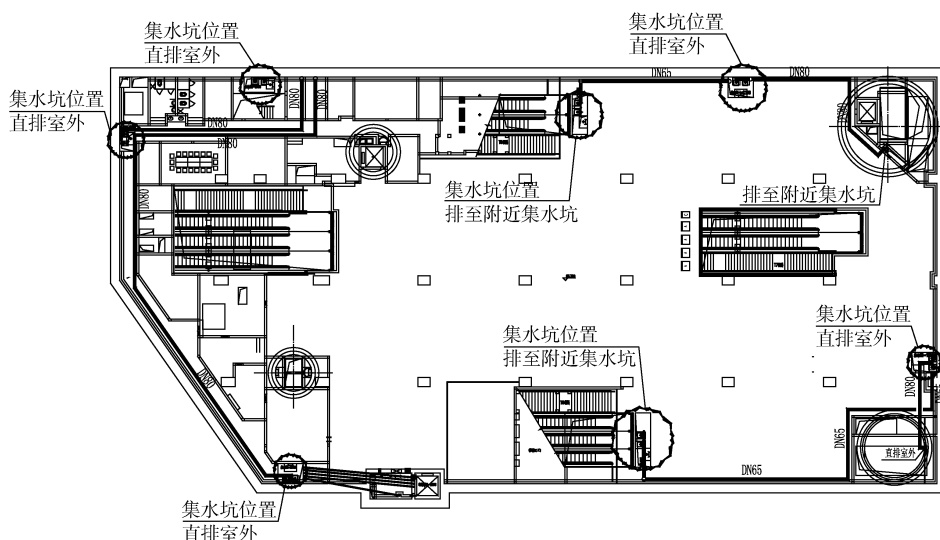


图 2 站厅层集水坑平面布置示意

Fig. 2 Layout plan of water hole in station hall

提升净高约为 60 m, 考虑沿程水头和局部水头损失, 设备选型扬程要求约为 80 m, 流量为 50 m³/h, 每个废水池各设置两台, 一备一用, 必要时同时启动。

根据本站站台层废水提升高度及排水量的特点, 在潜污潜水泵选型时, 发现高扬程、低流量的设备选型十分有限, 且此类潜污潜水泵存在安全性低、能效高、维修率高等缺点。青山站属于深埋车站, 同时也是旅游景点的车站, 为了满足站台层废水能及时、顺畅地提升排放, 考虑设备运行的安全性、能效低、运营设备的维修率低等因素。在青秀山站废水排水系统的设备选型中不能按常规车站的思路选型, 废水泵房及废水池设计方式同样也不能按传统的思路去思考。

针对本站的特点和站台层废水排水系统的难点。经过与相关部门沟通, 与技术专家论证和分析, 最后明确本站废水提升方式不采用废水泵房及废水池上下布置形式, 不采用潜污潜水泵抽水提升的传统方式, 改为采用废水泵房和废水池毗邻布置。废水泵采用置外立式泵, 提升方式类似于消防泵从消防水池抽水的方式。采用置外立式泵的方式, 不仅满足了设备选型的多样化, 同时也有效地将站台层废水顺畅地、直接地提升至室外, 实现了车站功能要求, 满足车站的性能要求, 保障车站的运营安全, 减少了维护成本, 给后期维修带来了便利。

3 后期运行情况

南宁市轨道交通 3 号线工程于 2019 年 6 月 6 日正式开通运营, 青秀山站设备运行已有两个多月时间。经咨询运营部门, 半真空污水提升装置设备和主废水泵房提升设备目前运行良好, 故障少, 维修少, 维护便利。

4 结语

通过对深埋车站污水系统、废水系统的难点和技术解决方案的研究。以地下埋深约为 60 m 的青秀山站为例, 提出深埋车站污水系统、废水系统排水提升的设备选型和排水方式。通过设备选型技术分析和方案比选, 以及根据目前排水设备的排水能力、排水扬程、设备运行的可靠性和安全性, 明确了深埋青秀山站的污水系统采用二次接力提升的排水方式; 对于站厅层和站台层间实土层约为 20 m, 废水无法重力流到站台层排水沟的现象, 站厅层采用设置集水坑的方案。根据本站特点, 为减少站厅层、站台层集水坑扬水管至地面的数量, 节省土建空间、减轻预留孔洞难度, 减少潜污泵扬程及功率, 站厅层、站台层的部分集水坑也同时采用二次接

力提升的排水方式。站台层的主废水泵房考虑消防时排水量大、扬程高(约 80 m)、可靠性和安全性高、维修方便等因素, 提升泵不采用潜水式的潜水泵, 而是采用置外型立式泵提升方式。以青秀山站为例的污水系统、废水系统排水方式在实际运维中目前运行良好, 为深埋地下车站的排水系统设计提供了新思路。

参考文献

- [1] 王玉娟. 地铁车站排污系统的应用与发展[J]. 城市建筑, 2012, 9(15): 199-202.
WANG Yujuan. Application and development of the sewage system in the subway station[J]. Urbanism and architecture, 2012, 9(15): 199-202.
- [2] 地铁设计规范: GB 50157—2013[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.
- [3] 许琼果. 地铁车站污水提升方案浅谈[J]. 科技创新导报, 2013, 9(13): 124-125.
XU qiongguo. A brief introduction to sewage upgrading scheme of subway station[J]. Science and technology innovation herald, 2013, 9(13): 124-125.
- [4] 张正军, 汪再友. 一种用于重力流与真空结合式排水系统的污水提升器[EB/OL]. (2011-07-28)[2012-08-01]. <http://www.doc88.com/p-4387423784804.html>.
- [5] 柳常春. 浅谈地铁卫生间排污系统的应用与发展[J]. 安徽建筑, 2012, 35(1): 201-204.
LIU Changchun. Discussion on application and development of Metro toilet sewage system[J]. Anhui architecture, 2012, 35(1): 201-204.
- [6] 郭协裕, 张辉. 浅谈半真空排污系统在地铁建设中的应用[J]. 给水排水, 2017, 44(S1): 193-197.
GUO Xieyu, ZHANG Hui. Application of semi vacuum sewage system in subway construction[J]. Water supply and drainage, 2017, 44(S1): 193-197.
- [7] 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, 21(5): 102-104.
ZHAO Qingsong, WANG Yanwu. Application of vacuum sewage system in subway[J]. Urban mass transit, 2011, 21(5): 102-104.
- [8] 建筑给水排水设计规范: GB 50015—2003(2009 年版)[S]. 北京: 中国计划出版社, 2010.
- [9] 自动喷水灭火系统设计规范: GB 50084—2017[S]. 北京: 中国计划出版社, 2017.
- [10] 消防给水及消火栓系统技术规范: GB 50974—2014[S]. 北京: 中国计划出版社, 2014.

(编辑: 王艳菊)