

真空排水系统在综合管廊工程中的应用探讨

范翔¹, 杜超¹, 孙国志¹, 李萌², 张建国³

(1. 北京市市政工程设计研究总院有限公司, 北京 100082; 2. 万若<北京>环境工程技术有限公司, 北京 100083; 3. 北京市大兴区水环境监测中心, 北京 102600)

摘要: 排水系统是综合管廊工程不可缺少的部分,综合管廊内排水对象是管廊内渗漏水及管道检修放空水,其特点是水量小且不定、难以准确计算。目前综合管廊常规排水方式是通过集水坑收集并由潜污泵提升排出,存在设备多、排水点分散及施工难度较大等问题。针对上述问题并结合真空排水系统的优点,以实际工程为例,对常规排水系统和真空排水系统进行了多方面分析比较,研究表明真空排水系统既可满足综合管廊内排水要求,又可显著降低工程投资和施工难度,工程效果和经济效益良好。

关键词: 排水系统; 综合管廊; 真空排水系统

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2017)10-0037-04

Usage of Vacuum Drainage System in Utility Tunnel Project

FAN Xiang¹, DU Chao¹, SUN Guo-zhi¹, LI Meng², ZHANG Jian-guo³

(1. Beijing General Municipal Engineering Design and Research Institute Co. Ltd., Beijing 100082, China; 2. EnviroSystems Engineering and Technology Co. Ltd., Beijing 100083, China; 3. Beijing Daxing District Water Environment Monitoring Center, Beijing 102600, China)

Abstract: The drainage system is necessary in utility tunnel project. The drainage water of the utility tunnel consists of leakage water from the pipelines and emptying water produced during pipeline maintenance. The flow of drainage water is small, uncertain, and hard to calculate. At present, the conventional drainage is collected by sump pits and pumped out by submersible sewage pumps. The problem existed in the conventional drainage mode is necessary of more facilities, scattered drainage points and difficulty in construction. With regard to the issues above and the advantages of vacuum wastewater system, the contrast between vacuum and conventional drainage system has been conducted on basis of the real project. The results showed that vacuum drainage system not only met the drainage requirements of utility tunnel, but also reduced project investment and construction difficulty. Therefore, the favorable result and economic benefit can be achieved when vacuum drainage system is applied to utility tunnel.

Key words: drainage system; utility tunnel; vacuum drainage system

排水系统是综合管廊工程不可缺少的部分^[1],根据《城市综合管廊工程技术规范》(GB 50838—2015),综合管廊(以下简称“管廊”)的常规排水系统是通过在管廊的单侧或双侧设置排水明沟,在管廊纵向的低点设置集水坑,管廊内污水通过明沟流入集水坑,之后经潜污泵提升排入市政排水井。由

于管廊内的污水量小且不定,设计时难以准确计算水量,选择与之匹配的潜污泵较为困难,且常规排水系统存在排水点分散、运维管理难度较大等问题。

真空排水(又称负压排水)起源于19世纪的欧洲,是重力排水的补充。真空排水是由真空泵在密闭的排水管网中形成真空条件,通过各收集箱中的

真空阀控制,利用真空负压产生的压差来实现污水流向污水罐,最后排至市政污水管网或污水处理设备。20世纪90年代以后,该技术被引入国内并得到一定的发展。

根据管廊内排水和真空排水系统的特点,以北京某实际综合管廊工程为例,分析讨论将真空排水系统应用于管廊工程的适用性。对常规排水方案和真空排水方案进行了多方面分析比较,结果表明真空排水系统既可满足综合管廊内排水要求,又可显著降低工程投资和施工难度,具有良好的工程效果和经济效益,预计该工程2017年8月竣工。

1 综合管廊排水系统

1.1 综合管廊的排水对象及其特点

管廊内的排水对象是管廊内渗漏水、管道检修放空水,未考虑爆管或者消防下的排水要求^[1]。根据《城市综合管廊工程技术规范》(GB 50838—2015),综合管廊防水等级应为二级,防水标准按《地下工程防水技术规范》(GB 50108—2008)设计^[2]。

① 管廊内的渗漏水。若参考GB 50108—2008中隧道工程的平均渗漏量为 $0.05 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,以 $(2.0+3.0) \text{ m} \times 3.0 \text{ m}$ 双舱断面为例,一个排水区间(按200 m考虑)的渗漏量为 $0.16 \text{ m}^3/\text{d}$,可见管廊的内渗漏水非常小。

② 管道检修放空水。管道内水管主要有给水管、中水管、空调水管及热力管等,常用管径为DN300~DN1500,因此水管的检修放空水量变化范围大。一般来说,在合理的设计和运行工况下,管道检修频率非常低,且管道检修时,工作人员可通过检修阀控制放空水的流量,使之与管廊内排水系统的排水能力相当。

由此可见,管廊内排水具有水量小且不定、难以准确计算、收集点多且分散的特点。

1.2 常规排水方式及其存在的问题

目前,管廊内常规排水方式是在综合管廊纵向的低点设置集水坑,管廊内污水通过明沟流入集水坑,坑内设两台潜污泵(1用1备)。排水区间长度一般不大于200 m,潜污泵流量一般为 $30 \text{ m}^3/\text{h}$,其扬程根据集水坑内水位标高及排出点标高等因素确定。集水坑内同时配备液位计,根据液位控制潜污泵的开启和关闭。综合管廊内常规集水坑结构见图1。

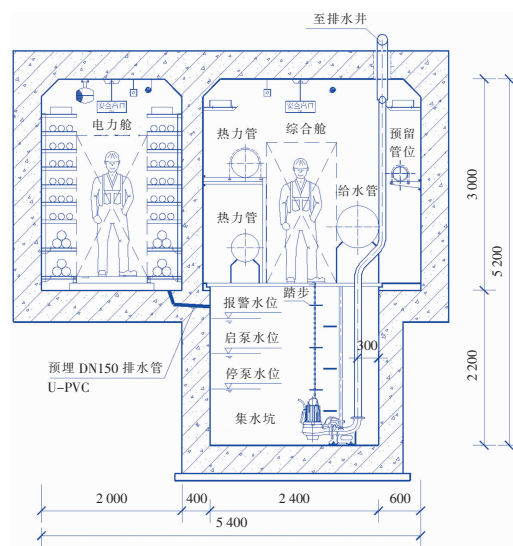


图1 综合管廊内常规集水坑示意图

Fig.1 Schematic diagram of conventional sump pit in the utility tunnel

常规排水方式主要存在以下问题:①用电设备数量多,且出于对水泵的安全性考虑,集水坑内一直存有积水;②由于排水区间一般不大于200 m,当管廊较长时,排水点多且分散;③集水坑一般设在管廊低点多层节点最下层底部,增加了基坑深度,导致基坑支护费用增加、降水困难、施工难度加大等问题。

2 真空排水系统

2.1 真空排水系统的组成

真空排水系统由收集箱、真空管道、真空罐、真空泵、排水泵和除臭生物滤池等组成^[3],见图2。

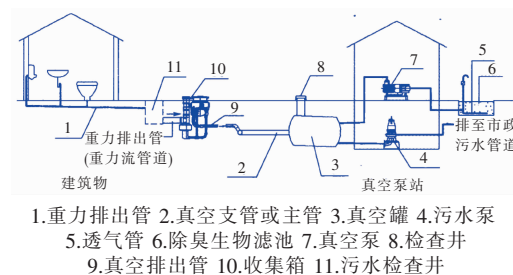


图2 真空排水系统示意图

Fig.2 Schematic diagram of vacuum drainage system

① 收集箱。收集箱是真空排水系统的起点,常设于排水建筑物附近。收集箱包括污水收集井和真空接触阀,污水收集井用来临时收集建筑物内的污水,真空接触阀安置在污水收集井内。污水一般通过重力管道排到收集箱中。当污水收集井内的水位升高时,真空接触阀感应管内空气受到压缩,气压上升,当感应管内气压与真空管道内的压差达到设

定值时,真空阀开启,收集井中污水在压差作用下通过抽吸管进入接触阀后的真空管道中。随着集水井中污水携带的空气进入,井内水位回落,使得感应管中的气压下降,当感应管中的气压降低到一定值时,压力开关自动关闭,系统的一个工作周期结束,将进入下一个循环周期。

② 真空管道。真空管道包括干管和支管,干管管径一般为 $5 \sim 25 \text{ cm}$ ^[3],用于连接阀井和真空站内的污水收集罐。污水由收集箱经支管、干管及主干管进入真空站,整个管网呈枝状分布。在真空阀打开的瞬间,抽吸作用将污水吸出支管。同时,收集井内的空气被吸入排水管网中,在不同的气液流速下,液体会以连续的形式(层流、破浪流、柱塞流)或气液混合物的形式被输送^[4]。

③ 真空站。真空站是真空排水系统的核心部分。一般配有真空泵、排污泵各2台(均为1用1备,自动交替运行)、大型污水真空收集罐1座。此外还配备了真空压力监测仪、故障监控系统、电控系统等。真空排水系统运行时,由真空泵提供和维持管道及真空罐内负压状态($35 \sim 50 \text{ kPa}$)。真空罐起到储存负压使系统具有足够的弹性、污水暂存和汽水分离的作用。

2.2 真空排水系统优点

① 不受地形限制,适用范围广。由于管道采用有压输送污水,不需要保持严格的管道坡降,易于污水提升,管道布置灵活。

② 有利于环境保护。气密性很高的管道经常保持真空状态,可避免污染地下水和土壤;管道内污水流速远大于重力系统中的自净流速,管道不易堵塞。

③ 系统综合费用较低。真空排污系统管径相对较小,管道敷设无坡度要求,能自由沿地形实现浅埋。因此,在管材、土方开挖量和回填量等方面的费用比重力排水系统大幅度下降。

3 真空排水系统在综合管廊中的应用

3.1 工程概况

北京某综合管廊工程长为 655 m ,分为A、B两段,其中A段长度为 264 m ,B段长度为 391 m ,均为双舱(综合舱、强电舱)断面(详见图1)。根据管廊纵向设计,本工程有8处纵向低点。

3.2 排水系统的设计

① 方案一:常规排水系统(集水坑+潜污泵)

每个管廊低点设一个集水坑,集水坑设于综合舱下,电舱内排水井DN150管道流入集水坑(若有燃气舱,则燃气舱需单独设置集水坑,本工程无燃气舱,故两个舱共用集水坑)。每个集水坑内设2台潜污泵,平时互为备用,高水位时两台泵同时工作。集水坑有效容积不小于单台潜污泵 5 min 排水量(见图1),潜污泵采用液位自动控制方式,运行及故障信号上传至控制室,污水就近排入道路市政排水井。常规排水系统平面布置及主要设备材料如图3所示。

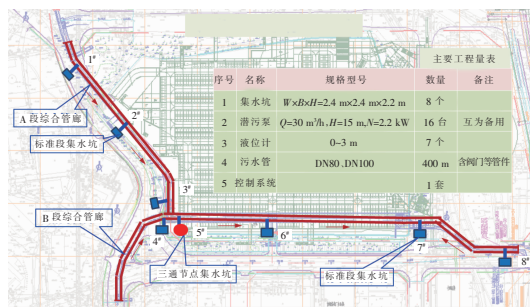


图3 常规排水系统平面布置示意图

Fig. 3 Plane arrangement of conventional drainage system

② 方案二:真空排水系统

在管廊纵向低点的电力舱和综合舱分别设置收集坑(收集坑尺寸及位置详见图4),每个收集坑设探枪式真空收集器,探枪式真空收集器主要由底部探枪(细管与液位感应)模块与控制及监控模块组成。真空排水系统工作原理是排水沟的污水流入集水坑内,水位达到设定高度后,触发控制器,真空阀启动,将污水“吸入”真空管道,经过设定时间后,真空阀关闭,完成一次排污。真空排水系统平面布置及主要设备材料详见图5。

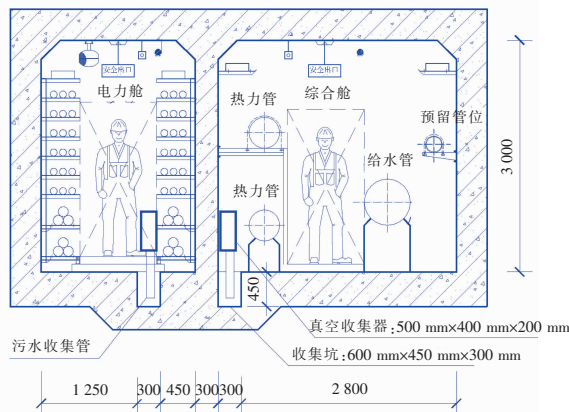


图4 真空收集坑示意图

Fig. 4 Schematic diagram of vacuum collection sump

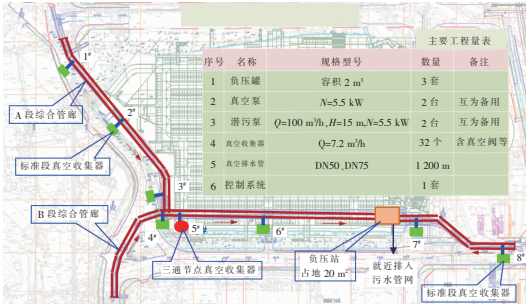


图 5 真空排水系统平面布置示意图

Fig. 5 Plane arrangement of vacuum drainage system

3.3 方案分析比较

对常规排水系统及真空排水系统从设备、排放口数量、施工及投资等方面进行比较,结果见表 1。

表 1 排水系统对比

Tab. 1 Comparison of drainage systems

项 目	方案一 (常规排水方式)	方案二 (真空排水系统)
用电设备	8 个集水坑,每个坑设置污水泵 2 台,单台功率为 2.2 kW,共 16 台水泵,污水泵总功率为 35.2 kW	真空泵 2 台,污水泵 2 台,集中于 1 处,总功率为 22 kW;负压站 1 处,且负压站与配电室相邻
设备密闭性	敞开式,坑内积水易产生臭气	密闭性强,臭气极少
集水坑尺寸	长×宽×高=2.4 m×2.4 m×2.2 m	长×宽×高=0.6 m×0.45 m×0.3 m
集水坑内积水	有	无
排放口	8 处,需要与周边管网对接,增加土建工作量	1 处,集中汇于负压站一处
管道布置	集水坑出水管需穿过过管廊顶板,共 8 处,且穿顶板处需设防水套管	管道灵活,可串联和并联,管道无需穿管廊结构
安装施工难度	集水坑大且深,导致基坑支护深度增加、降水困难、施工难度加大等问题;对管廊结构及防水要求高,需设潜污泵吊装孔	集水坑小而浅,真空收集器外形小巧美观,安装便捷、运行维护方便
排水系统投资	含集水坑土建施工费用(较高);污水泵、动力电缆、控制柜等设备费用	含收集坑土建费用,真空泵、污水泵及收集阀等设备费用;总投资较方案一少 30%
系统扩容	若综合管廊延伸,需增加排水设施,相应提高用电负荷,投资同比增加	若综合管廊延伸,现有负压站服务范围可增加,用电负荷不增加,投资增加较少

由表 1 可以看出,相对于常规排水方式,真空排水系统无论是用电设备数量、施工难易程度、工程投资及系统扩容性等多个方面具有明显优势,真空排水系统应用于管廊工程合理可行。

4 结语

通过分析综合管廊工程内排水系统的特点、常规排水方式及其存在的问题,以及真空排水系统的组成和优点。并以实际工程为例,将常规排水方式和真空排水系统从用电设备、集水坑尺寸、施工难易程度、系统扩容性及投资等多个方面进行比较分析,说明了真空排水系统既能满足综合管廊内排水要求,又可降低工程投资和施工难度,将真空排水系统应用于实际综合管廊工程,工程效果和经济效益良好。

参考文献:

[1] GB 50838—2015,城市综合管廊工程技术规范[S]. 北京:中国计划出版社,2015.

[2] GB 50108—2008,地下工程防水技术规范[S]. 北京:中国计划出版社,2008.

[3] CECS 316:2012,室外真空排水系统工程技术规程[S]. 北京:中国计划出版社,2012.

[4] 张健,聂章义,李萌. 负压(真空)排水流体摩擦阻力的计算分析与探讨[J]. 中国给水排水,2012,28(24):14-17.



作者简介:范翔(1979-),男,陕西乾县人,硕士,高级工程师,主要从事给排水工程设计工作。

E-mail:23700487@qq.com

收稿日期:2017-01-04