

Reverse Analysis of the Planning and Design of the Comprehensive Pipe Gallery Based on Operation and Maintenance

Jianhua Li¹ Jie Song¹ Hua Gao¹ Weina Zhang¹ Lei Wu²

1. MCC Capital Engineering & Research Incorporation Limited, Beijing, 100044, China
2. China Architectural Design and Research Institute Co., Ltd., Beijing, 100044, China

Abstract

With the continuous progress of the construction of comprehensive pipe gallery, new comprehensive pipe gallery has gradually entered the operation and maintenance stage, the pipe gallery contains many municipal pipelines, the space is relatively closed, and the actual operation experience is insufficient. How to ensure the safe and stable operation of the comprehensive pipe gallery and internal pipelines and prevent and control the occurrence of safety accidents will become an important issue in the development and research of the pipe gallery in the next stage. Through the investigation of the completed and put into use comprehensive pipe gallery project, various general operation and maintenance diseases are summarized, the diseases are classified and traced to the source, reverse analysis is carried out, and the preventive measures are finally fed back to the planning and design stage, which has strong guiding significance for improving the planning and construction quality of comprehensive pipe gallery in the future.

Keywords

comprehensive pipe gallery; operation and maintenance; reverse analysis

基于运维的综合管廊规划设计逆向分析

李建华¹ 宋杰¹ 高华¹ 张伟娜¹ 毋磊²

1. 中冶京诚工程技术有限公司, 中国·北京 100044
2. 中国建筑设计研究院有限公司, 中国·北京 100044

摘要

随着综合管廊建设的不断推进,大量新建综合管廊进入运维阶段,管廊内部容纳众多市政管线,空间较为封闭,实际运营经验不足。如何保障综合管廊及内部管线安全稳定运行,预防控制安全事故的发生将成为下一阶段管廊发展研究中的重要问题。通过对已建成投入使用的综合管廊项目进行调研,总结各类常见运维病害,进行分类溯源和逆向分析,最终反馈规划设计阶段采取预防措施,对提高综合管廊规划建设质量具有重要意义。

关键词

综合管廊; 运维; 逆向分析

1 引言

随着综合管廊建设的不断推进,在日常维护中逐渐暴露出一些问题,如变形缝渗漏、管廊本体沉降、附件锈蚀等。部分发生问题的设备设施、管廊本体虽然经维护修复或更换后能恢复其功能,不影响综合管廊正常运行,但是增加了管廊运维任务和费用;而有一些问题则无法在运维阶段彻底解决,严重影响综合管廊的使用寿命,同时增加了综合管廊安

全风险。

目前,在综合管廊运维安全风险的研究方面存在以下不足:

- ①软土地基条件对综合管廊长期运维影响研究不足。
- ②内涝对综合管廊运行安全产生了较大影响,但研究不足。
- ③内部环境对管线运行安全的影响研究尚为空白。

为减少上述安全风险的发生,论文通过中国不同地区进入运营期的综合管廊情况进行分析,针对存在的问题,通过逆向分析手段,提出对规划、设计的逆向指导,提升管廊安全运行能力,减少安全风险,达到保障综合管廊本质安全的目的^[1]。

【基金项目】国家重点研发专项(项目编号:2017YFC0805000)。

【作者简介】李建华(1981-),男,中国山西忻州人,硕士,高级工程师,从事桥梁结构设计、综合管廊设计研究。

2 软土地基安全问题及逆向分析

2.1 病害情况及原因分析

根据调查情况,软土地基问题引起的常见病害主要为主体结构的位移、变形缝的错台、渗漏等。

软土地区土层具有强度低、压缩性高、抗剪强度低、具流变触变特征,水文地质环境变化时容易使综合管廊产生倾斜、水平位移、垂直位移等结构变形,进而造成综合管廊产生裂缝、渗漏等病害。软土地基建设的综合管廊,纵向沉降差异会导致管廊管节间形成剪切力,超过变形缝的容许范围则会造成变形缝开裂^[2]。

管廊周边进行深基坑开挖降水、强夯施工时会打破地下水的平衡状态,导致综合管廊变形,产生竖向、水平或者倾斜位移,进而在管廊内部结构产生裂缝、管廊节段之间的错台、变形缝渗漏等病害。

综上所述,地基问题引起的结构病害,其原因可分为内部环境因素和外部环境因素。

内部环境因素指设计、施工技术方案的施工质量等对综合管廊造成的病害,包括裂缝、锈蚀、局部微小渗漏点等,发生概率高,但危害程度相对较低。病害发生后相对容易处理,不会对综合管廊安全运营产生太大影响^[3]。外部环境因素指管廊周边地块开发、市政设施施工、地质情况突变等产生的综合管廊不良影响,外部环境一般危害程度高,需要加强运营过程中的安全保护措施,提前预防。

2.2 逆向分析

根据综合管廊存在的病害进行逆向分析,按危害大小、产生原因是否可控将对策原则分为接受、避开、管控三大类。

软土地基会引起管廊不均匀沉降及由此产生的各类病害,危害较大而不易控制,产生病害后难以修复,在规划设计阶段应以地勘资料为依据,将平面路由避开软土地基区域。

规划无法避开或城市普遍分布有不良地基时,需要接受既有条件,并在规划设计中加强地基设计。由于此类问题占比较大,因此雕琢设计细节、提高设计质量是提高管廊运维期结构安全的关键。

①综合管廊地基处理除承载力控制外,还需要增加沉降作为验算指标,软土地区建设时应计算综合管廊的工后沉降,相应调整地基处理方案,对于地基加固的起终点应做重点设计。

②提高综合管廊的截面抗弯刚度、减少综合管廊埋深,可以减少综合管廊接缝处渗漏隐患,减少渗漏后引起综合管廊的变形和沉降。

③为减少管廊与道路横向差异沉降,管廊本体宜设置在绿化带范围内,如综合管廊局部布置与行车道下,管廊边缘需要采用减沉措施。

④设计阶段提出对管廊结构变形的监测要求,并对观测点和观测设备进行预留预埋。

外部地块开发、市政工程施工等因素对综合管廊的安全威胁较大,主要需要通过加强管控来解决。采取加强地面标识、制定完善的管理措施来事前规避,当不可避免时,加强施工期间的检测测量,尤其深基坑开挖和降水,地下水开采,要求对方施工单位做好施工组织计划,控制不良影响。

3 外部水渗漏问题及逆向分析

3.1 病害情况及原因分析

外部水渗漏问题主要有:

①电力电缆、通讯电缆分支口一般无预埋套管,内涝、降水及地下水通过分支管道进出管廊处侵入综合管廊形成病害。

②管廊伸缩缝老化或因地基差异沉降开裂会引起地下水的渗入^[4]。

③通风百叶窗是综合管廊通风换气的重要通道,但根据运营情况来看,雨水、浇洒水易通过百叶窗侵入综合管廊,引起管廊内积水。

综合管廊水渗漏病害可分为外部原因和内部原因。

外部原因主要有:管廊线路较长,低洼处管廊口部下边缘易被洪水淹没,导致洪水迅速入侵综合管廊;地下水对易通过分支管道进出管廊处侵入综合管廊;降雨时雨水可能通过百叶窗侵入综合管廊。

内部原因主要有:变形缝处防水效果差;管道反复作业扰动造成管廊分支口处渗漏。

3.2 逆向分析

对于外部渗漏水产生的病害对策同样按照接收、避开、管控三个原则展开。对于城市内涝区、地下水丰富的地点应在规划时尽量避开;对于一般路段的防洪排涝、灌溉清洁,应接受问题并在设计阶段采取措施减轻相关影响;运维阶段加强管控,将防渗漏措施落实到位。

①综合管廊规划阶段应尽量避免与河谷交叉。结合当地洪(潮)水位变化规律和发展趋势,合理规划设计符合当地实际的工程方案。

②应避免管廊口部设置在低洼处。

③根据城市积水不同设置不同高度通风口;通风口可以设置外部防止降水及洒水、喷灌浇洒侵入管廊措施,可设置防水百叶。

④综合管廊穿越河流沟谷段,应在两端节点处设防淹门,防淹门要求能快速关闭。

⑤逃生口结合道路绿化景观设置成逃生口构筑物,逃生口高度应高出绿化带标高,防止降雨、积水及浇灌水等侵入综合管廊,同时做好逃生口的密封,防止降雨、积水及浇灌水等渗入综合管廊^[5]。

⑥综合管廊应根据防水等级要求和环境条件,来选择防水措施,建立起“周围土体+防水层+结构自防水”的综合防水体系。

4 内部温湿度的影响及对策分析

4.1 病害情况及原因分析

管廊内部环境常见问题有密闭环境、潮湿、廊内通风问题、严寒问题等。

综合管廊属于线性狭长封闭环境，一般只在通风井、逃生口、吊装口、部分管线分支引出处与外界联通，同时由于管廊内部直接利用外部通讯信号较困难，目前管廊基本均利用管廊内部无线通讯与外部进行通讯，巡检维护人员长期在管廊内部工作，情绪较为压抑。

潮湿环境会导致管道、支吊架、预埋件的金属构件锈蚀，影响综合管廊内检测、检测仪仪器仪表的准确度和寿命，促进霉菌生长，可能会对长期进入管廊的运维人员身体健康造成不良影响。

廊内通风不畅可能会引起廊内温度过高、湿度过大、氧气浓度不足、有毒有害气体浓度超标和危险物质堆积，增加了运维人员面临的人身安全风险^[6]。

中国地区冬季寒冷，开启风机进行廊内正常通风换气，室外温度较低的冷空气会直接灌入廊内，会造成有凝露的壁面结冰或者会造成廊内管仪器仪表冻结等危害，同时裂缝中发生冻结容易引起结构裂缝的进一步加剧，影响结构安全性。

由于管廊工程施工把关不严、管廊外部水位较高、管廊上部车辆荷载变化、道路开挖等因素，导致综合管廊外防水层防水效果差或防水层被破坏，伸缩缝、施工缝处渗漏水、甚至涌水加重了管廊内潮湿程度。

管廊设计通风能力不足或通风气流紊乱导致管廊内通风气流不畅，无法有效改善管廊内部环境。

4.2 逆向分析

导致管廊内部潮湿的原因，一方面是客观环境，一方面是管廊自身的通风能力。客观环境如地下水位、空气湿度等对于特定的城市来讲一般是无法改变的，需要接受并在规划设计中加强通风设计或采取其他措施避免、减轻对运维阶段的影响^[7]。

①由于综合管廊属于地下封闭场所，综合管廊内需要保证一定的环境温度、湿度要求以适合维护人员检修作业的需要。

②综合管廊宜采用自然进风和机械排风相结合的通风方式，天然气管道舱室和含有污水管道的舱室应采用机械进、排风的通风方式。各舱室内加设诱导风机，改善通风气流组织，提升廊内卫生环境。

③增加预埋件的防腐性能，按照百年设计使用寿命选择钢材，并适当提高预埋件的防腐设计年限，建议提高至20~30年，同时配合高效的运维巡检，有效提高预埋件的使用寿命。

④管廊内盖板、扶梯、电缆桥架等采用阻燃玻璃钢等不易于锈蚀的复合材料，避免高盐、高湿环境下的锈蚀。

5 设置安全保护区及安全标识

中国建设综合管廊的历史较短，运维管理经验积累不足，但轨道交通、隧道等工程建设运维经验丰富，总结了很多有效的经验与保护措施，这些工程在重要性程度、结构形式上具有一定可比性，可合理借鉴，作为综合管廊安全保护措施的参考。

为避免外部工程的实施对综合管廊的运维安全产生危害，最直接的手段就是设立安全保护区，对综合管廊沿线规定一定范围，范围内设置标志、标识，明确保护范围和禁止事项，并安排人员日常巡检，避免不规范施工造成安全隐患。

5.1 安全保护区

为防止运营期管廊遭受邻近工程的破坏，应在管廊周边设置安全保护区和安全控制区，并在安全敏感处设置内外保护标识。

①综合管廊建设时，应根据GB 51354—2019《城市地下综合管廊运行维护及安全技术标准》，在规定的保护范围、安全控制区的边界处设置明显地面标识或标牌，明确保护边界，对保护区内作业进行明确限定。

②对于浅埋管廊及节点处地面区域设置保护范围，标明可开挖深度，对在保护区域内作业进行明确限定。

③在综合管廊保护区沿线设立保护标识，有条件地方可并入城市应急联动体系，提供统一应急联系电话。

5.2 安全标识

GB50838—2015《城市综合管廊工程技术规范》的规定，管廊内部设置管廊介绍牌、管线标识牌、设备标示牌、安全警告标识牌、里程标识、管廊节点标识。主要存在问题如下有：

①标识设置不规范。管廊内标识信息未按照国标规定设置，管理信息缺失。各地方规范对于标识具体形式规定形式多样、各具特点，没有形成一套统一的标准。

②管廊内部一般不设置连续的里程桩号，定位需借助于零散的标识系统，造成检修时定位不便。

③管廊交叉节点位置管线错综复杂，缺少相应的排布示意图，对检修及日常维护造成不便。

综合管廊外部标识设置较少，会引起以下问题：

①综合管廊管理主体信息标识缺失，不便于涉及综合管廊相关事项的申报处理。

②在埋深浅、易受道路施工破坏的管廊段缺少必要的指示标识，存在施工破坏的隐患。

③在综合管廊保护区及控制区边界缺少相关标识，对于影响管廊安全的相关工程缺少必要的提示。

综合以上问题，对于综合管廊内外标识的设置，建议在设计阶段从以下方面进行优化：

①在检修道地面设置连续里程标识，方便检修人员随时随地可以进行里程定位^[8]。

②对于管廊内标识牌,需加强信息完整性的检查,特别是设备规格、型号、主要参数、联系电话等关键信息,保证日常检修检查以及应急状况下的安全处置顺利进行。

③在管廊安全保护区及控制区范围地面设置明显标识,并对相关区域可进行哪些作业进行明确限定,设立指示牌。

④浅埋管廊(管廊顶板以上覆土小于1.5m)建议设置覆土较小的提示标识,对于道路施工起到提示作用。

⑤管线分支口、管廊交叉口等节点处,在顶板覆土较小区域路面设置明显标志。

⑥每隔一定距离设置管廊管理主体标识,明确管理单位、禁止事项、联系电话等。

⑦出入口井盖、检查井井盖、投料口井盖设置“综合管廊”标识,明确产权归属。

⑧管廊穿越河道、铁路桥、隧道处需在外部地面处设置明显标识。

6 结语

论文通过对综合管廊运营期病害梳理、病害原因分析,并进行逆向分析溯源,对影响综合管廊安全性、耐久性的因素提出了规划设计阶段的改善措施。

①管廊选址时要将地质情况作为选址的重要考虑因素。地下管廊作为重要的地下市政设施,其重要性、安全性远比自己一般的地下构筑物高。虽然可以通过技术措施提高地下综合管廊的安全等级,但地下条件的复杂性、周边建设的不可控性仍然是地下综合管廊的安全隐患。在地下综合管廊规划时就将地质条件作为重要的选址因素进行考虑,有利于城市的长远和科学发展。

②城市规划设计时要综合考虑地下综合管廊和周边建筑的布置位置、建设时序。地下综合管廊和周边建筑物之间的距离、建设时序对两者的结构安全都非常重要,在城市建

设近远期规划时应通盘考虑,避免两者相互干扰,能够从根本上提高安全等级,减少隐患。

③建立城市地下空间开发管理体制,加强对地下空间开发的安全管理。不论是地下综合管廊还是其他地下空间,只要涉及地下空间开发,应统一报备、联合管理,尤其重视管理地下综合管廊周边范围内从事深基坑开挖之类影响管廊安全的行为,避免造成地下空间构筑物的结构损害。

综合管廊是百年工程,需要在规划、设计阶段对全生命周期内的安全性、耐久性问题做到提前预防。根据当前管廊运维的现状,针对较为普遍的地基问题、渗漏水问题、内部环境问题对规划设计进行逆向分析,是一个新的研究思路,为提高中国综合管廊建设质量、保障各类管线长期安全稳定运行具有重要的意义。

参考文献

- [1] 黄剑,王恒栋,王建.软土地基综合管廊沉降控制、监测与分析[J].地下空间与工程学报,2018(增2):845-859.
- [2] 李怀翠.地基加固对地下矩形综合管廊受力性能的影响研究[J].建筑施工,2018(6):986-988.
- [3] 刁钰,褚振西,宋欣欣,等.管廊渗漏对其变形及周边土沉降特性的影响研究[J].土工工程学报,2019,52(增1):106-112.
- [4] 白旭峰,张晶,苏晓果.车辆荷载作用下软土地上预制综合管廊受力特征分析[J].黑龙江大学学报,2018(4):19-22.
- [5] 林财.地下综合管廊软弱地基处理技术的优化及应用[J].福建建设科技,2016(5):73-75+76.
- [6] 余成书.地下综合管廊渗漏水原因及处理措施[J].福建建筑,2020(10):141-144.
- [7] 李正全,彭佳乐.综合管廊防水施工难点及防治[J].四川水力发电,2020(2):60-62.
- [8] 孙天尧.综合管廊的内部环境特点及安全隐患分析[J].中国建筑装饰装修,2021(3):100-101.