

# 地下综合管廊运维难点以及应对措施研究 ——以台州市某地下综合管廊运维工程为例

陈立东

上海城建城市运营（集团）有限公司，上海 200000

DOI:10.61369/ERA.2026060024

**摘 要：**近年来，随着地下综合管廊在全国的迅猛发展，全国各处都新建了地下综合管廊，因此地下管廊的运维也变得越来越重要。以台州市 19.9km 地下综合管廊运维工程为依托，针对江南地区高地下水位、梅雨高湿环境及台风强降雨等情况，系统分析了管廊在运行阶段面临的机电设备腐蚀失效、监测盲区、雨水倒灌及结构渗漏开裂等关键技术难点。在此基础上，提出了基于分级编码的设备全生命周期管理方法、融合多源传感与 AI 预测的智能运维模式，以及“堵漏 + 补强”的结构病害治理技术，并构建了 BIM+GIS 一体化智慧运维平台。以期彻底改善管廊的运维质量，推动管廊运维技术水准的提高，确保其能够发挥最大的作用，为管廊内管线安全提供更好的保障。

**关 键 词：**地下综合管廊；运维和养护；应对措施

## Research on the Difficulties and Countermeasures of Operation and Maintenance of Underground Utility Tunnels —Taking the Operation and Maintenance Project of an Underground Utility Tunnel in Taizhou City as an Example

Chen Lidong

Shanghai Urban Construction Urban Operation (Group) Co., Ltd., Shanghai 200000

**Abstract：** In recent years, with the rapid development of underground utility tunnels across the country, new underground utility tunnels have been constructed everywhere, making the operation and maintenance of these tunnels increasingly important. Based on the 19.9 km operation and maintenance project of an underground utility tunnel in Taizhou City, this study systematically analyzes key technical challenges faced during the operational phase, including corrosion and failure of electromechanical equipment, monitoring blind spots, rainwater backflow, and structural leakage and cracking, under conditions of high groundwater levels, humid plum rain environments, and typhoon-induced heavy rainfall in the Jiangnan region. Building on this analysis, it proposes a hierarchical coding-based equipment lifecycle management method, an intelligent operation and maintenance model integrating multi-source sensing and AI prediction, and a "leak-blocking + reinforcement" structural defect treatment technique. Additionally, it constructs a BIM+GIS integrated intelligent operation and maintenance platform. The aim is to thoroughly improve the quality of tunnel operation and maintenance, elevate the technical standards of tunnel operation and maintenance, ensure their maximum effectiveness, and provide better safeguards for the safety of pipelines within the tunnels.

**Keywords：** underground utility tunnel; operation and maintenance; countermeasures

### 引言

地下综合管廊作为典型地下设施，但是在日常的管廊运维管理中，却面临多重运维挑战。首先，已江南地区为例，地下水位较高，导致地下结构易出现渗漏隐患。其次，梅雨季节空气湿度长期处于高位，加之地下设施与外界存在显著温差，极易形成凝露现象。此外，台风季短时强降雨频发，若防范措施不到位，可能引发雨水倒灌风险。本文结合台州市地下综合管廊工程深入探讨当前地下管廊设施设备运维的状况，并从中发现其运维难点，最终给出有效的建议和改善措施。

## 一、项目概况

台州市地下综合管廊一期工程（台州大道段、市区段），全长共 19.9 公里，布设在道路一侧绿化带下或非机动车道与人行道下。台州大道段廊体采取双舱断面（综合舱和高压电力舱），入廊管线包括电力、通信、给水、中水。市区段共 15.6 公里，廊体采取三舱断面（综合舱、高压电力舱和燃气舱），入廊管线包括电力、通信、给水、中水、天然气，2023 年工程竣工后开始养护运维，目前已经运维 3 年。

## 二、机电设备运维难点分析及解决措施

### （一）机电设备运维难点

机电设备对于地下管廊来说非常重要，因为综合管廊内机电设备种类繁多，包括供电系统、照明系统、通风系统、排水系统、安防监控系统等设备，每种设备都有其特定的功能和维护要求，而在目前台州管廊运维期间，机电设备运维存在以下四处难点。

一是台州管廊机电设备有 153 类，经过现场统计包含大小机电设备将近 300 万个，数量庞大，涉及机电设备类型也较多，有大型配电柜，也有小型的应急照灯，分布广泛。

二是台州地下管廊内集成了供电、供水和通信等各种管线，一旦管线发生故障，如 10KV 电缆接头短路、中水管路漏水等情况，由于管廊内摄像头为固定布设，目前管廊内为 200 米一个区间，布设一个枪型摄像头，但是局部地方（倒洪段、转弯处）存在视频盲区，不易及时发现，容易造成事故的扩大化。

三是地下管廊湿度高、通风差，因为在每年的 5 月~7 月梅雨季节期间，管廊内湿度达到了 95% 以上，而管廊内通风只有 200 米设置了一处风机，导致管廊内金属部件易腐蚀，电气设备易受潮短路，从而缩短机电设备的使用寿命，以温度 / 湿度传感器为例，原设计使用寿命在 2 年，而在管廊内潮湿的环境，使用寿命缩短为一年，传感器就失去了作用。

四是在汛期，管廊地下管廊面临雨水倒灌风险，因为管廊逃生口及通风口位于地面，而由于周边的施工以及开发，部分的通风口在周边地势低洼之处，一旦发生强降雨，极易导致雨水倒灌的情况。

### （二）机电设备运维措施与创新技术

#### 1. 分级编码的全生命周期资产管理技术

针对设备规模大及管理复杂的问题，如采用传统的设备登记台账的模式，工作量大且效率低下，同时难以对具体设备进行系统管理，所以在该项目中采用分级编码的全生命周期资产管理技术，项目首先在管廊智慧平台对机电设施进行标准化分类、按照管廊内机电系统分类进行一级编码，其次对子系统设备进行二次编码，如排水系统 5000 个设备，安防监控系统 900 个设备进行

二级编码，并进行动态资产管理，第二是根据运营重要程度的不同，对机电设备进行三级管理，第三是制定详细的设备维护计划，明确维护周期和维护内容，导入智慧平台，由管廊智慧平台自动生成巡检工单和维保工单。实现设备从安装、运行到报废的全过程数字化管理。并匹配差异化巡检与维护周期，从而实现由传统的统一管理向精细化分级管理的转变。

#### 2. 多源感知融合的智能监测与故障预测技术

针对监测盲区问题，传统的运维模式是携带纸质记录表进行现场记录，在巡视后进行统计分类并开具工单，工作流程长，维修不及时。而此项目中采人工巡视通过使用 VoIP 手持终端每日记录设备运行状态，并上传终端服务器进行分析处理，确保机电设备处于可控的状态，同时配备红外热像仪对电缆接头温度进行检测。在管廊已有各类传感器（感温光纤、超声波液位仪、爆管检测仪等）的基础上，建立通过 AI 算法预测故障（如电缆接头过热预警），并及时定位并发布维修工单，实现由事后维修向事前预警的转变。

#### 3. 高湿环境下的自适应通风除湿控制技术

利用数据对设备的性能进行准确的评价，在智慧平台进行评价分析后，针对每一种机电设备自行制定合理的设备维修策略，保障机电设施功能完好、运转可靠，确保各系统运行的稳定性和安全性。对机电设备的硬件进行升级，首先提高防潮防腐设计。其次优化通风除湿，根据温湿度传感器数据自动调节管廊送风机和吹风机的开启时间，实现风机启停的自动调节，防止凝露等现象，降低环境湿度，通过该技术，使得管廊内的湿度明显降低，极大延长的机电设备的使用寿命。

#### 4. 极端降雨工况下的韧性防汛与应急保障技术

在汛期前管廊的所有出入口、高压细水雾泵站安装可拆卸式防水挡板，挡水板采用一级防水等级，挡水高度在 1.0m-1.5m，并采用二级抗水压：抗水压  $\geq 0.05\text{MPa}$ ，渗水量  $\leq 0.1\text{L}/(\text{m}\cdot\text{h})$ ，当暴雨时快速安装，结合沙袋对管廊进行双重防护。雨季前全面清理排水沟、集水井淤泥，并排污泵及排污泵电机进行检测，检查并调整联轴器同心度，对泵体 / 电机润滑部位进行润滑，检查排污泵内有无异物。常备 20KW 小型发电机和 4000W 移动发电机、大流量移动排水泵以及数台潜水泵，在极端天气时部署、至关键节点增援。同时建立管廊智能应急仓库，根据管廊需要及时补充应急物资，通过韧性防汛与应急保障技术，让管廊在极端降雨工况下，做到事先预判，事中处置有序得当，确保管廊的安全运行。

## 三、土建结构病害及运维措施

### （一）结构病害分析

台州市地下综合管廊在长期高地下水位及复杂外部环境作用下，结构逐步出现以施工缝渗漏水 and 结构裂缝为主的病害问题。其中渗漏施工缝约 200 条，导致地下管廊部分地方积水，影响设

备运行及结构寿命。同时台州地下管廊周边施工的工地较多，周边施工（如管线入廊、道路改造）可能引发地基沉降，导致结构开裂或接口错位，裂缝较多。部分区域通风不良、光线昏暗，给检测设备的操作和检测人员的工作带来困难，以及有些裂缝可能隐藏在管廊结构内部，或者表面被覆盖层遮挡，难以直接通过肉眼或常规检测方法发现。经过管廊内全线排查，共发现裂缝150余条，管廊裂缝纵向为主，横向较少。

（二）运维措施

1. 施工缝渗漏水治理措施

针对伸缩缝的渗水情况，根治管廊施工缝渗漏水病害，结合现场渗漏水情况，在台州管廊采取“先堵、再补强”的方式进行处理，通过结构堵漏注浆对施工缝进行堵漏，再通过压注环氧进行补强。由于本项目涉及管廊内施工，施工场地受限，首先选择小型设备机械进场施工，确保设备尺寸适合管廊内的操作空间，其次施工设备的布局优化，确保设备之间有足够的操作空间，同时进行作业流程的优化，减少不必要的工序和材料搬运。在施工过程中，首先对施工缝两侧的混凝土进行凿除，并对缝内的残渣清理干净、修补平整，接着根据现场情况，在缝隙表面用双快水泥封闭，再安装施工排架，采用手持冲击钻，在距离漏水施工缝边6~10cm处斜向60度打入 $\phi 14$ 注浆孔，钻孔纵向间距20~30cm，在已打好孔的位置埋入15cm金属注浆管阀，孔内清理干净，管阀埋入应牢固密实；采用手提式注浆泵，进行油性聚氨酯材料(A,B组)注浆施工，当出气孔出浆后将出气孔封闭，然后再进行屏浆，使缝隙充满聚氨酯浆液，阻断外来明水。注浆直至渗漏处两侧50cm范围有聚氨酯浆液溢出为止，最后待注浆材料固化后，将金属管拔出，用双快水泥封口。同时，对施工采用的油性聚氨酯材料性能要求如下：

表1 油性聚氨酯性能要求表

| 序号 | 项目                                 | 指标                     |
|----|------------------------------------|------------------------|
| 1  | 密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )      | $\geq 1.05$            |
| 2  | 粘度 ( $\text{Mpa} \cdot \text{s}$ ) | $\leq 1.0 \times 10^3$ |
| 3  | 凝固时间 (s)                           | $> 800$                |
| 4  | 不挥发物含量 (%)                         | $\geq 78$              |
| 5  | 发泡率 (%)                            | $\geq 1000$            |

2. 结构裂缝处理措施

针对管廊内裂缝情况，首先用专业仪器（HC-CK102裂缝测宽仪、GLM80激光测距仪）进行裂缝检测。本项目采取多种检测技术结合，利用红外热成像技术，当裂缝存在时，其热传导特性与周围完好结构不同，在红外热像图上会呈现出温度差异，从而辅助识别裂缝。二是对于裂缝宽度的测量，选用精度高、分辨率高的电子裂缝测宽仪。这种仪器可以精确到0.01mm，能够满足裂缝宽度测量的高精度要求。同时测量裂缝深度时，可采用超声波检测仪。它利用超声波在不同介质中的传播速度差异来检测裂缝深度，通过合理设置检测参数和多次测量取平均值的方法，可以提高测量结果的准确性。例如本项目中的T0+650m南第1变形缝+16m（东侧墙），通过电子裂缝测宽仪和超声波检测仪，检测出该处裂缝

宽度0.25mm，裂缝长度1210mm，裂缝深度11.2mm，该处裂缝如未检测出来，日久裂缝会加大加深，甚至导致结构安全。裂缝处理，主要分为三个情形，普通裂缝，采用封闭或注浆加固处理，大于0.5mm的裂缝经检测后处理。已渗水的裂缝，采用嵌缝法、堵塞法或注浆法，止水后封闭处理。变形缝渗漏裂缝，采用注浆或止水带修复，特殊情况可安装外加导流槽。对于001 T0+845m（西侧墙）处的裂缝，裂缝宽度1.04mm，裂缝长度2030mm，裂缝深度40.2mm，采取了注浆法处理。

四、基于智慧平台长期检测运维

由于地下管廊环境复杂，存在水土压力、腐蚀性介质、震动荷载等问题。结构长期服役也会面临着材料老化、性能退化的风险。同时内部系统高危，并且隐蔽工程且空间受限，传统人工巡检效率低。需要定期开展结构健康检测（如裂缝监测、混凝土碳化深度检测）以及更高效的监测和检测手段。在本项目中结合物联网、以BIM+GIS等多种先进技术，构建管廊运维的数字化模型，以此实现对机电设备的实时监管，确保设备处于正常运行状态。同时采用结构数字化监测、机电数据实时交换等手段，对管廊的设施、设备状态进行智能监测，结合管廊的日常运维养护现状，搭建综合管廊数字化智能管养平台，实现数据资源综合管理、信息高度共享。最终实现与各管线部门间的信息共享和应用价值提升，保障管廊科学、高效、安全的运行。

设备设施智能监测主要对监控、通信、消防、通风、排水、供配电等系统设备状态进行实时监控并操作相关设备。为进一步提高地下综合管廊管养水平，保障管廊安全运行，通过采集分析地下管廊各类机电设备的实时运行数据，智能整合数据资源，完善管养功能，实现机电设备监控平台与业务平台间的数字化信息共享。针对土建设施管养需求，提出更精细、更科学的全生命周期数字化运维方案。通过应用全生命周期管理平台，实现设施基础数据、业务数据、监测数据的融合，形成数据资产，进而实现数据可视化、资产数字化、业务标准化、评价智能化、决策科学化。运维管理方案“立足全生命、动态分级管理、实现数字化”。

五、实施效果及经验总结

台州管廊经过三年的运维，通过一系列的改进措施，管廊内的机电设备延长了使用寿命，在梅雨季、汛期，因措施得当，管廊内没有发生积水，倒灌等情况，所有的机电设备都处于有效管控之中，同时管廊内的土建的渗水和裂缝问题，采用多种检测技术结合，并克服了管廊内空间狭小的问题，优化了施工流程、材料，为今后地下管廊运维积累了一定的运维管理经验。同时引入地下管廊智慧平台，形成线上线下协同联动的闭环管理网络，为每台机电设备建立电子档案，实现从坏了再修到预防性维护的转变。同时可以生成设备资料库，引导完善大中修，实现全生命养护

周期模式,降低大中修维修费用,真正实现“一屏观设施,一网管运维,动态防风险”,这也进一步推动了地下管廊设施全生命周期一体化运维。

在本项目的运维过程中,我带领团队发现了管廊中机电设备以及土建中存在的运维难点和痛点,并在解决这些技术难点的过程中,我始终秉持严谨的态度,深入分析问题的本质,结合管廊的实际情况,不断探索和提升管廊运维方案。通过这些努力,有效解决管廊运维的技术难题,还在实际应用上取得新的突破,为管廊运维提供宝贵的经验借鉴。

## 六、结语

总的来说,管廊的运维对于管廊以及管线的安全性和稳定性具有极其重要的意义,本文根据台州市地下综合管廊运维项目的实践,针对高湿、高水位及强降雨等复杂的环境条件,系统地分析了机电与结构运维中的关键技术问题,并提出了相应的解决方案。实践表明,该体系能有效提升管廊运行安全性与运维效率,也实现了从被动维修向主动预防的转变。未来,应进一步加强智能化技术在运维中的应用,推动地下综合管廊管理向更高水平发展。

## 参考文献

- [1] 姚浩,吕龙飞.城市地下综合管廊运维标准研究[J].城市建筑,2025(4):216-218.
- [2] 陈刚,张培兴,等.国内综合管廊运维管理研究领域文献计量分析[J].项目管理技术,2022(10):39-43.
- [3] 盖云波.城市地下综合管廊运维安全保障体系研究[J].暖通空调,2025(S1).
- [4] 张文明,张利峰,王斐,等.雄安新区地下综合管廊建设关键技术创新与应用[J].隧道建设(中英文),2026,46(01):214-223.
- [5] 张哲,刘敏,李鹏飞,等.城市地下综合管廊运维安全保障体系研究[J].暖通空调,2025,55(S1):435-438.