

# 市政综合管廊工程成本构成与影响因素研究

余本玲<sup>1</sup> 徐玉春<sup>2</sup> 杨明明<sup>2</sup> 李全英<sup>2</sup> 杨宾宾<sup>2</sup>

1. 南京滨诚整治开发有限公司 江苏南京 210000

2. 中国建筑第八工程局有限公司 上海 200112

**摘要:** 市政综合管廊工程作为现代城市集中开发的重要组成部分,其造价的调控将影响到整个工程的经济效益和可持续发展。对地下管线项目造价组成进行了较为全面的分析,包括施工阶段的直接投入和运行期间的整个造价;对规划决策、地质条件、技术规范和政策环境等方面进行了研究;以郑州空港综合管廊工程为例,对工程造价进行了定量的计算和评价,通过标准化设计、规模化建设、智能运营,可以大幅减少全生命周期造价,为我国未来综合管廊项目造价控制奠定基础。

**关键词:** 市政综合管廊工程;周期费用;影响因素

## 引言

在我国新型城镇化进程加快的背景下,综合管廊是实现城市高品质发展的一种有效手段。但其较高的建造和运行费用限制了其大规模应用。本项目以综合管廊项目造价的复杂特性为研究对象,以全生命周期为研究对象,建立基于全生命周期的造价分析体系,辨识其主要影响因素,为相关部门制定合理的造价控制策略和方法。通过理论研究和典型实例检验,探讨我国地下管网建设项目综合造价控制的可行性途径,为我国市政基础设施建设的可持续发展提供科学依据。

## 一、市政综合管廊成本构成体系

### (一) 项目建设阶段的直接投资

在城市综合管廊的建设阶段,其直接投入主要集中在建筑工程造价上,一般占50%~60%。主要工程造价包括三个主要的工程项目:(1)基坑支护工程、混凝土工程和防水系统。为了保证围护结构28 d内的无侧限抗压强度大于0.8 MPa,需要使用SMW工法灌注桩作为深基坑的支护结构。以C30-P8型商品混凝土为研究对象,通过掺入聚羧酸超塑化剂,将其坍落度控制在 $180 \pm 20$  mm以内。当使用聚氨酯涂料进行防水施工时,涂料用量要达到1.5公斤/平方米,涂膜的厚度不少于2毫米,重叠部分要加筋。管道进廊收费约为15%~25%,由于消防、防爆等原因,对低压输电线路(110 kV)需要独立设置隔舱,搬迁费用比常规通讯管道高40%;(2)由于加装了隔热层和补偿件,使供热管线每公里的费用提

高了200多万。其中,基于BIM+GIS的建筑工程造价约占10%~15%,需要在建筑结构变形、气体浓度等方面实现不低于500个/公里的在线监测,其中硬件投资约占65%。(3)在城市建设工程中,征地与拆迁的比例可达30%左右,如果在地下管道较多的地区需要进行无开挖施工,则其造价是明挖的3倍左右。BIM的使用虽然使勘测、设计费用提高了5%~8%,但是在建设过程中却可以降低12%左右的变更费用。

### (二) 操作过程中整个循环费用

市政综合管廊工程整个运行过程的费用,其关键计算方法是:生命费用=初期费用+运行费用+报废成本-残值。在维修保养方面,需要使用地质雷达和光纤传感器等探测手段,每年投入约为建设投资的0.5%~1%,如对混凝土的碳化厚度要求达到0.1毫米,裂纹的探测精度要求达到0.05 mm。该装置的改造费用一般为10年左右,大约为初期投资的15%,而喷吹式风机需要5年才能进行一次更换,一次替换费用相当于原投资的30%;七氟丙烷罐是按照规定进行定期检查的,每年的检查成本为总投资的2%。该机组的运行费用约为60%,在使用EC型机组的情况下,该机组的运行效率需要达到0.95,比常规交流机组节省25%;采用LED智能化调光技术,在保持亮度基准100 lx的前提下,年耗电可降低到35度/米。该智能监测平台的维护费用在50~80 w/km之间,其核心技术包括:中台(64核心CPU+512 GB存储)和边缘计算(延迟 $\leq 50$  ms)。处置费用包括管线的清除和生态恢复,其中,粉碎后的回收利用效率需要达到70%,

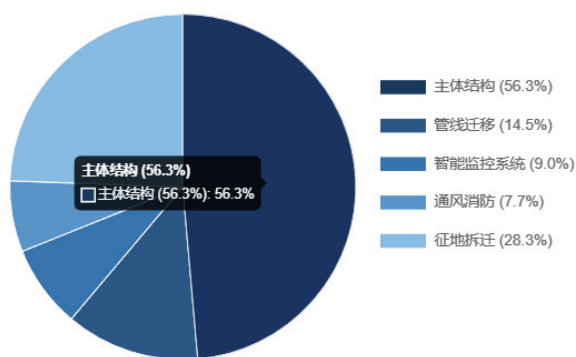
剩余扣除的费用大约为原始费用的8%。实践证明,采用人工智能算法对机组启动和停止决策进行智能维护管理,可以减少30%的总能源消耗。

## 二、市政综合管廊工程成本影响因素

### (一) 计划制定阶段费用的影响因素

在城市综合体的策划和实施过程中,对市政综合管廊工程进行造价管理有着重要的战略意义。施工尺度对单元造价的作用具有明显的尺度效应 $LCC=C_{init} + \sum_{t=1}^n (1+r)^t CO\&M_t + C_{dis} - R_v$ ,在沟长超过10 km的情况下,标准化预制件可以节约模板折旧费用40%、大型装备周转次数50%、总单价降低8%~12%。以20 km级别的工程为例,购买超过100,000立方米的普通砼可享受15%的优惠,加强钢材的高强度处理损失率由4.5%降低到2.8%。走廊内管道的选用将会直接关系到其安全性和保护的投资,(大于110 kV)需要单独设有防火隔间,且防火要求达到3个小时,使用A级防火材料可提高船舱成本18%~25%。由于补偿装置的安装间隔必须减少到30 m(传统的50 m),光是补偿装置的单项费用就会提高到每公里120多万。不同截面形式下的经济效益差别更加明显,双仓式管廊造价比单层式高35%~40%,其关键是中隔板比单层多出65%(规范截面墙体厚度300 mm),而防火分隔也要按照两个舱容来布置。西安国家高新技术产业开发区某双仓式地下管线工程现场测试表明,该工程2.5米\*3米的标准截面中隔板中的钢筋用量达到380 kg/m<sup>3</sup>,大大超过了每米220 kg/m<sup>3</sup>的设计要求,使得该工程的造价超过了每 km 7000多万元。同时,在设计过程中还需要解决两个问题:①管道迁移周期长达22%;②基于BIM的交通事故检测可降低70%以上的建设成本。

建设期成本构成比例

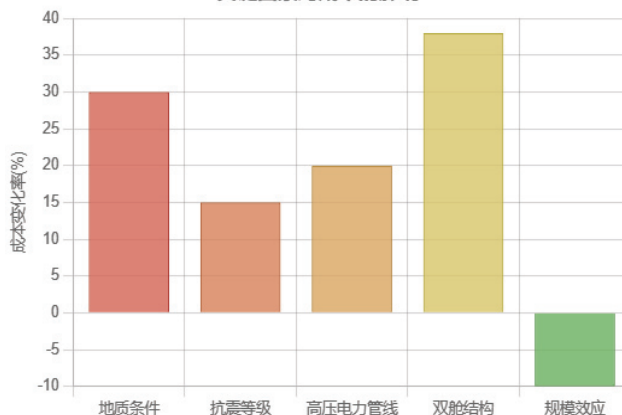


### (二) 影响技术执行层次费用的因素

在深基坑工程中,地质状况是影响其费用高低的关键因素。在软弱地层(例如上海浦东),在800 mm直径

时,需要使用280 kg/m<sup>3</sup>的三根导管喷射注浆进行处理,其造价比坚硬地层高30%。若遇到地下水埋深超过管廊底部,则基坑降水成本约为成本的12%,且要求防渗系数 $\geq 1 \times 10^{-6}$  cm/s。不同的工程方法有很大的经济性差别,露天开采的费用一般为0.8亿~1.2亿,但是要根据边坡的坡度(一般为1:0.75)与土石方的比例进行权衡,而每增大1米的挖深费用就会增加5%。尽管盾构方法适合于市中心城区(2.5亿~3.5亿元/km),但其折旧费用高达35%,而曲线断面的定位误差不超过50 mm,致使掘进速率降低到每天8圈。随着地震强度的提高,建筑结构的用钢量将大幅增长,8度地区的配筋比例比7度地区的配筋要多200 kg/m<sup>3</sup>,重要节点的箍筋间距(传统的150 mm)要达到100 mm,混凝土的强度由C30提高到C40<sup>[1]</sup>。

关键因素对成本的影响



### (三) 政策和经营层次费用的影响因素

补偿制度的不足造成了工程的可持续发展压力。在现有用户支付体系下,管道进廊费用只能承担60%(每平方米120元),由于对安全要求的抗拒,导致政府补助高达60%以上。据一省市测算,如果管道进廊比例不能实现75%,整个工程的生命内回报率就会低于4%。由于审批过程漫长,导致的隐性费用更加凸显,从项目建设到建设许可证,需要进行28个项目的行政审批,而管道系统的综合均衡则需要8~10个项目的配合,时间约为项目总进度的40%。如果按照5%的贷款利息来估算,18个月的核准周期所带来的资本费用将会提高5%~8%。不同的政策实施也造成了费用的变动,城市中心区的土地征收与征收的补偿水平为8000/m<sup>2</sup>,而如果将安置房的配建比例由30%提高到45%,则会使开发费用上升12%。项目的管理层次的风险主要表现为项目的变化,有研究表明,由项目引起的项目变更约占总金额的3%~5%,而利用地质雷达(0.5米)进行超前检测,可以减少70%

的不确定性。另外，由于延期实施增值税，企业资本占用费用上升2.3个百分点，这将直接影响到安装工程的经济优势<sup>[2]</sup>。

### 三、市政综合管廊工程成本优化策略

#### (一) 计划期造价管理

在方案前期，最优方案的制定直接关系到整个地下管线项目的生命周期费用。“廊线结合”的发展方式需要充分融入TOD思想，在地下管线上层进行商业综合体的开发，需要保证建筑荷载不少于35 kN/m<sup>2</sup>的要求，并在地下管线中预留单独的地震裂缝（宽度≥100 mm），使得上盖物业分担30%以上管廊建设成本。高压管道进廊系统需要相应的技术准入规范，110 kV以下电力线路和DN400以上的供水管网100%进廊，并通过立法设置不入廊管线征收3倍道路开挖修复费的惩罚机制，将平均入廊率提升至80%以上。基于GIS的道路规划，需要利用GIS的空间解析方法避开已有的高密度管线区（管线相交节点数量小于5个/公里），降低改造费用不超过18%。在通道横截面大于12米的情况下，选择两个箱型（经济关键点），并将其与标准的箱型（2.4米/3.0米/3.6米）相结合，使非标设计费用减少25%。在设计过程中，BIM的检测要满足LOD300的要求，将管道冲突的可能性降低80%以上，将项目的开发时间压缩到10个月以内。

#### (二) 施工过程中的造价管理

施工过程中的造价优化取决于施工过程中的产业化施工和数字控制。根据GB/T 51232《综合管廊工程装配式技术规程》，预制件的标准化比例达到75%，按2米（偏差±1.5 mm）计算，模头重复使用200多次，非标部件造价下降30%。利用智能化的焊接机器人完成了钢筋框架的制作，使得钢筋的位置精度在2毫米以内，比手工捆绑的效率提高4倍，并且降低了5%的材料消耗。基于BIM+GIS的数据采集与建模，需要将LOD400高精度部件数据（例如：孔位公差0.5 mm）嵌入到建模过程中，利用3D点云（200个点/m<sup>2</sup>）与建模结果进行对比，达到mm级别的误差（临界值为±5 mm），将设计变化造成的

经济损失控制在1.5%以内。

#### (三) 运行维护期的费用管理

智能维护系统和财务改革是减少运行费用的重要途径 $C_{mon} = (500 \times P_s + A_{gis} \times 1200) \times L$ 。采用终端—边界—云三级结构，布设200余个（温湿度测量精度±0.5%，气体探测精度1 ppm）的多参量（在线延迟<30 ms），在边界处理节点通过AI技术解析（延迟<30 ms），达到95%的设备失效预报精度，取代传统的50%的人工巡检，减少紧急维护次数。能量管理方面，需要采用EC风扇的频率调节（10%~100%速度调节），照明回路光感联动（亮度设置100±10 lx），最终达到40 kWh/m·年的目标。不动产投资信托基金（REITs）的筹资方式是：（3年），其投资收益至少要达到4.5%，并对其进行资产证券化（每股1000元），并将其投资于新建项目，可以减少政府负债率12个百分点<sup>[3]</sup>。

#### 结束语

市政综合管廊工程成本造价必须从整个生命周期的各个阶段进行管理。研究结果显示，在工程造价中，建筑工程造价超过50%为主要控制目标，而工程的地质状况和施工尺度对造价的变动有明显的影响。郑州的实例表明，采用装配化技术和智能运维等方法，可以使工程造价下降15%~20%。今后要加强政策扶持，健全收费制度，推进费用控制向标准化、数字化和集约化方向发展，为我国新一轮的市政公用工程项目投资决策和投资决策制定和实施。

#### 参考文献

- [1] 孙青. 市政综合管廊标准断面尺寸设计优化[J]. 科学技术创新, 2024, (21): 183-186.
- [2] 郜慧敏. BIM技术在市政综合管廊建设运营中的应用探究[J]. 居业, 2024, (06): 97-99.
- [3] 朱怡, 谢丹. 城市综合管廊工程成本控制的研究[J]. 建设科技, 2022, (20): 16-18+22.