

Research on the Application of Utility Tunnel and Pipeline Construction Technology in Municipal Engineering Construction

Hailong Jiang

Science City (Guangzhou) Construction Engineering Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510700, China

Abstract

The continuous advancement of urban infrastructure has elevated standards for underground utility tunnels and pipeline systems. As critical components of municipal engineering, these systems play vital roles in urban energy distribution, water supply, and communication transmission. With the systematic implementation of urban renewal and the “Three Olds Renovation” initiative, underground pipeline networks have grown increasingly complex. However, traditional construction methods face challenges such as inefficient underground space utilization, environmental impacts, and safety hazards. This study explores the rational application of utility tunnel and pipeline construction technologies to systematically evaluate the strengths and limitations of existing technical frameworks, identifying optimization strategies to enhance project quality and efficiency. Through in-depth analysis of specific construction phases, the research provides theoretical support for standardized and safe municipal engineering practices, thereby meeting the long-term operational demands of modern cities.

Keywords

Utility tunnel construction technology; Pipeline network construction technology; Collaborative application; Construction management; Municipal engineering

市政工程施工中管廊和管网施工技术的运用研究

蒋海龙

科学城（广州）建筑工程有限公司，中国·广东广州 510700

摘 要

城市基础建设的不断推进让地下管廊和管线系统有了更高标准，作为市政工程的关键组成部分，承担着城市能源输送、水源供应和通讯传递的重要作用。随着城市更新与“三旧改造”工作的系统化推进，地下管线网络变得越来越复杂，可传统施工方式存在地下空间使用效率不高、对环境有影响以及存在安全隐患等问题。研究管廊和管线施工技术的合理使用，是为了系统整理现有技术体系的优势与不足，寻找优化的办法来提高工程的质量和速度。通过深入分析施工的具体环节，为市政工程的规范、安全发展提供理论支持，进而满足现代城市运行的长期需要。

关键词

管廊施工技术；管网施工技术；协同运用；施工管理；市政工程

1 引言

市政工程里的管廊和管线施工是城市基础建设的关键部分，其技术应用直接关系到城市功能的稳定和可持续性。随着城市规模不断扩大，地下管线系统面临着施工精准度要求高、干扰因素多的实际难题，迫切需要研究高效又可靠的施工方式。管廊施工有明挖、暗挖和预制装配等多种工艺，涉及前期准备、防水防火和质量把控等重要方面；管线施工包括开槽埋管、非开挖技术和顶管施工等模式，需要兼顾防腐保温和安全管理。本文旨在研究这些技术的整合与改进方向，目的是为施工实践提供科学依据，推动城市地下工程的规范实施。

【作者简介】蒋海龙（1983-），男，中国山东梁山人，本科，高级工程师，从事建筑施工、市政施工研究。

2 管廊施工技术运用研究

2.1 管廊施工前期准备工作

管廊工程实施前的准备工作是让工程能顺利进行的基本部分，进行实地查看要完全了解地形外貌特点和地质结构分布情况，特别要准确确定已有的地下管道在空间中的走向，这些基础资料直接关系到后面方案设计是不是合理。所以设计队伍要根据查看的结果多次调整施工方案的具体内容，综合考虑施工可行性与环境影响控制等因素，让技术思路 and 现场状况很好地适应。在这个前提下同时推动材料和设备的准备工作，严格检查管片、钢筋等主要材料的出厂合格证，对盾构机、顶进设备等大型机器在进入场地前进行性能检验，保证设备运行稳定。同时规划好材料运输的路线和临时堆放场地的位置，防止因为物流不通畅而耽误关键节点的施工时间。此类系统化的准备方式为后面的主体施工打下

了牢固的技术基础和资源保证^[1]。

2.2 常见管廊施工技术

2.2.1 明挖法施工技术

明挖法作为传统的管廊建造方式，重点在于开挖工作的细致掌控。因为要完全暴露施工区域，前期一定要精确做好基坑支护和降水工作，不然可能会出现边坡不稳定或者地下水渗透的问题。所以土方开挖要按照分层分段的原则进行，同时监测周边建筑的位移情况，保证附近的结构安全。要是碰到松软的地层，还得增加临时支撑系统，这时混凝土垫层浇筑和模板安装的准确程度会直接影响后续管廊主体的线型质量。等主体结构完成且强度达到标准后，回填工作必须采用对称分层夯实的方法，尤其要注意管线交叉区域的密实度检查，防止完工后沉降导致路面塌陷^[2]。这种方法适合在场地开阔、地下障碍较少的区域使用，它具有工序直观、成本可控的优点，但需要承担交通疏导和环境保护的额外费用。

2.2.2 暗挖法施工技术

暗挖技术通过在地下挖掘来避免对地表造成干扰，其中盾构法依靠机械化的掘进设备进行连续作业。当刀盘切割土层时，同步注浆系统会马上填充管片和岩壁之间的缝隙，这种动态的平衡既能够保持开挖面的稳定，又能抑制地表的沉降。而顶管法更适合短距离的管道穿越，它的液压顶进装置推动管节前进，在这个过程中需要持续监测轴线的偏差，并启动纠偏千斤顶。要是遇到卵石层或者孤石，需要提前用破碎或者置换的工艺处理障碍物。这两种工艺都要求严格控制掘进的参数，比如盾构的土仓压力和顶管的顶力变化必须和地质勘探的数据相匹配，不然可能会引起地层扰动甚至发生塌方事故^[3]。暗挖法在穿越建筑密集的区域或者河流时有着不可替代的作用，但设备投入的成本较高，而且对地质突然变化的适应能力较差。

2.2.3 预制装配法施工技术

预制装配技术把现场施工转移到工厂化生产，关键在于构件的标准化设计和误差控制。因为管廊节段是在工厂的模具中浇筑成型的，混凝土的养护条件和钢筋的定位精度都比露天作业好很多，所以构件的强度和防水性能有明显的提高。运输过程中需要用专用的平板车配合三维防震支架，避免长距离的颠簸导致结构出现微小的裂纹。当构件运到现场后，在全站仪引导下的吊装系统会把节段精确放置到位，这时高强螺栓连接或者承插式橡胶密封圈的施工质量直接决定了整体的防水效果^[4]。这种方法特别适合工期紧张或者环保要求严格的城区，其现场作业量可减少约 60%，但要求施工方具备 BIM 协同设计能力和大型构件吊装的经验，不然接口错位的风险会大大增加。

2.3 管廊施工中的防水与防火技术

2.3.1 防水技术

地下综合管廊的防水系统依靠材料特性和施工方法共

同起作用，一般会选用高分子自粘防水卷材或者水泥基渗透结晶型防水涂料作为主要的防水层。在处理变形缝或者施工缝的时候，一定要提前埋设可以拆卸的止水带，并且注入遇水就会膨胀的胶条，这种双重密封的方式能够很好地弥补结构位移产生的缝隙。要是基层有蜂窝麻面这样的问题，需要先用聚合物砂浆进行修补，让表面变得平整，不然涂料形成的膜的连续性就会受到破坏。卷材铺设的过程中，要求热熔搭接的宽度均匀，而且不能有气泡和空鼓的情况，转角的地方附加层应该延伸到阴角外侧 200 毫米以上。等防水层验收通过后，要马上做细石混凝土保护层，防止后续进行钢筋绑扎工作时造成机械损伤^[5]。

2.3.2 防火技术

防火设计需要同时考虑材料的耐火能力和对烟气的控制能力，管廊的内壁最好使用厚型防火涂料或者硅酸钙防火板材。因为电缆比较密集的区域火灾风险较高，防火分区隔墙须延伸至结构顶板，它的耐火时间需要达到两小时以上的标准。在安装防火门和防火卷帘时，轨道的预埋件需要和主体钢筋焊接固定，门框的缝隙要用阻燃密封膏填充，防止高温时烟气窜出。如果穿越防火分区的管线没有进行封堵，火灾发生时就会成为火势蔓延的通道，所以金属套管和岩棉填充层的施工紧密程度直接关系到阻火的效果。机械排烟系统需要和温感探测器联动调试，确保在火灾初期能够及时启动风机形成负压区域，这时排烟阀的开启方向必须和烟气流动的方向一致。

3 管网施工技术运用研究

3.1 管网施工前期准备工作

管网工程开始前的详细勘察对项目效果影响很大，所以要用地质雷达和管线探测设备相互验证地下障碍物的情况，尤其应明确已有的管线埋在地下的深度和材料特点。设计小组要根据勘察得到的数据调整管道路线方案，如果碰到和重要管线交叉的情况，就得用不用开挖的工艺来避开，这时三维坐标的准确计算会对施工安全产生影响。在这个前提下同时进行材料和设备的准备工作，仔细检查聚乙烯管材的熔体指数以及球墨铸铁管防腐层的厚度，对定向钻机、焊接设备做不加载的测试，保证它们性能良好。规划运输路线时要避开交通繁忙的时段和路段，转运大型管材时一定要配备专门的托架，防止管材变形，这种细致的准备工作为后面施工的顺利进行排除了可能存在的问题^[6]。

3.2 常见管网施工技术

3.2.1 开槽埋管施工技术

开槽埋管要精确掌控沟槽边坡的稳固状况，所以在开挖之前一定要根据地质方面的报告来明确放坡的比例或者支护的方式。要是碰到地下水位比较高的地方，轻型井点降水装置要提前运作三天以上，不然槽底出现涌水会使得管基受到干扰。管道安装的时候要用激光水准仪来核对中心线的

高度,承插接口的橡胶圈一定要均匀地涂上食品级的润滑油脂,如果插入的深度不够,就要马上退出来更换密封件。回填工作要严格按照两侧对称夯实的原则来进行,胸腔部位最好选用中粗砂,分层进行水密夯实,这时每层虚铺的厚度不能超过三百毫米。这种方法适用于埋深比较浅而且土质均匀的区域,它的好处是工序看起来直观,成本也能够控制,但需要协调好临时交通的引导和渣土的清理工作。

3.2.2 非开挖施工技术

非开挖技术是通过定向钻来穿过障碍区域,导向孔轨迹的设计要避开已有的管线,保持三米的安全距离。在钻头推进的过程中,随钻测量系统会实时反馈方位角的偏差,操作人员根据这个来调整钻压和转速,以保持设计的轴线。扩孔阶段要根据管径来搭配分级扩孔器,如果遇到粉砂层,就要增加泥浆的粘度,防止孔壁坍塌。管道回拖之前,要在聚乙烯管的外壁缠绕防磨带,拖管机的牵引速度要和注浆泵的流量联动控制,避免管体和孔道之间产生真空负压。这种工艺特别适合穿越河流或者交通干道,它对地表的扰动只有传统开挖方式的五分之一,但对地质突然变化的适应能力比较弱,而且需要专业设备的支持。

3.2.3 顶管施工技术

顶管施工依靠工作井的液压系统来提供顶推力,导轨安装的精度会直接影响初始顶进的轴线。当管节进入土层时,激光靶会实时显示前端的偏移量,这时纠偏千斤顶要在五度的范围内微调方向。触变泥浆注入系统必须和顶进速度同步,在管壁外围形成持续的减阻泥膜,不然顶力突然增大可能会导致后背墙位移。如果遇到孤石或者树根等障碍,人员需要进入气压舱进行人工破碎,这时舱内的气压要保持比地下水压高零点二兆帕。这种方法在穿越建筑基础时具有独特的优势,它可以把地表沉降控制在十毫米以内,但要求施工方具备处理复杂地质情况的经验和精密的测量技术^[7]。

3.3 管网施工中的防腐与保温技术

3.3.1 防腐技术

金属管道的防腐依靠涂层和阴极保护两种方式,所以管道外面一般会用熔结环氧粉末涂层当作基本的防护层,这个涂层固化后的厚度要用电火花检测仪来检查是否合格。当管道经过有杂乱电流的地方时,一定要加上排流锌带并且调整阴极保护的电位,不然电流的干扰会让涂层更快老化。修补接口的地方要先用喷砂机处理到露出金属的光亮,然后用热收缩套包起来加热固定,这时候密封胶有没有溢出来可以直接判断是不是密封好了。如果管道埋在腐蚀性很强的土壤里,聚乙烯胶粘带缠绕时的搭接宽度要增加到五十五毫米,而且每一层缠绕的拉力要保持一样。

3.3.2 保温技术

保温层的主要作用是减少介质热量的散失,聚氨酯硬质泡沫作为常用的保温材料,需要严格控制闭孔率和密度这两个指标。在发泡成型的时候,要求环境湿度低于百分之八十五,不然气泡的结构不均匀会导致导热系数急剧增加^[8]。当输送高温介质时,工作钢管和外护管之间必须设置铝箔反射层,这样能让热辐射损失减少大约三成。电伴热系统要根据管道的走向分成一段一段来铺设,温度传感器要安装在弯头和阀门等容易散热的地方,如果某一段的温度下降超过了设定的范围,伴热带的功率要自动调整到平衡状态。外护管的焊缝要进行百分之百的真空检漏,任何小的针孔都会让泡沫吸水失效,所以成品管道一定要标明介质的流动方向和保温层的维护要点,这样可以保证热力管网全年的运行效率。

4 结语

对管廊和管线施工技术的深入研究为市政工程实践提供了可操作的指导,施工人员应严格执行质量控制体系,加强防水防火措施并落实安全管理规定,以防范施工风险并保证工程的耐用性。在实际操作中需要优化协同施工模式,合理规划布局以避免相互干扰,提高地下空间的利用效率。在未来的发展中,技术创新将成为推动力量,引入数字化工具和智能设备有望提高施工的精准度和环境友好性,推动行业向绿色、标准方向发展。从业者应持续关注技术的发展,加强培训和标准化推广,适应城市建设的复杂需求,让市政工程更好地支持城市的可持续发展。

参考文献

- [1] 聂凯昊.市政工程管廊和管网施工技术的要点[J].建材发展导向,2024,22(05):55-57.
- [2] 梁振春.市政工程管廊和管网施工技术要点研究[J].工程技术研究,2022,7(22):76-78.
- [3] 陈杰.市政工程管廊及管网的施工技术与要点分析[J].住宅与房地产,2022,(10):235-237.
- [4] 孟凯.市政工程管廊和管网施工技术的要点分析[J].技术与市场,2021,28(12):125-126.
- [5] 刘正刚.市政工程管廊和管网施工技术要点[J].工程技术研究,2021,6(15):106-107.
- [6] 陆文斌.市政工程管廊和管网施工技术要点分析[J].工程技术研究,2021,6(14):126-127.
- [7] 狄艳林.市政工程管廊和管网施工技术的要点分析[J].中国建材科技,2020,29(05):138-139.
- [8] 卢永红.市政工程管廊和管网施工技术[J].建材与装饰,2019,(10):30-31.