

# 城市地下综合管廊施工技术与 防水处理方式研究

——以“某城市地下综合管廊项目”为例

●蒙 冰 黄美玲 吴芳君\*



**[摘要]** 当前,随着城市化进程的加快,城市基础设施建设管理面临一些挑战。传统的架空与直埋管线敷设方式,已无法契合现代城市对管线容量、维护效率及美观的追求。而城市地下综合管廊则可以解决这一问题。本文以“某城市综合管廊项目”为例,阐述了城市地下综合管廊的施工工艺特点,分析了预制管廊的施工要点及管廊的不同防水方式。某城市综合管廊项目采用了新型高分子防水涂料,为管廊防水技术的发展提供新的方向,也为相关部门提高城市地下综合管廊的建设质量提供参考。

**[关键词]** 城市地下综合管廊;施工技术;防水处理

**城**市核心区因频繁开挖道路,既干扰了居民生活与交通出行,又使路面存在塌陷等安全隐患,给城市造成经济损失与安全管理困境,在此背景下出现了城市地下综合管廊。城市地下综合管廊将电力、通信、给水、排水等市政管线集中于地下封闭空间,实现统一规划建设管理。这种集约化、一体化的敷设方式,能规避道路反复开挖,延长管线寿命,提升道路维护效率,保障城市安全稳定。同时,这种方法还能开发地下空间资源,缓解地面空间紧张状况。鉴于城市人口增长与城市化水平的提升,开发地下空间资源意义重大。城市地下综合管廊建设不仅拓展地下空间,还促进城市经济发展与城市面貌的美化。因此,深入研究城市地下综合管廊施工技术与管理模式、提升其施工质量,对促进城市可持续发展和提升居民生活质量至关重要。

## Q 某城市综合管廊项目工程概况

某城市综合管廊为干线综合管廊,全长约 6.17km,采用两舱断面,断面净尺寸  $B(\text{净宽度}) \times h(\text{净高度}) = \text{综合舱 } 3.9\text{m} \times 3\text{m} + \text{电力舱 } 2.6\text{m} \times 3\text{m}$ , 收纳电力、通讯、给水、燃气及污水等管线。该综合管廊项目标准段采用明挖预制装配式和现浇两种施工工艺施工,各节点采用现浇施工工艺。根据施工计划和工期需求,该工程设立一个管廊预制场,管廊预制场负责该项目所有预制管廊的预制生产。

## Q 城市地下综合管廊的施工工艺特点

在城市地下综合管廊建设中,明挖预制装配式和现浇两种施工工艺较为常见。现浇是指直接在施工现场进行混凝土浇筑的施工方式;预制方法则是在工厂或预制场地提前制作好管廊节段,然后运输到施工现场进行拼装。根据浇筑模具方向,预制方法又分为卧式浇筑和立式浇筑。笔者从施工进度、成本、质量控制难点及成果等方面对两者在实际项目中的应用效果进行对比分析。

(1)施工进度对比。预制装配式施工工艺生产效率高且现场拼装速度快,其预制管廊节段在工厂集中生产可标准化作业,受外界干扰少。如某生产厂自动化生产线日产量达 3~5 节,运输到现场后拼装较简单,在设备与人员充足时每天可拼装 8~12m。本项目 200m 管廊采用此工艺仅 25 天就完成拼装作业,大幅缩短了施工周期。而现浇施工工序复杂、受环境影响大且施工速度慢,需在现场进行钢筋绑扎、模板支设、混凝土浇筑等多道工序,各道工序相互依赖,并受天气、地质等环境因素干扰,如雨天浇筑混凝土需防雨,否则影响质量致施工暂停。如果采用现浇施工工艺,一般每天施工进度仅 3~5m,本项目 200m 现浇管廊工期约 60 天。

(2)成本对比。从预制装配式施工工艺的角度来说,在材料成本方面,虽然预制装配式施工高性能混凝土需求材料成本较现浇工艺略有增加,但幅度不大。预制装配式施工

的工厂化生产可精确配料，减少浪费，且能大规模采购，从而降低成本；在设备租赁成本上，虽然预制厂购置设备费用高，但分摊后单位工程成本低，施工现场租赁小型吊装设备费用也低；在人工成本方面，工厂化生产可自动化作业，减少了现场人员数量。虽然技术和管理人员工资较高，但总体与现浇工艺基本持平或略低。

从现浇施工工艺的角度来说，材料成本因现场损耗大、施工周期长，受价格波动影响，且需更多外加剂，因而工艺材料成本较高；在设备租赁成本方面，由于施工现场需租赁大量设备，且租赁时间长，因而租赁成本较高；人工成本因工序复杂、施工人员多且施工周期长，因而人工成本较高。

(3) 质量控制难点及成果对比。 预制装配式施工工艺的质量控制难点在于预制构件生产精度要求颇高，像管廊节段尺寸精度、钢筋保护层厚度及预埋件位置等对拼装质量影响较大，需严控生产参数。同时，运输和吊装过程中预制管廊节段易受碰撞、振动影响，得采用专用车辆、吊具及缓冲垫等保护措施。在预制装配式施工质量控制方面，要保障构件质量稳定，工厂化生产需要严格检测与控制，使外观质量、混凝土强度、抗渗性能等指标稳定且符合标准，整体防水性能出色。节段接缝采用橡胶止水条等密封材料，并结合高精度拼装工艺，防水效果优于现浇管廊。

现浇施工工艺质量控制难点主要有混凝土浇筑时易出现振捣不密实、漏振、离析等状况，大体积混凝土浇筑水化热控制也颇具挑战，稍有不慎便会致使混凝土开裂。同时，模板支设精度控制比较难，其平整度、垂直度和拼接严密性对管廊外观与尺寸精度影响比较明显。在现浇施工工艺质量控制方面，要保障结构整体性好，整体浇筑不存在节段拼装接缝问题。现浇施工工艺在抗震性能方面有优势，但外观质量相对欠佳。因现场施工条件复杂，混凝土表面易产生蜂窝、麻面、气泡等缺陷，虽然可后期修补，但仍与预制管廊有差距。

通过以上对比可知，预制装配式施工工艺在施工进度和整体防水性能方面具有明显优势，成本方面与现浇工艺各有优劣。现浇施工工艺虽然在结构整体性方面表现较好，但施工进度较慢，质量控制难度较大。在实际工程中，施工单位应根据项目的具体情况，如工程规模、地质条件、工期要求、资金状况等，综合考虑选择合适的施工工艺。

## Q 预制管廊的施工要点

(1) 钢筋加工与绑扎。 在预制管廊的生产工艺中，钢筋加工与绑扎至关重要。施工单位必须严格按照管廊标准节段的设计配筋图，精确控制钢筋的下料尺寸、弯曲形状及数量。在加工制作台上，需精确设定标准试件钢筋大样的尺寸定位标识控制点，以此确保批量加工的精度和一致性。

关于钢筋骨架绑扎的问题，应根据管廊标准横断面配筋图纸的要求，考虑到钢筋加工的易操作性，可以加工制作一种新型钢筋骨架绑扎胎架。胎架采用槽钢和钢管焊接加工而成，胎架上的支架采用钢管套筒连接，起吊时可轻松将支架移除，从而解决多舱管廊钢筋骨架起吊难的问题。

(2) 钢筋骨架翻转与吊装。 由于管廊钢筋骨架截面尺寸大，为避免吊装过程中钢筋移位，需先将钢筋骨架吊至翻转架进行翻转，翻转架由施工单位自行设计加工，用槽钢进行焊接，底部设转轴方便翻转。检查钢筋骨架的焊接质量和尺寸，确认无误后，使用成品吊具将其吊移至模具内。

(3) 模具安装与混凝土浇筑。 钢筋骨架就位后，安装钢管压浆孔、支架预埋槽及张拉盒，将活动侧模、端模、模芯上模归位，用叉车将模芯下模装上，锁紧快速夹及连接杆。预制管节采用抗渗混凝土，先浇筑底板混凝土，等混凝土充满底板时停止浇筑，人工整平后封闭底模。底板以上混凝土的灌注采用龙门吊提升料斗进行分层浇筑，采用插入式振捣棒配合附着式高频振动器分层振捣，严格控制振捣间距和时间，重点注意倒角处的振捣。浇筑完成后进行顶部抹面收浆。

(4) 混凝土养护与拆模。 管廊采用蒸汽养护，以快速达到起吊强度。蒸汽养护分静停、升温、恒温、降温四个阶段。静停期间应保持环境温度不低于5℃；升温速度控制在10℃/h以内；当温度达到60℃以后，恒温蒸养4小时即可停止蒸养；降温速度控制在10℃/h以内，降至产品表温度与环境温度相差不超过5℃，方可移除蒸养棚。当砼强度达到设计强度的60%且停止蒸养1h后，方可拆模。拆模时，先移除模芯埋件，用叉车移出模芯下模；松开模板快速夹，利用滑轨系统移送模芯上模、活动侧模、插口总模至最大行程处；管廊采用成品吊具进行吊装，通过对成品吊具的设计优化使6个吊点受力均匀。预制管廊起吊时，要配合龙门吊控制好管廊移动方向和姿态，防止发生碰撞及安全事故。管廊起吊出模后，还需在存放区进行自然养护。为保证混凝土养护所需要的水分，可以在存放区设置自动喷淋系统，不间断喷淋湿润并覆盖土工布进行养护，预制管廊自然养护的时间不应少于7天。

(5) 管廊节段吊装与拼接。 若工程项目采用预制厂制造管廊节段、吊装节段存于临时存储区，并按安装顺序运送到管廊安装位置处，可根据管廊安置位置基坑开挖的不同深度，选择不同的方式进行枕柳的吊装拼接。例如，当基坑开挖深度较浅时，可以采用履带式起重机在基坑顶部进行拼装；当基坑开挖深度较深时，可以先使用运梁车将管廊节段运到基坑底部，在基坑底部采用汽车吊进行管廊节段的拼装。其中，管廊节段拼接完成时，要完成接头防水胶条和橡胶垫的安装，然后张拉接头预应力钢筋，最后完成管廊外

包防水和回填土工作，从而完成预制管廊施工工作。

### Q 预制管廊的防水处理

预制管廊的防水处理是确保其长期稳定运行的关键环节，其中管廊接缝处的防水措施至关重要。管廊接缝处的防水措施如下。(1)结构自防水，如预制标准段可以采用C50防水混凝土，现浇段采用C40防水混凝土，混凝土的抗渗等级可以为P8。(2)结构接缝防水，出现变形缝时，可以采用35cm外贴式止水带(密封膏)和外贴式止水带结合使用进行防水；出现施工缝时，可以结合使用中埋式钢板橡胶止水带(环向)、防水卷材钢板止水带、遇水膨胀止水胶(纵向)、防水卷材进行防水；出现标准管节接缝时，可以采用三元乙丙橡胶条和遇水膨胀橡胶条进行防水；出现顶管管节接缝时，可以采用锯齿型止水圈+双组分密封膏进行防水。(3)结构外包防水，水泥砂浆、防水涂料、防水卷材和细石混凝土进行防水。

结构接缝防水需根据变形缝、施工缝、标准管节接缝和顶管管节接缝的不同情况，采用相应的防水材料和方法进行防水处理。施工单位要坚持“以防为主，刚柔结合、多道防线、综合治理”的原则，选用具有环保性能的柔性、施工简便和适用性强的防水材料来减少窜水对后期堵漏维修工作带来的不利影响。

本项目在施工过程中，在管廊结构的外表面首先进行基层处理，确保表面平整、坚实、无油污和灰尘等杂质。然后，采用涂刷的方式将新型高分子防水涂料均匀地涂抹在基层上。该涂料分三遍涂刷，每遍涂刷厚度约为0.5mm~0.6mm，总厚度控制在1.5mm~1.8mm之间。在管廊的阴阳角、变形缝等容易出现渗漏的部位，额外增加了一层厚度为1.0mm的加强层，以增强防水效果。通过实验室试验(拉伸强度、断裂伸长率、不透水性等性能测试)和现场实际应用效果监测(如长期防水效果跟踪、与不同基层的黏结性能等)对新型高分子防水涂料进行防水性能评估，发现管廊整体防水效果良好，未出现明显的渗漏点。与相邻采用传统防水材料的管廊工程相比，采用新型高分子防水涂料进行防水的管廊渗漏发生率明显降低，这表明新型高分子防水涂料在实际工程中长期防水性能可靠。此外，实验还显示新型高分子防水涂料在拉伸强度、断裂伸长率和黏结强度等方面表现出色。相比传统防水材料(如沥青类防水涂料、普通聚合物水泥防水涂料等)，能够更好地适应管廊结构在不同环境条件下的变形，有效防止防水层开裂和脱落，从而为管廊提供更可靠的防水屏障。但是新型高分子防水涂料的原材料成本和生产工艺成本相对较高，导致其市场售价较高，这在一定程度上增加了工程的建设成本，对于一些预算有限的项目可能会受到限制。涂料施工时要求基层表面干燥、清洁，

环境温度在5℃~35℃之间，相对湿度不高于85%。在潮湿或低温环境下施工，可能会影响涂料的固化效果和防水性能，而传统防水材料(如沥青类涂料在低温下仍可施工，但施工质量可能会受一定影响)对施工环境的适应性相对较强。

### Q 结束语

综上所述，城市地下综合管廊的建设对于现代城市的发展具有重要意义。预制管廊作为城市地下综合管廊主要建设方式之一，具有诸多优势。在预制管廊的施工过程中，施工单位应注重钢筋加工与绑扎、混凝土浇筑与养护、吊装与拼接等环节的质量控制。同时，施工单位应优化防水处理措施，确保管廊的长期稳定运行。新型高分子防水涂料在防水性能方面具有明显优势，但在成本和施工环境要求方面存在一定的局限性。在实际工程施工中，施工单位需要根据项目的具体情况(如防水要求、工程预算、施工环境等)综合考虑选择合适的防水材料。施工单位通过不断优化施工工艺和防水处理技术，可以进一步提高城市地下综合管廊的建设质量和运行效率，从而为城市的可持续发展做出积极贡献。

### Q 参考文献

- [1]郭猛.市政地下综合管廊结构工程防水施工技术分析[J].工程技术研究,2022,7(14):86-88.
- [2]韩明伦.城市地下综合管廊建设与发展探析[J].智能建筑与智慧城市,2023(02):160-162.
- [3]崔国静,周庆国,宋战平.城市地下综合管廊建设与发展探析[J].西安建筑科技大学学报(自然科学版),2020,52(05):660-666.

### 基金项目:

2023年度广西高校中青年教师科研基础能力提升项目,项目名称:预制装配式地下综合管廊受力性能及接头不均匀沉降研究,项目编号:2023KY0178;广西民族大学大学生创新创业训练计划项目,项目名称:预制装配式地下综合管廊接头不均匀沉降研究,项目编号:S202210608281。

### 作者简介:

蒙冰(2002—),女,汉族,广西南宁人,大学本科,广西民族大学,研究方向:土木工程。

黄美玲(1990—),女,汉族,广西南宁人,硕士,讲师,广西民族大学,研究方向:建筑结构抗震加固。

### 通讯作者:

吴芳君(1991—),男,汉族,江西景德镇人,硕士,工程师,广西建设职业技术学院,研究方向:建筑结构设计及加固。