

# 节段装配式综合管廊安装施工技术及应用

马星宇, 马兴, 李艳忠

(民航机场建设工程有限公司)

**摘 要:** 目前我国综合管廊以现场浇筑为主, 施工周期长, 材料利用率低, 劳动成本高, 且对周围环境影响较大, 无法适应城市现代化发展要求。节段装配式综合管廊的预制装配技术与装配式建筑技术相似, 相较于现浇管廊, 预制装配技术可有效缩短施工周期, 减少人工成本, 提高构件质量, 降低施工风险。为解决上述问题, 以江苏盐城步湖路综合管廊工程为依托, 对节段装配式综合管廊吊装、拼接、接头防水等施工工艺进行了总结, 分析了节段装配式综合管廊安装施工的技术要点及注意事项, 对施工过程中存在的问题进行分析并提出了解决措施, 可为后续类似工程提供参考。

**关键词:** 节段装配式综合管廊; 安装; 连接

## 0 引言

采用综合管廊可以避免由于埋设或维修管线而导致路面重复开挖的问题, 同时管线不接触土体和地下水, 从而避免了土体对管线的腐蚀, 延长了使用寿命, 为规划发展需要预留了宝贵的地下空间。综合管廊的预制装配技术与装配式建筑技术相似, 是将管廊部件在工厂加工预制后, 运输至现场并拼装成整体结构的一种施工技术。相较于现浇管廊, 预制装配技术可有效缩短施工周期, 减少人工成本, 提高构件质量, 减少对环境的影响, 且可有效降低施工风险, 被认为是综合管廊的“绿色建造”技术。

## 1 工程背景

江苏盐城步湖路综合管廊(人民南路以东)工程为节段装配式综合管廊, 全长 1 380 m, 采用单舱敷设, 断面净尺寸为 2.4 m×2.5 m(宽×高), 主要采用预制管廊结构, 其中过河下沉段及节点部位采用现浇结构。

预制管廊拼接采用纵向锁紧承插式接头, 机械紧固, 双胶圈密封。预制管廊安装后, 通过 4 个腋角预埋孔道进行预应力筋穿束、张拉; 预制段每 40 m 设置 1 道湿接头, 湿接头长 1 m, 并在湿接头处设置变形缝。

## 2 吊装方案策划

### 2.1 管廊预制

预制管廊采用整体浇筑成型的工艺进行生产, 浇筑成型时采用固定尺寸高精度钢模和高频振捣的方式来保证产品尺寸和质量, 采用蒸汽养护。管廊预制完成后, 堆放于预制厂内存放区, 根据现场安装进度需要, 直接运输至现场安装。预制管廊钢筋加工及安装、模板支设、混凝土浇筑作业等均在工厂完成。

### 2.2 管廊安装方案比选

项目前期策划阶段, 选定 150 t 履带吊和 25 t 龙门吊 2 种方案进行预制管廊吊装施工, 综合比较如表 1 所示。

表 1 预制管廊安装方案技术比选

项目	150 t 履带吊	25 t 龙门吊
适用性	1) 现场临时施工便道宽度 9 m, 沿基坑北侧布置, 满足吊车使用要求; 2) 盐城当地设备资源满足要求, 进场退场方便	1) 盐城当地市场无龙门吊租赁公司, 需订购购买, 周期长; 2) 需单独修筑龙门吊轨道, 轨道采取周转的方式循环使用, 费时费力; 且通过管线分支口等节点部位时, 基坑宽度较宽, 需采取支撑措施确保龙门吊通过; 3) 存在横穿高压线, 需考虑龙门吊二次拆装
安全性	单次吊装重量大; 吊车吊装时易产生晃动, 对其他构件易造成损坏, 且危险性相对较高, 安装时需加强安全管理	采用龙门吊安装整体稳定性好, 便于拼装
经济性	150 t 履带吊租赁费用为 10 万元/月, 考虑进度计划及其他因素影响, 安装台班按 4 个月考虑, 增加运输费用 1 万元, 共需费用 41 万元	龙门吊购买及安装费用 23.5 万元; 钢轨 12 t, 单价 0.41 万元, 合计 4.92 万元; 轨道砖渣基础约 1 600 m <sup>3</sup> , 单价 71 元/m <sup>3</sup> , 合计 11.36 万元; 枕木共约 16 m <sup>3</sup> , 单价 2 350 元/m <sup>3</sup> , 合计 3.76 万元; 钢板租赁费用共 27.6 万元; 共计约 71.13 万元
是否选用	是	否

2.3 吊车选型

经方案比选,综合考虑选用 150 t 履带吊进行预制管廊吊装施工。施工前编制专项施工方案,并对吊车临边荷载进行验算,确保基础满足基坑安全要求。

2.3.1 履带吊

本工程预制管廊重 22.8 t,管廊中心线距施工便道中心线 13.3 m,履带吊位于施工便道中心时,

管廊中心距铰链中心 11.9 m;履带吊工作半径按 16 m 考虑,经过履带式起重机智能选择计算,考虑 1.5 倍安全系数,起重吊装荷载为 34.2 t(22.8×1.5)。

本工程选用 1 台 QUY150 型履带吊进行预制管廊安装,根据其起重性能参数(表 2),在幅度 16 m、臂长 22 m 情况下,起重机额定起重能力 QK=38.8 t,满足吊装要求。

表 2 QUY150 型履带起重机主臂起重性能表

幅度/m	臂长/m										
	19.0	22.0	25.0	28.0	31.0	34.0	37.0	40.0	43.0	46.0	49.0
5.0	150.0										
6.0	140.0	130.0	117.0								
7.0	119.0	118.0	110.0	106.0	96.0						
8.0	99.0	95.5	94.0	91.0	88.6	86.8	84.0				
9.0	82.5	80.7	80.5	79.0	77.0	75.8	74.0	72.0	69.4		
10.0	71.0	69.2	69.1	69.0	68.0	66.6	64.6	64.4	64.2	61.0	59.0
12.0	55.0	54.3	54.6	54.4	54.2	54.0	53.8	52.0	51.0	49.8	49.0
14.0	45.0	44.6	44.4	44.2	44.0	43.8	43.6	43.3	42.9	42.0	41.0
16.0	38.0	38.8	37.0	36.8	36.6	36.4	36.2	36.0	35.8	35.6	34.0
18.0		32.6	32.0	31.6	31.4	31.2	31.0	30.8	30.6	30.4	30.2
20.0			28.0	27.9	27.7	27.5	27.3	27.1	26.9	26.8	26.6
22.0				25.4	25.2	25.0	24.8	24.2	24.0	23.8	23.6
24.0					22.0	21.8	21.6	21.4	21.2	21.0	20.8
26.0					20.0	19.8	19.6	19.4	19.2	19.0	18.2
28.0						17.9	17.6	17.4	17.2	17.0	16.8
30.0						17.0	16.0	15.8	15.6	15.4	15.9
32.0							15.0	14.8	14.6	14.4	14.2
34.0								13.9	13.8	13.6	13.4
36.0									12.0	11.8	11.7
38.0										10.8	10.6
40.0											10.0
42.0											9.5

2.3.2 钢丝绳、卡环及吊钩

1) 采用 4 根 6×37 型钢丝绳,4 个 7.5 卡环配套使用。

2) 顶板四角各预埋 1 个 φ32 mm 吊环,吊环与钢丝绳之间用卡环连接,吊环布置示意图如图 1 所示。

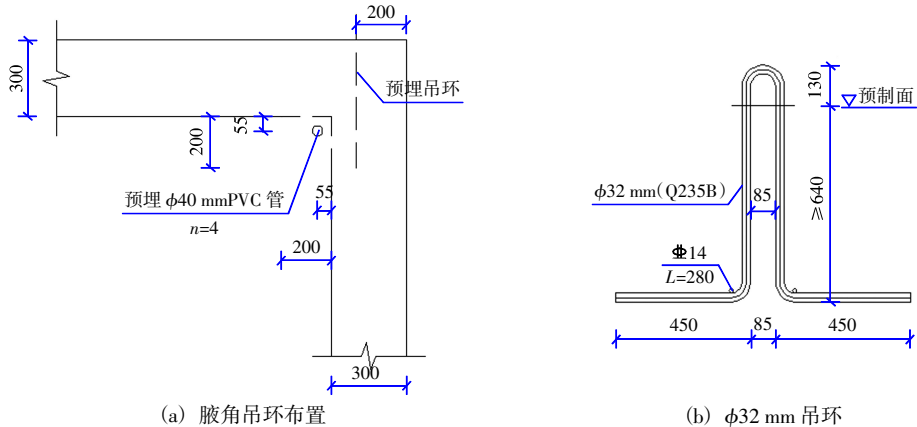


图 1 吊环布置示意图

2.4 预制管廊施工工艺流程

预制管廊施工工艺流程如图 2 所示。

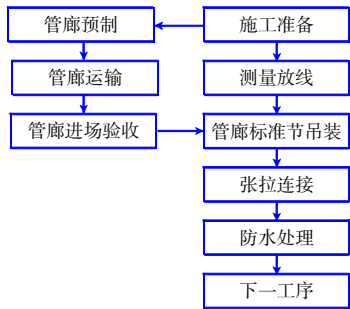


图 2 管廊吊装施工流程图

3 施工工艺

3.1 施工准备

1) 完成对预制管廊的进场验收

预制构件进场后,对构件的观感质量和几何尺寸、产品合格证和有关资料及构件图纸编号与实际构件的一致性进行检查;对预制构件在明显部位标明的生产日期、构件类型、生产单位和构件生产单位验收标志进行检查;对构件上的预埋件、插筋、预留洞的规格、位置和数量是否符合设计图纸的标准进行检查。

预制管廊出厂时,应随带统一的质量证明文件,包括出厂合格证、混凝土强度检验报告、型式检验报告、合同要求的其他质量证明文件。

预制构件进场时,施工员、材料员按规范要求组织进场验收,并做好预制构件进场检查记录表,验收合格后方可进行安装。

2) 履带吊安装完成,并经调试验收。

3) 底板防水层、防水保护层施工完成,并经验收合格,防水保护层细石混凝土强度满足设计要求。

4) 吊装施工前在防水保护层上弹出管廊的轴线、边线,并标出预制管廊安装起点标准线及各接口位置。

3.2 预制管廊吊装

吊装时,运输车直接将构件运至安装部位,一车吊装完成,退出空车,次车开进,依次吊装。

1) 首节段定位与固定

首节段作为整孔拼装的起点标准节,其精确定位对于后续节段拼装十分关键。

管廊节段采用运输车运至履带吊前方,由履带吊吊装完成,预制节段通过设置在垫层上的中线、边线、基准线及设置在构件上的中心线进行

精确定位。

为了防止首节段在后续拼装时被碰撞发生偏移,安装完成后,在其上方临时吊装一节构件作为配重节,然后进行第二节段安装,首节段与第二节段拼接完成后,将配重节吊离首节段上方。

2) 节段拼装

首节段安装固定好后,依次进行剩余节段的安装。节段吊至与已拼装节段相同高度后停止,缓慢将构件向已拼节段靠拢,用木楔在两节段接缝间临时塞垫,防止节段碰撞。等节段稳定后,调整起吊节段的位置,使其与已拼节段端面目测基本匹配。

取出木楔,缓慢将起吊节段与已拼节段拼接,拼接完成后观察上、下接缝是否严密,有无错台,并通过吊具和手拉葫芦进行微调,将偏差调至符合要求。

3) 预制节段吊装注意事项

预制节段应按吊装顺序预先编号,吊装时严格按编号顺序起吊;吊装过程中,设置缆风绳控制节段转动,应采用慢起、稳升、缓放的操作方式,吊运过程中,应保持平稳,不可偏斜、摇摆和扭转,严禁将预制节段长时间悬停在空中。

3.3 接头防水施工

节段安装完成之后、张拉连接之前,安装楔形弹性橡胶圈、遇水膨胀橡胶圈,橡胶圈需用专用胶水与管廊承插口外表面粘接牢固,避免拼装时脱落。一段张拉锚固完成后,在接头内外侧填充 3 cm 厚嵌缝密封胶,最后外侧墙面铺贴防水卷材施工。接头示意图见图 3。

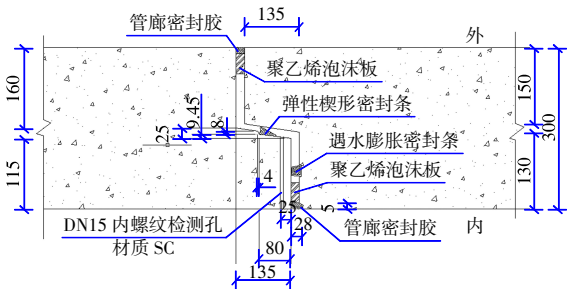


图 3 插口工作面+端面双胶圈接头示意图

1) 楔形弹性橡胶圈安装

安装基面保持干燥、洁净、平整、坚实,不得有疏松、起皮、起砂现象,凸起处凿除后同凹坑、气孔用小于 1:1.5 水泥浆填平。

胶圈长度以安装后胶圈紧贴混凝土面为准,

环径长度在 3 m 以下的胶圈长度为 0.8~0.9 倍环径长度, 环径长度在 3 m 以上的胶圈长度为 0.75~0.85 倍环径长度。安装时应采用生产厂家配套粘接材料, 使胶圈紧密粘接于管廊插口面上。

### 2) 楔形遇水膨胀橡胶圈安装

安装基面保持干燥、洁净、平整、牢靠, 不得有松散、起皮、起砂现象。胶圈长度以安装后胶圈紧贴混凝土面为准, 不得有空鼓、脱离现象。

胶圈应根据设计的管廊端面周长进行采购, 现场对接采用冷接, 对接应密实, 不得出现脱开现象。

胶圈在安装前不应出现提前膨胀和破损现象, 如有出现, 割除相应区域, 并在割除部位重新粘接胶圈。

预制管廊在接头安装完成后, 嵌缝密封胶施工前, 通过预制管廊预埋的注水检测孔向两道密封圈中间部位注水, 试验水头取管廊底埋深再加 2 m 水头高度, 压力不小于 0.1 MPa, 恒压 5 min<sup>[1]</sup>, 接头内侧及外侧无喷水点、无顺墙流水现象则满足要求。

## 3.4 张拉锚固

预制管廊对接的精确度直接影响接口中间止水胶条的挤压均匀度, 接口拼装偏差较大时, 中间的胶条挤压变形不均匀, 会造成漏水现象。在安装施工过程中, 首先通过测量标高确保垫层平整, 安装位置测量放线, 严格按照管廊吊装顺序图进行安装。预制管廊接头连接采用纵向锁紧承插式接头, 首节段安装完后, 安装一节张拉锁紧一节。张拉采用  $\phi 15.2$  mm 无粘结预应力钢绞线, 在管廊四角穿入钢绞线, 进行张拉连接时, 保证 2 个张拉孔同时向前推进, 确保管廊不偏离。根据现场的情况采用对角线孔进行张拉的方式保证拼接的精度。

### 1) 钢绞线下料

钢绞线进场后应检查出厂合格证及外观质量, 并经复试合格后方可使用。其下料应按照管廊内预留孔道计算确定, 并考虑锚夹具、千斤顶及预留工作长度, 同时需经计算及实际操作确定; 钢绞线下料采用砂轮锯切断, 切断后平放在预制构件面层上, 并采取措施防止钢绞线散头。

### 2) 钢绞线穿束

两节管廊安装完成后, 采用人工进行钢绞线穿束。

## 3) 张拉

①本工程管廊预应力筋采用双向对角对称同步张拉工艺进行张拉, 采用双控标准, 即以应力控制为主, 以钢绞线伸长量校核, 实际张拉力尚需根据孔道摩阻、锚口摩阻、千斤顶摩阻系数调整张拉力。

②预应力张拉程序为:  $0 \rightarrow 0.1\sigma_k \rightarrow 0.2\sigma_k \rightarrow$  张拉控制应力  $\sigma_k$  (含锚口摩阻损失) 持荷 5 min 锚固。

### ③张拉操作工艺

先安装好锚具并带好夹片后, 将钢绞线从千斤顶中心穿过。张拉时当钢绞线达到初始应力时停止供油, 检查夹片情况完好后划线做标记。

上述工作完成后, 在管廊节下方撒适量黄沙, 增加滑动力, 随后对钢绞线进行对称张拉。张拉采用应力控制为主, 以预应力钢绞线的伸长值作为检验手段, 实际张拉伸长值与理论伸长值应控制在  $\pm 6\%$ <sup>[2]</sup> 的范围内。

## 4) 连接箱封堵

每 40 m 预装管廊安装连接结束后, 采用 C40 细石混凝土对连接箱部位进行填充抹平。

## 3.5 接头连接施工

本工程接头连接主要是预制段与现浇段之间的连接, 包括 2 种方式, 具体如下:

### 3.5.1 不设变形缝的连接

1) 现浇段先期施工时, 采用后浇湿接头的方式与预制段连接, 现浇节段端面及预制节段端面均设置环向止水钢板, 按施工缝防水要求进行防水处理; 湿接头钢筋与预留钢筋焊接连接, 钢筋、模板安装完成后进行湿接头混凝土浇筑<sup>[3]</sup>。现浇段先期施工连接示意图见图 4。

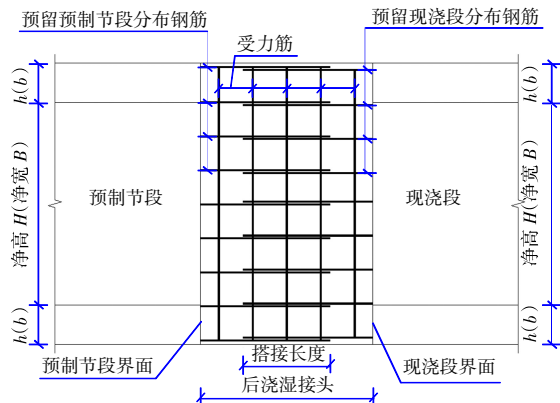


图 4 现浇段先期施工连接示意图

### 2) 预制节段先期施工时, 预制节段端面设置



环向止水钢板,按施工缝防水要求进行防水处理;现浇段钢筋与预留钢筋焊接连接,现浇段钢筋、模板安装完成后,整体浇筑混凝土。预制节段先期施工连接示意图见图5。

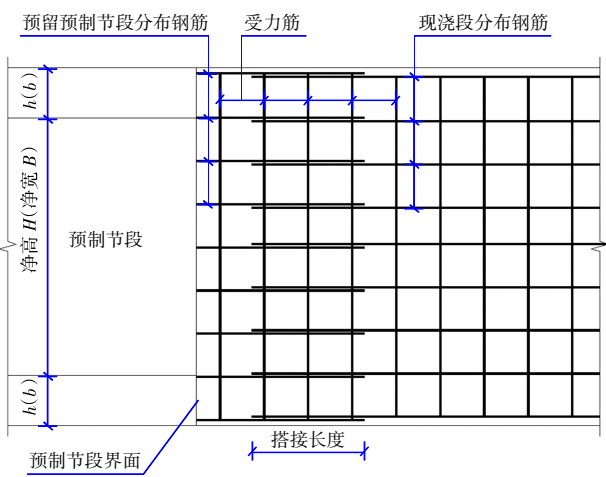


图5 预制节段先期施工连接示意图

3.5.2 设置变形缝的连接

预制管廊每40 m设置1道变形缝,预留1 m湿接头,变形缝设置于湿接头中间位置;预制段与现浇段连接时,变形缝设置于现浇段,采用后浇湿接头的方式与预制节段连接。预制节段端面设置环向止水钢板,按施工缝防水要求进行防水处理;湿接头与预留钢筋焊接连接,湿接头钢筋、模板安装完成后浇筑混凝土。预制节段施工缝根据预制节段安装的顺序可留在承口或插口。

4 存在问题及解决措施

4.1 拉森钢板桩支撑梁对预制管廊吊装的影响

步湖路综合管廊全线均为深基坑作业,基坑深度6~10 m,采用拉森钢板桩进行基坑支护。基坑支护采用钢管支撑体系,距基坑底部4.5 m,横撑采用 $\phi 580\text{ mm}\times 12\text{ mm}$ 钢管,间距4 m,腰梁采用双拼40b工字钢,腰梁下部焊接角钢支架。预制管廊节长2.5 m,现场支撑间净距3.4 m,出现支撑梁与预制节位置冲突无法直接吊装就位现象。

解决措施:通过与设计沟通及复核计算,腰梁采用三拼HW400 $\times$ 400型钢,横撑采用 $\phi 609$

mm $\times$ 12 mm钢管,横撑间距可放宽至6 m。在横撑施工前,提前进行管廊接口位置放线,在6 m范围内适当调整横撑位置,确保预制节准确吊装。

4.2 预制节段间距过大与张拉拼装的影响

预制管廊每节重为22.8 t,单件重量大,无法通过吊装直接完成承插口拼装。两节构件张拉前承插口尚有15~25 cm距离,张拉会造成预应力损失和超张拉。

解决措施:预制节吊装就位前在其下方撒少量黄沙,黄沙可减小构件与防水保护层间的摩擦力,避免了出现超张拉及预应力损失现象。

5 应用效果

本工程采用150 t履带吊进行吊装施工,其移动灵活方便,吊装效率高,平均每日可完成8节预制构件吊装及张拉,较现浇管廊施工缩短了施工周期。节段装配式综合管廊技术在加快施工进度的同时其管廊拼接安装质量、接头防水、张拉效果均满足规范要求。

节段装配式综合管廊技术在工程实施前,提前编制专项方案并组织专家论证,施工过程中严格按照方案执行并制定切实可行的防护措施。

6 结语

节段装配式综合管廊施工周期短,安全风险低,有效地解决了地下设施因统筹规划导致的反复开挖路面、架空线网密集、管线事故频发等现象,不仅可以逐步消除“马路拉链”、“空中蜘蛛网”等问题,还可以合理使用地下空间,提高城市综合承载能力。采用了工厂流水化生产方式,预制节各工序易于控制,使预制节外型尺寸精准,表观质量好;该项技术相较于传统现浇管廊,施工速度快,现场无需模板支架、节约人工,减少基坑在外暴露时间,降低了现场安全事故的风险,对施工区域周边居民、企业生活的影响小,具有更好的经济效益。

参考文献:

[1] 18GL204,预制混凝土综合管廊[S].  
[2] 18GL205,预制混凝土综合管廊制作与施工[S].  
[3] GB 50838—2015,城市综合管廊工程技术规范[S].