

# 地下人行通道跨城市主干道施工工艺

陈潮

(中交第一航务工程局有限公司)

**摘要:**为缓解城市主干道高峰时段道路拥堵,提高城市地下空间利用率,降低交通事故发生概率,依托安徽省天长市南市区基础设施工程千秋大道与二凤南路交叉路口地下通道工程建设,采用提高路基压实度并施做双层双向钢筋混凝土基层的方法,降低路面沉降量,解决在既有道路采用明挖法进行地下通道施工时占用市政道路、交通导行、路基不均匀沉降等一系列问题,实现了不影响主干道机动车通行效率的前提下,行人、非机动车等快速安全通行。

**关键词:**城市地下空间;地下人行通道;占路施工;交通导行;路面沉降控制

## 0 引言

城市地下人行通道可以完全实现人车分离,互不妨碍,提高道路通行效率。在交通流量大、地面建筑物多、地下管线密布、地面位移和沉降要求高的地方<sup>[1]</sup>进行地下人行通道施工时,可选择的施工工艺包括明挖法、暗挖法、盖挖顺作法、盖挖逆作法等方法<sup>[2]</sup>。暗挖法和盖挖法施工周期长、造价高、质量不易受控,综合考虑天长市南市区千秋大道与二凤南路交叉口地下通道所在位置,具备封闭施工的条件,遂采用明挖法进行施工,实现压缩工期、降低成本、提高施工质量的目的。

## 1 工程概况

千秋大道与二凤南路交叉口地下人行通道工程位于安徽省天长市,主通道沿二凤南路设置,为南北走向,后经东、西向分散通道通往道路交叉口周边地块内。该主通道全长为64.5 m,内净宽为6 m;南侧分散通道全长为170.7 m;北侧分散通道全长为94.1 m,内净宽均为4.55 m。工程建设内容包括基坑支护及开挖、主体结构、装饰工程等。

## 2 施工重难点及对策

### 2.1 交通导行

千秋大道是天长市主干道,车流量大,地下人行通道施工时,容易产生交通拥堵、引发安全事故等不良影响。针对本项目具体情况,地下通道施工组织主要有2种:1)半幅施工,半幅维持道路通行。优点是不需考虑交通引导;缺点是施工缓慢、工期长、造价高、施工缝防水质量不可

控、安全风险高;2)全封闭道路施工。优点是施工组织方便、工期短、成本低、质量可控、安全风险低;缺点是需要与交通局协调交通导行路线。比较2种方案在工期、成本、质量控制重难点及安全风险等方面,选用全封闭方式施工。

### 2.2 路面沉降

地下通道的主通道横穿千秋大道,道路恢复时容易因路基压实度不足导致路面不均匀沉降,开挖范围内的路面产生横向裂缝。地下通道的2种施工组织方案比选结果见表1。

表1 施工组织方案比选

施工组织	计划工期/d	计划成本/万元	质量控制重难点	安全风险
半幅施工	168	1 952	接缝防水处理、路面不均匀沉降	较高
全封闭施工	95	1 848	路面不均匀沉降	较低

通过设计变更,将主通道开挖支护结构由土钉墙放坡开挖变更为钻孔灌注桩+内支撑结构<sup>[3]</sup>,开挖路面宽度由26.6 m缩短至16.2 m,从而降低对原路面的扰动范围;与设计单位和建设单位沟通,对原路面结构进行设计变更,将原路面结构的水泥稳定碎石基层变更为C30钢筋混凝土基层,南北向主筋采用 $\phi 22@150$ 螺纹钢,东西向分布筋采用 $\phi 20@150$ 螺纹钢,双向双层布置,以增加路面的整体性。

## 3 施工工艺

### 3.1 施工顺序

为加快施工进度,尽快恢复千秋大道车辆通

行，结合现场实际情况，首先进行南北主通道的施工，然后进行北侧次通道的施工，最后进行南侧次通道的施工。施工顺序见图1。

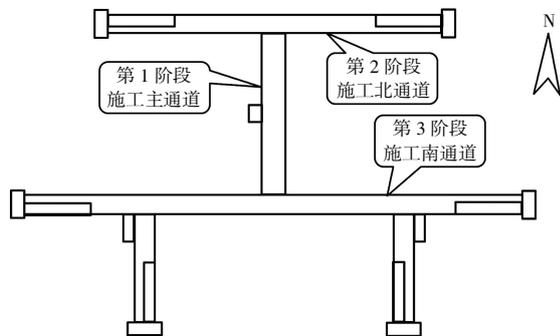


图1 地下通道施工顺序

### 3.2 施工工艺流程

地下通道施工工艺流程为：围护结构施工→土方开挖及基坑支护→地基处理→底板垫层及防水施工→绑扎底板钢筋→浇筑底板混凝土→绑扎侧墙钢筋→安装侧墙、顶板模板支架→绑扎顶板钢筋→浇筑侧墙、顶板混凝土→侧墙、顶板防水施工→土方回填→路基、路面施工→开放交通。

### 3.3 地基处理

地基承载力的高低直接决定了地下通道结构沉降量的大小。基坑开挖至距离基底设计标高200 mm时，由机械开挖改为人工开挖，将基底清理干净、整平。对基底压实度进行检测，压实度小于96%时，采用压路机进行碾压。基底压实度符合要求后，铺筑30 cm厚级配良好的碎石垫层<sup>[4]</sup>，碎石最大粒径不得大于28 mm。采用自重不小于18 t的振动压路机进行碾压，压实度不得小于99%。

### 3.4 混凝土工程

混凝土浇筑时充分振捣密实，可降低混凝土结构的收缩、徐变，对控制结构后期沉降至关重要，施工注意事项如下：

1) 混凝土浇筑采用分段、分层的方式进行，分层厚度不得大于50 cm，同时不应超过振捣棒作用长度的1.25倍，分段长度结合变形缝的位置合理确定。

2) 插入式振捣棒按照快插慢拔的要求进行混凝土振捣。振捣标准为混凝土表面没有显著大气泡、出现浮浆、不再下沉，3点同时满足时才能将振捣棒拔出并振捣下一点，不得过振或漏振。振捣棒振捣和移动时应避免触碰模板、钢筋及预

埋件。振点布置间距最大为振捣棒振动半径的1.5倍，一般保持在30~40 cm之间。分层振捣时，为使混凝土结合紧密，需要将振捣棒插入到下一层混凝土内50 mm。

3) 混凝土浇筑作业应连续进行，必须间断施工时，间歇时间不得大于2 h，混凝土在初凝前未连续浇筑时需要留置施工缝。

4) 新拌混凝土浇筑时保证无离析、泌水现象。严格控制混凝土的自由倾卸高度，最大不得超过2 m，否则需要使用串桶或溜槽等辅助措施防止混凝土离析。避免混凝土表面产生蜂窝、麻面等质量缺陷。

5) 混凝土浇筑时，不得随意在混凝土中加水，当混凝土坍落度减小时，可由专业试验人员加入适量减水剂。混凝土浇筑过程中设专人随时检查模板支架的稳定性以及是否漏浆，支架有失稳风险或存在漏浆现象时停止浇筑，采取措施后方可继续进行。

6) 混凝土浇筑完成后，及时进行保温保湿养护，在混凝土表面覆盖草帘、土工布等材料。每天至少洒水2次，保证混凝土表面湿润，当环境温度低于5℃时不用洒水，养护时间不少于14 d。

### 3.5 变形缝

变形缝的主要作用是防止基础发生不均匀沉降导致结构开裂<sup>[5]</sup>，避免受到地下水的侵蚀，保持构筑物结构稳定。在变形缝位置钢筋全部断开，中间留置30 mm宽的缝隙，相邻段结构钢筋绑扎时，预埋中埋式钢边橡胶止水带来防水，紧邻止水带上部和下部表面安放遇水膨胀止水胶条进行辅助防水，采用低泡高密度闭孔型聚乙烯泡沫塑料板进行嵌缝，变形缝两侧混凝土结构浇筑完成后，在缝隙表面填充泡沫棒和聚硫密封胶进行加强防水。

### 3.6 施工缝

主体结构混凝土浇筑采用分段分层的方法施工，施工缝一般留置在水平方向，变形缝设置在垂直的两段结构之间时，不再重复设置垂直施工缝。地下通道箱型主体结构采取两次浇筑成型的方式，底板钢筋、侧墙钢筋模板安装验收后浇筑底板混凝土，继续浇筑到底板顶面以上800 mm位置的侧墙处，与侧墙钢筋同时安装的400 mm×4 mm钢板止水带的中线与水平施工缝重合。侧墙下部混凝土初凝后进行凿毛处理，在钢板止水带

两侧固定遇水膨胀止水胶条，涂刷界面剂或浇筑 3 mm 厚与混凝土同配比的水泥砂浆坐底后浇筑侧墙和顶板混凝土。

### 3.7 道路恢复

主通道主体结构达到设计强度后，按照规范要求分层回填、压实，分层厚度不超过 300 mm，进行上一层路基回填施工前，先对下一层路基回填土的压实度进行检测，压实度达到标准要求后方可继续进行路基回填作业。路基结构施工完成到达路面基层后，绑扎基层钢筋网骨架，浇筑 C30 混凝土，完成 C30 双层双向钢筋混凝土基层施工。带基层混凝土养护达到设计强度后再进行沥青摊铺，恢复路面结构。

## 4 实施效果

### 4.1 施工监测

#### 1) 监测项目

为检验本项目路面沉降控制质量，道路恢复后沿通道中心线上方的道路中线、左右边线各设

置一个竖向位移监测点，编号为 QT1~QT3。竖向位移监测控制网采用二等附合导线网的测量方法，施测选用 Trimble 精密水准仪，变形点的高程中误差控制在  $\leq \pm 0.5$  mm。各监测点的高程值由各基准点、工作基点与竖向位移监测点组成的 1 个闭合或附合水准路线而测定。各监测点的竖向位移量以 2 次测得各监测点的高程之差计算得出，竖向位移量计算至毫米。为保证初始数据准确、连续、可靠，对所有监测点进行不少于 3 次初始数据采集。

#### 2) 监测频率

第 1 个月的监测频率为 10 d/次，第 2 个月、第 3 个月各测 1 次，然后通车的第 1 年每季度测 1 次，最后第 2 年末再测 1 次。

#### 3) 监测结果

监测期内地表竖向位移量为 5.3~7.4 mm，竖向位移总量较小，沉降控制较好，竖向位移结果汇总见表 2。

表 2 竖向位移结果汇总表

监测点编号	日期								
	20-10-10	20-10-20	20-10-30	20-11-30	20-12-30	21-03-30	21-06-30	21-09-30	22-09-30
QT1	1.1	2.0	2.8	3.5	4.2	5.1	6.0	6.6	7.4
QT2	0.8	1.5	2.1	2.6	3.0	3.6	4.2	4.7	5.3
QT3	0.9	1.6	2.2	2.7	3.3	4.1	4.8	5.3	5.9

表 2 给出了道路中线、左右边线布置监测点的沉降情况，由表 2 可知，布设在道路中线的监测点 QT1 在通车后 2 a 内的累计竖向沉降量最大，布设在左右边线的监测点 QT2、QT3 的累计沉降量较接近，且比道路中线的沉降量小 1.5~2.1 mm，符合道路结构特点及行车荷载对路面沉降的影响。分析原因如下：1) 路面结构为 C30 钢筋混凝土基层，路面的整体性较好，受力特点符合单向板结构体，受到荷载作用后中部产生的挠度较大，两侧挠度较小；2) 道路中部行驶机动车辆，施加给路面的荷载较大，道路两侧为非机动车道和人行道，施加给路面的荷载较小，导致道路中间的沉降大于两侧的沉降。道路左右两侧的沉降差仅为 0.6 mm，原因为道路路基回填时分层均匀、碾压平整、压实度合格，道路整体沉降均匀；3) 板体性优良的 C30 钢筋混凝土基层保证了结构的整体性。

4) 监测曲线：整理各监测点的监测结果，得

到各点的监测曲线，见图 2。

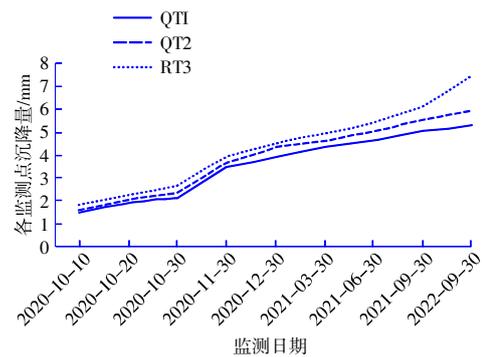


图 2 各监测点监测曲线

对图 2 各监测点的监测曲线进行分析可知，道路通车后的第 1 个月，路面沉降速率最大，第 1 个月末的平均沉降量达到总沉降量的 38.2% 左右；随后沉降速率有所降低，第 3 个月末的平均沉降量达到总沉降量的 56.4% 左右；之后沉降速率再次降低，通车第 1 年平均沉降量达到总沉降

量的 89.2%左右；第 2 年平均沉降量仅增加了 10%左右。由此可以推测，道路沉降基本趋于稳定。

#### 4.2 实施效果

千秋大道与二凤南路交叉口地下人行通道建设完成后，极大地缓解了天长市南市区的交通压力，在切断城市主干道的前提下，仅历时 85 d 就恢复道路通车，在类似项目中较为少见。施工中当工期压力较大时，可以考虑优化维护结构及土方开挖的工期，加快局部主体结构施工，在恢复交通后，再集中力量施工其他部位。

#### 5 结语

在既有城市道路进行地下通道施工，控制路面沉降是重中之重，本文从地基处理、结构混凝土浇筑、变形缝、施工缝、道路恢复等方面分析

了控制地基沉降、结构收缩徐变及不均匀沉降的方法。项目建成通车 2 a 后，未发现路面产生纵向裂缝，汽车行驶平顺、无跳车现象，说明沉降控制要点选择合理、控制得当，对类似工程具有很好的借鉴意义。

#### 参考文献：

- [1] 胡达. 城市地下步行连通通道类型及适用性研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2018(27): 171-172.
- [2] 李福利. 城市地下通道施工技术及其防水措施探讨[J]. 建筑技术开发, 2019, 46(12): 41-42.
- [3] 汪创, 许梦国, 王平, 等. 城市地下通道开挖的支护方案及对周边建筑安全的影响[J]. 工业安全与环保, 2017, 43(2): 39-42.
- [4] 庞剑. 级配碎石垫层施工质量控制问题探讨[J]. 西部交通科技, 2018(9): 18-20.
- [5] 李保营. 城市地下通道变形缝防水技术研究[J]. 安徽建筑, 2017, 24(1): 38-40.