

# Research on Construction Technology for Intersection of Small Section Main Tunnel and Large Section Side Tunnel in Complex Structure Tunnel

Jinshan Lin

CCCC Fourth Engineering Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530033, China

## Abstract

In recent years, with the continuous development of demand in various industries, many new forms of tunnel structures have emerged. The distribution of intersections mainly includes three-dimensional and planar distribution. However, the main construction difficulty lies in the numerous construction processes of the main channel and side tunnel intersection sections. The excavation of surrounding rock is disturbed, resulting in stress redistribution and concentration, which in turn leads to instability and damage of the surrounding rock. During the construction process, a small amount of tensile damage is prone to occur at intersections, straight wall sidewalls, and bottom. Special attention should be paid during construction, and early support should be provided in a timely manner to prevent local falling and collapse. In the past, the construction of intersections was carried out with large sections and small sections, without the existence of high and reverse cantilever construction conditions. The construction difficulty and risk were not high, and the improvement of construction methods and technical points for small and large section side tunnels has become an urgent industry problem to be solved. Through summarizing the construction of such intersections, the aim is to explore new ideas and methods for intersection construction.

## Keywords

tunnel engineering; intersection; reverse ceiling

# 复杂结构隧道小断面主洞与大断面侧洞交叉施工技术研究

林金山

中交一公局第四工程有限公司, 中国·广西 南宁 530033

## 摘 要

近年来随着各行业需求的不断发展, 出现了不少新业态隧道结构形式, 交叉口分布形式主要有立体交叉分布、平面分布, 但主要的施工困难在于主通道与侧洞交叉段施工工序繁多, 围岩开挖受到扰动出现应力重分布及应力集中, 进而造成围岩失稳破坏。施工过程中, 在交叉口、直墙侧壁、底部易出现少量受拉破坏, 施工中应重点关注, 及时施工初期支护, 防止局部掉块坍塌。以往交叉口施工均以大断面进小断面施工, 不存在高大反向挑顶施工工况, 施工难度及施工风险不高, 而小断面与大断面侧洞的施工方法及施工技术要点的提升成为亟待解决的行业难题, 通过此类交叉口施工总结, 旨在探索交叉口施工的新思路和新方法。

## 关键词

隧道工程; 交叉口; 反向挑顶

## 1 引言

近年来, 随着中国交通强国战略的实施, 地下工程建设也在快速的发展。传统的隧道工程本身是一种特殊的工程项目, 隧道作为交通工程、铁路工程的重要组成部分, 在施工中具有十分重要的意义。然而不同于传统公路隧道工程多为单向或对向施工的特点, 为满足某些特定功能的需要, 地下空间工程呈现出断面多、平面交叉多等特点及难点。对于

平面交叉位置, 若主洞断面大, 侧洞断面小, 则施工过程相对简单, 若主洞断面小, 侧洞断面大, 施工过程中则会存在较大的安全风险<sup>[1]</sup>。

论文以某项目地下空间工程 1# 十字交叉口为例, 对主洞断面小, 侧洞断面大类型交叉口开挖初支施工方案进行研究。

## 2 工程概况

某工程为新建地下空间工程, 施工内容包含地下工程的开挖支护及二衬项目。该工程开挖断面形式采用贴壁直墙圆拱形结构, 其中十字交叉口及 T 型交叉口数量均较多(见图 1)。

【作者简介】林金山(1989-), 男, 中国河南洛阳人, 本科, 工程师, 从事路桥隧施工管理研究。

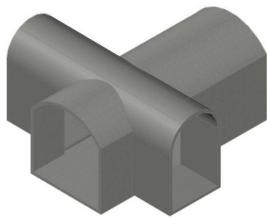


图1 交叉口示意图

1# 十字交叉口为主洞断面小，侧洞断面大类型。该交叉口主洞断面尺寸为净宽 5.5m，边墙高 6m，拱部为 1/2 矢跨比，拱高 2.75m；初期支护参数为：工 16 工字钢，间距 1m， $\phi 22$  锚杆，长度 3.5m，间距 1.2m 梅花形布置； $\phi 8@200$  双钢筋网片，喷射混凝土厚度 230mm。侧洞断面尺寸为净宽 8m，边墙高 6.5m，拱部为 1/4 矢跨比，拱高 2m；初期支护参数为：工 16 工字钢，间距 1m， $\phi 22$  锚杆，长度 3.5m，间距 1.0m 梅花形布置； $\phi 8@200$  双层钢筋网片，喷射混凝土厚度 230mm。主洞与侧洞垂直相交，交叉口采用复合式衬砌。

### 3 施工方案及方法选择

由于交叉口处于三维受力空间，应力分布复杂，施工难度大，安全系数低，综合以往隧道施工经验，结合本隧道的围岩情况，形成以下 2 套施工方案。

#### 3.1 方案一：小导洞法

主洞按照设计断面正常施工，侧洞开挖采用小导洞方法进行，即采用导洞先行，同时上坡开挖至侧洞拱顶高程，随后继续沿相同方向扩挖临时支洞，并掘进一定距离，形成作业空间后转向相反方向施工，直至扩挖至支洞完成。具体施工操作步骤如图 2 所示。

①按照小断面上台阶尺寸以 1 : 4 坡度向上爬坡，至大断面顶部；临时支护采用工 16 型钢，间距 1.0m，其余支护参数参照小断面，边掘进边支护。

②过渡段长度为 5m。由小断面宽度扩挖至大断面，宽

度为线性变化，临时支护采用工 18 工字钢，间距 0.75m，其余支护参数采用大断面上台阶支护参数。

③反向挑顶至大断面尺寸，采用控制爆破，单循环开挖进尺不大于 1m，支护参数采用大断面上台阶支护参数。

④分左、右侧开挖大断面下台阶，边开挖边支护，左右侧错开步距不小于 5m。

#### 3.2 方案二：局部挑顶法

主洞施工至十字交叉口时，在交叉口范围内通过加高直墙高度达到拱顶局部挑高的目的。通过主洞交叉口位置局部挑高后，主洞拱顶高度高于侧洞拱顶高度，主洞支撑拱架可安全的与侧洞的拱架相连接，从而确保主洞初支的安全与稳定<sup>[2]</sup>。

为解决后期侧洞开挖时主洞拱架拆除的难题，运用 BIM 模型控制拱架加工长度及分段位置，由 BIM 交叉模型配合开挖轮廓放线开挖，精确控制开挖轮廓，每榀拱架分段位置根据侧洞高度设置在主洞与侧洞交叉口位置。分段位置采用连接钢板栓接，确保后期侧洞施工时方便拆卸。具体施工操作步骤如下：

①在主通道施工至该平面交叉口时，平面交叉口范围内起拱高度加高 2m，即起拱高度为 7.5m。

②主洞交叉口位置拱架施工时候，严格按照 BIM 模型计算的拱架长度及分段位置安装拱架，拱顶拱架两侧均增设两组  $\phi 42$ ，长度 3.5m 锁脚锚杆，确保拆除拱架时拱顶拱架的稳定。

③主洞挑顶端施工单循环开挖进尺不大于 1m，边开挖边支护。

④交叉口施工完成后，主洞继续向前施工 30m，开始进行侧洞开挖施工。

⑤交叉口两侧侧洞采用交叉施工，即先施工右侧，右侧施工完成后再施工左侧。

⑥主洞拱架拆除。根据侧洞的截面面积及位置，将侧洞与侧洞预留位置钢拱架进行拆除；拆除过程中采用破碎锤对拱架表面的混凝土进行破除，不得使用炸药进行爆破。

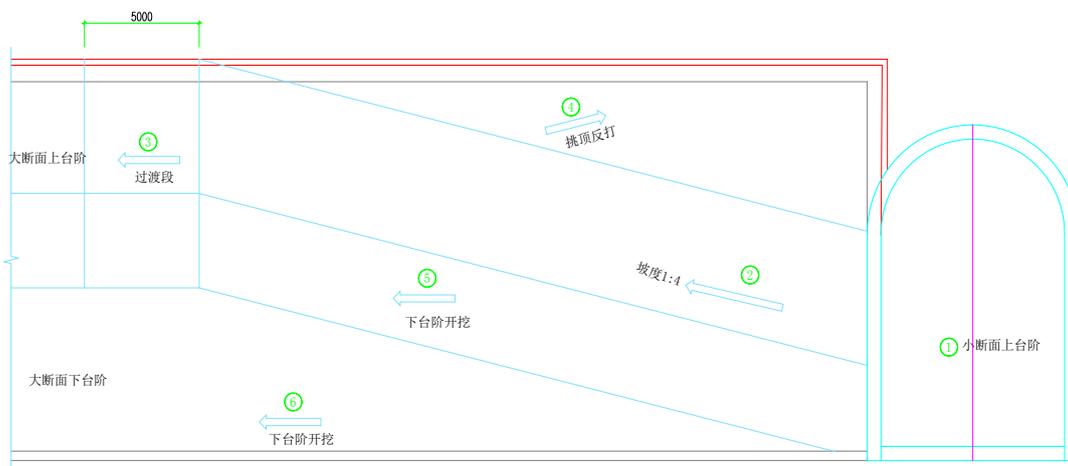


图2 小导洞开挖工序示意图

⑦侧洞开挖及拱架安装施工。侧洞开口位置应按照“短进尺、弱爆破、强支护、快封闭、勤量测”的原则进行施工。第一个循环进尺严格控制在 50cm 左右，开挖完成后，及时安装第一榀钢拱架，并将主洞预留的钢拱架与侧洞第一榀钢拱架焊接牢固。

十字交叉口拱架连接见图 3。

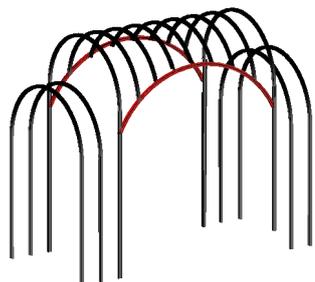


图 3 十字交叉口拱架连接示意图

### 3.3 施工方案比选

采用方案一小导洞法优点如下：

①主洞开挖及后期二衬施工不受影响，可快速完成主洞开挖施工；

②侧洞开挖时对主洞结构影响较小。

存在的缺点为：

①小导洞临时支护工程数量较大，施工成本较高；

②侧洞开挖时主洞原有初期支护支撑体系基本需要全部拆除（见图 4），主洞安全风险较大；

③施工进度较慢，工期压力大。

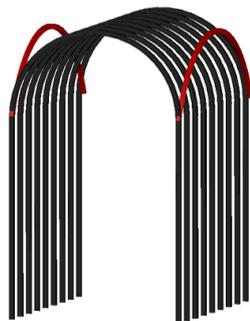


图 4 十字交叉口拱架拆除示意图

采用方案二局部挑顶法优点如下：

①临时工程数量小，施工成本低；

②主洞初期支护支撑体系与侧洞初期支护可牢固结合在一起，施工完成后整体结构稳定，安全风险可控。

存在的缺点为：

①交叉口位置挑顶施工较难度较高；

②交叉口挑高位置后期二衬施工较复杂。

## 4 施工监控量测

### 4.1 监控量测范围

交叉口低端结构断面复杂，为多向应力集中的地方，

为确保隧道施工安全，实施掌握隧道围岩变形情况，需加强该段监控量测工作，监控范围应集中布置在交叉口四个方向各延伸 5m，施工过程中对已支护完成的每榀拱架进行监控，交叉口施工完成后，按照每 2m 一环监控，主要监控参数为拱顶下沉、拱脚下沉、净空收敛、起拱线收敛情况，随时掌握初支结构受力变化情况。

交叉口拱架连接时应逐榀进行，若量测结果显示变形较大，在后续施工时，采取增加拱架锁定数量并注浆对钢拱架进行加固处理。施工过程中期间，应全程对该段进行监控量测及水量检测，特别是降雨期间，谨防裂隙水渗透、软化围岩层间接触面，造成围岩层间滑动。

对监控量测数据应严格按照《铁路隧道监控量测技术规程》进行分级，位移管理分级指导施工管理及支护等措施。隧道开挖后的围岩变形量测应按规定实施，测量数据应绘制成图，的那个拱顶下沉、水平收敛速率达 5mm/d 或位移累计达 100mm 时，应暂停施工，查明原因并加固处置后再进行施工。

### 4.2 监控量测工作流程

监控量测工作流程见图 5。

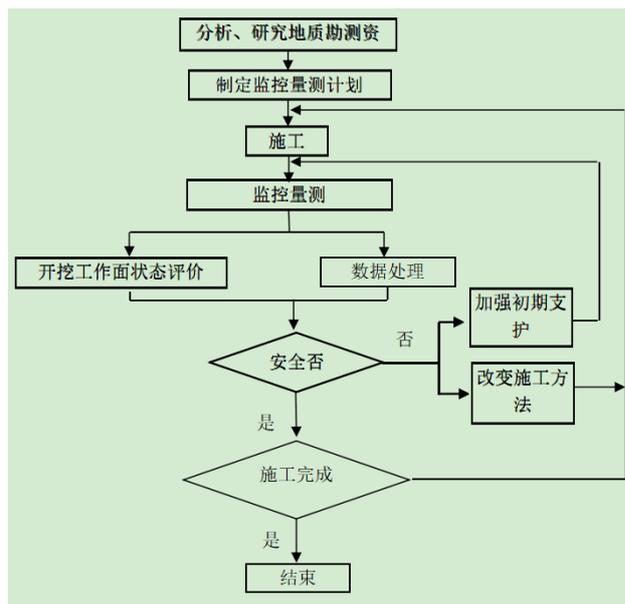


图 5 监控量测工作流程

## 5 施工通风保障措施

在交叉口处，由于作业面近逼，施工机械尾气扬尘合炮尘集中，洞内温度较高，需要加大通风排烟能力合排烟时间，送风通风管保证距离作业掌子面 10~15m，以提供良好的施工作业环境。

主通道通风风管使用直径  $D=2.0m$ ，在主通道交叉口完成后，向侧洞掘进时，通风管应近逼交叉口位置，加大通风量，提高风压，加速除尘速度。当左右侧洞错峰开挖到安全距离后，在交叉口处，采用变径三通的方式使用直径

D=1.5m 的风管加快流速，向侧洞进行通风，已保证个作业面在施工组织下有序的进行。

通风时改善环境、降低风险的重要手段之一，现场建立专业的通风班组，保证通风信号顺畅。

## 6 结论

根据上述方案的比选分析，充分考虑各种施工因素的影响，施工方案本着方案选择。

①若围岩条件好，如 III 级及以上围岩等级，主洞初期支护不需要安装钢拱架的情况下，建议选择小导洞施工方案；

②若围岩条件不好，建议选择挑顶法施工，确保平面交叉口位置主洞初期与支洞初期支护可稳定的结合再一起，确保交叉口位置施工安全。

交叉口施工中，爆破后容易造成围岩拱顶及边墙个别

部位松散，岩石剥落掉块严重。所以勤支护、早支护就显得尤为重要。另外在侧洞开挖施工中，主洞钢拱架被拆除后，对主洞隧道自身的结构有一定的破坏，如何保证侧洞开挖时主洞剩余拱架能安全和快速与侧洞的钢拱架衔接成为了施工的关键<sup>[1]</sup>。挑顶法通过主通道拱部钢支撑与侧洞钢支撑形成单元结构，有效地防止了隧道的坍塌，是一种合理、安全经济的施工方案，同时完成了主洞施工体系的转换。

## 参考文献

- [1] 刘毅,贺祖浩,王志敏,等.破碎围岩条件下隧道挑顶施工技术研究[J].现代隧道技术,2020,57(6).
- [2] 焦华喆,董腾飞,陈新明,等.大断面隧道三岔口段施工技术及围岩变形规律[J].公路交通科技,2019,36(8):100-107.
- [3] 闫自海,章立峰,路军富,等.城市地下立交隧道交叉口施工方法研究[J].现代隧道技术,2019,56(1):176-184.