

# 隧道工程长管棚套拱支护的施工方案研究

## ——以普子岭隧道工程为例

朱 乾

中铁北京工程局集团第一工程有限公司 陕西西安 710000

**摘要:** 在大断面隧道工程中,长管棚套拱支护是其中至关重要的施工环节。本文即以普子岭隧道工程为例,着重分析长管棚套拱支护施工过程的技术要点与工作流程,以此提出科学高效的隧道工程长管棚套拱支护施工方案。通过本文案例分析发现,大断面隧道工程中,长管棚套拱支护施工难点在于导向墙、套拱、长管棚制作安装、注浆等环节,应充分发挥长管棚套拱支护施工优势,以此为隧道工程提供围岩保障,并为其完整工程开挖与衬砌创造良好条件。

**关键词:** 隧道工程;大断面;长管棚;套拱支护;施工方案

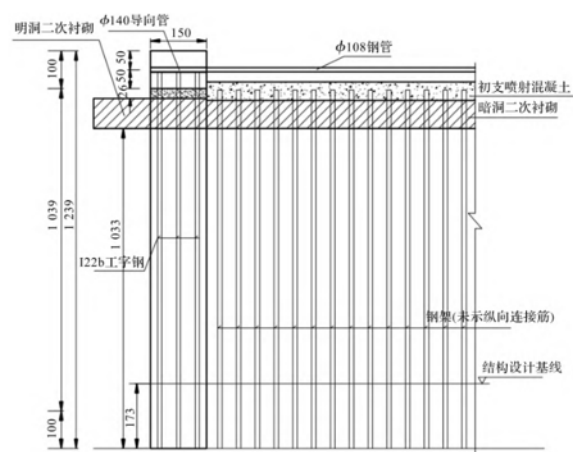
在我国高速公路建设中,隧道工程有着重要的影响与作用。隧道质量不仅直接影响交通安全,而且对交通便捷性和路径选择也有直接影响。随着我国基建技术与设备的快速发展,尤其在长江大桥隧道建成通车后,盾构法成为公路隧道施工的基本方案,而长管棚套拱支护施工就成为其必要环节。我国不同地区的地质条件有着巨大差异,支护技术与支护参数在不同环境下也有较大差异。普子岭隧道工程不仅地质条件复杂,而且支护施工难度较高,因此成为本文选择的典型案例,并基于此提出科学合理的施工方案与技术措施。

### 1. 普子岭隧道工程概述

普子岭隧道工程为左右分离式特长隧道,出口位于剑阁县汉阳镇永泉村。其中,危岩带位于隧道出口附近,对隧道洞口有一定影响。隧道施工面临三个难点:地质水文条件复杂导致导向墙定位与稳定性设计困难;全断面开挖、一次浇筑成拱施工方法在洞口高坡度下容易发生边坡失稳;周边工程围岩条件复杂,支护施工需要考虑多因素且受施工空间限制。

长管棚套拱支护施工技术是本隧道施工的关键。其中,导向墙建设是支护施工的第一步,考虑到洞口坡度大、基岩浅埋覆盖粉质黏土等问题,导向墙施工难度较高。为确保导向墙满足稳定性要求,需设置导向墙长1.5m、厚1.0m,并预埋直径140mm、壁厚5mm的导向钢管。大管棚长30m,需按环向间距30cm布设103根导向管。施工顺序为先完成导向墙施工,再实施长管棚施工。在导向墙施工过程中,需

关注进洞口的安全性与稳定性,如预留核心土可拉槽,在达到明暗洞交接位置后才能正常推进导向墙建设(如下图)。



本工程在明暗洞交界位置布设长管棚套拱,并使套拱与新鲜岩面直接接触。同时,导向钢管布设过程中按照设计要求制作了外插角,而套拱底部需要将石渣土分层回填并压实,由此建立临时胎架,为管棚钻孔施工作业创建工作平台。

### 2. 套拱

本工程中,套拱施工的难点在于明洞衬砌轮廓外增设钢架,选择3榀I22b型钢,进行除锈和调直处理后,将其焊接在钢板上,钢板尺寸为长19cm、宽26cm、高1.4cm。钢架纵向采用钢筋连接,要求环向间距为1.0m,采用双面焊,确保连接钢筋与钢支撑形成完整一体,焊缝厚度应达到5mm以上。在拱架上还需焊接管棚导向管,要求管距控

制在 30cm，选择的钢管规格为长 1.5m、直径 140mm、壁厚 5mm，同时焊接时需要控制  $1^{\circ} - 3^{\circ}$  的上插角。拱架内侧悬挂模板，浇筑 C25 标准混凝土。由于洞口段围岩质量较差，需要采用两次浇筑方法。第一次以上半断面开挖，浇筑拱顶段套拱；第二次需要在管棚施工结束后继续。在拱顶段浇筑时，应优先在两侧拱脚浇筑基底，厚度为 40-60cm，定位后安装钢拱架，并预留连接钢板的位置。下半断面在开挖过程中需要预留核心土，优先在拱脚两侧打入锚杆后开挖，而后将下半段拱架进行安装与连接，并使用锁脚锚杆将其固定，避免上部套拱出现下沉现象。最后将下半段完成浇筑工作，从而使得套拱封闭且成环。具体来说，需要从以下几个步骤展开：

**2.1 测量放线：**明确套拱基础开挖位置及其高程；开挖完成后依次测量套拱基础位置、钢拱架拱脚位置、中点和高程等；如果此环节出现拱脚超挖情况需要利用钢板调整并重新设计高程。

**2.2 安装钢拱架：**钢拱架选用 I22b 型钢，加工环节需要分段开展；每段钢拱架的两端需要分别焊接一块钢板；钢拱架可以在现场进行拼接与安装；优先完成起拱线以下竖直段的安装；需要使用垂直仪调整中心；钢架安装完毕后还需要依次检验净空、设计高程等数据。

### 2.3 安装导向管

**安装导向管：**选用直径 140mm、壁厚 5mm 的导向管，安装时采用外插角  $2^{\circ}$  的方式，并根据钢拱架高程进行细化调整。固定筋直径为 14mm。导向管安装完成后需测量并检查。

**安装模板：**使用竹胶板拼装方法，内侧使用方木或钢管形成拱形内支撑背模，钢拱架使用原木与管架支立。导向墙外模使用双钢管对拉螺杆，根据浇筑需求适时安装。安装完成后测量检查净空，合格后加固，使用方木、钢管、工字钢等材料。

**混凝土浇筑：**采用两侧对称浇筑方法，高度差控制在 1m 以内，缓慢对称进行。实时振捣以提高质量和密实效果，达到表面光滑无蜂窝麻面标准。初凝后覆盖土工布并洒水养护至少 14 天。

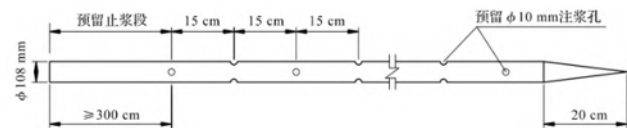
**套拱混凝土浇筑：**人机配合完成下料和振捣工作，分层对称浇筑，每层厚度 30-40cm，避免漏振。振捣至浮浆即可停止，避免过度振捣。缓慢施工并监控模板，出现浆液渗

漏或严重变形问题立即处理。

## 3. 长管棚套拱支护施工流程

### 3.1 管棚加工

选择热轧无缝钢管，规格为直径 108mm、壁厚 8mm，管身上钻孔并加工锥形管头，尾部设止浆段。



### 3.2 钻孔

在套拱施工完成后，使用履带式潜孔钻机进行钻孔，奇数孔洞先钻，偶数孔洞后钻，并保证钻机杆与孔口管的轴线重叠。

### 3.3 安装管棚

在管棚安装环节，需要将钢管分段顶进，确保钢管接头与丝扣连接，连接长度要打造 15cm 以上。其中使用的工具为钻机，奇数编号第一节钢管选择 3m 规格，偶数编号第一节采用 6m 规格，后续全部采用 6m 规格钢管。还需要注意的是，管棚安装环节需要控制同一个断面的接头数量不能超过总数的一半，且相邻钢管接头位置至少要分离 1m。为保证钻孔最佳质量，还需要避免钻孔对邻孔产生影响，因此需要在施工前进行编号，并且优先完成奇数编号的注浆工作，完成后再施工偶数编号。钢管接头应使用丝扣进行连接，丝扣长度应至少长 15cm，同时使用套管丝扣进行连接，要求其规格为外径 114mm、壁厚 6mm。管棚施工操作过程中，还需要控制好钻机立轴方向，可以借助光靶测斜仪分析钢管钻进的偏斜度，以此确保施工精准。

### 3.4 安装钢筋笼

本工程中钢筋笼主要由固定环与四根主筋组成，要求主筋直径为 18mm，固定环间距要达到 150cm，固定环选用钢管制作，规格为直径 42mm。钢筋笼需要在加工工厂提前制作，将其运输到施工现场后进行人工安装。钢筋笼需要在管口位置完成搭接工作，每一节长度为 6m，使用焊接方法将其相互搭接。在出现土质软岩时，就要采用钢筋笼提升管棚钢管的抗压能力。

### 3.5 注浆

管棚和钢筋笼均完成施工后，则可以在钢管中注入纯水泥浆液，水灰比为 0.6-0.8，注浆时应给予压力为 0.5-1.0MPa，

需要随着注浆时间逐步提升压力,最后压力达到 2.0–2.5MPa 时停止,持续注浆时间应达到 10 分钟以上。

注浆环节出现不进浆、溢浆等问题时,说明注浆已满,可以使用灌浆机对钢花管灌浆,直到排气口流出水泥浆为止。注浆结束后还需要清理管道中的泥浆,并使用水泥砂浆完成填充,规格为 M30,进而确保其管道强度。注浆速率按照注浆孔的进水量确定,按照由快到慢的过程,注浆结束后关闭止浆阀。水泥固化后还应拆下止浆阀,并进行清洁与回收处理。需要注意的是,在灌浆环节如果压力突然飙升,可能会造成管道堵塞问题,必须立即停车进行检查;而一段时间内没有增加压力,则需要调整浆液浓度及配合比,或者实行间歇式或低压力注浆,以此避免出现注浆不饱满的问题。

#### 4. 结语

综上所述,在大断面隧道工程中,长管棚套拱施工环节具有极其重要的作用与功能,也是当前高效、安全的隧道施工方法之一,尤其在施工环境恶劣、施工质量要求高的项目工程中,必须提高长管棚套拱施工重要性。而在实际施工

过程中,需要以具体工程项目的重点和难点展开优化设计,既要把握好施工细节与流程,又要按照导向墙、套拱及管棚支护、注浆等工序与技术要点完成施工,进而有效加固隧道周围的破碎围岩与不稳定围岩,为隧道工程开挖施工提供良好的条件。

#### 参考文献

- [1] 郝金川. 超大断面隧道工程的长管棚套拱支护施工分析[J]. 浙江水利水电学院学报, 2023,35(04):85–90.
- [2] 施英, 罗春. 隧道管棚超前支护作用机理及其影响因素研究[J]. 人民长江, 2022,53(11):130–135.
- [3] 吕岩. 高速公路隧道建设中的超前支护施工技术[J]. 中华建设, 2022,(01):140–141.
- [4] 郑寰宇. 跟进式管棚在隧道洞口松散破碎地层中的应用[J]. 西部交通科技, 2021,(04):128–130.
- [5] 罗文. 高速公路隧道工程中的洞口超前支护施工技术[J]. 四川建材, 2020,46(11):127–128.