

浅埋段隧道施工管理要点经验总结

Summary of Key Experience in Construction Management of Shallow Buried Tunnel

冉骥

Ji Ran

中国交通建设股份有限公司 中国·北京 100032

China Communications Construction Corporation, Beijing, 100032, China

摘要: 论文结合作者经历的某项目浅埋段隧道现场的施工做法,重点论述了浅埋段隧道的施工及安全质量控制要点。根据实际施工经验,总结浅埋段隧道施工需要注意的事项,对后续项目施工组织提供相应参考。

Abstract: This paper focuses on the construction and safety quality control points of shallow buried tunnels, based on the author's experience with the on-site construction practices of a certain project. Based on actual construction experience, summarize the precautions for shallow buried tunnel construction, and provide corresponding reference for subsequent project construction organization.

关键词: 隧道; 浅埋段; 安全质量; 重点; 要点

Keywords: tunnel; shallow buried section; safety and quality; key points; main points

DOI: 10.12346/etr.v5i5.8058

1 引言

隧道浅埋段的施工一直是隧道施工的难点和重点,如果处理不好极有可能引起隧道塌方等安全隐患。传统的做法是在隧道拱部施作超前注浆小导管,但是小导管刚度小,施作角度大,长度短,其在加固土体方面的作用明显弱于大管棚。在结合了隧道现场地质情况以后,决定在洞内进行挑顶施作管棚,以保证土体稳定。

2 工程简介

该隧道为一座两车道分离式隧道,左右幅隧道距离30m,左线隧道长2662m;右线隧道长2507m。隧道左洞洞口里程为LK29+160;右洞洞口里程为RK29+218,洞口约70m长度范围内为浅埋段,埋深为3~20m。

3 工程地质特征

隧道洞身主要以IV、V级围岩为主,局部地段为III级围岩。隧道穿越地层有泥灰岩、粉砂岩、砂岩、角砾岩和砂质灰岩,以粉砂岩为主,呈层状结构,薄~中层,开挖过程中不及时支护或支护不当易产生坍塌;岩溶现象不发育;物探成果表明,多为相对低阻区,岩体中含有裂隙水,开挖时可能存在一定量的渗水现象。

4 施工方法

4.1 原设计支护方式

原设计衬砌型式为VPC型衬砌,在隧道北口左洞LK29+150-LK29+160(洞口10m)、右洞RK29+208-RK29+218(洞口10m)范围内设计,洞口设一环大管棚,管棚长L-15m,管径 $\phi 114$,管棚环向间距0.4m;洞口段采用规格为M/LINE的格栅式钢架支撑。

洞口10米范围内施工完成后,左孔LK29+057-LK29+150(93m)、右孔RK29+208-RK29+125(83m)设计衬砌类型为VB型衬砌,超前支护为3.0m长小导管,格栅钢架间距变为0.8m/min。

4.2 变更后支护方式

右洞顶部地表累计沉降量在完成洞口段10m施工后达到89mm,同时掌子面开挖显露仍为土体,浅埋段采用大管棚超前支护以控制隧道沉降,隔栅钢架则改为HE160钢架,同时进行钢架支护。

由于在原设计中初期支护轮廓均为标准轮廓,为了使施作洞内管棚时有足够的工作空间,需要扩挖一个管棚工作室。扩大的工作室采用长6.0m的IBO锚杆作为超前支护,采用三台阶预留核心土法(临时仰拱)开挖,同时每隔0.6m设置HE160A型钢,并在型钢上设置扩大拱脚。工作室施

【作者简介】冉骥(1988-),男,中国四川达州人,本科,工程师,从事道路与桥梁工程研究。

作完成以后，施作正常管棚段的初期支护^[1]。

正常管棚段的超前支护采用 $\phi 108$ 无缝钢管，采用预留三级核心土法（临时仰拱）开挖，同时每隔0.8m设HE160A型钢，型钢上设扩拱脚^[2]。

扩大的工作室和正常段管棚支护的施作范围为左右洞各15.5m，里程为RK29+205.2~RK29+189.7和LK29+151.8~LK29+136.3。

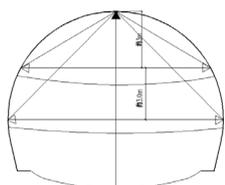
4.3 浅埋段具体施工方法

4.3.1 超前地质预报

超前地质预报主要对隧道北口地质情况进行超前地质预报，采用地质速写和超前打孔两种方法^[1,3]。

4.3.2 监控量测

监控量测采用无量测量技术（即反光膜片观测法），以计算机数据处理系统为辅助，快速、准确地提供测量结果为目的的观测数据分析，见图1。



图例 ▲拱顶下沉 △净空收敛

图1 三台阶法测量点位布置示意图

4.3.3 隧道排水及掌子面加固

在施工之前，首先要保证掌子面的稳固，所以排水和加固掌子面都是有必要的。

①钻排水孔：在离拱脚50cm以上处钻排水孔并安装有6~10mm泄水孔的 $\phi 100$ 的钢管。②排水孔深9m，环向间距0.8~1.0m，安装布设6~10mm泄水孔的 $\phi 1.5$ 钢管，将掌子面的水流引至钢管，而不进入掌子面。将水排出初支出水点后，使初支出水点的压力减小。③封闭掌子面：采用混凝土厚度为10cm的C30喷射混凝土封闭隧道掌面。④超前小导管注浆：将超前小导管钻入掌子面上，玻璃纤维锚杆长9m，间距 $1.50\text{m} \times 1.50\text{m}$ ，呈梅花形布置，用水泥浆注浆锚固，如图2所示。⑤在掌子面中间预留核心土保护掌子面，在保证两侧及顶部作业空间的前提下，尽量扩大核心土的面积，

以增大其对掌子面的保护作用，最大限度地抵抗掌子面前方围岩的挤出作用（两侧宽度一般取1.5~2.0m，顶部高度一般为2.0~2.5m）。

4.3.4 管棚工作室施工

为保证洞内管棚的正常施工，需要建造一座随开挖而逐渐向上提升的、长约3.5m、最高处约0.6m的类似三角形的工作室（studio）^[3]。

①扩大工作室采用6.0m长IBO锚杆作为超前支护，其布置范围为拱部 105° ，环向间距0.3m^[1]。钻孔之前，首先需在拱部准确放样定位出IBO锚杆的位置，并标记。

②IBO锚杆施作完之后，进行隧道初支开挖防护。机械开挖，人工配合修整，严禁欠挖，千万不能超量掘进。挖开掌面后，马上进行地质速写。初步支护采用锚喷+钢架配套系统，具体施工流程如下：

第一，将开挖后的掌子面进行封闭喷射，喷射厚度约为3~5cm。

第二，安装第一层钢筋网片，钢筋网片应紧贴初喷面，网片间至少搭设2个网格，网片间采用绑扎或焊接。

第三，安装初支型钢。型钢将隔栅钢架替换成HE160A型钢，间距达到60cm。为增加拱脚受力面积，在中阶型钢上设置伸缩拱脚，伸缩拱脚采用HE160A刚性焊接，保证拱脚部位稳固^[3]。

型钢随着开挖的进行逐步向上抬起，并应和IBO锚杆密贴，以保证后续管棚施工有足够的空间。

每榀型钢安装完成后，应立即安装锁脚锚杆。每边至少安装2根。锁脚锚杆按设计 65° 斜向下方向打设，安装在扩大拱脚处。

第四，复喷。在进行复喷时，湿喷台车的喷嘴应与受喷面保持1.0~1.3m的距离，并垂直于受喷面，分段分层从下往上进行，每一层喷雾面的喷雾面厚度应不大于15cm。在进行喷射时，必须确保喷涂混凝土的密闭性，不能有空洞的情况发生。

第五，挂设第二层钢筋网片。钢筋网片与钢架应牢固紧密，搭接长度不少于1.5m。

第六，最终喷射混凝土。双层钢筋网片安装完毕之后需喷射至设计厚度。最终喷射的混凝土表面应平顺，高低起伏较小。

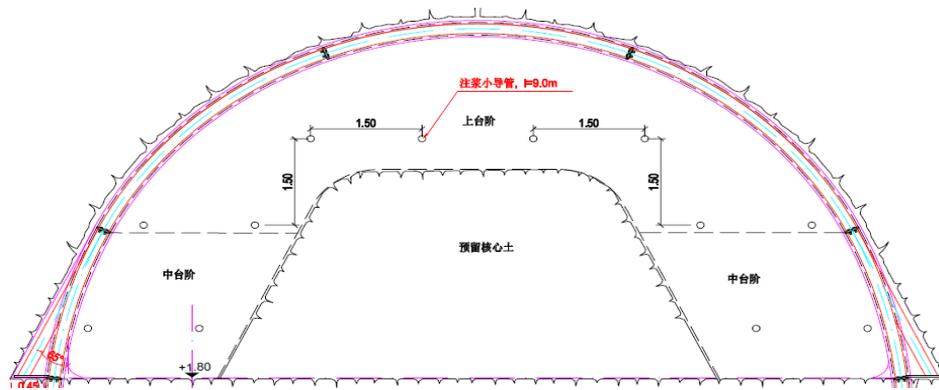


图2 注浆小导管位置示意图

第七, 安装系统锚杆。系统锚杆采用 IBO 锚杆, 钻孔前, 首先在混凝土面上标记 IBO 锚杆的位置。钻孔采用凿岩台车进行, 安装后, 采用水泥浆注浆, 并及时安装锚垫板和螺栓。

4.3.5 洞内管棚施工

管棚采用长 9.0m 的 $\phi 108$ 无缝钢管, 前端做成圆锥形。无缝钢管应布满间距为 15cm, 直径为 10mm, 并呈梅花形布置的小孔。

①管棚施工前, 要先在管棚下做第一榀型钢, 使之成为管棚的支架系统。

②在掌子面拱部放线定位出管棚的位置, 并标记。需在拱部 105° , 环向间距为 0.4m 范围内设置管棚^[3], 具体见图 3。

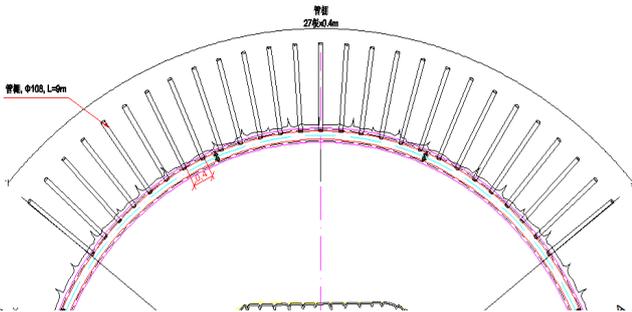


图 3 管棚段横断面示意图

③采用凿岩台车 (或潜孔钻) 进行钻孔至设计深度。钻孔时应注意钻孔角度, 不可过大或过小, 控制钻孔角度的方式如下^[3]:

第一, 在凿岩台车 (或潜孔钻) 钻臂前端和后端设置反射片;

第二, 采用全站仪测量反射片以得到该两点的坐标;

第三, 利用坐标, 通过计算得两点的半径 R 和 r , 则两点高差为 $\Delta h=R-r$;

第四, 则角度可以通过高差和钻臂的长度求得:
 $\alpha = \Delta h/l$ 。

④管棚注浆。注浆采用水泥浆。注浆前, 做注浆试验, 以获得合理的注浆压力, 防止压力不足导致注浆不饱满, 同时防止压力过大导致掌子面破坏或地表隆起等。

4.3.6 正常段开挖支护

①采用三台阶预留核心土法施工^[3] (台阶长度不超过 5m)。在掌子面中间预留核心土保护掌子面, 在保证两侧及顶部作业空间的前提下, 尽量扩大核心土的面积, 以增大其对掌子面的保护作用, 最大限度地抵抗掌子面前方围岩的挤出作用 (两侧宽度一般取 1.5~2.0m, 顶部高度一般为 2.0~2.5m)。

②每次掘进长度不超过 90cm。机械施工, 人工辅助修整, 不欠挖, 避免超挖, 同时在拱脚的位置适当扩大开挖面。开挖后要马上进行地质素描。开挖时, 随掌子面的推进, 需抬高注浆高度, 为形成第二环管棚的作业空间。

③开挖后马上进行初步支护作业 (初步支护早期封闭成

环)。初期支护采用锚喷 + 钢架支护体系^[3], 具体施工流程如下:

第一, 将开挖后的掌子面进行封闭喷射, 喷射厚度约为 3~5cm。

第二, 安装第一层钢筋网片, 钢筋网片应紧贴初喷面, 网片间至少搭设 2 个网格, 网片间采用绑扎或焊接。

第三, 安装初支型钢。型钢将隔栅钢架替换成 HE160A 型钢, 间距达到 60cm。为增加拱脚受力面积, 在中阶型钢上设置拱脚, 拱脚采用 HE160A 刚性焊接, 保证拱脚部位稳固^[3]。

型钢随着开挖的进行逐步向上抬起, 并应和 IBO 锚杆密贴, 以保证后续管棚施工有足够的空间。

每榀型钢安装完成后, 应立即安装锁脚锚杆。每边至少安装 2 根。锁脚锚杆按设计 65° 斜向下方向打设, 安装在扩大拱脚处。

第四, 复喷。在进行复喷时, 湿喷台车的喷嘴应与受喷面保持 1.0~1.3m 的距离, 并垂直于受喷面, 分段分层从下往上进行, 每一层喷雾面的喷雾面厚度应不大于 15cm。在进行喷射时, 必须确保喷涂混凝土的密闭性, 不能有空洞的情况发生。

第五, 挂设第二层钢筋网片。钢筋网片与钢架应牢固紧密, 搭接长度不少于 1.5m。

第六, 最终喷射混凝土。双层钢筋网片安装完毕之后需喷射至设计厚度。最终喷射的混凝土表面应平顺, 高低起伏较小。

第七, 安装系统锚杆。系统锚杆采用 IBO 锚杆, 钻孔前, 首先在混凝土面上标记 IBO 锚杆的位置。

钻孔采用凿岩台车进行, 安装后, 采用水泥浆注浆, 并及时安装锚垫板和螺栓。

施工中应严格遵循“短进尺, 强支护, 快封闭, 勤量测”的施工原则, 开挖之前必须做好支护措施, 最大限度地减少围岩暴露时间。需动态化施工, 根据现场实际条件随时调整支护参数, 进行设计优化。

5 结语

随着社会的发展, 建筑行业也在飞速发展和变化, 尤其地下工程的发展越来越快, 伴随而来的技术和安全问题也越来越得到企业的重视。如何在保证在现有条件下既能保质保量、又能安全快速地完成项目的建设, 是我们每一个建筑行业从业者需要考虑的问题。在这种情况下, 就要求我们要突破原有的思路, 同时借鉴已有的工艺, 保证工程安全顺利完成。

参考文献

- [1] 中华人民共和国交通运输部.公路隧道设计规范[S].
- [2] 中华人民共和国交通运输部.公路隧道设计细则[Z].2010-05-19.
- [3] 中华人民共和国交通运输部.公路隧道施工技术规范[Z].2020-04-26.