铁路隧道施工技术及质量控制要点研究

贾雯耀*

中铁上海工程局集团华海工程有限公司 上海 200000

摘要: 铁路隧道施工的质量问题,会影响列车运行的安全性,为安全运行埋下了诸多的隐患。因此,在铁路隧道施工中,还需要把好施工质量关,严格控制铁路隧道的施工质量。本文对铁路隧道施工技术及质量控制要点进行研究。

关键词: 铁路隧道; 施工质量; 控制要点; 分析

DOI: <https://doi.org/10.37155/2661-4669-0309-34>

Study on Key Points of Railway Tunnel Construction Technology and Quality Control

Wen-Yao Jia*

China Railway Shanghai Engineering Bureau Group Huahai Engineering Co., Ltd., Shanghai 200000, China

Abstract: The quality problems of railway tunnel construction will affect the safety of train operation and bury many hidden dangers for safe operation. Therefore, in the construction of railway tunnel, we also need to control the construction quality and strictly control the construction quality of railway tunnel.

Keywords: Railway tunnel; Construction quality; Control points; Analysis

铁路隧道工程是一项系统性的工程,在施工中会应用到各种技术,结合实际对铁路隧道施工过程中经常用的到技术进行分析,且就技术实施要点进行讨论,提出了铁路隧道施工过程中的控制要点,目的在于提高铁路隧道施工质量。

1 铁路隧道施工的特点

1.1 对地质条件的依赖性比较明显

隧道工程通常是在地下环境中施工,对于地质情况要做到透彻的了解,并切实分析可能出现的地质问题和突发情况,以确保隧道工程能够稳定安全地进行。

1.2 铁路隧道工程的差异性

铁路隧道工程的具体设计与正式施工是两个十分重要的环节,施工过程中,由于隧道的地质条件和施工环境比较复杂,导致很多设计内容需要根据围岩的实际情况进行修改与调整,使得工程设计与施工实际状况存在较大的偏差。

1.3 施工难度系数较大

隧道的施工较多是在洞中进行,而洞内的不可知因素太多,且环境极为复杂,施工的空间极为有限,大型的设备也不能有效地工作,稍有不慎极易出现塌陷的情况,这样就给隧道工程的整体推进造成了很大的干扰^[1]。

2 铁路隧道主要施工技术要点

2.1 隧道施工原则

隧道施工优先做好地面排水系统,尽量减少洞口、洞顶明挖数量,施工时避免破坏坡积层,尽早做好洞口防护,

*通讯作者: 贾雯耀, 1988年09月, 男, 汉, 山西太原, 中铁上海工程局集团华海工程有限公司, 副经理, 工程师, 本科, 研究方向: 市政工程。

力争早进洞。洞口、软弱围岩、不良地质地段施工坚持求“稳”的原则，洞口分级开挖、及时支护、勤量测和监控，确保隧道不塌方、不危害工人健康。按复合式衬砌结构要求，将超前预报纳入工序，采取超前管棚或小导管注浆堵水，喷混凝土、工字钢钢架、系统锚杆、钢筋网片等综合支护手段适时施作。隧道施工按照“新奥法”原理，遵循“先探后挖、支护在先”的原则，坚持“管超前，严注浆，短进尺，弱爆破，强支护，早封闭，勤量测”的原则稳步前进。

2.2 总体施工方法

隧道洞口段先行施作排水系统，再分层开挖，并随挖随护，洞口临时坡面采用喷锚支护。洞口段超前支护完成后，方可开始正洞的施工。将超前地质预报纳入工序管理，树立“有疑必探，不探不进”的安全施工理念，隧道施工采用超前钻探、地质雷达、红外探水、TSP203等综合手段进行超前地质预报，预测前方岩体破碎程度及范围、岩体裂隙及发育情况，为施工提供可靠地围岩性质。

隧道采用一般钻爆法施工，隧道开挖采用多功能作业台架配合风动凿岩机钻眼，对围岩较好的段实施光面爆破控制，爆破参数通过试验确定，并根据现场爆破效果不断进行调整，严格控制超欠挖。隧道采用无轨运输方式组织出碴运输，机械配合方式一般采取挖掘机排险、耙碴，侧翻式装载机装碴，出碴汽车数量的安排随着施工进度不断增加，以和装载机施工能力相适应。工字钢钢架、钢筋网及防水板均采用人工配合机械进行，隧道喷射混凝土均采用湿喷工艺施工，湿喷采用湿喷机，保证喷射混凝土厚度均匀，美观，并满足设计要求^[2]。

隧道开挖后仰拱施工及时跟进，拱墙二次衬砌施工在围岩收敛变形稳定后及时跟进，采用模板台车拱墙整体衬砌。水沟等附属工程结合隧道衬砌施做，适时组织施工。混凝土采用商品混凝土供应，混凝土罐车运输，泵送入模，附着式振动器配合插入式捣固棒振捣。

2.3 洞身开挖施工技术及其质量控制要点

根据设计要求及实际地质情况选择合适的开挖工法，如台阶法、三台阶四步法、六部CD法等，通过爆破试验，选择合理的炮眼数量及间距、炮眼深度、炮眼直径、装药量及循环耗药量等钻爆参数，并根据地质条件的变化和对振动的监测，不断优化钻爆参数，实现光面爆破，把对围岩、支护及衬砌的扰动减到最小程度。

在钻爆施工过程中，当开挖面凹凸较大时，应按实际情况调整炮眼深度和装药量，使周边眼和辅助眼眼底在同一垂直面上；炮眼应采用炮泥堵塞，连线作业时，在同一开挖断面上，光面爆破起爆顺序应由内向外逐层起爆，为掏槽眼-辅助眼-周边眼，连线过程中，雷管段位内底外高，周边眼采用导爆索连接，有助于通过炮眼保证爆炸威力更为均匀；爆破作业完成后及时通风排烟，检查有无盲炮或残余炸药燃烧，确认安全后对爆破效果进行检查，主要查看炮眼留存率、光爆面平整度、开挖轮廓线超欠挖等情况，通过每循环爆破效果动态调整下一循环爆破参数，达到光面爆破的目的。

2.4 喷射混凝土施工技术及其质量控制要点

隧道普遍采用湿喷工艺，能够有效提高喷射混凝土与钢拱架、锚杆及钢筋网片之间的粘结性，初期支护结构更加牢固，且喷射混凝土的回弹率较低，节约工程成本。施工前对喷射面进行净空检查，先复核中线及高程，用激光断面检测仪检查开挖断面，确保无欠挖，混凝土厚度满足要求；设置喷射混凝土厚度控制标识，一般采用埋设钢筋头做标志，能有效控制喷射混凝土厚度及平整度；大面积潮湿的岩面宜采用粘结性强的混凝土，如添加外加剂、掺合料以改善混凝土的性能。喷射混凝土施工应分段、分层、分片自下而上顺序进行；当支护结构内有钢拱架时，钢架与壁面之间的间隙要减小喷头与受喷面的距离，并调节喷射角度，保证钢筋与壁面之间混凝土的密实性，喷射顺序为从下向上对称进行，先喷射钢架与壁面之间的混凝土，后喷射钢架之间的混凝土。当爆破超挖较大产生坑洞时，可在坑洞内加设钢筋网片后再进行喷射混凝土，增加喷射混凝土附着面积，避免支护结构产生背后脱空^[3]。

2.5 防水板施工技术及其质量控制要点

隧道二次衬砌拱部、边墙及仰拱（底板）全部采用防水混凝土，抗渗等级应符合设计要求，初期支护与二次衬砌之间拱部及边墙部位，采用无钉孔法铺设防水板，加土工布防水；模筑混凝土衬砌前，先做好各种防排水（排水盲管、暗沟）设施的布置，保证排水系统整体无积淤、无堵塞，排水通畅^[4]。

防水板及土工布铺设前需对基面凹凸不平、钢筋头外露等进行处理，保持基面平整，不损伤防水板；土工布设于防水板和混凝土喷层之间对防水板起保护、缓冲作用，将土工布和衬垫用射钉枪一并固定在喷混凝土面上，拱部固定

点间距0.5m左右,边墙固定点间距1m左右,采用红外线激光定位装置对土工布热熔,垫圈进行精确定位,从拱顶向拱脚以下依次对称梅花形固定;超声波焊机固定焊接防水板与热熔垫片,同时将防水板焊成整体,上下循环两幅防水板接头处留足够的搭接幅面,焊缝(双面焊)宽度 $\leq 2\text{cm}$;焊缝完成后进行质量检查,采用充气法对焊缝质量进行检查,有空隙处进行补焊,肉眼观察防水板有无破坏及漏洞,如有漏洞用小块防水板或橡胶片焊贴覆盖。另外为使防水板接头焊接良好,防水板每环铺设长度比衬砌长度长0.5~1m,以利接头焊接施工,防水板接缝和衬砌施工缝错开0.5~1m为宜,防水板铺设好后,尽快灌注混凝土^[5]。

2.6 二次衬砌施工技术及其质量控制要点

二次衬砌质量控制需严把七道关口,分别为原材料关、配合比关、拌和关、模板验收关、入模浇筑关、外观整理关及养生关。原材及外加剂参数指标要清楚,同一出场批次要稳定,可以提前到厂家进行测值取证,尤其是水泥,必须是同一批次。砼浇筑前要求提前跟拌和站报验,拌和站要针对现场原材提前调控好施工配合比,出场砼坍落度控制在 $(180 \pm 20)\text{mm}$,控制用水量,试验人员跟踪到现场。严格把控模板验收,二次衬砌台车模架在使用前测量复核断面尺寸,检查拼缝处是否严密是否存在错台,模板首次使用前必须使用手砂轮,细砂纸进行全面打磨;模板安装前进行打磨清理,涂刷脱模剂,防止模板生锈;用双面胶处理好模板的拼装间隙,脱模剂要涂刷均匀,严禁使用废旧柴油;模板间采用螺栓连接;模板内侧设置拉杆,外侧模板采用环向通长筋加固,外侧模板采用方木或钢管加固,防止模板上浮或外移;模板安装完毕后,检查一遍拉杆、螺栓是否紧固、外侧通长筋是否焊接牢固,模板拼缝及下口是否严密,错台不大于1mm,模板台车外轮廓表面纵向直线度误差不大于6mm/12m,模板平整度不大于2mm/2m。砼下落高度不得超过2m,高度超过2m时采用串筒等设施下落,串筒出口距砼表面1.5m左右,防止砼离析;浇筑时检查砼的和易性和坍落度 $(180 \pm 20\text{mm})$ 、入模温度 $(5^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C})$ 、含气量 $(2\% \sim 4\%)$ 。砼分层厚度不超过30cm,并用插入式振捣棒及附着式振捣器振捣密实。按人分区域振捣,不得漏振和过振,均匀布料。振捣器移动间距不超过起作业半径的1.5倍(约30~50cm)与模板保持10~20cm的间距,插入下层50~100mm,防止碰撞模板钢筋及预埋件,混凝土浇筑速率为1.5m/h。

3 结束语

综上所述,在隧道施工过程中,应根据工程实际情况,选用合适的施工技术,并针对施工中出现难点,实施有效的解决措施,降低施工难度,同时加强施工要点的管理,以便提高施工效率和质量,保证工程质量满足建设标准。

参考文献:

- [1]范国铭.铁路隧道施工技术及其控制要点分析[J].民营科技,2018,(07):154.
- [2]杨军川.四川省重点铁路特殊隧道建设管理及信息化施工技术要点研究[D].成都:西南交通大学,2014.
- [3]林敏兴.台阶法和中隔壁导坑法开挖在铁路隧道施工中的运用[J].江西建材,2018,(01):142-143.
- [4]李响.铁路隧道工程施工中的防水施工技术及其质量控制研究[J].建筑技术开发,2019,46(17):45-46.
- [5]李臣森.隧道工程喷射混凝土施工质量控制[J].砖瓦,2020,(12):151-152.