

河丰岭隧道应用新奥法的施工工艺及质量控制

于天生

摘 要：详细阐述了赣龙铁路在隧道工程中应用新奥法的施工工艺及施工过程中的质量控制，分析了新奥法较传统的矿山法在防止塌方，确保施工安全，加快施工进度等方面的优越性。

关键词：隧道施工，新奥法，施工工艺，质量控制

中图分类号：U45 **文献标识码：**A

中铁三局集团有限公司运输工程分公司管段的河丰岭隧道位于福建省连城县境内，为单线电气化铁路，全长 336 m，曲线半径 $R=1\,000\text{ m}$ ，穿过Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ级围岩地段，其中Ⅲ级围岩段全长 160 m，为花岗岩颇重风化层，节理发育，岩体呈巨石状，地下水主要为裂隙潜水，不发育。Ⅳ级围岩段全长 80 m，为花岗岩极严重风化层，呈块(土)状，厚约为 5 m，下为花岗岩颇重风化层，节理发育，地下水不发育。Ⅴ级围岩段入口段全长 55 m，为断层角砾，成分为砂黏土及花岗岩极严重风化碎块，地下水不发育。出口段 41 m，为第四系坡残积砂黏土，厚约 0.5 m~1.0 m，花岗岩极严重风化层，呈土状，厚约 3.0 m，地下水不发育。为保证河丰岭隧道高质量、高标准地按期完成，在隧道施工中全面采用新奥法施工。

1 新奥法施工原则

- (1) 采用预裂爆破、光面爆破为主要开挖手段，施工方法可采用大断面或较大断面开挖，避免分部开挖施工过程中多次爆破对围岩的破坏，减少爆破对围岩的扰动。同时有效控制超挖、欠挖，使隧道开挖轮廓基本平顺，避免棱角突变处应力集中，改善隧道受力条件。
- (2) 隧道开挖后，及时施作紧贴与围岩的初期支护。初期支护根据隧道的工程地质条件和水文地质条件，采用喷砼、锚杆钢筋网和钢架等，一方面防止围岩风化，另一方面可有效抑制围岩的变形和松动，最大限度地发挥围岩的自稳能力。在软弱围岩地段，应尽快形成环状封闭支护结构体系，确保隧道的稳定。
- (3) 二次衬砌原则上是在围岩与初期支护变形基本稳定后的条件下施作，围岩和支护结构形成一个整体，共同受力，以提高支护体系的安全度。
- (4) 喷砼是一种主动支护手段，喷砼施工后要求具有较高的支护能力，特别是在软弱围岩中，喷砼的早期强度至关重要。要求在添加速凝剂的条件下，喷砼一天龄期的抗压强度不低于 5 MPa。
- (5) 锚杆是与喷砼、围岩形成联合支护体系的重要组成部分，隧道开挖后应尽快安设锚杆，安装宜在第一次喷砼后进行。锚杆的孔位、孔径、孔深及布置形式应符合设计要求，应确保锚杆的施工质量符合要求。
- (6) 钢筋网的施工。喷砼、钢筋网、锚杆与围岩形成共同受力的联合支护体系，确保施工安全和隧道结构合理和稳定。
- (7) 格栅钢架施工。格栅钢架是一种新型的钢架支护，应按设计位置安装。

2 新奥法的施工方法

新奥法的施工方法一般为：全断面开挖法、台阶法、侧壁导坑法。考虑河丰岭隧道的地质条件、隧道长度、工期要求，同时结合机具设备情况、材料供应情况以及严格按照“喷锚构筑法”的施工原则，河丰岭隧道采用台阶法施工。施工步骤见图 1。

2.1 掘进

- (1) Ⅴ级围岩开挖、支护。Ⅴ级围岩只限制对围岩进行松动爆破。采用短台阶法施工，台阶长度 3 m~5 m，测放轮廓线，将Ⅰ部钢格栅处土挖掉，经核对高程中线无误后，在拱脚拱腰处安装固定锚杆 $L=3\text{ m}$ ，并将锚杆与钢格栅电焊连接进口Ⅴ级围岩地段安设小导管，用注浆泵注浆，

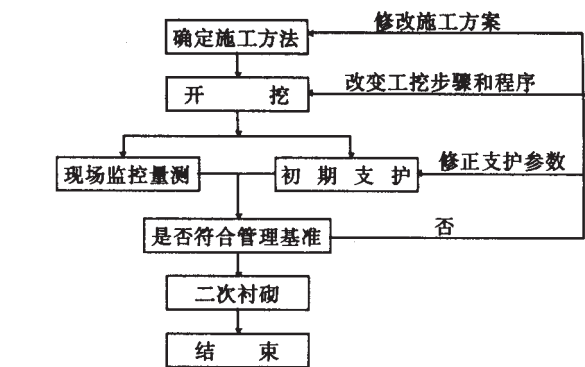


图 1 新奥法的施工步骤

- 注浆完毕后，将超前锚杆同格栅钢架电焊连接。
- 然后正式开挖Ⅰ部，每循环进尺 0.7 m~1.0 m，人工挖、装、手推车运至台阶下，开挖结束后，及时量测净空，符合设计尺寸后，及时喷射砼 5 cm 厚，然后安装钢格栅、挂钢网、焊牢联接筋，补喷砼至设计厚度。进入下一循环。
- Ⅰ部进尺达 3 m~5 m 后，开始Ⅱ部开挖，每循环进尺 1 m~1.2 m，人工配合装载机挖装，自卸车运至路堤做填料，开挖完成后，及时量测净空，达到设计要求后，及时喷射砼 4 cm~5 cm 厚，然后安装钢格栅，焊牢连接筋，补喷砼至设计厚度，进入下一循环。
- 按照设计尺寸，安装拱部和边墙砂浆锚杆。最后，全断面补喷砼至设计厚度，进入下一循环。
- (2) Ⅳ级围岩开挖、支护。采用短台阶法施工，上半断面采用光面爆破，下半断面采用预裂爆破。
 - (3) Ⅲ级围岩开挖、支护。采用正台阶法施工，断面采用光面上下爆破。
- ### 2.2 钻爆
- #### 2.2.1 钻爆设计
- (1) 钻眼工具：采用 YT-28 气腿式凿岩机，人工钻孔。
 - (2) 爆破器材：采用非电毫秒微差雷管间隔控制起爆，周边眼采用小直径低爆速、低猛度、高爆力的光爆炸药，其他眼均采用 2#岩石膨化硝铵炸药，遇水情况下采用 FY 型乳化炸药，引爆采用工业 8#雷管和导火索，炮泥堵眼。
 - (3) 钻孔直径：根据使用的爆破材料的实际情况选用 $\Phi 40\text{ mm}$ 。
 - (4) 炮眼布置：主要根据经验及工程类比法布置。
- #### 2.2.2 装药
- 装药前，用钢筋弯制的炮钩和小直径高压管将炮眼洗净。装药分时、分组、分片进行，按设计图确定的装药量和装药结构自上而下进行，雷管“对号入孔”，所有炮眼堵塞尺度不少于 20 cm。
- #### 2.2.3 联线
- 联线时，导爆管不能打结和拉细，各炮眼雷管接线长度应相同，引爆雷管包扎在离一簇导爆管自由端 10 cm 以上，网络联结好后由专人检

查负责。

2.3 运碴

爆破开挖的洞碴采用侧卸装载机装碴,人工配合,以8 t自卸汽车运碴,洞碴Ⅲ级主要用于本标段内工程使用,Ⅳ、Ⅴ级的则弃于洞外弃碴场内,同时做好原有水道的畅通及环境的保护。

3 初期支护

初期支护作为永久衬砌的一部分是施工中的重要一环,主要有系统锚杆、格栅钢架、钢筋网、喷射混凝土。

3.1 锚杆

锚杆安设在初喷混凝土后及时进行(软弱地段应先施工锚杆)。采用YT-28钻机钻孔,用20MnSi Φ22钢筋做锚杆,早强型锚固剂。钻孔前根据设计要求,结合围岩裂隙定出孔位,做出标记,孔位偏差控制在±15 mm。

3.2 钢筋网

按设计要求的网格、钢筋型号,在洞外加工。在开挖面初喷一层2 cm~3 cm混凝土,再进行钢筋网的铺设,并在锚杆安设后进行。钢筋网的铺设要做到:使用前若有生锈,则先进行除锈;钢筋网随受喷面的起伏铺设与受喷面的间隙一般不大于3 cm;钢筋网与锚杆连接牢固,并在喷射作业时不发生晃动,网块间搭接大于20 cm,以铁丝进行绑扎。

3.3 格栅钢架

(1)格栅钢架由4根20 MnSi Φ22主筋及其他钢筋构成,加工尺寸符合设计要求。

(2)格栅钢架利用胎模焊接,节点焊接长度大于4 cm并对称焊接,加工完成前进行试拼,按类型单元明确标记,规范堆放。

(3)格栅钢架按设计位置架设,段与段之间采用螺栓连接,采用Φ22钢筋焊接在角钢上,纵向插入连接钢筋,支撑采用双面焊接,焊缝厚度不小于4 mm,拱脚架设于牢固的基础上,当拱脚高度不足时,用混凝土加固基底。

(4)安装精度,周边拼装允许偏差±3 cm,平面翘曲小于2 cm,安装允许偏差横向和高程均为±5 cm,垂直度允许偏差为±2°,拱脚高度低于上半断面底线20 cm。

(5)定位钢筋或锚杆与钢架均采用焊接连接。

(6)安装加固定位经检验合格后,立即进行复喷混凝土。

3.4 喷射混凝土

开挖断面尺寸检查合格,清除浮石岩碴后,根据受喷面的围岩情况,用高压风、水清理作业面,标设喷层厚度标志后及时进行喷射混凝土作业,并尽快封闭岩面,有效控制围岩的松动变形。喷射混凝土采用TK-961型湿喷机进行湿喷作业。

4 二次衬砌

拱架是用于拱圈混凝土未凝结硬化达到一定强度前的承重结构。它不仅要安全地承受拱圈围岩压力,衬砌自重以及施工操作所产生的荷载,还要保证衬砌的正确形状和尺寸,因此,要求坚固耐久,能多次倒用,少占施工净空,拆装运输方便。

(1)拱架加工。采用16#工字钢冷弯成型,分成四节,为确保净空,曲线加宽值 W 变化时,用与拱架同型的短节调整。

(2)模板加工。拱部采用30 cm宽($L=1.5$ m)的曲线钢模板,边墙采用30 cm宽($L=1.5$ m)的平面直角钢模板。钢板厚3 mm,模板厚50 mm,纵横向穿孔数同普通模板一致。

(3)拱架及模板安装。将每榀拱架节点连接好,先按大致间距立起,临时固定并在拱架和两侧拱脚绑线,用首尾两榀拱架按绑线调整其位置和高程,拱架脚铁垫板下加好木楔,拱架与岩壁间用短木顶紧,然后依次将中间各榀拱架调整妥善,并连接牢固,并随灌注进度逐步加装模板,模板间用U形卡和L形插销连接,保证模板接缝纵环成线。

(4)砼施工用材料。水泥采用普通硅酸盐水泥,碎石要求有良好的级配。砂使用中粗砂。工程用水应不含有影响水泥凝结和硬化的杂质。混凝土用料都要严格过筛,保证施工配合比,砼在洞外集中搅拌,采用机械

拌和,每次拌和时间约为1.5 min~2.5 min,以拌合均匀、色泽一致为度。用1.5 t自卸式汽车(二辆)运输至衬砌台架下,装入灰斗,卷扬机提升,人工入模。

(5)砼灌注与振捣。混凝土入模的自由倾落高度不超过2 m。灌注时两侧对称水平分层进行,每层厚30 cm,用插入式振捣器进行捣固,两侧灌注高差最大不超过50 cm,拱圈的灌注层面都要成辐射状。

(6)衬砌背后的回填和排水设施。衬砌背后空隙部位应随同衬砌同时回填密实,但回填片石不应侵入衬砌截面以内。衬砌背后的排水设施,应及时按要求做好,回填时不得堵塞。在拱脚以上1 m范围以及未超出允许超挖内的回填,可使用与衬砌同标号混凝土;其余超挖较大的回填一般用浆砌片石,当围岩稳定且干燥无水时可用干砌片石。

5 质量控制

5.1 洞身控制测量

(1)洞外采用全站仪设置精密三角网,洞口投点纳入控制三角网内,并进行导线附和测量。

(2)洞内布置导线。根据洞口投点向洞内作引伸测量,洞内根据视线情况和精度控制,每20 m左右布设导线点进行导线闭合测量。洞内每隔50 m布设水准点提供施工测量,导线点及水准点桩位应在两侧边墙上将点号、里程标注清楚,加强保护,定期复核。确保隧道中线,高程误差符合规范要求。

(3)洞内施工测量。洞内中线测量采用全站仪控制测量。当使用经纬仪测设时,后视距离应大于前视距离,并采用方位角法进行测设。洞内水准测量主要是掌握开挖及衬砌高程,每50 m左右布设水准点,无论水准点和临时水准点,均应与两个以上已设水准点联测闭合。每环衬砌中线,水平测量后应与上一环进行复核,避免出错。

5.2 施工监控量测

施工监控量测是在隧道开挖过程中,使用各种量测仪表和工具对围岩变化情况和支护结构的工作状态进行量测,及时提供围岩稳定程度和支护结构可靠性的安全信息,预见事故和险情,作为调整和修改支护设计的依据,并在复合式衬砌中,依据量测结果确定二次衬砌施作时间。

(1)地质及支护状态观测及记录。每次爆破及支护后,仔细观察围岩状况与设计地质是否相同,同时也要观察地下水状况,支护结构外观以及地表是否发生变化,并将其作好记录。

(2)边墙收敛量测。洞口附近及埋深较浅地段每5 m~8 m设一断面,一般地段每10 m~20 m设一断面,每断面埋设4点,起拱线以上0.5 m一对,轨面以上2.5 m一对。

用收敛仪每天量测1~2次,每条线间的测试长度与初始长度之差为变化值,该变化值与初始长度之比为相对收敛,据此可以计算收敛变化速率来判断围岩的稳定性。

5.3 不良地质地段施工措施

(1)松散地层。松散地层结构松散,稳定性差,施工采用短台阶开挖,自钻式锚杆注浆超前支护,将松散地层固结为整体,格栅钢架、挂网、环向锚杆和喷射砼联合支护等措施,“短进尺,强支护,早封闭”的原则可安全通过松散地层。

(2)断层。断层破碎带的充填物情况复杂,地压大,且多有地下水,稳定性极差。当隧道开挖接近断层时,超前钻探,预先了解断层的地质情况,确定是否出现大量涌水,当无涌水时,可采用松散地层短施工方法;当断层地段出现大量涌水,采取排堵结合的治理措施,施工采用弱爆破、强支护、快衬砌、早封闭的原则,超前锚杆、格栅钢架、挂网、环向锚杆、喷射砼联合支护。若断层较宽,则采取大管棚方案。

5.4 注浆异常现象的处理

(1)在注浆过程中,经常发生浆液从其他孔流出现象,这种现象称为串浆。发生串浆时,在有多台注浆机的条件下,应同时注浆,无条件时应将串浆孔及时堵塞,轮到该管注浆时,再拔下堵塞物,用铁丝或钢筋将管内杂物清除并用高压风或水冲洗(拔塞后向外流浆的注浆管不必进行此工序),然后再注浆。

(2)液注水泥浆压力突然升高,则可能发生堵管,应停机检查。当堵

建筑给水管的分类及安装

段祥军

摘 要 :阐述了现代新型给水管材产生的历史背景 ,从管材的耐温耐压、线膨胀系数、导热性、抗水锤能力、价格、安装等多方面对给水管材进行了比较 ,根据在建筑中的运用范围将各种管材分为室内给水各分区主管、卫生间配水支管、给水引入管、室外给水及室内高压管 ,并针对不同部位的管材运用及安装情况进行了归纳和总结。

关键词 :给水管材 ;复合性管材 ;热塑性塑料

中图分类号 :TU991 **文献标识码 :**A

1 新型管材产生的历史背景

镀锌钢管应用在建筑物内供水管道上已有近百年的历史 ,其良好的强度、刚度和抗冲击能力 ,一定的耐温、耐压能力 ,适中的价格 ,原材料易于获取且易于加工 ,因而成为一种给水主材广泛地应用在工农业及建筑内部各供水管道及消防管道上。但由于镀锌钢管自身的缺陷 ,在使用中易产生腐蚀、生锈、结垢、泄漏及堵塞等弊病 ,从而对水质造成严重的二次污染 ,微观上表现为水样大肠杆菌及细菌总数严重超标 ,宏观上出现“黄水”、“黑水”、“红水”等现象 ,使水质恶化 ;另一方面因锈蚀、渗漏破坏了用户的居住及工作环境 ,影响了人们的生活质量 ,并导致水资源的巨大浪费。随着人们居住环境和生活品质的提高 ,对水的使用提出了更高的要求 ,迫切要求一种新型的绿色环保和替代产品出现。同时 ,由于镀锌钢管要消耗大量的钢材 ,浪费大量资源 ,不利于国家以塑代钢的环保政策 ,因此 20 世纪 90 年代 ,建设部下决心推广塑料及复合材料管材 ,传统的镀锌钢管将逐步退出历史舞台。

2 新型给水管材的涌现

正如人们的生活质量不断更新一样 ,给水管材也迎来了它朝气蓬勃

的更新换代时代。在有机化学工业的发展推动下 ,在国家政策的支持下 ,大批新型给水塑料管材及复合材料管材相继涌现 ,其中塑料给水管材主要有 :硬聚氯乙烯管 (UPVC) ,高密度聚乙烯管 (HDPE) ,交联聚乙烯管 (PEX) ,聚丙烯管 (PP - R、PP - C) ,聚丁烯管 (PB) ,丙烯腈 - 丁二烯 - 苯乙烯管 (ABS) ,氯化聚氯乙烯管 (CPVC)等。复合管材有铝塑复合管、涂塑钢管、钢塑复合管、塑复铜管、孔网钢带塑料复合管等。

这些新型给水管材的出现 ,再加上传统优良的铜管 ,薄壁不锈钢管 ,为我们采用适合的给水管材提供了更多的选择 ,使我们可以根据建筑物的功能、性质、规格档次进行适当的选用。

3 管材指标分类及选取

由于新型建筑给水管材大多采用热塑性塑料材料制成 ,故在考察和选用新型管材时 ,应注意从以下几个方面进行比较 :耐温耐压能力 ,线性膨胀系数、膨胀力 ,热传导系数及保温、抗水锤能力 ,壁厚、重量、水力条件 ,安装连接方式 ,价格 ,管材尺寸范围 ,寿命 ,原材料来源 ,卫生指标 ,耐腐蚀性 ,施工难易程度。下面就以上主要性能指标做适当阐述。

3.1 耐温耐压能力

热塑性塑料给水管路系统的设计工作压力 ,一般是指输送介质温度

管时 ,要敲打或滚动以疏通注浆管 ,无法疏通时要补管。

(3)液注浆进浆量很大 ,压力长时间升不高 ,则应调整浆液浓度及配合比 ,缩短凝胶时间 ,进行小流量低压力注浆或间歇式注浆 ,使浆液在裂隙中有相对停留时间 ,以便凝胶 ,但停留时间不能超过混合浆的凝胶时间。

6 施工效果

新奥法作为一种新型施工方法 ,在隧道的施工中 ,尤其是在软弱、破碎围岩地段的施工中 ,在防止塌方、确保施工安全、加快施工进度等方面较传统的矿山法有很大的优越性。按新奥法原理 ,采用复合式衬砌能充分发挥围岩的自承能力 ,将隧道围岩和各种支护结构构成一个联合的完

整的支护体系 ,避免了传统矿山法施工开挖断面分部过多 ,开挖过程中爆破对围岩的多次扰动 ,构件支撑材料消耗量大 ,支撑顶替造成围岩过度松弛 ,永久衬砌修筑过晚 ,在软弱围岩地段容易发生塌方或者衬砌开裂等现象。锚喷支护的薄型衬砌实质上也是按喷锚构筑法原理设计的支护形式 ,与复合式衬砌不同的是薄型衬砌的锚喷支护较薄 ,既是一种施工支护 ,同时又是永久衬砌的一部分。

(责任编辑 :刘翠玲)

第一作者简介 :于天生 ,男 ,1966 年 5 月生 ,吉林省农安县人 ,1987 年毕业于上海铁道学院 ,工程师 ,中铁三局集团有限公司运输工程分公司 ,山西省晋中市迎宾路 95 号 ,030600。

Construction Techniques and Quality Control in Application of New Austrian Tunneling Method (NATM) in Hefengling Tunnel

YU Tian-sheng

ABSTRACT : This paper expounds in detail the construction techniques of applying NATM in tunnel engineering of Ganlong Railway and the quality control in the course of construction , and analyzes the superiorities of NATM in aspects of preventing the landslide , guaranteeing the safety of construction , accelerating the tempo of construction comparing with traditional mining method.

KEY WORDS tunnel construction; NATM; construction technique; quality control