

# 西安南五台隧道新奥法设计施工

李堂磊, 黄真萍

(福州大学 环境与资源学院, 福建 福州 350002)

**摘要:**结合西安南五台隧道(第五标段)的开挖、初期支护、现场量测及二次衬砌施工的工程实例,介绍了新奥法在隧道设计施工中的应用。

**关键词:**南五台隧道;新奥法;隧道开挖;初期支护;二次衬砌

**中图分类号:**TU455.48 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2005)11-0059-03

**Xi'an Nanwutai Tunnel's Design and Construction by NATM/Li Tang-lei, HUANG Zhen-ping** (College of Environment and Resources, Fuzhou University, Fuzhou Fujian 350002, China)

**Abstract:** This paper based on a engineering example about Nanwutai tunnel(The fifth bidding section)'s construction, including excavation, preliminary support, measurement in-situ and secondary lining, the application of NATM theory in the tunnel's design and construction is introduced.

**Key words:** Nanwutai Tunnel; NATM; tunnel excavation; preliminary support; secondary lining

## 1 工程概况

南五台隧道位于陕西境内西安至柞水高速公路第五和第六标段交接处,为分离式隧道。上行线全长2561 m,五标段施工长度为1300 m,围岩类别Ⅱ~Ⅴ类,其中Ⅱ类围岩段长199 m,Ⅲ类围岩段长20 m,Ⅳ类围岩段长849 m,Ⅴ类围岩段长220 m。下行线2571 m,五标段施工长度为1310 m,其中Ⅰ类围岩段长11 m,Ⅱ类围岩段长190 m,Ⅲ类围岩段长75 m,Ⅳ类围岩段长799 m,Ⅴ类围岩段长220 m。隧道依据新奥法理论施工,新奥法复合式衬砌。隧道为单面坡,设计坡度:上行线1.700%,下行线1.722%。

隧址整体属于秦岭山脉北侧中低山区,地势总体为南东高北西低。进口为白蛇峪,出口为石砭峪北九沟。进口段山体较缓,波状起伏,出口段地形高差大。隧道纵向地形为两侧低中间高,中部有五台沟横穿。隧址出露地层主要为第四系全新统坡积物、崩积物、人工堆积物、现代河流堆积物、第四系一级阶地堆积物、断层角砾岩及上古生界片麻状黑云二长花岗岩、下古生界混合黑云二长花岗岩。隧址范围内上古生界和下古生界侵入岩体,岩石类型为花岗岩,受山前大断裂影响,断层发育。

## 2 隧道新奥法施工的原则和实施过程

南五台隧道的地质比较复杂,在断层破碎带地

段节理裂隙发育,围岩稳定性差,可能使五台沟地表水与洞室贯通,出现涌水现象,对围岩的稳定极其不利。施工时根据超前地质预报、施工超前探水预报及监测的结果,及时采取预注浆、帷幕注浆等措施加以防护。各级围岩的开挖依据“短进尺、强支护、早封闭、勤量测”的原则施工。

### 2.1 隧道开挖

采用新奥法施工时,开挖方法大致有全断面开挖、台阶开挖法和分部开挖法等3大方案。依据围岩的地质勘察资料和超前地质预报,本着尽量减少对围岩扰动、破坏的原则,选择合理的开挖方式。

在隧道Ⅰ类围岩开挖前,先在隧道拱部设置大管棚并注浆作超前支护,管棚仰角 $2^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 。采用环形开挖预留核心土法开挖,利用核心土可以对开挖工作面起支挡作用。开挖台阶长度6 m。上台阶开挖高度3.5 m,采用挖掘机开挖,人工配合修边。下台阶采用拉中槽、开挖马口的方法开挖,左、右马口开挖不能对开,并保留5~10 m相互错开的距离。最后进行仰拱开挖,开挖工序如图1所示。Ⅱ类围岩地段采用台阶法施工,台阶长度6 m,开挖前先在拱部设置超前小导管并注浆作超前支护。上台阶开挖高度3.5 m,下台阶拉中槽、开挖马口,一次开挖至设计隧底,开挖工序与Ⅰ类围岩相似。Ⅲ类围岩地段采用上下台阶分部开挖法施工,台阶长度3~5

收稿日期:2005-05-24

基金项目:福建省自然科学基金资助项目(D011006)

作者简介:李堂磊(1983-),男(汉族),福建三明人,福州大学硕士研究生在读,岩土工程专业,研究方向为岩土工程测试,福建省福州市,13950398262, lileisd@126.com。

m 不等,上台阶高度 4.5 m。IV、V 类围岩采用全断面钻爆法开挖,一次掘进 3~5 m。

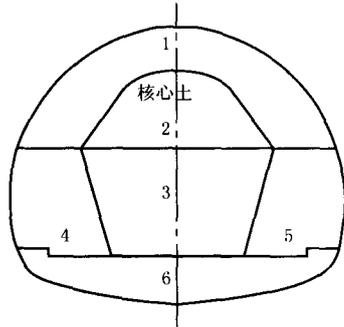


图1 I类围岩开挖示意图

在施工过程中,各类围岩均采用光面爆破开挖,其基本工序为:依据掌子面情况确定围岩类别→选定爆破方案→依据爆破方案设计布眼→凿岩台车钻眼→装药→人员设备退场后起爆→排烟检查爆破效果→修改爆破设计。光面爆破时,炮眼的位置、角度、装药量等是衡量光爆效果的关键。因此必须认真按爆破设计进行布眼、钻眼。装药采用长药卷送药器装药,周边眼按爆破设计方案采用间隔装药法,使用导爆索连接各周边孔的药卷,小竹片固定药卷位置。其它炮眼按设计的装药量,进行偶合连续装药结构。爆破结束后,排烟完毕,检查爆破效果如爆破进尺、轮廓线超欠挖、炮痕保存率、爆方石块大小、抛距等情况,并综合考虑,逐步修正爆破设计参数,以达到满意的钻爆效果。

## 2.2 初期支护

隧道开挖前,对I、II类围岩先分别作超前管棚周壁预注浆和超前小导管周壁预注浆进行超前支护。开挖后及时初喷约 4 mm 的混凝土封闭围岩,I、II、III类围岩拱部开挖后,立即钻入呈梅花状布置的系统锚杆,并根据围岩的性质相应地增加钢架和钢筋格栅,与系统锚杆及钢筋网焊为一体。安置钢架前进行准确的测量放线,以确定钢架的拱顶和底角的位置。钢架的间距与型号参数视围岩的情况选定。钢架安置后,焊接钢筋网和钢筋格栅。最后按一定的混合比配制混凝土,并喷射至设计厚度(钢架的混凝土保护层厚度约为 4 cm)。拱部支护好后,再进行下导坑的开挖及支护。IV、V类围岩的围岩性质较好,初期支护时不使用钢架,且V类围岩视情况局部施作锚杆。各类围岩初期支护参数如表1所示。

隧道初期支护的特性:锚杆用于加固围岩,将破碎的围岩体锚固在一起,增强了岩石之间的摩擦力,有利于防止围岩的松弛和剥落。用喷射混凝土及时

表1 初期支护参数表

围岩类别	钢架型号	喷射砼/cm	径向系统锚杆			钢筋网	
			长度/m	间距/mm	直径/mm	直径/mm	间距/mm
I	I 20	25	4.0	100×75	25	6	15×15
II	I 18	25	3.5	100×75	25	6	15×15
III	I 16	20	3.0	100×100	25	6	15×15
IV		15	2.5	120×120	22	6	15×15
V		10	2.5	局部	22	6	15×15

地封闭围岩,不仅使围岩表面变得圆顺,避免了应力过度集中,而且有效地隔绝水和空气,防止围岩风化和填充物的流失。焊接钢筋网用于防止混凝土层因收缩而断裂。较软弱破碎的I、II、III类围岩在初期支护时设置钢拱,有利于提高初期支护结构整体的刚度,防止围岩的过度变形,并承受部分的松弛荷载。利用初期支护的这些特性,本隧道在施工中通过选择合理的支护参数和及时的施作,取得了很好的支护效果。

## 2.3 现场量测

### 2.3.1 量测项目

本隧道以洞内外观察、水平收敛量测、拱顶下沉量测为必测项目,并且洞口段在进出口浅埋地段布置测点进行地表下沉量测。监控量测项目、方法以及测量频率见表2。

表2 量测项目、方法以及测量频率表

测量项目	方法、仪器	频率/(次·d <sup>-1</sup> )
洞内、外观察	现场观察,地质罗盘	1
地表下沉	水准测量,水准仪、塔尺	1
净空水平收敛	隧道收敛仪	1~2
拱顶下沉	水准测量,水准仪、卷尺	1~2

### 2.3.2 量测断面间距及测点布置

量测断面间距:II类围岩测点间距 5~10 m;III类围岩测点间距 20~40 m;IV、V类围岩测点间距 40~60 m。测点布置:洞内测点布置时必须尽可能在同一个断面内。每个量测断面设拱顶沉降点一个,把钢筋弯成三角钩固定在隧道拱顶的混凝土层上,并作易于识别的标记。I、II、III类围岩开挖时均分为上下两部分,因此在上台阶开挖后布置净空收敛测线一条,待下台阶开挖后再布置一条测线。IV、V类围岩均采用全断面开挖,布置一条测线即可。具体布置如图2所示,A点为拱顶沉降点,BB'、CC'为净空收敛测线。布置地表沉降点时,应按规范要求依据隧道洞径和覆盖层厚度的关系,当埋深大于洞径3倍时,可以不设沉降点。因此,本隧道共布置6条测线,各测线的里程和布置如图3所示。

测点的横向间距为3~5 m,在隧道的中心位置测点密些,远离隧道中线应疏些。

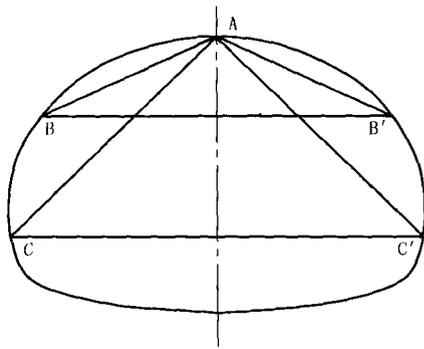


图2 洞内测桩布置图

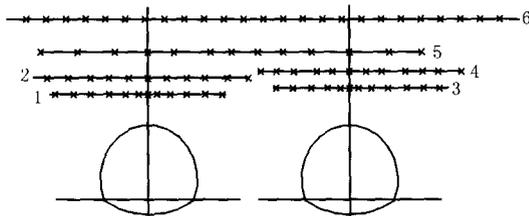


图3 地表下沉量测测点布置图

1—XK24+512;2—XK24+517;3—SK24+517;4—SK24+522;5—K24+530;6—K24+541

### 2.3.3 量测资料的应用

通过对地表沉降测量数据的处理,判断是否需要在地表进行加固处理。将拱顶下沉和洞身收敛的数据进行回归分析,并绘制位移、收敛量以及速度随时间变化的曲线图,根据各类曲线图来分析围岩的变形情况,判断支护结构的强度是否达到要求,以便及时修改支护参数和合理安排施工工序,同时确定二次衬砌的施作时间。

### 2.4 二次混凝土衬砌

本隧道衬砌结构采用新奥法复合式衬砌,复合式衬砌由初期支护和二次衬砌组成。按规范要求,二次衬砌必须在初期支护变形基本稳定后才能进行,即围岩位移速度有明显减缓趋势,已产生的各项位移已达到位移总量的80%~90%,周边位移速度 $<0.1 \sim 0.2 \text{ mm/天}$ ,拱顶下沉速率 $<0.07 \sim 0.15 \text{ mm/天}$ 。因此在二次衬砌施工前,加强对隧道的监控量测,根据围岩的变形情况来合理地安排二次衬砌的施工。

南五台隧道的衬砌厚度是:I类50 cm,II类45 cm,III类40 cm,IV类35 cm,V类30 cm。衬砌施工时采用自行式混凝土模板台车,台车主体为门架式,台车长12.5 m,每次浇注长度12.0 m。采用混凝土运输车运送混凝土,HB60D混凝土输送泵灌注,灌

注混凝土时由下而上依次浇注,并注意模板台车受力的均匀性,一侧混凝土浇注高度不得超过另一侧1.0 m。衬砌工序时间安排为:每循环灌注12.0 m,约需16~20 h。每循环脱模时间按混凝土强度达到2.5 MPa控制。台车脱模后清洗、移位、定位,用时3~5 h。每循环总计作业时间(含养护)45~48 h。为防止衬砌拱顶不密实,拟采用在衬砌台车拱顶预留注浆管,以备后期拱顶压浆填充。其施工工艺如图4所示。

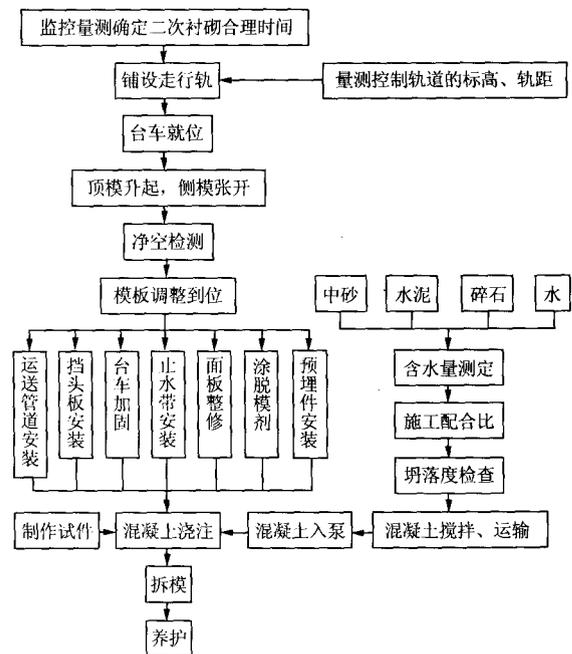


图4 二次衬砌施工工艺图

### 3 结语

在南五台隧道设计与施工中始终贯彻着新奥法理论,并以其他工程实例为参照进行类比,取得了很好的效果。隧道使用新奥法施工时,必须选择合理的开挖方法和准确的光面爆破参数,避免对围岩产生过大的扰动和有效地控制超欠挖;正确设计初期支护形式和参数,充分利用围岩的自稳能力,构筑及时有效的支护形式;通过系统的现场量测和及时反馈信息,对隧道的稳定性作出评价,来修改支护参数和施工工序,使隧道的施工设计在安全的前提下更加经济合理。

### 参考文献:

- [1] JTJ 024-94,公路隧道施工技术规范[S].
- [2] 黄成光.公路隧道工程[M].北京:人民交通出版社,2003.
- [3] 赵才顺.新奥法设计原理在施工组织中的应用[J].山西建筑,2003,(17).