

# 大断面软岩开挖与支护研究

徐应中

(中国水利水电第十工程局有限公司,四川成都 610072)

**摘要:**通过对达州长田新区杨柳坝隧道施工技术进行研究,归纳总结了软岩常规钻爆法施工中开挖与支护施工要点,可供类似工程参考应用,以期达到培养工程局技术力量、节约工期、成本的目的。

**关键词:**大断面;软岩;开挖;支护;研究

**中图分类号:**TV52;TV7

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2016)05-0068-03

## 1 概述

达州长田新区杨柳坝隧道为分离式双洞隧道,右线起止桩号为K0+280~K0+970,全长690 m,左线起止桩号为K0+260~K0+970,全长710 m,区间埋深20~133 m,开挖断面为162 m<sup>2</sup>,围岩破碎,以V类围岩为主。

## 2 开挖方法的比选

软岩中的大断面洞室不能使用一次成洞法,因为围岩的自稳时间不能满足支护时间的需要,对此,铁路系统编制出各类开挖方法,如CRD法、CD法,许多方法与水电工程相近,如留核心土法、分层法等。因此,选用适合该工程的开挖方法至关重要。

### 2.1 双侧壁导坑法的优缺点比较

双侧壁导坑法虽然适用于大断面隧洞开挖,但因将其分成三块后每块净空太小而不好操作,暂不开挖但必须开挖部分由于为了避免重复支护而只能做简单支护,施工速度较慢,成本较高,故该工程未选用。

### 2.2 CRD法的优缺点比较

CRD法,又称交叉中隔壁法。该开挖方法因其工序太复杂,且亦存在重复支护过多的弊端,若按该方法施工,不仅成本极高,施工速度极其缓慢,而且比处理塌方还要复杂,故该工程未选用该方法。

### 2.3 分层开挖法和分区开挖法的优缺点比较

同时对隧洞分上中下三层开挖和由中间向两侧分三个区的开挖方法进行了比选,这两种方法虽然较双侧壁导坑法和CRD法简单,但对于该工

程多为V类围岩、岩石极为破碎、断面大、掌子面不能自稳的现状,仍不宜采用以上两种开挖方法。

### 2.4 留核心土法的优缺点比较

由于掌子面常常不能自稳而无法形成垂直掌子面,经方案比选,该工程决定采用环形开挖留核心土法,同时将其与超短台阶法相比,台阶长度可适度加长,以减少上下台阶的施工干扰;与侧壁法相比,施工机械化程度可相对提高,施工速度可加快,故选择留核心土法不仅保证了施工安全,同时在成本和工期上对于该工程而言也是首选方案,故该工程最终选用环形开挖预留核心土法施工。

环形开挖预留核心土法施工情况见图1。

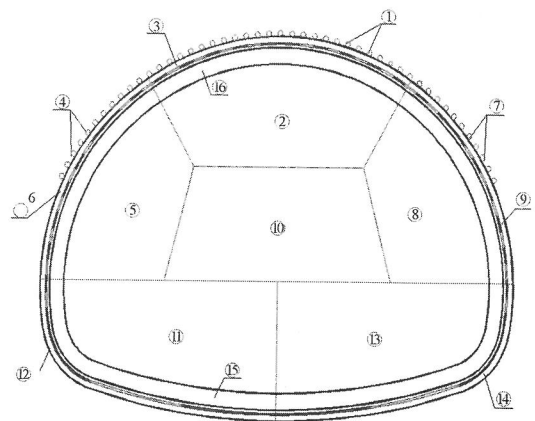


图1 环形开挖预留核心土法开挖横断面图

环形开挖预留核心土法施工工序:

(1)拱部超前支护①→拱部环形开挖②→拱部初期支护③。

(2)上台阶左侧超前支护④→上台阶左侧开挖⑤→上台阶左侧初期支护⑥。

收稿日期:2016-08-24

(3)上台阶右侧超前支护⑦→上台阶右侧开挖⑧→上台阶右侧初期支护⑨。

(4)中部核心土开挖⑩。

(5)下台阶左侧开挖⑪→下台阶左侧初期支护⑫。

(6)下台阶右侧开挖下⑬→下台阶右侧初期支护⑭。

(7)拆除临时支护→模筑二次衬砌仰拱施工⑮。

(8)铺设环向倒导水管级防水层,整体灌注拱墙二次衬砌⑯。

### 3 支护理念与支护结构

#### 3.1 支护理念

“新奥法”改变了我们的支护理念,它把围岩从一种荷载变为一承载荷载的结构。真正树立这一理念、选择正确的支护结构与支护参数,对于围岩支护问题就能迎刃而解。

在软岩中的支护,一定要牢牢树立充分利用并提高围岩自承能力这一理念。使围岩中起支护作用的各种结构物,如钢拱架(格构梁)、锚杆、喷混凝土等共同联合起作用而组成一个支承拱,在软岩中这几项要素缺一不可,否则不是被破坏,就是顶不住松弛岩体产生的山岩压力。尽量不要让围岩松弛,一般而言,没有松弛的围岩保持其承载力或再提高围岩的承载力比较容易,一旦松弛,就很难再让其保持原来的承载力。

#### 3.2 支护结构

##### 3.2.1 支护结构中锚杆类型的选择

在联合体支承拱中,锚杆起到的是主导性作用,因此,锚杆类型的选择极为重要。锚杆在硬岩与软岩中的作用机理是有差别的,笔者介绍了杨柳垭隧道施工中锚杆方案的比选:

**自进式锚杆:**为中孔锚杆,原来的设计目的是在松散破碎岩体中使用一种能保证注浆饱满的全固结锚杆,但事实上存在成本高、抗剪能力差、注浆无法饱满等缺陷。

**水泥卷锚杆:**施工方便,只能用于能成孔的岩体中,锚固力稍低于砂浆锚杆,锚杆孔周边无砂浆渗透,实际上是一种摩擦型锚杆。

通过对杨柳垭隧道支撑拱中所使用的锚杆进行试验比选,最终选择了全固结砂浆锚杆。全固结砂浆锚杆虽然安装困难(一般松散体岩石中成

孔差),不能施加预应力,但可以施加张拉应力,若在杆尾加垫板、待其达到一定强度后再施加张拉应力(预应力更好),则约束围岩变形的效果很好。值得重视的是注浆质量、浆液水灰比、稠度以及注浆泵性能。锚杆长度不宜过长,密度要适当,砂浆浓度中的水灰比以(0.45~0.5):1为宜。

##### 3.2.2 锚杆参数的选择

若围岩出现不稳定迹象,说明原来使用的锚杆参数不对,因此,锚杆参数的确定十分重要。锚杆的作用有两个方面:在块状围岩中其具有悬吊作用与组成支承拱作用;在松软岩体中,其悬吊作用不明显,主要是起支承拱作用。因此,笔者主张:块状硬岩中锚杆可以布置的稀一点,而软岩中则要布置的有足够的密度,可以是1m×1m甚至更密,锚杆长度与洞室断面大小及形状有关,该工程采用的是0.8m×0.8m,效果较好。

##### 3.2.3 管棚的选择

管棚的选择和使用:铁道系统喜欢大长管棚,但实际上隧道内不宜使用大管棚。因为大管棚需要一个操作空间,长管棚使后段外仰过多而成为无用段,而且在隧道中大管棚与小管棚的作用是一样的,所以,该工程选择了小管棚,通过施工应用,效果很好。

#### 3.3 支护强度

新奥法强调支护强度,但必须区别于支护厚度与支护刚度。当围岩出现不稳定或变形量过大时,不能用增加支护物的厚度或刚度去解决问题,而是要增加支护强度去抑制围岩变形。增加支护强度的最好办法是增加锚杆的长度与密度。当然,视情况也要增加支护物中的钢构件,也就是说,在软岩中,不能过份强调柔性支护,如使用工字钢架,必须明白钢拱架与岩石面之间不能脱空,钢架不一定大。

#### 3.4 软岩开挖后的及时支护与封闭

**及时支护与及时封闭:**新奥法强调适时支护,开挖后对围岩退让部分应力后寻找一最佳支护时间,即在支护阻力达到最低点时进行支护。这一点在硬岩中或许能找到,但在软岩中却是找不到的,或许其根本就不存在。因此,对于软岩而言一定要及早支护。一般的做法是立即喷一层混凝土,及早封闭岩面;封闭和充填所有节理裂隙,阻止裂隙间小颗粒与软弱物质被挤压出来,保持其

具有的楔子作用,不降低围岩强度,保持围岩稳定。实践也证明了及时采用喷混凝土封闭,能延长围岩的自稳时间(但不能阻止围岩变形),从而有时间做进一步的支护,如安装格构梁、锚杆及再喷混凝土等。需要注意的是支护时间,对于硬岩(I、II、III类岩)可延后一段时间,而软岩则宜早。

当然,在没有自稳时间或自稳时间很短的围岩中开挖,超前管棚与超前锚杆的预支护是很有必要的。在高塑性地层中开挖成洞后及时形成封闭环非常必要,封闭底拱可以用底衬混凝土,也可以用工字钢加底锚。

### 3.5 喷钢纤维混凝土

喷钢纤维混凝土在不良地质条件下的洞室开挖中能起到快速封闭的作用。通过喷射钢纤维混凝土,能快速、有效地提高不稳定块体、断层及岩脉等不良地质条件下围岩的自稳能力,从而保证施工安全。用喷钢纤维混凝土与喷微纤维混凝土来取代网喷混凝土是一个很好的发展方向。

对于喷钢纤维混凝土,不能完全照搬设计从试验室出来的指标,试验室配制的钢纤维用量每  $\text{m}^3$  混凝土通常达到 50~70 kg。通过杨柳坪隧道喷钢纤维混凝土施工,笔者认为钢纤维的掺量最好为每  $\text{m}^3$  混凝土不超过 40 kg。因为钢纤维加多了其密实度不好,强度反而下降,且易结团、难喷。钢纤维加进混凝土中,虽然能防止混凝土表面开裂,但能否增加抗拉强度尚存疑问。试验结果为:低标号混凝土中,能增加抗拉强度;高标号混凝土

(上接第 53 页)

间的方量求和,得出总的库容。

### 7 库容测量中的注意事项

在测船上捆绑安装测深仪时,必须将换能器固定在船舷上,用绳子或铁丝拉紧换能器连接杆的两侧,保证换能器垂直于河面;若连接杆倾斜,经声波测出的深度不是垂直于河道的深度,将会造成数据失真。同时应注意控制测船的速度和方向,风浪大时应停止作业。

### 8 结 语

库容在水利工程中越来越重要,它不仅是水利枢纽规划设计阶段的重要参数之一,而且在工

中,抗拉强度增加极微。

### 4 塌方的处理

第一类塌方:块状岩体中之塌方,规模不大时宜采用自上而下锚、喷支护进行处理。

第二类塌方:松散体、高塑性岩体中,规模较大时宜对松散体的围岩进行支护,支护刚度必须大,需将格构梁改为工字钢。

### 5 洞口开挖

软岩区洞口的开挖:平整掌子面,对开挖边线以外洞脸喷混凝土支护与锚杆支护,沿开挖边线设置管棚,未开挖时即架设格构梁,自上而下分层开挖。

杨柳坪隧道进出口上覆岩层较薄,分别采用了管棚和吊顶法施工,效果较好。

### 6 结 语

通过对杨柳坪隧道开挖施工技术进行研究,总结出软岩开挖中的施工要点,实质上是对新奥法的发展应用。新奥法是一种理念,而不是一种具体的施工方法,从这一理念出发、总结出软岩中的开挖方法和支护观念,可为工程局培养新一代技术力量起到一定的指导作用。

### 参考文献:

- [1] 吴焕通,隧道施工及组织管理指南[M].北京:人民交通出版社,2005.
- [2] 混凝土钢纤维, YB/T151-1999[S].

### 作者简介:

徐应中(1973-),男,四川巴中人,高级工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。(责任编辑:李燕辉)

程运营管理过程中也十分重要。笔者总结了柬埔寨甘再水电站库容复测时用到的一些作业方法,可供同行参考借鉴。笔者相信:随着科技水平的发展,测量仪器自动化程度会越来越高,在库容测量方面用到的技术方法亦会不断进步。

### 作者简介:

周其辉(1973-),男,四川邛崃人,工程师,从事水利水电工程测量技术与管理工作;  
杨新涛(1987-),男,河南睢县人,助理工程师,从事水利水电工程测量技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)