

三台阶七步开挖法在大断面隧道施工中的应用

李海波

(中铁十六局集团路桥工程有限公司,北京 密云 101500)

摘 要:三台阶七步开挖法作为三台阶法的延伸,正越来越多地应用到大断面隧道施工中。以兰渝铁路香木湾隧道工程为例,对三台阶七步开挖法的特点、施工组织、工艺流程、施工要点等进行了详细的介绍。

关键词:三台阶七步开挖法;大断面隧道;施工工艺

中图分类号:U455.41*1 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)09-0078-03

Application of Three-bench Seven-step Excavation Method in Large Section Tunnel Construction/Li Hai-bo (China Railway 16th Bureau Road and Bridge Engineering Co., Ltd., Miyun Beijing 101500, China)

Abstract: Three-bench Seven-step excavation is the development of three-bench excavation, which is more and more applied in large section tunnel construction. Take the engineering case of Xiangmuwan tunnel of Lanzhou-Chongqing railway, the excavation characteristics, construction organization, technological process and construction key points were introduced in detail.

Key words: three-bench Seven-step excavation; large section tunnel; construction technology

1 三台阶七步开挖法的适用范围

三台阶七步开挖法是以弧形导坑预留核心土法为基本模式,分上、中、下3个台阶开挖面,各部位的开挖与支护沿隧道纵向错开,平行推进的施工作业方法。该方法适用于开挖断面为 $100 \sim 180 \text{ m}^2$,具有一定自稳能力的IV、V级围岩,应用地层主要有黄土、砂砾土、碎石土以及强风化岩层等。

2 三台阶七步开挖法的施工优点

(1)施工空间大,方便机械化施工,可以多作业面平行作业,机械化作业有利于机械化开挖,提高功效。

(2)对于不同跨度及断面均适用,初期支护工序化整为零,便于快速施工。

(3)当地质条件发生变化时,可及时转换施工工序,调整施工方法。

(4)在台阶法开挖基础上,预留核心土,左右交错开挖,利于开挖面的稳定。

(5)当围岩变形较大或突变时,在保证安全和满足净空要求的前提下,可尽快调整闭合时间。

(6)三台阶七步开挖法开挖取消了侧壁导坑法、中隔壁法及交叉中隔壁法等需要拆除临时支护及受力转换造成不安全的因素,可及时调整闭合时间,利于施工工序转换。

3 工程实例

3.1 工程概况

兰渝铁路香木湾隧道位于秦岭低中山区,全长330 m。隧道所通过的地区为第四系全新统坡积粘质黄土、粗角砾土、碎石土。隧道进口段分布在一滑坡体上,滑坡体厚度 $5 \sim 9 \text{ m}$,以角砾土为主,属中层堆积层滑坡。隧道围岩以IV级围岩为主。香木湾隧道为双线隧道,开挖断面最大为 140 m^2 ,开挖轮廓尺寸为 $12 \text{ m} \times 14.2 \text{ m}$ (高 $\times$ 宽)。

3.2 施工工艺流程

三台阶七步开挖法施工工艺流程为:上台阶拱部超前支护 $\rightarrow$ 上台阶分部开挖、初期支护 $\rightarrow$ 锁脚锚杆、系统锚杆、复喷混凝土 $\rightarrow$ 中台阶左、右侧交错开挖 $\rightarrow$ 混凝土初喷,施作钢架、锁脚锚杆 $\rightarrow$ 施作系统锚杆后复喷混凝土 $\rightarrow$ 滞后左右交错开挖下台阶两侧 $\rightarrow$ 混凝土初喷,施作钢架 $\rightarrow$ 施作系统锚杆后复喷混凝土 $\rightarrow$ 分台阶开挖核心部分及仰拱 $\rightarrow$ 仰拱混凝土初喷、钢架、复喷 $\rightarrow$ 灌筑仰拱混凝土及填充 $\xrightarrow{\text{监控量测}}$ 防排水及模筑二次衬砌。

3.3 施工方法

3.3.1 开挖步骤(见图1)

3.3.1.1 上部导坑开挖

开挖前先施作拱部超前支护,超前支护采用外径42 mm超前小导管,小导管长4.0 m,环向间距50

收稿日期:2010-02-22

作者简介:李海波(1977-),吉林舒兰人,中铁十六局集团路桥工程有限公司工程师、兰渝铁路六分部总工程师,铁道工程专业,从事隧道工程施工工作,北京市密云县新北路29号,t16lihaibo@163.com。

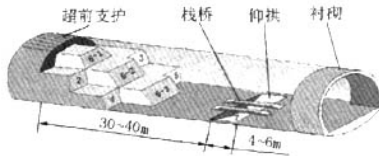


图1 三台阶七步开挖法开挖示意图

cm,纵向搭接长度1.2 m。小导管注浆强度满足要求后,开挖上部弧形导坑,开挖的范围为拱部 135° ,开挖高度为4.3 m。开挖采用弱爆破辅以挖掘机配合开挖,预留核心土的长度为4.5 m,宽度为隧道开挖宽度的1/2,即7.1 m。开挖循环进尺2.0 m(初期支护钢架间距为1.0 m,一次开挖两榀钢架),开挖后立即初喷5 cm混凝土,及时封闭岩面。架设钢拱架,在拱脚处施做锁脚锚杆,锁脚锚杆打设角度应下倾 25° 。将锁脚锚杆与钢架焊接牢固,复喷混凝土至设计厚度。上部导坑开挖进尺5 m后,开始开挖中台阶。

3.3.1.2 左、右侧中台阶开挖

中台阶开挖进尺同上台阶,即2.0 m。中台阶开挖高度为3.0 m,左、右侧台阶开挖沿纵向错开3 m,开挖后立即初喷5 cm厚混凝土,及时施作喷、锚、网系统支护,接长钢架,施做锁脚锚杆,并复喷混凝土至设计厚度。中台阶开挖进尺3 m后,开始开挖下台阶。

3.3.1.3 左、右侧下台阶开挖

下台阶开挖进尺同中、上台阶,开挖高度2.8 m。左、右侧台阶沿纵向错开3 m,开挖后立即初喷5 cm厚混凝土,及时施作喷、锚、网系统支护,接长钢架(钢架底部应深入仰拱填充25 cm,以改善受力情况),施作锁脚锚杆,复喷混凝土至设计厚度。

3.3.1.4 上、中、下台阶预留核心土开挖

各台阶分别开挖预留核心土,开挖进尺同各台阶的循环进尺。

3.3.1.5 仰拱(隧底)开挖

仰拱开挖需滞后下台阶15~20 m,以利于下台阶开挖时满足机械作业的要求。仰拱开挖进尺为3 m,开挖支护2个循环后,施作仰拱。

3.3.2 仰拱施工

为保证隧道施工平行作业,仰拱采用移动栈桥辅助施工,栈桥采用12 m,由5根I30工字钢加工而成,栈桥宽1 m,工字钢间由 $\Phi 22$ mm钢筋焊接,间距25 cm,底部用[10槽钢焊接,以保证栈桥的整体性。栈桥布置见图2。

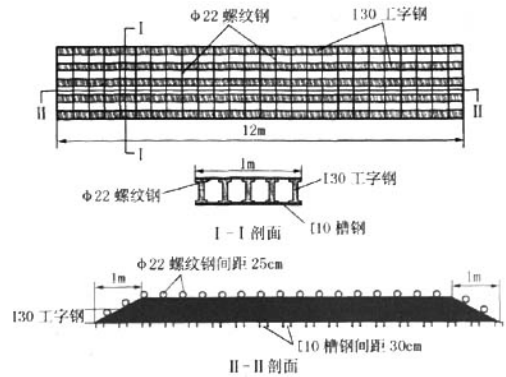


图2 仰拱栈桥示意图

仰拱开挖应距下台阶15 m以上,采用全幅分段开挖,每循环开挖长度为3 m,开挖2个循环浇筑一次混凝土。

仰拱开挖完成后,及时清除表面虚渣、杂物及积水,初喷5 cm混凝土后施作初期支护。

仰拱浇筑长度为6 m,仰拱浇筑采用纵向分段,全幅浇筑,一次成型,仰拱纵向连接需设置防水板、止水带等防水措施。

仰拱与填充需分开浇筑,待仰拱混凝土终凝后开始浇筑仰拱填充,浇筑前清除仰拱表面的积水及杂物,填充应连续浇筑,一次成型,不留纵向施工缝。填充混凝土强度达到5 MPa后允许行人通行,达到设计强度100%后允许车辆通行。

3.4 施工要点

(1)完善洞内的临时防排水系统,防止积水浸泡拱脚造成承载力下降,影响安全。当岩层渗水量较大时,可沿隧道左右两侧设置纵向排水沟,将水引排出洞外。反坡施工时,应设置集水坑将水集中抽排。

(2)各部开挖时,周边轮廓尽量保持圆顺,减小应力集中。对于超挖的部位需用喷射混凝土回填密实,必要时可采用初期支护背后充填注浆,保证初期支护与围岩的密贴。

(3)各部的底部高程与设计的钢架接头一致。

(4)二次衬砌距仰拱应保持2倍以上衬砌循环作业长度,但不得大于50 m。

(5)各作业工序应紧凑衔接。减少围岩暴露时间,及早封闭成环,全断面初期支护闭合时间可控制在12 h。

(6)监控量测工作必须紧跟开挖、支护作业,掌握围岩变化情况,并及时调整开挖及支护措施。

(7)施工中严格控制循环时间,实行定人、定

孔、定量作业,分片负责,对各工序时间进行严格考核,同时对工序质量进行严格控制。

3.5 劳力、机具的组织

在劳力选择上,优先选用经过培训、技术熟练的工人,特殊工种需持证上岗。施工机具配备污染低、能耗小、效率高的机具。具体情况见表1。

表1 IV级围岩开挖和初期支护机械、人员及循环时间一览表

编号	工序名称	工程数量	施工机具	人数	作业时间/min	开始至结束时间/min	备注
上台阶	扒渣、排险、人工配合	20 m ³	挖掘机、风镐	8	100	0~100	含开挖钢架基础
	素喷混凝土	1.5 m ³	喷浆机	(5)	40	100~140	
	放样安拱架	N1	电焊机、扳手	12	100	140~240	
	中空锚杆	20 根	风枪、扳手	9	160	240~400	含锁脚锚杆
	注浆	20 根	注浆机	(6)	120	320~440	
	钢筋网片	45 kg	电焊机	(12)	120	320~440	
	监理验收			(2)	20	440~460	
	网喷混凝土	2.6 m ³	喷浆机	10	100	460~560	
	施钻炮眼	n 个	风枪	(9)	100	560~660	视围岩确定个数
中台阶	扒渣、人工配合	30 m ³	挖掘机、风镐	6	100	100~200	含开挖钢架基础
	素喷混凝土	0.6 m ³	喷浆机	(5)	40	200~240	
	放样安拱架	N2	电焊机、扳手	6	80	240~320	
	砂浆锚杆	6 根	风枪	4	100	320~420	含锁脚锚杆
	钢筋网片	30 kg	电焊机	(6)	80	360~440	
	监理验收			(2)	20	440~460	
	网喷混凝土	1.6 m ³	喷浆机	5	100	460~560	
	施钻炮眼	n 个	风枪	(4)	100	560~660	视围岩确定个数
	出渣	68 m ³	装载机、自卸汽车	(6)	100	160~260	
下台阶	扒渣、人工配合	30 m ³	挖掘机、风镐	4	80	160~240	含开挖钢架基础
	素喷混凝土	0.4 m ³	喷浆机	(5)	40	220~260	
	放样安拱架	N3	电焊机、扳手	6	80	260~340	
	砂浆锚杆	4 根	风枪、电焊机	4	60	340~400	含锁脚锚杆
	钢筋网片	20 kg	电焊机	(6)	60	380~440	
	监理验收			(2)	20	440~460	
	网喷混凝土	1.6 m ³	喷浆机	5	100	460~560	
	出渣	68 m ³	装载机、自卸汽车	(6)	80	240~320	
	施钻炮眼	n 个	风枪	(4)	100	560~660	视围岩确定个数
仰拱	挖仰拱、人工配合	25 m ³	挖掘机	(6)	80	320~400	
	铺设栈桥		装载机、挖掘机	(6)	40	380~420	
	放样安拱架	N4	电焊机、扳手	6	80	420~500	
	钢筋网片	40 kg	电焊机	(6)	80	440~520	
	监理验收			(2)	20	440~460	
	网喷混凝土	2.3 m ³	喷浆机	5	100	460~560	
	覆土回填	22.7 m ³	挖掘机	(3)	60	560~620	
	施钻炮眼	n 个	风枪	(6)	120	480~600	视围岩确定个数
其他	三台阶仰拱装药	n 个		(6)	40	660~700	
	三台阶仰拱松爆	n 个		(6)	20	700~720	
	通风排烟		通风机	1	20	700~720	负责洞内电工

注:(1)开挖和初期支护每循环时间为720 min,每天2个循环;(2)每循环进尺2 m;(3)工程数量为每延米的工程量,表中所列工程数量不包括核心土的数量;(4)表中带括号的人数为重复使用的人数。

泛的应用。

4 结语

随着社会的发展和科技的进步,大断面隧道施工方法也在不断地改进和创新。三台阶七步开挖法就是在三台阶的施工方法上演化而来。通过在香木湾隧道上的实践和应用,在安全和功效等方面比三台阶有了较大的提高和改善。尤其是针对当前大断面隧道及部分高风险隧道的施工,将会得到更加广

参考文献:

[1] TZ 231-2007,铁路隧道钻爆法施工工序及作业指南[S].
[2] 朱永权,宋玉香.隧道工程[M].北京:中国铁道出版社,2009.
[3] 关宝树.隧道工程施工要点集[M].北京:人民交通出版社,2008.