

# 三臂凿岩台车在高速铁路隧道中的应用情况分析

## Analysis on the Application of Three Arm Rock Drilling Jumbo in High Speed Railway Tunnel

贾智科

Zhike Jia

中国港湾工程有限责任公司 中国·北京 10027

China Harbour Engineering Co.,Ltd., Beijing, 10027, China

**摘要:** 论文以三臂凿岩台车在高速铁路客运专线隧道施工为研究对象,对三臂凿岩台车在高速铁路隧道的施工情况进行描述,包含三臂凿岩台车的基本特点及技术参数,三臂凿岩台车的施工控制及方法,安全质量保证措施,控制超挖管理规定,在施工过程中对三臂凿岩台车的日常维修保养加以总结。

**Abstract:** This paper takes the construction of three arm rock drilling jumbo in the tunnel construction of high speed railway passenger dedicated line as the research object, describes the construction situation of three arm rock drilling jumbo in high speed railway tunnel, including the basic characteristics and technical parameters of three arm rock drilling jumbo, construction control and method of three arm rock drilling jumbo, safety and quality assurance measures, control of over excavation management regulations, in the construction process of three arm drilling jumbo, the daily maintenance of rock trolley is summarized.

**关键词:** 高速铁路隧道;三臂凿岩台车;应用情况

**Keywords:** high speed railway tunnel; three arm rock drilling jumbo; application

**DOI:** 10.36012/etr.v2i6.1991

## 1 工程概况

三棱山隧道位于辽宁省朝阳市、阜新市境内,隧道设计为高速铁路双线隧道,两线线间距为 5m。隧道全长 8888m,为京沈客运专线辽宁段全线重点控制性工程。

隧道地处内蒙古高原和辽河平原的中间过渡带,地貌属辽西剥蚀丘陵区。隧道范围内地势总体东北高,西南低,地形崎岖复杂,多悬崖陡坎。隧道最大埋深 217.56m。隧道断裂构造发育,地质条件差,IV、V 级围岩占隧道比例超过了 36%。浅埋偏压、塌方、大变形、环境失水、涌水等多种风险,施工安全风险大;工程地质及环境条件复杂,工期风险较大。

## 2 施工情况

三棱山隧道共分进口、斜井、出口三个工区,四个工作面,其中进口、出口采用三臂凿岩台车、机械湿喷手、自行式仰拱栈桥等大型机械化配套施工。自开工以来,进出口采用三臂凿岩台车钻爆掘进取得了良好的效果。下面就三臂凿岩台车在三棱山隧道进出口应用情况总结如下。

## 3 三臂凿岩台车施工作业情况

### 3.1 基本特点

三棱山隧道进出口采用的是瑞典阿特拉斯·科普柯公司

**【作者简介】**贾智科(1984~),男,甘肃庆阳人,工程师,从事铁路工程施工管理研究。

生产的新型 Boomer XL3D 三臂凿岩台车,适用于大断面隧道和水电工程施工作业。作业时钻臂覆盖面积可达 178m<sup>2</sup>,钻孔直径范围为 43~102mm,可进行钻爆孔、锚杆孔、掏槽孔、超前灌浆孔、管棚施工、装药、安装锚杆、灌浆及安装风管等作业。Boomer XL3D 三臂凿岩台车具有安全、高效,以及符合人机工程学的设计特点,并且配备了直接控制系统,同时在人机交互设计方面也有创新。Boomer XL3D 三臂凿岩台车采用先导控制液压系统,减少了控制平台附近的高压胶管数量,对操作者更安全,并且噪声更小;采用新型人机工程学控制面板,控制系统的液压部件集中在一起,容易检修、维护;符合 FOPS(防落物冲击)标准的防护顶棚,可以升高 1.1m 来扩大视野;配置符合欧 III 排放标准的柴油发动机,减少了尾气污染,使隧道内空气质量得到改善。为了增加效率和准确度,Boomer XL3D 可选配推进梁角度测量系统(FAM3),这个系统有助于操作者精确钻孔,减少超挖或是欠挖,增加一次进尺量。

### 3.2 三臂凿岩台车性能参数

三臂凿岩台车性能参数,如表 1 所示。

表 1 三臂凿岩台车性能参数表

长度/mm	16 565
宽度/mm	2926
高度/mm	3789
整机质量/kg	42 000
发动机型号	Deutz TCD 2013 L06 2V
发动机额定功率/kW	173
发动机额定扭矩/Nm	907
额定电气功率/kW	200
输入电压/V	400~690
输入频率	50~60
最大行车速度/(km/h)	17
最大爬坡能力	15
最小转弯半径/mm	6700
钻孔深度/mm	4043~6160
单臂摆动角/(°)	45
噪声值/dB	104

### 3.3 三臂凿岩台车施工控制

#### 3.3.1 超前探孔

超前地质钻探作为超前地质预报手段中最直接、最直观、最有效的一种预报方法,在长大隧道施工中起着重要作用,在掌子面适当位置钻孔,探孔深度为 6m,观察围岩情况。超前探孔的施作,可以超前准确预测出掌子面前方围岩情

况,为施工安全提供有力的保障。

#### 3.3.2 测量放线

凿岩台车配备有一个多功能升降吊篮,钻孔前测量人员站在吊篮内进行周边眼的放样,既提高测量速度,测量人员人身安全也得到保证。

#### 3.3.3 台车钻孔装药

①炸药种类及药卷直径。三棱山隧道爆破采用二号岩石乳化炸药,预裂(光面)爆破周边孔采用  $\varphi 32\text{mm}$  直径普通药卷。掏槽孔及辅助孔均采用  $\varphi 32\text{mm}$  直径药卷。

②不耦合系数  $B$ 。当炮孔直径为 32~45mm,取  $B=1.5\sim 2$ ;当炮孔直径为 62~200mm 时,取  $B=2\sim 4$ 。

③炮孔间距  $a$ 。取炮孔直径的 10~20 倍,在节理裂隙比较发育的岩石中取较小值,整体性好的岩石取大值。如果最小抵抗线处于节理发育破碎岩体内,则在上下两层各增加一个炮孔;如果周边孔处于节理发育破碎岩体内,则在此处改变周边孔布置,破碎岩体两侧各增加一个炮孔,使炮孔处于单独的围岩中,以增加光爆效果。

④最小抵抗线  $W$ 。即光面层厚度或周边孔到邻近辅助孔的距离,一般大于或等于光面孔间距。

⑤邻近系数  $m$  或相对距  $E$ 。 $m=E$ , $m$  值过大,爆后有可能在光面孔间的岩壁表面留下岩梗,造成欠挖; $m$  值过小时,则会在新壁面造成凹坑。 $m$  取值 0.75~1,在硬岩中取大值,软岩中取小值。

⑥掏槽方式。采用左右单级楔形掏槽或左右二级复式楔形掏槽。周边孔与辅助孔的孔底在同一垂直面上,掏槽孔加深 10~20cm。

⑦线装药密度  $\rho$ 。又叫装药集中度,指单位长度炮孔中装药量的多少。一般情况下,软岩中用 70~120g/m,中硬岩中为 100~150g/m,硬岩中为 150~250g/m。

⑧起爆方式。引爆器材选用国产 15 段非电毫秒微差导爆管,起爆采用非电起爆网络。

⑨排间炮孔起爆间隔时间  $t$ 。采用多段非电毫秒导爆管顺序起爆。起爆间隔时间具体见爆破设计。临近周边孔的两排孔的药量要比其他炮孔的药量少,以控制围岩爆振裂隙的发展。

⑩钻孔深度  $H$  及外插角  $a$ 。炮孔深为每循环开挖进尺长度,并考虑 10%~15%的超深。外插角  $a$  取  $2^\circ\sim 5^\circ$ 。

①装药结构及堵塞方式。当围岩完整性较好时,采用连续装药;当围岩节理裂隙发育,完整性较差时,周边孔采用纵向间隔绑扎在竹片+导爆索上进行空气间隔不耦合装药结构,其他炮孔采用连续装药结构。炮孔堵塞采用炮泥堵塞,长度不小于 20~25cm,松紧适度。

### 3.4 安全保证措施

①作业前,应检查各管路的连接,各紧固部位螺母螺钉应拧紧,操纵杆、控制装置及仪表等均应正常。

②行走前,应查看场地周围,确认无人及障碍物后,方可按照引导人员指示信号作业。

③行走和上、下坡时,应保持操作平稳,不得使机体前后端产生极度摆动。

④液压油油温应保持在 30~70℃范围内,超过 70℃时,应停止行走。

⑤凿岩和升降平台上作业时,应张开支腿,不得移动机体。

⑥移动钻臂时,应先退回导杆,使顶点离开工作面。钻臂下不得有人。

⑦作业后,应将台车停放在坚实的安全地带,将导杆和钻臂以行走状态摆成水平位置,各操纵杆置于零位。应吹洗台车的外露部分,清除运动部件上的粉尘和碎石,保持台车清洁。

### 3.5 人员配置

人员配备如表 2 所示。

表 2 人员配备表

人员	数量	职能
架子队长	1 名	全面组织协调工作
三臂操作手	3~6 名	操作三臂凿岩台车,分 1~2 班
领工员	1 名	配合现场工作
测量员	2 名	负责画开挖轮廓线及监控量测
技术员	1 名	提供技术指导
司钻	2 名	负责指挥炮眼布置及接水管

## 4 三臂凿岩台车应用控制超挖的管理规定

①根据围岩情况动态调整开挖轮廓线,动态调整周边眼间距,一般控制在 40cm 以内。

②装药量根据爆破效果确定,炮眼残痕率达不到 80% (硬质岩),就减少药量,直至出现炮眼残痕,残痕率满足要求;根据炮眼残痕率确定孔底周边眼间距,对三臂操作手作业能力考核、指导。

③每循环进尺轮廓线测量时,对上循环进行复核,将复核情况告知技术负责人,即时发现问题,进行调整。

④调整钻孔作业或爆破过程中出现问题时,技术负责人要及时通知三臂操作手进行调整。

⑤三臂操作手在作业过程中严格控制外插脚,不要大于 2°。

## 5 三臂凿岩台车维修保养

①台车使用前保证水箱里面水的清澈,不能有杂物及淤泥,容易抽到台车里面,导致台车滤网堵塞,使得各配件工作失灵损坏,严重导致机器损坏,维修大约在 2~3 万元。

②每次使用完之后根据油表显示油位定期加 Cop 油,一个月至两个月基本加完 1 桶,每天使用后打黄油,1 个月约消耗 1 桶黄油。

③定期检查及更换油管,其中油管意外断裂,加壳牌液压油 10~70L 不等,现场需备足(10mm、13mm、19mm、25mm)的油管,其中 19mm 的油管损坏量较大。

④大小衬套基本每月换一次(3 个臂大小衬套各 3 个),如果更换不及时,钻杆直接磨损导向杆,易导致导向杆损坏,更换维修时间较长,金额较大。

⑤钻杆、钻头为易损耗品。钻头基本为 45mm、102mm,钻杆为 5.5m、4.7m、6.5m,钻杆钻头主要看围岩情况,围岩不好地段(Ⅳ级、Ⅴ级)易坏频率较高。钻杆分为快捷、非快捷两种,非快捷需要配有连接套才能使用,连接套分钻杆与钻杆连接,钻杆与台车连接。现场不打 6.5m 以上的管棚不用钻杆与钻杆的连接套,钻杆与台车的连接套不易坏,一般现场备用 3~4 个。

⑥基本三臂台车使用的钢丝绳“牵引钢丝绳、回位钢丝绳”,建议留存 2~3 套。钎尾基本为易损件,Ⅲ级围岩基本每月 7~8 根,Ⅳ、Ⅴ级围岩平均每月更换 2~3 根。水管为易损坏的 50cm 的四层钢丝管,主要为连接水箱用,台车工作时,送水至钻杆头钻头处。

⑦丝堵是连接油管必备的,带有连接丝堵的油管可以防止漏油,密封效果好,即使油管断裂也可以控制液压油的损失量。

⑧“四滤”,即燃油滤芯、机油滤芯、柴油滤芯、空气滤芯,因隧道内灰尘烟雾比较大,需一个月更换 1 次空气滤芯,其余三滤可定期检查,2~3 个月更换。