

# 三臂凿岩台车臂架液压系统设计及试验

赵旭峰

山西天巨重工机械有限公司 山西晋城 048000

**摘要:**我国目前公路隧道主要以多功能台架配风动凿岩机的开挖工法为主,但因其投入作业人员多、劳动强度大、作业环境差、钻机速度慢等在长大隧道建设中应用受到局限。而凿岩台车以动力能耗小、钻孔效率高特点逐渐在公路隧道中得到应用。本文对三臂凿岩台车臂架液压系统设计及试验进行分析,以供参考。

**关键词:**山岭隧道;凿岩台车;液压;设计

## Design and test of boom hydraulic system of three arm rock drilling jumbo

Xufeng Zhao

Shanxi Tianju Heavy Industry Machinery Co., Ltd. Shanxi Jincheng 048000

**Abstract:** At present, the excavation method of highway tunnels in China is mainly a multi-functional bench equipped with a pneumatic rock drill, but its application in the construction of long and long tunnels is limited because of its large number of operators, high labor intensity, poor working environment, slow drilling speed and so on. The rock drilling jumbo is gradually applied in highway tunnels because of its low power consumption and high drilling efficiency. This paper analyzes the design and test of the boom hydraulic system of the three-arm rock drilling jumbo for reference.

**Keywords:** mountain tunnel; drill jumbo; hydraulic pressure; Design

### 引言:

随着生活水平提高,人工成本和各项环保、健康和  
安全要求,加之新疆偏远地区人工费用较内地更高,考  
虑隧道所处的地理环境和气候特征,项目拟从开挖到衬  
砌均采用机械化配套施工。文章对人工开挖和三臂凿岩  
台车开挖方案进行综合比较分析,结合目前国内外主要  
生产的三臂凿岩台车类型进行比较,选用适合本项目特  
长隧道开挖的三臂凿岩台车。<sup>[1]</sup>

### 1 概述

公路和铁路隧道施工的地质环境主要由岩层组成,疏浚技术至关重要。以钻爆法为代表的掩体开挖技术在山区隧道开挖中得到广泛应用。钻探方法主要分为人工施工和钻机施工两种施工类型。到目前为止,我国部分隧道工程仍采用气动钻机钻探等方法进行,施工风险在一定程度上增加,同时延长了隧道施工周期。对于专业山区隧道施工,钻井平台逐渐成为钻井爆破方法的必要工程设备。20年来,中国钻井平台产品发展迅速。初步统计数字表明,已经有10家国内公司有能力强生产钻井平

台。目前,钻井平台施工技术研究正在逐步深入,借鉴雅乃高速公路大山岭隧道工程,研究三至三级围岩钻井平台施工技术及其工程效果。同时,与传统风洞平台进行了各方面的对比分析,明确了平台在特长山隧道施工中的优势。作为广州罗丰隧道工程的一部分,更系统地总结了人工挖孔机的优缺点,给出了两种施工方法的适用范围。<sup>[2]</sup>

### 2 三臂凿岩台车选型对比

目前铁路隧道中使用比较多的主要是全液压凿岩台车和全电脑凿岩台车,全电脑三臂凿岩台车是隧道钻爆法中最先进的开挖设备,依托智能化数据采集与控制系统,实现整机在隧道内精确定位与多臂同步姿态调整,一键启动,多钻臂自动工作等功能。凿岩机以钻孔规划图设计的钻孔位置、大小、深度、角度等参数为输入,通过计算机目标路径规划与控制系统完成自动找点和高精度自动钻孔作业。对比之下,全电脑三臂凿岩台车更具备以下优势。(1)自动定位钻孔。根据爆破设计参数自动定位钻孔,不需要人工测量布孔,减少钻孔准

备时间。配置隧道管理者TML软件,便于操作司机打孔操作,提高工作效率,并且能为爆破设计优化提供依据。(2) 3D轮廓扫描。实现超欠挖分析,有针对性地通过调整钻孔角度及爆破方式,节约项目施工成本及施工大数据的收集。(3) MWD地质分析系统。自动采集25m钻孔数据,MWD软件分析钻孔压力、速度、钻杆旋转速度等7个参数后形成电子地质分析云图。在特殊地段可兼做超前地质钻孔,预判前方不良地质状况。(4) 加卸杆装置。配备自动加卸杆装置,在施做超前钻孔和超前管棚支护时,降低操作人员劳动强度,提高施工效率。(5) 封闭驾驶室。配置封闭驾驶室,操作室内噪声小,工作环境好,承载能力3t,安全系数高。(6) 操作系统。配备2套操作平台,4个操作手柄,操作便捷操控性好,需要2名操作司机。<sup>[3]</sup>

### 3 施工方法

#### 3.1 钻眼

开挖前需要把开挖断面录入台车,选好炮眼布置方式,台车可以根据炮眼布置图自动跟踪炮眼位置。(1) 周边眼。操作人员按照台车自动定位的炮眼位置,操作台车大臂,将定顶盘顶在要打炮眼的炮眼位置,调整台车推进梁后开始钻眼,时刻观察钻杆钻进长度,确保每一个炮眼的底部在同一截面。炮眼钻进的位置应选择那片范围最平整的地方,避免钻杆角度倾斜,炮孔脱离预设位置。如果掌子面凹凸不平,先缓慢地钻进,直到形成浅眼时,方可加快速度。开钻前还需控制好推进梁的方向,当推进梁的方向与线路方向处于平行关系时方可开钻,杜绝较大超欠挖。每次爆破后通知测量员进行断面测量,查看爆破效果,并对超欠挖部位进行原因分析,及时调整爆破参数。(2) 掏槽眼。凿岩台车开挖掏槽方式采用楔形水平斜眼掏槽,钻眼前根据台车推进梁尾部与隧道边墙间可调整的距离,编制爆破设计,现场由台车根据炮眼布置图跟踪指导操作人员进行炮眼定位。操作人员施钻时对炮眼位置、角度、眼深等方面一点要严格控制在,尽量保证两侧的炮眼相互对称,与爆破方案一致,掏槽眼是循环进尺的关键一环,掏槽眼打设若未达到设计深度,进尺将受影响。(3) 辅助眼。操作人员根据炮眼布置图进行钻眼,施钻时,左右两侧钻臂要协调一致,相互比较,尽量使左右两侧的炮眼对称,符合爆破设计的要求。<sup>[4]</sup>

#### 3.2 施工保障措施

(1) 为保证凿岩台车的用电电压,进洞500m后,采用高压进洞。由于台车用水量大、水压要求高,需要考

虑足够的供水排水设备,洞口设高位蓄水池。为确保炮眼布置的准确,掌子面附近需要至少3个控制点,满足台车就位后的自动建站和复核。(2) 为了进一步加快进度,装药孔和钻孔在保证安全距离达到3m以上时,可以同步进行。(3) 炮眼钻好后,很容易被泥石,水等遮挡尤其是周边眼和底部炮眼,及时用纸盒、竹片等填塞作为标记,方便找到炮眼进行装药。<sup>[5]</sup>

#### 3.3 质量控制要点

(1) 测量放样是控制隧道开挖不足的关键因素之一。根据爆破设计中火炮孔的间距,标记手掌表面开挖断面的中心线、轮廓和隧道轴线,以方便钻孔作业,提高钻孔质量。(2) 根据手掌表面围岩的情况,及时完成初始支护,尽早封闭岩石表面,与围岩形成支护层应力,以保证围岩稳定,便于控制围岩变形和渗入纯空气,从而引发。(3) 根据射击场设计方案,卸槽应实现设计参数、屋顶位置、方舟位置、边坡位置等。是基本孔位置,周边炮兵孔的参照孔位置是钻孔位置。(4) 密切注意钻井平台推进梁的位置,确保推进梁平行于隧道轴线,并在钻井平台工作空间充足时减小插入角;确保推力梁顶部和底部的两个基点之间没有偏移,如果有偏移,请调整推力梁或进行新的钻孔,以确保外围炮孔满足要求。(5) 底板钻孔应控制推进梁的地基和地面高度,开口位置应符合设计标高要求,以确保隧道底部超出允许范围。(6) 把握冲击和推力。根据围岩情况和分裂钻经验,及时调节冲击和推力,钻方向容易位移,进行低冲击、低推力钻,及时检查钻方向;四周岩石贫时,应进行低冲击、低推力钻探,四周岩石较好时,应在高冲击钻探后进行一定深度的钻探。(7) 外围火炮孔钻时,应调整所有参数,用顶板拧紧开挖面,掌握欠开挖规律,板炮兵孔间距可根据周围岩石情况均匀调整,确保较好的射击效果。<sup>[6]</sup>

### 4 系统高温现象分析及应对措施

由于三臂凿岩台车在隧道施工过程中主要用于掌子面开挖的钻孔作业,其工作环境主要面临高温、粉尘、高湿度、渗水等,特别是较高温度的作业环境往往会造臂架液压系统因作业温度高而发生故,散热系统匹配显得尤为重要。以往三臂凿岩台车液压系统匹配往往采用散热器散热功率取电机功率的40%,直接选用相关参数的水冷散热器,在液压系统回油管道处设置温控阀,当系统温度超过40~50℃时(每个厂家设置的温控阀温度参数不一致,一般在40~50℃之间),臂架液压系统回油液压油经过水冷散热器降温后流回油箱,当系统温度低于40~50℃时,臂架液压系统回油液压油直接流回油

箱,依靠油箱进行散热<sup>[9]</sup>。这种设置的主要弊端为在使用过程中,温控阀一般为机械式开闭,对温度敏感程度不够,液压系统油温低时,系统运转正常,当液压系统油温高时,水冷散热器散热功率低于液压系统发热功率,散热速度低于产热速,在长时间运转(一般运转时间超过2h即会产生高温现象,凿岩作业时间一般在4h以上)后,液压系统温度升高,液压油黏度降低,相关液压部件泄漏量增加,特别是凿岩机液压马达和液压系统齿轮油泵泄漏量增加,会明显降低液压系统作业效率,变相加速液压系统升温。<sup>[7]</sup>

### 5 试验与结果分析

根据三维建模理论计算,结合现场三臂凿岩台车臂架液压系统发热原因分析,设计了新的三臂凿岩台车臂架液压系统并匹配相关散热系统,搭载在自制的三臂凿岩台车上在郑万高铁项目9标兴山隧道进行试验,用于隧道掌子面开挖钻孔作业,隧道断面为高铁双线隧道,单个掌子面配备2台三臂凿岩台车,其中一台为试验样机,另外一台为某品牌进口三臂凿岩台车。经现场实验室测量数据,试验期间开挖隧道岩石最高强度和平均强度分别为123MPa和89MPa,开挖掌子面环境温度最高值和平均值分别为44℃和40℃,双作业面作业连续运转时间为9h(其中不包括转场的1h),试验总统计作业时长为3000h。试验过程中,自制的三臂凿岩台车臂架液压系统监测的最高作业温度为58℃,对比同时作业的进口三臂凿岩台车液压系统,其作业温度低3℃,系统运行平

稳,无故障现象。

### 6 结束语

三臂凿岩台车作为目前国内外隧道钻爆法施工中先进的开挖设备,拥有先进的液压控制系统,与传统人工钻爆法相比,具有作业范围大、灵活性强、空气和噪声污染小、安全高效等技术优势,尤其在台阶法和全断面法施工中充分体现了其安全高效的特性,实现了快速、优质、安全、高效施工;多功能全电脑三臂凿岩台车施工技术已成为隧道机械化施工的发展方向。

### 参考文献:

- [1]王晓勇.三臂凿岩台车在聚能水压光面爆破中的应用与研究[J].建筑技术开发,2019,46(18):92-94.
- [2]李华荣.三臂凿岩台车在隧道中的控制爆破技术应用[J].国防交通工程与技术,2019,17(03):64-67+54.
- [3]陈海朋.浅析电喷柴油机在阿特拉斯三臂凿岩台车上的运用[J].内燃机与配件,2019(08):143-144.
- [4]王怀中.三臂凿岩台车在小断面隧道钻爆法施工中的应用[J].中国高新科技,2018(24):54-56.
- [5]夏毅敏,李正光,罗建利,马劫嵩.三臂凿岩台车钎杆的绝对定位误差补偿研究[J].机械传动,2018,42(10):1-5+11.
- [6]张建平.利用三臂凿岩台车快速施工研究[J].中国建材,2017(08):118-120.
- [7]张桂俊.浅谈山岭隧道三臂凿岩台车的选型及应用[J].中外建筑,2017(08):241-243.