

# 浅谈高速公路隧道机械化施工技术

费云林

四川公路桥梁建设集团有限公司公路隧道分公司

**摘要:** 近些年,随着社会的发展,对公路要求不断提高。目前,随着高速公路建设的快速推进,隧道施工机械化是发展的必然趋势。通过引进新设备、新技术,进行科技攻关,实现设备和工艺微创新,提高隧道施工机械化施工水平,保证施工质量和效率,同时强化隧道施工管理,实现数字化管理模式,保证施工安全和效益。有鉴于此,文章详细论述了高速公路隧道机械施工技术的应用,旨在可以为行业人士提供有价值的借鉴和参考,进而更好的为行业的健康持续发展助力。

**关键词:** 高速公路;隧道工程;机械化;施工技术

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2022.05.095

## 引言

在当前我国社会经济迅猛发展的背景之下,越来越多的高速公路项目不断兴起,在该类高速公路工程的施工建设过程中充分落实隧道施工技术,把握各类注意事项,确保各项流程有效衔接,充分融合,这样才能更好地提高整体工程施工质量,促进高速公路项目取得更好的经济效益和社会效益。由于我国地域辽阔,公路网络穿越面积相对比较大,公路隧道整体建设规模不断扩大,建设数量不断增加,因此探究高速公路隧道机械化施工技术显得尤为关键。

## 一、工程概况

某高速公路隧道工程项目在建设时,设计成双向六车道分离式隧道。桩号左线ZK152+470-ZK156+820,总长为4350m,右线为YK152+495-YK156+810,总长度为4315m。整个入口设计标高为左、右线分别为136.5m、138m,出口设计中,

左、右线分别是195.1m、194.6m。此外,该隧道左右洞进、出口基本上都是以削竹式洞门为主。在经过实际测量后,整个埋深大概为463.76m,所以可以将其纳入特长隧道的范围。该高速公路隧道在进行机械化施工时,会使用诸多机械设备,详见下表1。

表1 机械化设备配套表

序号	机械名称	型号	单位	数量
1	全液压模板台车	12m	台套	2
2	混凝土分层布料机	--	台套	2
3	三臂凿岩台车	BoomerXL3D	套	2
4	湿喷台车	ZTC30	套	2
5	液压仰拱栈桥	--	台套	2
6	侧沟模板台车	--	台套	2
7	自动挂布钢筋一体台车	--	台套	2
8	自动养护台车	--	台套	2
9	多功能超前钻机	--	台	1
10	超前注浆机	--	台	1

## 二、机械化施工技术在高速公路隧道施工中的合理应用

### (一) 隧道开挖

通常对于洞身IV类围岩,施工作业会直接采用三步台阶开挖法和预留核心土的圆形开挖法。此时,应对三臂凿岩台车进行科学合理的利用,钻眼装药施工以并排方式开展。III级围岩正常段通常有效控制控制在3m左右,开挖上一般会用两台阶开挖法处理。钢架锁脚锚杆需要在仰拱开挖之前进行操作,一般每次循环不会超出3m。通常,破碎局部围岩会使用超前小导管注浆超前支护。以此为基础,有利于从根本上实现对三臂凿岩台车开展施工作业进行处理,充分确保有序开展钻孔作业。

高速公路隧道工程项目在建设时,通常开挖方式为直接利用超前小导管注浆支护,并开挖处理V级围岩。当遇到没有任何爆破作业的软弱围岩时,通常可以直接使用挖掘机微步法进行开挖处理,其他都是以人工方式进行处理,保证清孔、装药等各环节的有序开展,V级围岩在开挖时,其横断面如图1所示。

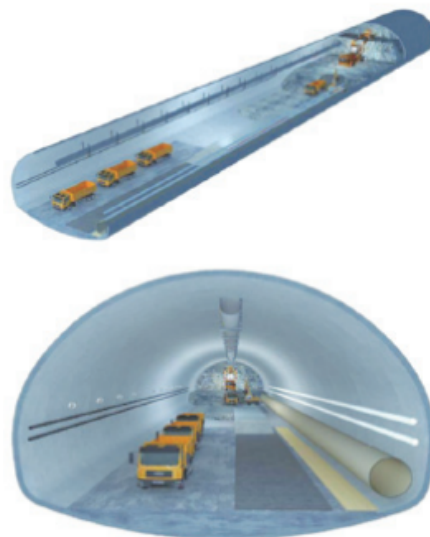


图1 V级围岩开挖横断面示意图

(二) 出渣施工

隧道一般出渣前, 应预先使用挖掘机开展装渣处理。把挖掘机一直开至指定的场地, 并在掌子面实施出渣处理, 其他相应的工作面也应同时作业。这种形势下, 能够最大限度保证多台机械设备在不同工序时也可以实现同步作业。通过这种方式, 不仅有利于保证作业效率的全面有效提升, 而且能够尽可能减少在日常作业时的时间消耗。

(三) 三臂凿岩台车施工

在建设此高速公路隧道工程项目时, 需要配备 BommerXL3D三臂掘进凿岩台车。在开展实际控制时, 主要基于先导液压, 配备3个BUT35钻臂等, 可连续增加整个断面的作业面积。通常状况下, 整个作业范围能够控制在15597mm×12789mm, 其自身整个最大覆盖面有178m<sup>2</sup>, 使用寿命超过15年。与其他相同类型的设备相比, 该机械设备自身的整个覆盖度相对比较高, 具有精准定位、高承载力的优势特点。

(四) 人工钻孔用挖改钻替代

钻孔作业用挖改钻进行时, 此钻机高频冲击与超高频冲击相配合, 可将钻进速度进行有效提升。在开挖作业中, 用两台“挖改钻机”一起作业便能超出传统20人一起开钻的速度。通过此钻机能够将掌子面作业人数大幅减少, 降低作业安全风险, 并可提升工作效率。



图1 挖改钻

(五) 叉车代替台车作业

用叉车开展装药、立架及挂网作业。曼尼通叉车越野能力强, 且有稳定的性能, 也易操作。与传统的台架作业方式相比, 曼尼通叉车可将作业占用空间及作业人数进行减少, 其在辅助隧道施工上优势显著。

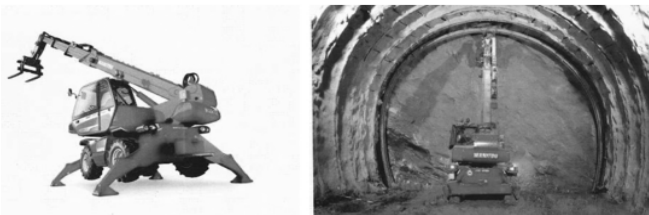


图2 叉车

(六) 施工总体部署

隧道若要能够安全施工, 那么就要先探测隧道前方的地质情况, 并结合现场情况进行分析。如果超前地质

预报中存在异常地质条件, 可通过RPD150C多功能地质钻机进行超前地质预报, 确认前方地质条件和围岩水平, 从而结合具体实况科学制定有效的开挖方案。每台多功能地质钻机的实际钻孔深度为30-40m, 全液压机械控制三臂凿岩台车, 用于爆破和钻孔施工。完成爆破以后, 使用强制排气、湿式喷雾机及人工喷水降尘。装载机、挖掘机等设备在隧道施工处同运输车辆进行配合, 将隧道矿渣运送到指定的弃土场。混凝土使用湿式喷射机喷射, 并实施初期支护, 二衬防水板采用自动挂布机和人工组合方式安装, 二衬混凝土浇筑施工采用新型智能自动布全液压模板台车开展。

(七) 仰拱作业

仰拱施工使用自行式全液压仰拱栈桥开展。此设备跨度较大, 操作简单, 具有一定的可靠性及安全性, 其在隧道仰拱作业中具有关键作用。开挖完毕后, 需及时施作下一道工序, 根据不同围岩等级, 确定开挖长度, 无特殊情况下开挖长度为3.0-3.5m。移动式仰拱栈桥主要有主梁与车道、前后坡桥、后桥行走与平移、仰拱模板与提升机构、履带驱动装置及支腿部分组成。栈桥纵向移动施工可按安装栈桥→栈桥定位→仰拱衬砌→更换位置的顺序循环进行。

(八) 防排水作业机械化

自动防排水及钢筋施作一体台车为全液压平台, 由行走、门架、平台、拱形、提升和液压控制等六部分组成。通过拱圈和提升系统, 将防水板固定在旋转的钢轱子上, 钢轱由沿拱环移动的小车固定, 卷扬机提升小车并与电动机配合开展施工, 且上下左右移动由电动机控制, 安装外部圆形凹槽, 铺设车在圆形凹槽内移动, 完成防水板的铺设。

(九) 二次衬砌作业机械化

隧道进口段二衬钢筋施工采用防水板及钢筋施工自动台车安装。12m全自动液压一体化模板台车开展二次衬砌模板混凝土施工, 在台车上配备混凝土分层布料机, 把混凝土泵入模具, 并使用移动式二次衬砌养护台进行二次衬砌混凝土养护。台架外侧设有一圈洒水和维护喷嘴, 通过电机自动移动, 移动时, 左右两侧以均匀的速度向前移动, 以便洒水和养护。为了避免停电, 在施工现场需要配备两台400KW发电机, 以保证可持续施工。二衬设置了止水带安装夹具, 增强了施工缝防水保障能力, 从而在安装止水带及密封过程中彼此不受干扰, 既实现了止水带安装质量的提高, 也有效的提高了工作效率。

水沟和电缆槽液压整体式台车用以浇筑电缆沟及外水沟。模板的强度、刚度和稳定性都较佳, 可进行电缆沟及水沟的整体浇筑。将振动器放置内部进行振捣, 以

此更好的保证水沟内电缆槽的质量及美观性。两侧同时对称一次性浇筑与二次衬砌浇筑长度一致，确保施工缝对齐。组装自动小车模板并放置到位后，模板不用拆开，与小型模板相比，较为简便。

### 三、数字化施工管理模式

想要保证机械化施工的安全、效率及质量，需要确保数字化施工管理的有效性和合理性。有效利用互联网+、物联网、大数据、BIM等技术构建数字化隧道施工平台，优化通风排烟、火灾报警、消防和监控等系统，确保隧道施工安全，以此有效实施数字化隧道施工管理模式。

#### （一）隧道进洞“ETC”管理

人员进洞采用地铁进站式管理，门禁监控系统将在人员刷卡时进行面部识别、拍照并存储进入信息，然后以图文结合的方式反映人员进出信息，实现无纸化登记。进出洞车辆的等级管理可使用高速公路ETC模式进行，与此将管理效率进行有效提高。

#### （二）隧道视频监控

通过建设隧道监控视频系统，可以实现施工管理空间的全覆盖，并保证全天候的时间。掌子面作业人数、作业时间、氧气含量、通风量、CO等有害气体分布等信息可通过视频监控系统进行随时掌握。对于信息管理，有必要构建一个基于物联网系统的施工设备和机械协同远程调度系统。施工要素可高度集成，不但能实现远程控制，协同协作，也可有效提升工作效率，更好的节约能源。

### 四、高速公路隧道施工质量控制措施

#### （一）充分做好施工材料的质量管控

在高速公路隧道工程的具体施工过程中，要想体现出良好的施工质量管控效果，需要在材料和施工流程方面进行特别关注，特别是在材料质量方面要切实把控。在采购环节要对施工材料的质量指标性能进行严格检测，要匹配权威专业部门对其进行质量检测。只有通过相对应的检测标准，符合具体施工要求之后才能进行有效应用。

在材料供应商的选择方面也要有效加强，确保相关供应商具备良好的口碑和信誉，具有相对应的质量保障；同时，采购完成后，在运输管理和使用过程中，应对材料的质量进行进一步的检测及复查，以确保其符合施工需求。在现场的管理方面要注意防潮防水防晒等，进而使施工材料的性能得到有效保持。

#### （二）严格做好施工人员的质量控制

在高速公路隧道施工过程中，施工人员的专业技

能、业务素养等对于整体工程的质量都有着关键性影响。因此，要高度重视施工人员的技术培训和严格审核，要确保其具备应有的岗位胜任能力，并能灵活有效地应用相关施工技术、材料和设备。施工企业要严格做好施工人员的培训，要确立长效培训机制，通过系统完善的培训使其更有效提升自身的专业技能和综合素质，同时也能进一步强化职业道德及风险识别判断能力。

为此，在培训过程中要突出培训的针对性和可行性，着力提升相关人员的质量安全管理意识和业务能力。在施工过程中严格按照相关施工规范推进各项施工工作，确保施工质量，有效防控隧道施工风险。

#### （三）构建并有效落实隧道施工质量管理体系

要确保高速公路隧道工程的质量得到有效管控，需要在质量管理体系和管理制度方面进行有效优化，不断地改进和完善，使相关制度内容与实际情况能够充分吻合。在制定质量管理体系之初，要针对施工现场的具体情况和指标参数进行综合分析。通过对各类数据进行收集整理和整合利用，为工程质量管控制度的制定优化和完善提供必要数据支持。

此外，也要确保相关制度得到动态调整。在实践检验过程中，及时发现制度落实过程中存在的问题或者不足，然后在协调推进、精准有效调整的过程中使工程质量得到有效提高。

### 结束语

概而言之，经上文分析和阐述，隧道机械化施工技术有利于满足目前高速公路隧道工程项目在建设时的基本要求，同时也是未来的主要发展趋势。因此，要结合目前各方面因素，实现对该技术的合理利用，以此来保证机械化施工质量提高。机械化施工和数字化管理不仅确保施工作业质量，提高了施工作业效率和施工安全系数；同时也优化了隧道内施工作业环境，为现场作业人员的健康提供了保障。

### 参考文献

- [1] 张帆, 黄海波. 山区高速公路隧道机械化施工技术分析[J]. 四川水泥, 2022(02): 218-220.
- [2] 李兴春. 高速公路隧道机械化施工技术探讨[J]. 黑龙江交通科技, 2021, 44(05): 139-140.
- [3] 黄天志. 高速公路隧道机械化配套快速施工技术[J]. 交通世界, 2020(29): 110-111.
- [4] 张俊儒, 等. 中国四车道及以上超大断面公路隧道修建技术的发展[J]. 中国公路学报, 2020, 33(1): 14-31.