

高速铁路隧道施工中的三臂凿岩台车性能评估

邵登科

中铁隧道局集团有限公司大盾构工程分公司 河南 郑州 450000

摘要：随着高速铁路建设的快速发展，隧道施工在铁路工程中占据重要地位。三臂凿岩台车作为一种先进的隧道开挖设备，以其高效、精准、安全的特点，在高速铁路隧道施工中得到广泛应用。本文将从三臂凿岩台车的工作原理、结构特点、工作效能、影响因素等方面进行深入分析，并通过具体案例分析，旨在为高速铁路隧道施工提供有益参考。

关键词：高速铁路隧道；三臂凿岩台车；性能分析；工作效能；影响因素

引言

随着科学技术的不断进步和施工技术的日益发展，凿岩设备在隧道施工中的重要性日益凸显。三臂凿岩台车作为一种新型的凿岩设备，凭借其高效、灵活、适应性强等特点，在高速铁路隧道施工中得到了广泛应用。本文将对三臂凿岩台车的性能进行全面分析，以期为高速铁路隧道施工提供技术支持。

1 三臂凿岩台车的工作原理与结构特点

1.1 工作原理

三臂凿岩台车的工作原理主要基于液压驱动与电动控制的完美结合。液压驱动系统为其提供强大的动力，确保设备在不同工作环境下都能保持稳定的运行状态。电动控制系统则通过精确的算法和传感器反馈，确保每一个凿岩臂都能在最佳的状态下工作。

1.2 结构特点

三臂凿岩台车设计紧凑，三个凿岩臂各自独立但又相互协调，确保在有限的工作空间内实现最大的工作效率。每一个凿岩臂都配备有先进的钻头与控制系统，能够根据岩石的硬度、结构等因素自动调整凿岩的参数，从而确保最佳的凿岩效果。此外，该设备的操作界面设计人性化，使得操作人员能够迅速上手，减少误操作的可能性。

2 高速铁路隧道施工中三臂凿岩台车的性能评估

2.1 施工效率

三臂凿岩台车在施工效率方面的表现堪称卓越。其设计独特，拥有三个独立工作的凿岩臂，这三个臂能够同时运作，进行凿岩作业，极大地提高了工作效率。相较于传统的人工凿岩方式，三臂凿岩台车的综合凿岩效率显著提升，每台设备的综合凿岩效率可达到每班50至80立方米。在具体作业过程中，三臂凿岩台车的每个循环作业时间仅需30至40分钟。在这段时间内，它能够

完成80至100个钻孔，这些钻孔能够覆盖20至40平方米的掌子面。这样的高效作业能力，使得隧道掘进的速度大大加快，从而显著缩短了整个施工周期。对于高速铁路隧道这种规模庞大、工期紧张的工程来说，三臂凿岩台车的高效性能无疑为工程的顺利完成提供了有力保障。此外，三臂凿岩台车的高效还体现在其连续作业的能力上。由于设备采用了先进的液压系统和电动控制系统，能够实现持续稳定的凿岩作业，减少了因设备故障或维护而导致的停工时间。这种连续作业的能力，进一步提升了施工效率，降低了工程成本。

2.2 施工质量

在施工质量方面，三臂凿岩台车同样表现出色。其采用的先进液压系统和电动控制系统，使得凿岩作业能够实现高精度控制。无论是面对硬岩还是软岩，三臂凿岩台车都能根据岩石的性质自动调整凿岩参数，如凿岩压力、转速等，以确保最佳的凿岩效果。值得一提的是，三臂凿岩台车还配备了隧道断面轮廓扫描仪。这一设备能够实时监测隧道开挖的轮廓，确保开挖形状符合设计要求。通过扫描仪的反馈，操作人员可以及时调整凿岩臂的位置和角度，有效控制超欠挖现象。这种实时监测和调整的能力，大大提高了施工质量的可控性和准确性^[1]。此外，三臂凿岩台车的钻头也采用了优质材料制成，具有耐磨、耐用的特点。在凿岩过程中，钻头能够保持锋利的切削边缘，减少因钻头磨损而导致的凿岩效率下降和施工质量问题。这种优质的钻头配置，进一步提升了三臂凿岩台车在施工质量方面的表现。

2.3 安全性

安全性是施工设备评估中不可或缺的一环，而三臂凿岩台车在这方面同样表现出色。其全封闭式的驾驶室设计，为操作人员提供了一个相对安全的工作环境。驾驶室内配备了空调和行车空调，使得操作人员在舒适的

环境中作业,减少了因高温、噪音和粉尘等恶劣条件对身体健康的影响。同时,三臂凿岩台车还配备了多种安全保护装置,如防碰撞系统、紧急制动系统等。防碰撞系统能够实时监测设备周围的障碍物,当设备接近障碍物时,系统会自动发出警报并减速或停止运行,避免碰撞事故的发生。紧急制动系统则能够在紧急情况下迅速制动设备,确保操作人员的安全。此外,三臂凿岩台车的操作系统也采用了人性化设计,使得操作人员能够轻松掌握设备的运行状态和操作方法。这种人性化设计不仅提高了操作人员的作业效率,还降低了因操作不当而导致的安全事故风险。

2.4 经济性

虽然三臂凿岩台车的初期投资较高,但其长期的经济效益却十分显著。首先,由于其高效的作业能力,三臂凿岩台车能够在更短的时间内完成更多的凿岩作业,从而大大缩短了工程周期。这种时间上的节省,对于降低工程成本和提高经济效益来说具有重要意义。其次,三臂凿岩台车的高精度控制系统和优质钻头减少了因误操作或钻头质量不佳导致的设备损坏和维修成本。在隧道施工过程中,设备损坏和维修是不可避免的问题,但三臂凿岩台车通过其先进的设计和优质的材料选择,大大降低了这些问题的发生概率和维修成本^[2]。此外,三臂凿岩台车的高效作业还减少了人力成本。在传统的人工凿岩方式中,需要大量的劳动力进行凿岩作业,而三臂凿岩台车则只需要少数操作人员即可完成相同的工作量。这种人力成本的节省,对于提高经济效益来说同样具有重要意义。

3 影响三臂凿岩台车工作效能的因素分析

3.1 设备性能

设备性能是三臂凿岩台车工作效能的基石。三臂凿岩台车由多个关键部件组成,其中液压系统、电动控制系统和钻头是最为核心的部分。液压系统的稳定性和响应速度直接决定了凿岩臂的动作灵敏度和力量输出。一个高效的液压系统能够确保凿岩臂在复杂地质条件下也能保持稳定的凿岩效率。电动控制系统则是三臂凿岩台车的“大脑”,负责指挥和协调各个部件的工作。控制系统的精度和稳定性直接影响到凿岩的准确性和效率。先进的电动控制系统能够根据岩石的硬度和分布,自动调整凿岩参数,如凿岩压力、转速和进给速度,从而实现最佳的凿岩效果。钻头作为直接与岩石接触的部件,其质量和性能对凿岩效率有着至关重要的影响。优质的钻头能够保持锋利的切削边缘,减少凿岩过程中的摩擦和磨损,提高凿岩速度和质量。因此,在选择三臂凿岩

台车时,应特别关注这些关键部件的性能参数,确保设备能够满足施工工程的实际需求。

3.2 操作人员技能

操作人员是三臂凿岩台车的直接操控者,其技能水平对设备的工作效能具有至关重要的影响。操作人员不仅需要熟悉设备的操作原理和操作规程,还需要具备一定的地质知识和施工经验。这样,他们才能根据不同的工作环境和工作需求,合理地调整设备的操作参数,确保设备处于最佳工作状态。此外,操作人员的反应速度和应变能力也是影响设备工作效能的重要因素。在隧道施工过程中,可能会遇到各种突发情况,如岩石塌落、设备故障等。这时,操作人员需要迅速做出判断并采取相应的措施,以确保施工的安全和顺利进行^[3]。因此,在操作三臂凿岩台车前,应对操作人员进行充分的培训和考核,确保他们具备必要的技能和经验。

3.3 工作环境

工作环境对三臂凿岩台车的工作效能有着不可忽视的影响。不同的工作环境对设备的性能和工作效率有着不同的要求。例如,在高原铁路隧道施工中,由于氧气稀薄、气温偏低等恶劣条件,设备的液压系统和电动控制系统可能会受到一定的影响,导致设备性能下降。同时,操作人员在这样的环境下工作,也可能会出现身体不适或反应迟钝的情况,从而影响设备的操作效率。因此,在使用三臂凿岩台车前,应对工作环境进行充分的评估和调整。对于恶劣的工作环境,可以采取相应的措施来改善,如增加氧气供应、提高施工现场的温度等。同时,还可以对设备进行适当的改装或升级,以适应特殊的工作环境。

3.4 设备维护

设备的维护状况对三臂凿岩台车的工作效能具有长远的影响。定期对设备进行维护保养,可以延长设备的使用寿命,保持设备的性能稳定,降低设备的故障率。具体来说,设备的维护保养应包括以下几个方面:一是对设备的液压系统和电动控制系统进行定期检查和清洗,确保系统的清洁和畅通。二是对钻头等易损件进行定期检查和更换,确保钻头的锋利和耐用。三是对设备的各个部件进行润滑和紧固,减少因摩擦和松动而导致的故障。四是对设备进行定期的性能测试和调整,确保设备处于最佳工作状态^[4]。因此,在使用三臂凿岩台车过程中,应制定合理的维护保养计划并严格执行。同时,还应建立健全的设备管理制度和维修体系,确保设备在出现故障时能够及时得到维修和处理。只有这样,才能确保三臂凿岩台车始终保持高效、稳定的工作状态,为

隧道施工提供有力的支持。

4 案例分析

4.1 清凉山隧道施工案例

4.1.1 项目概况

清凉山隧道是西成高铁(陕西境内)的重要控制性工程,全长约XX公里,设计时速为250km/h。隧道穿越复杂的地质条件,包括片岩、片岩夹大理岩、花岗岩等,围岩级别划分为Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ类。

4.1.2 设备应用

在该隧道施工中,采用了阿特拉斯科普柯BoomerXL 3D三臂凿岩台车进行全断面钻爆开挖。该台车配备了先进的液压系统和电动控制系统,能够实现高效、精准的凿岩作业。

4.1.3 施工组织

隧道断面尺寸满足双台车作业空间。采用全站仪进行测量放线,利用凿岩台车中间的吊篮画出中心线和周边眼孔位置。按爆破设计进行钻孔,钻孔孔径为45mm,先施工掏槽眼,然后施工周边眼及其他炮眼。采用楔形复式掏槽,减弱爆破,周边光面爆破。使用直径 $\Phi 32\text{mm}$ 的2#岩石乳胶炸药进行爆破。清孔后利用台车挂篮装药,检查毫秒雷管的连线和接上电雷管,确认安全后爆破。采用装载机装碴,自卸汽车运输,挖机辅助清理掌子面。初期支护采用湿喷机械手喷射混凝土。

4.1.4 施工效果

通过合理的施工组织设计和优化爆破参数等措施,清凉山隧道施工实现了快速、优质、安全的施工目标。三臂凿岩台车的高效、精准作业为隧道的顺利贯通提供了有力保障。

4.2 高原铁路隧道施工案例

4.2.1 项目概况

高原铁路项目地处海拔约4100米的高原地区,气候恶劣,氧气稀薄,气温偏低,且冰雪季节较长。隧道的主要岩性为砂岩和泥岩夹砂岩,节理裂隙发育,岩质较软且易遇水软化,施工难度大。

4.2.2 设备应用

在该隧道施工中,铁建重工研制的ZYS113G型全电脑三臂凿岩台车发挥了重要作用。该台车具有自动精准定位及高效精准钻孔功能,通过3D扫描仪对隧道拱墙上的已知点进行识别并计算出台车位置,从而实现了炮孔的精确施钻。

4.2.3 施工组织

在隧道施工前,对ZYS113G型全电脑三臂凿岩台车进行了全面的检查和调试,确保其性能稳定可靠。将炮眼设计图导入台车系统,实现自动对孔、钻孔。系统自动控制炮眼深度和角度,确保钻孔质量。钻孔速度可达3-5米/分钟,显著提高了施工效率。钻孔完成后,利用台车的辅助臂上吊篮进行装药施工。通过精确的爆破设计,实现了良好的光面爆破效果。通过3D扫描仪对隧道断面进行扫描,实时分析超欠挖情况,及时调整爆破参数和施工方法,有效控制了超欠挖。

4.2.4 施工效果

在光面爆破效果方面,炮眼残痕率90%以上,炮孔利用率在95%左右。在超欠挖控制方面,Ⅳ级围岩平均线性超挖17~19cm,Ⅲ级围岩平均线性超挖13~14cm。此外,该台车还显著降低了爆破器材的单耗,提高了施工的经济效益。

结语

通过对三臂凿岩台车的性能分析以及具体案例分析可以得出以下结论:三臂凿岩台车具有高效、灵活、适应性强等特点,在高速铁路隧道施工中得到了广泛应用。其工作效能受到设备性能、操作人员技能、工作环境和设备维护等多种因素的影响。为了提高三臂凿岩台车的工作效能,应综合考虑各种因素并采取相应的优化措施。随着科学技术的不断进步和施工技术的日益发展,三臂凿岩台车的性能将不断优化和提升。未来,应继续深入研究三臂凿岩台车的性能优化和智能化控制等问题,以进一步提高其工作效能和经济效益。同时,还应关注设备的安全性和环保性等方面的问题,确保其可持续发展并为高速铁路隧道施工做出更大贡献。

参考文献

- [1]尹江,刘佳明,王耀东.三臂凿岩台车在铁路单线隧道施工中功效提升与超耗量控制的应用[J].铁路工程技术与经济,2023,38(04):30-34.
- [2]孙士成,张坤.三臂凿岩台车在软岩隧道施工中的应用研究[J].中国港湾建设,2022,42(11):64-68.
- [3]刘立.三臂凿岩台车在隧道施工中的应用[J].石家庄铁路职业技术学院学报,2022,21(01):24-27.
- [4]王增帅.三臂凿岩台车在铁路隧道施工中的应用管理[J].中国设备工程,2021,(07):180-181.