

# 隧道工程大机械配套设备的优化配置与管理策略研究

吉木伟机

四川公路桥梁建设集团有限公司公路隧道分公司 四川 成都 610200

**摘要：**隧道工程大机械配套设备构建多系统协同作业体系，涵盖掘进、出渣、支护、物料供应及后方配套等系统。其优化配置需注重设备选型与地质匹配、系统能力协同集成、规格统一与模块化。运行期应构建全生命周期维护体系，实施基于数据驱动的性能监控，加强专业化团队建设与标准化作业。综合管理方面，要做好成本管控与效益分析、供应链与备件管理、安全与风险管理，以保障设备稳定运行，提升施工效率与质量，增强企业竞争力。

**关键词：**隧道工程；大机械配套；优化配置；设备管理；策略研究

引言：在隧道工程建设中，大机械配套设备发挥着举足轻重的作用，其构建起的多系统协同作业体系，是保障施工顺利推进的核心支撑。然而，要充分发挥大机械配套设备的效能，需从多方面着手。不仅要做好优化配置，使设备与地质、系统间完美适配；还需在运行期实施精细化管理，保障设备稳定运行；更要开展综合管理，平衡成本、供应链、安全等多方面因素。本文将深入探讨隧道工程大机械配套设备在配置、运行管理及综合管理等方面的策略与要点。

## 1 大机械配套设备体系概述

隧道工程大机械配套设备构成了一个多系统紧密协同、有序运转的复杂体系，各系统功能明确又相互关联，共同保障隧道施工的顺利开展与高效推进。（1）掘进设备处于该体系的核心地位。针对不同地质条件，有着不同的适用设备。TBM（全断面硬岩隧道掘进机）专为硬岩地层设计，它集机械、电气、液压、激光导向等多项先进技术于一体，凭借强大的破岩能力，能够以较高的掘进速度在硬岩中持续作业，有效缩短了硬岩隧道的施工周期。而盾构机则适用于软土及复合地层，其通过刀盘旋转切削土体，同时利用推进系统实现隧道的开挖与前进，在软土地层施工中展现出良好的适应性和稳定性。（2）出渣系统承担着将掘进过程中产生的渣土及时、连续且高效运出隧道的重要任务。皮带输送机具有长距离、大运量的特点，能够在隧道内实现渣土的大规模输送，减少渣土运输的中间环节；螺旋输送机适用于短距离、小运量的渣土转运场景，具有结构简单、操作灵活的优势；渣土车则可根据施工现场的实际情况进行灵活调配，满足不同施工阶段的渣土运输需求，确保掘进工作不受渣土堆积的影响。（3）支护系统在掘进过程中发挥着保障隧道结构稳定的关键作用。TBM配备的锚杆钻机能够快速、准确地在围岩中安装锚杆，增强围岩

的自稳能力；盾构机的管片拼装机可精准地将预制管片拼接成隧道衬砌，形成坚固的隧道结构，同时同步注浆系统向管片与围岩之间的空隙注入浆液，进一步加固隧道，防止围岩变形和地下水渗漏。（4）物料供应系统负责向洞内运输管片、砂浆、油脂等施工所需材料，确保施工过程的连续性。后方配套系统则涵盖了通风、制冷、供电、供排水、数据采集等多个保障系统，为整个施工过程提供全方位的支持。各系统紧密衔接，形成了一个高效的闭环作业流水线，为隧道工程的高质量建设奠定了坚实基础<sup>[1]</sup>。

## 2 大机械配套设备的优化配置策略

### 2.1 设备选型与地质适应性匹配

设备选型与地质适应性匹配在大机械配套设备优化配置中占据首要地位。在隧道工程开展前，精准选型是保障施工顺利推进的基础。需全面综合考量工程的各项参数，隧道直径、长度、埋深等基础信息为选型提供宏观框架，而详细的地质勘察资料则是选型的关键依据。岩土强度决定了掘进时设备所需承受的阻力大小；完整性影响掘进的稳定性；涌水量关乎排水系统的配置需求；瓦斯含量更是关乎施工安全的重要因素。基于这些资料，从敞开式TBM、单护盾TBM、双护盾TBM以及土压平衡盾构、泥水盾构等多种类型中挑选最适配的掘进机。同时，确定刀盘型式、推力、扭矩等关键参数。若选型出现偏差，在施工过程中，可能面临掘进速度缓慢、设备部件过度磨损甚至损坏等状况，严重时会导致整个工程停滞，造成难以估量的损失。

### 2.2 系统能力协同与集成设计

在大机械配套设备优化配置里，系统能力协同与集成设计是保障隧道施工高效有序开展的关键环节。各子系统与掘进主机构成一个紧密相连的整体，其工作能力需与掘进主机的最大能力精准适配，并预留合理余量。

(1) 出渣系统作为掘进作业中渣土运输的关键部分,其运输能力必须严格大于掘进机的最大出渣率。若运输能力不足,渣土无法及时运出,会严重影响掘进进度,甚至引发设备故障。管片供应与拼装系统同样重要,其效率要能满足最快掘进速度下的需求。若供应或拼装不及时,会导致掘进作业中断,影响工程连续性。(2) 在设备配置前期,要开展全面系统的产能核算与集成设计工作。精确计算各子系统的产能,依据核算结果进行合理配置与优化,保证各子系统之间能力协调一致,从而确保整个生产线稳定、高效运行,提升隧道施工的整体效率与质量<sup>[2]</sup>。

### 2.3 设备规格统一与模块化配置

在大机械配套设备的优化配置工作中,设备规格统一与模块化配置是提升施工效益与管理水平的重要策略。(1) 在确保设备能够充分满足隧道工程各项功能要求的基础上,应将选择技术成熟、可靠性高且配件供应渠道畅通、储备充足的设备型号作为优先考量。这类设备经过长期实践检验,性能稳定,能降低施工过程中的设备故障率,减少因设备维修而导致的工期延误。(2) 尤其对于后方配套设备,要高度重视其通用性与模块化程度。通用性强的设备可在不同工点或项目间灵活调配使用,避免因项目差异而造成设备闲置。模块化配置则便于设备的组装、拆卸与维护,当某一模块出现故障时,可快速更换,缩短维修时间。此外,统一规格与模块化还能减少备件库存种类,降低库存管理成本,提高资产利用率,使企业在设备投入上实现效益最大化,增强企业在隧道工程领域的综合竞争力。

## 3 大机械配套设备的运行期精细化管理

### 3.1 全生命周期维护体系

在隧道工程大机械配套设备运行期,构建全生命周期维护体系至关重要,其核心在于预防性维修与状态监测。(1) 预防性维修方面,需依据设备特性与使用频率,制定详尽且具针对性的保养计划。日检聚焦于设备关键部件的外观、运行参数等基础检查,快速排查潜在隐患;周检进一步深入,对设备的各个子系统进行功能测试与初步评估;月检则开展全面且细致的检测,涵盖设备的机械结构、电气系统等,确保设备整体性能稳定。(2) 状态监测环节,借助油液分析技术,通过检测设备润滑油中的金属颗粒、污染物等成分,判断设备磨损情况;利用振动监测装置,捕捉设备运行时的振动信号,分析其频率、幅值等特征,识别异常振动源;采用温度监测手段,实时掌握设备关键部位的温度变化,预防因过热引发的故障。通过这些方式,实时掌握设备

健康状态,将维修模式从“被动维修”转变为“主动维护”,有效降低非计划性停机频率。

### 3.2 基于数据驱动的性能监控

在隧道工程大机械配套设备运行期精细化管理中,基于数据驱动的性能监控是提升设备运行效率与可靠性的关键手段。(1) 掘进机自带的数据采集与监控系统(SCADA)具备强大的数据收集能力,可实时、精准地捕捉掘进参数,如推力、扭矩、转速以及掘进速度等,同时还能获取设备状态参数,像关键部件的温度、振动频率等。这些数据全面且真实地反映了设备在运行过程中的实际状况。(2) 通过对海量运行数据进行深度剖析,能够挖掘出数据背后隐藏的规律。一方面,依据数据分析结果优化掘进参数,使设备在不同地质条件下都能以最佳状态运行,提高掘进效率;另一方面,准确识别设备性能劣化趋势,提前预判设备可能出现的故障。这为维护决策提供了科学、可靠的依据,便于制定合理的维护计划,也为施工管理提供了有力的数据支撑,保障隧道工程顺利推进。

### 3.3 专业化团队建设与标准化作业

在隧道工程大机械配套设备运行期,专业化团队建设与标准化作业是保障设备高效、稳定运行的重要基石。(1) 操作和维护这些高精尖设备,对人员的专业素养要求极高。为此,必须构建一套系统且完善的培训机制,依据设备特性与操作维护要点,设计针对性强的培训课程,涵盖理论知识讲解与实际操作演练。同时,实施严格的考核上岗制度,只有通过全面考核的人员才能获得操作或维护设备的资格,确保团队成员具备扎实的专业能力。(2) 要编制详尽的标准化作业流程(SOP),内容涵盖操作规程,明确设备启动、运行、停止等各环节的具体步骤;保养规程,规定日常保养、定期保养的项目与周期;故障应急处理预案,针对常见故障制定快速有效的应对措施。通过标准化作业,实现作业过程的规范化,最大程度减少人为失误,提升设备运行的可靠性与安全性<sup>[3]</sup>。

## 4 大机械配套设备的综合管理策略

### 4.1 成本管控与效益分析

在大机械配套设备的综合管理中,成本管控与效益分析是提升项目经济效益、优化资源配置的关键环节。(1) 实施全过程的成本管控,需具备全面且长远的视野。不能仅仅聚焦于设备的初始采购成本或者租赁成本,这仅仅是成本构成的冰山一角。在设备漫长的运行期间,能耗成本不容小觑,不同型号、不同工况下设备的能耗差异显著,合理选择与使用设备能有效降低能源

消耗；维护成本也需重点关注，定期的保养与及时的维修能延长设备使用寿命，避免因设备故障导致的更大损失；配件消耗成本同样会影响整体成本，选择质量可靠、价格合理的配件至关重要；此外，人员成本也是成本管控的一部分，合理安排操作与维护人员，提高人员工作效率，能降低人力成本。（2）建立单机成本核算制度，对每台设备的各项成本进行细致核算与分析。通过这种方式，准确评估设备的综合使用效益，明确设备在不同项目、不同阶段的成本构成与收益情况，为管理决策提供详实依据，也为后续项目的成本预算提供可靠的数据支持，实现成本的有效控制与效益的最大化。

#### 4.2 供应链与备件管理

在大机械配套设备的综合管理体系中，供应链与备件管理是保障设备稳定运行、减少停机损失的重要支撑。（1）针对关键部件和易损件，构建一套高效且可靠的供应链保障体系至关重要。这需要与优质供应商建立长期稳定的合作关系，确保在设备出现故障时，能够及时获取所需的零部件。同时，对供应商的供货能力、产品质量、交货期等进行严格评估与监控，从源头上保障备件供应的及时性与可靠性。（2）为进一步优化备件管理，需深入分析设备故障规律，以此为依据确定合理的备件库存策略。采用ABC分类法，将备件按照重要程度和使用频率划分为A、B、C三类。对于关键、长周期的A类备件，因其对设备运行影响重大且采购周期长，必须进行必要的储备，以缩短故障等待时间，避免因备件短缺导致设备长时间停机；对于B、C类备件，则根据实际情况合理控制库存水平，在保证设备正常运行的前提下，降低库存成本，提高资金使用效率。

#### 4.3 安全与风险管理

大机械在隧道等复杂环境中运行，面临着诸多不确定因素，安全风险较高，因此建立全面的风险管理机制是保障设备安全运行、人员生命安全以及工程顺利推进的关键。（1）对于设备本身，要开展细致入微的安全检查工作。定期对设备的结构安全进行检查，查看是否

存在裂纹、变形等结构损伤，确保设备主体结构的稳固性；对电气安全进行严格检测，检查线路是否老化、绝缘是否良好，防止电气故障引发火灾或触电事故；对液压安全也不容忽视，检查液压系统是否有泄漏、压力是否正常，避免因液压系统故障导致设备失控。（2）在掘进过程中，要超前识别与评估可能遇到的重大风险。如突泥涌水可能淹没设备、危及人员安全；卡机会导致设备无法正常掘进，影响工程进度；刀盘结泥饼会降低掘进效率，增加设备磨损。针对这些风险，制定切实有效的预防和应对措施，例如安装监测设备实时监测地质变化，提前做好防范；储备应急物资，以便在风险发生时能迅速响应，降低损失<sup>[4]</sup>。

#### 结束语

隧道工程大机械配套设备管理是一项系统性、综合性的工作，涵盖从设备选型配置到运行期精细化管理，再到综合管理的全过程。通过设备与地质适配、系统协同集成、规格统一模块化等优化配置策略，为施工筑牢基础；以全生命周期维护、数据驱动监控、专业化标准化作业等精细化管理手段，保障设备高效运行；借助成本管控、供应链备件管理、安全风险管理等综合管理策略，提升项目效益与安全性。只有全面、精准落实各项管理举措，才能充分发挥大机械配套设备的优势，确保隧道工程安全、优质、高效推进，实现经济效益与社会效益的双赢。

#### 参考文献

- [1]刘志成. 公路工程施工中机械配置管理优化策略分析[J]. 江西建材, 2023, (05): 448-450.
- [2]王飞超. 公路工程施工中机械配置管理优化策略[J]. 中国高新科技, 2022, (20): 79-81. DOI:10.13535/j.cnki.10-1507/n.2022.20.28.
- [3]谢静富. 公路工程施工环节的机械配置管理策略研究[J]. 中国设备工程, 2021, (23): 72-73.
- [4]庞阳. 隧道工程机电设备智能监控及管理措施研讨[J]. 智能建筑与智慧城市, 2023, (06): 187-189.