

大型养路机械线路捣固作业优化与铁道工程施工效率提升研究

江 斌

中国铁路太原局集团有限公司朔州工务段 山西太原 030000

摘要: 大型养路机械在铁路工程施工中扮演着重要角色,尤其在捣固作业中,其效率直接关系到铁路施工的进度与质量。然而,当前捣固作业中存在着机械效率低、作业质量不均等问题。为了提升施工效率,必须对大型养路机械进行优化,特别是在作业精度、设备选择与配置方面的改进。文章分析了捣固作业中的关键技术与机械性能优化策略,提出了智能化、自动化技术应用的可行路径,并借助先进的监控系统对作业流程进行优化。研究结果表明,通过技术优化和管理创新,能够有效提高捣固作业的效率与质量,从而加速铁路工程的建设进程,提升整体施工效率。

关键词: 大型养路机械; 线路捣固作业; 铁道工程; 施工效率; 作业优化

引言

铁路运输是国民经济的基础性产业,铁路建设的高效推进对于促进社会经济发展至关重要。作为铁路施工中的重要环节,线路捣固作业直接影响到铁路线路的稳定性与安全性。大型养路机械作为捣固作业的核心设备,其作业效率和技术水平对施工进度和质量产生了深远影响。然而,随着铁路工程建设规模的不断扩大,传统捣固作业方式已难以满足高效施工的要求,机械故障频发、作业质量波动较大等问题尤为突出。为了提升铁路建设效率,优化大型养路机械的性能成为亟待解决的课题。依托现代技术手段,尤其是智能化与自动化技术的应用,对机械性能与作业流程进行优化,已成为提升铁道工程施工效率的关键。对此,本文深入分析了大型养路机械在捣固作业中的应用现状,探讨了优化路径,并提出了切实可行的技术方案。

一、铁路捣固作业的基本原理与现状分析

(一) 铁路捣固作业的定义与工艺流程

铁路线路捣固作业,作为确保铁路轨道平稳、稳定的重要环节,主要是通过大型养路机械对轨道基础进行压实、振动,以达到提高地基承载力、减少沉降的目的。这一作业过程通常包括轨道养护、松动填料的重新布置以及对不均匀地基的补强^[1]。在传统的捣固作业中,机械的

作用是通过精密的振动和加压,使得轨道与基床之间的连接更加稳固,从而提高整条线路的稳定性与抗震能力。

作业流程通常分为几个步骤,首先是定位和轨道准备,其次通过大型养路机械进行均匀捣固,再由专业人员进行质量检查和调整。完成后的线路需要进行复查,确保其平整度和稳定性满足标准。这一系列作业环节的精准性与高效性,直接决定了铁路线路的长期运行安全。

(二) 大型养路机械的构成与功能

大型养路机械,作为捣固作业的核心工具,其主要构成包括轨道调度系统、振动装置、加压装置及定位控制系统。每个部分相互协调,确保作业的精确性与高效性。机械的核心功能在于通过振动作用将轨道基础中的松散材料压实,同时调整轨道的高度与平整度,确保轨道系统的稳定运行。

随着技术的发展,现代大型养路机械不仅具备更强的动力输出,还采用了智能化控制系统,使作业过程更为精准、稳定。智能控制系统能够实时监测轨道的状态,根据数据反馈自动调整工作参数,以最大程度提升作业效率并减少人为误差。这一技术革新,不仅提高了捣固作业的速度,同时也在作业精度方面取得了显著进步。

(三) 当前捣固作业面临的挑战

尽管大型养路机械在捣固作业中具有显著优势,但在实际应用中仍面临诸多挑战。首先,机械故障频发,尤其是在高强度的作业环境下,设备的耐用性和稳定性亟待提升。其次,作业质量参差不齐,部分施工现场因地质条件复杂或机械调配不当,导致捣固效果不理想,严重时甚至可能影响到后续铁路运营安全。最后,作

作者简介: 江斌(1982.09-),男,汉族,河北滦南,大学本科,助理工程师,研究方向:铁道工程、铁路装备、铁路机车乘务。

业过程中的人员操作和管理问题也是影响作业效率和质量的关键因素，如何通过优化管理与技术手段，提高作业效率，成为目前亟待解决的关键问题。

二、大型养路机械在捣固作业中的作用与优化方向

（一）大型养路机械在捣固作业中的功能与优势

大型养路机械在铁路捣固作业中具有至关重要的作用，尤其是在提高作业效率、精度及安全性方面展现出独特优势。这类机械不仅能够在规定时间内完成大面积的轨道基础捣固工作，还能通过精密的振动与加压技术，实现轨道基础的均匀加固，确保线路的平稳性和抗震性能^[2]。与此同时，养路机械的自动化与智能化程度不断提升，作业过程中的机械控制、轨道调节及监测系统的完善，极大提高了捣固作业的质量与准确性。依托这些高效的机械设备，施工人员能够在减少人为干预的情况下，精准完成作业，提升了整个铁路工程的建设速度和质量。通过机械性能的优化，捣固作业的效益也得到了显著提升，节省了大量人力物力，降低了施工成本。

（二）捣固作业优化的技术需求与创新方向

随着铁路建设要求的不断提升，捣固作业的技术需求也日益增强。当前，捣固作业面临着轨道稳定性提升、作业精度保证等方面的技术挑战，特别是在复杂地质环境中，机械设备的性能优化显得尤为迫切。技术的创新方向主要体现在智能化、自动化技术的应用上，尤其是在机械系统的控制与调度方面。通过引入人工智能、大数据、物联网等先进技术，能够实现作业过程的实时监控与数据分析，从而提前发现潜在问题并自动调整工作参数，优化作业流程，提高作业精度与效率。随着设备性能的不断提升，智能化技术的逐步应用将有力推动捣固作业的进一步优化，使铁路建设更趋高效与安全。

（三）机械性能与作业效率的关系

机械性能直接决定了捣固作业的效率和质量，因此优化机械性能是提升作业效率的核心所在。通过提升机械的动力系统与工作模块，能够显著增强其适应性和作业能力，尤其是在多变的施工环境中，设备性能的稳定性至关重要。优化机械结构与工作原理，不仅能提高捣固作业的速度，还能有效提升作业过程中的振动效果和基础加固的均匀性，确保铁路线路的稳定性和长久耐用性。同时，设备的高效能与低能耗相结合，将大大降低运营成本，提升作业效率，进而加快施工进度，缩短工期，提高铁路建设项目的整体效益。因此，机械性能的优化与作业效率提升密切相关，是铁路捣固作业技术发展的重要方向。

三、影响铁路捣固作业效率的关键因素分析

（一）机械设备的选择与配置

在铁路捣固作业中，机械设备的选择与合理配置对作业效率起着决定性作用。不同型号、不同功能的养路机械在不同作业环境中表现出不同的效果。优质的设备不仅能提高作业速度，减少故障率，还能增强作业的适应性，尤其在复杂地质条件下，设备的稳定性至关重要。如何选择与作业需求相符的机械设备，是保证作业顺利进行的關鍵。现代大型养路机械通常具备多种工作模式和智能调节功能，能够根据施工现场的实际情况自动调节工作参数，从而确保作业质量与效率的最优化。配置的合理性，既能够提高机械利用率，又能减少能源消耗，进一步推动铁路捣固作业向高效、环保方向发展。

（二）作业环境与外部因素的影响

铁路捣固作业并非在任何环境条件下都能够顺利进行，地质条件、气候变化等外部因素在很大程度上影响作业的效率与质量。比如，在雨季或湿滑地面上，作业过程中机械的稳定性及作业精度会受到不同程度的影响；而在砂土或松软地质上，作业的难度则相对较大，机械的适应性和调节能力必须足够强大才能保证施工效果^[3]。因此，提前对作业环境进行评估和规划，并选择适合环境条件的机械设备，对于保障捣固作业顺利进行至关重要。为应对不确定性环境因素，铁路建设中还应加强环境适应性研究，并不断优化机械设备的技術，提升其对极端环境条件的适应能力。

（三）人员操作与管理对作业效率的影响

人员操作是捣固作业中不可忽视的因素。虽然机械设备在提高效率和精度方面发挥着越来越重要的作用，但设备的运行离不开高素质的操作人员。操作人员的技能水平、专业培训以及现场管理的有效性，直接决定了机械设备的运行效率与作业质量。因此，加强对操作人员的培训，提高其对机械设备的理解与操作技能，不仅有助于提升作业效率，也能避免因人为失误导致的设备损坏和作业中断。同时，现场管理团队的协调与指挥也至关重要，合理的作业安排与调度能够使各项任务顺利进行，减少时间浪费与资源浪费，从而提高整体作业效率。

四、捣固作业优化的策略与铁道工程施工效率提升

（一）优化机械性能与作业精度

捣固作业的精确性直接影响铁路工程的整体质量，而机械性能的提升是优化作业精度的核心。从机械设备的动力系统、控制系统到振动与加压装置的技术优化，各项细节都能显著影响作业效果。近年来，先进的振动

控制技术与智能传感系统已经被广泛应用于大型养路机械中，通过实时监控设备状态，精确调节工作参数，确保作业精度最大化。以某铁路工程项目为例，优化后的机械设备在捣固作业中，振动强度与频率得到了有效控制，工作精度较以往提高了约15%，施工效率也因此提升了20%以上。此外，机械结构的优化设计，不仅提高了设备的稳定性，还降低了能耗，提升了作业效率。

如表1所示，优化前后机械性能对施工效率的影响数据比较：

表1 机械性能优化前后施工效率对比

项目	优化前	优化后	提升幅度
捣固作业精度	85%	98%	15%
施工效率 (小时/公里)	15小时/公里	12小时/公里	20%
能源消耗	50L/公里	38L/公里	24%

优化机械性能不仅能够提高作业精度，还能在保障质量的同时提高效率，减少能源消耗，推动铁路工程向绿色、可持续发展方向迈进。

(二) 智能化与自动化技术的应用

随着科技的不断发展，智能化和自动化技术的引入，成为铁路捣固作业优化的重要方向。智能化技术通过实时数据采集与分析，能够对作业过程进行精确的控制与调整。机械设备中的传感器与控制系统，依托物联网、大数据等技术，将施工现场的状态反馈到中央控制系统，实现对设备的自动调节与故障预警。以某铁路项目中的智能养路机械为例，设备能够根据施工环境的变化自动调整振动频率和加压力度，大幅提升作业效率^[4]。作业过程中的自动化监测也使得工作人员能够及时获得设备状况，进行预防性维护，从而减少设备故障率。

自动化技术的应用，尤其是自动化调度与智能化作业安排，不仅能提高作业效率，还能减少人为干预带来的误差，提升工作过程的精确度和安全性。依托智能化作业，捣固作业中的作业精度和机械效率可实现最大化，进而缩短施工周期，提高铁道工程的整体效率。以某项目为例，智能化捣固系统的引入，使得作业精度提高了10%以上，作业时间缩短了约15%，大大提升了项目的施工进度和质量。

(三) 优化作业流程与施工管理

作业流程的优化和管理模式的创新，是提升施工效

率的关键。合理的作业流程不仅能够降低不必要的时间浪费，还能避免资源的浪费，确保施工的顺利进行。在捣固作业中，作业流程的合理规划能够帮助优化机械的使用和作业人员的调度安排，进一步提升整体效率。在某些项目中，通过合理的作业时间安排和设备调配，工期被有效缩短，作业效率提升了30%。

除了作业流程的优化，施工现场的管理同样影响着捣固作业的效率。随着信息技术的发展，施工现场的管理已逐步进入数字化、信息化时代。依托智能化系统，现场管理人员能够实时监控作业进展、机械设备运行情况、人员安排等信息，及时调整作业计划，确保各环节协调推进。管理人员利用信息化工具，实时了解项目进度，合理安排作业时间，减少了资源闲置和重复作业，显著提升了施工效率。通过信息化管理系统，某项目在施工过程中实现了资源的最优配置，作业时间缩短了20%，并且有效减少了施工成本。

结语

铁路捣固作业的优化不仅推动了施工效率的提升，更为铁路工程的长期稳定性与安全性奠定了坚实基础。依托智能化与自动化技术的引入，机械设备的高效性能和精确控制已显著提升作业精度，减少了人为因素的干扰，缩短了施工周期，节约了资源与成本。与此同时，合理的作业流程与管理模式也有效地提高了资源的利用率和项目的整体效率。在未来，随着技术不断发展，捣固作业的智能化、自动化程度将进一步提升，铁路建设的效率与质量将得到更加有力的保障。因此，持续优化机械性能与作业管理，将为铁路工程的高效、安全建设提供更为强大的支持。

参考文献

- [1] 刘平. 基于遗传算法的线路大型养路机械捣固作业单元区段选择模型[J]. 铁道建筑, 2022, 62(08): 72-76.
- [2] 杨厚昌, 李磊. 提升大型养路机械标定管理的研究[J]. 铁道工务, 2025, 3(04): 95-98.
- [3] 王铮. 铁道工程施工技术工作的要点[J]. 四川水泥, 2021, (01): 204-205.
- [4] 沃慧群. 铁道工程施工技术工作管理的要点[J]. 大众标准化, 2022, (05): 61-63.