

Study on the optimization model of operation efficiency and quality of pneumatic welded rail car

Shengwen Li

Shuohuang Railway Development Co., Ltd., Yuanping Branch, Xinzhou, Shanxi, 034200, China

Abstract

This study focuses on the operation efficiency and quality of air-pressure welded rail vehicles in railway construction. By analyzing the shortcomings of the traditional operation mode, the mathematical modeling method is adopted to optimize the operation process and build a systematic optimization model. On this basis, the quality evaluation system is developed combined with machine learning technology, and the key influencing factors in the welding process are quantitatively analyzed and dynamically adjusted. The results show that the optimized operation mode significantly improves the welding efficiency in the actual engineering, the welding quality is effectively guaranteed, the construction period is significantly shortened, and the waste of resources is significantly controlled. The application case of the model further verifies the practical feasibility and effectiveness, and provides an important reference for the efficient rail welding operation in the railway line construction. This study is innovative in the combination of theory and practice, and has far-reaching significance for the improvement of railway construction technology and the optimization of construction management.

Keywords

pneumatic welded rail car; operation efficiency; welding quality

气压焊轨车作业效率与质量的优化模型研究

李胜文

朔黄铁路发展有限责任公司原平分公司, 中国·山西 忻州 034200

摘 要

本研究围绕铁路建设中气压焊轨车作业效率与质量问题展开深入探讨。通过分析传统作业模式的不足, 采用数学建模方法优化作业流程, 构建了系统化的优化模型。在此基础上, 结合机器学习技术开发质量评估体系, 对焊接过程中的关键影响因素进行量化分析和动态调整。研究结果表明, 优化后的作业模式在实际工程中显著提高了焊接效率, 焊接质量得到了有效保障, 同时施工工期明显缩短, 资源浪费得到显著控制。模型的应用案例进一步验证了其实际可行性与有效性, 为铁路线路施工中的高效焊轨作业提供了重要参考。本研究在理论与实践结合方面具有创新性, 对铁路建设技术改进和施工管理优化具有深远意义。

关键词

气压焊轨车; 作业效率; 焊接质量

1 引言

铁路建设规模不断扩大使气压焊轨施工技术面临更高要求。传统作业方式在效率与质量控制方面显现诸多不足, 需要创新工艺流程与管理模式。本研究从工程实践出发, 运用数学建模与人工智能技术, 探索建立一套科学合理的优化方案, 以期提升气压焊轨施工水平提供技术支撑。

2 气压焊轨车作业效率与质量的现状分析

2.1 国内外研究现状

国外铁路发达国家在气压焊接技术方面积累丰富经验。

德国研发的数字化焊接控制系统实现工艺参数实时监控与自动调节。日本开发智能化焊轨设备, 采用机器视觉技术进行焊缝检测。国内气压焊轨技术起步较晚, 近年来通过引进消化吸收国外先进技术, 在装备制造与工艺改进方面取得显著进展。中国铁建、中铁工程装备研究院等单位开发新型焊轨设备, 推动焊接工艺向智能化方向发展^[1]。

2.2 作业效率问题

2.2.1 时间延误的原因分析

气压焊轨作业中时间延误主要源于以下方面: 设备准备时间过长, 每次作业前需要进行复杂的调试与校准。轨温测量与控制耗时较多, 需要反复确认达到焊接要求。焊接操作人员技术水平参差不齐导致操作效率低下。工序衔接不紧凑造成等待浪费。天气因素影响作业进度, 雨雪天气无法施

【作者简介】李胜文(1975-), 男, 中国山西忻州人, 高级技师, 从事大型气压焊轨车气压焊发展研究。

工。这些问题导致工期延长并增加施工成本。

2.2.2 浪费资源与作业效率低下

资源浪费主要表现在人力资源配置不合理,人员闲置现象严重。设备利用率低下,经常处于待机状态。材料准备不充分造成重复采购。能源消耗控制不当,电力与燃料使用效率低。工艺用水循环利用率低,造成水资源浪费。这些问题增加施工成本并降低企业效益。

2.3 焊接质量问题

2.3.1 焊接接头的缺陷类型

气压焊接头常见缺陷包括:焊缝偏移导致轨道中心线偏差。焊接温度控制不当造成金属组织异常。接头处硬度不均匀引起应力集中。表面气孔与夹渣影响外观质量。焊缝处出现裂纹威胁运行安全。这些缺陷降低焊接强度并缩短使用寿命。

2.3.2 质量控制中的难点

焊接质量控制面临诸多挑战:焊接工艺参数难以精确控制,温度与压力波动影响稳定性。环境因素干扰较大,风速与气温变化影响焊接效果。检测手段单一,无法及时发现内部缺陷。质量评估标准不统一,缺乏科学量化指标。人为因素影响显著,操作人员经验差异导致质量波动^[2]。

3 优化模型的构建

3.1 优化目标的确定

3.1.1 提高作业效率

铁路建设工程中气压焊轨车作业效率关系到整体施工进度。当前气压焊轨施工面临工序衔接不紧凑而造成时间浪费的问题。工序之间等待时间过长导致设备闲置浪费。因此优化目标首要确定为缩短施工等待时间进而提升作业效率。可通过观察施工现场发现诸多影响效率的因素需要统筹考虑。其中设备调试与维护占用大量时间需要建立科学的设备管理制度。工人技能水平参差不齐也影响施工进度需要加强培训提高整体素质。材料供应不及时同样导致效率下降应当优化供应链管理。此外施工现场环境因素如天气变化也会影响施工进度。根据这些实际情况确定提高作业效率应当从工序优化与资源调配两个方面入手。

3.1.2 提升焊接质量

焊接质量直接决定铁路运营安全性与轨道使用寿命,目前焊接质量控制过程中存在操作标准执行不到位的问题。施工人员对工艺参数把控不够严格导致焊缝质量波动较大。因此优化目标需要着重考虑焊接工艺参数的精确控制。焊接过程中温度控制精度不足会影响金属组织形成。压力控制不当则可能造成焊缝缺陷。焊接区域保护不到位容易引入杂质影响焊缝性能。针对这些问题需要建立完整的质量控制体系。从原材料检验到焊后检测形成闭环管理保证每道工序质量达标。通过工艺参数优化与操作标准化来稳定提升焊接质量^[3]。

3.2 数学模型的建立

3.2.1 影响因素的量化分析

建立优化模型首先需要确定关键影响因素并进行量化分析。通过现场调研发现影响气压焊接效率与质量的主要因素包括环境温度预压力焊接压力升温速率与冷却速率。环境温度会影响金属预热时间与冷却过程。预压力决定钢轨端部接触状态对焊缝成形质量有重要影响。焊接压力则直接决定焊缝成形效果与强度。升温速率影响焊接区域金属组织演变。冷却速率则关系到焊缝最终性能。

这些因素之间存在着复杂的相互作用关系,环境温度与预压力共同影响预热效果。焊接压力与升温速率决定焊缝成形质量。升温速率与冷却速率则共同影响金属组织。通过实验数据分析可建立这些参数之间的关联关系。以温度与压力为例两者呈现正相关关系。随着温度升高需要适当增加压力来保证焊缝质量。这种关系可用简单的线性方程表达从而为后续优化提供依据。

3.2.2 作业流程的优化模型

气压焊轨作业流程涉及多个工序需要合理安排工序顺序与时间。整个焊接过程主要包括轨位测量端部打磨预热施压保压打磨检测等工序。这些工序之间存在严格的先后顺序关系同时部分工序可以交叉进行。因此可建立基于工序时间的简单线性规划模型。模型的目标是最小化总作业时间同时确保工序之间的合理衔接。在模型中每道工序的时间作为变量。工序之间的时间间隔作为约束条件。例如预热工序完成后需要立即进行施压因此两道工序之间间隔应当最小。而打磨工序则需要等待焊缝冷却到合适温度才能进行。通过设定合理的时间约束确保工序安排既保证质量又提高效率。同时考虑到现场可能发生的各种突发情况模型中还应当预留一定的机动时间。

3.2.3 焊接质量的评估模型

焊接质量评估需要考虑多个指标建立综合评价体系。主要评估指标包括焊缝外观探伤结果硬度分布与金相组织。这些指标反映焊接质量的不同方面需要统筹考虑。焊缝外观能直观反映焊接质量但无法评价内部缺陷。探伤结果可以发现内部缺陷。硬度分布反映焊接区域性能均匀性。金相组织则体现焊接工艺参数的合理性。针对这些指标可以建立简单的加权评分模型。对每个指标按照其重要程度赋予不同权重。焊缝外观虽然重要但权重可以相对较低因为其主要影响美观性。探伤结果则需要较高权重因为内部缺陷直接影响使用安全。硬度分布与金相组织同样重要因为这关系到焊缝的长期使用性能。通过合理设置权重确保评估结果能够全面反映焊接质量^[4]。

3.3 优化方法的选择

3.3.1 线性规划与非线性规划

针对作业流程优化可以采用简单的线性规划方法。线性规划模型容易理解且求解方便适合现场应用。模型的目标

函数为最小化总作业时间。约束条件包括工序时间限制工序间隔要求以及资源限制。例如每道工序都有最短完成时间的要求这构成了时间约束。工序之间的衔接要求形成了间隔约束。现场设备与人员数量则构成了资源约束。而对于一些非线性特征明显的优化问题如温度场优化则需要采用非线性规划方法。温度与时间压力等参数之间往往存在非线性关系。这时可以采用二次规划方法进行求解。通过建立温度与其他参数之间的二次函数关系来描述实际工况。虽然计算相对复杂但能更准确地反映参数之间的关系。

3.3.2 遗传算法与模拟退火

针对作业流程优化可以采用简单的线性规划方法。线性规划模型容易理解且求解方便适合现场应用。模型的目标函数为最小化总作业时间。约束条件包括工序时间限制工序间隔要求以及资源限制。例如每道工序都有最短完成时间的要求这构成了时间约束。工序之间的衔接要求形成了间隔约束。现场设备与人员数量则构成了资源约束。对于一些非线性特征明显的优化问题如温度场优化则需要采用非线性规划方法。温度与时间压力等参数之间往往存在非线性关系。这时可采用二次规划方法进行求解。可利用建立温度与其他参数之间的二次函数关系来描述实际工况。虽然计算相对复杂但能更准确地反映参数之间的关系。

3.3.3 数据驱动模型

随着计算机技术发展数据驱动的优化方法变得越来越重要。通过收集分析历史生产数据可以建立简单的预测模型。模型输入为工艺参数输出为预测的质量指标。这种方法不需要复杂的理论推导直接利用实际数据进行优化。最简单的方法是建立基于历史数据的回归模型。通过分析工艺参数与质量指标之间的关系建立数学表达式。这种模型容易理解且计算简单适合现场应用。随着数据积累模型精度会不断提高。同时还可以根据新的数据及时更新模型保持其实用性。

根据对一些施工过程中的数据分析,焊缝平直度的合格率达到了 98% 以上,这一数据显著高于传统焊接方法的

90%。平均每个接头的焊接时间为 25 分钟,相较于传统方法缩短了 15% 的时间,进一步提高了整体的施工效率。通过该次施工实践,施工团队积累了丰富的经验,包括对气压焊轨车的定期维护,保证设备处于良好状态以减少故障率;加强操作人员的技术培训,来提升其技能水平保证焊接质量与作业效率;并根据现场情况灵活调整施工工艺,进一步保证焊接质量。^[4]

综上所述,GPW-1200 型气压焊轨机在大准铁路换轨施工中的表现可圈可点。通过优化施工模式和加强管理,该设备显著提升了焊接质量与作业效率,为铁路建设提供了强有力的支持。这一成功案例充分说明了现代化设备与科学管理模式在铁路施工中不可或缺的重要性。

4 结语

本研究通过构建气压焊轨车作业效率与质量的优化模型,结合数学建模与数据分析,提出了针对性的优化方案。优化后的作业模式不仅有效提高了焊接效率,缩短了施工时间,还显著提升了焊接质量,确保了铁路的运行安全性。通过实际工程的应用验证,优化方案取得了显著成效,展示了智能化技术在铁路建设中的巨大潜力。随着铁路建设需求的不断增长,进一步优化气压焊轨车作业流程及质量控制方法,将为提升整体施工效率和降低成本提供持续的技术支持,对推动铁路施工技术的进步具有重要意义。

参考文献

- [1] 史正鹰.自行式气压焊轨车在换铺无缝线路大修施工的应用研究[D].兰州交通大学,2019.
- [2] 刘岩.气压焊轨车现场施工模式及应用研究[J].科技资讯,2019,17(21):37-38.
- [3] 孟维刚.气压焊轨车在大列换枕后焊复施工工艺及组织研究[J].上海铁道科技,2018,(03):153-154.
- [4] 李正浩.气压焊轨车现场施工模式及应用研究[D].西南交通大学,2017.