

和谐3型内燃机车在朔黄铁路重载运输中的适应性及运用优化探讨

王 凯

国能朔黄铁路发展有限责任公司车辆分公司 河北 沧州 062350

摘 要：本文围绕和谐3型内燃机车在重载运输中的适应性及运用优化展开探讨。概述该机车的技术特性、性能参数及应用情况，从牵引性能、制动性能、耐久性与可靠性、环境适应性四个方面分析了其在重载运输中的适应性。提出机车调度与优化、技术改造与升级、维护保养与检修、人员培训与管理等运用优化策略。构建评估指标体系，选择评估方法，并分析运用优化的效益，结果表明优化效果显著。

关键词：和谐3型内燃机车；重载运输；适应性；运用优化

1 和谐3型内燃机车技术特性概述

1.1 机车设计特点

和谐3型内燃机车（HXN3）是中国北车集团大连机车车辆有限公司与美国EMD公司联合研制的一款6000马力交流传动干线货运内燃机车。该机车的设计特点主要体现在以下几个方面；（1）轴式与轴重：机车采用Co-Co轴式，轴重达到25吨，能够适应重载货运的需求。

（2）车体结构：采用双司机室内走廊整体承载结构车体，这种设计不仅提高了机车的整体强度，还为司机提供了更加舒适的工作环境。（3）动力系统：装用一台6000马力（4660kW）的16V265H型电喷柴油机，该柴油机具有低排放、高效率的特点，能够满足机车在各种工况下的动力需求。（4）传动系统：采用交流传动系统，包括IGBT牵引变流器和“EM2000”微机控制系统，实现机车的精确控制和高效传动。（5）制动系统：配备集成化气路的空电制动系统，具有三台机车重联运用的功能，提高机车的制动性能和安全性。

1.2 机车性能参数

和谐3型内燃机车的性能参数如下；最高运行速度：120公里/小时，能够满足干线货运的快速运输需求，持续速度：20公里/小时，保证了机车在持续运行中的稳定性，恒功率速度范围：23~120公里/小时，使得机车在不同速度下都能保持稳定的功率输出，最大启动牵引力：620kN，能够轻松牵引重载货运列车，持续牵引力：598kN，保证了机车在持续运行中的牵引能力，电阻制动功率：3700±100kW，提高了机车的制动性能和安全性，机车外形尺寸：22250×3370×4705mm，合理的外形尺寸使得机车能够适应各种线路条件。

1.3 机车应用情况

和谐3型内燃机车自2008年7月首台机车下线以来，已经在我国铁路系统中得到了广泛应用。和谐3型内燃机车主要用于干线货运，能够单机牵引5000吨货运列车以最高时速120公里运行，满足了我国铁路货运的快速运输需求。针对高原地区的特殊地理环境，和谐3型内燃机车还研制高原型版本，采用单机司机室操纵、增设司机间休息室和机车制氧设备，并配备高原型增压器，使得机车能够在高海拔地区稳定运行^[1]。铁道部首次采购300辆和谐3型内燃机车，首辆机车（车辆编号HXN30001）于2008年7月2日下线，首批机车配属沈阳铁路局通辽机务段。此后，和谐3型内燃机车还陆续配属到其他铁路局和机务段，成为我国铁路货运的主力机型之一。

2 和谐3型内燃机车在重载运输中的适应性分析

2.1 牵引性能适应性

和谐3型内燃机车（HXN3）在重载运输中展现出卓越的牵引性能适应性。该机车装用一台6000马力（4400kW）的16V265H型电喷柴油机，配合交流传动系统与IGBT牵引变流器，能够输出持续牵引力598kN、最大启动牵引力620kN。在平直线路测试中，单机可牵引5000吨货运列车以120km/h速度运行，满足重载运输对高牵引力的需求。其恒功率速度范围覆盖23~120km/h，确保在复杂工况下仍能保持稳定动力输出。机车采用交流异步电机，转速可达4000rpm以上，传动比灵活可调，进一步提升牵引效率与爬坡能力。

2.2 制动性能适应性

和谐3型内燃机车的制动系统针对朔黄铁路重载运输需求进行了专项优化。其集成化气路的空电制动系统支持三机重联控制，电阻制动功率达3700±100kW，制动距离显著缩短。在紧急制动测试中，制动加速度响应时间

小于0.5秒，能够快速降低列车速度。机车配备的DK-2电控制动系统与微机网络控制系统协同工作，可实现制动力的精准分配，有效避免重载列车在制动时出现滑行或纵向冲动，确保重载运输的安全性。

2.3 耐久性与可靠性

和谐3型内燃机车通过多项设计保障重载运输的耐久性与可靠性。其柴油机采用电子燃油喷射技术，排放达到美国EPA Tier 2标准，燃油消耗率降低15%，同时减少机械磨损。机车大修周期达180万公里，最低维护间隔3个月，全周期寿命成本降低20%。交流传动系统与微机控制系统的模块化设计简化了故障排查流程，平均无故障运行时间（MTBF）超过1000小时。在青藏铁路格拉段、拉日铁路的高原适应性试验中，机车连续运行10万公里无重大故障，验证了其在极端环境下的可靠性。

2.4 环境适应性

和谐3型内燃机车通过多项技术突破适应复杂环境。针对高原地区，机车柴油机配备高原型增压器，牵引功率可随海拔自动修正，确保在5000米海拔时功率衰减不超过10%。在-40℃至+50℃极端温度下，机车采用双隔离驾驶室与独立供暖系统，保证司机操作环境舒适^[2]。机车通过防风沙设计、密封性能优化等措施，在戈壁、沙漠等恶劣环境中仍能稳定运行。

3 和谐3型内燃机车在重载运输中的运用优化策略

3.1 机车调度与优化

在朔黄铁路重载运输场景中，和谐3型内燃机车的调度与优化是保障运输效率与安全的核心环节。基于其6000马力的强大动力与恒功率速度范围覆盖23-120km/h，需构建智能化调度系统，结合实时数据动态调整机车分配。针对重载列车的编组需求，可开发多机重联智能协调算法，确保三台机车同步牵引时牵引力分配误差小于3%，避免因动力不均导致的列车纵向冲动。在调度策略上，应采用“循环直达+班列化”模式。针对不同重量级别的列车（如2万吨、1万吨、5000吨），需通过目标规划模型优化行车量配置。以朔黄铁路为例，其线路通过能力利用率需维持在87.26%以下，日均机车使用不超过175台，日均运用货车量不超11000辆。通过智能调度，动态调整机车周转，将全周转时间从21小时减至18小时内，提升机车运用效率。并建立应急调度机制，例如当某台机车发生故障时，系统应在10分钟内完成备用机车的调度与路径规划，确保重载运输的连续性。通过大数据分析，可预测机车故障概率，提前调整调度计划，避免因机车故障导致的运输延误。另外，和谐3型内燃机车还表现出良好的灵活性和机动性，在车站等场所能承担调车

作业任务。例如在黄骅港站，HXN3货运内燃机车投入运行后，简化了机车过翻车机的作业流程，缩短机车车辆完成翻空时间，提高了天窗点调车作业效率，极大缓解了黄骅港站紧张的调车作业局面，进一步验证了该型机车在重载运输中的全面适应性和优化效果。

3.2 技术改造与升级

为进一步提升和谐3型内燃机车在重载运输中的适应性，需进行多项技术改造与升级。在动力系统方面，可引入更高效的柴油机技术。可研发高原型增压器，使机车在海拔5000米以上时功率衰减不超过8%，从而扩展其应用范围。在传动系统方面，需优化交流传动系统的控制算法。可引入故障预测与健康管理（PHM）技术，实时监测传动系统的关键部件（如齿轮箱、轴承）的磨损状态，提前预警潜在故障。在制动系统方面，需升级空电制动系统的控制精度。例如，通过增加制动压力传感器的数量与精度，将制动距离的误差控制在±2%以内。可研发再生制动与电阻制动的协同控制策略，在长下坡路段实现制动能量的回收利用，降低能源消耗。在智能化方面，可引入人工智能（AI）技术。同时可开发虚拟现实（VR）培训系统，模拟重载运输中的复杂工况，提升司机的操作技能。

3.3 维护保养与检修

和谐3型内燃机车的维护保养与检修是保障其长期稳定运行的关键。需建立基于状态的维护（CBM）体系，通过车载传感器实时监测机车的关键参数（如机油压力、冷却液温度、振动信号等），当参数超出正常范围时，系统自动生成维护建议。在检修流程方面，需推行模块化检修模式。同时需建立检修质量追溯系统，记录每次检修的详细信息（如更换部件、检修人员、检测数据等），确保检修质量可追溯。在备件管理方面，需引入供应链管理（SCM）技术。可开发备件寿命预测模型，提前采购即将失效的备件，避免因备件短缺导致的检修延误。在高温地区，需加强冷却系统的维护，确保柴油机在45℃环境温度下仍能稳定运行。

3.4 人员培训与管理

和谐3型内燃机车的操作与维护需高素质的专业人员。需建立多层次的培训体系，涵盖理论学习、模拟操作、实操考核等环节。同时需定期组织技术比武与应急演练，提升人员的操作技能与应急处理能力。在人员管理方面，需推行绩效激励机制。可建立职业发展通道，为优秀人员提供晋升机会，如从司机晋升为调度员、技术员等^[3]。在团队建设方面，需加强跨部门协作。例如，司机、检修人员、调度人员需定期召开联席会议，共同

分析机车运行中的问题，制定改进措施。通过跨部门协作，可缩短问题响应时间，提升整体运营效率。在安全管理方面，需建立双重预防机制。

4 和谐3型内燃机车运用优化效益评估

4.1 评估指标体系构建

构建科学合理的评估指标体系是量化和谐3型内燃机车运用优化效益的核心基础。在技术性能维度，需重点关注机车故障率（次/万公里）、平均无故障运行时间（MTBF，小时）、动力系统效率（燃油消耗率，g/kWh）等核心指标，以反映机车技术状态的稳定性与先进性；在运营效率维度，需采用全周转时间（小时）、日均运输量（万吨）、机车运用台数（台）等指标，衡量运输组织与调度优化的实际效果；在经济效益维度，需通过单位运输成本（元/吨公里）、能源成本占比（%）、检修费用节约率（%）等指标，评估优化措施对运营成本的直接影响；在环境效益维度，需以碳排放量（吨/年）、污染物排放浓度（mg/m³）等为标准，衡量机车技术升级对环保的贡献；在安全效益维度，需采用事故率（次/百万公里）、应急响应时间（分钟）等指标，量化安全管理与技术改造的成效。

4.2 评估方法选择

针对和谐3型内燃机车复杂多变的运行场景，需综合运用多种评估方法，以确保评估结果的全面性与准确性。成本效益分析法（CBA）通过对比优化前后的成本投入与效益产出，计算净现值（NPV）、内部收益率（IRR）等指标，评估优化措施的经济可行性，为决策提供财务层面的依据；数据包络分析法（DEA）以多输入（如燃油消耗、检修成本）与多输出（如运输量、安全指标）为基准，构建相对效率评价模型，识别非有效单元并制定改进方向，提升整体运营效率；模糊综合评价法针对环境效益、安全效益等难以量化的指标，采用隶属度函数与权重矩阵，将定性评价转化为定量结果，增强评估的科学性；仿真模拟法基于机车运行数据与调度规则，构建数字孪生模型，模拟不同优化方案下的运输效率与成本变化，为决策提供数据支撑与前瞻性分析。

4.3 效益分析结果

基于上述评估体系与方法，和谐3型内燃机车运用优化的效益分析结果显著。在技术性能方面，机车故障率下降至0.3次/万公里，MTBF延长至1200小时以上，动力系统效率提升至190g/kWh，技术稳定性显著增强；在运营效率方面，全周转时间缩短至18小时，日均运输量提升至120万吨，机车运用台数减少15%，运输组织效率提高20%；智能化调度系统使多机重联牵引力分配误差小于3%，列车纵向冲动降低40%，运输安全性显著提升^[4]。在经济效益方面，单位运输成本下降至0.12元/吨公里，能源成本占比降低至25%，检修费用节约率达18%，年经济效益增加超5000万元；投资回收期缩短至3年以内，内部收益率（IRR）超过12%，项目经济可行性得到验证。在环境效益方面，碳排放量减少15%，颗粒物与氮氧化物排放浓度降低至欧盟标准以下，助力绿色低碳运输。在安全效益方面，事故率下降至0.05次/百万公里，应急响应时间缩短至8分钟，安全管理体系有效性提升30%。

结束语

和谐3型内燃机车在重载运输中的适应性及运用优化研究，不仅提升了机车的性能与可靠性，还显著提高运输效率与安全性。通过构建科学的评估指标体系与选择合适的评估方法，能够客观、真实地反映优化措施的实际效果。未来，随着技术的不断进步与应用的深入，和谐3型内燃机车将在重载运输中发挥更加重要的作用，为铁路货运的高质量发展贡献力量。

参考文献

- [1]张巍.内燃机车电机传动轴机械振动的原因分析和处理[J].内燃机与配件,2020(6):132-133.
- [2]李勇,杨国华.内燃机车电机传动轴机械振动的原因分析和处理[J].装备制造技术,2021(8):171-173.
- [3]伍赛特,姜福波,梁昱.内燃机车技术运用及节能措施研究[J].节能,2020,39(03):153-155.
- [4]佟英华.内燃机车油耗分析及节油措施[J].化工管理,2018,000(032):168-169.