

浅析铁路机车检修模式与检修周期

程学锋

国能朔黄铁路发展有限责任公司 北京 100080

摘要：铁路机车检修关乎铁路运输安全与效率。本文先概述铁路机车检修基本概述。在检修模式方面，剖析计划预防维修、状态预知维修、事后维修及自主检修模式的特点与适用场景。针对检修周期，探讨基于线性累积损伤理论的计算方法、等效公里数学模型应用、部件寿命周期管理以及经济性分析。最后提出优化策略，包括强化设备状态监测与数据分析、推广新工艺新材料新技术、建立多模式协同检修体系和完善检修管理与激励机制，以提升铁路机车检修水平。

关键词：铁路机车；检修模式；检修周期；优化策略

引言：铁路是国民经济的大动脉，铁路机车作为运输的核心动力设备，其可靠运行至关重要。机车在长期运行中，部件会逐渐磨损、老化，若不及时检修，易引发故障，影响运输安全与效率。不同的检修模式与周期安排，对机车的维护效果和成本有着显著影响。传统的检修模式与周期设定方法，在面对日益复杂的机车技术和多变的运输需求时，逐渐暴露出局限性。因此，深入研究铁路机车检修模式与检修周期，探索更科学合理的方案，成为保障铁路运输稳定运行的迫切需要。

1 铁路机车检修的概述

铁路机车作为铁路运输的动力核心，其运行状态直接影响着铁路运输的安全、效率与质量。铁路机车检修，便是保障机车稳定运行的关键环节。(1)从检修的本质而言，它是对机车各部件及系统进行全面检查、维护、修理与更新的过程。通过定期或不定期的检修作业，能够及时发现机车潜在的问题，如零部件的磨损、老化，电气系统的接触不良等，从而避免这些小问题演变成影响行车安全的大故障。(2)检修工作具有预防性和恢复性的双重特点。预防性体现在通过日常的检查和维护，提前发现并处理可能出现的故障隐患，将故障扼杀在萌芽状态；恢复性则是指对已经出现故障或性能下降的部件进行修理或更换，使机车恢复到原有的技术状态和性能水平。(3)铁路机车检修是一项系统而复杂的工作。它涉及多个专业领域，包括机械、电气、制动等，需要专业的技术人员运用先进的检测设备和工具，依据严格的技术标准和规范来操作。同时，检修工作还需合理安排检修周期，根据机车的运行里程、使用时间以及实际运行状况等因素，制定科学合理的检修计划，以确保检修工作的有效性和经济性，为铁路运输的持续稳定运行提供坚实保障^[1]。

2 铁路机车检修模式分析

2.1 计划预防维修模式

计划预防维修模式是铁路机车检修的传统常用模式，秉持“预防为主”理念。它依据机车的设计寿命、部件磨损规律以及大量运行经验，预先制定详细且固定的检修计划。按照既定的时间间隔或行驶里程，将检修划分为厂修、段修、辅修等不同级别，各级别检修项目与标准明确。这种模式的优势在于计划性强，检修资源可提前统筹安排，像人力、物力、时间等，能保障检修工作有序开展，提高检修效率。定期检修还能及时发现并处理潜在故障隐患，降低机车运行中突发故障的概率，确保铁路运输安全稳定。不过，其局限性也明显，固定的检修周期难以精准匹配部件实际磨损情况，易出现过度检修，增加成本，或检修不足，留下安全隐患。

2.2 状态预知维修模式

状态预知维修模式借助先进的监测技术和数据分析手段，实时掌握机车各部件的运行状态。通过在机车关键部位安装传感器，收集温度、振动、压力等数据，并利用物联网技术将数据传输至分析平台。运用大数据和人工智能算法对数据进行深度分析，能精准判断部件的健康状况，预测故障发生的时间和位置。依据分析结果，在部件出现故障前安排检修，实现精准维修。该模式避免了计划预防维修的盲目性，减少了不必要的检修，降低了检修成本，同时提高了机车的可用性和可靠性。但此模式对技术和数据要求较高，需要完善的监测系统和专业的数据分析人员，前期投入较大^[2]。

2.3 事后维修模式

事后维修模式是在机车部件发生故障后，才进行的维修工作。这种模式通常不预先安排检修计划，而是等机车出现明显故障，影响正常运行时，才采取维修措

施。事后维修模式的优点在于前期无需投入大量资源进行定期检修，对于一些非关键部件或故障概率较低的部件，能降低检修成本。然而，其缺点也十分突出。一旦机车发生故障，可能导致运输中断，造成较大的经济损失，还可能引发安全事故。而且，事后维修往往是应急性的，维修时间和质量难以保证，可能会影响机车的整体性能和使用寿命。因此，事后维修模式一般仅适用于对运输安全影响较小、故障后果不严重的部件或情况。

2.4 自主检修模式

自主检修模式是指铁路机车使用或管理单位依靠自身力量开展检修工作。该模式下，单位拥有自己的检修团队，对机车的运行情况、常见问题等更为熟悉。当机车出现故障时，自主检修团队能迅速响应，第一时间到达现场，缩短故障排查与修复时间，减少机车停运时间，提高运输效率。同时，单位可根据自身实际情况，合理调配检修资源，避免不必要的浪费，有效控制检修成本。此外，通过自主检修，检修人员能在实践中积累经验，提升专业技能，单位也可开展针对性培训，培养高素质的检修队伍。不过，自主检修模式要求单位具备一定的技术实力和设备条件，否则可能难以保证检修质量。

3 铁路机车检修周期优化

3.1 基于线性累积损伤理论的周期计算

线性累积损伤理论为铁路机车检修周期的科学设定提供了有力支撑。该理论指出，机车部件在运行过程中，每一次承受的应力循环都会造成一定损伤，且这些损伤会线性累积。当累积损伤达到部件的临界损伤值时，部件便会发生疲劳失效。在具体应用时，首先要通过大量试验和数据分析，确定部件在不同应力水平下的损伤系数。然后，借助先进的监测设备，实时获取机车运行时的应力循环情况，包括应力大小、循环次数等参数。依据线性累积损伤公式，将不同应力水平下的损伤进行累加计算。通过持续跟踪部件的累积损伤值，当其接近临界损伤值时，就可精准确定检修时间。相较于传统的固定周期检修方式，这种方法充分考虑了部件实际承受的载荷和工作状态，能够更准确地把握检修时机，避免过度检修造成的资源浪费，也防止因检修不足引发部件提前失效，从而提高机车的可靠性和可用性，降低检修成本^[3]。

3.2 等效公里数学模型的应用

等效公里数学模型在铁路机车检修周期优化中发挥着关键作用。该模型的核心思路是将机车不同运行工况下的行驶里程，按照其对部件造成的损耗程度，换算为等效的标准工况行驶公里数。在实际应用中，由于机

车运行线路复杂，存在坡道、弯道、频繁启停等多种工况，不同工况对机车部件的磨损和疲劳影响差异显著。例如，频繁启停会使部件承受更大的应力变化，加速其损耗。通过等效公里数学模型，将这些复杂工况下的实际行驶里程进行等效换算，能更准确地反映部件的实际损耗情况。基于等效公里数，检修人员可以更科学地制定检修周期。当等效公里数达到预设的检修阈值时，即安排相应级别的检修。这种方式避免了仅依据实际行驶里程制定检修周期的局限性，能够更精准地把握部件的检修时机，提高检修的针对性和有效性，降低因部件过早或过晚检修带来的成本增加和安全风险，保障铁路机车的安全稳定运行。

3.3 部件寿命周期管理

部件寿命周期管理是铁路机车检修周期优化的重要环节，对保障机车安全运行、降低运营成本意义重大。在部件的引入阶段，需严格把控质量。依据机车的运行环境和性能要求，筛选出质量可靠、适配性强的部件。通过供应商评估、样品测试等手段，确保新部件具备良好的初始性能和较长的潜在寿命。使用过程中，借助先进的监测技术，实时跟踪部件的状态。如安装传感器监测部件的温度、振动、应力等参数，及时发现潜在问题。根据部件的实际工作状况，动态调整检修策略，对于磨损较快或易出现故障的部件，增加检查频次。当部件接近寿命末期时，制定合理的更换计划。结合部件的历史数据和剩余寿命预测，提前储备替换件，避免因部件突发故障导致机车长时间停运。同时，对更换下来的部件进行详细分析，总结其失效原因，为后续部件的选型、使用和维护提供经验参考，实现部件寿命周期管理的闭环，提升机车整体运行的稳定性和经济性。

3.4 检修周期的经济性分析

对铁路机车检修周期进行经济性分析，是优化检修策略、实现降本增效的关键举措。从成本构成来看，检修周期直接影响着检修成本。过短的检修周期会导致频繁检修，增加人力、物力和时间成本，如检修人员的工时费用、更换零部件的费用以及机车停运带来的运输损失等。而过长的检修周期虽能减少检修次数，降低直接检修成本，但可能因部件过度磨损引发故障，导致维修费用大幅上升，甚至造成机车严重损坏，影响整体运输效益。通过建立经济模型，结合机车的运行数据、部件寿命和故障率等信息，可精确计算不同检修周期下的总成本。分析发现，存在一个最优检修周期，能使总成本最低。在此周期下，既能保证机车部件处于良好运行状态，减少故障发生概率，又能合理控制检修资源投入。

此外，还需考虑检修周期对机车可靠性和可用性的影响，在保障运输安全的前提下，实现经济效益最大化，提升铁路运输的市场竞争力^[4]。

4 铁路机车检修模式与检修周期的优化策略

4.1 强化设备状态监测与数据分析

强化设备状态监测与数据分析是优化铁路机车检修模式与周期的关键。利用先进的传感器技术，在机车关键部位安装各类监测装置，实时采集温度、振动、压力等数据，精准掌握设备运行状态。借助物联网技术，将采集的数据实时传输至数据分析平台。运用大数据分析和人工智能算法，对海量数据进行深度挖掘，识别设备故障的早期特征和潜在风险。通过建立设备状态评估模型，预测设备剩余寿命和故障发生时间，为检修决策提供科学依据。根据数据分析结果，动态调整检修周期，对状态良好的设备适当延长检修间隔，对存在隐患的设备及时安排检修，实现精准检修，提高检修效率，降低检修成本，保障机车运行安全可靠。

4.2 推广新工艺、新材料与新技术

推广新工艺、新材料与新技术对铁路机车检修模式与周期优化意义重大。新工艺方面，采用激光熔覆、3D打印等先进制造工艺，能够快速修复受损部件，提高修复质量和效率，减少部件更换频率。新材料的应用可提升部件的耐磨、耐腐蚀等性能，延长部件使用寿命，如新型复合材料在机车结构件上的使用。新技术如虚拟现实（VR）和增强现实（AR）技术，可用于检修人员的培训和模拟检修操作，提高检修人员的技能水平。同时，智能诊断技术能快速准确地定位故障，缩短故障排查时间。

4.3 建立多模式协同的检修体系

建立多模式协同的检修体系是铁路机车检修模式与周期优化的有效途径。结合不同检修模式的特点，如状态预知维修可提前发现潜在故障，事后维修能处理突发严重故障，自主检修可灵活安排日常维护。根据机车的运行状况、重要程度和故障历史等因素，综合运用多种检修模式。对于关键部件和运行状态不稳定的机车，加大状态监测力度，采用状态预知维修为主，结合自主检修进行日常维护；对于一般部件和非关键机车，可适当采用事后维修与自主检修相结合的方式。

4.4 完善检修管理与激励机制

完善检修管理与激励机制对铁路机车检修模式与周期优化至关重要。在检修管理方面，制定科学合理的检修计划和标准，明确检修流程和责任分工，加强检修过程的质量监控和验收，确保检修工作规范、高效进行。建立检修信息管理系统，实现检修数据的实时记录、分析和共享，为检修决策提供数据支持。在激励机制方面，设立合理的绩效考核指标，对检修人员的工作质量、效率和创新能力进行综合评价。对表现优秀的检修人员给予物质奖励和职业晋升机会，激发检修人员的工作积极性和主动性。同时，开展技术比武和培训活动，提升检修人员的技能水平和综合素质^[5]。

结束语

铁路机车检修模式与检修周期的合理设定，是保障铁路运输安全、高效、经济运行的关键。计划预防维修模式以预防为核心，虽具计划性但存在过度或不足检修问题；状态预知维修模式精准高效，却对技术和数据要求高；事后维修模式成本低但风险大；自主检修模式灵活自主却依赖自身实力。不同检修模式各有优劣，检修周期也需综合考量。未来，应结合多种模式优势，依据机车实际状况动态调整检修周期，借助先进技术提升检修水平，实现铁路机车检修的科学化、精准化，推动铁路事业持续发展。

参考文献

- [1]焦见斌.内燃机车检修模式改革应对措施[J].车时代, 2022, 000 (002) : 005-006.
- [2]叶庚毅.机车运用与检修专业高技能人才培养的探讨[J].内蒙古科技与经济, 2022, 000 (008) : 042-043, 045.
- [3]闫冬, 王宏, 阮宝旺.基于机务智能终端的机车状态检修技术方法研究[J].科学与信息化, 2022, 000 (019) : 061-063.
- [4]周占松.重载机车故障预测与健康管理技术体系架构研究与应用[J].控制与信息技术, 2022, 000 (006) : 115-122.
- [5]程育新, 侯春涛, 章祥.机车关键部件全寿命周期管理系统研究[J].技术与市场, 2022, 029 (002) : 038-040, 043.