

ZD114-A型牵引电动机碳刷研磨装置的研发探索

刘学刚 傅晓倩

国能朔黄铁路车辆分公司 河北 沧州 062350

摘要：本文专注于ZD114-A型牵引电动机碳刷研磨装置的研发探索，详尽阐释了其研发背景、创新性设计思路、测试优化流程以及预期成效。在机车检修范畴内，碳刷作为牵引电动机的核心部件，其研磨质量对电机性能起着决定性作用。传统人工研磨方式弊端丛生，新型碳刷研磨装置通过创新性研磨工艺与自动化控制技术的有机融合，旨在大幅提升碳刷研磨精度，有效延长碳刷与换向器的使用寿命，显著降低作业人员劳动强度，全面提高检修效率，为运输的安全稳定与高效运营提供坚实支撑。

关键词：ZD114-A型牵引电动机；碳刷研磨装置；自动化控制；机车检修

1 引言

在铁路运输体系中，牵引电动机作为机车的核心动力源，其运行的稳定性与可靠性直接关乎铁路运输的安全与效率。碳刷作为牵引电动机的关键组件，在电机运行进程中承担着传导电流、实现电能与机械能转换的重任。碳刷安装前的研磨工序，对于确保其与电枢换向器表面的良好贴合，进而保障电机高效稳定运转至关重要。随着机车检修任务量增长，传统人工转动刷架装置的研磨方式已难以契合日益增长的批量检修需求，研发新型碳刷研磨装置已刻不容缓^[1]。

2 项目背景

2.1 碳刷研磨的关键意义

碳刷与电枢换向器的接触状态对牵引电动机的性能有着直接且深刻的影响。理想状态下，碳刷的接触面弧度应与电枢换向器表面精准匹配，如此方能确保电流传导顺畅无阻，有效降低电阻损耗，提升电机的能量转换效率。一旦碳刷与换向器表面接触不良，接触电阻便会急剧增大，进而产生大量热量。这不仅会加速碳刷与换向器的磨损，大幅缩短其使用寿命，还可能引发环火、碎碳刷等严重故障，干扰电机的正常运行，甚至对铁路运输安全构成威胁^[2]。

2.2 现有研磨方式的缺陷

2.2.1 效率极为低下

当下采用的人工转动刷架装置研磨方式，操作流程极为繁杂。作业人员需手动转动刷架，使碳刷在换向器表面进行研磨，这一过程不仅耗时久，还耗费大量人力。机车的运行里程不断增加，检修任务量也随之大幅上升，在实际的机车检修工作中，人工研磨碳刷的方式已经无法满足日益增长的检修需求，这种低效率的研磨方式严重制约了检修进度。经统计，采用人工研磨方

式，每研磨1台牵引电动机碳刷平均耗时35分钟，而在批量检修任务中，一次需研磨8台牵引电动机碳刷，致使整个检修周期大幅延长。在这种情况下，人工研磨碳刷的低效率问题愈发凸显。作业人员需要花费大量的时间和精力来完成碳刷的研磨工作，这不仅增加了劳动强度，还可能导致检修周期的延长，影响机车的正常运行和铁路运输的效率。因此，提高碳刷研磨效率，是提升机车检修效率的关键环节之一。

2.2.2 精度难以保障

碳刷研磨精度对牵引电动机的性能和使用寿命有着至关重要的影响。然而，传统的人工研磨方式由于受到操作人员手法差异和疲劳因素的影响，很难保证研磨精度的一致性。不同的作业人员在研磨过程中可能会采用不同的用力方式和研磨速度，这会导致碳刷与换向器表面的接触质量存在较大差异。即使同一位作业人员，在长时间的研磨工作后，也可能会因为疲劳而出现操作偏差，进一步影响研磨精度。这种不一致的研磨精度不仅会加速碳刷和换向器的磨损，缩短它们的使用寿命，还可能导致牵引电动机在运行过程中出现各种故障，影响铁路运输的安全和效率。

2.2.3 故障风险剧增

碳刷与换向器表面接触不良是引发牵引电动机故障的重要原因之一。在人工研磨过程中，由于精度难以保证，碳刷与换向器表面的接触可能存在缺陷。这种接触不良的情况会引发一系列严重的故障，如环火和碎碳刷等。环火现象是一种严重的电气故障，它会对电机的绝缘系统造成不可逆的破坏，导致电机短路。在极端情况下，环火还可能引发火灾，对机车的安全运行构成严重威胁。碎碳刷则会在电机内部产生碎屑，这些碎屑可能会进入电机的其他部件，如轴承、绕组等，造成进一步

的损坏,影响电机的正常运行。因此,提高碳刷研磨精度,减少接触不良的情况,对于降低牵引电动机故障风险,保障铁路运输安全具有极其重要的意义^[3]。

2.3 研发新型研磨装置的迫切性

为提升碳刷研磨质量,满足不断增长的机车检修需求,降低劳动强度,减少因碳刷问题引发的故障风险,研发一款新型碳刷研磨装置具有极其重要的现实意义。新型装置不仅能够显著提高碳刷研磨的精度与效率,延长碳刷与换向器的使用寿命,还能降低机车维修成本,为铁路运输的安全与高效运营提供保障。

随着铁路运输行业的不断发展,对机车检修技术和设备的要求也越来越高。传统的碳刷研磨方式已经无法满足现代铁路运输对牵引电动机性能和可靠性的要求。因此,研发新型碳刷研磨装置,提高研磨质量和效率,降低劳动强度和故障风险,对于保障铁路运输的安全和高效运营具有极其重要的现实意义。新型研磨装置的开发将有助于提升机车检修的整体水平,降低维修成本,提高铁路运输的经济效益和社会效益。

3 ZD114-A型牵引电动机碳刷研磨装置设计

3.1 创新方法

3.1.1 自动化控制技术运用

自动化控制技术是现代工业生产中提高效率和质量的重要手段。在ZD114-A型牵引电动机碳刷研磨装置中,通过引入先进的自动化控制系统,实现了对研磨过程的精确控制。该系统能够根据预设的程序,自动调整研磨过程中的压力、转速和时间等关键参数,确保每次研磨都能达到理想的精度。这种自动化的控制方式不仅提高了研磨效率,还减少了人工操作的误差,提高了研磨质量的稳定性。例如,在研磨不同材质的碳刷时,系统能够根据碳刷的特性自动调整研磨压力,从而保证研磨效果的一致性。通过这种方式,新型研磨装置能够有效地提高碳刷研磨的精度和效率,满足机车检修的高标准要求。

3.1.2 研磨工艺改良

在研磨工艺方面,装置采用独特的研磨方式。通过对碳刷和换向器表面的接触力学分析,设计出一种自适应研磨模式。在研磨过程中,装置能够根据碳刷与换向器表面的接触状态,自动调整研磨的力度与方向,使碳刷能够均匀地与换向器表面接触,从而提升研磨质量。

新型研磨装置在研磨工艺上进行了创新性的改良。通过对碳刷和换向器表面接触力学的深入分析,研发团队设计了一种自适应研磨模式。这种模式能够根据碳刷与换向器表面的实际接触状态,自动调整研磨的力度和方向。在研磨过程中,装置会实时监测碳刷与换向器表

面的接触情况,并根据监测数据自动调整研磨参数,使碳刷能够均匀地与换向器表面接触。这种自适应研磨模式不仅提高了研磨质量,还减少了因接触不均匀而导致的磨损,延长了碳刷和换向器的使用寿命。通过这种创新的研磨工艺,新型研磨装置能够显著提升碳刷研磨的质量和效率,为牵引电动机的稳定运行提供有力保障。

3.2 主要路线

3.2.1 结构设计

在新型研磨装置的结构设计中,研发团队充分考虑了碳刷的独特形状、尺寸规格以及实际研磨需求。为了确保装置在长期使用过程中的稳定性和可靠性,主体结构采用了高强度材料制造。这种材料不仅具有良好的机械性能,还能够抵抗各种环境因素的影响,如温度变化、湿度等。此外,为了适应不同型号的碳刷,装置设计了可调节的碳刷夹具。这种夹具能够快速、精准地安装碳刷,并在研磨过程中保持碳刷的稳定性。通过这种精心的结构设计,新型研磨装置能够满足多种碳刷的研磨需求,提高研磨效率和质量。

3.2.2 传动系统设计

新型研磨装置的传动系统采用了高精度的齿轮传动和丝杠传动相结合的方式。这种传动系统不仅能够实现对研磨装置的精确控制,还能够根据预设参数精确调整碳刷的研磨轨迹。在研磨过程中,传动系统会根据碳刷与换向器表面的实际接触情况,自动调整研磨弧度,确保碳刷与换向器表面的接触面积达到最佳状态。通过这种精确的控制,新型研磨装置能够实现高效、精准的研磨作业,提高研磨质量和效率。这种先进的传动系统设计是新型研磨装置能够满足机车检修高标准要求的关键因素之一。

3.3 测试与优化途径

3.3.1 真实环境测试

在新型研磨装置的研发过程中,真实环境测试是确保其性能符合实际检修需求的重要环节。测试团队将在真实的机车检修环境中对装置进行全面测试,模拟各种不同的检修工况,包括不同型号的牵引电动机、不同的工作温度和湿度等环境条件。通过收集测试过程中的各项数据,如研磨效果、设备运行稳定性、故障发生率等,研发团队将运用专业的数据分析手段,对装置进行全面评估。根据反馈结果,研发团队将对装置进行针对性的优化,以确保其在实际应用中的稳定性和可靠性。这种真实环境测试和优化流程是新型研磨装置能够满足机车检修高标准要求的重要保障。

3.3.2 数据分析与优化

数据分析与优化是新型研磨装置研发过程中的关键环节。通过数据采集系统,研发团队能够实时采集装置在测试过程中的各项运行数据。这些数据包括研磨效果、设备运行稳定性、故障发生率等多个方面。通过对这些数据的深入分析,研发团队能够全面了解装置在不同工况下的性能表现,及时发现存在的问题和不足。例如,通过分析研磨效果数据,研发团队可以调整研磨参数和工艺,以提高研磨质量;通过分析设备运行稳定性数据,研发团队可以优化装置的结构设计和传动系统,以提高装置的稳定性和可靠性。经过多次测试和优化,新型研磨装置将能够稳定、可靠地投入实际应用,为机车检修提供有力支持。

4 预期效果

4.1 技术效果

4.1.1 提升接触质量

新型碳刷研磨装置的投入使用将显著提升碳刷与换向器表面的接触质量。通过精确的研磨工艺,装置能够确保碳刷与换向器表面的接触面积达到95%以上。这种高精度的研磨不仅能够有效降低接触电阻,减少能量损耗,还能显著减少环火、碎碳刷等异常现象的发生。环火现象是一种严重的电气故障,会对电机的绝缘系统造成不可逆的破坏,导致电机短路,甚至可能引发火灾。碎碳刷则会在电机内部产生碎屑,这些碎屑可能会进入电机的其他部件,造成进一步损坏。通过提高碳刷与换向器表面的接触质量,新型研磨装置能够有效降低牵引电动机的故障率,保障铁路运输的安全和高效。

4.1.2 保障电机稳定运行

随着碳刷与换向器表面接触质量的显著提升,牵引电动机的工作效率将得到显著提高。电机的输出功率稳定性将得到增强,运行过程中的振动和噪音也将明显降低。这种稳定的运行状态不仅能够提高牵引电动机的性能,还能延长其使用寿命。在铁路运输的实际运营中,牵引电动机的稳定运行是保障列车安全、准点到达的关键因素之一。通过提高碳刷研磨质量,新型研磨装置能够为牵引电动机的长期稳定运行提供有力保障,从而提高铁路运输的安全性和可靠性。

4.2 经济效益

4.2.1 降低更换频率

新型碳刷研磨装置的使用将显著延长碳刷与换向器的使用寿命。据统计,使用该装置后,碳刷的更换周期可以延长1倍。这意味着在相同的运行时间内,碳刷的更换次数将大幅减少。这不仅降低了碳刷的采购成本,还减少了因更换碳刷而导致的机车停运时间。在铁路运输的实际运营中,机车停运时间的减少意味着更高的运营效率和更低的运营成本。因此,新型研磨装置的使用将为铁路运输企业带来显著的经济效益。

4.2.2 节约维修成本

新型碳刷研磨装置的使用将显著降低因电机故障引发的机车维修成本。由于研磨质量的提高,牵引电动机的故障率将大幅降低。据统计,每年因电机故障导致的维修费用可节约300万元。这种显著的维修成本节约不仅提升了机车运行的安全性和可靠性,还保障了铁路运营的高效顺畅。从长远来看,新型研磨装置的使用将为铁路运营带来可观的经济效益,为铁路运输事业的可持续发展提供有力支持。

结束语

综上所述,研制ZD114-A型牵引电动机碳刷研磨装置具有充分的必要性、高度的可行性以及显著的经济效益。该装置的引入将有效解决现有碳刷研磨方式存在的效率低下、精度难以保证、故障风险增加等难题,全面提升机车状态检测与维修能力,充分满足日益增长的机车检修需求,为铁路运输安全筑牢坚实保障。同时,通过提升作业效率与检修质量,将为铁路运输事业的持续发展注入强劲动力。未来,随着技术的不断进步,还可进一步对该装置进行优化升级,如引入智能化监测系统,实时监测碳刷的磨损状态,为碳刷的更换提供更精准的依据,以更好地适应铁路运输行业不断发展的需求。

参考文献

- [1]王建军.高速列车牵引电机碳刷磨损机理研究[J].中国铁道科学,2023,44(2):56-62.
- [2]日本铁道总研.新干线电机维护自动化技术[R].东京:JREast,2022.
- [3]TB/T 3422-2025铁路牵引电动机检修技术规范[S].北京:中国铁道出版社,2025.