

SS4B 型电力机车齿轮箱漏油故障分析及改进措施

刘攀

国能朔黄铁路发展有限责任公司机辆分公司 062350

【摘要】当今社会,我国铁路运输行业蓬勃发展,促进铁路机车运输量持续增加,这也对机车运行的稳定性、安全性带来极大挑战。SS4B型电力机车作为铁路运输中的主力军,本身具有牵引能力较强的特点。但在机车运行过程中,齿轮箱受多种因素影响容易出现漏油情况,导致机车各部件因润滑不足相互摩擦,不仅需要消耗大量时间精力维修,还容易为机车运行埋下安全隐患。所以,本文将结合实践经验,对SS4B型电力机车齿轮箱漏油故障原因展开深入分析,并采取有效措施改进,旨在为提高电力机车运输效率,促进铁路运输行业稳健发展助力。

【关键词】SS4B型电力机车; 齿轮箱; 漏油故障

Analysis and improvement measures of oil leakage fault in gear box of SS4B electric locomotive

Liu Pan

National Energy Shuohuang Railway Development Co., LTD.Locomotive and rolling stock branch 062350

【Abstract】In today's society, China's railway transportation industry is thriving, driving a continuous increase in the volume of railway locomotive operations.This has posed significant challenges to the stability and safety of locomotive operations.The SS4B electric locomotive, as the main force in railway transportation, is known for its strong traction capability.However, during operation, the gearbox is prone to oil leakage due to various factors, leading to insufficient lubrication and friction between components.This not only requires substantial time and effort for maintenance but also poses potential safety hazards to the locomotive's operation.Therefore, this paper will combine practical experience to conduct an in-depth analysis of the causes of oil leakage in the gearbox of the SS4B electric locomotive and propose effective measures for improvement.The aim is to enhance the efficiency of electric locomotive transportation and contribute to the steady development of the railway transportation industry.

【Key words】SS4B electric locomotive; gear box; oil leakage fault

引言:

在我国铁路运输领域,SS4B型电力机车承担着艰巨的运输任务。但结合机车运行现状来看,齿轮箱漏油这一问题时有发生,不仅影响行车安全、降低运输效率,还会增加运维成本。并且漏油问题如果没有及时处理,齿轮的齿面会随时间推移出现剥落、点蚀等情况,进而缩短使用寿命,并引发严重机械事故,继而为铁路部门造成巨大经济损失和人员伤亡。这也意味着,深入剖析SS4B型电力机车齿轮箱漏油故障,并迅速制定有效的改进策略,已经成为保障铁路运输安全、高效、稳定运行的当务之急。

一、SS4B型电力机车齿轮箱漏油故障的危害

(一) 威胁机车运行安全

齿轮作为SS4B型电力机车的核心运转部件,在运行中会首先受到冲击。正常情况下,润滑油会均匀铺展在齿轮啮合区域,有效降低摩擦阻力。但漏油发生后,箱内润滑油存量减少,难以维持良好油膜隔离,齿轮金属表面直接接触面

积扩大,摩擦生热大量积聚,磨损进程大幅加快,导致齿面粗糙、剥落,削弱结构强度,面临断裂风险,一旦断裂动力传输瞬间中断^[1]。同时,齿轮箱中的轴承也高度依赖润滑油冷却与润滑,漏油切断散热通道,高速旋转产生的热量无法散发,温度短时间内迅速蹿升,突破耐受极限后,轴承金属晶体结构改变、软化变形,卡滞频发。实践表明,轴承损坏会打破机车运行平衡性,极易引发脱轨等严重安全事故。

(二) 增加经济成本

齿轮箱漏油故障一旦发生,为机车运营方带来的经济负担极为沉重。其维修工作复杂且成本高昂,密封件老化或损坏致使漏油,需要及时更换全新密封部件,长时间漏油引发的齿轮磨损、轴承损坏问题,也要求更换受损齿轮与轴承,一套优质齿轮组采购价常达数万元。维修不仅涉及高价零部件更换,还依赖专业技术人员操作,人工成本显著,同时需借助各类先进检测与维修设备,设备使用、损耗及维护费用不菲。若长时间停运,对铁路运输企业经济效益冲击巨大,严重影响市场竞争力与可持续发展。

(三) 降低铁路运输效率

SS4B型电力机车作为铁路运输的主力,一旦齿轮箱漏

油, 机车性能严重下滑, 甚至无法正常行驶, 直接导致列车延误。在交通流量密集的铁路干线上, 每趟列车的运行时刻都经过精心规划、紧密相连^[1]。所以, 一台因齿轮箱漏油而延误的 SS4B 型电力机车, 则会引发连锁反应, 致使后续多趟列车晚点。同时, 频发的漏油故障减少了机车实际可用数量, 许多机车因维修无法按计划投入运营, 冲击了精确的运输计划, 延长货物运输周期。长此以往, 铁路运输也因延误和低效在市场竞争中渐失优势。

二、SS4B 型电力机车齿轮箱漏油故障原因分析

(一) 裂纹造成的漏油

SS4B 型电力机车在长期运行中, 其齿轮箱面临严苛考验。运行工况复杂多变, 启动时强大扭矩、加速中递增应力、制动下急停惯性力, 不断冲击齿轮箱, 齿轮啮合冲击力经轴传至箱体, 使局部陷入高应力循环。随着里程增加, 材料内部微观缺陷处, 如齿轮箱拐角、焊缝等应力集中区域, 易滋生疲劳源。当积累到一定程度, 细微疲劳裂纹萌生, 虽起初难以察觉, 但在持续载荷下会迅速扩展, 甚至贯穿箱体壁, 成为漏油通道^[2]。在制造环节, 工艺把控稍有差池就会埋下隐患。铸造时金属液充型不佳, 留下缩孔、疏松等缺陷, 破坏材料连续性; 焊接中电流、电压参数不当, 造成未焊透、夹渣等问题, 降低焊接强度、改变受力特性。机车运行时, 这些缺陷成为应力集中点, 大幅削弱材料疲劳强度, 正常载荷下也易引发裂纹, 在振动、冲击外力作用下不断蔓延, 冲破箱体致使漏油。如某批次齿轮箱, 因铸造工艺小瑕疵, 投入使用数月后多台出现裂纹漏油, 严重影响铁路运输。

(二) 密封性能不良造成的漏油

在 SS4B 型电力机车齿轮箱里, 油封、O 型圈等密封件堪称守护润滑油不外泄的关键防线。但机车长期运行, 让密封件陷入艰难处境。润滑油时刻侵蚀会改变其化学构成; 齿轮箱内温度随运行状态大幅起伏, 高温时似烈焰炙烤, 低温时如寒冰侵袭, 密封件橡胶在热胀冷缩中加速老化; 齿轮高速转动带来的机械摩擦, 持续消磨密封件。久而久之, 密封件橡胶变硬, 弹性消失, 密封唇边变薄, 难以与配合面紧密契合。另外, 密封件安装环节至关重要, 稍有差错便会严重影响密封效果。安装油封时, 如果工作人员操作不规范, 未将油封垂直精准压入安装槽, 使其倾斜, 各部位受力不均, 在机车运行振动下, 倾斜侧密封唇边过度磨损, 加速损坏。安装前密封件表面若有划伤、磕碰, 或安装槽内残留金属屑、灰尘等杂质, 安装后这些瑕疵与杂质便会破坏原本紧密的密封结构, 导致机车运行不久齿轮箱就因密封件损坏而漏油。

(三) 齿轮箱内外压差较大造成的漏油

在 SS4B 型电力机车齿轮箱运作中, 呼吸阀对维持压力

平衡至关重要。正常运转时, 齿轮高速搅动使润滑油油温剧升、体积膨胀, 箱内空气也受热膨胀, 呼吸阀需将多余气体排出以平衡内外压力。但实际运行环境复杂, 在多粉尘等恶劣场景下, 灰尘、油污等杂质极易附着在呼吸阀上。若长期未清理维护, 杂质堆积会堵塞排气通道, 导致箱内膨胀气体无法排出, 压力持续飙升。当箱内压力远超外界大气压, 形成强大压力差, 润滑油便会从密封薄弱处挤出, 引发漏油, 像矿区铁路运输中此类因呼吸阀堵塞导致的漏油情况频发。同时, 机车高速行驶时, 依据伯努利原理, 齿轮箱外部空气流速加快, 外表面压力急剧降低; 而箱内齿轮高速转动, 油温迅速上升, 压力大幅升高, 形成显著内外压力差, 促使润滑油易从密封处泄漏。尤其在频繁变速时, 内部油温、压力及外部空气流速快速变化, 压力波动更剧烈, 加剧漏油风险。在高速运行性能测试中, 机车速度升高时, 齿轮箱漏油现象明显加剧, 充分体现高速运行引发的压力波动对漏油故障的推动作用。

(四) 齿轮箱安装工艺不当造成的漏油

在 SS4B 型电力机车齿轮箱安装中, 螺栓紧固力均匀与精准定位极为关键。理想状况下, 螺栓依精确扭矩紧固, 使箱体结合面紧密贴合, 保障良好密封。可实际操作时, 若工作人员因疏忽或缺乏规范意识, 部分螺栓紧固力不足, 这就给密封埋下隐患。机车运行时, 复杂路况引发强烈振动, 在高频振动影响下, 螺栓紧固力不均致使密封不严的箱体结合面, 缝隙逐渐变大, 齿轮箱内润滑油便顺着缝隙渗出, 导致漏油^[3]。同时, 齿轮箱精准定位决定其与电机、车轴等部件协同运作效果。安装时各部件中心轴线需精准重合, 动力传输和齿轮啮合才能正常。若因测量误差、工艺不达标等, 导致齿轮箱定位偏差、中心轴线不同轴, 齿轮运转时啮合紊乱, 产生额外振动和冲击。这些异常力持续作用于齿轮箱, 加速密封件磨损, 降低密封性能, 还可能使箱体局部变形。密封件磨损与箱体变形共同作用, 为润滑油泄漏创造条件。

三、SS4B 型电力机车齿轮箱漏油故障的改进方法

(一) 齿轮箱裂纹的处理

在保障 SS4B 型电力机车齿轮箱安全运行方面, 裂纹检测与修复技术的革新极为关键。为精准探测齿轮箱裂纹, 前沿无损检测手段必不可少。超声相控阵探伤技术通过灵活操控超声换能器阵列, 对内部复杂结构全方位扫描, 借先进算法依超声反射信号定位裂纹并测算尺寸; 涡流探伤聚焦表面及近表面, 利用交变磁场下裂纹处涡流异常来识别裂纹, 对表面开口及近表面缺陷检测效果显著; 微焦点 X 射线成像凭借高分辨率穿透齿轮箱, 清晰呈现内部影像, 让隐匿裂纹无处藏身。多种技术融合, 构建起全面高效检测体系, 定期检查齿轮箱。一旦察觉裂纹, 就要依据实际情况制定修复策

略。浅表层微小裂纹,采用激光熔覆修复,高能量激光束熔化周边材料,加入匹配合金粉末填充裂纹,形成致密修复层,之后通过离子注入改善表面微观结构,预防裂纹复发。较深且严重的裂纹,则运用电子束焊接修复。焊接前严格预热,精准调控温度场以降低应力;焊接中凭借电子束高能量优势严控参数,确保焊缝质量;焊接后进行热时效处理,释放残余应力,保障齿轮箱结构完整与可靠,全方位守护齿轮箱的安全稳定运行。

(二) 密封性能的处理

为攻克 SS4B 型电力机车齿轮箱密封难题,适配密封件选型与安装流程标准化建设尤为关键。在选型上需选用契合齿轮箱严苛工况的高性能密封件,如全氟醚橡胶油封,凭借其卓越的化学稳定性与耐高温特性,能在 200℃ 高温润滑油中长期稳定工作,有效抵御侵蚀、延长寿命;聚四氟乙烯复合 O 型圈则以良好的润滑性与低摩擦系数,在齿轮高速转动的强烈摩擦下,维持弹性形变回复能力,确保密封紧密^[5]。选型时充分考虑齿轮箱运行温度范围、润滑油类型、齿轮线速度等参数,借助先进密封设计软件,精确匹配密封件尺寸规格,依据压力波动精确定油封唇口过盈量,实现无缝贴合,提升密封可靠性。安装流程方面,建立严谨规范的操作流程与标准刻不容缓。先对安装人员开展系统专业培训,涵盖密封件结构原理、安装要点等知识,通过理论与实操结合提升技能与质量意识。安装前用高精度仪器检查密封件外观与尺寸,确保无缺陷,同时用专用清洗剂与高压气枪深度清洁安装槽。安装中严格使用配套专业工具,保证油封垂直压入、O 型圈均匀铺设。安装后借助激光位移传感器、超声探伤仪等无损检测设备,全面检测密封件安装状态,确保各项关键指标符合标准,从源头杜绝因安装不当引发的密封失效。

(三) 齿轮箱内外压力差的处理

机车齿轮箱维护优化至关重要,需要从呼吸阀维护与压力平衡装置升级两方面着手。对于呼吸阀,为使其保持最佳状态,要强化维护并缩短间隔,尤其是在粉尘、油污重的恶劣环境下运行的机车,呼吸阀每周至少全面检查清洁一次。

采用专业清洗剂,能有效清除其表面及内部灰尘、油污等杂质,确保排气通道畅通,同时定期更换滤芯,保障呼吸阀精准平衡齿轮箱内外压力,杜绝因压力差导致的漏油。在压力平衡装置升级上,齿轮箱设计优化时引入压力调节阀这类辅助装置,当箱内压力上升至阈值,调节阀自动开启排气稳压,压力降低时立即关闭,阻挡外界空气与杂质,依靠其精确控制,将齿轮箱内外压力维持在合理区间,降低因压力波动引发的漏油风险。

(四) 规范齿轮箱安装工艺

为了全方位提升齿轮箱安装质量,有效降低因安装失误导致的漏油故障发生率,一方面要积极组织安装人员参与定制化专业课程。由业内资深技术专家围绕齿轮箱安装展开深度教学,内容涵盖安装流程各步骤的详细阐释、螺栓紧固扭矩的精准讲解以及部件定位方法的深入剖析。培训结束后严格考核,只有达标者方可上岗,以此确保安装人员具备扎实专业素养与熟练操作技能。另一方面,构建完整且严谨的安装过程质量管控体系,在从零部件检验、安装操作到最终调试的全流程,均明确设立关键质量控制点。安装前细致核查齿轮箱及各零部件的尺寸精度与外观质量,安装时严格遵循既定工艺要求,借助高精度测量仪器实现螺栓紧固力均匀、齿轮箱定位精准,安装完成后开展全面调试与检测,如齿轮啮合状态检查、密封性能测试等,全力确保安装质量符合相关标准。

结束语:

综上所述,对 SS4B 型电力机车齿轮箱漏油故障展开深入研究,已然清晰掌握呼吸阀堵塞、压力不均衡以及安装环节存在偏差等引发漏油的主要成因。在此基础上,通过处理齿轮箱内外压力差、齿轮箱裂纹等病害,并规范齿轮箱安装工艺,可以大幅减少漏油现象的出现频率,助力机车平稳安全运转,为铁路运输工作的高效开展筑牢坚实基础。

参考文献

- [1]刘建雄.SS4B 型电力机车齿轮箱漏油故障分析与处理措施[J].高铁速递, 2024 (16): 41-43.
- [2]张龙,高喜杰,薛登豪.HXD2 新八轴机车齿轮箱漏油影响因素分析[J].机车车辆工艺, 2021 (4): 56-57, 60.
- [3]严国龙.SS3B 型电力机车齿轮箱漏油问题分析探讨[J].广西铁道, 2020 (1): 13-14.
- [4]陈子昂,范静园,沈龙江,等.基于瞬态有限元的齿轮箱迷宫密封泄漏研究[J].润滑与密封, 2024, 49 (3): 24-34.
- [5]衡纬.SS4B 机车轮对抱轴漏油原因分析及改进措施[J].科技尚品, 2021 (9): 15-16.

作者简介:刘攀(1989.01-)男,陕西西安人,大学专科,工程师,研究方向:铁道机车车辆检修。