

低压电动机故障及保护措施探析

孙赛赛 杜 峰 邢亮璞

中广核核电运营有限公司 广东 深圳 518000

摘 要：本文聚焦低压电动机故障及保护措施。先阐述其基本结构与电磁感应工作原理，接着分析电气、机械及其他常见故障类型，如定子绕组故障、轴承故障等。随后介绍保护措施，包括保护装置选型配置、日常维护检修及运行环境优化。最后通过实施前后的对比分析，评估故障预防措施在降低故障率、减少停机时间等方面的效果，展现其显著的经济与社会效益。

关键词：低压电动机；故障类型；保护措施；实施效果评估

1 低压电动机的基本结构与工作原理

1.1 基本结构

低压电动机作为将电能转化为机械能的关键设备，其基本结构包含定子和转子两大部分。定子是电动机的静止部分，主要由机座、定子铁芯和定子绕组构成。机座通常采用铸铁或钢板焊接而成，为电动机提供稳固支撑并保护内部结构；定子铁芯由硅钢片叠压而成，用以减少铁芯损耗，其作用是作为磁路的一部分，为磁场提供通路；定子绕组则均匀嵌放在定子铁芯的槽内，是电动机实现电磁感应的核心部件，当通入三相交流电时，会产生旋转磁场^[1]。转子是电动机的旋转部分，包含转子铁芯、转子绕组和转轴。转子铁芯同样由硅钢片叠压制成，安装在转轴上；转子绕组有鼠笼式和绕线式两种类型，鼠笼式转子绕组由插入转子槽中的导条和两端的端环组成，结构简单、运行可靠；绕线式转子绕组则通过滑环和电刷与外部电路连接，可实现调速和改善启动性能；转轴用于传递转矩，带动负载旋转。电动机还有端盖、轴承、风扇等辅助部件，端盖用于支撑转子和保护电动机内部结构，轴承确保转子平稳旋转，风扇则用于散热，保证电动机在适宜温度下运行。

1.2 工作原理

低压电动机基于电磁感应原理工作。以三相异步电动机为例，当定子绕组接入三相交流电源时，绕组中会产生三相交变电流，进而在定子铁芯中形成旋转磁场。该旋转磁场的转速称为同步转速，其大小取决于电源频率和电动机的磁极对数。旋转磁场切割转子绕组，在转子绕组中产生感应电动势。由于转子绕组是闭合的，在感应电动势的作用下会产生感应电流。根据载流导体在磁场中会受到电磁力的作用，转子绕组中的电流与旋转磁场相互作用，便产生了电磁转矩，使转子开始旋转。然而，转子的转速始终低于旋转磁场的同步转速，因为

如果两者转速相同，旋转磁场与转子之间就不存在相对运动，转子绕组中也就不会产生感应电动势和感应电流，电磁转矩随之消失，转子无法继续旋转。这种转子转速略低于同步转速的现象称为转差，转差与同步转速的比值称为转差率，它是分析电动机运行性能的重要参数。通过这种方式，电动机将电能持续转化为机械能，驱动各种机械设备运转。

2 低压电动机常见故障类型

2.1 电气故障

电气故障是低压电动机常见故障之一。定子绕组故障较为突出，如绕组绝缘损坏，可能导致绕组接地、短路或匝间短路。绝缘损坏可能是由于电动机长期过载运行，绕组发热使绝缘老化；或者受到潮湿、腐蚀性气体等环境因素影响，导致绝缘性能下降。绕组接地会使电动机外壳带电，引发安全事故；短路故障则会导致电流急剧增大，烧毁绕组，使电动机无法正常运行。转子绕组故障也不容忽视，鼠笼式转子的导条断裂是常见问题。当电动机频繁启动或承受较大冲击负载时，导条会受到较大的机械应力和热应力，长期运行后容易出现断裂。导条断裂会导致电动机启动困难、运行中振动增大、转速不稳定等现象。绕线式转子的滑环和电刷故障也时有发生，滑环表面磨损、电刷接触不良等会影响电动机的调速和启动性能，产生火花甚至烧毁滑环和电刷。电源故障同样会影响电动机正常运行，如电压过低或过高、三相电压不平衡、电源缺相等。电压过低会使电动机启动困难、转速下降、电流增大，长时间运行可能烧毁电动机；电压过高则会使电动机绝缘受损，缩短使用寿命。三相电压不平衡会导致电动机定子电流不平衡，产生额外的损耗和振动，影响电动机性能。电源缺相会使电动机在两相电源下运行，定子绕组产生的不平衡磁场会导致转子受到不均匀的电磁力，引发剧烈振动

和过热,很快烧毁电动机绕组。

2.2 机械故障

机械故障主要涉及电动机的转动部件和支撑部件。轴承故障是较为常见的机械故障,轴承在长期运行过程中,由于润滑不良、磨损、过载等原因,会出现滚动体疲劳剥落、保持架损坏、轴承间隙过大等问题。轴承故障会导致电动机运行时产生异常噪声、振动增大、温度升高,严重时会使转子卡死,损坏电动机。转轴故障也不少见,转轴在承受较大转矩和弯矩的作用下,可能出现弯曲、裂纹甚至断裂等情况^[2]。转轴弯曲会使电动机振动加剧,影响电动机的平衡运行;裂纹和断裂则会导致电动机无法正常传递转矩,造成设备停机。此外,电动机的联轴器、皮带轮等传动部件如果安装不当或磨损严重,也会引起电动机振动和噪声增大,影响传动效率,甚至损坏电动机和相关设备。

2.3 其他故障

除了电气和机械故障外,低压电动机还可能受到其他因素影响而出现故障。例如,电动机长时间运行后,内部会积累大量灰尘和杂物,影响散热效果,导致电动机温度升高,加速绝缘老化。散热风扇故障或通风不良也会使电动机散热不畅,引发过热问题。电动机的安装基础不牢固、环境温度过高或过低、存在腐蚀性介质等,都可能对电动机的性能和寿命产生不利影响,导致各种故障的发生。

3 低压电动机保护措施

3.1 保护装置的选型与配置

3.1.1 过载保护装置

过载保护装置用于防止电动机长时间过载运行导致过热损坏。常见的过载保护装置是热继电器,它利用电流的热效应原理工作。当电动机过载时,通过热继电器的电流增大,发热元件产生的热量使双金属片变形,经过一定时间后,双金属片推动触点动作,切断电动机控制电路,使电动机停机。选型时,应根据电动机的额定电流来确定热继电器的额定电流,一般热继电器的额定电流应略大于电动机的额定电流,以确保在正常工作时热继电器不动作,而在过载时能及时保护电动机。

3.1.2 短路保护装置

短路保护装置的作用是在电动机发生短路故障时迅速切断电源,防止短路电流对电动机和电气设备造成严重损坏。常用的短路保护装置有熔断器和断路器。熔断器是一种简单有效的短路保护元件,当电路发生短路时,熔断器的熔体迅速熔断,切断电路。选型时,应根据电动机的启动电流和短路电流大小选择合适额定电流

的熔断器。断路器具有过载、短路和欠电压等多种保护功能,当电路出现故障时,断路器的脱扣器动作,使断路器跳闸,切断电路。断路器的选型应综合考虑电动机的额定电流、启动特性以及保护要求等因素。

3.1.3 缺相保护装置

缺相保护装置用于在电动机电源缺相时及时切断电源,避免电动机在两相电源下运行而烧毁。常见的缺相保护装置有缺相保护继电器,它通过检测三相电源的电压或电流来判断是否缺相。当检测到缺相时,缺相保护继电器动作,切断电动机控制电路。一些智能型的缺相保护装置还具有故障显示和报警功能,方便维修人员及时发现 and 处理故障。

3.1.4 接地保护装置

接地保护装置用于防止电动机外壳带电引发触电事故。当电动机绝缘损坏导致外壳带电时,接地保护装置能迅速将电流引入大地,降低外壳对地电压,保障人身安全。接地保护一般采用保护接地或保护接零的方式。保护接地是将电动机外壳与大地可靠连接,接地电阻应符合规定要求;保护接零是将电动机外壳与电网的零线连接,在三相四线制供电系统中,保护接零能有效快速地切断故障电路。

3.2 日常维护与检修

3.2.1 定期检查

定期检查是保障低压电动机正常运行的重要措施。应定期检查电动机的外观,查看是否有异常振动、噪声、发热等情况;检查电动机的接线是否松动、接触是否良好,防止因接触不良引发电热和打火现象;检查电动机的绝缘电阻,使用兆欧表测量定子绕组与地、转子绕组与地以及相间绝缘电阻,确保绝缘电阻符合要求,若绝缘电阻过低,应及时进行干燥处理或更换绝缘材料。

3.2.2 清洁与润滑

保持电动机的清洁对于其正常运行至关重要。定期清理电动机表面的灰尘和杂物,防止灰尘进入电动机内部影响散热和绝缘性能。对于散热风扇和通风道,要定期清理,确保通风顺畅。同时,要按照规定对电动机的轴承进行润滑,选择合适的润滑油脂,并根据运行情况确定润滑周期。良好的润滑可以减少轴承磨损,降低摩擦阻力,延长轴承使用寿命,减少机械故障的发生^[3]。

3.2.3 故障诊断与排除

当电动机出现故障时,应及时进行故障诊断与排除。通过观察电动机的运行状态、听取异常声音、测量相关参数等方法,初步判断故障类型和部位。例如,若电动机运行时振动过大,可能是转子不平衡、轴承损坏

或联轴器对中不良等原因；若电动机启动困难，可能是电源故障、绕组故障或负载过重等。根据诊断结果，采取相应的维修措施，如更换损坏的零部件、修复绕组绝缘、调整联轴器对中等，确保电动机恢复正常运行。

3.3 运行环境优化

优化低压电动机的运行环境，是降低故障发生率、保障其稳定可靠运行的关键举措。电动机的安装位置至关重要，应优先选择干燥、通风良好的场所。干燥的环境能有效避免电动机内部受潮，防止因绝缘性能下降而引发的短路、接地等电气故障；良好的通风则有助于热量及时散发，避免电动机因过热而加速绝缘老化、降低运行效率。若实在无法避开潮湿、高温、有腐蚀性气体或粉尘较多的恶劣环境，必须采取针对性的防护措施。在潮湿环境中，选用防潮型电动机，其特殊的结构和材料能有效抵御湿气侵蚀；对于存在腐蚀性气体的场所，对电动机进行防腐处理，如在外壳表面涂覆防腐漆等，可延长电动机的使用寿命。另外，要为电动机预留足够的周围空间，这不仅利于空气流通，增强散热效果，还能为日常的维修操作提供便利，便于检修人员快速准确地排查和解决问题。同时，合理控制环境温度也不容忽视。电动机在过高或过低的温度下运行，都会对其性能和寿命产生不利影响。过高的温度会加速绝缘材料的老化，过低的温度则可能导致润滑油凝固、机械部件磨损加剧。因此，通过有效的温控手段，确保电动机在适宜的温度范围内运行，是保障其长期稳定工作的必要条件。

4 低压电动机故障预防措施的实施效果评估

4.1 预防措施实施前后的对比分析

在实施故障预防措施前，低压电动机故障频繁发生，导致设备停机时间增加，生产效率下降。例如，某工厂在未采取有效预防措施时，每月因电动机故障导致的停机时间平均达到20小时，严重影响生产进度。同时，故障维修成本较高，包括更换零部件费用、维修人员工资等，每月维修费用平均在5000元左右。而且，频繁的故障还对电动机的使用寿命造成损害，部分电动机在运行3-5年后就出现严重损坏，需要更换新电动机。实施故障预防措施后，通过合理选型配置保护装置、加强日常维护检修以及优化运行环境，电动机故障发生率明显降低。每月因电动机故障导致的停机时间缩短至5小时以内，生产效率得到显著提升。维修成本也大幅下降，每月维修费用降低至2000元以下。电动机的使用寿命得

到有效延长，许多电动机运行8-10年仍能正常运行，减少了设备更新换代的频率，降低企业的设备投资成本。

4.2 经济效益与社会效益分析

从经济效益层面审视，故障预防措施的实施宛如为企业注入了一剂强心针，带来极为显著的经济效益。在生产环节，设备停机时间大幅减少，生产线得以更流畅地运转，生产效率显著提高，产品产量随之攀升，进而直接推动了企业销售收入的稳步增长。维修成本和设备更新成本也得到有效控制。以往频繁的故障维修不仅耗费大量资金用于更换零部件，还需支付维修人员的高额薪酬；而设备因故障频繁损坏也加速更新换代的频率，增加企业的设备投资^[4]。但实施故障预防措施后，这些问题迎刃而解。以某企业为例，在采取一系列预防举措后，每年因生产效率提升和成本降低所增加的利润高达数十万元，切实提升企业的市场竞争力。从社会效益角度分析，低压电动机作为众多行业的“动力心脏”，其稳定运行至关重要。故障预防措施减少电动机故障对生产的冲击，保障了生产的连续性和稳定性，确保市场产品供应充足，有力地促进经济的蓬勃发展。另外，还降低了安全事故风险，守护工作人员的生命安全，维护社会的和谐安宁。而且，合理的预防措施减少能源浪费，契合可持续发展的时代要求，为社会的长远发展贡献了积极力量。

结束语

低压电动机作为工业生产的关键设备，其故障影响重大。本文深入探析其故障类型，针对性提出保护与预防措施。实施效果评估表明，合理选型保护装置、加强维护检修、优化运行环境等措施成效显著，降低故障率，减少停机时间与维修成本，延长设备寿命。企业应重视电动机故障预防，持续优化管理，以保障生产稳定，提升经济效益与社会效益，推动行业可持续发展。

参考文献

- [1]王新跃,韦玉柱,马伟东,等.低压电动机故障及保护措施探析[J].电气技术与经济,2023(8):163-165,177.
- [2]朱峰.低压电动机的常见故障与检修方法[J].价值工程,2018(26):178-179.
- [3]常勇.浅议低压电动机的常见故障分析与处理[J].我国高新技术企业,2019(3):65-67.
- [4]戴明,顾平.电动机常见故障分析与维修[J].南方农机,2021,52(01),125-126.