

# 电机线圈制作工艺及注意事项

丹青

丹佛斯(天津)有限公司 天津 301700

**摘要:** 电机线圈制作涵盖前期准备、绕制、绝缘处理等环节。前期准备需精心挑选导线、绝缘及辅助材料,准备适配工具设备。绕制过程要严格把控绕线前处理、绕线参数及绕线后处理。绝缘处理包含浸漆前准备、浸漆工艺及浸漆后处理。制作中要重视安全、质量、工艺操作及环境因素等方面。本文围绕这些内容展开详细阐述,为电机线圈制作提供全面指导,保障制作出的线圈性能优良、质量可靠,满足电机稳定运行需求。

**关键词:** 电机线圈; 制作工艺; 质量控制; 绝缘处理; 安全事项

引言: 电机作为现代工业的核心动力设备,其性能优劣直接影响众多领域的生产效率与质量。电机线圈作为电机的关键部件,承担着电能与机械能转换的重要任务,其制作质量直接决定电机的性能与可靠性。随着工业技术不断发展,对电机性能要求日益提高,电机线圈制作工艺也面临更高挑战。从材料选择到工艺操作,再到质量检测,每个环节都需严格把控。深入研究电机线圈制作工艺及注意事项,对提升电机整体性能、推动行业发展具有重要意义。

## 1 电机线圈制作前期准备

### 1.1 材料选择

导线材料是电机线圈实现电能转换的核心载体,常用类型包括铜和铝。铜导线导电性能优良、电阻率低,机械强度高且耐热性好,适用于对电机效率和使用寿命要求较高的场景,能有效降低电能传输过程中的损耗<sup>[1]</sup>。铝导线密度小、成本较低,导电性能略逊于铜导线,机械强度相对不足,适用于对成本控制严格且负载要求不高的电机场景。绝缘材料需满足电机运行中的耐热、耐压核心性能要求,不同类型绝缘材料适配不同工作温度,需根据电机运行工况选择,其绝缘性能直接决定线圈绝缘可靠性,避免出现绝缘击穿导致电机故障。辅助材料中,绑扎带用于固定线圈形状,防止线圈松散变形,需具备足够韧性和绝缘性能;绝缘漆用于提升线圈绝缘强度,隔绝导线间及导线与铁芯间的电气连接,选择时需兼顾耐热性和附着力,确保线圈长期稳定运行。

### 1.2 工具与设备准备

绕线机是导线绕制的核心设备,不同类型绕线机功能存在差异,可根据线圈匝数、导线规格选择合适类型。绕线机操作需注重绕线张力控制,避免导线拉伸过度或张力不足导致线圈成型不良,同时需保证绕线排列整齐,符合线圈设计要求。模具用于线圈成型,设计需遵循与电

机铁芯槽型、线圈尺寸匹配的原则,尺寸精度直接影响线圈装配效果和运行稳定性,需严格控制模具尺寸误差,确保线圈成型后能精准适配电机装配需求。检测工具用于前期材料检测和绕制过程中的质量把控,万用表可检测导线导通性和绝缘电阻,排查导线断裂、绝缘破损等问题;耐压测试仪用于检测绝缘材料耐电压性能,验证绝缘效果是否满足设计标准,为线圈制作质量奠定基础。

## 2 电机线圈绕制工艺

### 2.1 绕线前处理

绕线前处理是保障线圈绕制质量的基础环节,需对导线和模具进行规范处理。导线检查需聚焦外观和电阻均匀性,外观检查需排查导线表面是否存在破损、氧化、划痕等缺陷,此类缺陷会影响导线导电性能和绝缘可靠性<sup>[2]</sup>。电阻均匀性检查需通过专业检测工具开展,确保导线电阻分布一致,避免局部电阻异常导致线圈运行时发热不均,进而影响电机整体性能。模具安装与调试需确保与绕线机精准匹配,安装时需调整模具位置,保证模具中心与绕线机主轴同心,调试过程中需检查模具固定牢固度,避免绕线过程中模具偏移或松动,确保绕线过程稳定,为线圈成型质量提供保障。绕线前还需对导线进行预处理,去除导线表面氧化层,提升导线导电性能和绝缘漆附着力,同时清理模具表面杂质,涂抹适配的脱模剂,便于线圈绕制完成后顺利脱模,避免线圈表面受损影响质量。

### 2.2 绕线过程

绕线过程是线圈制作的核心环节,需严格控制各项工艺参数。绕线方式有单层绕、多层绕等不同类型,单层绕结构简单、绕制便捷,适用于线圈匝数较少、导线较粗的场景,能减少匝间干扰;多层绕可实现更多匝数绕制,结构紧凑,适用于对线圈体积有要求且匝数较多的电机,绕制时需注重层间排列整齐。绕线张力控制至

关重要,张力过大易导致导线拉伸变形、截面积减小,增加电阻损耗;张力过小则会使导线排列松散,影响线圈成型精度,调整方法需根据导线规格、匝数灵活把控,确保张力均匀稳定。匝间绝缘处理需选择适配的绝缘材料,采用规范处理方法,隔绝相邻导线间的电气连接,防止匝间短路,保障线圈绝缘性能。绕线节距与匝数需严格依据电机设计要求确定,节距大小影响线圈磁场分布和电机运行效率,匝数准确性直接关系线圈电感、电动势等关键参数,需精准把控避免偏差。

### 2.3 绕线后处理

绕线后处理用于优化线圈性能,确保线圈符合装配和运行要求。线圈整形需对绕制后的线圈进行形状和尺寸调整,修正绕制过程中出现的变形、偏移等问题,使线圈形状与电机铁芯槽型精准匹配,尺寸误差控制在设计范围内,避免影响后续装配。引线处理需合理控制引线长度,长度过长易导致装配时缠绕、干涉,过短则会影响接线操作;弯曲角度需符合电机接线要求,避免弯曲过度导致引线断裂或绝缘破损;同时需对引线进行绝缘保护,采用适配的绝缘材料包裹,提升引线绝缘强度,防止引线间或引线与其他部件发生短路,保障线圈整体运行安全。绕线后还需对线圈进行初步清洁,去除表面附着的灰尘、杂物,检查线圈外观是否存在破损、变形等缺陷,对发现的问题及时修正,确保线圈外形规整、绝缘完好,为后续绝缘处理工艺做好准备。

## 3 电机线圈绝缘处理工艺

### 3.1 浸漆前准备

浸漆前准备是保障绝缘处理效果的关键前提,需对线圈进行清洁和预烘两道核心处理。线圈清洁需彻底去除表面附着的灰尘、油污等杂质,此类杂质会破坏绝缘漆与线圈表面的附着力,导致绝缘层出现气泡、脱落等缺陷,降低绝缘性能<sup>[3]</sup>。清洁需采用规范方法,确保线圈表面无残留杂质,为后续浸漆工艺奠定基础。预烘处理具有明确工艺目的,主要是去除线圈内部残留的水分和潮气,避免浸漆过程中水分与绝缘漆混合,形成气泡影响绝缘层致密性。预烘处理需严格控制温度与时间,温度过高易导致线圈导线氧化或绝缘层损坏,温度过低则无法彻底去除水分;时间控制需适配线圈规格,确保水分充分挥发,同时避免过度烘烤影响线圈性能。

### 3.2 浸漆工艺

浸漆工艺是线圈绝缘处理的核心环节,需合理选择工艺参数,确保绝缘层均匀、致密。浸漆方式有沉浸、滴浸、真空浸漆等不同类型,沉浸操作简便、成本较低,适用于批量生产且对绝缘要求适中的线圈;滴浸可精准

控制浸漆量,减少绝缘漆浪费,适用于小型、精密线圈;真空浸漆能有效去除线圈内部空气,使绝缘漆充分渗透到线圈间隙,绝缘效果优良,适用于对绝缘性能要求较高的电机线圈,选择时需结合线圈规格和绝缘要求适配。漆的粘度控制对浸漆效果影响显著,粘度过高会导致绝缘漆渗透不畅,无法充分填充线圈间隙;粘度过低则会出现流挂现象,导致绝缘层厚度不均。调整方法需根据环境温度和线圈间隙灵活调整,确保粘度处于合理范围。浸漆时间与次数需严格依据线圈规格和绝缘要求确定,浸漆时间过长易导致线圈过度浸润,增加烘干难度;时间过短则绝缘漆渗透不充分。浸漆次数需结合绝缘要求,绝缘要求高的线圈需增加浸漆次数,确保绝缘层厚度和致密性满足设计标准。

### 3.3 浸漆后处理

浸漆后处理用于确保绝缘漆充分固化,形成稳定可靠的绝缘层,保障线圈绝缘性能。滴漆与晾干需在规范环境中进行,环境需保持清洁、干燥,避免灰尘附着在未固化的绝缘层表面,同时控制环境温度与湿度,防止绝缘漆出现流挂或固化不均。晾干时间需合理控制,确保线圈表面多余的绝缘漆自然滴落,避免烘干过程中出现气泡或裂纹。烘干处理是绝缘漆固化的关键步骤,需精准设定温度和时间,温度设定需适配绝缘漆类型,温度过高易导致绝缘漆老化、龟裂,温度过低则固化速度缓慢,无法达到预期绝缘效果。时间设定需结合线圈厚度和绝缘漆特性,确保绝缘漆充分固化,形成均匀、致密、附着力强的绝缘层,有效隔绝导线间及导线与铁芯间的电气连接,保障线圈长期安全稳定运行。

## 4 电机线圈制作注意事项

### 4.1 安全注意事项

电机线圈制作过程需高度重视安全管控,防范各类安全事故发生。电气安全是核心管控要点,制作过程中涉及多种电气设备和导电部件,需采取规范防护措施防止触电、短路等事故。操作前需检查电气设备绝缘性能,确保设备无漏电隐患,作业时需穿戴绝缘防护用具,避免直接接触带电部件<sup>[4]</sup>。线路连接需规范有序,避免导线裸露、接触不良,防止短路引发火花或设备损坏。机械安全聚焦绕线机等设备操作防护,操作设备前需检查设备运行状态,确认部件固定牢固、运转正常。操作过程中需严格遵循设备操作规范,避免违规操作导致设备卡滞、部件脱落等危险,同时设置必要防护装置,防止肢体卷入设备运转部位。化学安全主要针对绝缘漆等化学物质使用,此类物质多具有挥发性和腐蚀性,使用时需保持作业环境通风良好,减少有害体积聚。操作人员

需穿戴防护装备,避免化学物质接触皮肤和呼吸道,同时规范储存化学物质,远离火源、热源,防止引发火灾或腐蚀事故。

#### 4.2 质量控制注意事项

质量控制是保障电机线圈性能的关键,需聚焦核心质量指标严格把控。匝数准确性直接影响电机运行性能,绕制过程中需精准控制匝数,避免多匝或少匝情况出现。匝数偏差会导致线圈电感、电动势等关键参数异常,进而影响电机转速、功率等性能,严重时会导致电机无法正常运行。绝缘可靠性是线圈安全运行的基础,需确保匝间、对地绝缘良好,避免出现绝缘破损、击穿等问题。匝间绝缘需确保相邻导线间绝缘层完整,对地绝缘需保障线圈与铁芯、外壳间绝缘性能达标,防止出现漏电、短路等故障。尺寸精度需符合设计要求,线圈外形尺寸、安装尺寸需严格控制误差,外形尺寸偏差会导致线圈无法顺利装入铁芯槽,安装尺寸不符合会影响线圈与电机其他部件的配合,进而影响电机整体装配质量和运行稳定性。

#### 4.3 工艺操作注意事项

工艺操作规范性直接决定线圈制作质量,需注重各环节操作细节。绕线过程中需保持张力均匀性,张力控制需适配导线规格和匝数要求,避免导线拉伸过度或松弛。导线拉伸过度会导致截面积减小、电阻增大,影响导电性能;导线松弛会使线圈排列松散,降低成型精度,还可能引发匝间短路。浸漆过程中需确保漆液均匀覆盖,操作时需控制浸漆参数,避免出现漏浸、气泡等问题。漏浸会导致线圈局部绝缘不足,气泡会破坏绝缘层致密性,均会降低线圈绝缘性能,缩短使用寿命。各工序之间的衔接需顺畅有序,前一道工序完成后需进行简单检查,确认符合要求后再进入下一道工序,避免上一道工序的缺陷传递至下一道,确保工艺流程的连贯性和稳定性,保障线圈制作整体质量。

#### 4.4 环境因素注意事项

环境因素对线圈制作质量影响显著,需严格控制制作环境条件。制作环境需满足明确温湿度要求,温度过高易导致绝缘漆挥发过快、导线氧化加速,温度过低会影响绝缘漆流动性和固化速度,湿度过大会导致线圈受潮,影响绝缘性能,需通过环境调控设备维持温湿度稳定。清洁度需严格控制,环境中灰尘、杂质会附着在线圈表面,影响绝缘漆附着力和绝缘性能,需采取定期清洁、净化等控制措施,保持作业环境洁净。同时需落实防尘、防潮措施,搭建防尘防护设施,避免灰尘侵入线圈间隙,设置防潮装置,降低环境湿度对线圈的影响,确保线圈制作过程不受环境因素干扰,保障线圈质量稳定。

#### 结束语

电机线圈制作工艺复杂且精细,从前期的材料与设备准备,到绕制过程中的各项参数控制,再到绝缘处理的严格把关,每个环节都关乎线圈的最终质量。在制作过程中,安全事项不容忽视,需做好电气、机械及化学方面的防护;质量控制要聚焦匝数、绝缘和尺寸等核心指标;工艺操作要注重细节,确保各工序衔接顺畅;环境因素也需严格控制,为制作提供稳定条件。只有全面考虑并落实这些要点,才能制作出高质量的电机线圈,保障电机稳定可靠运行。

#### 参考文献

- [1]王健,单伟东,杨松,等.高压交流电机定子线圈制造工艺改进[J].绝缘材料,2023,56(5):76-79.
- [2]何晓娥,吴洋,何兆荣.水轮发电机定子线圈VPI绝缘工艺探索[J].黑龙江电力,2022,44(3):250-253.
- [3]黄志强,韦在凤.低地板电机圆铜线集中式成形绕组制造工艺分析及设计[J].微特电机,2024,52(5):74-76.
- [4]徐健源,丁杭伟,赵航,等.高场铁基超导内插线圈制作工艺的研究[J].低温与超导,2023,51(9):31-37.