

知识目标

掌握机电设备故障、诊断和维修的基本概念；

了解机电设备故障类型及特性；

掌握机电设备故障诊断方法；

掌握机械零件常用修复方法的特点、适用范围；

了解机电设备维修管理的主要内容。

技能目标

掌握根据不同的修复对象合理选择修复技术、拟定工艺规程的方法。

任务一 机电设备故障诊断概述



任务描述

机电设备集机械技术、电子技术、计算机技术等于一身,其综合性和复杂性很强,因此,在机电设备维修中要针对机械系统、电子系统以及计算机系统进行分析,通过故障诊断技术查明故障模式,追寻故障机理,探求减少故障发生的方法,提高机电设备的可靠程度和有效利用率,同时把故障造成的影响和诊断结果反映给设计和制造部门,以便采取对策。

故障诊断技术是近年来发展较快的多学科交叉的实用性新技术,是建立在信息检测、信号处理、计算机应用、模式识别和机械工程各学科现代科学技术成就基础上的综合性及应用性技术科学。它在保证关键机电设备的完好和正常工作、提高生产率、降低成本、加强生产管理等方面起到了重要的作用。据资料统计,采用该项技术后,可减少 75% 以上的设备故障,维修费用能降低 25%~50%。

数控机床是典型的机电一体化设备,图 1-1 是 CAK3665 数控车床的结构示意图,若该数控车床出现不能纵向进给的故障,如何进行故障诊断就是本任务要介绍的主要内容。

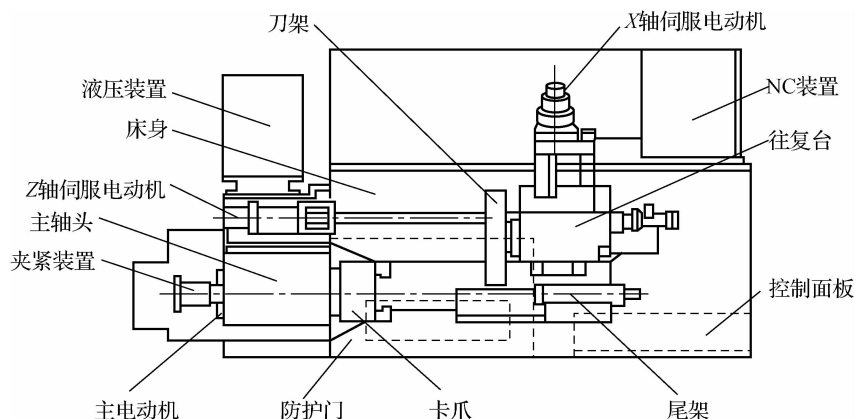


图 1-1 CAK3665 数控车床的结构示意图

任务分析

对图 1-1 所示数控车床 Z 轴进给系统进行故障诊断时,首先要明确机电设备故障的概念、类型及常用诊断方法。

知识准备

一、机电设备故障概论

1. 故障的含义及类型

1) 故障的含义

故障一般定义为设备或零部件丧失了规定功能的状态。故障一般包含以下两层含义。

(1) 机电设备偏离正常功能。其形成的主要原因是机电设备的工作条件不正常,这类故障通过参数调节或零部件修复即可消除,设备随之恢复正常功能。

(2) 机电设备功能失效。机电设备在正常工作条件下偏离正常功能,并且偏离程度不断加剧,使机电设备基本功能不能保证,这种情况称为失效。机电设备功能失效大部分是零件失效,一般零件失效可以通过更换来恢复正常功能。而关键零件失效则往往导致整机功能丧失。

2) 故障的类型

可以从不同角度对机电设备故障进行分类,对其进行分类是为了估计故障造成影响的程度,分析故障的产生原因,以便更好地针对不同的故障形式采取相应的对策。

(1) 按故障性质分。

① 间歇性故障。间歇性故障是指机电设备只是在短期内丧失某些功能,故障多由机电设备外部原因如工人错误操作、气候变化、环境设施不良等因素引起,在外部干扰消失或对

设备稍加修理调试后,功能即可恢复。

②永久性故障。永久性故障出现后必须经人工修理才能恢复功能,否则故障一直存在。此类故障一般是由某些零部件损坏引起的。

(2)按故障程度分。

①局部性故障。局部性故障是指机电设备的某一部分存在故障,这一部分功能不能实现而其他部分功能仍可实现,即局部功能失效。

②整体性故障。整体性故障是指整体功能失效的故障,可能是机电设备的某一部分出现故障,也可能是机电设备的整体功能不能实现。

(3)按故障形成速度分。

①突发性故障。突发性故障的发生具有偶然性和突发性,一般与机电设备的使用时间无关,故障发生前无明显征兆,通过早期试验或测试很难预测。此类故障一般是由工艺系统本身的不利因素和偶然的外界影响因素共同作用的结果。

②缓变性故障。缓变性故障往往是在机电设备有效寿命的后期缓慢出现,其发生概率与使用时间有关,能够通过早期试验或测试进行预测。通常缓变性故障是由零部件的腐蚀、磨损、疲劳以及老化等发展形成的。

(4)按故障形成的原因分。

①操作管理失误形成的故障。如机电设备未按原设计规定条件使用而形成的设备错用即属于此类故障。

②机电设备内在原因形成的故障。此类故障一般是由机电设备在设计、制造遗留下的缺陷(如残余应力、局部薄弱环节等)或材料内部潜在的缺陷造成的,无法预测,属于主要的突发性故障。

③自然故障。自然故障是指机电设备在使用和保有期内,因受到外部或内部多种自然因素的影响而产生的故障,如磨损、断裂、腐蚀、变形、蠕变、老化等。

(5)按故障造成的后果分。

①致命故障。致命故障是指危及人身安全或导致人身伤亡、引起机电设备报废或造成重大经济损失的故障,如机架或机体断裂、车轮脱落、发动机总成报废等。

②严重故障。严重故障是指严重影响机电设备正常使用,在较短的有效时间内无法排除的故障,如发动机烧瓦、曲轴断裂、箱体裂纹、齿轮损坏等。

③一般故障。一般故障是指影响机电设备正常使用,但在较短时间内可以排除的故障,如传动带断裂、操纵手柄损坏、钣金件开裂或开焊、电器开关损坏和一般紧固件松动等。

此外,故障按其表现形式分为功能故障和潜在故障;按其形成的时间分为早期故障、随时间变化的故障和随机故障;按其程度和形成快慢分为破坏性故障和渐衰失效性故障等。

2. 故障的特性

(1)不同的对象在同一时间将有不同的故障状况。例如,在一条自动化生产线上,某单机的故障造成整条自动生产线系统功能丧失时,表现出的故障状态是自动生产线故障;但在机群式布局的车间里,则不能认为某单机的故障是全车间的故障。

(2)故障状况是针对规定功能而言的。如同一状态的车床,进给丝杠的损坏对加工螺纹而言是发生了故障,但对加工端面却不算发生故障,因为这两种加工所需车床的功能项目不同。

(3)故障状况应达到一定的程度。故障状况应从定量的角度来估计功能丧失的严重性。

3. 机电设备故障的产生原因

为从根本上减少或杜绝机电设备故障,必须研究机电设备故障发生的原因。造成机电设备故障的原因有以下几方面。

(1)机电设备方面。设计上,结构不合理,零部件强度、刚度不足,安全系数过小;制造上,零件材质与设计不符,工艺处理达不到要求,有先天缺陷,如内裂、砂眼、缩孔、夹杂等,加工、安装精度不高等;安装上,基础质量不好,中心线不正,间隙调整不当,电器元件选择不当,设备的运行环境和电器要求不符等。

(2)机电设备管理方面。维护不良,润滑不当,未定期检查,故障排除不及时等;检修工作不当,未按计划进行检修,磨损、疲劳超过极限,部件更换不及时,修理质量不好,未能恢复原来的安装水平。

(3)生产管理方面。违章操作,超负荷运转等。

(4)其他方面。如防腐、抗高温等措施不力,外物碰撞、卡滞等意外原因。

二、机电设备故障诊断及步骤

机电设备出现故障后某些特性改变,造成能量、力、热及摩擦等各种物理和化学参数的变化,发出各种不同的信息。捕捉这些变化的征兆,检测变化的信号及规律,可判定故障发生的部位、性质、大小,分析原因和异常情况,预测未来,判别损坏情况,作出决策,消除故障隐患,防止事故的发生,这就是故障诊断,它是一门识别设备运行状态的科学。

机电设备故障诊断的基本内容包括以下三方面。

(1)机电设备运行状态的监测。根据机电设备在运行时产生的信息判断设备工作是否正常,其目的是尽早发现机电设备故障,以采取解决措施。

(2)机电设备运行状态的趋势预报。在状态监测的基础上进一步对机电设备运行状态的发展趋势进行预测,其目的是预知机电设备劣化的速度,以便为生产安排和维修计划提前做好准备。

(3)机电设备故障类型、程度、部位、原因的确定。机电设备故障诊断是在状态监测的基础上确定故障类型、严重程度、发生部位以及产生原因。机电设备故障诊断最重要的是故障类型的确定,其目的是为最后的诊断决策提供依据。

1. 故障诊断的方法

故障诊断的方法是应用现代化仪器设备和计算机技术来检查和识别机电设备及其零部件的实时技术状态,根据得到的信息分析判断设备是否“健康”。由于设备运行状态、环境条件各不相同,因而采用的故障诊断方法也不相同。这些诊断方法有多种形式,目前流行的故障诊断方法有两种分类形式。

1)按诊断的难易程度分

(1)简易诊断法。简易诊断法是指采用便携式的简易诊断仪器,如测振仪、声级计、工业内窥镜、红外测温仪对设备进行人工巡回监测,根据设定的标准或人的经验分析,判断设备是否处于正常状态。简易诊断法主要解决的是状态监测和一般的趋势预报问题。

(2)精密诊断法。精密诊断法是指对已产生异常状态的原因采用精密诊断仪器和各种

分析手段(包括计算机辅助分析方法、诊断专家系统等)进行综合分析,了解故障类型、程度、发生部位和产生原因及故障发展的趋势等问题的方法。精密诊断法主要解决的问题是分析故障的产生原因和较准确地确定故障的发展趋势。

2)按诊断的测试手段分

(1)直接观察法。传统的直接观察法,如“听、摸、看、闻”,在一些情况下仍十分有效。但直接观察法主要依靠人的感觉和经验,所以有较大的局限性。目前出现的光纤内窥镜、电子听诊仪、红外热像仪、激光全息摄影等现代手段,大大延伸了人的感知器官,使这种传统方法又恢复了活力,成为一种有效的诊断方法。

(2)振动噪声测定法。机电设备动态下的振动、噪声的强弱及其包含的主要频率成分和故障类型、严重程度、发生部位及产生原因等有着密切的联系。因此,利用这种信息进行故障诊断是比较有效的方法,特别是振动法,由于振动法中传感器的信号处理比较简单,因而应用更加普遍。

(3)无损检验法。无损检验法是一种从材料和产品的无损检验技术中发展起来的方法,它是在不破坏材料表面及其内部结构的情况下检验机械零部件缺陷的方法。它使用的手段包括超声波、红外线、X射线、 γ 射线、声发射、渗透染色等。目前,这套方法已发展成一个独立的分支,对检验由裂纹、砂眼、缩孔等缺陷所造成的设备故障比较有效。其局限性主要是某些方法如超声波、射线检验等有时不便于在动态下进行。

(4)磨损残余物测定法。机器的润滑系统或液压系统的循环油路中携带着大量的磨损残余物(磨粒)。它们的数量、大小、几何形状及成分反映了机器磨损的部位、程度和性质,根据这些信息可以有效地诊断设备的磨损状态。目前磨损残余物测定方法在工程机械及汽车、飞机发动机监测方面已取得了良好的效果。

(5)机器性能参数测定法。显示机器主要功能的机器性能参数一般可以直接从机器的仪表上读出,由这些数据可以判定机器的运行状态是否属于正常范围。机器性能参数测定方法主要用于状态监测或作为故障诊断的辅助手段。

2. 故障诊断的步骤

- (1)对故障现场进行调查。
- (2)对现场进行初步分析。
- (3)组织会诊,全面分析,对故障提出进一步的精细分析与处置的基本对策。
- (4)检测试验,查清故障原因。

根据故障的类型及其影响的基本因素,综合会诊意见、处置方法,并有针对性地对机械系统的某些分系统和零部件进行逐项检测试验,查清故障原因。

任务实施

CAK3665 数控车床 Z 轴故障诊断

1. 现场调查

CAK3665 数控车床不能纵向进给,X轴进给正常,其他无异常情况。

2. 现场初步分析

机电设备的故障诊断应该“先电后机”。由于 X 轴和 Z 轴的电动机及控制器参数一致, X 轴正常运行,因而将 Z 轴电动机控制器接入 X 轴进给系统, X 轴进给功能正常,说明 Z 轴电动机控制器正常。同时将 X 轴电动机控制器接入 Z 轴进给系统, Z 轴进给功能异常,因此,应对 Z 轴进给系统作重点检查。

3. 检验测试,查清故障原因

(1) 松开电动机与丝杠之间的联轴器,给进给电动机输入运行信号,观察其运转情况,若其振动、温度、声音无异常,则排除动力源和电动机部分的故障。

(2) 松开丝杠螺母副与床鞍之间的联接螺钉,手动移动床鞍,观察发现床鞍沿导轨移动无异常。

(3) 手动旋转滚珠丝杠,出现卡滞现象,可能是滚珠丝杠螺母副的原因,也可能是滚珠丝杠支承部分的原因,需进一步拆卸检查。



知识拓展

国际故障诊断新技术

20 世纪 90 年代,随着微电子技术、机电一体化等技术不断成熟,现代科学技术和社会经济相互渗透、相互促进、相互结合,机电设备越来越趋于一体化、高速化、微电子化,这使机电设备的操作越来越容易,而机电设备故障诊断与维修却变得越来越困难,且机电设备一旦发生故障,尤其是连续化生产设备发生故障,往往会导致整套设备停机,从而造成一定的经济损失;如果危及安全和环境,还会造成严重的社会影响。随着社会经济的迅速发展,生产规模的日益扩大,先进生产方式的出现和采用,机电设备的诊断与维修技术正不断得到人们的重视。

设备维修技术必然朝着以计算机技术、信号处理技术、测试技术、表面工程技术等现代技术为依托,以现代设备状态监测与故障诊断技术为先导,以机电一体化为背景,以满足现代化工业生产日益提高的要求为目标,以不断完善的维修技术为手段的方向迅猛发展。

最新发展的维修方式是预测维修,其核心的设备故障诊断技术涉及以下六个方面,即状态监视技术功能、精密诊断技术、便携和遥控点检技术、过渡状态监视技术、质量及性能监测技术、控制装置的监视技术。

依靠近代数学的最新研究成果和各种先进的监测手段,目前国际上常用和正处于研究开发阶段的故障诊断技术如下。

(1) 精密仪器诊断法。各种专业的精密仪器可以对设备工况进行精确的测量诊断。

(2) 计算机辅助监测诊断法。借助计算机对设备进行连续的监测,了解其运行状态,及时诊断和采取措施。

(3) 在线监测诊断法。在线监测是在生产线上对机械设备运行过程及状态所进行的信号采集、分析诊断、显示、报警及保护性处理的全过程。现代炼铁、炼钢、轧钢等已实现了在线监测。

在线监测技术以现代科学理论中的系统论、控制论、可靠性理论、失效理论、信息论等为

理论基础,以包括传感器在内的仪表设备、计算机、人工智能为技术手段,并综合考虑各对象的特殊规律及客观要求,是保障设备安全、稳定、长周期、满负荷、高性能、高精度、低成本运行的重要措施。

(4)灰色系统诊断法。灰色系统诊断法是应用灰色系统的理论对故障的征兆模式和故障模式进行识别的技术。灰色理论认为设备发生故障时,既有一些已知信息(白色信息)表征出来,也有一些未知的信息(灰色信息)表征出来。灰色系统诊断法正是应用灰色关联等理论使许多待知信息明确化,进而完成故障诊断的方法。

(5)模糊诊断法。机电设备的动态信号大多具有多样性、不确定性和模糊性,许多故障征兆用模糊概念来描述比较合理,如振动强弱、偏心严重、压力偏高、磨损严重等。同一设备或元件在不同的工况和使用条件下其动态参数也不尽相同,因此,对其只能在一定范围内作出合理评价,即模糊分类。

利用模糊数学将各种故障和症状视为两类不同的模糊集合,用模糊关系矩阵来描述,求出症状向量隶属度,得出故障原因的多重性和主次程度。

(6)人工神经网络诊断法。人工神经网络诊断法是利用神经科学研究的最新成果对人的大脑神经元结构特征进行数学简化、抽象和模拟而建立的一种非线性动力学网络系统。它具有处理复杂多模式及进行联系、推测、容错、记忆、自适应、自学习等功能,是一种新的模式识别技术和知识处理方法。

(7)专家系统诊断法。专家系统诊断法是以大量专家的知识 and 推理方法求解复杂的实际问题的一种计算机程序系统。它由知识库、动态数据库、推理机、人机接口四个部分组成,是计算机辅助诊断的高级阶段。

(8)远程诊断法。远程诊断法是通过因特网远程诊断以实现设备用户与远隔万里的设备制造厂商之间的信息交流的故障诊断方法。远程诊断可进行数据和图像的传输,不仅可以目视,还可以作计算机图像处理,因而提高了故障诊断的效率和准确性,有效地减少了设备故障停机时间。

(9)风险诊断法。风险诊断法倡导“最好的维修就是不要维修”。这种维修方式是和设备故障及损失费用相关联的,与偶发率、严重度及可测性相关,其中每个分项各有其相关参数及计算方法。基于风险的维修实践同样表明,严重的故障并不多见,而一般不严重的故障却经常发生。

(10)效率诊断法。机电设备诊断除包括故障、过程和质量诊断外,国外还盛行设备的效率诊断。以通用水泵为例,水泵的寿命一般为10年,在10年的使用寿命中,能源消耗约占95%,维修费用占4%,购置费占1%。由此可见,要降低生产成本必须设法控制能耗成本,方法就是及时进行设备效率诊断。

任务二 机电设备维修概述



任务描述

机电设备故障类型和发生部位等确定后,如何保证维修质量、缩短维修时间、降低维修费用是机电设备维修工作的主要内容。

为确保机电设备维修顺利实施,在机电设备维修前要了解维修的基本知识,准备技术文件,确定维修工作类别和维修方案,明确维修内容、维修计划实施过程等。

任务分析

以 CAK3665 数控车床 Z 轴进给故障维修工作实施为例,在维修前需准备相关的维修资料,合理的安排维修工艺。

知识准备

一、机电设备维修的基本知识

1. 机电设备维修概念

机电设备状态劣化或发生故障后,为了恢复其功能和精度,更换或修复磨损、失效的零件(包括基准件),并对局部或整机进行检查、调整的技术活动称为设备维修。其目的是使机电设备保持完好的工作状态,以更有效地完成生产指标,提高生产效率。

2. 机电设备维修方式

1) 故障排除维修

故障排除维修是指在设备发生故障后仅对损坏部分进行的修复。这种维修费用低,对管理要求也低。故障排除维修的主要缺点是停机时间长,不适用于制造业流水线上的设备。故障排除维修的一般过程如图 1-2 所示。

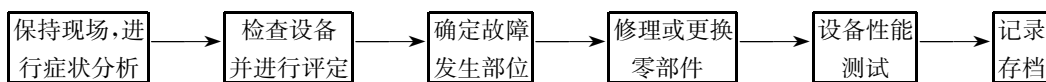


图 1-2 故障排除维修的一般过程

2) 计划维修

(1) 定期维修。定期维修是一种以机电设备运行时间为基础的预防维修方式,具有对机电设备进行周期性维修的特点。根据机电设备的磨损规律,事先确定维修类别、维修时间间隔、维修内容及技术要求。

定期维修适用于已充分掌握设备磨损规律和在生产过程中平时难以停机维修的流程生产设备、自动化生产线中的主要生产设备及连续运行的动能生产设备。

(2) 预防性计划维修。为了防止机电设备的功能、精度降低到规定的临界值或为了降低故障概率,按事先制订的计划和和技术要求所进行的维修活动称为设备的预防性计划维修。

机电设备的预防性计划维修按维修内容、技术要求和工作量大小可划分为大修、项修、小修和定期精度调整四种类型。

3) 状态监测维修

随着状态监测技术的发展,在设备状态监测基础上进行的维修称为状态监测维修。状态监测维修是公认的一种新的、高效的维修方式,是以机电设备实际技术状态为基础的预防维修方式。

4)其他维修方式

(1)定期有计划的检查维修。通过定期有计划地进行检查,了解设备当前的状态,发现存在的缺陷和隐患,有针对性地安排维修计划,使设备的运转时间长,使用效果好,维修费用低。

这种维修方式的特点是检查和维修相互配合,更符合实际需要,但这种维修方式不能安排长期的维修计划。

(2)年检。年检也称为年度整套装置停产检修,适用于采用流程工艺的机电设备,如制造业中机械化、半自动化和自动化流水线上的设备。

3. 机电设备零件修复方法

机电设备在维修时,大部分失效零件是可以修复的。机械零件的失效模式主要有磨损、变形、断裂、蚀损四种。针对零件不同的失效模式选择不同的修复技术不仅可使零件重新使用,还可提高零件的性能及延长零件使用寿命。

常用的零件修复方法如下。

1)机械修复法

机械修复法是最基本、最重要的零件修复方法,利用机械连接、切削加工和机械变形等各种机械方法,使失效的机械零件恢复原有功能。常用的机械修复法有修理尺寸法、镶加零件修复法、局部修换法、塑性变形法、换位修复法和金属扣合法等。

2)焊接修复法

利用焊接技术修复失效零件的方法称为焊接修复法。根据提供热能的方式不同,焊接修复法可分为电弧焊、气焊和等离子弧焊等;按照焊修的工艺和方法不同,焊接修复法可分为补焊、钎焊、堆焊等。修补零件缺陷的焊接方法称为补焊;恢复零件几何形状及尺寸,或使其表面获得具有特殊性能的熔敷金属的焊接方法称为堆焊;用比基体金属熔点低的金属材料作为钎料,将钎料放在焊件连接处,一同加热到高于钎料熔点、低于基体金属熔点的温度,利用液态钎料润湿基体金属,填充接头间隙并与基体金属相互扩散实现焊件连接的焊接方法称为钎焊。焊接修复法在设备维修中占有很重要的地位,应用非常广泛。

3)热喷涂修复法

用高温热源将喷涂材料加热至熔化或呈塑性状态,同时用高速气流使其雾化,喷射到经过预处理的工件表面上形成一层覆盖层的过程称为喷涂。将喷涂层继续加热,使之达到熔融状态与基体形成冶金结合从而获得牢固的工作层称为喷焊或喷熔。这两种工艺总称为热喷涂修复。

热喷涂修复法可用来喷涂几乎所有的固体工程材料,如硬质合金、陶瓷、金属、石墨、尼龙等。该方法不仅可以恢复零件的尺寸,还可以改善和提高零件表面的某些性能,如耐磨性、耐蚀性、抗氧化性、导电性、绝缘性、密封性、隔热性、防辐射性等。热喷涂修复法是全国重点推广的项目之一,在机械设备修理中占有重要地位,应用十分广泛。

4)电镀修复法

电镀修复是一种表面加工技术,是指利用电解的方法使金属或合金沉积在零件表面上形成金属镀层的工艺方法。电镀修复法不仅可以用于修复失效零件的尺寸,还可以提高零件表面的耐磨性、硬度和耐蚀性等。因此,电镀修复法是修复机械零件的有效方法之一,主要用于修复磨损量不大、精度要求高、形状结构复杂、批量较大和需要某种特殊层的零件。

目前常用的电镀修复法有槽镀和电刷镀等。

5) 胶接修复法

采用胶黏剂等对失效零件进行修补或连接,以恢复零件使用功能的方法称为胶接修复法。近年来胶接技术发展很快,在机电设备维修中已得到越来越广泛的应用。

6) 表面强化修复

机械零件的失效大多发生于零件表面,为了提高零件的表面性能,如零件表面的硬度、强度、耐磨性、耐蚀性等,延长零件的使用寿命,可采用表面强化修复法。表面强化修复包括表面机械强化、表面热处理强化、激光表面强化、电火花表面强化等。

(1) 表面机械强化。表面机械强化包括动力强化和静力强化,动力强化如表面喷砂、喷丸等,静力强化如滚压、碾压等。通过喷丸、滚压和内挤压等方法使零件表面产生压缩变形,在表面形成深度达 0.3~1.5 mm 的硬化层,使金属表面强度和疲劳强度显著提高。

(2) 表面热处理强化。表面热处理强化包括表面淬火强化和表面化学热处理强化。表面淬火强化是应用最广泛的表面强化技术,常用的有火焰加热表面淬火、盐浴炉加热表面淬火、高频或中频感应加热表面淬火、接触电阻加热表面淬火等。零件热处理是通过对零件表层快速加热,使表层温度升高至淬火温度,心部保持奥氏体以下温度,快速冷却使表面获得马氏体组织而心部仍保持原组织状态,达到零件表面强化的目的。表面化学热处理强化方法有渗碳、渗氮、碳氮共渗等。

(3) 激光表面强化。激光表面强化是利用激光特有的极高的能量密度,极好的方向性、单色性和相干性的特点对零件表面进行强化处理,可以改变金属零件表面的微观结构,提高零件的耐磨性、耐蚀性及抗疲劳性。激光表面强化处理技术与其他热处理方法相比,具有适用材料广、变形小、硬化均匀、快速、硬度高、硬化深度可精确控制等优点。

(4) 电火花表面强化。电火花表面强化是通过电火花的放电作用把一种导电材料熔渗到另一种导电材料的表面,从而改变后者表面物理和化学性能的工艺方法。

二、设备维修计划的编制和实施

1. 设备维修计划的编制

设备维修计划是企业实行设备预防维修,保持设备状态经常完好的具体实施计划,其目的是保证企业生产计划的顺利完成。设备维修计划是企业生产、技术、财务计划的组成部分,一般分为年度、季度和月度计划。它同企业产品生产计划同时下达,并定期进行检查和考核。

设备维修计划的内容包括确定计划期内维修的种类、劳动量、进度和设备的维修停歇时间;计算维修用材和配件数量;编制维修费用预算等。

1) 年度维修计划的编制

机电设备年度维修计划是企业设备维修工作的大纲,安排全年、各季和各月的设备维修任务。在年度计划中,一般只对设备的维修数量、维修类别和维修时间作大致安排,具体内容在季度、月度计划中再作详细安排。

年度维修计划包括二级保养和项修、大修计划,高精度、大型和稀有设备维修计划,动力设备定期安全性能试验计划等,由设备管理部门负责编制。

企业在安排设备年度维修计划时,必须通盘考虑、全面安排、综合平衡。编制设备年度维修计划的基本原则如下。

(1)要考虑维修与生产之间的平衡。在实际工作中,一个行之有效的方法就是实行“三同时”,即安排生产任务的同时安排设备维修任务,检查、考核生产任务的同时检查、考核设备维修任务,总结、评比生产任务完成情况的同时总结、评比设备维修任务完成情况。这样把维修和生产统一起来对生产是很有好处的。

(2)要注意维修任务与维修力量的平衡。维修力量是指为维修全厂生产设备所配备的维修工人和主要的金属加工设备。

(3)要注意设备维修任务与维修需用的原材料、外购件、外协件和备件等供应之间的平衡。这是缩短维修时间、提高维修质量、保证维修周期、完成检修计划的重要环节。

一般在每年9月份编制下一年度设备维修计划,编制按收集资料、编制草案、平衡审定和下达执行四个程序进行。

2) 季度维修计划的编制

季度维修计划是年度维修计划的继续和具体化,是贯彻年度维修计划的保证,也是检查和考核维修任务完成情况的依据。季度维修计划一经正式下达,就要从各方面采取措施保证计划的执行。一般在每季度第三个月初编制下一季度维修计划,在该月15日前由企业下发下一季度设备维修计划,并与车间生产经营计划一并考核。也可以对每季度第一个月的设备维修计划按季度设备维修计划执行,不再另编月份设备维修计划。季度维修计划的编制按编制计划草案、讨论审定和下达执行三个程序进行。

3) 月度维修计划的编制

月度维修计划是季度维修计划的具体化,是设备维修的作业计划。正确编制和认真执行月度维修计划是保证设备处于良好状态及生产正常进行的重要条件。一般在每月中旬编制下个月份的设备维修计划。

4) 网络计划技术

网络计划技术是指应用网络理论和方法制订计划,并对计划进行评价和审定的技术。网络计划与常用的“横道图”计划相比有如下优点。

(1)网络计划不但表达了每一工序的进度,而且表达了各工序的先后顺序和相互关系。

(2)网络计划能指出生产任务的关键工序和关键路线,便于在实施计划过程中抓住关键。因此,它是组织与控制生产任务的有效方法。

(3)网络计划能用时间差表示不影响计划完工期的机动时间和资源。

(4)编制网络计划不仅是安排进度、平衡能力的过程,还是优化计划的过程。

目前,中国企业在大型、复杂、成套设备的大修或安装工程中已在日渐广泛地应用这种计划技术。实践说明,它对资源(人力、物力、设备、资金等)的合理使用、缩短维修或安装工期、提高经济效益等都有较显著的效果。

2. 设备维修计划的实施

设备维修计划一经确定,就应严格执行,保证实现,争取缩短维修停歇时间。对设备维修计划的执行情况必须进行检查,通过检查既要保证计划进度,又要保证维修质量。设备在维修完工后必须经过有关部门共同验收,按照规定的质量标准逐项检查和鉴定完工后的设备精度、性能,只有全部达到维修质量标准,才能保证生产正常地进行。

设备维修计划的实施过程包括做好修前准备工作、维修施工管理、竣工验收和修后服务。

1)修前准备工作

修前准备工作程序如图 1-3 所示。

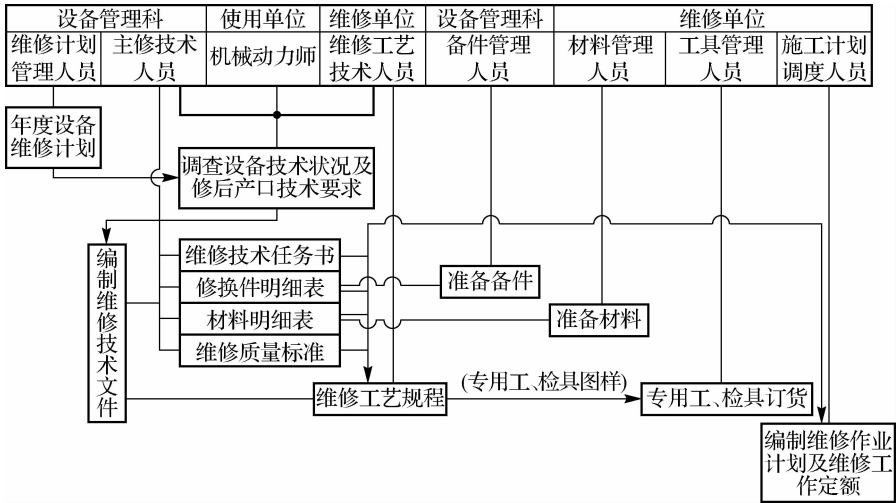


图 1-3 修前准备工作程序

2)维修施工管理

对单台设备来说,在施工管理中应抓好以下几个环节。

(1)交付维修。设备使用单位应按规定日期把设备移交给维修单位施工。移交时应认真交接并填写“设备交修单”。设备维修竣工验收后,双方按“设备交修单”清点无误后该交修单作废。

(2)解体检查。设备解体后,由设备管理科(处)主修技术人员会同维修单位负责维修施工的技术人员和工人,及时检查零部件的磨损、失效情况,特别要注意有无在修前未发现或未预测到的问题。经检查分析,尽快发出以下技术文件和图样。

①维修技术任务书的局部修改与补充,包括修改、补充的修换件明细表及材料明细表。

②按维修装配先后顺序的需要,尽快发出临时制造配件的图样和重要修复件图样。

维修单位计划调度员和维修工(组)长,根据解体检查的结果及修改补充的维修技术文件,及时修改、调整作业计划。修改后的总停歇天数,原则上不得超过原计划的停歇天数。

(3)临时配件制造。修复件和临时配件制造进度往往影响维修工作进度,应按维修作业的需要安排临时配件的生产计划,特别是关键配件应按加工工序安排作业计划。加强计划执行情况的检查和生产调度工作,保证满足维修作业需要。

(4)生产调度。维修工(组)长必须每日了解各部件维修作业的实际进度,并在作业计划图表上画出完成程度标志。对发现的问题,凡本工段能解决的应及时采取措施解决。对本工段不能解决的问题,应及时向计划调度人员汇报。

计划调度人员应每日检查作业计划的完成情况,特别要注意关键路线上的作业进度,并到现场实际观察检查,听取维修工人的意见和要求。对工(组)长提出的问题,要主动与有关技术人员联系商讨,从技术和组织管理上采取措施,及时解决。计划调度人员还应重视各工种之间的作业衔接问题,要做到不发生待工、待料和其他延误维修进度的现象。

(5)质量检查。凡维修工艺和质量标准明确规定以及按常规必须检查的项目维修工人

自检合格后须经质量检查员检查确认合格方可转入下道工序开始作业。对重要项目（如导轨刮研），质量检查员应在零部件上作出“检验合格”的标志，并作好检验记录。

3) 竣工验收

设备维修完毕，经维修单位空运转试验及几何精度检验自检合格后，通知企业设备管理科(处)代表、使用单位操作工人和机械动力师以及质量检查人员共同参加，进行设备修后的整体质量检验和竣工验收。设备大修、项修竣工验收程序如图 1-4 所示。

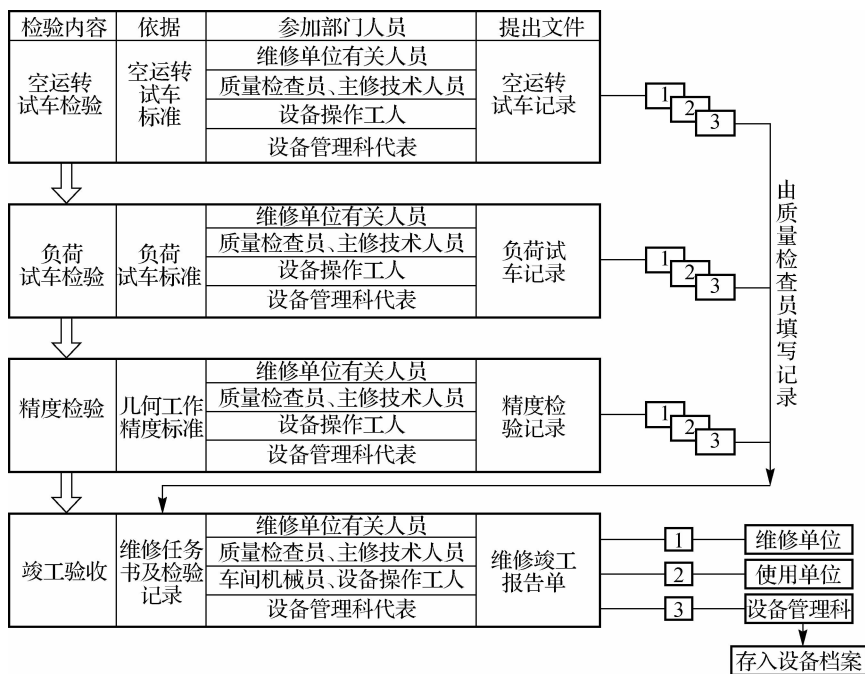


图 1-4 设备大修、项修竣工验收程序

按规定标准，空运转试车、负荷试车及几何精度检验均合格后方可办理竣工验收手续。在验收时如有个别遗留问题，在不影响设备修后正常使用的前提下，在竣工报告单上写明经各方商定的解决办法，由维修单位限期解决。

4) 修后服务

设备维修竣工验收后，维修单位应定期访问用户，认真听取用户对维修质量的意见。对修后运转中发现的缺点，应及时利用生产间隙圆满地解决。

设备维修后应有保修期，在保修期内对由于维修质量不良而发生的故障，维修单位在接到通知后应负责及时抢修，其费用由维修单位承担，且不得计入维修费用决算内。

任务实施

CAK3665 型数控车床 Z 轴进给故障维修

数控车床属于实行状态监测维修的设备，通过对其运行状态异常的分析判断，确定其为纵向(Z 轴)进给部分的故障，需要对 Z 轴作拆卸诊断、维修。

1. 修前技术资料的准备

- (1)查阅设备的使用说明书和 Z 轴的装配示意图。
- (2)通过研读装配示意图,制定 Z 轴装配工艺流程卡,见表 1-1。
- (3)根据装配工艺流程卡,准备维修用的工、夹、量具和备件等物资。

图 1-5 为 CAK3665 型数控车床 Z 轴装配示意图。

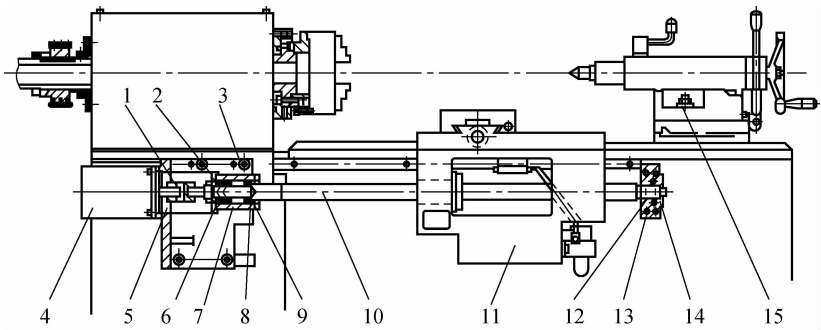


图 1-5 Z 轴装配示意图

- 1—联轴器；2—滚针轴承；3、6—深沟轴承；4—锁紧螺母；5—轴承端盖；7—轴承座；
8—溜板箱；9—滚珠丝杠；10—压盖；11—轴承内套；12—轴承外套；13—端盖；
14—电动机座；15—伺服电动机

表 1-1 Z 轴装配工艺流程卡

部件装配工艺流程卡		产品型号		部件图号		共 页
		产品名称		部件名称		第 页
序号	装配内容及技术要求			装入零件		工艺装配工具
				图号及名称	数量	
1	清洗零件					
	将轴承座 7、丝杠螺母座、电动机座 14 用柴油进行必要的清洗,滚动轴承用汽油或柴油进行清洗					油盘、油刷、汽油、柴油
	清洗后的零件必须用棉布擦拭					棉布
	将清洗后的滚珠丝杠副、轴承等吊挂在立柱上,将清洗后的其他零件放置在橡胶板上					立架、橡胶板
2	拆卸机床尾座、主轴卡盘并放置在橡胶板上					内六角扳手
3	Z 轴溜板箱 8 安装在床鞍上					
	在溜板箱 8 的丝杠螺母座安装中装入检套和检棒,检查其与床身导轨平行度,其上、侧母线的同轴度允差均为 $\leq 0.01\text{ mm}/200\text{ mm}$					百分表、检套、检棒、磁力表座、内六角扳手、桥尺
	在支架上装检套和检棒,溜板箱 8 上装检套和检棒。打表找正检棒上、侧母线的同轴度,允差均为 $\leq 0.01\text{ mm}/\text{全长}$					
	紧固溜板箱 8,装入定位销					
4	Z 轴轴承拨正					
	将电动机支架把合在床身上,装检套、检棒。检测检棒与床身导轨平行度上、侧母线均为 $\leq 0.01\text{ mm}/200\text{ mm}$					百分表、检套、检棒、磁力表座、桥尺
	在电动机支架上装检套和检棒,轴承支架上装检套和检棒。打表检测轴承支架与电动机支架检棒同轴度,上、侧母线允差均为 $\leq 0.01\text{ mm}/\text{全长}$					

续表

部件装配工艺流程卡	产品型号		部件图号		共 页
	产品名称		部件名称		第 页
序号	装配内容及技术要求		装入零件		工艺装配工具
			图号及名称	数量	
5	装配电动机支架组件				
	从床身上拆下轴承支架				
	将滚珠丝杠副装在溜板箱 8 上,把压盖及密封圈套在滚珠丝杠 9 上				内六角扳手、 铝套、榔头、整形 锉、油石、铜棒、 木方
	伸出电动机座,在丝杠上面按照图 1-5 所示依次装入轴承支架、密封圈、锁紧螺母 M24×1.5(注:轴承内应涂润滑脂为滚道的 1/3)				
	用 50 mm×50 mm×300 mm 木方抵住溜板箱 8 与电动机座,旋转滚珠丝杠副,将已安装在丝杠副上的组件拉入电动机座,或脱开丝杠螺母与溜板箱的连接,用配套的铝套将装在丝杠副上的组件敲入电动机座				
	将轴承、压盖依次固定在电动机座上				内六角扳手、 铝套、榔头、整形 锉、油石、铜棒、 木方
6	装配轴承支架组件				
	将轴承支架套在滚珠丝杠副上,将其固定在床身相应的位置,用铝套将轴承安装到位,固定轴承压盖(注:轴承内涂润滑脂为滚道的 1/3,并做好防尘工作)				内六角扳手、 整形锉、油石、铜 棒、铝套
7	Z 轴滚珠丝杠 9 安装				
	将溜板箱 8 移至电动机座端,松开滚珠丝杠螺母螺钉,转动滚珠丝杠 9 后,再拧紧其与溜板箱 8 的联接螺钉				铜棒、内六角 扳手
	左右移动溜板箱 8,要求溜板箱 8 在滚珠丝杠 9 全行程上移动松紧一致				
8	滚珠丝杠副轴向窜动及径向跳动调整				
	完成上述工作后在床身上架杠杆千分表,在丝杠副中心孔内用黄油粘一 $\phi 6$ mm 钢球,用千分表表头接触其轴向顶面进行检测(丝杠副与电动机连接端),通过调整锁紧螺钉的预紧力来达到要求,轴窜不大于 0.008 mm				黄油、杠杆千 分表、磁力表座、 $\phi 6$ mm 钢球、钩 子、扳手
	在相应位置检测丝杠径向圆跳动。径向圆跳动不大于 0.012 mm				百分表、磁力表座
9	伺服电动机 15 安装				
	在上述工作合格,且伺服电动机 15 单独在机床外运行合格后按图依次装入联轴器 1、伺服电动机 15、旋转滚珠丝杠副,依次先后固定伺服电动机 15 与联轴器 1,确定所有连接有效				内六角扳手
10	按装配示意图装该轴滚珠丝杠副防护板等其他零件				内六角扳手
11	机床防护门、尾座等其他零件的安装				内六角扳手
12	机床运动精度检测完毕后装入机床主轴卡盘				内六角扳手

2. Z 轴滚珠丝杠副的拆卸步骤

- (1) 拆去防护罩。
- (2) 拆伺服电动机的电源连接线和控制线。
- (3) 松开伺服电动机与滚珠丝杠副之间的联轴器,拆去伺服电动机。

(4)拆去防尘盖,拔去定位销,松开螺钉,拆去Z轴轴承支架。

(5)松开锁紧螺母,拆去端盖。

(6)松开六角螺栓,移开压盖,放入半环垫圈,重新扣上压盖,以防止下一步拆丝杠时拉坏轴承;用50 mm×50 mm×300 mm方木抵住溜板箱与电动机座,旋转滚珠丝杠副,使丝杠副从电动机座内拉出。

(7)松开溜板箱与滚珠丝杠副的联接螺钉,取下丝杠副,垂直吊挂。

(8)拆下电动机座内的轴承和隔套。

(9)拔去溜板箱定位销。

(10)将上述拆卸物分类放置,准备清洗。

3. 检查和修复

通过对已拆卸零件的清洗检查,可以清楚地看到电动机座内靠近压盖10029处760206轴承珠架已散落,电动机座内孔表面和丝杠轴颈处没有缺陷。进一步观察发现轴承珠架有明显朝压盖10029方向的滑移变形和圆周方向的摩擦磨损,经与维修人员讨论,与现场工作人员确认,该轴承最初在拆卸时由于没有安装止推半环,从而使该轴承承受了一次过载载荷,使轴承外圈和内圈在轴向产生滑移,珠架发生了不可回复的残余变形。事后经矫正、旋转试验无误后装配使用。在初期没有大的异常现象,使用一段时间后调紧过锁紧螺母,之后就出现卡滞,再次调松锁紧螺母也不能排除故障。更换该轴承,故障消除。

这是一个因拆装不当而导致的过量变形的典型案例。由此可以看出,检查已拆卸零件不能只停留在故障现象的表面,而应该通过现场调查,查找记录,结合具体的时间、位置和有关失效的基础知识不断地总结经验,最终圆满完成检修任务。



知识拓展

零件修理与更换的原则

机电设备在修前检查时正确地确定各种失效零件是修复还是更换将直接影响机电设备修理的质量、成本、效率和周期。这不仅是一个技术问题,还是一个综合性的问题,需要同时考虑机电设备的精度、修理费用、本单位的修理技术水平,以及生产工艺对机电设备的各种精度、性能的要求等。这些问题有时是互相矛盾的,必须具体问题具体分析,结合所要维修的机电设备的实际情况,分清主次,正确处理精度与成本、需要与可能等矛盾,有时还要结合对失效零件的分析来决定某些结构或零件是否需要改进。

1. 确定零件修换应考虑的因素

零件失效后对机电设备的影响有两个方面,一方面是失效零件能否保证其正常工作,另一方面是零件失效对整台设备的影响。确定零件是否需要修换应考虑如下两方面的因素。

1) 失效零件能否保证其正常工作的影响因素

失效零件能保证其正常工作的条件是零件的失效没有超过其允许的程度。

(1)失效零件对其本身刚度和强度的影响。在某些场合,零件的磨损可允许达到其强度所决定的数值,这时应按零件的强度极限来决定零件的修复或更换。当零件表面产生裂纹时,继续使用会使其迅速发生变化,引起严重事故,这时必须更换;重型设备的主要承力件若出现裂纹必须更换;一般零件由于磨损加重,间隙增大,导致冲击加重,此时应从零件强度方

面考虑是修复还是更换。

(2)失效零件对磨损条件恶化的影响。若磨损零件继续使用可引起磨损加剧,甚至出现效率下降、发热、表面剥蚀等,最后引起咬住或断裂等事故,则必须修复或更换零件。例如,渗碳或氮化的主轴支撑轴颈磨损,失去或接近失去硬化层,就应该修复或更换。

2)失效零件对机电设备的影响因素

(1)失效零件对机电设备精度的影响。有些零件磨损后影响机电设备精度,如金属切削机床主轴磨损将使它加工的工件质量达不到要求,这时就应该修复或更换。一般零件的磨损未超过规定公差时,估计能使用到下一修理周期者可不更换;估计用不到下一修理周期或会对精度产生影响,拆卸又不方便的,应考虑修复或更换,或者备料待换。

(2)失效零件对完成预定使用功能的影响。当机电设备零件磨损后已不能完成预定的使用功能时,应予以修复或更换。例如,离合器失去传递动力的作用,液压系统不能达到预定的压力和压力分配,凸轮机构不能保证预定的运动规律等,均应考虑修复或更换。

(3)失效零件对机电设备性能和操作的影响。当机电设备零件磨损到虽还能完成预定的使用功能,但影响了机电设备的性能和操作时,应根据其磨损程度决定是否需要修复或更换。例如,出现齿轮传动噪声增大,效率下降,平稳性渐遭破坏,零件间相互位置产生偏移,运动阻力增加等,均应予以修复或更换。

(4)失效零件对机电设备生产率的影响。机电设备零件磨损后,增加了机电设备空转运行的时间,或增加了操作工人的体力消耗,从而降低了机电设备的生产率,此时应根据磨损情况决定是否修复或更换。例如,数控机床导轨磨损,配合表面研伤,丝杠副磨损、弯曲等,使数控机床不能满负荷工作或因此而增加操作者的体力消耗致使生产率下降,应按实际情况决定是否需要修复或更换。

在确定失效零件是否应修复或更换时,必须首先考虑零件对整台设备的影响,然后考虑零件能否满足其正常工作的条件。

2. 修复零件应满足的要求

机电设备零件失效后,在保证设备精度的前提下,能够修复的应尽量修复,要尽量避免更换新件。一般来讲,对失效零件进行修复可节约材料,减少配件的加工,减少备件的储备量,从而降低修理成本和缩短修理时间。我们要不断提高零件修理工艺水平,使更多的更换件转换为修复件。对失效零件是修复还是更换新件由很多因素决定,应当综合分析,确定原则如下。

1)可靠性

可靠性就是要考虑零件修理后的耐用度。修复后的零件至少应能维持一个修理周期,即属于小修范围的零件要能维持一个小修间隔期;属于大修或项修范围的零件,修复后应能维持一个项修间隔期。

2)准确性

修复零件应全面恢复零件原有的技术性能,或达到修理技术文件所规定的技术标准(或条件),其中包括零件的尺寸、公差、表面粗糙度、硬度或技术条件等。

3)经济性

保证机电设备精度和性能是维修机电设备零件的一个基本原则。保证维修质量和降低维修费用往往是矛盾的,各种维修方法消耗的费用也不相同。因此,决定失效零件是维修还是更换,以及采取什么方法修复,必须考虑维修的经济性,修复磨损零件必须既能保证维修质量,又能降低维修费用。修复零件在考虑经济效益时,应在保证可靠性和准确性的前提下

降低维修成本。比较更换与修复的经济性时,要同时比较修复与更换的成本和使用寿命,当相对维修成本低于相对新制件成本时,应考虑修复,即满足

$$\frac{S_{\text{修}}}{T_{\text{修}}} < \frac{S_{\text{新}}}{T_{\text{新}}}$$

式中, $S_{\text{修}}$ 为修复旧件的费用(元); $T_{\text{修}}$ 为修复零件的使用期(月); $S_{\text{新}}$ 为新件的成本(元); $T_{\text{新}}$ 为新件的使用期(月)。

4) 可能性

维修工艺的技术水平直接影响维修方法的选择,也影响修复或更换的选择。失效零件在本厂和附近工厂能否修复是选择维修方法以及决定零件修复或更换的重要因素。要不断提高设备维修的可能性,一方面应考虑工厂现有的维修工艺技术水平能否保证维修后达到零件的技术要求;另一方面应不断提高和更新工厂现有的维修工艺水平,通过学习、研发结合实际生产情况,采用先进的维修工艺。

5) 安全性

修复的零件必须保持或恢复足够的强度和刚度,必要时要进行强度和刚度检验。例如,轴类零件磨损后,外径减小,轴套钻孔后孔径增大,这些变化会影响零件的强度和刚度。

6) 时间性

失效零件采取修复措施,其修理周期一般应比重新制造周期短,否则应考虑更换新件。但对于一些大型、精密的重要零件,一时无法更换新件的,尽管修理周期可能更长些,也应考虑对旧零件进行修复。

任务三 机电设备的维修管理



任务描述

设备维修管理是企业管理中的一个重要组成部分。它的基本任务是:最大限度地收集和利用设备的信息资源,有效地运筹维修系统中的人力、物力、资金、设备与技术,使维修工作取得最合理的质量与最佳的效益。

设备维修管理是对维修系统与维修过程中的一切技术、工艺、维修质量所进行的科学管理,维修管理对顺利完成设备维修工作起着非常重要的作用。

维修管理的主要内容包括维修技术管理、维修工艺管理、维修质量管理和维修备件管理等。



任务分析

现代企业中,管理离不开技术,而工程技术的应用也要靠管理来保证。设备工程技术人员应该熟悉设备维修管理的内容与方法,将技术与管理有机地结合起来。为此本任务主要介绍机电设备维修技术、维修工艺、维修质量管理的主要内容。



知识准备

一、机电设备维修技术管理

机电设备维修技术管理工作有以下主要内容。

(1)设备维修用技术资料管理。维修技术资料管理的主要工作内容是:收集、编制、积累各种维修技术资料;及时向企业工艺部门及设备使用部门提供有关设备使用维修的技术资料;建立资料管理组织及制度并认真执行。

(2)编制设备维修用技术文件,主要包括维修技术任务书、修换件明细表、材料明细表、维修工艺规程及维修质量标准等。

(3)制定磨损零件修换标准。

(4)在设备维修中推广有关新技术、新材料、新工艺,提高维修技术水平。

(5)设备维修用量、检具的管理等。

1. 设备维修常用的技术资料

设备维修常用的主要技术资料见表 1-2。其中设备图册、动力管线网图、设备维修工艺规程、备件制造工艺规程、维修质量标准等均应有底图和蓝图,各种资料在资料室装订成册,可供借阅。

表 1-2 设备维修常用的主要技术资料

序号	名 称	主要内容	用 途
1	设备说明书	规格性能 机械传动系统图 液压系统图 电气系统图 基础布置图 润滑图表 安装、使用操作、维修安装的说明 滚动轴承位置图 易损件明细表	指导设备 安装、使用及 维修
2	设备图册	外观示意图 机械传动系统图 液压系统图 电气系统图及线路图 组件、部件装配图 备件图 滚动轴承,液压元件,电气、电子元件,传动带,链条等外购件明细表	供维修人 员分析排除 故障,制订维 修方 案,购 买、制造备件
3	各动力站设备布置图、厂区车间动力管线网图	变配电所、空气压缩机站、锅炉房等各动力站房设备布置图 厂区间供电系统图 厂区电缆走向及坐标图 厂区、车间蒸气、压缩空气、上下水管网图	供检查、维修
4	备件制造工艺规程	工艺程序及所用设备专用工、夹具图样	指导备件 制造作业

续表

序号	名 称	主要内容	用 途
5	设备维修工艺规程	拆卸程序及注意事项 零部件的检查维修工艺及技术要求 主要部件装配和总装配工艺及技术要求 需用的设备、工检具及工艺装备	指导维修工人进行维修作业
6	专用工、检具图	设备维修用各种专用工、检、研具及装备的制造图	供制造及定期检定
7	维修质量标准	各类设备磨损零件修换标准 各类设备维修装配通用技术条件 各类设备空运转及负荷试车标准 各类设备几何精度及工作精度检验标准	设备维修质量检查和验收依据
8	动能、起重设备和压力容器试验规程	目的和技术要求 试验程序、方法及需用量具、仪器 安全防护措施	鉴定设备的性能、出力和安全规程是否符合国家有关规定
9	其他参考技术资料	有关国际标准及外国标准 有关国家标准 工厂标准 国内外设备维修先进技术经验、新技术、新工艺、新材料等有关资料 各种技术手册 各种设备管理与维修期刊等	供维修技术工作参考

2. 维修技术资料的收集和编制

企业的维修技术资料主要来源于如下几个方面。

(1)购置设备(特别是进口设备)时,除制造厂按常规随机提供的技术资料外,可要求制造厂供应其他必要的技术资料,并列入合同条款。

(2)在使用过程中,按需要向制造厂、其他企业、科技书店和专业学术团体等购买。

(3)企业结合预防维修和故障检修自行测绘和编制。

收集、编制资料时的注意事项如下。

(1)技术资料应分类编号,编号方法宜考虑适合计算机辅助管理。

(2)新购设备的随机技术资料应及时复制,进口设备的技术资料应及时翻译和复制。

(3)从本企业的情况出发,制定各种维修技术文件的典型格式及内容和典型图样的技术条件,既有利于保证技术文件和图样的统一性,又可节约人力。

(4)严格执行图样、技术文件的设计、编制、审查、批准及修改程序。

(5)重视外国技术标准与中国技术标准的对照和转化,以及中国新旧技术标准的对照和转化。

(6)对设备维修工艺、备件制造工艺、维修质量标准等技术文件应经过生产验证并吸收先进技术,应定期复查,不断改进。

(7)设备图册是设备维修工作的重要基础技术资料。有关图册的编制方法和技术要求可参阅机修手册相关内容。

3. 维修技术文件的编制

维修技术文件的正确性和先进性是企业设备维修技术水平的标志之一。正确性是指能全面准确反映设备修前的技术状况,针对存在的缺陷制订切实有效的维修方案。先进性是指所用的维修工艺不但先进适用,而且经济效益好(停修时间短,维修费用低)。企业既要组织编制好维修技术文件,更要组织认真执行。设备维修解体后,如发现实际磨损情况与预测的有出入,应对维修技术文件作必要的修正。

(1)设备维修技术文件的主要用途。设备维修技术文件是修前准备备件、材料,制定维修工时和费用定额及编制维修作业计划的依据,还是指导维修作业、检查和验收维修质量的标准。由本企业大修设备时,常用的维修技术文件是维修技术任务书(包括修前技术状况、主要维修内容、修换件明细表、材料明细表、维修质量标准)和维修工艺规程。设备项修的技术文件可适当简化。

(2)维修技术任务书的编制。维修技术任务书由主修技术人员负责编制,其编制程序一般如下。

①编制前,应详细调查了解设备维修前的技术状况、存在的主要缺陷及产品工艺对设备的要求。

②针对设备的磨损情况,分析制定主要维修内容,应修换的主要零部件及维修的质量标准。维修技术任务书的机械部分和电气部分可分别编写,但应注意协调一致。

③对原设备应制定改进、改装的内容、技术参数和相关图样。

④把维修技术任务书草案送往设备使用单位机械动力师征求意见并会签,然后送主任工程师审查,最后送主管技术领导审定批准。

二、机电设备维修工艺管理

维修工艺又称维修工艺规程,它限定了设备的维修程序、零部件的维修方法、总装配试车的方法及技术要求等,以保证设备维修后达到规定的质量标准。维修工艺由维修单位技术人员负责编制,主修技术人员审查会签。

1. 维修工艺的内容

(1)整机的拆卸程序,以及拆卸过程中应检测的数据和注意事项。

(2)主要零部件的检查、维修和装配工艺,以及应达到的技术条件。

(3)总装配程序及装配工艺,以及应达到的技术条件。

(4)关键部位的调整工艺,以及应达到的技术条件。

(5)试车程序及应达到的技术条件。

(6)需用的工、检、研具和测量仪明细表,其中对专用工、检、研具应加以注明。

(7)施工中的安全措施等。

一般来说,整机的拆卸程序是先拆卸部件,然后再解体部件。有些设备在拆卸部件时须检测必要的技术数据。如在拆卸镗铣床主轴箱时,考虑到主轴箱的重力对立柱产生一个力矩,使立柱导轨产生弹性变形,因此在拆卸主轴箱前后,应在立柱导轨上的同一位置用水平仪检验立柱导轨垂直度的变化值,以便采取工艺措施来保证总装配后整机的几何精度。

在设备大修工艺中,一般只规定那些直接影响设备性能、精度的主要零部件的检查、维修和装配工艺。关键部位的装配与调整(如机床上仿形机构的调整、滚齿机分度蜗杆副齿面

接触精度和齿侧隙的调整)往往是结合在一起同时进行的,可以在装配工艺中一并说明。

一般情形,企业应制定各类设备维修通用技术条件。在设备维修工艺中,尽量应用通用技术条件。如果通用技术条件不能满足需要,再另行规定。需要的工、检、研具及测量仪应在各零部件的维修、装配工艺中加以说明,并汇总成工、检、研具及测量仪明细表。

施工中的安全措施是指除应遵守安全操作规程外尚须采取的安全措施。

2. 典型维修工艺与专用维修工艺

1) 典型维修工艺

对某一同类型设备或结构形式相同的部件,按通常可能出现的磨损情况编制的维修工艺称为典型维修工艺。它具有普遍指导意义,但对某一具体设备则缺少针对性。

由于各企业用于维修的装备设施的条件不同,所以对于同样的零部件采用的维修工艺会有所不同。因此,各企业应按自己的具体条件并参考有关资料,编制出适用于本企业的典型维修工艺。

2) 专用维修工艺

对某一型号的设备,针对其实际磨损情况为该设备某次维修所编制的维修工艺称为专用维修工艺。它对该设备以后的维修仍有较大的参考价值,但当再次使用时,应根据设备的实际磨损状况和维修技术的进步作必要的修改与补充。

一般来说,企业可对通用设备的大维修采用典型维修工艺,并针对设备的实际磨损情况编写补充工艺和说明。对无典型维修工艺的设备,则编制专用维修工艺。后者经两三次实践验证后,可以修改完善成为典型维修工艺。

3. 重视实践验证

(1) 设备解体检查后,发现维修工艺中有不切实际的应及时修改。

(2) 在维修过程中,注意观察维修工艺的效果,修后作好分析总结,以达到不断提高维修工艺水平的目的。

三、机电设备维修质量管理

维修质量管理内容如下。

- (1) 制定设备维修的质量标准和工艺。
- (2) 进行设备维修质量的检验和评定工作。
- (3) 加强维修过程中的质量管理。
- (4) 开展修后用户服务和质量信息管理。
- (5) 加强技术培训工作,提高技术水平和管理水平。

1. 维修质量标准的制定

维修质量标准是维修质量管理的依据,它包括三方面的内容:设备零部件装配、总装配、运转试验、外观和安全环境保护等的质量标准;设备性能标准;设备的几何精度和工作精度标准。

对于上述第一方面的内容,通常在企业制定的“分类设备维修通用技术条件”中加以规定。当维修某型号设备时,若分类设备维修通用技术条件中的某些条款不适用,可在维修技术任务书中说明并另作规定。

设备维修后的性能标准一般均遵循设备说明书的规定。如按产品工艺要求,设备的某项性能不需使用,可在维修技术任务书中说明修后免检;如需要提高某项性能,除采取必要的维修技术措施外,在维修技术任务书中也应加以说明。

设备的几何精度和工作精度应充分满足修后产品工艺要求。如出厂精度标准不能满足要求,先查阅同类设备新国家标准,分析判断能否满足产品工艺要求。若个别精度项目仍不能满足要求,应加以修改,修改后的精度标准可称为某设备大修精度标准。

2. 维修质量的控制

1) 维修配件的质量控制

当前设备维修的主要方式是修换零部件,配件质量已成为影响维修质量的决定性因素。抓好配件质量控制工作对提高机器的维修质量将产生事半功倍的作用。

鉴于大多数维修配件是来自外协厂,维修企业应把“以预防为主”的配件质量控制工作的重点放在选择最好的供应单位和外购配件的质量验收两个方面。

(1) 选择最好的供应单位。一个好的配件供应单位的标准是能提供好的配件,能及时供应,能按正确的数量供应配件,能保持低的有竞争力的价格,能提供好的售后服务。

(2) 外购配件的质量控制。

① 样品质量检验。在签订合同之前,供应单位应向维修企业提交样品,作为订货和制定批量验收的标准,其样品必须具有成批件的代表性,即使用完全相同的制造方法、设备、工具、量具及质量标准。同时,供应单位还应提供检验证书和检验结果。即使是在正式供货后,供应单位改变了技术标准、制造工艺、材料工装等,都必须重新提交样品,征得维修企业的认可。技术合同中必须详细注明,可避免造成双方的经济损失。

② 成批配件的质量检验。维修企业在接收外购配件时,必须按供货合同中明确规定的配件质量标准和验收、检验方案、方法进行验收。对大型、精密、贵重、关键的配件必须全数检验。对于数量大、价值低、不重要的配件或需进行破坏性试验且检验费用很高的配件,一般可进行抽样检验。

2) 维修过程的质量控制

为了保证维修质量,应根据维修计划对维修工艺的关键步骤进行质量控制和检验。

(1) 以日常预防为主的维修质量控制。维修过程的质量控制应以日常预防为主。首先是加强维修工艺管理,即制定正确的工艺标准和完整详细的作业规程,使操作者在作业过程中有章可循。其次是进行经常性的工序质量分析,随时掌握工序质量的现状与动向,以便及时发现和纠正偏差,使工序质量始终处于可以控制的稳定状态。

(2) 关键工序的质量控制。控制维修过程的质量要从关键工序入手。因为质量不好往往仅是某几道关键工序的质量不好。如与机器主要性能、寿命、安全性有直接关系的工序,质量不稳定、返修率高的工序,经试验或用户使用后反馈意见大的工序,对后续工序质量影响大的工序等均属此类。针对维修作业过程中的这些薄弱环节和关键部位,建立重点控制管理点,集中人力、物力和技术就影响质量的诸因素进行深入的分析。针对每种因素确定管理手段、检验项目、检验频次和方法,并明确标准,制定管理图表,指定专人负责。通过对关键工序的控制,整个维修作业线的维修质量将得到明显改善。

(3) 维修过程的质量检验。在维修过程的各个阶段必须安排相应的质量检验。检验是依据技术标准,对零件、部件、整机及工艺操作质量进行鉴定验收。机械和动力设备的验收

是根据维修内容表进行维修项目完成情况检查、更换件检查、精度和技术性能检查、空转和负荷试验。做到不合格的备件不使用,不合格的作业不转入下道工序,不合格的部件不装配,不合格的整机不出厂。部件和整机装配的末道工序是检验的重点,应设立检验点,由专职人员把关。要选择合适的检验方式,既能正确反映质量情况,又要减少检验费用,缩短检验周期。

检验要有计划和体系,实行自检、互检和专职人员检验相结合的制度,发挥每个人的积极性,形成全员管理质量的局面。检验应具备先进可靠的手段,测试设备、量具等要定期检查,维修制度以保证检验的准确性为依据。检验质量记录必须完整,应具有科学性和追踪性。

3) 维修质量信息管理

设备维修质量信息包括与维修有关的各种原始记录,如机器开动时的记录,故障记录(故障类别、原因分析、修复方法、更换件清单),保养记录(保养内容、状况、技术问题),定期检查记录,修前预检记录,维修内容、消耗、工序检验记录,试车验收记录,等等。有了这些信息就能够主动有效地指导维修工作,监督维修质量。

图 1-6 为维修质量信息反馈系统图,它是按照一定的路线和程序完成的。这个系统既包括维修系统内的质量信息反馈,又包括用户对维修系统的质量信息反馈。反馈循环不断进行,维修质量在循环中不断得到改善和提高。

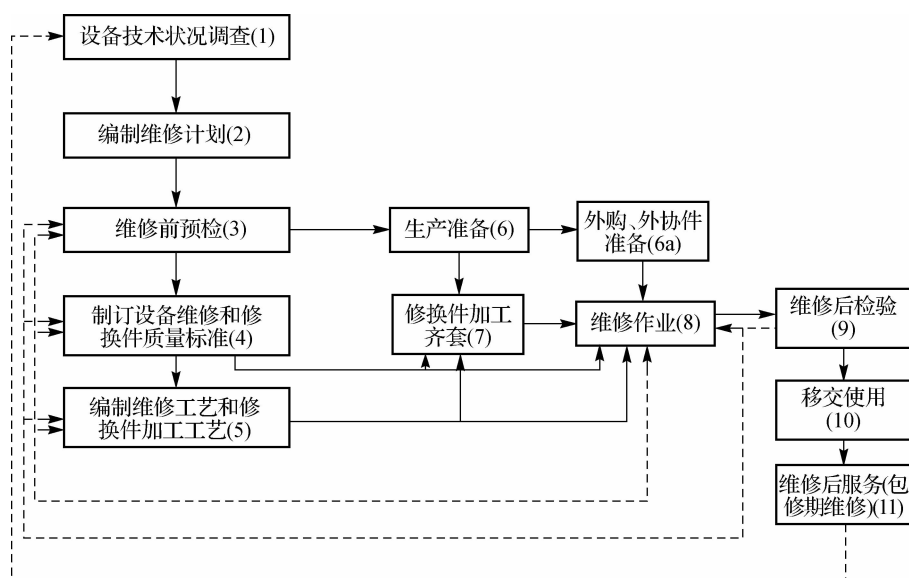


图 1-6 维修质量信息反馈系统

3. 维修质量的监督

为明确维修质量的责任,维护用户的合法权益,除在企业内部建立严格的检验制度外,广泛的社会监督也是必不可少的。

首先是制定统一的维修质量标准,检验、测试规范和办法。其次是制定有约束力的维修法规,包括机器在使用中的维修界限,配件的质量标准,机器生产厂家在机器投入使用后的经济寿命周期内的维修责任,维修网点的维修质量责任等条款。在维修质量标准和法规完

备的条件下,由各级维修质量监督部门对机器的维修质量进行重点或不定时的抽检,承担维修质量认证检验和争议仲裁检验的工作,并负责追究责任者的行政和经济责任,维护用户和各方的合法权益。

4. 维修质量的保证体系

设备维修的计划管理、备件管理、生产管理、技术管理、财务管理以及维修材料供应等是一个有机的整体,把各方面管理工作组织协调起来,建立健全管理制度、工作标准、工作流程、考核办法,形成设备维修管理保证体系,以保证设备维修质量并不断提高维修质量水平。

任务实施

柴油机曲柄连杆机构连杆组维修方案的编制

连杆组是曲柄连杆机构中传递动力的重要组件,通过它将活塞的往复运动转化为曲轴的旋转运动。连杆组是由连杆体、连杆瓦盖、连杆螺栓、螺母、连杆轴瓦和小头衬套等部分组成。连杆的变形将给曲柄连杆机构的工作带来严重的影响,连杆一旦断裂将造成严重事故。连杆组的维修工作量较大,维修质量的好坏不仅影响柴油机的可靠性和耐用性,还影响柴油机的动力性和经济性。

维修方案的编制应集中体现两个方面,一是查找出主要的问题,二是针对问题拟订维修方案。

1. 查找主要问题

1) 连杆小头衬套磨损

连杆承受冲击载荷使得衬套容易磨损,引起衬套与轴、销间的间隙增大而造成转动副的运动轴线歪斜。加上润滑条件不佳而加剧发热,转动副胀紧甚至咬死,使发动机不能正常运转而出现异常响声。

2) 连杆大小头的衬套及轴瓦座孔变形

连杆的衬套、轴瓦及其座孔由于其刚度不足在冲击载荷作用下容易产生变形,或者大头螺栓紧固不足,或者衬套装配过盈量偏小等原因都将引起座孔的拉伤、烧蚀和变形。

3) 连杆弯曲和扭曲

连杆的弯曲和扭曲会引起活塞偏缸和轴瓦、衬套的偏磨,产生恶性磨损、撞击和偏缸事故。

图 1-7 所示为测定连杆侧向弯曲的方法。将连杆大小头各装一根尺寸合适的心棒,然后将大头心棒置于 V 形铁上,用千分表测量心棒两端,根据两端的读数差值可判断连杆的弯曲情况,两端读数不等则说明连杆弯曲。

图 1-8 所示为测定连杆扭曲的方法,测定原理与前述测定连杆侧向弯曲的原理相同。若小头心棒两端读数不等,则连杆扭曲。

4) 连杆螺栓损伤

连杆螺栓损伤包括螺栓产生裂纹或断裂;柱部被拉长,产生永久变形;螺纹磨损变形。

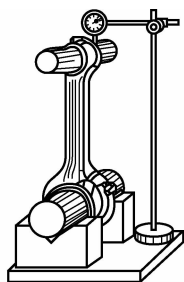


图 1-7 测定连杆侧向弯曲的方法

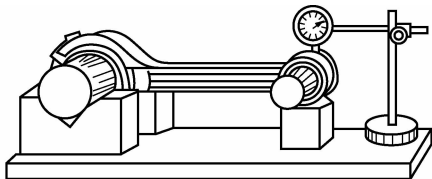


图 1-8 测定连杆扭曲的方法

2. 拟定维修方案

1) 连杆小头衬套的修配

当活塞销与连杆小头衬套配合间隙超过 0.1 mm 时,要更换衬套和选配活塞销。将新衬套导正并在压床上将其压入(不得任意打入或采用其他不合理的方法,以免引起衬套变形或其他损伤),根据活塞销直径进行修配,修配方法可采用铰削或镗削。

采用铰销时宜选用死刃铰刀,因活刃铰刀铰削后表面上易出现相同数目的印痕,使接触面接触不良。接触面的接触好坏是衬套修配的关键和首要问题。

利用镗削方法可较好地保证连杆大头轴瓦座孔的中心线与小头衬套座孔中心线平行,并可获得较好的接触面。

根据衬套表面粗糙度的要求,加工后表面粗糙度 Ra 为 $0.32 \sim 0.16 \mu\text{m}$,为满足这个要求应采用滚压或挤光加工法。因此,无论采用铰削还是镗削加工小头衬套都应留有一定的滚压(或挤光)余量($0.01 \sim 0.03 \text{ mm}$)。

2) 连杆小头衬套座孔和大头轴瓦座孔变形的修复

小头衬套座孔变形时应铰大和镗大座孔,加配外径大的座孔,不准在座孔里打冲眼,敷衍塞责。

大头轴瓦座孔若有变形应找出其原因,维修好后,在装配时按要求的紧固扭矩拧紧大头螺栓。

3) 连杆弯曲和扭曲的修复

连杆弯曲变形的校正可在压床和台虎钳上进行,校正后应进行复查直至符合要求。连杆扭曲变形的校正也可在台虎钳上进行,大型连杆可自制工具进行扭曲校正。应注意的是连杆的弯扭变形经冷校正后应复查,重复校正直至满足要求。

4) 连杆螺栓的损伤

连杆螺栓出现损伤,一旦发现应立即更换,绝不能轻视,以免因小失大而造成事故。

知识拓展

机电设备维修备件管理

备件通常是指为缩短维修停歇时间而事先准备的各种零部件。备件管理是指备件的计划、生产、订货、供应以及储备的组织和管理。备件管理是维修管理的重要组成部分。备件

管理与控制的意义就是在经济合理的前提下,建立备件库存的数量界限。

1. 备件范围的确定

一台设备由许多零部件组成。哪些应列为备件主要视机械的类型、拥有量、使用条件、机加工能力和本地区供应情况而定,不同企业的备件范围可能不同,一般可参照以下原则来确定备件范围。

- (1)所有标准件和外购件,如轴承、紧固件、密封件、传动带、键等。
- (2)消耗量大的易损件。
- (3)消耗量不大,但制造周期长、加工复杂的零件。
- (4)传动系统的部分零件,如变速箱齿轮、花键轴、联轴器等。
- (5)保持机械设备功能的主要运动件,如高炉上料车的车轮、车轮轴等。

由于机械设备种类繁多,型号复杂,必须在实际工作中注意积累资料,不断摸索,才能准确确定哪些零件作为备件。

2. 备件管理工作的内容

备件管理工作是以技术管理为基础、以经济效益为目标的管理,其内容如下。

1) 备件的技术管理

备件的技术管理包括备件图样的收集、积累、测绘、整理、复制、核对和备件图册的编制;各类备件统计卡片和储备定额等技术资料的设计、编制及备件卡的编制工作等。

2) 备件的计划管理

备件的计划管理是指从提出外购、外协和自制计划开始直至入库为止这一阶段的工作内容。备件的计划管理主要包含如下内容。

- (1)年度、季度、月度自制备件计划。
- (2)外购备件的年度及分批计划。
- (3)铸、锻毛坯件的需要量申请、制造计划。
- (4)备件零星采购和加工计划。
- (5)备件修复计划。

3) 备件库存的控制

备件库存的控制是指对备件进行计划控制、记录和分析,要求备件系统提供迅速有效的服务。备件库存的控制包括库存量的研究与控制,最小储备量、订货点以及最大储备量的确定等。

4) 备件的经济管理

备件的经济管理内容有备件库存资金的核定、出入库账目管理、备件成本的审定、备件的耗用量、资金定额及周转率的统计分析和控制、备件消耗统计和备件各项经济指标的统计分析等。

5) 备件的库房管理

备件的库房管理包括备件入库时的检查、清洗、涂油防锈、包装、登记入账以及上架存放,备件的收发,库房的清洁与安全,备件质量信息的收集等。

3. 备件储备定额控制与计算

1) 备件储备定额的确定条件

备件存储的数量界限就是储备定额。经济合理的储备定额要满足如下三个条件。

- (1)满足维修工作的需要,便于适应备件市场需求的波动。市场需求量往往是不稳定

的,而维修预测又不可能完全准确,这样就会产生市场供求的矛盾,而这种矛盾可以通过合理的存储进行调节,以弥补维修预测的失误。

(2)具有应付意外变故的能力。也就是除存储必要的消耗量之外,适当多储备一点,在发生某种意外变故(如验收不合格或不能如期交货等)时,不致出现库存告急。

(3)不超量储备,避免积压。超过前两项要求的多余储备量便是积压。

2) 备件存储费用

最佳存储量可在满足上述条件的前提下使备件存储费用最低。备件存储费用涉及如下几种。

(1)存储费。存储费包括资金积压的利息,存储期内因物品流失、变质损坏而产生的损失费,保管费,折旧费等。

(2)备件订购费用。备件订购费用包括采购备件的差旅费、合同费,自制备件所需的机具调整费等。

(3)缺货损失费。缺货损失费是指备件短缺使有故障的设备不能及时修复并投入生产而造成损失,对此采取紧急措施所发生的费用,以及延误工期或交货期的赔偿费等。

3) 备件的订货方式

要制定某种零件经济合理的储备定额需要有一定的资料依据,如月平均消耗量、订货周期、订货费用、物资的保管费用等。储备定额的计算应考虑不同的订货方式。通常订货方式有定量订货方式、定期订货方式和维持库存订货方式等。

(1)定量订货方式。凡不属于国家统管定期订货即随时可以订货的零配件,且每批订货量大致相同,都可采取这种方式。其经济订货批量 N (个/批)的计算公式为

$$N = \sqrt{\frac{24Sx}{C}}$$

式中, S 为一次订货费用(元),在批量变化不大时,假定 S 为一定值; x 为月平均消耗量(个/月); C 为单位物料年保管费用(元)。

经济订货的计算需要正确可靠的数据资料,有时这些资料并不具备,此外有些因素不是经济计算所能包含得了的,如赶不上订货会,生产厂又不能接受零星订货等。因此,还应研究如何确定经验订货批量,而经验订货批量在维修行业中是经常应用的。经验订货批量可取以下三个数值中最大的一个:三个月的消耗量;一个备件周期中的消耗量 xT (其中 T 为订货周期,即从发出订货单到进货入库的时间,单位为月; x 意义同前);若直接向生产厂订货,按正常价格厂方能接受的最低加工批量。

定量订货方式的库存量计算公式为

$$H_2 = H_0 + N(\text{或 } N_0)$$

$$H_1 = H_0 + xT$$

$$H_0 = kxT$$

式中, H_0 为安全库存量; H_1 为应订货的值点; H_2 为最大库存量; N 为经济订货量,也可用经验订货量 N_0 代入; k 为库存安全系数,视库存大小取值,一般大于1.1。

当库存下降到 H_1 时,就应订第二批货。当订的第二批货将入库时,这时库存已下降至安全库存量 H_0 。入库后库存量又上升到最大库存量 H_2 。



练一练

储备备件为齿轮,根据齿轮的消耗定额及机械设备的使用计划,确定月消耗量 $x=1$ 个/月,取库存安全系数 $k=1.2$,齿轮的生产订货周期 $T=3$ 个月,工厂能接受的最小批量为 6 个,采用经验订货批量 $N_0=6$ 个/批,求得

$$H_0=kxT=1.2 \times 1 \times 3=3.6 \approx 4 \text{ 个}$$

$$H_1=H_0+xT=4+1 \times 3=7 \text{ 个}$$

$$H_2=H_0+N_0=4+6=10 \text{ 个}$$

由以上计算可知,最大库存量为 10 个,一般以每月消耗 1 个的速度供应现场使用,3 个月后库存量降至 7 个。这时应向工厂订货 6 个,在 3 个月后交货时又领出 3 个,库存量降至 4 个,再加上新交货的 6 个,库存量又恢复为 10 个。这样,备件库的齿轮数的变化范围始终为 4~10 个。这是最理想的情况,万一出现不能及时交货或交货后验收不合格的情况,库里还有 4 个保险储备,可供 4 个月的应急之用。这时,订货的数量应临时增加至 9 个,以便把消耗的安全储备补充上去。

定量订货方式库存管理的关键是控制好“三量一点”：“三量”即安全库存量、经济订货量、最大库存量；“一点”即订货值点,使库存不积压、不紧张。这种方式虽不如一次订货省事,但是比较经济。实际上,备件消耗速度不可能全年均衡一致,所以最大库存量有时略高或略低于计算值 H_2 。

(2)定期订货方式。定期订货方式是指备件的订货时间是固定不变的,但订货数量可根据需要量和库存情况而变动。因此它没有经济批量的问题,这种订货方式适用于过去由国家、地方统管,由机电配件公司组织集中订货会的情况。一般维修企业常按月或季度提出采购计划。

$$H_2=2T'x$$

$$H_0=T'x$$

$$N=H_2-H_0$$

式中, T' 为订货间隔周期(月)。

(3)维持库存订货方式。维持库存订货方式适用于使用量很少,需求随机性很大,价格较高的备件,如汽车发动机机体、罗茨风机机壳等。储备的原则是适当地确定一个储备量,无须计算,既不要求定期订货,也不要求定量订货,遇到用时随时补充,以维持一定的库存,防止用时短缺。

4. 维修备件计划的编制与考核

1) 备件计划的编制

年度备件计划是全年配件加工订货、申请采购和平衡资金来源的依据。因此,备件计划的编制是备件供应的重要环节。年度备件计划的编制要根据如下几个方面进行。

- (1)年度机械使用计划及大修计划。
- (2)各使用单位提出的配件需求计划,再加上一定的安全储备量。
- (3)通过计算求出的各类备件的储备定额。
- (4)流动资金限额。

(5)现有的实际库存量。

计划编制好后,应根据流动资金限额加以平衡调整。

2)考核库存控制的方法

备件管理与控制的好坏主要从其经济效益和准确程度两方面加以考核。

(1)备件资金的周转速度反映备件库存控制的水平。备件资金的周转速度由周转期来体现,周转期计算公式为

备件储备资金周转期(天)=期末库存占用资金(元)/日平均备件消耗金额(元)

备件资金周转期越短越好,速度越快越好。

(2)备件储备资金占用率总额是衡量备件占用资金的合理性的一个依据,在满足维修需要和减少停机损失的前提下应尽量少。

备件储备资金占用率=备件储备资金总额(元)/设备原购置总值(元)×100%

(3)备件品种合格率用以考核备件储备准确度。它是指当年领用备件品种数与当年平均库存备件品种数之比,该比值越大,说明合格率越高。

训练与提高

一、填空题

1. 机电设备故障按性质不同可分为_____和_____。
2. 故障诊断基本方法按诊断的难易程度可分为_____和_____。
3. 利用焊接技术修复失效零件的方法称为_____。用于修补零件缺陷时称为_____；用于恢复零件几何形状及尺寸,或使其表面获得具有特殊性能的熔敷金属时称为_____。
4. 计划维修方式分为_____维修和_____维修。
5. 为了防止机电设备的功能、精度降低到规定的临界值或为了降低故障概率,按事先制订的计划和技术要求所进行的维修活动称为_____维修。
6. 利用电解的方法使金属或合金沉积在零件表面上形成金属镀层的工艺方法称为_____。
7. 机电设备的预防性计划维修,按维修内容、技术要求和工作量大小可划分为_____,_____,_____和_____四种类型。
8. 制造业中的机械化、半自动化、自动化生产线应该考虑采用_____的维修方式。

二、名词解释

故障 设备维修 预防性计划维修 机械修复法 备件 胶接修复

三、选择题

1. 采用()不仅可以修复失效零件的尺寸,还可以提高零件表面的耐磨性、硬度和耐蚀性。

A. 电镀修复法	B. 表面强化法
C. 电热喷涂修复法	D. 修理尺寸法
2. 采用故障诊断技术后可以减少()以上的设备故障。

A. 75%	B. 25%~50%
C. 40%	D. 80%

四、问答题

1. 机械故障诊断的基本内容有哪些？
2. 简述机电设备故障包含的两层含义。
3. 简述设备故障诊断的步骤。
4. 设备维修技术管理工作的主要内容有哪些？
5. 简述设备大修、项修竣工验收程序。
6. 维修质量标准有哪些内容？
7. 设备的改善维修与技术改造的主要区别是什么？

知识目标

熟悉轴类零件磨损后的故障现象；

熟悉滑动轴承的常见故障现象；

熟悉滚动轴承的类型；

了解齿轮传动的类型及特点,熟悉齿轮(蜗轮)传动的常见故障现象。

技能目标

能够进行轴的直线度检查及轴裂纹检查；

能够进行过盈配合连接件的装配；

能够进行滑动轴承间隙测量及调整；

能够进行滚动轴承与轴类零件的装配、预紧及游隙调整；

能够进行齿轮的装配及齿侧间隙检查。

任务一 轴类零件的故障维修与装配



任务描述

轴是机械设备维修工作中经常碰到的主要零件之一。轴的失效形式主要为轴颈的磨损、弯曲、扭转变形,键槽损坏和轴的断裂。通过本任务可以了解轴类零件的材料、装配与拆卸方法,掌握轴类零件磨损后的故障现象及维修措施。



任务分析

要对轴类零件进行维修,必须了解轴类零件的作用、材料、主要失效形式、安装与拆卸方法以及轴类零件的检测。轴的磨损主要是在轴颈磨损后的表面擦伤、圆度和圆柱度的变化。本任务介绍如何检测轴类零件的平行度、垂直度、同轴度以及磨损圆度,为诊断轴类零件故障类型和如何维修提供技术参数依据。



知识准备

一、轴的材料

轴是组成机器的主要零件之一。一切做回转运动的传动零件(如齿轮、蜗轮等)都必须安装在轴上才能进行运动和动力的传递。因此,轴的主要作用是支承回转零件及传递运动和动力。

轴的材料应有足够的抗疲劳性和耐磨性,且对应力集中的敏感性小,有良好的切削加工性能和热处理性能。轴的主要材料是碳钢和合金钢,钢轴的毛坯多数用圆钢和锻钢。

由于碳钢比合金钢价格低廉,对应力集中的敏感性较低,加之可用热处理的办法提高其耐磨性和疲劳强度,因而碳钢被广泛用于制造轴,其中最常用的是 45 钢。

合金钢比碳钢具有更高的力学性能和更好的淬火性能。因此,在传递大动力并要求减小尺寸与质量,提高轴颈的耐磨性,以及轴工作于高温或低温条件下时,常采用合金钢。

必须指出,在一般工作温度(低于 200 °C)下,各种碳钢和合金钢的弹性模量均相差不多。因此,在选择钢的种类和决定钢的热处理方法时,所依据的是强度与耐磨性,而不是轴的弯曲或扭转刚度。但也应当注意,在既定条件下有时也可选择强度较低的钢材,而采用适当增大轴的截面面积的办法来提高轴的刚度。

二、配制新轴需要考虑的因素

1. 轴的形状及结构对其强度的影响

若轴的最小直径相同,但由于外形和结构(孔和槽)不同,其强度和寿命也不同。尤其是在承受变载荷和冲击载荷时,其影响更为突出。

无圆角变化断面的轴强度最小,强度较等直径的轴降低约 10%~30%,其危险断面就在

轴径突变处;若轴上有钻孔,即使孔径仅有 2~3 mm,有此类钻孔的轴一般在孔的根部也易产生裂缝;若轴上开有键槽,强度也被削弱;若轴上不同轴径用圆角过渡,疲劳强度会有很大提高,若圆角半径不小于轴径的 1/10,则轴的疲劳强度与光轴的疲劳强度接近。所以要求尽量减缓轴截面的变径尺寸,尽量少开孔和槽。

2. 表面状态对轴疲劳强度的影响

轴的表面粗糙度对轴的疲劳强度影响也较大,若设抛光轴的表面疲劳强度为 100%,则其他类轴的表面疲劳强度分别为:粗加工表面 40%~60%,锈蚀表面 45%~55%,热处理时表面脱碳 30%~50%。

3. 轴上安装各种零件对强度的影响

在轴上安装各种静配合的零件(如过渡配合的联轴器、齿轮、带轮),如错误地采用较大的过盈量会降低配合处轴的强度,因为这样的配合会使轴产生很大的应力集中,使其疲劳强度降低约 1/3~2/3,即使过盈量合适,也会对轴的疲劳强度有所影响。所以过盈配合数值一定要选择适当,并且在轴的结构上也要采取相应措施。

为了便于装配,轴的端部及配合的起点应做出一定的倒角。为防止应力集中,轴的变径处及包容件的端部也需要做成圆角或倒角。

三、轴类零件的拆卸方法

轴与包容件之间的装配根据不同的工作要求有着不同的配合性质。拆卸时,应根据其配合性质采用不同的拆卸方法和工具。

1. 配合过盈不大的轴类零件

一般可用锤击的方法或用退卸器、压力机、千斤顶等工具拆卸。锤击时应在轴头处垫以铜棒、铅块或硬质木块,切勿直接击打轴头,以免使轴头变形损坏。

2. 不旋转的心轴

一般轴端有轴向螺纹孔供拆卸用。拆卸时先松开定位螺栓或挡板,再拧入螺栓,通过螺栓将轴拉出来。

3. 过盈较大的配合件

拆卸前需要在轴的包容件上加热。加热时可根据情况采用浇热油或用喷火焰等方法。齿轮的加热可用煤或木材,尽量少用焦炭。在加热过程中,为使包容件受热均匀,需将零件翻转几次,并注意不要使轴也同时受热而随之膨胀(一般可将轴的两端部包以湿布,并不断浇凉水)。通常包容件的加热温度不应超过 700℃,否则会使零件过分氧化、退火,如不再进行热处理,可能会降低零件的强度和使用寿命。加热温度的计算公式为

$$t = \frac{\delta_1}{d\alpha} K$$

式中, t 为拆卸零件中包容件需加热的温度(℃); d 为轴的直径(mm); α 为被加热零件材料的热膨胀系数(1/℃),可查表 2-1 取得; δ_1 为过盈尺寸(mm),如在维修中具体数值不清楚,对于静配合件可取轴径的 0.08%~0.14%,对于过渡配合件可取轴径的 0.02%~0.05%,轴径小取大值,轴径大取小值; K 为温度影响系数,考虑过盈值的估计误差、加热后运到拆卸

地点过程中的温度降低、拆卸时的温度降低以及其他影响温度的因素, $K=2\sim6$, 过盈小取大值, 过盈大取小值。

零件加热时, 必须时刻注意加热温度, 当达到加热温度后, 应立即停止加热, 准备压出或打出。从加热地点到拆卸地点之间的运输时间不允许过长, 否则轴因温度升高而膨胀, 对拆卸不利。

表 2-1 材料热膨胀系数

单位: $1/^{\circ}\text{C}$

材料	温度范围/ $^{\circ}\text{C}$					
	20~100	20~200	20~300	20~400	20~600	20~700
碳钢	(10.6~12.2) $\times 10^{-6}$	(11.3~13) $\times 10^{-6}$	(12.1~13.5) $\times 10^{-6}$	(12.9~13.9) $\times 10^{-6}$	(13~14.3) $\times 10^{-6}$	(14.7~15) $\times 10^{-6}$
铬钢	11.2×10^{-6}	11.8×10^{-6}	12.4×10^{-6}	13×10^{-6}	13.6×10^{-6}	—
铸铁	(8.7~11.1) $\times 10^{-6}$	(8.5~11.6) $\times 10^{-6}$	(11.0~12.2) $\times 10^{-6}$	(11.5~12.7) $\times 10^{-6}$	(12.9~13.2) $\times 10^{-6}$	—
黄铜	17.8×10^{-6}	—	—	—	—	—
锡黄铜	17.6×10^{-6}	—	—	—	—	—

四、轴拆卸后的清洗、检查与故障维修

1. 清洗

对拆卸后的轴件一般使用煤油、金属清洗剂等进行手工清洗。清洗完的零件再用碱性溶液清洗冲刷, 之后放置在干燥和干净的环境中并用包布遮盖。

2. 检查

轴的磨损主要是指在轴颈磨损后的表面擦伤、圆度和圆柱度的变化等情况。常用的检查工具有游标卡尺、千分尺、千分表、磁粉探伤仪等。

1) 磨损的检查

(1) 轴颈圆度的检查。轴颈圆度的准确检查方法应该在车床或专用托架上用千分表检查, 也可用游标卡尺手工检查。检查时需要在每一测量段上测量三处, 其中两处距轴颈端约 30 mm 处, 另一处在中间。如果将轴颈旋转一周, 千分表的指针读数增大或减少两次, 且正负读数大致相等, 就说明轴颈在该断面处磨损呈椭圆形, 并可根据读数差求得圆度。检查圆度是否合格可参阅相关标准。

(2) 轴颈圆柱度的检查。轴颈圆柱度的检查可参照检查圆度的方法进行, 但检查点不是在轴颈的同一横截面处, 而是在相距一定轴向长度处, 一般相距为 50~120 mm, 至少应在轴颈的根部、中部和端部测量轴颈的磨损情况。

轴颈的圆柱度不应超过其圆度公差, 而配合处的圆柱度应在配合尺寸公差范围内。轴颈圆度和圆柱度应符合技术要求规定值, 其大小可参阅技术文件或相关标准。

2) 直线度的检查

轴的直线度检查可在车床上用千分表进行, 也可在特制的滚动轴承托架上进行, 如图 2-1 所示。当轴缓慢转动时, 用千分表在轴的全长上测定三处, 分别为轴的两端和中间。

当轴转动时,千分表指针在表盘上移动的最大读数与最小读数之差即为轴直线度的 2 倍。

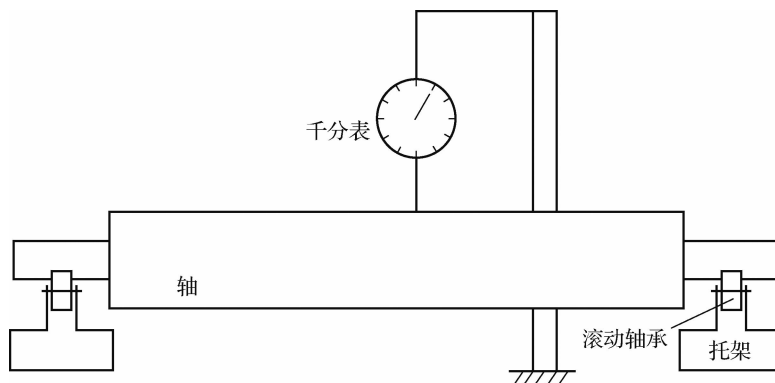


图 2-1 轴的直线度检查

测量时应注意,千分表的触头应置于轴的未经磨损或无损伤痕迹处,以免产生挠度与圆度或外形尺寸的相互混淆。检测直线度可参阅技术文件或相关标准。

3) 裂纹的检查

轴产生裂纹后将会产生机械事故,甚至造成人身伤害。因此,每次大修设备时都要检查轴的裂纹故障。通常用磁粉探伤仪和超声波探伤仪进行检查,磁粉探伤仪体积小,操作方便,现场应用广泛。超声波探伤仪多应用于铁轨探伤。

(1) 磁粉探伤原理。由于磁性材料置于磁场中即被磁化,当将某一材质和其截面不变的铁磁性材料置于均匀的磁场中时,材料内部产生的磁力线是均匀不变的。而当材料内部失去均匀性和连续性,即存在裂纹或出现非磁性夹杂物等情况时,这些地方的磁阻便增大,磁力线便发生偏转而失去分布的均匀性,如图 2-2 所示。

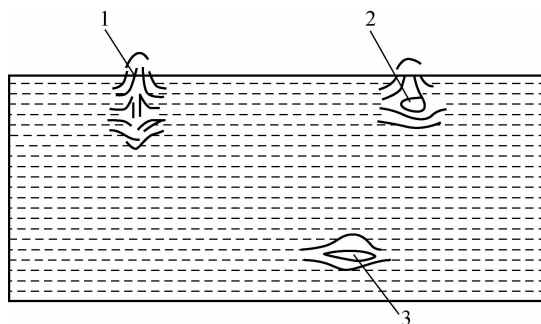


图 2-2 铁磁物质中磁力线的分布情况

1—表面横向裂纹; 2—近表面气泡; 3—深层纵向裂纹

当磁力线出现尖状(横向或纵向)时,即表示缺陷处是裂纹;当磁力线出现圆弧形时,即表示缺陷是凹坑。

(2) 磁粉探伤的操作步骤。

- ①将清洗后晾干的轴磁化。
- ②在视觉范围内给轴撒铁粉,均匀细密,继而产生磁力线。
- ③分析磁力线的分布情况及判断缺陷性质。
- ④将轴旋转一定弧度重复上述操作,直至将整个轴的圆弧都测完。

3. 故障维修

1) 轴颈磨损的维修

轴颈上具有不大的磨痕和擦伤时,可用细锉和砂布消除。没有配合尺寸精度要求、直径小于 250 mm 的轴颈磨损后,其圆度和圆柱度小于 0.1 mm 时,可用手工适当修复,手工修复磨损量一般最大不应超过 0.2 mm。重要轴的轴颈有较大磨损时,应用机床进行外圆车削修复,其车削量不应超过原直径的 5%,表面粗糙度 Ra 不大于 $0.8 \mu\text{m}$,以保证其强度不降低。如在配合处可重新考虑配合方式和性质,必要时可采用涂镀、电镀或喷涂工艺修复,在强度许可的条件下,也可采用镶套处理。

2) 弯曲轴的矫直

对机械设备轴尤其是细长轴,无论是在拆卸、装配还是在保管过程中,都应注意防止其发生弯曲变形。对已弯曲的轴进行矫直是一项较精细的工作,其矫直方法有冷矫直法和热矫直法两种。

(1)冷矫直法。冷矫直时工件的两端可放在 V 形铁上,中间用压力机加压矫直,矫直后应进行低温时效处理,以消除内应力。

(2)热矫直法。热矫直法的简单原理是在轴弯曲的最高点加热,如图 2-3 所示。由于加热区受热膨胀会使轴的两端向下弯曲,但当轴冷却时,加热区就产生较大的收缩应力,使轴的两端向上翘起,而且超过了加热时的弯曲度,这个超过的量值就是需矫直的部分。冷却可采用水冷却,也可采用自然冷却。

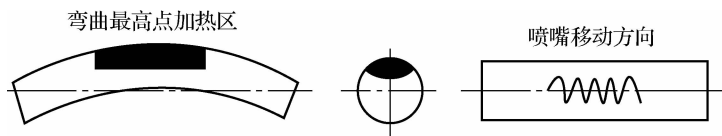


图 2-3 轴类零件的热矫直

热矫直轴的一般操作规范如下:利用车床或 V 形铁,找出轴弯曲变形的最高点,确定加热区。加热用的氧—乙炔焰喷嘴按轴类零件直径粗细决定大小,直径粗的,喷嘴要大些。加热区的形状有条状(在均匀变形和扭曲时常用)、蛇形(在变形严重,需加热的面积大时采用)、圆点状(用于精加工后的细长轴)。当弯曲量较大时,可分数次加热矫直,一次加热时间不可过长,以免烧坏工件表面,加热温度应控制在 $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内。

轴类零件的冷矫直法和热矫直法都属于塑性变形修理法。在冷矫直时有冷作硬化和内应力现象发生。轴的变形量越大,这种现象也就越严重。在热矫直时,局部加热则会使金属的组织 and 力学性能发生局部变化,这对经过热处理的轴影响更大。故热矫直后,应尽量恢复原有的热处理条件。

3) 轴裂纹的维修

对机械设备重要部位的轴,在其裂纹深度超过直径 5% 或扭转变形角超过 3° 时应当更换。对不受冲击载荷、次要的轴,轴上较浅的裂纹可用电焊进行补焊。必须指出,当轴的材料为低碳钢时,用低于轴本身含碳量的一般低碳钢焊条进行补焊效果较好;当轴的材料为中碳钢时,用低于轴本身含碳量的焊条进行焊接有时效果也不理想,其主要原因是焊接后增碳,应力集中,疲劳强度大大下降,焊后使用寿命较短。在焊接过程中在裂纹处开坡口,根据

具体情况将轴整体缓慢加热到约 300 °C 再进行焊接,并且焊接后再进行热处理等技术措施,效果会明显提高。

五、轴的装配

1. 轴装配前的准备

在开始装配前,应对轴和包容件孔的配合尺寸进行校对,确认无误后方可进行装配。为使装配顺利一般应做下述工作。

(1)在配合表面涂一层清洁机油,以减少配合表面的摩擦阻力。

(2)过渡配合的装配件在装配时应注意不要歪斜,仔细检查装正时方可施加压力,防止压入时因位置歪斜而刮伤轴或孔。

(3)对已装配好的轴部件,应均匀地支承在轴承上,用手转动应感到轻快。并且各装配件轴间的平行度、垂直度、同轴度均要符合要求。

2. 轴装配过程中的检查方法

1)轴间平行度的检查

轴间平行度的检查方法可根据具体情况确定,主要有如下两种方法。

(1)用弯针和挂线配合检查。如图 2-4 所示,此时钢丝线应与轴 2 的中心线垂直,使间隙相等,然后检查钢丝与轴 1 的指针间的间隙 b 是否相等,此种检测方法误差较大。

(2)用测量轴间距离的方法检查。如图 2-5 所示,用内径千分尺或游标卡尺来测量两轴间两处的距离,被测两处距离应相距远些。用内径千分尺测量时,为获得正确的结果,必须将内径千分尺的一端顶在轴的圆柱面上作为支点,绕着它在两个相互垂直方向划几下圆弧,以便测出轴间的最近距离。如在两处所测的距离数值相等,就说明两轴平行度较好。这种方法较前种方法所测的精确度高。

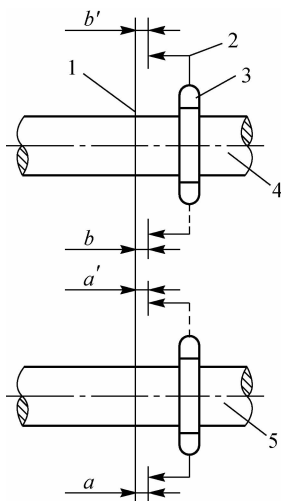


图 2-4 用弯针和挂线配合检查轴的平行度

1—钢丝线; 2—弯针; 3—卡子;
4—轴 1; 5—轴 2

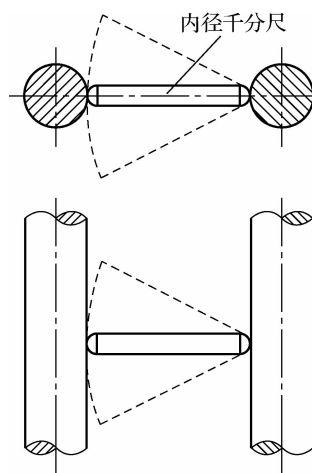


图 2-5 用内径千分尺测量轴的平行度

2) 轴的垂直度检查

可用弯针检查两根互相垂直的轴的垂直度。如图 2-6 所示, a 和 b 差值越小, 两轴的垂直性越好。

3) 轴的同轴度检查

如图 2-7 所示, 当缓慢转动轴时, 如果用塞尺量得卡子末端与轴间的间隙 a 不变, 则说明两轴是同轴的。

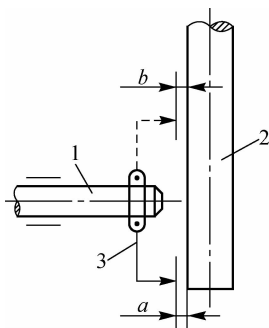


图 2-6 轴的垂直度检查

1、2—轴；3—弯针

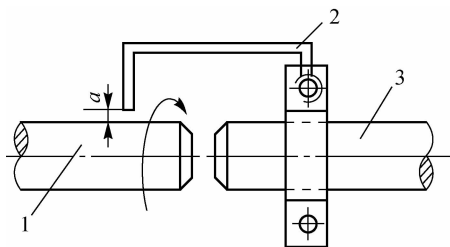


图 2-7 轴的同轴度检查

1、3—轴；2—装有螺钉的卡子

任务实施

轴的有关参数的测量

1. 测量轴的磨损圆度

1) 地点

机械设备故障检修实训室或实训基地。

2) 设备工具

轴、百分表、游标卡尺、千分尺等。

3) 分组

5 人为一组, 指定组长。

4) 检查

检查环境安全条件。

5) 实施步骤

(1) 介绍实训内容、操作技术要求和安全操作规程。

(2) 指导教师演示圆度测量方法及其过程, 然后学生亲自动手测量。

(3) 观察轴磨损故障现象, 分析故障原因。

(4) 记录有关实训内容及测量数据, 并计算轴的圆度。

(5) 总结操作技术程序和技术要领, 整理实用测量技术。

(6) 学生提出问题, 教师答疑并引导学生归纳总结。

(7) 教师对学生的动手操作情况给予评价。

2. 测量轴的平行度、垂直度、同轴度

1) 地点

机械设备故障检修实训室或实训基地。

2) 设备

工具轴、钢丝线、指针、卡子、内径千分尺、游标卡尺、90°角尺等。

3) 分组

5 人为一组,指定组长。

4) 检查

检查环境安全条件。

5) 实施步骤

(1)介绍实训内容、操作技术要求和安全操作规程。

(2)指导教师演示轴平行度、垂直度、同轴度等的测量方法及其过程,然后学生亲自动手测量。

(3)观察测量过程及其操作要领。

(4)记录有关实训内容、测量数据,以及分析相关数据。

(5)总结和整理实用测量技术。

(6)学生提出问题,教师答疑并引导学生归纳总结。

(7)教师对学生的动手操作情况给予评价。

知识拓展

工件磁化方法

工件磁化时,磁场方向应尽可能与缺陷方向垂直,才能清晰地显示其缺陷。但是工件的缺陷可能有各种取向,而且难以预计。为了发现所有缺陷,可以采取各种不同的磁化方法。

1. 纵向磁化法

纵向磁化法使磁力线沿着工件轴向通过,适合探测工件的横向裂纹。常用的磁化方法有闭合磁路法和线圈法,如图 2-8 所示。

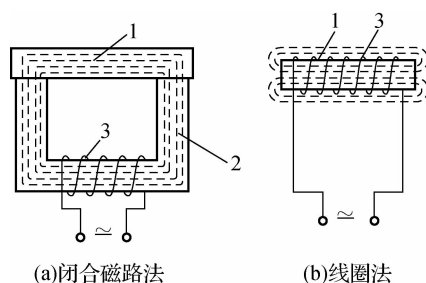


图 2-8 纵向磁化法

1—被测工件; 2—磁轭; 3—线圈

2. 周向磁化法

周向磁化法使工件上产生一个绕其轴线的周向磁场,主要测出工件轴向的裂纹。如图 2-9(a)所示,电流沿着工件轴向流动,因此产生一个环绕工件轴心线的磁场,该磁场磁力

线垂直于工件上的纵向裂纹,故使裂纹被探测出来。这种方法以工件为导线,需要的电流很大,容易引起电路系统发热,所以要尽可能采用剩磁检验。对于含碳量在中碳钢以上的钢材,其剩磁强度较强,完全可以采用剩磁检验;对于铸铁和低碳钢,其剩磁较弱,采用剩磁检验效果不佳,还需带电连续检验。

当工件为空心结构时,可用中心孔通电法,如图 2-9(b)所示,而且可用导线代替图中的导电心杆,并可使导线多次通过,这样可以降低导线中通过的电流。

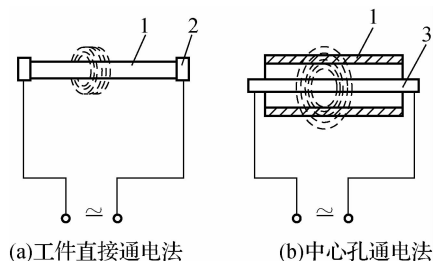


图 2-9 周向磁化法

1—被测工件; 2—磁轭; 3—导电心杆

任务二 过盈配合连接件的装配



任务描述

过盈配合也称为静配合,过盈配合的装配是将具有较大尺寸的被包容件(轴)装入具有较小尺寸的包容件(孔)中。这种连接能承受较大的轴向力、扭矩及冲击载荷,精度高,应用广泛。例如,齿轮、联轴器、飞轮、带轮、链轮等与轴的连接,轴承与轴承套的连接等都属于过盈配合。过盈配合是一种固定连接,除应保证零件间有正确的定位和紧固性外,还要求装配时不损伤零部件,不降低其强度及精度。常用的装配方法有冷压装配法、热压装配法、冷却轴件装配法等。

过盈配合在机械设备中应用很广,如气缸套与气缸的配合、连杆衬套与连杆座孔的配合、大型齿轮的轮缘与轮芯的配合、青铜齿轮轮缘与钢轮芯的配合、减速器的轴与蜗轮的配合等。本任务通过学习过盈配合连接件的装配方法掌握热压装配法的装配工艺。



任务分析

热压装配法是在机械设备维修中广泛应用的方法。本任务主要介绍如何应用热压装配法来实现过盈配合连接件的装配。



知识准备

一、过盈配合连接件的要求

为了保证过盈配合连接件在装配后能正常工作,必须满足如下要求。

(1) 装配后最小的实际过盈量应保证两个零件具有一定的紧密度。在传递轴向力、较大

的扭矩或冲击载荷时,配合表面之间不会发生松动。

(2)装配后最大的实际过盈量所引起的应力不应使装配零件损坏。

二、过盈配合连接件装配方法的选择

过盈配合连接件的常用装配方法有冷压装配法、热压装配法和冷却轴件装配法三种方法。

1. 冷压装配法

冷压装配法适用于配合压力较小的过盈配合,如 s5、r5 和 s6 等,在成批、大量生产中装配较为方便迅速。

为了利于压装也便于日后拆卸,在压装前零件的配合表面应涂抹润滑油。当遇到用键来辅助固定时,应先装配键后进行压装。轴端的压配件也可以在压装后再进行装配,但须用引键来找正键槽位置。引键应较原键略松,顶端应有螺孔;引键要比键槽短些,压入装配后利用螺孔将引键拉出,再装配原键。

对于过长的轴不能在轴端施加压力压装,否则会使轴弯曲变形,只能采用加热孔或冷却轴的方法进行装配。

2. 热压装配法

热压装配法俗称为红装法,其基本原理是利用加热包容件,使其直径膨胀到一定数值后,将被包容件自由装入孔中并定位,待零件冷却后产生非常大的应力,达到过盈装配的要求。在具有一定经验的情况下,这种方法比较简单,易操作且质量可靠。与冷压装配法相比较,热压装配法可以避免发生粗糙的接触表面因轴向移动而被压平,因此具有较大的紧固力。

3. 冷却轴件装配法

冷却轴件装配法是将轴件放在装有冷却剂的冷却箱中,使轴径缩小,并在与孔件构成间隙后立即把孔件和轴件装配在一起,一次到位。现场常用的冷却剂有固体二氧化碳(冷却温度可达 -75°C)、液体空气(冷却温度可达 -180°C)、液氨(冷却温度可达 -120°C)等。冷却时必须注意操作安全,以防冻伤。



任务实施

热压装配工艺

1. 加热温度

加热温度一般为 $80^{\circ}\text{C}\sim 400^{\circ}\text{C}$,不能超过 600°C ,以避免金相组织发生变化,影响零件的力学性能。

2. 加热方法

热压装配时孔件常用的加热方法有热浸加热法、炉内加热法和电感应加热法等。热浸加热法适用于体积和过盈都较小的零件,如轴承、小型齿轮;炉内加热适用于加热精度要求高、尺寸较小的零件;电感应加热法加热均匀,温度容易控制,适用于有精密要求的零件和需要防火的场所。

3. 装入

当孔件温度达到所需要的加热温度时开始装配,装配前去掉孔件表面的灰尘、污物,装

配时必须一次装到预定位置,不能在中途停留,装配后避免人为强迫冷却,以免引起内应力。一般热压配合件的轴都由轴肩来定位,如果轴上没有轴肩,应在轴上预先装一个定位圈。

知识拓展

孔件的加热方法

1. 热浸加热法

热浸加热法用于尺寸及过盈量较小的连接零件。其特点是加热均匀、方便易行,常用于加热轴承。其方法是將机油装入铁质器皿中加热,并将被加热件用挂钩或网栅悬浸于热油中,以保证零件受热均匀,禁止将零件置于器皿的底部直接加热。所用机油闪点不应低于 $200\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 220\text{ }^{\circ}\text{C}$,以免引起火灾。当要求的加热温度超过机油闪点时,应选用其他方法加热。对于机油连接零件,可采用沸水或蒸汽加热。

2. 氧—乙炔焰加热法

氧—乙炔焰加热法多用于对较小零件的加热。其方法简单,便于操作,但易产生局部过热现象,故要求操作者具有熟练的操作技术。

3. 固体燃料加热法

固体燃料加热法适用于加热结构简单、要求较低的连接件。操作时可根据零件尺寸临时用砖砌制加热炉或将零件用砖架起,用木柴或焦炭加热。为防止热量散失,可在零件上适当罩盖。此方法加热简单,成本低廉,但加热温度不易掌握,零件受热不够均匀,且炉灰飞扬易诱发火灾,所以最好不要使用。

4. 炉内加热法

炉内加热法是指将零件置于专用加热炉内进行加热的方法。此方法热利用率高,清洁卫生,零件受热均匀,适于加热精度要求高、尺寸较小的零件,是冶金及矿山机械装配中常用的方法。当被加热件壁厚较大时,应注意加热后使其在炉内保温一定时间,以使其由表及里均匀受热。保温温度应较加热温度高 $10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$,保温时间可控制在 $20\sim 50\text{ min}$ 。

5. 煤气加热法

煤气加热法是利用煤气火焰对零件直接加热的方法。此方法操作简单,加热温度易于掌握,不产生粉尘污染。对大型零件只要煤气烧嘴布置合理、均匀,就能实现均匀加热。此方法在有煤气的地方应广泛采用。

6. 电阻加热法

将镍—铬电阻丝绕在耐热瓷管上,放在被加热零件的孔中,对镍—铬电阻丝通电便可实现加热。为防止散热可用石棉板制作外罩,盖在零件上,这种方法只用于精密设备或有防爆要求的场所。

7. 电感应加热法

利用交变电流通过铁芯(即被加热零件)外的线圈使铁芯产生交变磁场,在铁芯内与磁力线垂直方向产生感应电动势,从而形成涡流,将电能转化为热能使零件加热。此方法操作简单,加热均匀,没有粉尘污染,不易诱发火灾,最适合加热有精密要求的零件或有防火、防

爆要求的场所。同时也特别适合大型零件的加热,如 50 t 转炉倾动机构的大齿轮及转炉耳轴,被加热齿轮直径达 4 290 mm,重 17.8 t。

采用此方法应特别注意防止外绕线圈绝缘皮烧损,以免因短路导致不良后果。通常以石棉布包裹被加热件,从而起到隔热作用。其电路原理图如图 2-10 所示,图中可变电阻用于调节电流强度,控制加热温度及加热过程。

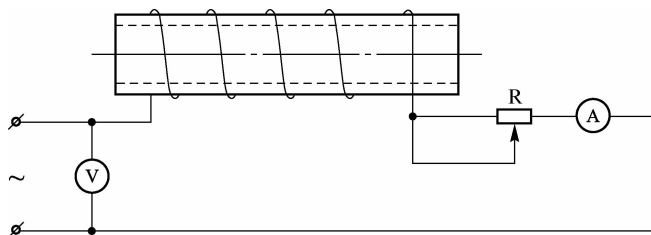


图 2-10 电感应加热的电路原理图

无论采用哪种加热方法,加热时都应注意使零件受热均匀,并严格控制加热温度和加热时间,以防止配合表面氧化和金相组织发生变化。现场中常用油类或金属作为测试零件温度的材料,如机油的闪点为 $200\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 220\text{ }^{\circ}\text{C}$,锡的熔点为 $230\text{ }^{\circ}\text{C}$,纯铅的熔点是 $327\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。另外,也可以用测温纸片及测温蜡笔测试温度。近来不少企业开始采用半导体点接触测温计测温。上述几种方法均很难准确测定加热温度,故现场常用样杆进行检测,以确定被加热零件孔的膨胀量是否达到要求,如图 2-11 所示。样杆尺寸按孔的实际尺寸与三倍实际过盈量之和制作,当孔被加热到样杆刚好能垂直通过时,即可停止加热。

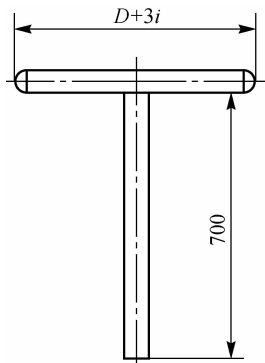


图 2-11 样杆简图

任务三 滑动轴承的故障维修与装配

任务描述

滑动轴承应用在大负荷、有冲击负载、工作转速较高或回转精度特别高的机械设备上。滑动轴承构造简单,成本低,便于维修。滑动轴承的维修质量和装配质量直接影响机器设备运转的质量,进而影响设备的使用寿命。若滑动轴承装配不当或间隙不合适,可能导致烧瓦,造成设备严重损坏。本任务主要介绍滑动轴承的类型、装配与调整以及故障原因和维修。



任务分析

本任务要求掌握滑动轴承的装配、滑动轴承间隙的调整以及如何对滑动轴承的故障进行维修的知识。



知识准备

一、滑动轴承动压油膜的形成

轴在滑动轴承中旋转时,如果没有润滑油润滑就会导致轴与轴瓦之间产生干摩擦,造成轴承的迅速磨损,使轴承急剧发热而导致轴承合金熔化与轴胶结,增大电动机负荷而发生严重事故。因此,在重要场合滑动轴承必须在完全液体摩擦条件下工作。

轴承的良好润滑状况就是要保证轴颈与轴承之间建立起液体润滑,形成动压油膜,其过程可分为以下三个阶段。

1. 静止阶段

如图 2-12(a)所示,此时轴颈和轴承在 A 点接触,因轴颈还未旋转,故不发生摩擦。

2. 启动阶段

如图 2-12(b)所示,此时轴颈开始旋转,并沿轴承内壁向上移,在 B 点产生边界摩擦。

3. 稳定阶段

如图 2-12(c)所示,此时由于有一定流速的润滑油的充足供应,加上轴颈具有足够高的转速,使黏附在轴颈表面上的润滑油被旋转的轴不断地带入轴承内壁与轴颈外圆之间的楔形间隙里,油从楔形间隙的大口流入,从小口排出。油在楔形间隙中的流动阻力随着间隙的逐渐减小而不断增大,使油液产生一定的压力,将轴颈向旋转方向推动,以便形成能承受压力的油膜,当油膜的总压力大于负荷 P 时,将轴颈抬起来,使这里的摩擦变成了完全的液体摩擦。此时,在轴颈与轴承间形成一层油膜,即滑动轴承动压油膜,油膜厚度为 h 。油压呈抛物线分布,中间最大,两端为零。

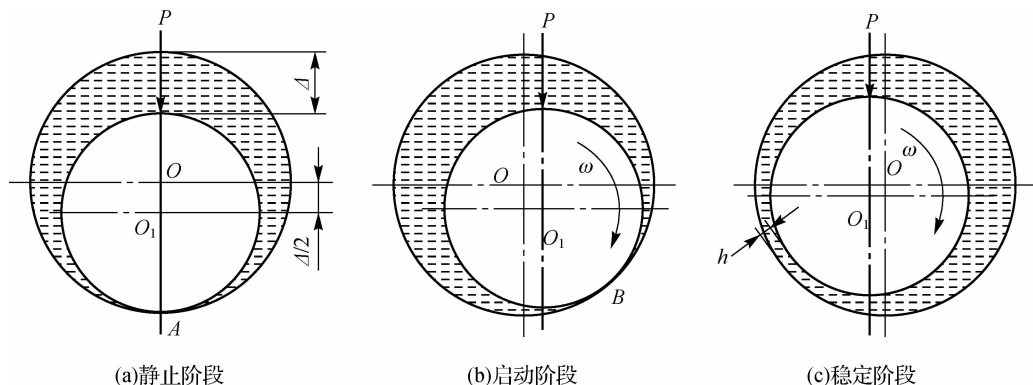


图 2-12 动压油膜的形成过程

二、滑动轴承的类型

滑动轴承有以下几种分类方法。

(1)根据载荷形式分类,滑动轴承可分为静载滑动轴承和动载滑动轴承。

(2)根据承受载荷的方向分类,滑动轴承可分为径向滑动轴承、止推滑动轴承和径向止推滑动轴承。

(3)根据润滑类型分类,滑动轴承可分为气体静压轴承、气体动压轴承、液体静压轴承、液体动压轴承、挤压油膜轴承、动静压混合轴承、固体润滑轴承、无润滑轴承、自润滑轴承、多孔质自润滑轴承和自储油滑动轴承组件。

(4)根据设计类型分类,滑动轴承可分为圆形滑动轴承、非圆滑动轴承、多油楔滑动轴承、瓦块止推轴承、径向可倾瓦块轴承、止推可倾瓦块轴承、浮动轴承、滑动轴承组件和自位滑动轴承。

三、滑动轴承间隙的确定与调整

1. 滑动轴承留有间隙的原因

滑动轴承的间隙是轴颈和轴瓦之间的空隙,分为径向间隙和轴向间隙两种,径向间隙又分为顶间隙 Δ 和侧间隙 b ,如图 2-13 所示。留有径向间隙的目的,一是使润滑油能流到轴颈和轴瓦之间形成油膜而达到完全的液体润滑;二是为了控制机械设备零部件在运转中的精确度。径向间隙小能提高运转精度,但如果径向间隙太小,就不能使轴承中的润滑油形成油膜,会使运转时轴颈与轴承的金属产生相互摩擦发热,甚至烧坏轴承。径向间隙太大,轴颈运转时产生冲击和跳动,冲击负荷会破坏润滑油形成的油膜,使机械设备零部件在运转中产生较大振动和噪声。因此,轴承在装配时应具有适当的径向间隙。

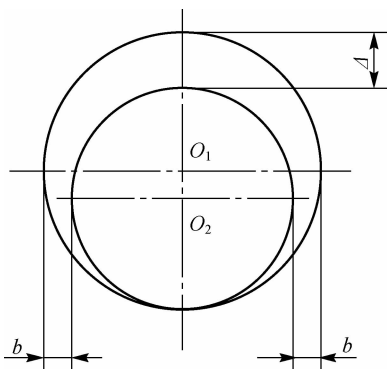


图 2-13 轴承与轴颈配合间隙示意图

滑动轴承的侧间隙主要起散热作用,同时在侧间隙处开油沟,将润滑油连续地引到轴承的承载部分。侧间隙还可防止因运转中发热使轴承膨胀而将轴颈抱死。滑动轴承的轴向间隙是为了确保轴运转导致温度升高而发生长度方向变化时有自由伸缩的余地。

2. 滑动轴承间隙的选择

1) 滑动轴承径向间隙的选择

滑动轴承径向间隙的选择有以下几种方法。

(1)滑动轴承顶间隙的选择。滑动轴承顶间隙的选择方法如下。

①按图样上标的配合偏差和精度等级查得轴与孔的上下偏差值,计算出最大和最小间隙值。滑动轴承顶间隙的表达式为

$$\Delta = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{2} (X_{\max} + X_{\min}) + X_{\max} \right]$$

式中, Δ 为滑动轴承的顶间隙(mm); $X_{\max}$ 为轴颈与轴瓦配合的最大间隙(mm); $X_{\min}$ 为轴颈与轴瓦配合的最小间隙(mm)。

②在缺乏图样资料的情况下,可按以下经验公式计算滑动轴承的顶间隙。

$$\Delta = Kd$$

式中, d 为轴颈直径(mm); K 为顶间隙系数,见表 2-2。

表 2-2 滑动轴承顶间隙系数表

序 号	类 别	K
1	一般精密机床轴承或一级配合精度的轴承	$>0.000\ 5$
2	二级配合精度的轴承	0.001
3	一般冶金设备轴承	0.002~0.003
4	粗糙机械	0.003 5
5	透平机类轴承	0.002

(2)滑动轴承侧间隙的选择。顶间隙是一般值时, $b = \Delta$; 顶间隙是较大值时, $b = \Delta/2$; 顶间隙是较小值时, $b = 2\Delta$ 。

2) 滑动轴承轴向间隙的选择

滑动轴承轴向间隙值应按轴的结构形式进行选择,其大小应符合设备技术文件的规定值,如无规定时,应考虑轴的热膨胀伸长量。

3. 滑动轴承间隙的测量与调整

滑动轴承径向间隙常用塞尺测量法或压铅测量法等方法测量,轴向间隙可用塞尺或百分表测量。具体测量方法的操作阅读本节后面的知识扩展或参阅相关的文献。

任务实施

滑动轴承的故障维修与装配

1. 滑动轴承的故障维修

1) 滑动轴承的损伤类型

滑动轴承的损伤类型可分为轴颈和轴瓦结合面的刮伤、颗粒磨损、咬伤和疲劳磨损、轴承衬剥离、润滑剂对轴承材料的腐蚀、各种侵蚀(气蚀、流体侵蚀、电侵蚀)、微动磨损等。

2) 滑动轴承的故障维修方法

滑动轴承的故障主要集中在两点:一是轴颈与轴瓦接触面磨损,造成间隙增大,通常采用刮研修理;二是润滑通道被破坏,通常采用修整润滑通道的方法。

刮研轴瓦是一项细致而又费时的工作。轴瓦的刮研要使轴颈与轴瓦接触细密、均匀,使轴承具有一定的间隙,使轴瓦的接触角在要求的范围,轴瓦的接触点数及分布达到要求。

为保证轴承内有足够的润滑油,需要在滑动轴承轴衬上开凿油槽。油槽的形状有直线形、“十”字形和“王”字形。

2. 滑动轴承的装配

1) 轴瓦与轴承座及轴承盖的装配

为使轴瓦的瓦背与轴承座孔配合紧密,一要保证轴瓦与座孔的过盈量合适,二要保证轴瓦与座孔接触良好。

轴瓦与座孔配合的过盈量太大时,轴瓦装入轴承座后将产生较大变形,使轴瓦与轴之间必要的间隙得不到保证,不利于流体润滑的实现,严重时可能导致烧瓦和抱轴故障。若该过盈量太小,配合过松,机器运转时,轴瓦可能会在座孔中游动,使轴瓦产生周期性变形,引起合金层脱落或使轴承温度升高,严重时还会造成烧瓦。轴瓦与座孔合适的配合过盈量是通过两点来保证的:一是轴瓦在自由状态的曲率半径大于座孔半径(有一定的扩张量);二是轴瓦装入座孔后,其剖分面应比轴承座剖分面高出一个 Δh 。 $\Delta h = \pi Y / 4$ (Y 为轴瓦与座孔配合的过盈量),一般 $\Delta h = 0.05 \sim 0.10 \text{ mm}$ 。因此,在装配轴承前,首先应检查轴瓦的扩张量是否合适,然后用压铅丝的方法测定轴瓦剖分面比轴承座剖分面高出的量 Δh 。若 Δh 不符合规定,采用刮研方法处理。

轴瓦背与座孔的接触情况可用涂色法进行检查。要求轴承盖与上瓦的接触面积不小于 40%,轴承座与下瓦的接触面积不小于 50%,并且要求印痕分布均匀,接触斑点应不少于 2 点/平方厘米。接触面积小,接触斑点分布不均或过少,都可能导致轴瓦的磨损、变形、破裂。必要时可通过刮研处理来保证此项要求。

在滑动轴承的装配中,不允许轴瓦在座孔内发生转动或轴向游动。在轴瓦与轴承座之间设置定位销可有效防止轴瓦转动。轴瓦的翻边或止口是用来防止轴瓦的轴向游动的,因此,翻边或止口与轴承座端面之间不应有间隙。

2) 轴瓦与轴的装配

轴瓦与轴的装配要保证满足两项要求:一是能实现正常的润滑,二是要有合理的接触。

知识拓展

滑动轴承间隙的测量

1. 塞尺测量法

轴瓦与轴颈之间的径向间隙通常可用塞尺测量,测量时注意塞尺塞进间隙中的长度,不应小于轴瓦长度的 2/3。图 2-14 为用塞尺法测量轴承间隙的示意图。

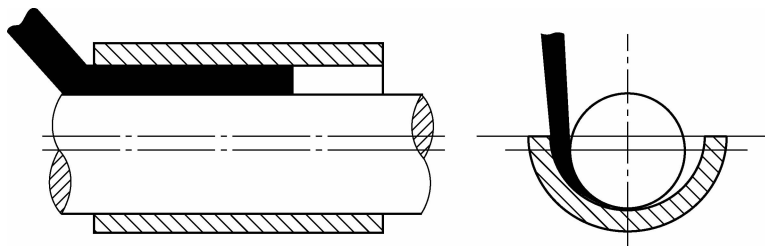


图 2-14 用塞尺测量轴承间隙

2. 压铅测量法

选用的铅丝直径不能太大或太小,最好为规定顶间隙值的 1.5~2 倍,长度为 30~

100 mm, 铅丝应柔软。测量时, 先把轴承盖打开, 将小段铅丝涂上一小点油脂, 放在轴颈上部及轴承上下瓦的接合处, 如图 2-15 所示。然后盖上轴承盖, 均匀地拧紧轴承盖螺栓, 待螺栓紧固到位后, 再松开螺栓, 取下轴承盖, 用游标卡尺测量出每节压扁了的铅丝厚度, 计算出轴承的顶间隙。具体公式为

$$\Delta = \frac{(c_1 - A_1) + (c_2 - A_2)}{2}$$

式中, $A_1 = \frac{(a_1 + b_1)}{2}$; $A_2 = \frac{(a_2 + b_2)}{2}$ 。

当顶间隙的测量数值超过极限数值时, 应通过减小调整垫片的厚度使其顶间隙值恢复到初始间隙数值。与此同时, 还应检查下瓦面上轴颈与轴瓦磨损后的接触角, 若接触角接近或达到 120° , 下瓦磨损已达极限, 必须在减少调整垫片的同时刮下瓦, 使接触角恢复到初始接触角。当测量轴瓦径向最大间隙达到或超过极限允许间隙数值时, 说明轴瓦磨损严重, 应当更换轴瓦。

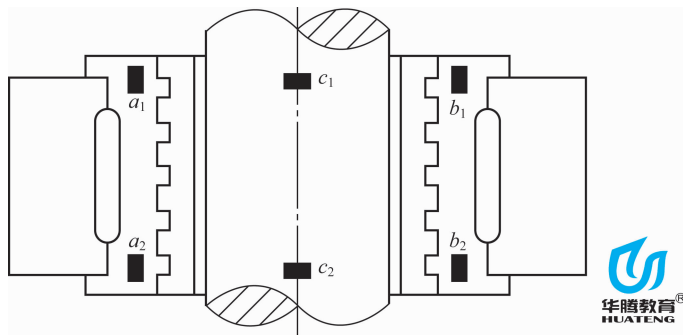


图 2-15 轴承径向间隙压铅法测量

任务四 滚动轴承的装配



任务描述

滚动轴承是现代机器中广泛应用的部件之一, 它是依靠主要元件间的滚动接触来支撑转动零件的。滚动轴承绝大多数已经标准化并由专业工厂大量制造。本任务介绍了几种典型的滚动轴承结构、装配工艺以及调整方法。



任务分析

滚动轴承大部分是标准件, 要保证滚动轴承正常工作必须正确选择轴承的类型, 了解滚动轴承的结构、安装和调整方法。本任务以典型滚动轴承为例介绍滚动轴承如何拆装, 装配后如何预紧和调整。

知识准备

一、滚动轴承概述

滚动轴承主要应用在中小载荷的机器中。滚动轴承的基本结构如图 2-16 所示,它由内圈、外圈、滚动体和保持架四部分组成。内圈用来和轴颈装配,外圈用来和轴承座孔装配。通常是内圈随轴颈回转,外圈固定,但也可用于外圈回转而内圈不动,或是内、外圈同时回转的场合。当内、外圈相对转动时,滚动体即在内、外圈的滚道间滚动。常用的滚动体如图 2-17 所示,有球、圆柱滚子、圆锥滚子、球面滚子、非对称球面滚子、滚针等几种。轴承内、外圈上的滚道有限制滚动体沿轴向位移的作用。

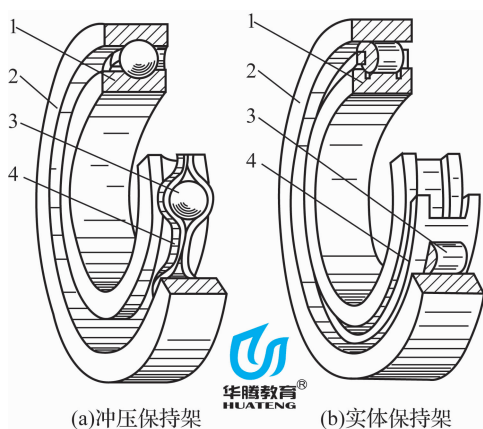


图 2-16 滚动轴承的基本结构

1—内圈；2—外圈；3—滚动体；4—保持架

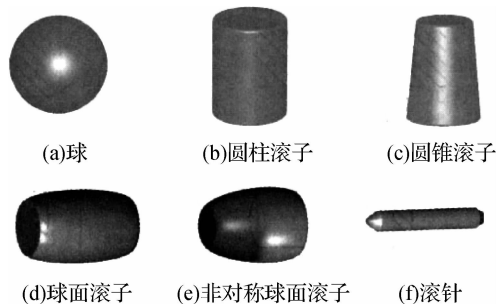


图 2-17 常用的滚动体

保持架的主要作用是均匀地隔开滚动体。如果没有保持架,则相邻滚动体转动时将会由于接触处产生较大的相对滑动速度而引起磨损。保持架有冲压保持架和实体保持架两种。冲压保持架一般用低碳钢板冲压制成,它与滚动体间有较大的间隙,见图 2-16(a)。实体保持架常用铜合金、铝合金或塑料等材料经切削加工制成,有较好的定心作用,见图 2-16(b)。

二、滚动轴承的分类

1) 按轴承承受载荷方向分

- (1) 向心轴承,只承受径向载荷。
- (2) 推力轴承,只承受轴向载荷。

2) 按滚动体形状分

滚动轴承按滚动体形状可分为球轴承和滚子轴承,滚子轴承按滚子种类又可分为圆柱滚子轴承、滚针轴承、圆锥滚子轴承和调心滚子轴承,见图 2-17。

3) 按结构类型分

滚动轴承按其结构类型可分为以下多种类型,如图 2-18 所示。

- (1) 深沟球轴承,间隙不可调整。
- (2) 调心球轴承,间隙不可调整。
- (3) 圆柱滚子轴承,间隙不可调整。
- (4) 调心滚子轴承,间隙不可调整。
- (5) 滚针轴承,间隙不可调整。
- (6) 角接触球轴承,间隙可调整,一般成对使用。
- (7) 圆锥滚子轴承,内外圈可分离,安装时易于调整间隙。

(8) 推力球轴承,该轴承有两个套圈,其内径与孔径配合要求不同,一松一紧,松环比紧环的内径大 0.2 mm 以上。

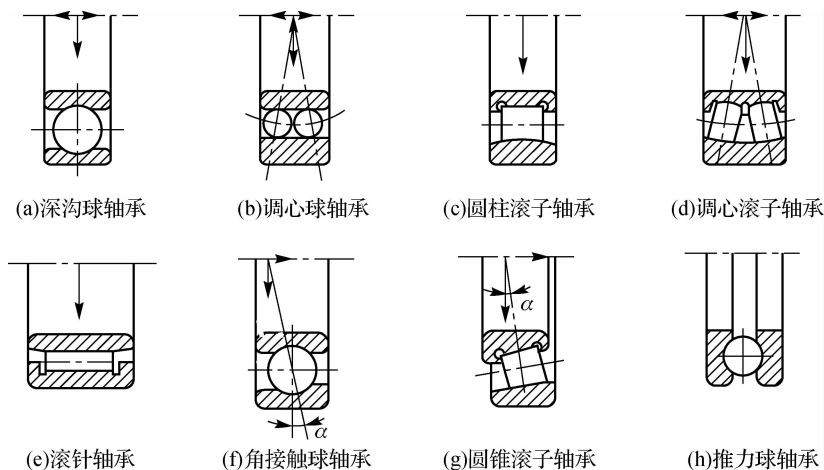


图 2-18 滚动轴承的主要类型

三、滚动轴承的配合选择

滚动轴承是标准件,为使轴承便于互换和大量生产,轴承内孔与轴的配合采用基孔制配合,即以轴承内孔的尺寸为基准;轴承外径与外壳孔的配合采用基轴制配合,即以轴承外径尺寸为基准。与内圈相配合的轴的公差带及与外圈相配合的外壳孔的公差带均按照圆柱公差与配合的国家标准选取。

轴承配合种类的选取应根据轴承的类型和尺寸、载荷的大小和方向以及载荷的性质等决定。选择的轴承配合应保证轴承正常运转,防止内圈与轴、外圈与外壳孔在工作时发生相对转动。一般来说,当工作载荷的方向不变时,转动圈应比不动圈配合更紧一些,因为转动圈承受旋转的载荷,而不动圈承受局部的载荷。当转速越高、载荷越大和振动越强烈时,则应选用越紧的配合。当轴承安装于薄壁外壳或空心轴上时,也应采用较紧的配合。但是过紧的配合也有不利之处,这时可能因内圈的弹性膨胀和外圈的收缩而使轴承内部的游隙减小,甚至完全消失,也可能由于相配合的轴和座孔表面的不规则形状或不均匀的刚度而导致轴承内外圈产生不规则的变形,这些都将破坏轴承的正常工作。过紧的配合还会使装拆困难,尤其对于重型机械。

对开式的外壳与轴承外圈的配合宜采用较松的配合。当要求轴承的外圈在运转中能沿

轴向游动时,该外圈与外壳孔的配合也应较松。但过松的配合对提高轴承的旋转精度、减小振动是不利的。

如果机器工作时有一定的温度变化,那么,工作温度将使配合性质发生变化。轴承运转时,对于一般工作机械来说,套圈的温度常高于其相邻零件的温度。这时,轴承内圈可能因膨胀而与轴松动,外圈可能因热膨胀而与外壳孔胀紧,从而可能使原来需要外圈有轴向游动能力的轴承丧失游动性。所以,在选择配合时必须仔细考虑轴承装置各部分的温差和其热传导方向。

以上介绍了选择轴承配合的一般原则,具体选择时可结合机器的类型和工作情况,参照该类机器的使用经验进行。各类机器所使用的轴承配合及各类配合的几何公差、配合表面粗糙度和几何形状允许偏差等资料可查阅有关设计手册。

四、滚动轴承的拆卸、清洗、检查

1. 滚动轴承的拆卸

常用手锤或拆卸器等专用器具拆卸滚动轴承,禁止直接击打轴承。必须保证在拆卸时不损伤轴承和座体,拆卸力要均匀地加在压紧的套圈上,拆卸力不能直接或间接地作用在滚动体上。从轴承箱上拆卸轴承时,力要加在轴承外圈上。当遇到与轴颈锈死或配合较紧的情况时,可预先用煤油浸渍配合处,之后用拆卸器拆卸,必要时可用 120℃ 的热机油浇轴承,使其内圈受热膨胀以便拆卸。

2. 滚动轴承的清洗和检查

拆卸下来的轴承一般用煤油清洗,也可用化学清洗剂清洗。清洗时一手拿住内圈,另一手慢慢反复转动外圈,将滚道内和保持架上的污物除掉,必要时应放在木板上敲打震击掉。清洗干净后擦干,若轴承能复用,应涂抹上机油用纸包好待用。对新轴承,使用前应将防护油脂清洗干净,再加入规定的润滑油。

对于清洗后的滚动轴承,主要通过如下几个方面去检查轴承的损坏情况。

(1) 正常破坏形式有滚动体或内圈滚道上的点蚀,以及由于润滑不足造成的烧伤;滚动体和滚道间的磨损造成的间隙增大;装配不当造成的轴承卡死、胀破内圈、敲碎内外圈和保持架变形等。

(2) 如果发现轴承旋转时声音太大或有卡紧现象,说明质量不好。当发现存在轴承间隙因磨损超过规定值、滚动体和内外圈有裂纹、滚道有明显斑点、变色疲劳脱皮、保持架变形等现象,轴承就不能继续使用。

(3) 滚动轴承间隙的检查要根据不同的结构进行。间隙可调整类轴承拆卸后不需要检查,而是在装配时进行调整;不可调整类滚动轴承在清洗后,可用塞尺测量法或经验检查法进行径向间隙的检查,以定取舍。

任务实施

滚动轴承的装配、调整与预紧

1. 典型滚动轴承的装配

滚动轴承装配时的注意事项如下。

(1) 装配前,按设备技术文件的要求仔细检查轴承及与轴承相配合零件的尺寸精度、几何公差和表面粗糙度。

(2) 装配前,应在轴承及与轴承相配合的零件表面涂一层机械油,以利于装配。

(3) 装配轴承时,无论采用什么方法,压力只能施加在过盈配合的套圈上,不允许通过滚动体传递压力,否则会引起滚道损伤,从而影响轴承的正常运转。

(4) 装配轴承时,一般应将轴承上带有标记的一端朝外,以便观察轴承型号。

1) 圆柱孔滚动轴承的装配

圆柱孔滚动轴承是指内孔为圆柱形孔的向心球轴承、圆柱滚子轴承、调心轴承和角接触轴承等。这些轴承在轴承中占绝大多数,具有一般滚动轴承的装配共性,其装配方法主要取决于轴承与轴及座孔的配合情况。

轴承内圈与轴为紧配合,外圈与轴承座孔为较松配合,这种轴承的装配是先将轴承压装在轴上,然后将轴连同轴承一起装入轴承座孔中。压装时要在轴承端面垫一个由软金属制作的套管,套管的内径应比轴颈直径大,外径应小于轴承内圈的挡边直径,以免压坏保持架,如图 2-19 所示。另外,装配时要注意导正,防止轴承歪斜,否则不仅装配困难,而且会产生压痕,使轴和轴承过早地损坏。

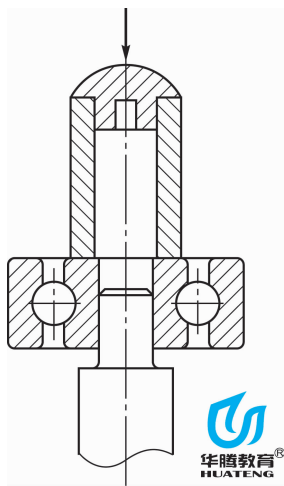


图 2-19 用套管装配轴承

轴承外圈与轴承座孔为紧配合,内圈与轴为较松配合,对于这种轴承的装配是采用外径略小于轴承座孔直径的套管将轴承先压入轴承座孔,然后再装轴。

当轴承内圈与轴、外圈与座孔都是紧配合时,可用专门套管将轴承同时压入轴颈和座孔中。对于配合过盈量较大的轴承或大型轴承,可采用温差法装配。采用温差法安装时,轴承的加热温度为 $80^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$,冷却温度不得低于 -80°C 。对于内部充满润滑脂的带防尘盖或密封圈的轴承,不得采用温差法安装。

热装轴承的方法最为普遍。轴承加热的方法有多种,通常采用油槽加热,如图 2-20 所示。

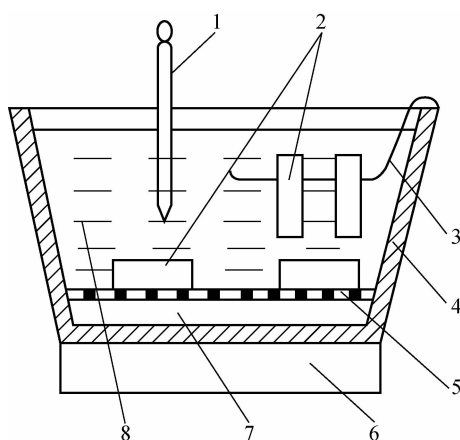


图 2-20 轴承的加热方法

1—温度计；2—轴承；3—挂钩；4—油池；5—栅网；
6—电炉；7—沉淀物；8—油

加热的温度由温度计控制,加热的时间根据轴承大小而定,一般为 10~30 min。加热时应将轴承用挂钩悬挂在油槽中或用网架支起,不得使轴承接触油槽底板,以免发生过热现象。待轴承在油槽中加热至 100 ℃左右时,从油槽中取出放在轴上,用力一次推到顶住轴肩的位置。在冷却过程中应始终推紧,使轴承紧靠轴肩。

2)圆锥孔滚动轴承的安装

圆锥孔滚动轴承可直接装在有锥度的轴颈上,或装在直轴带紧定套和返卸套的锥面上。这类轴承一般要求有较紧密的配合,配合公差由轴承相对于轴颈配合面上的距离来决定。轴承压进有锥度的轴颈,由于内圈膨胀使轴承径向游隙减小。轴承在装配前需测量径向游隙,装配过程也要经常用塞尺测量,直到达到所允许的游隙量为止。当径向游隙不能用塞尺测量时,可测量轴承在锥度轴颈上的移动距离,计算出径向游隙减小量。对于锥度为 1:12 的实心轴,轴向压入距离约为径向游隙减小量的 15 倍。分离型轴承可直接用外径千分尺来测量内圈的膨胀量。

2. 滚动轴承装配时游隙的调整

1)游隙

滚动轴承的滚动体与滚道之间的工作间隙称为游隙。滚动轴承的游隙对轴承的旋转性能、润滑、温升和噪声等都有很大影响,如选择和调整不当会造成轴承过早地损坏。

轴承的游隙分为径向游隙和轴向游隙。径向游隙是指轴承的一个套圈固定不动,另一个套圈在垂直于轴承轴线方向由一个极端位置移动到另一个极端位置的移动量。轴向游隙是指在轴线方向的移动量,就是轴的轴向窜动量。径向游隙和轴向游隙间有密切的关系,一般径向游隙越大,则轴向游隙越大。

根据滚动轴承在装配前、后和运转时所处的状态不同,轴承的径向游隙又可分为原始游隙、配合游隙和工作游隙。原始游隙是指轴承在未安装前自由状态下的游隙,是出厂时具有的游隙。配合游隙是指轴承被装配到机械部件的轴或轴承箱孔内的游隙。由于过盈配合的

影响,配合游隙永远小于原始游隙。工作游隙是指轴承在工作时的游隙,它随工作温度的升高而使配合游隙减小,又因工作负荷的作用,使滚动体与套圈产生弹性变形而使游隙增大,一般情况下工作游隙大于配合游隙。

2) 游隙不可调整的滚动轴承的装配

深沟球轴承、调心球轴承、圆柱滚子轴承、调心滚子轴承的游隙在制造时已按标准规定调好,安装时一般不再调。这类轴承装配后主要是检查游隙变动后是否符合要求。

对单列向心滚子轴承可用手沿轴向晃动轴承外圈,检查有无配合游隙,此种方法精度可达 0.01 mm。径向配合游隙也可用塞尺或千分表测量。

当装配游隙不可调整的滚动轴承时,有些轴承要留有一定的轴向间隙,以免工作时温度升高、轴伸长使轴承的内外圈发生相对位移,从而使径向游隙减小,甚至滚动体被卡死。间隙大小根据实际情况取 0.2~0.5 mm。

3) 游隙可调整的滚动轴承的装配

游隙可调整的轴承有角接触球轴承、单列向心推力圆锥滚子轴承、推力球轴承、双向推力球轴承、单向推力圆柱滚子轴承和单向推力圆锥滚子轴承等几种。这些滚动轴承的游隙一般都在安装时调整。

各种游隙可调整的滚动轴承的轴向游隙可查阅相关手册或技术文件。游隙可调整的滚动轴承的游隙的调整主要有箱体与轴承盖间加调整垫片、轴上螺母定位、箱体上的螺纹定位等方法。

3. 滚动轴承装配的预紧

滚动轴承的预紧是指在安装时使轴承内部滚动体与套圈间保持一定的初始压力和弹性变形,以减小在工作负荷下轴承的实际变形量,改善轴承的支撑刚度,提高旋转精度。轴承预紧量应适当,预紧量过小将达不到预紧的目的,预紧量过大又会使轴承中接触应力和摩擦阻力增大,从而导致轴承寿命的降低。

轴承的预紧常用定位预紧、定压预紧和径向预紧。

1) 定位预紧

装配时将一对轴承的外圈或内圈磨去一定厚度或在其间加装垫片,以使轴承在一定的轴向负荷作用下产生变形,达到预紧,如图 2-21 所示。

2) 定压预紧

装配时利用在套圈上的弹簧力使轴承受一定的轴向负荷而产生预变形,达到预紧,如图 2-22 所示。

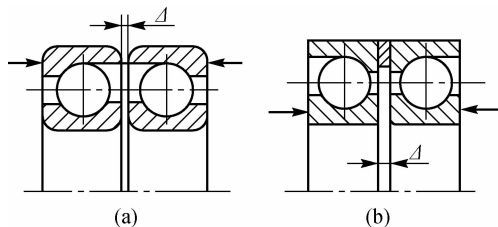


图 2-21 轴承的定位预紧

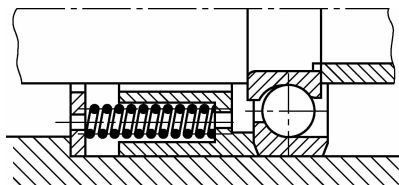


图 2-22 轴承的定压预紧

3) 径向预紧

装配时,利用轴承和轴颈的过盈配合,使轴承内圈膨胀(如锥孔轴承),消除径向游隙,减小预变形,达到预紧的目的。

知识拓展

可调型滚动轴承的间隙调整

可调型滚动轴承的游隙都是通过调整轴承套圈之间的相互位置而达到要求的,轴承的径向游隙主要由外圈的相对移动所得到的轴向游隙来确定。下面以圆锥滚子轴承为例加以说明。

1. 利用箱体上的内螺纹调整

如图 2-23 所示,利用箱体上的内螺纹调整轴承外圈得到适当的轴向游隙。

2. 利用螺钉和挡碗调整

如图 2-24 所示,采用螺钉和挡碗来调整间隙,调整方法是将螺钉拧紧直到轴不能转动,然后按游隙的要求将螺钉反转,反转数按螺纹导程计算。

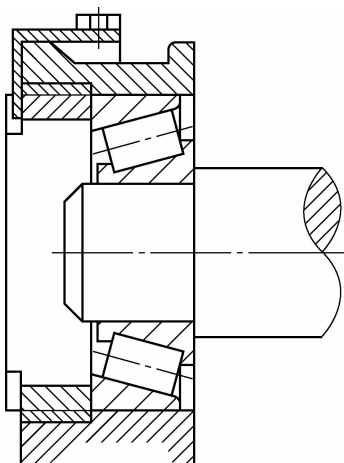


图 2-23 利用箱体上的内螺纹调整

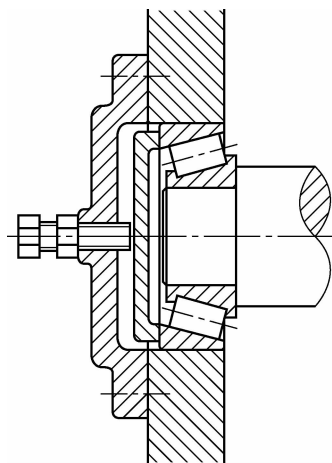


图 2-24 利用螺钉和挡碗调整

3. 利用调整垫片调整

可利用在箱体与侧盖之间加调整垫片的方法来调整轴承外圈得到适当的轴向游隙,如图 2-25 所示。

4. 利用双螺母或圆螺母调整

如图 2-26 所示,用螺母调整轴承内圈得到适当轴向游隙。

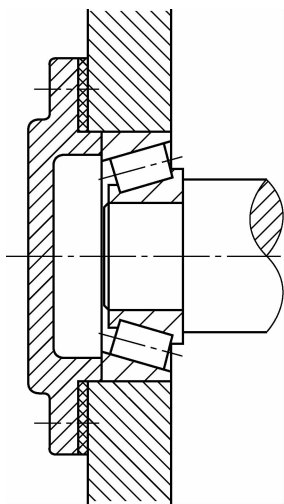


图 2-25 利用调整垫片调整

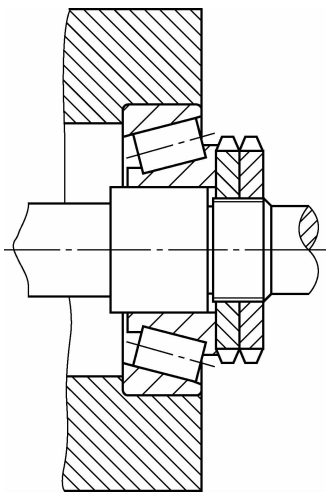


图 2-26 利用螺母调整内圈

任务五 齿轮传动装置的故障维修与装配



任务描述

机械设备中应用最多的传动装置是齿轮传动。齿轮传动具有效率高、结构紧凑、工作可靠、寿命长及传动比稳定的优点,但制造和安装精度要求高,制造费用较大。本任务主要介绍齿轮传动的失效形式和故障诊断方法,掌握齿轮常见故障的维修方法。



任务分析

齿轮传动的失效主要是轮齿的失效,轮齿的失效主要是齿面磨损,轮齿折断,齿轮轮缘、轮毂裂纹。本任务就是掌握如何对轮齿的失效进行维修。



知识准备

一、齿轮传动概述

齿轮传动是机械传动中最重要的传动之一,形式很多,应用广泛,传递的功率可达数十万千瓦,圆周速度可达 200 m/s。齿轮传动有以下特点。

1. 效率高

在常用的机械传动中,以齿轮传动的效率为最高。如一级圆柱齿轮传动的效率可达 99%,这对于大功率传动十分重要,因为即使效率只提高 1% 也有很大的经济意义。

2. 结构紧凑

在同样的使用条件下,齿轮传动所需的空间尺寸一般较小。

3. 工作可靠、寿命长

设计制造正确合理、维护良好的齿轮传动,工作十分可靠,寿命可长达一二十年,这也是其他机械传动装置所不能比拟的。这对车辆及在矿井内工作的机器尤为重要。

4. 传动比稳定

传动比稳定往往是对传动性能的基本要求。齿轮传动之所以能够获得广泛应用正是由于具有这一特点。但是齿轮传动还具有制造及安装精度要求较高,价格较贵,不适用于较大距离的传动等特点。

齿轮传动可做成开式齿轮传动、半开式齿轮传动及闭式齿轮传动。在农业机械、建筑机械以及简易的机械设备中,有一些齿轮传动没有防尘罩或机壳,齿轮完全暴露在外边,称这种齿轮传动为开式齿轮传动。开式齿轮传动不但外界杂物极易侵入,而且润滑不良,因此工作条件不好,轮齿也容易磨损,故只宜用于低速传动。齿轮传动装有简单的防护罩,有时还把大齿轮部分地浸入油池中,称其为半开式齿轮传动。半开式齿轮传动的工作条件虽有改善,但仍不能做到严密防止外界杂物侵入,润滑条件也不算最好。而汽车、机床、航空发动机等所用的齿轮传动都是装在经过精确加工而且封闭严密的箱体(机匣)内,称其为闭式齿轮传动。闭式齿轮传动与开式齿轮传动或半开式齿轮传动相比较,润滑及防护等条件最好,所以闭式齿轮传动多用于重要的场合。

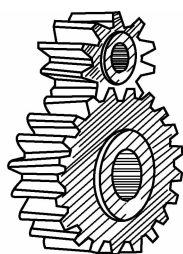
二、齿轮传动的类型与应用

齿轮机构的类型很多,根据一对齿轮在啮合过程中其瞬时传动比($i_{12} = \omega_1 / \omega_2$)是否恒定,将齿轮机构分为圆形齿轮机构($i_{12} = C$, C 为常数)和非圆形齿轮机构($i_{12} \neq C$, C 为常数)。应用最广泛的是圆形齿轮机构,而非圆形齿轮机构则用于一些有特殊要求的机械中,本任务只介绍圆形齿轮机构。

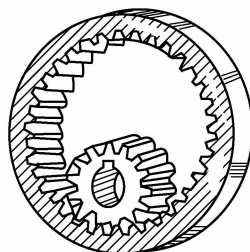
依据齿轮两轴间相对位置的不同,圆形齿轮机构又可分为以下几类。

1. 用于平行轴间传动的齿轮机构

图 2-27 所示为用于平行轴间传动的齿轮机构。其中,图 2-27(a)为外啮合齿轮机构,该齿轮结构两轮转向相反;图 2-27(b)为内啮合齿轮机构,该齿轮结构两轮转向相同;图 2-27(c)为齿轮与齿条机构,齿条做直线运动。图 2-27(a)、(b)、(c)中各轮齿的齿向与齿轮轴线平行,称为直齿轮。图 2-27(d)中的轮齿的齿向相对于齿轮的轴线倾斜一个角度,称为斜齿轮;图 2-27(e)为人字齿轮,可将其视为由螺旋角方向相反的两个斜齿轮所组成。



(a)外啮合齿轮



(b)内啮合齿轮



图 2-27 平行轴间传动的齿轮机构

2. 用于相交轴间传动的齿轮机构

图 2-28 所示为用于相交轴间的锥齿轮机构。它有直齿和曲线齿之分。直齿锥齿轮应用最广,而曲线齿锥齿轮由于其传动平稳,承力高,常用于高速重载的传动中,如汽车、拖拉机、飞机等的传动。

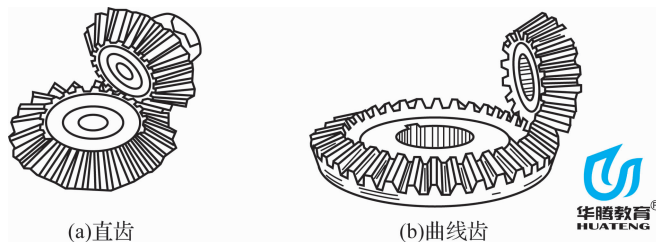


图 2-28 相交轴间传动的齿轮机构

3. 用于交错轴间传动的齿轮机构

图 2-29 所示为用于交错轴间传动的齿轮机构。图 2-29(a)为交错轴斜齿轮机构,图 2-29(b)为蜗杆机构,图 2-29(c)为准双曲面齿轮机构。

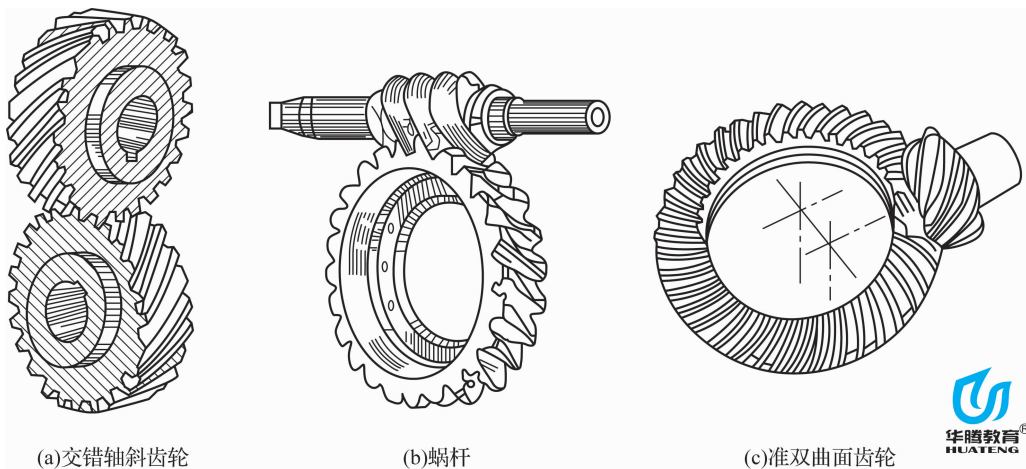


图 2-29 交错轴间传动的齿轮机构

三、齿轮传动的失效形式和预防措施

一般来说,齿轮传动的失效主要是轮齿的失效,而轮齿的失效形式又是多种多样的,这里仅介绍几种常见的失效形式。其余的轮齿失效形式请参看有关标准。至于齿轮的其他部分(如齿圈、轮辐、轮毂等),除了对齿轮的质量大小需严格限制外,通常只按经验设计,所定的尺寸对强度及刚度来说均较富裕,实践中也极少失效。

1. 轮齿折断

轮齿折断有多种形式,在正常工况下,主要是齿根弯曲疲劳折断,因为在轮齿受载时,齿根处产生的弯曲应力最大,再加上齿根过渡部分的截面突变及加工刀痕等引起的应力集中作用,当轮齿重复受载时,齿根处就会产生疲劳裂纹,并逐步扩展,致使轮齿疲劳折断。

此外,在轮齿受到突然过载时,也可能出现过载折断或剪断;在轮齿经过严重磨损后齿厚过分减薄时,也会在正常载荷作用下发生折断。

为了提高轮齿的抗折断能力,可采取下列措施。

- (1)用增大齿根过渡圆角半径及消除加工刀痕的方法来减小齿根应力集中。
- (2)增大轴及支撑的刚度,使轮齿接触线上受载较为均匀。
- (3)采用合适的热处理方法使齿心材料具有足够的韧性。
- (4)采用喷丸、滚压等工艺措施对齿根表层进行强化处理。

2. 齿面磨损

在齿轮传动中,齿面随着工作条件的不同会出现多种不同的磨损形式。例如,当啮合齿面间落入磨料性物质(如砂粒、铁屑等)时,齿面即被逐渐磨损而致报废,这种磨损称为磨粒磨损。它是开式齿轮传动的主要失效形式之一。改用闭式齿轮传动是避免齿面磨粒磨损最有效的办法。

3. 齿面点蚀

点蚀是齿面疲劳损伤的现象之一。在润滑良好的闭式齿轮传动中常见的齿面失效形式多为点蚀。所谓点蚀就是齿面材料在变化着的接触应力作用下,由于疲劳而产生的麻点状损伤现象。齿面上最初出现的点蚀仅为针尖大小的麻点,如工作条件未加改善,麻点就会逐渐扩大,甚至数点连成一片,最后形成了明显的齿面损伤。

轮齿在啮合过程中,齿面间的相对滑动起着形成润滑油膜的作用,而且相对滑动速度越快,越易在齿面间形成油膜,润滑也就越好。当轮齿在靠近节线处啮合时,由于相对滑动速度低,形成油膜的条件差,润滑不良,摩擦力较大,特别是直齿轮传动,通常这时只有一对齿啮合,轮齿受力也最大。因此,点蚀也就首先出现在靠近节线的齿根面上,然后再向其他部位扩展。从相对意义上说,也就是靠近节线处的齿根面抵抗点蚀的能力最差(即接触疲劳强度最低)。

开式齿轮传动由于齿面磨损较快,很少出现点蚀。

4. 齿面胶合

对于高速重载的齿轮传动(如航空发动机减速器的主传动齿轮),齿面间的压力大,瞬时温度高,润滑效果差。当瞬时温度过高时,相啮合的两齿面就会发生粘在一起的现象,由于此时两齿面又在做相对滑动,相黏结的部位即被撕破,于是在齿面上沿相对滑动的方向形成伤痕,称为胶合。传动时的齿面瞬时温度越高、相对滑动速度越大的地方,越易发生胶合。

有些低速重载的重型齿轮传动,由于齿面间的油膜遭到破坏,也会产生胶合失效。此

时,齿面的瞬时温度并无明显升高,故称为冷胶合。

加强润滑措施、采用抗胶合能力强的润滑油(如硫化油)、在润滑油中加入极压添加剂等均可防止或减轻齿面的胶合。

5. 塑性变形

塑性变形是由于在过大的应力作用下,轮齿材料处于屈服状态而产生的齿面或齿体塑性流动形成的。塑性变形一般发生在硬度低的齿轮上;但在重载作用下,硬度高的齿轮上也会出现。

塑性变形又分为滚压塑变和锤击塑变。滚压塑变是由啮合轮齿的相互滚压与滑动而引起的材料塑性流动所形成的。由于材料的塑性流动方向和齿面上所受的摩擦力方向一致,所以在主动轮的轮齿上沿相对滑动速度为零的节线处将被碾出沟槽,而在从动轮的轮齿上则在节线处被挤出脊棱,这种现象称为滚压塑变。锤击塑变则是伴有过大的冲击而产生的塑性变形,其特征是在齿面上出现浅的沟槽,且沟槽的取向与啮合轮齿的接触线相一致。提高轮齿齿面硬度、采用高黏度的或加有极压添加剂的润滑油均有助于减缓或防止轮齿产生塑性变形。

四、齿轮传动的故障诊断

齿轮传动中,最常使用耳听法和齿轮接触面观察法来判断齿轮传动的质量,从而决定设备是否该检修。

1. 耳听法

当设备出现异常声音时,应及时停车检查。可用一根空心铝棒,一端放在耳旁,另一端试接触机械设备某部位来判断齿轮异常的位置。

2. 齿轮接触面观察法

通过观察齿轮接触面的情况,判断齿轮故障的原因,并及时采取处理措施。通过大齿轮上的着色情况判断齿轮的装配质量。

1) 圆柱齿轮、锥齿轮副、蜗轮与蜗杆接触检查操作

可用着色法检查,检查步骤如下。

(1) 在小齿轮上涂上显示剂。

(2) 旋转小齿轮,驱动大齿轮 3~4 圈。

(3) 检查大齿轮上的接触色迹。

2) 圆柱齿轮接触痕迹分析

圆柱齿轮接触痕迹如图 2-30 所示。齿轮啮合接触精度包含接触面积的大小和接触位置,它是表明齿轮制造和装配质量的重要标志,可用涂色法检查。

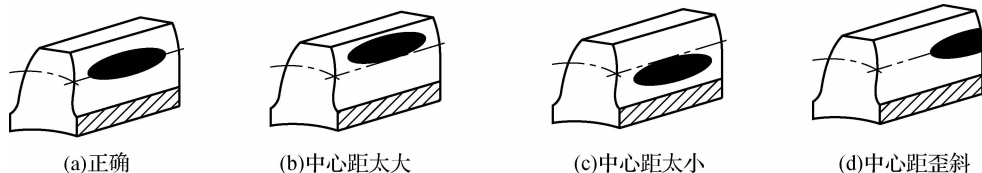


图 2-30 圆柱齿轮接触痕迹

3) 锥齿轮副接触痕迹分析

锥齿轮副接触痕迹如图 2-31 所示,通过观察大齿轮的着色情况来判断齿轮接触质量。

图 2-31(a)所示的两齿轮装配过紧,应按箭头方向调整,主动齿轮退,被动齿轮进;图 2-31(b)所示的两齿轮装配过松,应按箭头方向调整,主动齿轮进,被动齿轮退;图 2-31(c)所示的两齿轮接触不良,应按箭头方向调整,主动齿轮进,被动齿轮进;图 2-31(d)所示的两齿轮装配稍紧,应按箭头方向调整,主动齿轮退,被动齿轮退;图 2-31(e)所示的两齿轮装配正确,齿轮啮合情况良好,运转时磨损均匀,噪声小。

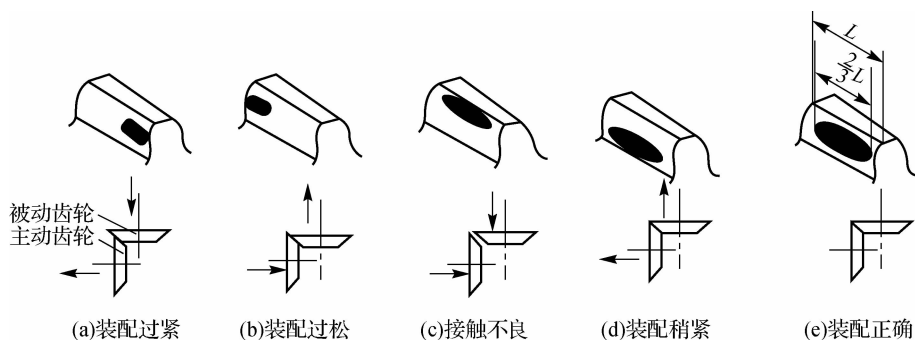


图 2-31 锥齿轮副接触痕迹

4) 蜗轮与蜗杆接触痕迹分析

蜗轮与蜗杆接触痕迹如图 2-32 所示,通过观察蜗轮的着色情况来判断蜗杆与蜗轮的接触质量。

正确的接触位置应在中部稍偏于蜗杆旋转方向,如图 2-32(c)所示。图 2-32(a)、(b)为偏离较大的情况,应调整蜗轮的轴向位置。接触斑点的大小,在常用的 7 级精度传动中,痕迹的长度和高度应分别不小于蜗轮齿长的 $2/3$ 和齿高的 $3/4$;在 8 级精度传动中,应分别不小于蜗轮齿长的 $1/2$ 和齿高的 $2/3$ 。

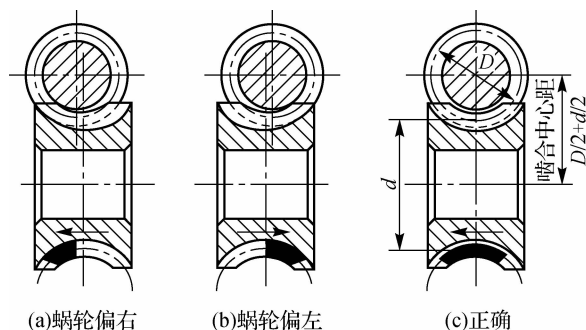


图 2-32 蜗杆与蜗轮接触痕迹

五、齿轮传动的装配

齿轮传动正确装配的基本要求是:齿轮正确地装配在轴上,精确保证齿轮的位置,使齿间具有合适的间隙,保持正确的中心距,保证齿的表面接触良好。

1. 圆柱齿轮的装配

对于冶金和矿山机械的齿轮传动,由于传动力大,圆周速度不高,所以对齿面接触精度和齿侧间隙要求较高,而对运动精度和工作平稳性精度要求不高。齿面接触精度与适当的

齿侧间隙和齿轮与轴、齿轮轴组件与箱体的正确装配有直接关系。

圆柱齿轮传动的装配过程,一般是先把齿轮装在轴上,再把齿轮轴组件装入齿轮箱。

1) 齿轮与轴的装配

齿轮与轴的连接形式有空套连接、滑移连接和固定连接三种。

(1)空套连接。齿轮与轴的配合性质为间隙配合,其装配精度主要取决于零件本身的加工精度,因此在装配前应仔细检查轴、孔的尺寸是否符合要求,以保证装配后的间隙适当。装配中还可将齿轮内孔与轴进行配研,通过对齿轮内孔的修刮使空套表面的研点均匀,从而保证齿轮与轴接触的均匀度。

(2)滑移连接。齿轮与轴之间仍为间隙配合,一般多采用花键联接,其装配精度也取决于零件本身的加工精度。装配前应检查轴和齿轮相关表面、尺寸是否合乎要求。对于内孔有花键的齿轮,其花键孔会因热处理而使直径缩小,可在装配前用花键拉刀修整花键孔,也可用涂色法修整其配合面,以达到技术要求。装配完成后应注意检查滑移齿轮的移动灵活程度,不允许有阻滞,同时用手扳动齿轮时应无歪斜、晃动等现象发生。

(3)固定连接。齿轮与轴的配合多为过渡配合(有少量的过盈)。过盈量不大的齿轮和轴在装配时,可用锤子敲击装入;当过盈量较大时,可用热装或专用工具进行压装;对过盈量很大的齿轮,则可采用液压无键连接等装配方法将齿轮装在轴上。在进行装配时,要尽量避免齿轮出现齿轮偏心、齿轮歪斜和齿轮端面未贴紧轴肩等情况。

齿轮装配后,径向圆跳动和端面圆跳动过大会使啮合性能严重恶化,振动及动负荷、噪声、磨损均加重。对于精度要求较高的齿轮传动机构,齿轮装到轴上后,应进行径向圆跳动和端面圆跳动的检查。齿轮的径向圆跳动和端面圆跳动可使用量规和千分表测量,如图 2-33 所示。测量时,将量规放置在齿间,两个千分表分别置于齿轮的径向和端面位置,缓慢旋转轴,应沿圆周测 6~8 个点,测 2~3 次,取平均值作为测量结果。

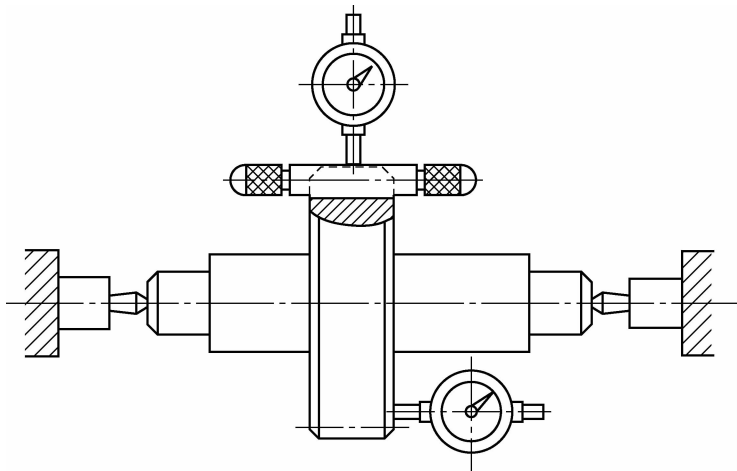


图 2-33 齿轮径向圆跳动和端面圆跳动测量

通过径向圆跳动和端面圆跳动的测量还可以判断出齿轮和轴的同轴度与垂直度的偏差情况。当同轴度偏差过大时,齿轮运转时产生径向摆动,使一对啮合齿轮的中心距发生周期性变动,在一个圆周的回转中,产生周期性的冲击或不正常声音,严重时还会有偶然咬死现象。当垂直度偏差过大时,会使齿轮产生较大的端面摆动,使啮合轮齿的作用力集中在齿面

的局部位置,引起齿面局部磨损过快、振动和噪声。

圆柱齿轮传动装配的注意事项如下。

- (1) 齿轮孔与轴配合要适当,不得产生偏心和歪斜现象。
- (2) 齿轮副应有准确的装配中心距和适当的平行度。
- (3) 保证齿轮啮合时,齿面有足够的接触面积和正确的接触部位。
- (4) 如果是滑移齿轮,则当其在轴上滑移时,不得发生卡住和阻滞现象,且变换机构保证齿轮的准确定位,使两啮合齿轮的错位量不超过规定值。
- (5) 对于转速高的大齿轮,装配在轴上后应进行平衡试验,以保证工作时转动平稳。

2) 齿轮轴组件装入箱体

齿轮轴组件装入箱体是保证齿轮啮合质量的关键工序。在装配前,除对齿轮、轴及其他零件的精度进行认真检查外,对箱体的相关表面和尺寸也必须进行检查,检查的内容一般包括孔中心距、各孔轴线的平行度、轴线与基面的平行度、孔轴线与端面的垂直度以及孔轴线间的同轴度等。检查无误后,再将齿轮轴组件按图样要求装入齿轮箱内。

3) 装配质量检查

齿轮组件装入箱体后其啮合质量主要通过齿轮副中心距偏差、齿侧间隙、两轴中心线的平行度和扭斜度等进行检查。

(1) 中心距检查。中心距偏差可用内径千分尺测量。图 2-34 为采用内径千分尺及水平仪测量两轴中心距、平行度及扭斜度的示意图。

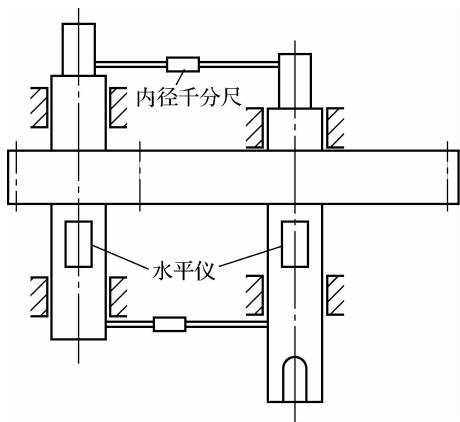


图 2-34 两轴中心距、平行度及扭斜度检查

(2) 两轴中心线的平行度和扭斜度检查。两轴中心线平行度和扭斜度的测量与中心距的测量方法相同,如图 2-34。检查前,先将齿轮轴或检验心轴放置在齿轮箱的轴承孔内,然后用内径千分尺来测量轴中心线平行度,再用水平仪来测量轴中心线的扭斜度。

(3) 齿侧间隙检查。齿轮在正常啮合传动时,齿间必须保持一定的齿顶和齿侧间隙。齿轮间隙的作用主要是储存必要的润滑油,减少齿接触表面的磨损,补偿齿在负荷作用下的弹性变形与热膨胀变形。

若顶隙和侧隙过小,运转时将产生很大的相互挤压应力,润滑油被挤出,引起齿间缺油,导致齿面磨损加剧,附加负荷相应加大,严重时损坏轴承,使传动轴弯曲、轮齿折断。侧隙过大,则会在传动中产生齿间冲击、齿面磨损加快、噪声和振动加大、轮齿折断等可能。

齿轮啮合间隙的数值大小可查阅相关标准。

2. 锥齿轮的装配

锥齿轮的装配与圆柱齿轮的装配基本相同,所不同的是锥齿轮传动的两轴线相交,交角一般为 90° 。装配时值得注意的问题主要是轴线夹角的偏差、轴线不相交偏差和分度圆锥顶点偏移、啮合齿侧间隙和接触精度应符合规定要求。

锥齿轮传动轴线的几何位置一般由箱体加工所决定,轴线的轴向定位一般以锥齿轮的背锥作为基准,装配时使背锥面平齐,以保证两齿轮的正确位置。锥齿轮装配后要检查齿侧间隙和接触精度。齿侧间隙一般是检查法向齿侧间隙,检查方法与圆柱齿轮相同。若侧隙不符合规定,可通过齿轮的轴向位置进行调整。接触精度用涂色法进行检查,当载荷很小时,接触斑点的位置应在齿宽中部稍偏小端,接触长度约为齿长的 $2/3$ 。载荷增大,斑点位置向齿轮的大端方向延伸,在齿高方向也有扩大。如装配不符合要求,应进行调整。

3. 蜗轮和蜗杆的装配

装配蜗轮和蜗杆传动装置时必须符合以下要求。

- (1)蜗轮和蜗杆的轴心线具有一定的中心距精度和不歪斜精度。
- (2)蜗杆螺旋侧面与蜗轮齿侧面之间应有一定的间隙和接触精度。
- (3)传动轻便灵活。

任务实施

齿轮的维修

1. 齿轮齿面磨损的维修

机械传动中当齿轮磨损和损坏达到一定程度时,不能继续使用,应当更换。对于载荷方向不变的齿轮,当原工作齿面出现损伤时,只要齿轮端面的安装尺寸对称,可采取翻转齿轮调换其工作齿面的方法。

2. 齿轮轮齿的维修

齿轮轮齿的维修方法有堆焊加工法、燕尾式镶齿法和变位切削法三种。

1) 堆焊加工法

当多个轮齿折断后,常采用手工堆焊和机械堆焊的方法进行维修。堆焊前,必须了解齿轮的材质,选择合适的焊条,尽量选择低碳焊条,严格注意焊后增碳问题,并预先做好堆焊时检查齿形的样板,准备好焊接火花飞溅的挡板。堆焊时,应尽量采用较小的焊接电流,用分段、对称等操作方法堆焊。

齿轮断齿的堆焊维修如图 2-35 所示,其工艺如下。

- (1)清洗断齿周围的杂物。
- (2)选择合适的焊条。
- (3)在断齿残根的适当位置装上螺钉桩。
- (4)沿螺钉桩堆焊,并注意齿形。
- (5)进行齿形调整。

- (6)对堆焊齿轮进行机械加工。
- (7)对加工完的齿轮进行热处理。

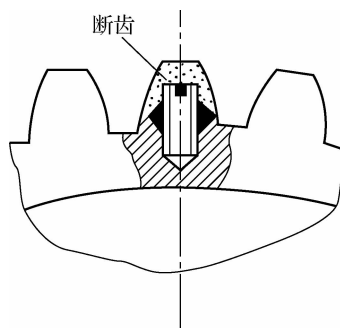


图 2-35 齿轮断齿的堆焊维修

2)燕尾式镶齿法

当齿轮出现单个断齿后,可采用燕尾式镶齿法维修,如图 2-36 所示。镶齿工艺如下。

- (1)在断齿的根部铣出合适的燕尾槽。
- (2)铸造或堆焊一个与原齿相同的齿形,并带有镶块。
- (3)将铸造或堆焊齿轮镶嵌在燕尾槽中。
- (4)焊接镶嵌齿轮。
- (5)修整齿槽宽度及其他技术参数。
- (6)对齿轮进行机械加工。
- (7)对齿轮进行热处理。

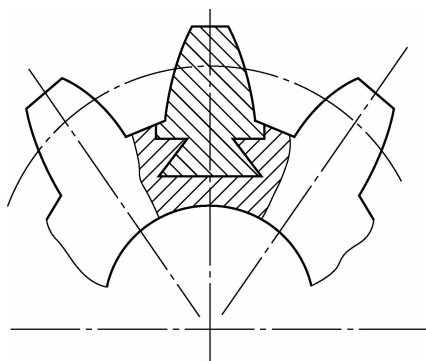


图 2-36 燕尾式镶齿法

3)变位切削法

对已磨损的大齿轮重新进行变位切削加工处理,并重新配制相应的小齿轮来恢复传动性能。

3. 齿轮轮缘、轮毂的维修

当负载较小时,齿轮轮缘、轮毂上的裂纹可直接用固定夹板连接的方法维修,如图 2-37 所示。当负载较大时,齿轮轮缘、轮毂上的裂纹应采用焊接维修,对不易拆卸的齿轮,先整体或局部预热($300\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 700\text{ }^{\circ}\text{C}$),再进行焊接,焊后必须进行热处理,以消除内应力。

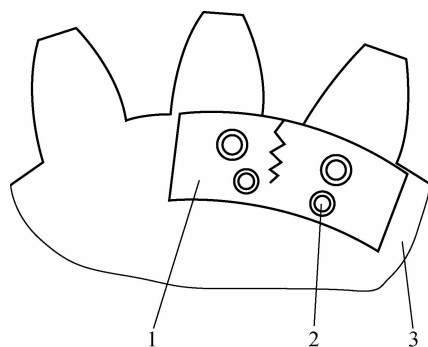


图 2-37 用夹板维修裂纹

1—夹板；2—螺栓、螺母；3—齿轮



知识拓展

齿轮制造的常用材料和齿侧间隙的检查方法

1. 齿轮制造的常用材料

重要的齿轮采用锻钢,大型齿轮采用铸钢,不重要的齿轮可采用普通轧钢、球墨铸铁、灰铸铁等制造。蜗轮一般由铸铁轮芯和青铜轮缘组成,蜗杆则用钢制成。

2. 齿侧间隙的检查方法

1) 压铅法

压铅法是测量齿侧间隙常用和可靠的方法。它不需专门的装置即可进行测量。其测量方法是,在窄的齿轮上放置 1~3 条纯铅丝,铅丝的直径根据间隙大小来选定。铅丝的长度要以压上三个齿为好,为了防止铅丝落下,可用甘油把它粘在齿轮上。压铅时应均匀转动啮合的齿轮,铅丝脱出后,可以看出被压铅条上分成大小交替、厚度不同的各段。对一个齿来说,很明显地分为三部分:第一部分厚度小,是工作侧间隙;第二部分最厚,为齿顶间隙;第三部分为非工作侧间隙。齿的工作侧和非工作侧的压铅厚度之和即为齿侧间隙。铅丝厚度应用千分尺来测量,如图 2-38 所示。图中,侧间隙 a 为非工作侧间隙,侧间隙 b 为工作侧间隙,侧间隙 $a+b$ 为齿侧间隙。

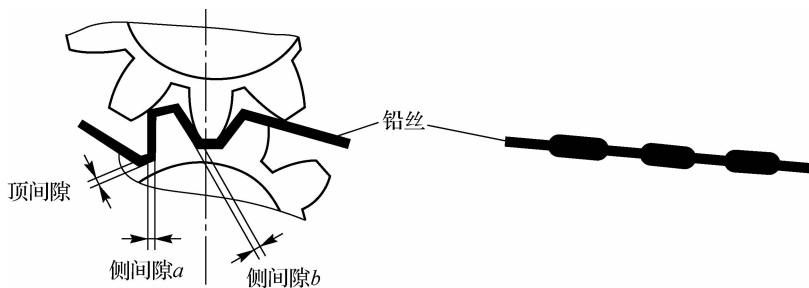


图 2-38 压铅法测量齿侧间隙

2) 塞尺塞入法

塞尺塞入法检测比较方便,但不如压铅法精确。

3) 千分表法

千分表法是最精确的测量方法。千分表测量圆柱齿轮的齿侧间隙如图 2-39 所示。测量时,使下齿轮固定不动,正反两个方向微微转动固定在上齿轮轴上的拨杆,千分表上的指针便在正反两方向摆动,可以得到读数 A ,按下式换算出实际的齿侧间隙。

$$c = A \frac{R}{L}$$

式中, c 为齿侧间隙(mm); R 为上齿轮的节圆半径(mm); L 为拨杆的长度(mm)。

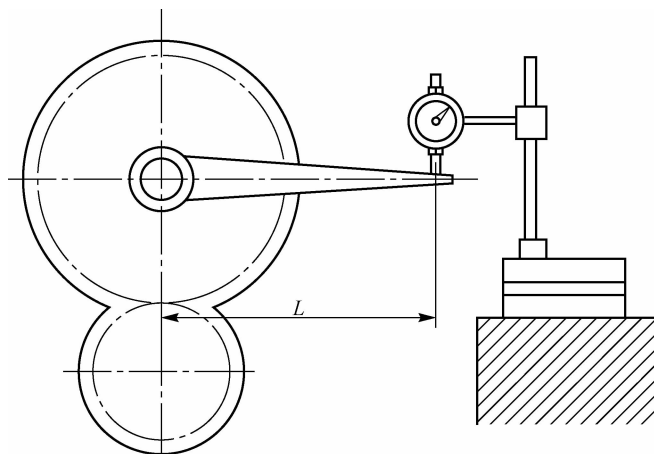


图 2-39 千分表法测量齿侧间隙

训练与提高

一、填空题

1. 轴的主要功用是_____、_____。
2. 弯曲轴的矫直方法有_____和_____。
3. 过盈配合连接件的常用装配方法有_____、_____和_____三种方法。
4. 热压装配时孔件常用的加热方法有_____、_____和_____等。
5. 测量滑动轴承间隙的常用方法有_____和_____。
6. 滚动轴承内圈与轴一般采用_____制过盈配合;滚动轴承外圈与座孔一般采用_____制过渡配合。
7. 滚动轴承的游隙分为_____和_____。
8. 齿轮与轴的连接形式有_____、_____和_____。
9. 齿轮轮齿的维修方法有_____、_____和_____。
10. 齿轮传动的啮合质量主要通过_____和_____等进行检查。

二、判断题

1. 热压装配加热温度一般都在 600 °C 以上。 ()
2. 用磁粉探伤仪探伤,当磁力线出现尖状(横向或纵向)时,即表示缺陷处是凹坑;当磁力线出现圆弧状时,即表示缺陷是裂纹。 ()

3. 圆锥滚子轴承内外圈可分离,安装时易于调整间隙。()
4. 点蚀是开式齿轮传动的主要失效形式。()
5. 闭式软齿面齿轮传动的主要失效形式是齿面点蚀和齿面胶合。()

三、简答题

1. 配制新轴时需要考虑哪些因素?
2. 轴拆卸后一般应作哪些检查?
3. 简述磁粉探伤的原理。
4. 什么是过盈配合连接?
5. 简述热压装配法的基本原理。
6. 滑动轴承的故障主要有哪些? 如何维修?
7. 轴瓦与轴的装配要满足哪些要求?
8. 滚动轴承与滑动轴承各有哪些优点?
9. 滚动轴承的失效形式有哪些?
10. 什么是滚动轴承的预紧? 常用的预紧方式有哪些?
11. 什么是滚动轴承的游隙? 它对轴承的工作有什么影响?
12. 游隙可调整的滚动轴承的游隙调整方法有哪些?
13. 简述齿轮传动的特点。
14. 齿轮传动有哪几种失效形式?
15. 防止齿轮失效的措施有哪些?
16. 简述圆柱齿轮、圆锥齿轮、蜗轮蜗杆装置的安装要求。
17. 圆柱齿轮传动装置的装配有哪些注意事项?
18. 检查齿轮故障常用的方法有哪些?
19. 简述齿轮齿侧间隙的检查方法。
20. 齿侧间隙对齿轮传动有哪些影响?

知识目标

熟悉电气设备故障排除的方法和维修方法；

掌握低压电器、三相异步电动机、电气控制系统常见故障的诊断方法；

掌握 PLC、计算机常见的故障维修方法；

了解电气设备故障诊断技术的发展。

技能目标

能根据故障现象采用适当的诊断方法,选择恰当的诊断工具；

能根据项目要求掌握电气设备的维修方法；

掌握电气设备的日常维护方法。

任务一 电气控制系统的故障诊断技术



任务描述

随着机电设备的自动化程度越来越高,设备电气控制系统的重要性也越来越突出。机电设备电气控制系统由电气设备和控制线路组成,电气设备又由机械和电气组成。电气控制系统故障诊断主要是对电器元件和控制线路的故障进行诊断和分析。本任务以 CA6140 型车床电气控制线路图为例,介绍电气设备故障的分析步骤和电气控制线路的故障诊断技术。



任务分析

CA6140 型车床电气控制线路由主轴电动机控制电路、冷却电动机控制电路和快移电动机控制电路以及照明、信号灯电路四部分组成。主轴电动机带动主轴旋转,主轴通过卡盘或顶尖带动工件旋转,为车削加工提供切削功率。本任务主要介绍主轴电动机控制电路出现故障时如何进行诊断分析处理。



知识准备

一、电气设备的故障形式

电气设备的故障有以下两种类型。

1. 电气故障

电气故障是指由电气设备的内在质量及安装质量、人为因素引起电流、电压参数的变化,直接或间接引发放电击穿、短路事故和电气控制电路故障,有电源故障、线路故障和元器件故障。其中电源参数变化占电源故障的 20% 左右,线路故障主要有导线故障(绝缘层老化破损、导线折断)和导线连接部分故障(松脱、氧化、发霉等),元器件故障主要有元器件损坏和元器件的性能变差。

2. 机械故障

由设备材质、安装、维护、生产条件变化等因素引起轴不对中、油膜振荡、磁力线偏差、轴承缺陷、安装尺寸误差、能源介质不足等,进而导致轴承振动、机体振动、轴承烧坏、电机部件损坏,造成设备的机械性故障。

二、电气设备故障检查的准备工作

各种电气设备在运行过程中会产生各种各样的故障,致使设备停止运行而影响生产,严重时还会造成人身或设备事故。电气设备故障部分是由电器元件的自然老化导致,部分是因为忽视对电气设备的日常维护和保养,还有些则是因为电气维修人员在处理电气故障时的操作方法不当,或误判断、误测量而扩大了事故范围。所以,为了保证设备正常运行,必须十分重视对电气设备的维护和保养。另外,根据各厂设备和生产的具体情况,应储备部分必要的电器元件和易损配件等。

(1) 了解电气设备的主要结构和运动形式、电力拖动和控制的要求、电气控制和线路的基本工作原理以及工艺生产过程或操作方法。

(2) 熟悉和掌握对电气设备故障进行诊断时常用的测试工具的使用方法,如试电笔、试灯(又称为校火灯)、电池灯(又称为对号灯)、多用电表、电路板测试仪、摇表等。

(3) 熟悉和掌握电气控制系统的故障诊断方法。

(4) 精读设备电气控制原理图,要看懂线路中各电器元件之间的控制关系及连接顺序,分析线路控制动作,以便确定检查线路的步骤与方法。明确电器元件的数目、种类和规格,对于比较复杂的线路,还应看懂是由哪些基本环节组成,分析这些环节之间的逻辑关系。

(5)熟悉安装接线图。原理图是为了方便阅读和分析控制原理而用展开法绘制的,并不反映电器元件的结构、体积和实际的安装位置。为了具体安装接线、检查线路和排除故障,必须根据原理图查阅安装接线图。安装接线图中各电器元件的图形符号及文字符号必须与原理图核对,在查阅中作好记录,减少工作失误。

三、电气设备的故障诊断步骤

1. 现场调查

1)问

故障发生后,首先询问操作人员,了解故障发生前后的情况,这有利于根据电气设备的工作原理来分析发生故障的原因。一般询问的内容有:故障发生在设备运行前后,还是发生在运行中;是运行中自动停车,还是发现异常由操作者停下来的;发生故障时设备工作在什么工序、按什么按钮或扳动了哪个开关;故障发生前后,设备有无异常现象(如响声、气味、冒烟或冒火、监测仪表的异常情况);以前是否发生过类似的故障现象,是怎样处理的等。

2)看

熔断器内熔丝是否熔断,其他电器元件有无烧坏、发热、断线,导线连接螺钉有否松动,电动机的转速是否正常。

3)听

电动机、变压器和某些电器元件在运行时声音是否正常,可以帮助寻找故障部位。

4)摸

电动机、变压器和电器元件的线圈发生故障时,温度显著上升,可切断电源后用手去触摸。

2. 外观检查

1)电器元件的检查

(1)电器元件外观是否整洁,外壳有无破裂,零部件是否齐全,各接线端子及紧固件有无缺损、锈蚀等现象。

(2)电器元件的触头有无熔焊粘连变形、严重氧化锈蚀等现象;触头闭合分断动作是否灵活;触头开距、超程是否符合要求;压力弹簧是否正常。

(3)电器元件的电磁机构和传动部件的运动是否灵活;衔铁有无卡住,吸合位置是否正常等,使用前应清除铁芯端面的防锈油。

(4)用多用电表检查所有电磁线圈的通断情况。

(5)检查有延时作用的电器元件功能,如时间继电器的延时动作、延时范围及整定机构的作用;检查热继电器的热元件和触头的动作情况。

(6)核对各电器元件的规格与图样要求是否一致。

2)接线的检查

(1)选择合适的导线截面,按接线图规定的方位在固定好的电器元件之间测量所需要的长度,截取长短适当的导线,剥去导线两端绝缘皮,其长度应满足连接需要。为保证导线与端子接触良好,压接时将芯线表面的氧化物去掉,使用多股导线时应将线头绞紧烫锡。

(2)走线时应尽量避免导线交叉,先将导线校直,把同一走向的导线汇成一束,依次弯向所需要的方向。走线应横平竖直,做线时要用手将拐角做成 90° 的慢弯,导线弯曲半径为导

线直径的3~4倍,不要用钳子将导线做成死弯,以免损伤导线绝缘层及芯线。做好的导线应绑扎成束用非金属线卡好。

(3)将成形的导线套上写好的线号管,根据接线端子的情况,将芯线弯成圆环或直接压进接线端子。

(4)接线端子应紧固好,必要时装设弹簧垫圈,防止电器元件动作时因受振动而松脱。

(5)同一接线端子内压接两根以上导线时,可套一只线号管。导线截面不同时,应将截面大的放在下层,截面小的放在上层,所有线号要用不易褪色的墨水,用印刷体书写清楚。

3) 线路的检查

(1)核对接线。对照原理图、接线图,从电源端开始逐段核对端子接线线号,排除错误和漏接线现象,重点检查控制线路中容易错接线的线号,还应核对同一导线两端线号是否一致。

(2)检查端子接线是否牢固。检查端子上所有接线压接是否牢固,接触是否良好,不允许有松动、脱落现象,以免通电试车时因导线虚接造成故障。

(3)用多用电表检查。在控制线路不通电时,用手动来模拟电器的操作动作,用多用电表测量线路的通断情况。应根据控制线路的动作来确定检修步骤和内容;根据原理图和接线图选择测量点,先断开控制电路检查主电路,再断开主电路检查控制电路,主要检查以下内容。

①主电路不带负荷(即电动机)时相间绝缘情况;接触主触头接触的可靠性;正反转控制线路的电源换相线路和热继电器、热元件是否良好,动作是否正常等。

②控制电路的各个环节及自保、连锁装置的动作情况及可靠性,设备的运动部件、联动元器件动作的正确性及可靠性,保护电器动作的准确性等。

4) 试车

(1)空操作试车。装好控制线路中的熔断器熔体,不接主电路负载,试验控制线路的动作是否可靠,接触器动作是否正常,检查接触器自保、连锁控制是否可靠;用绝缘棒操作行程开关,检查其行程及限位控制是否可靠,观察各电器动作的灵活性,注意有无卡住现象,细听各电器动作时是否有过大的噪声,检查线圈有无过热及异常气味。

(2)带负载试车。控制线路经过数次空载试验动作无误后,即可断开电源,接通主电路带负载试车。电动机启动前应先做好停车准备,启动后要注意电动机运行是否正常。若发现启动困难、发出噪声、电动机过热、电流表指示不正常等故障,应立即停车断开电源,查找故障原因。

有些线路的控制动作需要调试,如定时运转线路的运行和间隔时间、Y—△启动控制线路的转换时间、反接制动控制线路的终止速度、行程控制线路的行程距离等。试车正常后,才能投入运行。

四、确定电气控制系统故障的常用方法

1. 利用仪表和诊断技术确定控制线路故障

电气控制线路故障有断路故障和短路故障,可利用各种电工仪表测量电路中的电阻、电流、电压等参数进行故障判断,常用方法有以下几种。

1) 断路故障的诊断

(1) 试电笔诊断法。试电笔诊断断路故障的方法如图 3-1 所示,诊断时按下 SB2,用试电笔依次测试 1、2、3、4、5、6 各点,测到哪点试电笔不亮即断路处。

(2) 校灯诊断法。校灯诊断断路故障的方法如图 3-2 所示,诊断时将校灯一端接到 0 上,另一端依次测试 1、2、3、4、5、6 各点,并按下 SB2,如接至 2 号点上校灯亮,而接至 3 号点校灯不亮,说明 SB1(2—3)断路。

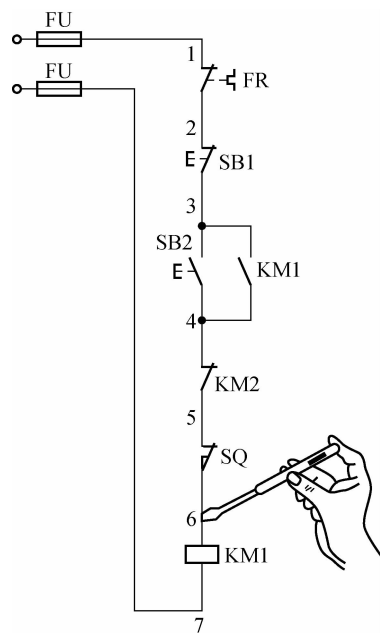


图 3-1 试电笔诊断断路故障

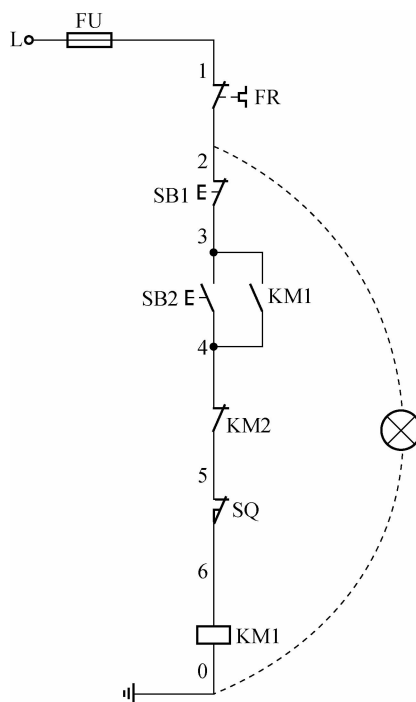


图 3-2 校灯诊断断路故障

(3) 多用电表诊断法。

① 电压测量法。电压测量法即根据电压值来判断电器元件和电路的故障所在,检查时把多用电表扳到交流电压 500 V 挡上。电压测量法有分阶测量、分段测量、对地测量三种方法。

a. 分阶测量法。如图 3-3 所示,若按下启动按钮 SB2,接触器 KM1 不吸合,说明电路有故障。检修时,首先用多用电表测量 1、7 两点电压,如电路正常,应为 380 V。然后按下启动按钮 SB2 不放,同时将黑色表棒接到 7 点,红色表棒依次接 6、5、4、3、2 点,分别测 7—6、7—5、7—4、7—3、7—2 各点间的电压。电路正常时,各阶电压应为 380 V。如测到 7—6 之间无电压,说明为断路故障,可将红色表棒前移,当移到某点(如 2 点)电压正常时,说明该点前的触头或接线断路,一般是该点后第一个触头(即刚跨过的停止按钮 SB1 的触头)或连线断路。

根据各阶电压值来检查故障的方法见表 3-1。这种测量方法像上台阶一样,所以称为分阶测量法。

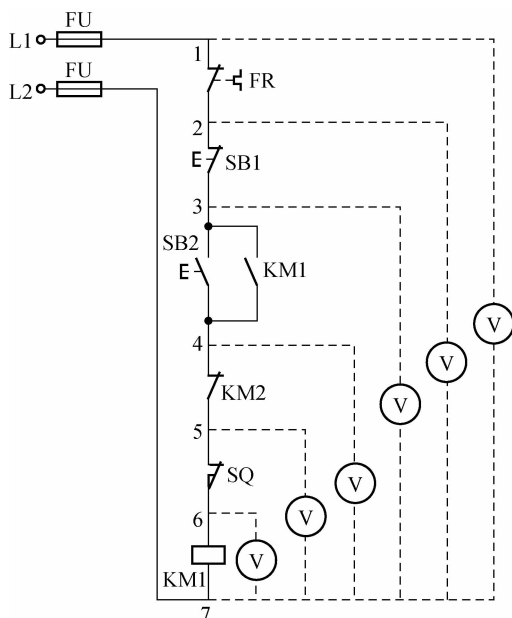


图 3-3 电压的分阶测量法

表 3-1 分阶测量法判别故障原因

故障现象	测试状态	7—6	7—5	7—4	7—3	7—2	7—1	故障原因
按下 SB2， KM1 不吸合	按下 SB2 不放松	0	380 V	380 V	380 V	380 V	380 V	SQ 常闭触点接触不良
		0	0	380 V	380 V	380 V	380 V	KM2 常闭触点接触不良
		0	0	0	380 V	380 V	380 V	SB2 常开触点接触不良
		0	0	0	0	380 V	380 V	SB1 常闭触点接触不良
		0	0	0	0	0	380 V	FR 常闭触点接触不良

b. 分段测量法。电压的分段测量法如图 3-4 所示，即先用多用电表测量 1—7 两点电压，电压值为 380 V，说明电源电压正常；然后逐段测量相邻两点 1—2、2—3、3—4、4—5、5—6、6—7 各点间的电压。如电路正常，按下 SB2 后，除 6—7 两点间电压为 380 V 外，其他任意相邻两点间的电压值均为零。如按下启动按钮 SB2，接触器 KM1 不吸合，说明电路有故障。此时，可用多用电表逐段测量到某相邻两点间的电压为 380 V 时，说明两点所包括的触头及其连接导线接触不良或有断路故障。

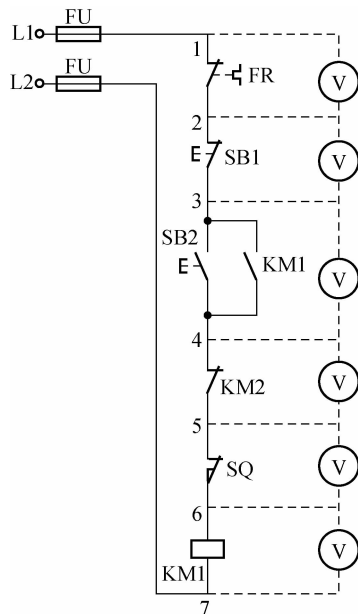


图 3-4 电压的分段测量法

根据各段电压值来检查故障的方法见表 3-2。

表 3-2 分段测量法判别故障原因

故障现象	测试状态	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	故障原因
按下 SB2， KM1 不吸合	按下 SB2 不放松	380 V	0	0	0	0	FR 常闭触点接触不良
		0	380 V	0	0	0	SB1 常闭触点接触不良
		0	0	380 V	0	0	SB2 常开触点接触不良
		0	0	0	380 V	0	KM2 常闭触点接触不良
		0	0	0	0	380 V	SQ 常闭触点接触不良



练一练

在图 3-4 中，按下 SB2 后，测量标号 4—5 两点之间电压为 380 V，分析故障产生的原因。

c. 对地测量法。电气控制线路接 220 V 电压且零线直接接设备外壳时，可采用对地测量法来检查电路的故障。如图 3-5 所示，用多用表的黑色表棒逐点测试 1、2、3、4、5、6 各点，根据各点对地电压来检查线路的电气故障。

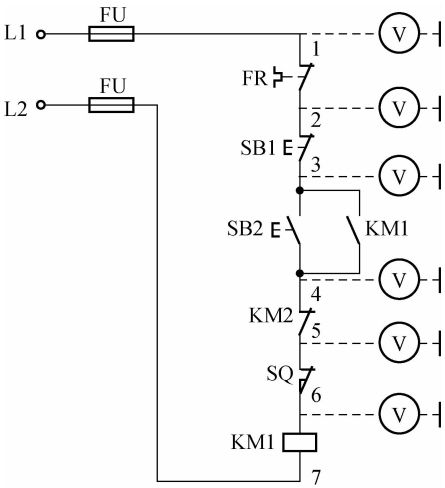


图 3-5 电压的对地测量法

②电阻测量法。电阻测量法有分阶测量法、分段测量法两种。

a. 分阶测量法。电阻的分阶测量法如图 3-6 所示，按下启动按钮 SB2，若接触器 KM1 不吸合，说明电气回路有故障。用多用表的电阻挡检测前应先断开电源，然后按下 SB2 不放，用多用表电阻挡测量 1—7 两点间电阻，如果电阻无穷大，说明电路断路；然后分阶逐段测量 1—2、1—3、1—4、1—5、1—6 各点间的电阻值。若电路正常，则各点间的电阻值为 0；当测量某两点间的电阻值为无穷大时，说明表棒跨接的触头或连接线接触不良或

断路。

b. 分段测量法。电阻的分段测量法如图 3-7 所示,检查时切断电源,按下 SB2,逐段测量相邻两标号点 1—2、2—3、3—4、4—5、5—6 各点间的电阻。如测得某两点间电阻为无穷大,说明该两点间的触头或导线接触不良或断路。

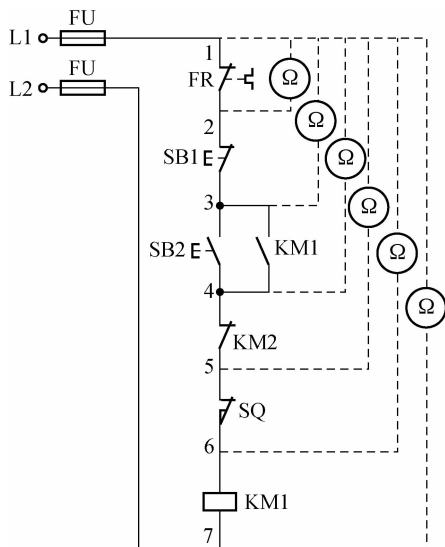


图 3-6 电阻的分阶测量法

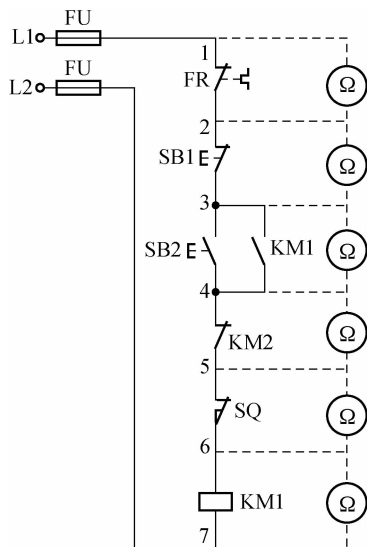


图 3-7 电阻的分段测量法

③短接法。短接法即用一根绝缘良好的导线将怀疑断路的部位短接,有局部短接法和长短接法两种。

a. 局部短接法。局部短接法检查断路故障如图 3-8 所示。检查前先用多用电表测量 1—7 两点间的电压值,若电压正常,可按下启动按钮 SB2 不放松,然后用一绝缘导线分别短接 1—2、2—3、3—4、4—5、5—6 间各点,当短接到某两点时,接触器 KM1 吸合,则断路故障就在这里。具体短接部位及故障原因见表 3-3。

表 3-3 局部短接法短接部位及故障原因

故障原因	短接点标号	KM1 动作	故障原因
按下启动按钮 SB2, 接触器 KM1 不吸合	1—2	KM1 吸合	FR 常闭触点接触不良
	2—3	KM1 吸合	SB1 常闭触点接触不良
	3—4	KM1 吸合	SB2 常开触点接触不良
	4—5	KM1 吸合	KM2 常闭触点接触不良
	5—6	KM1 吸合	SQ 常闭触点接触不良

b. 长短接法。长短接法检查断路故障如图 3-9 所示。它一次短接两个或多个触头,与局部短接法配合使用,可缩小故障范围,迅速排除故障。

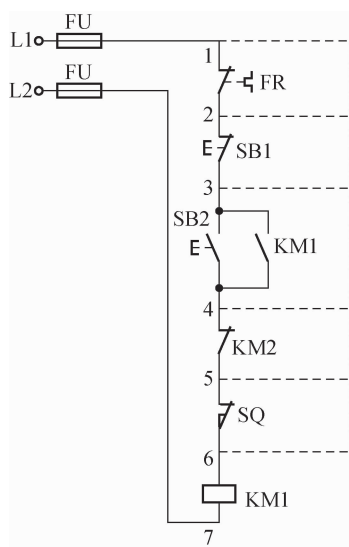


图 3-8 局部短接法

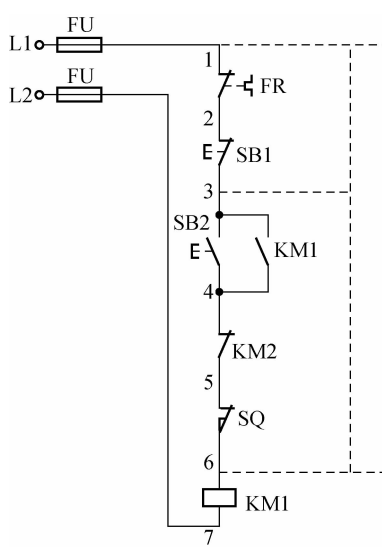


图 3-9 长短接法



小提示

当 FR、SB1 的触头同时接触不良时,如何判断故障? 仅测量 1—2 两点电阻会造成判断失误。用长短接法将 1—6 点短接,如果 KM1 吸合,说明 1—6 点这段电路上有故障,然后再用局部短接法找出故障点。

2) 短路故障的诊断

(1) 电源间短路故障的诊断。这种故障一般是通过电气的触头或连接导线将电源短路,如图 3-10 所示。行程开关 SQ 中的 3 号线与 0 号线因某种原因连接使电源短路,电源合上熔断器 FU 就熔断。采用电池灯进行维修的方法如下。

① 取下熔断器 FU 的熔芯,将电池灯的两根线分别接到 1 号线和 0 号线上,若灯亮说明电源间短路。

② 将行程开关 SQ 常开触头上的 0 号线拆下,若灯暗说明电源在这个环节短路。

③ 再将电池灯的一根线从 0 号线移到 9 号线上,若灯灭说明短路在 0 号线上。

④ 将电池灯的两根线仍分别接到 1 号线和 0 号线上,然后依次断开 4、3、2 号线,当断开 2 号线时,若灯灭说明 2 号线和 0 号线间短路。

上述短路故障也可用多用电表的电阻挡检修。

(2) 电气触点本身短路故障的诊断。如图 3-10 中的停止按钮 SB1 的常闭触头短路,则接触器 KM1 和 KM2 工作后就不能释放。如接触器 KM1 的自锁触头短路,一合上电源, KM2 就吸合,这类故障较明显,只要通过分析即可确定故障点。

(3) 电气触点之间的短路故障检修。如图 3-11 中的接触器 KM1 的两副辅助触头 3 号和 8 号因某种原因而短路,当合上电源,接触器 KM2 即吸合。

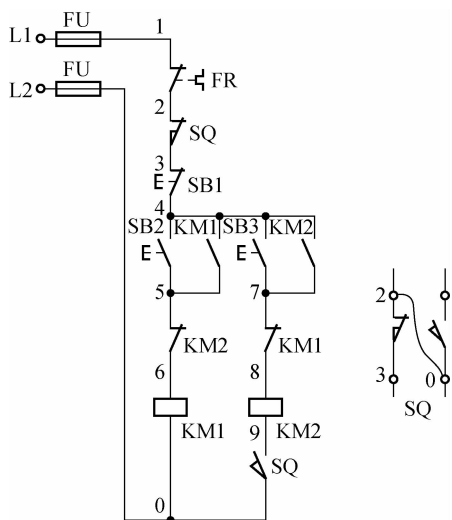


图 3-10 电源间的短路故障

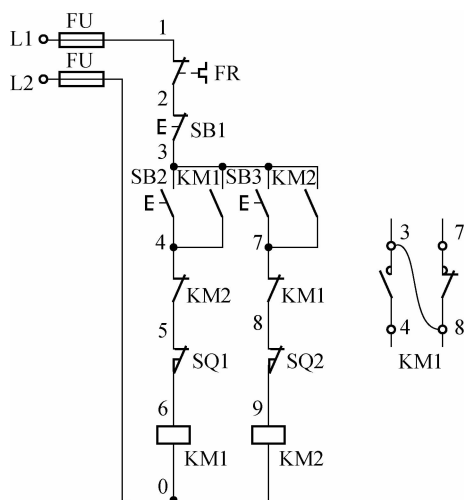


图 3-11 电气触头间的短路故障

①通电诊断。通电检修时可按下 SB1, 如接触器 KM2 释放, 则可确定一端短路故障在 3 号; 然后将 SQ2 断开, KM2 也释放, 则说明短路故障可能在 3 号线和 8 号线之间。若拆下 7 号线, KM2 仍吸合, 则可确定 3 号线和 8 号线为短路故障点。

②断电诊断。将熔断器 FU 拔下, 用多用电表的电阻挡(或电池灯)测 2—9, 若电阻为 0(或电池灯亮), 表示 2—9 之间有短路故障; 然后按 SB1, 若电阻为 ∞ (或电池灯不亮), 说明短路不在 2 号线; 再将 SQ2 断开, 若电阻为 ∞ (或电池灯不亮), 则说明短路也不在 9 号线; 然后将 7 号线断开, 若电阻为 ∞ (或电池灯不亮), 则可确定短路点为 3 号线和 8 号线。

3) 检修后通电调试的一般要求

- (1) 各电源开关通电应按一定程序进行, 与待调试无关的电路开关不应合闸。
- (2) 测量电源电压, 其波动范围不应超过 $\pm 7\%$ 。
- (3) 各机构动作程序的检验调试应根据电路图在调试前编制的程序进行。
- (4) 在确定控制电路正确无误后, 才可接通主电路电源。
- (5) 主电路初次送电应为点动启动。
- (6) 操作主令控制器时应由低速挡向高速挡逐挡操作, 其挡位与运行速度相对应, 操作方向与运行方向相一致。
- (7) 对调速系统的各挡速度应进行必要的调整, 使其符合调整比; 对非调整系统各挡速度不需调整。
- (8) 起升机构为非调速系统时, 下降方向的操作应快速过渡, 以避免电动机超速行驶。
- (9) 保护电路的检验调试应首先手动模拟各保护连锁环节触点的动作, 检验动作的正确性和可靠性。
- (10) 限位开关的实际调整应在机构低速运行的条件下进行, 在有惯性越位时, 应反复调试。

2. 利用仪表确定电器元件故障

1)电阻元件故障的查找

对怀疑有故障的元件可通过测量其本身电阻加以判定。测量热态电阻采用伏安法,其接线方式如图 3-12 所示。对阻值较小且需要精确测量的电阻采用电桥法测量,其中,10 Ω 以上电阻元件可使用单臂电桥,10 Ω 以下电阻元件应使用双臂电桥,其电阻值为

$$R=kr$$

式中, R 为被测电阻; k 为电桥倍率; r 为电桥可调电阻。

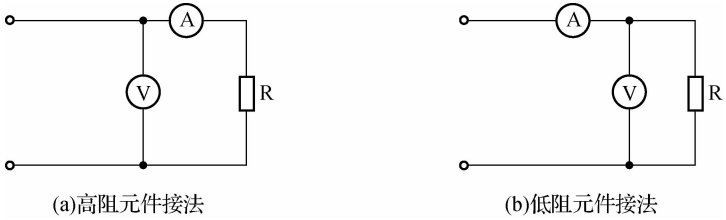


图 3-12 伏安法测电阻接线方式

2)电容元件故障的查找

测量电容器容量和极板漏电阻。电容器容量可用电阻表简单测算。用欧姆表判断电容故障的方法如表 3-4 所示。

表 3-4 用欧姆表判断电容故障的方法

欧姆表指针动作现象	电容器情况
各挡指针均没有反应	电容器容量消失或断路
低阻挡没有反应,高阻挡有反应	电容器容量减少
开始时指针向右偏转,然后逐渐回偏,最后指向无穷大处	基本正常
开始时指针向右偏转,然后逐渐回偏,最后不能指向无穷大处	电容器漏电流较大
指针迅速向右偏转,且固定地指向某一刻度	电容器容量消失且漏电流较大
指针向右偏转,逐渐回偏后,又向右偏转	电容器存在不稳定漏电流,漏电流随电压、温度等变化很大
指针迅速反偏,出现“打表”现象	电容器有初始电压,且该电压方向与欧姆表内电池极性方向相反,应放电后再测
指针迅速正偏,出现“打表”现象	电容器有初始电压,且该电压方向与欧姆表内电池极性方向相同,应放电后再测

3)电感元件故障的查找

电感元件的基本参数有电感、电阻、功率和电压等,主要通过测量电感元件的直流电阻和交流电阻来判断其是否有故障,如无异常则电感元件无故障。电感元件的故障种类与参数变化见表 3-5。

表 3-5 电感元件的故障种类与参数变化

故障种类	参数变化情况
匝间短路	直流电阻减少,电感量减少
铁芯层间绝缘损坏	直流电阻不变,电感量减少,被测元件有功功率增加
断路	直流电阻为无穷大
短路	直流电阻为零
介质损耗增加	直流电阻不变,电感量减少不明显,只有在高频时电感量减少才较为明显,且被测元件有功功率增加

3. 利用经验诊断法确定电气设备故障

电气设备的故障形式多种多样,同一类故障可能有不同的故障现象,不同类故障可能是同种故障现象的同一性和多样性,给查找故障带来复杂性。电气维修人员在实际工作中总结了一些故障诊断的方法,这些诊断方法各有特点,可以快速地找出故障,实际生产中可按不同的故障灵活应用或数种方法综合使用。常用的经验诊断方法有以下几种。

1) 常规检查法

依靠人的感觉器官(如有的电气设备在使用中有烧焦的韵味,有打火、放电的现象等)并借助一些简单的仪器(如多用电表)来寻找故障原因。这种方法在维修中最常用,也是首先应该采用的。

2) 电路敲击法

电气控制系统是由各种电器元件用导线通过连接板、螺栓联接或焊接而成的,每个连接点接触不良或虚焊都可能出现故障,用绝缘物轻轻敲打接触不良的焊点、元器件或连接板时,若设备出现故障,则故障很可能就在敲击的部位。

3) 黑暗观察法

对故障线路通电检查,使接触不良的部位在黑暗处有明显的打火、放电现象,可以快速找到故障点。

4) 非接触测温法

对故障线路通电检查,对怀疑有故障的连接件、触头和接头等部件用红外测温仪测量其温度,当其温度超过要求值时,该点即为故障点。

5) 元器件替换法

元器件替换法是在怀疑某个元器件或电路板有故障但不能确定时,利用备用的元器件替换有疑点的部位的元器件,看故障是否消失,是一种快速而简便找出故障的方法。应用元器件替换法前应检查有关电路,以免由于短路造成备用元器件的损坏。

6) 对比法

对比法就是以正确的电压、电流或波形与异常的电压、电流或波形相比较来寻找故障部位。有时还可以将正常部位试验性地造成“故障”或报警(如断开连线、拔去零部件),看其是否和相同部位产生的故障现象相似,以判断故障原因。

7) 加热法

加热法是人为地将元器件温度升高(应注意元器件的温度参数),使一些温度特性较差元器件加速产生“病症”或使“病症”消除来寻找故障原因。

8)原理分析法

原理分析法是排除故障的最基本方法,当其他检查方法难以奏效时,可从电路控制基本原理出发,一步一步地进行检查,最终查出故障原因。运用这种方法必须对电路的原理有清楚的了解,掌握各点的电位、对地电压、电阻、电流以及波形等特征参数,用多用电表、摇表或示波器对被测点进行测量,并与正常情况进行比较,分析判断故障原因的可能性,再缩小故障范围,直至找到故障。

9)调整参数法

有些故障出现时,线路中元器件不一定损坏,线路接触也良好,只是由于某些物理量调整得不合适或运行时间长了,有可能因外界因素致使系统参数发生改变或不能自动修正系统值,从而造成系统不能正常工作,这时应根据设备的具体情况进行调整。

10)比较、分析、判断法

比较、分析、判断法是根据系统的工作原理、控制环节的动作程序以及它们之间的逻辑关系,结合故障现象进行比较、分析和判断,减少测量与检查环节,并迅速判断故障范围。

五、故障的排除与修理

排除故障没有固定的模式,也没有统一的标准,因人而异,但在一般情况下还是有一定规律的。通常排除故障时所采用的步骤大致可分为故障现象分析、设备检查、确定故障点、故障排除、修后性能观察。

1. 故障现象分析

故障现象分析是对所有可能存在的有关故障原始状态的信息进行收集和判断的过程。在故障迹象受到干扰以前,对所有信息都应进行仔细分析。这些原始信息一般可以从以下几个方面获得。

1)向操作者详细询问设备故障现象

通过询问以获得设备使用及变化过程、损坏或失灵前后的信息,还可以了解到一些过去类似的故障现象、原因以及曾经采取的措施等方面的情况。有时操作人员也许因为其他方面的原因,不愿意或不能把全部情节讲清楚。维修人员应有分析辨别能力和足够的耐心,以尽可能多地获得真实的原始信息。

2)观察和初步检查

通过看、听、闻、摸等检查是否发生如破裂、杂声、异味、过热等特殊现象。对设备进行全面观察往往会得到有价值的线索。初步检查的内容包括检测装置(操作台指示灯、显示器报警信息等)、操作开关的位置以及控制机构、调整装置及连锁信号装置等。

3)确定无危险的情况下通电试车

一般情况下要求操作人员按正常操作程序启动设备。如果故障不是整机性的致使电气控制系统瘫痪,可以采用试运转的方法启动设备,帮助维修人员对故障的原始状态建立综合的印象。有些电气故障可以采用看、听、闻、摸等手段直接感知故障设备异常的温升、振动、气味、响声等,确定设备的故障部位。

2. 设备检查

根据故障现象分析中得到的初步结论和疑问,对设备进行更详细的检查,特别是对那些

被认为是最有可能存在故障的区域。要注意这个阶段应尽量避免对设备作不必要的拆卸,防止因不慎重的操作引起更多的故障。不要轻易对控制装置进行调整,因为一般情况下,故障未排除而盲目调整参数会掩盖故障现象,而且会随着故障的发展而使故障现象重新出现,甚至可能造成更严重的故障。所以,必须避免盲目性,防止因不慎重的操作使故障复杂化,避免造成故障现象混乱反而延长排除故障的时间。

3. 确定故障点

根据故障现象,结合设备的原理及控制特点进行分析和判断,确定故障发生在什么范围,是电气故障还是机械故障、是直流回路还是交流回路、是主电路还是控制电路或辅助电路、是电源部分还是由参数调整不合适造成的、是人为造成的还是随机性的等,逐步缩小故障范围,直至找到故障点。如果缺少系统的诊断资料,就需要维修人员正确地将整个设备或控制系统划分为若干个小部分,然后检查这些部分的输入和输出是否正常。在确定某一部分时,再去关注该部分内部的问题,找出故障点。在确保设备安全的情况下,可以通过一些试探的方法确定故障部位,如通电试探或强行使某继电器动作等,以发现和确定故障的部位。

4. 故障排除

在确定故障点以后,无论是修复还是更换,排除故障相对电气维修人员来说,一般都比查找故障要简单得多。但在排除故障中一般不可能只用单一的方法,往往要综合运用多种方法。

(1)在排除故障的过程中,应先动脑、后动手,正确分析可以起到事半功倍的效果。具体应遵循先外部后内部、先机械后电气、先静后动、先共用后专用、先简单后复杂、先一般后特殊的原则。需要注意的是,不要遇到故障就拿起表测,拿起工具拆。要养成良好的分析、判断习惯,做到每次测量均有明确的目的。在找出有故障点的组件后,应该进一步确定引起故障的根本原因。例如,当电路板内的一只晶体管被烧坏,单纯地更换一个晶体管是不够的,重要的是要查出被烧坏的原因,并采取补救和预防的措施。

(2)一般情况下,以设备的动作顺序为排除时分析、检测的次序。以此为前提,先检查电源,再检查线路和负载;先检查公共回路,再检查各分支回路;先检查主电路,再检查控制电路;先检查容易检测的部分(如各控制柜),再检查不易检测的部分(如某一设备的控制器件)。在电气保护线路中,如果检查发现热继电器动作,不但要使热继电器触头复位,而且要查出过载的原因;对于熔体熔断,不但要换新的熔体,而且要查明熔体熔断的原因并处理,以及向有关人员说明应注意的问题。

(3)观察电气设备表面,对于导线或电器元件绝缘不良或老化故障,应清洁、更换新线或电器元件;对于导线连接故障,凡存在连接点不实、丝扣脱扣、绝缘保护层破损等现象的,应检查过渡板、垫圈、锡焊接等连接件,清除过渡板上的氧化物,检测其接触电阻是否合格,若不合格,应更换。对弹性垫圈应检查其是否老化,弹性能力是否下降至不能允许的程度,若不合格,应更换。对锡焊接点应检查是否虚焊,若虚焊应清除原来的焊点,重新焊接。

5. 修后性能观察

故障排除后,维修人员在送电前还应作进一步的检查,通过检查证实故障确实已经排除,然后由操作人员来试运行操作,以确认设备是否已正常运转,同时还应向有关人员说明

应注意的问题。值得注意的是,修复后再作检查时,要尽量使电气控制系统或电气设备恢复原样,并清理现场,保持设备的干净、卫生。另外,维修人员所使用的工具、电缆等一定不要忘记放在所修设备的电气柜内,以免造成短路或触电事故的发生。

六、电气设备故障诊断常用的试验技术

1. 电气设备的绝缘预防性测试

掌握设备的绝缘强度,及早发现隐藏的缺陷,采取对应的措施处理,避免发生停电或设备损坏事故。电气设备绝缘性能测试一般采用绝缘电阻的测定,方法是在通电后一定时间测量绝缘电阻的变化和介质损失,进行局部放电、交流工频耐压测试,以及直流耐压和泄漏电流的测量等。对电气设备的绝缘故障进行直接的破坏性测试会使设备彻底破坏,不推荐使用。间接的非破坏性测试才是实用的方法。

电气设备种类繁多,绝缘预防性测试的项目和测试间隔时间可按《电气设备预防性试验规程》进行。

1) 绝缘电阻和吸收比测定

电气设备绝缘电阻 R_x 的测定是判定其绝缘状况的初步方法。同时可测得通电一定时间(60 s 和 15 s)后绝缘电阻的比值,称为吸收比,它反映电气的绝缘是否有缺陷,绝缘材料是否受潮。通电 60 s 和 15 s 绝缘电阻的比值 $K = R_{60s}/R_{15s}$ 称为吸收比,正常情况下, $K \geq 1.3$ 。

测量方法可采用摇表法,在测 R_x 值时,为了消除吸收现象对 R_x 值的影响,要先通电 1 min 后再测量。

2) 介质损失的测量

电气设备通电时,在电场作用下,绝缘材料(电介质)有一部分电能转化为热能,称为介质损失,可以用功率因数角 ϕ 表示,工程上常用 δ ($\delta = 90^\circ - \phi$) 的正切值来反映电介质的品质, δ 称为介质损失角, $\tan \delta$ 称为介质损耗因数。跟踪测量电气设备的介质损耗因数可以判断其绝缘材料的变化。如果绝缘体绝缘劣化,绝缘电阻值 R_x 值会降低,介质损耗也会加大。

介质损耗因数可用 635 阻抗电桥、QS₁ 型交流电桥以及 M 型介质损失角测试仪测定。

3) 交流工频耐压测试

对待测电气设备施加高于其额定工作电压的工频测试电压,持续 1 min,检测该设备承受过压冲击的能力,以检验它的绝缘水平。

4) 直流耐压和泄漏电流的测量

该方法是为电气设备加上高压直流电压 1 min,读取泄漏电流值,泄漏电流会随绝缘的劣化而增加。测试操作步骤如下。

(1) 先用摇表测试待测电气设备的绝缘电阻情况。

(2) 根据表 3-6 预测泄漏电流值(单位: μA),测试装置如图 3-13 所示。

(3) 从最低电压逐步升压,按下 TA 按钮,观看微安表的指示。

(4) 与表 3-6 所提供的数值相比较,若泄漏电流高于表中所列值,说明电气设备的绝缘已开始老(劣)化。

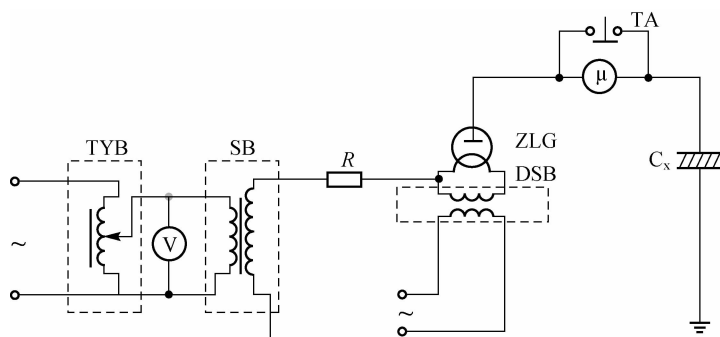


图 3-13 直流耐压和泄漏电流测试装置

C_x —被测物体； μA —微安表；TA—停止按钮；ZLG—整流管；DSB—灯丝变压器；
SB—试验变压器；TYB—调压变压器；R—保护电阻

表 3-6 各种测试电压下温度对泄漏电流的影响

额定电压/kV	测试电压等级/kV	不同温度下泄漏电流值/ μA					
		10℃	20℃	30℃	40℃	50℃	60℃
1.2~3	5	28	46	65	100	160	260
6~15	10	45	72	114	180	300	468
20~35	20	72	108	180	290	432	700
>35	40	80	120	200	300	500	800

2. 交流电动机试验

交流电动机分为同步和异步电动机，在此主要介绍交流异步电动机的有关试验。交流异步电动机的试验分检查试验和出厂试验。检查试验是检查修后的电机质量；出厂试验是对每台大、中修电机按标准进行的全面的不可缺少的试验，用以检验电机修理中的工艺和修理参数计算上有无技术问题。

1) 绝缘电阻的测定

绝缘电阻分热态和冷态两种。对于修理的电动机，一般只测量电机绕组相与相之间和相对地的冷态绝缘电阻（即常温下的绝缘电阻）。

交流异步电动机的额定电压均低于 500 V，故用 500 V 兆欧表进行测量，绝缘电阻不低于 0.5 M Ω ；更换绕组的电机其绕组的绝缘电阻值不低于 5 M Ω 。

2) 直流电阻的测定

测电机的直流电阻一般在冷态下进行，通常采用单、双臂电桥来测量。对于阻值在 1 Ω 以下的用双臂电桥，阻值大于 1 Ω 的用单臂电桥。所测各相电阻值之间的误差与三相平均值之比不得大于 5%，其公式为

$$\frac{R_{\text{最大}} - R_{\text{最小}}}{R_{\text{平均值}}} \leq 5\%$$

式中， $R_{\text{平均值}} = (R_U + R_V + R_W)/3(\Omega)$ 。

测试中如差值超标，相差较大，说明绕组有故障，可能有短路、断路、焊接不良或匝数不对等故障，均应找出毛病，修后再进行测试。

3) 耐压试验

耐压试验的试验电压用交流 50 Hz 的正弦波电压,试验时间为 1 min。试验时,当电压升到规定值的一半时,应徐徐升至全压值,升压时间一般不少于 10 s,以免受冲击电压的影响。达 1 min 后再把电压降到规定值的一半以下切断电源。

交流异步电机耐压试验的电压有效值为 $(2U_N + 500)$ V, U_N 为电动机额定电压。

4) 匝间试验

电机散嵌绕组匝间绝缘试验是把修后装配完的电动机接到高于电动机额定电压 130% 的电源电压下,使电动机空载运转 5 min,以不出现短路现象为合格,一般中、小修的或不具备试验条件的,此项试验可不进行。

5) 空载试验

所谓空载试验是指修后电动机装配和检查完毕后,在定子绕组上施加三相平衡电压(单相交流电动机施加单相电压),使电动机不带负载运行,从而检测空载电流大小及平衡与否,也可确定空载损耗大小。一般可用钳形电流表分别测各相电流大小,记录下不同电压时的空载电流和空载损耗。在 1 kW 以下或在 2.2 kW 以下的小功率交流电动机可参照表 3-7 中小功率电动机空载电流与额定电流百分比,若空载电流超出表中电流范围较多,表示定子、转子之间的气隙值超出标准,或绕组匝数、节距不对,接线有错误,应仔细查明原因,予以纠正。

表 3-7 小功率电动机空载电流与额定电流百分比

电动机功率(kW)		<0.125	<0.55	<2.2
极 数	2	70~95	50~70	40~55
	4	80~96	65~85	45~60
	6	85~97	70~90	50~65
	8	90~98	75~90	50~70

6) 短路试验

短路试验通常有定压法及定流法两种。维修部门常采用定流法,即将电动机转子卡住不转,给定子加 60 V 以下的三相对称电压,并注意观察定子电流(一般小于额定电流 I_N),再逐步升高电压使定子电流等于 I_N 为止。记下此时的定子电压 U_R , U_R 称为短路电压,当 U_R 为 70~95 V 时可认为合格。一般在这个范围内 U_R 越小越好。对 $P_N < 1$ kW 的小功率电机, U_R 允许比 95 V 稍大些。

试验中若出现三相短路电流不平衡,说明绕组有短路或接错之处,或笼型转子有断条故障。

7) 负载试验

做负载试验可采取简单方法,给电动机装上小型机械后,在额定电压下带负载运行 1~2 h,用以观察、检查电动机启动、反转、过载能力大小。如在带负载运行中,启动、制动及反转正常,转速平稳达到额定值,电动机各部位温升正常,说明电动机在额定电压下长期满载运行无问题,说明负载试验合格,也无须进行特性图绘制等。

8) 超速试验

修好的交流电机接通电源,在空载情况下,在 1.2 倍额定转速下运转 2 min,称为超速试

验。在超速试验后检查转子无变形,说明机械强度合格。

3. 低压电器试验

低压电器试验是判别低压电器产品质量好坏的一个重要手段。低压电器试验分为出厂试验(检查试验)和型式试验两种。大修中做解体检修的、对零部件进行过修理的、存放已久未用过的低压电器,在重新使用前应做出厂试验。出厂试验通常包括一般检查、动作性检查、绝缘耐压试验、发热试验(不是全部产品)和制造与装配质量检查等。

所修理的低压电器产品可能是新产品,也可能是老产品,这就要根据“新产品按新标准,老产品按老标准”的原则进行试验,并判定其合格与否。

1) 一般检查

对于所有检修后出厂拟重新使用的低压电器,首先应作一般检查。一般检查的内容有装配质量检查,如零部件装配的正确性和电器在各种状况时的分合情况,触头接触面的多少、偏移量、卡碰现象、紧固情况等;触头参数的检查,包括开距、超程、初压力和终压力等的检查;用手操作的电器要用弹簧秤作操作力的检查,不同操作频率与电流规定的操作力见表 3-8;此外,还应检查接线和接地端头(如果有)的情况。

表 3-8 手操作电器操作力的规定

操作频率	操作方式	允许操作力或力矩	
		$I_N \leq 100 \text{ A}$	$100 \text{ A} \leq I_N \leq 600 \text{ A}$
≤ 30 次/小时	用手推拉操作的电器,如中央手柄式刀开关和在侧面操作的电器	$< 250 \text{ N}$	$< 350 \text{ N}$
	用手握长柄正面旋转操作的电器	$< 200 \text{ N}$	$< 250 \text{ N}$
	用旋转式手柄正面旋转操作的电器,如组合式转换开关	$< 4\,000 \text{ N} \cdot \text{mm}$	$< 6\,000 \text{ N} \cdot \text{mm}$
	用手轮或手柄旋转操作的电器	$< 100 \text{ N}$	$< 200 \text{ N}$
> 30 次/小时	用旋转式手柄正面旋转操作的电器	$< 200 \text{ N} \cdot \text{mm}$	$< 4\,000 \text{ N} \cdot \text{mm}$
	用手轮或手柄旋转操作的电器	$< 50 \text{ N}$	$< 100 \text{ N}$

2) 动作值的测定

动作值的测定包括电磁式电器动作值的测定及保护特性的测定。其测定标准如下。

(1)对于低压电器中由电磁系统操纵而工作的电压线圈,热态吸合电压不超过额定工作电压的 85%,冷态释放电压应大于额定工作电压的 10%(交流)或 20%(直流)。

(2)对于短时工作的电压线圈,应在最高周围空气温度下,以 110%额定工作电压操作 10 次,每次间隔 5 s,其后吸引线圈仍能在 85%额定工作电压下可靠工作;分励线圈在 70%额定工作电压下可靠工作。

(3)对于用电动机操作的电路,电压在 85%~110%额定值范围内应可靠工作。

(4)配电用断路器过电流脱扣器各极同时通电时的反时限动作特性见表 3-9。

表 3-9 配电用断路器过电流脱扣器各级同时通电时的反时限动作特性

脱扣器	电流整定值			动作时间/h	周围空气参考温度/℃
	脱扣器电流 I/A	X 倍	Y 倍		
无温度补偿	≤ 63	1.05	1.35	1	+20 或 +40
	> 63	1.05	1.25	2	
有温度补偿	≤ 63	1.05	1.30	1	+20
		1.05	1.40	1	-5
		1.00	1.30	1	+40
	+20	≥ 63	1.05	1.25	2
	-5		1.05	1.35	2
	+40		1.00	1.25	2

注:1. X ——不脱扣电流整定倍数; Y ——脱扣电流整定倍数。
2. 当三极过电流脱扣器仅有两极通电时, Y 倍中规定的最大电流值应增加 10%。

(5)热过载继电器及电磁式过载延时继电器的特性见表 3-10。

表 3-10 热过载继电器及电磁式过载延时继电器的特性

通电状态	过载继电器		整定电流倍数				周围温度/℃
	类型	温度补偿	1 型		2 型		
			2 h 不动作	2 h 动作	2 h 不动作	2 h 动作	
各相平衡	热、电磁	无	1.05	1.2	0.87	1.00	
	热	有	1.05	1.2	0.87	1.05	20
			1.05	1.3	0.87	1.11	—5
			1.00	1.2	0.87	1.00	40
两相通电	热	无	1.05	1.32	0.87	1.10	20 或 40
		有	1.05	1.32	0.87	1.16	20
负载不平衡	热	有	两相 1.00 一相 0.99	两相 1.15 一相 0.75	两相 0.83 一相 0.75	两相 1.00 一相 0.75	20

注:1. 1 型过载继电器指按所匹配电机的满载电路选定,而 2 型指按最终动作电流选定。
2. 作交流电机过载保护的断路器的反时限装置,其特性同 1 型。
(6)作线路或电动机保护用的交流断路器和继电器的动作值及可调范围见表 3-11。

表 3-11 线路或电动机保护用的交流断路器和继电器动作值及可调范围

类别	适用范围		动作方式	短延时时限/s	电流或电压动作值为额定值的倍数	
					可调范围	不可调式
过电压	选择型	$I_N \leq 2\,500\text{ A}$	短延时	0.1、0.25、0.5	3~10	任选一整定值
		$I_N \geq 2\,500\text{ A}$			3~6	
		$I_N \leq 2\,500\text{ A}$	瞬时	—	10~20	
		$I_N \geq 2\,500\text{ A}$			7~14	
	非选择型	$I_N \leq 100\text{ A}$	瞬时	—	3~50	任选一整定值
		仅带瞬时脱扣器			1~3、3~6、 5~10、6~12	
		仅和长延时配合的瞬时脱扣器			3~10	
	保护电动机	可配长延时	瞬时	—	3~6 或 8~15	5 或 12

续表

类 别	适用范围		动作方式	短延时时限/s	电流或电压动作值为额定值的倍数	
					可调范围	不可调式
过电流	过载保护	线路用	反时限	—	0.7~1	—
		电动机用		—		
欠电压	欠电压保护		瞬时	—	0.4~0.7	0.35~0.7
			延时	1、3、5		
失电压	失电压保护		瞬时	—	—	0.10~0.35
			延时	1、3、5		

注:1. 选择型断路器是指具有短路延时过电流脱扣器或兼有欠电压延时或失电压延时断路器,其余均指非选择型断路器。

2. 过电流脱扣器的动作值除热式外是指在 $-5^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$,而与周围空气温度无关。

进行动作值测定时要注意以下问题。

①要求试验电路与电流保持恒定,应使电压线圈端电压的波动在电流空载时不大于5%。电流线圈中的电流波动,在打开衔铁时应不大于5%。直流电源应采用蓄电池电源或三相全波整流电源,但电压线圈允许采用单相全波整流电源。

②对于交流电动电器动作值的测定,若有选相合闸装置,则应在最不利相角下试验1次;若无选相装置,则在试验时应做不小于10次的测量。

对于直流电动电器动作值的测定,做检查试验应不少于3次,且每次都要改变线圈极性。进行保护特性测定时要注意以下问题。

①进行保护特性测定时,通过被试电器的电流波动应小于 $\pm 2.5\%$ 。

②熔断器的保护特性试验,从最小熔化电流到极限分断能力之间分几挡电流做试验。

3) 绝缘电阻和耐压试验

绝缘电阻和耐压试验是检查电器的介电性能,保证导电部分之间及导电部分对地之间绝缘,以保护人员的操作安全和电器的可靠使用。通常用测量绝缘电阻和进行耐压试验的方法检查绝缘材料及其结构的介电性能。

绝缘电阻的测量部位包括以下几个方面。

(1)主触头在断开位置时,同极的进线与出线之间。

(2)主触头在闭合位置时,不同极的带电部件之间、触头与线圈之间以及主电路与控制辅助电路(包括线圈)之间。

(3)各带电部件与金属支架之间。带电部件包括主电路与控制辅助电路。

低压断路器等低压开关电器,在运行中应定期进行绝缘性能试验,试验的项目主要是测量绝缘电阻和进行交流耐压试验,试验周期一般为1~3年。

测量的仪表是绝缘电阻表,绝缘电阻表的电压等级应根据被测开关电器的额定电压来选取,见表3-12。绝缘电阻的要求值可参考出厂值自行规定。

表 3-12 绝缘电阻表的选用

被试开关电器额定电压 U_N/V	绝缘电阻表的电压等级/V
$U_N \leq 60$	250
$60 < U_N \leq 660$	500
$660 < U_N \leq 1\,200$	1\,000
$U_N > 1\,200$	2\,500

测量绝缘电阻应注意以下主要事项。

- (1)接线前应对被测开关电器放电,通常为 1 min。
- (2)校验绝缘电阻表是否指零或无穷大。
- (3)测量被试品导电部分与地之间的绝缘电阻时,绝缘电阻表的 L 端子和 E 端子应连接正确,即 L 端子接被试品与大地绝缘的导电部分,E 端子接被试品的接地端。
- (4)绝缘电阻表与被试品之间的连线不能绞接或拖地,以免带来测量误差。
- (5)历年测量应采用同一型号或同一块绝缘电阻表,以便进行比较。
- (6)采用手摇式绝缘电阻表进行测量时,应以恒定转速转动摇柄,待 1 min 后读取其绝缘电阻值。
- (7)试验完毕后或重复进行试验时,必须认真放电,以免触电。

耐压试验施加电压的部位包括以下几个方面。

- (1)主触头处于断开位置时,同极的进线与出线之间。
- (2)主触头处于闭合位置时,各极带电部件连接在一起处与金属支架之间,不同极的带电部件之间。
- (3)不与电路连接,但和控制辅助电路连接在一起处与金属支架之间。
- (4)相互绝缘的控制电路与辅助电路之间。

试验电源的电压应当是正弦波,频率为 45~62 Hz。在试验过程中,若没有发生绝缘击穿、表面闪络、泄漏电流明显增大或电压突然下降等异常现象,则认为试验合格。若有焦味、闪络、放电或击穿等现象,则应查明原因。

试验中所施加的试验电压与开关电器的额定电压有关,见表 3-13。

表 3-13 交流耐压试验的试验电压值

额定电压 U_N/V	试验电压/V
$U_N \leq 60$	1 000
$60 < U_N \leq 300$	2 000
$300 < U_N \leq 690$	2 500
$690 < U_N \leq 800$	3 000
$800 < U_N \leq 1\ 000$	3 500
$1\ 000 < U_N \leq 1\ 500^{\text{①}}$	3 500

注:①仅适用于直流。

4. 老化试验

绝缘材料受热、电和机械应力等因素影响性能逐渐变化,导致损坏的现象称为老化。考虑到各材料运行条件不同、老化因素不同,应把各种老化因素组合起来进行多因素老化试验。

1) 电气设备绝缘部件的热老化

电气设备的绝缘部件很多都是由橡胶等材料制作而成的,如电线、电缆和导线的绝缘层等。电气设备的这些绝缘部件在温度升高到一定程度后就会变软和丧失强度,而在外力的挤压下发生变形令导体暴露,导致绝缘失效。

电气装置的绝缘部件如果长期工作在高温环境下,还会出现绝缘退化和炭化现象,而降