

9/6

TH-38
586

机电一体化设备结构与维修

宋福生 朱 江 谢菁青 戴高男

东南大学出版社
·南 京·

内 容 提 要

本书为原电子工业部“九五”规划教材。共七章,内容为概述;机械部分;控制部分;检测部分;执行部分;接口部分;机电一体化设备结构与维修实例。

本书可作为机电类专业高等职业教育以及中专、电大、职工大学的教材,也可供机电工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机电一体化设备结构与维修/宋福生编著. —南京:
东南大学出版社, 2000. 12

ISBN 7-81050-698-6

I. 机… II. 宋… III. ①机电一体化-设备-构造
②机电一体化-设备-维修 IV. TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 54781 号

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼 2 号 邮编:210096)

出版人:宋增民

江苏省新华书店经销 丹阳市兴华印刷厂印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:16 字数:400 千字

2000 年 12 月第 1 版 2000 年 12 月第 1 次印刷

印数:1-5 000 定价:24.00 元

(凡因印装质量问题,可直接向本社发行科调换。电话:025-3792327)

前 言

本书是“九五”规划教材。依据原电子工业部《“机电一体化设备结构与维修”教学大纲》编写,并经全国中专电子机械类专业教学指导委员会组织的审稿会审定通过,可作为高职、中专等职业院校机电类专业的教材。

编写本教材的指导思想是:依据职业技术教育培养应用型技术人才的培养目标,设置教材体系,着重培养学生解决机电一体化设备生产技术问题的能力和新技术的运作能力,以适应机电技术发展的需要。

本课程的参考教学时数为 90 学时,其主要内容为机电一体化设备的组成、机电一体化设备检测的基本知识;机械部分;控制部分;检测部分;执行元件;接口部分;机电一体化设备结构与维修实例。且每章都有实例进行分析,以加强应用技术和实践能力的训练。

本书由南京无线电工业学校宋福生主编,上海电子技术学校孙希羚主审,责任编委为本溪市电子工业学校于德友。编写分工如下:

第一、四章由本溪市电子工业学校戴高男编写;第二、五章由无锡无线电工业学校谢菁青编写;第三、六章由常州无线电工业学校朱江编写;第七章由南京无线电工业学校宋福生编写。全书由宋福生进行统稿。编写过程中电子机械专业教学指导委员会的许多同志为本书提出了中肯的建议,并给予热情指导,编者在此表示深切的谢意。

由于编者水平有限,加之时间仓促,错误与不足之处在所难免,请不吝赐教。

编 者

2000 年 9 月

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 机电一体化设备的组成	(1)
一、机电一体化的由来与发展	(1)
二、机电一体化设备的组成	(3)
第二节 机电一体化设备维修的基本知识	(6)
一、机电一体化设备维修	(6)
二、机电一体化设备故障诊断方法	(10)
第二章 机械部分	(13)
第一节 机械传动机构	(13)
一、传动机构性能要求	(13)
二、滚珠丝杠副传动机构	(13)
三、无侧隙齿轮传动机构	(21)
四、其他传动机构	(24)
第二节 导向及支承机构	(30)
一、导轨的分类和基本要求	(30)
二、塑料导轨	(31)
三、滚动导轨	(34)
四、支承装置	(37)
第三节 机械执行机构	(43)
一、微动机构	(43)
二、定位机构	(46)
三、数控机床动力卡盘与回转刀架	(47)
第三章 控制部分	(50)
第一节 单片机控制装置	(50)
一、由单片机组成控制器的结构和特点	(50)
二、单片机控制器在全自动洗衣机中的应用与维修	(55)
第二节 可编程控制装置	(62)
一、可编程控制器的结构、工作原理和工作过程	(62)
二、PLC 选购、安装与维护	(68)
三、PLC 在工业控制中的应用	(77)
第三节 计算机数控装置	(85)
一、计算机数控装置的组成和特点	(85)
二、CNC 装置故障	(96)
第四章 检测部分	(101)

第一节 传感器应用	(101)
一、检测系统的组成	(101)
二、传感器的选用	(103)
第二节 检测应用实例	(108)
一、位置检测	(108)
二、速度检测	(120)
三、检测实例分析	(125)
第五章 执行部分	(134)
第一节 执行元件的种类、特点及基本要求	(134)
一、执行元件的种类及其特点	(134)
二、对执行元件的基本要求	(136)
第二节 机电一体化系统常用的控制用电机	(136)
一、对控制用电机的基本要求	(136)
二、控制用电机的种类、特点及选用	(137)
三、直流(DC)伺服电机与驱动	(138)
四、交流(AC)伺服电机与驱动	(141)
五、步进电机的种类及其工作原理	(143)
六、步进电机的驱动与控制	(147)
第三节 工业机器人末端执行器	(153)
一、机械夹持器	(153)
二、特种末端执行器	(154)
三、灵巧手	(156)
第六章 接口部分	(157)
第一节 接口及其类型	(157)
一、接口的定义	(157)
二、接口的类型	(158)
第二节 电气接口实例	(162)
一、继电器接口实例	(162)
二、光电耦合器驱动接口	(165)
第三节 机电接口实例	(168)
一、变频调速基本知识	(168)
二、变频调速器的工作原理和功率接口技术	(174)
三、变频调速实例	(182)
第四节 键盘、显示器接口技术	(184)
一、8279 的主要功能	(184)
二、8279 内部结构及引脚	(184)
三、8279 的引脚功能	(185)
四、8279 命令字	(187)
五、8279 状态字	(189)

六、输入数据格式	(189)
七、8279 与 MCS - 51 的接口	(190)
第七章 机电一体化设备结构与维修实例	(193)
第一节·传真机结构原理与维修	(193)
一、传真机的结构原理	(193)
二、传真机故障诊断与维修	(201)
第二节 XQB38 - 92 型电脑控制波轮式全自动洗衣机的结构、原理及维修	(207)
一、XQB38 - 92 型洗衣机的结构	(207)
二、XQB38 - 92 型洗衣机的工作原理	(208)
三、XQB38 - 92 型洗衣机故障分析	(212)
四、无水检测	(215)
五、XQB38 - 92 型洗衣机程控器原理图	(215)
第三节 自动装配生产线的结构原理与维修	(217)
一、自动装配生产线的发展概况	(217)
二、自动装配生产线的结构	(219)
三、装配工作头	(232)
四、自动装配生产线的检测装置	(242)
五、自动装配生产线的故障诊断	(244)
参考文献	(247)

第一章 概述

第一节 机电一体化设备的组成

一、机电一体化的由来与发展

回顾已过去的 20 世纪,科学技术发展成果超过了过去所有世纪的总和。传统的科学正在脱胎换骨,新的科学正在不断地问世,技术的融合程度比任何一次产业革命都高。机电一体化技术产生于这一背景之下,自然符合科技发展的规律,也是机械学科发展的必然结果。它使古老的机械工业焕发青春,也对社会的发展产生着极为深刻的影响。

(一) 机电一体化的概念

机电一体化一词(メカトロニクス(Mechatronics))最早(70 年代初)起源于日本。它取英语 Mechanics(机械学)的前半部和 Electronics(电子学)的后半部拼合而成,字面上表示机械学与电子学两门学科的综合,我国通常称为机电一体化或机械电子学。但是,“机电一体化”并非是机械技术与电子技术的简单叠加,发展到今日业已成为有着其自身体系的一门新型学科。

目前,人们对“机电一体化”存在着各种不同的认识,随着生产和科学技术的发展,“机电一体化”本身的涵义也还在被赋予新的内容。因此“机电一体化”这一术语尚无统一的定义,不过其基本概念和涵义可概括为:机电一体化是从系统的观点出发,将机械技术、微电子技术、信息技术、控制技术、计算机技术、传感器技术、接口技术等系统工程的基础上有机地加以综合,实现整个系统最优化而建立起来的一种新的科学技术。

机电一体化的产生与迅速发展的根本原因在于社会的发展和科学的进步。系统工程、控制论和信息论是机电一体化的理论基础,也是机电一体化技术的方法论。微电子技术的发展,半导体大规模和超大规模集成电路制造技术的进步,则为机电一体化技术奠定了技术基础。1947 年诞生第一只晶体管,1959 年出现了集成电路,70 年代开发出微处理器芯片后,微电子技术获得了惊人的发展。1971 年英特尔公司开发出第一片微处理器芯片(Intel 4004),当时集成度约 2 000 器件/片,时钟频率 1 MHz,字长 4 位。经过 7 次技术换代之后,1995 年英特尔公司生产的 Pentium(中文名“奔腾”,也称为 80586)微处理器芯片,集成度约 310 万器件/片,时钟频率可达 133 MHz。1995 年 11 月又一代微处理器已研制出来,并命名为 Pentium Pro(中文名“高能奔腾”,也称为 80686),集成度约 550 万器件/片,时钟频率可达 300 MHz。其功能比 Pentium 又翻了一番。与此同时,为实现各种功能的专用大规模集成电路芯片如雨后春笋不断涌现,可以说,现在几乎每天都有新型芯片问世。微电子技术的飞速发展,使大规模集成电路具有高集成度、高性能、高可靠性和低价格等优点,这无疑促进了机电一体化技术的发展。与此同时,机电一体化技术的发展也促进了微电子技术发展。比如,大规模集成电路芯片的制造有赖于超精密机械加工,而超精密加工设备本身又是一种计算机控制的自动化设备,即典型机电一体化系统。由此可见,机电一体化技术的产生既是机械技术与电子技术发展的结果,又是系统工程、

控制论和信息论付诸实践的结果。

现在,机电一体化产品和系统已经渗透到国民经济、社会生活的各个领域。诸如办公自动化设备、机械制造设备、汽车、石油化工设备、冶金设备、现代化武器、航天器、家用电器……机电一体化几乎达到“无孔不入”的地步。它促进了经济转型和社会的发展,同时也引起了各国为发展机电一体化技术的激烈竞争,从而反过来在全世界范围内更进一步推动机电一体化技术和系统向前迅速发展。

机电一体化设备的发展趋势可概括为以下三个方面:① 性能上:向高精度、高效率、高性能、智能化的方向发展;② 功能上:向小型化、轻型化、多功能方向发展;③ 层次上:向系统化、复合集成化方向发展。机电一体化的优势,在于它吸收了各相关学科之长,且综合利用各学科并加以整体优化。因此在机电一体化研究与生产应用过程中,要特别强调技术融合、学科交叉的作用。机电一体化依赖于相关技术的发展,机电一体化的发展也促进了各相关技术的发展。机电一体化必将以崭新的姿态进入 21 世纪并继续发展。

(二) 机电一体化技术的应用

机电一体化是各种技术的相互渗透的结果,其主要相关技术可以归纳为机械技术、检测传感技术、信息处理技术、自动控制技术、伺服传动技术、接口技术、系统总体技术七个方面。

1. 机械技术

机械技术是机电一体化的基础。机电一体化的机械产品与传统机械产品间的区别在于:机械结构更简单;机械功能更强和性能更优越。现代机械要求具有更新颖的结构、更小的体积、更轻的重量,还要求精度更高、刚度更大、动态性能更好。为了满足这些要求,在设计和制造机械系统时,除了考虑静态、动态的刚度及热变形的问题外,还要考虑采用新型复合材料和新型结构以及新型的制造工艺和工艺装置。

从机械产品设计来讲,开展可靠性设计及该项技术的应用,加强对机电产品基础元器件的失效分析研究。并在提高元器件可靠性水平的同时,开展对整体系统可靠性的研究。机电一体化产品的设计从静强度设计到动强度设计,也采用损伤容限设计、动态优化设计、摩擦学设计、防蚀设计、低噪声设计等。

2. 检测传感技术

检测传感装置是机电一体化系统的感觉器官,即从待测对象那里获取待测对象的特征与状态的信号。检测传感技术的内容:一是研究如何将各种物理量(如位置、位移、速度、加速度、力、温度、压力、流量、成分等)转换成与之成比例的电量;二是研究对转换的电信号的加工处理,如放大、补偿、标度等。

机电一体化系统要求传感装置能快速、精确、可靠地获取信息,并价格低廉。但是,目前检测传感技术的发展还难以满足控制系统的要求。不少机电一体化系统不能达到满意的效果或无法达到设计要求的關鍵原因在于没有合适的传感器。因此检测传感技术是机电一体化的关键技术。

3. 信息处理技术

信息处理技术包括信息变换、存取、运算、判断和决策,信息处理大都是依靠计算机来进行的,因此计算机技术与信息处理技术是密切相关的。计算机技术包括计算机软件技术、硬件技术和网络与通信技术等。机电一体化系统中主要采取工业控制机(包括可编程控制器,单、多回路调节器,单片微控器,总线式工业控制机,分布式计算机测控系统等)进行信息处理。计

算机的迅速发展已成为促进机电一体化系统技术发展和变革的最活跃因素。提高信息处理的速度,提高可靠性,加强智能化……都是信息处理技术今后发展的方向。

4. 自动控制技术

自动控制技术的目的在于实现机电一体化系统的最优化。自动控制所依据的理论和基础是自动控制原理,它可分为经典控制理论和现代控制理论。经典控制理论主要研究单输入—单输出、线性定常系统的分析和设计问题;现代控制理论主要研究具有高性能、高精度的多变量系统的最优控制问题。自动控制技术还包括在控制理论指导下,对具体控制系统的设计、仿真和现场调试等。由于控制对象种类繁多,所以自动控制技术的内容极其丰富。机电一体化系统中自动控制技术主要包括位置控制、速度控制、最优控制、模糊控制、自适应控制等等。

5. 伺服传动技术

“伺服”(Servo)即“伺候服侍”的意思,就是在控制指令的指挥下,控制驱动元件,使机械的运动部件按照指令的要求进行运动,并具有良好的动态性能。伺服传动系统中所采用的驱动技术与所使用的执行元件有关。伺服传动系统按执行元件不同可分为液压伺服系统和电气伺服系统两类。液压伺服系统工作稳定、响应速度快、输出力矩大,特别是在低速运行时的性能更具有突出的优点。但液压伺服系统需要增加液压动力源,设备复杂、体积大、维修费用大,还存在污染环境等缺点。因此,液压伺服系统仅用在大型设备和有特殊需求的场合,而在大部分场合都采用电气伺服系统。电气伺服系统采用电动机作为伺服驱动元件,具有控制灵活、费用小、可靠性高等优点,缺点是低速时输出力矩不够大。近年来随着电机技术和电力与电子技术的进步,促进了电气伺服系统的发展。

6. 接口技术

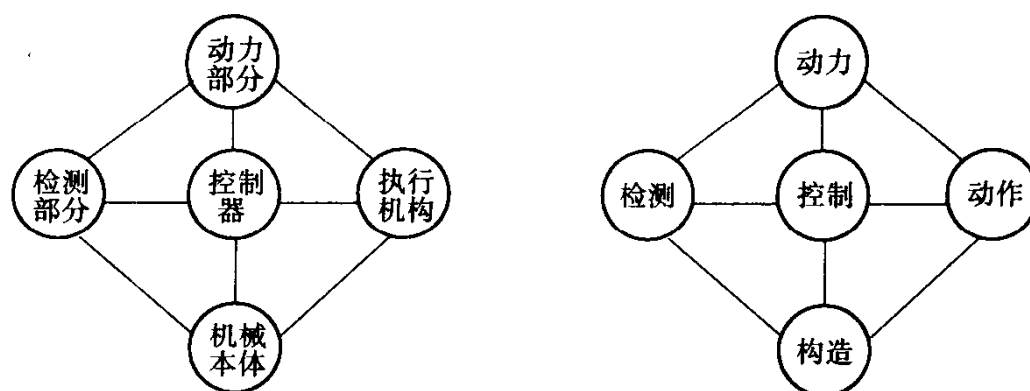
在机电一体化系统中,微型计算机、机械部分、检测传感部分、驱动部分等主要组成部分之间需要相互传递信息,但它们之间由于存在诸如工作速度快慢不一致,输入输出之间信号有模拟量与数字量的差别,阻抗不匹配以及需选择合适的分析频率范围的问题又不能直接连接,需要在各部分之间设置接口电路来协调。最初的接口电路是指在计算机系统中,中央处理器CPU与外围设备之间的电路。在这里,接口技术已不再单纯地属于计算机,而是独立成为一门重要技术而立足于机电一体化技术之中。

7. 系统总体技术

系统总体技术是以整体的概念,组织应用各种相关技术的应用技术。即从全局角度和系统目标出发,将系统分成若干功能子系统,对于每个子系统的技术方案都首先从实现整个系统技术协调的观点来考虑,对于子系统与子系统之间的矛盾或子系统和系统整体之间的矛盾都要从总体协调的需要来选择解决的方案。机电一体化系统是一个技术综合体,利用系统总体技术将各种有关技术协调配合、综合运用而达到整体系统的最佳化。

二、机电一体化设备的组成

机电一体化系统的形式多种多样,其功能也不相同。但一般一个较完善的机电一体化系统应包括以下几个基本要素(子系统):机械本体、动力部分、检测部分、执行机构、控制器。这些要素的关系及功能如图1-1所示。机电一体化系统五要素实例如图1-2所示。



(a) 机电一体化系统的要素 (b) 机电一体化系统的功能
图 1-1 机电一体化系统的要素及功能

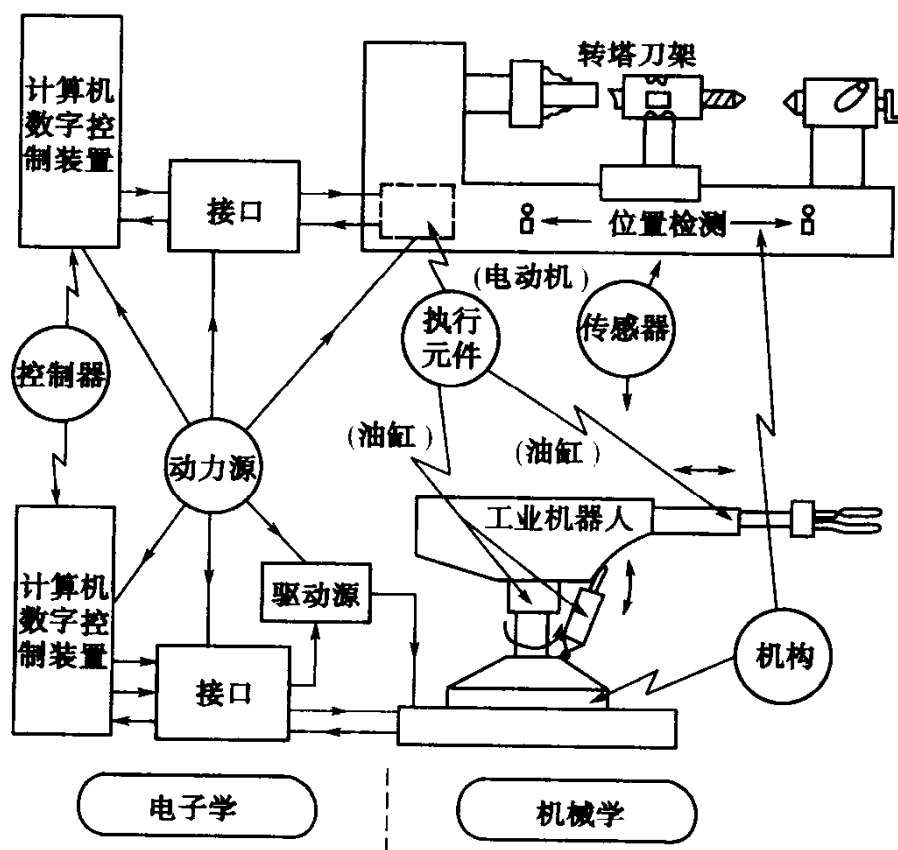


图 1-2 机电一体化系统五要素实例

(一) 机电一体化设备的组成要素

1. 机械本体

机械本体包括机械传动装置和机械结构装置。机械子系统的主要功能是使构造系统的各子系统、零部件按照一定的空间和时间关系安置在一定的位置上,并保持特定的关系。为了充分发挥机电一体化的优点,必须使机械本体部分具有高精度、轻量化和高可靠性。过去的机械均以钢铁为基础材料,而要实现机械本体的高性能,除了采用钢铁材料以外,还必须采用复合材料或非金属材料。要求机械传动装置有高刚度、低惯量、较高的谐振频率和适当的阻尼性能,从而对机械系统的结构形式、制造材料、零件形状等方面都相应提出了特定的要求。机械结构是机电一体化系统的机体。各组成要素(子系统)均以机体为骨架进行合理布局,有机合成一整体,这不仅是系统内部结构的设计问题,而且也包括外部造型的设计问题。要求机电一体化的系统整体布局合理,使用、操作方便,造型美观,色调协调。

2. 动力部分

动力部分的功能是按照机电一体化系统的要求提供能量和动力,使系统正常运行。

3. 检测部分

检测部分的功能是把系统运行过程中所需要的本身和外界环境的各种参数及状态进行检测,变成可识别信号,送往控制装置,经过信息处理后产生相应的控制信息。

4. 执行机构

执行机构的功能是根据控制信息和指令完成所要求的动作。执行机构是运动部件,它将输入的各种形式的能量转换为机械能。常用的执行机构可分为两类:一类是电气式执行部件,按运动方式的不同又可分为旋转运动元件和直线运动元件,旋转运动元件主要指各种电动机,直线运动元件有电磁铁、压电驱动器等等。另一类是液压执行部件,主要包括液压缸和液压伺服电动机等执行元件。

5. 控制器

控制器是机电一体化系统的核心部分。它根据系统的状态信息和系统的目标,进行信息处理,按照一定的程序发出相应的控制信号,通过输出接口送往执行机构,控制整个系统按预定程序运行,并达到预期的性能。控制器通常是由电子线路和计算机组成。

6. 接口

机电一体化系统由许多要素或子系统构成,各子系统之间必须能顺利地进行物质、能量和信息的传递与交换,为此各要素或各子系统相接处必须具备一定的联系部件,这个部件就可称为接口。接口的基本功能主要有三个:①交换:需要进行信息交换的传输环节之间,由于信号的模式不同(如数字量与模拟量、串行码与并行码、连续脉冲与序列脉冲等),无法直接实现信息或能量的交流,这就靠通过接口来完成信号或能量的统一。②放大:在两个信号强度相差悬殊的环节间,经接口放大,达到能量的匹配。③传递:经变换和放大后的信号在环节间能达到可靠、快速、准确地交换,还必须遵循协调一致的时序、信号格式和逻辑规范。因此,接口具有保证信息传递的逻辑控制功能,使信息按规定模式进行传递。

接口的作用使各要素或子系统联接成为一个有机整体,使各个功能环节有目的地协调一致运动,从而形成了机电一体化的系统工程。

尽管机电一体化产品种类繁多,而且还在不断地增加,但仍可以按功能划分为以下几类:

(1) 数控机械类 主要产品为数控机床、机器人、发动机控制系统和自动洗衣机等。其特点为执行机构是机械装置。

(2) 电子设备类 主要产品为电火花加工机床、线切割加工机、超声波缝纫机和激光测量仪等。其特点为执行机构是电子装置。

(3) 机电结合类 主要产品为自动探伤机、形状识别装置和 CT 扫描诊断仪、自动售货机等。其特点为执行机构是机械和电子装置的有机结合。

(4) 电液伺服类 主要产品为机电一体化的伺服装置。其特点为执行机构是液压驱动的机械装置,控制机构是接收电信号的液压伺服阀。

(5) 信息控制类 主要产品为电报机、传真机、磁盘存储器、磁带录像机、录音机、复印机和办公自动化设备等。其特点为执行机构的动作完全由所接收的信息来控制。

此外,还可以按其他方面来分类,这里不再叙述。

(二) 机电一体化设备的特点

(1) 提高了控制性能 机电一体化系统使用微型计算机作为控制部件,具有记忆、运算和处理信息的功能,从而使控制和度量检测灵敏度、精度以及范围都得到了很大提高;不仅如此,它还可以实施用其他方法较难实现的各种现代控制策略,如自适应控制、非线性控制等。由此,目前已从单机控制发展到群体的全面控制的水平。

(2) 改善了操作性能 机电一体化系统普遍采用数字显示,装有人机对话装置(如键盘及显示器等),操作人员可很方便地了解工作情况和发布操作命令。由于实现了程序控制,设备的按钮和手柄减少了,操作方法可由显示器提示,从而简化了设备的操作,减少了操作过程中的错误,降低了劳动强度。

(3) 具有柔性 机电一体化设备可通过改变软件配置而无需改变硬件来满足市场需求的变化,及时调整产品结构和生产过程。它是解决多品种小批量生产的重要途径。

(4) 具有适应面广的多种复合功能。

(5) 能提高生产的安全性 机电一体化设备具有自动监视、报警、自动诊断、自我保护及修复的功能,是一种智能化系统。遇到过载、失步、漏油和失电等不正常工作状况时能自动采取对策,防止设备在运行中可能产生的危险,从而提高了生产的安全性,而且维护和检修都很方便。

(6) 提高了可靠性 电子元件具有高灵敏度和可靠性,大规模集成电路、涂塑导轨等新器件、新结构,使机电一体化系统的结构大为简单,大大地减少了可动构件和易损件,降低了故障率,提高了系统的可靠性。

第二节 机电一体化设备维修的基本知识

一、机电一体化设备维修

机电一体化设备维修包括设备的维护、检查、修理及管理。其目的在于保证设备经常处于良好的技术状态,满足生产需求,并使维修费用最经济。

(一) 维修方式及选择

1. 维修方式

设备的维修方式(又称维修方针)是指维修时设备的控制。

(1) 事后维修 当设备发生故障或性能、精度降低到合格水平以下时所进行的非计划性修理,也称故障维修。它不控制维修时期,而是当设备发生故障或损坏,造成停机之后才进行维修,以修复原来的功能为目的。事后维修丧失了许多工作时间,生产计划也被打乱,修理内容、时间长短及安排等问题都带有很大的随机性。从各方面考虑,它是一种落后的维修方式,是最低要求的对策。若不能采用其他对策时,可把它当作最后手段来使用。

事后维修适用于修理技术不太复杂和结构简单的设备、低值设备、利用率低的设备及有代用的设备,即使停机也不致影响生产。

(2) 预防维修 为了防止设备性能、精度劣化或降低故障率,按事先的计划和相应的技术要求所进行的维修活动称为预防维修。预防维修有定期维修和状态维修两种。

① 定期维修:以时间为基础的预防维修方式。其特点对设备进行周期性修理。它是根

据设备磨损机理、统计数据和经验来确定修理类别、修理间隔及修理工作量;安排准备备件和材料,制订年修理计划,并按计划实施。

采用这种维修方式的设备,主要有安全要求较高的动力设备和受压容器等。

② 状态维修:以设备技术状态为基础的预防维修方式。它是根据各种定期检查或依靠各种监测仪器提供的信息,进行趋势分析,经过诊断技术的判断,确定故障发生前进行预防维修的最佳时间。按照监测手段的不同,也可以分为一般状态的维修和状态监测维修,也叫预知状态维修。

一般状态维修适用于主要生产设备的维修,而状态监测维修要花费较多的费用,购置价格昂贵的监测仪器,因而宜在流程生产设备、重点设备、精大稀有设备和生产线等方面应用。

(3) 改善维修 为了消除设备的先天性缺陷或频发故障部位而对设备的局部结构零件加以改进的维修。通常,对于消除先天缺陷,多是在安装试运转阶段进行。而对频发故障部位则多是结合维修进行改装,以提高维修的可靠性。由于针对性强,又节省费用,所以这种修中有改的方式,是一种普遍而又有效的维修方式。

(4) 质量维修 一种从保证产品质量出发而制定的设备维修程序,其目的是使产品零件加工的全部质量特性保持最佳状态,从而提出对影响质量有关的重要因素如人、机、料等进行管理,并把重点放在设备与质量的关系上。这种方法采用了全面质量管理的图表(如排列图等)、统计分析方法等。通过掌握产品质量状况,找出质量不良的工序、发生故障的设备部位和原因,进行分类整理。根据影响的严重程度选定重点问题,逐项分析研究,制定恢复性措施。对质量不良发生原因一时尚不清楚的慢性质量不良,则应用 PM 分析(现象的机理分析),找出原因和解决措施,并制定防止再发生故障的管理制度。

(5) 可靠性维修 又称为以可靠性为中心的维修(reliability centred maintenance, RCM),出现于 20 世纪 60 年代美国民航工业,目前已推行于设备运行可靠性要求特高的原子能工业、军事工业等。这种技术是根据运行中的设备的潜在故障发展为功能故障的过程虽有长短,但其故障征兆均能通过检测而发现这一规律所采取的一种预防性措施,它是一种从研究设备可靠性出发,提高可靠性的维修技术。其工作程序主要是收集设备设计、运行、点检与检查的数据,根据运行中对安全性、经济性等影响的重要程度来确定 RCM 的分析对象,然后采用功能故障分析(functional failure analysis, FFA)、功能故障模式和影响分析(functional failure mode and effect analysis, FMEA),再通过逻辑树分析(logic tree analysis, LTA),来选定适用的维修作业,如预防维修、事后维修、定期更换、重新设计等。

2. 维修方式的选择

维修的目的在于保证设备运转的可靠性,即保证使用价值的可靠性,另外要使维修费用最省。因此维修决策的基本要求是:①可靠性不得低于允许的最小值 $[R]$,即 $R(t) \geq [R]$;②维修费用 K_r 为最少或不得大于某个预定的维修费限额 K_{lmin} ,即 $K_r \leq K_{lmin}$ 。从系统工程的基本观点来看,维修阶段可视为寿命周期这个概念的系统,公式则指出了这一系统的优化的目标函数和约束条件的基本形式。要优化维修决策,首先应选择合理的维修方式。

上述五种维修方式各有一定的适用范围。然而应用是否恰当,则有优劣之分。应根据机电一体化设备的特点及使用条件选择最合适的维修方式,以达到提高设备效率、减少停机损失和寿命周期费用最经济的目的。维修方式的发展趋势是事后维修逐步走向定期预防维修,再从定期预防维修走向计划的定期检查,并按检查结果安排近期的状态维修。随着工厂技术装

置水平不断提高,设备构成日益复杂和机电一体化设备的应用,生产活动日益取决于设备的性能和可靠性,使维修概念从静态管理向动态管理转变,逐步趋向可靠性维修、质量维修等。

机电一体化设备种类繁多,应用较广泛,因此应根据具体情况选择一种或几种维修方式的组合。机电一体化设备选定维修方式一般侧重于可靠性。对设备关键部位推行状态监测维修,及时采取预防措施,对质量管理点的设备,注意加工过程中产品质量变化情况,发现异常及时进行质量维修。要配备熟悉微电子技术的设备员,进行监护和指导,培养机电合一的维修工人。数控设备或机电一体化设备要进行定期检查和故障逻辑分析,发现失效元器件及时进行更换和调试。

(二) 维修制度

维修工作不仅是技术工作,也是一项管理性工作。维修制度是在一定的维修理论和思想指导下,制定出一套规定,它包括:维修计划、类别、方式、时机、范围、等级、组织和考核指标体系等。

实施合理的维修制度有利于安排人力、物力和财力,及早做好修前准备,适当地进行维修工作,满足工艺需求,提高机电设备技术状态、可靠性和使用寿命,缩短维修停歇时间,减少维修费用和停机损失。维修制度也在不断地演变和发展,就目前情况看,主要有以下几种:

1. 计划预防维修制

它是在掌握机电设备磨损和损坏规律的基础之上,根据各种机件的磨损速度和使用期限,贯彻防重于治、防患于未然的原则,相应地组织保养和维修,以免机件的过早磨损,对磨损给予补偿,防止和减少故障,延长寿命,节省维修时间,从而有利于提高有效度和经济效益。

计划预防维修的具体实施可概括为“定期检查、按时保养、计划修理”,它适合维修的宏观管理。计划预防维修制的实行需要具备以下条件:①通过统计、测定、试验研究,确定总成、主要零部件的修理周期,合理的划分修理类别;②制定一套相应的维修组技术定额标准;③具备按职能分工、合理布局的修理基地。计划预防维修制度的主要缺点是经济性差,修理周期和范围固定,会造成部分机件不必要的维修,即过剩维修或修理不足。在维修过程中,按维修内容及范围的深度和广度,维修分为大修、中修、小修、项修、改造和计划外维修等几种层次和类别,由维修工作量的大小和内容决定。

(1) 大修 全面或基本恢复机电设备的功能,一般由厂矿企业内的专业维修组人员或在工业设施比较集中的地区设置的维修中心进行。大修时,将对机电设备进行全部或大部解体,重点修复基础件,更换和维修丧失和即将丧失功能的零部件,调整后的精度基本达到原出厂水平,并对外观重新整修。

(2) 中修 是一种介于大修和小修之间的层次,为平衡性维修。

(3) 小修 以更换或修复在维修间隔期内磨损严重或即将失效的零部件为目的,不涉及对基础的维修,是排除故障的维修。

大、中、小修这三种层次客观上反映了机电设备的时间进程,因而最适合以时间为基准的计划预防维修的实施,为大多数单位采用。但它还需要其他修理层次作补充,才能解决预测不到的维修需要。

(4) 项修 在机电设备运行,进行状态监测的基础上,专门针对即将发生故障的零部件或技术项目进行事前计划性的维修。项修是穿插在大、中、小修之间的,没有周期性的一种计划维修层次。

(5) 改造 用新技术、新材料、新结构和新工艺,在原机电设备的基础之上进行局部改造,以提高其精度、功能、生产率和可靠性为目的。这种维修属于改善性,其工作量的大小取决于原设备的结构对实行改造的适应程度,也决定于人们需要将原设备的功能提高到什么水平。改造又称现代化改装。

(6) 计划外维修 因突发性故障和事故而必须对机电设备进行的一种维修层次。计划外维修的次数和工作量越少,表明管理水平越高。

2. 以状态监测为基础的维修制

它以可靠性理论、状态监测、故障诊断为基础,根据机电设备的实际技术状态检测结果而确定修理时机和范围。鉴于一些复杂的机电设备一般只有早期和偶然故障,而无耗损期,因此定期维修对许多故障是无效的。现代机电设备只有少数项目的故障对安全有危害,因而应按各部分机件的功能、功能故障、故障原因和后果来确定需要做的维修工作。

这种维修制的特点是修理周期、程序和范围都不固定,要依照实际情况而灵活决定。它把维修工作的重心由修理和保养转到检查上来,它的基础是推行点检制。点检工作不仅为修理时机和范围提供信息依据,而且分散地完成了一部分修理工作内容。对机电设备进行日常点检、定期点检和精密点检,然后将状态检测与故障诊断提供的信息进行分析处理,判断劣化程度,并在故障发生前有针对性地进行维修,既保证了机电设备经常处于完好状态,也充分利用了机件的使用寿命,比计划预防维修制更为合理。

实行以状态监测为基础的维修应具备的条件有:要有充分的可靠性试验数据、资料作为判别机件状态的依据;要求设计制造和维修部门密切配合,制定机电设备的维修大纲,具备必要的检测手段和标准。

3. 针对性维修制

这种维修制是按综合管理原则和以可靠性为中心的维修思想,从实际出发,根据机电设备的形式、性能和使用条件等特点,在推行点检制的基础上,有针对性采取不同维修方式,即视情维修、定期维修和事后维修等,并充分利用决策技术、计算机技术和状态监测、故障诊断技术等,使维修工作科学化,实现设备寿命周期费用最经济、综合效益最高的目标。

针对性维修制的特点是:

(1) 它吸收并改进了分类管理办法,强化了重点机电设备、重点部位的维修管理,并按其特点和状态,有针对性采取不同的维修方式,充分发挥其不同的适用性和有效性,以获得最佳的维修效果。

(2) 在各种维修方式中,把状态监测、视情维修作为主要推广方式,实施点检制,体现以可靠性为中心的思想,把维修工作重点放在日常保养上,尽量做到有针对性。

(3) 重视信息作用,应用计算机技术实行动态管理,并进行适时决策,保证维修工作真正做到有针对性。

针对性维修制的内容包括:① 推行点检制,对机电设备进行分类,有针对性采取多种维修方式;② 改进计划预防维修,对实行状态监测视情维修方式的机电设备采用维修类型决策,有针对性地进行项修或大修;③ 建立一套维修和检测标准,确定工时定额;④ 进行计算机辅助动态管理,包括各项决策的支持系统。

4. 操作维护制度

这是针对人员行为的一种规范化要求,是机电设备管理中的一项重要软件工程,主要有

五项纪律和四项要求:

五项纪律:① 实行人员定机的操作;② 保持机电设备的整洁,做好润滑维修;③ 遵守安全操作规程及交接班制;④ 管好工具和附件;⑤ 发现故障立即停机检查。

四项要求:① 整齐;② 清洁;③ 润滑;④ 安全。

机电设备的维护是提高利用率、实现其功能的重要手段,它分为日常维护和定期维护两种形式。

日常维护主要由机电设备的操作者进行,班前检查,班后清扫,保证机电设备处于良好的技术状态。定期维护又称一级护养,由操作人员完成,维修人员辅助。它近似于小修,维护周期视不同的机电设备而异。其内容包括保养部位和重点部位的拆卸检查;油路和润滑系统的清洗与疏通;调整检查各部位的间隙;紧固各部件和零件;电气部件的保养维修等。

二、机电一体化设备故障诊断方法

(一) 故障定义

故障一般是指设备或系统在运行过程中出现异常,不能达到预定的性能要求,或者表征其工作性能的参数超过某一规定界限,有可能使设备部分或全部丧失功能的现象。

有时也应用特定词“失效”(failure),如设备因腐蚀而失效,也属故障范畴。在一般情况下两者是同义词。但严格地说失效与故障是有区别的,一般的所有失效都属故障,但不是所有故障都是失效。

由于机电设备多种多样,因而故障形式也有所不同,故障的分类形式主要有以下几种:

1. 按故障存在的程度分类

暂时性故障 这类故障带有间断性,是在一定条件下,系统所产生的功能上的故障,通过调整系统参数或运行参数,不需要更换零部件又可恢复系统的正常功能。

永久性故障 这类故障是由某些零部件损坏而引起的,必须经过更换或修复才能消除故障,这类故障还可分为完全丧失所有功能的完全性故障及导致某些局部功能丧失的局部性故障。

2. 按故障发生、发展的进程分类

突发性故障 出现故障前无明显征兆,难以靠早期试验或测试来预测,这类故障发生时间短暂,一般带有破坏性,如转子的断裂,人员误操作引起的设备的毁损等属于这一类故障。

渐发性故障 设备在适用过程中某些零件因疲劳、腐蚀、磨损等使性能逐渐下降,最终超出允许值而发生故障。这类故障占有相当大的比重,具有一定的规律性,能通过早期状态监测和故障预报来预防。

以上两种类别的故障虽有区别,但彼此之间可以转化,如零部件磨损到一定程度也会导致突然断裂而引起突发性故障,这一点在设备运行中应予注意。

3. 按故障严重的程度分类

破坏性故障 它既有突发性的,又有永久性的。故障发生后往往危及设备和人身安全。

非破坏性故障 一般它是渐发性的又是局部性的,故障发生后暂时不会危及设备和人身安全。

4. 按故障发生的原因分类

外因故障 因操作人员操作不当或环境条件恶化而造成的故障,如调解系统的误动作,设

备的超速运行等。

内因故障 设备在运行的过程中,因设计和生产方面存在的潜在隐患而造成的故障,如设计上的薄弱环节,制造过程中残余的局部应力和变形,材料的缺陷等都是潜在的故障因素。

5. 按故障的相关性分类

相关故障 也称间接故障。这种故障是由设备其他部件引起的,如轴承因断油而烧瓦的故障是因油路系统故障而引起的,这一点在故障诊断中应予以注意。

非相关故障 也称直接故障。这是因零部件的本身直接因素引起的,对设备进行故障诊断首先应诊断这类故障。

6. 按故障发生的时期分类

早期故障 这种故障的产生可能是设计加工或材料上的缺陷,多在设备投入运行初期就会暴露出来。或者是有些零部件如齿轮箱中的齿轮副及其他摩擦副需经过一段时期的“磨合”,使工作情况逐渐改善。这类故障经早期暴露、处理、完善后,其故障率呈下降趋势。

使用期故障 这是产品在有效寿命期内发生的故障,这种故障是由于载荷(外因、运行条件)和系统特性(内因、零部件故障、结构损伤等)无法预知的偶然因素引起的。设备大部分时间处于这种工作状态,这时期的故障率基本是恒定的,对这个时期的故障进行监视与诊断具有重要意义。

后期故障(耗散期故障) 它往往发生在设备使用寿命的后期,由于设备长期使用,甚至超过设备的使用寿命后,因设备的零部件逐渐磨损、疲劳、老化等原因使系统功能退化,最后可能导致系统发生突发性的、危险性的、全局性的故障。这时期设备故障率呈上升趋势。通过监测、诊断,发现失效零部件后应及时更换,以免发生事故。

(二) 设备故障诊断技术

设备出现故障后,使某些特性改变,产生机械的、温度的、噪声的以及电磁的种种物理和化学参数的变化,发出不同的信息。捕捉这些变化后的征兆,检测变化的信号和规律,从而判定故障发生的部位、性质、大小,分析原因和异常情况,预报未来,判别损坏的情况,作出决策,消除故障隐患,防止事故发生,这就是故障诊断。

设备故障诊断的内容包括状态监测、分析诊断和故障预测三个方面。其具体实施过程可以归纳为以下四个方面:

(1) **信号采集** 设备在运行过程中必然会有力、热、振动及能量等各种量的变化,由此会产生各种不同信息。根据不同的诊断需要,选择能表征设备工作状态的不同信号,如振动、压力、温度等是十分必要的,这些信号一般是用不同的传感器来采集。

(2) **信号处理** 这是将采集到的信号进行分类处理、加工、获得能表征机器特征的过程,也称特征提取过程,如振动信号从时域变换到频域进行频谱分析即是这个过程。

(3) **状态识别** 将经过信号处理后获得的设备特征参数与规定的允许参数或判别参数进行比较、对比以确定设备所处的状态,是否存在故障及故障的类型和性质等。为此应正确制定相应的判别准则和诊断策略。

(4) **诊断决策** 根据对设备状态的判断,决定应采取的对策和措施,同时应根据当前信号预测设备状态可能发展的趋势,进行趋势分析。

上述设备诊断过程可用如图 1-3 所示来表示。