

电子工程师手册

ELECTRONICS ENGINEERS' HANDBOOK

上册

第15篇 电子技术在机械制造方面的应用

主 编 朱梦周

执 笔 卜 炎

杜则裕

朱梦周

亢 羽

张海根

汤 和

刘鲁源

王凤岐

主 审 张长生

电子工程师手册

电子工程师手册编辑委员会 编

下 册



机械工业出版社

(京)新登字054号

本手册系统地概括了电子技术基础及其应用领域的主要技术内容,有一定的深度和广度。

全书按其内容,大体上可分为如下三个部分:

1. 基础知识部分,包括:常用符号、物理化学常数、单位、标准和数学公式;电磁学与电路基础;信号与系统分析等。

2. 技术基础部分,包括:电子材料;电子元器件;模拟电路;数字电路;微波、电波传播与天线;电子产品的工艺、结构、电磁兼容与可靠性。

3. 技术应用部分,包括:电力电子技术;电子测量与电子仪器;机械量的电子测量;电子计算机与人工智能;自动控制系统与控制仪表;数控技术与机器人;广播、电视与声像处理技术;通信、雷达、导航与电子对抗;医疗电子技术。

本书在编写上,力求简明扼要、深入浅出、直观易懂、归类便查。注意理论阐述的严谨和采用数据、图表和公式的准确可靠。努力做到既反映我国电子技术近年来的主要成就,也介绍国外的先进技术和发展动向。

本手册主要供机电工业系统和其他行业系统的工程技术人员在处理专业工作中涉及电子技术问题时查阅使用,也可供大专院校有关专业师生参考。

电子工程师手册

电子工程师手册编辑委员会 编

责任编辑:贾 馨 版式设计:霍永明

封面设计:姚 毅 责任校对:肖新民

责任印制:路 琳

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京房山区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092¹/₁₆·印张 182¹/₂·插页 8·字数 5756 千字

1995年4月北京第1版·1995年4月北京第1次印刷

印数 00,001—10 000 定价:上、下册共198.00元

ISBN 7-111-04178-X/TM·523

发展电子技术促
进经济繁荣与社
会进步

孙俊人

一九八二年六月

中国电子学会理事长孙俊人为本书题词

电子工程师手册编委会

主任委员

吴咏诗

副主任委员

胡健栋

邹洵

罗命钧(常务)

委员

翁瑞琪

(常务)

秦起佑

(常务)

张长生

黄仕机

周孝琪

阚石

俞斯乐

丁润涛

郭维廉

徐苓安

张国雄

朱梦周

总编辑

吴咏诗

副总编辑

秦起佑

翁瑞琪

秘书

尹明丽

序

电子技术是一门发展迅速,应用广泛的技术。它的发展可以说是日新月异,新技术层出不穷。它的应用则已遍及工业、农业、国防、科技、文教和人民日常生活的各个领域,对于经济发展和社会进步有着重要的促进作用。当前第三次新的技术革命正在兴起,如果说第一次技术革命是以机械化为标志,第二次技术革命是以电气化为标志的话,那么,第三次新的技术革命就应该说是以电子化作为标志。前两次技术革命主要都是人类体能的延伸,而第三次新的技术革命则主要是人类智能的扩展,其基础就是电子技术。也有人说目前已是信息时代,而信息的获取、处理、传输也是要依赖于电子技术的。所以为了加速我国的现代化建设,体现“科学技术是第一生产力”的伟大作用,在各个领域,尤其是机电工业系统中推广与普及电子技术是十分重要的。在这种情况下,编写和出版这部《电子工程师手册》是很有必要的。

这部手册是为机电工业系统和其他行业系统中具有中等以上技术水平的工程技术人员在处理专业工作中涉及电子技术问题时查阅而编写的,是以应用为主的、综合性的电子技术手册。它是一部工具书,主要为工程技术人员在研究、处理电子技术问题时起备查、提示和启发的作用。它也可为高等学校有关专业师生及其他有关人员提供参考。

这部手册系统地概括了电子技术及其主要应用领域的基本技术内容。在内容取舍上力求做到:科学性、实用性和先进性。科学性是要体现现代电子科学技术的基本内容,介绍必要的基础知识,注意理论阐述的严谨,采用数据、图表的准确可靠;实用性是要从实用出发建立自己的体系,主要提供一些结论性的技术内容以及这些结论的应用,在编写上简明扼要,深入浅出,直观易懂,归类便查;先进性则是既要反映我国电子技术近年的主要成就,也要介绍国外的先进技术和发展动向,注意反映电子技术的时代特征。

整个手册共17篇,按其内容大体上可分为以下三个部分:

(1) 基础知识 共2篇,分别是:常用资料(符号、常数、单位、标准和数学公式);电磁学与电路基础。

(2) 技术基础 共6篇,分别是:电子材料;电子元器件;模拟电路;数字电路;微波技术、电波传播与天线;电子产品的工艺、结构与可靠性。

(3) 技术应用 共9篇,分别是:电力电子技术;电子测量与电子仪器;机械量的电子测量;电子计算机;自动控制与控制仪表;电子技术在机械制造方面的应用;广播、电视与声像技术;通信、雷达、导航与电子对抗;医疗电子技术。

这部手册的编写方式也是一种改革的尝试。过去一部综合性手册的编写一般是组织全国各地的有关专家分头编写,然后集中统稿编辑的。由于专家分散在全国各地,联系讨论不便,统稿、编辑过程中也要往返于各地进行讨论、修改,这就不能不拖延时日,往往要5~6年,大型的甚至要8~10年才能出版。电子技术发展非常迅速,如果从编写到出版要花这样长的时间,那么,手册出版之日可能已是内容陈旧之时。因此,这部手册是主要聘请天

津、北京两地的有关专家编写、审稿，而且由机械工业出版社委托天津大学承担了具体的组织工作。由于编写人员居住相对集中，便于交流与讨论，主编与主审也能及时交换意见，除出版社外，还有一个专业面较宽的学术单位负责组织工作，这就使整个手册的编写、审稿和定稿工作在两年之内顺利完成，而且保证了质量，基本上达到了预定的目标和要求。应该说这种做法是成功的，不足之处则可能是未能充分反映其他各地有关专家的经验与成就，这就希望各位专家和广大读者对本手册多提宝贵意见，以便今后能予以修改和补充。

这部手册能以顺利地完成和出版，我愿诚挚地感谢编委会各位委员、各篇的主编、主审以及全体编者所付出的辛勤劳动，感谢他们认真负责的态度和友好合作的精神。我还要特别感谢机械工业出版社的罗命钧、秦起佑、贾馨三位同志和天津大学的翁瑞琪教授，他们为本手册的组织编写、统稿定稿、编辑出版做了大量的工作，为保证手册的质量做出了重要的贡献。

我希望，这部手册的出版，能为有关专业的工程技术人员和高等学校的师生，在从事电子技术应用与推广工作中提供一本实用的工具书。如果它能为我国电子技术的广泛应用起到一些促进作用的话，这将使我们所有这些参加手册编写、出版工作的同志感到荣幸和欣慰。

吴詠诗

目 录

第1章 电子技术与机械制造

1 概述	15-1
2 应用电子技术对机械产品的影响	15-1
2.1 产品工作原理的改变	15-1
2.2 驱动与传动	15-1
2.3 操纵与控制	15-3
2.4 执行机构	15-4
3 制造方法、制造过程和 生产系统的变化	15-4
3.1 对工艺方法的影响	15-4
3.2 工艺过程自动化设计	15-4
3.3 生产系统的柔性化、智能化和 集成化	15-4
4 生产计划管理和质量控制的变化	15-5
4.1 生产计划和管理	15-5
4.2 企业的质量控制	15-5
5 电子技术在热加工中的应用实例	15-5
5.1 电弧焊工艺参数的检测与控制	15-5
5.2 电弧焊设备的计算机控制	15-6
5.3 电阻焊同步控制装置	15-8
5.4 电阻焊工艺参数的综合测试	15-9
5.5 光电气割机与数控气割机	15-11
5.6 高频感应加热装置	15-16
5.7 铸造车间冲天炉熔化过程的 控制系统	15-18
5.8 热模锻自动生产线的微机控制	15-20

第2章 机械设备的计算机辅助设计

1 概述	15-22
2 CAD系统的图形技术	15-23
2.1 CAD图形技术简介	15-23
2.2 几何造型技术	15-24
2.3 几何变换技术	15-33
2.4 曲线曲面造型技术	15-43
2.5 图形显示技术	15-48
2.6 CAD系统用户接口技术	15-51
2.7 CAD系统数据库	15-53

2.8 CAD系统间的数据交换标准	15-55
3 机械产品设计的性能评价 与特性分析	15-57
3.1 概述	15-57
3.2 有限元分析软件	15-57
3.3 有限元分析的前后置处理	15-58
3.4 有限元分析实例	15-58
4 机械产品CAD的优化技术	15-61
4.1 概述	15-61
4.2 优化设计的基本概念	15-61
4.3 建立优化数学模型的方法	15-64
4.4 机械产品优化设计实例	15-67

第3章 机床数控技术

1 概述	15-74
1.1 机床数控系统的组成	15-74
1.2 机床数控系统的分类	15-74
2 输入	15-75
2.1 穿孔纸带信息格式	15-75
2.2 输入装置与电路	15-81
3 硬线数控装置	15-88
3.1 位置及轨迹控制运算器	15-88
3.2 运算控制器	15-94
4 计算机数控装置	15-102
4.1 计算机数控装置的硬件结构	15-102
4.2 计算机数控软件	15-104
5 开环控制系统	15-112
5.1 步进电动机的工作原理和特性	15-112
5.2 步进电动机的驱动电源	15-113
5.3 步进电动机的微机控制	15-116
6 闭环控制系统	15-117
6.1 位置检测元件	15-117
6.2 直流伺服电动机	15-119
6.3 脉冲—相位调制式伺服控制系统	15-121
6.4 光电编码盘伺服系统	15-125
7 FANUC 7M系统简介	15-127
7.1 基本功能及规格	15-128
7.2 硬件结构特点	15-128

7.3 7M系统的软件	15-130
8 数控技术的发展	15-131

第4章 机械设备的计算机 辅助监测与诊断

1 概述	15-132
1.1 目的和任务	15-132
1.2 机械设备的故障及其特性	15-132
1.3 计算机辅助诊断的一般过程	15-132
1.4 计算机辅助诊断的方法和特性	15-133
1.5 故障诊断专家系统简介	15-133
2 机械设备常见故障的计算机辅助诊断	15-133
2.1 大型旋转机械的监测与诊断	15-133
2.2 机床传动链误差诊断	15-136
2.3 常见机械零部件的故障诊断	15-137
3 数控(CNC)机床的诊断	15-139
3.1 概述	15-139
3.2 数控机床诊断的一般过程和方法	15-139
3.3 数控机床诊断的软件和硬件结构	15-142
3.4 数控机床及其工作状态的诊断实例	15-142
4 机械制造过程的计算机辅助监测与诊断	15-149
4.1 概述	15-149
4.2 诊断监控系统的组成	15-149
4.3 刀具损伤的监测和诊断	15-149
4.4 机械加工过程的监测和诊断	15-151
4.5 CIMS中的诊断问题	15-155

第5章 工业机器人

1 概述	15-158
1.1 机器人的定义	15-158
1.2 工业机器人的基本构成	15-158
1.3 工业机器人的分类	15-159
1.4 机器人系统的技术指标	15-161
2 工业机器人的应用	15-162
2.1 焊接	15-162
2.2 喷漆	15-162

2.3 粗磨	15-162
2.4 转动作业工具的应用	15-163
2.5 零件的搬运/传递	15-163
2.6 装配操作	15-163
2.7 零件分类	15-163
2.8 零件的检查	15-163
3 操作器运动学	15-164
3.1 空间描述及变换	15-164
3.2 操作器运动学	15-165
3.3 雅可毕矩阵与奇异性	15-168
3.4 综合举例	15-168
4 机器人的感觉	15-169
4.1 触觉传感器及其应用	15-169
4.2 顺应控制	15-171
4.3 机器人视觉及其应用	15-172
5 机器人的控制	15-174
5.1 轨迹规划	15-174
5.2 位置控制	15-177
5.3 机器人控制系统的递阶分布结构	15-180
6 机器人编程语言	15-182
6.1 运动级机器人语言及举例	15-182
6.2 结构级机器人语言及举例	15-185
6.3 作业级机器人语言	15-188

第6章 现代制造系统

1 概述	15-189
1.1 机械制造与制造系统	15-189
1.2 制造系统的主要功能	15-189
1.3 现代制造系统的特点	15-190
2 计算机辅助设计/制造集成系统	15-191
2.1 计算机辅助设计、计算机辅助制造的概念	15-191
2.2 计算机辅助工艺过程设计	15-193
2.3 计算机辅助数控加工零件程序编制	15-195
2.4 CAD/CAM集成系统的总体结构及集成方法	15-199
3 柔性自动化加工系统	15-201
3.1 柔性自动化加工	15-201
3.2 柔性制造单元	15-203
3.3 柔性制造系统	15-204

3.4 柔性制造线	15-210	5.2 CIM开放式体系结构	15-216
4 计算机辅助企业管理信息系统 ...	15-211	5.3 制造企业 CIMS 典型结构	15-217
4.1 概述	15-211	5.4 CIMS的递阶规划与控制.....	15-219
4.2 制造资源计划系统	15-211	5.5 CIMS的应用.....	15-219
4.3 典型的 MRP-Ⅱ 系统简介	15-213	5.6 CIMS实验工程简介.....	15-224
5 计算机集成制造系统	15-215	参考文献	15-226
5.1 概念	15-215		

第1章 电子技术与机械制造

1 概述

机械制造业中目前常用的电子技术的内容有：利用电子能量直接代替机械加工、电子控制电力拖动、电子信号处理和测量、计算机技术应用和电子通信技术。电子技术的应用使机械制造业日益发生着革命性的变化，主要表现在：一些机械产品被电子产品淘汰了，大部分机械产品正在用电子技术改善其性能；设计机械产品的思想、设计方法和设计所用的工具正在改变，新的机械与电子技术相结合，多种学科、多种技术相互渗透、相互促进、设计多功能参数可变可调的柔性工作机械，正在拓宽设计者多方向的设计思想；多方面专家经验的综合，分模块化并行设计的新方法正在加快产品的设计和简化总体装配结构；计算机辅助设计在全部设计过程中的应用，使机械产品的设计更加合理可靠，成功率提高，周期缩短，劳动量减轻；机械产品的制造方法、制造过程和所用的生产系统正在逐步实现自动化、智能化和集成化。计算机技术的应用使机械产品由设计到制造正在由传统的过程过渡到全部自动化的、连续生产过程；机械制造中的生产管理和质量控制也将由卫星通信和计算机网络的连通，使世界市场的需求和技术进步的信息传递到企业中，迅速做出生产决策，改善生产计划并完善企业的管理，企业产品的质量将由电子检测系统和计算机统计分析得以及时的调整和提高。

由此可见，电子技术的应用正在并将急剧地改变机械制造业的面貌，自动化设计和自动化生产的未来工厂将逐步实现。

2 应用电子技术对机械产品的影响

2.1 产品工作原理的改变

以机械打字机和手摇机械式计算机为例，曾经有过长期研究和改进设计的极为复杂的打字机和计算机，其中许多机械机构是经过多次改进的。但自从应用电子计算机以后，这些产品被淘汰了。电子计算机不仅可以实现机械打字机的功能，还可以任意编辑、存取、修改、变换字型，并兼有机械计算

机的一切功能以及排字、印刷机的功能。又如机械式钟表、工业计时、计数机构等一系列仪器仪表都被新的电子仪表、数字式仪表所代替。再如机械仿形车床和多刀半自动车床等，由于制造仿形模板和调整刀具相当复杂，现在都已改用只要输入程序即可加工的数控车床了。

因此，现在设计新的机械产品时，首先必须从基本工作原理上考虑其发展的必要性、先进性和市场存在的寿命期。

2.2 驱动与传动

1. 驱动 在有电源的地方，大多数机器都是由电动机驱动的。由于机器工作速度的变换，传动时，常用电动机和减速器或变速箱相配合驱动。其结构复杂，体积庞大，效率很低，噪声大，操作困难，特别是在工作过程中要求变速，例如，车削大直径工件时，随着直径的变小，要求工件转速不断升高，才能保持良好的切削速度和效率。机械变速箱很难满足载荷下变换速度。而现代数控车床等则改用了电子控制的直流或交流变速电动机，简化或取消了机械减速器或变速箱。机器结构大为简化，并易于制造，使用方便。

在没有电源的地方，例如车辆中，利用发动机将燃料的能量转变为机械能，直接驱动，中间无需再转变为电能。因此，车辆中仍然大量使用着机械变速箱。但是，近来用太阳能，风能和蓄电池等，则可先转变为电能再用电动机驱动，简化了机械结构，并采用了电子控制技术。

2. 传动 传统的机械传动方式是由一台电动机驱动全部机械运动，中间机械传动机构相当复杂。如果机械的两个工作部件的运动没有相互关系，就可以改为两个电动机分别驱动，简化了机械结构。如果其间有严格的函数关系，例如切螺纹或加工齿轮（螺纹车床、滚齿机、磨齿机），常常保留着机械传动，传动链中每个传动零件都要达到很高的传动精度要求，或者在传动链整体结构上保留着精密的传动关系。这在传动链较短、高速重载、工作频繁的要求下，目前，还是可取的。例如，在

各种高速冲床中,如果传动链较长,工作比较平稳,当电子元件和系统的工作比较可靠时,采用新的数控伺服系统多坐标联动和插补技术,可以大为简化机械传动系统。图 15·1-1 为一台数控车床车削螺纹时的传动示意图。主轴一转(即工件一转),主轴回转编码器向控制器发出转角信号,计算机控制伺服电动机使刀架在工件的轴长方向上均匀移动一个导程距离,即可切出螺纹,横向电动机驱动刀架的切入和退出。这样机床的机械传动要比普通螺纹车床简单多了。

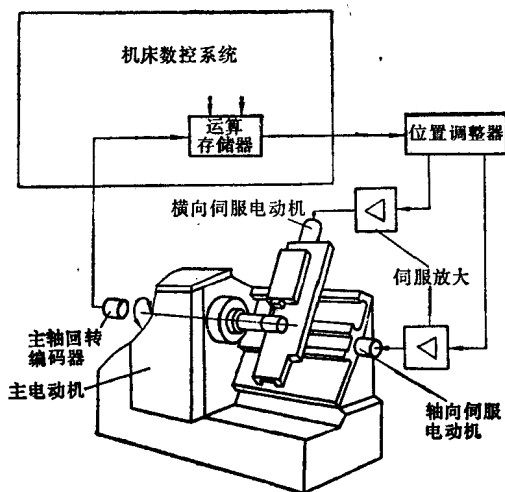


图 15·1-1 数控车床车削螺纹传动示意图

图 15·1-2 为一台滚齿机床原理图。工件为一待加工的圆盘,紧固在工作台上,由蜗杆蜗轮副驱

动工作台回转(图中以 C 轴回转),滚刀上的刀齿应调整对准要加工齿轮的齿槽,滚刀回转(轴 B)与工件齿轮的回转应符合传动比 U_0 ,即滚刀转一转,工件转过 $1/Z_1$ 转,即齿轮转过一个齿槽,滚刀上的螺旋槽如果为 Z_0 (即刀具头数),则滚刀转一转,工件转 Z_0/Z_1 转,所加工的齿轮如果是斜齿(或称螺旋齿)时,滚刀在沿垂直方向(Z 向)切出全齿长过程中,工件还要有一个附加的转动,才能使滚刀齿相对于工件有斜方向(工件的螺旋齿槽方向)的切削运动。工件的上述两种转动要在加工过程中连续的合成成为一种均匀的转动。这在机械传动的滚齿机床中要有一个差动合成机构。因此,机械传动系统相当复杂,连接滚刀与工件转动的传动链要有足够的传动精度,各机械传动件的加工精度和装配精度都比较高。新型数控滚齿机床则将大大简化机械机构,图中分别用伺服电动机 MB 和 MC 驱动刀具和工件的回转,用 MZ 电动机经丝杠螺母机构使刀具的 Z 向借助于轴向滑台而移动。各电动机的回转速度和转数由编码器 UB、UC 和 UZ 发回计算机,控制其间的比例关系,以满足前述的运动要求。机床机械传动件大量减少,使用调整都很简便。

图 15·1-3 为一台齿轮磨床的传动示意图。图中砂轮旋转为一单独的运动,另有电动机驱动。被磨削齿轮在工作台上要一面绕 C 轴转动,一面要沿 X 轴移动,配合成齿轮在一假想的齿条(砂轮面)上滚转,即可磨出齿面上的渐开线廓形。当工件滚出砂轮加工后,工件得到一个指令,接通分度电动机(见图 a),经分度挂轮、差动轮系使工件有一附加转动,转过一个齿槽,加工下一个齿面。在改造的数控磨齿机上(图 b),只需要对分度电动机给入一附加的脉冲信号即可分度,系统由两个伺服电动机直接驱动,各自有电测装置。该机床的机械传动部分只剩下最必需的几件了。机床的加工精度和可靠性转移到数控系统中。

由上看出,数控系统可以驱动多坐标运动配合成复杂的

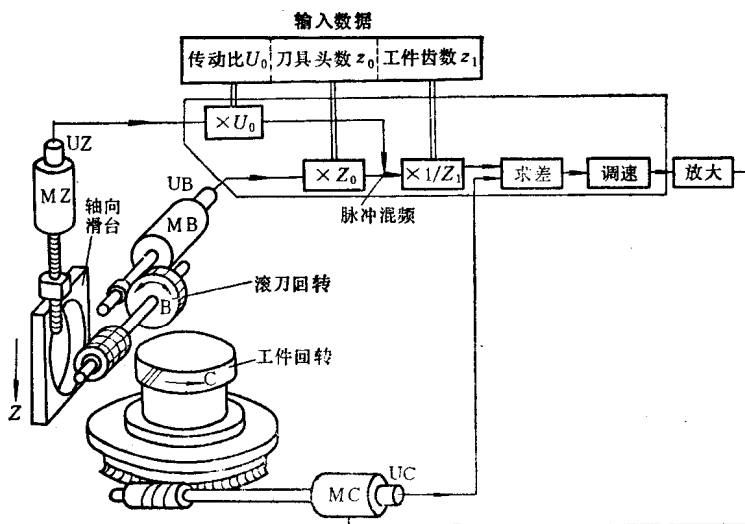
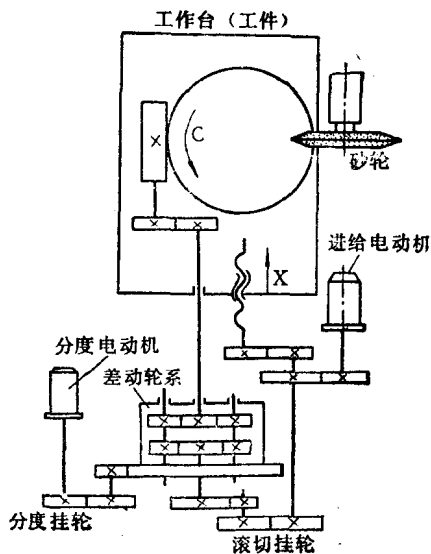
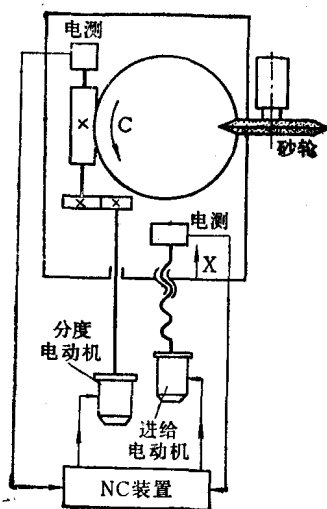


图 15·1-2 数控滚齿机床原理图



a)



b)

图15·1-3 磨齿机床传动

a) 传统机床 b) 数控机床

机械运动要求，使传统的机械传动系统简化。当驱动单坐标运动时，可以根据储存的指令运动，代替机械传动中的凸轮机构等，免去凸轮的设计与制造。图15·1-4为利用计算机储存的指令经输出接口使数字量变为模拟电量经放大器后在电磁线圈中推动铁心，使传动杆产生一定规律的轴向位移，代替了凸轮机构，改变计算机中的信号，就可以方便地改变运动规律，无需更换凸轮。

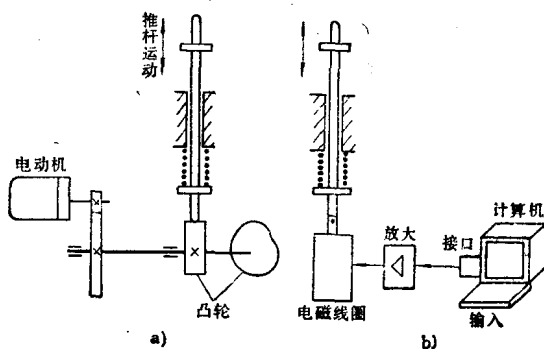


图15·1-4 凸轮传动机构的转变

2.3 操纵与控制

1. 操纵 机器的操纵机构早已从手柄、手轮、杠杆等改变为无手轮手柄的电气按钮操纵系统。应用电子技术后又出现了无按钮触摸开关、远程光电、红外开关操纵及计算机键盘操纵系统，使操纵者远离机器，免受偶发事故伤害和避开环境的污染。

2. 控制 机械的控制机构比较困难，可控制的性能参数很少，控制机构很简单。例如，发动机上控制点火顺序、喷油量、转速和扭矩等，无非是凸轮、喷嘴开口量等。机床上控制行程、方向、速度、力和力矩的大都是挡块、行程开关、弹簧、凸轮等机构，有些工作过程，例如，车削毛坯时，如果因裕量不均而切削力突然增大很多时，常常无法控制，造成刀具损坏，也可以由进给系统的弹性离合器打滑而停止，但一般调整比较困难。

利用电子技术控制就变得相对容易多了。可控制的参数和性能较多，能使机器更适应工作要求。利用传感器、信号放大器、模/数或数/模转换器（A/D或D/A）及计算机就可以控制伺服电动机或数字脉冲式步进电动机等执行机构，控制机器的工作。图15·1-5为一典型的通用数字控制系统原理图。这种控制系统例如可用于控制机床主轴的转速变化，当刀具车削大型圆盘工件时，可以实现随着刀具车削半径的变化改变主轴的转速，达到恒切速车削。当切削力增加时，可实现自动减小进给量或切削深度，达到恒力、恒扭矩或恒功率切削，保护刀具或传动系统的安全。

装在刀架或工作台上的位移传感器或测量器可以控制到达预定的距离，提高定位精度，防止超程

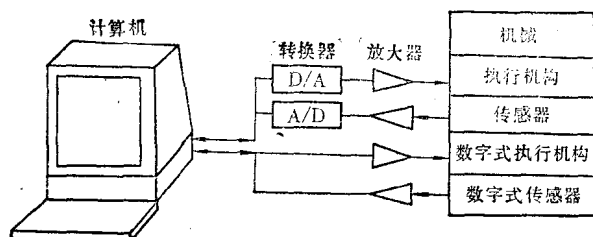


图15-1-5 通用数字计算机控制系统原理图

和终点冲击。如果没有传感器，就没有反馈信号，计算机也可以控制上述的功能，只是定位精度不一定很高而已。

装有多传感器的控制系统可以使机床的多种参数受到控制，达到优化工作过程。例如，能保证机床不产生颤振情况下的最大生产率，最低消耗或最低成本下的最大生产率等。

2.4 执行机构

机床的执行机构（工作机构）是主轴、刀架或工作台等，尽可能靠近其传动链的末端件，甚至是工件和刀具。在这些件上安装传感器可以最终了解机器的工作状态和结果。这是使用电子技术的重要标志。

用激光干涉法测量刀具和工件的运动，由加工精度和表面粗糙度的要求来控制机床的传动，是大型机床或精密机床的重要控制原理。在刀具、刀柄或刀盘上安装各种传感器可以测量刀具的磨损或破裂。在工作台上安装测量元件，可以测量位移或力的变化。在主轴或轴承上安装传感器，可以测量切削力或回转精度。这样，工作机构就形成了有感觉的元件。

由以上看出，由于采用了电子技术，机床和其他机器一样，正在逐步形成和完善其自动化和智能化功能。

3 制造方法、制造过程和生产系统的变化

3.1 对工艺方法的影响

1. 电子技术可以直接应用于改变常规的机械加工工艺 例如，用激光打孔、激光切割和焊接、激光表面微量车削或表面热处理；用数控线切割代替仿形加工；用尖端放电原理清理毛刺；用电化学法改善模具制造表面的表面粗糙度；用薄膜印刷蚀刻技术进行超微细加工，制造微细零件和机器等。

2. 常规加工工艺与机床刀具结构的变化

例如，用数控双坐标插补一圆的运动方法，在镗铣加工中心机床上，使圆柱铣刀的轴心做圆运动，铣刀刃就能形成行星周转运动，因此，可用米镗铣大孔，避免了使用大型镗刀的麻烦。在镗箱体零件两壁面轴孔时，用机床精确定位的性能，使工件转位 180° 镗出两孔的同心度仍能满足要求，因此，不再使用很长的镗刀杆和机床的尾座支承了。

3. 提高机床的加工精度 利用数控系统的补偿原理，将低精度机床运动的误差测量出来，并将应校正的补偿值储存于数控系统中，则机床原来的制造误差可以人为地得到校正，达到较高的加工精度，也可以在加工过程中利用传感器反馈的信号，通过对比、求差加以补偿，称后者为动态补偿。这样都能提高机床的加工精度。

4. 改分散工序为集中工序原则 传统的工艺是将工序分散，每台机床完成一道工序，生产线拉长，各机床结构简单，全生产线统一节拍，中间有输料装置或备料堆放地点（中间仓库等）。数控机床由于调整和控制方便，自动化程度高，因此，可以将多种工序集中在一台机床上，成为加工中心，自动更换刀具和工作台，钻、镗、铣、磨等刀具旋转的工序集中在镗铣加工中心机床上。旋转工件的车削和在轴类工件上铣槽、铣平面、钻孔的工序集中在车削加工中心机床上。因此，生产线由线缩为小段或一点上，机床的传统界限和概念改变了，工件在一次装夹中加工尽可能多的表面和工序，减少了运输、等待和在制品数量、降低了成本，提高了质量。

3.2 工艺过程自动化设计

工艺过程的设计是很复杂和需要长期积累经验的，使用计算机辅助工艺过程设计或用计算机辅助设计的数据库直接转变为工艺过程设计正在逐步达到实用状态（参见本篇第6章2.2节）。

3.3 生产系统的柔性化、智能化和集成化

现代数控生产系统中，同类零件的不同结构、不同尺寸、不同要求的工件均可在同一生产系统中加工。例如，轴类零件均可在车削加工中心上加工。箱体类零件均可在镗铣加工中心上加工。用这些机床组成的生产系统能加工很多种零件，称为柔性生产单元、柔性生产线或柔性生产车间，参见本篇第6章第3节。

4 生产计划管理和质量控制的变化

4.1 生产计划和管理

1. 生产计划的制定 企业制定生产计划的依据,一方面来自国家经济发展的计划,另一方面来自市场的需求。市场有国内外市场,根据国内外销售、订货的近期信息和市场动态的预期估计,企业要做长远规划和近期计划。这些信息的收集、传送和分析过程随着企业的大小和分布而不同。采用电子技术后,企业可以和国家、国内外代销点以及有关研究单位进行卫星通信和计算机联网等,迅速而大量的处理信息和数据,及时制定出合理的生产计划。这种依靠计算机辅助功能做出的决策,能使企业比较准确地进行有目标的生产。

2. 企业资源的合理利用 为了顺利进行生产,随着企业多品种并行生产、企业需要大量的原材料、工件毛坯、标准件、外购件、工夹量具、辅助消耗物品、动力和人力等方面的供应,进行这种统计计算和分类订购,所需的日期、数量和资金等是一种极为复杂而又关系重大的工作,利用电子计算机和数据库,可以代替相当的人力并提高计算速度,使所需的物资按计划要求的时间和数量,准确地到达所需的地点,不但要保证工作的需要,还不能有过多的备用品,以减轻资金的积压和占用仓库等,达到最好的经济效果。

3. 企业内部的管理 企业内部各部门的协调工作,相互提出的要求和彼此的生产进度,其中有的是信息的传递,有的是物流的通过,利用计算机通信和电子控制,能使各部门减少所需的人力,减少现有企业中经常出现的人为故障,提高企业的管理水平。

4.2 企业的质量控制

1. 质量控制的要求 为了满足机械产品的质量要求,按质按量按计划合同交货,企业要在投产以前,充分研究该产品整机和各零部件的多种技术性能和要求。提出对原材料、加工过程、设备和人员的要求,制定产品质量保证的计划和实施方法,其中需要很多分析计算、实验研究和绘制质量保证体系表格,设计和试制或改造新设备,新的检测系统等,以便从组织上、技术上和人才培训上达到质量控制的需求,需要用大量的计算机软硬件工作。

2. 质量控制的在线实施 从技术上保证质量最重要的是在线监测和主动调整,故障诊断和排

除。使用电子技术使这些工作相对容易和可以实现了。例如,检测在线加工尺寸和进行补偿,统计加工尺寸分布曲线和进行机床调整等。

3. 产品质量的计算机辅助检验 近年来,产品装配结束后,要在实验台上进行快速自动模拟工况实验,检测产品的性能。实验台上装有各种测试仪表,按照一定的程序和条件做实验,自动记录下性能曲线或数据,随着产品交用户检验、评价,提高产品的信誉和可靠性。不合格产品不能出厂,并且给出不合格原因的分析或指示调整的措施。

4. 企业全面质量的监测 产品的各零部件在企业的各生产线上进行加工和装配,每单位时间(每班、每日)完成的成品和废品的统计数据、工作进程等都关系着企业能否按时完成生产计划,需要在何时何地采取何种措施,用计算机网络系统能使企业的生产状况显示在屏幕上,随时调整生产进度和重点改善质量的措施,保证企业达到最好的管理效果。

5 电子技术在热加工中的应用实例

5.1 电弧焊工艺参数的检测与控制

焊接工艺参数的检测是从被测试的焊接电弧、工件、熔池及焊缝上测取各种信号,通过计算机进行分析处理,并且调整工艺参数,以获得最优化的焊接质量状态。

在焊接工艺参数的检测工作中,首先应当确定哪些是需要检测与控制的参数。在电弧焊接过程中有许多物理参数,例如,焊接电流、电弧电压等就是电量参数;而且,焊接速度、保护气体流量、熔池温度等其他参数又是非电量参数。因此,必须将这些参量转变为电量信号。对于具体的焊接过程,经过分析确定出影响焊接质量的关键参数,在焊接过程中对它们进行定时的检测,并将检测得到的信息及时进行综合分析处理,然后发出调节控制的指令,以保证焊接过程的最佳状态。所以,在检测与控制系统中,确定焊接过程的最佳状态以及检测控制程序都是重要的内容。

电弧焊接过程检控系统示意图如图 15-1-6 所示。焊接过程中的物理参数信息由检测器获取,并且经过联机接口输入到计算机。由于计算机中预先存入了计算程序和控制数据,所以用这些程序处理焊接过程中采集来的信息并得出输出指令。然后,再通过联机接口传送给执行机构的调节控制器,这

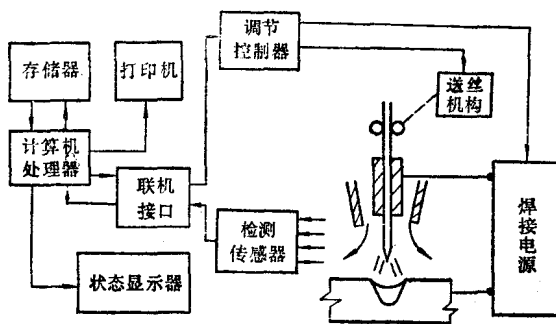


图15-1-6 电弧焊接过程检控系统示意图

样就使焊接过程的工艺参数得到了最佳控制。

对于熔化极气体保护焊焊接过程中采用的检测元件列于表15-1-1中。图15-1-7为输入联机接口框图。如图所示，输入信息采用可程序控制的半导体多路转换器进行转换，按图中规定的顺序工作。图中标出的5、25 μ s的时间延迟，分别是软件时间中多路转换器、A/D转换器的调节时间。在这个例子中，数据输入速度每通道均不大于50 μ s。表中所列的被测量可根据实际的焊接情况与具体要求进行选取。通常为了控制焊接质量，可以选取焊接电流、电弧电压、焊接速度、熔池温度等各种信息作为输入参量。这样就要求输入接口能够多通道输入，并且要求同时获得多种信息。然而在实际的焊接过程中，焊接电弧的信息变化是很快的，而且对于多路转换程序系统也要求及时把各条通道的数据作多次平均计算。因此，检测系统应该具有很好的信息取样的同时性与快速的转换处理能力。

对于熔化极气体保护焊焊接过程检控系统的调节控制器件，是焊丝的送丝电动机及焊接电源外特性的调节。通过及时的调节与控制，就可以分别控制送丝速度与电焊机的输出电压。这样就可以获得稳定的焊接过程及优质的焊接接头。

表15-1-1 熔化极气体保护焊焊接过程采用的检测元件

被 测 量	检 测 元 件
电弧电压 U	电压探头
焊接电流 I	分流器或无感电阻器
焊接速度 v 。(行走轮转速)	光电式脉冲发生计数器(频率-电压变换器)
保护气流量 Q	层流型流量计, 差动压力计
导电嘴至工件距离 L	感应式传感器
熔池温度 T	红外辐射传感器
熔滴过渡频率 f	短路脉冲计数器

5.2 电弧焊设备的计算机控制

利用微型计算机可以对各种类型的焊接设备进行控制。图15-1-8就是电弧焊设备的微机控制系统示意图。图中表示了电弧焊设备、微机系统的主机与输入、输出设备的联系。图中的时钟及标志信号保证了程序的准确与同步性。微机的作用就是严格执行所存储的程序。程序的存储类型有两种：永久存储及非永久存储。当微机仅要求完成某些专门的任务时，设计的程序以永久的方式保存在读取存储

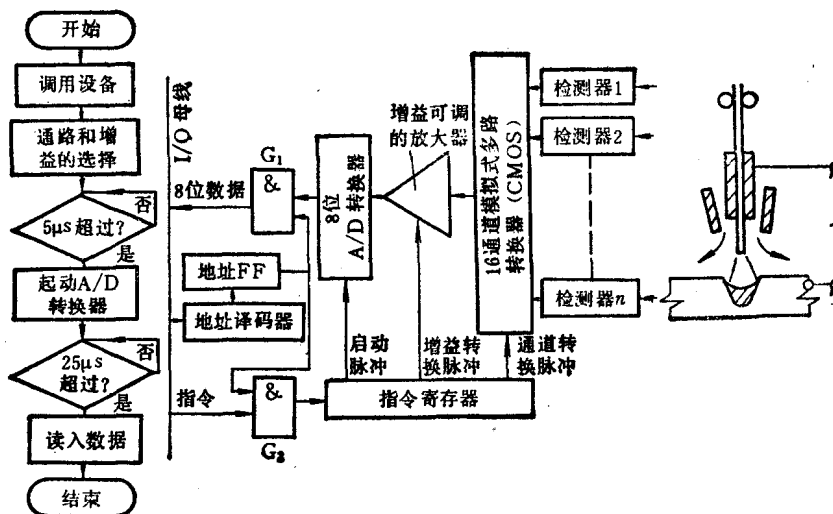


图15-1-7 输入联机接口框图