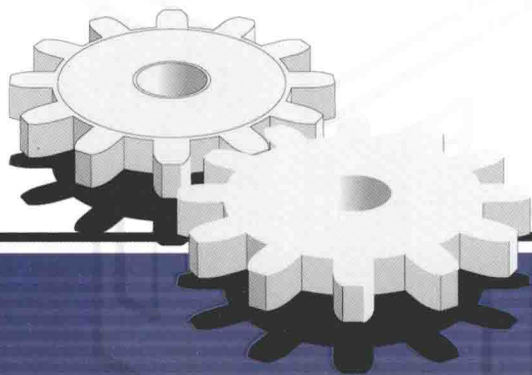
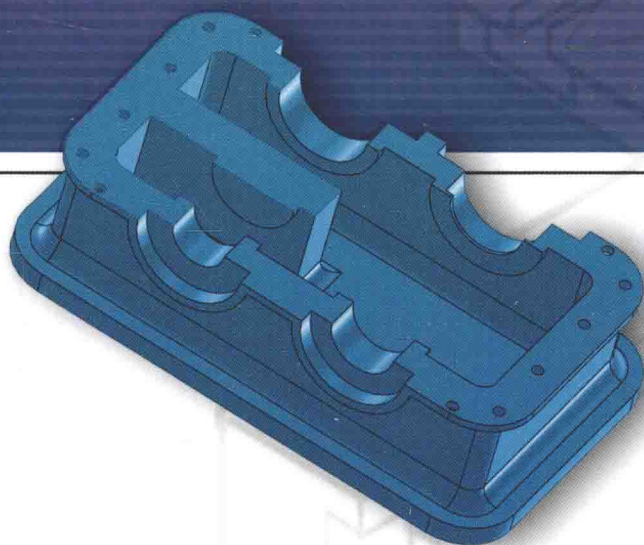


21世纪高等学校基础工业

CAD / CAM规划教材



数控机床实验指南



行文凯 郑 鹏 编著
聂惠娟 苏宇锋

清华大学出版社

21 世纪高等学校基础工程 CAD/CAM 系列教材

数控机床实验指南

行文凯 郑 鹏 聂惠娟 苏宇锋 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书主要内容包括数控机床实验的基础篇和仿真与加工篇,基础篇由实验1~实验11组成,涵盖学习数控机床所需的基本理论,重点介绍数控系统基本的连接、测试、参数设置和故障处理;仿真与加工篇由实验12~实验19和附录组成,重点介绍仿真,由浅入深、循序渐进地练习数控车削和数控铣削的工艺、编程和操作。全书通过系统的实验,为希望从事数控机床操作、维修、制造和设计的读者梳理知识,解惑答疑;特别适合缺乏实操条件的初学者使用。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

数控机床实验指南/行文凯等编著. --北京:清华大学出版社,2016

21世纪高等学校基础工业CAD/CAM规划教材

ISBN 978-7-302-42656-1

I. ①数… II. ①行… III. ①数控机床—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第171508号

责任编辑:郑寅堃 赵晓宁

封面设计:杨 兮

责任校对:焦丽丽

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:三河市春园印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:15

字 数:359千字

版 次:2016年9月第1版

印 次:2016年9月第1次印刷

印 数:1~1500

定 价:32.00元

产品编号:065455-01

前 言

数控教材长期以来存在内容跟不上数控机床发展,很多按教学大纲、教材必做的实验,由于教学设备太少,流于形式,严重影响教学质量。国内外,各层次教学甚至培训都不同程度存在这个问题,且即使硬件能力再高也无法解决。本书以数控机床高仿真操作为纽带,把机床及其工作过程认识和仿真后的机床操作验证连接起来,通过虚实结合,相对独立的单元,以适应不同的教学和培训,旨在机床更新和数量受限条件下,达到教学目的提高教学质量。

本书采用最新科研成果,引入数控机床高仿真操作(仿真内容更新方便),做到一人一“机”,所以能保证学生有充分的练习时间;教材内容虚实结合,旨在最大程度地提高教学效果;各个实验相对独立,实验之间由浅入深,特别是在仿真与加工的综合部分(实验 18 和实验 19),首次引入加工对仿真的纠错式教学,有助于加深读者对仿真和实际加工的区别的认识。

编 者

2016 年 3 月

教学资源支持

敬爱的教师：

感谢您一直以来对清华版计算机教材的支持和爱护。为了配合本课程的教学需要,本教材配有配套的电子教案(素材),有需求的教师请到清华大学出版社主页(<http://www.tup.com.cn>)上查询和下载,也可以拨打电话或发送电子邮件咨询。

如果您在使用本教材的过程中遇到了什么问题,或者有相关教材出版计划,也请您发邮件告诉我们,以便我们更好地为您服务。

我们的联系方式：

地 址：北京海淀区双清路学研大厦 A 座 707

邮 编：100084

电 话：010-62770175-4604

课件下载：<http://www.tup.com.cn>

电子邮件：weijj@tup.tsinghua.edu.cn

教师交流 QQ 群：136490705

教师服务微信：itbook8

教师服务 QQ：883604

(申请加入时,请写明您的学校名称和姓名)

用微信扫一扫右边的二维码,即可关注计算机教材公众号。



扫一扫

课件下载、样书申请
教材推荐、技术交流

目 录

实验 1 认识你要操作的数控机床	1
【实验目的与要求】	1
【主要实验设备】	1
【预习要求】	1
【实验指导】	1
【实验内容】	3
【实验报告】	4
实验 2 拆装数控机床的传动部件	5
【实验目的与要求】	5
【主要实验设备】	5
【预习要求】	5
【实验指导】	5
【实验内容】	13
【实验报告】	14
实验 3 认识数控机床的自动换刀机构	15
【实验目的与要求】	15
【主要实验设备】	15
【实验指导】	15
【实验内容】	18
【实验报告】	18
实验 4 数控系统硬件组成及其功能	19
【实验目的与要求】	19
【主要实验设备】	19
【预习要求】	19
【实验指导与实验内容】	19
【实验报告】	25
实验 5 数控系统的连接与调试	26
【实验目的与要求】	26

【主要实验设备】	26
【预习要求】	26
【实验指导与实验内容】	26
【实验报告】	35
实验 6 数控系统的参数设置	36
【实验目的】	36
【主要实验设备】	36
【预习要求】	36
【实验指导】	36
【实验内容】	47
【实验报告】	50
实验 7 内置式 PLC 参数设置	51
【实验目的与要求】	51
【主要实验设备】	51
【预习要求】	51
【实验指导和实验内容】	51
【实验报告】	61
实验 8 数控系统的位置测量装置	62
【实验目的与要求】	62
【主要实验设备】	62
【预习要求】	62
【实验指导】	62
【实验内容】	64
【实验报告】	70
实验 9 步进电机及其驱动系统组成与测试	71
【实验目的与要求】	71
【主要实验设备】	71
【预习要求】	71
【实验指导和实验内容】	71
【实验总结】	75
实验 10 交流伺服电机及其驱动系统的组成与测试	76
【实验目的与要求】	76
【主要实验设备】	76
【预习要求】	76

【实验指导】	76
【实验内容】	79
【实验报告】	86
实验 11 感应电动机及其变频调速系统的组成与测试	88
【实验目的与要求】	88
【主要实验设备】	88
【预习要求】	88
【实验指导和实验内容】	88
【实验报告】	94
实验 12 数控机床培训机基本操作	95
【实验目的与要求】	95
【主要实验设备】	95
【预习要求】	95
【实验指导】	95
【实验内容】	106
【实验报告】	117
实验 13 数控机床培训机仿真——车削外圆	118
【实验目的与要求】	118
【主要实验设备】	118
【预习要求】	118
【实验指导和实验内容】	118
【实验报告】	126
实验 14 数控机床培训机仿真——车削螺纹	127
【实验目的与要求】	127
【主要实验设备】	127
【预习要求】	127
【实验指导和实验内容】	127
【实验报告】	134
实验 15 数控机床培训机仿真——铣削仿真	135
【实验目的与要求】	135
【主要实验设备】	135
【预习要求】	135
【实验指导和实验内容】	135
【实验报告】	143

实验 16 数控软件仿真——车削锥轴	144
【实验目的与要求】	144
【主要软件和实验设备】	144
【预习要求】	144
【实验指导】	144
【实验内容】	148
【实验报告】	157
实验 17 数控软件仿真——铣削凸轮槽	158
【实验目的与要求】	158
【主要软件和实验设备】	158
【预习要求】	158
【实验指导】	158
【实验内容】	164
【实验报告】	170
实验 18 轴车削的仿真与加工	171
【实验目的与要求】	171
【主要软件和实验设备】	171
【预习要求】	171
【实验指导和实验内容】	171
【实验报告】	183
实验 19 盘铣削的仿真与加工	184
【实验目的与要求】	184
【主要软件和实验设备】	184
【预习要求】	184
【实验指导和实验内容】	184
【实验报告】	194
附录 A 数控机床培训机 CNC Partner 车削编程	195
A1 程序结构	195
A1.1 主程序与子程序	195
A1.2 程序区结构	196
A1.3 程序段	196
A1.4 主要指令汇总	197
A2 准备功能(G 功能)	200
A2.1 插补功能	200

A2.2	进给功能	204
A2.3	参考点	205
A2.4	坐标系	206
A2.5	坐标值和尺寸	206
A2.6	主轴转速功能	208
A3	辅助功能(M 功能)	210
A3.1	M02、M30(程序结束)	210
A3.2	M00(程序停)	210
A3.3	M01(选择暂停)	210
A3.4	M98(子程序调用)	210
A3.5	M99(子程序结束)	210
A4	简化编程功能	210
A4.1	G90(外径/内径切削固定循环)	210
A4.2	G92(螺纹切削循环)	212
A4.3	G94(端面车循环)	213
A4.4	G71(粗车循环)	214
A4.5	G72(平断面粗车循环)	216
A4.6	G73(型车复循环)	218
A4.7	G70(精车循环)	219
A4.8	G74(端面深孔钻削循环)	220
A4.9	G75(外径/内径钻孔循环)	221
A4.10	G76(螺纹切削复循环)	221
A5	直接图纸尺寸编程	224

实验 1 认识你要操作的数控机床

【实验目的与要求】

- (1) 认识数控机床的机械结构,特别是传动机构。
- (2) 认识数控机床控制系统的组成和功能。

【主要实验设备】

- (1) 工业用数控车床(可以结合认识实习,借助工厂设备)。
- (2) 数控铣床。

【预习要求】

《数控机床》有关内容。

【实验指导】

数控机床是一种机电液一体化的产品,从大方面分,一台数控机床一般由机械部分、电气部分和液压部分三部分组成,如图 1-1 所示。

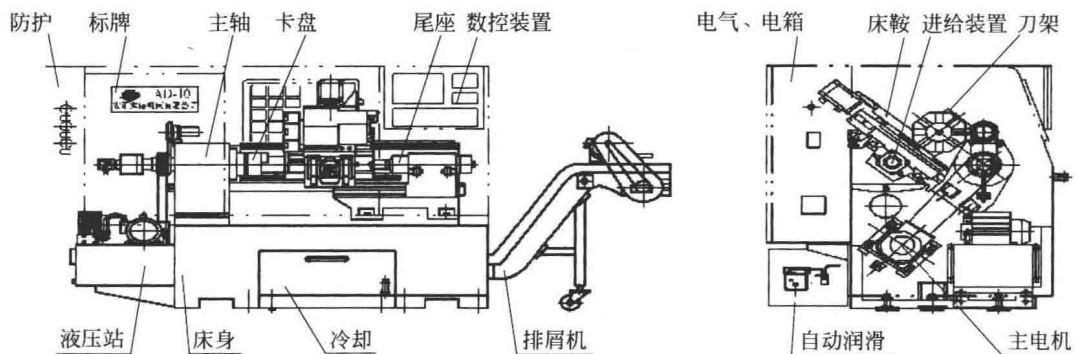


图 1-1 数控车床的组成

1. 机械部分

机械部分是整个机床的基础,主要由床身、主轴、进给装置、刀架、尾座、卡盘、安全防护、托架、其他辅助装置等部件组成。

- 床身：是整个机床的基础的基础。床身部分最关键的部位是导轨，导轨一般要经过二次时效、中频淬火和精密磨削后才能使用。常用的导轨形式有滑动导轨、滚动导轨和直线导轨。导轨是关系到机床精度和稳定性的部件。
- 主轴：主轴是车床输出动力的主要部件。随着现在科技的发展，主轴的结构形式越来越简单，由原来的齿轮传动逐步发展成了电动主轴、主轴单元等多种形式。其转速也越来越高，由原来的几千转/分，发展到几万转/分甚至几十万转/分。
- 进给装置：一般车床有两个方向的进给，横向(X轴)和纵向(Z向)。伺服电机带动滚珠丝杠拖动床鞍等，实现数控车床的自动加工。
- 刀架：一般数控车床都配有电动或气动或液压或伺服刀架。刀架是数控车床最重要的辅助装置之一，刀架的档次是评判数控车床高中低的依据之一。
- 尾座：为了满足重型切削和较长工件的加工要求，一般车床都配有尾座。尾座分手动、电动、气动和液压尾座等。
- 卡盘：卡盘安装在主轴上，用来夹持工件，分为手动三爪自定心卡盘、电动卡盘、气动卡盘、液压卡盘和四爪卡盘等。数控车床的标准配置一般为三爪自定心卡盘。
- 安全防护：数控车床一般都有全封闭防护或半封闭防护，来满足劳动生产要求。机床的防护和外观越来越受到用户的关注。
- 托架：托架一般包含中心架和跟刀架。数控车床的标准配置一般不含托架，托架是满足特殊加工要求而配备。

2. 电气部分

数控车床的电气系统由以下几部分组成。

(1) 计算机数字控制设备(CNC)：CNC装置是数控车床的核心，包括硬件(EP 刷电路板、显示器、键盘等)以及相应的软件。目前，市场主流的车床 CNC 装置有德国西门子公司(SIEMENS)的 802 系列、日本发那科公司(FANUC)的 0i 系列，国产的有广州数控的 980 系列、武汉华中数控“世纪星”系列等。

(2) 可编程序控制器(PLC)：PLC 在数控车床上是人机进行信息交换的主要途径，也是机床完成各种复杂动作的重要部件。可编程序控制器一般分两类，一类是内装型 PLC，内装型 PLC 作为数控系统基本的或可选择的功能提供给用户，其软件和硬件被作为 CNC 系统的基本功能而与 CNC 其他功能一起设计制造，因此具有较强的针对性；另一类是独立型 PLC，其独立于 CNC 装置外，具有完备的硬件和软件，能够独立完成规定的控制任务。

(3) 进给驱动装置：进给驱动装置是数控车床两个轴运动的动力装置。进给驱动可以分为 4 大类。

① 步进电机，价格低，无反馈元件，调整简单，但它转速较低，无过扭矩能力，有共振区，有步距角要求，控制精度较低。这是一种开环控制装置。

② 直流伺服装置，是发展较早的一种电机调速装置。这种进给装置过扭矩能力大，控制精度较高，但其电机制造成本高，且电机需要日常维护，现在车床上逐步被淘汰。

③ 交流进给伺服装置，是基于交流变频技术发展而发展起来的一种进给装置，它控制精度较高，运行平稳，有一定的过扭矩能力，且价格适中，不用日常维护，所以发展迅猛，特别是现在的全数字交流进给伺服装置。交流伺服装置是现在进给装置的主导产品。

④ 直线电机进给装置,是将机械、电气和现代科技相结合的一种产物,它改变了现在的机床结构形式,速度更快(可达几十米/分),精度更高(可达到纳米要求),体积更小,直线电机是进给系统的发展方向。

(4) 主轴驱动装置:主轴驱动装置是数控车床主运动——旋转运动的动力装置,也可以分为 4 大类。

① 普通三相异步电动机,这种主轴驱动装置不需要驱动单元,价格低廉,机床主轴的变速一般采用手动变速或电气液压控制的机械变速。

② 用变频器控制三相异步电动机的主轴驱动装置,它的价格为主轴伺服电机价格 $1/3 \sim 1/2$,又能满足机床无级变速的要求,随着变频技术的日趋成熟,近年这种变速装置正在迅速发展。

③ 主轴伺服电机,转速高,响应快,可实现无级调速、恒线速切削、主轴定位等功能,它一般用在较高档的数控车床上。

④ 电主轴,这是近年新推出的一种主轴装置,它将电机和主轴结合在一起,具有体积小、转速高(一般几千到几十万转/分)、噪声低等优点,但因价格高和其自身技术等方面的原因,现阶段尚未普及,从长远来看它是主轴的发展方向。

(5) 外围执行机构控制元件,主要由开关、按钮、接触器、继电器、电磁阀等组成。

3. 液压部分

一台完整的数控车床,液压部分是必不可少的,它主要用来控制主轴变速、换刀、夹紧或松开工件等,液压系统由动力元件、执行元件、控制元件和辅助元件组成。

(1) 动力元件:液压泵,把机械能转变为液压能的元件。

(2) 执行元件:液压缸,液压马达等,把液体的压力能转变为机械能的元件。

(3) 控制元件:各种控制阀类,用来控制流体的压力、流量和方向,从而控制执行部件的作用力、运动速度和方向,也可用来卸载、过载保护和程序控制等。

(4) 辅助元件:除上述三部分元件以外的其他元件,这类元件的品种较多,如实现上述三部分连接作用的管道、接头、油箱;保证系统性能用的滤油器、加热器、冷却器;改善系统性能用的蓄能器等。

当然,数控车床除了上述部分外还有保证能正常加工的冷却系统、保证机床机械系统正常运转润滑系统、排屑系统等。

【实验内容】

(1) 静态观察。按照“实验指导”叙述的顺序,仔细观察数控车床的各个组成部分。电气部分要打开箱体或外罩尽可能看到电路板和独立器件。

(2) 动态观察。请操作人员讲解演示:开机前准备工作和开机过程;手动操作机床;对刀;加工一个典型的轴类零件。结合观察,理解“实验指导”中所述各组成部件的作用。

(3) 在操作人员指导下,重复“动态观察”的各项操作。

(4) 用类比的方法,进行数控铣床实验。

【实验报告】

- (1) 描述数控铣床的结构和功能。
- (2) 对比普通机床和数控机床结构上有何不同,并分析原因。
- (3) 总结数控机床的开机程序和加工过程。

实验 2 拆装数控机床的传动部件

【实验目的与要求】

- (1) 认识数控机床进给传动部件的工作原理及其特性。
- (2) 了解电主轴的工作原理及其特性。

【主要实验设备】

- (1) 滚珠丝杠螺母副一套。
- (2) 滚动导轨副一套。
- (3) 贴塑导轨模型一副,塑料带(50mm×100mm)一条。
- (4) 消除间隙双片齿轮装置一套。
- (5) 变齿厚蜗杆蜗轮一副(或变齿厚蜗杆一件)。
- (6) 联轴器(无间隙传动)一套。
- (7) 同步齿形带及带轮一套。
- (8) 60°角接触滚珠轴承一个。
- (9) 电动机内藏式电主轴一件。
- (10) 通用工具:
 - ① 活动扳手两个。
 - ② 木柄起子两个。
 - ③ 内六角扳手一套。
 - ④ 紫铜棒或木质手锤一个。
 - ⑤ 齿厚卡尺一个。

【预习要求】

- (1) 实验 1。
- (2) 普通机床结构。
- (3) 钳工安装知识。

【实验指导】

高刚度高精度的数控机床要求简化机械传动系统。主传动系统一般采用变频调速电动

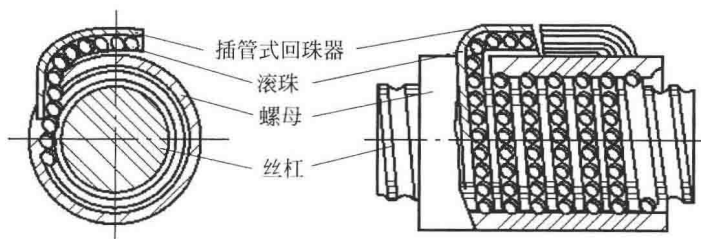
机,以便在额定转速以下时保证恒扭矩输出,在额定转速以上时保持恒功率输出。选用足够大的电动机,取消主轴变速机械,保证主轴有足够大的输出扭矩,大大简化了主传动系统。电主轴就是将主轴与电动机合为一体,是主轴电动机和主轴合成一个部件,进一步简化了机床的主轴箱。进给传动系统一般采用交流伺服电动机或步进电动机,直接驱动滚珠丝杠螺母结构,实现直线进给运动。当前在数控机床中出现了用直线电动机来直接驱动工作台移动的设计:数控机床的工作台相当于直径无穷大的电动机转子,底座就是定子,这样就取消了滚珠丝杠螺母副,大大简化了进给传动机构,提高了传动系统的刚度。

除了简化进给传动装置外,数控机床还要求传动机构无间隙、低摩擦、低惯量、高刚度、高谐振以及适宜的阻尼比的要求。

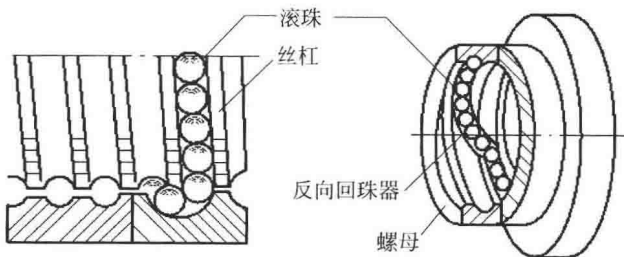
以下介绍几种典型传动部件的结构特点。

1. 滚珠丝杠螺母副

滚珠丝杠螺母副(如图 2-1 所示)是数控机床传动系统的核心部件之一,将伺服电动机的旋转运动转换为拖板或工作台的直线运动。滚珠丝杠螺母与普通的丝杠螺母一样,是一种增力机械,将高速转动下的扭矩转换为低速移动下较大的推力。



(a) 滚珠外循环示意图



(b) 滚珠内循环示意图

图 2-1 滚珠丝杠螺母副

滚珠丝杠螺母副与普通丝杠螺母副不同的是,前者通过循环钢球将滑动摩擦改变为滚动摩擦,由此减少了摩擦损失并提高传动效率。由于滚珠丝杠螺母副之间的运动时滚动摩擦,在螺母、钢球和丝杠之间允许施加预紧力,可以消除正反向传动的间隙并提高传动刚度;使静、动态摩擦系数变化减少,从而改善进给传动系统的动态特性。

由图 2-1 可以看出,滚珠丝杠螺母副由滚珠、丝杠、回珠器、螺母等组成。在图 2-1(a)中,采用插管在螺母外实现滚珠循环,称为外循环式;在图 2-1(b)中,回珠器在螺母内实现滚珠循环,称为内循环式。前者使用滚珠较多,效率低。目前多采用内循环式滚珠丝杠螺母副。

母副。

消除丝杠与螺母之间的传动间隙并施加预紧力是提高定位精度、消除反向间隙的重要措施。图 2-2 给出了几种消除传动间隙、加预载的方式,除此之外还有其他不同的方式。

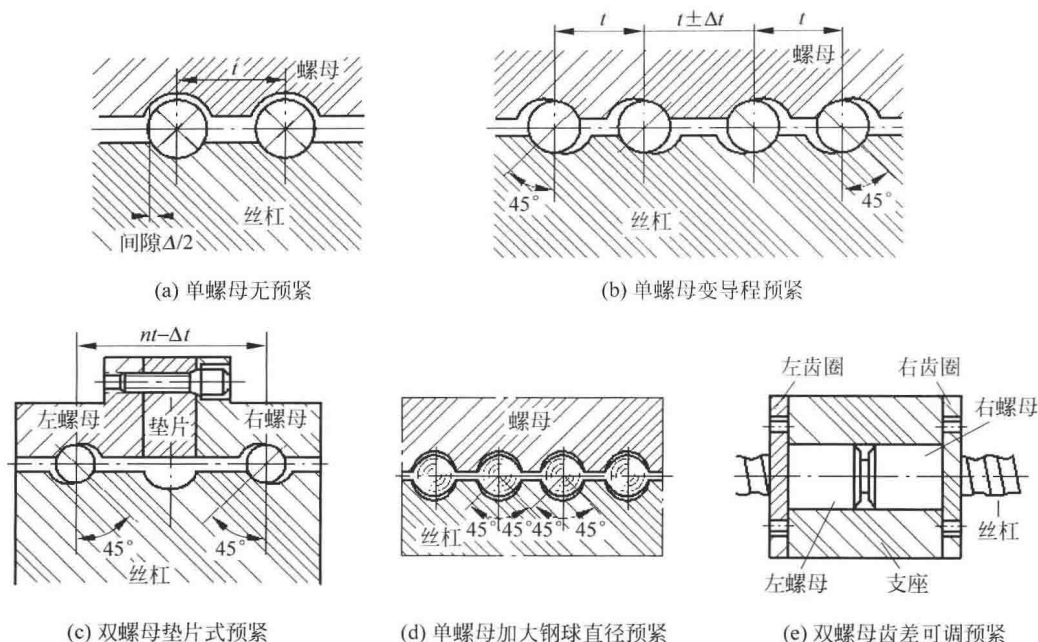


图 2-2 滚珠丝杠消除传动间隙、加预载的方式

滚珠丝杠螺母副的结构种类很多,在拆装实验中要仔细观察钢球的循环方式和消除传动间隙的原理和方法,以及螺母、钢球、丝杠之间施加预紧力的方法。

2. 滚动导轨副

滚动导轨副的功能是支承和引导机床的拖板或工作台完成直线运动并承受切削负荷。数控机床要求拖板或工作台在导轨上实现无间隙往复运动。

滚动导轨副的结构形式很多,其共同特点是利用滚动体(钢球或钢柱)的滚动将导轨副的滑动摩擦改变为滚动摩擦(摩擦系数一般在 0.003 左右)以减少摩擦阻力。滚动导轨允许施加预紧力,这就可以消除运动副之间的传动间隙,同时也可以提高传动刚度。由于滚动导轨副之间的运动是滚动摩擦,所以它的静、动摩擦系数变化小,可以改善运动副的动态特性。滚动导轨的运行速度可达与 60 米/分。

滚动导轨副是由导轨、滚动体和滑块三个主要零件组成的。目前,数控机床上使用最多的滚动导轨副是双 V 形(或称矩形)直线滚动导轨副,如图 2-3(a)所示。受力较小时可以使用圆柱形直线滚动导轨副,如图 2-3(b)和图 2-3(c)所示。

以上三种形式的直线滚动导轨的滚动体都是钢球。还有一种直线滚动导轨,它的滚动体是圆柱体,称为子导轨块,如图 2-4 所示。

3. 贴塑导轨

贴塑导轨(如图 2-5 所示)是在两个金属滑动面之间粘贴了一层特制的复合工程塑料带,这样将导轨的金属与金属的摩擦副改变为金属与塑料的摩擦副,因而改变了数控机床导