

Technology
实用技术

CNC 技术

〔美〕 Michael Fitzpatrick 著
唐庆菊 张文生 卜迟武 译
岳雅璠 于风云 于信伟 审
雷 宏 审



科学出版社
www.sciencep.com



配套光盘

CNC 技术

〔美〕 Michael Fitzpatrick 著

唐庆菊 张文生 卜迟武 译

岳雅璠 于风云 于信伟 审

雷 宏

科学出版社

北 京

图字: 01-2008-5505 号

内 容 简 介

本书是当今机械加工和机械制造领域的经典之作。本书介绍了 CNC 技术和先进制造技术等相关内容,本书分两部分,共 12 章。第一部分讲解了 CNC 系统的手动操作技术;第二部分讲解了先进技术及其发展前沿。全书主要内容包括:数控系统坐标系的定义,CNC 系统的组成与控制,数控机床的操作与调试,数控编程技术,先进技术及其发展前沿,统计过程控制,计算机坐标测量等。本书的内容设置独具匠心,在书中开辟了行话、业内小提示和关键点等栏目,使读者可以更好地理解和掌握书中的重点内容;而每节末和每章末所附带的思考练习题又可以用来检验读者的学习效果,使读者能够更好地复习和巩固知识点。

本书可供从事机械加工及机械制造相关行业的工程技术人员阅读,也可作为高等院校机械相关专业师生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

CNC 技术/(美)Michael Fitzpatrick 著;唐庆菊等译;雷宏审. —北京:科学出版社,2009

ISBN 978-7-03-023588-6

I. C… II. ①M…②唐…③雷… III. 数控机床-加工 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 193147 号

责任编辑:岳亚东 杨 凯 / 责任制作:董立颖 魏 谨

责任印制:赵德静 / 封面设计:李 力

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 2 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2009 年 2 月第一次印刷 印张:18

印数:1—4 000 字数:439 000

定 价:49.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前言

回顾过去,我们不禁庆幸跟上了瞬息万变的计算机革命的节奏,这令我们感到自豪。50年前,我们就已经把计算机程序引入到机械装置,这比设计师使用计算机辅助制图以及科学家使用大型计算机进行科学研究都要早。可能我所划分的不同时代之间的界限会有些模糊,但我还是根据它们在工业领域的应用,以及在学校所教授的方式,将数控机床的发展革命史分成了三个时代。

第一阶段:1940—1965 年

刚开始主要是做一些试验,经过约 25 年的发展,一些较先进的工厂里开始逐步出现一些类似于我在 Ken Worth Trucks 公司操作的纸带式控制机床,而且仅出现在制造领域。后来,约有过半的大型工厂里有了一台甚至多台这类机床,但这个时期,数字控制在人们眼里还是稀罕物。大多数机械加工由手工或自动化设备来完成,而且编程也成了一项既费时又费力的工作。只有当工厂需要批量生产成千上万个相似零件或其他方法不能生产的工件时,购进一台数控机床(带式驱动)才显得合算。又因为数控技术专业性强,所以只有少数几所学校开设这门课程,而且直到这个时代末,数控方面的工作才开始由初学者担任。

第二阶段:1965—1990 年

这个时代也被称为大爆炸时期。据估计,刚开始数控机床的数量就达到了手工操作机床数量的 1/4,并一直增大至手工操作机床的 9 倍之多。在这个时代中期,拥有个人计算机已成为可能,软件行业的飞速发展使得计算机软件变得普及起来,编程则可以在台式机上完成。随着中央处理器的不断提速,数控机床功能显得日益强大,效益更为可观,工件也开始针对数控制造业而设计。这一时代末期,所有主流的生产制造都由数控机床完成,学校也开设这门课程作为机械专业后期的深层次学习。

第三阶段:1990 年至今

数控机床已出现在几乎所有的制造领域内,产生了许多新的岗位,对人们也产生了深远的影响,工厂里初学者则往往从数控机床的操作开始学起。界面灵活且友好的数控系统快捷且易学,不仅应用于批量生产,还应用于类似铸模及锻模等单件生产。相关学校也开始完善这门课程,从入学第一天起就作为一门基础课来教授。

本书主要针对第三代数控机床的学习者编写,因此我把它分为以下两部分。

第一部分:CNC 加工介绍

第 1~8 章,我们将学习如何精通计算机数控机床系统。由于这些设备通过其强大的驱动力可以达到极高的速度,所以在学习过程中一定要时刻注意安全。

第二部分:先进技术及其发展前沿

数控技术革命并未结束,更不会封闭!希望通过第 9~12 章的学习,能为你最终学成并使自己的职业生涯打下良好的基础,也衷心地希望你通过本书取得良好的开端。

Michael Fitzpatrick

关于作者

一切就像发生在昨天,我依稀记得自己带着新工具箱,来到位于西雅图小岛的 Kenworth Trucks 公司。Scotty,一位急性子的钻床操作工,从他操作的机器旁,径直走到我跟前,并没有表示欢迎,只是扬扬他那浓密的眉毛,两根手指重重地戳在我胸膛上,说道:“看到这儿的每个人了吗?”记忆中 18 岁的我当时只是点头,不敢说话。他接着说到:“只要你用心,这里的每个人都会竭尽自己所能来教你,我们会传授你毕生的经验。但是,小伙子!你得明白这一点,你同时也有义务将你所学传授给别人。”

我就是这本机械专业书的作者——Michael Fitzpatrick。很荣幸你能阅读我的这部作品,不妨简述一下,我是如何师从 Scotty 等不计其数的能工巧匠并在他们的帮助下,成长起来并做到将我所学展现在各位面前的,我想这对于树立你学会他们的本领的信心,大有裨益。

1964 年,大学毕业后的第一个星期一,我开始了自己的学徒生涯。一年多以后,我迎来了人生的转折点——成为 Kenworth Trucks 公司第一个操作数控机床的雇员。那是一台从波音公司引进的设备,与现在你们所学的计算机控制的机床截然不同,它只不过是一台由打孔纸带控制的转塔钻床,技术上不比现在的录音机先进多少,与现在培训中心的机床相比,甚至显得很原始。但是,正是因为这台机床吸引我终身致力于数控领域的研究。经过一年的试用期和面试之后,我被调任波音公司,并拿到了他们颁发的机械专业学习证明。在那里我学会了操作程序控制机床。

以满分成绩通过并不容易的结业考试后,我得以参加并通过一项更难的测验,成为一名刀具及模具学徒工。1971 年我完成培训,那是累计 12 000h 近乎苛刻的在岗培训,每天面对一群技艺高超的工程师,除培训外,我还接受了不少课时的专业课教育。经过这些学习,我又成长为一名机械师及刀具制造专家,并且从未间断过向其他人传授我所学到的知识,在最近的 25 年里,我在两个国家的不同技校、私人工厂、高校的技术中心和初中教授制造学。

现在,我可以站在任何人面前自豪地说:“我是一名刀具及模具方面的行家并且堪称业界能手。”而在我的职业生涯快要结束时,Scotty 的话提醒着我将自己所学授予他人,但是,在这里我提醒大家,你们也别忘了自己有同样的义务。

我清楚地知道,你们更需要适应能力。除了教给读者一些重要的技能,我还有另外一个任务,就是让你从此踏上漫长的、需要不断加速前进的科技之路。很明显,任何事物都是不断向前发展的,未来的机械工程师应该看到这一点并适应它。当你从我手中接过这根接力棒时,行业内可能已呈现出另外一番完全不同的景象。但我相信这场接力赛不会停止,因为所有的机械工程师都要经历一段漫长的、不断改进并适应发展的时期。

致 谢

我向以下这些主要贡献者致以深深的谢意,没有他们的帮助,此书将不能与广大读者见面。

贝茨专科学校(塔科马,华盛顿),Bob Storrar,主讲教师

一个完整的计算机指令程序关注学生的未来。Bob Storrar 将他 16 年的行业经验以及 15 年在学院的教学经验所得来的技术和知识都带到本书中来。谢谢你相信这个计划,同时谢谢你的鼓励。

莱克华盛顿专科学校(苏格兰,华盛顿),Mike Clifton,主讲教师

一个成长中的计算机指令计划献给专业人员以及那些对更新技术感兴趣的人们。感谢你贡献了在高级研究和制造业方面的 25 年的经验,以及学员培训和对图片草稿显示的极大兴趣。

CNC 软件和 Mastercam 等,Mark Summers,主席;Dan Newby,培训主管

感谢 Mark 对于教育的信任,以及 Dan 的编辑和指导,并且对改善了我们交易及支持世界范围内的教育的您的整个团队,致以衷心的感谢。

奥布恩综合性中学(奥布恩,华盛顿)Ron Cughan,金属行业教师

感谢你提供的高水平的金属制造程序,感谢你对本书的信任,花费大量的时间编辑此书,你永远是我的朋友。

密尔沃基专科学校——MATC(密尔沃基,威斯康星州),Patrick Yunke 和 Dale Howser,主讲教师

感谢 MATC 提供给我的国家承认的 2 年制工具/模具文凭。

Dale Howser Sr.:拥有 28 年工具制造经历和 15 年该领域教学经验的熟练工人。Dale 拥有 Milwaukee Area Technical College 和 Voc. Ed. from Stout University 的学位,并且还作为精密金属成型协会和 Wisconsin's 的学徒项目进行相关研究。非常感谢你的帮助。

Patrick Yunke:毕业于 Wisconsin's Madison Area Technical College 模具制造专业,在 Stout University 从事职业教育,他给 MATC 带来了精密模具和金属塑料模具制造的多年经验,在该校从教 15 年。他也是一名制造和定向教育专业的工业顾问。非常感谢你,谢谢你的意见和为我提供你们车间里大量的图片。

全国刀具与加工协会——NTMA,Dick Walker,会长

感谢你在本书的开始阶段投入了时间和精力,并从你的培训资料中提供 45 幅图。

西北金属制造工杂志,Mr. Keith Ellis

感谢你提供强调安全方面的精彩卡通。

Haas 自动控制

包括(Oxnard, California)市场经理 Scott Rathburn, CNC 加工高级编辑。感谢 Scott 对机械刀具教育作出的贡献,和提供的支持及投入的时间、精力,以及为本书提供的大量图片。

波音商业航空公司的学徒讲师

Tim Wilson,在我作为一名学徒,开始自己职业生涯的时候,你给了我最好的教育,感谢你对规划和完成本书所作出的持续帮助,感谢你成为我终生的朋友。

McGraw-Hill 出版, Brian Mackin

你是看到在制造方面的变化并觉得必须写一本新书的人。谢谢你,如果没有你的引导和帮助我不能确信这一切能否发生。

McGraw-Hill 出版, 高等教育中的全日制职业教育技术小组 Division

Kay Brimeyer, Pat Forrest, Roxan Kinsey,
Tom Casson, John Leland, Rick Noel,
David Culverwell, Jill Peter, Michael
Whitaker, and the entire Dubuque
McGraw—Hill Group

不是开玩笑,直到我和你们一起穿过狭窄的通道时,我曾决定这将是编写最后的一本书——但是,我改变了想法。此书的编写对我产生了完全积极的影响,即使是艰苦的工作环境。谢谢你们。你们不仅仅是一个团体,更是由非常可爱的、积极向上的、精神十足的人们组成。我希望能有机会再次与你们合作。

原稿加工编辑, Pat Steele

这个通常作为最艰苦阶段的写书过程,称为极为美好的经历。对于你的编辑工作,我们能够达成一致意见,然后一起编写本书,并成为朋友。谢谢你, Pat。

Northwest Technical Products, Inc., Vic Gallienne, 会长

谢谢你提供 Mastercam。

Brown and Sharpe Corp. (Rhode Island) 测量设备

感谢你们在技校和大学测量学中的委托教育。

Kennametal Inc., Kennametal 大学

在机械加工培训中寻找更好的方法并得以运用,感谢你们提供数据、先进的工具照片、文献和图标。

Iscar Metals, Bill Christensen

谢谢你提供的先进的工具照片和文献,以及通过研究和教学获得的先进知识;同时,谢谢 Bill 提供的高速存储器文章。

沿海制造的质保经理, Joel Bisset

谢谢你, Joel。你编辑了 SPC 的文献,还有你对北美制造业质量所付出的终生努力。

Northwood Designs—MetaCut Utilities, Bill Elliot, 主席和 Paul Elliot, 高级软件工程师

感谢你们的支持和鼓励,感谢你们允许我们使用你们所编制的 Mastercam 程序。

Sandvik Coromat

感谢你提供现代金属切削的图片。

正文的编写以及图片的处理, Optomec

感谢你向我们展示了最新的技术。

此外,感谢以下对书稿最终版本进行复查的人员:

Richard Granlund, Hennepin Technical College
Thomas E. Clark, National Institute of Technology
Martin Berger, Blue Ridge Community College

将手工操作与数控指令完全集成!

《CNC技术》一书,提供了在刀具技术允许范围内的绝大部分最新方法,最大程度地集成了手动与计算机数控机床。

章节设置诸如关键点,业内小提示及行话等,目的是向读者展示相关主题的实践知识。

性质决定,很少有机床在较大的偏差下,加工出符合精度要求的工作。

许多高精度的机床的加工误差只有0.0005in,所以它们可以加工出0.0001in的零件。

由于在机床切削和加力过程中存在较大的晃动,形状重复度相比位置重复度难以量化。在选择新需要装CNC设备过程中,形状重复度常常被作为该机床的卖点。但是,就像主轴重复度一样,形状重复度没有统一标准的测试来决定。我们常常发现自己拿苹果与橘子相比较,拿这一台机床与下一台相比较。

行话

2. 实际何谓误差

与我们发现自己的手臂没有足够的力量去推动一个工件一样,当程序命令超过了机床或刀具所能执行的能力时,或是刀具磨损、载荷突然增加时,机床部件会不同步运行。刀具的实际路径超过了设置的偏差极限,这种情况就是伺服误差。当机床不能在给定的时间内将主轴返回到坐标点上,控制器会在屏幕上或是可能的闪光灯上提醒操作者,同时停止所有进程。

业内小提示 作为操作者,有三种主要的方法来克服伺服误差。第一,使用进给量对程序进行永久的改变。这就需要操作者熟悉了解切削力、切削的形成、机床的极限,而避免伺服误差。

另外,还有通过编程方法防止伺服和形状误差。在CNC机床设备上与在人工操作机床上的技巧差不多,像检查刀具的锋利程度以保持完整加工。所以说人工操作机床的经验同样适用这里。

3. 机械轴的平滑

精确驱动的心脏就在于机械结构,我们已经在《机械加工技术》一书的第14章介绍了这方面的内容。例如,间隙的消除、滚珠的循环,开口螺母的连接等。其目的是在于通过移动、定位、反向移动来消除间隙。图2.3说明了滚珠循环的原理。

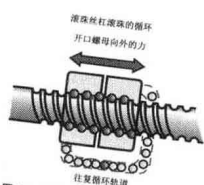


图2.3 滚珠是驱动系统机械结构的心脏

4. 控制器

CNC的大脑有时被叫做主要控制单元(MCU),或者中央控制单元(CPU)。根据外是否连接计算机,这一部分可以拥有四、五种功能。对于我们研究的主轴系统来说,控制器的CPU可以存储程序命令或者操作者通过键盘输入的命令,然后将它们送入到主轴电机中运转。

CPU发出低压命令(通常是12V)给中转装置,这些中转装置可以作为电流放大器或是转换器。同时还可以处理从主轴驱动传感器中反馈的信号,从而可以采取某些动作来保证设定好的进给速度。

关键点: 主轴驱动命令并不是从CPU发出后直接送往驱动电机处,而是送往间接中转站。

5. 主轴驱动

独立的CNC控制器可以用来驱动各种各样的CNC机床设备。控制器不是直接命令电动机转动,而是将命令发给主轴驱动的中转站,并且它可以满足客户定制型号驱动电机的要求。驱动中转可以驱动各种型号的电机,不论是大小,伺服或是步进电机(下章节将加以讨论)。控制器可以控制小负载的磨床,或是借助驱动中转控制主轴超过100hp的大型卧式磨床。

导线将控制器和电机连接起来,中转站接受低电压的控制命令,然后放大以满足电机的需求。控制命令依靠中转站可以发出高能量的电流或电脉冲满足不同驱动电机的需求。

通过观察照片使读者能够更加容易地理解CNC机床的操作。

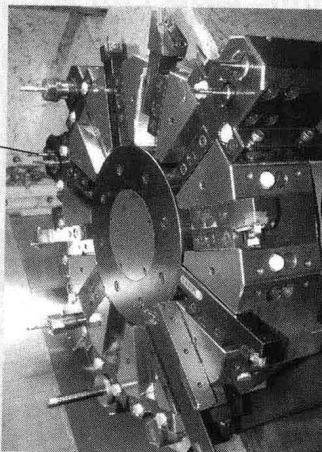


图2.33 在转动架上的定位销可以实现刀具的微小移动

数控技术的覆盖面

12.1.1 计算机检测的优点

1. 修正误差

通常,高速铣床和车床用于零件测量的时间比零件加工的时间长,比如用电子数显高度尺和指示器。除了计算机坐标测量机之外,还有两种可以选择的测量方法。

为了选出最可取的零件,操作者必须测量样品,而利用机器选出有问题的零件。当可取的样品零件出现的时候,应该按停止按钮。但是这种方式,都比较浪费时间。

第二种解决误差的方法是,在可触式探针上加装测刀,然后将例行的检测加入到加工程序中(图 12.1)。在前面的章节,我们可以发现,探头测试刀具自动加载。但并非所有特征的检测都可以应用这种方式,非所有的 CNC 设备都可以完成这样的任务。很多时候,零件仍然需要 CMM 独立完成。

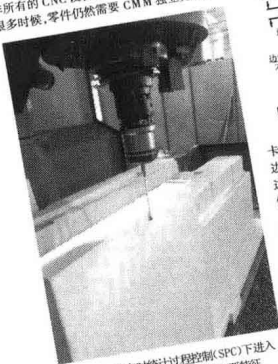


图 12.1 在实时统计过程控制(SPC)下进入过程检测可帮助检查工件的主要特征

2. CMM 可以检测所有的外形轮廓。实际上,在使用 CAM 生成的程序和数控机床闭环控制系统中,几乎可以将任意外形轮廓切割得非常精确。如果没有经过 CMM 进行检测,我们总是会处于认为工件外形可

能精确的怪圈中。但是通过普通的测量仪器是说明不了这一点的。因为对刀具路线的评价是,可以说明程序的正确性,或者说明没有错误发生,但是并不能说明所加工的零件是客户格的。无论对于我们生产者,还是对于客户来说,这一点都是至关重要的。

关键点: CMM 可以对 CAD 数据库或者数字形状定义与真实形状进行比较。

3. 真值的几何报告

对于其他的测量方法,经常不能提供出有用的数据报告,而这些报告对于零件的评价尤为重要,主要体现在以下两个方面。

(1) 单元分析(图 12.2)。一个简单问题就是,孔的位置与基准边的距离。依据功能分类,有以下三种可能答案。

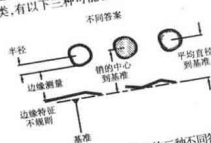


图 12.2 孔距离基准点 A 的三种不同答案。基准边。在图 12.2 左边,答案很容易用卡尺求得,但是仅通过测量孔的直径,然后在基准边的测量中加入半径测量,并不能对应基准边。而且由于孔的误差,也会降低结果的可信度。

保留圆到基准的距离。如果问题是保留圆与基准之间的距离,那么 12.2 图中中间的描述是正确的。

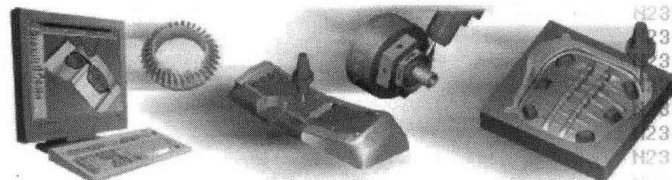
为了找到这个答案,隐藏测量的销孔高度在基准面上。在此用普通工具进行测量,就可以获得非常精确的结果。这个功能的典型例子就是,使孔与螺栓连接,然后装配到另一块板上。

平均孔到基准面的距离。但是有一种功能只能通过计算机进行分析。假设该孔是一个要求精密的激光孔径,或者是一个必须对准目标的输出喷嘴。从功能的角度来说,这个目标就是平均孔到基准面的距离了。平均孔表示所有的误差。只有 CMM 才可以总结

在制造中完全集成了计算机相关技术,包括CNC和CAD/CAM技术的最新发展。

涵盖了21世纪技术发展的主题,例如统计过程控制(SPC),计算机坐标测量机(CMM)和切削刀具技术的最新发展。

Mastercam v9



以光盘形式免费提供Mastercam软件(学生版)

3061
30629
1.7952
1.7892
1.7868
1.7782
1.7752
1.7711
1.7617
1.7578
1.7535
1.7434

目 录

第 1 部分 CNC 加工介绍

1

坐标系、轴和运动

- 1.1 世界坐标轴标准 3
- 1.2 坐标系和点 9
- 1.3 数控机床的运动 19
- 1.4 极坐标 24

2

CNC 系统

- 2.1 CNC 驱动轴 34
- 2.2 车削加工及车削加工中心 39
- 2.3 程序开发和数据管理 51

3

CNC 的控制机构

- 3.1 CNC 机床的启动 58
- 3.2 控制机构的调试与操作 63

4

数控机床的操作

- 4.1 数控系统的规划 72
- 4.2 警报装置 84
- 4.3 加工过程中的操作者行为 86
- 4.4 监控与调整 88

5

程序设计

- 5.1 基准点、象限和坐标轴的选择 97
- 5.2 装夹方法和加工顺序的选择 101

6

第一级编程

- 6.1 程序代码和编程惯例 114
- 6.2 程序的外部结构 119
- 6.3 手动补偿与线性切削路径 123
- 6.4 圆弧加工指令的编写 125
- 6.5 补偿程序的编写 128

7

第二级编程

- 7.1 固定循环模式 137
- 7.2 分支逻辑——循环子程序 143
- 7.3 特殊的数控编程工具 146

8

数控机床的调试

- 8.1 在加工中心里刀具的排列与调整 153
- 8.2 多刀具系统偏移量的确定与设置 164
- 8.3 程序的验证与试加工 170

第 2 部分 先进技术及其发展前沿

9

CAM 编程

- 9.1 CAM 任务 1——零件几何模型 190
- 9.2 刀具路径的规划与创建 205
- 9.3 零件模型的理解(介绍性) 212

10

前沿技术

- 10.1 特种加工——三种不同的加工方法 218
- 10.2 有关切削的新技术 230
- 10.3 金属的熔合——直接沉积 236

11

统计过程控制

- 11.1 什么是 SPC 以及研究 SPC 的意义 242
- 11.2 SPC 实验 248

12

计算机坐标测量

- 12.1 CMM 的作用及运行方式 254
- 12.2 手动 CMM 的调试 262

第 1 部分

CNC加工介绍

为了成为专家，以往的机械师需要具备许多技能和品质。但知识量很大，需要多年学习才可掌握，而水平一旦达到，就会保持相对固定。当然，工艺和技术的确是随着时间而改变，但改变的速度与今天的进步相比算不了什么，甚至相差甚远。

作为当今即将红火的职业，机械师必须要具备的技能就是适应能力。这不仅仅是需要去改变，还要寻求发展，寻找并拥有适应能力。适应能力必将成为你最大的挑战和最大的职业财富。

在早期的机械师世界中，劳动力消耗约占一个普通制造项目价格的四分之三，但今天不一样了。由于计算机和软件的效率，以及激烈的国际竞争，成本所占比例越来越低。今天，任何行业都期望有前途，他们预见并去适应传递更快、更好以及成本更低的产品。这对机械师来说也是如此。

车间也在发展。以前，程序机床用于长期的产品生产。它们成本高、安装慢，而且只有当生产成百或上千件相似的零件时，才值得花时间去编写程序。但如今这些机器设备易于运行，5~10个零件为一批都是正常的甚至是经济的。

如今，在先进的车间里，处理一个零件就相当于处理一批。人们不再把工作移动到另一个地方之前先完成一大批零件，这些车间没有连续的物流，使单个零件或小批量零件在机器与机器之间以及站与站之间移动。周转时间很短。

其中在一些车间里，新的管理模式也正在改变人们看平面布置图的方式。人们不再看到刚硬的、由螺栓连接的而无法变动的成组机床（所谓的独块巨石）。相反，机床安装到厚钢板棘爪上，吊车可以通过刹车把它放置到一个新的地方。

大量的程序是由相对于轴的距离的点坐标组成。按照声明使用, X、Y、Z 轴用于刀具运动或刀具在工件上的定位或参考。他们所参考的轴与我们在磨床和车床上所学的一样。但在这一章里, 我们将其正式化。

本章的四节内容是计算机数控中所有内容的基础知识, 也是教科书中的主要内容。

1.1 世界坐标轴标准

引言:在数控加工中有九种通用的标准轴。三种是我们熟悉的基本直线运动轴 X、Y 和 Z。三种是基本的转动轴(A, B 和 C)用来表示弧形或者圆周运动, 例如程序控制转台, 车床转轴, 或者一个摆动操作铣头(旋转运动但并非整个圆周)。

最后, 还有三个次要的直线运动被称为辅助线性轴(U, V 和 W)。它们被加在系统中主要是为了进行多轴生产有时也称多重任务。

行 话

EIA-RS267-B。这里的轴向运动和位置已经由北美的电子工业协会(EIA)在他们推荐的标准 EIA-RS267-B 中标准化了。ISO(国际标准化组织)也有一套平行的标准。这些标准实际上包含 14 个运动和位置定义轴, 但是, 运用这里描述的 9 个轴就可以涵盖平常的数控设备。

关键术语

- 摆动: 一种关节类型的操作, 其沿着圆弧而并非整圆运动。铣床头摆动。
- 特定平面: 由其上的坐标轴定义的一个特定平面中的一个: X-Y, Y-Z 或 X-Z。
- 五轴铣床: 具有一个在 A 轴和 B 轴摆动的铣头的立式或者卧式机床。
- 正交轴系: 相互之间 90° 交角的三轴。
- 右手定则: 用于在一个正交系内确定

各轴的字符标识。

- 大拇指定则: 用于确定旋转轴的符号值。

- 世界方向: 机床轴系与地面和操作者的关系。

1.1.1 基本线性轴 X、Y 和 Z

基本轴用于定义一个三维空间范围, 三者相互之间呈 90° 排列, 因此又被称为正交轴系。若运用相同的基本字符作为正交投影, 该集合包含相互呈 90° 且在一个公共参考点相交的三条轴线(图 1.1)。

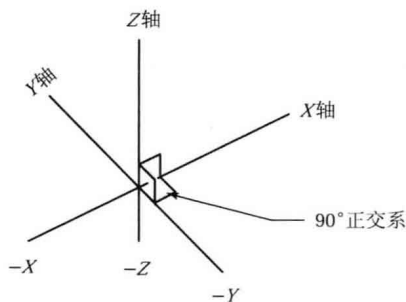


图 1.1 三个基本线性轴 X、Y 和 Z

1. 三个基本平面

任何两个基本轴线相连确定一个平面。有三个平面: X-Y, X-Z 和 Y-Z(图 1.2)。例如, 当假设一个工件安装在立式铣床上时, 工作台代表 X-Y 平面, 而车床上的工件可以看作在 X-Z 平面内——通常开始于零件端部。

当机床控制器有能力在不只一个特定的平面上加工曲线时, 程序设计师必须添加代码字符已确定运动发生的平面。我们稍候将学习这种代码。

关键点: 到现在为止, 应该知道在不同的基本平面内改变为曲线切削时, 需要输入新的代码, 以标记所需使用的平面。

三个特定平面

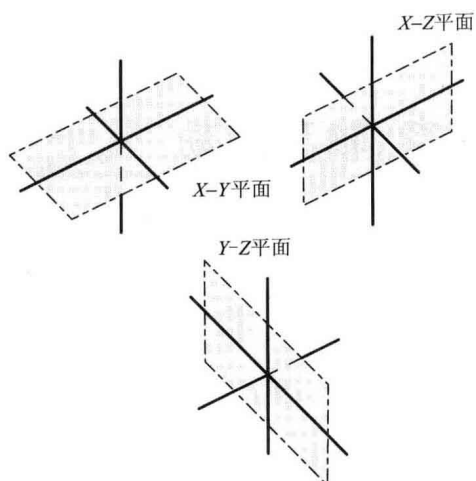


图 1.2 三个基本平面 X-Y, X-Z 和 Y-Z

2. 数控机床上轴的位置

第一次面对一台新的机床时,轴系的世界方向(机床轴系与地面和操作者的关系)通常可以用这种方式来确定,顺序如下(图 1.3):

Z 轴:平行于或者正对于主轴的轴。

X 轴:通常是最长的轴,且通常平行于地面。

Y 轴:垂直于 X 轴和 Z 轴的轴。

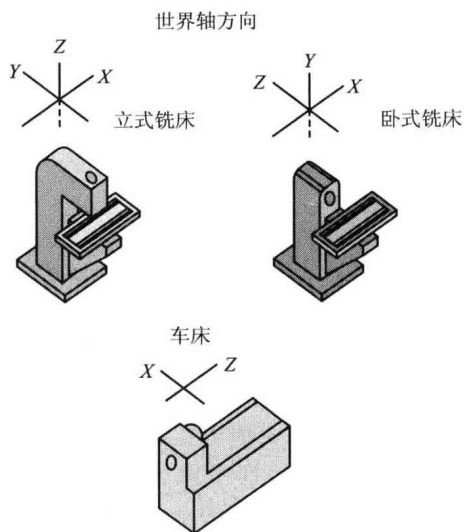


图 1.3 适用于三种常用机床的基本轴

这些都是常用的方法而非标准的。对任何给定的数控机床,轴系不需要与世界有任何的关联。虽然轴系依然保持正交而且各轴的相互位置也没有改变,但是轴系却可以旋

转到任何世界位置。

自己尝试一下。在你工厂里的铣床上运用右手定则。依据轴系的世界透视原则,你会发现不论你的手在什么位置,依然符合这个定则。但是在几乎没有违反任何正交系的情况下,却会发现其处于某种相对于世界奇特的位置,尤其是在先进数控设备和机器人上。

业内小提示 面对一台不熟悉的数控机床时,通常先找最易确定的 Z 轴。在车床上, Z 轴是刀具移向工件的方向,而在铣床上,其为工件移向主轴或主轴移向刀具的方向。确定了 Z 轴之后,运用右手定则确定其他两轴(图 1.4)。

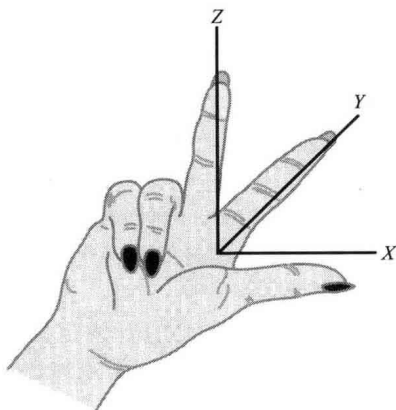


图 1.4 右手定则帮助确定机床各坐标轴

扭曲的世界方向最常用的例子,如图 1.5 和图 1.6 所示,是一个斜面底座车床,其 X 轴相对于地面来命名。这种改善使切屑和冷却液能够更有效地排出同时方便了操作者调试刀具。

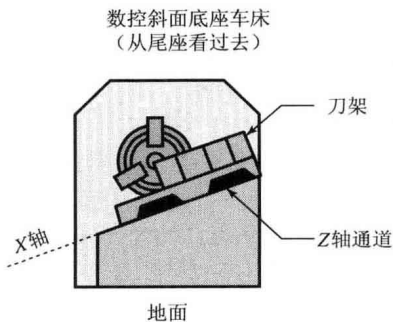


图 1.5 斜面底座车床以相对于地面倾斜的 X 轴为特征,以提高切屑流出和方便操作者调试刀具

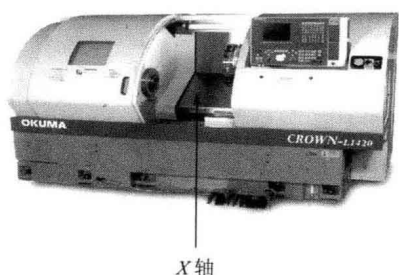


图 1.6 斜面底座车床的 X 轴相对于地面倾斜以改善切屑和冷却液的流出,同时在安装中有利于操作者接近

关键点: 右手定则——将你的右手拇指指向 X 轴正向,食指指向 Y 轴正向,举起的中指则指向 Z 轴正向。

行 话

噢,想起来了!前些日子,一些早期的编程车床的 Z 轴坐标值被改成了相反的。这种大胆的设想去除了大多数 Z 轴坐标值的负值,因此使程序更短小。但是这种“改进”由于不标准的轴系造成了如此多的碰撞以至于再没有人提出它们了。

1.1.2 基本旋转轴 A、B 和 C

一些数控机床以旋转或者摆动的程控轴为特点。依据 EIA-RS267-B 标准,有三个基本的旋转轴:A、B 和 C。每个轴都是依据其围绕旋转的中心轴来确定的。A 轴围绕平行于 X 轴的直线旋转,B 轴围绕平行于 Y 轴的直线旋转,C 轴围绕平行于 Z 轴的直线旋转。

关键点: 基本旋转轴由它们的中心轴确定。

1. 问 题

要确定一个旋转轴,首先应找到它的中心轴。例如,装有可以在任何给定的角度停下的定位主轴的车床,有利于在转动工件的圆周钻孔(图 1.7)。这个轴该怎么称呼呢?

2. 答 案

分度卡盘绕着平行于车床 Z 轴的轴转动,因此它是一个 C 旋转轴。如果它仅能在给定的某个位置停下,而不是在加工过程中通过圆弧进给,那它就是一个定位轴。

同样的 C 轴也可以在程控的缓慢进给速度下旋转,这样一来如果安装了铣头的话,也可以进行铣削操作。然后此轴就被称为进给

轴。为了方便铣削操作,在刀架上增加了具有动力装置的刀具头(图 1.8)。

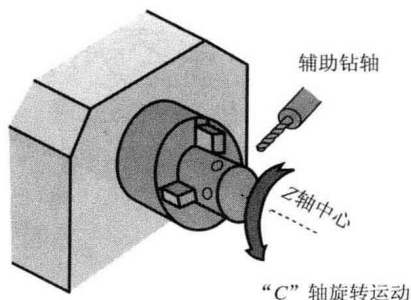


图 1.7 依据 EIA 标准,能够准确定位的车床主轴特指“C”轴

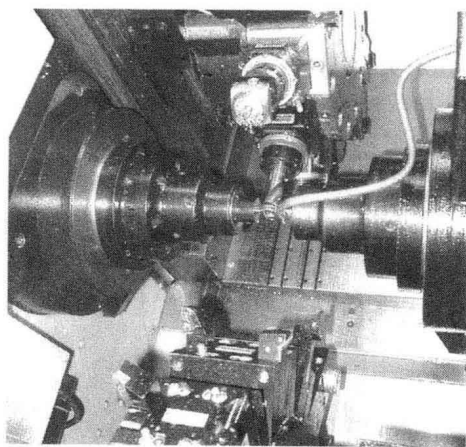


图 1.8 多重任务车床以刀架上带有驱动力装置的铣刀为特色,通常被称为活刀具

3. 铣床旋转轴

当需要一个斜面或者扭曲面,而利用典型的铣削设备又不能加工时,我们就要使用转轴机床。有两种数控铣床可以采用的程控转轴:通过旋转工件或者通过旋转刀具头,或者两者兼用。

摆动铣头。这些机床都装有切削过程中可以在一个或者两个平面(A 或者 A+B)内旋转的主轴头部。这种旋转类似于两个桥港类型铣头旋转,但是这里允许以圆弧形式进给(图 1.9)。

五轴刀盘。具有这种能力的机床被称为五轴铣床,即 X、Y、Z 轴和 A、B 轴(图 1.10)。

4. 正向或者负向转动——大拇指定则

为了确定转动的方向,是顺时针还是逆时针,我们在坐标轴上运用正的或者负的标记。自己尝试一下。运用大拇指定则解决下

列有关加工扭曲面的问题。

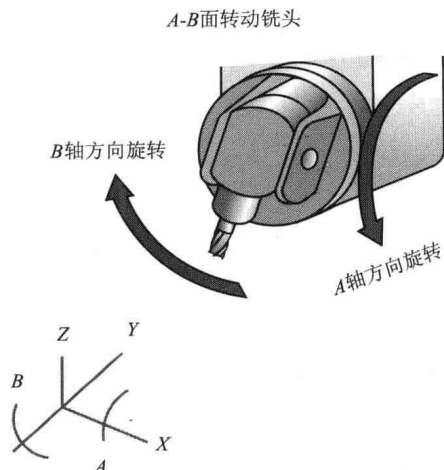


图 1.9 具有两个旋转运动——A 和 B 的五轴铣床

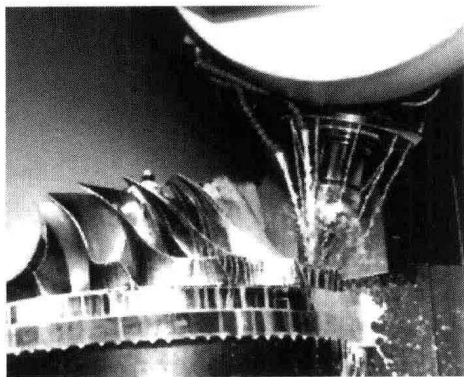


图 1.10 这个高速涡轮机正在利用 A/B 轴倾斜的铣头工作

尝试一下

扭曲零件的关键问题:图 1.11 所示的零件必须通过顺铣(图中由左到右)进行轮廓的加工。为了加工出此扭曲的表面,A/B 摆动头必须跟随铣床在 X 轴和 Y 轴移动形成的变化的扭曲面。运用大拇指定则(图 1.12)确定铣头旋转的方向,围绕 A、B 轴的正向还是负向。

A. 在切削前,A 轴相对于垂直方向是正的倾斜,还是负的倾斜(如图 1.11 的右边所示)。

B. 切削过程中 A 的转动路径。

C. B 轴开始于垂直的位置,在切削结束时起刀方向是正的还是负的?(见图 1.11 的左边)答案在 7 页。

铣削一个弯曲扭转表面

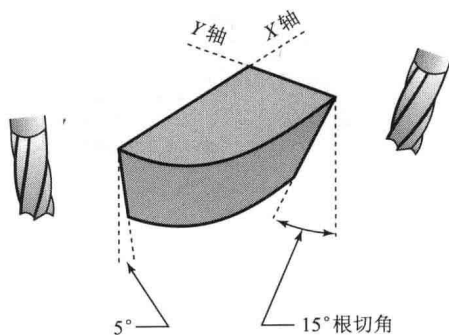


图 1.11 顺铣加工此零件时需要 A、B 轴摆动。它们的方向如何(是正的还是负的)? 利用大拇指定则解决这个问题

大拇指定则——旋转轴正负值。利用大拇指定则(图 1.12)确定旋转轴的方向是正的还是负的(顺时针还是逆时针)。

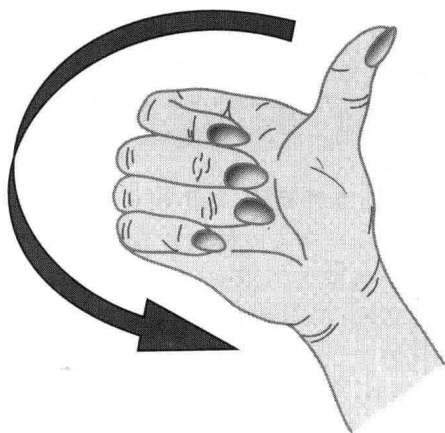


图 1.12 大拇指定则帮助确定旋转轴的正负值及方向

首先,确定旋转轴围绕旋转的中心轴的正方向(+X,+Y 或者 +Z)。然后,用你的大拇指指向这个正方向,其他手指会弯向旋转轴方向的正向。负旋转运动会在你手指弯曲的反向发生。

5. 零件旋转和转位

加工中心或者数控铣床达到旋转切削及转位的第二种方法是通过移动零件而不是移动刀具头。这个操作可以在辅助的程控轴 A,如图 1.13 右边所示,或者工作台中间的嵌入轴来完成。当然还存在其他形式的程控零件转位和辅助旋转。