

四川省示范性高职院校建设项目成果 SHUKONG JICHUANG
BIANCHENG YU CAOZUO

数控机床

编程与操作

主 编 陈德航
副主编 夏宝林 杨小利
主 审 范 军



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

014011575

TG659
500

四川省示范性高职院校建设项目成果

内容简介

数控机床编程与操作

主 编 陈德航
副主编 夏宝林 杨小利
参 编 郑 浩 聂采高
主 审 范 军



北航 C1698589

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

TG659
500

014011252

果数目更必数时数理高对数示省代四

内容简介

本书具有注重基本技能的实际应用,突出实用性、综合性和先进性的特点,内容翔实、体系新颖。全书主要包括:数控车床编程与加工(Fanuc系统)、数控铣床/加工中心编程与操作(Fanuc系统)、Siemens 802D系统编程、仿真软件应用4个模块。通过对本书的学习,读者能够较全面地掌握数控机床编程知识与操作技能,具备零件产品的数控编程与加工能力。

本书可作为高职高专及大中专院校的数控技术及相关机电类专业学生的教材,也可用作企业数控编程、数控加工技能培训教程,还可供相关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床编程与操作/陈德航主编. —成都:西南交通大学出版社, 2013.8
四川省示范性高职院校建设项目成果
ISBN 978-7-5643-2499-5

I. ①数… II. ①陈… III. ①数控机床-程序设计-高等职业教育-教材②数控机床-操作-高等职业教育-教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第173466号

四川省示范性高职院校建设项目成果

数控机床编程与操作

主编 陈德航

*

责任编辑 孟苏成

助理编辑 罗在伟

封面设计 墨创文化

西南交通大学出版社出版发行

四川省成都市金牛区交大路146号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都中铁二局永经堂印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 17

字数: 423 千字

2013年8月第1版 2013年8月第1次印刷

ISBN 978-7-5643-2499-5

定价: 38.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

序

在大力发展职业教育、创新人才培养模式的新形势下,加强高职院校教材建设,是深化教育教学改革、推进教学质量工程、全面培养高素质技能型专门人才的前提和基础。

近年来,四川职业技术学院在省级示范性高等职业院校建设过程中,立足于“以人为本,创新发展”的教育思想,组织编写了涉及汽车制造与装配技术、物流管理、应用电子技术、数控技术等四个省级示范性专业,以及体制机制改革、学生综合素质训育体系、质量监测体系、社会服务能力建设等四个综合项目相关内容的系列教材。在编撰过程中,编著者立足于“理实一体”、“校企结合”的现实要求,秉承实用性和操作性原则,注重编写模式创新、格式体例创新、手段方式创新,在重视传授知识、增长技艺的同时,更多地关注对学习者的专业素质、职业操守的培养。本套教材有别于以往重专业、轻素质,重理论、轻实践,重体例、轻实用的编写方式,更多地关注教学方式、教学手段、教学质量、教学效果,以及学校和用人单位“校企双方”的需求,具有较强的指导作用和较高的现实价值。其特点主要表现在:

一是突出了校企融合性。全套教材的编写素材大多取自行业企业,不仅引进了行业企业的生产加工工序、技术参数,还渗透了企业文化和管理模式,并结合高职院校教育教学实际,有针对性地加以调整优化,使之更适合高职学生的学习与实践,具有较强的融合性和操作性。

二是体现了目标导向性。教材以国家行业标准为指南,融入了“双证书”制和专业技术指标体系,使教学内容要求与职业标准、行业核心标准相一致,学生通过学习和实践,在一定程度上,可以通过考级达到相关行业或专业标准,使学生成为合格人才,具有明确的目标导向性。

三是突显了体例示范性。教材以实用为基准,以能力培养为目标,着力在结构体例、内容形式、质量效果等方面进行了有益的探索,实现了创新突破,形成了系统体系,为同级同类教材的编写,提供了可借鉴的范样和蓝本,具有很强的示范性。

与此同时,这是一套实用性教材,是四川职业技术学院在示范院校建设过程中的理论研

究和实践探索的成果。教材编写者既有高职院校长期从事课程建设和实践实训指导的一线教师 and 教学管理者，也聘请了一批企业界的行家里手、技术骨干和中高层管理人员参与到教材的编写过程中，他们既熟悉形势与政策，又了解社会 and 行业需求；既懂得教育教学规律，又深谙学生心理。因此，全套系列教材切合实际，对接需要，目标明确，指导性强。

尽管本套教材在探索创新中存在有待进一步锤炼提升之处，但仍不失为一套针对高职学生的教材，值得推广使用。

此为序。

四川省高职高专院校
人才培养工作委员会主任



二〇一三年一月二十三日

前 言

数控加工技术是先进制造技术的基础与核心，而数控机床又是企业加工制造自动化的基础。然而，随着数控机床在加工生产中的普及，企业急需大量具备综合知识技能（即加工编程与操作技能）、能解决实际工程问题的应用型人才。

本书是为顺应高职教育的发展趋势，充分体现高职教育的职业性、实践性和开放性特点，满足高级技能型数控人才的培养需求而编写。本书注重基本技能的实际应用，突出了实用性、综合性和先进性的特点。

全书内容翔实、体系新颖，具有以下特点：

（1）采用项目教学法，将理论知识与数控编程、机床操作有机地融为一体，数控编程与加工操作能力的培养更符合工作实际的要求；

（2）系统典型，本书以 Fanuc 和 Siemens 两种不同系统的编程与操作为对象进行介绍，力求扩展学习者的知识面和应用能力；

（3）基于数控加工的工作过程，综合案例依次按工艺分析、程序编制、机床操作、零件加工的顺序来选取和组织教材内容；

（4）在编写过程中理论联系实际，内容由浅入深、循序渐进，通俗易懂，具有较强的实践性和可操作性；

（5）全书内容丰富、图文并茂、重点突出、主次分明、易于自学，每个项目后均附有同步训练，以便于巩固所学知识，掌握基本内容与要点。

全书由四川职业技术学院组织编写。由陈德航任主编并统稿，由范军任主审。项目一～四由夏宝林编写，项目五～八由杨小利编写，项目九～十一由郑浩编写，项目十二～十七由陈德航编写，项目十八～二十由聂采高编写。本书在编写过程中还得到了成都天保重型装备有限公司的郭露西、成都鼎泰数控有限公司李映洪的大力支持，在此对以上各位老师的支持表示衷心感谢！

由于数控技术发展迅速及编者水平有限，书中难免有不足之处，敬请读者批评指正。

编 者

2013 年 3 月

目 录

模块一 数控车床编程与加工	1
项目一 数控车床编程基础	2
项目二 台阶轴的编程	21
项目三 螺纹轴的编程	36
项目四 机床手柄的编程	46
项目五 轴套的编程	58
项目六 复合轴的编程	72
项目七 公式曲线的编程	85
项目八 综合实例	99
模块二 数控铣床/加工中心编程与加工	106
项目九 数控铣床编程基础	107
项目十 轮廓形状编程	125
项目十一 对称零件编程	140
项目十二 孔类零件编程	149
项目十三 椭圆零件编程	171
项目十四 综合实例	180
模块三 Siemens 802D 系统编程	187
项目十五 Siemens 802D 编程基础	188
项目十六 孔加工循环指令编程	203
项目十七 车削循环指令编程	218
项目十八 R 参数编程	229
模块四 仿真软件应用	234
项目十九 Fanuc 系统仿真	235
项目二十 Siemens 系统仿真	248
参考文献	264

模块一 数控车床编程与加工

数控车床是目前使用最广泛的数控机床之一，主要用于轴类和盘类回转体零件的内外圆柱面、锥面、圆弧、螺纹面的车削加工，并能进行切槽、钻、扩、铰孔等工作，特别适合于形状复杂的零件加工。随着控制系统性能不断提高，机械结构不断完善，数控车床已成为一种高自动化、高柔性的加工设备。

本篇主要讲解数控车削（Fanuc 系统）编程及加工的相关知识。重点对数控车床的坐标系建立、程序编制、刀具补偿、刀具切削路线及相关参数等方面进行了详细介绍。

【知识目标】

- 理解 Fanuc OiTC 系统的编程特点。
- 熟悉 Fanuc OiTC 系统的基本编程指令。
- 熟悉 Fanuc OiTC 系统车削循环指令。
- 领会 Fanuc 宏程序的编程方法。
- 掌握数控车床坐标系及其建立方法。
- 理解刀具补偿的作用及特点。
- 熟悉 Fanuc 系统的操作特点及方法。
- 认识常用的数控车削刀具。
- 掌握安全、合理的刀具切削路线。
- 掌握数控车削加工切削用量的合理选择。

【能力目标】

- 熟练掌握 Fanuc OiTC 指令系统。
- 能使用常用指令完成程序编制。
- 掌握循环编程指令编程的难点。
- 掌握安全的进退刀路线。
- 熟练掌握加工坐标系的建立与调整。
- 能正确合理地使用刀具补偿。
- 掌握轴套类零件编程的技巧与难点。
- 能合理选择切削参数。
- 能够进行程序仿真或首件试切，完成程序调整及优化。
- 能熟练操作数控车床，并完成零件的加工。

项目一 数控车床编程基础

【学习目标】

- 了解数控加工工艺特点，以及与普通机械加工的区别。
- 掌握数控机床坐标系建立的原则及方法。
- 理解数控加工的一般过程。
- 掌握数控编程的程序格式。

【工作任务】

- 了解数控加工工艺。
- 认知数控机床坐标系。
- 初具数控编程基础。

【知识准备】

数控加工是指在数控机床上进行零件加工的一种工艺方法，是根据零件图样及工艺要求编制零件数控加工程序，并输入到数控系统中，以控制数控机床中刀具与工件的相对运动，从而完成零件的加工。

一、数控加工工艺

数控加工工艺是采用数控机床加工零件时所运用的各种方法和技术手段的总和，数控加工工艺是伴随着数控机床的产生、发展而逐步完善起来的一种应用技术，它是人们大量数控加工实践经验的总结。它将传统的加工工艺、计算机数控技术、计算机辅助设计和辅助制造技术有机地结合在一起。

数控加工工艺是数控编程的基础，在数控加工前要对零件进行工艺分析，确定加工方案、夹具的选择、刀具的形状、切削用量等，并且对编程中的工艺问题（如走刀路线、对刀点、换刀点等）也要周全考虑。因此数控加工工艺分析是一项非常重要的工作，它是数控编程的依据，只有将数控加工工艺科学、合理地融入数控编程中，编程人员才能编制出高质量、高水平的数控程序。

（一）数控加工工艺内容

在数控编程前，必须要对零件设计图纸和技术要求进行详细的数控加工工艺分析，以最终确定哪些是零件加工技术的关键，哪些是数控加工的难点，以及数控程序编制的难易程度。

数控加工工艺主要包括以下内容：

（1）对零件进行总体分析（如尺寸标注、图形的完整性与正确性、技术要求及材料等），选择适于在数控机床上加工的内容。

（2）选择数控机床的类型。选择合适的机床既能满足零件加工的轮廓尺寸，又能满足零件的加工精度。

（3）对零件进行数控加工工艺分析（如零件结构及加工方法等），选择零件具体的加工方法和切削方式。

（4）制订数控加工工艺方案。包括加工方案、工序、工步的设计，合理安排零件从粗加工到精加工的数控加工工艺路线，进行加工余量的分配。

（5）夹具、刀具、量具的选择和设计。在满足零件加工精度和技术要求的前提下，工装越简单越好；根据加工零件的特点和精度要求，选择合适的刀具以满足零件加工的要求；正确合理地选用量具以满足测量要求，保证产品零件的质量。

（6）切削参数的选择。包括主轴转速、进给速度和背吃刀量的选择。

（7）加工轨迹的计算与优化。

（8）加工程序的编写、校验与修改。

（9）首件试切、检验及现场问题处理。

（10）数控工艺文件的定型与归档。

总之，数控加工工艺的内容较多，部分内容与普通加工工艺相似。

（二）数控加工工艺特点

数控加工与传统加工相比较，在加工方法与内容上有相似之处，不同点主要表现在控制方式上。在通用机床上加工零件时，操作者要严格按照工艺卡片规定的顺序采用手工操作方式进行加工，走刀路线、位移量及切削参数等都可由操作者自行考虑确定。而在数控机床上加工时，零件的所有工艺信息必须通过程序，以数字信息的形式来控制机床的自动运行，操作者干预较少。数控加工工艺也遵循普通加工工艺的基本原则，但由于数控加工自动化程度高，所以具有以下特点：

1. 数控加工工艺比普通加工工艺复杂

由于数控机床价格昂贵，且比普通机床加工能力强，所以在数控机床上通常安排较复杂的工序，或者在普通机床上难以完成的工序。而相同的数控加工任务，可以有多个数控工艺方案进行选择，既可以按所用刀具来安排工艺，也可以按加工部位来安排工艺，或按粗精加工来安排工艺。在设计数控加工工艺时要考虑加工零件的工艺特点，认真分析加工工艺、加工零件的定位基准和装夹方式，也要选择刀具，制订工艺路线及工艺参数等，而这些在普通加工工艺中有的可以简化处理。因此，数控加工工艺比普通加工工艺要复杂得多，影响因素也多。

2. 数控加工工艺设计要求更严密精确

数控加工的自动化程度较高,需完全按照程序进行自动加工,因此数控加工的自适应能力较差,不能在加工过程中及时处理出现的问题。而普通加工通常是经过多次“试切”过程来满足零件的精度要求,通常是加工→测量→再加工的模式,加工中出现的问题较直观,操作者可根据情况随时处理。数控加工不仅影响因素多,而且工艺复杂,编程人员需要对数控加工的全过程深思熟虑,统筹周全,工艺设计必须具备很好的条理性。因此,数控加工工艺的设计更严密、精确。

3. 数控加工工艺具有一定的继承性

凡经过调试并在数控加工实践中证明是较合理的数控加工工艺,都可以作为好的模板实例用于生产指导,供后续加工类似零件调用或借鉴,这样不仅节约时间,而且可以保证质量。作为模板本身在调用中也需不断修改完善,达到逐步标准化、系列化的效果。因此,数控工艺具有一定的继承性。

4. 制订数控加工工艺时刀具选择非常重要

数控加工是通过计算机控制刀具做精确的切削加工运动。刀具的选择是数控加工工艺中的重要内容之一,不仅影响机床的加工效率,而且直接影响零件的加工精度。随着数控机床性能的不断提高,其加工精度高、效率高、工序集中和零件装夹次数少,因此对所使用的数控刀具提出了更高要求。数控刀具要切削性能好,精度高,可靠性和耐用度高,断屑及排屑性能好。采用数控刀具加工大大加强了数控机床的综合加工能力,因此在制订数控工艺时刀具的选择非常重要。

5. 数控加工工艺的特殊要求

由于数控机床的结构具有高刚度和高抗振性,所配数控刀具优质高效,因而在同等情况下,加工时所采用的切削用量通常比普通机床大,加工效率也较高。编写数控加工工艺选择切削用量时要充分考虑这些特点。

由于数控机床加工的零件比较复杂,因此在确定装夹方式、进行夹具设计及编写程序时,要特别注意考虑刀具与夹具、工件的干涉问题。

对于复杂表面轮廓的数控编程要借助 CAD/CAM 软件。根据工艺参数的确定,不同系统的后置设置,自动生成刀具轨迹及加工程序。这既是编程问题也是数控加工工艺问题。因此数控加工程序的编写、校验与修改是数控加工工艺的一项特殊内容,也是数控加工工艺与普通加工工艺最大的不同之处。

(三) 数控车床加工特点

数控车床是目前使用最广泛的数控机床之一,主要用于轴类和盘类回转体零件的内外圆柱面、锥面、圆弧、螺纹面的车削加工,并能进行切槽、钻、扩、铰孔等工作,特别适合于形状复杂的零件加工。随着控制系统性能不断提高,机械结构不断完善,数控车床已成为一种高自动化、高柔性的加工设备,具有以下特点:

1. 加工精度高、质量稳定

数控车床的机械传动系统和结构都具有较高的精度、刚度和热稳定性。数控车床的加工精度基本不受零件复杂程度的影响，零件加工精度和质量由机床保证，消除了操作者的人为误差。所以数控车床加工精度高，而且同一批零件加工尺寸一致性好，加工质量稳定。

2. 加工效率高

数控车床结构刚性好，功率大，能自动进行切削加工，所以能采用较大的、合理的切削用量，可以在一次装夹中完成全部或大部分工序，随着新刀具材料的应用和机床机构不断完善，其加工效率也不断提高，是普通车床的 2~5 倍，且加工零件形状越复杂，越能体现数控车床高效率的特点。

3. 适应范围广，灵活性好

数控车床能自动完成轴类及盘类零件内外圆柱面、圆锥面、圆弧面、螺纹以及各种回转曲面切削加工，并能进行切槽、钻孔、扩孔和铰孔等工作。

如对由非圆曲线或列表曲线（如流线型曲线）构成其旋转面的零件，各种非标螺距的螺纹或变螺距螺纹等多种特殊旋转类零件，以及表面质量要求高的变径表面类零件，都可以通过数控系统所具有的同步运行和恒线速度等功能保证其精度要求。加工程序可以根据加工零件的要求而变化，所以它的适应性和灵活性强，可以加工普通车床无法加工的形状复杂的零件。

（四）数控车床加工对象

数控车削是数控加工中最常见的加工方法之一。由于数控车床具有加工精度高、在加工中能实现坐标轴的联动插补，使形成的直线和圆弧等零件的轮廓准确，还有部分车床数控装置具有某些非圆曲线插补功能，同时能实现主轴旋转和进给运动的自动变速，因此数控车床比普通车床加工范围宽得多。针对数控车床的特点，以下几种零件最适合数控车削加工。

1. 表面形状复杂的回转体零件

数控车床具有直线和圆弧插补功能，可以车削由任意直线和曲线组成的形状复杂的回转体零件。如图 1.1 所示的零件，特别是内腔复杂的零件，在普通车床上很难加工，但在数控车床上则很容易加工出来。只要组成零件轮廓的曲线能用数学表达式表述，或列表表达，就可以加工。对于非圆曲线组成的轮廓，应先用直线或圆弧去逼近，然后再用直线或圆弧插补功能进行插补切削。

2. 精度要求高的回转体零件

由于数控车床刚性好、加工精度高、对刀准确，还可以精确实现人工补偿和自动补偿，所以数控车床能加工尺寸精度要求高的零件。使用切削性能好的刀具，在有些场合可以进行以车代磨的加工，如轴承内环的加工、回转类模具内外表面的加工等。此外，数控车床加工零件，一般情况是一次装夹就可以完成零件的全部加工，所以很容易保证零件的形状和位置精度，加工精度高。



图 1.1 数控车床加工零件示例

3. 表面粗糙度要求高的回转体零件

数控车床具有恒线速切削功能。在材质、加工余量和刀具已确定的条件下，表面粗糙度取决于进给量和切削速度。在加工零件的锥面和端面时，数控车床切削后表面粗糙度小且一致，这在普通车床上是办不到的。通过改变进给量，可以在数控车床上加工表面粗糙度要求不同的零件，即粗糙度值要求大的部位选用大的进给量，粗糙度要求小的部位选用较小的进给量。

4. 带特殊螺纹的回转体零件

在普通车床上车削的螺纹很有限，只能车削等导程的圆柱面和圆锥面上的公制、英制内外表面螺纹，而且螺纹的导程种类有限。在数控车床上可以加工各种类型的螺纹，且加工精度高，表面粗糙度值小。

5. 超精密、超低表面粗糙度值的零件

磁盘、录像机磁头、激光打印机的多面反射体、复印机的回转鼓、照相机等光学设备的透镜等零件，要求超高的轮廓精度和超低的表面粗糙度值，它们适合在高精度、高性能的数控车床上加工。数控车床超精加工的轮廓精度可达到 $0.1\ \mu\text{m}$ ，表面粗糙度 R_a 可达 $0.02\ \mu\text{m}$ ，超精加工所用数控系统的最小分辨率应达到 $0.01\ \mu\text{m}$ 。

二、数控机床坐标系

数控机床依靠刀具与工件的相对运动完成加工过程。刀具与工件的相对位置必须在相应的坐标系下才能确定。数控机床的坐标系包括坐标系、坐标原点和运动方向。为了便于描述机床运动，简化程序编制及保证程序的通用性，国际上已经形成了两种标准，即国际标准化组织（ISO）标准和美国电子工业协会（EIA）标准。我国根据 ISO 标准制定了 JB3051—1999《数控机床坐标系和运动方向的命名》标准。

(一) 数控机床的坐标系

数控机床坐标系是为了确定工件在机床中的位置，机床运动部件位置及运动范围，即描述机床运动，产生数据信息而建立的几何坐标系。通过机床坐标系的建立，可确定工件与机床的位置关系，获得所需的相关数据。

1. 标准坐标系

标准坐标系采用右手直角笛卡儿坐标系，也称右手直角坐标系，如图 1.2 所示。基本坐标轴 X 、 Y 、 Z 的关系及其正方向用右手直角定则判定。大拇指为 X 轴，食指为 Y 轴，中指为 Z 轴，指尖方向为正方向。围绕 X 、 Y 、 Z 轴的回转运动分别用 A 、 B 、 C 表示，其正方向 $+A$ 、 $+B$ 、 $+C$ 分别用右手螺旋定则判定。大拇指为 X 、 Y 、 Z 的正向，右手抓握 X 、 Y 、 Z 轴，四指弯曲的方向为对应的 A 、 B 、 C 的正向。与 $+X$ 、 $+Y$ 、 $+Z$ 、 $+A$ 、 $+B$ 、 $+C$ 相反的方向用带“'”的 $+X'$ 、 $+Y'$ 、 $+Z'$ 、 $+A'$ 、 $+B'$ 、 $+C'$ 表示。

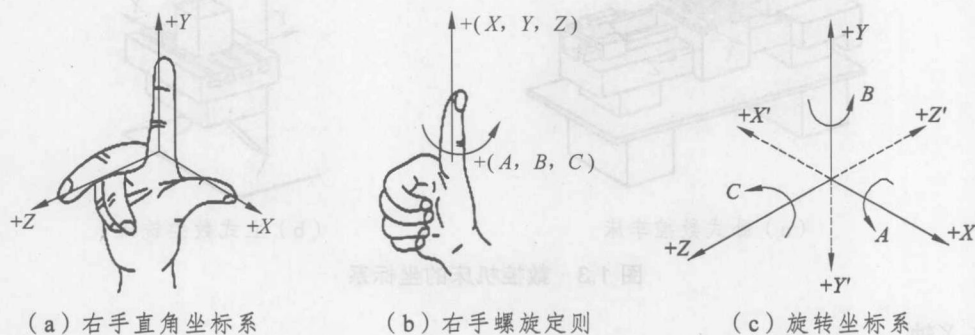


图 1.2 数控机床标准坐标系

2. 遵循的原则

1) 刀具相对静止工件运动的原则

由于数控机床各坐标轴既可以是刀具相对工件运动，也可以是工件相对刀具运动，所以 ISO 标准和我国 JB 3052—1982 标准都规定：不论机床的结构是工件静止、刀具运动，或是工件运动、刀具静止，在确定坐标系时，一律看成是刀具相对静止的工件运动。这样编程人员在编程时不必考虑机床具体运动情况，直接依据零件图样，确定机床加工过程及编程。

2) 直线坐标轴正方向的规定

规定增大刀具与工件距离的方向为坐标轴正方向。

3) 旋转正向的规定

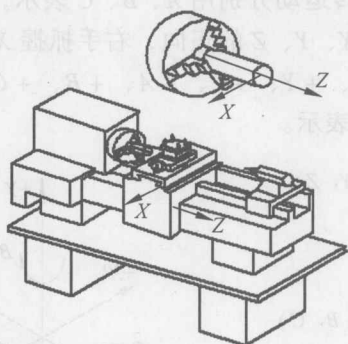
旋转正向按右手螺旋定则进行判定，大拇指指向直线坐标轴正向，四指包绕方向为旋转正向。

另外，坐标轴 (X 、 Y 、 Z 、 A 、 B 、 C) 不带“'”的表示刀具运动；带“'”的表示工件运动。

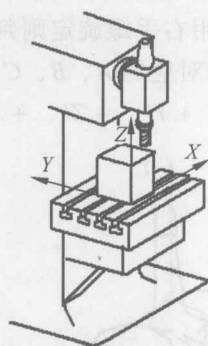
3. 坐标轴的判定方法和步骤

1) Z轴

Z 轴的运动由传递切削力的主轴决定,它是与主轴轴线平行的坐标轴。其正方向为刀具远离工件的方向。对于有多个主轴的机床,选一个垂直于工件装夹平面的主轴为 Z 轴,如龙门轮廓铣床;当机床没有主轴时(如刨床),规定与工件装夹平面垂直的方向为 Z 轴;对于能摆动的主轴,若在摆动范围内仅有一个坐标轴平行于主轴轴线,则该轴即为 Z 轴;若在摆动范围内有多个坐标轴平行于主轴轴线,则规定其中一个垂直于工件装夹面的坐标轴为 Z 轴。机床 Z 坐标轴如图 1.3、1.4 所示。



(a) 卧式数控车床



(b) 立式数控铣床

图 1.3 数控机床的坐标系

2) X轴

X 轴一般位于平行工件装夹面的水平面内。对于工件旋转的机床(如车床、磨床),X 轴的方向是在工件的径向,且平行于横向滑座,刀具离开工件旋转中心的方向为 X 轴正方向;对于刀具旋转的机床(如铣床、镗床),当 Z 轴竖直(立式)时,规定水平方向为 X 轴方向,且当从刀具主轴向立柱看时,向右为 X 轴正方向;当 Z 轴水平(卧式)时,规定水平方向仍为 X 轴方向,且从刀具(主轴)尾端向工件看时,向右为 X 轴正方向。机床 X 坐标轴如图 1.3、1.4 所示。

3) Y轴

Y 轴垂直于 X、Z 轴。Y 轴正方向根据 X 和 Z 轴的正方向按照右手笛卡儿定则来判断。

4) A、B、C 旋转轴

A、B、C 轴为回转进给运动坐标。根据已确定的 X、Y、Z 轴正方向,可用右手螺旋定则相应确定 A、B、C 轴的正方向。

5) 附加坐标系

一般称 X、Y、Z 为第一坐标系,如果在 X、Y、Z 坐标

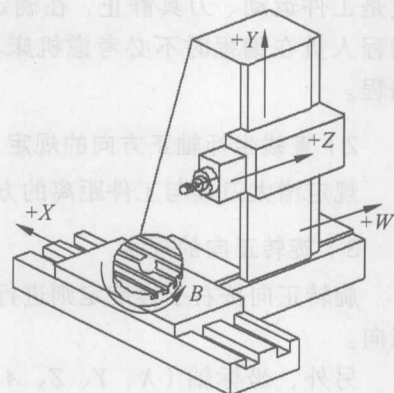


图 1.4 卧式数控铣床的坐标系

以外，还有平行于它们的坐标，可分别指定为 U 、 V 、 W ，若还有第三组运动坐标，则分别指定为 P 、 Q 、 R 。

6) 主轴正转方向与 C 轴旋转方向

主轴正转方向是从主轴尾端向前端（装刀具或工件端）看，顺时针旋转方向为主轴正转方向。对于普通卧式数控车床，主轴的正旋转方向与 C 轴正方向相同。对于钻、镗、铣加工中心机床，主轴的正旋转方向为右旋螺纹进入工件的方向，与 C 轴正方向相反。

(二) 机床坐标系与工件坐标系

数控机床常用坐标系包括：机床坐标系和工件坐标系。

1. 机床坐标系、机床原点与参考点

1) 机床坐标系

机床坐标系又称为机械坐标系，是机床上固有的坐标系。它是确定工件坐标系的基准，是确定刀具（刀架）或工件（工作台）位置的参考系，并建立在机床原点上。

机床坐标系通过开机后执行各坐标轴返回参考点的操作来建立。

2) 机床原点

机床原点又称为机械原点或机床零点，是机床坐标系的原点。它是数控机床进行加工的基准参考点。该点是生产厂家在机床装配、调试时设置在机床上的一个固定点。一般情况下，不允许用户随意变动。机床正常运行时，屏幕显示的“机械坐标”就是刀具在这个坐标系中的坐标值。

数控车床的机床原点一般位于卡盘前端面或后端面与主轴中心的交点处，如图 1.5 所示。数控铣床的机床原点，各生产厂家设置不一致，有的设在机床工作台的中心，有的设在 X 、 Y 、 Z 轴的正方向极限位置上，如图 1.6 所示。

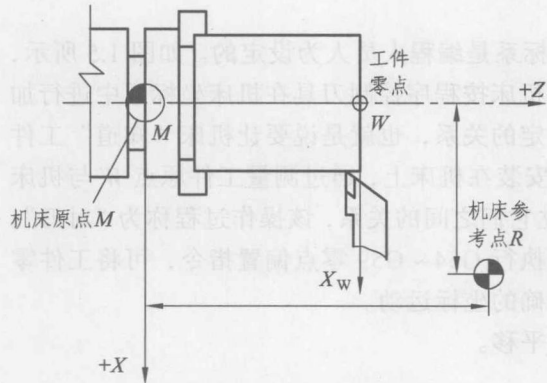


图 1.5 典型数控车床坐标系

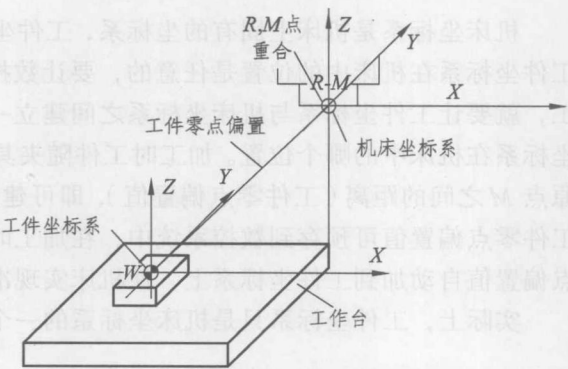


图 1.6 典型立式数控机床坐标系

3) 参考点

参考点是机床坐标系中一个固定不变的位置点，通常设置在机床各轴靠近正向极限的位置，通过减速行程开关粗定位再由零点脉冲精确定位。在机床开机后，通常都要进行“回

参”操作,使刀具或工作台回到机床参考点位置。机床各轴返回参考点后,显示器即显示出机床参考点在机床坐标系中的坐标值,表明机床坐标系已自动建立。可以说“回参”操作是对基准的重新核定,可消除由于种种原因产生的基准偏差。如图 1.5 所示,数控车床的机床参考点设置在机床 X、Z 轴靠近正向极限的位置。如图 1.6 所示,立式数控机床参考点设在 X、Y、Z 轴的正向行程极限点并与机床原点重合。

2. 工件坐标系与工件原点

1) 工件坐标系

工件坐标系是编程人员在编程时设定的坐标系,也称为编程坐标系。编程人员以零件上某一基准点为原点建立工件坐标系,使零件上的所有几何元素都有确定的位置,同时也决定了数控加工时零件在机床上的安放方向。工件坐标系坐标轴的方向与机床坐标系坐标轴的方向一致。编程尺寸均按工件坐标系中的尺寸给定。

2) 工件原点 (W 点)

工件坐标系的原点称为工件原点、工件零点或编程原点、编程零点,一般用 G50 或 G54 ~ G59 指令指定。

工件原点在工件上的位置可以任意选择,但为了利于编程,一般遵循以下原则:

- (1) 尽量选择在工件的设计尺寸基准上。
- (2) 尽量选择在尺寸精度高、粗糙度值低的工件表面上。
- (3) 对称零件应选择在工件对称中心处。
- (4) 非对称零件应选在轮廓的基准角上。
- (5) Z 方向的零点一般设在工件表面。

在数控车床上加工工件时,工件原点一般设为主轴中心线与工件右端面或左端面的交点处,如图 1.5 所示。在数控铣床上加工工件时,工件原点一般设在工件的某个角上或对称中心上,如图 1.6 所示。

3. 机床坐标系与工件坐标系的关系

机床坐标系是机床上固有的坐标系,工件坐标系是编程人员人为设定的。如图 1.5 所示,工件坐标系在机床中的位置是任意的,要让数控机床按程序控制刀具在机床坐标系中进行加工,就要让工件坐标系与机床坐标系之间建立一定的关系,也就是说要让机床“知道”工件坐标系在机床中的哪个位置。加工时工件随夹具安装在机床上,通过测量工件原点 W 与机床原点 M 之间的距离(工件零点偏置值),即可建立它们之间的关系,该操作过程称为“对刀”。工件零点偏置值可预存到数控系统中,在加工时执行 G54 ~ G59 零点偏置指令,可将工件零点偏置值自动加到工件坐标系上,使机床实现准确的坐标运动。

实际上,工件坐标系只是机床坐标系的一个平移。

三、数控编程基础

数控编程是以机械加工中的工艺和编程理论为基础,针对数控机床的特点,综合运用相关知识来解决从零件图纸到数控加工程序的工艺问题和编程问题。数控编程人员必须掌握与