



技术工人现场操作技能问答丛书

数控加工

现场操作技能

黄芸 主编

面向生产一线

解决难点问题

提高实操技能

国防工业出版社

National Defense Industry Press



技术工人现场操作技能问答丛书

数控加工现场操作技能

黄芸 主编

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书采用问答的形式,系统地介绍了数控加工技术人员现场操作中必备的理论知识、基本技能、操作技巧和注意事项等,主要内容包括数控加工的基本知识、数控加工中心工件的定位与装夹、数控机床加工程序编制基础、数控车削加工、数控铣削加工、数控加工中心加工及数控机床的维修等几部分。

本书深入浅出、图文并茂、直观易懂、实用性强,既适合于广大数控加工技术爱好者自学,又可作为初、中级数控技术人员培训教材,还可供相关专业职业技术学校师生阅读与参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工现场操作技能 / 黄芸主编. —北京:国防工业出版社, 2007. 6

(技术工人现场操作技能问答丛书)

ISBN 978-7-118-05129-2

I. 数... II. 黄... III. 数控机床—加工—问答 IV. TG659-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 056273 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

京南印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 10 $\frac{3}{4}$ 字数 267 千字

2007 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 22.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

编 委 会

(排名不分先后)

- 侯小丽 北京市总工会,副主席
- 周永浩 北京市总工会,原副主席
- 郑文虎 中国北车集团北京南口机车车辆机械厂,高级技师
- 周维泉 中国北车集团北京南口机车车辆机械厂,高级工程师
- 詹明荣 中国北车集团北京南口机车车辆机械厂,高级工程师
- 韩福海 中国北车集团北京南口机车车辆机械厂,高级技师
- 国庆社 中国北车集团北京南口机车车辆机械厂,工程师
- 杨全乐 航天部一院培训中心,副主任、工程师
- 洪 亮 清华大学基础工业训练中心,主任、教授
- 张学政 清华大学基础工业训练中心,教授
- 初 晓 清华大学基础工业训练中心,工程师
- 李淑华 解放军军械工程学院,博士、教授
- 张 军 华富电子有限公司,硕士、高级工程师
- 康志成 长三角国家高技能人才培养中心、上海技师协会,高级技师
- 张阳明 上海劳动局技师协会高级技师、上海建筑工程安装公司,工程师
- 黄 芸 长三角国家高技能人才培养中心

序

随着科技的发展和社会需求的不断增加,现代制造业的产品日趋精密、复杂,各种新技术、新装备不断涌现,使工厂生产发生巨大变化。这种变化又必然使生产现场的技术操作产生新的特征:第一,产品和工艺装置的精密度和复杂性的进一步提高,使得技术操作问题中的理论比重相应增长;第二,产品和工艺装置的技术综合程度的增加,也必然使技术操作呈现多技术、多技能的特征,进而要求操作者的专业技术知识和技能作广度上的拓展;第三,生产工艺过程各工序的技术操作问题,常需要从整个工艺过程的角度来加以考虑。在解决技术问题时,也必须考虑到相关工序的影响,所以技术操作者必须对车间或部门工艺规程有整体了解并建立全局观点,因而在工艺设计方面也应有足够的基础,对各种加工方法包括一些新型加工方法要有一定的掌握。

制造业中的人才,主要有3类:工程型人才,从事为社会谋取直接利益的产品设计、工程规划等工作;技术型人才,从事使工程型人才的设计图纸转换成具体产品的工作;技能型人才,与技术型人才承担同样的任务,二者的差别在于技术型人才主要以智力劳动来完成任务,而技能型人才主要以操作技能完成工作。按此界定,当前技能型人才主要是技术工人和技师。技能型人才的产生和发展与制造业的发展始终紧密相连,起着极其重要的作用。

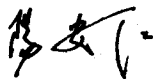
在党中央、国务院确定的人才发展战略中,“发展职业教育是一项重要而紧迫的任务”,高技能技术工人作为人才队伍建设的重要组成部分,是人才强国的重要支柱。而目前,技术工人缺口巨大,供给不足,特别是高级技术工人短缺。据对全国90个城市2006年前三个季度劳动力市场职业供求状况的统计,发现技术工

人技能低和断档问题较为严重。仅数控加工操作工全国就缺 60 万人。从 2006 年起,我国将进一步加强技术产业工人队伍的建设。“十一五”期间,将培养 1.5 万名技师和高级技师,10 万名高级技工,35 万名实用型技能人才。因此应该适时和有针对性地以促进技术人才培养、提高技能水平、激发技术创新精神、提高创新能力为目的,提高技术工人整体素质能力。

在当前紧迫的形势下,北京市总工会和国防工业出版社组织了中国北车集团北京南口机车车辆机械厂、长三角国家高技能人才培训中心、清华大学基础工业训练中心、解放军军械工程学院等单位具有丰富实践经验的高级技工、技师和研究实用技术的教授、工程师等编写了这套《技术工人现场操作技能问答丛书》。丛书包括《车工现场操作技能》、《铣工现场操作技能》、《热处理工现场操作技能》、《工具钳工现场操作技能》、《机械钳工现场操作技能》、《焊工现场操作技能》、《电工现场操作技能》、《磨工现场操作技能》、《铆工现场操作技能》、《数控加工现场操作技能》。

本套丛书以介绍实用技能为主,图文并茂,简明实用,除介绍工人必备的理论知识外,还系统地介绍了现场操作技术规范、常见故障处理、操作技巧和注意事项等,采用问答的形式对加工操作中的各种常见现象和疑难问题以通俗易懂的语言加以解答,力争在编写中以最实用的实践经验整理出典型实例供各相应工种技术工人参考借鉴。突出实用性、针对性和可操作性。可供广大从事机械加工的技术工人掌握实用操作技能与知识,可作为技术培训教材,也可供相关专业职业院校师生参考学习。相信本套丛书的出版对我国高技能人才的培养将起到积极的推动作用。

北京市政协主席
原北京市总工会主席



二〇〇六.十一.一

前 言

纵观改革开放 20 年,我国机床消费额大致和国民经济 GDP 增长值同步,10 年翻了一番。20 世纪 80 年代初,我国机床消费额为 10 亿美元,90 年代初达 20 亿美元,2000 年为 37.88 亿美元。当年世界机床最大消费国美国,消费额为 68 亿美元,原预计 2010 年中国将成为世界最大机床消费市场,令人意想不到的是,2003 年美国发表的一项调查统计报告称:全世界机床产值 2002 年约 310 亿美元,比上年减少 14.2%,但中国比上年增加 20%,达 56.96 亿美元。我国首次成为世界第一机床消费大国和全球第一机床进口大国。

无论从数控机床的增长速度,还是从进口数量的膨胀,无论是从数控化率的国际比较,还是从技术等级的水平,我们都能发现一个显而易见的事实:数控机床的广泛应用,急需大量的数控技术人才,急需在短期内培养出一大批高技能型人才。随着 WTO 的日益深入,我国制造企业已开始广泛使用先进的数控技术,而掌握数控技术的机电复合人才奇缺。2005 年,国家数控系统工程技术研究中心的一项调研结果显示,仅数控机床的操作工就短缺 60 多万人。

调研同时显示,我国目前的数控人才不仅表现在数量上的短缺,而且在质量、知识结构上也不能完全满足企业需求。根据 2004 年 2 月国家劳动和社会保障部、教育部等六部门调查

研究和分析预测,数控技术应用是我国劳动力市场技能型人才最为短缺的四类人才之一,并名列榜首。

面对新的形势,广大机械制造人员迫切需要知识更新,特别是学习和掌握与新的应用领域有关的新技能。为了帮助广大技术工人,特别是中青年技术工人提高操作技能和技术水平,我们组织编写了《数控加工现场操作技能》一书。

本书采用问答的形式,系统地介绍了数控加工技术人员现场操作中必备的理论知识、基本技能、操作技巧和注意事项等,主要包括数控加工的基本知识、数控加工中心工件的定位与装夹、数控机床加工程序编制基础、数控车削加工、数控铣削加工、数控加工中心加工及数控机床的维修等几部分。

本书深入浅出、图文并茂、直观易懂、实用性强,既适合于广大数控加工技术爱好者自学,又可作为初、中级数控技术人员培训教材,还可供相关专业职业技术学校师生阅读与参考。本书在编写过程中参考了大量的图书出版物和企业培训资料,在此向上述作者和有关企业表示衷心的感谢和崇高的敬意!

因编者水平有限,加上时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者
2007 年 1 月

目 录

第 1 章 数控加工的基本知识.....	1
1. 数控机床由哪几部分组成?	1
2. 数控机床可以分为哪几类?	1
3. 哪些零件适合采用数控机床加工,哪些零件不适合采用 数控机床加工?	4
4. 常见的数控机床有哪些?	6
5. 数控系统的主要辅助装置有哪些?	7
6. 典型的数控系统与指令代码有哪些?	7
7. 在数控车床操作时应注意哪些安全事项?	11
8. 什么是数控加工工艺? 它主要包括哪些内容?	12
9. 数控加工有何优、缺点?	13
10. 数控加工工艺设计的主要内容有哪些? 如何选择并 决定进行数控加工的内容?	15
11. 需要审查和分析的数控加工工艺性问题有哪些? ...	16
12. 数控加工工艺路线设计和工序设计中应注意哪些 问题?	16
13. 数控加工专用技术文件有哪些? 其编写的基本要求 是什么?	18
14. 什么是加工余量? 如何计算加工余量?	21
15. 影响加工余量的因素有哪些?	23
16. 确定加工余量的方法有哪几种?	25

17. 什么叫加工精度？它包括哪些方面内容？	25
18. 机械加工的表面质量包括哪些内容？	26
19. 表面质量对零件使用性能的影响有哪些？	26
20. 刀具是由哪几个部分组成的？	27
21. 怎样合理选择刀具的几何参数？	28
22. 影响加工精度的因素及改善措施有哪些？	37
第 2 章 数控加工中心工件的定位与装夹	42
1. 什么是机床的夹具？	42
2. 机床夹具由哪些部分组成？	42
3. 数控机床夹具有哪些作用？	43
4. 机床夹具一般是如何进行分类的？	44
5. 工件在机床中的装夹方法有哪几种？	46
6. 什么是工件的六点定位原理？	47
7. 什么是工件定位过程中的完全定位与不完全定位、 欠定位与过定位？	48
8. 工件的定位与夹紧有什么关系？	49
9. 工件定位误差产生的原因有哪些？	50
10. 什么是基准？根据功能的不同可分为哪些类型？ ...	50
11. 粗、精基准选择时一般应遵循什么原则？	52
12. 工件常用的定位方式有哪些？	57
13. 常见定位方式下的定位误差有哪些？	62
14. 夹紧装置的基本要求有哪些？	65
15. 夹紧力是如何确定的？	65
16. 常用的典型数控夹具有哪几种？	68
第 3 章 数控机床加工程序编制基础	77
1. 数控程序编制的内容及步骤是什么？	77

2. 数控程序有哪几种编制的方法?	78
3. 数控机床的坐标系是怎么确定的?	80
4. 什么是工作坐标系和附加坐标系?	82
5. 怎样确定坐标系的原点?	83
6. 怎样确定加工坐标系?	84
7. 加工坐标系的设定有哪些方法? 试举例说明	85
8. FANUC-OM 数控铣床的加工坐标系是如何 设定的?	86
9. 在数控编程中,常用的编程指令有哪些?	89
10. 怎样运用运动路径控制指令进行编程? 并举例 说明	95
11. 如何应用循环指令进行编程? 试举例说明	104
12. 在螺纹加工中,怎样利用循环指令进行编程? 并结合 实例说明	108
13. 什么是程序编制中的数学处理?	111
14. 非圆曲线数学处理的基本过程是怎样的?	111
15. 编程中的误差是由哪几项组成的?	112
16. 在进行数控车床加工工序的编排和加工参数的选择 时应注意哪些事项?	114
17. 数控车床如何调用子程序?	114
18. 数控机床如何进行刀具补偿?	116
第4章 数控车削加工	125
1. 数控车削加工的主要对象有哪些?	125
2. 数控车削加工工艺的主要内容有哪些?	126
3. 数控车削加工工艺制订中,零件的工艺性分析主要 包括哪些内容?	128
4. 制定机械加工工艺规程的原则和步骤是什么?	131

5. 试以典型零件的加工工序为例说明数控车削加工工艺的设计过程	132
6. 轴类零件数控车削加工工艺实例	140
7. 轴套类零件的数控车削加工工艺实例	142
8. 数控车床的操作面板、控制面板及软件功能如何识别?	145
9. 数控车床的操作方法及步骤是什么?	148
10. 在数控车床上批量生产时,应怎样合理划分工序?	155
11. 怎样选择数控车削夹具?	157
12. 与普通车削相比,数控车削的刀具选择有何要求?	158
13. 数控车削时切削用量应怎样选择?	158
14. 数控车床加工时应注意哪些事项?	162
15. 如何应用固定循环指令来进行车削加工编程? ...	162
16. 镗孔加工编程实例	170
17. 轴类零件的加工程序设计实例一	172
18. 轴类零件的加工程序设计实例二	174
19. 轴类零件加工程序设计实例三	176
20. 数控车削加工的综合实例	180

第5章 数控铣削加工 186

1. 数控铣床是由哪几个部分组成的?	186
2. 数控铣床有哪几种类型?	188
3. 数控铣床的主要功能是什么?	189
4. 数控铣床的主要加工对象有哪些?	191
5. 数控铣床的控制面板由哪几个部分组成的?	192
6. 数控铣削的工序设计包括哪几个部分?	199

7. 在进行工艺分析时,如何利用二维工程图和三维数学模型?	200
8. 数控铣床是如何进行操作的? 请详细说明	202
9. 数控铣床操作过程中应注意哪些事项?	209
10. 数控铣削加工中如何选择铣刀的种类和尺寸? ...	209
11. 数控铣削加工中立铣刀和球头铣刀有何区别? 在使用时应注意哪些问题?	210
12. 数控铣床编程实例	211
13. 数控铣床综合加工实例一	212
14. 数控铣床综合加工实例二	215
15. 数控铣削加工实例三	222
16. 数控铣削加工实例四	224
17. 数控铣削加工实例五	226
第6章 数控加工中心加工	230
1. 加工中心可以分为哪几类?	230
2. 数控加工中心由哪几个部分组成的?	233
3. 如何让加工中心进行自动换刀?	234
4. 加工中心对结构有哪些要求?	236
5. 加工中心对刀具有哪些基本要求?	237
6. 加工中心常用刀具有哪些种类?	238
7. 加工中心的工艺规程是什么?	239
8. 在操作加工中心时,应做好哪些安全措施?	242
9. 加工中心的基本操作有哪几个部分?	242
10. 如何让加工中心自动运行?	246
11. 如何设置加工中心刀具参数并让它自动换刀? ...	250
12. 加工中心的对刀方法有哪些?	253
13. 西门子系统加工中心是如何进行操作的?	259

14. 加工中心有哪些编程要求?	269
15. 固定循环指令的编程方法是什么? 请举例说明 ...	270
16. 加工中心的加工实例一——座盒零件的加工? ...	275
17. 加工中心的加工实例二——轮廓零件的加工? ...	278
18. 加工中心的加工实例三——齿轮泵泵体的加工? ...	281
19. 加工中心的加工实例四——空压机吸气阀排气口 曲线加工?	287
20. 加工中心的加工实例五——孔系零件的加工? ...	291
第7章 数控机床的维修	296
1. 数控机床常见故障有哪些类别?	296
2. 数控机床机械故障有哪些诊断方法?	299
3. 如何排除数控机床的主要机械部件故障?	300
4. 数控系统常见故障有哪些? 如何排除?	309
5. 数控机床如何维护和保养?	314
参考文献	318

第 1 章 数控加工的基本知识

1. 数控机床由哪几部分组成

数控机床是一种利用数控技术,按照事先编好的程序实现动作的机床。它由程序载体、输入装置、CNC 单元、伺服系统、位置反馈系统和机床机械部件构成(见图 1-1)。

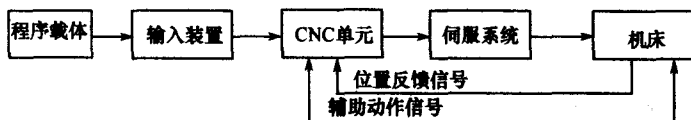


图 1-1 数控机床的组成

2. 数控机床可以分为哪几类

数控机床的种类很多,常见的分类有四种。

1) 按工艺用途分类

(1) 普通数控机床。这类数控机床和传统的通用机床一样,有车、铣、钻、镗、磨床等,而且每一类里又有很多品种。这类机床的工艺性能和通用机床相似,所不同的是它能自动加工复杂形状的零件。

(2) 加工中心机床。这是一种在普通数控机床上加装一个刀库和自动换刀装置而构成的数控机床。它和变通数控机床的区别是:工件经一次装夹后,数控装置就能控制机床自动更换刀具,连续对工件各加工面进行铣(车)、镗、钻、铰及攻丝等多工序加工。

(3) 多坐标数控机床。有些复杂形状的零件,用三坐标的数控机床还是无法加工,如螺旋桨、飞机机翼曲面及其他复杂零件的加工等,都需要 3 个以上坐标的合成运动才能加工出所需的形状,于

是出现了多坐标数控机床。多坐标数控机床的特点是数控装置控制的轴数较多,机床结构也比较复杂,坐标轴数的多少通常取决于加工零件的复杂程度和工艺要求。现在常用的有4个、5个、6个坐标的数控机床。

(4)数控特种加工机床。如数控线切割机床、数控电火花加工机床、数控激光切割机床等。

2)按运动方式分类

(1)位控制数控机床。数控系统只控制刀具从一点到另一点的准确定位;在移动过程中不进行加工,对两点间的移动速度及运动轨迹没有严格的要求。这类数控机床主要有数控钻床、数控坐标镗床、数控冲剪床等。

(2)直线控制数控机床。数控系统除了控制点与点之间的准确位置以外,还要保证两点之间移动的轨迹是一条直线,而且对移动的速度也要进行控制,以便适应随工艺因素变化的不同需要。这类数控机床主要有简易数控车床、数控镗铣床等。

(3)轮廓控制数控机床。数控系统能对两个或两个以上运动坐标的位移及速度进行连续相关的控制,使合成的平面或空间的运动轨迹能满足加工的要求。由于需要精确地同时控制两个或更多的坐标运动,数据处理的速度比点位控制可能高出1000倍,所以,机床的计算机一般要求具有较高速度的数学运算和信息处理能力。这类数控机床主要有数控铣床、数控车床等。

随着计算机数控装置的发展,如增加轮廓控制功能,只需增加插补运算软件即可,几乎不带来成本的增加。因此,除少数专用的数控机床(如数控钻床、冲床等)以外,现代的数控机床都具有轮廓控制功能。

3)按伺服系统的控制方式分类

(1)开环控制系统的数控机床。开环控制系统的数控机床不带位置检测元件,通常使用功率步进电动机作为执行元件。数控装置每发出一个指令脉冲,经驱动电路功率放大后,驱动步进电动机旋转一个角度,再由传动机构带动工作台移动。图1-2是一个

典型的开环控制系统。



图 1-2 开环控制系统

开环控制系统的数控机床受步进电动机的步距精度和传动机构的传动精度影响,难以实现高精度加工。但由于系统结构简单、成本较低、技术容易掌握,所以仍使用较为广泛。普通机床的数控化改造大多采用开环控制系统。

(2)闭环控制系统的数控机床。闭环控制系统的数控机床是按闭环原理工作的。图 1-3 为一典型的闭环控制系统。数控装置对位移指令与位置检测元件测得的实际位置反馈信号随时进行比较,根据其差值及指令进给速度的要求,按一定的规律进行转换后,得到进给伺服系统的速度指令。此外还利用与伺服驱动电动机同轴刚性连接的测速元器件,随时实测驱动电动机的转速,得到速度反馈信号,将它与速度指令信号相比较,得到速度误差信号,对驱动电动机的转速随时进行校正。利用上述的位置控制和速度控制两个回路,可以获得比开环控制系统精度更高、速度更快、驱动功率更大的特性指标。从图 1-3 中可以看出,闭环控制系统的位置检测元件安装在执行元件上,用以实测执行元件的位置或位移量。

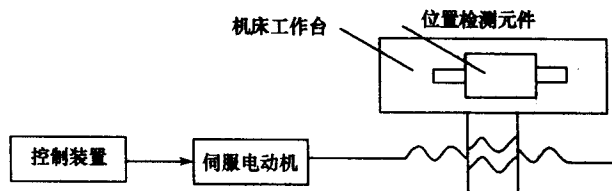


图 1-3 闭环控制系统

(3)半闭环控制系统的数控机床。如果将位置检测元件安装