



全国职业技能UG认证指导用书

全程语音视频讲解 在线答疑解惑 互动学习

UG NX 8.0

数控加工快速入门、进阶与精通

戚耀楠·编著

功能全面：

集理论概述、软件操作、实际工程案例于一身，能帮助读者迅速运用UG NX 8.0来完成复杂产品的数控加工编程工作。

实用性强：

书中实例、案例等均来自生产一线真实产品，融入一线数控工程师多年的UG使用经验、技巧。

附加值高：

附1张DVD，制作了94个UG数控加工编程技巧综合案例的全程语音视频多媒体讲解，时间长8.1小时。

全程同步多媒体
语音视频教程

8.1 小时

94 个

UG数控加工编程
技巧和综合案例
视频教程

一线工程师
多年的UG
使用经验、技巧

DVD

486分钟

1张DVD
超大容量
视频教学



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

全国职业技能 UG 认证指导用书

UG NX 8.0 数控加工快速入门、进阶与精通



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是全面、系统学习和运用 UG NX 8.0 软件数控加工快速入门、进阶与精通的书籍，全书共 17 章，从最基本的数控加工开始讲起，以循序渐进的方式详细讲解了 UG 数控加工基本操作流程、UG 铣削加工基本参数、平面铣、面铣加工、孔铣削与螺纹铣削、车削加工、型腔粗加工、曲面轮廓深度加工、曲面轮廓固定轴铣削、3D 轮廓铣削、可变轴加工、线切割、后置处理和 UG 数控加工高级功能，书中还配有大量的实际综合应用案例。

书中讲解中所选用的范例、实例或应用案例覆盖了不同行业，具有很强的实用性和广泛的适用性。本书附带 1 张多媒体 DVD 学习光盘，制作了 94 个 UG 数控编程技巧和具有针对性的实例教学视频并进行了详细的语音讲解，时长 8.1 小时；光盘中还包含本书所有的教案文件、范例文件以及练习素材文件。

在内容安排上，本书紧密结合实例对 UG NX 数控编程加工的流程、方法与技巧进行讲解和说明，这些实例都是实际生产一线中具有代表性的例子，这样的安排可增加本书的实用性和可操作性，还能使读者较快地进入数控加工编程实战状态；在写作方式上，本书紧贴软件的实际操作界面，使初学者能够直观、准确地操作软件进行学习，从而尽快上手，提高学习效率。本书可作为工程技术人员学习 UG NX 数控加工编程的自学教程和参考书，也可作为大中专院校学生和各类培训学校学员的 CAD/CAM 课程上课及上机练习的教材。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

UG NX 8.0 数控加工快速入门、进阶与精通：全程语音视频讲解/戚耀楠编著. —北京：电子工业出版社，2015.2

全国职业技能 UG 认证指导用书

ISBN 978-7-121-25344-7

I. ①U… II. ①戚… III. ①数控机床—加工—计算机辅助设计—应用软件—职业技能—资格认证—自学参考资料 IV. ①TG659-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 312666 号

策划编辑：管晓伟

责任编辑：管晓伟 特约编辑：李兴 等

印 刷：北京京科印刷有限公司

装 订：三河市皇庄路通装订厂

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编：100036

开 本：787×1092 1/16 印张：33.25 字数：798 千字

版 次：2015 年 2 月第 1 版

印 次：2015 年 2 月第 1 次印刷

定 价：79.90 元 (含多媒体 DVD 光盘 1 张)

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

前 言

UG 是德国西门子公司推出的一款功能强大的三维 CAD/CAM/CAE 软件系统,其内容涵盖了产品从概念设计、工业造型设计、三维模型设计、分析计算、动态模拟与仿真、工程图输出,到生产加工成产品的全过程,应用范围涉及汽车、机械、航空航天、造船、通用机械、数控加工、医疗、玩具和电子等诸多领域。UG NX 8.0 版本在易用性、数字化模拟、知识捕捉、可用性等方面进行了创新,对以前版本进行了大量的以客户为中心的改进。

本书是学习 UG NX 8.0 数控加工快速入门、进阶与精通的教程,其特色如下:

- ◆ **内容全面。**本书所讲解的 UG 数控加工内容是目前市场上同类书籍中最全面的,包括 UG 数控加工基本操作流程、UG 铣削加工基本参数、平面铣、面铣加工、孔铣削与螺纹铣削、车削加工、型腔粗加工、曲面轮廓深度加工、曲面轮廓固定轴铣削、3D 轮廓铣削、可变轴加工、线切割、后置处理和 UG 数控加工高级功能。
- ◆ **实用性强。**书中融入了 UG 一线数控高手多年的经验和技巧,因而本书具有很强的实用性。
- ◆ **范例丰富。**对软件中的主要命令和功能,先结合简单的范例进行讲解,然后安排一些较复杂的综合范例和实际应用帮助读者深入理解,灵活运用。
- ◆ **讲解详细,条理清晰,**保证自学的读者能独立学习和运用 UG NX 软件。
- ◆ **写法独特。**采用 UG NX 中文版中真实的对话框和按钮等进行讲解,使初学者能够直观、准确地操作软件,从而大大提高学习效率。
- ◆ **附加值高。**本书附 1 张多媒体 DVD 学习光盘,制作了 94 个数控加工与编程和具有针对性实例的教学视频并进行了详细的语音讲解,(时长 8.1 小时),可以帮助读者轻松、高效地学习。

本书由戚耀楠编著,参加编写的人员还有王双兴、郭如涛、马志伟、师磊、李东亮、白超文、张建秋、任彦芳、杨作为、陈爱君、夏佩、谢白雪、王志磊、张党杰、张娟、马斯雨、车小平、曾为劲。本书已经经过多次审校,难免有疏漏之处,恳请广大读者予以指正。

电子邮箱: bookwellok@163.com

编 者

本书导读

为了能更好地学习本书的知识，请您仔细阅读下面的内容。

【写作软件蓝本】

本书采用的写作蓝本是 UG NX 8.0 版。

【写作计算机操作系统】

本书使用的操作系统为 Windows XP，对于 Windows 2000 /Server 或 Win7 操作系统，本书的内容和范例也同样适用。

【光盘使用说明】

为了使读者方便、高效地学习本书，特将本书中所有的练习文件、素材文件、已完成的实例、范例或案例文件、软件的相关配置文件和视频语音讲解文件等按章节顺序放入随书附带的光盘中，读者在学习过程中可以打开相应的文件进行操作、练习和查看。

本书附带多媒体 DVD 助学光盘 1 张，建议读者在学习本书前，先将 DVD 光盘中的所有内容复制到计算机硬盘的 D 盘中。

在光盘的 ugsj80 目录下共有 2 个子文件夹。


- (1) work 子文件夹：包含本书全部已完成的实例、范例或案例文件。
- (2) video 子文件夹：包含本书讲解中所有的视频文件（含语音讲解），学习时，直接双击某个视频文件即可播放。

光盘中带有“ok”扩展名的文件或文件夹表示已完成的实例、范例或案例。

【本书约定】

◆ 本书中有关鼠标操作的简略表述说明如下。

- 单击：将鼠标指针光标移至某位置处，然后按一下鼠标的左键。
- 双击：将鼠标指针光标移至某位置处，然后连续快速地按两次鼠标的左键。
- 右击：将鼠标指针光标移至某位置处，然后按一下鼠标的右键。
- 单击中键：将鼠标指针光标移至某位置处，然后按一下鼠标的中键。
- 滚动中键：只是滚动鼠标的中键，而不是按中键。

- 选择（选取）某对象：将鼠标指针光标移至某对象上，单击以选取该对象。
 - 拖移某对象：将鼠标指针光标移至某对象上，然后按下鼠标的左键不放，同时移动鼠标，将该对象移动到指定的位置后再松开鼠标的左键。
- ◆ 本书中的操作步骤分为“任务”和“步骤”两个级别，说明如下。
- 对于一般的软件操作，每个操作步骤以 **步骤 01** 开始。例如，下面是草绘环境中绘制矩形操作步骤的表述：
 - ☑ **步骤 01** 单击  按钮。
 - ☑ **步骤 02** 在绘图区某位置单击，放置矩形的第一个角点，此时矩形呈“橡皮筋”样变化。
 - ☑ **步骤 03** 单击 **XY** 按钮，再次在绘图区某位置单击，放置矩形的另一个角点。此时，系统即在两个角点间绘制一个矩形，如图 4.7.13 所示。
 - 每个“步骤”操作视其复杂程度，其下面可含有多级子操作。例如，**步骤 01** 下可能包含（1）、（2）、（3）等子操作，（1）子操作下可能包含①、②、③等子操作，①子操作下可能包含 a)、b)、c) 等子操作。
 - 对于多个任务的操作，则每个“任务”冠以 **任务 01**、**任务 02**、**任务 03** 等，每个“任务”操作下则包含“步骤”级别的操作。
 - 由于已建议读者将随书光盘中的所有文件复制到计算机硬盘的 D 盘中，所以书中在要求设置工作目录或打开光盘文件时，所述的路径均以“D:”开始。

目 录

第一篇 UG NX 8.0 数控加工快速入门

| | |
|--------------------------------|----|
| 第 1 章 数控加工基础知识 | 1 |
| 1.1 数控加工概论 | 1 |
| 1.2 数控编程概述 | 1 |
| 1.3 数控加工程序 | 3 |
| 1.3.1 数控加工程序结构 | 3 |
| 1.3.2 数控指令 | 4 |
| 第 2 章 UG 数控加工基本操作流程 | 9 |
| 2.1 UG NX 8.0 加工模块介绍 | 9 |
| 2.2 进入 UG NX 8.0 的加工环境 | 9 |
| 2.3 UG NX8.0 加工环境的工作界面 | 11 |
| 2.3.1 工作界面 | 11 |
| 2.3.2 主要菜单 | 12 |
| 2.3.3 专用工具栏 | 13 |
| 2.4 UG NX 8.0 数控加工的一般流程 | 15 |
| 2.4.1 概述 | 15 |
| 2.4.2 进入 UG NX 8.0 的加工模块 | 16 |
| 2.4.3 创建程序 | 17 |
| 2.4.4 创建刀具 | 18 |
| 2.4.5 创建机床坐标系 | 19 |
| 2.4.6 创建工件几何体 | 22 |
| 2.4.7 创建加工方法 | 23 |
| 2.4.8 创建加工工序 | 24 |
| 2.4.9 确认刀路轨迹 | 27 |
| 2.4.10 后处理 | 27 |
| 2.4.11 生成车间文档 | 28 |
| 2.5 工序导航器 | 29 |
| 2.5.1 概述 | 29 |
| 2.5.2 程序顺序视图 | 30 |
| 2.5.3 机床视图 | 31 |
| 2.5.4 几何视图 | 31 |
| 2.5.5 加工方法视图 | 31 |
| 2.6 刀具路径的基本管理 | 32 |
| 2.6.1 重新显示刀具路径 | 32 |
| 2.6.2 刀具路径的显示控制 | 33 |
| 2.6.3 刀具路径的可视化检验 | 37 |
| 2.7 工序的编辑操作 | 41 |
| 2.7.1 编辑加工工序 | 41 |
| 2.7.2 加工工序的剪切/复制/粘贴 | 41 |
| 2.7.3 重命名加工工序 | 41 |
| 2.7.4 删除加工工序 | 41 |



| | |
|------------------------|----|
| 2.7.5 编辑加工工序实例 | 42 |
| 2.8 使用 NC 助理分析模型 | 44 |

第二篇 UG NX 8.0 数控加工进阶

| | |
|--------------------------------|------------|
| 第 3 章 UG 铣削加工基本参数 | 48 |
| 3.1 铣削加工的几何体 | 48 |
| 3.1.1 常见几何体的类型 | 48 |
| 3.1.2 铣削边界几何体的类型 | 52 |
| 3.2 铣平面的参数设置 | 55 |
| 3.2.1 操作参数 | 55 |
| 3.2.2 切削参数 | 63 |
| 3.2.3 非切削移动 | 70 |
| 3.2.4 进给和速度 | 77 |
| 第 4 章 平面铣 | 82 |
| 4.1 平面铣概述 | 82 |
| 4.2 边界几何体的创建与编辑 | 83 |
| 4.2.1 创建边界几何体 | 83 |
| 4.2.2 编辑边界几何体 | 89 |
| 4.3 平面铣 | 92 |
| 4.4 平面轮廓铣 | 99 |
| 4.5 跟随轮廓粗加工 | 106 |
| 4.6 清理拐角 | 112 |
| 4.7 精加工侧壁 | 116 |
| 4.8 精加工底部面 | 122 |
| 第 5 章 面铣加工 | 126 |
| 5.1 概述 | 126 |
| 5.2 面铣削区域 | 127 |
| 5.3 表面铣 | 136 |
| 5.4 手工面铣削 | 142 |
| 第 6 章 孔铣削与螺纹铣削 | 151 |
| 6.1 概述 | 151 |
| 6.2 孔铣削 | 151 |
| 6.3 铣螺纹 | 161 |
| 第 7 章 钻孔加工 | 167 |
| 7.1 概述 | 167 |
| 7.2 孔加工的工序子类型 | 167 |
| 7.3 孔加工的几何体 | 168 |
| 7.3.1 指定孔位置 | 169 |
| 7.3.2 指定部件表面 | 175 |
| 7.3.3 指定加工底面 | 176 |
| 7.4 孔加工的循环控制 | 176 |
| 7.4.1 循环类型 | 176 |
| 7.4.2 循环参数组 | 177 |
| 7.5 避让几何体 | 181 |

| | | |
|--------------|------------------------|------------|
| 7.6 | 标准钻孔加工 | 183 |
| 7.6.1 | 定心钻加工 | 183 |
| 7.6.2 | 标准钻加工 | 190 |
| 7.7 | 埋头孔加工 | 195 |
| 7.8 | 攻螺纹 | 200 |
| 7.9 | 钻孔加工综合范例 | 204 |
| 第 8 章 | 车削加工 | 220 |
| 8.1 | 车削概述 | 220 |
| 8.2 | 车削加工的工序子类型 | 220 |
| 8.3 | 车削加工几何体 | 221 |
| 8.3.1 | 车削加工坐标系 | 222 |
| 8.3.2 | 工件 (WORKPIECE) | 222 |
| 8.3.3 | 车削工件 | 223 |
| 8.3.4 | 车削部件 | 224 |
| 8.3.5 | 空间范围 | 224 |
| 8.3.6 | 避让 | 225 |
| 8.4 | 外形车削加工 | 226 |
| 8.4.1 | 概述 | 226 |
| 8.4.2 | 端面车削 | 226 |
| 8.4.3 | 外形粗车 | 230 |
| 8.4.4 | 退刀外形粗车 | 236 |
| 8.4.5 | 外形精车 | 240 |
| 8.5 | 内孔车削加工 | 247 |
| 8.5.1 | 概述 | 247 |
| 8.5.2 | 中心线钻孔 | 247 |
| 8.5.3 | 粗车内孔 | 252 |
| 8.5.4 | 精车内孔 | 256 |
| 8.6 | 示教模式 | 259 |
| 8.7 | 沟槽车削加工 | 266 |
| 8.8 | 螺纹车削加工 | 272 |

第三篇 UG NX 8.0 数控加工精通

| | | |
|---------------|-----------------------|------------|
| 第 9 章 | 型腔粗加工 | 272 |
| 9.1 | 概述 | 277 |
| 9.2 | 型腔粗加工的加工工序 | 277 |
| 9.3 | 型腔粗加工的几何体 | 278 |
| 9.4 | 型腔粗加工的切削层 | 280 |
| 9.5 | 型腔铣 (标准) | 282 |
| 9.6 | 拐角粗加工 | 290 |
| 9.7 | 剩余铣加工 | 292 |
| 第 10 章 | 曲面轮廓深度加工 | 295 |
| 10.1 | 概述 | 295 |
| 10.2 | 深度加工轮廓 | 296 |
| 10.3 | 深度加工拐角 | 302 |

| | | |
|---------------|------------------------|------------|
| 第 11 章 | 曲面轮廓固定轴铣削 | 305 |
| 11.1 | 概述 | 305 |
| 11.2 | 固定轮廓铣的驱动方法..... | 306 |
| 11.2.1 | 曲线/点 | 306 |
| 11.2.2 | 螺旋式 | 307 |
| 11.2.3 | 边界驱动 | 308 |
| 11.2.4 | 区域铣削驱动 | 309 |
| 11.2.5 | 曲面驱动 | 309 |
| 11.2.6 | 流线驱动 | 310 |
| 11.2.7 | 刀轨驱动 | 311 |
| 11.2.8 | 径向切削驱动 | 312 |
| 11.2.9 | 清根驱动 | 312 |
| 11.2.10 | 文本驱动 | 312 |
| 11.2.11 | 用户定义驱动 | 313 |
| 11.3 | 固定轮廓铣的投影矢量..... | 313 |
| 11.4 | 区域铣削驱动工序..... | 315 |
| 11.4.1 | 轮廓区域 | 316 |
| 11.4.2 | 轮廓区域非陡峭 | 320 |
| 11.4.3 | 轮廓区域方向陡峭 | 324 |
| 11.5 | 边界驱动工序..... | 326 |
| 11.6 | 流线驱动工序..... | 330 |
| 11.7 | 螺旋式驱动工序..... | 333 |
| 11.8 | 径向切削驱动工序..... | 336 |
| 11.9 | 曲线与点驱动工序..... | 339 |
| 11.10 | 清根驱动工序..... | 342 |
| 11.10.1 | 单刀路清根 | 343 |
| 11.10.2 | 多刀路清根 | 345 |
| 11.10.3 | 参考刀具偏置清根 | 347 |
| 11.11 | 文本驱动工序..... | 349 |
| 第 12 章 | 3D 轮廓铣削 | 356 |
| 12.1 | 实体 3D 轮廓 | 356 |
| 12.2 | 3D 轮廓 | 361 |
| 第 13 章 | 可变轴加工 | 368 |
| 13.1 | 概述 | 368 |
| 13.2 | 多轴加工的子类型 | 368 |
| 13.3 | 可变轴加工的驱动方法..... | 369 |
| 13.4 | 投影矢量的控制 | 369 |
| 13.5 | 刀具轴的控制 | 370 |
| 13.6 | 可变轴曲面轮廓铣 | 373 |
| 13.6.1 | 远离点 | 374 |
| 13.6.2 | 朝向点 | 378 |
| 13.6.3 | 朝向直线 | 382 |
| 13.6.4 | 远离直线 | 387 |
| 13.6.5 | 垂直于部件 | 391 |
| 13.7 | 外形轮廓铣 | 395 |
| 13.7.1 | 外形轮廓铣示例 1 | 395 |
| 13.7.2 | 外形轮廓铣示例 2 | 400 |

| | | |
|--------|------------------------|-----|
| 第 14 章 | 线切割 | 404 |
| 14.1 | 概述 | 404 |
| 14.2 | 两轴线切割加工 | 405 |
| 14.3 | 四轴线切割加工 | 415 |
| 第 15 章 | 后置处理 | 419 |
| 15.1 | 概述 | 419 |
| 15.2 | 创建后处理器文件 | 420 |
| 15.2.1 | 进入 UG 后处理构造器工作环境 | 420 |
| 15.2.2 | 新建一个后处理器文件 | 420 |
| 15.2.3 | 机床参数设置 | 422 |
| 15.2.4 | 程序和刀轨参数的设置 | 423 |
| 15.2.5 | NC 数据定义 | 428 |
| 15.2.6 | 输出设置 | 431 |
| 15.2.7 | 虚拟 N/C 控制器 | 432 |
| 15.3 | 定制后处理器综合范例 | 434 |
| 第 16 章 | UG 数控加工高级功能 | 452 |
| 16.1 | 刀轨平行生成 | 452 |
| 16.2 | 刀轨批量处理 | 454 |
| 16.3 | 刀轨过切检查 | 456 |
| 16.4 | 报告最短刀具 | 458 |
| 16.5 | 刀轨变换 | 461 |
| 16.5.1 | 平移 | 461 |
| 16.5.2 | 缩放 | 462 |
| 16.5.3 | 绕点旋转 | 463 |
| 16.5.4 | 绕直线旋转 | 465 |
| 16.5.5 | 通过一直线镜像 | 466 |
| 16.5.6 | 通过一平面镜像 | 467 |
| 16.5.7 | 圆形阵列 | 467 |
| 16.5.8 | 矩形阵列 | 469 |
| 16.5.9 | CSYS 到 CSYS | 470 |

第四篇 UG NX 8.0 数控加工实际综合应用

| | | |
|--------|---------------|-----|
| 第 17 章 | 综合范例 | 472 |
| 17.1 | 箱盖凸模加工 | 472 |
| 17.2 | 旋钮凸模加工 | 495 |
| 17.3 | 灯罩壳后模加工 | 517 |



第一篇

UG NX 8.0 数控加工 快速入门

第 1 章 数控加工基础知识

1.1 数控加工概论

数控技术即数字控制技术 (Numerical Control Technology), 指用计算机以数字指令方式控制机床动作的技术。

数控加工具有产品精度高、自动化程度高、生产效率高以及生产成本低等特点, 在制造业, 数控加工是所有生产技术中相当重要的一环。尤其是汽车或航天工业零部件, 其几何外形复杂且精度要求较高, 更突出了 NC 加工制造技术的优点。

数控加工技术集传统的机械制造、计算机、信息处理、现代控制、传感检测等光机电技术于一体, 是现代机械制造技术的基础。它的广泛应用, 给机械制造业的生产方式及产品结构带来深刻变化。

近年来, 由于计算机技术的迅速发展, 数控技术的发展相当迅速。数控技术的水平和普及程度, 已经成为衡量一个国家综合国力和工业现代化水平的重要标志。

1.2 数控编程概述

数控编程一般可以分为手工编程和自动编程。

手工编程是指从零件图样分析、工艺处理、数值计算、编写程序单直到程序校核等各步骤, 均由人工完成的全过程。该方法适用于零件形状不太复杂、加工程序较短的情况, 而对

于复杂形状的零件，如具有非圆曲线、列表曲面和组合曲面的零件，或者零件形状虽不复杂但是程序很长，则比较适合进行自动编程。

自动数控编程是从零件的设计模型（参考模型）获得数控加工程序的全部过程。其主要任务是计算加工走刀过程中的刀位点（Cutter Location Point, CL），从而生成 CL 数据文件。采用自动编程技术可以帮助人们解决复杂零件的数控加工编程问题，其大部分工作由计算机完成，编程效率大大提高，还能解决手工编程无法解决的许多复杂形状零件的加工编程问题。

UG NX 数控模块提供了多种加工类型用于各种复杂零件的粗精加工，用户可以根据零件结构、加工表面形状和加工精度要求选择合适的加工类型。

数控编程的主要内容有：分析零件图样、工艺处理、数值处理、编写加工程序单、输入数控系统、程序检验及试切。

（1）分析零件图样及工艺处理。在确定加工工艺过程时，编程人员首先应根据零件图样对工件的形状、尺寸和技术要求等进行分析，然后选择合适的加工方案，确定加工顺序和路线、装夹方式、刀具以及切削参数，为了充分发挥机床的功用，还应该考虑所用机床的指令功能，选择最短的加工路线，选择合适的对刀点和换刀点，以减少换刀次数。

（2）数值处理。根据零件图样的几何尺寸、确定的工艺路线及设定的坐标系，计算工件粗、精加工的运动轨迹，得到刀位数据。零件图样坐标系与编程坐标系不一致时，需要对坐标进行换算。形状比较简单的零件的轮廓加工，需要计算出几何元素的起点、终点及圆弧的圆心，以及两几何元素的交点或切点的坐标值；有的还需要计算刀具中心运动轨迹的坐标值。对于形状比较复杂的零件，需要用直线段或圆弧段逼近，根据要求的精度计算出各个节点的坐标值。

（3）编写加工程序单。确定加工路线、工艺参数及刀位数据后，编程人员可以根据数控系统规定的指令代码及程序段格式，逐段编写加工程序单。此外，还应填写有关工艺文件，如数控刀具卡片、数控刀具明细表和数控加工工序卡片等，随着数控编程技术的发展，现在大部分机床已经直接采用自动编程。

（4）输入数控系统。即把编制好的加工程序，通过某种介质传输到数控系统。过去我国数控机床的程序输入一般使用穿孔纸带，穿孔纸带的程序代码通过纸带阅读器输入数控系统。随着计算机技术的发展，现代数控机床主要利用键盘将程序输入计算机中。随着网络技术进入工业领域，通过 CAM 生成的数控加工程序可以通过数据接口直接传输到数控系统中。

（5）程序检验及试切。程序单必须经过检验和试切才能正式使用。检验的方法是直接将加工程序输入数控系统中，让机床空运转，即以笔代刀，以坐标纸代替工件，画出加工路线，

以检查机床的运动轨迹是否正确。若数控机床有图形显示功能,可以采用模拟刀具切削过程的方法进行检验。但这些过程只能检验出运动是否正确,不能检查被加工零件的精度,因此必须进行零件的首件试切。首件试切时,应该以单程序段的运行方式进行加工,监视加工状况,调整切削参数和状态。

从以上内容看来,作为一名数控编程人员,不但要熟悉数控机床的结构、功能及标准,而且必须熟悉零件的加工工艺、装夹方法、刀具以及切削参数的选择等方面的知识。

1.3 数控加工程序

1.3.1 数控加工程序结构

数控加工程序由为使机床运转而给予数控装置的一系列指令的有序集合所构成。一个完整的程序由程序起始符、程序号、程序内容、程序结束和程序结束符五部分组成。例如:

| | | |
|-------|--------|--------------------------|
| 程序起始符 | % | |
| 程序号 | O 0001 | |
| 程序内容 | { | N01 G92 X30 Y30; |
| | | N02 G90 G00 X30 T01 M03; |
| | | N03 G01 X8 Y8 F200; |
| | | N04 XO YO; |
| | | ⋮ |
| | | N07 G00 X40; |
| 程序结束 | N08 | M30 |
| 程序结束符 | % | |

根据系统本身的特点及编程的需要,每种数控系统都有一定的程序格式。对于不同的机床,其程序格式也不同。因此编程人员必须严格按照机床说明书规定的格式进行编程,靠这些指令使刀具按直线、圆弧或其他曲线运动,控制主轴的回转和停止、切削液的开关、自动换刀装置和工作台自动交换装置等的动作。

- ◆ 程序起始符。程序起始符位于程序的第一行,一般是“%”、“\$”等。不同的数控机床,起始符也有可能不同,应根据具体数控机床说明书使用。
- ◆ 程序号,也称为程序名,是每个程序的开始部分。为了区别存储器中的程序,每个程序都要有程序编号。程序号单列一行,一般有两种形式:一种是以规定的英文字母(通常为O)为首,后面接若干位数字(通常为2位或4位),如O 0001;另一种是以英文字母、数字和符号“_”混合组成,比较灵活。程序名具体采用何种形

式，由数控系统决定。

- ◆ 程序内容。它是整个程序的核心，由多个程序段（Block）组成。程序段是数控加工程序中的一句，单列一行，用于指挥机床完成某一个动作。每个程序段又由若干个指令组成，每个指令表示数控机床要完成的动作。指令由字（word）和“；”组成。而字是由地址符和数值构成，如 X（地址符）100.0（数值）Y（地址符）50.0（数值）。字首是一个英文字母，称为字的地址，它决定了字的功能类别。一般字的长度和顺序不固定。
- ◆ 程序结束。在程序末尾一般有程序结束指令，如 M30 或 M02，用于停止主轴、切削液和进给，并使控制系统复位。M30 还可以使程序返回到开始状态，一般在换工件时使用。
- ◆ 程序结束符。程序结束的标记符一般与程序起始符相同。

1.3.2 数控指令

数控加工程序的指令由一系列的程序字组成，而程序字通常由地址（address）和数值（number）两部分组成，地址通常是某个大写字母。数控加工程序中地址代码的意义如表 1.3.1 所示。

一般的数控机床可以选择米制单位毫米（mm）或英制单位英寸（in）为数值单位。米制可以精确到 0.001mm，英制可以精确到 0.0001in，这也是一般数控机床的最小移动量。表 1.3.2 列出了一般数控机床能输入的指令数值范围，而数控机床实际使用范围受到机床本身的限制，因此需要参考数控机床的操作手册而定。例如，表 1.3.2 中的 X 轴可以移动 $\pm 99999.999\text{mm}$ ，但实际上数控机床的 X 轴行程可能只有 650mm；进给速率 F 最大可输入 10000.0mm/min，但实际上数控机床可能限制在 3000mm/min 以下。因此，在编制数控加工程序时，一定要参照数控机床的使用说明书。

表 1.3.1 地址代码的意义

| 功 能 | 地 址 | 意 义 |
|------|-------------|---------|
| 程序号 | O (EIA) | 程序序号 |
| 顺序号 | N | 顺序序号 |
| 准备功能 | G | 动作模式 |
| 尺寸字 | X、Y、Z | 坐标移动指令 |
| | A、B、C、U、V、W | 附加轴移动指令 |
| | R | 圆弧半径 |

| | | |
|---------|-------|------------|
| | I、J、K | 圆弧中心坐标 |
| 主轴旋转功能 | S | 主轴转速 |
| 进给功能 | F | 进给速率 |
| 刀具功能 | T | 刀具号、刀具补偿号 |
| 辅助功能 | M | 辅助装置的接通和断开 |
| 补偿号 | H、D | 补偿序号 |
| 暂停 | P、X | 暂停时间 |
| 子程序重复次数 | L | 重复次数 |
| 子程序号指定 | P | 子程序序号 |
| 参数 | P、Q、R | 固定循环 |

表 1.3.2 数控指令的数值范围

| 功 能 | 地 址 | 米制单位 | 英制单位 |
|--------|-----------------|--------------------------|--------------------------|
| 程序号 | : (ISO) O (ETA) | 1 ~ 9999 | 1 ~ 9999 |
| 顺序号 | N | 1 ~ 9999 | 1 ~ 9999 |
| 准备功能 | G | 0 ~ 99 | 0 ~ 99 |
| 尺寸字 | X、Y、Z、Q、R、I、J、K | $\pm 99999.999\text{mm}$ | $\pm 9999.9999\text{in}$ |
| | A、B、C | $\pm 99999.999^\circ$ | $\pm 9999.9999^\circ$ |
| 进给功能 | F | 1 ~ 10000.0mm/min | 0.01 ~ 400.0in/min |
| 主轴转速功能 | S | 0 ~ 9999 | 0 ~ 9999 |
| 刀具功能 | T | 0 ~ 99 | 0 ~ 99 |
| 辅助功能 | M | 0 ~ 99 | 0 ~ 99 |
| 子程序号 | P | 1 ~ 9999 | 1 ~ 9999 |
| 暂停 | X、P | 0 ~ 99999.999s | 0 ~ 99999.999s |
| 重复次数 | L | 1 ~ 9999 | 1 ~ 9999 |
| 补偿号 | D、H | 0 ~ 32 | 0 ~ 32 |

下面简要介绍各种数控指令的意义。

1. 语句号指令

语句号指令也称程序段号，用以识别程序段的编号。它位于程序段之首，以字母 N 开头，其后为一个 2~4 位的数字。需要注意的是，数控加工程序是按程序段的排列次序执行的，与顺序段号的大小次序无关，即程序段号实际上只是程序段的名称，而不是程序段执行的先后次序。

2. 准备功能指令

准备功能指令以字母 G 开头，后接一个两位数字，因此又称为 G 代码，它是控制机床运动的主要功能类别。G 指令包括 G00~G99 共 100 种，如表 1.3.3 所示。

表 1.3.3 JB/T 3208—1999 准备功能 G 代码

| G 代码 | 功 能 | G 代码 | 功 能 |
|---------|------------|---------|-------------|
| G00 | 点定位 | G01 | 直线插补 |
| G02 | 顺时针方向圆弧插补 | G03 | 逆时针方向圆弧插补 |
| G04 | 暂停 | G05 | 不指定 |
| G06 | 抛物线插补 | G07 | 不指定 |
| G08 | 加速 | G09 | 减速 |
| G10~G16 | 不指定 | G17 | XY 平面选择 |
| G18 | ZX 平面选择 | G19 | YZ 平面选择 |
| G20~G32 | 不指定 | G33 | 螺纹切削，等螺距 |
| G34 | 螺纹切削，增螺距 | G35 | 螺纹切削，减螺距 |
| G36~G39 | 永不指定 | G40 | 刀具补偿/刀具偏置注销 |
| G41 | 刀具半径左补偿 | G42 | 刀具半径右补偿 |
| G43 | 刀具右偏置 | G44 | 刀具负偏置 |
| G45 | 刀具偏置+/- | G46 | 刀具偏置+/- |
| G47 | 刀具偏置-/- | G48 | 刀具偏置-/+ |
| G49 | 刀具偏置 0/+ | G50 | 刀具偏置 0/- |
| G51 | 刀具偏置+/-0 | G52 | 刀具偏置-/+ |
| G53 | 直线偏移，注销 | G54 | 直线偏移 x |
| G55 | 直线偏移 y | G56 | 直线偏移 z |
| G57 | 直线偏移 xy | G58 | 直线偏移 xz |
| G59 | 直线偏移 yz | G60 | 准确定位 1 (精) |
| G61 | 准确定位 2 (中) | G62 | 准确定位 3 (粗) |
| G63 | 攻螺纹 | G64~G67 | 不指定 |
| G68 | 刀具偏置，内角 | G69 | 刀具偏置，外角 |
| G70~G79 | 不指定 | G80 | 固定循环注销 |
| G81~G89 | 固定循环 | G90 | 绝对尺寸 |