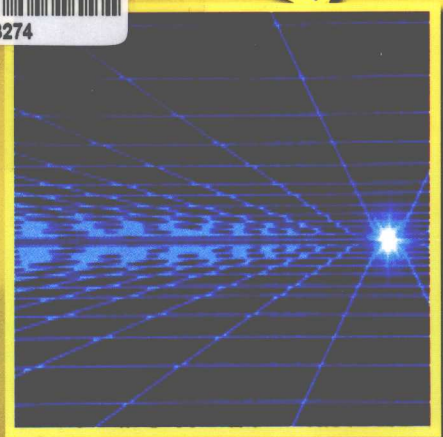
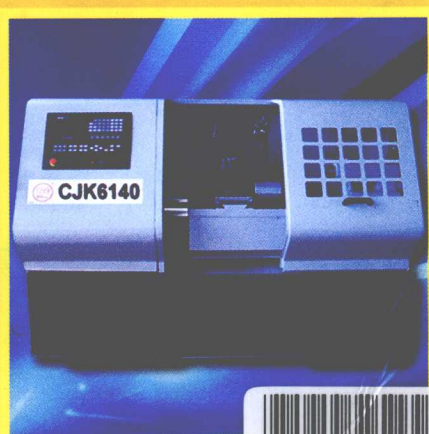




职业教育教学改革规划教材

数控车工技能训练 项目教程（高级）

朱兴伟 蒋洪平 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



职业教育教学改革规划教材

数控车工技能训练 项目教程（高级）

主 编 朱兴伟 蒋洪平
副主编 袁海霞 黄战平
参 编 汪立俊 蔡苏明



NLIC2970843274



机械工业出版社

本书是《数控车工技能训练项目教程（中级）》的姊妹篇，采用项目教学模式，全面介绍数控车工职业技能（高级）考核所需的工艺、编程方法和操作加工技术。

全书共分三篇。第一篇是基础篇，包括数控车削加工工艺、数控车削编程高级指令和数控车削自动编程；第二篇是技能篇，包括十个递进的数控车工（高级）技能训练项目，通过典型的案例分析，以“项目描述→项目教学目标→项目实施→项目总结”的步骤展开项目训练，使学生快速、全面地掌握数控车削加工工艺分析与设计、编程和操作加工技术；第三篇是鉴定篇，包括五套数控车工职业技能（高级）考核试卷。

本书可以作为职业院校数控技术、模具设计与制造、CAD/CAM、机电一体化等专业的教材，也可以作为工程技术人员的参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

数控车工技能训练项目教程. 高级/朱兴伟, 蒋洪平主编.
—北京: 机械工业出版社, 2011. 10
职业教育教学改革规划教材
ISBN 978 - 7 - 111 - 36088 - 9

I. ①数… II. ①朱…②蒋… III. ①数控机床: 车
床 - 车削 - 中等专业学校 - 教材 IV. ①TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 207550 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑: 齐志刚 责任编辑: 齐志刚 王海霞
版式设计: 霍永明 责任校对: 陈秀丽
责任印制: 杨 曦
北京京丰印刷厂印刷
2012 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷
184mm × 260mm · 11.25 印张 · 278 千字
0 001—3 000 册
标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 36088 - 9
定价: 25.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
电话服务 网络服务

社服务中心: (010) 88361066 门户网: <http://www.cmpbook.com>
销售一部: (010) 68326294
销售二部: (010) 88379649 教材网: <http://www.cmpedu.com>
读者购书热线: (010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是《数控车工技能训练项目教程（中级）》的姊妹篇，针对职业院校数控技术、模具设计与制造、CAD/CAM、机电一体化等专业教育人才培养目标及规格的要求，以就业为导向，紧紧围绕“以能力为本位、以项目课程为主体、以职业实践为主线的模块化课程体系”（简称“三以一化”）的课程改革理念，并结合岗位实际和职业技能考核标准编写而成。

全书共分三篇。第一篇是基础篇，包括数控车削加工工艺、数控车削编程高级指令和数控车削自动编程；第二篇是技能篇，包括十个递进的数控车工高级技能训练项目，通过典型的案例分析，以“项目描述→项目教学目标→项目实施→项目总结”的步骤展开项目训练，使学生快速、全面地掌握数控车削加工工艺分析与设计、编程和操作加工技术；第三篇是鉴定篇，包括五套数控车工职业技能（高级）考核试卷。

本书由朱兴伟、蒋洪平任主编，由袁海霞、黄成平任副主编，全书由蒋洪平统稿。参加编写的有朱兴伟（基础篇第一、二章，技能篇项目八、项目九、项目十，鉴定篇样卷一）、蒋洪平（技能篇项目一、项目二、项目三，鉴定篇样卷二），袁海霞（基础篇第三章，技能篇项目六、项目七），黄战平（技能篇项目五）、汪立俊（技能篇项目四）、蔡苏明（鉴定篇样卷三）、吕伟（鉴定篇样卷四、样卷五）。

本书在编写过程中得到了有关学校领导和行业、企业一线专家的大力支持和帮助，在此谨向他们表示衷心的感谢。由于时间仓促，以及编者水平有限，书中难免存在不当和错误之处，敬请广大读者谅解，并真诚欢迎读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一篇 基础篇 1

第一章 数控车削加工工艺 2

第一节 数控车床的工艺范围和特点 2

第二节 数控车削加工工艺分析 2

思考与练习 8

第二章 数控车削编程高级指令 9

第一节 刀尖半径补偿 9

第二节 子程序 11

第三节 宏程序 13

思考与练习 20

第三章 数控车削自动编程 21

第一节 数控车削自动编程概述 21

第二节 CAXA 数控车削自动编程软件简介 22

第三节 典型零件的加工 23

思考与练习 32

第二篇 技能篇 33

项目一 内沟槽、内螺纹的车削 (1) 34

思考与练习 43

项目二 内沟槽、内螺纹的车削 (2) 45

思考与练习 62

项目三 非圆曲线外轮廓的车削 (1) 63

思考与练习 70

项目四 非圆曲线外轮廓的车削 (2) 71

思考与练习 78

项目五 非圆曲线外轮廓的车削 (3) 79

思考与练习 86

项目六 轴、套类零件的车削 (1) 87

思考与练习 96

项目七 轴、套类零件的车削 (2) 97

思考与练习 104

项目八 轴、套类零件的车削 (3) 105

思考与练习 114

项目九 轴、套类零件的车削 (4) 115

思考与练习 123

项目十 轴、套类零件的车削 (5) 125

思考与练习 134

第三篇 鉴定篇 135

样卷一 数控车工职业技能 (高级) 考核试卷 01 136

样卷二 数控车工职业技能 (高级) 考核试卷 02 144

样卷三 数控车工职业技能 (高级) 考核试卷 03 152

样卷四 数控车工职业技能 (高级) 考核试卷 04 160

样卷五 数控车工职业技能 (高级) 考核试卷 05 168

参考文献 176

2023年10月10日

2023年10月10日

2023年10月10日

第一篇

基础篇

2023年10月10日

第一章 数控车削加工工艺

第一节 数控车床的工艺范围和特点

一、数控车床的工艺范围

数控车床作为当今使用最广泛的数控机床之一，主要用于加工轴类、套筒类、盘类等回转体零件，它能够通过程序控制自动完成圆柱面、圆锥面、圆弧、螺纹等工序的切削加工，并能进行切槽、钻孔、扩孔、铰孔等工作。近年来研制出了数控车削中心和数控车铣中心，使得一次装夹可以完成更多的加工工序，从而提高了加工质量和生产效率，特别适宜复杂形状的回转体零件的加工。

数控车床加工零件的尺寸公差等级可达 IT5 ~ IT6，表面粗糙度 Ra 值可达 $1.6\mu\text{m}$ 以下。

二、数控车床的特点

数控车床与普通车床相比，主要具有以下特点：

- 1) 加工精度高，产品质量稳定。
- 2) 适合加工回转表面复杂的零件。
- 3) 具有广泛的适应性。
- 4) 生产效率高。
- 5) 能够减轻操作者的劳动强度，改善劳动条件。

第二节 数控车削加工工艺分析

数控工艺设计是零件数控加工过程中的首要工作，工艺设计的合理性直接影响到数控程序编制的难易程度，以及零件的加工质量和生产效率，对生产任务的完成起着关键性的作用。

数控车削加工工艺主要包括数控加工零件图的工艺性分析、数控车削工艺路线拟定、数控车削刀具的选择、数控车削切削用量的选择、数控车削加工工艺技术文件的编写等。

一、数控加工零件图的工艺性分析

1. 零件图样分析

分析零件图样是工艺准备中的首要工作，它直接影响零件加工程序的编写及加工结果。

首先，通过零件图样了解零件的外形、结构，零件上需加工的部位及其形状、尺寸精度和表面粗糙度；了解各加工部位之间的相对位置和尺寸精度；了解工件材料、坯料尺寸、相关技术要求及工件的加工数量，不同的加工数量所采用的工艺方案也不同。

其次，分析了解零件的设计工艺基准，包括其外形尺寸、在零件上的位置、结构及与其

他部位的相互关系等。对于复杂的零件或较难辨别工艺基准的零件图,还需详细地分析有关装配图,了解该零件的装配使用要求,确定出加工工件的工艺基准。

2. 零件结构工艺性分析

零件结构工艺性是指在满足使用要求的前提下,零件加工的可行性和经济性,换言之,就是使设计的零件结构便于加工成形且成本低、效率高。

零件结构工艺性分析的内容如下:

- 1) 审查与分析零件图样中的尺寸标注方法是否符合数控加工的特点。
- 2) 审查与分析零件图样中构成轮廓的几何元素的条件是否充分、正确。
- 3) 审查与分析在数控车床上进行加工时零件结构的合理性。

3. 零件精度与技术要求分析

零件精度与技术要求分析的主要内容:

- 1) 分析零件的精度与各项技术要求是否齐全、合理。对采用数控车削加工的表面,其精度要求应该尽量一致,以便最后能够一次完成加工。
- 2) 分析工序中的数控加工精度能否达到图样要求。注意给后续工序留出足够的加工余量。
- 3) 找出零件图样中有较高位置精度要求的表面,决定这些表面能否在一次装夹中完成。
- 4) 对零件表面粗糙度要求较高的表面或对称表面,确定是否使用恒线速功能进行切削加工。

4. 零件图形的数学处理和编程尺寸的计算

在程序编写过程中,编程人员必须充分掌握构成零件轮廓的几何要素参数及各几何要素间的关系。因为在自动编程时,要对零件轮廓的所有几何元素进行定义;手工编程时,要计算出每个刀位点的坐标,无论哪一点不明确或不明确,编程都无法进行。零件图形的数学处理结果将用于编程,其结果的正确性将直接影响最终的加工结果。

二、数控车削工艺路线的拟定

1. 工序的划分

工序的划分可以采用两种不同原则,即工序集中原则和工序分散原则。

(1) 工序集中原则 在一道工序中加工尽可能多的内容,使工序的总数量减少。这样不仅减少了夹具的数量和零件的装夹次数,还保证了各表面间的相互位置精度。

(2) 工序分散原则 加工零件的过程分散在较多的工序中进行,每道工序的加工内容很少。其优点是采用的加工设备结构简单,调整和维修方便;有利于选择合理的切削用量。

在数控车床上加工零件时,一般应按工序集中原则划分工序,在一次安装中尽可能加工大部分或全部的零件表面。对于不能在一台数控车床上加工的零件,应以车床为单位划分加工工序,无论在数控车床上完成多少表面的加工,都应力求设计基准、工艺基准和编程原点的统一。

2. 加工顺序的安排

在数控车床上加工零件时,零件车削加工顺序的安排一般遵循下列原则。

- (1) 先粗后精 为了提高生产效率并保证零件的加工质量,切削加工时应先安排粗加

工工序，在较短的时间内，将精加工前大量的加工余量去掉，同时应尽量满足精加工的余量均匀性要求。

(2) 先后后远 这里所说的远与近是对加工部位相对于对刀点的距离大小而言的。在一般情况下，特别是在粗加工时，通常先加工离对刀点近的部位，后加工离对刀点远的部位，以便缩短刀具的移动距离，减少空行程时间。

(3) 先内后外 对既要加工内表面、内型腔，又要加工外表面的零件，通常先加工内型腔，后加工外表面。

(4) 刀具集中 同一把刀具连续加工完成相应各部位后，再更换另一把刀具，加工零件相应的其他部位，以减少空行程时间和换刀时间。

3. 进给路线的确定

进给路线是指刀具从起刀点开始运动起，直至返回该点并结束加工程序所经过的路径，包括刀具引入、切出等非切削空行程。

(1) 刀具引入、切出 在数控车床上进行加工时，尤其是精车时，要妥善考虑刀具的切入、切出路线，尽量使刀具沿轮廓的切线方向引入、切出，避免因切削力突然变化而造成零件的弹性变形，致使光滑连接轮廓上产生表面划伤、形状突变或滞留刀痕等缺陷。

(2) 确定最短的空行程路线 确定最短的空行程路线，除了要依靠大量的实践经验外，还应善于分析，必要时可辅以一些简单的计算。

(3) 确定最短的切削进给路线 在保证加工质量的前提下，使加工程序具有最短的切削进给路线，可有效地提高生产效率，减少一些不必要的刀具损耗。在安排粗加工或半精加工的切削进给路线时，应同时兼顾被加工零件的刚性及加工的工艺性等要求。

三、数控车削刀具的选择

刀具的选择是数控加工工艺中的重要内容，它不但影响数控车床的加工效率，而且直接影响加工质量。与传统加工方法相比，数控加工对刀具的要求在刚性和使用寿命方面更为严格。应根据数控车床的加工能力、工件材料的性能、加工工序、切削用量及其他相关因素正确选用刀具和刀柄。

刀具选择的总原则是：既要求精度高、强度大、刚性好、使用寿命长，又要求尺寸稳定，安装调整方便。在满足加工要求的前提下，应尽量选择较短的刀柄，以提高刀具的刚性，并应便于编程和操作。车削内、外轮廓时，须防止主、副后刀面与工件表面发生干涉，应根据零件的结构特征选择相应的主、副偏角，必要时可作图计算检验。

目前所使用的金属切削刀具的材料主要有五类：高速钢、硬质合金、陶瓷、立方氮化硼（CBN）和聚晶金刚石。各种切削刀具的结构及材料的选择原则为：

1) 根据数控加工对刀具的要求，选择刀具材料的一般原则是尽量选用硬质合金刀具。只要加工情况允许选用硬质合金刀具，就不选用高速钢刀具。

2) 陶瓷刀具不仅可用于加工各种铸铁和钢料，也适用于加工有色金属和非金属材料。使用陶瓷刀片时，无论什么情况都要用负前角，为了不易崩刃，必要时可将刃口倒钝。

3) 金刚石和立方氮化硼都属于超硬刀具材料，可用于加工任何硬度的工件材料。它们具有很高的切削性能，加工精度高，表面粗糙度值小，一般需要使用切削液。聚晶金刚石刀片一般用于加工有色金属和非金属材料；立方氮化硼刀片一般适于加工冷硬铸铁、合金结构

钢、工具钢、高速钢、轴承钢，以及硬度不小于 350HBW 的镍基合金、钴基合金和高钴粉末冶金零件。

4) 从刀具的结构应用方面来说，数控加工应尽量采用镶块式机夹可转位刀片，以缩短刀具磨损后的更换和预调时间。

5) 选用涂层刀具可提高耐磨性和使用寿命。

选择加工刀具时，应考虑被加工的几何要素、材料和加工性质等因素，对这些因素进行综合分析后，便可确定刀具的类型、几何参数和刀片的形状等。

四、数控车切削用量的选择

数控车床加工中的切削用量包括主轴转速或切削速度、进给速度或进给量及背吃刀量。切削用量的选择是否合理对切削力、刀具磨损、加工质量和加工成本均有显著的影响。选择切削用量时，应在保证加工质量和刀具使用寿命的前提下，充分发挥数控车床的性能和刀具的切削性能，使切削效率提高，加工成本降低。切削用量的大小应根据加工方法合理选择，并在编程时将切削用量数值编入程序中。

选择切削用量的原则是：粗加工时，一般以提高生产率为主，兼顾经济性和加工成本；半精加工和精加工时，应在保证加工质量的前提下，兼顾切削效率、经济性和加工成本。具体数值应根据数控车床说明书、切削用量手册，并结合经验而定。

(1) 背吃刀量的确定 背吃刀量应在数控车床、工件和刀具刚度允许的情况下，根据加工余量确定。加工时，应尽量选取较大的背吃刀量，以减少进给次数，提高生产率。当零件精度要求较高时，通常留 0.2 ~ 0.5mm 的精车余量。

(2) 主轴转速 n 的确定 在保证刀具使用寿命及切削负荷不超过数控车床额定功率的情况下，主轴转速应根据零件上被加工部位的直径，并按零件和刀具的材料及加工性质等条件确定。

(3) 进给速度的确定 进给速度的大小直接影响表面粗糙度值和切削效率，因此应在保证表面质量的前提下，尽量选择较高的进给速度。一般根据零件的表面粗糙度、刀具及工件的材料等因素，查阅切削用量手册进行选择。

表 0-1 为硬质合金外圆车刀切削速度的参考值，表 0-2 为硬质合金车刀粗车外圆及端面的进给量，表 0-3 为按表面粗糙度选择进给量的参考值。

表 0-1 硬质合金外圆车刀切削速度的参考值

工件材料	热处理状态	$a_p = 0.3 \sim 2\text{mm}$	$a_p = 2 \sim 6\text{mm}$	$a_p = 6 \sim 10\text{mm}$
		$f = 0.08 \sim 0.3\text{mm/r}$	$f = 0.3 \sim 0.6\text{mm/r}$	$f = 0.6 \sim 1\text{mm/r}$
		$v_c / (\text{m/min})$	$v_c / (\text{m/min})$	$v_c / (\text{m/min})$
低碳钢	热轧	140 ~ 180	100 ~ 120	70 ~ 90
	热轧	130 ~ 160	90 ~ 110	60 ~ 80
中碳钢	热轧	130 ~ 160	90 ~ 110	60 ~ 80
	调质	100 ~ 130	70 ~ 90	50 ~ 70
合金结构钢	热轧	100 ~ 130	70 ~ 90	50 ~ 70
	调质	80 ~ 110	50 ~ 70	40 ~ 60

(续)

工 件 材 料	热处理状态	$a_p = 0.3 \sim 2\text{mm}$	$a_p = 2 \sim 6\text{mm}$	$a_p = 6 \sim 10\text{mm}$
		$f = 0.08 \sim 0.3\text{mm/r}$	$f = 0.3 \sim 0.6\text{mm/r}$	$f = 0.6 \sim 1\text{mm/r}$
		$v_c / (\text{m/min})$	$v_c / (\text{m/min})$	$v_c / (\text{m/min})$
工具钢	退火	90 ~ 120	60 ~ 80	50 ~ 70
灰铸铁	HBW < 190	90 ~ 120	60 ~ 80	50 ~ 70
	HBW = 190 ~ 225	80 ~ 110	50 ~ 70	40 ~ 60
高锰钢	—	—	10 ~ 20	—
铜及铜合金	—	200 ~ 250	120 ~ 180	90 ~ 120
铝及铝合金	—	300 ~ 600	200 ~ 400	150 ~ 200
铸铝合金	—	100 ~ 180	80 ~ 150	60 ~ 100

表 0-2 硬质合金车刀粗车外圆及端面的进给量

工 件 材 料	车刀刀杆尺寸 $B \times H / \text{mm} \times \text{mm}$	工件直径 d_w / mm	背吃刀量 a_p / mm				
			≤ 3	3 ~ 5	5 ~ 8	8 ~ 12	> 12
			进给量 $f / (\text{mm/r})$				
碳素结构钢、 合金结构钢、 耐热钢	16 × 25	20	0.3 ~ 0.4	—	—	—	—
		40	0.4 ~ 0.5	0.3 ~ 0.4	—	—	—
		60	0.5 ~ 0.7	0.4 ~ 0.6	0.3 ~ 0.5	—	—
		100	0.6 ~ 0.9	0.5 ~ 0.7	0.5 ~ 0.6	0.4 ~ 0.5	—
		400	0.8 ~ 1.2	0.7 ~ 1.0	0.6 ~ 0.8	0.5 ~ 0.6	—
	20 × 30、25 × 25	20	0.3 ~ 0.4	—	—	—	—
		40	0.4 ~ 0.5	0.3 ~ 0.4	—	—	—
		60	0.5 ~ 0.8	0.5 ~ 0.8	0.4 ~ 0.6	—	—
		100	0.8 ~ 1.0	0.7 ~ 0.9	0.5 ~ 0.7	0.4 ~ 0.7	—
		400	1.2 ~ 1.4	1.0 ~ 1.2	0.8 ~ 1.0	0.6 ~ 0.9	0.4 ~ 0.6
铸铁、铜合金	16 × 25	40	0.4 ~ 0.5	—	—	—	—
		60	0.5 ~ 0.8	0.5 ~ 0.8	0.4 ~ 0.6	—	—
		100	0.8 ~ 1.2	0.7 ~ 1.0	0.6 ~ 0.8	0.5 ~ 0.7	—
		400	1.0 ~ 1.4	1.0 ~ 1.2	0.8 ~ 1.0	0.6 ~ 0.8	—
	20 × 30、25 × 25	40	0.4 ~ 0.5	—	—	—	—
		60	0.5 ~ 0.9	0.5 ~ 0.8	0.4 ~ 0.7	—	—
		100	0.9 ~ 1.3	0.8 ~ 1.2	0.7 ~ 1.0	0.5 ~ 0.8	—
		400	1.2 ~ 1.8	1.2 ~ 1.6	1.0 ~ 1.3	0.9 ~ 1.1	0.7 ~ 0.9

表 0-3 按表面粗糙度选择进给量的参考值

工件材料	表面粗糙度 $Ra / \mu\text{m}$	切削速度范围 $v_c / (\text{m/min})$	刀尖圆弧半径 r_b / mm		
			0.5	1.0	2.0
			进给量 $f / (\text{mm/r})$		
铸铁、青铜、 铝合金	5 ~ 10	不限	0.25 ~ 0.40	0.40 ~ 0.50	0.50 ~ 0.60
	2.5 ~ 5		0.15 ~ 0.25	0.25 ~ 0.40	0.40 ~ 0.60
	1.25 ~ 2.5		0.10 ~ 0.15	0.15 ~ 0.20	0.20 ~ 0.35

(续)

工件材料	表面粗糙度 $Ra/\mu\text{m}$	切削速度范围 $v_c/(\text{m}/\text{min})$	刀尖圆弧半径 r_g/mm		
			0.5	1.0	2.0
			进给量 $f/(\text{mm}/\text{r})$		
碳钢、合金钢	5 ~ 10	< 50	0.30 ~ 0.50	0.45 ~ 0.60	0.55 ~ 0.70
		> 50	0.40 ~ 0.55	0.55 ~ 0.65	0.65 ~ 0.70
	2.5 ~ 5	< 50	0.18 ~ 0.25	0.25 ~ 0.30	0.30 ~ 0.40
		> 50	0.25 ~ 0.30	0.30 ~ 0.35	0.30 ~ 0.50
	1.25 ~ 2.5	< 50	0.10	0.11 ~ 0.15	0.15 ~ 0.22
		50 ~ 100	0.11 ~ 0.16	0.16 ~ 0.25	0.25 ~ 0.35
		> 100	0.16 ~ 0.20	0.20 ~ 0.25	0.25 ~ 0.35

切削用量的确定除了应遵循“切削用量的选择”的有关规定外，还应考虑以下因素：

- 1) 刀具差异。不同厂家生产的刀具的质量差异较大，因此切削用量必须根据实际使用刀具和现场经验加工修整。
- 2) 数控车床的特性。切削用量受数控车床电动机的功率和数控车床刚性的限制，必须在说明书规定的范围内选取。避免因功率不够而发生闷车，因刚性不足而产生大的机床变形或振动，从而影响加工精度和表面粗糙度的情况。
- 3) 数控车床的生产效率。数控车床的工时费用较高，刀具损耗费用所占的比重较低，应尽量用大的切削用量，通过适当降低刀具寿命来提高数控车床的生产效率。

五、数控车削加工工艺技术文件的编写

数控加工工艺文件既是数控加工、产品验收的依据，又是操作者应遵守、执行的规程，还为重复使用做了必要的工艺资料积累。数控加工工艺文件主要包括数控加工工序卡、刀具卡和数控加工程序单。

1. 数控加工工序卡

数控加工工序卡是编制加工程序的主要依据，也是操作人员进行数控加工的指导性文件。数控加工工序卡包括工步号、工步内容、各工步使用的刀具和切削用量等，见表 0-4。

表 0-4 数控加工工序卡

数控加工工序卡		产品名称	零件图号	夹具名称	工序号		
工步号	工步内容	切 削 用 量			刀 具		备 注
		主轴转速 $n/(r/mm)$	进给速度 $f/(mm/r)$	背吃刀量 a_p/mm	编 号	名 称	
编制		审核		批准		共 1 页	第 1 页

2. 刀具卡

数控加工对刀具的要求十分严格。刀具卡主要反映刀具号、刀具名称及规格、刀具参数等,见表 0-5。

表 0-5 刀 具 卡

序 号	刀具号	刀具名称及规格	刀尖半径	加工表面	备 注

3. 数控加工程序单

数控加工程序单是操作者根据工艺分析,经过数值计算,按照数控车床数控系统指令代码特点编制的。它是记录数控加工工艺过程、工艺参数、位移数据的清单,是手动数据输入实现数控加工的主要依据,见表 0-6。

表 0-6 数控加工程序单

序 号		零件图号		编程原点	
程序号		数控系统		编 制	
程 序			说 明		

思考与练习

1. 试述数控车削加工工艺的主要内容。
2. 数控车削切削刀具的选择原则是什么?
3. 数控车削切削用量的选择原则是什么?

第二章 数控车削编程高级指令

第一节 刀尖半径补偿

在车削加工中,为提高刀尖强度,降低表面粗糙度值,车刀尤其是精车刀,常在刀尖处刃磨成圆弧过渡刃。由于该圆弧刃的存在,使得在加工圆锥和圆弧面时,会产生欠切或过切的现象,从而使工件尺寸产生加工误差。

一、刀尖圆弧半径的概念

任何一把刀具,不论制造或刃磨得如何锋利,在其刀尖部分都存在一个刀尖圆弧,其半径值难以准确地测量出来。编程时,若以假想刀尖位置为切削点,则编程会很简单。任何刀具都存在刀尖圆弧,车削外圆柱面或端面时,刀尖圆弧的大小并无影响;车削倒角、锥面、圆弧或曲面时,刀尖圆弧的大小则会影响零件的加工精度。图 0-1 为刀尖半径补偿示意图。

数控系统的刀尖半径补偿功能正是为解决上述问题而设定的。它允许编程者以假想刀尖的位置编程,然后给出刀尖的圆弧半径,由系统自动计算补偿值,生成刀具路径,完成对工件的合理加工。

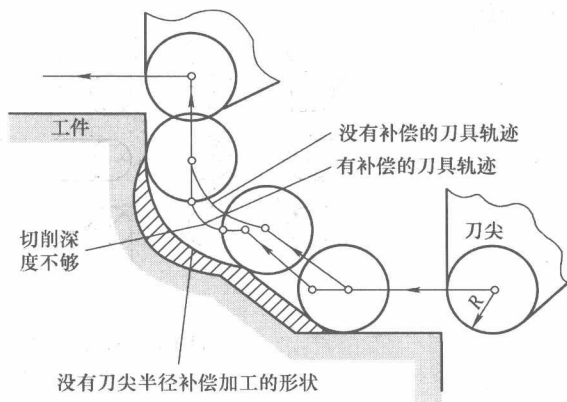


图 0-1 刀尖半径补偿示意图

二、刀尖半径补偿指令

编制轮廓切削加工的程序时,一般以工件的轮廓尺寸为刀尖轨迹,这样编制加工程序简单,即假设刀尖中心的运动轨迹沿工件轮廓运动,但实际的刀尖运动轨迹要与工件轮廓有一个偏移量(刀尖半径)。利用刀尖半径补偿功能可以方便地实现这一转变,简化程序的编制,数控车床可自动判断补偿的方向和补偿值的大小,自动计算出实际刀尖的中心轨迹,并按刀尖中心的轨迹运动。

1. 刀尖半径补偿指令的种类

(1) G41 刀尖半径左补偿 如图 0-2a 所示,顺着刀具前进的方向看(假定工件不动),刀具位于工件轮廓的左边。

(2) G42 刀尖半径右补偿 如图 0-2b

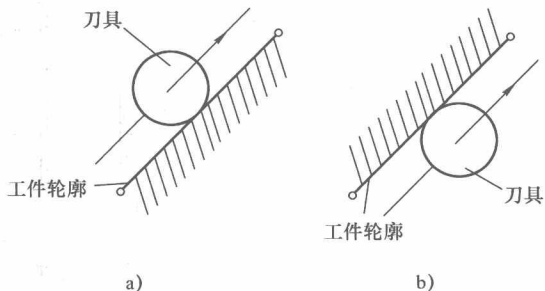


图 0-2 刀尖半径补偿

a) 刀尖半径左补偿 b) 刀尖半径右补偿

所示，顺着刀具前进的方向看（假定工件不动），刀具位于工件轮廓的右边。

(3) G40 取消刀尖半径补偿指令

格式：

$$\left. \begin{array}{l} G41 \\ G42 \\ G40 \end{array} \right\} G01 \left\} X(U) _ Z(W) _$$

$$G40 \quad G00$$

说明：G41、G42、G40 必须与 G01 或 G00 指令组合完成；X(U)、Z(W) 是 G01、G00 指令的目标点坐标。

2. 刀尖半径补偿量的设定

刀尖半径补偿的建立与取消只能使用 G00 或 G01 指令，不能使用 G02 或 G03 指令。在刀尖圆弧半径补偿寄存器中，定义了车刀圆弧半径及刀尖的方向号。

根据车刀的形状确定位置参数，数控车削使用的刀具有很多种，不同类型的车刀其刀尖圆弧所处的位置也不同，如图 0-3 所示，车刀的形状和位置用刀尖方位参数 T 表示，点 A 为假想的刀尖点。刀尖的方位参数共有八个，当使用刀尖圆弧中心编程时，可以选用 0 或 9。图 0-3a 所示为刀架前置的数控车床的假想刀尖位置，图 0-3b 所示为刀架后置的数控车床的假想刀尖位置。

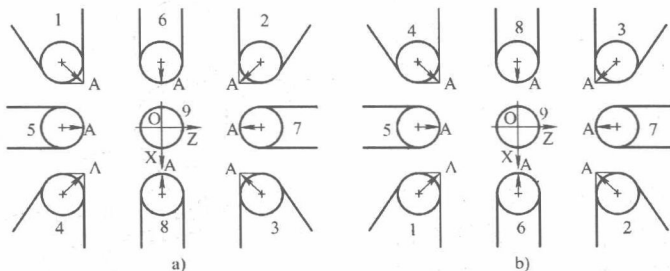


图 0-3 车刀刀尖位置参数的定义

a) 刀架前置 b) 刀架后置

三、应用举例

零件如图 0-4 所示，采用刀尖半径补偿编程。编程原点选在工件右端面的中心处，在配置后置刀架的数控车床上进行加工。其数控加工程序见表 0-7。

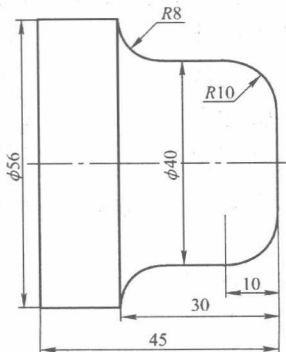


图 0-4 刀尖半径补偿举例

表 0-7 刀尖半径补偿数控加工程序

程 序	说 明
O0021	程序名
N5 T0101;	调用 1 号刀(90°外圆车刀)
N10 M03 S1000;	设定转速
N15 G00 X60 Z20;	车刀快速定位
N20 X60 Z0;	准备车削端面
N25 G01 X0 F0.15;	车削端面
N30 G00 X150 Z150;	刀具回换刀点
N35 T0202;	调用 2 号刀(25°精车刀)
N40 G00 X65 Z10;	精车外圆
N45 G42 G01 X60 Z0 F0.15;	
N50 X20;	
N55 G03 X40 Z-10 R10;	
N60 G01 W-12;	
N65 G02 X56 Z-30 R8;	
N70 G01 Z-50;	
N75 G40 G00 X60 Z-55;	
N80 X150 Z150 M05;	刀具回换刀点,主轴停转
N85 M30;	程序结束

第二节 子 程 序

一、子程序的概念

在某些被加工的零件中,常常会出现几何形状完全相同的加工轨迹,编制其加工程序时,有一些固定顺序和重复模式的程序段,通常在几个程序中都会使用。这种典型的加工程序段可以做成固定程序,并单独命名,这些程序就称为子程序。

子程序可以被主程序调用,子程序也可以调用另一个子程序。从主程序调用的子程序称为 1 级嵌套,子程序的调用最多可嵌套 4 级,如图 0-5 所示。

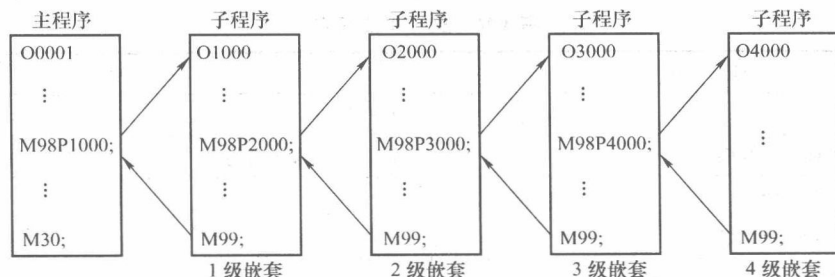


图 0-5 子程序的嵌套

二、子程序的调用与返回指令

(1) 子程序的调用 M98

指令格式 1: M98 P_L_;

式中 P——子程序号;

L——重复调用子程序的次数, 若为 1 次, 可省略。

指令格式 2: M98 P○□□□□;

式中 ○——重复调用子程序的次数, 若为 1 次, 可省略;

□□□□——子程序号。

例: M98 P30023, 表示程序号为 0023 的子程序被连续调用 3 次。

(2) 子程序的返回 M99

指令格式: M99;

M99 作为子程序的最后一条程序段, 表示子程序结束, 并返回主程序中相对应的 M98 指令的下一条程序继续执行。

三、应用举例

加工如图 0-6 所示的零件, 已知毛坯为 $\phi 35\text{mm}$ 的棒料。

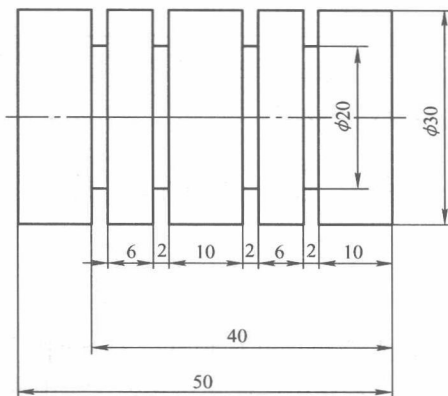


图 0-6 子程序应用举例

刀具: T0101 外圆车刀、T0303 切槽刀, 宽度为 2mm, 其数控加工程序见表 0-8。

表 0-8 数控加工程序

程 序	说 明
O0022	程序名
N10 M03 S600 T0101;	设定转速, 换 1 号刀
N20 G00 X35 Z0;	车削端面
N30 G01 X-1 F0.2;	
N40 G00 Z2;	
N50 G00 X30;	