

数控编程 从入门到精通

刘蔡保 编著

视频精讲+工艺分析

车床·铣床·加工中心

3合1

- 宏程序编程
- 手工编程
- 自动编程

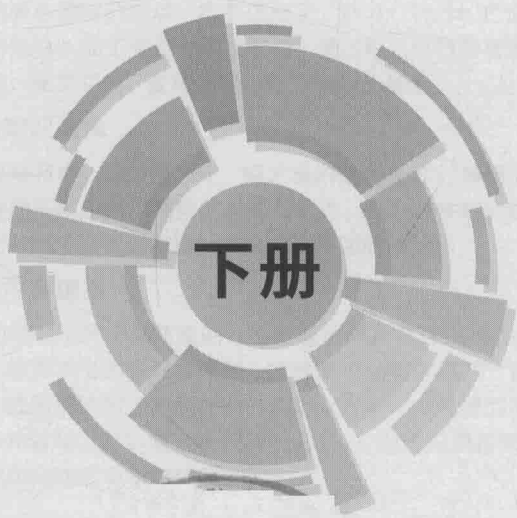


化学工业出版社

数控编程

从入门到精通

| 刘蔡保 编著 |



化学工业出版社

· 北京 ·

写在前面——初学者如何从入门到精通

天下事有难易乎？为之，则难者亦易矣；不为，则易者亦难矣。人之为学有难易乎？学之，则难者亦易矣；不学，则易者亦难矣。因此，本书以实际生产为目标，从学习者的角度出发，从数控机床的结构讲起，以分析为主导，以思路为铺垫，用大量通俗易懂的表格和语言，使学习者能够达到自己会分析、会操作、会处理的效果，以期对后面的数控编程能够学会贯通、灵活运用。

本书以“入门概述+理论知识+精讲表格+加工实例+经验总结”的方式逐步深入地引领读者学习数控机床的概念和编程的方法，结构紧凑、特点鲜明，编写力求理论表述简洁易懂、步骤清晰明了、便于掌握应用。

本书具有以下几方面的特色。

◆开创性的课程讲解

本课程不以传统的数控机床结构为依托，一切的实例操作、要点讲解都以加工为目的，不再做知识点的简单铺陈，重点阐述实际加工中所能遇见的重点、难点。在刀具、加工方法、后处理的配合上独具特色，直接面向加工。

◆环环相扣的学习过程

针对数控机床和编程的特点，本书提出了“1+ 1+ 1+ 1+ 1”的学习方式，即“入门概述+理论知识+精讲表格+加工实例+经验总结”的过程，引领读者逐步深入地学习数控机床和编程的方法及要领，图文并茂，变枯燥的过程为有趣的探索。

◆简明扼要的知识提炼

在数控编程章节中，以编程为主，用大量的案例操作对编程涉及的知识点进行提炼，简明直观地讲解了数控车削和数控铣削的重要知识点，有针对性地描述了编程的工作性能和加工特点，并结合实例对数控编程的流程、方法做了详细的阐述。

◆循序渐进的内容编排

数控编程的学习不是一蹴而就的，也不能按照其软件结构生拆开来讲解。编者结合多年的教学和实践，推荐本书的学习顺序是：按照本书编写的顺序，由浅入深、逐层进化地学习。编者从平面铣、曲面铣的加工到后处理的应用，对每一个重要的加工方法讲解其原理、处理方法、注意事项，并有专门的实例分析和经验总结。相信只要按照书中的编写顺序进行编程的学习，定可事半功倍地达到学习目的。

◆独具特色的视频精讲

针对数控编程的重头戏——数控车床编程，笔者录制了课堂授业的全套近 4G 的视频，将指令讲解与实例分析相结合、理解思路与开拓思维相交融，配合本书第 7 章 FANUC 数控车床编程的内容，相信假以时日，读者定可融会贯通，得学习之要点、领编程之精华。

其后，针对数控自动编程，在第 13 章讲解最新的 UG NX11.0 数控自动编程软件，也录制有从平面加工到曲面加工，再到数控零件以及模具零件加工的整套视频精讲。使读者通过对本章学习，达到对机编程序的入门和深入理解，可以应对实际加工的一般工件、复杂形状的曲面、型腔以及模具进行自动加工编程，为数控编程的学习做好更进一步的保障和升华。

◆详细深入的经验总结

在学习编程的过程中，每一个入门实例和加工实例之后都有详细的经验总结，读者需要好好掌握与领会。本书的最大特点即是在每个实例后都进行了经验总结，详细叙述了笔者对数控编程的经验、心得以及对编程的建议，使读者更好地将学习的内容巩固吸收，对实际的加工

实践过程有一个质的认识和提高。

所谓“不积跬步，无以至千里；不积小流，无以成江海；骐骥一跃，不能十步；弩马十驾，功在不舍；锲而舍之，朽木不折；锲而不舍，金石可镂。”学习者需要放正心态，一步一步地踏实学习，巩固成果，才能使新的知识为我所用，也希冀读者采得百花成蜜后，品得辛苦之中甜。

最后本书编写之中得到内子徐小红女士的极大支持和帮助，在此表示感谢。另，鄙人水平之所限，书中若有舛误之处，实乃抱歉，还请批评指正。

刘蔡保

二零一八年九月

目录

CONTENTS

下册 精 通 篇

第 10 章 数控车削零件加工工艺分析及编程操作 / 288



10.1 螺线特型轴数控车床加工工艺分析及编程	288	10.5.4 切削用量选择	303
10.1.1 零件图工艺分析	288	10.5.5 数控程序的编制	304
10.1.2 确定装夹方案	289	10.6 螺线手柄数控车床加工工艺分析及编程	306
10.1.3 确定加工顺序及进给路线	289	10.6.1 零件图工艺分析	307
10.1.4 数学计算 (实际生产加工中可省略)	289	10.6.2 确定装夹方案	307
10.1.5 刀具选择	290	10.6.3 确定加工顺序及进给路线	307
10.1.6 切削用量选择	290	10.6.4 刀具选择	307
10.1.7 数控程序的编制	290	10.6.5 切削用量选择	307
10.2 细长轴类零件数控车床加工工艺分析及编程	291	10.6.6 数控程序的编制	308
10.2.1 零件图工艺分析	291	10.7 螺线特型件数控车床轴件加工工艺分析及编程	309
10.2.2 确定装夹方案	292	10.7.1 零件图工艺分析	309
10.2.3 确定加工顺序及走刀路线	292	10.7.2 确定装夹方案、加工顺序及走刀路线	310
10.2.4 刀具选择	293	10.7.3 刀具选择	310
10.2.5 切削用量选择	293	10.7.4 切削用量选择	310
10.2.6 数控程序的编制	293	10.7.5 数控程序的编制	311
10.3 特长螺线轴零件数控车床加工工艺分析及编程	294	10.8 球头特种件数控车床零件加工工艺分析及编程	312
10.3.1 零件图工艺分析	294	10.8.1 零件图工艺分析	313
10.3.2 确定装夹方案	295	10.8.2 确定装夹方案、加工顺序及走刀路线	313
10.3.3 确定加工顺序及走刀路线	295	10.8.3 刀具选择	314
10.3.4 刀具选择	296	10.8.4 切削用量选择	314
10.3.5 切削用量选择	296	10.8.5 加工程序编制	315
10.3.6 数控程序的编制	297	10.9 弧形轴特件数控车床零件加工工艺分析及编程	316
10.4 复合轴数控车床加工工艺分析及编程	297	10.9.1 零件图工艺分析	316
10.4.1 零件图工艺分析	298	10.9.2 确定装夹方案、加工顺序及走刀路线	317
10.4.2 确定装夹方案、加工顺序及走刀路线	298	10.9.3 刀具选择	317
10.4.3 刀具选择	299	10.9.4 切削用量选择	317
10.4.4 切削用量选择	299	10.9.5 数控程序的编制	318
10.4.5 数控程序的编制	300	10.10 螺线配合件数控车床零件加工工艺分析及编程	319
10.5 圆锥销配合件数控车床加工工艺分析及编程	302	10.10.1 零件图工艺分析	319
10.5.1 零件图工艺分析	302	10.10.2 确定装夹方案、加工顺序及走刀路线	320
10.5.2 确定装夹方案、加工顺序及走刀路线	303		
10.5.3 刀具选择	303		

10.10.3	刀具选择	320	10.15.5	切削用量选择	340
10.10.4	切削用量选择	321	10.15.6	数控程序的编制	340
10.10.5	数控程序的编制	321	10.16 双头多槽螺纹件数控车床加工工艺分析及编程		341
10.11 螺纹多槽件数控车床零件加工工艺分析及编程		322	10.16.1	零件图工艺分析	341
10.11.1	零件图工艺分析	322	10.16.2	确定装夹方案、加工顺序及走刀路线	342
10.11.2	确定装夹方案、加工顺序及走刀路线	323	10.16.3	刀具选择	343
10.11.3	刀具选择	324	10.16.4	切削用量选择	343
10.11.4	切削用量选择	324	10.16.5	数控程序的编制	343
10.11.5	数控程序的编制	324	10.17 双头内外螺纹轴零件数控车床加工工艺分析及编程		345
10.12 双头孔轴数控车床零件加工工艺分析及编程		325	10.17.1	零件图工艺分析	345
10.12.1	零件图工艺分析	326	10.17.2	确定装夹方案、加工顺序及走刀路线	346
10.12.2	确定装夹方案、加工顺序及走刀路线	326	10.17.3	刀具选择	346
10.12.3	刀具选择	327	10.17.4	切削用量选择	346
10.12.4	切削用量选择	327	10.17.5	数控程序的编制	347
10.12.5	数控程序的编制	328	10.18 圆弧螺纹组合件数控车床加工工艺分析及编程		349
10.13 螺纹圆弧轴数控车床零件加工工艺分析及编程		330	10.18.1	零件图工艺分析	349
10.13.1	零件图工艺分析	330	10.18.2	确定装夹方案、加工顺序及走刀路线	350
10.13.2	确定装夹方案、加工顺序及走刀路线	331	10.18.3	刀具选择	351
10.13.3	刀具选择	331	10.18.4	切削用量选择	351
10.13.4	切削用量选择	331	10.18.5	数控程序的编制	352
10.13.5	数控程序的编制	332	10.19 三件套圆弧组合件数控车床加工工艺分析及编程		355
10.14 双头特型轴数控车床零件加工工艺分析及编程		334	10.19.1	零件图工艺分析	355
10.14.1	零件图工艺分析	334	10.19.2	确定装夹方案、加工顺序及走刀路线	356
10.14.2	确定装夹方案、加工顺序及走刀路线	334	10.19.3	刀具选择	358
10.14.3	刀具选择	335	10.19.4	切削用量选择	358
10.14.4	切削用量选择	335	10.19.5	数控程序的编制	359
10.14.5	数控程序的编制	336	10.20 复合轴组合件数控车床加工工艺分析及编程		363
10.15 球身螺纹轴零件数控车床加工工艺分析及编程		338	10.20.1	零件图工艺分析	363
10.15.1	零件图工艺分析	338	10.20.2	确定装夹方案、加工顺序及走刀路线	363
10.15.2	确定装夹方案	339	10.20.3	刀具选择	366
10.15.3	确定加工顺序及走刀路线	339	10.20.4	切削用量选择	366
10.15.4	刀具选择	340	10.20.5	数控程序的编制	367

第 11 章 数控铣削零件加工工艺分析及编程操作 / 373



11.1 基本零件的加工工艺分析及编程	373	11.2.3	确定加工顺序及进给路线	377	
11.1.1	零件图工艺分析	374	11.2.4	数学计算	378
11.1.2	确定装夹方案	374	11.2.5	刀具选择	378
11.1.3	确定加工顺序及进给路线	374	11.2.6	切削用量选择	378
11.1.4	数学计算	374	11.2.7	数控程序的编制	378
11.1.5	刀具选择	374	11.3 曲面板块零件的加工工艺分析及编程	380	
11.1.6	切削用量选择	375	11.3.1	零件图工艺分析	380
11.1.7	数控程序的编制	375	11.3.2	确定装夹方案、加工顺序及进给路线	380
11.2 模块零件的加工工艺分析及编程	376	11.3.3	数学计算	381	
11.2.1	零件图工艺分析	377	11.3.4	刀具选择	381
11.2.2	确定装夹方案	377	11.3.5	切削用量选择	381

11.3.6	数控程序的编制	382	11.7.3	数学计算	396
11.4	台阶零件的加工工艺分析及编程	383	11.7.4	刀具选择	396
11.4.1	零件图工艺分析	384	11.7.5	切削用量选择	396
11.4.2	确定装夹方案	384	11.7.6	数控程序的编制	397
11.4.3	确定加工顺序及进给路线	384	11.8	压板特型零件的加工工艺分析及编程	400
11.4.4	数学计算	385	11.8.1	零件图工艺分析	401
11.4.5	刀具选择	385	11.8.2	确定装夹方案	401
11.4.6	切削用量选择	385	11.8.3	数学计算	402
11.4.7	数控程序的编制	385	11.8.4	刀具选择	402
11.5	倒角多孔类零件的加工工艺分析及编程	387	11.8.5	切削用量选择	402
11.5.1	零件图工艺分析	387	11.8.6	数控程序的编制	402
11.5.2	确定装夹方案、加工顺序及进给路线	388	11.9	箱体特种零件的加工工艺分析及编程	405
11.5.3	数学计算	388	11.9.1	零件图工艺分析	406
11.5.4	刀具选择	388	11.9.2	确定装夹方案、加工顺序及进给路线	406
11.5.5	切削用量选择	389	11.9.3	数学计算	407
11.5.6	数控程序的编制	389	11.9.4	刀具选择	407
11.6	圆角通道类零件的加工工艺分析及编程	391	11.9.5	切削用量选择	407
11.6.1	零件图工艺分析	391	11.9.6	数控程序的编制	408
11.6.2	确定装夹方案、加工顺序及进给路线	392	11.10	折板零件的加工工艺分析及编程	411
11.6.3	数学计算	392	11.10.1	零件图工艺分析	412
11.6.4	刀具选择	392	11.10.2	确定装夹方案、加工顺序及进给路线	412
11.6.5	切削用量选择	392	11.10.3	数学计算	413
11.6.6	数控程序的编制	393	11.10.4	刀具选择	413
11.7	通信固定模块类零件的加工工艺分析及编程	395	11.10.5	切削用量选择	413
11.7.1	零件图工艺分析	395	11.10.6	数控程序的编制	414
11.7.2	确定装夹方案、加工顺序及进给路线	395			

第12章 FANUC数控系统宏程序编程 / 418



12.1	宏程序编程基础	418	12.2.4	三次方曲线	449
12.1.1	宏程序概述	418	12.2.5	双曲线	451
12.1.2	变量	420	12.3	数控铣削宏程序编程实例	452
12.1.3	系统变量	422	12.3.1	圆	452
12.1.4	算术和逻辑运算	427	12.3.2	椭圆	453
12.1.5	转移和循环语句	433	12.3.3	双曲线	454
12.1.6	宏程序的调用	437	12.3.4	抛物线	456
12.2	数控车削宏程序编程实例	444	12.3.5	正弦曲线	457
12.2.1	椭圆	444	12.3.6	型腔铣削	458
12.2.2	抛物线	446	12.3.7	六边形	459
12.2.3	正(余)弦曲线	447			

第13章 数控自动编程——UG NX11.0 / 461



13.1	UG NX11.0 软件简介	461	13.2.1	面铣概述	464
13.1.1	UG NX 数控加工的概念	461	13.2.2	面铣实例	464
13.1.2	UG NX 数控加工的优点	461	13.3	平面铣	470
13.1.3	UG NX 的数控加工模块	462	13.3.1	平面铣概述	470
13.1.4	UG NX 加工流程	463	13.3.2	平面铣实例	470
13.1.5	UG NX 编程的技巧	463	13.4	型腔铣	475
13.2	面铣	464	13.4.1	型腔铣概述	475

13.4.2 型腔铣实例.....	476	13.7 数控加工实例——固定镶件的加工.....	487
13.5 固定轴曲面轮廓铣.....	481	13.7.1 知识提要.....	487
13.5.1 固定轴曲面轮廓铣概述.....	481	13.7.2 程序编制.....	487
13.5.2 固定轴曲面轮廓铣实例.....	482	13.8 模具加工实例——后视镜的加工.....	498
13.6 等高轮廓铣.....	484	13.8.1 知识提要.....	498
13.6.1 等高轮廓铣概述.....	484	13.8.2 程序编制.....	498
13.6.2 等高轮廓铣实例.....	484		

第 14 章 数控机床维修 / 514



14.1 数控机床维修的概述.....	514	14.3.3 数控系统 (CNC) 的硬件故障.....	529
14.1.1 数控机床维修的意义.....	514	14.3.4 数控系统故障与维修综述.....	530
14.1.2 平均无故障时间.....	515	14.3.5 加工程序问题引起的机床故障.....	532
14.1.3 数控机床维修的内容.....	515	14.3.6 操作面板问题引起的机床故障.....	537
14.1.4 数控机床故障的特点.....	515	14.3.7 系统死机的故障检修.....	539
14.1.5 数控机床故障的分类.....	516	14.3.8 显示器故障的检修.....	541
14.1.6 数控机床维修的要求.....	518	14.3.9 系统自动掉电关机故障的检修.....	543
14.2 数控机床维修的基本方法.....	521	14.3.10 数控系统存储器故障和检修.....	545
14.2.1 数控机床维修的工艺过程.....	521	14.3.11 数控机床主轴的故障与维修.....	547
14.2.2 数控机床维修的基本原则.....	522	14.3.12 自动换刀装置及工作台的故障与维修.....	558
14.2.3 数控机床维修前的现场调查.....	523	14.3.13 进给系统的故障与维修.....	566
14.2.4 数控机床维修的基本方法.....	524	14.3.14 液压系统和气动系统的故障与维修.....	572
14.3 数控机床维修的实例分析.....	525	14.3.15 润滑系统的故障与维修.....	582
14.3.1 数控系统故障的概述.....	525	14.3.16 伺服系统的故障与维修.....	586
14.3.2 数控系统 (CNC) 的软件故障.....	526		

第 15 章 数控机床的管理及维护 / 595



15.1 数控机床维护与管理的意义与项目.....	595	15.3.1 数控设备管理的主要内容.....	600
15.1.1 数控机床的维护与管理的意义.....	595	15.3.2 数控机床管理方法.....	601
15.1.2 数控机床维护的项目.....	596	15.4 数控机床点检管理.....	602
15.2 数控机床的使用条件.....	598	15.4.1 数控机床点检管理流程.....	602
15.2.1 数控机床对电源的要求.....	599	15.4.2 数控机床设备点检的内容.....	602
15.2.2 数控机床环境温度.....	599	15.4.3 数控机床设备点检的周期.....	603
15.2.3 数控机床环境湿度.....	599	15.4.4 数控机床的非生产点检.....	604
15.2.4 数控机床位置环境要求.....	600	15.5 数控机床实用点检表.....	605
15.2.5 数控机床对海拔高度的要求.....	600	15.5.1 数控车床日常点检卡.....	606
15.3 数控机床管理的内容和方法.....	600	15.5.2 加工中心日常点检卡.....	606

附录 / 608



附录一 FANUC 机床指令一览表.....	609	附录三 数控刀具标准.....	628
附录二 FANUC 机床报警信息及处理.....	612		

参考文献 / 634



下册

精通篇

10

第10章 数控车削零件加工工艺分析及编程操作

10.1 螺纹特型轴数控车床加工工艺分析及编程

图 10-1 所示为螺纹特型轴。

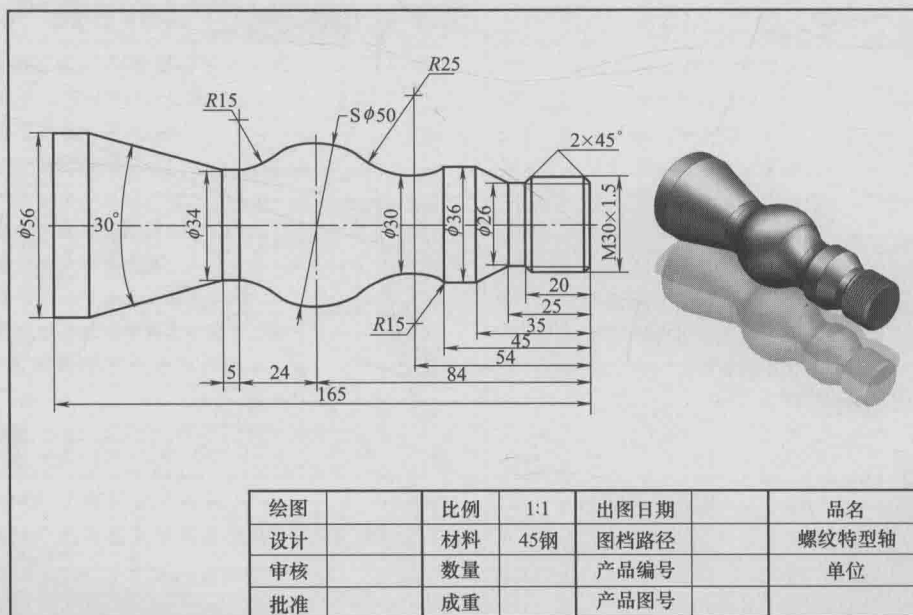


图 10-1 螺纹特型轴

10.1.1 零件图工艺分析

该零件表面由圆柱、圆锥、顺圆弧、逆圆弧及外螺纹等表面组成。球面 $S\phi 50\text{mm}$ 的尺寸

公差兼有控制该球面形状（线轮廓）误差的作用。尺寸标注完整，轮廓描述清楚。零件材料为45钢，无热处理和硬度要求。

通过上述分析，采取以下几点工艺措施。

① 对图样上给定的几个精度要求较高的尺寸，全部取其基本尺寸即可。

② 在轮廓曲线上，有三处为相切之圆弧，其中两处为既过象限又改变进给方向的轮廓曲线，因此在加工时应进行机械间隙补偿，以保证轮廓曲线的准确性。

③ 因为工件较长，右端面应先粗车出并钻出中心孔。毛坯选 $\phi 60\text{mm}$ 棒料。

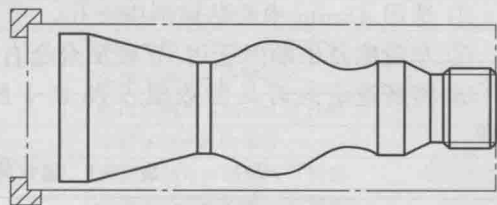


图 10-2 装夹方案

10.1.2 确定装夹方案

左端采用三爪自定心卡盘定心夹紧，右端用顶尖顶紧，如图 10-2 所示。

10.1.3 确定加工顺序及进给路线

加工顺序按由粗到精、由近到远（由右到左）的原则确定。即先从右到左进行粗车（留 0.2mm 精车余量），然后从右到左进行精车，最后车削螺纹。

数控车床具有粗车循环和车螺纹循环功能，只要正确使用编程指令，机床数控系统就会自行确定其进给路线，因此，该零件的粗车循环、精车循环和车螺纹循环不需要人为确定其进给路线。该零件是从右到左沿零件表面轮廓进给的，如图 10-3 所示。螺纹倒角不作工艺性要求，在外圆加工完成以后车削。

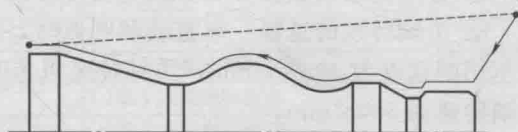


图 10-3 外轮廓加工走刀路线

10.1.4 数学计算（实际生产加工中可省略）

① 图 10-4 中所示圆弧的切点坐标未知需要计算，根据相似三角形求解：

$$\frac{25}{a} = \frac{25+25}{30} a = 15, \frac{25}{b} = \frac{25+25}{25+15} b = 20, \text{得出 } A(40, -69)$$

$$\frac{15}{c} = \frac{15+25}{24} c = 9, \frac{25}{d} = \frac{25+15}{17+15} d = 20, \text{得出 } B(40, -99)$$

② 图 10-5 所示零件后端 30° 锥度处的终点未知，由三角函数求出：

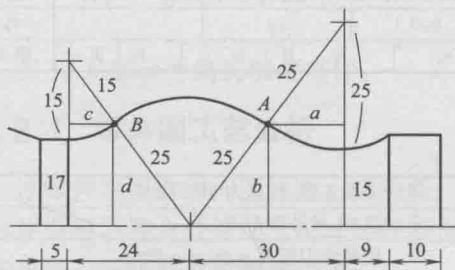


图 10-4 数学计算（一）

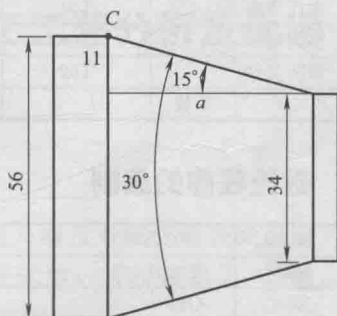


图 10-5 数学计算（二）

$$\tan 15^\circ = \frac{11}{a}, a = 41.053, \text{得出 } C(56, 154.053)$$

10.1.5 刀具选择

- ① 选用 $\phi 5\text{mm}$ 中心钻钻削中心孔。
- ② 车轮廓及平端面选用 45° 硬质合金右偏刀，以防止副后刀面与工件轮廓干涉。
- ③ 将所选定的刀具参数填入表 10-1 所示的数控加工刀具卡片中，以便于编程和操作管理。

表 10-1 螺纹特型轴数控加工刀具卡片

产品名称或代号		数控车工艺分析实例		零件名称	螺纹特型轴		零件图号	Lathe-01
序号	刀具号	刀具规格名称		数量	加工表面		刀尖半径 /mm	备注
1	T01	硬质合金 45° 外圆车刀		1	车端面及车轮廓			右偏刀
2	T02	切断刀(割槽刀)		1	宽 4mm			
3	T03	硬质合金 60° 外螺纹车刀		1	螺纹			
编制		×××	审核	×××	批准	×××	共 1 页	第 1 页

10.1.6 切削用量选择

- ① 背吃刀量的选择 轮廓粗车循环时选 3mm。
- ② 主轴转速的选择 车直线和圆弧时，查表或根据资料选得粗车切削速度为 90mm/min 、精车切削速度为 40mm/min ，主轴转速粗车时为 800r/min 、精车时为 1200r/min 。车螺纹时，主轴转速为 300r/min 。

将前面分析的各项内容综合成如表 10-2 所示的数控加工工序卡，此卡是编制加工程序的主要依据和操作人员配合数控程序进行数控加工的指导性文件，主要内容包括：工步顺序、工步内容、各工步所用的刀具及切削用量等。

表 10-2 螺纹特型轴数控加工工序卡

单位名称		××××	产品名称或代号		零件名称		零件图号		
工序号		程序编号	数控车工艺分析实例		螺纹特型轴		Lathe-01		
001		Lathe-01	夹具名称		使用设备		车间		
工步号		工步内容		刀具号	刀具规格 /mm	主轴转速 /(r/min)	进给速度 /(mm/min)	背吃刀量 /mm	备注
1		平端面		T01	25×25	800	80		自动
2		粗车轮廓		T01	25×25	800	80	3	自动
3		精车轮廓		T01	25×25	1200	40	0.2	自动
4		螺纹倒角		T01	25×25	800	80		自动
5		车削螺纹		T03	25×25	系统配给	系统配给		自动
6		切断工件		T02	4×25	800	20		自动
编制		×××	审核	×××	批准	×××	年 月 日	共 1 页	第 1 页

10.1.7 数控程序的编制

开始	N010	M03 S800	主轴正转, 转速为 800r/min
	N020	T0101	换 01 号外圆车刀
	N030	G98	指定走刀按照 mm/min 进给
端面	N040	G00 X60 Z0	快速定位工件端面上方
	N050	G01 X0 F80	做端面, 走刀速度为 80mm/min

续表

粗车	N060	G00 X60 Z3	快速定位循环起点
	N070	G73 U17 W3 R6	X 向切削总量为 17mm, 循环 6 次
	N080	G73 P90 Q210 U0.2 W0.2 F80	循环程序段 90~210
轮廓	N090	G00 X30 Z1	快速定位到轮廓右端 1mm 处
	N100	G01 Z-18	车削 $\phi 30\text{mm}$ 的部分
	N110	G01 X26 Z-20	斜向车削到 $\phi 26\text{mm}$ 的右端
	N120	G01 Z-25	车削 $\phi 26\text{mm}$ 的部分
	N130	G01 X36 Z-35	斜向车削到 $\phi 36\text{mm}$ 的右端
	N140	G01 Z-45	车削 $\phi 36\text{mm}$ 的部分
	N150	G02 X30 Z-54 R15	车削 R15mm 的顺时针圆弧
	N160	G02 X40 Z-69 R25	车削 R25mm 的顺时针圆弧
	N170	G03 X40 Z-99 R25	车削 $\phi 50\text{mm}$ (R25mm) 的逆时针圆弧
	N180	G02 X34 Z-104 R15	车削 R15mm 的顺时针圆弧
	N190	G01 Z-109	车削 $\phi 34\text{mm}$ 的部分
	N200	G01 X56 Z-154.053	车削 30° 外圆至 $\phi 56\text{mm}$ 的右端
精车	N210	G01 Z-165	车削 $\phi 56\text{mm}$ 的部分
	N220	M03 S1200	提高主轴转速到 1200r/min
	N230	G70 P90 Q210 F40	精车
倒角	N240	M03 S800	主轴正转, 转速为 800r/min
	N250	G00 X24 Z1	快速定位到倒角延长线
	N260	G01 X30 Z-2 F100	车削倒角
	N270	G00 X200 Z200	快速退刀
螺纹	N280	T0303	换螺纹刀
	N290	G00 X32 Z3	定位到螺纹循环起点
	N300	G92 X29.2 Z-19.5 F2	第 1 刀攻螺纹终点
	N310	X28.8	第 2 刀攻螺纹终点
	N320	X28.5	第 3 刀攻螺纹终点
切断	N330	X28.34	第 4 刀攻螺纹终点
	N340	G00 X200 Z200	快速退刀
	N350	T0202	换切断刀, 即切槽刀
	N360	M03 S800	主轴正转, 转速为 800r/min
	N370	G00 X62 Z-169	快速定位至切断处
结束	N380	G01 X0 F20	切断
	N390	G00 X200 Z200	快速退刀
	N400	M05	主轴停
	N410	M30	程序结束

10.2 细长轴类零件数控车床加工工艺分析及编程

图 10-6 所示为细长轴类零件。

10.2.1 零件图工艺分析

该零件表面由内外圆柱面、顺圆弧、逆圆弧、螺纹退刀槽及外螺纹等表面组成, 零件图尺寸标注完整, 符合数控加工尺寸标注要求; 轮廓描述清楚完整; 零件材料为 45 钢, 切削加工性能较好, 无热处理和硬度要求。

通过上述分析, 采取以下几点工艺措施。

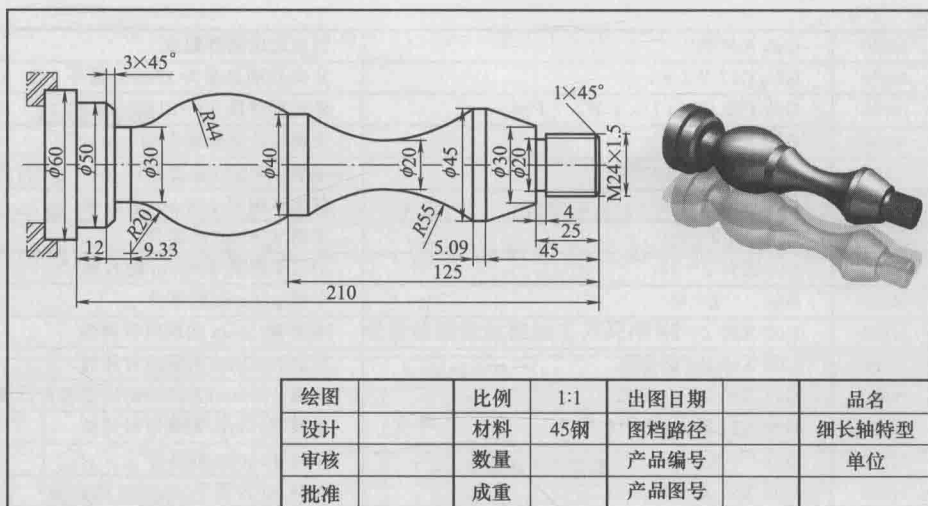


图 10-6 细长轴类零件

- ① 零件图样上带公差尺寸取基本尺寸即可。
- ② 该零件为细长轴零件，加工前，应该先将左右端面车出来，手动粗车端面，钻中心孔。
- ③ 细长轴零件注意切削用量和进给速度的选择。

10.2.2 确定装夹方案

用三爪自动定心卡盘夹紧，心轴右端留有中心孔并用尾座顶尖顶紧以提高工艺系统的刚性，如图 10-7 所示。注意：实际加工在切断前应撤出顶尖，防止撞刀。此处仅作编程说明。

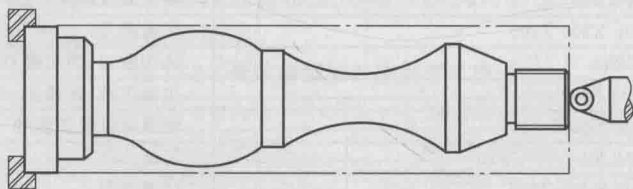


图 10-7 装夹方案

10.2.3 确定加工顺序及走刀路线

加工顺序按由内到外、由粗到精、由近到远的原则确定，在一次装夹中尽可能加工出较多的工件表面。结合本零件的结构特征，可先粗车外圆表面，然后加工外轮廓表面。由于该零件圆弧部分较多较长，因此采用 G73 循环，走刀路线设计不必考虑最短进给路线或最短空行程路线，外轮廓表面车削走刀可沿零件轮廓顺序进行，按路线加工，注意外圆轮廓的最低点在 $\phi 20\text{mm}$ 的圆弧处，加工如图 10-8 所示。螺纹倒角不作工艺性要求，在外圆加工完成以后车削。

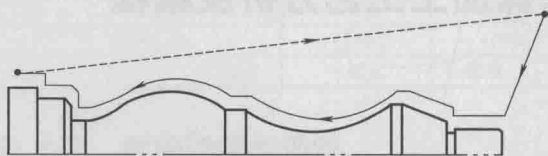


图 10-8 外轮廓加工走刀路线

数学计算略。

10.2.4 刀具选择

将所选定的刀具参数填入表 10-3 所示的细长轴特型件数控加工刀具卡片中,以便于编程和操作管理。注意:车削外轮廓时,为防止副后刀面与工件表面发生干涉,应选择较大的副偏角,必要时可作图检验。

表 10-3 细长轴类零件数控加工刀具卡片

产品名称或代号		数控车工艺分析实例		零件名称	细长轴类零件		零件图号	Lathe-02
序号	刀具号	刀具规格名称		数量	加工表面		刀尖半径/mm	备注
1	T01	45°硬质合金端面车刀		1	车端面 1		0.1	25mm×25mm
2	T02	切断刀(割槽刀)		1	宽 4mm			
3	T03	硬质合金 60°外螺纹车刀		1	螺纹			
4	T06	φ5mm 中心钻		1	钻 φ5mm 中心孔			
编制		×××	审核	×××	批准	×××	共 1 页	第 1 页

10.2.5 切削用量选择

根据被加工表面质量要求、刀具材料和工件材料,参考切削用量手册或有关资料选取切削速度与每转进给量,计算主轴转速和进给速度填入表 10-4 所示工序卡中。

表 10-4 细长轴类零件数控加工工序卡

单位名称	××××		产品名称或代号	零件名称	零件图号			
			数控车工艺分析实例	细长轴类零件	Lathe-02			
工序号	程序编号		夹具名称	使用设备	车间			
001	Lathe-02		三爪卡盘和活动顶尖	FANUC 0i	数控中心			
工步号	工步内容		刀具号	刀具规格/mm	主轴转速/(r/min)	进给速度/(mm/min)	背吃刀量/mm	备注
1	平端面		T01	25×25	800	80		手动
2	钻 5mm 中心孔		T06	φ5	800	20		手动
3	粗车轮廓		T01	25×25	800	80	1.5	自动
4	精车轮廓		T01	25×25	1200	40	0.2	自动
5	螺纹倒角		T01	25×25	800	80		自动
6	螺纹退刀槽		T02	4×25	800	20		自动
7	车削螺纹		T03	25×25	系统配给	系统配给		自动
8	切断工件		T02	4×25	800	20		自动
编制	×××	审核	×××	批准	×××	年 月 日	共 1 页	第 1 页

10.2.6 数控程序的编制

开始	N010	M03 S800	主轴正转,转速为 800r/min
	N020	T0101	换 01 号外圆车刀
	N030	G98	指定走刀按照 mm/min 进给
粗车	N040	G00 X65 Z3	端面已做,直接粗车循环
	N050	G73 U2.5 W3 R12	X 向切削总量为 22.5mm,循环 12 次
	N060	G73 P70 Q190 U0.2 W0.2 F80	循环程序段 70~190
轮廓	N070	G00 X24 Z1	快速定位到轮廓右端 1mm 处
	N080	G01 Z-25	车削 φ25mm 的外圆
	N090	G01 X45 Z-45	斜向车削到 φ45mm 的右端
	N100	G01 Z-50.09	车削 φ45mm 的外圆
	N110	G02 X40 Z-116.62 R55	车削 R55mm 的顺时针圆弧
	N120	G01 Z-125	车削 φ40mm 的外圆

轮廓	N130	G03 X38.058 Z-176.631 R44	车削 R44mm 的逆时针圆弧
	N140	G02 X30 Z-188.67 R20	车削 R20mm 的顺时针圆弧
	N150	G01 Z-195	车削 $\phi 30$ mm 的外圆
	N160	G01 X44	车削至 $3\text{mm} \times 45^\circ$ 倒角右侧
	N170	G01 X50 Z-198	车削 $3\text{mm} \times 45^\circ$ 倒角
	N180	G01 Z-210	车削 $\phi 50$ mm 的外圆
	N190	G01 X61	提刀
精车	N200	M03 S1200	提高主轴转速到 1200r/min
	N210	G70 P70 Q190 F40	精车
倒角	N220	M03 S800	主轴正转, 转速为 800r/min
	N230	G00 X18 Z1.5	快速定位倒角延长线
	N240	G01 X24 Z-1.5 F80	车削倒角
切槽	N250	G00 X100 Z200	快速退刀准备换刀
	N260	T0202	换 02 号切槽刀
	N270	G00 X35 Z-25	快速定位至槽上方
	N280	G01 X20 F20	切槽, 速度为 20mm/min
	N290	G04 P1000	暂停 1s, 清槽底, 保证形状
	N300	G01 X35 F40	提刀
	N310	G00 X100 Z100	快速退刀
螺纹	N320	T0303	换 03 号螺纹刀
	N330	G00 X26 Z3	定位到螺纹循环起点
	N340	G76 P040060 Q100 R0.1	G76 螺纹循环固定格式
	N350	G76 X22.34 Z-23 P830 Q400 R0 F1.5	G76 螺纹循环固定格式
	N360	G00 X200 Z200	快速退刀
切断	N370	T0202	换切断刀, 即切槽刀
	N380	M03 S800	主轴正转, 转速为 800r/min
	N390	G00 X62 Z-214	快速定位至切断处
	N400	G01 X0 F20	切断
	N410	G00 X200 Z200	快速退刀
结束	N420	M05	主轴停
	N430	M30	程序结束

10.3 特长螺纹轴零件数控车床加工工艺分析及编程

图 10-9 所示为特长螺纹轴零件。

10.3.1 零件图工艺分析

该零件表面由外圆柱面及外螺纹等表面组成, 其中多个直径尺寸与轴向尺寸有较高的尺寸精度和表面粗糙度要求。零件图尺寸标注完整, 符合数控加工尺寸标注要求; 轮廓描述清楚完整; 零件材料为 45 钢, 切削加工性能较好, 无热处理和硬度要求。加工时按照从左到右的顺序进行程序编制和加工。

通过上述分析, 采取以下几点工艺措施。

- ① 零件图样上带公差尺寸, 考虑到公差值影响, 故编程时取其平均值。
- ② 该零件为细长轴零件, 加工前, 应该先将左右端面车出来, 手动粗车端面, 钻中心孔。
- ③ 细长轴零件注意切削用量和进给速度的选择。

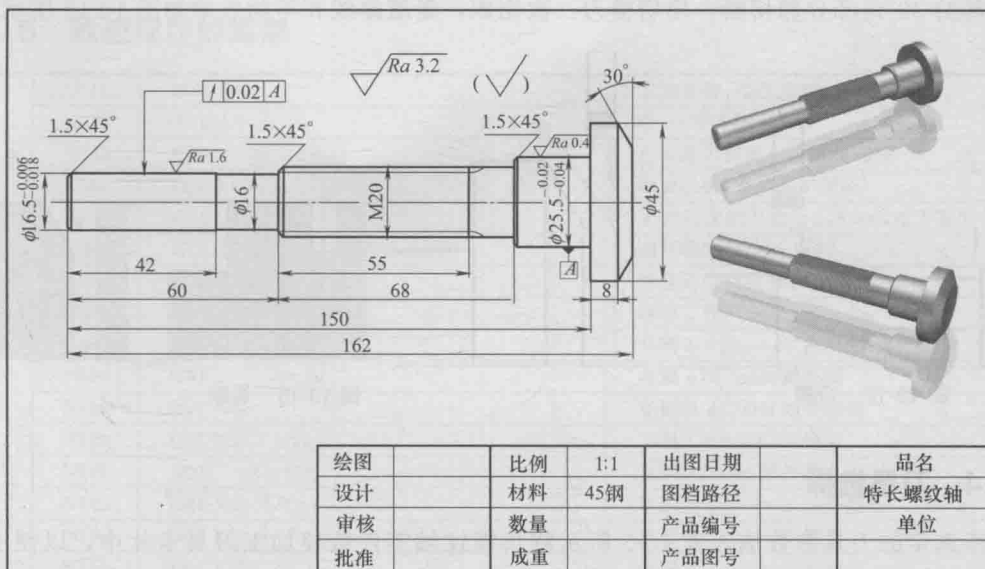


图 10-9 特长螺纹轴零件

10.3.2 确定装夹方案

用三爪自动定心卡盘夹紧，心轴右端留有中心孔并用尾座顶尖顶紧以提高工艺系统的刚性，如图 10-10 所示。

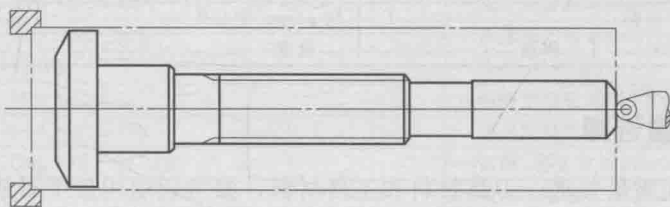


图 10-10 装夹方案

10.3.3 确定加工顺序及走刀路线

加工顺序按由内到外、由粗到精、由近到远的原则确定，在一次装夹中尽可能加工出较多的工件表面。结合本零件的结构特征，由于该零件外圆部分由直线构成，因此采用 G71 循环，轮廓表面车削走刀路线以一次车削较长尺寸为优，按图 10-11 所示路线加工。

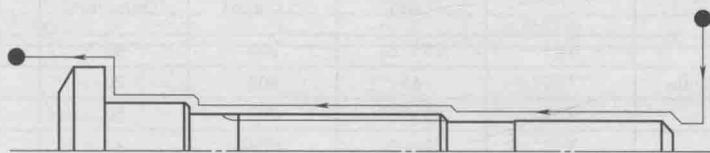


图 10-11 外轮廓加工走刀路线

$\phi 16\text{mm}$ 的槽部分不影响螺纹加工，所以在车完螺纹以后切槽，以减少换刀次数，并且由于单边深度只有 0.25mm ，因此用切槽刀采用直线 G01 指令一次精车完毕，如图 10-12 所示。