

数控加工工艺 编制与实施

SHUKONG JIAGONG GONGYI
BIANZHI YU SHISHI

◎主编 王 睿



数控加工工艺 编制与实施

主 编 王 睿
副主编 朱海明
主 审 刘永利

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书在编写上采用项目教学模式,主要内容包括连接轴、轴套、轴套配合件、平面凸轮、壳体零件、泵盖和叶轮轴7个项目。本书参照最新相关国家职业技能标准,力求使学生达到数控程序员、数控车工和数控铣工的中级工水平,实现培养学生专业技能和职业素质的目的。

本书适用于高等教育机电类专业中学习数控技术、模具设计与制造等专业的学生,也可作为机械设计制造及自动化专业或机电类继续教育的自学或培训教材,还可供数控加工技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

数控加工工艺编制与实施/王睿主编. —北京:北京理工大学出版社, 2014. 7

ISBN 978 - 7 - 5640 - 9122 - 4

I. ①数… II. ①王… III. ①数控机床 - 加工工艺 - 高等学校 - 教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 075729 号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京地质印刷厂

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/11

字 数/293千字

版 次/2014年7月第1版 2014年7月第1次印刷

定 价/42.00元



责任编辑/张慧峰

文案编辑/张慧峰

责任校对/周瑞红

责任印制/马振武

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前 言

随着现代科学技术的发展,数控加工在机械制造领域迅速普及。为了满足高校和企业培养数控专业人才的需求,使学生获得“工作过程知识”,必须更新教育观念,重组课程体系,改革教学模式。

“数控加工工艺编制与实施”课程是数控技术专业的核心课程之一。该课程以零件数控加工工艺的编制为主体,其教材在编写上采用“教学做一体化”的项目教学模式,并融入数控程序员、数控车工、数控铣工的国家职业资格标准,完善质量考核与评价办法,增强学生的质量、责任、成本和效率意识,以保证对学生的专业技能和职业素质的培养,同时,还特别注意将全国数控技能大赛与教学紧密地联系起来,以提升学生的职业素质和应用技能。

本教材以企业岗位需求和国家职业标准为主要依据,在借鉴国内外数控技术的先进资料和经验的基础上,邀请具有丰富数控编程和加工经验的企业一线技术人员和行业专家参与本教材的编写,使教材内容密切联系企业数控加工的生产实际,有利于实现工学结合的人才培养模式。教材内容主要针对数控加工工艺的编制、数控加工等职业岗位或岗位群而编写,选择了连接轴、轴套、轴套配合件、平面凸轮、壳体零件、泵盖和叶轮轴7个项目作为教学载体,基于工作过程进行了教学内容的组织与安排,充分体现了教材内容的实用性、针对性、及时性和新颖性。本教材体现了以下编写特色:

(1) 采用基于工作过程的教学思路。本教材的每个项目均设有“项目目标”“教学任务”“相关知识”“项目实施”“项目测试”和“知识拓展”,符合工艺分析、工艺文件的编制、工艺文件表格的填写和考核评价的教学实施过程,使学生带着问题学习,思考解决问题的方法,增强了学生学习的自主性、主动性和探索性。同时,其可训练学生运用已学知识在一定范围内学习新知识的技能,提高解决实际问题的能力。

(2) 理论知识与实践技能相结合。本教材所选项目课题与企业实际生产过程和职业技能鉴定有直接的关系,根据各高校教学实训设备和实际生产设备的情况,主要介绍了数控车削零件、数控铣削零件和叶轮的加工工艺文件编制的方法,具有一定的应用价值。本教材注重专业技能的系统性和教学实施的可操作性。

(3) 引入全国数控技能大赛的内容。本教材通过对叶轮轴加工工艺案例的分析,提升学生的实际动手能力和解决实际问题的能力。

(4) 所选项目典型、难度较大。本教材所选项目涉及的理论知识和加工技能不仅全面而且具有一定的难度,由浅入深,循序渐进。其可训练学生运用已学知识在一定范围内学习新知识的技能,提高解决实际问题的能力。

(5) 在培养专业能力的同时,增强学生的质量、责任、成本和效率意识,有效地培养学生的职业素质和团结协作能力。

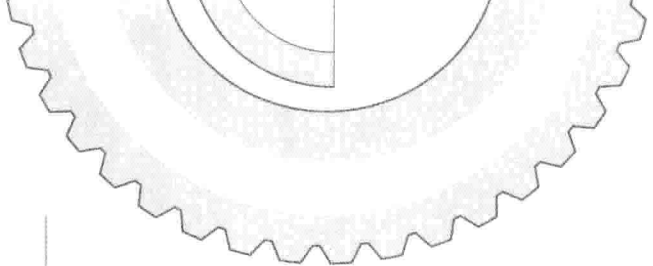
本教材适用于高等学校机电类专业中从事数控技术、模具设计与制造等专业的学生,也

可作为机械设计制造及自动化专业或机电类继续教育的自学或培训教材，还可供数控加工技术人员参考。

本教材由王睿（副教授）任主编，朱海明（副教授）任副主编，石腾飞（工程师）负责工艺文件的审核，刘永利（副教授）任主审。于涛（工程师）、王震（实验员）和李丽（副教授）参与了部分内容的编写。其中，项目一、项目二、项目六和附表1~4由王睿编写，项目三由于涛编写，项目四由王震编写，项目五由李丽编写，项目七由朱海明编写。王睿负责全书的组织和统稿。

尽管我们在探索《数控加工工艺编制与实施》教材特色建设的突破方面做出了许多努力，但是由于作者水平有限、数控技术发展迅速，难免存在疏漏之处，恳请各相关教学单位和读者在使用本书的过程中给予关注，提出宝贵意见（邮箱：rw233@163.com），在此深表感谢！

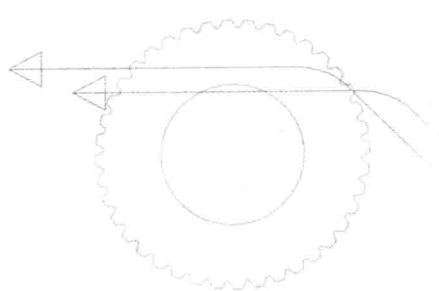
编 者



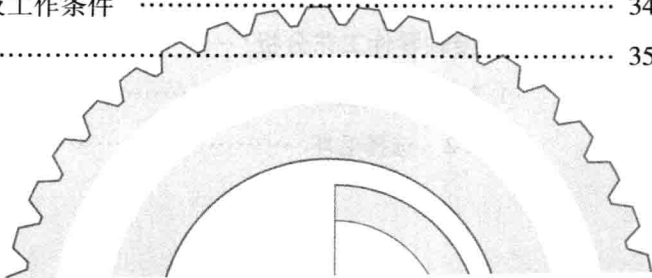
《《《 目 录

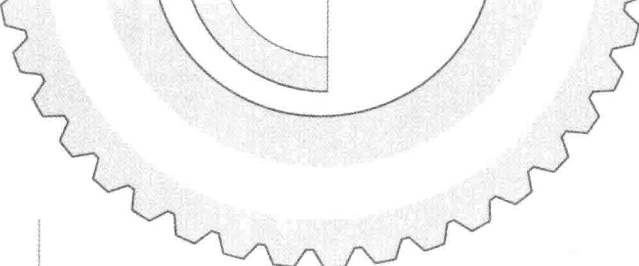
项目一 连接轴数控加工工艺编制与实施	1
1.1 轴类零件图的工艺分析	2
1.1.1 构成零件轮廓的几何条件	2
1.1.2 尺寸精度要求	2
1.1.3 形状和位置精度要求	2
1.1.4 表面粗糙度要求	2
1.1.5 材料与热处理要求	2
1.2 选择毛坯时应考虑的因素	3
1.2.1 零件的材料及机械性能要求	3
1.2.2 零件的结构形状与外形尺寸	3
1.2.3 生产纲领的大小	3
1.2.4 现有生产条件	3
1.2.5 充分利用新工艺、新材料	3
1.3 零件的装夹	3
1.3.1 零件安装的原则	3
1.3.2 夹具选择的原则	4
1.3.3 轴类零件的夹具	4
1.3.4 轴类零件的装夹方式	5
1.4 数控车削加工工艺路线的拟定	6
1.4.1 加工工序的划分	6
1.4.2 加工顺序的确定	7
1.4.3 加工进给路线的确定	8
1.5 外圆表面加工方法的选择	11
1.6 数控车削加工刀具及切削用量的选择	12
1.6.1 数控车削加工刀具及其选择	12
1.6.2 数控车削加工的切削用量选择	14
1.7 连接轴零件工艺分析	17
1.7.1 连接轴工艺分析	17
1.7.2 选择毛坯	17

目 录 >>>



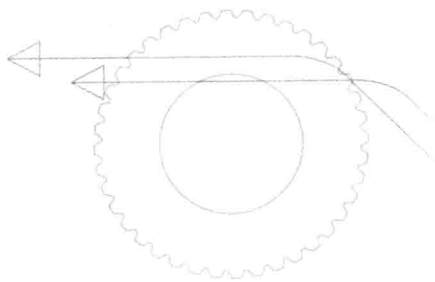
1.7.3 选择设备	17
1.7.4 确定零件装夹方式	17
1.7.5 确定加工顺序及进给路线	18
1.7.6 选择刀具及量具	18
1.7.7 确定切削用量	19
1.8 连接轴数控加工工艺文件的编制	19
1.8.1 工作要求及工作条件	19
1.8.2 实训内容	20
项目二 轴套数控加工工艺编制与实施	28
2.1 内孔加工方案	29
2.2 工艺过程	30
2.2.1 工序	30
2.2.2 安装	30
2.2.3 工位	30
2.2.4 工步	31
2.2.5 走刀	31
2.3 轴套零件工艺分析	32
2.3.1 轴套零件工艺分析	32
2.3.2 选择毛坯	33
2.3.3 选择设备	33
2.3.4 确定零件的定位基准和装夹方式	33
2.3.5 确定加工顺序及进给路线	33
2.3.6 刀具及量具选择	33
2.3.7 切削用量选择	34
2.4 轴套零件数控加工工艺文件编制	34
2.4.1 工作要求及工作条件	34
2.4.2 实训内容	35





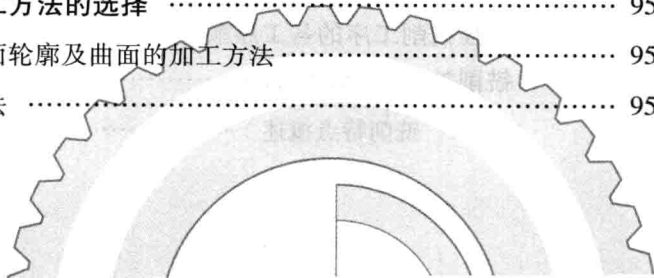
《《《 目 录

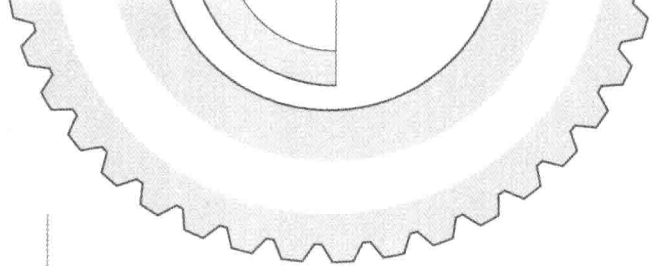
项目三 轴套配合件数控加工工艺编制与实施	51
3.1 零件图纸中的尺寸标注	52
3.2 零件的结构工艺性分析	52
3.3 刀具的选择	53
3.4 轴套配合件工艺分析	54
3.4.1 轴套配合件工艺分析	54
3.4.2 选择毛坯	55
3.4.3 选择设备	55
3.4.4 确定零件的定位基准和装夹方式	55
3.4.5 确定加工顺序及进给路线	55
3.4.6 刀具及量具选择	55
3.4.7 切削用量选择	56
3.5 轴套配合件数控加工工艺文件编制	56
3.5.1 工作要求及工作条件	56
3.5.2 实训内容	57
项目四 平面凸轮数控加工工艺编制与实施	67
4.1 平面加工方法的选择	68
4.2 平面轮廓的加工方法	69
4.3 曲面轮廓的加工方法	69
4.4 划分加工工序	70
4.5 确定加工工序	71
4.5.1 基面先行原则	71
4.5.2 先粗后精原则	71
4.5.3 先主后次原则	71
4.5.4 先面后孔原则	71
4.5.5 先内后外原则	71
4.6 数控铣削工序的各工序顺序	71
4.7 铣削加工的特点和方式	72
4.7.1 铣削特点概述	72



目 录 >>>

4.7.2	周铣和端铣	73
4.7.3	顺铣和逆铣	74
4.7.4	逆铣、顺铣的选择	75
4.8	铣削加工工艺路线	75
4.8.1	铣削平面类零件的加工路线	75
4.8.2	铣削曲面轮廓的进给路线	77
4.9	数控铣削刀具的种类	78
4.9.1	(端)面铣刀	78
4.9.2	立铣刀	79
4.9.3	模具铣刀	80
4.9.4	键槽铣刀	81
4.9.5	鼓形铣刀	81
4.9.6	成形铣刀	82
4.10	平面凸轮零件工艺分析	83
4.10.1	平面凸轮工艺分析	83
4.10.2	选择毛坯	84
4.10.3	选择设备	84
4.10.4	确定零件的定位基准和装夹方式	84
4.10.5	确定加工顺序及进给路线	84
4.10.6	刀具及量具选择	84
4.10.7	切削用量选择	85
4.11	平面凸轮数控加工工艺文件的编制	85
4.11.1	工作要求及工作条件	85
4.11.2	实训内容	85
项目五	壳体零件数控加工工艺编制与实施	94
5.1	数控加工中心加工方法的选择	95
5.1.1	平面、平面轮廓及曲面的加工方法	95
5.1.2	孔加工方法	95



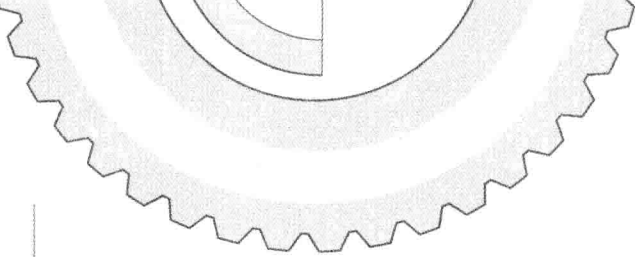


《《《 目 录

5.2	加工阶段的划分	96
5.3	加工顺序的安排	96
5.4	内槽（型腔）起始切削的加工方法	97
5.4.1	预钻削起始孔法	97
5.4.2	插铣法	97
5.4.3	坡走铣法	97
5.4.4	螺旋插补铣	97
5.5	挖槽加工工艺分析	98
5.5.1	挖槽加工的形式	98
5.5.2	挖槽加工工艺分析及处理	98
5.6	壳体零件工艺分析	100
5.6.1	壳体零件工艺分析	100
5.6.2	选择毛坯	100
5.6.3	选择设备	100
5.6.4	确定零件的定位基准和装夹方式	100
5.6.5	确定加工顺序及进给路线	100
5.6.6	刀具及量具选择	102
5.6.7	切削用量选择	102
5.7	壳体零件数控加工工艺文件的编制	102
5.7.1	工作要求及工作条件	102
5.7.2	实训内容	103
项目六	泵盖数控加工工艺编制与实施	112
6.1	孔加工的进给路线	113
6.1.1	孔加工方法	113
6.1.2	孔加工余量的选择	114
6.2	孔加工阶段的划分	114
6.3	孔加工工序的划分	114
6.4	孔加工顺序的拟定	115
6.5	孔加工进给路线的确定	116

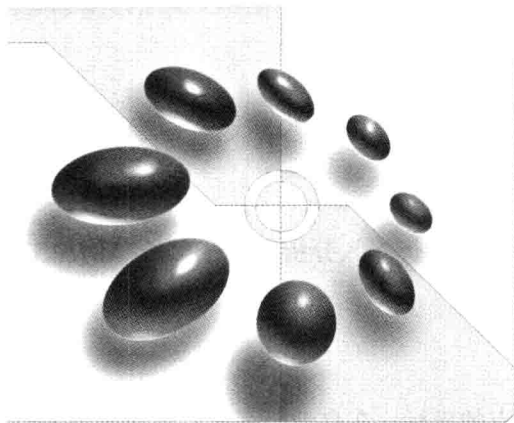
目 录 >>>

6.6 钻螺纹底孔尺寸及钻孔深度的确定	117
6.6.1 钻螺纹底孔尺寸的确定	117
6.6.2 钻孔深度的确定	118
6.7 加工中心常用刀具	118
6.7.1 钻孔刀具	119
6.7.2 扩孔刀具	120
6.7.3 镗孔刀具	121
6.7.4 铰孔刀具	122
6.7.5 丝锥	124
6.7.6 孔加工复合刀具	124
6.8 泵盖零件工艺分析	125
6.8.1 泵盖零件工艺分析	125
6.8.2 选择毛坯	126
6.8.3 选择设备	126
6.8.4 确定零件的定位基准和装夹方式	126
6.8.5 确定加工顺序及进给路线	126
6.8.6 刀具及量具选择	126
6.8.7 切削用量选择	127
6.9 泵盖零件数控加工工艺文件的编制	127
6.9.1 工作要求及工作条件	127
6.9.2 实训内容	128
项目七 叶轮轴数控加工工艺编制与实施	138
7.1 数控加工的内容	138
7.1.1 数控机床的选择原则	139
7.1.2 数控加工的内容	139
7.2 零件质量分析	139
7.3 多轴数控加工的类型	139
7.4 叶轮轴零件工艺分析	141



《《《 目 录

7.4.1 工艺分析	141
7.4.2 选择毛坯	142
7.4.3 选择机床	142
7.4.4 确定零件的装夹方案	142
7.4.5 确定加工顺序及进给路线	142
7.4.6 选择刀具和量具	143
7.4.7 选择切削用量及切削液	144
7.5 叶轮轴数控加工工艺文件的编制	144
7.5.1 工作要求及工作条件	144
7.5.2 实训内容	145
附表	156
附表 1	156
附表 2	157
附表 3	158
附表 4	159
参考文献	160



|| 项目一 连接轴 ||

数控加工工艺编制与实施



【项目目标】

- (1) 学会对连接轴加工的工艺性进行分析。
- (2) 学会确定合理的装夹方案。
- (3) 学会制订连接轴的加工工艺，合理选择加工路线。
- (4) 能够合理选择刀具和切削用量。
- (5) 能够编制合理的连接轴数控加工工艺文件。
- (6) 能够对工艺文件做正确评价。



【教学任务】

- (1) 连接轴的加工要求及工艺性分析（材料和尺寸要求）。
- (2) 连接轴的定位与夹紧。
- (3) 连接轴数控加工工艺方案的确定及工序的划分。
- (4) 外圆车刀、中心钻、螺纹车刀、切槽刀的选择。
- (5) 切削用量的选择。
- (6) 连接轴数控加工工艺文件的编制。

【相关知识】



1.1 轴类零件图的工艺分析

在设计零件的加工工艺规程时，首先要对加工对象进行深入分析。对于数控车削加工，应考虑以下几方面的问题。

1.1.1 构成零件轮廓的几何条件

在车削加工中进行手工编程时，要计算每个节点的坐标；在自动编程时，要对构成零件轮廓的所有几何元素进行定义，因此在分析零件图时应注意以下几方面。

- (1) 零件图上是否漏掉某尺寸，而使其几何条件不充分，影响零件轮廓的构成。
- (2) 零件图上的图线位置是否模糊或尺寸标注不清，使编程无法下手。
- (3) 零件图上给定的几何条件是否不合理，造成数学处理困难。

(4) 零件图上的尺寸标注方法应适应数控车床加工的特点，应以同一基准标注尺寸或直接给出坐标尺寸。

1.1.2 尺寸精度要求

分析零件图样尺寸精度的要求，以判断能否利用车削工艺实现，并确定控制尺寸精度的工艺方法。

在该项分析过程中，还可以同时进行一些尺寸的换算，如增量尺寸与绝对尺寸及尺寸链计算等。在利用数控车床车削零件时，常常对零件要求的尺寸取最大和最小极限尺寸的平均值作为编程的尺寸依据。

1.1.3 形状和位置精度要求

零件图样上给定的形状和位置公差是保证零件精度的重要依据。加工时，要按照其要求确定零件的定位基准和测量基准，还可以根据数控车床的特殊需要进行一些技术性处理，以便有效地控制零件的形状和位置精度。

1.1.4 表面粗糙度要求

表面粗糙度是保证零件表面微观精度的重要要求，也是合理选择数控车床、刀具及确定切削用量的依据。

1.1.5 材料与热处理要求

零件图样上给定的材料与热处理要求，是选择刀具、数控车床型号，确定切削用量的依据。



1.2 选择毛坯时应考虑的因素

1.2.1 零件的材料及机械性能要求

零件材料的工艺特性和力学性能大致决定了毛坯的种类。例如铸铁零件用铸造毛坯；钢质零件当形状较简单且力学性能要求不高时常用棒料，对于重要的钢质零件，为获得良好的力学性能，应选用锻件，当其形状复杂、力学性能要求不高时用铸钢件；有色金属零件常用型材或铸造毛坯。

1.2.2 零件的结构形状与外形尺寸

大型且结构较简单的零件毛坯多用砂型铸造或自由锻；结构复杂的毛坯多用铸造。小型零件可用模锻件或压力铸造毛坯。板状钢质零件多用锻件毛坯。轴类零件的毛坯，若台阶直径相差不大，可用棒料；若各台阶尺寸相差较大，则宜选择锻件。

1.2.3 生产纲领的大小

在大批大量生产中，应采用精度和生产率都较高的毛坯制造方法。铸件采用金属模机器造型或精密铸造，锻件用模锻或精密锻造。在单件小批生产中用木模手工造型或自由锻来制造毛坯。

1.2.4 现有生产条件

确定毛坯时，必须结合具体的生产条件，如现场毛坯制造的实际水平和能力、外购的可能性等，否则就不现实。

1.2.5 充分利用新工艺、新材料

为节约材料和能源，提高机械加工生产率，应充分考虑精密铸造、精锻、冷轧、冷挤压、粉末冶金、异型钢材及工程塑料等在机械中的应用。这样可大大减少机械加工量，甚至不需要进行加工，经济效益非常显著。



1.3 零件的装夹

1.3.1 零件安装的原则

数控车床上零件的安装方法与普通车床一样，要合理选择定位基准和夹紧方案，主要注意以下两点。

(1) 力求设计、工艺与编程计算的基准统一, 这样有利于提高编程时数值计算的简便性和精确性。

(2) 尽量减少装夹次数, 尽可能在一次装夹后加工出全部待加工面。

1.3.2 夹具选择的原则

选用夹具时, 通常考虑以下几点。

(1) 尽量选用可调整夹具、组合夹具及其他适用夹具, 避免采用专用夹具, 以缩短生产准备时间。

(2) 在成批生产时, 考虑采用专用夹具, 并力求结构简单。

(3) 装卸工件要迅速方便, 以减少机床的停机时间。

(4) 在机床上安装夹具要准确可靠, 以保证工件在正确的位置上被加工。

(5) 夹具是否使用方便、安全。

1.3.3 轴类零件的夹具

数控车床上的夹具主要有两类: 一类用于盘类或短轴类零件, 工件毛坯装夹在可调卡爪的卡盘(三爪、四爪)中, 由卡盘传动旋转(其中, 车削细长轴时可使用中心架或跟刀架辅助支撑, 以保证加工零件的刚性); 另一类用于轴类零件, 毛坯装在主轴顶尖和尾座顶尖间, 工件由主轴上的拨动卡盘传动旋转。

1. 三爪自定心卡盘

三爪自定心卡盘是车床上最常用的自定心夹具, 如图 1-1 (a) 所示。三爪自定心卡盘夹持工件时一般不需要找正, 装夹速度较快, 将其略加改进还可以方便地装夹方料和其他形状的材料, 如图 1-1 (b) 所示, 同时它还可以装夹小直径的圆棒料。

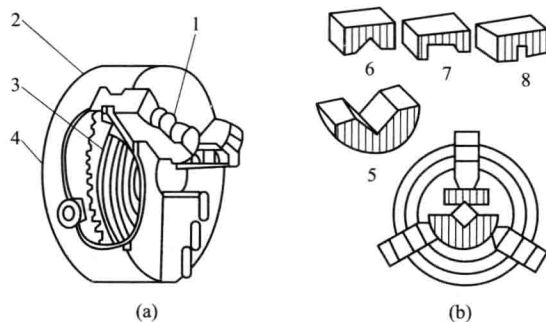


图 1-1 三爪自定心卡盘

(a) 三爪自定心卡盘; (b) 装夹方料和其他形状的材料

1—卡爪; 2—卡盘体; 3—锥齿端面螺纹圆盘; 4—小锥齿轮;

5—带 V 形槽的半圆件; 6—带 V 形槽的矩形件; 7, 8—带其他槽形的矩形件

2. 四爪单动卡盘

四爪单动卡盘是车床上常用的夹具, 如图 1-2 (a) 所示, 适用于装夹形状不规则或直径较大的工件。其夹紧力较大, 装夹精度较高, 不受卡爪磨损的影响。但四爪单动卡盘的四个卡爪是各自独立运动的, 必须通过找正, 使工件的旋转中心与车床主轴的旋转中心重合,

才能车削。四爪单动卡盘装夹不如三爪自定心卡盘方便。装夹圆棒料时，若在四爪单动卡盘内放一块 V 形块，如图 1-2 (b) 所示，装夹就快捷多了。

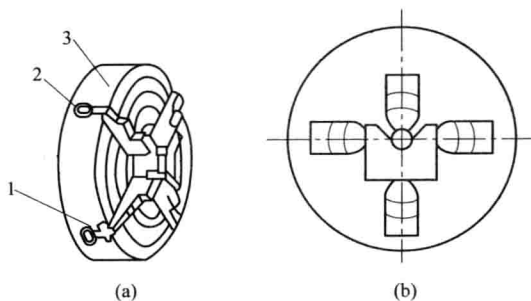


图 1-2 四爪单动卡盘

(a) 四爪单动卡盘；(b) V 形块装夹圆棒料

1—卡爪；2—螺杆；3—卡盘体

3. 中心架/跟刀架辅助支撑

(1) 中心架支撑。

在车削细长轴时，可使用如图 1-3 (a) 所示的中心架来增加工件刚性。中心架直接支撑在工件中间，当工件可以分段车削时，这样支撑使 L/d 值减小了一半，细长轴车削时的刚性可增加好几倍。在工件装上中心架之前，必须在毛坯中部车出一段支撑中心架支撑爪的沟槽，其表面粗糙度及圆柱度的误差要小，否则会影响工件的精度。车削时，中心架的支撑爪与工件接触处应经常加润滑油。为了使支撑爪与工件保持良好的接触，也可以在中心架支撑爪与工件之间加一层纱布或研磨剂，进行研磨抱合。

(2) 跟刀架。

如图 1-3 (b) 所示跟刀架，跟刀架可固定在床鞍上，一般有两个支撑爪，跟刀架可以跟随车刀移动，抵消径向切削时所增加的工件的刚度，减少变形，从而提高细长轴的形状精度和减小表面粗糙度。

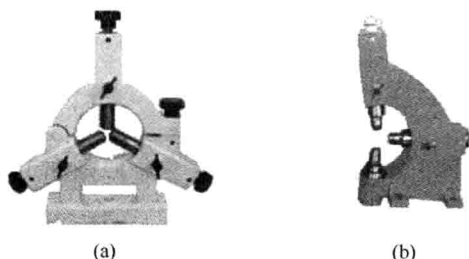


图 1-3 中心架和跟刀架

(a) 中心架；(b) 跟刀架

1.3.4 轴类零件的装夹方式

对于轴类零件，通常以零件自身的外圆柱面作为定位基准来定位，其装夹方式有如下几种。

(1) 利用三爪自定心卡盘/四爪单动卡盘直接装夹零件，如盘类或短轴类零件。