




上岗轻松学
SHANG GANG QING SONG XUE

图解

数控铣工快速入门

SHUKONG XIGONG KUAISU RUMEN

- 线条图、实物图完美结合
- 知识性、技巧性全面展现
- 跟着学、对照练轻松上手

黄北源　戴红毅　主编

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

需要全本请访问 www.ertongbook.com

上岗轻松学

图解数控铣工快速入门

主　编　黄北源　戴红毅

副主编　王安知　李昌宝

参　编　阳群英　梁超林　吴华才　马晓宏　孙善德

邹志华　杨智棠　黄　琳　郑丰权　黄东荣

陈鸿飞

主　审　刘　创

机械工业出版社

本书主要介绍了数控铣工基础知识以及数控铣削相关的操作步骤和方法，以零基础为起点，注重对职业技能的培养，注重可操作性和实用性。全书以照片图、线条图、表格为主要表现形式，图文并茂，操作过程直观明了，力求更好地满足数控铣工快速上手的需求。主要内容包括：数控铣工入门知识、数控铣削加工程序编制基础、零件的平面和轮廓铣削加工、零件孔的加工、数控铣削加工编程技巧及铣削加工、简单曲面铣削加工、计算机辅助制造、数控铣床/加工中心的结构与维护。

本书可作为数控铣削零起点读者的自学用书，也可作为各职业鉴定培训机构和职业技术院校数控铣工相关专业的培训教材。

图书在版编目（CIP）数据

图解数控铣工快速入门/黄北源，戴红毅主编. —北京：机械工业出版社，2015.9（2018.7重印）

（上岗轻松学）

ISBN 978-7-111-51801-3

Ⅰ.①图… Ⅱ.①黄…②戴… Ⅲ.①数控机床－铣床－图解

Ⅳ.①TG547-64

中国版本图书馆CIP数据核字（2015）第243097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：郎 峰 王晓洁 责任编辑：王晓洁

版式设计：霍永明 责任校对：樊钟英

责任印制：李 洋

北京宝昌彩色印刷有限公司印刷

2018年7月第1版第2次印刷

169mm×239mm·10.5印张·192千字

3001—4500册

标准书号：ISBN 978-7-111-51801-3

定价：29.80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

服务咨询热线：010－88361066 机 工 官 网：www.cmpbook.com

读者购书热线：010－68326294 机 工 官 博：weibo.com/cmp1952

010－88379203 金 书 网：www.golden－book.com

封面无防伪标均为盗版 教育服务网：www.cmpedu.com

前　言

PREFACE

数控加工是提高产品质量、提高劳动生产率必不可少的重要手段，是促进我国机械制造业发展和综合国力提高的关键技术。培养掌握数控加工技术的应用型人才，已是当今的重要任务。数控铣工是数控加工相关工种中需求面较广、从业人员较多的技术工种之一。因此，对数控铣工的培养非常重要。

本书参照最新《国家职业标准（数控铣工）》中对数控铣工的要求，参考数控技术应用专业（数控铣床、加工中心加工方向）人才培养目标及企业岗位能力要求，遵循“必需与够用”原则而编写，介绍了刚上岗的数控铣工必须掌握的基础知识和基本技能。本书理论阐释简单明了，重点突出操作技能与操作要点。同时穿插一些实际操作中常见的问题、常用技巧和注意事项。

本书的两大特点是“图解”和“快速入门”。“图解”：通过大量的现场照片图、三维立体图，将抽象深奥的知识具体化、形象化；通过线条图，将复杂的结构及细节知识简单化、清晰化。照片图和线条图对照，可以更好地阐释操作过程及相关内容，达到读图学习知识的目的，有利于读者的理解。“快速入门”，即书中讲解的铣工技术知识属于铣工初学者水平，语言通俗易懂，贴近现场，便于读者快速掌握。

本书由黄北源、戴红毅任主编，王安知、李昌宝任副主编，阳群英、梁超林、吴华才、马晓宏、孙善德、邹志华、杨智棠、黄琳、郑丰权、黄东荣、陈鸿飞参加编写。本书由刘创主审。

由于编者的水平有限，书中疏漏或不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编　者

目　录

CONTENTS

前言

第一章　数控铣工入门知识 …… 1

第一节　安全文明生产 …… 1

一、安全文明操作规程 …… 1

二、数控铣床的日常维护保养 …… 3

第二节　数控铣床简介 …… 4

一、数控铣床的主要构成及分类 …… 4

二、数控铣床的主要加工控制功能 …… 7

三、数控铣床的主要加工对象 …… 9

四、数控铣床的主要工艺装备 …… 10

第三节　数控铣床的基本操作 …… 14

一、发那科（FANUC 0*i*）系统面板及操作 …… 14

二、华中世纪星（HNC－21M）系统面板及操作 …… 17

三、加工坐标系的设定 …… 21

思考及提高 …… 23

第二章　数控铣削加工程序编制基础 …… 24

第一节　数控铣削加工编程基本指令 …… 24

一、数控程序结构与格式 …… 24

二、数控铣床的坐标系、坐标原点及坐标轴运动代号 …… 27

三、数控铣床的常用编程指令 …… 30

四、子程序调用 …… 35

思考及提高 …… 36

第二节　数控铣削加工程序编制 …… 38

一、数控铣削加工程序编制的步骤 …… 38

二、工程图样的处理 …… 38

三、数控铣削加工程序编制举例 …… 40

第三章　零件的平面和轮廓铣削加工 …… 45

第一节　零件平面铣削加工 …… 45

一、平面类零件 …… 45

二、平面类零件加工的典型案例 …… 45

思考及提高 …… 51

第二节　零件平面轮廓铣削加工的一般工艺 …… 51

一、平面轮廓铣削加工的一般工艺 …… 51

需要全本请访问 www.ertongbook.com

二、铣削平面轮廓的方法 …… 52
三、平面轮廓铣削加工典型案例 …… 55
思考及提高 …… 62
第四章　零件孔的加工 …… 63
第一节　孔的加工 …… 63
一、孔的加工方法及加工精度 …… 63
二、孔加工固定循环 …… 64
三、钻孔加工循环指令 …… 67
四、工艺分析 …… 71
五、典型零件孔的加工程序 …… 72
思考及提高 …… 75
第二节　螺纹加工 …… 75
一、攻螺纹固定循环指令 …… 75
二、螺纹加工举例 …… 76
思考及提高 …… 77
第五章　数控铣削加工编程技巧及铣削加工 …… 78
第一节　极坐标编程及铣削加工 …… 78
思考及提高 …… 85
第二节　坐标系旋转编程及铣削加工 …… 86
思考及提高 …… 92
第三节　坐标镜像编程及铣削加工 …… 93
思考及提高 …… 100
第六章　简单曲面铣削加工 …… 101
第一节　宏程序编程基本知识 …… 101
一、FANUC 0*i* 的宏程序及变量的概念 …… 102
二、宏程序的编程方法 …… 104
第二节　半圆柱体铣削加工 …… 105
一、水平轴线的半圆柱体增量编程方式 …… 105
二、水平轴线的半圆柱参数编程 …… 106
思考及提高 …… 106
第三节　圆锥台铣削加工 …… 107
一、圆锥台加工宏程序 …… 107
二、圆锥台加工程序 …… 108
思考及提高 …… 109
第四节　椭圆铣削加工 …… 109
一、椭圆加工宏程序 …… 109
二、椭圆加工程序 …… 110
思考及提高 …… 110

第七章　计算机辅助制造 …… 111
第一节　CAD/CAM 软件简介 …… 111
一、CAXA 制造工程师菜单界面 …… 111
二、CAXA 制造工程师绘图常用工具栏 …… 113
第二节　实体造型与加工 …… 114
一、五角星实体造型 …… 114
二、五角星的加工 …… 120
思考及提高 …… 142
第八章　数控铣床/加工中心的结构与维护 …… 143
第一节　数控铣床/加工中心主传动系统与主轴部件的维护 …… 143
一、数控铣床/加工中心的主传动系统 …… 143
二、主传动系统的维护 …… 147
三、主轴部件的维护 …… 149
第二节　数控铣床/加工中心的进给传动系统与传动元件的维护 …… 150
一、进给传动系统 …… 150
二、传动系统的日常维护保养 …… 156
第三节　自动换刀系统与刀库的维护 …… 157
一、自动换刀系统的刀库 …… 157
二、刀库及换刀装置的维护 …… 159
思考及提高 …… 160
参考文献 …… 162

第一章

数控铣工入门知识

第一节　安全文明生产

一、安全文明操作规程

安全文明生产是企业管理工作的一个重要组成部分，是企业安全生产的基本保证，体现着企业的综合管理水平。文明的生产环境是实现职工安全生产的基础，安全生产是进行生产劳动的基础，一切的生产都应当以它为前提条件！安全生产是我们在劳动过程中必须要遵守的劳动规程，安全生产是劳动者在生产劳动中的安全保障！安全生产要以人为本，人是生产劳动的主角，安全生产是为了保护人的生命及财产安全，因此，在进入生产场地前，必须弄清安全生产的一切规范。在生产场地常常会见到下图所示的宣传画，显示着安全的重要性。



车间安全画

1. 数控铣工安全操作规程

1）工作时应穿工作服，女同学戴工作帽，并将头发全部塞进帽子，不宜戴首饰操作机床，禁止戴手套操作机床。

2）不要移动或损坏安装在机床上的警告标牌。

3）机床开始工作前要预热，认真检查润滑系统工作是否正常，如机床长时间未开动，可先采用手动方式向各部分供油润滑。

4）使用的刀具应与机床允许的规格相符，有严重破损的刀具要及时更换。

5）刀具安装好后应进行一、二次试切。

6）认真检查夹具工件是否夹紧。

7）禁止用手或其他方式接触正在旋转的主轴、工件或其他运动部位。

8）禁止在加工过程中测量工件、变速，更不能用棉丝擦拭工件，也不能清扫机床。

9）在加工过程中，不允许打开机床防护门。

10）及时清除切屑、擦拭机床，检查润滑油，切削液的状态及时添加或更换。

11）工作结束后，依次关掉机床操作面板上的电源和总电源。

2. 常见安全标志



常见安全标志

安全标志是向工作人员警示工作场所或周围环境的危险状况，指导人们采取合理行为的标志。安全标志能够提醒工作人员预防危险，从而避免事故发生；当危险发生时，能够指示人们尽快逃离，或者指示人们采取正确、有效、得力的措施，对危害加以遏制。安全标志不仅类型要与所警示的内容相吻合，而且设置位置要正确合理，否则就难以真正充分发挥其警示作用，常见安全标志如上图。

二、数控铣床的日常维护保养

1. 提高操作人员的综合素质

数控机床的使用难度比使用普通机床要大，因为数控机床是典型的机电一体化产品，其操作牵涉的知识面较宽，即操作者应具有机、电、液、气等更宽广的专业知识；再有，由于其电气控制系统中的 CNC 系统升级、更新换代比较快，如果不定期参加专业理论培训学习，则不能熟练掌握新的 CNC 系统使用方法。因此，对操作人员的素质及设备操作等要求很高。首先，必须对数控操作人员进行培训，使其对机床原理、性能、润滑部位及其方式，进行较系统的学习，为更好的使用机床奠定基础。其次，在数控机床的使用与管理方面，应制订一系列切合实际、行之有效的措施。

2. 数控机床的使用环境要求

由于数控机床中含有大量的电子元件，不宜用阳光直接照射，也怕潮湿和粉尘、振动等，这些均可使电子元件受到腐蚀变坏或造成元件间的短路，引起机床运行不正常。因此，对于数控机床的使用环境，应做到保持清洁、干燥、恒温和无振动；对于其电源，应保持稳压，一般只允许 ±10% 的波动。

3. 严格遵循操作规程

无论是什么类型的数控机床，它都有一套自己的操作规程，这既是保证操作人员人身安全的重要措施，也是保证设备安全使用、产品质量等的重要措施。因此，使用者必须按照操作规程正确操作，如果机床第一次使用或长期没使用时，应先使其空转几分钟，并要特别注意使用中开机、关机的顺序。

4. 日常维护和保养

日常维护和保养

序号	检查部位	检查内容与要求
1	润滑	检查润滑油的油面、油量，并及时补充；观察液压泵工作是否正常（能否定时启动、加油及停止），导轨各润滑点加油时是否有润滑油流出等
2	*X*、*Y*、*Z* 及回旋轴导轨	清除导轨面上的切屑、切削液等杂物，检查导轨润滑油是否充分，导轨面上无划伤及锈斑，导轨防尘刮板上有无夹带铁屑。如果是安装滚动滑块的导轨，导轨上出现划伤时，检时应检查滚动滑块

（续）

序号	检查部位	检查内容与要求
3	压缩空气气源	检查气源供气压力是否正常，空压机应注意及时排水
4	机床进气口的油水自动分离器和自动空气干燥器	及时清理分水器中滤出的水分，加入足够润滑油，注意空气干燥器是否能自动工作、干燥剂是否饱和
5	机床液压系统	油箱、液压泵无异常噪声，压力表指示正常压力，油箱工作油面在允许范围内，回油路上背压不得过高，各管接头无泄漏和明显振动
6	数控系统及输入输出	数控装置启动正常
7	各种电气装置及散热通风装置	数控柜、机床电气柜进气排气扇工作正常，风道过滤网无堵塞，主轴电动机、伺服电动机、冷却风道正常，恒温油箱、液压油箱的冷却散热片通风正常
8	各种防护装置	导轨、机床防护罩应动作灵敏，对刀库防护栏杆、工作区防护栏的检查门开关应动作灵敏

第二节　数控铣床简介

一、数控铣床的主要构成及分类

1. 数控铣床的主要构成

数控铣床一般由铣床床身、数控装置、伺服驱动系统、控制介质四部分组成。

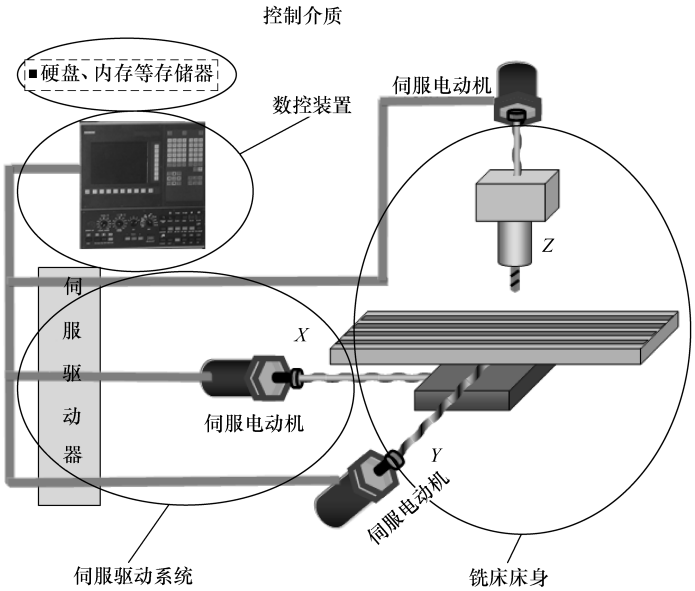
（1）铣床床身

属于数控铣床的机械部件，主要包括导轨、工作台及进给机构等。

（2）数控装置

它是数控铣床的控制核心，接受输入装置送到的数字程序信息，经译码、运算和逻辑处理后，将各种指令信息输出到伺服驱动装置，使设备按规定的动作执行。目前，常用的数控系统有：日本的 FANUC 系统、三菱系统，德国的 SIEMENS 系统，中国的华中世纪星系统等。

需要全本请访问 www.ertongbook.com



数控铣床的主要构成

（3）伺服驱动系统

它是数控铣床执行机构的驱动部件，包括主轴电动机和进给伺服电动机等。

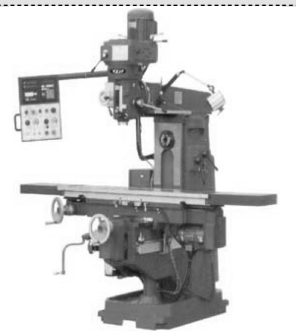
（4）控制介质

主要指人与数控机床之间建立的某种联系，这种联系的媒介物称为控制介质。

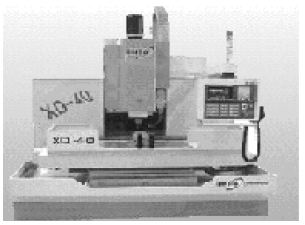
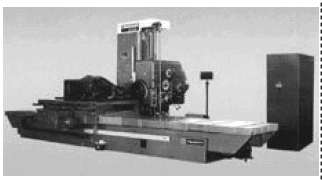
2. 数控铣床的分类

数控铣床可以根据不同的方法进行分类：

1）按机床结构特点及主轴布置形式分类，数控铣床可分为立式、卧式和立卧两用三种。

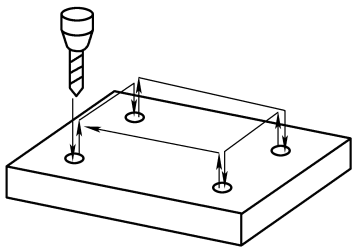
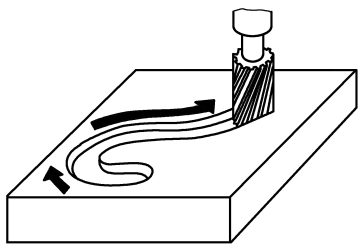
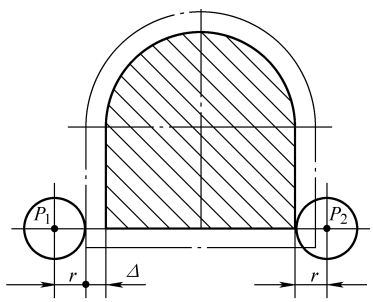
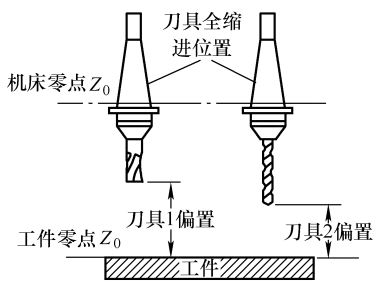
种类	主要特征	种类	主要特征
 立式数控铣床	其主轴垂直于水平面，即主轴轴线垂直于机床工作台	 立、卧两用数控铣床	它的主轴方向可以更换（有手动与自动两种），既可以进行立式加工，又可以进行卧式加工，其使用范围更广，功能更全
 卧式数控铣床	其主轴平行于水平面，即主轴轴线平行于机床工作台		

2）按规格大小的不同，可分为小型、中型及大型三种。

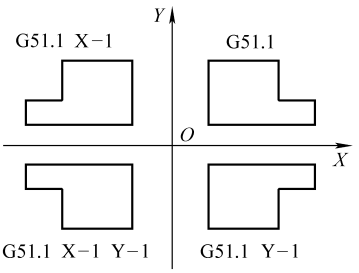
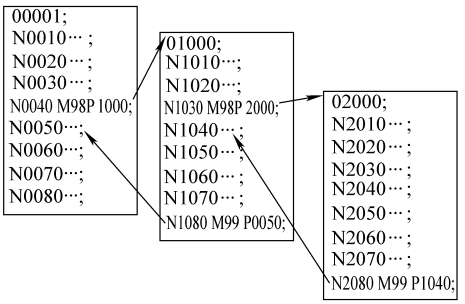
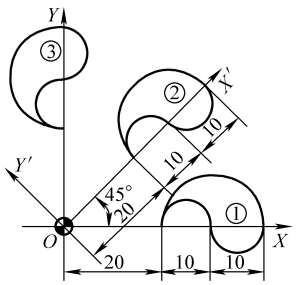
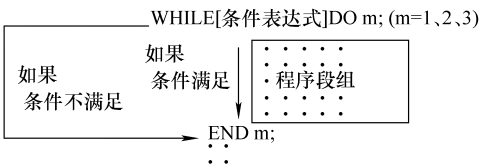
种类	主要特征	种类	主要特征
 小型数控铣床	小型数控铣床一般都采用工作台移动、升降主轴不动的方式，该规格多用精密机床	 大型数控铣床	大型数控铣床因要考虑到扩大行程，缩小占地面积及刚性等技术问题，往往采用龙门架移动方式，其主轴可以在龙门架的纵向与垂直溜板上运动，而龙门架则沿床身作纵向移动，这类结构又称为龙门数控铣床
 中型数控铣床	中型数控铣床一般采用纵向和横向工作台移动，且主轴沿垂直溜板上下运动的方式，该规格多用于经济型机床		

二、数控铣床的主要加工控制功能

各种类型数控铣床所配置的数控系统虽然各不相同，但都具有以下九种主要功能。

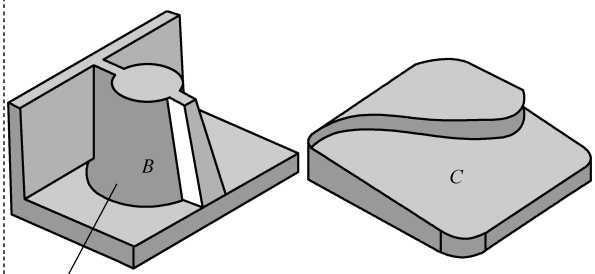
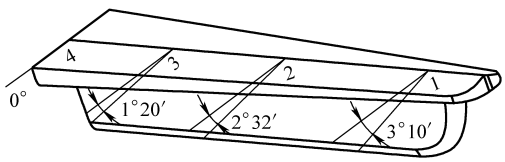
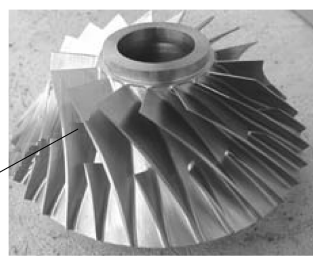
功能种类	图　　示	主要功能特征及作用
1. 点位控制功能		点位控制功能可以实现对相对位置精度要求很高的孔系加工，如钻孔、扩孔、铰孔和镗孔等
2. 连续轮廓控制功能		数控铣床通过此功能可以实现直线、圆弧的插补及非圆曲线的加工
3. 刀具半径补偿功能		该功能可补偿刀具之间的长度差，确保数控铣床换刀后顺利进行后续加工
4. 刀具长度补偿功能		该功能可补偿刀具之间的长度差，确保数控铣床换刀后顺利进行后续加工

（续）

功能种类	图　　示	主要功能特征及作用
5. 比例及镜像加工功能		比例功能可将编好的加工程序按指定的比例进行缩放加工，该功能主要用于铸造模模芯的加工。镜像加工也称轴对称加工，适用于结构关于坐标轴对称的零件加工
6. 子程序调用功能		若零件在不同的位置上重复出现相同的轮廓形状，可将其一的轮廓形状的加工程序编制成子程序，在需要的位置上重复调用，就可以完成对该零件的加工
7. 旋转功能		该功能可将编好的加工程序在加工平面内旋转任意角度进行加工，如配合子程序调用工功能，可加工出圆周均布的零件结构
8. 宏程序功能		在程序中使用变量，通过对变量进行赋值及处理的方法达到程序功能，这种有变量的程序称为宏程序。利用宏程序编程，可进一步提高数控铣床的使用性能
9. 自诊断功能		自诊断是数控系统在运转中的自我诊断，它是数控系统的一项重要功能，对数控机床的维修具有重要的作用

三、数控铣床的主要加工对象

数控铣床主要用于铣削加工，同时还能进行孔加工，但它用于孔加工时，加工的效率较低。因此，铣削加工是数控铣床的主要加工方式，利用数控铣床可以加工许多普通铣床难以加工甚至无法加工的零件，数控铣削主要适合加工下列三类零件。

零件种类	图　示	主要特征
1. 平面类零件	 B 面与水平面的夹角为定角	平面类零件是指加工面平行或垂直于水平面，以及加工面与水平面的夹角为定角的零件。平面类零件的特点是：加工面为平面或可以展开成为平面
2. 变斜角类零件		变斜角类零件是指加工面与水平面呈连续变化的零件。这类零件的特点是加工面不能展开为平面，左图就是飞机上的一种变斜角梁椽条，该零件在截面 1 至截面 2 的斜角 α 从 3°10′均匀变化为 2°32′，从截面 2 至截面 3 再均匀变化为 1°20′，最后，到截面 4 时，斜角又变化为 0°
3. 立体曲面类零件	 空间曲面叶片	立体曲面类零件是指加工面为空间曲面的零件。这类零件的特点是：一是加工面不能展开为平面，二是加工面与铣刀始终为点接触。这类零件在数控铣床的加工中也较为常见，有时要用四坐标甚至五坐标联动数控铣床加工才能完成

四、数控铣床的主要工艺装备

1. 夹具

（1）夹具的重要性

机床夹具是工艺装备中的一个主要组成部分，在机械加工中占有重要位置。它对保证产品质量、提高生产效率、减轻劳动强度、扩大机床使用范围、缩短产品研发周期都具有重要意义，但它也是机械制造业的瓶颈。

（2）夹具的功能

1）夹具用来确定工件相对于刀具及机床的位置，以保证工件的加工精度。夹具使用可以不受操作工人技术水平的影响，使同一批工件的加工精度稳定、一致。

2）用夹具夹持工件，不需要划线、找正，方便、快捷，明显减少辅助工时。夹具可以提高工件的刚性，加大机床切削量。尤其使用多件、多工位夹具和辅助高效夹紧机构夹具，可大幅度提高生产效率。

3）夹具可扩大机床的使用范围，实现一机多能。

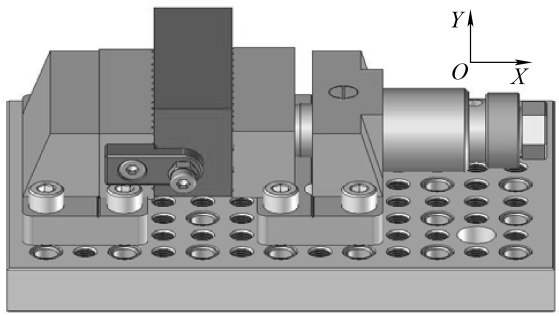
4）使用夹具可改善工人的劳动条件，保障生产安全。

（3）夹具的分类

1）按使用性质分类。按使用性质分，可分为车床夹具、铣床夹具、钻床夹具、镗床夹具、磨床夹具、齿轮加工夹具、钳工夹具、检测夹具、装配夹具等。

2）按夹紧动力源分类。按夹紧动力源分，可分为手动夹具和机动夹具两种，机动夹具又可分为气动夹具、液压夹具、电动夹具、磁力夹具、真空夹具等。下图为常用机用虎钳夹具和通用组合夹具。





组合夹具

需要全本请访问 www.ertongbook.com