

镗加工技术

TANGJIAGONG JISHU

边乃成

王明瑜

编

0.6

吉林科学技术出版社

镗加工技术

边乃成 王明瑜 编

责任编辑：滕少伍

封面设计：杨玉中

出版	吉林科学技术出版社	787×1092毫米32开本	7.25印张	155,000字
发行	吉林省新华书店	1988年3月第1版	1988年3月第1次印刷	
		印数：1—1,481册	定价：1.90元	
印刷	吉林省工商联印刷厂	ISBN 7-5384-0164-4 / TG·1		

内 容 提 要

镗床是一种多功用金属切削机床，镗加工也是必不可少的一种精密的基础机械加工技术。

本书结合一些实例对镗床及镗加工应用数学基础、工艺、加工技术和镗床的多种功用做了全面系统的叙述，内容通俗，具有实用性。

本书适于镗工学习之用，也可供机械设计及工艺人员参考。

前 言

镗床是一种精密的多功用机械加工工作母机。它广泛地应用在机械制造、汽车、航空、仪器仪表及其它一些工业部门，特别是在机床、夹具、模具等机械加工中应用更为广泛。

本书从镗床的概述、镗加工应用数学基础、工艺要求、镗加工程序、刀具、镗床的多种功用及淬火模具的镗加工等几方面，结合加工实例，叙述了镗床的有关概念、镗加工工艺安排及操作技术的实施。内容实际、通俗易懂、适于自学。

本书可供镗工自学之用，也可做镗工的培训教材，对于机械设计及工艺等有关工程技术人员也有一定的参考价值。

本书经长春第一汽车制造厂戴成泰同志校阅，在此谨表谢意。

由于我们水平有限，错误在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 镗床概述	1
一、镗床及其用途	1
二、镗床的分类及结构布局	2
1. 镗床的分类	2
2. 镗床结构布局及其比较	3
三、坐标镗床的坐标精度控制——坐标测量系统	5
1. 精密丝杠坐标测量系统	7
2. 刻线尺——光电测量系统	10
3. 极坐标精度控制——分度转台	12
四、国产镗床型号编制方法	13
五、国产镗床主参数及性能	14
六、镗床发展概况	18
第二章 镗加工应用数学基础	20
一、三角学基础知识	22
1. 三角函数及常用公式	22
2. 解三角形	24
二、平面直角坐标与极坐标	26
1. 基本概念	26
2. 坐标变换	29
三、球面三角学的基本知识	35
1. 基本概念	35
2. 球面三角形的基本性质	38
3. 球面三角形的基本定理	38
四、空间角计算	40
1. 基本概念	40

2. 空间复合角的计算	44
第三章 镗加工对工件的工艺要求	51
一、镗加工工件必备的工艺基准条件及基准选择原则	51
1. 基准的一般概念	51
2. 基准选择的一般原则	54
二、镗加工范围及待镗加工工件的加工余量	57
1. 限定镗加工范围及选留镗加工余量的必要性	57
2. 镗加工范围及加工余量的一般规定	58
3. 选留镗加工余量时的一些特殊情况的处理	59
三、工艺孔的选择及计算	61
1. 基本概念	61
2. 工艺孔的选择	63
3. 工艺孔的计算	65
第四章 工件在镗床上的夹紧及坐标定位	72
一、工件的夹紧	72
1. 自由度及自由度的限制	72
2. 夹紧元件	73
3. 工件的夹紧	80
二、工件的定位	83
1. 常用定位工具及使用常识	83
2. 几种基本的找正和定位方法	93
第五章 镗工常用刀具	109
一、镗刀	109
1. 镗刀的几何参数及切削受力分析	109
2. 镗刀几何参数的变化对切削及镗加工质量的影响	112
3. 镗头用镗刀的组成及几何参数的选择	117
4. 镗杆及镗杆用镗刀	121
5. 特殊镗刀	124

6. 镗刀的修磨	127
二、钻头	128
1. 麻花钻的组成及顶角的选择	128
2. 钻削用量的选择	130
3. 钻孔常见故障及原因分析	132
4. 钻头的修磨	133
三、铰刀	134
1. 铰刀的分类	135
2. 选择使用铰刀时的注意事项	135
第六章 镗孔	138
一、镗孔程序	138
1. 工件定位后的坐标计算	138
2. 孔的粗加工	143
3. 孔的精镗加工	147
二、孔的测量	149
1. 几种量具的选用	149
2. 内径卡尺摆动测量法	150
三、镗孔切削用量的选择	152
1. 影响切削速度的因素及切削速度与进给量的选择	152
2. 主轴转速的选择	154
四、切削液的选择与使用	155
五、影响镗孔质量的因素及克服方法	157
1. 切屑瘤	157
2. 震动	159
六、镗加工实例	160
1. 弧面（非正圆）加工	160
2. 飞刀体的镗加工	167
第七章 铣削	181
一、铣刀	181
1. 铣刀的种类及刀具材料	181

2. 铣刀的几何参数	182
二、铣削	185
1. 铣削用量	185
2. 顺铣及逆铣	189
三、在镗床上的铣削加工	192
1. 铣削过程	192
2. 铣加工时应注意的几个问题	193
3. 工件的定位与检查	193
四、铣加工常见故障及排除	197
第八章 镗床的其它功用	199
一、零件的测绘	199
二、外圆柱面的车削	199
三、螺纹孔的加工	201
四、曲线的坐标冲点	202
五、锥孔的镗加工	203
1. 嵌套法	203
2. 铰制锥孔	204
3. 镗制锥孔	204
六、刻线	207
1. 使用弹簧顶尖刻线	207
2. 刻线器及其使用	208
第九章 冲模制造中坐标镗床的应用	213
一、坐标镗床在冲孔模具制造中的作用	213
二、淬火工件的特点对镗加工的影响及消除	214
1. 淬火工件的特点对镗加工的影响	214
2. 淬火工件对镗加工不利因素的克服	215
三、淬火工件的镗加工余量	220
四、淬火工件的深孔加工	221

第一章 镗床概述

一、镗床及其用途

镗床是加工以直角坐标或极坐标确定位置的孔及孔系的金属切削机床。镗床应用精密块规及百分表装置或坐标测量系统来保证被加工工件上的孔与孔、孔与面、以及面与面相关位置的高精密度要求（孔与孔、孔与面或面与面的距离以及孔与孔的同轴度允差可保证在 $\pm 0.005 \sim 0.05\text{mm}$ 之内；孔的轴线之间或孔与平面及平面与平面相交角度精度可达 $4'' \sim 8''$ ）；保证被加工孔的几何精度要求及表面质量（一般可达 $\nabla 6 \sim \nabla 7$ ）。

有许多的机械零件，例如精密的测量仪器、箱体零件、钻模、镗模、夹具、冲模、产品的校准件以及其它的一些机械零件，要在镗床上进行加工。因此，镗床广泛地应用于机械制造、汽车及航空工业、仪器仪表及其它一些工业部门。

在镗床上可以进行镗孔（包括图 1—1 所示的各种工序加工要求）、零件的测量、样板曲线的坐标冲点、圆周或直线的任意等分的精密刻线等工作。所以，镗床也是一种用途比较广泛的工作母机，是现代化工业生产中必不可少的精密加工设备。

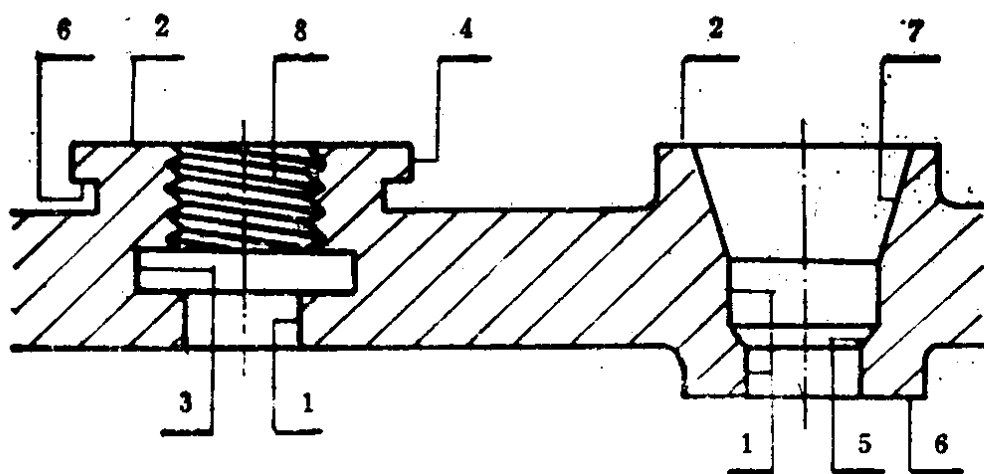


图1—1 在镗床上可进行的几种工序加工

- | | | | |
|-------|--------|---------|--------|
| 1. 镗孔 | 2. 车端面 | 3. 切空刀槽 | 4. 车外圆 |
| 5. 倒角 | 6. 车底面 | 7. 镗锥孔 | 8. 车螺纹 |

二、镗床的分类及结构布局

1. 镗床的分类

目前，国内外生产的镗床种类繁多，但就其使用特点、精度、自动化程度等几方面的不同，可大致分为以下四类：

普通镗床；

专用镗床；

坐标镗床；

自动换刀数控镗（铣）床。

其中，普通镗床系指一般卧式及立式镗床、落地镗床、镗铣床、转塔式镗（钻、铣）床。此类镗床坐标控制多由百分表测杆装置及块规来实现，通常用于机床箱体、尾座及较大设备本体的孔及端面加工或做为精密工件镗加工中一次

镗设备。这类镗床控制精度较低（0.02~0.1mm 之间）。目前，有些厂家在这类镗床上装置刻线尺及光学读数头，从而大大提高了机床定位精度，扩大了加工使用范围。

专用镗床多使用于汽车、拖拉机等大工业生产中。如：金刚镗床多用于发动机活塞销孔加工。此外，专用镗床还包括镗缸机、主轴瓦镗缸机、深孔钻镗床、连杆瓦镗缸机等。此类镗床可保证被加工孔的几何形状及表面质量的高精度要求（孔径公差可控制在0.002~0.005mm，表面光洁度可达▽8）。

坐标镗床以其高精密的坐标测量系统、主轴部件及其它主要部件的良好材质、完美的制造工艺所保证的足够的刚度及精度稳定性保证了坐标镗床使用精度高的要求。它多用于冲、夹、模、量具及校准件的制造中，也适用于新产品的试制加工。因此，坐标镗加工是衡量一个国家的机械加工水平和能力的一个重要标志。它的坐标控制精度可达0.002~0.01mm，角度误差在3"~10"之间。

自动换刀数控镗铣床在工厂里通常被叫做“加工中心”。它具有高精度、高效、自动化等特点，具有自动换刀及程控机能，能自动完成零件的转位及定位、主轴转速和进给量的变换。因此，工件一次装夹，就可以完成多面的铣、镗、钻孔、扩孔、铰孔或攻丝等多种工序加工。应用自动换刀机床可节省大量工艺装备、缩短生产准备周期及辅助生产时间，确保工件加工质量，提高生产效率（机动切削时间可达机床开动时间的75~85%）。

2. 镗床结构布局及其比较

镗床的结构布局形式较多，一般可以分为如下几类：就

床身结构来说，有单柱、双柱之说；就主轴工作位置来说，有立式、卧式之分；就主轴数量来说，有单轴、双轴之分。此外，还有升降台式、桥式、摇臂式、T型床身式、主轴轴向固定式等多种布局的变化。

各种形式的布局都有一定的特点。由于单柱式镗床的工作台三面敞开，两个坐标方向的移动控制机构及坐标测量装置都可以集中在机床前面一个部位，所以操作比较方便。由于这类镗床布局容易，结构也比较简单，因此，单柱式特别适用于中、小型镗床。这是目前应用比较广泛的一种布局形式。但是，由于这类镗床的两个坐标方向的定位大多数都要由工作台的移动来完成，这样，就不得不在工作台和床身之间增加一个溜板，因而削弱了床身和工作台的系统刚性。随着工作台尺寸的增大，主轴中心远离立柱，使得悬臂伸长，而不得不设法改善立柱及床身的刚性来保证主轴精度，因此，较大规格的镗床多采用双柱式。昆明机床厂生产的T4163型坐标镗床、上海第三机床厂生产的TK4145型二坐标数控镗床及中捷友谊厂生产的T68卧式镗床都是单柱式镗床。

双柱式镗床比单柱式镗床有如下优点：（1）双柱框型结构有利于主轴承受较大切削力；（2）由于减少了一层溜板而增加了床身工作台的系统刚度，主轴悬伸小，对精度有利；（3）对同一作业面积（工作台移动距离 $\times$ 主轴箱或溜板移动距离）来说，双柱式镗床占地面积小。但是，双柱式镗床的制造工艺要求较高。目前，大多数中、大型镗床都采取双柱式结构布局。我国昆明机床厂生产的T42200型及沈阳中捷友谊厂生产的T4263坐标镗床都属双柱式。

卧式镗床的最大优点是可利用精密分度转台进行高效调头（回转）加工，同时，工件的装夹也比较方便。因此，卧

式镗床特别适用于箱体零件的加工。北京第二机床厂就生产T4663型卧式坐标镗床(单立柱卧式),瑞士迪克锡(DIXI)厂生产的75M型卧式坐标镗床则属于双立柱式镗床。采用双立柱式是为了保证主轴箱在升降移动时的平稳性,而增大系统刚度。卧式镗床与立式镗床相比的一个主要缺点是镗杆及刀具系统下垂,对零件加工质量产生不良的影响。现在,已出现固定主轴卧式镗床,它没有镗杆移动机构或采用套筒式主轴(这种套筒不起机动进给,只起主轴悬伸长度的调整作用)。固定主轴结构卧式镗床有如下优点:(1)它可以提高主轴系统刚度,有利于进行高效率加工;(2)工作台或立柱沿床身导轨移动进给有利于保证被加工孔的圆柱度要求;(3)便于使用定长刀具,保证轴向尺寸,便于实现数控。

双轴坐标镗床(双柱式)保证两主轴轴线在同一平面($X=0$)内,并且,其轴线间垂直度与相交度可保证在 $0.003\sim 0.005\text{mm}$ 之内。因而双轴坐标镗床有如下优点:(1)扩大了机床的使用范围,可兼做立式和卧式镗床;(2)工件一次装夹就可以加工顶面及侧面的面或面上的孔,因而在工件的坐标定位及加工中操作方便,并且避免了工件的重复装夹对加工质量的影响,同时也提高了机床的加工效率。但是,此类镗床制造工艺水平要求较高。目前,中国(昆明机床厂生产T422100型双柱双轴坐标镗床);瑞士、捷克等一些国家都可以制造该类镗床。

三、坐标镗床的坐标精度控制—— 坐标测量系统

普通通用镗床的坐标控制依靠高精度块规及百分表测量

装置。而坐标镗床对被加工零件上的孔、面相互间尺寸距离及相关位置公差的高精密度要求的保证，首先依赖于坐标镗床结构的技巧、各主要部件间的相关位置的严谨精度、构件的极好刚性及精度保持性。而对机床精度的提高及实现自动化，则在很大程度上取决于所采用的坐标测量系统。近三十年来，随着光刻、光栅、激光应用等新技术的发展及数控机床的日益完善，应用于坐标镗床的坐标测量系统也越来越丰富多样。目前，已发展有精密丝杠；电感应丝杠（或齿条）；玻璃或金属刻线尺，光屏或光电瞄准；光栅；感应同步器；磁尺；绝对码尺和激光干涉仪等。其中除电感应同步器、磁尺系统的定位精度较低以外，各测量系统都可以达到相当的精度水平（一般可达 $3\mu\text{m}/1000\text{mm}$ ）。这些坐标测量系统的用途相同，它提供了使主轴轴线与工件上待加工孔的位置准确重合的方法。现在，将各类测量系统的精度水平比较如表1—1所示。

表1—1 各类坐标测量系统精度水平比较

测量系统	元件精度 ($\mu\text{m}/\text{mm}$)	制 造 厂	代表产品	定位精度 ($\mu\text{m}/\text{mm}$)
光屏一刻线尺 (或玻璃尺)	1~1.5/1000	瑞士西浦 Sip	Sip6A	3/1000
光瞄准刻线尺		日本三井精机	6BN	5/1000
精密丝杠 (不加校正尺)	1/450	美国莫尔 Moore	Nº5	2.3/600 3.8/1200
电感应系统		苏联奥德萨	2Б420	3/320

测量系统	元件精度 ($\mu\text{m}/\text{mm}$)	制造厂	代表产品	定位精度 ($\mu\text{m}/\text{mm}$)
光 栅	5/1000	昆明机床厂	T42200	10/3000
	$\pm 1/1000$	西德海登海茵	LB151—D	3/1000
感应同步器	$\pm 1/250$	瑞士西浦	Sip6R (加校正尺)	3/1000
磁 尺		日本深涅	和井田 JBM—40D	4/500
激光干涉系统		根据美国 PerKin— ELmer图纸 制造	日本津上 JB5L	2—3/1000
电限位系统		美国P & W	4EA	2.5/1000

这里仅对精密丝杠坐标测量系统、刻线尺光电测量系统及分度转台简单介绍如下：

1. 精密丝杠坐标测量系统

精密丝杠坐标测量系统是一种依靠精密丝杠、螺母实现工作台（拖板）或主轴箱的进给，并达到高精度坐标定位的坐标测量系统。使用精密丝杠定位是一种机械定位方式。丝杠测量系统大致有两种形式：一是靠丝杠的极高的精确度及其在机床上的准确安装来保证定位测量的准确；另一种则是依靠金属校正尺来修正丝杠在制造与安装中所产生的定位误差。

（1）不加校正尺的丝杠测量系统

过去人们曾普遍认为丝杠测量元件有两个致命的弱点

——精度不高、寿命短。但是，美国莫尔（Moore）公司所生产的丝杠，在不加校正装置的情况下，精度可以和刻线尺媲美，使用十年后，精度损失不大于 $1.5\mu\text{m}$ 。以Modle No 3 Moore坐标镗床标准丝杠为例，由于下述原因——高的放大倍率（150:1）；导向套内孔与氮化的丝杠支承经淬硬、磨削、研磨，均达到环规及塞规的测量公差精度，使得最终的配合间隙（油膜所需的最小空隙）达到max: $3.7\mu\text{m}$ 、lim: $2.5\mu\text{m}$ ；螺母经过刮研确保与丝杠的精密配合；不平度及垂直度都研磨到 $0.12\mu\text{m}$ 的支承面上的推力轴承的滚珠的公差均为 $0.12\mu\text{m}$ ，以消除丝杠的摩擦和窜动；确保精密的安装，使得目前莫尔丝杠的最高精度水平（包括周期和累积误差在内）达到 $0.6\mu\text{m}/450\text{mm}$ 。由于莫尔丝杠是采用优质氮化合金钢制造的，并且经过氮化处理及良好的加工工艺流程，使得丝杠表面硬度达HRC75以上，因此，有相当高的使用寿命。

（2）带校正尺的丝杠测量系统

多数坐标镗的丝杠测量系统带有金属校正尺。昆明机床厂生产的T4240坐标镗床就采用带校正尺的丝杠测量系统。这类机床的定位精度可达 $\pm 10\mu\text{m}/1000\text{mm}$ 。图1—2是一个校正装置示意图。丝杠1的一端装有一个刻度盘3，并且配合有一个读数精度为 $1\mu\text{m}$ 的游标度盘2。由于弹簧4的作用，使游标盘的臂压住固定在轴6上的摆杆5。校正尺7固定在工作台的侧面，当工作台移动时，校正尺的工作曲面便压动固定在轴6上的触头8，使得摆杆对于校正尺曲面的变化做相应的摆动，并推动游标度盘臂，使游标回转，达到校正丝杠螺距的误差。

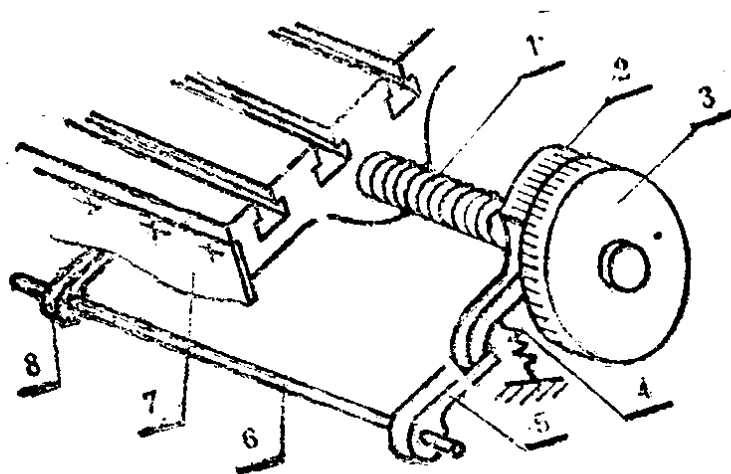


图 1-2

校正尺是根据丝杠轴向尺寸的实际误差配制的。譬如，校正装置的放大倍率为1:100，使用块规或其它测量仪器测得丝杠某处的轴向累计误差为 $+20\mu\text{m}$ ，那么，对应于该处的校正尺处，将在校正尺的“0”位线下修掉2 mm（如图1—3）。这项工作是在把校正尺固定在工作台上之后进行的。移动工作台到不同的位置，并反复地测定和修正校正尺的工作曲线，而最终达到该系统的定位精度要求。用同样的方法，在机床定位精度丧失时，也可以进行校正尺的修正，恢复丝杠测量系统的定位精度。

这类定位机构也大量地使用在丝杠车床、长度刻线机等要求控制直线距离尺寸精度的机床上。

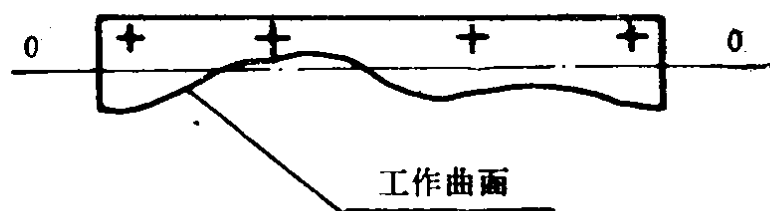


图 1-3