

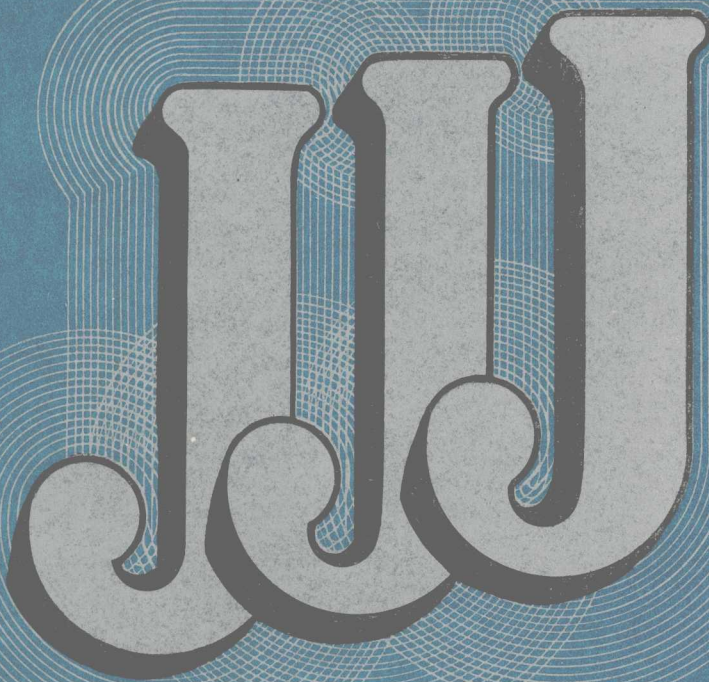
国家机械工业委员会统编

中级镗铣工工艺学

(镗工适用)

机械工人技术理论培训教材

JIXIE GONGREN JISHULILUN PEIXUN JIAOCAI



机械工业出版社

机械工人技术理论培训教材

中级镗铣工工艺学

(镗工适用)

国家机械工业委员会统编



机械工业出版社

全书共分七章,对镗床的基本加工方法和孔系加工作了比较详细的介绍,对坐标镗床的加工作了较详细的叙述,对镗床的铣削加工和其它特殊加工也作了必要的介绍,并对坐标镗床和卧式镗床的结构、传动系统作了详细的介绍,还增加了加工实例分析,可供镗工在实际工作中参考。为便于学习,在各章后均附有复习题。

本书由上海第三机床厂周昌锐、俞得权,上海公路机修厂姚玉琴同志编写。由上海市劳动局第三技校高霖、赵庆港审稿。

中级镗铣工工艺学

(镗工适用)

国家机械工业委员会统编

*

责任编辑:陈 萱 版式设计:胡金瑛

封面设计:林胜利 方 芬 责任校对:李广孚

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

机械工业出版社发行·新华书店经销

*

开本 $787 \times 1092^{1/8}$ · 印张 $7^{3/8}$ · 字数 160 千字

1988年10月北京第一版·1988年10月北京第一次印刷

印数 00,001—15,400 · 定价:2.80元

*

ISBN 7-111-01123-6/TG·274

本工种需学习下列课程

初级：机械识图、金属材料及热处理基础、电工常识、量具与公差、机械传动、初级镗铣工工艺学（镗工适用）*

中级：数学、机械制图、金属切削原理与刀具、机制工艺基础与夹具、中级镗铣工工艺学（镗工适用）*

高级：机械制造工艺学、机构与机械零件、液压传动、机床电气控制、高级镗铣工工艺学（镗工适用）*

为便于企业开展培训，国家机械工业委员会教育局和机械工业出版社还组织编写出版了与以上教材配套的习题集，并摄制出版了电视教学录像片（带*者暂未摄制）。

前 言

1981年,原第一机械工业部为贯彻落实《中共中央、国务院关于加强职工教育工作的决定》,确定对机械工业系统的技术工人按照初、中、高三个阶段进行技术培训。为此,组织制定了30个通用技术工种的《工人初、中级技术理论教学计划、教学大纲(试行)》,编写了相应的教材,有力地推动了“六五”期间机械行业的工人培训工作,初步改变了十年动乱造成的工人队伍文化技术水平低下的状况,取得了比较显著的成绩。

鉴于原机械工业部1985年对《工人技术等级标准(通用部分)》进行了全面修订,原教学计划,教学大纲已不适应新《标准》的要求,而且缺少高级部分;编写的教材,由于时间仓促、经验不足,在内容上存在着偏深、偏多、偏难等脱离实际的问题。为此,原机械工业部根据新《标准》,重新制定了33个通用技术工种的《机械工人技术理论培训计划、培训大纲》(初、中、高级),于1987年3月由国家机械工业委员会颁发,并根据培训计划、大纲的要求,编写了配套教材149种。

这套新教材的编写,体现了《国家教育委员会关于改革和发展成人教育的决定》中对“技术工人要按岗位要求开展技术等级培训”的有关精神,坚持了文化课为技术基础课服务,技术基础课为专业课服务,专业课为提高操作技能和分析解决生产实际问题的能力服务的原则。在内容上,力求以

IV

基本概念和原理为主，突出针对性和实用性，着重讲授基本知识，注重能力培养，并从当前机械行业工人队伍素质的实际情况出发，努力做到理论联系实际，通俗易懂，具有工人培训教材的特色，同时注意了初、中、高三级之间合理的衔接，便于在职技术工人学习运用。

这套教材是国家机械工业委员会委托上海、江苏、四川、沈阳等地机械工业管理部门和上海材料研究所、湘潭电机厂，长春第一汽车制造厂、济南第二机床厂等单位，组织了 200 多个企业、院校和科研单位的近千名从事职工教育的同志、工程技术人员、教师、科技工作者及富有生产经验的老工人，在调查研究和认真汲取“六五”期间工人教材建设工作经验教训的基础上编写的。在新教材行将出版之际，谨向为此付出艰辛劳动的全体编、审人员，各地的组织领导者，以及积极支持教材编审出版并予以通力合作的各有关单位和机械工业出版社致以深切的谢意！

编好、出好这套教材不容易；教好、学好这些课程更需要广大职教工作者和技术工人的奋发努力。新教材仍难免存在某些缺点和错误，我们恳切地希望同志们在教和学的过程中发现问题，及时提出批评和指正，以便再版时修订，使其更完善，更好地发挥为振兴机械工业服务的作用。

—国家机械工业委员会
技工培训教材编审组

1987 年 11 月

目 录

前言

绪论	1
----------	---

第一章 镗削的基本加工方法	3
---------------------	---

第一节 镗削加工的基本方法	3
---------------------	---

第二节 工件的定位与夹紧	9
--------------------	---

第三节 孔系加工中镗床主轴的定位	20
------------------------	----

第四节 镗削加工原则	25
------------------	----

第五节 镗削加工方法对工件质量的影响	27
--------------------------	----

复习题	30
-----------	----

第二章 镗床的孔系加工	32
-------------------	----

第一节 箱体零件的特征	32
-------------------	----

第二节 孔系的镗削加工	35
-------------------	----

第三节 孔系零件的精度检测	44
---------------------	----

复习题	51
-----------	----

第三章 镗床的铣削加工	52
-------------------	----

第一节 镗床铣削加工的基本知识	52
-----------------------	----

第二节 镗床的铣削加工	57
-------------------	----

第三节 铣削用量的基本概念	71
---------------------	----

第四节 镗床铣削加工的质量分析	74
-----------------------	----

复习题	76
-----------	----

第四章 镗床的其它加工	78
-------------------	----

第一节 镗床的螺纹加工	78
-------------------	----

第二节 槽加工	96
---------------	----

VI

第三节	镗床的外圆加工	103
复习题		118
第五章	坐标镗床的加工	119
第一节	坐标镗床的分类与定位系统	119
第二节	坐标镗床的刀具和工具	126
第三节	在坐标镗床上加工工件	139
第四节	坐标镗床加工的质量分析	158
复习题		159
第六章	镗床	161
第一节	机床型号的编制	161
第二节	镗床系列的分类	164
第三节	T 68卧式镗床	170
第四节	T 4145坐标镗床	189
第五节	镗床精度的维护	206
复习题		215
第七章	多孔槽块镗削加工实例分析	217
第一节	多孔槽块的加工工艺	217
第二节	多孔槽块加工精度的检测和加工缺陷的分析	225

绪 论

随着现代化机器向高速、高效和高精度发展，对机械零件的精度要求越来越高，其结构日趋复杂，特别是多孔系的箱体和复杂零件的出现，为镗削加工开创了新的研究课题。这些零件不仅孔的尺寸精度要求比较高，而且还有形状精度和孔系之间的相互位置精度要求。特别由于近几年来，电子仪表工业，精密机械和空间技术的崛起，自瑞士研制出世界上第一台简易坐标镗床以来，促使坐标镗床沿着高精度，高自动化的方向迅速发展，与此同时，我国的镗床制造业无论在品种、系列和镗削技术方面都得到日新月异的发展。为我国的镗床制造业发展打下了坚实的基础。

镗工工艺学为进一步适应我国镗床工业的发展，提高镗工的加工水平，不断去探索新的镗削机理和加工实践，进一步提高镗工的镗削加工水平和分析能力。通过学习，应达到如下要求。

- 1) 了解和掌握镗削的基本类型和加工方法。
- 2) 进一步了解镗削的加工原理。
- 3) 掌握箱体类零件的孔系加工和较复杂零件的加工，并能进行质量分析。
- 4) 掌握坐标镗床的加工和计算。
- 5) 掌握在镗床上进行铣削加工和其它特殊加工。
- 6) 全面了解镗床的结构和传动关系。

镗工工艺学是一门实践性很强的应用学科，正在不断地

从理论和实践上得到发展，学习时必须理论联系实际，可结合本单位的生产实践，总结、补充好的加工经验，同时，还可结合生产实例进行教学，以便进一步诱发学员的创造力。

工本基

工本基

工本基

工本基

第一章 镗削的基本加工方法

第一节 镗削加工的基本方法

一、镗削加工方法

由于镗削工件的大小、形状各不相同，所以镗削加工的方法也不同，从总体上来说，加工方法一般可分为下面几种：

按机床的运动来分，可分为悬伸镗削和支承镗削。

按镗刀的主刀刃来分，可分为单刃镗削和双刃镗削。

按加工孔的多少来分，可分为单孔镗削和孔系镗削。

这里主要从镗床运动的角度来阐述悬伸镗削和支承镗削的利弊关系。

1. 悬伸镗削法

使用悬伸的单镗刀杆（以下简称镗杆），对中等孔径和不穿通的同轴孔径进行镗削，这种加工方法通常称悬伸镗削法。悬伸镗削是镗床的主要加工方式，随着镗床精度的提高，目前无后立柱、短床身镗床和刨台式镗床日益增多，还有数控镗床、数控镗铣床等，其加工方式差不多都采用悬伸镗削。

悬伸镗削法根据机床的进给方式不同，又可以分为主轴进给和工作台进给两种，见图 1-1。

主轴送进如图 1-1 所示有三种情况：图 a 为长镗杆，加工过程中镗杆不调换；图 b 为短镗杆，加工过程中调换镗杆，先短后长；图 c 为短镗杆，加工过程中调换镗杆，并加导

悬伸镗削法

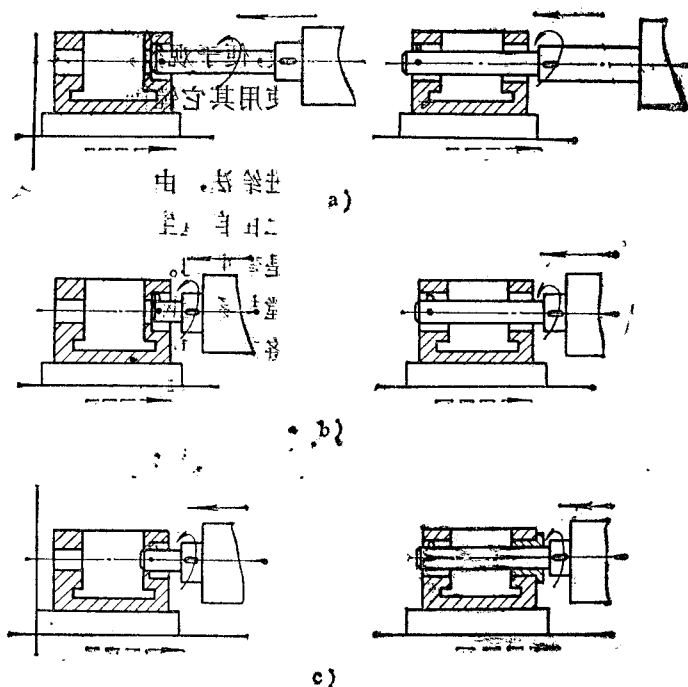


图1-1 悬伸镗削法

套。

工作台进给如图 1-1 虚线所示，也有相对应的三种情况。

悬伸镗削法的特点：

1) 悬伸镗削法镗削的主要对象是单孔和孔轴线不太长的同轴孔的加工。

2) 由于悬伸镗削所使用的镗杆通常刚性较大，切削速度的选择可高于支承镗杆镗削，可提高生产效率。

3) 在悬伸镗杆上安装单刃镗刀及镗刀块较方便, 调整刀具方便且省时。

4) 采用悬伸镗削由于入口宽敞, 便于观察, 并可使用各种通用精密量具, 能保证质量, 比使用其它镗削方式加工能节约较多的辅助时间等。

5) 悬伸镗削中, 特别是主轴进给法, 由于镗杆(镗床主轴)不断伸出, 主轴在不同位置上由自重产生的挠度也不同, 因而加工出的同轴孔径的轴线是弯曲的。

6) 由于主轴的不断伸出, 在镗杆系统刚性不强的情况下, 在切削力作用下, 伸长的镗杆产生弹性变形, 这样将严重影响孔在轴线方向的形状精度, 产生圆柱度误差。

2. 支承镗削法

当箱体上的同轴孔轴线较长或者孔径特别大, 又都是穿透的孔时, 采用悬伸镗削法无法加工, 或是镗杆所产生的挠度值超过一般工件的加工要求, 此时, 通常使用支承镗杆架于尾架的套筒内进行镗削, 这种镗削方式叫支承镗削法, 见图 1-2。

支承镗削法也有三种情况: 图 a 为工作台进给加工同轴孔系, 主轴和镗杆的悬伸长度不变, 由于两支承点间的距离很长, 镗杆要伸出很长, 至少要超过被加工孔长的两倍; 图 b 为工作台进给加工同轴孔系时, 只用一根不太长的镗杆, 镗杆上有两处与孔相对应的装刀方槽, 镗好一孔后须重新装刀再镗另一孔; 图 c 为主轴进给加工同轴孔系, 主轴和镗杆悬伸量随着主轴伸出长度的增加使镗杆的工作长度相对缩短。

支承镗削法的特点是:

1) 与悬伸镗削法相比, 大大增强了镗杆的刚性。

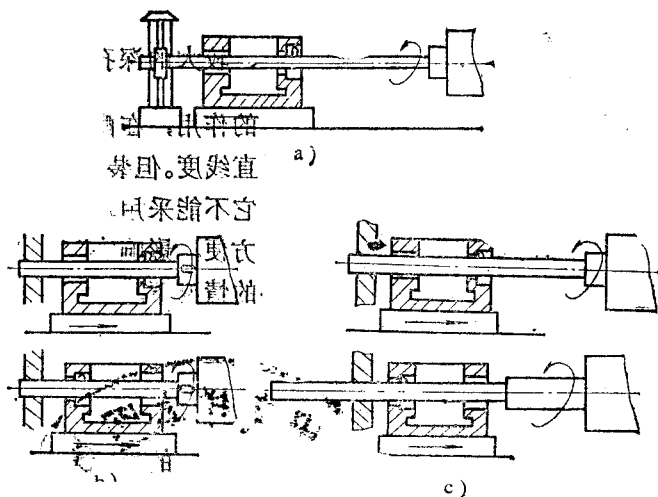


图1-22 支承镗削法

2) 能确保加工质量。

3) 适合同轴孔系的加工。加工精度较高。

4) 安装镗刀较麻烦、费时，不易观察加工情况。

3. 悬伸镗削与支承镗削的比较

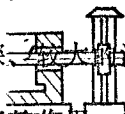
从以上所述可知，悬伸镗削和支承镗削各有利弊，但悬伸镗削与支承镗削相比具有以下特点：

1) 可以广泛用来加工机体、壳体类工件上直径大的浅孔或同轴孔系的端面孔。

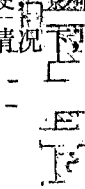
2) 由于不受镗杆支承架轴承对镗杆旋转速度的限制，故可提高镗削用量，尤其是可以提高镗削速度，因此生产效率较高。

3) 由于悬伸镗削大部分是加工工件的端面孔，操作区域宽敞，调整刀具较方便，试镗、测量等操作较直观、方便。

支承镗削法虽然对于加工较深、较大的深孔($\frac{L}{d} > 10$)和



孔间距较大的同轴孔系能发挥良好的作用，在配合间隙调整恰当的情况下，可获得较高的孔系直线度。但装卸，调整镗刀等较悬伸镗削麻烦、费时。再者，它不能采用端镗工具和通用量具，在加工过程中，观察也不方便，影响了加工范围的扩大。因此，在工艺系统刚度足够的情况下，一般多采用悬伸镗削法。



二、孔系的镗削加工方法

1. 镗刀镗孔

用镗刀镗孔是孔的镗削加工中最主要的加工方法。特别适用于单件、小批生产。用镗刀镗孔可以纠正由于钻孔、扩孔而留存的各种偏差，而且还能保证孔距间的坐标尺寸。如果镗孔作为最后精加工工序，事先还必须进行半精镗，并应在半精镗后留有合适的余量，供最后精加工使用。

使用硬质合金刀头的短镗杆精镗，并且使用高的切削速度和小的进给量，能获得良好的孔形精度和较细的表面粗糙度，实践证明，精镗后的表面（由于刀痕、振动等原因）波峰最高点和波谷最低点间的高度比粗镗、铰削要小，因而精镗比粗镗和铰孔时的表面粗糙度要细。

还必须指出，在用镗刀镗孔时，切削深度不宜过小（一般不低于 0.1mm），进给量也不易过小（一般不低于 0.03 mm），如果两者过小的话，镗刀头的切削部分不是处在切削状态，而是处在摩擦状态，这样容易使刀头磨损，从而使镗削孔的尺寸精度和表面粗糙度达不到要求。

由于镗刀镗孔具有下述许多优点，所以被广泛使用。

1) 加工工艺性广。能加工扩孔钻、铰刀所不能加工的

孔，如盲孔、阶梯孔、交叉孔等。

2) 加工精度高，表面粗糙度较细，并能保证孔的形状和位置精度。

3) 使用硬质合金刀片，能够进行高速切削、生产效率高。

但用镗刀镗削工件时，调整刀具和对刀时间较多。

在镗床精度良好的前提下，孔的尺寸精度可达 IT7~IT6；孔的同轴度可达 0.015~0.05mm；孔的位置度可达 $\pm 0.025 \sim \pm 0.05\text{mm}$ ；孔表面粗糙度为 $Ra3.2 \sim 1.6\mu\text{m}$ 。

2. 浮动镗刀镗孔

其工作原理是：在工作时，镗刀块无须固定在镗杆上，使镗刀块能在镗杆上的精密方孔槽内滑动。在镗削过程中，刀具靠两边对称的切削刃上的径向分力来达到自动平衡，即在所加工的孔中能自动定心、定位。与一般铰刀铰削相比，可弥补镗刀杆径向圆跳动所引起的偏差，所以，浮动镗刀镗孔能获得良好的孔形精度和较细的表面粗糙度。浮动镗刀磨损后，可以调整刀具来进行补偿。所以，它是镗削加工的精加工工具，生产中应用很广。

浮动镗刀镗孔精度一般可达 IT7~IT6，表面粗糙度可控制在 $Ra1.6 \sim 0.8\mu\text{m}$ ，最细时表面粗糙度可达到 $Ra0.4\mu\text{m}$ 。

浮动镗刀镗孔时的切削深度（即精镗余量）一般为 0.05~0.1mm。实践经验证明，在工艺系统刚性良好的情况下选用 0.05mm，此时扩张量为 0~0.01mm，表面质量较好。进给量一般取 $f = 0.3 \sim 0.7\text{mm/r}$ 镗削速度 v 采用 8~12r/min。

但是，用浮动镗刀镗孔不能校正孔的位置误差，如孔的偏移，扭曲，平行度误差，垂直度误差等。所以在浮动精镗

前，工件孔必须满足下列基本技术要求：

1) 孔的直线度要好，表面粗糙度控制在 $Ra3.2\mu\text{m}$ (相当于旧标准 $\nabla 5$) 左右，并且要求孔壁上不允许有走刀波纹。

2) 浮动精镗余量不能太大，一般控制在 $0.06\sim 0.12\text{mm}$ 之内。

第二节 工件的定位与夹紧

一、工件的定位

1. 定位原理

每个镗削工件在空间的位置，可以沿上下、左右、前后三个相互垂直的轴线移动，也可沿这三个相互垂直的轴线转动（即沿空间坐标轴 x 、 y 、 z 三个方向上的移动和转动）。工件在每一个方向上的移动或者转动就叫做工件的自由度，所以，每个镗削工件在空间共有六个自由度，要使工件具有完全确定的加工位置，就必须设法消除这六个自由度。

把镗削工件放在机床工作台或夹具的水平平面上，就相当于有三个点支承着，就消除了三个自由度（即一个移动和二个转动）。如果在工件的侧面上再增加两个支承点，则又可消除工件的二个自由度（即一个移动和一个转动）。最后只剩下工件一个前后移动的可能性，若在工件的后端面或前端面再增加一个支承点，则消除了工件前后移动的自由度。这样，工件的六个自由度都得到了限制，使工件具有确定的加工位置，这就是工件的六点定位原理。

一般说，具有三个支承点的平面称为主要定位面。但由于工件的平面（特别是毛坯平面和粗加工平面）不可能绝对平整，则要求主要定位面的三个支承点越远越好，这样，由于工件的自重作用，工件的稳定性好。因此，要选择工件上