



机械类

高级技工学校、技师学院教材
高级工培训教材

高级铣工工艺与技能训练



中国劳动社会保障出版社

机械类

高级技工学校、技师学院教材
高级工培训教材

高级铣工工艺与技能训练

人力资源和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

林姓高学研姓,姓学工姓姓高 类姓姓
林姓姓姓工姓高

图书在版编目(CIP)数据

高级铣工工艺与技能训练/何建民主编. —北京:中国劳动社会保障出版社,2009
机械类 高级技工学校、技师学院教材 高级工培训教材
ISBN 978-7-5045-7443-5

I. 高… II. 何… III. 铣削-技工学校-教材 IV. TG54

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第020074号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街1号 邮政编码:100029)

出版人:张梦欣

*

北京市朝阳区展望印刷厂印刷装订 新华书店经销

787毫米×1092毫米 16开本 21印张 497千字

2009年2月第1版 2009年2月第1次印刷

定价:35.00元

读者服务部电话:010-64929211

发行部电话:010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话:010-64954652

前言

进入 21 世纪以来,我国现代制造业迅速发展,随着技术创新和市场需要,对产品的加工工艺要求越来越高,但劳动者素质偏低,技能人才,尤其是高级技能人才匮乏已成为制约我国制造业发展的突出问题。为了解决这一矛盾,2005 年国务院颁发了《国务院关于大力发展职业教育的决定》,确立了“力争用 5 年时间,在全国新培养 190 万名技师和高级技师,新培养 700 万名高级技工,并带动中级和初级技能劳动者队伍梯次发展”的目标。

正是在这样的形势下,为推进我国职业教育建设,加强各类高素质高技能专门人才的培养,我们组织修订了 1999 年以来出版的高级技工学校教学及高级工培训的机械类教材,并在此基础上开发了一些新教材。本套教材包括《专业数学(第二版)》《机械制图(第二版)》《计算机应用技术》《极限配合与技术测量(第三版)》《机构与零件(第三版)》《液压技术(第三版)》《金属切削原理与刀具(第三版)》《机械制造工艺与装备(第二版)》《机床夹具(第三版)》《机床电气控制》《数控技术》《高级车工工艺与技能训练》《高级钳工工艺与技能训练》《高级铣工工艺与技能训练》《高级焊工工艺与技能训练》《模具制造工艺与技能训练》《高级机修钳工工艺与技能训练》《高级磨工工艺与技能训练》《高级冷作工工艺与技能训练》,以后我们还将陆续开发其他教材。

在这套教材的编写过程中,我们始终坚持了以下基本原则:

一是从生产实际出发,合理安排教材的知识和技能结构,突出技能性培养,摒弃“繁难偏旧”的理论知识。二是以国家相关职业标准为依据,确保在知识内容和技能水平上符合国家职业鉴定标准。三是引入新技术、新工艺的内容,反映行业的新标准、新趋势,淘汰陈旧过时的技术,拓宽专业技术人员的知识眼界。四是在结构安排和表达方式上,强调由浅入深,循序渐进,力求做到图文并茂。

本套教材的编写工作得到了湖南、江苏、广东、河北、黑龙江等省劳动和社会保障厅及有关学校的大力支持,在此表示衷心的感谢。

《高级铣工工艺与技能训练》的主要内容有：工艺系统和工艺准备，直线型表面典型工件铣削训练，开齿和特种螺旋槽铣削训练，孔系、型面和型腔类工件铣削训练，高速铣削和铣削难加工材料，齿轮类工件铣削训练，蜗杆、蜗轮和链轮铣削训练等。

本书由何建民主编，陈志毅参编，陈海魁主审。

人力资源和社会保障部教材办公室

2009 年 2 月

目 录

第一单元 工艺系统和工艺准备	(1)
课题一 工艺系统的误差及其对铣削加工的影响	(1)
课题二 铣床故障的判断和排除	(18)
课题三 铣刀的切削工作原理和刃磨技术	(35)
课题四 铣床夹具和自制夹具常识	(52)
课题五 万能分度头和光学分度头	(93)
第二单元 直线型表面典型工件铣削训练	(105)
课题一 平面和类平面工件铣削原理和加工示例	(105)
课题二 铣床上加工特形沟槽	(119)
课题三 大型轴件上铣键槽和键槽对称度的控制	(127)
课题四 直线型表面铣削质量	(136)
第三单元 开齿和特种螺旋槽铣削训练	(142)
课题一 圆柱面上开螺旋齿	(142)
课题二 端面开直齿和错齿三面刃铣刀开齿	(151)
课题三 铣床上加工特种螺旋槽和螺旋端面	(157)
课题四 工件圆锥面上开齿	(168)
第四单元 孔系、型面和型腔类工件铣削训练	(176)
课题一 铣床上镗孔系工件	(176)
课题二 铣床上加工模具型腔和方孔类工件	(188)
课题三 铣内圆弧和椭圆型腔类工件	(203)
课题四 铣削等速圆柱凸轮和非等速凸轮	(210)
第五单元 高速铣削和铣削难加工材料	(222)
课题一 高速铣削及其刀具	(222)

课题二	铣刀结构和可转位铣刀	(233)
课题三	加工难铣削材料及其刀具特点	(248)

第六单元 齿轮类工件铣削训练 (259)

课题一	圆柱齿轮铣刀和特种齿轮铣削技术	(259)
课题二	直齿锥齿轮及其特殊铣削形式	(263)
课题三	铣床上加工特种齿条	(271)
课题四	齿轮类工件的检验和测量	(277)

第七单元 蜗杆、蜗轮和链轮铣削训练 (296)

课题一	蜗杆和蜗轮的铣削	(296)
课题二	链轮铣削技术	(320)

第八单元 其他类工件铣削训练 (341)

(341)	.....	一、课题
(342)	.....	二、课题
(343)	.....	三、课题
(344)	.....	四、课题
(345)	.....	五、课题
(346)	.....	六、课题
(347)	.....	七、课题
(348)	.....	八、课题
(349)	.....	九、课题
(350)	.....	十、课题
(351)	.....	十一、课题
(352)	.....	十二、课题
(353)	.....	十三、课题
(354)	.....	十四、课题
(355)	.....	十五、课题
(356)	.....	十六、课题
(357)	.....	十七、课题
(358)	.....	十八、课题
(359)	.....	十九、课题
(360)	.....	二十、课题
(361)	.....	二十一、课题
(362)	.....	二十二、课题
(363)	.....	二十三、课题
(364)	.....	二十四、课题
(365)	.....	二十五、课题
(366)	.....	二十六、课题
(367)	.....	二十七、课题
(368)	.....	二十八、课题
(369)	.....	二十九、课题
(370)	.....	三十、课题
(371)	.....	三十一、课题
(372)	.....	三十二、课题
(373)	.....	三十三、课题
(374)	.....	三十四、课题
(375)	.....	三十五、课题
(376)	.....	三十六、课题
(377)	.....	三十七、课题
(378)	.....	三十八、课题
(379)	.....	三十九、课题
(380)	.....	四十、课题
(381)	.....	四十一、课题
(382)	.....	四十二、课题
(383)	.....	四十三、课题
(384)	.....	四十四、课题
(385)	.....	四十五、课题
(386)	.....	四十六、课题
(387)	.....	四十七、课题
(388)	.....	四十八、课题
(389)	.....	四十九、课题
(390)	.....	五十、课题
(391)	.....	五十一、课题
(392)	.....	五十二、课题
(393)	.....	五十三、课题
(394)	.....	五十四、课题
(395)	.....	五十五、课题
(396)	.....	五十六、课题
(397)	.....	五十七、课题
(398)	.....	五十八、课题
(399)	.....	五十九、课题
(400)	.....	六十、课题
(401)	.....	六十一、课题
(402)	.....	六十二、课题
(403)	.....	六十三、课题
(404)	.....	六十四、课题
(405)	.....	六十五、课题
(406)	.....	六十六、课题
(407)	.....	六十七、课题
(408)	.....	六十八、课题
(409)	.....	六十九、课题
(410)	.....	七十、课题
(411)	.....	七十一、课题
(412)	.....	七十二、课题
(413)	.....	七十三、课题
(414)	.....	七十四、课题
(415)	.....	七十五、课题
(416)	.....	七十六、课题
(417)	.....	七十七、课题
(418)	.....	七十八、课题
(419)	.....	七十九、课题
(420)	.....	八十、课题
(421)	.....	八十一、课题
(422)	.....	八十二、课题
(423)	.....	八十三、课题
(424)	.....	八十四、课题
(425)	.....	八十五、课题
(426)	.....	八十六、课题
(427)	.....	八十七、课题
(428)	.....	八十八、课题
(429)	.....	八十九、课题
(430)	.....	九十、课题
(431)	.....	九十一、课题
(432)	.....	九十二、课题
(433)	.....	九十三、课题
(434)	.....	九十四、课题
(435)	.....	九十五、课题
(436)	.....	九十六、课题
(437)	.....	九十七、课题
(438)	.....	九十八、课题
(439)	.....	九十九、课题
(440)	.....	一百、课题

第一单元

工艺系统和工艺准备

铣削过程中,铣床、铣刀、夹具和工件共同构成工艺系统,并以铣床为主体,通过不同结构的铣刀进行切削,完成工件的加工。工艺系统是铣削加工的核心部分,铣床、铣刀、夹具和工件之间的相互关系、相对运动和相互作用,直接影响着工件的加工质量和生产效率。

课题一 工艺系统的误差及其对铣削加工的影响

◎教学要求

1. 在掌握工艺系统知识的基础上,进一步熟悉工艺系统误差的内容。
2. 熟悉铣床本身精度对铣削加工所造成的影响。
3. 熟悉铣床附件调整误差对铣削加工所造成的影响。
4. 掌握铣床精度检验的方法。
5. 掌握铣床误差的允许值和超差原因。
6. 掌握铣床附件零位误差的调整和解决方法。

铣削加工的工艺系统,因自身制造质量和使用中的切削条件不同,会产生各种误差,其中,铣床本身的几何误差是产生误差的根源,其次是铣刀误差、夹具误差、测量误差、回转部位的调整误差以及铣床附件误差等。铣削中,这些误差都会直接反映到被切削表面,也正是由于工艺系统存在着各种原始误差,才使得工件铣削表面的尺寸、形状和位置发生变化,而形成加工误差。

一、工艺系统的误差

1. 铣床本身几何误差

铣床本身几何误差主要由主轴回转误差和导轨误差组成,这两方面的误差既关联在一起,又独立存在,成为一个统一的矛盾体。

(1) 铣床主轴回转误差 铣床主轴旋转时,从理论上讲,它的回转轴线在空间位置应当稳定不变,但由于各种因素的影响,主轴的实际回转轴线对其理想回转轴线产生了偏移,这个偏移量就是主轴的回转误差。

主轴回转误差可分为3种基本形式,即主轴轴向窜动、主轴定心轴颈径向跳动和主轴轴肩支撑面的跳动。轴向窜动指主轴转动中的回转轴线沿理想回转轴线方向的轴向运动,如图1—1a所示;主轴定心轴颈径向跳动是指主轴回转轴线沿平行于理想回转轴线方向的径向运动,如图1—1b所示;主轴轴肩支撑面的跳动实际是指主轴转动中的回转轴线与理想回转轴

线成一倾斜角度的纯角度摆动,如图1—1c所示,但其交点位置固定不变。主轴回转误差是上述3种基本形式误差的合成。由于主轴转动中的实际回转轴线在空间的位置是不断变化的,所以上述3种运动所产生的位移和误差是一个瞬时值。

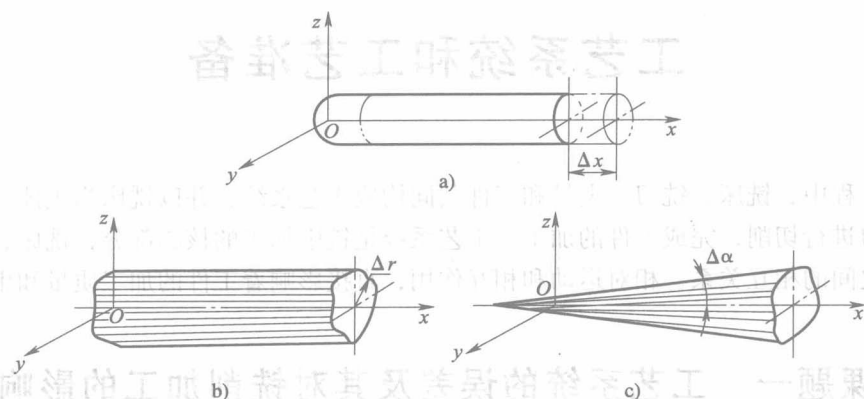


图1—1 铣床主轴回转误差

a) 轴向窜动 b) 径向跳动 c) 角度摆动

(2) 铣床导轨误差 导轨是铣床中确定所配合部件相对位置的基准,也是这些配合部件的运动基准。铣床导轨在水平面内的直线度、在垂直面内的直线度以及前后和左右导轨是否扭曲(平行度),都是影响工件加工精度的主要因素。

铣床导轨误差会影响到升降台垂直移动的直线度、工作台面对床身垂直导轨面的垂直度、工作台纵向移动对工作台面的平行度、工作台横向移动对工作台面的平行度、工作台横向移动对工作台纵向移动的垂直度等。

2. 工艺系统其他方面的误差

(1) 铣刀误差 一般铣刀(如圆柱形铣刀、套式端面铣刀)的尺寸制造误差对加工精度没有直接影响,但磨损后对工件尺寸或形状精度都会有一定影响;成形铣刀(如盘形齿轮铣刀等)的误差主要影响被切削表面的形状精度;使用展成法加工齿轮(如在铣床上采用展成法铣蜗轮)时,刀刃的几何形状及有关尺寸精度会直接影响齿轮加工精度。

(2) 夹具误差和工件装夹误差 夹具误差包括夹具制造误差和安装误差,夹具的制造误差一般是指定位元件、导向元件及夹具体等零件的加工误差和装配误差,夹具的安装误差是指夹具在工作台面安装时产生的误差。这些误差对零件的加工精度影响较大;工件的装夹误差包括定位误差和夹紧误差等。

(3) 测量误差 铣削过程中,要进行各种检验和测量,以便调整铣床和铣刀的切削位置;工件加工后要用测得的结果来评定加工精度。由于量具、量仪及测量方法都不可能绝对准确,测量时的接触力、温度、目测正确程度等都会产生误差。因此,要正确选择和使用量具,以保证测量精度。

3. 铣床和附件回转部位调整误差

铣床回转部位,一般指万能升降台铣床回转盘(回转盘可在床鞍上水平 $\pm 45^\circ$ 范围内偏转)和立式铣床的立铣头的回转部位。铣床附件的回转部位主要包括万能分度头的回转体、回转式平口钳的回转钳体等,这些回转部位均有一定的刻度值,可供不同要求的工件在加工中

扳转角度。实际加工中,如果调整不当,零位没对准定位线,就会产生零位误差,而给加工带来影响。所以,调整误差对保证加工精度极为重要,有时甚至是造成废品的主要原因。

为了使被加工表面获得规定的尺寸、形状及位置精度,对铣床附件进行调整时,必须准确把握,具体操作一般采用试切法和调整法。

(1) 试切法 试切法就是在铣削中,对工件进行试切—测量—调整—再试切,直至达到所要求的精度。它在加工时可直接调整铣刀与工件间的相对位置。

(2) 调整法 调整法就是在正式加工之前由操作者按工艺要求调整好铣床,并按要求的工序尺寸确定好工件加工表面和铣刀的相对位置,然后对一批工件进行加工。在加工过程中,通过抽检工件,监测工艺系统是否仍能保证加工精度,以决定是否要重新调整。

在大批量生产中广泛应用行程挡块、行程开关、靠模、凸轮等定程机构保证加工精度。这些机构的制造误差、安装调整误差、磨损以及电、液、气动控制元件的工作性能是影响加工精度的主要因素。若采用样件、样板、对刀块、导套等调整,它们的制造、安装误差,磨损以及调整时的测量误差就成了调整误差的影响因素,实际加工中,往往通过估算来确定加工误差的大小,再通过试验测试加以验证。

二、铣床精度对铣削加工的影响

铣削中,铣床本身的几何误差决定了铣床的精度,而铣床精度是决定工件加工精度的关键因素。为了保证和提高工件加工精度,需深入分析和研究这些误差对铣削加工的影响,结合铣床的精度要求,采取措施消除和减少它对加工带来的不利和危害,将加工误差控制在允许的变动范围(允差)之内。下面就这个问题作介绍。

1. 铣床本身的误差对铣削加工的影响

(1) 铣床主轴的轴向窜动 铣床主轴的轴向窜动允差为 0.01 mm ,如果允差超过此值,就会引起切削中的铣刀窜动量增大,造成表面粗糙度值增大,这时,主轴每旋转一周,要沿轴向窜动一次,使得切削出的端面产生平面度误差,尺寸也难以控制;在立式铣床上铣削时还容易产生振动。

图 1—2 所示是用三面刃铣刀在卧式铣床上铣台阶的情况。当台阶宽度大于铣刀宽度,同时,阶台面比较深时,铣刀不能一次铣出台阶宽度,就应分两次或数次切削。这时,有两种方法,一种是分层切削法,如图 1—2a 所示,即先铣至台阶的宽度尺寸,然后增加切削的深度,将台阶的深度铣至尺寸;另一种是分段切削法,如图 1—2b 所示,即铣至深度尺寸,然后分段将台阶的宽度铣至尺寸。如果采用分段切削法,铣刀的侧面受力较大,当铣刀受力超过某一值时,铣刀就会向外偏让,造成被加工阶台面不垂直。铣削中,如果铣床主轴轴向

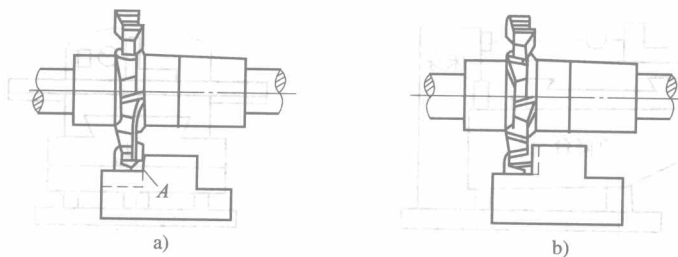


图 1—2 卧式铣床上三面刃铣刀铣台阶

a) 分层切削 b) 分段切削

窜动超过允许误差值，无论采用分层切削法还是分段切削法，都容易在工件的侧面（图中A面）留下刀印，而影响切削表面的加工质量。进行其他形式的铣削时，若主轴轴向窜动大，由于切削中的铣刀窜动，也会导致切削表面加工质量差。

主轴轴向窜动超差，一般是由于主轴轴承与主轴间的间隙过大、主轴或轴承磨损过大而造成的。

检验铣床主轴轴向窜动时使用千分表，如图1—3所示，并将与主轴孔锥度一致的检验棒插入主轴锥孔内，在检验棒中心孔中粘接一个钢球，然后旋转主轴进行检验。其误差值取最大读数差。

(2) 主轴锥孔轴线的径向圆跳动 这项误差的检测方法如图1—4所示。将与主轴孔锥度一致的检验棒插入铣床主轴锥孔内，使千分表测头与检验棒接触，旋转主轴分别在a、b两处检验，并分别计算误差。每检完一次，拔出检验棒，相对主轴转90°，再插入重复检验，共检验4次，取4次测量结果的平均值为其误差值。a处的允差为0.01 mm，b处的允差为0.02 mm。

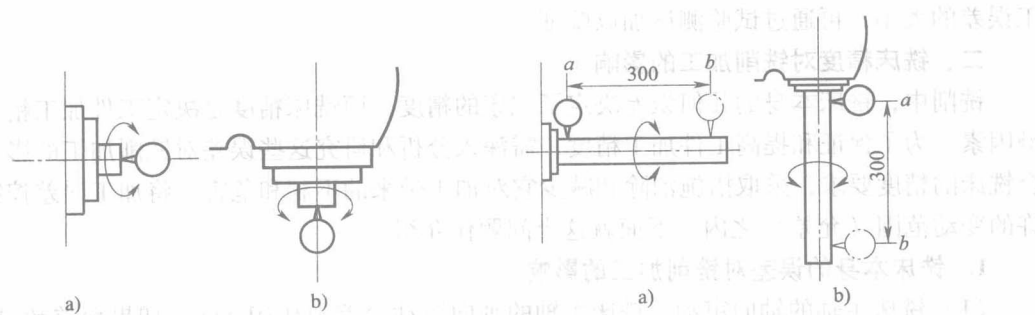


图1—3 检验主轴的轴向窜动 图1—4 检验主轴锥孔轴线的径向跳动
a) 检验卧式铣床 b) 检验立式铣床 a) 检验卧式铣床 b) 检验立式铣床

当实际误差值超出这个范围时，会增加铣刀杆及铣刀旋转时的摆动量，使铣刀进给过程中的背吃刀量不均匀，从而影响工件的平面度和表面粗糙度。

造成超差的原因，一般是由于主轴或主轴轴承磨损，间隙过大；主轴锥度精度差或拉毛以及有关紧固件松动而引起。

(3) 升降台垂直移动的直线度以及工作台面对床身导轨的垂直度 进行这项检验时，将90°角尺竖立在工作台上（固定好位置），使安装在主轴端部的千分表测头接触90°角尺的侧平面，如图1—5所示，上下移动升降台，在300 mm长度上，允差为0.025 mm。

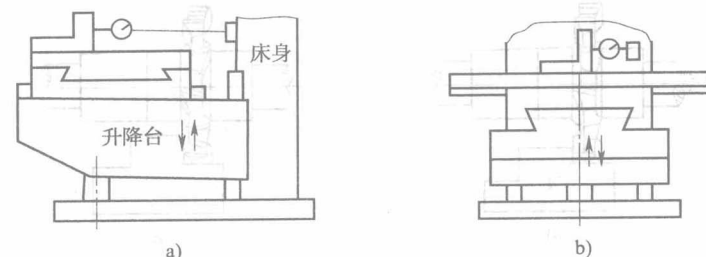


图1—5 检验升降台上下移动时工作台对床身导轨垂直度
a) 在横向垂直平面内测量 b) 在纵向垂直平面内测量

当误差值超出这个范围时，端铣时铣出的平面会出现平面度缺陷，并且误差值越大，铣出的平面的缺陷越明显。如果铣刀直径大于工件宽度，这时该平面能一刀铣出，铣出的平面则是一个和基准面不平行的斜面；如铣刀直径小于工件宽度，需采用几刀铣出，这时，在被加工表面上会出现如图 1—6 所示的锯齿状接刀印。误差超值时无论是采用在卧式铣床的主轴前端安装端面铣刀铣平面，如图 1—7 所示，还是采用在立式铣床上端铣平面，都会出现这种情况，并且，被加工表面与定位基准面之间的垂直度误差也会加大。如果在立式铣床上镗孔，则会影响孔的加工精度。

造成超差的原因一般是由于垂直升降方向的导轨镶条太松或配合不当或因铣床工作台各导轨面的积累误差而引起的。

(4) 工作台横向移动与主轴回转轴线的平行度 这项误差的检验方法如图 1—8 所示。将检验棒插入铣床主轴锥孔内，使固定在工作台上的千分表测头接触检验棒，横向移动工作台（锁紧升降台），在 a 、 b 两处检验；然后，将主轴转动 180° 后再检验一次，两次检验结果加在一起的一半就是平行度误差。这项检验在 300 mm 长度上测量，允差为 0.025 mm，并且，检验棒伸出端只许向下倾斜。

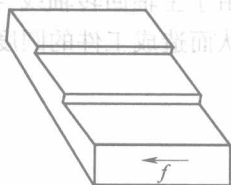


图 1—6 升降台垂直度误差对铣平面的影响

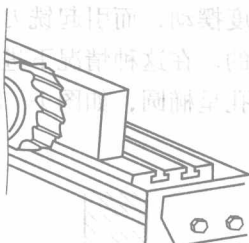


图 1—7 卧铣主轴前端安装铣刀铣平面

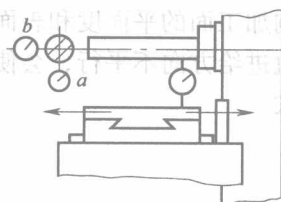


图 1—8 检验工作台横向移动与主轴回转轴线的平行度

当误差值超出这个范围时，容易加大被加工表面的平行度误差或垂直度误差，并且在横向移动工作台时，尺寸较难控制。造成超差一般是由于工作台横向导轨磨损变形、横向导轨的镶条松动，调整不当等原因所致。

(5) 工作台横向移动对工作台纵向移动的垂直度 图 1—9 所示是进行这项误差检验的方法。首先用千分表测量和调整好平直尺的位置，使平直尺与工作台纵向进给平行。然后使 90° 角尺的一个边紧靠平直尺，并使千分表测头接触 90° 角尺的另一边，横向移动工作台，千分表读数的最大差值就是垂直度误差，其允差在 300 mm 长度上为 0.02 mm。

这项误差超出允许范围时，当利用纵向和横向交叉进给切削时，会增大铣出的相互垂直的两侧平面的垂直度误差。

造成超差一般是由于铣床长期使用，导轨或镶条磨损，或者是纵向工作台、横向工作台的导轨镶条配合间隙太大；万能卧式铣床的回转盘“零”位不准确，也会造成超差。

(6) 横梁导轨对铣床主轴回转轴线的平行度 在卧式和万能升降台铣床上，当横梁导轨对铣床主轴回转轴线的平行度超出允差值时，会引起铣刀杆轴线和挂架轴承孔轴线发生偏差，使铣刀杆轴颈与挂架轴承孔配合不协调，造成切削中铣刀跳动，而影响被加工表面的粗糙度；同时，挂架轴承孔的磨损也会加快。

横梁导轨对铣床主轴回转轴线的平行度，在 300 mm 长度上允差为 0.02 mm，并且，横梁伸出端只许向下倾斜，检验情况如图 1—10 所示。将检验棒插入铣床主轴锥孔内，导轨上装好千分表架，使千分表测头接触检验棒，缓慢移动千分表架，在 *a*、*b* 两处分别检验。然后将主轴转动 180°，再检验一次，千分表两次读数值之和的一半即为平行度误差。

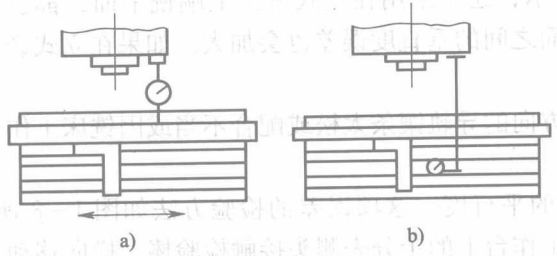


图 1—9 检验工作台纵横向移动的垂直度
a) 工作台纵向移动测量 b) 工作台横向移动测量

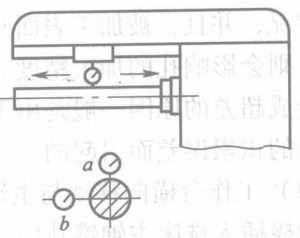


图 1—10 检验横梁对主轴
回转轴线的平行度

(7) 铣床主轴轴肩支撑面的端面全跳动 这项误差是由于主轴旋转中的实际回转轴线与理想回转轴线成一倾斜角度的纯角度摆动，而引起铣刀倾斜，造成切削层深度不均匀，从而会影响加工面的平面度和表面粗糙度的。在这种情况下进行镗孔，由于主轴回转轴线与工作台导轨进给方向不平行，会使镗出的孔呈椭圆，如图 1—11 所示，从而造成工件的圆度不符合要求。

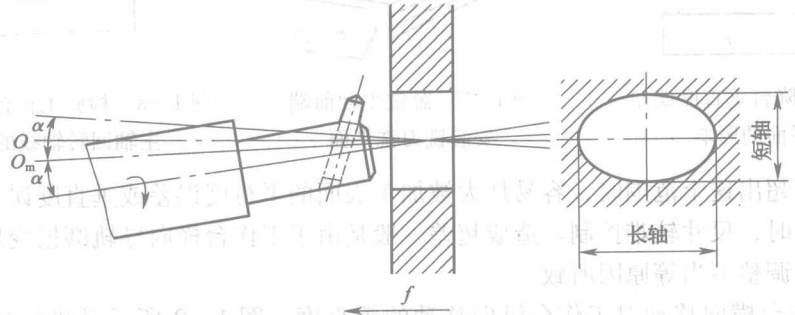


图 1—11 主轴纯角度摆动对镗孔的影响

造成该项误差超差的原因是因为铣床主轴所采用滚动轴承的内外滚道的圆度误差、内环的壁厚差、内环滚道的波度（微观波浪状不平整误差）以及滚动体的圆度误差和尺寸误差（见图 1—12）；此外，轴承间隙以及切削过程中的受力变形、轴承定位端面与轴线垂直度误差、轴承端面之间的平行度误差、锁紧螺母的端面全跳动以及主轴轴颈和箱体孔的形状误差等，都会降低主轴的回转精度。

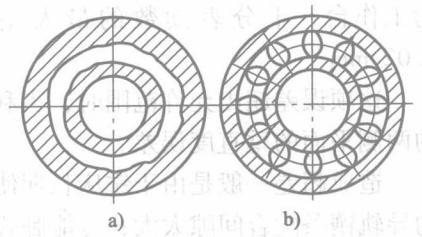


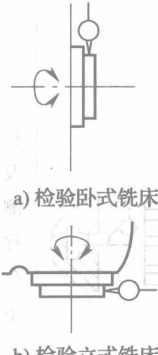
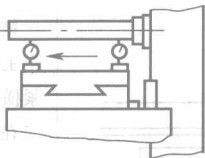
图 1—12 主轴滚动轴承影响
主轴回转精度的因素

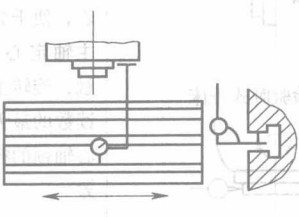
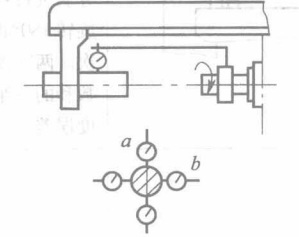
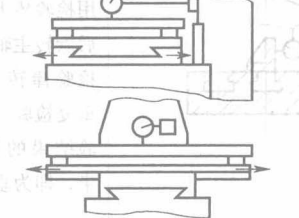
铣床精度和几何误差超值对铣削加工的影响见表 1—1。

- a) 内外环滚道的几何误差
- b) 滚动体的圆度和尺寸误差

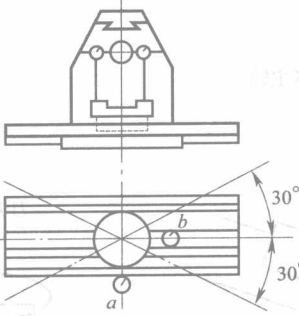
表 1—1

铣床精度和几何误差对铣削加工的影响 (卧式和万能铣床)

铣床精度项目	允差 (mm)	图 示	检 验 方 法	几何误差超值对铣削的影响和超差的主要原因
主 轴 定 心 轴 颈 径 向 圆 跳 动 主 轴 端 部	0.01	 a) 检验卧式铣床 b) 检验立式铣床	在工作台上固定千分表,使千分表的测头与主轴定心轴颈表面接触,旋转主轴,千分表读数的最大差值就是定心轴颈的径向圆跳动误差	该项误差超值,会引起铣刀的径向圆跳动和摆动,导致切削轻重不匀,影响工件的表面粗糙度 超差的原因主要是主轴轴承损坏或间隙过大,或主轴轴颈磨损较大
主 轴 回 转 轴 线 对 工 作 台 面 的 平 行 度	在 300 mm 测量长度上为 0.025 (检验棒伸出端只许向下倾斜)		检验时,在主轴锥孔内插入检验棒,并将千分表的表座放在工作台上,使千分表测头与检验棒接触,手动移动千分表进行检验。将主轴旋转 180°再重复检验一次。两次读数结果的代数和的一半,即为平行度误差	该项误差超值会引起被加工表面与定位基准面的平行度误差和平面度误差 超差原因是由于工作台面不平或主轴锥孔精度差
主 轴 回 转 轴 线 对 工 作 台 中 央 或 基 准 T 形 槽 的 垂 直 度	在 300 mm 测量长度上为 0.02		使工作台位于纵、横行程的中间位置,并锁紧工作台、床鞍及升降台。专用滑板紧靠中央 T 形槽一侧。千分表装在插入主轴锥孔内的专用检验棒上,移动滑板后旋转主轴检验。拔出检验棒转 180°再插入重复检验一次。两次检验结果的代数和的一半,即为垂直度误差	主 轴 前 端 安 装 端 面 铣 刀 铣 侧 平 面 (见 图 1—7) 时,被加工表面与定位基准面会产生平行度误差;如使用铣刀杆安装模数盘铣刀铣圆柱齿轮时,会将齿槽铣得过大并产生齿形误差;铣其他形状沟槽时,槽形也会产生较大误差 该项误差超值主要是由于工作台回转盘刻度处未对准“零”位或 T 形槽直槽侧面损坏变形等原因造成的。另外, T 形槽磨损或铣床导轨磨损或制造精度差等也会引起该项误差超值

铣床精度项目	允差 (mm)	图 示	检 验 方 法	几何误差超值对铣削的影响和超差的主要原因
中央或基准 T 形槽对工作台纵向移动的平行度	任意 300 mm 测量长度上为 0.015 全程最大允差值为 0.04		使工作台位于横向行程中间并锁紧床鞍及升降台。使千分表测头触及 T 形槽侧面, 移动工作台检验。千分表最大读数差即为平行度误差	主轴前端安装端面铣刀铣侧平面时, 被加工面与定位基准面间会产生平行度误差; 使用铣刀杆安装槽铣刀铣槽时, 槽与定位基准面间产生平行度误差; 使用万能分度头及模数盘铣刀加工圆柱齿轮时, 会加大齿向误差
铣刀杆挂架孔轴线对主轴回转轴线的重合度	0.03 (铣刀杆挂架孔轴线只许低于主轴轴线)		铣刀杆挂架固定在距主轴 300 mm 处, 锁紧横梁 在铣刀杆挂架孔中插入检验棒, 将千分表专用检具装在主轴锥孔中, 使千分表尽量靠近铣刀杆挂架。旋转主轴分别检验 a、b 两处。千分表读数最大差值的一半即为重合度误差	该项误差如果超值, 会引起铣刀杆在挂架的轴承孔中旋转不畅, 加大铣刀跳动和加快挂架孔磨损, 同时使切削不稳定, 易产生振动, 从而影响加工表面粗糙度 超差的原因是由于挂架孔精度差或磨损大, 或横梁变形与磨损造成的
工作台面对工作台的平行度	任意 300 mm 测量长度上为 0.025 任意 300mm 测量长度上为 0.025, 最大允差值为 0.05		将平尺放在工作台面上的两个等高块上, 纵、横向分别移动工作台进行检验。千分表读数的最大差值, 即为平行度误差。横向移动工作台时, 锁紧工作台和升降台; 纵向移动工作台时, 锁紧床鞍和升降台	该项误差如果超值会引起定位基准面与加工面间的平行度误差, 或上、下两加工面间 (互为基准时) 的平行度误差, 影响加工中对尺寸的控制 超差主要是由于工作台导轨磨损

续表

铣床精度项目		允差 (mm)	图 示	检 验 方 法	几何误差超值对铣削的影响和超差的主要原因
工作台回转中心对主轴回转轴线及中央 T 形槽的偏差	工作台回转中心对主轴回转轴线的偏差	0.05		工作台位于纵向行程中间位置,并锁紧升降台和床鞍。主轴锥孔中插一检验棒,专用检具用 T 形槽定位并固定在工作台上,使检具的两平行面与检验棒侧素线平行且两边距离相等 在横梁上固定千分表座,使其测头触及专用检具的外圆柱面(分别在 a、b 两处进行检验)。先将工作台顺时针转 30°,记下读数,再将工作台逆时针转 60° 检验。a 处读数为 a 项误差,b 处读数为 b 项误差	a 项误差超值将引起铣出槽的中心与工件中心的对称度误差 b 项误差超值是在万能分度头及后尾座支撑工件铣螺旋槽时,使螺旋槽产生对称度误差及槽宽扩大;铣切斜齿圆柱齿轮时,使齿槽产生对称度误差及引起齿形误差 超差主要是 T 形槽磨损或铣床工作台回转部分的制造精度误差等原因造成的
	工作台回转中心对中央 T 形槽的偏差	0.08			

2. 万能铣床回转盘零位误差对铣削加工的影响

如图 1—13 所示,在万能铣床上切削螺旋槽等螺旋线一类工件,或在其他特殊加工情况下,将床鞍上的回转盘扳过某个角度时,需按照回转盘上的刻度线进行转动,除此以外,在进行普通工件铣削时,回转盘必须准确地对准零位,如果零位误差值大,会造成工作台纵向

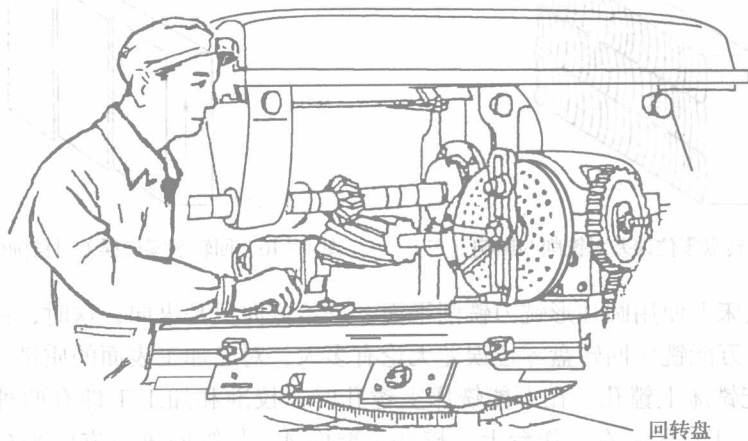


图 1—13 万能铣床上加工螺旋槽类工件

进给方向与铣床主轴的回转轴线不垂直、工作台纵向进给方向与床身前壁导轨面不平行、纵向进给方向与横向进给方向不垂直以及使工作台面上的 T 形槽与铣床主轴的回转轴线不垂直等现象。

万能铣床回转盘调整误差的影响出现在多种铣削加工中，下面以常见的典型加工工序为例，来说明这个问题。

(1) 主轴前端安装端面铣刀铣平面 万能铣床上，当端面铣刀安装在铣床主轴的前端铣平面时（见图 1—7），如果纵向进给方向与主轴回转轴线不垂直，铣刀刀尖的运动轨迹将如图 1—14 所示，铣出的平面呈内凹心形状。当铣削面宽度大于铣刀直径，需要分两次或多次才能将整个平面铣出时，则铣出的平面不仅分段呈波浪形，并且在连接处有明显的接刀痕，如图 1—15 所示。

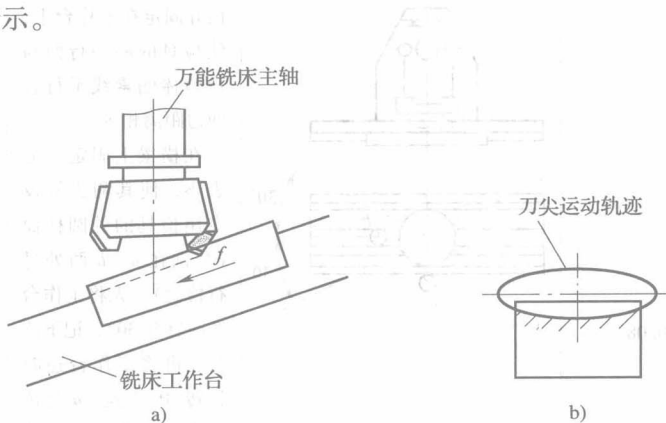


图 1—14 回转盘零位误差对铣削的影响（一）
a) 切削情况 b) 刀尖运动轨迹

采用如图 1—7 所示的形式安装端面铣刀，当升降台上下运动，以垂直进给形式铣削平面时，将出现如图 1—16 所示的铣削效果，这种弊病与图 1—6 所示的相似，区别只是进给方向不一致。



图 1—15 回转盘零位误差对铣削的影响（二） 图 1—16 回转盘零位误差对铣削的影响（三）

若在万能铣床上使用圆柱形铣刀铣削平面，进给方向只是纵向，这时，铣出的平面呈水平状态，因此，万能铣床回转盘零位误差无论有多大，对已加工表面的质量均无影响。

(2) 在万能铣床上镗孔 在万能铣床上镗孔时，校准和加工工件有两种方法，一种如图 1—17a 所示，工件装夹在工作台上，校准基准面 A，与纵向进给方向平行，以横向进给镗孔，这时回转盘若出现零位误差，则加工后孔的轴线将歪斜，与基准面 A 不垂直；但在