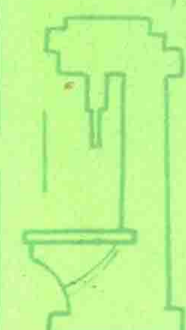
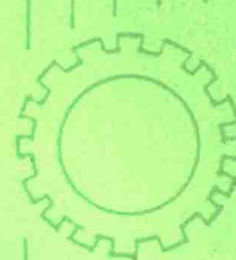
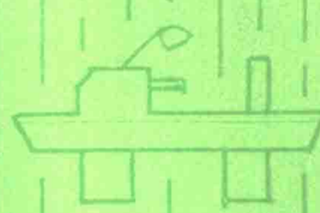




中华人民共和国第一机械工业部统编
机械工人技术培训教材

磨工工艺学

(初级本)



科学普及出版社

中华人民共和国第一机械工业部统编
机械工人技术培训教材

磨 工 工 艺 学

(初 级 本)

科学普及出版社

本书是第一机械工业部统编的机械工人技术培训教材，它是根据一机部《工人技术等级标准》和教学大纲编写的。书中联系生产实际，并结合近年来国内外的先进经验，介绍了外圆、内圆、圆锥、平面、无心外圆等磨削方法，磨工常用量具的结构原理和测量方法，常用磨床的结构、液压系统，机床的调整、维护和保养等。

本书是磨工技术培训的初级教材，也可供有关技术人员和工人参考。

本书由薛源顺、宋秋云、邵时美同志编写，王开元、陆早发、杨万舒、徐邦宁同志审稿。

中华人民共和国第一机械工业部统编
机械工人技术培训教材
磨 工 工 艺 学
(初 级 本)

•

责任编辑：郭蕴玉

科学普及出版社出版(北京白石桥紫竹院公园内)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

机械工业出版社印刷厂印刷

•

开本：787×1092毫米 1/16印张：19¹/₂ 字数：464 千字

1982年10月第1版 1982年10月第1次印刷

印数：1—85,000册 定价：1.60元

统一书号：15051·1046 本社书号：0532

对广大工人进行比较系统的技术培训教育，是智力开发方面的一件大事，是一项战略性的任务。有计划地开展这项工作，教材是个关键。有了教材才能统一培训目标，统一教学内容，才能逐步建立起比较正规的工人技术教育制度。

教材既是关键，编写教材就是一件功德无量的事。在教材行将出版之际，谨向为编写这套教材付出辛勤劳动的同志们致以敬意！

第一机械工业部第一副部长

杨 铨

一九八二年元月

目 录

绪论	1
第一章 磨工的基本知识	3
第一节 金属切削的基本知识	3
第二节 磨削加工的特点	4
第三节 磨削的类型和磨床的型号	5
第四节 磨床的润滑和保养	13
第五节 简单量具	15
第六节 砂轮的选择和使用	18
第七节 冷却液的种类及冷却方式	37
第八节 磨削用量的概念	40
第九节 安全文明生产	42
第十节 钳工基本知识	43
复习题	57
第二章 磨削基本原理	59
第一节 磨屑的形成	59
第二节 磨屑厚度及其对加工的影响	61
第三节 砂轮和工件的接触弧长	63
第四节 磨削热及其对加工的影响	64
第五节 磨削力及其对加工的影响	66
第六节 磨削工件的表面质量分析	68
第七节 硬质合金的磨削	71
第八节 磨削新技术的概述	73
复习题	76
第三章 外圆磨削	77
第一节 工件定位基准的选择	77
第二节 工件的装夹	79
第三节 心轴的结构及其使用	85
第四节 磨削余量分配	87
第五节 外圆磨削方法	89
第六节 轴肩磨削方法	94
第七节 细长轴磨削方法	96
第八节 偏心轴磨削方法	99
第九节 外磨常用量具	101
第十节 外圆磨削的质量分析及工艺分析	107
复习题	111
第四章 内圆磨削	113
第一节 内圆磨削的特点	113

第二节	内圆砂轮的选择及其安装	114
第三节	工件的装夹	117
第四节	内圆磨削方法及磨削用量选择	125
第五节	薄壁零件的磨削方法	128
第六节	小孔的磨削方法	130
第七节	齿轮孔的磨削方法	131
第八节	内外圆同轴零件磨削方法	132
第九节	内磨常用量具	135
第十节	内圆磨削的质量分析及工艺分析	138
复习题		140
第五章	圆锥磨削	141
第一节	圆锥的各部分名称及计算	141
第二节	圆锥标准及其应用	144
第三节	圆锥的磨削方法	148
第四节	圆锥磨削时余量的控制方法	151
第五节	圆锥常用量具及其使用方法	152
第六节	圆锥磨削的质量分析及工艺分析	164
复习题		168
第六章	平面磨削	171
第一节	平面磨削的种类及其特点	171
第二节	平面磨削时各种夹具结构及使用方法	175
第三节	平行平面、垂直平面和斜面的磨削	181
第四节	薄片工件的磨削方法	188
第五节	平面零件测量方法	190
第六节	平面磨削的质量分析及工艺分析	194
复习题		197
第七章	刀具及其刃磨	198
第一节	刃磨刀具的基本知识	198
第二节	车刀及其刃磨	209
第三节	铰刀及其刃磨	215
第四节	铣刀及其刃磨	223
复习题		231
第八章	无心外圆磨削	232
第一节	无心外圆磨削的原理及方法	232
第二节	无心外圆磨床及其调整	235
第三节	无心外圆磨削实例	243
第四节	无心外圆磨削常见缺陷的分析	246
复习题		248
第九章	成型磨削	249
第一节	成型面的类型及其磨削方法	249
第二节	成型砂轮的修整	250
第三节	球面磨削	257

复习题	261
第十章 常用磨床简介	262
第一节 M131W型万能外圆磨床	262
第二节 M7120A型平面磨床	295
复习题	301

绪 论

机械制造工业为国民经济中各部门提供机械装备。随着国民经济的发展,需要机械工业供应的产品品种和数量不断增多,同时用户对产品质量的要求也越来越高。现代机械制造工业的生产特点是向多品种、中小批方向发展。

机械制造的生产过程,包括原材料的运输和保存,生产准备工作,毛坯制作,零件的机械加工,零件的热处理,产品的装配、调试和油漆包装等。在整个生产过程中,零件的机械加工所负担的劳动量约占劳动总量的40~60%,磨削加工是用来提高零件的光洁度和精度的主要工艺方法。随着产品质量要求的不断提高,一个国家的磨削工艺水平,在一定程度上可以反映该国机械加工的水平。

磨削加工原是一种古老的加工方法,早在远古时代,人类就开始用天然岩石作为磨具,以原始的手工操作方法刃磨猎具、刀具和铜镜等。

我国是采用磨削加工最早的国家之一。1668年,我们的祖先利用畜力带动磨石来磨削天文仪铜环的端面,从而为我国古代科学技术的发展写下了光辉的一页。

世界上第一台外圆磨床出现于1846年,同时磨具的结构也发生了根本的变化,天然磨石已由陶瓷结合剂与天然磨料粘结的人造砂轮所代替。继1892年发明了碳化硅人造磨料之后,又出现了人造刚玉磨料,使磨床的磨削效果更趋完善。现在,磨削作为精密加工工艺已广泛地应用于汽车、机械、工具、仪器仪表、液压、航空、轴承、宇航等工业中。例如,在滚动轴承厂,磨床的构成比约为55%左右。

目前,世界各国磨削加工的主要发展趋势表现在:

1.提高磨床的加工精度 高精度的外圆磨床能作 $\nabla 14$ 的镜面磨削,圆度可达到0.1微米以上。

2.提高磨削效率 高速磨削、强力磨削、宽砂轮磨削、多片砂轮磨削等高效磨削方式不断投入生产。例如采用120米/秒高速磨削轴承环外沟道,磨削余量为0.3毫米,磨削时间仅2.1秒,其磨削效率比普通磨削提高3~5倍。

3.提高磨床自动化程度 自动测量、砂轮动态平衡和数控磨床已应用于生产。

我国的磨削加工是在解放后发展起来的。1950年上海机床厂制造成功了我国第一台万能及外圆磨床。在党的领导下,我国磨床制造已经从无到有、从小到大地发展起来,在磨床品种、数量和技术水平上已部分赶上和达到世界先进水平。如试制成功的S7450型螺纹磨床,可以加工直径500毫米、长5米的精密丝杠,机床采用静压导轨、静压轴承、动态测量,工作头架用可控硅无级调速等新技术,是世界上最大的螺纹磨床之一。还试制成功具有较高水平的磨床,如MG1432A型镜面外圆磨、MGB7120型高精度半自动平面磨床等。

本课程分为二部分,第一部分为初级技术,是2~3级磨工的基础工艺知识;第二部分为中级技术,是4~6级磨工应掌握的工艺知识。

通过本课程学习,学员应达到以下要求:

(1)掌握各类工件的磨削方法,并能分析和解决磨削中产生的疵病;

- (2)掌握砂轮特性及其合理选择方法;
- (3)掌握精密量具、夹具的结构原理、使用、调整及维护保养;
- (4)懂得两种以上类型磨床的性能、结构、传动系统和维护保养方法;
- (5)具有一定的工艺分析能力和计算能力;
- (6)了解提高磨削精度、光洁度和生产效率的工艺方法。

第一章 磨工的基本知识

第一节 金属切削的基本知识

金属切削加工是机械制造的重要加工方法之一。金属切削是用刀具从零件毛坯上切除加工余量而获得合格零件的过程。

金属切削的加工方法有车、铣、刨、磨、钻等。在切削过程中，切削作用的产生，必须具备三个基本条件：

(1) 刀具材料应具有优良的切削性能 由于刀具的切削部分要承受较大的切削力和较高的切削热，因此，刀具材料应该具有较高的硬度、耐磨性、耐热性和足够的强度。刀具材料的种类很多，有碳素工具钢T10A和T12A，高速钢W18Cr4V，硬质合金YG6和YT15等等。

(2) 刀具与工件之间产生相对运动 以车削为例，见图1-1，有二种相对运动：主运动——工件的旋转运动、是切削运动中速度最高、消耗机床功率最大的运动；进给运动——车削时的进给运动包括走刀运动和吃刀运动。它使待加工表面连续地被切削加工。

在切削加工时，工件具有三种表面：

待加工表面——将切去的金属层表面；

已加工表面——切削后得到的金属层表面；

切削表面——正在被切削的表面。

(3) 刀具应具有一定的几何角度 典型的外圆车刀是由三个面、两个刀刃和一个刀尖组成的(图1-2)。

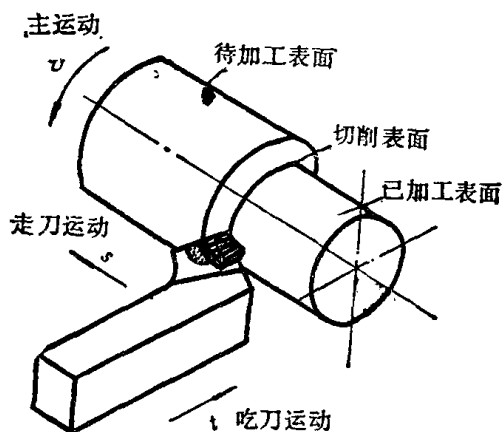


图 1-1 车削时的运动

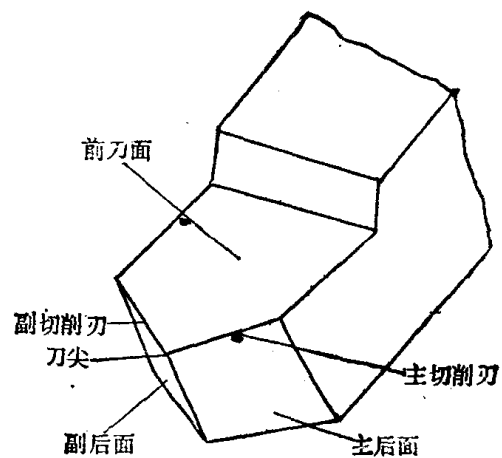


图 1-2 车刀的组成

前刀面——切屑流出所经过的面。

主后面——对着切削表面的面，也称后刀面。

副后面——对着已加工表面的面。

主切削刃——前面与主后面的交线，担负主要的切削工作。

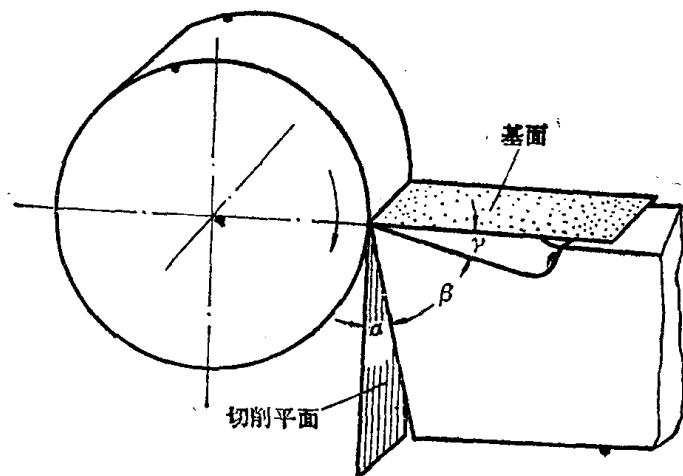


图 1-3 车刀角度

副切削刃——前面与副后面的交线，只参加少量的切削工作。

刀尖——主、副切削刃的交点。

车刀的最基本角度是前角(γ)、后角(α)、楔角(β)，它们是在主截面内度量的(图1-3)。

前角(γ)——在主截面内，前刀面与基面的夹角。前角的大小影响切屑流出的易难程度。

后角(α)——在主截面内，

主后面与切削平面的夹角。作用是减少刀具与工件间的摩擦。

楔角(β)——在主截面内，前刀面与主后面的夹角， $\beta = 90^\circ - (\gamma + \alpha)$ 。

基面和切削平面是为测量刀具角度而设定的二个相互垂直的辅助平面。

第二节 磨削加工的特点

磨削加工与一般的车削加工相比有类似的地方。如果把车床的车刀架换成砂轮架，那末车床就变成外圆磨床了。正是砂轮这一特殊刀具，使磨削加工具有许多特殊的性质。

磨削时，砂轮作高速旋转运动，砂轮表面无数颗磨粒的微刃对工件加工表面进行切削、刻划和摩擦抛光，从而形成光洁的加工表面。

砂轮是由许多细小多角的磨粒，用结合剂粘结而成的一种切削工具，见图1-4(a)。砂轮表面每颗磨粒相当于一个刀齿。磨削过程中，突起在砂轮圆周表面上的磨粒，切除工件表面极薄的表层。由于磨粒的不规则形状，砂轮实际上是作多刃的负前角切削(图1-4b)。磨削时，砂轮与工件之间产生很大摩擦，磨削区温度极高。

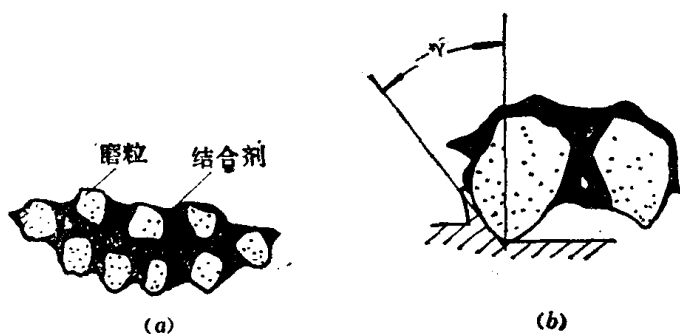


图 1-4 砂轮结构和切削情况
(a) 砂轮的结构； (b) 磨粒成负前角切削

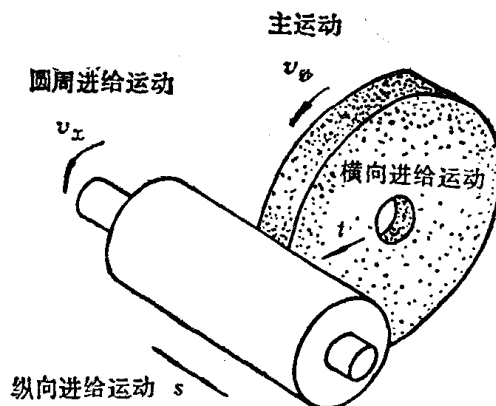


图 1-5 磨削时的运动

磨削加工和其它加工方法比较,具有以下特点:

1.磨床的磨具(砂轮)相对工件作高速旋转运动 磨床的磨削效能主要是依靠砂轮圆周线速度获得的,一般砂轮圆周线速度在35米/秒左右,目前我国已开始采用60米/秒至100米/秒的高速磨削。

磨削时的主运动是砂轮的旋转运动。工件的旋转称为圆周进给运动;工件沿本身轴线方向的往复运动称为纵向进给运动;砂轮在垂直于工件轴线方向的移动,称为横向进给运动,即吃刀运动(图1-5)。

2.能获得很高的加工精度和表面光洁度 磨削精度通常可以达到6~7级(国标GB1800~1804-79),表面光洁度可达 $\nabla 7 \sim \nabla 10$,超精磨削光洁度可达 $\nabla 10 \sim \nabla 13$ 。镜面磨削光洁度可达 $\nabla 14$,尺寸精度和形位公差可达1微米以内。

3.可以磨削高硬度材料 不但可以加工铜、铝、铸铁等较软材料,而且可以加工硬度很高的材料,如各种淬硬钢件、高速钢刀具和硬质合金等,这些高硬度材料是一般工种很难加工甚至根本不能加工的。

4.磨削加工是一种少切屑加工 随着精密毛坯制造技术(精密锻造、精密铸造等)的应用,使某些零件有可能不经其它切削加工,而直接由磨削加工完成,这将使磨削加工在大批量生产中得到更广泛的应用。

现代机器设计正在向高速度、高精度、重负荷和自动化方面发展,机器零件的精度越来越高,机器零件材料的硬度也在普遍提高。磨削加工的工作范围已扩大到相当广泛的领域,它几乎能磨削各种几何形状的零件。

第三节 磨削的类型和磨床的型号

一、磨削的类型

为了磨削加工零件的各种表面,磨削加工的形式很多,有外圆磨削、内圆磨削、平面磨削、无心磨削、花键磨削、螺纹磨削、齿轮磨削、刀具刃磨、凸轮磨削、曲轴磨削等等,(图1-6)。

尽管磨削加工的形式很多,但以砂轮工作表面来区分,磨削加工可以分周边磨削、端面磨削、成型磨削三大类。

二、磨床的种类

现代机器制造业中使用的磨床种类繁多。根据用途不同,磨床可分:外圆磨床、内圆磨床、平面磨床、工具磨床、螺纹磨床、凸轮磨床、曲轴磨床、轧辊磨床、拉刀磨床、球轴承外圈沟槽磨床以及光学曲线磨床等。

下面简单介绍三种最常见的磨床的构造。

(一)M131W型万能外圆磨床

这是一台应用很普遍的万能外圆磨床,它可以磨削外圆柱面和外锥体,也可以磨削内孔。

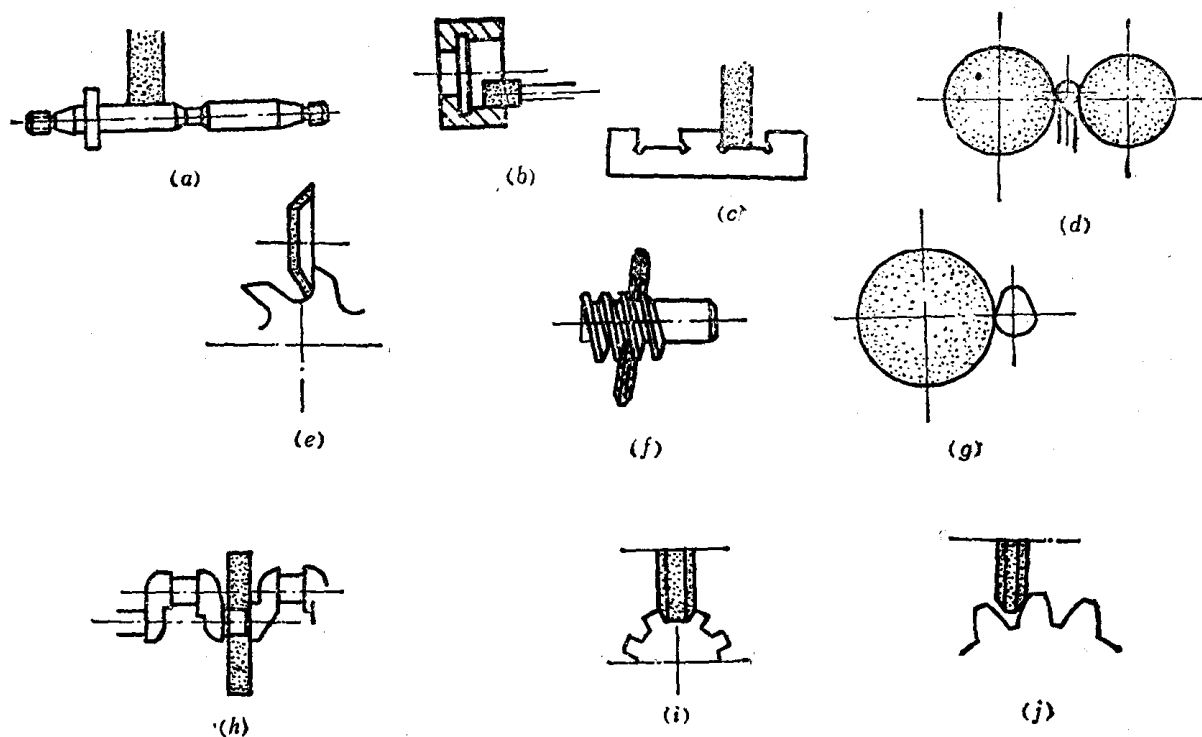


图 1-6 磨削加工的类型

(a)外圆磨削；(b)内圆磨削；(c)平面磨削；(d)无心磨削；
(e)刀具刃磨；(f)螺纹磨削；(g)凸轮磨削；(h)曲轴磨削；
(i)花键磨削；(j)齿轮磨削

M131W型万能外圆磨床由床身1、工作台9、头架2、尾架8和砂轮架7、内圆磨具5等部件组成(图1-7)。

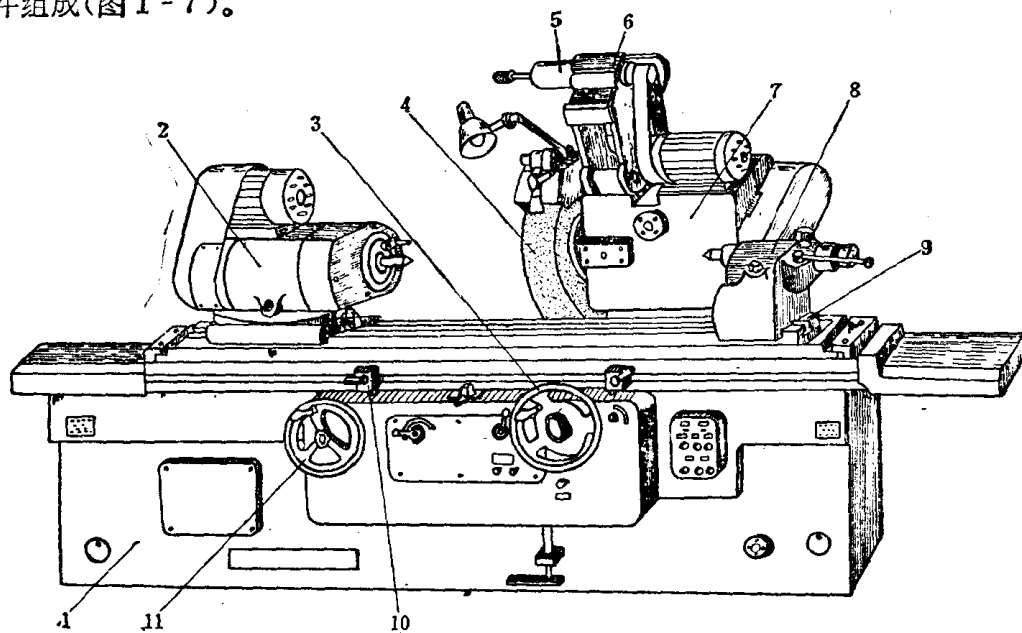


图 1-7 M131W型万能外圆磨床

1—床身；2—头架；3—手轮；4—砂轮；5—内圆磨具；
6—支架；7—砂轮架；8—尾架；9—工作台；10—撞块；
11—手轮

床身是一个箱形铸件，用来支持磨床的各个部件。在床身上面有两组导轨：纵向导轨和横向导轨。纵向导轨上装有工作台 9，横向导轨上装有砂轮架 7。床身内有液压传动装置和其它传动机构。

头架 2 和尾架 8 都安装在工作台上。头架上有主轴，可用顶尖或卡盘装夹工件，并带动工件旋转，头架上的变速机构可以使工件获得不同的转速。在尾架 8 的套筒内装有顶尖，当工件在两顶尖间装夹时，用以支承工件的另一端。尾架可沿着工作台面上的导轨左右移动，以适应磨削不同长度的工件，在尾架套筒的后端装有弹簧，可调节对工件的压力。

工作台由液压传动，沿着床身上的纵向导轨作直线往复运动，使工件实现纵向进给。在工作台前侧的 T 型槽内，装有两个可调位置的换向撞块 10，用以控制工作台自动换向。工作台移动也可以用手轮 11 操纵。工作台由上、下两层组成，上工作台可相对于下工作台的中心回转角度，顺时针方向为 3° ，逆时针方向为 9° ，以便磨削锥面。在磨削圆柱面产生锥度时，可调整上工作台予以消除。

砂轮 4 装在砂轮架 7 的主轴上，由单独的电动机经皮带轮直接传动，摇动横进给手轮 3，可以实现砂轮的横向进给。

砂轮架可以在横向由液压传动实现快速进退和自动周期进给。

内圆磨具 5 是磨削内圆表面用的。在它的主轴上可装内圆砂轮，由一个电动机经皮带传动。内圆磨具装在可绕铰链回转的支架 6 上，不用时翻向砂轮架上方，使用时翻下。

砂轮架和头架都可绕垂直轴线回转一定的角度，以磨削锥角较大的圆锥面。

(二) M2110 型内圆磨床

M2110 型内圆磨床可磨削各种内圆表面。它由床身 12、工作台 2、床头箱 4、内圆磨具 7、拖板 9、桥板 10 和砂轮修整器 6 等部件组成(图 1-8)。

床头箱 4 通过底板 3 固定在工作台 2 左端，在床头箱主轴前端装有卡盘或其它夹具，以装夹工件并带动工件旋转。床头箱可相对底板绕垂直轴线转一个角度，以磨削圆锥孔。底板可沿着工作台台面上的纵向导轨调整位置，以适应磨削各种工件。磨削时工作台由液压传动，沿着床身上的纵向导轨作直线往复运动。调整撞块 5 的位置，可实现工件的自动纵向进给。

装拆工件或磨削过程中测量工件尺寸时，为了缩短辅助时间，当工件退离砂轮一段距离后，安装在工作台前侧的压板，可自动控制油路转换为快速行程，使工作台很快地退至左边极限位置。重新开始工作时，工作台先是快速向右，而后自动转换成进给速度。工作台

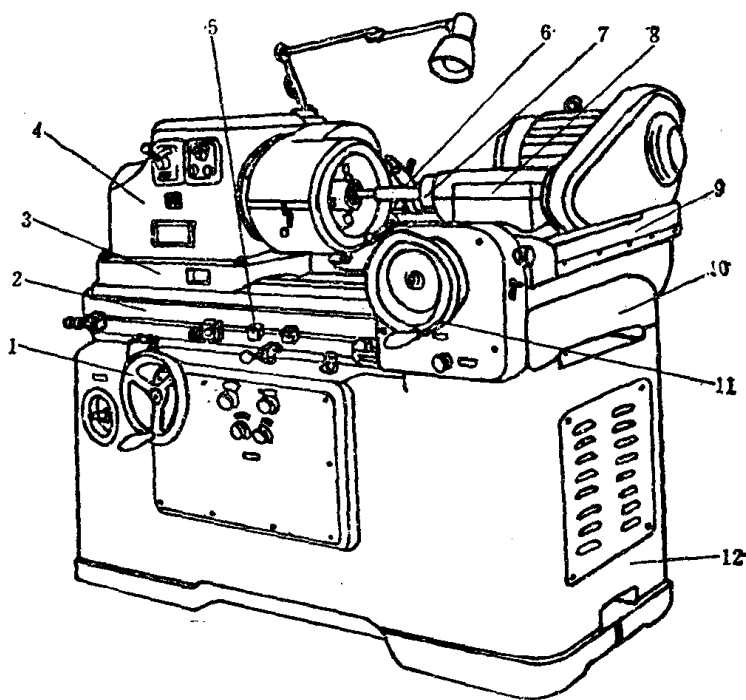


图 1-8 M2110 型内圆磨床

1、11—手轮；2—工作台；3—底板；4—床头箱；5—撞块；6—砂轮修整器；7—内圆磨具；8—磨具座；9—拖板；10—桥板；12—床身

也可用手轮 1 移动。

内圆磨具 7 安装在磨具座 8 中。

砂轮的横向进给有手动和自动二种。手动进给由手轮 11 实现。

(三)M7120A型平面磨床

M7120A型平面磨床是一种卧轴矩形工作台平面磨床，用砂轮的圆周磨削平面。它由

床身 1，工作台 3，立柱 5，磨头 9，手轮 2、7、10 和砂轮修整器 6 等部件组成(图 1-9)。

长方形的工作台装在床身的水平纵向导轨上，由液压传动实现工作台的往复运动。调整撞块 4 的位置，便可磨削不同行程的工件。工作台上装有电磁吸盘，用以装夹工件。

装有砂轮主轴的磨头 9，可以沿拖板 8 的水平导轨作横向进给，磨削时可获得自动的间歇进给。修整砂轮时靠手轮 7 可获得横向进给。拖板 8 可沿立柱的垂直导轨移动，实现磨头的垂直进给运动。摇动手轮 2 可控制磨削的垂直进给量。

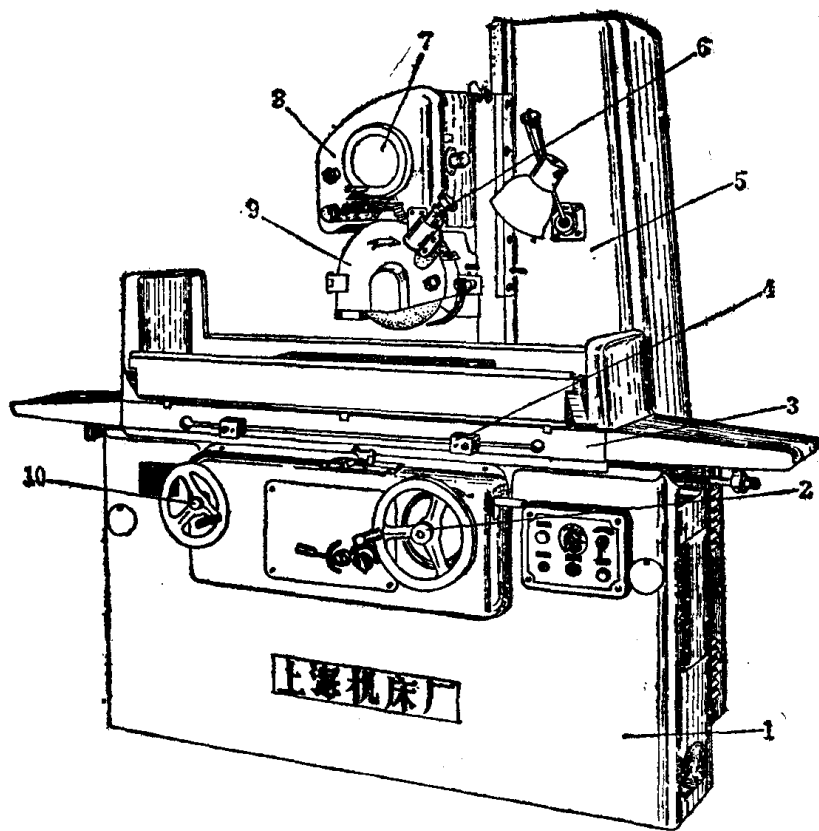


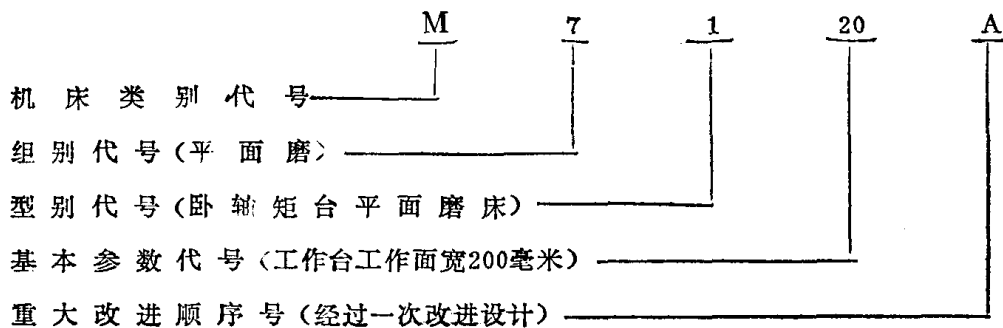
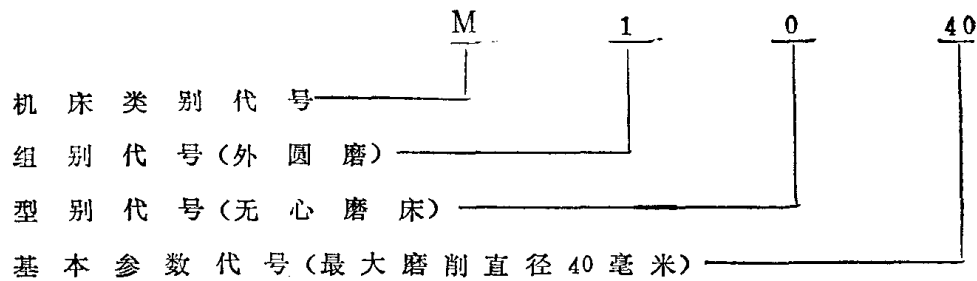
图 1-9 M7120A型平面磨床

1—床身；2、7、10—手轮；3—工作台；4—撞块；5—立柱；6—砂轮修整器；8—拖板；9—磨头

三、磨床的型号

为了便于使用和管理，必须给每种机床定一个型号，每台机床的型号反映出机床的类别、结构特征和主要的技术规格。我国生产的机床，其型号的编制按1976年12月一机部颁布的“金属切削机床型号编制方法”(JB1838-76)实行。

机床型号的编制系采用汉语拼音和阿拉伯数字按一定的规律组合排列而成。例如，M1040表示一台最大磨削直径40毫米的无心外圆磨床；M7120A表示一台工作台工作面宽度为200毫米，经过改进设计的卧轴矩形工作台平面磨床。型号中字母及数字表示的含义如下：



(一)机床类别代号

机床类别用大写汉语拼音字母表示，在型号中是第一位代号。磨床的汉语拼音是“Mochuang”，所以规定用“M”表示磨床。

由于磨床的种类很多，磨床类机床还有三个分类。一般磨床用“M”表示；光整加工磨床如超精加工机、抛光机等用“2M”表示；各种专用机床如轴承、叶片、活塞环磨床等用“3M”表示。齿轮磨床和螺纹磨床按用途属于齿轮加工机床和螺纹加工机床，其类别分别用“Y”和“S”表示。

(二)机床特性代号

机床特性代号用汉语拼音字母表示。在型号中特性代号排在类别代号的后面。机床具有的特别性能，包括通用特性和结构特性，见表1-1。

机 床 通 用 特 性 代 号

表 1-1

通用特性	高精度	精 密	自 动	半自动	数字程控	仿 型	自动换刀	轻 型	万 能	简 式
代 号	G	M	Z	B	K	F	H	Q	W	J

(三)组别、型别的代号

机床的组别、型别用两位数字表示。每类机床按用途、性能、结构等方面的特点，又分为若干组。磨床类分为十组，用阿拉伯数字“0~9”表示。每组中又分若干型。磨床的组、型划分见表1-2。齿轮磨床和螺纹磨床的组、型代号见表1-3和表1-4。

表 1-2

磨床的组、型、划、分、表

名称及类别 (及分类)		0		1		2		3		4	
组别	类别	仪 表 磨 床		外 圆 磨 床		内 圆 磨 床		砂 轮 机		珩 磨 机 及 研 磨 机	
		0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
磨	M	(仪表)抛光机	其他(仪表)磨床	多片砂轮外圆磨床 (多片砂轮架)外圆磨床 端面外圆磨床 半自动宽砂轮外圆磨床 万能外圆磨床 无心圆磨床 无心磨床 无心磨床	无心圆磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床	无心圆磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床	无心圆磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床	无心圆磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床	无心圆磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床	无心圆磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床	无心圆磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床 无心磨床
	2M										
床	3M										