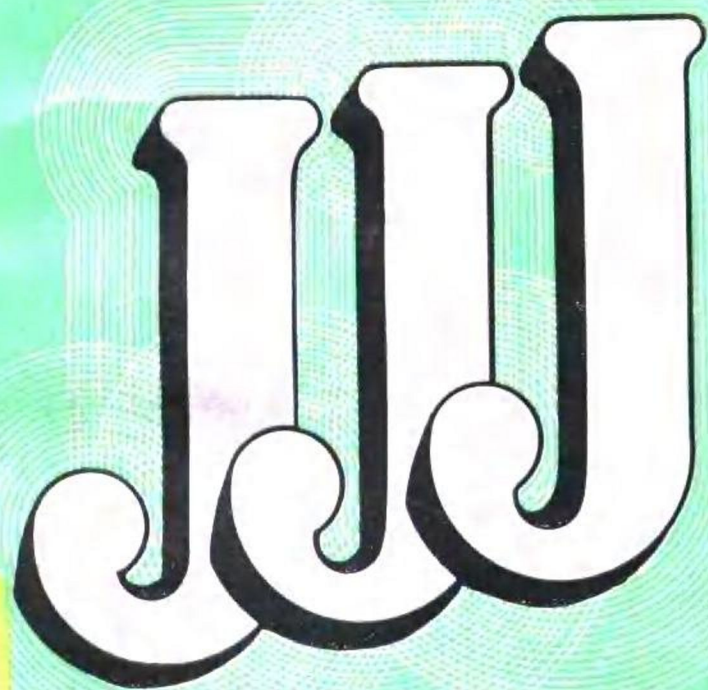


国家机械工业委员会编

初级磨工工艺学

机械工人技术理论培训教材

JIXIE GONGREN JISHULILUN PEIXUN JIAOCAI



机械工业出版社

本书内容包括：磨床工作的基本知识、外圆磨削、内圆磨削、圆锥面磨削、平面磨削、简单刀具的刃磨和简单成形面的磨削、无心外圆磨削等。

本书由上海市机电工业学校薛源顺、宋秋云、上海机床厂杨万舒编写。上海机床厂王开元、陆早发、上海市机电工业学校范崇洛审稿。

初级磨工工艺学

国家机械工业委员会统编

*

责任编辑：杨涛泉 版式设计：罗文莉

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登记证出字第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 787×1092¹/₃₂·印张6³/₈·字数145千字

1988年10月北京第一版·1988年10月北京第一次印刷

印数 00,001—16,500·定价：2.60元

*

ISBN 7-111-01060-4/TG·248

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解解决生产实际问题的能力服务的原则。在内容上,力求以

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

第一章 磨床工作的基本知识	1
第一节 磨床工作的基本内容	1
第二节 磨床主要部分的名称和用途	2
第三节 磨床液压传动的基本概念	5
第四节 磨床型号	6
第五节 磨床的润滑和保养	7
第六节 磨削加工的特点和磨削过程	8
第七节 磨削用量的基本概念	10
第八节 切削液	13
第九节 砂轮	18
第十节 砂轮的平衡与修整	33
第十一节 文明生产与安全技术	40
复习题	42
第二章 外圆磨削	43
第一节 外圆磨削的形式和方法	43
第二节 外圆砂轮及其正确使用	50
第三节 工件的装夹	55
第四节 外圆磨削产生废品的原因及预防方法	61
第五节 轴类零件的磨削工艺分析	66
复习题	73
第三章 内圆磨削	75
第一节 内圆磨削的形式、特点和方法	75
第二节 内圆砂轮及其正确使用	80
第三节 工件的装夹	84
第四节 内圆磨削产生废品的原因及预防方法	92

VI

第五节 套类零件磨削工艺	93
复习题	97
第四章 圆锥面磨削	98
第一节 圆锥的各部分名称及计算	98
第二节 圆锥的分类及其应用	101
第三节 圆锥面的磨削方法	109
第四节 圆锥面的精度检验	114
第五节 圆锥面磨削产生废品的原因及预防方法	127
第六节 圆锥面磨削的工艺分析	131
复习题	134
第五章 平面磨削	136
第一节 平面磨削的种类及其特点	136
第二节 平行平面、垂直平面和倾斜面的磨削	145
第三节 平面的精度检验	154
第四节 平面磨削的质量分析及工艺分析	158
复习题	161
第六章 简单刀具和简单成形面的磨削	162
第一节 刃磨刀具的基本知识	162
第二节 铰刀的刃磨	171
第三节 成形面的类型及其磨削方法	180
第四节 成形砂轮的修整	181
复习题	186
第七章 无心外圆磨削	187
第一节 无心外圆磨削的特点	187
第二节 无心磨削工件成圆的原理	188
第三节 无心外圆磨削的方法	189
第四节 无心外圆磨床	191
第五节 无心磨削产生废品的原因及预防方法	201
第六节 无心磨削工艺分析	202
复习题	205

第一章 磨床工作的基本知识

第一节 磨床工作的基本内容

近几年来，磨削加工有了很大的发展，已广泛地应用于机械、汽车、工具、仪表、液压、航空、轴承等工业部门。经磨削的零件有很高的精度和很细的表面粗糙度。例如外圆柱面经超精密磨削后圆度可达到 0.0001 mm ，表面粗糙度可达到 $R_{\text{a}}0.05\mu\text{m}$ 以下。随着机器制造精度的提高，一个国家的磨削工艺水平，往往也反映了该国家机械制造的工艺水平。我国制造的著名磨床有MG1432A型高精度万能外圆磨

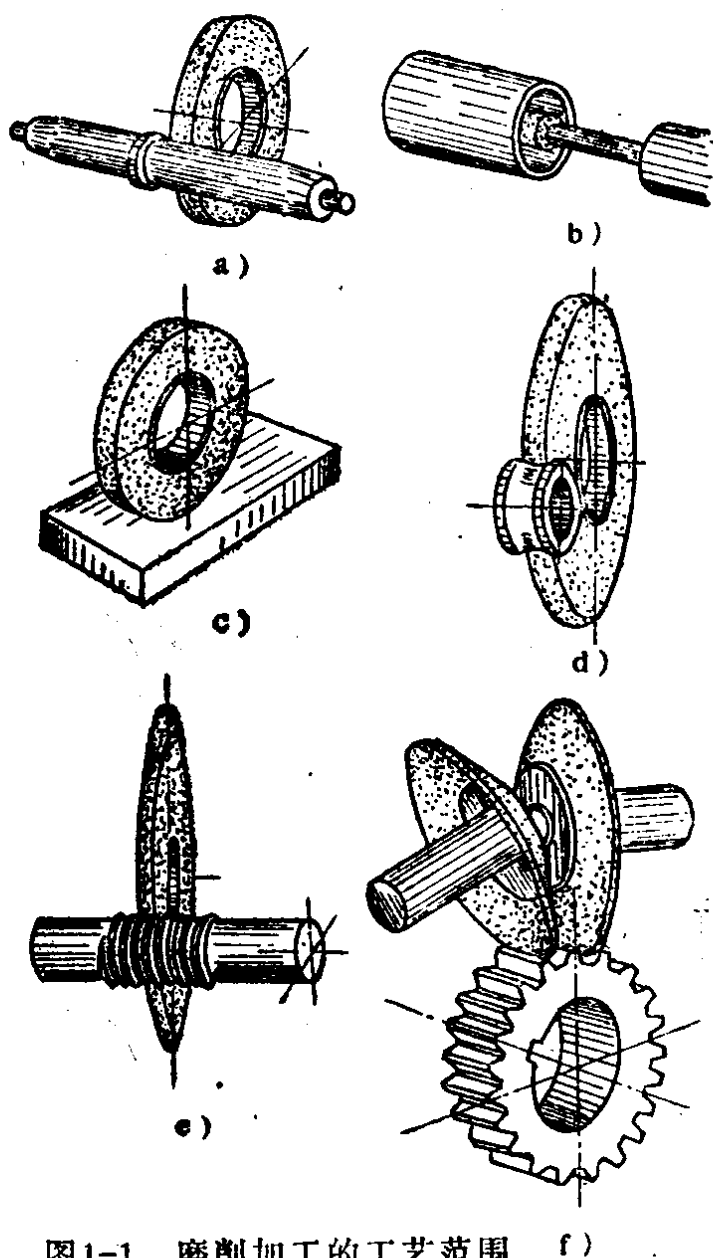


图1-1 磨削加工的工艺范围 f)

床、MG7132型高精度平面磨床、MS1312型高速外圆磨床、S 7450型大螺纹磨床、MK8532型数控凸轮磨床等。

磨床除能磨削外圆、内圆、平面、成型面外，还能磨削螺纹、齿轮、刀具、模具等复杂零件的表面（图1-1）。

第二节 磨床主要部分的名称和用途

一、磨削的基本运动

外圆磨削（图1-2 a），需要以下运动：砂轮的高速旋转运动1，为主要的切削运动；工件绕自身轴线的旋转运动2，为工件的圆周进给运动；砂轮的横向运动4；工件的往复直线运动3，即为工件的纵向进给运动。

内圆磨削所需运动与外圆磨削相似（图1-2 b）。

平面磨削（图1-2 c）包括以下运动：砂轮的旋转运动1，工件的纵向运动2，砂轮或工件的横向进给运动3，砂轮的垂直进给运动4。

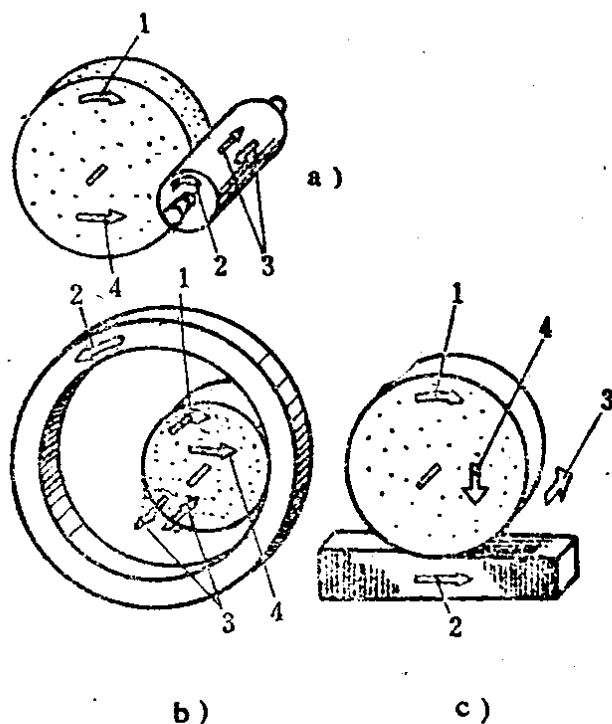


图1-2 磨削时的运动

如上所述，磨削的主运动是砂轮的旋转运动，砂轮的旋转运动能切除工件表层的金属，使之变为磨屑并形成工件新的表面。主运动的线速度较高，所消耗的切削功率也较大。

二、磨床的主要组成部分

以常用的万能外圆磨床为例，磨床主要由床身、工作台、头架、尾架、砂轮架和内圆磨具等部件组成（图1-3）。

1. 头架部分 头架内有主轴和变速机构。在主轴前端可安装顶尖以支承工件，并使工件形成精确的旋转中心。调节变速机构，可使拨盘获得各种不同的转速，工件由拨杆带动旋转。

2. 尾架部分 在尾架套筒前端可安装顶尖，用以支承工件另一端，尾架套筒后端的弹簧，可调节顶尖对工件的轴向压力。

3. 工作台部分 工作台分上下两层，上工作台可相对下工作台回转角度，以便磨削圆锥面。下工作台由机械或液压传动，可沿着床身的纵向导轨作纵向进给运动。工作台的行程由撞块控制。

4. 砂轮架部分 砂轮架安装在床身垫板的横向导轨上，操作横向进给手轮，可实现砂轮的横向进给运动，以控制磨削深度。砂轮架还可以由液压传动，实现一定行程的快速进退运动。砂轮装在砂轮主轴端，并由电动机带动。在砂轮上方为浇注切削液的喷嘴。

5. 内圆磨具部分 内圆磨具用于磨削工件的内孔，在它的主轴端可安装内圆砂轮，由电动机经传动带传动作磨削运动。内圆磨具装在可绕铰链回转的砂轮架支架上，使用时可向下翻转至工作位置。

6. 床身部分 床身是一个箱形铸件，其纵向导轨上装有工作台，垫板的横向导轨上装有砂轮架。床身内还装有液压装置、横向进给机构和纵向进给机构等。

系统的示意图，其工作原理如下：

当电动机带动齿轮泵 2 运转时，输出的压力油经节流阀 4、换向阀 5 进入液压缸 6 的左腔，从而推动活塞带动工作台 7 向右运动，液压缸右腔的低压油返回油箱。变换换向阀的位置（图 1-4b），则高压油进入液压缸的右腔，工作台向左运动。转动节流阀，可调节工作台的运动速度。传动系统的压力由溢流阀 3 调节。示意图中 1 为滤油器。

第四节 磨床型号

磨床品种共分三大类。一般磨床为第一类，用字母 M 表示。超精加工机床、抛光机床、砂带抛光机为第二类，用 2M 表示。轴承套圈、滚球、叶片磨床为第三类，用 3M 表示。齿轮磨床和螺纹磨床分别用 Y 和 S 表示。第一类磨床按加工不同分以下几组：0—仪表磨床；1—外圆磨床（如 M1332 A、MBS1332 A、MM1420、M1020、MG10200 等）；2—内圆磨床（如 M2110 A、MGD2110 等）；3—砂轮机；4—研磨机、珩磨机；5—导轨磨床；6—刀具刃磨床（如 M6025 A、M6110 等）；7—平面及端面磨床（如 M7120 A、MG7132、M7332 A、M7475 B 等）；8—曲轴、凸轮轴、花键轴、轧辊磨床（如 M8240 A、M8312、M8612 A、MG8425 等）；9—工具磨床（如 MK9017、MG9019 等）。

型号还指明机床主要规格参数。一般以机床上加工的最大工件尺寸或工作台面宽度（或直径）的 1/10 表示；曲轴磨床则表示最大回转直径的 1/10；无心磨床则表示基本参数本身（如 M1080 表示最大磨床直径为 $\phi 80\text{mm}$ ）。

磨床的通用特性代号位于型号第二位（见表 1-1），如型号 MBI432 A 中的 B 表示半自动万能外圆磨床。

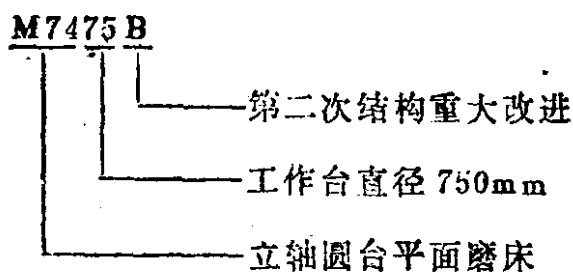
表1-1 机床通用特性

通用特性	高精度	精密	自动	半自动	数控	仿形	自动换刀	轻型	加重	筒式	高速
代号	G	M	Z	B	K	F	H	Q	C	J	S
读音	高	密	自	半	控	仿	换	轻	重	筒	速

机床结构性能的重大改进用顺序 A、B、C…表示，加于型号的末尾。

目前我国工厂中使用的一部分老型号用三位数表示，例如 M131W 表示最大磨削直径为 $\phi 315\text{mm}$ 的万能外圆磨床，M120W 表示最大磨削直径为 $\phi 200\text{mm}$ 的万能外圆磨床。

以平面磨床为例说明磨床型号的表示方法：



第五节 磨床的润滑和保养

良好的保养和润滑有利延长机床的使用寿命，保持机床的精度和可靠性。润滑的目的是减小磨床摩擦面和机构传动副的磨损，并提高机构工作的灵敏度。

一、润滑

磨床主轴滑动轴承常使用 N2 精密机床主轴油或由煤油与 22 号汽轮机油配制的主轴油。高速滚动轴承用 3 号锂基润滑脂。磨床导轨面用 N32、N68 机械油。一般滚动轴承可用 3 号轴承脂润滑。

二、保养

(1) 工作前后须清理机床, 检查磨床部件、机构、冷却系统是否正常。

(2) 磨床敞开的滑动面和机械机构须涂油防锈。

(3) 人工润滑的部位须按规定的油类加注, 并保证一定的油面高度。

(4) 定期冲洗更换冷却系统。

(5) 高速滚动轴承的工作温度应低于 60°C 。

(6) 不同精度等级和参数的磨床与加工工件的精度和尺寸参数相对应。

(7) 不碰撞或拉毛机床工作面和部件。

第六节 磨削加工的特点和磨削过程

一、磨削加工的特点

与其它金属加工方法比较, 有以下特点:

(1) 砂轮是由磨料和结合剂粘结而成的特殊的多刃刀具, 在砂轮表面每平方厘米面积上约有 $60\sim 1400$ 颗磨粒, 每颗磨粒相当于一个刀齿。磨粒是一种高硬度的非金属晶体, 它不但可磨削铜、铸铁等较软的材料, 而且还可以加工各种淬硬钢件、高速钢刀具和硬质合金等硬材料以及超硬材料(如氮化硅)。

(2) 砂轮具有较高的圆周线速度, 一般为 35m/s 左右。砂轮在磨削时除了对工件表面有切削作用外, 还有强烈的挤压和摩擦作用, 在磨削区域瞬时温度高达 1000°C 左右。

(3) 砂轮工作面经修整后, 可形成极细微的刃口, 以切除工件表面极薄的金属层。但磨削作为精加工工序, 还具有极高的金属切除率(如强力磨削等)。

(4) 磨削加工能获得极高的加工精度和极细的表面粗糙度。磨削精度通常可以达到 IT6~IT7 公差等级 (国标 GB1800~1804—79), 表面粗糙度可达 $Ra1.25\sim0.16\mu\text{m}$ 。如镜面磨削工件表面的粗糙度为 $Ra0.01\mu\text{m}$, 工件表面光滑如镜。尺寸精度和形状精度可达 $1\mu\text{m}$ 以内, 其误差相当于人体头发丝粗细的 1/70 或更小。

(5) 砂轮在磨削时还具有“自锐作用”, 部分磨钝的磨粒在一定条件下能自动脱落或崩碎, 从而使砂轮保持良好的磨削性能。

二、磨削过程

金属磨削的实质是工件被磨削的金属表层在无数磨粒瞬间的挤压、摩擦作用下产生变形而后转为磨屑, 并形成光洁表面的过程。

金属的变形有弹性变形和塑性变形两种。金属磨削过程可分三个阶段, 砂轮表面的磨粒与工件材料接触为弹性变形为第一阶段。磨粒继续切入工件, 工件材料进入塑性变形的第二阶段。材料的晶粒发生滑移, 使塑性变形不断增大, 当力达到工件的强度极限时被磨削层材料产生挤裂, 即进入第三阶段。最后被切离。磨削过程表现为力和热的作用。

1. 磨削力 磨削时砂轮与工件间发生切削作用和摩擦作用, 在砂轮和工件上分别作用着大小相等、方向相反的力, 这种相互作用的力称磨削力。此力在空间可分解为三个分力 (图1-5):

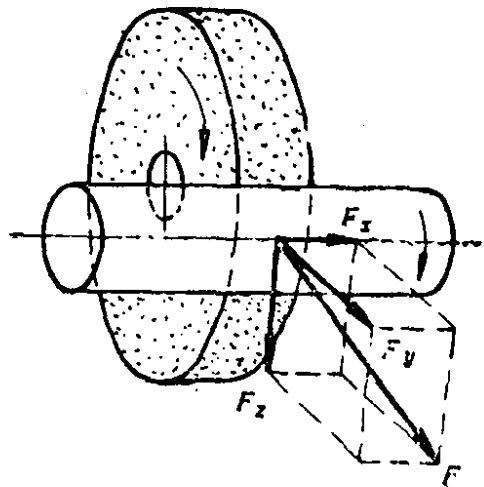


图1-5 磨削力

(1) 切向力 F_t 作用在砂轮圆周速度方向的分力。

(2) 径向力 F_r 作用在磨削深度方向的分力。

(3) 轴向力 F_a 作用在纵向进给方向的分力。

一般径向力是切向力的2~3倍,由于较大的径向力作用,使机床——工件——砂轮组成的工艺系统产生较大的弹性变形。被磨材料的硬度愈硬,磨削力也愈大。磨削力大小还与砂轮特性,砂轮的磨削宽度和磨削用量有关。

2. 磨削热 磨削时产生的热量较车削、铣削大,热量传入砂轮、磨屑或被切削液带走。然而砂轮是热的不良导体,因此几乎80%的热量传入工件和磨屑。磨削区域的瞬间高温,可烧伤工件的表层并使磨屑燃烧。磨削热会引起工件的热变形,从而影响加工精度,因此磨削时应特别注意对工件的冷却。

第七节 磨削用量的基本概念

以外圆磨削为例,磨削用量包括:砂轮圆周速度 v_s 、工件圆周速度 v_w 、纵向进给量 f 、横向进给量 a_p (图1-6)。

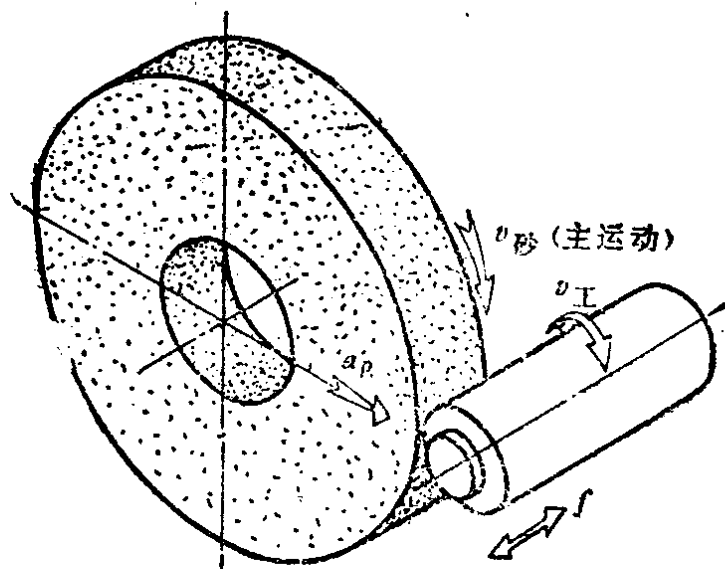


图1-6 磨削用量

一、砂轮圆周速度

砂轮外圆表面上任一磨粒在单位时间内所经过的磨削路程，称为砂轮圆周速度 v_s 。

计算公式为：

$$v_s = \frac{\pi D_s n}{1000 \times 60} \quad (\text{m/s}) \quad (1-1)$$

式中 D_s ——砂轮直径 (mm)；

n ——砂轮转速 (r/min)。

砂轮圆周速度表示砂轮磨粒的磨削速度，故又称磨削速度。

例 1. 已知砂轮直径为 400mm，砂轮转速为 1670r/min，求砂轮的圆周速度？

解 根据式 (1-1)

$$v_s = \frac{\pi \times 400 \times 1670}{1000 \times 60} = 34.976 \approx 35 \quad \text{m/s}$$

外圆磨削和平面磨削的磨削速度一般在 30~35m/s 左右，内圆磨削的速度较低，一般在 18~30m/s 左右。

砂轮圆周速度对磨削质量和生产率有直接的影响。当砂轮直径变小时，会出现磨削质量下降现象，就是由于砂轮圆周速度下降了的缘故。

二、工件圆周速度

工件圆周速度是表示工件被磨削表面上任意一点，在每分钟内所走过的路程。计算公式为：

$$v_w = \frac{\pi d_w n_w}{1000} \quad (\text{m/min}) \quad (1-2)$$

式中 d_w ——工件外圆直径 (mm)；

n_w ——工件转速 (r/min)。