

工人中级操作技能训练辅导丛书

磨 工

国家机械工业委员会技术工人教育研究中心

编

天津市机械工业管理局教育教学研究室



机械工业出版社

本书内容包括：概述；磨床、精密量仪和夹具；研磨和磨削中心孔；精磨工件外圆；磨削细长轴；磨削偏心工件；磨削曲轴；磨削内、外圆同轴工件；磨削阶梯孔工件；磨削薄片工件；磨削工件成型面；磨削球面工件；磨削薄壁工件；磨削外花键；磨削齿轮工件；磨削螺纹工件；磨削导轨；表面光整加工。

本书融操作技能和技能知识为一体，图文并茂，通俗易懂。可供磨工进行自学和中级操作技能训练辅导教材。

本书由聂雁庭同志编写，王泽群同志主审，宋孝良同志参加审稿。

磨 工

国家机械工业委员会技术工人教育研究中心 编
天津市机械工业管理局教育教学研究室

*

责任编辑：陈 萱

封面设计：方 芬

*

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·机械工业出版社书店经售

*

开本 787×1092 $\frac{1}{16}$ ·印张 11 $\frac{1}{4}$ ·字数 268 千字

1987年11月北京第一版·1987年11月北京第一次印刷

印数 00,001—60,000·定价：2.35 元

*

ISBN 7-111-00014-5/TG·6

编委会名单

主任委员：王志平

副主任委员：董无岸 陈遐龄 王玉杰 赵国田
杨国林 范广才（常务）

委员：王明贤 陈郁 温玉芬 戴振英
解延年 曹桂秋 郝淑贤

前 言

技术工人培训的内容，应包括技术理论和操作技能两个方向。而提高工人的实际操作技能则是工人培训工作的出发点和归宿。

长期以来，在工人培训工作中，存在着片面强调技术理论的倾向，与此相联系，在技术理论教学上有比较系统和完整的教学计划、大纲以及相应的教材，而在操作技能训练方面迄今还没有一个统一的要求和依据，基本上沿袭师傅带徒弟的传统方式来口传心授一些局部的、零散的、陈旧的生产经验，或者靠徒工“自然成长”。这是造成目前机械工业工人队伍特别是青壮年工人素质不高的重要原因之一。

为了加强操作技能训练，全面提高机械工业技术工人队伍的素质，一九八五年，机械工业部组织力量首次编写并颁布了《工人中级操作技能训练大纲（试行）》。

目前，工人中级技术培训工作正在展开，各地各企业普遍重视了对操作技能的训练。为了帮助企业技工教育工作者更好地贯彻部颁《大纲》，提高培训质量，并为广大中级技术培训对象提供自学参考书，我们组织编写了《工人中级操作技能训练辅导丛书》。《丛书》共二十五种，包括了部颁《大纲》中列入的二十五个工种。其中二十一种是天津地区编写的，其他四种由北京地区编写。

《丛书》是以部颁《工人中级操作技能训练大纲（试行）》为依据，并结合机械工业部统编工人培训教材（中级本）中有关工种工艺学和《工人技术等级标准（通用部分）》中级工“应会”部分的要求来编写的。

在具体内容的组织安排上，突出了技能训练，将各工种的操作技能知识和技能训练融汇在一起，并按各主要工序的难易程度顺序排列，力求做到由简到繁，体现由浅入深、循序渐进的教学规律。

每本书主要由七个方面的内容组成：目的要求，内容提示；设备、工具、辅具；夹具及夹持方法；操作步骤、技能、技巧；操作安全技术；技能训练实例；质量检验。书中用了大量插图，使内容形象化，增强直观性，利于工人理解和掌握有关操作技能知识。

我们是抱着积极尝试、大胆探索的决心来编写这套丛书的。《丛书》出版了，我们期望她能为加强工人操作技能培训起到一点帮促作用。但是，由于缺乏经验，《丛书》一定会有不少错误和不足之处，恳切希望读者批评指正。

国家机械工业委员会技术工人教育研究中心

天津市机械工业管理局教育教学研究室

1987年6月

目 录

前言

第一单元 概述	1
(一) 磨削加工及其特点	1
(二) 砂轮及其修整新方法	1
(三) 磨削冷却新措施	13
(四) 提高磨削质量的方法	13
(五) 编制工艺规程的方法	15
(六) 磨削加工新工艺	16
第二单元 磨床、精密量仪和夹具	18
(一) 磨床的精度和故障排除	18
(二) 精密量具和量仪	22
(三) 磨床夹具	27
第三单元 研磨和磨削中心孔	33
(一) 工件的支承方式和中心孔的重要性	33
(二) 中心孔的修研方法	34
(三) 特殊结构的中心孔	36
(四) 高精度工件中心孔的测量检验	37
(五) 操作练习	38
第四单元 精磨工件外圆	40
(一) 细表面粗糙度磨削及其表面的获得	40
(二) 影响细表面粗糙度工件磨削质量的因素与措施	40
(三) 高精度定向磨削	42
(四) 用钢球定位进行外圆磨削	44
(五) 直波纹和螺旋形的消除方法	44
(六) 高精度外圆磨削的质量分析	45
(七) 操作练习	46
第五单元 磨削细长轴	48
(一) 细长轴及其加工难度和技术关键	48
(二) 开式中心架及其使用方法	48
(三) 细长轴的装夹和磨削方法	50
(四) 高精度细长轴的磨削方法	52
(五) 操作练习	55
第六单元 磨削偏心工件	57
(一) 偏心工件及其加工要求	57
(二) 偏心工件的装夹、找正和平衡方法	57
(三) 偏心工件的磨削方法和安全技术	61

(四) 偏心工件的检验	61
(五) 操作练习	62
第七单元 磨削曲轴	64
(一) 曲轴及其磨削要求	64
(二) 装夹和找正方法	65
(三) 磨削方法	66
(四) 连杆轴颈的磨削方法和技术安全	66
(五) 操作练习	67
第八单元 磨削内、外圆同轴工件	68
(一) 内、外圆同轴工件及其加工难度和技术关键	68
(二) 内、外圆同轴工件的装夹和磨削方法	68
(三) 用中心架装夹磨削精密内孔的方法	71
(四) 操作练习	73
第九单元 磨削阶梯孔工件	76
(一) 套类工件加工难度和精密套筒工艺特点	76
(二) 阶梯孔工件的装夹和磨削方法	76
(三) 间断表面孔的磨削方法	78
(四) 保证套类工件位置精度的方法	78
(五) 双砂轮磨削的方法	79
(六) 提高精密套筒加工精度的方法	79
(七) 操作练习	81
第十单元 磨削薄片工件	83
(一) 薄片工件及其加工难度和技术关键	83
(二) 薄片工件的装夹和磨削方法及特殊工艺	83
(三) 点磨的方法	87
(四) 支承磨削法	88
(五) 平面垫圈的磨削方法	90
(六) 长薄形工件的磨削方法	90
(七) 不导磁工件的装夹和磨削方法	91
(八) 操作练习	94
第十一单元 磨削工件成型面	96
(一) 成型面及其磨削和加工设备	96
(二) 成型砂轮的修整方法	96
(三) 工件成型面的磨削方法	98
(四) 用计算机数控坐标磨床磨削成型面的方法	101
(五) 操作练习	104
第十二单元 磨削球面工件	108
(一) 球面工件的装夹和磨削方法	108
(二) 在万能外圆磨床上磨削球面的方法	111
(三) 操作练习	112
第十三单元 磨削薄壁工件	114
(一) 薄壁工件及其加工难度和技术关键	114

(二) 薄壁工件的装夹和磨削方法	114
(三) 提高薄壁套内孔磨削质量的方法	116
(四) 操作练习	118
第十四单元 磨削外花键	120
(一) 外花键及其加工要求	120
(二) 磨外花键的砂轮选择和砂轮修整方法	120
(三) M8612花键磨床磨削前的调整	122
(四) 矩形外花键的磨削方法	123
(五) 外花键的精度检验和质量分析	125
(六) 操作练习	126
第十五单元 磨削齿轮工件	128
(一) 齿轮的磨削方法	128
(二) 磨齿余量	131
(三) 砂轮的选择和磨削用量	132
(四) 机床的工艺调整和磨齿夹具	132
(五) 齿形和齿向的精调整	133
(六) 高效及经济磨齿方法	134
(七) 操作练习	136
第十六单元 磨削螺纹工件	138
(一) 螺纹的磨削方法	138
(二) 砂轮的选择	140
(三) 丝杠螺纹的精磨方法	141
(四) 丝杠的检验和质量分析	142
(五) 操作练习	143
第十七单元 磨削导轨	146
(一) 导轨磨削和导轨磨床	146
(二) 工件的装夹和调整	146
(三) 导轨的磨削方法和砂轮的选择	147
(四) 调整垫铁和浮动锁紧千斤顶	149
(五) 导轨的配磨技术	151
(六) 导轨的精度测量	155
(七) 操作练习	158
第十八单元 表面光整加工	161
(一) 光整加工及其研磨	161
(二) 研具和研磨剂	162
(三) 研磨方法	163
(四) 研磨参数的确定	168
(五) 测量检验和质量分析	169
(六) 操作练习	170

第一单元 概 述

内容提示 磨工的操作技能涉及很多方面。在磨削加工中,有许多是属于需要不断改进、发展和更新的问题。本单元在简介磨削加工及其特点之后,重点介绍砂轮及其修整新方法,磨削冷却新方法,提高磨削质量的方法,编制工艺规程的方法和磨削加工新工艺,以便为操作技能训练打好基础。

目的 了解一些磨削加工的新工艺、新技术、新材料、新标准，掌握提高磨削质量和效率的方法。

(一) 磨削加工及其特点

1. 磨削加工

在磨床上用砂轮对工件进行切削,使其在形状、精度和表面粗糙度等方面都合乎预先要求的加工方法,称为磨削加工。它是一种高速、多刃、微量的切削加工过程,涉及多种复杂因素。

2. 磨削加工的特点

(1) 砂轮相对工件作高速旋转 一般砂轮线速度达 35 m/s ，高速磨削可达 60 m/s 以上。

(2) 能获得很高的加工精度和很细的表面粗糙度 通常精度可达 IT6~IT7, 表面粗糙度 $R_{a1.6} \sim R_{a0.2}$; 高精度磨削时, 精度可超过 IT6, 表面粗糙度达 $R_{a0.012}$ 。

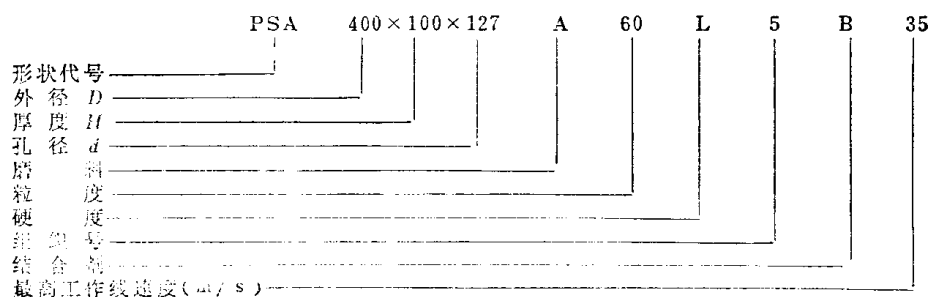
(3) 加工范围广 不但可加工未淬硬钢、铸铁和有色金属等软材料,而且可加工淬硬钢、各种切削刀具以及硬质合金等硬度很高的材料。

(4) 少切屑 除强力磨削外, 是一种少切屑加工, 一般磨削深度较小, 在一次行程中所能切除的金属层较薄。

(二) 砂轮及其修整新方法

1. 砂轮标志的新方法

磨具(砂轮、磨头、油石、砂瓦)的各特征,按其形状、尺寸、磨料、粒度、硬度、组织、结合剂、线速度顺序书写。其中,砂轮的标志示例如下:



- (1) 砂轮和磨头的形状及其代号 见表 1-1、表 1-2。
油石和砂瓦的形状及其代号 见表 1-3、表 1-4。
(2) 磨料的代号 见表 1-5。

表1-1 砂轮的形状及其代号

系列	砂 轮 名 称	代 号	尺寸书写方法	系列	砂 轮 名 称	代 号	尺寸书写方法
平 形 系	平形砂轮	P	$D \times H \times d$	筒形系	筒形砂轮	N	$D \times H b$
	弧形砂轮	PH			筒形带槽砂轮	NC	
	双斜边一号砂轮	PSX ₁		杯形系	杯形砂轮	B	$D \times H \times d$
	双斜边二号砂轮	PSX ₂			碗形砂轮	BW	
	双斜边三号砂轮	PSX ₃		碟形系	碟形一号砂轮	D ₁	
	单斜边一号砂轮	PDX ₁			碟形二号砂轮	D ₂	
	单斜边二号砂轮	PDX ₂			碟形三号砂轮	D ₃	
	单面凸砂轮	PDT		专用加工系	磨量规砂轮	JL	
	单面凹砂轮	PDA			磨针砂轮	JZ	
	双面凹砂轮	PSA			磨收割机刀片砂轮	JP	
	单面凹带锥砂轮	PZA					
	双面凹带锥砂轮	PSZA					
	薄片砂轮	PB					

表1-2 磨头的形状及其代号

磨 头 名 称	代 号	尺寸注写方法
圆柱磨头	MY	$D \times H \times d$
截锥磨头	MJ	
椭圆锥磨头	MTZ	
60°锥磨头	ML	
圆头锥磨头	MYT	
半球形磨头	MBQ	
球形磨头	MQ	$D \times d$

表1-3 油石的形状及其代号

油石名称	代 号	尺寸书写方法	油 石 名 称	代 号	尺寸书写方法
正方油石	SF	$A \times A \times L$	正方珩磨油石	SFH	$A \times A \times L$
长方油石	SC	$B \times H \times L$	长方珩磨油石	SCH	$B \times H \times L$
三角油石	SJ	$A \times L$	圆形油石	SY	$D \times L$
刀形油石	SD	$B \times H \times L$	半圆油石	SB	

- (3) 磨料的粒度 磨料粒度按颗粒大小分为 41 个号，记作：
4*、5*、6*、7*、8*、10*、12*、14*、16*、20*、22*、24*、30*、36*、40*、46*、54*、60*、70*、

表1-4 砂瓦的形状及其代号

砂 瓦 名 称	代 号	尺 寸 书 写 方 法
平形砂瓦	WP	$B \times H \times L$
扇形砂瓦	WS	$B_1/B \times r/R \times L$
凸平形砂瓦	WTP	$B_1/B \times H \times L$
平凸形砂瓦	WPT	
梯形砂瓦	WT	

表1-5 磨料的代号

系 别	名 称	代 号	系 别	名 称	代 号
刚 玉	棕刚玉	A	碳 化 物	黑碳化硅	C
	白刚玉	WA		绿碳化硅	GC
	单晶刚玉	SA		立方碳化硅	SC
	微晶刚玉	MA		铈碳化硅	CC
	铬刚玉	PA		碳化硼	BC
	锆刚玉	ZA			
	锆铈刚玉	NA			
	黑刚玉	BA			

80*、90*、100*、120*、150*、180*、220*、240*；
W63、W50、W40、W28、W20、W14、W10、W7、W5、W3.5、W2.5、W1.5、W1.0、W0.5。

(4) 磨具的硬度分级与代号 见表 1-6。

表1-6 磨具的硬度分级与代号

硬 度 等 级		代 号	硬 度 等 级		代 号
大 级	小 级		大 级	小 级	
超软	超软	D、E、F	中	中 ₁	M
				中 ₂	N
软	软 ₁	G	中硬	中硬 ₁	P
	软 ₂	H		中硬 ₂	Q
	软 ₃	J		中硬 ₃	R
中软	中软 ₁	K	硬	硬 ₁	S
	中软 ₂	L		硬 ₂	T
			超硬	超硬	Y

- (5) 磨具组织号与磨粒率的关系 见表 1-7。
(6) 磨具的结合剂代号 见表 1-8。
(7) 磨具的最高线速度 见表 1-9。

表1-7 磨具组织号与磨粒率的关系

组织号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
磨粒率(%)	62	60	58	56	54	52	50	48	46	44	42	40	38	36	34

表1-8 磨具的结合剂代号

名 称	代 号
陶瓷结合剂	V
树脂结合剂	B
橡胶结合剂	R
菱苦土结合剂	M _g

表1-9 磨具的最高线速度

磨具名称	线速度 (m/s)		
	陶瓷结合剂	树脂结合剂	橡胶结合剂
平形砂轮	35	40	35
弧形砂轮			—
双斜边砂轮			
单斜边砂轮			
单面凸砂轮		—	
单面凹砂轮		40	35
单面凹带锥砂轮			—
双面凹砂轮			35
双面凹带锥砂轮			—
筒形系砂轮	25	30	
杯形砂轮	30	35	
碗形砂轮			
碟形砂轮		30	
磨量规砂轮	25	—	
薄片砂轮	35	50	
磨转子槽砂轮		35	—
螺栓紧固平形砂轮	60~80		
钵形砂轮	—	—	20
丝锥抛光砂轮		—	
板牙抛光砂轮		30	—
丝杠抛光砂轮			

(续)

磨具名称	线速度 (m/s)		
	陶瓷结合剂	树脂结合剂	橡胶结合剂
镜面磨砂轮	—	25	—
柔性抛光砂轮		—	23
磨螺纹砂轮	50	50	—
高速砂轮	50~60	50~60	
磨皮辊砂轮	30	—	
棕刚玉30°及更粗; M及更硬的砂轮	40	40	
磨头	25	25	
砂瓦	30	30	

(8) 砂轮硬度和磨料硬度的区别 砂轮硬度是指砂轮的结合度，即当受到外力时，砂粒自砂轮上脱落的难易程度。因此，必须将其与磨料本身的硬度加以区别，同一种磨料可以做出不同硬度的砂轮。磨硬钢时应选用软砂轮，而磨软材料时应选用组织疏松的较硬砂轮。

2. 新型砂轮

(1) 浸二硫化钼砂轮 用浸过二硫化钼的砂轮加工工件是一种较为先进的工艺方法。其切削性能极佳，工件热变形很小，颗粒不易钝化、使用寿命长，对有色金属和铸铁的磨削效果明显，成本低廉，简单易行，能提高产品质量，值得采用和推广。砂轮的浸泡处理工艺：在常温下，用粉状二硫化钼与无水乙醇混合溶液，在密闭性良好的容器中(防止乙醇挥发)，把新的普通砂轮浸泡在溶液中 14 小时后，取出自然干燥 18~20 小时，即可完全干透。于是一个新型的砂轮就制成了。

(2) 阶梯砂轮 阶梯磨削法是一种简便易行、适合于大量生产的高效磨削方法。其方法是把砂轮表面修整成不同直径的梯形，见图 1-1。这种砂轮如同用若干个大小不同的砂轮拼在一起进行磨削，共同分担磨削加工余量，使本来一次不能磨掉的余量可一次磨掉。与普通磨削相比，它的优点是：减少加工所用的机动和辅助时间，生产效率高，减轻操作者劳动强度；提高砂轮寿命，减少修正砂轮次数，节省了金刚石；尺寸稳定性好，提高了加工表面的质量，实现半自动操作。

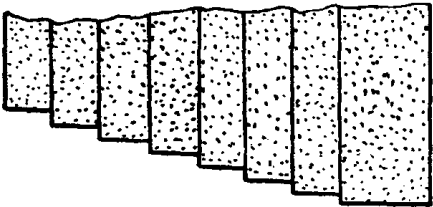


图1-1 阶梯砂轮

1) 阶梯砂轮的级数、深度和宽度 阶梯级数随加工余量的大小及砂轮的宽度而定。如果加工余量大，级数可多一些（一般为四级）；砂轮宽度如果较宽，则可多分一些级。

阶梯最大深度依据砂轮本身的粒度与硬度来决定。一般最大深度取 0.1~0.15mm，最小深度取决于工件所要求的表面质量、表面粗糙度以及加工材料的性质。如果工件表面粗糙度较细，则阶梯深度应较小，一般最小深度取 0.01~0.02mm。对于余量大而又不易变形的工件，砂轮可修成 2~4 个阶梯，进给量不超过 0.04~0.05mm。阶梯深度宜依次逐渐递减，其分配见图 1-2 a。

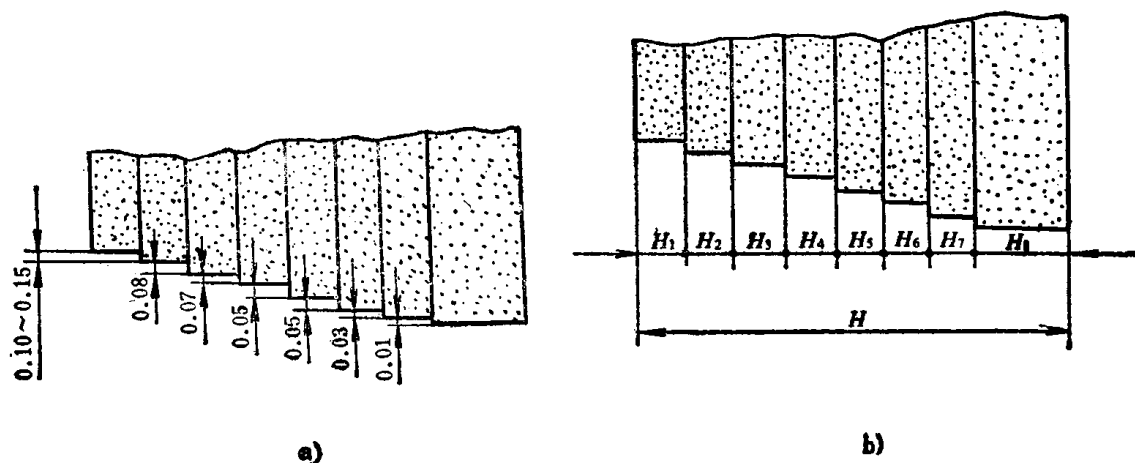


图1-2 阶梯深度和宽度的分配

a) 阶梯深度的分配 b) 阶梯宽度的分配

阶梯宽度主要取决于使用的砂轮宽度、工件余量及其表面粗糙度。如果砂轮较窄，余量较少或被加工工件的表面粗糙度不细，则其宽度可大些，反之则可窄一些；如果被加工工件表面粗糙度要求较细或要求尺寸精度较高，则最后一个阶梯应宽一些；如粗糙度不细，则可适当减少最后一级阶梯的宽度，见图1-2 b。

2) 阶梯砂轮的修整方法 用金刚石修整，手动进行。修整余量随每级要求的深度决定，但每次不得超过0.05mm。余量超过规定的每次修整量时，则可分多次进行。除最后一个阶梯外，其余阶梯修整时的进给量可适当大些。由于最后一个阶梯是决定工件表面粗糙度和精度的关键，因此其进给量应随被加工工件表面粗糙度的变细而减小。阶梯砂轮用钝后的再修整，只要依次去掉一层余量即可，不需全部去掉阶梯。修整四阶梯砂轮的步骤，见图1-3。

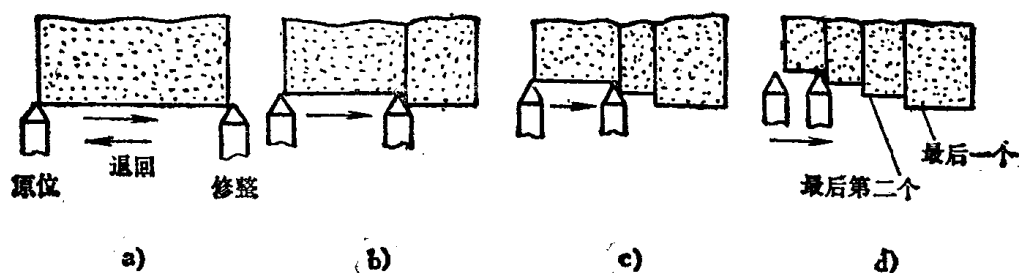


图1-3 四阶梯砂轮的修整

3) 使用方法 工作台每往复一次的横向进给量应小于或接近阶梯砂轮最小阶梯宽，见图1-4。用阶梯砂轮磨削的操作过程，见图1-5。

首先把砂轮按要求的阶梯数、阶梯宽和阶梯深修整好，把砂轮按最后一个阶梯一次进给到工件的规定尺寸；

扳动砂轮横向连续进给手柄，使砂轮退至①位，安装好工件并上磁；

扳动砂轮横向连续进给手柄，使砂轮从①快速移动至接近工件的②位；

把砂轮横向进给手柄扳至断续进给位置，使砂轮按预先选定的横向进给速度向位③进

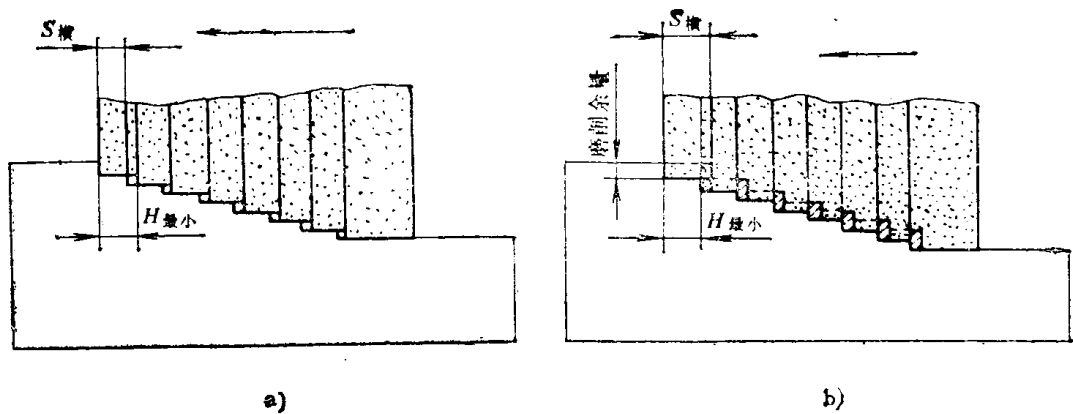


图1-4 横向进给量的选择

a) $S_{横} \leq H_{最小}$ b) $S_{横} > H_{最小}$

给；

当砂轮越出整个工件宽度后，工件即磨好。此时使砂轮停于工作台右位④处（越出工件位置）；

扳动砂轮横向进给手柄至连续进给最快位置，使砂轮快速移至后位⑤处。至此，整个工作循环全部结束，退磁，卸下工件。

这种阶梯砂轮，当磨完一盘工件后不用退刀。一般修整一次可连续使用一天而表面质量及尺寸不变。

（3）开槽砂轮 有厚度方向开槽砂轮和直径方向开槽砂轮。

1) 厚度方向开槽砂轮 间断磨削法是在普通砂轮的圆周厚度方向上开一定数量的槽，用这种有槽的砂轮来磨削工件的方法。磨削硬质合金工件时，简单易行，效率高、质量好，能有效地防止产生裂纹；磨削淬硬钢时，也能收到良好的效果。在砂轮上开槽，可以用手工或机动的方式进行，一般有以下几种方法：

用废薄片切割砂轮（厚约4 mm，中等硬度以上，粒度20#~60#）或硬度高的废砂轮、砂条（中硬，粒度20#~46#）等均可进行手工开槽。其方法见图1-6 a，一般多用于工具磨床上砂轮的开槽；

用废锯条（厚约4 mm）加少量的水进行冷却，用手工开槽；

用铸铁圆盘装在机床上并放入碳化硅磨料（粒度20#~60#），用水和泥浆的混合液冷却进行机动开槽，其效果很好，见图1-6 b；

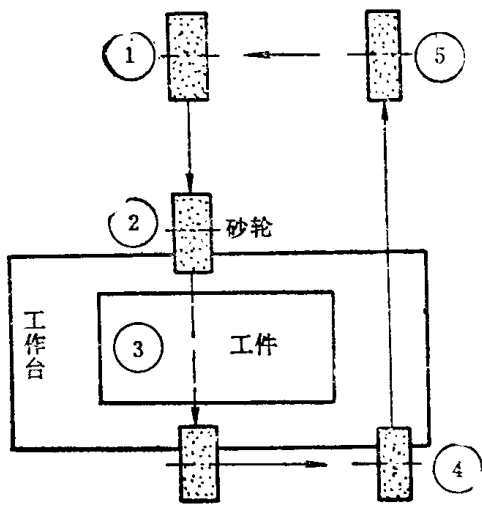


图1-5 操作过程示意图

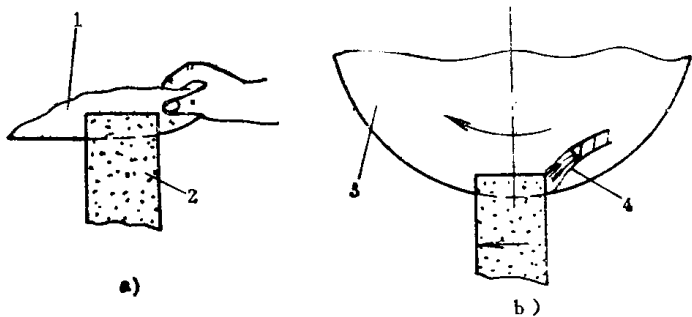


图1-6 砂轮开槽的方法

a) 手工开槽 b) 无齿锯开槽

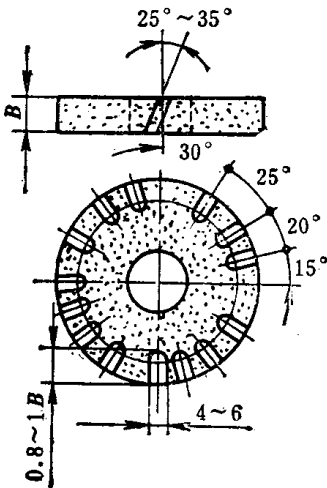
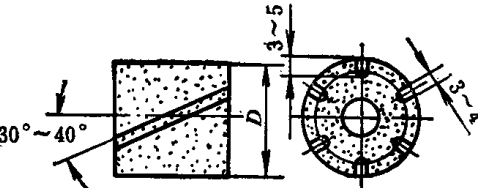
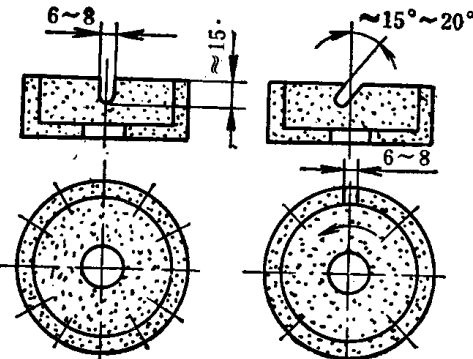
1—割槽砂轮 2—砂轮 3—铸铁圆盘 4—冷却液

用切割砂轮（粒度 20*~60*，中等硬度，陶瓷或树脂结合剂）装在机床上开槽。

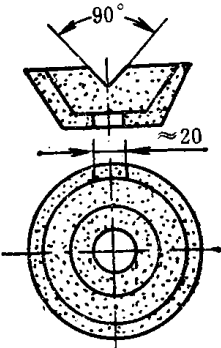
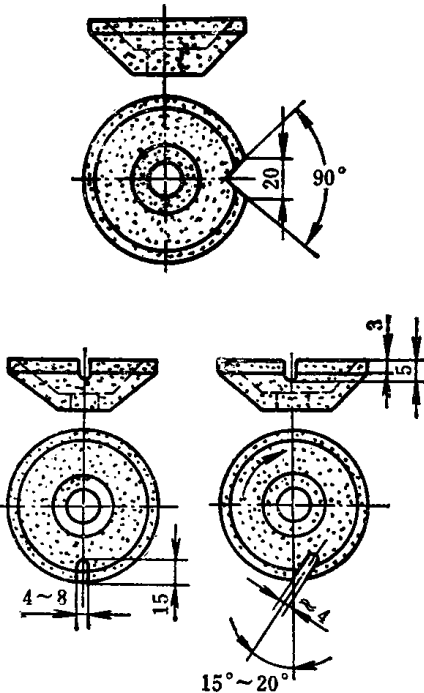
开槽的数量 当砂轮硬度高、与工件的接触面积大时，槽应开得多一些，相反则槽应开得少一些；磨削面积大、散热条件差的工件时，应多开槽；磨削表面粗糙度要求细、工件走刀速度低的工件时，槽应开得多一些，相反则应少一些；磨削含钛量高的硬质合金时，槽要开得多一些。

开槽方式 由于砂轮的形状和磨削方式不同，对砂轮开槽的形式有不同的要求，见表 1-10。

表1-10 各种砂轮开槽的形式

砂 轮	用 途	开 槽 形 式	说 明
平 形 砂 轮	外 圆 磨		1.沟槽的配置方式采用90°内不等分，圆周上槽数为16~24槽 2.沟槽在圆周上制成斜槽，斜角为25°~35°，方向为右旋 3.各沟槽在圆周上对称分布，沟槽深度、宽度一致
	平 面 磨		沟槽的配置与外圆磨砂轮基本相同，槽数一般为24~36槽
	内 圆 磨		等分开斜槽，斜角为30°~40°，槽数为4~6槽
杯 形 砂 轮	工 具 磨		1.杯形砂轮和碗形砂轮的开槽形式相同 2.槽形为90°V形：适于粗磨，表面粗糙度较粗；槽形为矩形直槽：用于粗精磨，表面粗糙度可达Ra0.8；槽形为矩形斜槽：用于精磨，表面粗糙度可达Ra0.4以上 3.槽数为4~18个，在圆周上均匀分布 4.矩形斜槽的斜角为15°~20°，沟槽的倾斜方向与砂轮旋转方向相反

(续)

砂 轮	用 途	开 槽 形 式	说 明
碗 形 砂 轮	工		1. 杯形砂轮和碗形砂轮的开槽形式相同 2. 槽形为90° V形：适于粗磨，表面粗糙度较粗；槽形为矩形直槽：用于粗精磨，表面粗糙度可达 $R_a0.8$；槽形为矩形斜槽：用于精磨，表面粗糙度可达 $R_a0.4$以上 3. 槽数为4~8个，在圆周上均匀分布 4. 矩形斜槽的斜角为15°~20°，沟槽的倾斜方向与砂轮旋转方向相反
碟 形 砂 轮	具 磨		1. 沟槽开得浅而较窄 2. 矩形沟槽的数量为8~16个，90° V形沟槽的数量为4~8个，在圆周上均匀分布

磨削用量 采用碳化硅开槽砂轮加工硬质合金时，线速度可与通常加工高速钢时相同。外圆磨床及平面磨床采用 $32\sim36\text{ m/s}$ ，工具磨床采用 $20\sim30\text{ m/s}$ ；进给量可比通常磨削高速钢时大，外圆磨削时，粗磨为 $0.05\sim0.1\text{ mm/单行程}$ ，精磨为 $0.01\sim0.03\text{ mm/单行程}$ ；刃磨刀齿前面时，粗磨为 $0.1\sim0.15\text{ mm/单行程}$ ，精磨为 $0.01\sim0.03\text{ mm/单行程}$ ；进给量与磨削表面粗糙度和砂轮的消耗有关，工件表面粗糙度要求细时进给速度要慢，反之生产率虽高但砂轮消耗大。

注意事项 开槽砂轮的槽只要开得适当，砂轮是不会碎裂的。但为了保证安全，开槽后的砂轮还是应用敲击法进行检验，并在机床上空转 $2\sim3$ 分钟后，先以小切削量进行试验磨削。

用开槽砂轮磨削刀具时，由于其转速很高，即使用手持刀具磨削也不会“扎刀”，但磨削细长轴时容易产生振动。

砂轮开槽后，工件表面粗糙度有所变粗。为此可将砂轮粒度号数选大些，工作台往复行

程放慢些，以及用金刚石笔对内圆磨砂轮作精细修整。

使用中砂轮沟槽因磨损而变浅后，易引起加工精度下降、表面粗糙度变粗和导致砂轮失去平衡。为此可将其恢复到原有的深度，并重新调整使其平衡。

2) 直径方向开槽砂轮 制冷产品中，一些有色金属件、表面焊锡件和黑色金属件，其工件薄而且面积大，磨削表面粗糙度较粗，并且工件容易产生热应力，出现弹性退让现象。为保证加工质量，可根据铜铝合金材料具有硬度低、塑性高、热膨胀系数大等特点，采用砂轮开槽的方法，以细化工件的表面粗糙度和提高磨削效率，具体措施如下：

选用普通的棕刚玉砂轮，并将砂轮外圆开槽，见图 1-7；正确选用磨削冷却液，一般可用煤油加 10% 的机械油作冷却液和润滑剂，其清洗效果较好，也可用煤油或菜油加石化碳作冷却润滑液。当砂轮外圆开梯形槽后，该槽可作储存冷却液用，并且将砂轮片分为两部分，减少了砂轮与工件的接触面积和磨削时的变形。

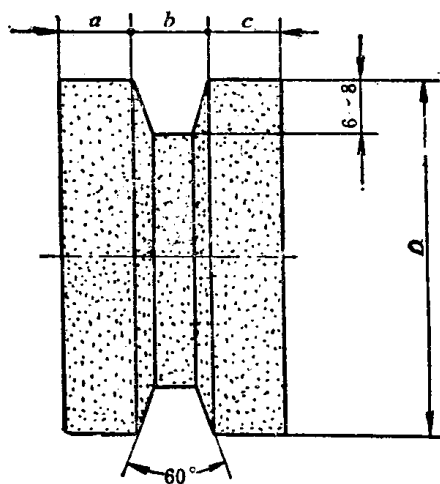


图1-7 开槽砂轮

用这种砂轮磨削粘性材料（如表面焊锡件、铜铝合金等），每次进给量可达 0.06~0.08 mm，磨削效率比一般平磨法提高 1~2 倍以上，表面粗糙度为 $R_a0.2$ ；磨削黑色金属，效率可提高 1 倍以上，表面粗糙度为 $R_a0.2$ 。

3. 新型砂轮修整器

(1) 外圆磨床砂轮修整器 在外圆磨床上刃磨拉刀等圆锥表面工件时，需要将砂轮修成一个斜面，见图 1-8。为此先将砂轮座搬动一个角度，修整后再将其复原，然后进行磨削。第二次修整时又重复上述操作，不但增加了劳动强度，而且影响加工效率。故需使用斜面修整器来修整砂轮，以解决这些问题。

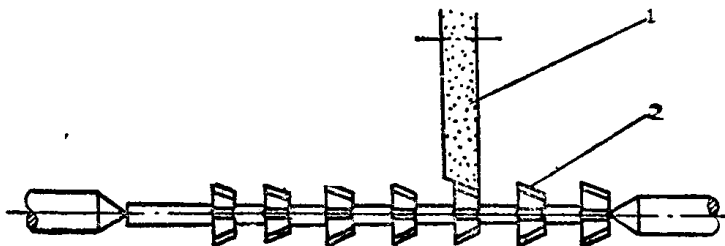


图1-8 斜面砂轮磨拉刀

1—砂轮 2—拉刀

该修整器由底板和修整刀杆组成，见图 1-9。底板上装有两个直径 10mm 的圆销，作为修整刀杆的导柱。刀杆导向面 A 全长的直线度不超过 0.005mm。第一次精确地将砂轮修成一个斜面后，把底板安装在原机床的修整器底座上，并按修整后砂轮的斜面，把修整刀杆的 A 面紧靠在底座的圆销上，再用百分表调整砂轮和修整刀杆的平行度。砂轮斜面全长上的平行度误差不超过 0.01mm，然后紧固螺钉，见图 1-10。由于底板和底座连接只有一个螺钉，因此可以任意转动底板。调整好斜面后，便可将底板连同原修整器底座一起从机床上取下；需要重新修整砂轮时，再将修整器装上，用手持刀杆紧靠在底板圆销上，修出砂轮斜面。

(2) 卧轴平面磨床用圆弧砂轮修整器 在 M7130 型等卧轴平面磨上磨削刀口尺两侧平面的圆弧，可使用方便可靠的圆弧砂轮修整器，见图 1-11。

该修整器由偏心轴、支座、手轮等组成。偏心轴由两个 7205 型圆锥轴承固定在底座内，并