



专用于国家职业技能鉴定


国家职业资格培训教程

磨工

(初级技能 中级技能 高级技能)

劳动保障部组织编写
中国就业培训技术指导中心

MOGONG MOGONG

 中国劳动社会保障出版社

专用于国家职业技能鉴定

国家职业资格培训教程

磨 工

(初级技能 中级技能 高级技能)

劳动和社会保障部 组织编写
中国就业培训技术指导中心

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

磨工: 初级技能 中级技能 高级技能/劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心组织编写. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2004

国家职业资格培训教程

ISBN 7 - 5045 - 4349 - 7

I. 磨… II. 劳… III. 磨削-技术培训-教材 IV. TG58

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 041004 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

*

新华书店经销

北京京安印刷厂印刷 北京密云青云装订厂装订
787 毫米×1092 毫米 16 开本 8 印张 200 千字

2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月第 1 次印刷

印数: 3200 册

定价: 14.00 元

读者服务部电话: 010 - 64929211

发行部电话: 010 - 64911190

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010 - 64911344

国家职业资格培训教程

磨 工

编审委员会

主 任 陈 宇

副主任 陈李翔 李 玲

委 员 王宝金 陈 蕾 袁 芳 葛 玮 刘永澎
沈照炳 应志梁 楼一光 秦克本 宋安祥
马剑南 焦恒昌 吕一飞 徐文彦 陈寿龙
朱庆敏 李智康 吴伟年 何春生 朱初沛
张海英 吴以平 王一飞 应国强

本书编写人员

主 编 高平行

编 者 黄忠元 顾立平 袁德宏 祝 林 黄立平
李云龙 吴荣炳

主 审 马兴胜

前 言

为推动磨工职业培训和职业技能鉴定工作的开展，在磨工从业人员中推行国家职业资格证书制度，劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心在完成《国家职业标准——磨工》（以下简称《标准》）制定工作的基础上，组织参加《标准》编写和审定的专家及其他有关专家，编写了《国家职业资格培训教程——磨工》（以下简称《教程》）。

《教程》紧贴《标准》，内容上，力求体现“以职业活动为导向，以职业技能为核心”的指导思想，突出职业培训特色；结构上，针对磨工职业活动的领域，按照模块化的方式，分初级、中级、高级、技师、高级技师5个级别进行编写。《教程》的基础知识部分内容涵盖《标准》的“基本要求”；技能部分的章对应于《标准》的“职业功能”，节对应于《标准》的“工作内容”，节中阐述的内容对应于《标准》的“技能要求”和“相关知识”。

《国家职业资格培训教程——磨工（初级技能 中级技能 高级技能）》适用于对初级、中级、高级磨工的培训，是职业技能鉴定的指定辅导用书。

本书由高平行、黄忠元、顾立平、袁德宏、祝林、黄立平、李云龙、吴荣炳编写，高平行主编；马兴胜主审。

由于时间仓促，不足之处在所难免，欢迎读者提出宝贵意见和建议。

劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心

目 录

第一部分 磨工初级技能

第一章 工艺准备	(1)
第一节 读零件图	(1)
第二节 制订加工工艺	(4)
第三节 工件的定位与装夹	(12)
第四节 磨具与量具的准备	(13)
第五节 设备维护保养	(15)
第二章 工件加工	(19)
第一节 外圆磨削	(19)
第二节 内圆磨削	(20)
第三节 平面磨削	(23)
第四节 刀具及其夹具	(24)
第五节 螺纹磨削	(26)
第三章 精度检验与误差分析	(30)
第一节 精度检验	(30)
第二节 磨削产生的废品及原因	(31)

第二部分 磨工中级技能

第四章 工艺准备	(34)
第一节 读图与绘图	(34)
第二节 制订加工工艺	(39)
第三节 工件的定位与装夹	(45)
第四节 磨具与量具的准备	(47)

第五节 设备维护保养	(48)
第五章 工件加工	(56)
第一节 外圆磨削	(56)
第二节 内圆磨削	(57)
第三节 平面磨削	(58)
第四节 刀具刃磨	(60)
第六章 精度检验与误差分析	(62)
第一节 内、外径的测量	(62)
第二节 锥体的测量	(62)
第三节 螺纹检测	(63)

第三部分 磨工高级技能

第七章 工艺准备	(64)
第一节 读图与绘图	(64)
第二节 制订加工工艺	(71)
第三节 工件的定位与装夹	(80)
第四节 磨具与量具的准备	(83)
第五节 设备维护保养	(88)
第八章 工件加工	(95)
第一节 外圆磨削	(95)
第二节 内孔磨削	(100)
第三节 平面磨削	(106)
第四节 刀具刃磨	(110)
第五节 螺纹磨削	(112)
第九章 精度检验与误差分析	(116)
第一节 主轴精度检验	(116)
第二节 锥度检验	(117)
第三节 螺纹检验	(120)

第一部分 磨工初级技能

第一章 工艺准备

第一节 读零件图

一、简单零件图的表达内容

零件图是表达单个零件的图样，它应具备以下内容：

1. 标题栏

标题栏包括零件名称、材料、数量、比例。

2. 一组视图

它表达的是零件的形状结构。

3. 尺寸和公差

尺寸和公差反映了零件的大小和加工精度。

4. 表面粗糙度

表面粗糙度表明了零件的表面粗糙程度和需要加工的表面，用 R_a 表示。

5. 技术要求

技术要求是制造零件时不能或不便于以代号标注的一些要求，如热处理、允许几何形状偏差以及其他附加要求。

二、轴类零件图

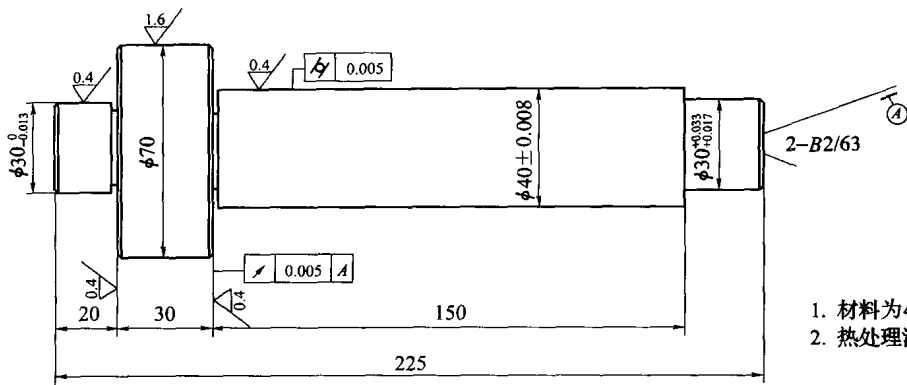
轴类零件是回转体，如图 1—1 所示。

\overline{A} 表示此台阶轴是以两端中心孔为测量基准。

$\sqrt{0.005} A$ 表示 $\phi 70$ mm 外圆端面圆跳动是以 A 为基准，其端面圆跳动量在 0.005 mm 内。

$\sqrt{0.005}$ 表示 $(\phi 40 \pm 0.008)$ mm 外圆的圆柱度在 0.005 mm 内。

$\phi 30_{-0.013}^0$ mm 也可表示为 $\phi 30h6$ ， $(\phi 40 \pm 0.008)$ mm 也可表示为 $\phi 40js6$ ， $\phi 30_{\pm 0.017}^{0.033}$ mm 也可表示为 $\phi 30n6$ 。



- 技术要求**
1. 材料为40Cr钢。
 2. 热处理淬火硬度为42~46HRC。

图 1—1 轴类零件图

三、套类零件图

套类零件也是回转体，如图 1—2 所示。

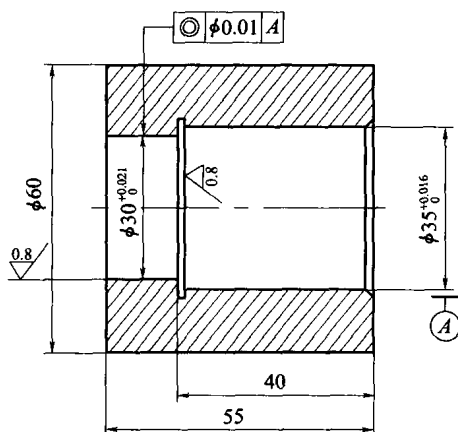


图 1—2 套类零件图

Ⓐ表示此轴套是以 $\phi 35_{+0.016}^0$ mm 内孔轴线作为测量基准。

Ⓞ $\phi 0.01 A$ 表示 $\phi 30_{+0.021}^0$ mm 内孔轴线相对于 $\phi 35_{+0.016}^0$ mm 内孔轴线的同轴度在 $\phi 0.01$ mm 之内。

$\sqrt{R} 0.005$ 表示 $\phi 35_{+0.016}^0$ mm 内孔的圆柱度在 0.005 mm 内。

$\phi 30_{+0.021}^0$ mm 也可表示为 $\phi 30H7$ ， $\phi 35_{+0.016}^0$ mm 也可表示为 $\phi 35H6$ 。

四、圆锥零件图

圆锥零件也是一种回转体零件，它是一条与轴线相交成一定角度且一端相交于轴线的直线围绕轴线回转一周形成的表面，如图 1—3 所示。

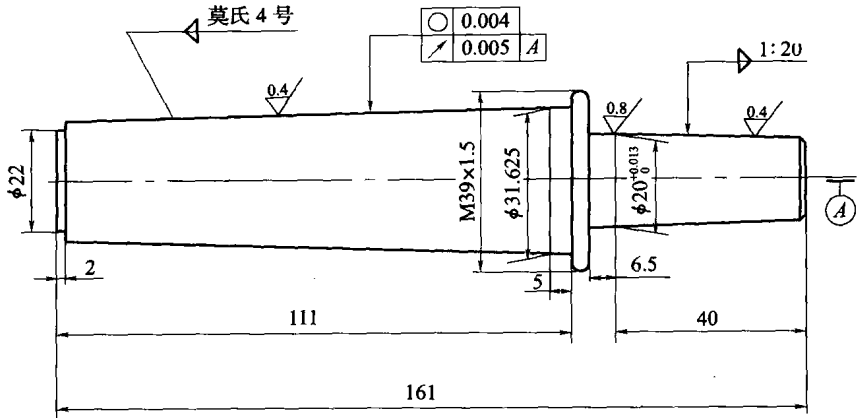


图 1-3 圆锥零件图

④表示此圆锥轴零件是以 1:20 锥度轴线作为测量基准。

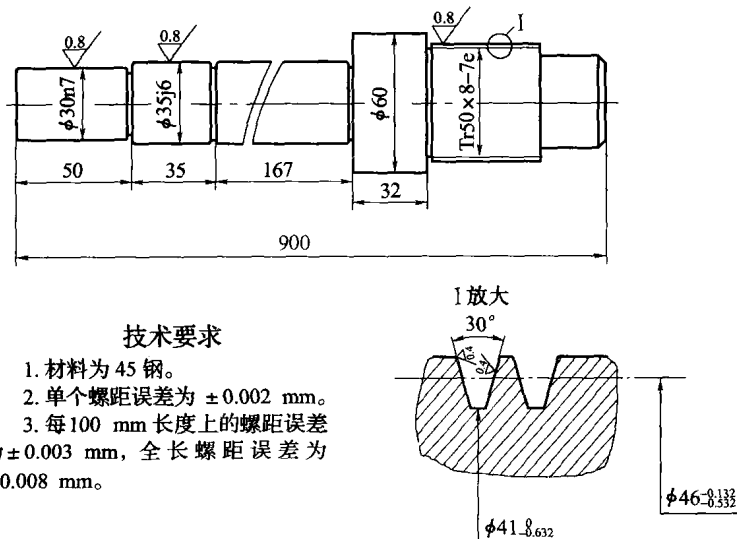
○0.004 表示莫氏 4 号锥度在任一截面上的圆度都在 0.004 mm 之内。

∕0.005 A 表示莫氏 4 号锥度轴线以 1:20 锥度的轴线为测量基准，要求跳动量在 0.005 mm 之内。

—▷是锥度代号。

五、螺纹零件图

螺纹零件图如图 1-4 所示。



技术要求

1. 材料为 45 钢。
2. 单个螺距误差为 ± 0.002 mm。
3. 每 100 mm 长度上的螺距误差为 ± 0.003 mm，全长螺距误差为 ± 0.008 mm。

图 1-4 螺纹零件图

六、其他简单零件图

其他简单零件图，如底座如图 1—5 所示。

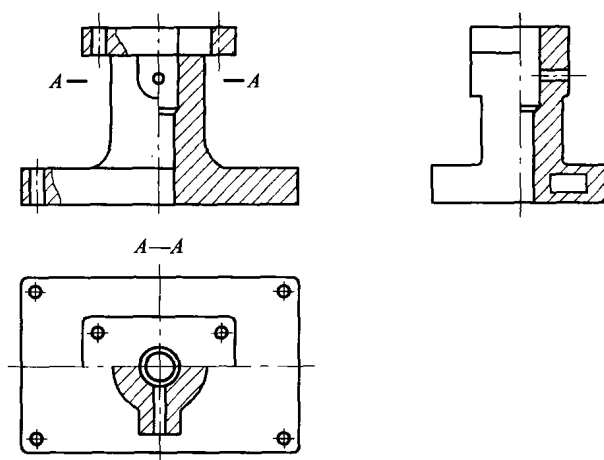


图 1—5 底座

第二节 制订加工工艺

一、简单零件的工艺规程

机械加工工艺规程是由一系列的工序组合而成的。工艺规程的任务是在以最少的费用和保持工件规定的几何精度条件下，保证在最短的时间内制造出零件。

严格遵守工艺规程是保证正常生产的基本法则，不允许有违反工艺纪律的现象。工艺规程的改进，应通过合理化建议和正规手续，不允许私自更改。合理的工艺规程应能改善加工、降低成本、提高生产率、保证产品质量。

1. 轴类零件的工艺规程

一般轴类零件的加工工艺基本是：车→淬→研中心孔→磨外圆，如果要求高或材料特殊，还可增加调质→粗车→精车→淬火→研中心孔→粗磨→时效→研中心孔→精磨。轴类零件多以中心孔作为基准，所以对中心孔的要求较高。如果同时有几个外圆都要加工，则先磨削要求低的外圆，然后磨削要求高的外圆。

2. 套类零件的工艺规程

套类零件的加工工艺一般是：车→淬火→外磨→内磨，有时也可先内磨，主要看具体要求。

内磨时主要用三爪自定心卡盘（或四爪单动卡盘），所以在装夹时要特别小心。

二、磨削的含义

磨削是金属切削加工的一种，属于多刃切削。磨削所用的刀具是砂轮，它是由无数均匀

的磨粒用结合剂黏结而成的，每颗磨粒相当于一把锋利的刀齿，切除工件表面极薄的表面层，因此磨削能获得很高的尺寸精度及表面粗糙度。当工件技术要求高，特别是表面粗糙度较高，以及淬火零件和其他类似性质的零件时，可采用磨削加工。

三、砂轮的基本知识

1. 砂轮的组成和功能

砂轮是磨削过程中的切削工具，它是由大量细小极硬的磨粒组成的疏松体，磨粒之间用结合剂黏结在一起，组成磨粒的硬质材料称为磨料。砂轮是由磨料、结合剂、空隙三个要素组成的。磨削时，砂轮用磨粒的锋利刃角把一层金属从工件上切下，如图 1—6 所示。砂轮磨削过程中，磨粒逐渐变钝，钝化了的磨粒蹦碎或自行脱落，又出现锋利的磨粒，使其保证原来的切削性能，砂轮的这种性能叫自锐性。

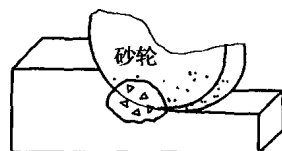


图 1—6 砂轮磨削过程

2. 砂轮的特性

由于砂轮是由无数磨粒黏结而成的，不同于其他刀具，所以它的分类和性能也不同。可按磨料、粒度、硬度、结合剂、组织、形状和尺寸等特性来分类，各种特性都有其适用的范围。

(1) 磨料

磨料是构成砂轮的主体材料，分普通磨料和超硬磨料两大类。前者主要有刚玉类和碳化物类，后者主要有金刚石类和立方氮化硼类。常用的各种磨料名称及代号见表 1—1。

表 1—1 常用的各种磨料名称及代号

磨料名称		代号
刚玉类	棕刚玉	A
	白刚玉	WA
	铬刚玉	PA
	单晶刚玉	SA
	微晶刚玉	MA
碳化物类	绿色碳化硅	GC
	黑色碳化硅	C
	立方氮化硼	CBN
	人造金刚石	SD

刚玉类磨料的主要成分是氧化铝 (Al_2O_3)，它是以铝矾土等为原料在高温电炉中熔炼而成的。

碳化物类磨料的主要成分为碳化物，如碳化硅 (SiC)、碳化硼 (BC) 等，是以硅石或硼砂和焦炭为原料在高温电炉中熔炼而成的。

(2) 粒度

砂轮的粒度表示磨粒的尺寸大小，粒度数字越大，磨粒越小，或者说磨粒越细，见表 1—2。

表 1—2

粒度相应的磨粒尺寸

粒度	磨粒尺寸 (μm)	粒度	磨粒尺寸 (μm)	粒度	磨粒尺寸 (μm)
8	3 150~2 500	80	200~160	W40	40~28
10	2 500~2 000	100	160~125	W28	28~20
12	2 000~1 600	120	125~100	W20	20~14
14	1 600~1 250	150	100~80	W14	14~10
16	1 250~1 000	180	80~63	W10	10~7
20	1 000~800	240	63~50	W7	7~5
24	800~630	280	50~40	W5	5~3.5
30	630~500			W3.5	3.5~2.5
36	500~400			W2.5	2.5~1.5
46	400~315			W1.5	1.5~1.0
60	315~250			W1	1.0~0.5
70	250~200			W0.5	0.5 以下

表内粒度号代表的是磨粒所通过的筛网在每英寸长度上所含的孔目数。例如 60# 粒度是指磨粒可以通过每英寸长度上有 60 个孔目的筛网，但不能通过每英寸长度上有 80 个孔目的筛网。颗粒更小的磨粒称为微粉，微粉的粒度可用显微镜测量，W 表示微粉，数字表示磨粒的实际尺寸。砂轮粒度对工件表面的表面粗糙度和磨削效率有较大影响。

(3) 结合剂

用来将散碎的磨粒黏结在一起成为砂轮的物质叫结合剂。

常用的各种结合剂代号见表 1—3。

表 1—3

常用的各种结合剂代号

名称	代号
陶瓷结合剂	V
树脂结合剂	B
橡胶结合剂	R

(4) 硬度

砂轮的硬度是指结合剂在外力的作用下，抵抗磨粒从砂轮表面脱落的阻力。因此，砂轮的硬度不应该认为是磨粒的硬度，而是结合剂的强度。硬砂轮磨粒不易脱落，软砂轮的磨粒容易脱落。

砂轮的硬度代号由软至硬，顺序为 A、B、C、D、E、F、G、H、J、K、L、M、P、Q、R、S、T、Y。

(5) 组织

砂轮的组织是指砂轮内部结构松紧程度的参数。

砂轮是用结合剂把磨粒黏结而成的，但是结合剂并没有把砂轮的所有空隙都填满，也就是说磨粒和磨粒之间还有空隙。这些空隙的大小是各不相同的，即砂轮的组织不同。砂轮所

含磨粒比例越大，组织越紧密；反之，空隙越大，砂轮组织越疏松。不同组织号砂轮磨粒占砂轮体积比例见表 1—4。

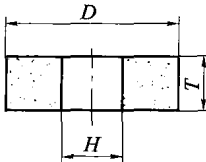
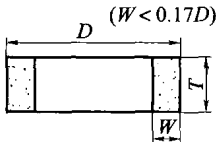
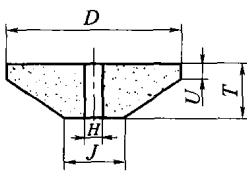
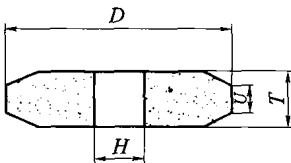
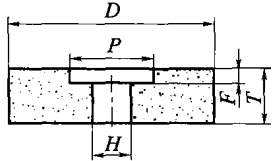
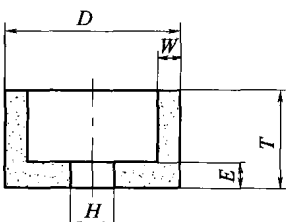
表 1—4 不同组织号砂轮磨粒占砂轮体积比例

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

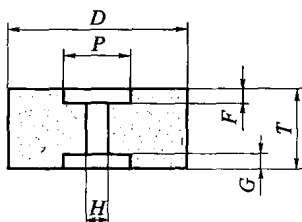
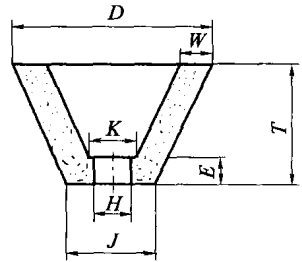
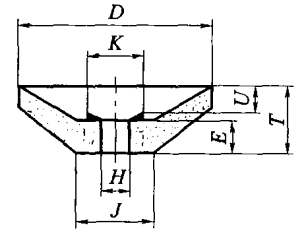
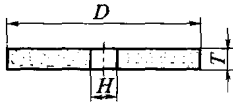
(6) 砂轮的形状和代号

砂轮有不同的形状和尺寸，适用于不同的磨削加工。常用砂轮形状代号和尺寸标记见表 1—5。尺寸标注中分隔号“—”后的次要尺寸可以不标注。

表 1—5 常用砂轮形状代号和尺寸标记

代号	名称	断面形状	形状尺寸标记
1	平形砂轮		1—型面 $D \times T \times H$
2	筒形砂轮		2—型面 $D \times T - W$
3	单斜边砂轮		3—型面 $D/J \times T/U \times H$
4	双斜边砂轮		4—型面 $D \times T/U \times H$
5	单面凹砂轮		5—型面 $D \times T \times H \cdot P \cdot F$
6	杯形砂轮		6—型面 $D \times T \times H \cdot W \cdot E$

续表

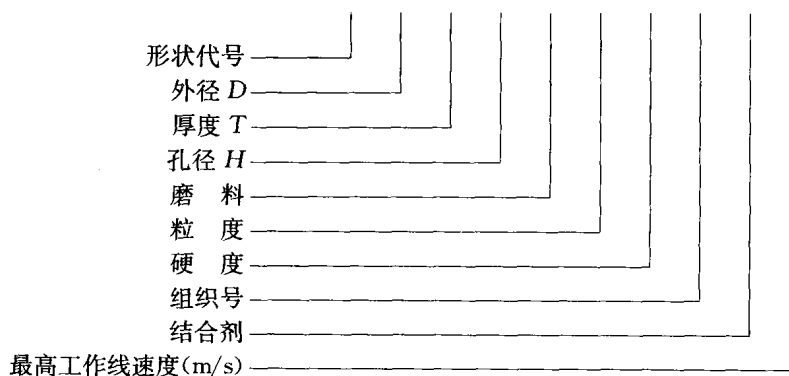
代号	名称	断面形状	形状尺寸标记
7	双面凹砂轮		7-型面 $D \times T \times H \cdot P \cdot F \cdot G$
11	碗形砂轮		11-型面 $D/J \times T \times H$ $W \cdot E \cdot K$
12	碟形砂轮		12-型面 $D/J \times T/U \times H \cdot E \cdot K$
41	薄形砂轮		41-型面 $D \times T \times H$

(7) 砂轮标记

根据 GB/T 2485—1994 磨具标准规定，砂轮各特性参数应在砂轮上标记出来，其次序是：砂轮形状代号和尺寸标记、磨料、粒度、硬度、组织号、结合剂、速度。

例如：砂轮 P-400×50×203-PA60K5V-35 m/s，标记为：

P 400×50×203 PA 60 K 5 V 35



此砂轮为平行砂轮，外径为 400 mm，厚度为 50 mm，孔径为 203 mm，磨料为铬刚玉，粒度为 60[#]，硬度为 K，组织号为 5，陶瓷结合剂，速度为 35 m/s。

3. 砂轮的选择

磨削各种不同的工件必须考虑到所用砂轮的特性，一般应根据工件的材料、形状、热处理方法、要求的精度、表面粗糙度、磨削用量及磨削形式等来选择砂轮。

(1) 磨料的选择

一般的选择原则是：工件为普通材料，可选用棕刚玉；工件为淬火钢、合金钢，可选用白刚玉或铬刚玉；工件为铸铁、铜，可选择黑色碳化硅；硬质合金可选用绿色碳化硅或人造金刚石。普通磨料的特点及适用范围见表 1—6。

表 1—6 普通磨料的特点及适用范围

磨料名称	代号	特点	适用范围
棕刚玉	A	Al ₂ O ₃ 纯度为 95% 左右，呈棕褐色，韧性好，价格便宜	适合磨削碳素钢、可锻铸铁、调质钢及粗磨工件
白刚玉	WA	Al ₂ O ₃ 纯度为 98.5% 左右，呈白色，硬度比棕刚玉高，韧度低	适宜磨削淬硬的高碳钢、薄壁零件和成形零件
铬刚玉	PA	除了含有 97.5% 以上的 Al ₂ O ₃ 外，还含有 1.15% 以上的 Cr ₂ O ₃ ，呈玫瑰红色，硬度和韧度都高于白刚玉，表面粗糙度好	适宜磨削韧性好的钢材，如不锈钢、高速钢等高强度材料
单晶刚玉	SA	每个颗粒都是单晶体，硬度和韧度都比白刚玉高，呈浅黄色或白色	适宜磨削不锈钢、高钒钢、高速钢和其他难加工材料
微晶刚玉	MA	其化学成分、颜色与棕刚玉相似，韧性好，自锐性好	适宜磨削不锈钢、特种球墨铸铁、镜面磨削等
绿色碳化硅	GC	SiC 的纯度大于 99%，呈绿色，脆性大	适宜磨削硬质合金、光学玻璃等硬性材料
黑色碳化硅	C	SiC 的纯度为 98.5% 左右，呈黑色	适宜磨削铸铁、黄铜等抗拉强度较低的金属，还有橡胶等非金属材料
立方氮化硼	CBN	呈棕黑色，硬度略低于金刚石	适宜磨削韧而黏的材料，如不锈钢等，效率高
人造金刚石	SD	硬度极高，磨削性能好，但价格贵	适宜磨削硬质合金、宝石玉器、光学玻璃等

(2) 粒度的选择

粒度的选择主要决定于被磨削工件所要求的尺寸、几何精度、表面粗糙度、效率等因素。一般粗磨时，要求表面粗糙度值大、效率高，故选择粗粒度砂轮；精磨时，则要求选用细粒度砂轮。粒度的适用范围见表 1—7。

表 1—7

粒度的适用范围

粒度代号	适用范围	工件表面粗糙度 (μm)
36~60	一般粗磨	$R_a 3.2 \sim 0.8$
60~80	半精磨或精磨	$R_a 0.8 \sim 0.2$
100~220	精密磨削	$R_a 0.2 \sim 0.1$
240~320	超精磨削	$R_a 0.05 \sim 0.025$
W14~W10	超精或镜面磨削	$R_a 0.025 \sim 0.0125$

(3) 硬度的选择

砂轮硬度的选择主要决定于被磨削的材料。磨削较软的材料时，磨粒不易变钝，可以选择硬一些的砂轮，以使磨粒不易过早脱落，可以在较长时间内保持磨粒微刃的锋利，利于切削。在磨削较硬的材料时，应选用软砂轮，使其保持较好的自锐性，提高砂轮的使用寿命，减少磨削力和热量。

(4) 砂轮的装夹

砂轮在工作时具有极高的转速，装夹调整紧固不当会有破碎的危险，因此装夹砂轮时，要特别细心，在装夹前要检查砂轮是否有裂纹（可轻敲砂轮听声音，声音要清脆），在砂轮和法兰盘间要垫纸片，固定螺钉时要用力均匀。

(5) 砂轮的平衡

为使砂轮精确而稳定地工作，必须经过平衡，平衡时将砂轮连同安装好的法兰盘一起套在平衡心轴上，轻放在平衡架上，让砂轮自由转动。如果不平衡，较重的部分总是向下，这时就在法兰盘上端面环槽内配置平衡块，再转动到水平位置看平衡情况，并移动平衡块进行调整，直到砂轮转动到任何位置上都能停住为止。把砂轮装上机床进行修整，将砂轮外圆及两端面修出后再进行第二次平衡，这样砂轮才能稳定地旋转，不会产生跳动。

四、磨削用量的基本要素

在磨削过程中，与磨削加工直接有关的要素有砂轮圆周速度 v_0 、工件圆周速度 v_w 、纵向进给量 f 、横向进给量 a_p 。

1. 砂轮圆周速度

砂轮圆周速度是砂轮外圆表面上任一磨粒在单位时间内所经过的磨削距离，用 v_0 表示，计算公式为：

$$v_0 = \frac{\pi D_0 n_0}{1000 \times 60}$$

式中 D_0 ——砂轮直径，mm；

n_0 ——砂轮转速，r/min；

v_0 ——砂轮圆周速度，m/s。

砂轮的圆周速度又称为磨削速度，一般外圆和平面磨削速度为 30~35 m/s 左右，内圆磨削一般为 18~30 m/s 左右。

2. 工件圆周速度