

# 磨 具 选 择

郑州磨料磨具磨削研究所编

书中介绍了磨具的一般特性及其选择方法，我国试制成功的磨料、磨具新产品；磨具特性对磨削效果的影响；磨削各种工件时磨具选择的实例和参考表；还介绍了磨具安全使用和保管等知识。

本书的主要对象是机械制造方面的磨削加工工人，也可供有关工艺人员在工艺设计时参考。

## 磨 具 选 择

郑州磨料磨具磨削研究所编

\*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

北京印刷二厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

\*

开本 787×1092 1/32·印张 4<sup>5</sup>/<sub>16</sub>·插页 2·字数 93 千字

1972 年 9 月北京第一版·1972 年 9 月北京第一次印刷

印数 000,001—168,800·定价 0.95 元

\*

统一书号：15033·4163

## 编 者 的 话

在党的“九大”团结、胜利旗帜指引下，全国工农业生产战线呈现一派欣欣向荣景象。机械工业广大革命职工积极响应伟大领袖毛主席在“九大”发出的“团结起来，争取更大的胜利”的伟大号召，掀起了“抓革命，促生产”新高潮。

机械工业广大职工遵照毛主席关于“我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国”的教导，狠批了叛徒、内奸、工贼刘少奇推行的爬行主义、洋奴哲学，创造了很多磨料、磨具新产品和先进磨削工艺，大大提高了我国磨削加工的水平。为了更好地为社会主义建设服务，我们遵照毛主席“要认真总结经验”的教导，通过对我国部分磨具使用厂的调查，总结了磨具使用方面的经验，以通俗的语言，编写了这本资料，供磨具使用者在选择磨具时作为参考。

本书介绍了磨具的一般特性及其选择方法，介绍了磨具特性对磨削效果的影响；磨削一些典型零件时选择磨具的实例和磨具选择参考表；介绍了我国已试制成功的磨料、磨具新产品，还介绍了磨具的安全使用和保管知识。磨具的选择是个比较复杂的问题，这里介绍的只是磨具的一般性能，所推荐的一些经验和数据不是固定不变的，应根据各地的具体情况加以分析，灵活地运用。

由于编者的思想水平不高，缺乏实际经验，调查的广度和深度又受到限制，本书的错误和不足的地方一定很多，请工人师傅和其他同志批评、指正。

一九七二年三月

# 目 录

## 编者的话

- 一、磨具的用途····· (1)
- 二、磨具的种类和选择磨具的一般知识····· (3)
  - (一) 磨料及其选择····· (3)
  - (二) 粒度及其选择····· (7)
  - (三) 硬度及其选择····· (9)
  - (四) 结合剂及其选择····· (12)
  - (五) 组织及其选择····· (14)
  - (六) 形状、尺寸及其选择····· (15)
  - (七) 磨具特性的写法····· (23)
- 三、磨具特性对磨削效果的影响····· (25)
  - (一) 磨具特性对磨削生产率的影响····· (25)
  - (二) 磨具特性对加工表面光洁度的影响····· (27)
  - (三) 磨具特性与工件表面划痕的关系····· (28)
  - (四) 磨具特性对烧伤和裂纹的影响····· (28)
  - (五) 工件磨削中产生发热变形的原因和消除方法····· (29)
  - (六) 磨具特性和工件精度的关系····· (30)
  - (七) 磨具特性对工件表面振纹的影响····· (30)
- 四、新品种磨具介绍····· (31)
  - (一) 金刚石磨具····· (31)
  - (二) “烧结刚玉”磨具····· (34)
  - (三) 大气孔砂轮····· (34)
  - (四) 磨高光洁度砂轮····· (35)

(五) 珩磨轮 .....	(35)
五、磨具选择实例 .....	(36)
(一) 外圆磨削砂轮的选择 .....	(36)
(二) 平面磨削砂轮的选择 .....	(37)
(三) 内圆磨削砂轮的选择 .....	(38)
(四) 花键磨削砂轮的选择 .....	(41)
(五) 导轨磨削砂轮的选择 .....	(42)
(六) 螺纹磨削砂轮的选择 .....	(43)
(七) 齿轮磨削砂轮的选择 .....	(46)
(八) 刃磨砂轮的选择 .....	(47)
(九) 磨轴承沟道砂轮的选择 .....	(50)
(十) 曲轴磨削砂轮的选择 .....	(53)
(十一) 珩磨油石的选择 .....	(55)
六、磨具的安全使用和保管 .....	(58)
七、磨具选择参考表 .....	(61)
附录 .....	(99)
(一) 各主要国家磨料代号对照表 .....	(99)
(二) 我国磨料新、旧标准粒度公称尺寸对照表 .....	(100)
(三) 各主要国家磨具硬度代号对照表 .....	(101)
(四) 各主要国家磨具结合剂代号对照表 .....	(102)
(五) 我国磨床型号与国外型号对照表 .....	(102)
(六) 常用金属材料性能表 .....	(111)
(七) 一些常用钢材的热处理和用途 .....	(119)
(八) 各种硬度值对照表 .....	(125)

## 一、磨具的用途

磨具是由许多细小的磨粒用结合剂粘结而成的一种磨削工具。就它的切削作用来看，每一颗磨粒好象一把小刀，所以，我们可以把磨具看成是由无数小刀组成的一种多刃刀具。

用磨削加工的方法可以使零件的加工表面获得很高的光洁度和精度，可以加工淬火钢和用金属刀具不能加工的其他高硬度材料，同时，磨削加工的余量小，可以节省大量材料。因此，在机械制造和其他金属加工工业中，磨具是一种不可缺少的工具。此外，磨具还广泛地应用于其他生产部门，如粮食加工和玻璃、陶瓷、塑料、橡皮及木材等各种非金属材料的加工。

但不是每一种磨具都可以磨削各种零件的。磨具的选择是要根据工件材料、磨削方式及对磨削表面质量（光洁度、精度）和生产率的要求来决定的；所选出的加工某零件的磨具，它的特性即磨料、粒度、硬度、结合剂、组织、形状和尺寸等方面，都应该适应所完成的工序的要求，否则就不会获得质量优良的加工效果，甚至会使加工无法进行。

我国磨料磨具工业的历史很短。在伟大领袖毛主席的英明领导下，在三面红旗的光辉照耀下，磨具行业广大革命职工遵循毛主席“鼓足干劲，力争上游”，“自力更生，奋发图强”和“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平”的教导，群策群力，迅速改变了磨具行业一穷二白的局面，从而做到磨料、磨具的品种规格已经自给，磨具的质量已接近世界先进水平。可以肯定，在毛主席的革命路线指引下，在伟大的无产阶级文化大革命的推动下，随着我国经济

建设突飞猛进的发展，磨具行业广大革命职工定能把磨料磨具工业推向一个更新的水平，磨料、磨具产品在各方面将继续得到更广泛的发展和应用。

## 二、磨具的种类和选择磨具的一般知识

凡用不同结合剂将磨粒粘结成不同形状和膏状等，用于磨削、研磨和抛光的工具，统称为磨具。

根据磨具的基本形状和使用方法的不同，将磨具分成六大类，即砂轮，油石，砂瓦，磨头，砂布砂纸和研磨膏。

目前，研磨膏一般都由使用厂自供自用，砂布砂纸虽已生产多年，但是产品质量标准尚在拟订中，鉴于这种情况，本书对这两类产品不予以介绍。

本书以后文中的“磨具”一词，是泛指砂轮、油石、砂瓦和磨头四类磨具，不包含砂布砂纸和研磨膏两类磨具。

每一种磨具都只有一定的适应范围，不是任何零件都可以用一种磨具来磨削的，因此，对每一个磨削工序都要选择合适的磨具。

选择合适的磨具，就是根据被磨工件的性质、加工质量和生产率要求以及完成磨削加工工序的条件等各方面的因素来选择磨具的特性，这些特性包括磨料、粒度、硬度、结合剂、组织、形状及尺寸七个方面。

下面对这七个方面的特性及其选择的一般知识分别加以介绍。

### （一）磨料及其选择

磨料是制造磨具的主要原料，是磨具能产生磨削作用的根本因素。此外，磨料本身还可以单独应用于某些研磨工作。



目前，我国已经生产和试制成功的磨料有下面几种：

1. 棕刚玉（代号GZ）：这种磨料的颜色是棕褐色的。用它制造的陶瓷结合剂磨具的颜色通常呈蓝色或浅蓝色。

棕刚玉的硬度高，韧性大，适宜制造磨削各种抗张强度较高金属用的磨具，如碳钢、合金钢、可锻铸铁、硬青铜等。

这种磨料的磨削性能好，适应性广，价格便宜，可以广泛使用。

2. 白刚玉（代号GB）：这种磨料是白色的。用它制造的陶瓷结合剂磨具的颜色也是白色的（加有染色剂的除外）。

白刚玉的硬度略高于棕刚玉，韧性则比棕刚玉低，在磨削时，磨粒容易碎裂，因此，磨削热量小，适宜制造精磨淬火钢、高碳钢、高速钢以及磨削薄壁零件用的磨具。但白刚玉成本比棕刚玉高，应节约使用。

3. 单晶刚玉（代号GD）：它的颜色因含杂质不同而有差异，一般呈浅黄色和白色。用它制造的陶瓷结合剂磨具的颜色也是这样。

这种磨料与棕刚玉和白刚玉相比，有较高的硬度和韧性。由于它的颗粒形状是球形和每一颗粒是一个晶体的特点，从而使它在磨削加工中具有较高的抗破碎性。用单晶刚玉陶瓷结合剂砂轮，加工不锈钢和高钒高速钢等韧性较大、硬度较高的钢材时，能比其他磨料的磨具获得更好的效果。

4. 铬刚玉（代号GG）：这种磨料和用它制造的陶瓷结合剂磨具都具有玫瑰红的颜色。

铬刚玉的硬度与白刚玉相近，而韧性比白刚玉高。用铬刚玉做的磨具加工韧性大的钢材时，比白刚玉的效率高，磨具的耐用度和表面光洁度也要好。适于在量具和仪表工业等光洁度要求较高的工序中选用。

5. 微晶刚玉 (代号 GW): 微晶刚玉的颜色和化学成分与棕刚玉相似, 但它的磨粒是由许多微小尺寸的晶体组成, 具有强度高、韧性和自锐性良好的特点。适于磨削不锈钢、碳素钢、轴承钢和特种球墨铸铁等材料, 也可用作高光洁度磨削。

6. 黑碳化硅 (代号 TH): 它的颜色是黑色, 也有呈深蓝色的。黑碳化硅有光滑的表面和玻璃光泽, 它的结晶体闪闪发光。用它制造的陶瓷结合剂磨具也是黑色的。

黑碳化硅的硬度比各种刚玉磨料都高, 但韧性较低。用它制造的磨具多用在切割和研磨抗张强度低的脆性材料, 如玻璃、陶瓷、石料和耐火物等, 同时还用于铸铁零件和某些有色金属材料的磨削。

7. 绿碳化硅 (代号 TL): 颜色为绿色, 其他外观特征则与黑碳化硅一样。用它制造的陶瓷结合剂磨具也是绿色的。

绿碳化硅的硬度和脆性比黑碳化硅还要高些。用它制造的磨具多用于硬质合金、光学玻璃的磨削和研磨, 同时还用于缸套的珩磨。

8. 碳化硼 (代号 TP): 颜色是黑色的。它的硬度仅次于金刚石, 耐磨性好; 可部分代替金刚石用于硬质合金和宝石、陶瓷及其他硬质材料的研磨。

用碳化硼磨料做成磨具使用的情况不多。

9. 人造金刚石 (代号 JR): 颜色分淡绿色、黑色和白色三种。它具有天然金刚石的各主要性能, 有极高的硬度。

金刚石磨具在磨削硬质合金、光学玻璃、宝石和陶瓷等高硬度材料时, 可得到优异的效果。

国产磨料系列表见99页。

表 1 国产磨料的应用范围

磨料名称	代号	特 点	应 用 范 围
棕 刚 玉	GZ	棕褐色。硬度高。价格便宜。	适于磨削碳钢、合金钢、铸铁、硬青铜等。
白 刚 玉	GB	白色。硬度比棕刚玉高，韧性较棕刚玉低。	适于磨削淬火钢、高速钢、螺纹、齿輪及薄壁零件等。
单 晶 刚 玉	GD	浅黄色或白色。颗粒呈球状。硬度和韧性都比白刚玉高。	适于磨削不锈钢和高钒高速钢。
铬 刚 玉	GG	玫瑰红或紫红色。韧性比白刚玉高。磨削光洁度好。	适于量具和仪表零件等光洁度要求较高的工序。
微 晶 刚 玉	GW	颜色与棕刚玉近似。磨粒由微小晶体组成，强度高。	适于磨不锈钢和特种球墨铸铁。
黑 碳 化 硅	TH	黑色有光泽。硬度比白刚玉高，韧性比白刚玉低。	铸铁、黄铜、矿石、耐火物及其他非金属的磨削、研磨和切割。
绿 碳 化 硅	TL	绿色。硬度仅次于碳化硼和金刚石。	适于磨硬质合金、光学玻璃及珩磨缸套。
碳 化 硼	TP	黑色。硬度仅次于金刚石。耐磨性好。	适于硬质合金、宝石等的研磨和抛光。
人 造 金 刚 石	JR	淡绿色、黑色或白色。硬度最高。	适于磨削硬质合金、光学玻璃等高硬度材料。

## (二) 粒度及其选择

粒度是指磨料的颗粒尺寸。对用筛选法获得的磨粒来说，粒度号是用一英寸长度上有多少个孔的筛网来命名的。例如，12#粒度是指一英寸长度上有十二个孔，余类推。而用  $W \times \times$  表示的微粉则是磨粒的实际尺寸。按照新修订的磨料粒度标准，每种粒度号对应的磨粒尺寸如表 2。

表 2 粒度号及对应的磨粒公称尺寸 (JB 1182—71)

粒度号	公称尺寸 (微米)	粒度号	公称尺寸 (微米)	粒度号	公称尺寸 (微米)
8#	3150~2500	70#	250~200	W14	14~10
10#	2500~2000	80#	200~160	W10	10~7
12#	2000~1600	100#	160~125	W7	7~5
14#	1600~1250	120#	125~100	W5	5~3.5
16#	1250~1000	150#	100~80	W3.5	3.5~2.5
20#	1000~800	180#	80~63	W2.5	2.5~1.5
24#	800~630	240#	63~50	W1.5	1.5~1.0
30#	630~500	280#	50~40	W1	1.0~0.5
36#	500~400	W40	40~28	W0.5	0.5~更细
46#	400~315	W28	28~20		
60#	315~250	W20	20~14		

磨料粒度的选择主要与加工表面光洁度和磨削生产率有关。

当工件的磨削余量大，要求切削效率高而工件表面质量要求不高时，例如去毛刺等，可选择14#~24#的粗粒度磨具。

当砂轮和工件接触面积较大时，要选用粒度粗一些的砂轮。例如，磨削相同的平面，用砂轮的端面磨削比用砂轮的周边磨削选的粒度要粗些。

磨削有色金属和软金属比磨削钢件时所用的粒度要粗

一些。

一般的外圆和平面磨削选用36#~70#粒度。

专用外圆磨削大批生产时,例如磨曲轴轴颈,选用36#~46#粒度。

薄壁零件磨削时容易发热,此时,粒度要选得粗一些。

粒度较细的磨具一般用于磨削余量小、光洁度要求高的零件。例如,刀具的刃磨一般采用60#~100#粒度。螺纹磨削等则用细于80#的粒度。

一般来说,随着粒度变细,磨削后的工件表面光洁度提高,但粒度对光洁度的这种影响只能就一定范围来说,不是绝对的。我国上海机床厂和其他许多单位的工人和技术人员,经过反复的试验和实践,通过对机床进行调整、改装、改进修整方法,用较粗的46#~80#粒度的陶瓷砂轮同样磨出了▽12以上的高光洁度,而用W10~W20的细粒度树脂或橡胶结合剂加石墨填料的砂轮可以磨出▽14的高光洁度。

另外,粒度变细虽可提高磨削表面光洁度,但生产率会降低。所以,成批生产时,在满足光洁度要求的情况下,尽量选粒度粗一些的砂轮以提高生产率。例如,磨削螺距为1毫米的

表3 不同粒度磨具的使用范围

磨 具 粒 度	一 般 使 用 范 围
14#~24#	磨钢锭,铸件打毛刺,切断钢胚等。
36#~46#	一般平磨,外圆磨和无心磨。
60#~100#	精磨和刀具刃磨。
120#~W20	精磨,珩磨,螺纹磨。
W20以下	精细研磨,镜面磨削。

螺纹量规，选用240#粒度的砂轮比用W40粒度的砂轮生产率大大提高，而螺纹的精度仍能满足要求。当然，在单件生产时，主要矛盾不是要生产率高而是要求保证加工质量，所以选细一些的粒度是有利的。这里有一个质量和数量的辩证关系。

### (三) 硬度及其选择

磨具硬度与磨粒本身的硬度不是一回事，它是指磨具工作表面的磨粒在外力作用下脱落的难易程度。也就是说，磨粒容易脱落的，磨具的硬度就软，反之，硬度就高。磨具的硬度选得过高，结合剂会把已经磨钝而失去了切削能力的磨粒牢牢把持住而不脱落，磨具和工件表面的摩擦力增加，使工件表面发热而出现烧伤，磨具的切削能力也降低。相反，如果磨具的硬度选得太软，在磨削时，磨粒还在锋利的时候就会掉下来，从而增加磨具的磨损，使磨具很快失去正确的几何形状。所以，正确选择磨具硬度是很重要的。

为了适应不同的工件材料和磨削质量的要求，需要有各种不同硬度等级的磨具供选择。表4是国内生产磨具的硬度等级。

生产磨具时，由于各种条件的影响，使磨具硬度不稳定而产生偏高偏低的现象，增加了磨具选择和使用的困难。在某些要求高的工序中，例如刃磨刀具和精密加工时，必须仔细选择。

下面介绍选择磨具硬度时应考虑的情况。

加工软材料时要选较硬的砂轮，加工硬材料时则选软砂轮。这是因为软材料容易磨削，砂轮工作表面的磨粒不易磨钝，为了不致于使砂轮上的磨粒在未磨钝前就脱落，砂轮硬度就要选高一些。工件材料硬时，磨粒容易磨钝，此时，为了保持砂轮的切削性能和不烧伤工件，需要使磨钝的磨粒较快脱落而突出新的锋利磨粒，砂轮的硬度就要软一些。例如，磨淬过

表 4 磨具硬度等級 (JB 1192—71)

硬 度 等 級 名 称		代 号	
大 級	小 級	大 級	小 級
超 軟	超 軟	CR	CR
軟	軟 <sub>1</sub> 軟 <sub>2</sub> 軟 <sub>3</sub>	R	R <sub>1</sub> R <sub>2</sub> R <sub>3</sub>
中 軟	中 軟 <sub>1</sub> 中 軟 <sub>2</sub>	ZR	ZR <sub>1</sub> ZR <sub>2</sub>
中	中 <sub>1</sub> 中 <sub>2</sub>	Z	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>
中 硬	中 硬 <sub>1</sub> 中 硬 <sub>2</sub> 中 硬 <sub>3</sub>	ZY	ZY <sub>1</sub> ZY <sub>2</sub> ZY <sub>3</sub>
硬	硬 <sub>1</sub> 硬 <sub>2</sub>	Y	Y <sub>1</sub> Y <sub>2</sub>
超 硬	超 硬	CY	CY

注：表中硬度的 1, 2, 3, 表示硬度增高的順序。

火的合金鋼、高速鋼，可選  $R_2 \sim ZR_1$  的硬度；未淬火的鋼常用  $ZR_2 \sim Z_2$  的砂輪。但在加工特別軟而韌的材料時，由於切屑容易堵塞砂輪，砂輪的硬度又要選軟一些。

工件材料的導熱系數與磨削質量有關。合金鋼的導熱系數低，工件磨削區域的熱量不易散去，容易使工件燒傷。因此，在磨削導熱系數差的合金鋼時，要選軟的和組織松的砂輪。如硬質合金的導熱系數差，磨削時易產生裂紋，所以，刃磨硬質合金刀具要選  $R_2 \sim R_3$  的綠碳化硅砂輪。

平面磨削時，砂輪與工件的接觸面積比外圓磨削大，工件容易發熱變形，所以，平面磨削用的砂輪硬度應該軟些；而用

砂轮端面平磨比用砂轮圆周平磨时接触面积更大，硬度应更软。一般平面磨削的砂轮硬度为  $R_2 \sim ZR_1$ 。

刃磨刀具时，工件的散热条件差，容易产生烧伤和裂纹，所以，刃磨时一般选用  $R_2 \sim R_3$  的软砂轮。

切入法磨削外圆应比有纵走刀的外圆磨削用的砂轮稍软，避免烧伤工件。但当用切入法磨削边角圆弧较小或直角以及母线几何形状要求高的工件时，砂轮的硬度要高1~2小级。成型磨削时，砂轮硬度也要适当高些，以保证工件的正确几何形状。

工件表面光洁度和精度要求较高时，在其他条件相同的情况下，要选用硬度高1~2小级的砂轮。因为硬度高些的砂轮损耗比较慢，不易产生大颗粒脱落而划伤工件。但光洁度要求很高时，硬度不宜过高，否则会使工件表面烧伤。

磨削断续表面时，如磨花键轴的外圆和有键槽的表面，砂轮的硬度要稍高一些，以免碰伤砂轮表面。

磨削内圆时，砂轮和工件接触面积大，容易使工件发热，切屑也不容易排出，砂轮的硬度就要软些；但当内圆光洁度要求高或者内孔直径小，砂轮的硬度则要选得高些。

选择砂轮硬度时，还要考虑结合剂性能，在同样的磨削条件下，用树脂结合剂砂轮比陶瓷结合剂砂轮的硬度要高1~2小级。

此外，在选择超精加工、珩磨以及某些精细磨削所用的磨具时，还要注意磨具硬度的均匀性，就是磨具各部分的硬度值要均匀，否则会影响加工质量。

不用冷却液磨削时，工件容易发热，应该比用冷却液磨削时的砂轮硬度软1~2小级。

上面所说的砂轮硬度都是指静止状态下测定的。而磨削时，砂轮是在旋转状态下切削工件。当工件的速度不变，砂轮旋转速度高时，每个磨粒所切下的切屑就薄，承受的切削力就



相对减小，这就是砂轮在运动情况下所获得的“动力硬度”。所以，砂轮旋转速度高时，砂轮的硬度可选软1~2小级。

同样，砂轮硬度的选择也与工件的速度有关。当其他条件不变，工件速度低时，砂轮上每个磨粒切下的切屑薄，磨粒承受的切削压力小，砂轮的硬度可以选得软些。例如，磨削螺距为1~3毫米的螺纹，当工件转速为1~5转/分，砂轮硬度可用ZR<sub>1</sub>~ZR<sub>2</sub>。

#### (四) 结合剂及其选择

结合剂是把许多细小的磨粒粘结在一起而组成磨具的材料。它的种类很多，最常用的结合剂有以下几种：

**陶瓷结合剂**（代号A）：它是一种无机结合剂，由粘土、长石和其它天然的硅铝酸盐材料为原料配合制得。

这种结合剂的应用范围最广，能做成各种粒度、硬度、组织、形状和尺寸的磨具。陶瓷结合剂的性能稳定，不受天气、温度变化的影响，能耐水、耐热而不变质，能适应加各种冷却液的磨削，也可干磨。陶瓷结合剂做的磨具比有机结合剂磨具的气孔率大，磨削效率高，磨损小，能较好的保持砂轮的几何形状，适用于成型磨削和磨螺纹、齿轮、曲轴等。

但是，陶瓷结合剂磨具脆性大，不能受剧烈的振动。一般的陶瓷砂轮只能在35米/秒以内的速度下使用，再高的速度，则须用特殊的陶瓷结合剂。

陶瓷结合剂按照它的耐火度不同分为烧熔结合剂和烧结结合剂两类。各种刚玉磨具都是用烧熔结合剂制造，而各种碳化硅磨具一般则用烧结结合剂制造。现在，已有用烧熔结合剂制造的碳化硅砂轮，这种砂轮的机械强度高，结构疏松，透气性和自锐性好，切削效率高，用烧熔结合剂绿碳化硅砂轮磨削T