

## 砂轮的特性及种类

东莞正为机械有限公司

砂轮是磨削的主要工具，它是由磨料和结合剂构成的多孔物体。其中磨料、结合剂和孔隙是砂轮的三个基本组成要素。随着磨料、结合剂及砂轮制造工艺等的不同，砂轮特性可能差别很大，对磨削加工的精度、粗糙度和生产效率有着重要的影响。因此，必须根据具体条件选用合适的砂轮。

砂轮的特性由磨料、粒度、硬度、结合剂、形状及尺寸等因素来决定，现分别介绍如下。

**(1) 磨料及其选择** 磨料是制造砂轮的主要原料，它担负着切削工作。因此，磨料必须锋利，并具备高的硬度、良好的耐热性和一定的韧性。常用磨料的名称、代号、特性和用途见表 1。

表 1 常用磨料

类别	名称	代号	特性	用途
氧化物系	棕刚玉	A(GZ)	含 91~96% 氧化铝。棕色，硬度高，韧性好，价格便宜	磨削碳钢、合金钢、可锻铸铁、硬青铜等
	白刚玉	WA(GB)	含 97~99% 的氧化铝。白色，比棕刚玉硬度高、韧性低，自锐性好，磨削时发热少	精磨淬火钢、高碳钢、高速钢及薄壁零件
碳化物系	黑色碳化硅	C(TH)	含 95% 以上的碳化硅。呈黑色或深蓝色，有光泽。硬度比白刚玉高，性脆而锋利，导热性和导电性良好	磨削铸铁。黄铜、铝、耐火材料及非金属材料
	绿色碳化硅	GC(TL)	含 97% 以上的碳化硅。呈绿色，硬度和脆性比 TH 更高，导热性和导电性好	磨削硬质合金、光学玻璃、宝石、玉石、陶瓷、珩磨发动机气缸套等
高硬磨料系	人造金刚石	D(JR)	无色透明或淡黄色、黄绿色、黑色。硬度高，比天然金刚石性脆。价格比其它磨料贵好多倍	磨削硬质合金、宝石等高硬度材料
	立方氮化硼	CBN	立方型晶体结构，硬度略低于金刚石，强度较	磨削、研磨、珩磨各种既硬又韧

氮化 硼	(JLD)	高，导热性能好	的淬火钢和高钼、高矾、高钴钢、 不锈钢
---------	-------	---------	------------------------

注：括号内的代号是旧标准代号。

(2) **粒度及其选择** 粒度指磨料颗粒的大小。粒度分磨粒与微粉两组。磨粒用筛选法分类，它的粒度号以筛网上一英寸长度内的孔眼数来表示。例如 60# 粒度的磨粒，说明能通过每英寸长有 60 个孔眼的筛网，而不能通过每英寸 70 个孔眼的筛网。微粉用显微测量法分类，它的粒度号以磨料的实际尺寸来表示 (W)。各种粒度号的磨粒尺寸见表 2。

表 2 磨料粒度号及其颗粒尺寸

磨 粒		磨 粒		微 粉	
粒度号	颗粒尺寸 (mm)	粒度号	颗粒尺寸 (mm)	粒度号	颗粒尺寸 (mm)
14 #	1600~1250	70 #	250~200	W40	40~28
16 #	1250~1000	80 #	200~160	W28	28~20
20 #	1000~800	100 #	160~125	W20	20~14
24 #	800~630	120 #	125~100	W14	14~10
30 #	630~500	150 #	100~80	W10	10~7
36 #	500~400	180 #	80~63	W7	7~5
46 #	400~315	240 #	63~50	W5	5~3.5
60 #	315~250	280 #	50~40	W3.5	3.5~2.5

注：比 14# 粗的磨粒及比 W3.5 细的微粉很少使用，表中未列出。

磨料粒度的选择，主要与加工表面粗糙度和生产率有关。

粗磨时，磨削余量大，要求的表面粗糙度值较大，应选用较粗的磨粒。因为磨粒粗、气孔大，磨削深度可较大，砂轮不易堵塞和发热。精磨时，余量较小，要求粗糙度值较低，可选取较细磨粒。一般来说，磨粒愈细，磨削表面粗糙度愈好。

不同粒度砂轮的应用见表 3。

表 3 不同粒度砂轮的使用范围

砂轮粒度	一般使用范围	砂轮粒度	一般使用范围
14 # ~24 #	磨钢锭、切断钢坯，打磨铸件毛刺等	120 # ~W20	精磨、珩磨和螺纹磨
36 # ~60 #	一般磨平面、外圆、内圆以及无心磨等	W20 以下	镜面磨、精细珩磨
60 # ~100 #	精磨和刀具刃磨等		

( 3 ) **结合剂及其选择** 砂轮中用以粘结磨料的物质称结合剂。砂轮的强度、抗冲击性、耐热性及抗腐蚀能力主要决定于结合剂的性能。常用的结合剂种类、性能及用途见表 4 。

**表 4 常用结合剂**

名称	代号	性能	用途
陶瓷结合剂	V(A)	耐水、耐油、耐酸、耐碱的腐蚀，能保持正确的几何形状。气孔率大，磨削率高，强度较大，韧性、弹性、抗振性差，不能承受侧向力	V 轮 < 35m/s 的磨削，这种结合剂应用最广，能制成各种磨具，适用于成形磨削和磨螺纹、齿轮、曲轴等
树脂结合剂	B(S)	强度大并富有弹性，不怕冲击，能在高速下工作。有摩擦抛光作用，但坚固性和耐热性比陶瓷结合剂差，不耐酸、碱，气孔率小，易堵塞	V 轮 > 50m/s 的高速磨削，能制成薄片砂轮磨槽，刃磨刀具前刀面。高精度磨削。湿磨时切削液中含碱量应 < 1.5%
橡胶结合剂	R(X)	弹性比树脂结合剂更大，强度也大。气孔率小，磨粒容易脱落，耐热性差，不耐油，不耐酸，而且还有臭味	制造磨削轴承沟道的砂轮和无心磨削砂轮、导轮以及各种开槽和切割用的薄片砂轮，制成柔软抛光砂轮等
金属结合剂 ( 青铜、电镀镍 )	J	韧性、成型性好，强度大，自锐性能差	制造各种金刚石磨具，使用寿命长

注：括号内的代号是旧标准代号。

( 4 ) **硬度及其选择** 砂轮的硬度是指砂轮表面上的磨粒在磨削力作用下脱落的难易程度。砂轮的硬度软，表示砂轮的磨粒容易脱落，砂轮的硬度硬，表示磨粒较难脱落。砂轮的硬度和磨料的硬度是两个不同的概念。同

一种磨料可以做成不同硬度的砂轮，它主要决定于结合剂的性能、数量以及砂轮制造的工艺。磨削与切削的显著差别是砂轮具有“自锐性”，选择砂轮的硬度，实际上就是选择砂轮的自锐性，希望还锋利的磨粒不要太早脱落，也不要磨钝了还不脱落。

根据规定，常用砂轮的硬度等级见表 5。

表 5 常用砂轮硬度等级

硬度	大级	软			中软		中		中硬			硬	
等级	小级	软 1	软 2	软 3	中软 1	中软 2	中 1	中 2	中硬 1	中硬 2	中硬 3	硬 1	硬 2
代号		G	H	J	K	L	M	N	P	Q	R	S	T
		(R 1)	(R 2)	(R 3)	(ZR 1)	(ZR 2)	(Z 1)	(Z 2)	(ZY 1)	(ZY 2)	(ZY 3)	(Y 1)	(Y 2)

注：括号内的代号是旧标准代号；超软，超硬未列入；表中 1，2，3 表示硬度递增的顺序。

选择砂轮硬度的一般原则是：加工软金属时，为了使磨料不致过早脱落，则选用硬砂轮。加工硬金属时，为了能及时的使磨钝的磨粒脱落，从而露出具有尖锐棱角的新磨粒（即自锐性），选用软砂轮。前者是因为在磨削软材料时，砂轮的工作磨粒磨损很慢，不需要太早的脱离；后者是因为在磨削硬材料时，砂轮的工作磨粒磨损较快，需要较快的更新。

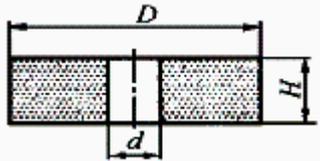
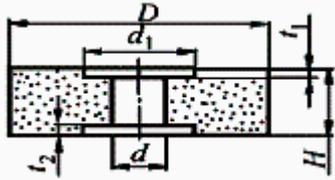
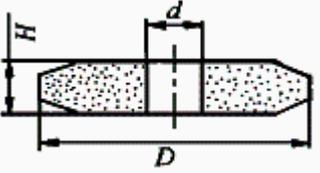
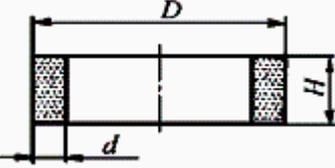
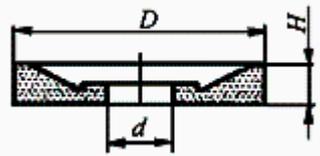
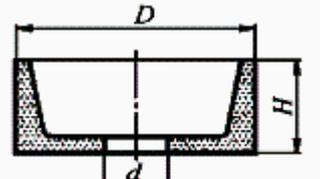
精磨时，为了保证磨削精度和粗糙度，应选用稍硬的砂轮。工件材料的导热性差，易产生烧伤和裂纹时（如磨硬质合金等），选用的砂轮应软一些。

**（5）形状尺寸及其选择** 根据机床结构与磨削加工的需要，砂轮制成各种形状与尺寸。表 6 是常用的几种砂轮形状、尺寸、代号及用途。

砂轮的外径应尽可能选得大些，以提高砂轮的圆周速度，这样对提高磨削加工生产率与表面粗糙度有利。此外，在机床刚度及功率许可的条件下，如选用宽度较大的砂轮，同样能收到提高生产率和降低粗糙度的效果，但是在磨削热敏感性高的材料时，为避免工件表面的烧伤和产生裂纹，砂轮宽度应适当减小。

表 6 常用砂轮形状及用途

砂轮名称	简图	代号	尺寸表示法	主要用途
------	----	----	-------	------

平形砂轮		P	$P D \times H \times d$	用于磨外圆、内圆、平面和无心磨等
双面凹砂轮		PSA	$PSA D \times H \times d - 2 - d 1 \times t 1 \times t 2$	用于磨外圆、无心磨和刃磨刀具
双斜边砂轮		PSX	$PSX D \times H \times d$	用于磨削齿轮和螺纹
筒形砂轮		N	$N D \times H \times d$	用于立轴端磨平面
碟形砂轮		D	$D D \times H \times d$	用于刃磨刀具前面
碗形砂轮		BW	$BW D \times H \times d$	用于导轨磨及刃磨刀具

在砂轮的端面上一般都印有标志，例如砂轮上的标志为 WA60LVP400×40×127，它的含意是：

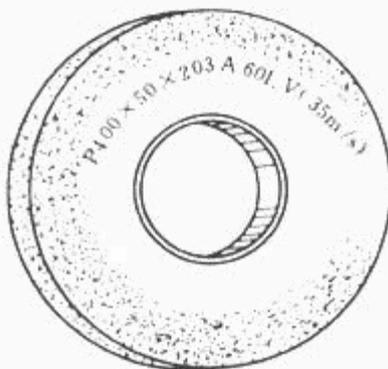


图1 砂轮型号

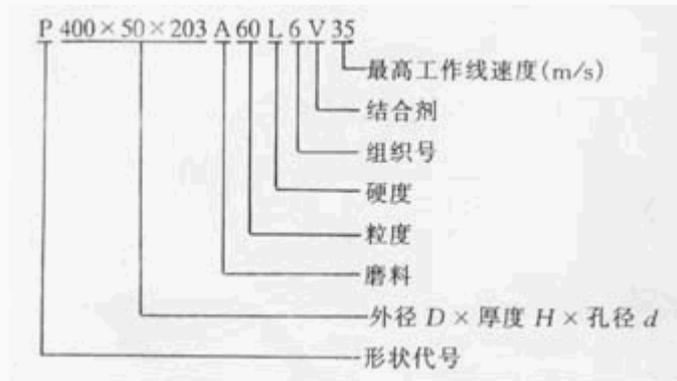


图 2 标志的含义

由于更换一次砂轮很麻烦，因此，除了重要的工件和生产批量较大时，需要按照以上所述的原则选用砂轮外，一般只要机床上现有的砂轮大致符合磨削要求，就不必重新选择，而是通过适当地修整砂轮，选用合适的磨削用量来满足加工要求。

### 超精密磨削要求的加工品质和砂轮的要素

作为超精密磨削加工用砂轮多使用微粒金刚石砂轮，除镜面磨削用途外，也可作为手机、数码相机等  $\phi 200$  以下的小型非球面透镜成型模具加工用砂轮。这些模具由于是用作光学玻璃的热压成型，大多是硬质合金和工程陶瓷制成的。另外，也在进行着用微晶金刚石和工程陶瓷制成的。另外，也在进行着用微粒金刚石砂轮进行磨削加工直接获得非球面透镜的试验。这些磨加工所使用的金刚石粒度目前多为 1500~3000# 左右，可获得形状精度 0.1 微米以下，表面粗糙度  $Ry40\mu m$  左右的加工精度。这些作为要求精度不太高的民生用光学透镜的磨削已达到实用化，可尚未达到要求更高精度的大型非球面透镜的要求精度。

今后对微粒金刚石砂轮要求的要素，需对超微金刚石磨料作固定磨粒使用时的磨粒特性进行研究。另外，其基本要素要考虑构成微粒金刚石砂轮的磨粒、结合剂、填料等各个原料，不阴碍健全地磨削加工，高精度的均匀分散技术的开发也很重要。

超精密加工用磨床的现状可说是最小切入设定值几年前 100nm 为极限，可最近已制出更高精度的最小分辨能为 1nm，象限也调整到最小限度的磨床。虽然以往一直制造着粒度 6000# 以上的微粒金刚石砂轮，可在最小切入设定值 100nm 的磨床上尚未得出超微或近似超微粒金刚石砂轮的整形、修整及进行

健全磨削的加工条件。今后，在更高精度磨床上的实用例会不断出现，加强微粒金刚石砂轮的规格和加工条件等的研究及推进其实用化。下面就正在实用化的超精密磨削用树脂结合剂砂轮的加工实例及作为使用技术所必要的整形、修整方法加以论述。