

磨 削

磨削及其特点

砂轮及其磨削过程

磨床

磨削加工方法

其他磨削方法

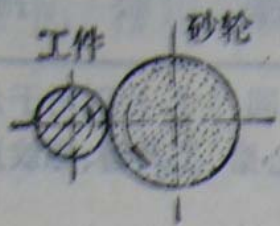
磨削及其特点

- **磨削**：在磨床上用砂轮加工工件的过程。
 - ◇ 主运动：砂轮的旋转运动
 - ◇ 进给运动：工作台带动工件的横向或纵向进给

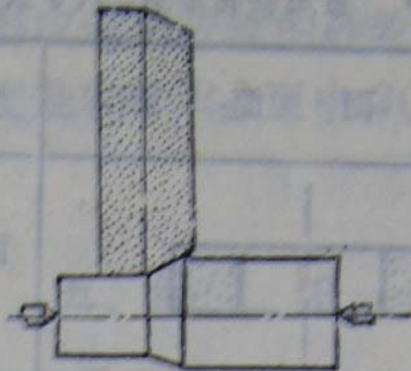
平面磨削过程录像

- **磨削的加工范围**：
 - ◇ 水平面
 - ◇ 内外圆面（包括内外圆锥面）

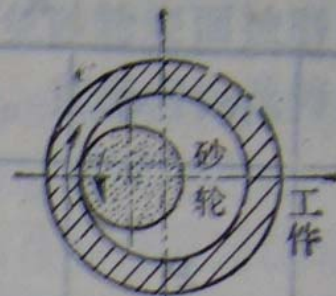
各种磨削加工



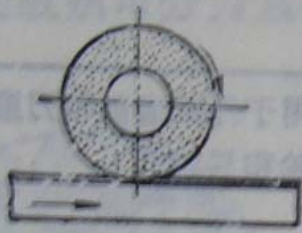
外圆磨



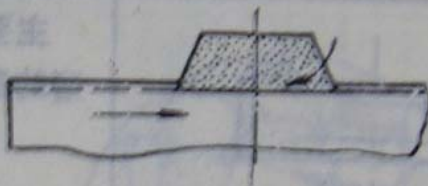
深切缓进给外圆磨



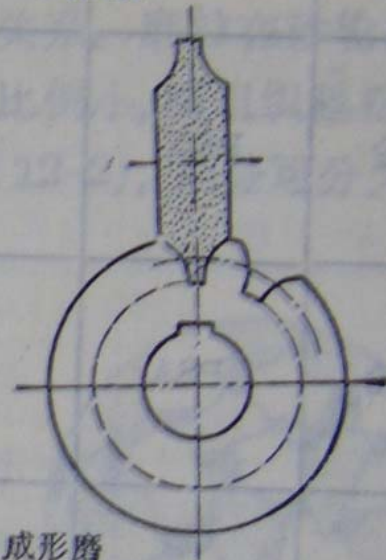
内圆磨



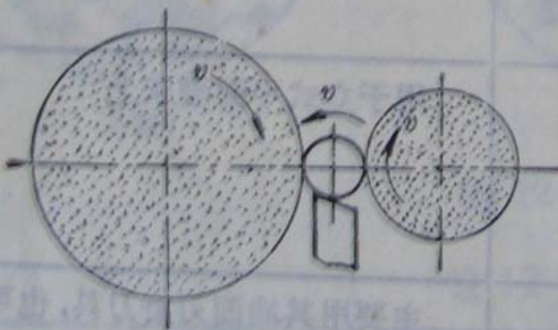
平面磨(周磨)



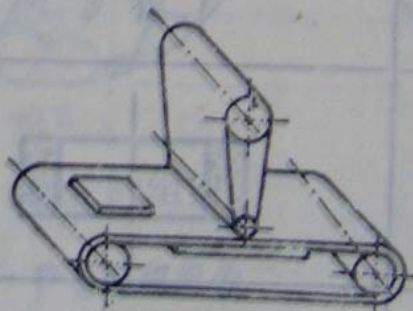
平面磨(端磨)



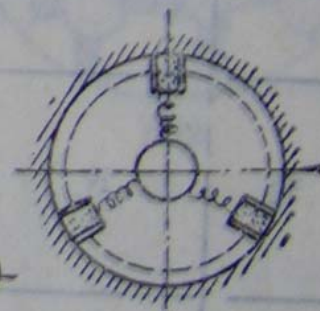
成形磨



无心磨



砂带磨



珩磨

磨削的特点

- 加工精度高，表面质量好。砂轮表面有多个锋利的切削刃，磨削速度高，磨床的加工精度要求高。
- 砂轮有自锐作用，可进行强力连续磨削，生产率高。
- 磨削温度高。磨削速度为车削的10—20倍，产生的切削热多，易发生工件烧伤。
- 可加工材料范围广，可磨削硬度很高的材料。

3.2 砂轮及其磨削过程

■ **磨具**：用结合剂将大量磨料粘结而成的切削工具。

固结磨具：砂轮、油石

涂覆磨具：砂带、砂纸、砂布



■ **磨具的特性**

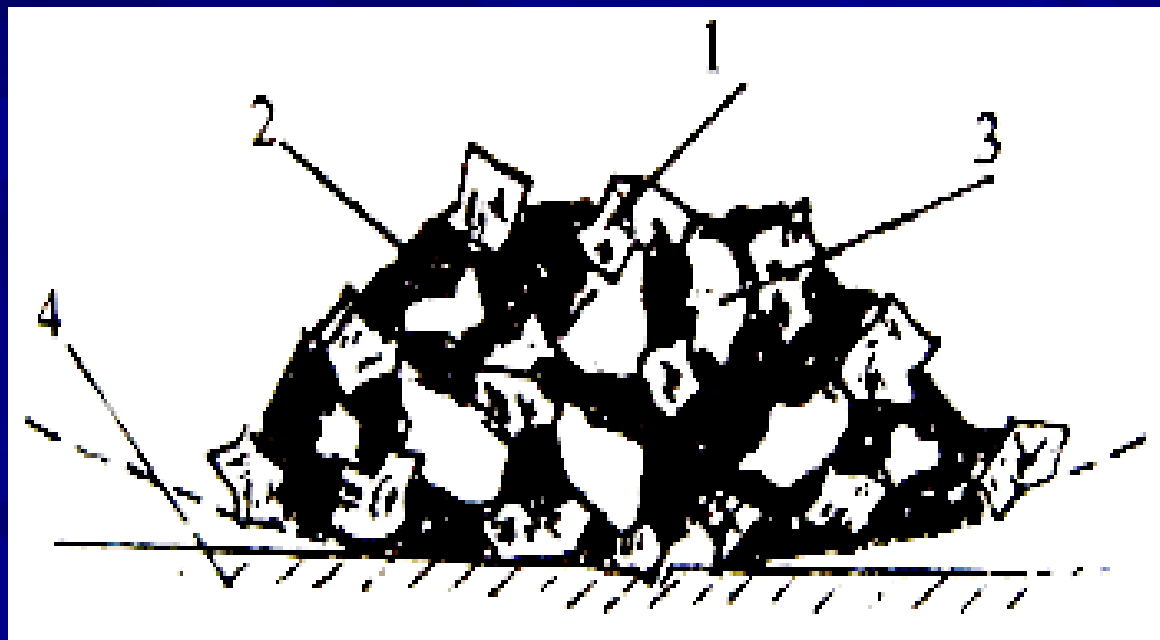
磨料、粒度、结合剂、硬度、组织、形状和尺寸

砂轮特性

砂轮是用结合剂把磨粒粘结起来，经压坯、干燥、焙烧及车整而成的多孔疏松物体。

砂轮的三个基本组成要素

- 磨粒
- 结合剂
- 孔隙



砂轮的组成

磨料

- **磨料**是制造砂轮的主要材料，直接担负切削工作。
- 磨料应具有**高硬度**，**高耐热性**和一定的**韧性**，在磨削过程中受力破坏后还要能形成锋利的几何形状。

品种	代号	色泽	选用范围
棕刚玉	A	棕褐	碳素钢、合金钢、可锻铸铁、硬青铜的普通磨削、切断、自由磨削
白刚玉	WA	白	合金钢、高速钢、淬火钢等强度大、硬度高的工件的普通磨削、刃磨超精珩磨、齿轮、螺纹磨、仿型磨
铬刚玉	PA	桃红玫瑰红	合金钢、工具等、淬火钢和内圆工具、齿轮、仿型磨及仪表机架的磨削、高粗糙度磨削
单晶刚玉	SA	白土黄色	高钒高速钢、奥氏体不锈钢、高速钢、钛合金等高硬度、高强度材料的磨削
微晶刚玉	MA	棕褐	各种淬火硬钢、不锈钢、特殊球墨铸铁及不锈钢的磨削、重负荷磨削、镜面磨削、强力磨削、高粗糙度磨削等
黑碳化硅	C	黑	铸铁、有色金属、非金属材料的磨削、切断、珩磨
绿碳化硅	GC	绿	脆而硬的硬质合金、玻璃、宝石、石料的磨削、切断与超精磨
人造金刚石	RVDMBD	黄绿色	硬质合金、光学玻璃、宝石、半导体材料的磨削、切断与超精磨
	CBN	浅白或黑白	耐热合金、高钒、高钼、高钴、高速钢、钛合金等材料的磨削

氧化物
氧化铝即
刚玉

碳化物
碳化硅

超硬磨料
金刚石、
CBN

磨料



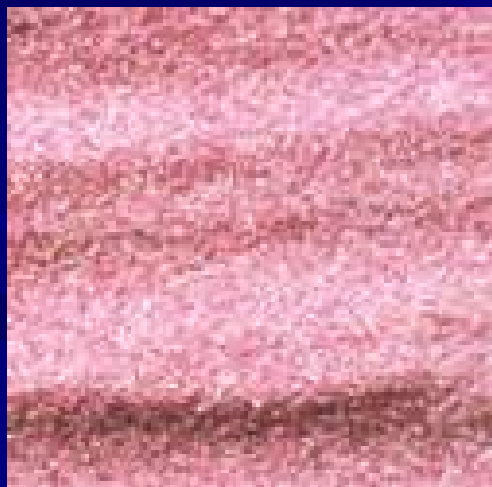
棕刚玉



白刚玉



铬刚玉



单晶刚玉



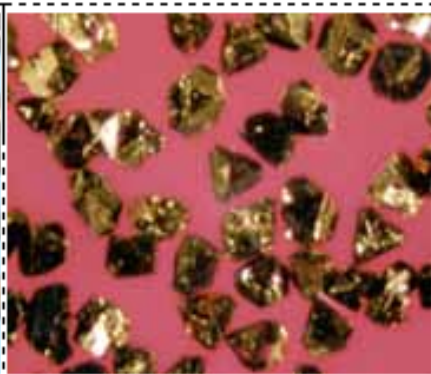
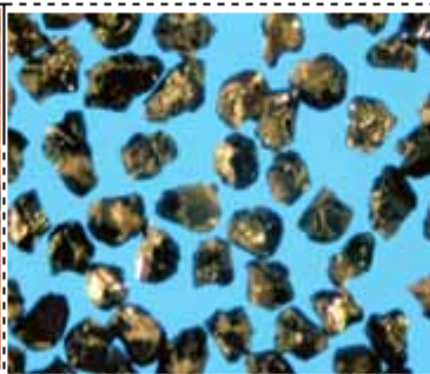
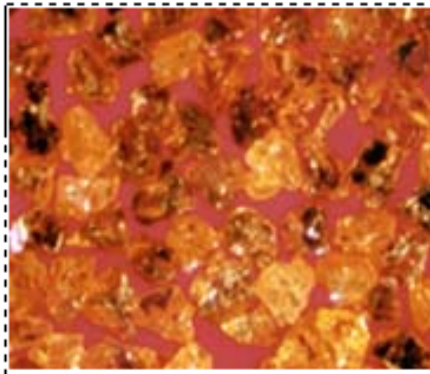
黑碳化硅



绿化硅



人造金刚石



品种	CBN I	CBN II	CBN III
特征	黑色、中脆、块状晶体	琥珀色、透明、韧性块状晶体	黑色、微粉
用途	树脂、陶瓷结合剂磨具、工具。	陶瓷，电镀结合剂磨具、工具。	聚晶结合体、复合材料。
粒度	60 / 70 - 325 / 400	70 / 80 - 325 / 400	0.5 μ - 54 μ

CBN

粒度

- 砂轮的粒度指磨粒的大小。
- 粒度号：筛网每英寸上的孔眼数。
粒度号越大，磨粒尺寸越小。

粒度	基本粒群尺寸范围	粒度	基本粒群尺寸范围
8	2800-2360	54	350-300
10	2360-2000	60	300-250
12	2000-1700	70	250-212
14	1700-1400	80	212-180
16	1400-1180	90	180-150
20	1180-1000	100	150-125
22	1000-850	120	125-106
24	860-710	150	106-75
30	710-600	180	90-63
36	600-500	220	75-53
40	500-425	240	75-53
46	425-355		

单位：微米

各种粒度磨具的使用范围

粒度(*, W)	使用范围
12-16	荒磨、粗磨等
20-36	磨钢锭、打磨铸件毛刺、切断钢坯、磨电瓷和耐火材料等
46-60	内圆、外圆、平面、无心磨和工具磨等
60-80	内圆、外圆、平面、无心磨、工具磨等半精磨、精磨和成形磨
100-240	精磨、精密磨、超精磨、珩磨、成形磨和工具刃磨等
280-W20	精磨、精密磨、超精磨削、珩磨和小螺距螺纹磨等
W20及其更细	精磨、超精磨、镜面磨、制造研磨膏，用于研磨和抛光等

结合剂

- **结合剂**是将磨料粘结在一起，使砂轮具有必要的形状和强度的材料。

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差，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)	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

组织

- **组织**是指砂轮中磨粒、结合剂和气孔三者间的体积比例关系。
- 按磨粒在砂轮中所占体积的不同，砂轮的组织分为**紧密**、**中等**和**疏松**三大类。

硬度

- 砂轮的硬度指磨粒脱落的难易程度。
- 砂轮软表示磨粒易脱落。砂轮硬表示磨粒不易脱落。
- 砂轮的硬度从低到高分为超软、软、中软、中、中硬、硬、超硬7个等级。

选择砂轮硬度的一般原则

- 加工软金属时，为了使磨料不致过早脱落，则选用硬砂轮。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；
- 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。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。

砂轮的自锐性

磨削过程中，磨粒在高速、高温条件下，逐渐磨损而变钝，切削能力下降，但切削力超过磨粒的强度极限时，磨粒破碎，产生新的锋利的棱角磨削；但切削力超过砂轮结合剂的粘结力时，磨粒脱落，露出新的锋利的磨粒。

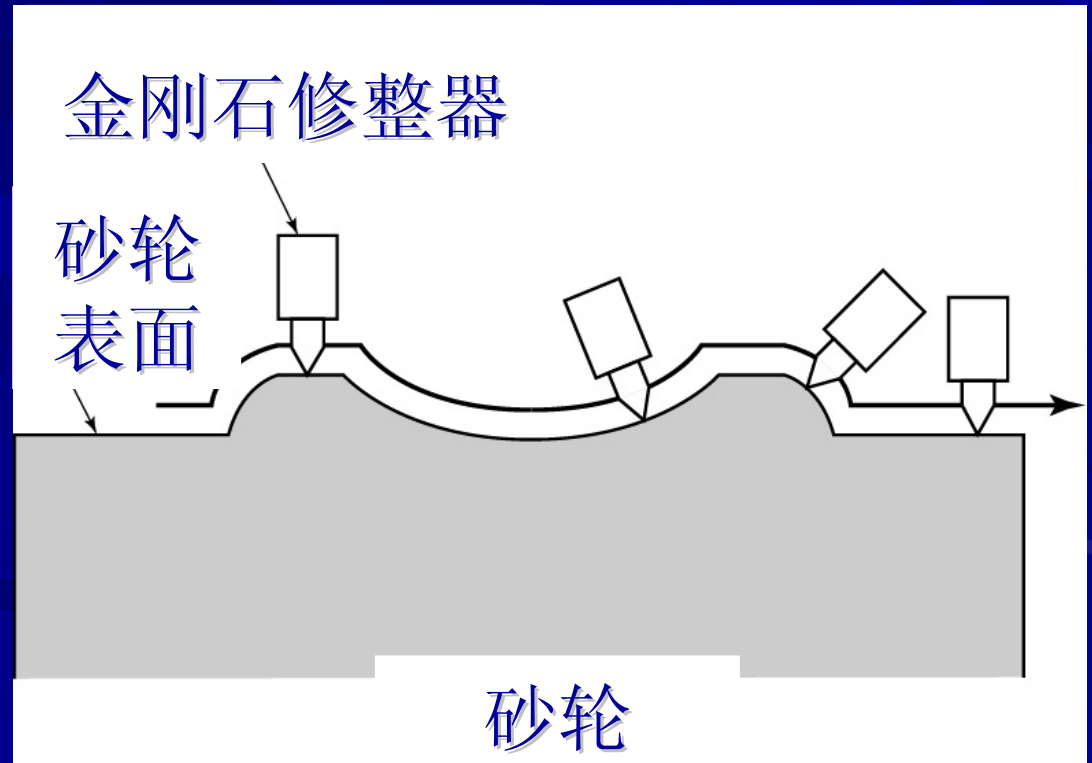
这种自行推陈出新、保持自身锋利的性能，是砂轮的自锐性。

砂轮的修整

砂轮的磨粒变钝后，或磨屑塞在砂轮的孔隙，表面堵塞，或砂轮形状精度丧失，需用金刚石笔进行修整，切去表面上一层磨料，使砂轮表面重新露出光整锋利磨粒，以恢复砂轮的切削能力与外形精度。

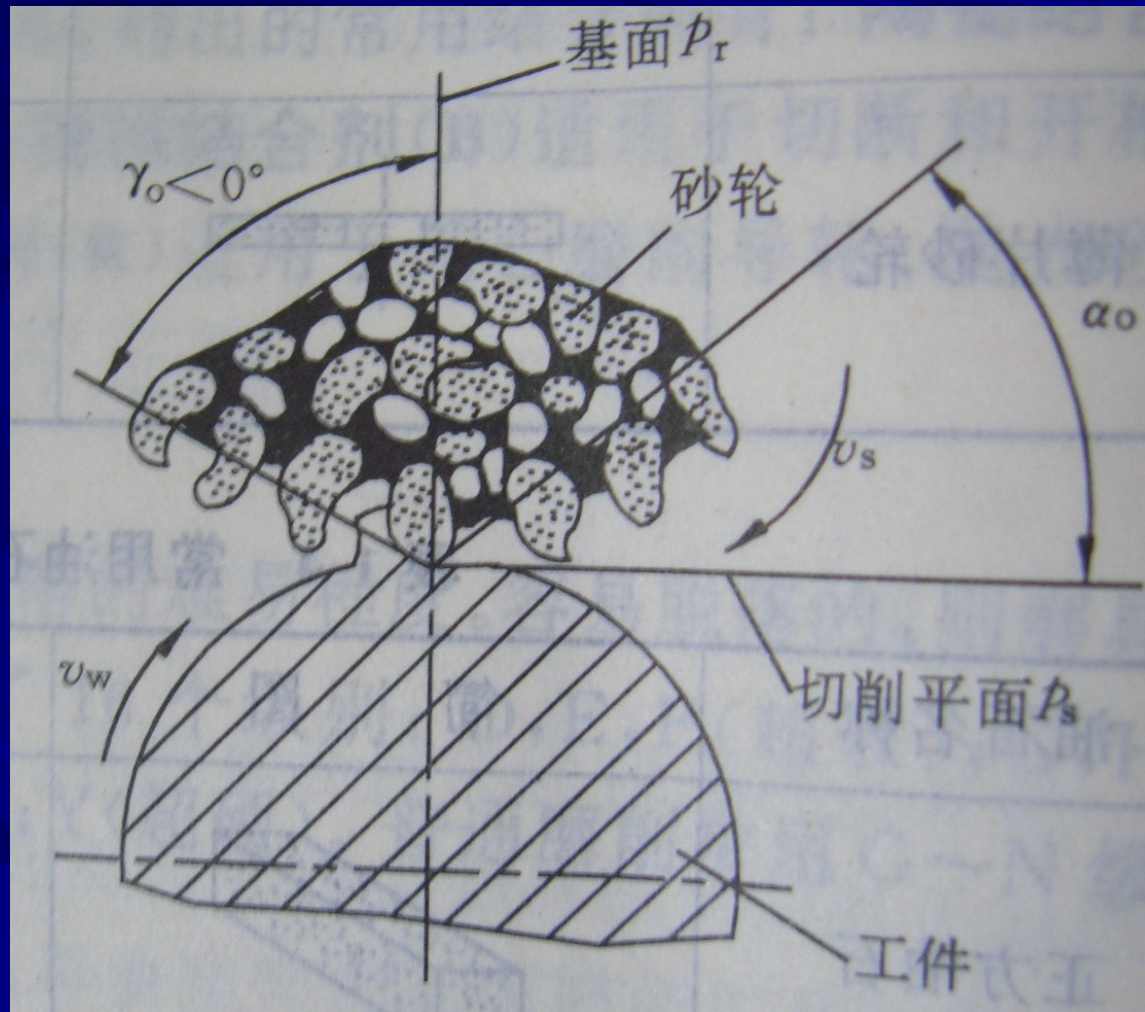


金刚石修整器



磨削过程

磨削也是一种切削，砂轮表面多个磨粒相当于多个负前角的切刃。



砂轮磨粒切削时的前角和后角

磨削过程的三个阶段

第一阶段：磨粒从工件表面滑擦而过，只有弹性变形而无切屑

第二阶段：磨粒切入工件表面，刻划出沟痕并形成隆起

第三阶段：切削厚度增大到某一临界值，切下切屑

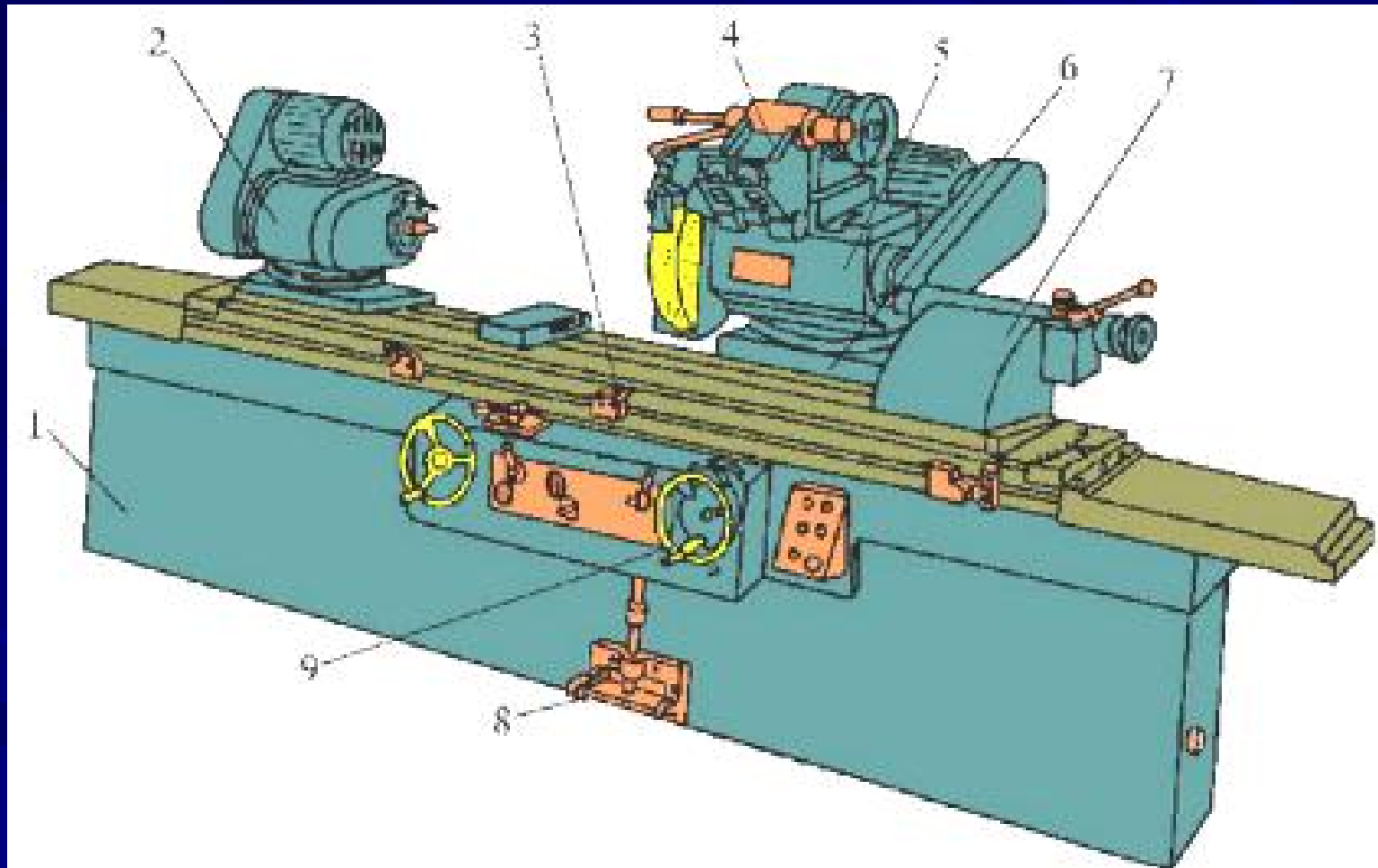


磨粒切削过程

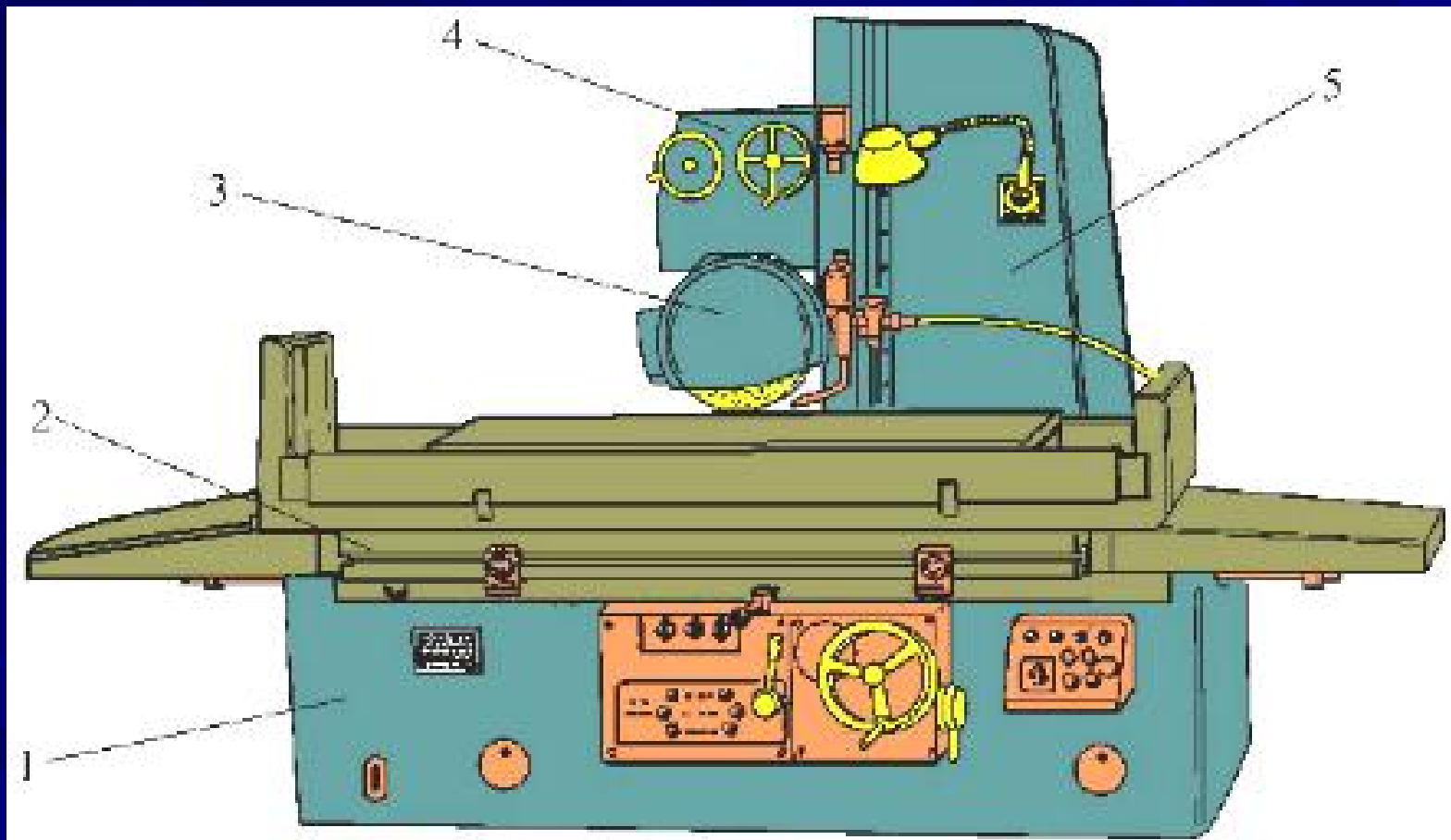
3.3 磨床

- 外圆磨床
- 平面磨床

外圆磨床



平面磨床

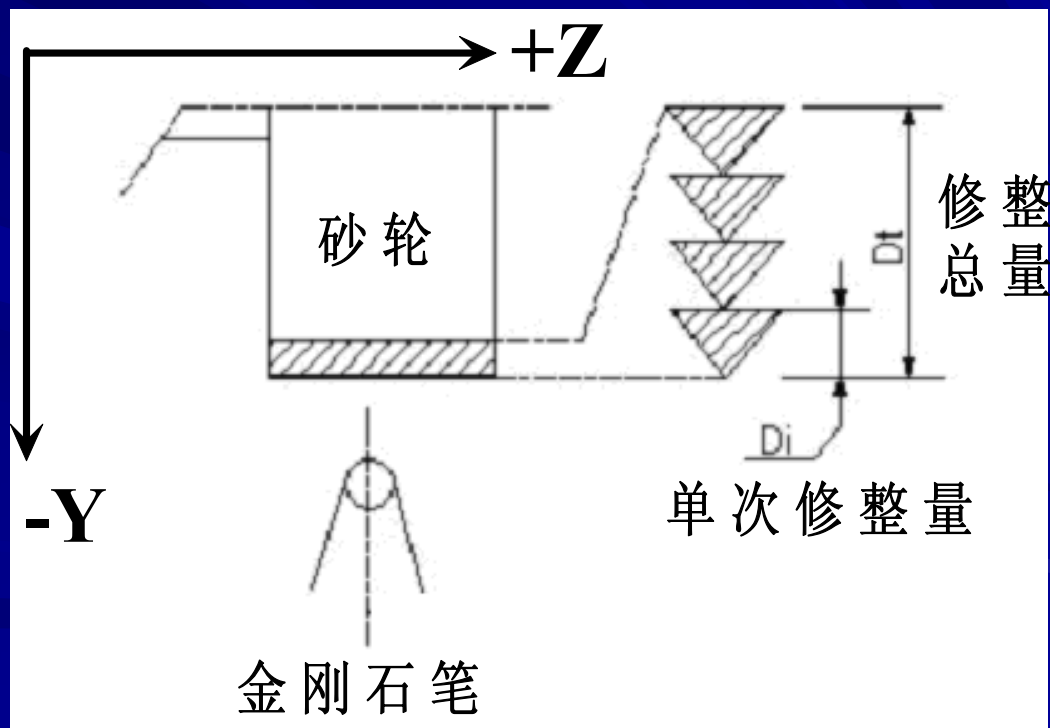


磨床的专用功能

- 自动修整补偿
- 安全保护措施
- 斜轴功能

自动修整补偿

- 设置砂轮修整点
- 手动/自动修整
- 自动补偿

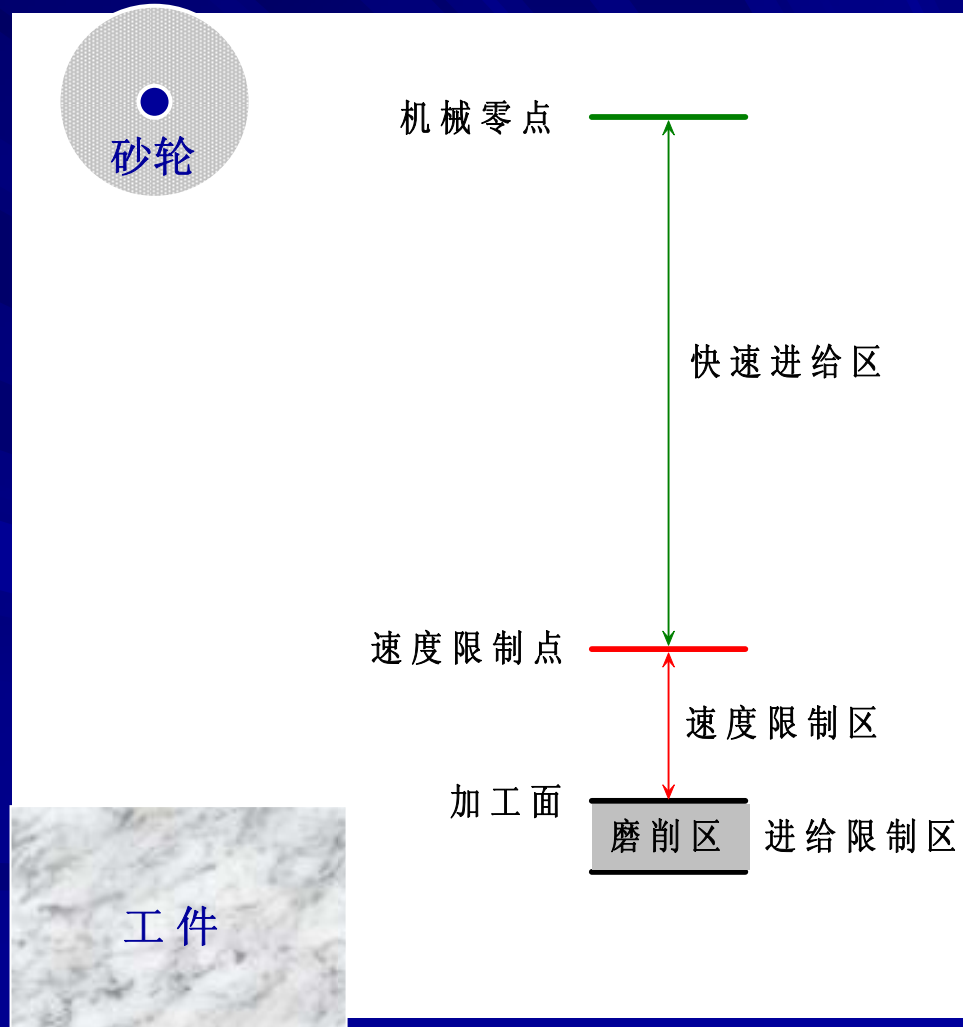


安全保护措施

砂轮在高速旋转时，进给过快，撞上工件或被挤压会发生破碎，飞出伤人。

保护措施主要有两个：

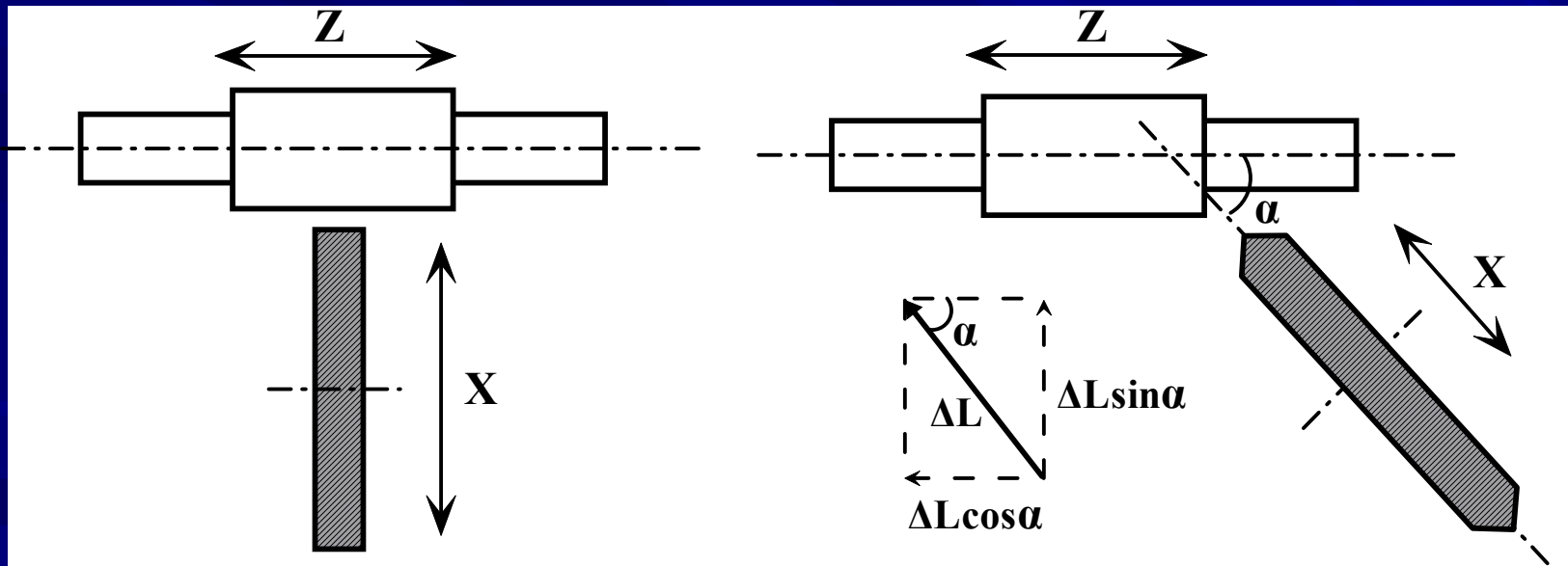
1. 砂轮进入速度限制区，进给速度强制降为设定的低速进给速度。
2. 当砂轮碰到工件后，出现磨削火花，即进入进给限制区。在此区内，砂轮每次的磨削进给量不能超过设定的最大进给量（一般为 $50 \mu\text{m}$ ）。



斜轴功能

主要用于阶梯轴的磨削。

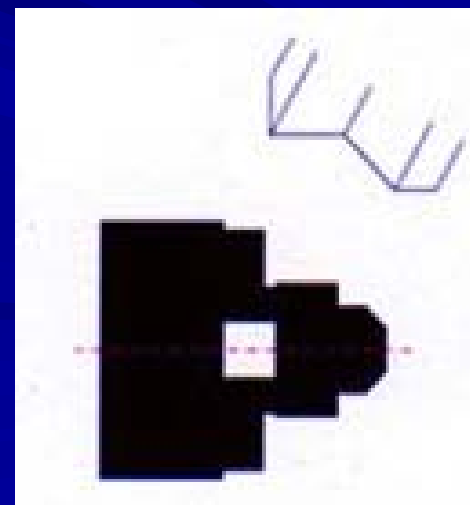
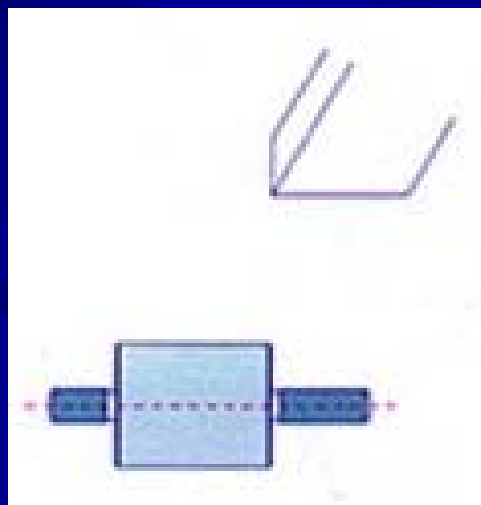
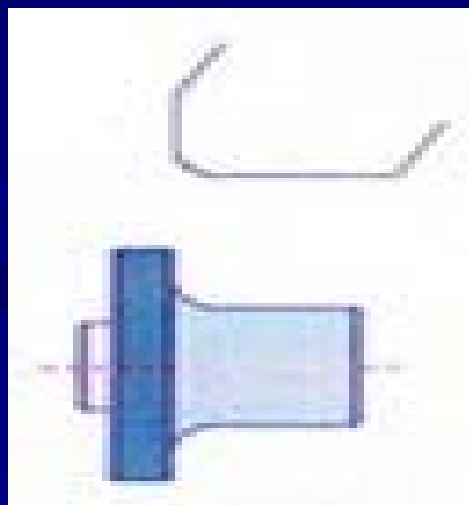
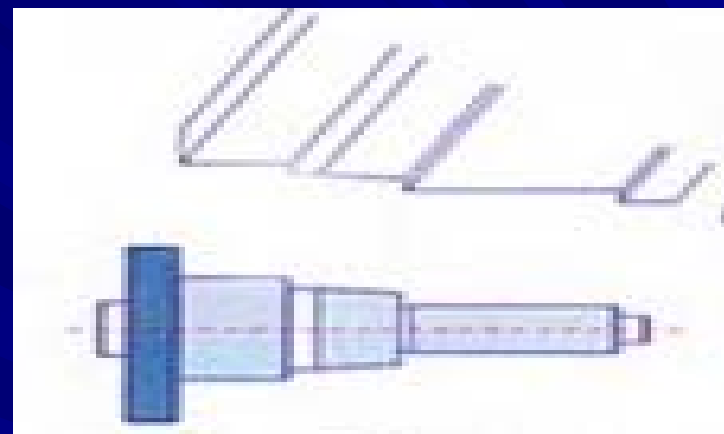
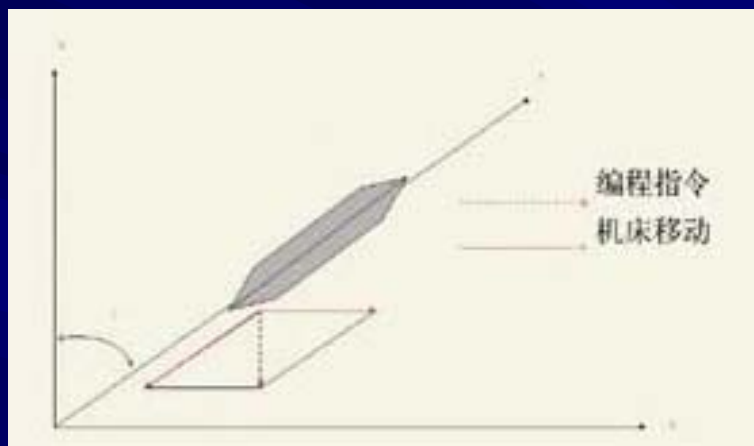
1. Z轴与X轴不垂直，夹角为 α 度。
2. 使用成型砂轮，同时磨削外圆与端面。



一般外圆磨削

斜轴磨削

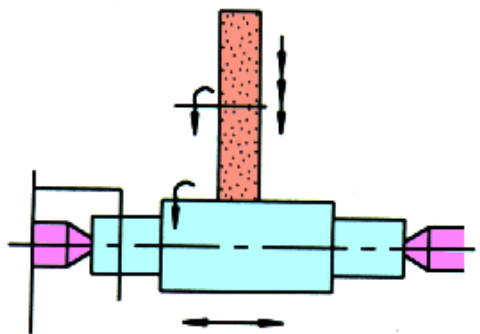
斜轴功能示意图



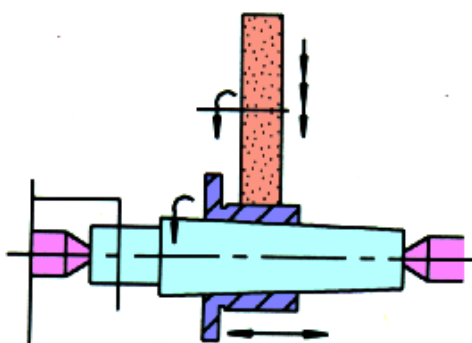
3.4 磨削加工方法

- 磨削外圆
- 磨削内圆
- 磨削平面

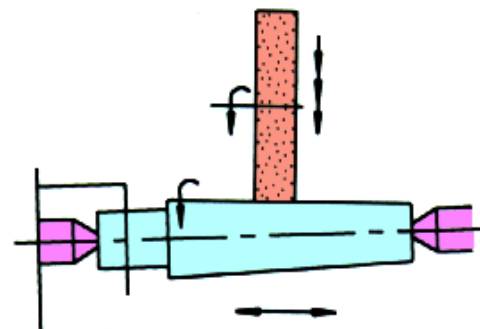
磨削外圆



a) 磨轴零件外圆

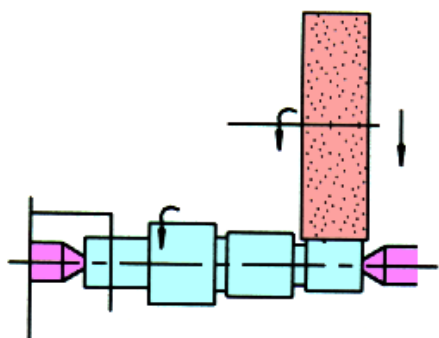


b) 磨盘套零件外圆

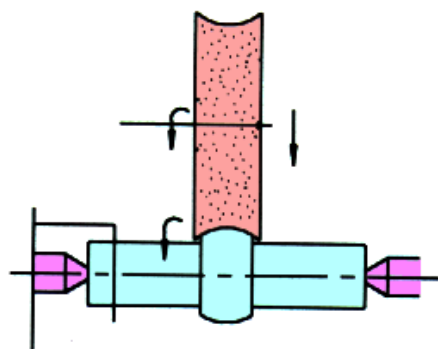


c) 磨轴零件锥面

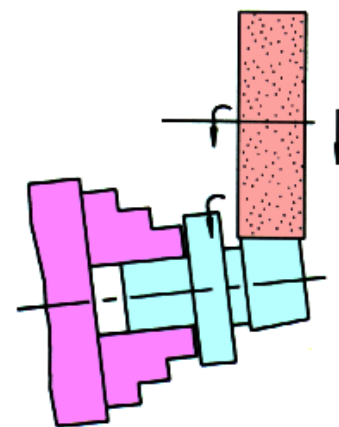
纵磨法磨外圆



a) 磨轴零件外圆



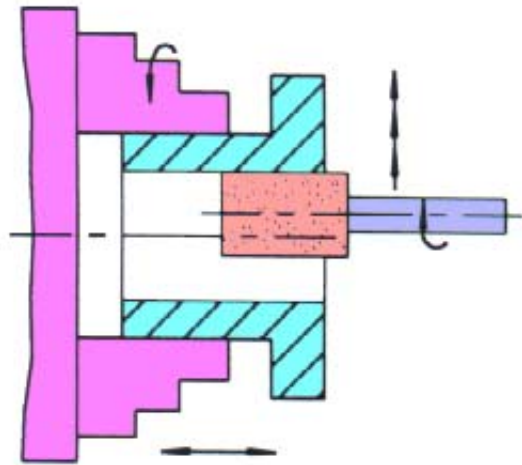
b) 磨成形面



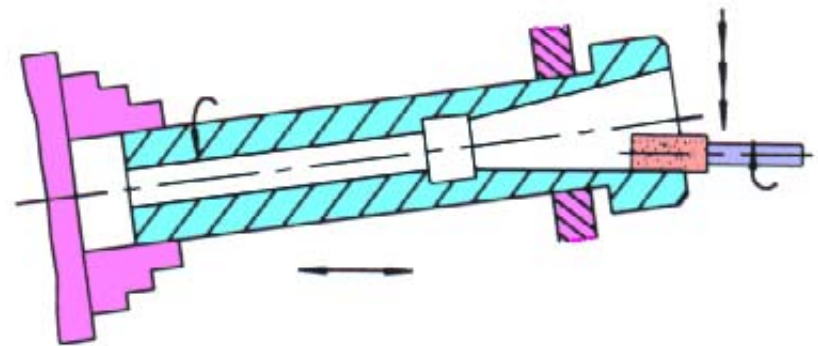
c) 扳转头架磨短锥面

横磨法磨外圆

磨削内圆



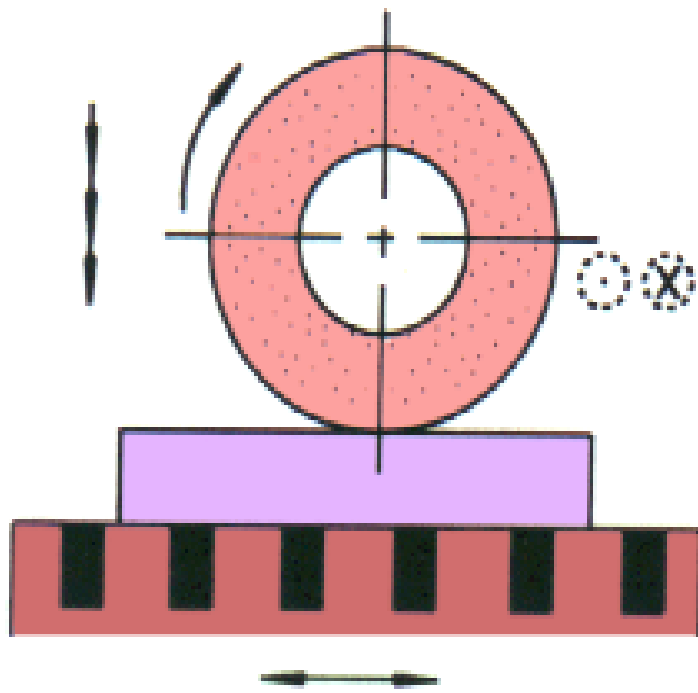
a) 磨内圆



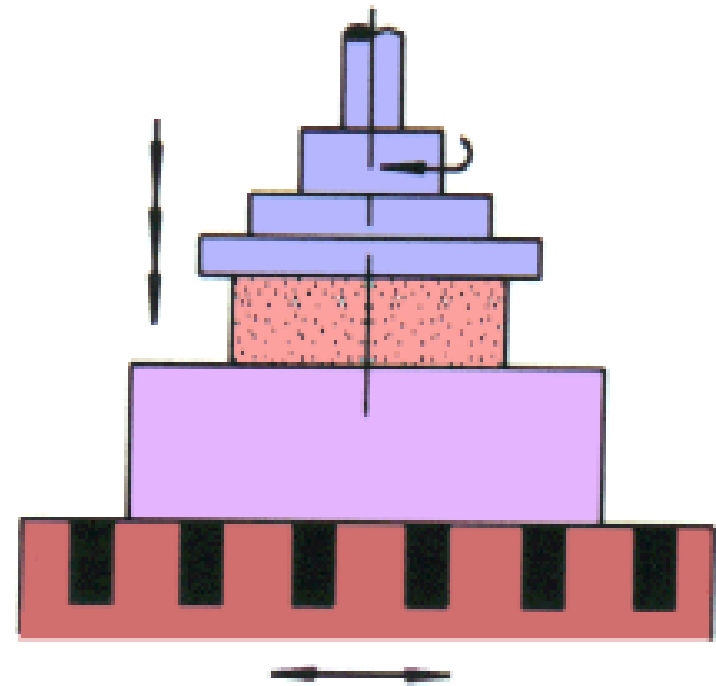
b) 扳转上工作台磨锥孔

磨内圆的方法

磨削平面

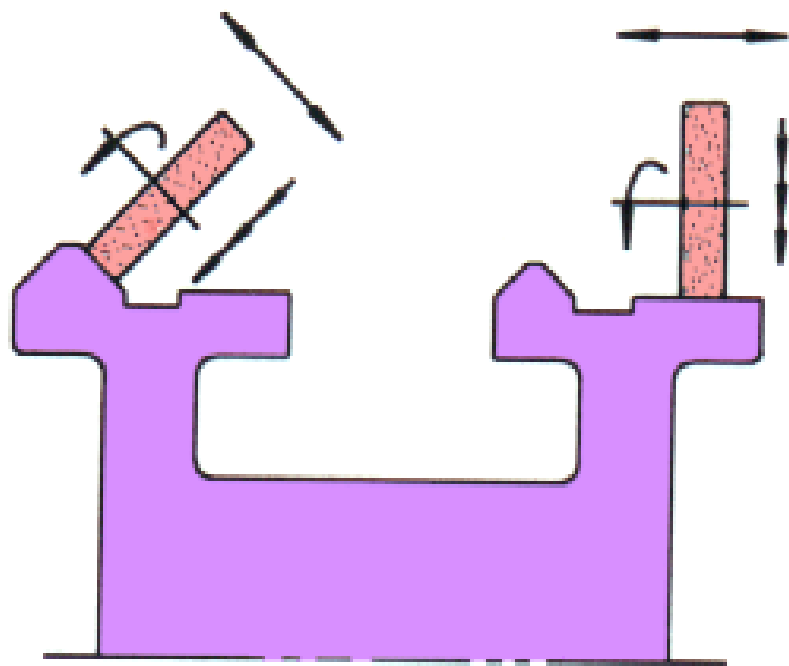


a) 周磨法

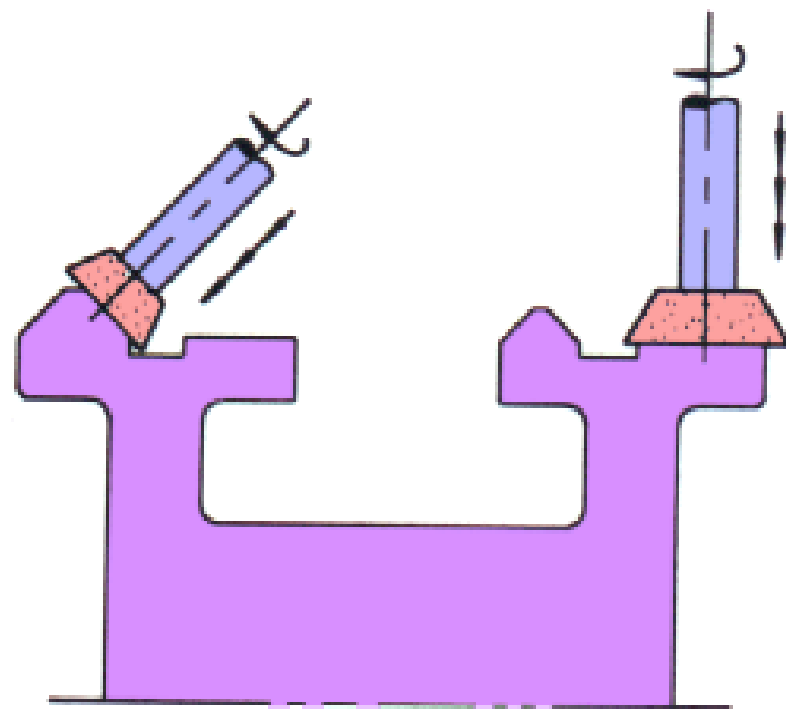


b) 端磨法

磨平面的方法



a) 周磨法



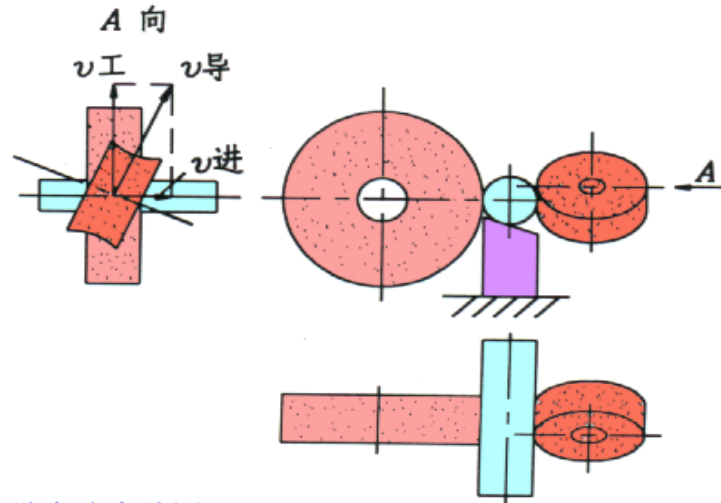
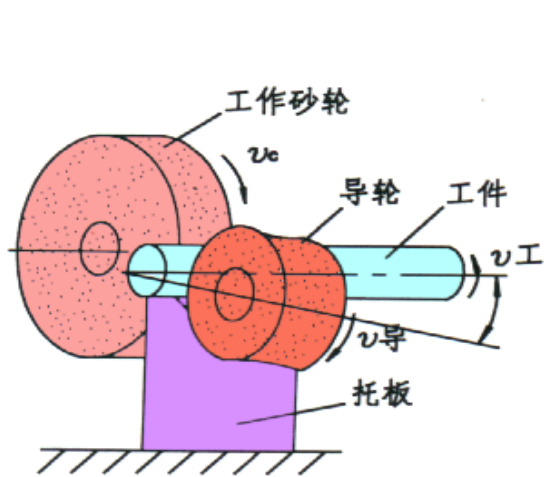
b) 端磨法

磨导轨平面

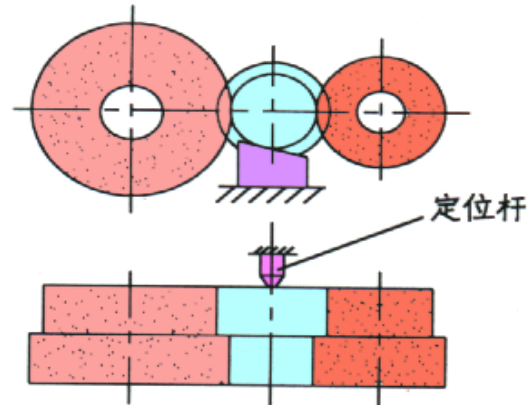
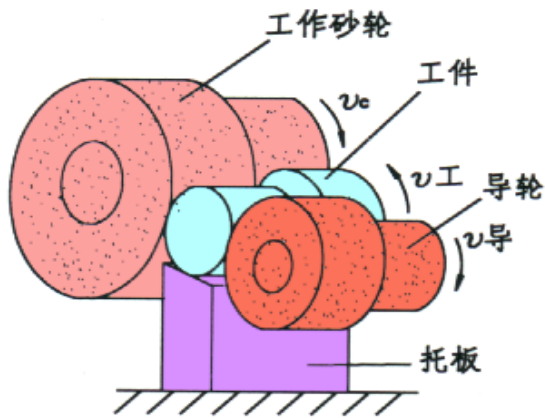
3.5 其他磨削方法

- 无心磨削
- 缓进给深磨削
- 砂带磨削

无心磨削



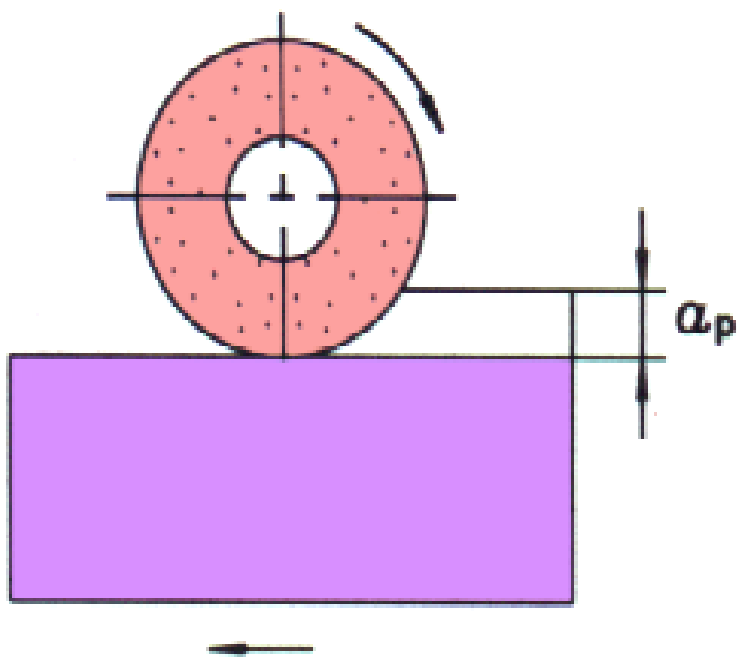
a) 无心纵磨法磨外圆



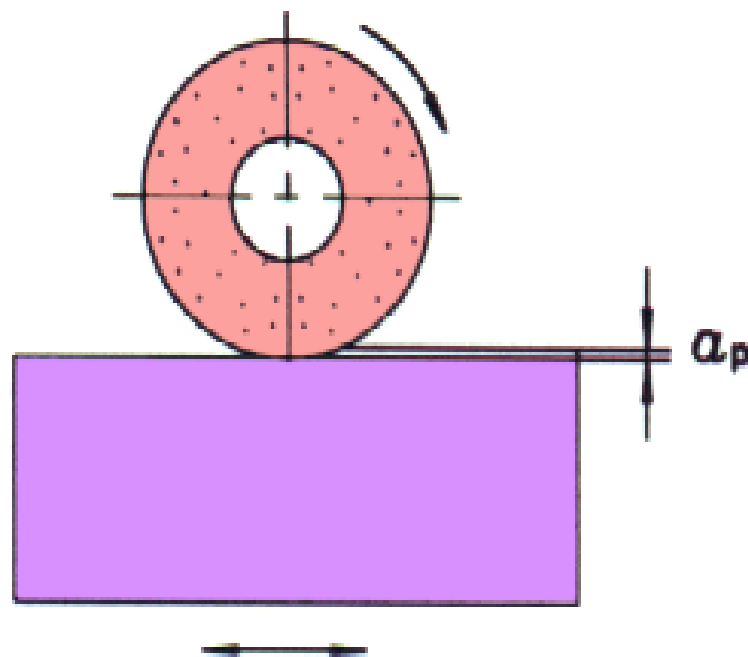
b) 无心横磨法磨外圆

无心磨削外圆

缓进给深磨削



a) 缓进给深磨削



b) 普通平面磨削

缓进给深磨削与普通磨削比较

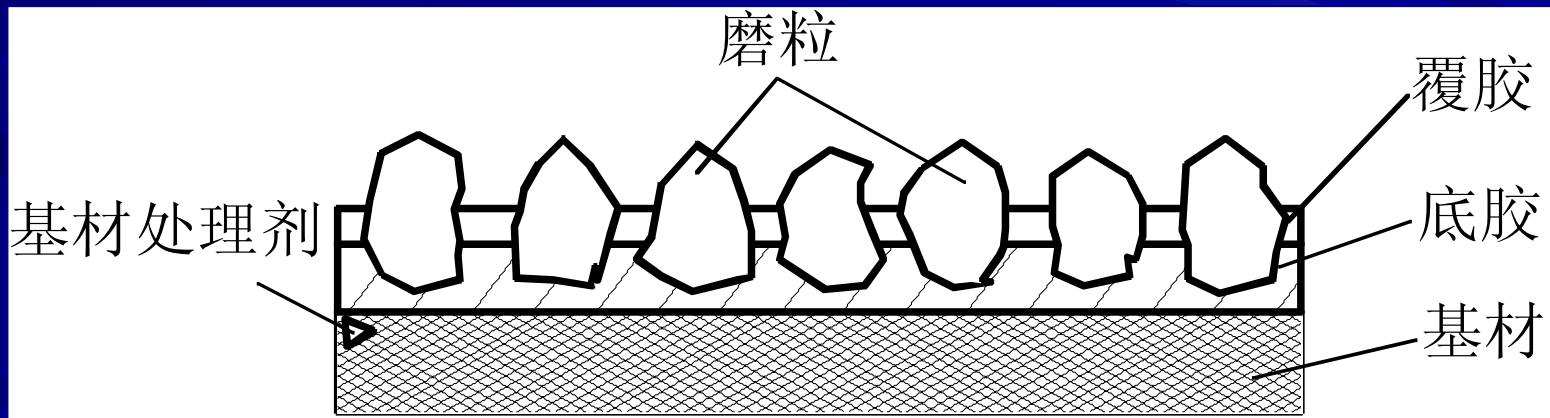
砂带磨削



■ 砂带：

用粘结剂将磨料涂层固定在专门制造的织物或纸质基带上的挠性磨削工具。

■ 砂带的基本组成：基材、磨料和粘结剂

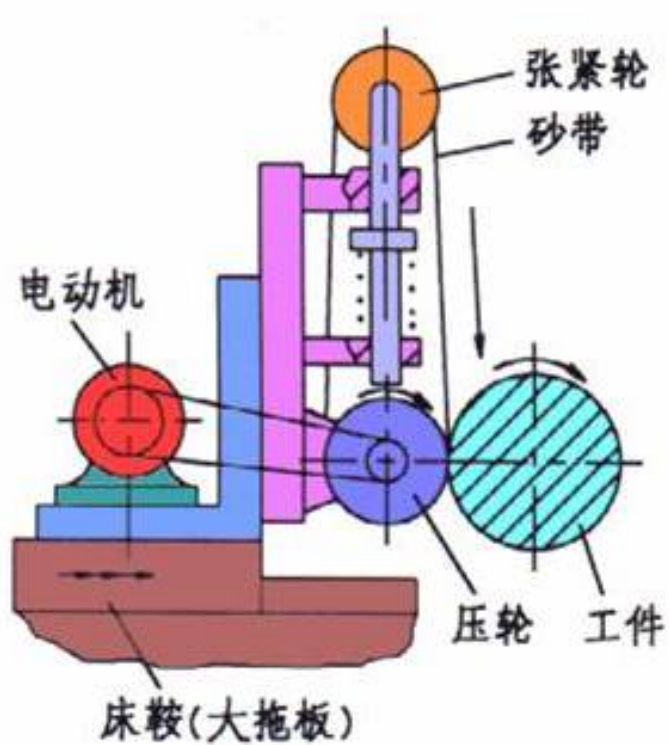


砂带磨削的特点

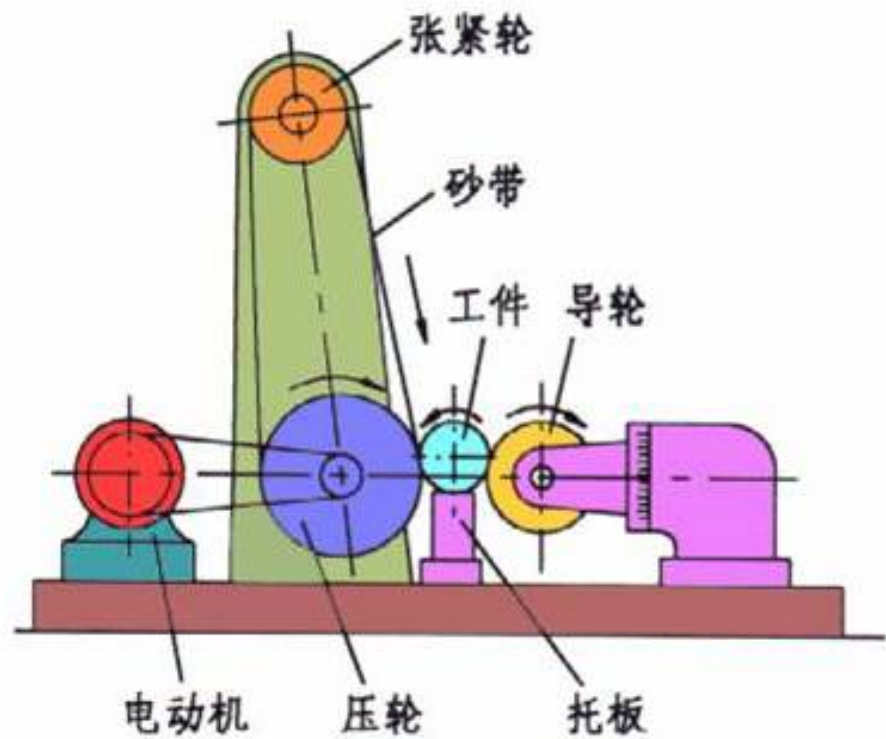
- 砂带磨削是一种磨削、研磨、抛光多种作用的复合加工工艺。它是一种弹性磨削。磨粒除了起砂轮磨削中的滑擦、犁耕和切削作用外，还具有挤压使工件表面产生塑性变形的作用。
- 砂带磨削效率高。由于砂带上磨粒的形状和分布特点，磨削过程中有效磨粒数多，磨削深度大，磨粒的切削能力强，因而使得砂带磨削的切除率、磨削比和机床功率利用率都很高。

■ 砂带磨削温度低。尤其是静电植砂的砂带，由于磨粒的锐端朝外，砂带粒度均匀、等高性较好，切削刃锋利，且容屑空间大。因此，产生的磨削热少，且砂带周长比砂轮长，散热面积大，空气冷却效果好，故可获得“冷态”切削。

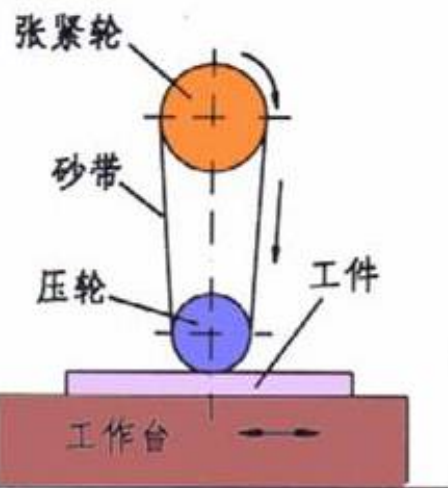
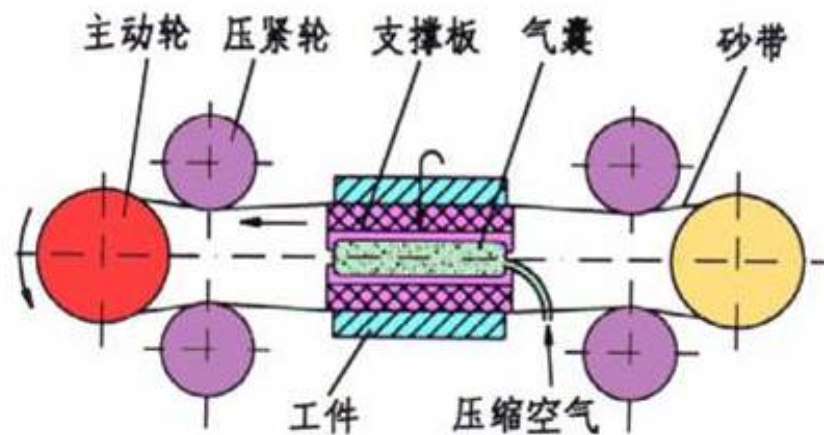
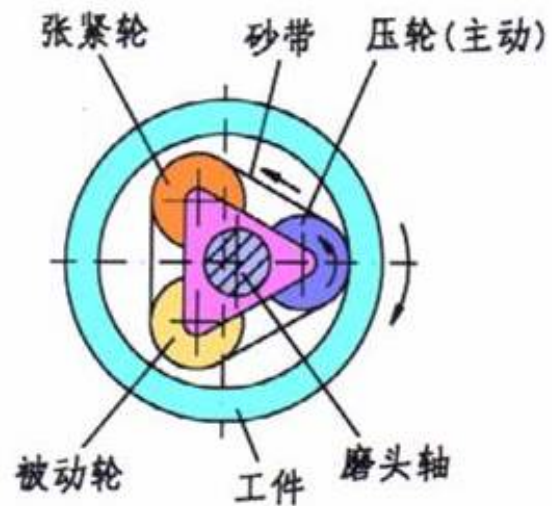
■ 砂带磨削表面加工质量好。由于砂带磨削具有磨削、研磨和抛光的多重复合作用，而且磨削温度低，磨削速度稳定，砂带的柔性对系统有较高的抗振性，系统稳定性好。因此工件加工表面粗糙度小，表面无烧伤、裂纹等缺陷。



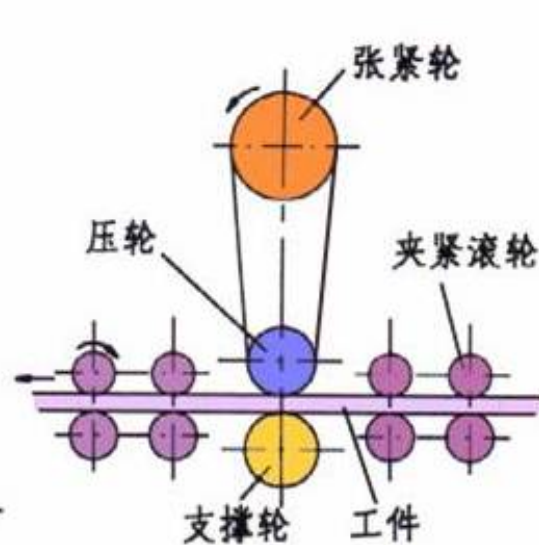
a) 中心外圆砂带磨削



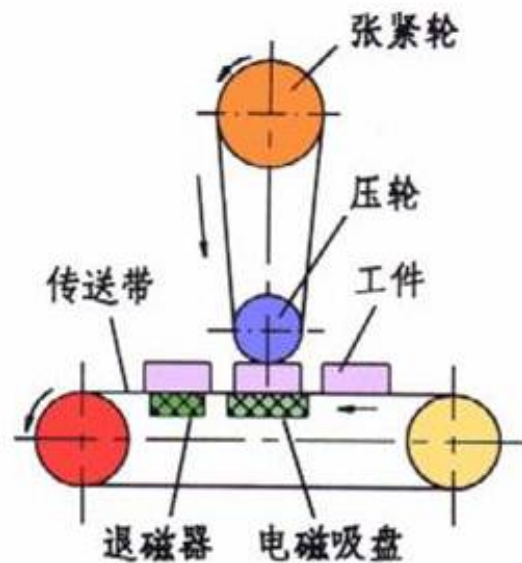
b) 无心外圆砂带磨削



a) 工作台式



b) 夹紧滚轮式



c) 传送带式

砂带磨削