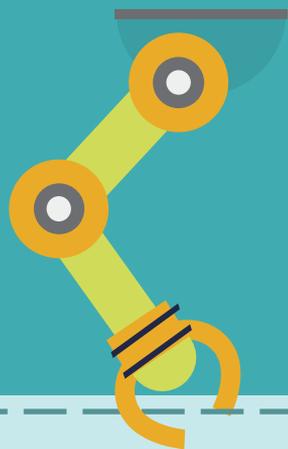


精密与特种加工技术

主讲人：纪仁杰

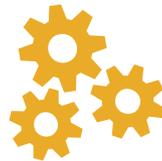


- 1、精密与超精密加工技术
- 2、微细与超微细加工技术
- 3、纳米加工技术
- 4、特种加工技术



精密与超精密加工技术





1.1 概述



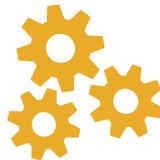
精密加工

在一定的发展时期，加工精度和表面质量达到**较高**程度的加工工艺。



超精密加工

在一定的发展时期，加工精度和表面质量达到**最高**程度的加工工艺。



加工历史进程

瓦特改进蒸汽机 — 镗孔精度 1mm ;

20 世纪 40年代 — 最高精度 $1\mu\text{m}$;

20 世纪末 — 精密加工 : $\leq 0.1\mu\text{m}$, $R_a \leq 0.01\mu\text{m}$ (亚微米加工) ;

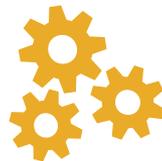
超精密加工 : $\leq 0.01\mu\text{m}$, $R_a \leq 0.001\mu\text{m}$ (纳米加工)。



微细及超微细加工

微细加工 — 微小尺寸的精密加工 ;

超微细加工 — 微小尺寸的超精密加工。



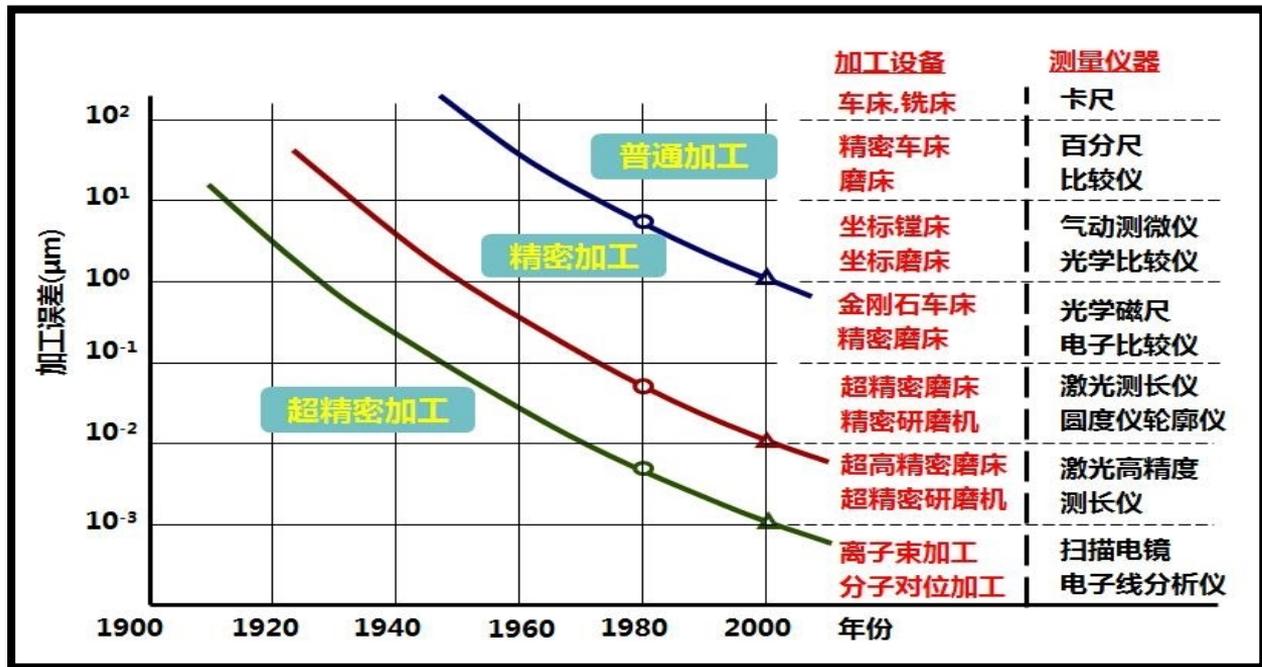
几种典型精密零件的加工精度

几种典型精密零件的加工精度

零件	加工精度	表面粗糙度
激光光学零件	形状误差 $0.1\mu\text{m}$	R_a $0.01 \sim 0.05\mu\text{m}$
多面镜	平面度误差 $0.04\mu\text{m}$	$R_a < 0.02\mu\text{m}$
磁头	平面度误差 $0.04\mu\text{m}$	$R_a < 0.02\mu\text{m}$
磁盘	波度 $0.01 \sim 0.02\mu\text{m}$	$R_a < 0.02\mu\text{m}$
雷达导波管	平面度、垂直度误差 $< 0.1\mu\text{m}$	$R_a < 0.02\mu\text{m}$
卫星仪表轴承	圆柱度误差 $< 0.01\mu\text{m}$	$R_a < 0.002\mu\text{m}$
天体望远镜	形状误差 $< 0.03\mu\text{m}$	$R_a < 0.01\mu\text{m}$



精密加工与超精密加工的发展





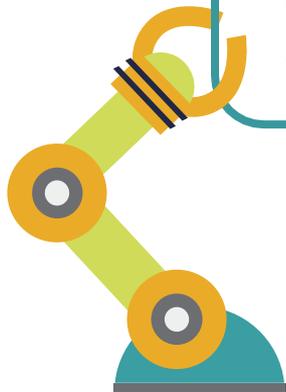
1.2 精密与超精密加工地位



精密与超精密加工技术是一个国家制造业水平重要标志

例：美国哈勃望远镜形状精度 $0.01\mu\text{m}$ ；

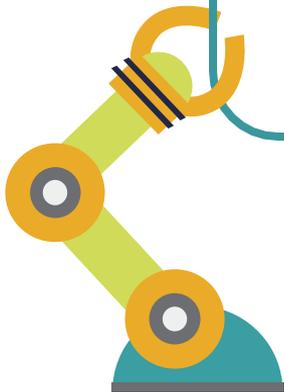
超大规模集成电路最小线 $0.1\mu\text{m}$ ，日本金刚石刀具刃口钝圆半径达 2nm 。





精密加工与超精密加工技术是先进制造技术基础和关键

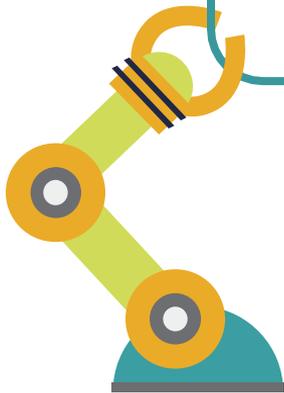
例：美国陀螺仪球圆度 $0.1\mu\text{m}$ ，粗糙度 $Ra0.01\mu\text{m}$ ，导弹命中精度控制在 50m 范围内；英国飞机发电机转子叶片加工误差从 $60\mu\text{m}$ 降至 $12\mu\text{m}$ ，发电机压缩效率从89%提高到94%；齿形误差从 $3-4\mu\text{m}$ 减小 $1\mu\text{m}$ ，单位重量齿轮箱扭矩可提高一倍。





精密加工与超精密加工技术是新技术的生长点

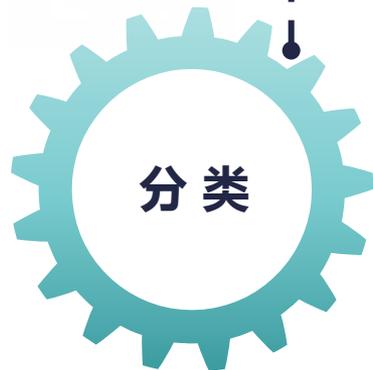
精密与超精密加工技术涉及多种基础学科和多种新兴技术，其发展无疑会带动和促进这些相关科学技术的发展。





精密与超精密加工分类

去除加工



加工机理	加工方法示例
电物理加工	电火花加工(电火花成形, 电火花线切割)
电化学加工	电解加工、蚀刻、化学机械抛光
力学加工	切削、磨削、研磨、抛光、超声加工、喷射加工
热蒸发(扩散、溶解)	电子束加工、激光加工



精密与超精密加工分类

结合加工

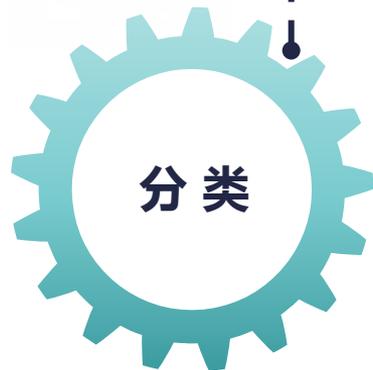


加工机理		加工方法示例
附着加工	化学	化学镀、化学气相沉积
	电化学	电镀、电铸
	热熔电	真空蒸镀、熔化镀
注入加工	化学	氧化、氮化、活性化学反映
	电化学	阳极氧化
	热熔电	掺杂、渗碳、烧结、晶体生长
	力物理	离子注入、离子束外延
连续加工	热物理	激光焊接、快速成形
	化学	化学粘接



精密与超精密加工分类

变形加工



加工机理	加工方法示例
热流动	精密锻造、电子束流动加工、激光流动加工
粘滞流动	精密铸造、压铸、注塑
分子定向	液晶定向

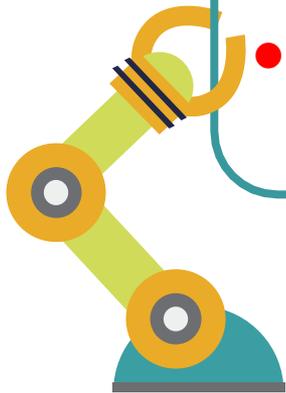


1.3 精密与超精密加工特点



“进化”加工原则

- **直接式进化加工**：利用低于工件精度的设备、工具，通过工艺手段和特殊工艺装备，加工出所需工件。适用于单件、小批生产。
- **间接式进化加工**：借助于直接式“进化”加工原则，生产出第二代工作母机，再用此工作母机加工工件。适用于批量生产。





微量切削机理

背吃刀量小于晶粒大小，切削在晶粒内进行，与传统切削机理完全不同。



微量切削机理

传统切削与磨削方法存在加工精度极限，超越极限采用新的方法。



形成综合制造工艺

需综合考虑工件材料、加工方法、加工设备与工具、测试手段、工作环境等诸多因素，是一项复杂的系统工程，难度较大。



与高新技术产品紧密结合

精密与超精密加工设备造价高，难成系列。常常针对某一特定产品设计(如加工直径3m射电天文望远镜的超精密车床，加工尺寸小于1mm微型零件的激光加工设备)。



与自动化技术联系紧密

广泛采用计算机控制、适应控制、再线检测与误差补偿技术，以减小人的因素影响，保证加工质量。



加工与检测一体化

精密检测是精密与超精密加工的必要条件，并常常成为精密与超精密加工的关键。



1.4 金刚石超精密加工技术



机理、特点



切削在晶粒内进行；



切削力 > 原子结合力(剪切应力达 $13000\text{N}/\text{mm}^2$)；



刀尖处温度极高，应力极大，普通刀具难以承受；



高速切削，工件变形小，表层高温不会波及工件内层，可获得高精度和好表面质量。



机理、特点



用于铜、铝及其合金精密切削；



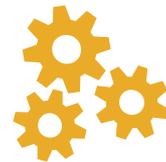
加工各种红外光学材料如锗、硅、ZnS和ZnSe等；



加工有机玻璃和各种塑料；



典型产品：光学反射镜、射电望远镜主镜面、树脂隐形眼镜片等。



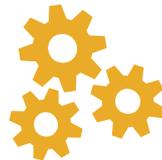
超精密加工零件及应用

射电望远镜



光学反射镜



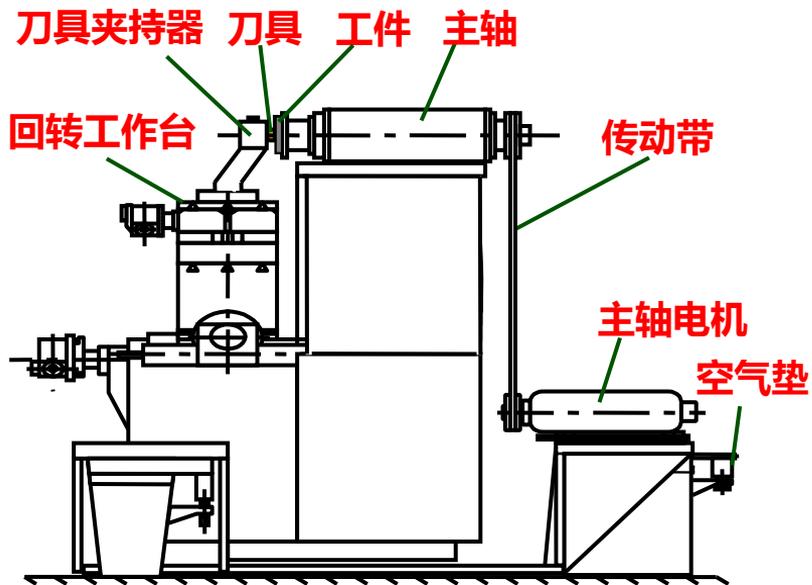


关键技术

★ 加工设备

- 要求高精度、高刚度、良好稳定性、抗振性及数控功能等。
- 如美国Moore的M-18AG金刚石车床，主轴采用空气静压轴承，转速5000转/分，径跳 $< 0.1\mu\text{m}$ ；液体静压导轨，直线度达 $0.05\mu\text{m}/100\text{mm}$ ；分辨率 $0.01\mu\text{m}$ 。

Moore金刚石车床



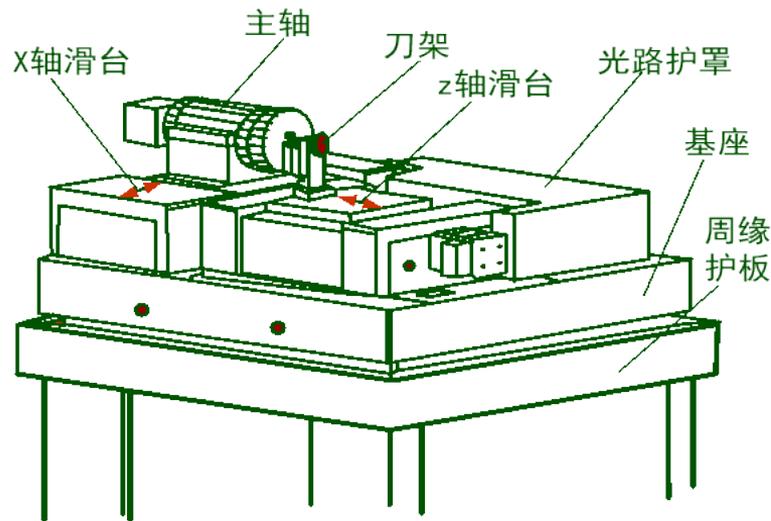


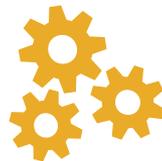
关键技术

T型布局

- 车床主轴装在横向滑台(X轴)上，刀架装在纵向滑台(Z轴)上。
- 可解决两滑台的相互影响问题，而且纵、横两移动轴的垂直度可以通过装配调整保证，为当前金刚石车床的主流布局。

T形布局的金刚石车床





金刚石车床主要性能指标

最大车削直径和长度 /mm	400×200	
最高转速 r/mm	5000 ~ 10000	
最大进给速度 mm/min	5000	
数控系统分辨率 / μm	0.1 ~ 0.01	
重复精度($\pm 2\sigma$) / μm	$\leq 0.2/100$	
主轴径向圆跳动 / μm	≤ 0.1	
主轴轴向圆跳动 / μm	≤ 0.1	
滑台运动的直线度 / μm	$\leq 1/150$	
横滑台对主轴的垂直度 / μm	$\leq 2/100$	
主轴前静压轴承($\Phi 100\text{mm}$) 的刚度 /($\text{N}/\mu\text{m}$)	径向	1140
	轴向	1020
主轴后静压轴承($\Phi 80\text{mm}$) 的刚度 /($\text{N}/\mu\text{m}$)	640	
纵横滑台的静压支承刚度 /($\text{N}/\mu\text{m}$)	720	

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/056225123114010111>