

第四章

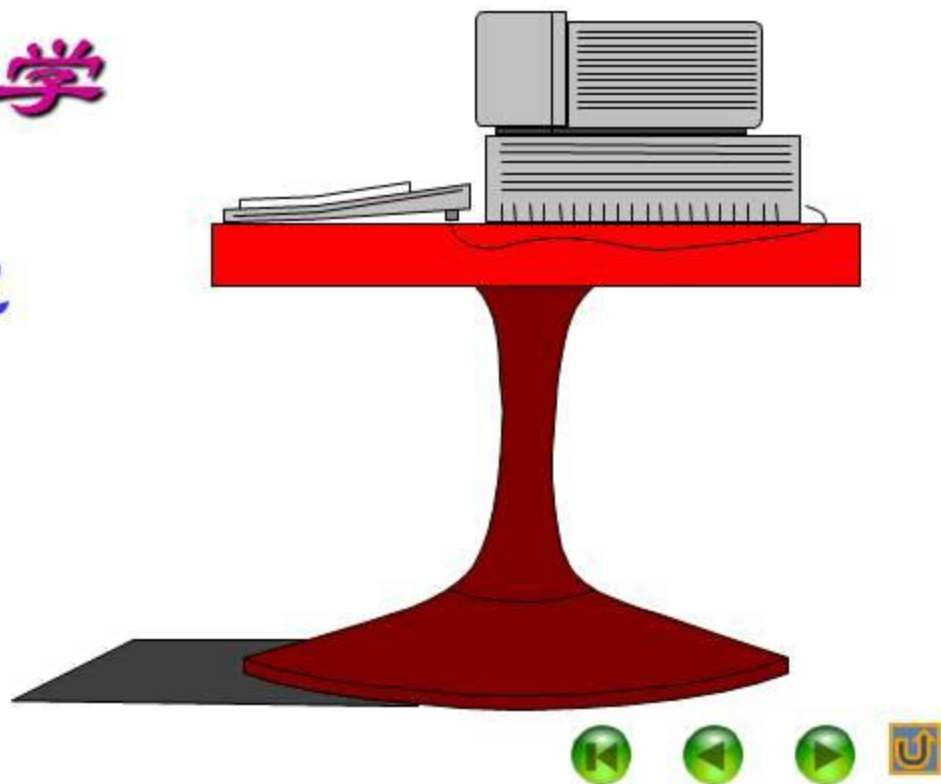
表面粗糙度轮廓及其检测

武汉理工大学

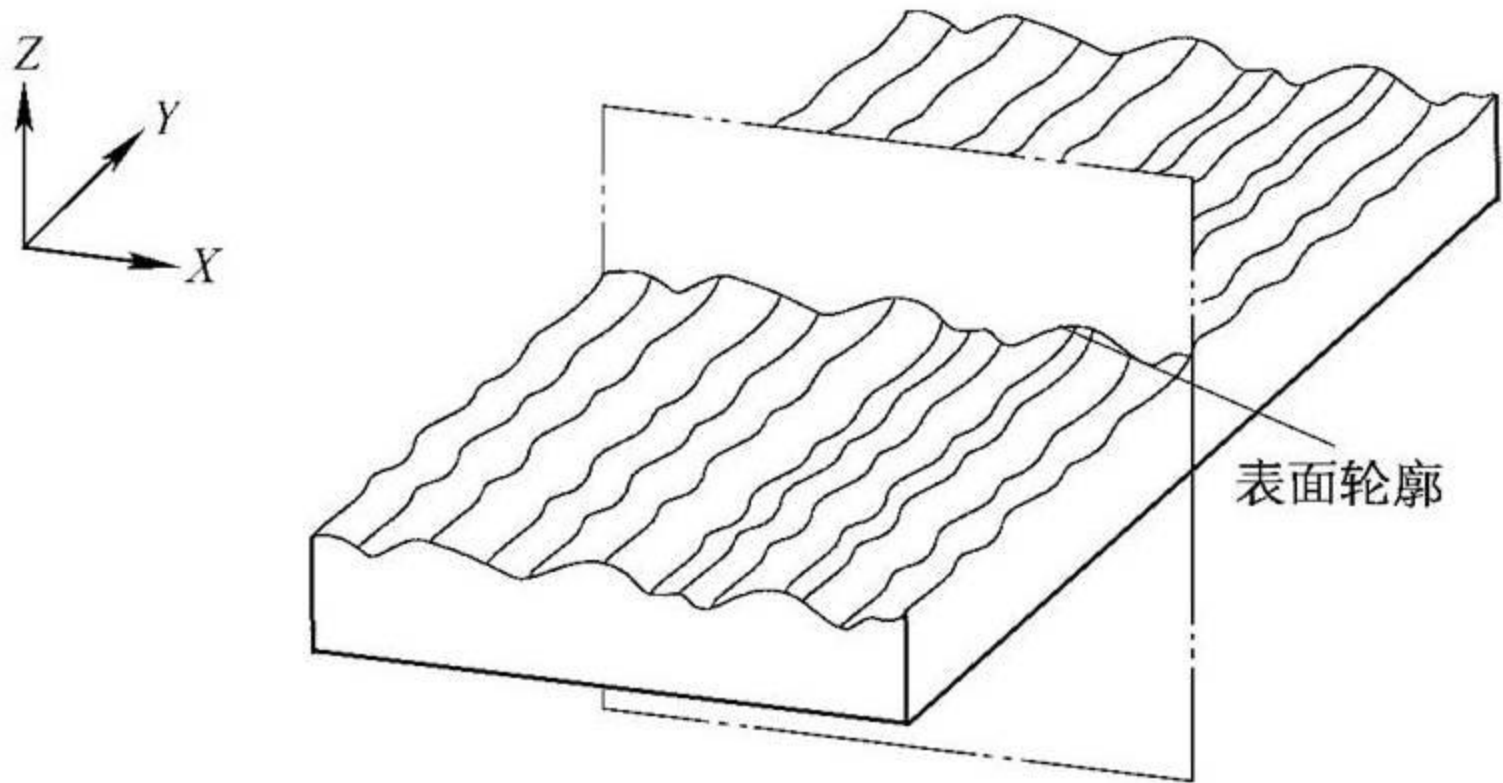
机电工程学院

机械设计部

张宏



- 第一节 表面粗糙度轮廓的基本概念
- 第二节 表面粗糙度轮廓的评定
- 第三节 表面粗糙度轮廓的标注
- 第四节 表面粗糙度轮廓的选择
- 第五节 表面粗糙度轮廓的检测



第一节 表面粗糙度轮廓的基本概念

一、表面粗糙度surface roughness的界定



a) 截面轮廓误差放大曲线



b) 表面粗糙度轮廓



c) 波纹度轮廓



d) 宏观形状轮廓

$$\lambda < 1 \text{ mm}$$

表面粗糙度轮廓

$$1 \text{ mm} \leq \lambda \leq 10 \text{ mm}$$

表面波纹度

$$\lambda > 10 \text{ mm}$$

形状误差



第一节 表面粗糙度轮廓的基本概念

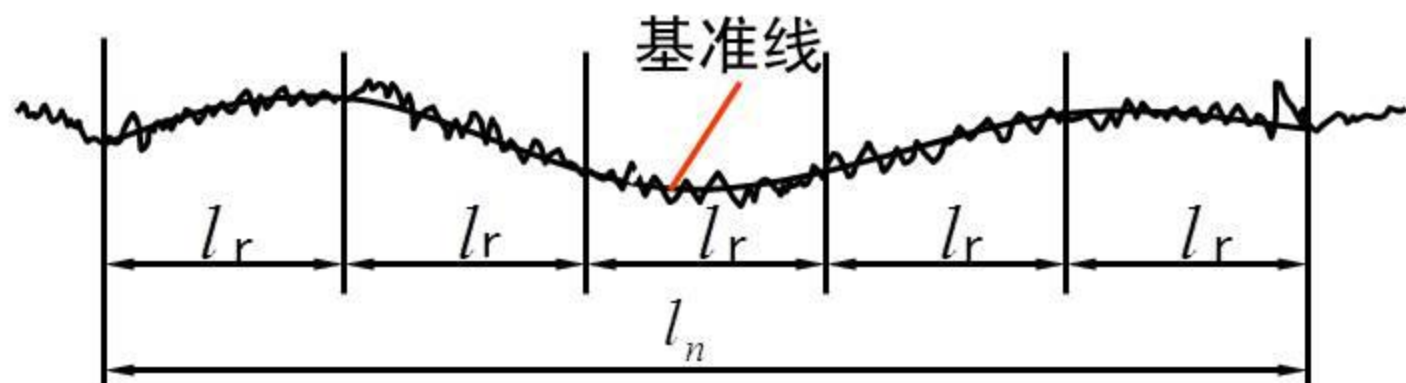
二、表面粗糙度轮廓对零件工作性能的影响

1. 影响零件的耐磨性。
2. 影响配合性质的稳定性。
3. 影响零件的耐疲劳性。
4. 影响零件的抗腐蚀性。
5. 影响零件的测量精度。



第二节 表面粗糙度轮廓的评定

一、传输带、取样长度和评定长度 sampling length and evaluation length



1、传输带——从短波截止波长至长波截止波长这两个极限值之间的波长范围。

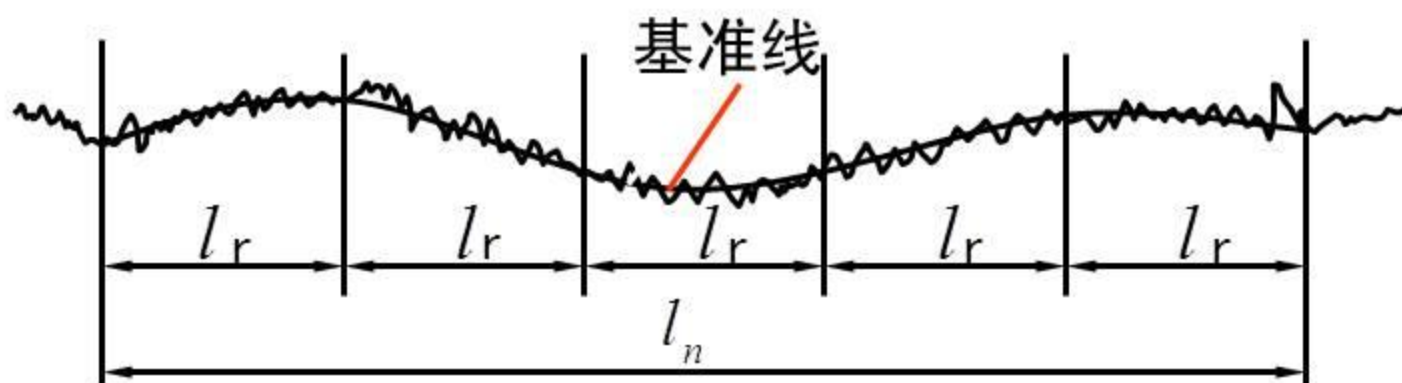
长波轮廓滤波器的截止波长 $\lambda_c = l_r$

短波轮廓滤波器的截止波长 λ_s



第二节 表面粗糙度轮廓的评定

一、传输带、取样长度和评定长度 sampling length and evaluation length



2、取样长度 l_r ——在X轴方向（与轮廓总的走向一致）用于判别被评定轮廓不规则特征的长度。

3、评定长度 l_n ——在X轴方向用于评定被测轮廓的长度。

第二节 表面粗糙度轮廓的评定



一、传输带、取样长度和评定长度

截止波长 λ_s 和 λ_c 、取样长度 l_r 及评定长度 l_n 的标准化值

Ra (μm)	Rz (μm)	RSm (mm)	标准取样长度 l_r		标准评定长度 $l_n=5 \times l_r$ (mm)
			λ_s (mm)	$l_r = \lambda_c$ (mm)	
$\geq 0.008 \sim 0.02$	$\geq 0.025 \sim 0.1$	$\geq 0.013 \sim 0.04$	0.0025	0.08	0.4
$> 0.02 \sim 0.1$	$> 0.1 \sim 0.5$	$> 0.04 \sim 0.13$	0.0025	0.25	1.25
$> 0.1 \sim 2$	$> 0.5 \sim 10$	$> 0.13 \sim 0.4$	0.0025	0.8	4
$> 2 \sim 10$	$> 10 \sim 50$	$> 0.4 \sim 1.3$	0.008	2.5	12.5
$> 10 \sim 80$	$> 50 \sim 320$	$> 1.3 \sim 4$	0.025	8	40

第二节 表面粗糙度轮廓的评定

二、表面粗糙度轮廓中线

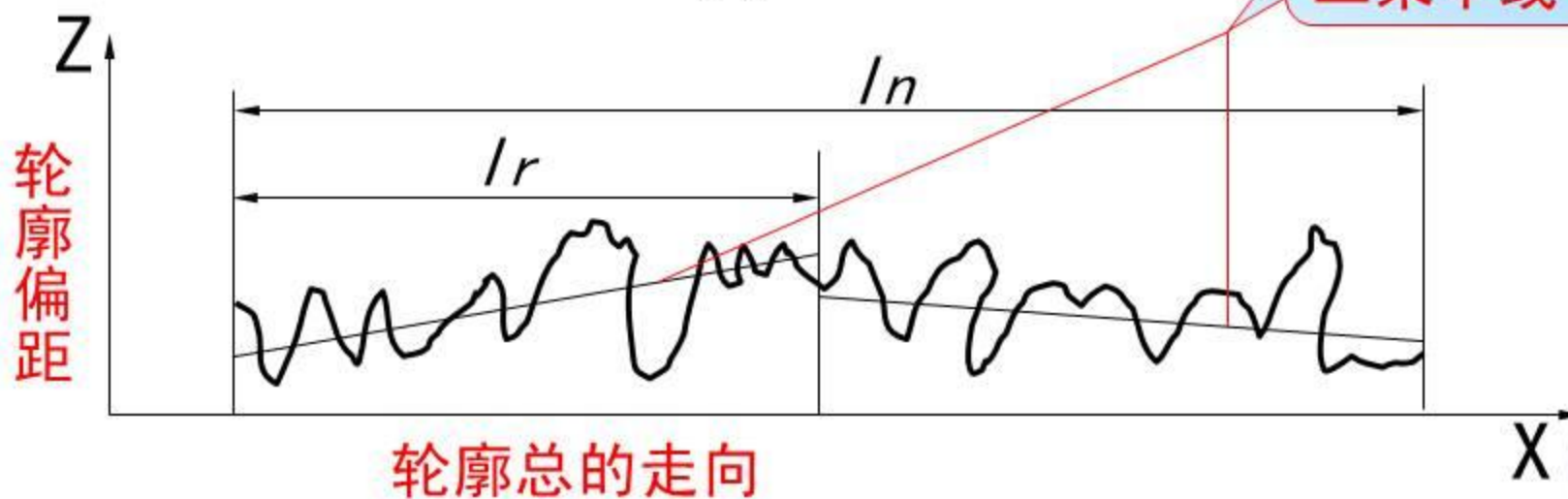
1、轮廓的最小二乘中线

least squares mean line of the profile

在一个取样长度 l_r 内，最小二乘中线使轮廓上各点至该线的距离的平方之和为最小，即

$$\int_0^{l_r} Z^2(x) dx \approx \sum_{i=1}^n Z_i^2 = \min$$

轮廓的最小二乘中线

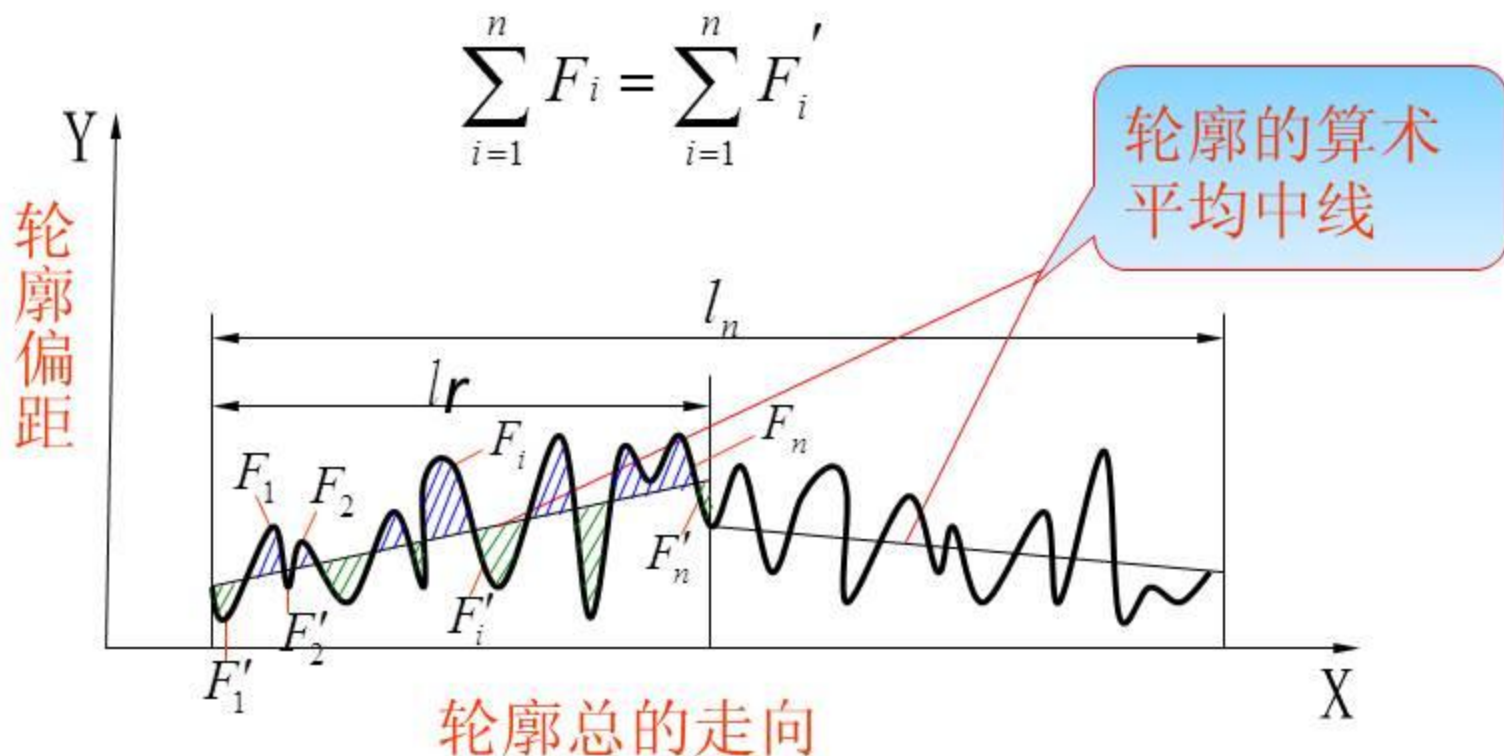


第二节 表面粗糙度轮廓的评定

二、表面粗糙度轮廓中线

2、轮廓的算术平均中线

center arithmetical mean line of the profile



第二节 表面粗糙度轮廓的评定

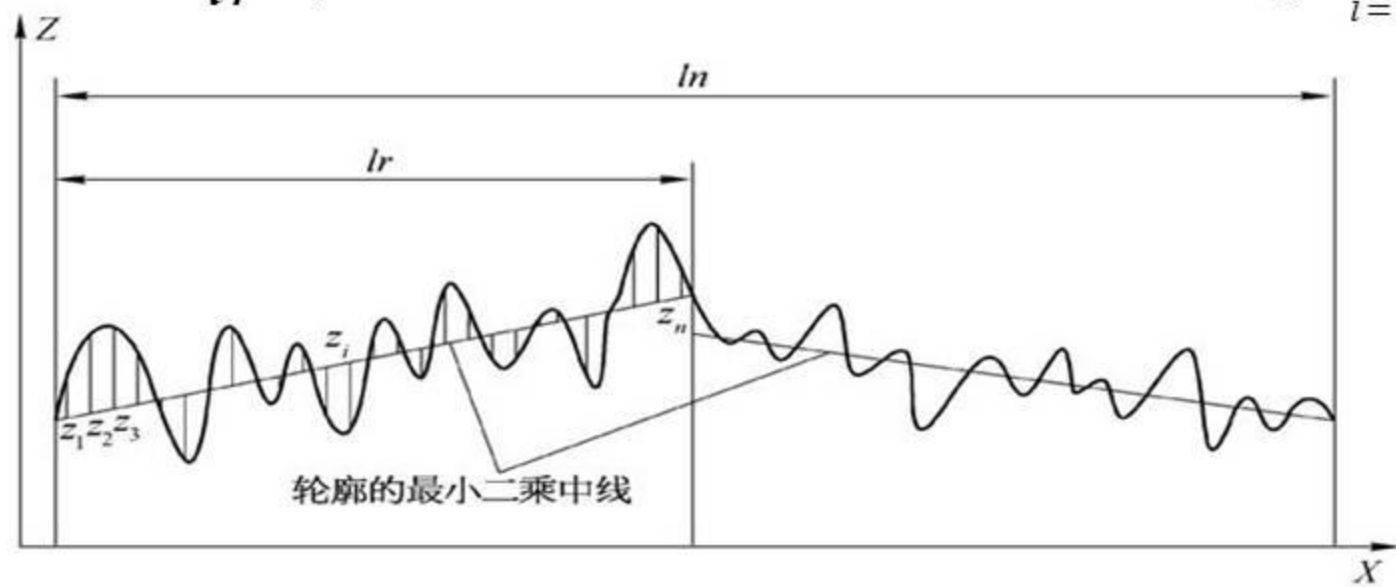
三、评定参数

1、轮廓算术平均偏差——Ra

arithmetical mean deviation of the profile

在一个取样长度内，被评定轮廓上各点至中线的纵坐标 $Z(x)$ 绝对值的算术平均值，如图所示。

$$Ra = \frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} |Z(x)| dx \quad \text{或近似为} \quad Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Z_i|$$



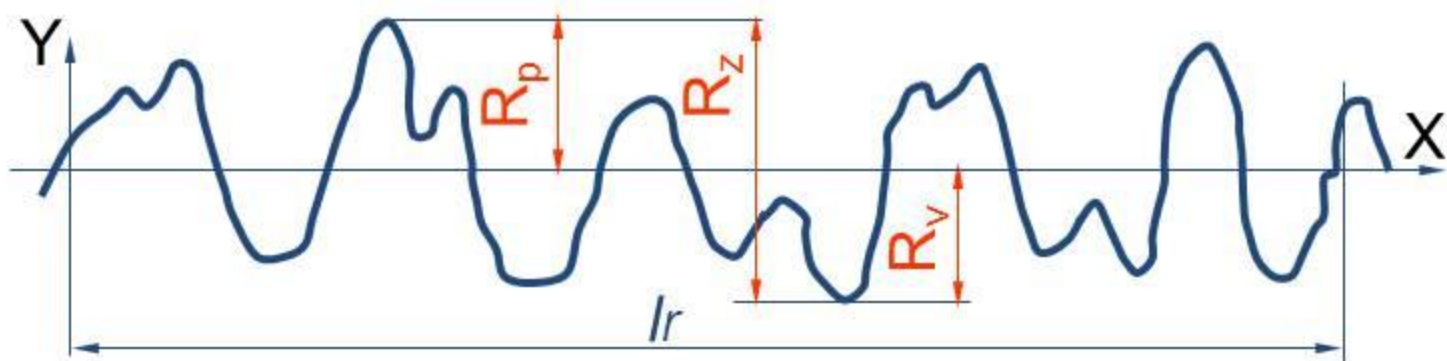
第二节 表面粗糙度轮廓的评定

三、评定参数

2、轮廓的最大高度 $R_z = R_p + R_v$

maximum height of the profile

指在一个取样长度 l_r 范围内，被评定轮廓的最大轮廓峰高 R_p 与最大轮廓谷深 R_v 之和的高度，如图所示，即

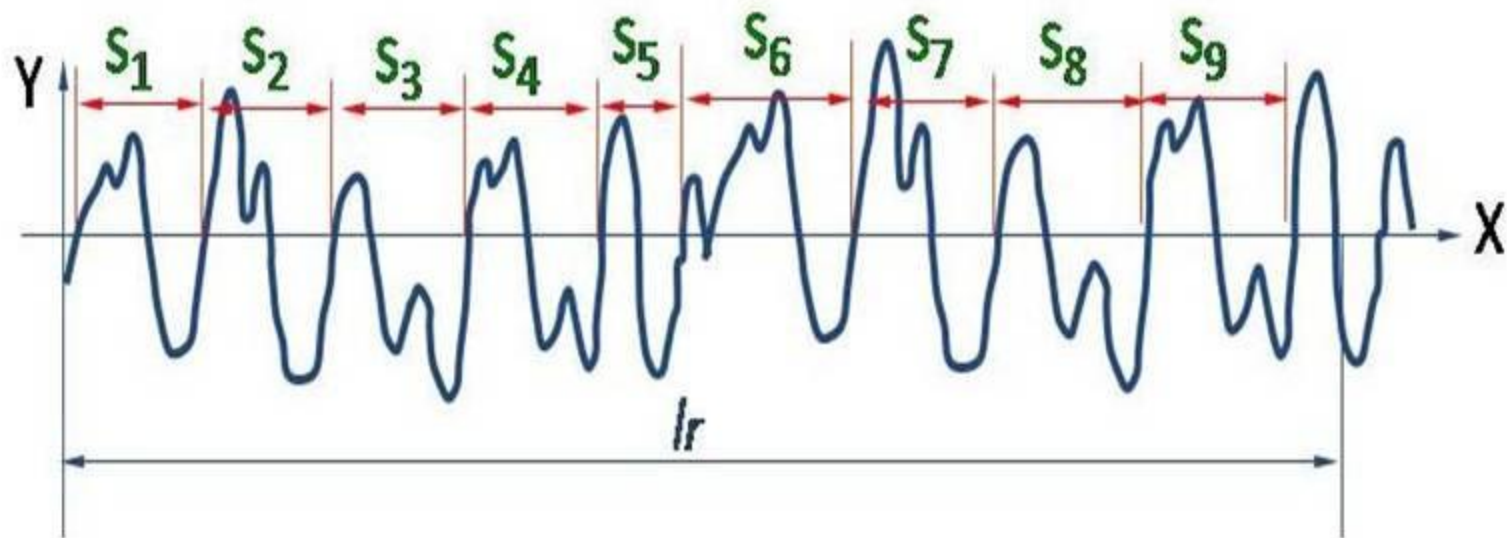


第二节 表面粗糙度轮廓的评定

三、评定参数

3、轮廓单元的平均宽度 $Rsm = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m |X_{si}|$

轮廓单元的平均宽度 Rsm 是指在一个取样长度内轮廓单元宽度 X_{s_i} 的平均值。



Rsm 反映了轮廓表面峰谷的疏密程度， Rsm 越大，峰谷越稀，密封性越差

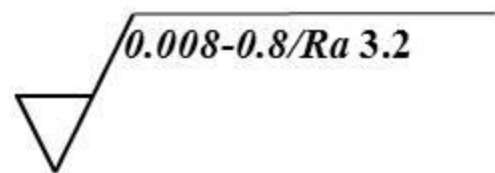


第三节 表面粗糙度轮廓的标注

二、表面粗糙度轮廓技术要求在完整图形符号上的标注

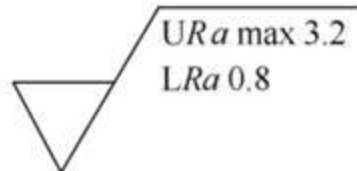
1. 表面粗糙度轮廓各项技术要求在完整图形符号上的标注位置

位置a: 下列符号和数值排成一行



上、下限值符号 传输带数值/幅度参数符号 评定长度值

极限值判断规则(空格) 幅度参数极限值(μm)

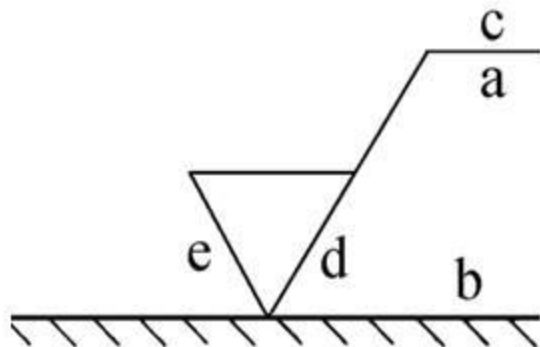


位置b: 附加评定参数 (如 RS_m , mm)

位置c: 加工方法

位置d: 表面纹理

位置e: 加工余量 (mm)

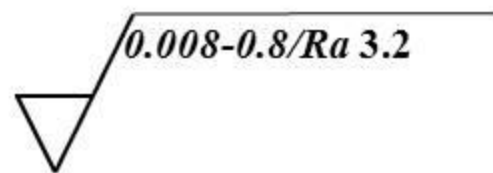


第三节 表面粗糙度轮廓的标注

二、表面粗糙度轮廓技术要求在完整图形符号上的标注

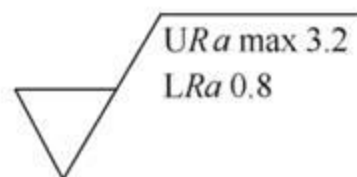
1. 表面粗糙度轮廓各项技术要求在完整图形符号上的标注位置

位置a: 下列符号和数值排成一行



上、下限值符号 传输带数值/幅度参数符号 评定长度值

极限值判断规则(空格) 幅度参数极限值(μm)

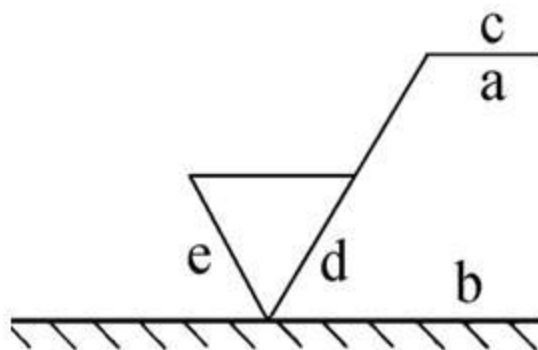


位置b: 附加评定参数 (如 RS_m , mm)

位置c: 加工方法

位置d: 表面纹理

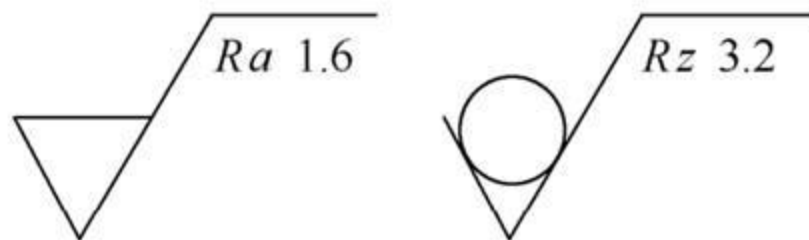
位置e: 加工余量 (mm)



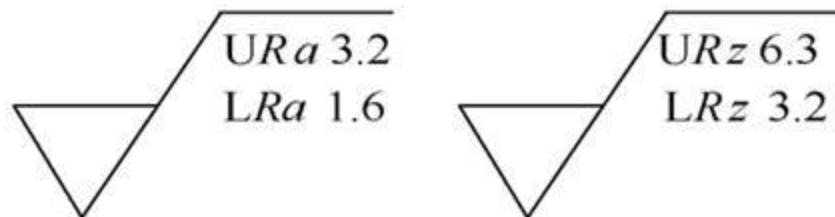
第三节 表面粗糙度轮廓的标注

2. 表面粗糙度轮廓幅度参数极限值的标注

(1) 标注极限值中的一个数值且默认为上限值



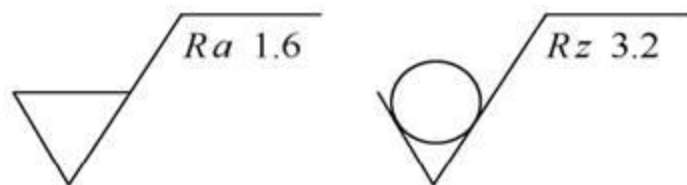
(2) 同时标注上、下限值



第三节 表面粗糙度轮廓的标注

3. 极限值判断规则的标注

- (1) **16%规则**——在同一评定长度下表面粗糙度参数的全部实测值中，
最多允许有16%超过允许值。



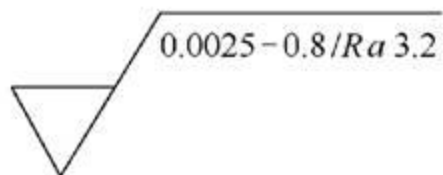
- (2) **最大规则**——要求表面粗糙度参数的全部实测值不得超过规定值。



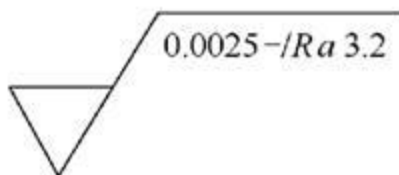
第三节 表面粗糙度轮廓的标注

4. 传输带和取样长度、评定长度的标注

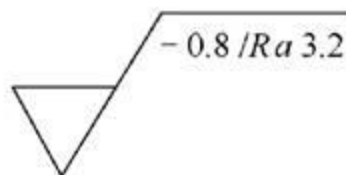
需要指定传输带时，传输带（mm）标注在幅度参数符号的前面，并用斜线“/”隔开。



(a)

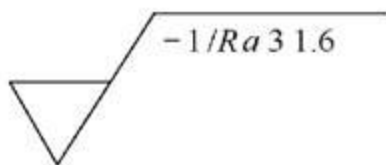


(b)

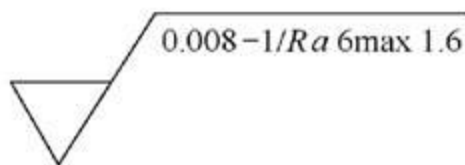


(c)

需要指定评定长度时，则应在幅度参数符号的后面注写取样长度的个数。



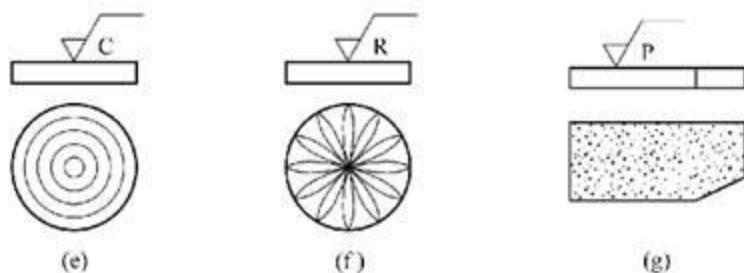
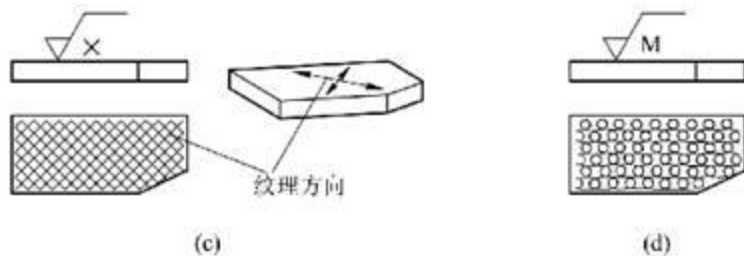
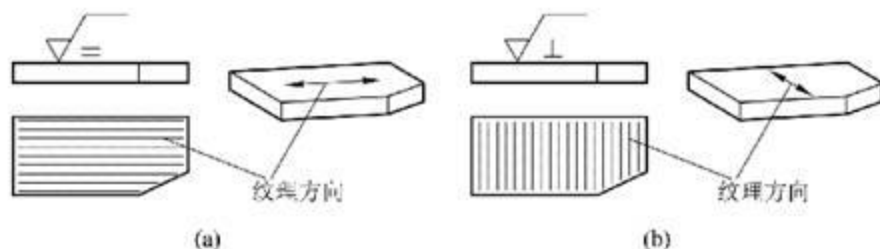
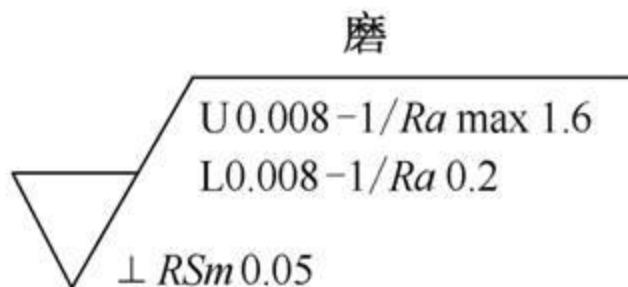
(a)



(b)

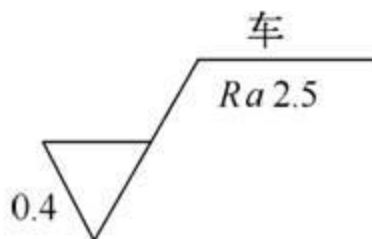
第三节 表面粗糙度轮廓的标注

5. 表面纹理的标注



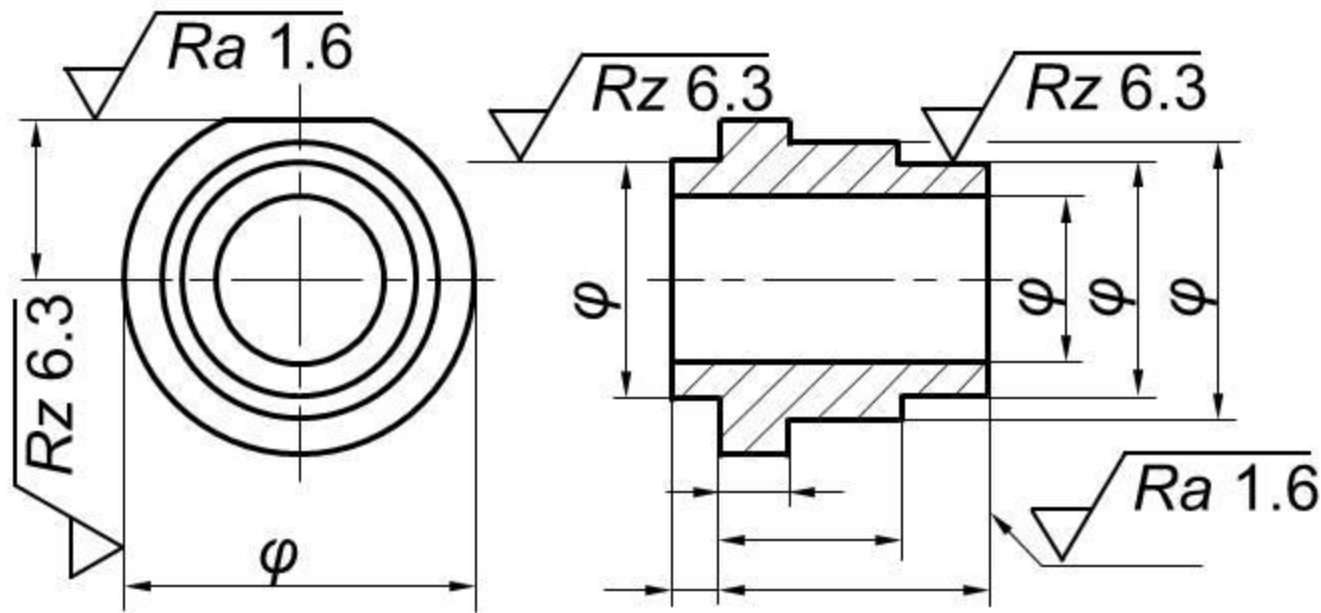
6. 附加评定参数 和加工方法的标注

7. 加工余量的标注



第三节 表面粗糙度轮廓的标注

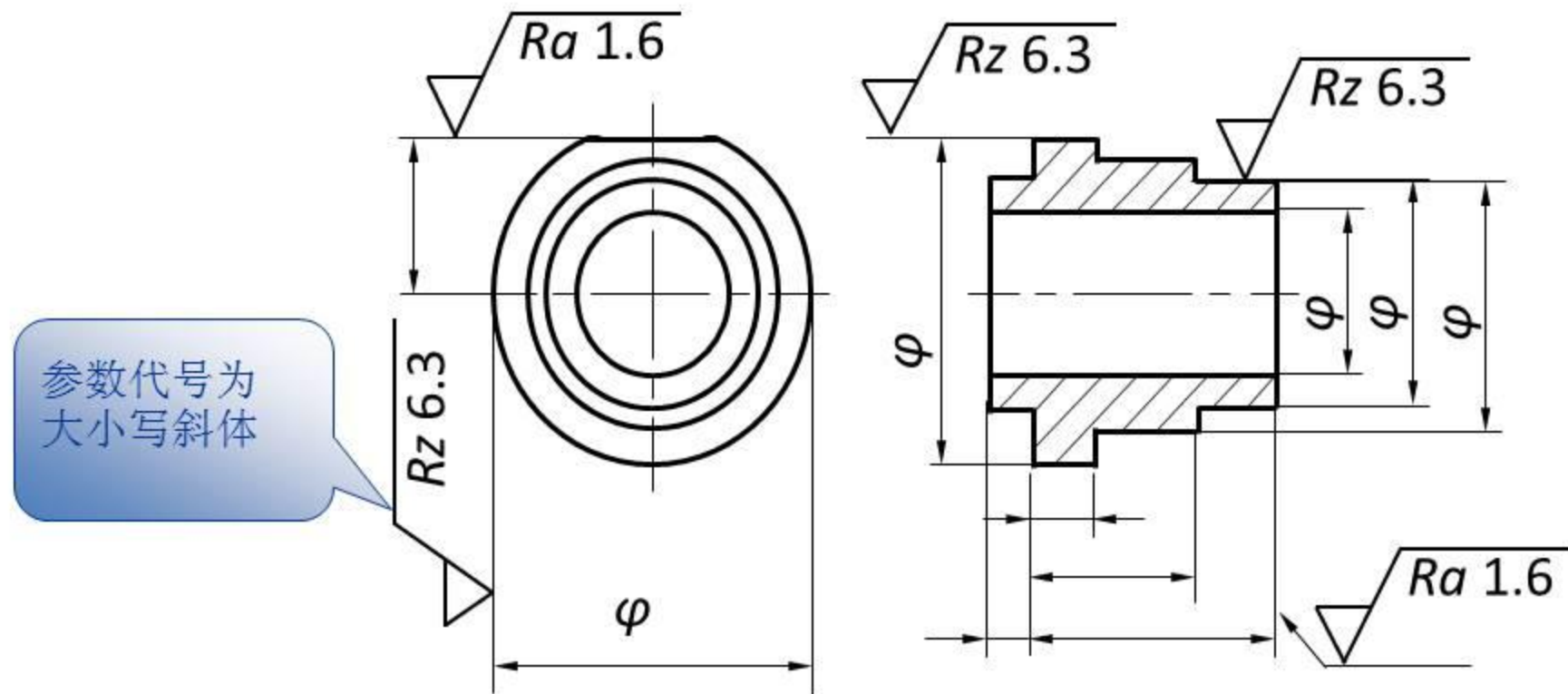
三、表面粗糙度轮廓代号在零件图标注的规定和方法



- ★ 表面结构的注写和读取方向与尺寸的注写和读取方向一致。
- ★ 表面结构要求可注在轮廓线或其延长线上，其符号应从材料外指向并接触表面。
- ★ 表面结构要求对每一表面只标注一次，尽可能注在相应尺寸及其公差在同一视图上。

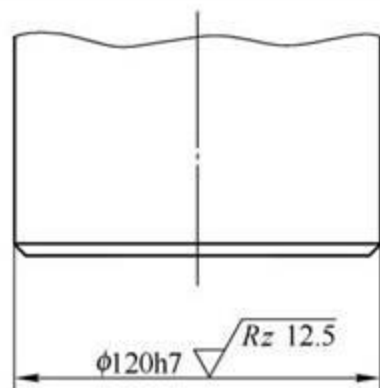
第三节 表面粗糙度轮廓的标注

三、表面粗糙度轮廓代号在零件图标注的规定和方法

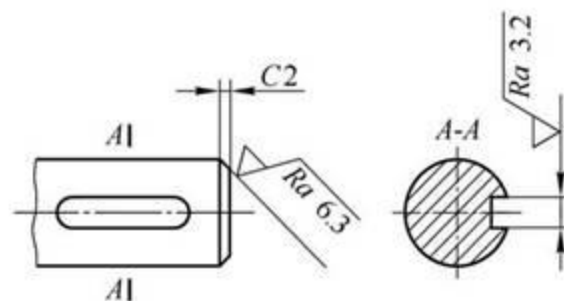


- ★ 表面结构的注写和读取方向与尺寸的注写和读取方向一致。
- ★ 表面结构要求可注在轮廓线或其延长线上，其符号应从材料外指向并接触表面。
- ★ 表面结构要求对每一表面只标注一次，尽可能注在相应尺寸及其公差在同一视图上。

第三节 表面粗糙度轮廓的标注

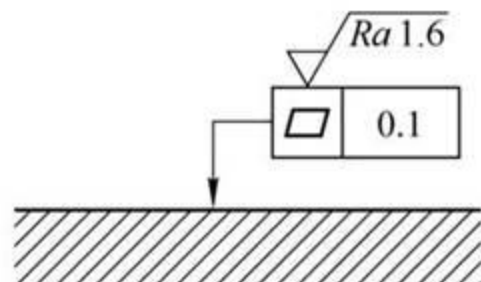


(a)

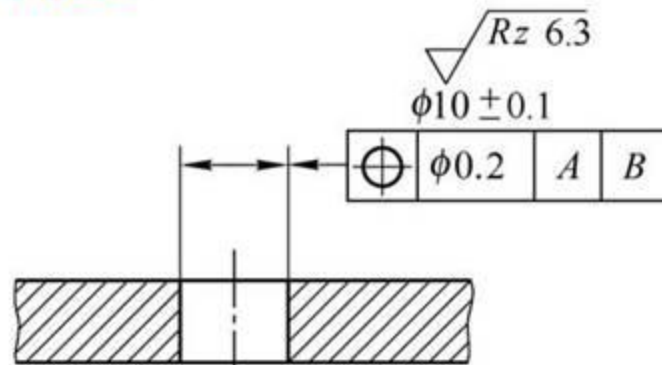


(b)

粗糙度代号标注在特征尺寸的尺寸线上



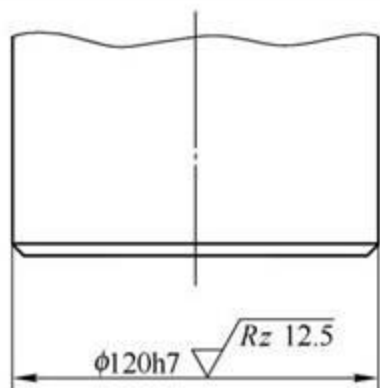
(a)



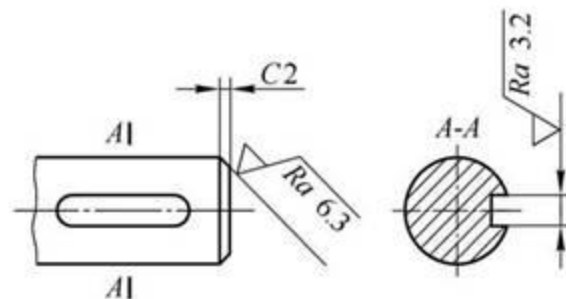
(b)

粗糙度代号标注在几何公差框格的上方

第三节 表面粗糙度轮廓的标注

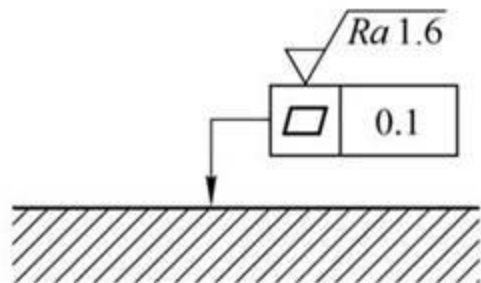


(a)

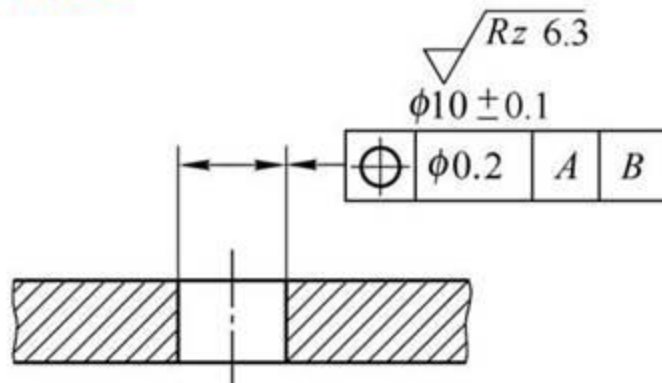


(b)

粗糙度代号标注在特征尺寸的尺寸线上



(a)



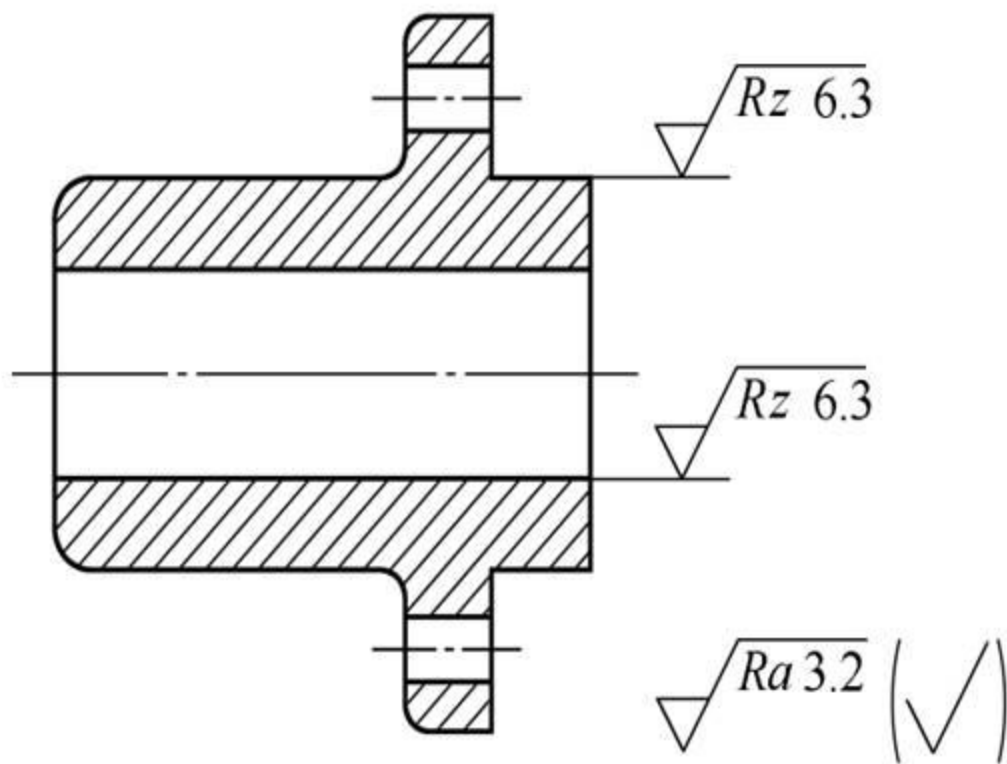
(b)

粗糙度代号标注在几何公差框格的上方

第三节 表面粗糙度轮廓的标注

2. 简化标注的规定方法

当零件的某些表面
(或多数表面) 具有**相同的技术要求**时, 对这些表面的技术要求可以用特定符号, 统一标注在零件图的标题栏附近, 省略对这些表面分别标注。



第四节 表面粗糙度轮廓的选择

一、评定参数的选择

- 1) 幅度参数是**必选参数**，且在常用值范围内，优先选用 R_a ；
- 2) 对于很**粗糙或很光滑的表面或测量部位小的表面及零件材料较软**的表面可选 R_z ；
- 3) 需要**涂镀**或其他**有细密要求**的表面可加选间距参数 R_{Sm} ；
- 4) R_{Sm} 是**附加参数**，不能单独使用，需与幅度参数联合使用。



第四节 表面粗糙度轮廓的选择

二、参数值的选择

●表面粗糙度参数值的选择原则是：

在满足零件表面功能要求的前提下，尽量选取较大的参数值。

➤一般原则：

☆同一零件上，**工作表面**比非工作表面粗糙度值小；

☆**摩擦表面**比非摩擦表面要小；

☆**受循环载荷**的表面要小；

☆**配合**要求高、**联接**要求可靠、**受重载**的表面粗糙度值都应小；

☆同一精度，**小尺寸**比大尺寸、**轴**比孔的表面粗糙度值要小。

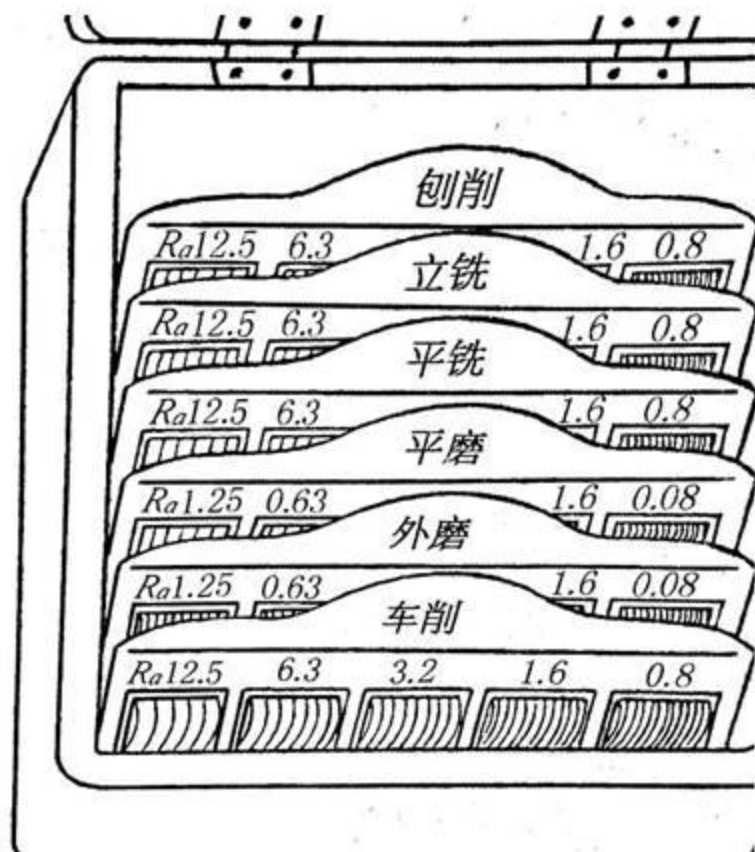
☆要求**防腐性**、**密封性**的表面及要求**外表美观**的表面，其表面粗糙度值要小。

●常用表面粗糙度值与所适应的零件表面见表中推荐值。

第五节 表面粗糙度轮廓的检测

1. 比较法:

将被测零件表面与表面粗糙度样块直接进行比较，以确定实际被测表面的表面粗糙度合格与否。多用于车间，评定表面粗糙度值较大的工件。

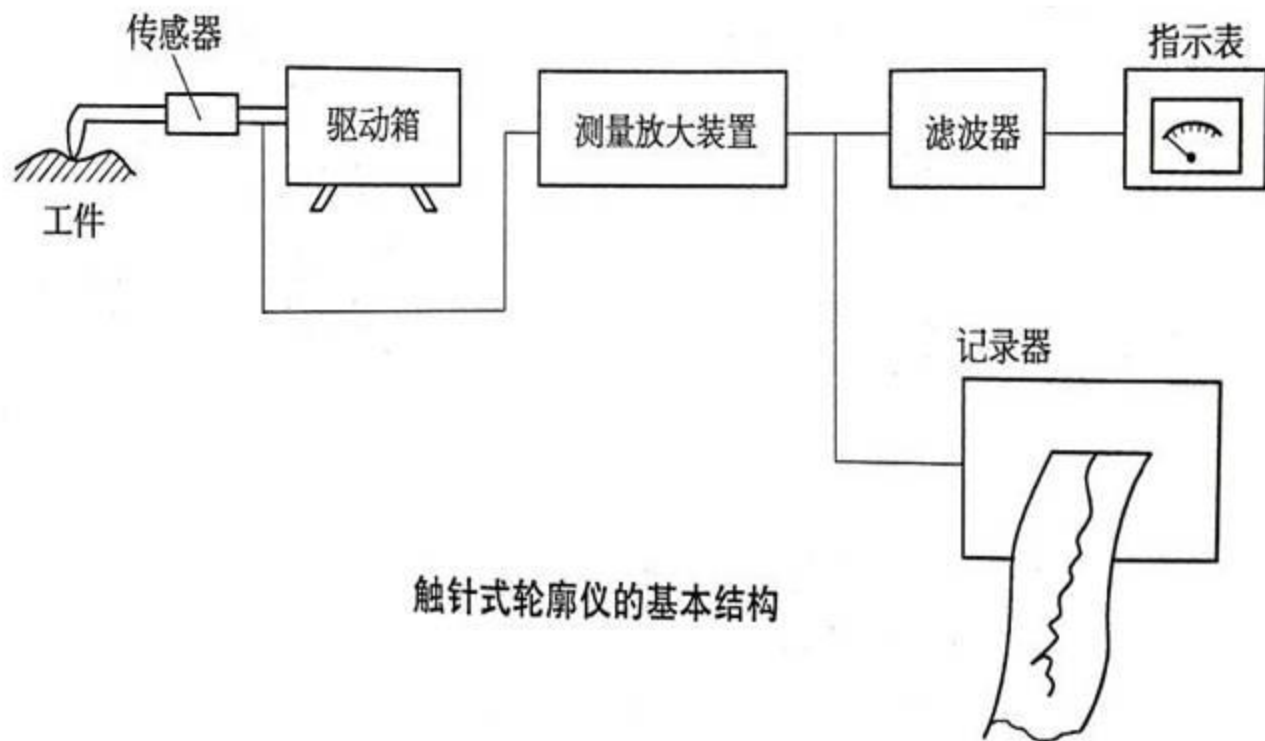


第五节 表面粗糙度轮廓的检测

2. 触针法:

又称感触法或针描法，它利用金刚石触针在被测零件表面上移动，垂直于被测轮廓的方向上下移动。常用于Ra值

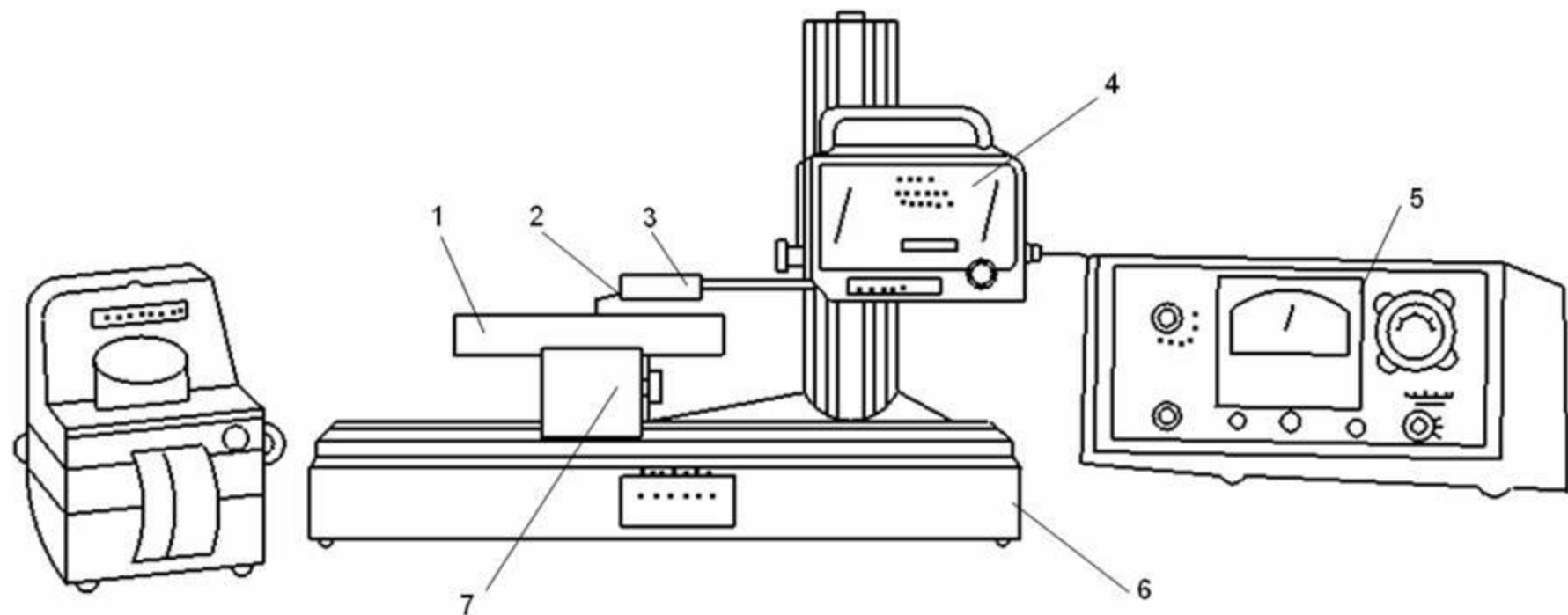
0.025~6.3 μm)



触针式轮廓仪的基本结构

第五节 表面粗糙度轮廓的检测

2. 触针法:



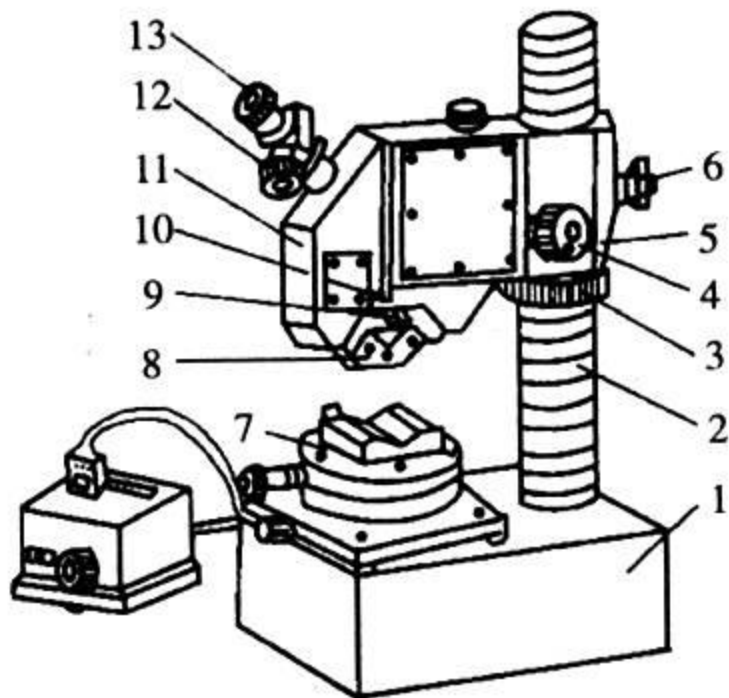
1-被测工件 2-触针 3-传感器 4-驱动箱 5-指示表 6-工作台 7-定位块

图13-9 BCJ-2电动轮廓仪

第五节 表面粗糙度轮廓的检测

3. 光切法:

利用光切原理，用双管显微镜测量。常用于测量 R_z 为 $2.0 \sim 63 \mu m$ （相当于 R_a 值为 $0.32 \sim 10 \mu m$ ）。



4. 干涉法:

利用光波干涉原理，用干涉显微镜测量。

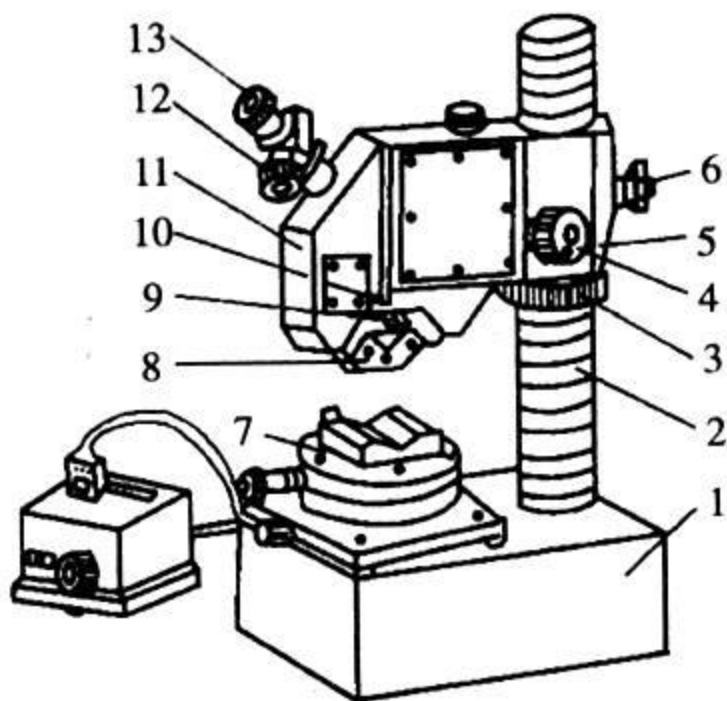
它适宜测量 R_z 值为 $0.063 \sim 1.0 \mu m$ （相当于 R_a 值为 $0.01 \sim 0.16 \mu m$ ）的平面、外圆柱面和球形表面



光切法



光切显微镜的实物照片



光切显微镜的主要结构

1—底座 2—立柱 3—升降螺母 4—微调手轮 5—支臂 6—支臂锁紧螺钉 7—工作台
8—物镜组 9—物镜锁紧机构 10—遮光板手轮 11—壳体 12—目镜测微器 13—目镜

The End

制作：张宏

