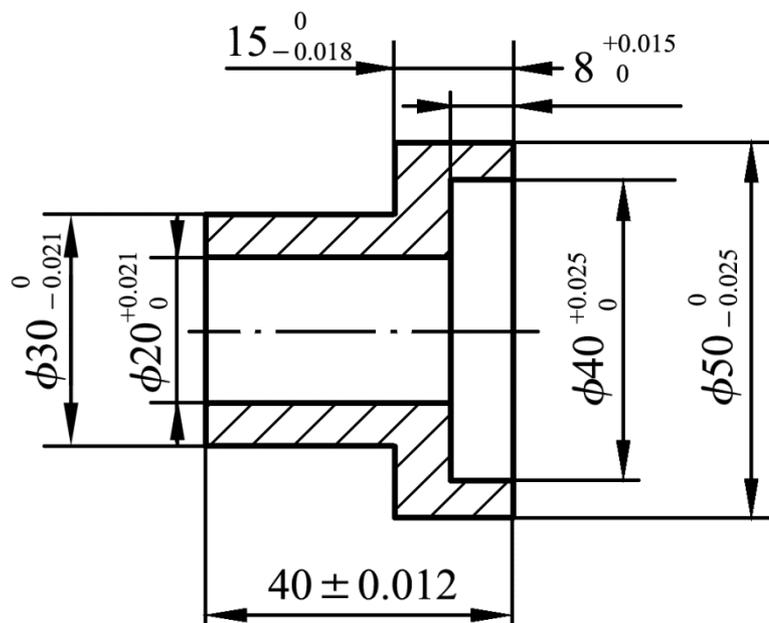


# 第3章 表面粗糙度及检测



## 知识及技能目标

如图所示，零件图样上除标注尺寸外，其他如  $\sqrt{Ra 1.6}$  表示的含义是什么？



零件图样



# 第3章 表面粗糙度及检测



## 知识及技能目标

通过本章的学习，学生应掌握以下知识点：

- 1.掌握表面粗糙度的有关术语和参数、标注方法和选用原则。
- 2.掌握运用比较法测定表面粗糙度的方法。



# 第3章 表面粗糙度及检测



## 素质目标

- 1.通过对表面粗糙度的学习，培养学生严谨、细致、专注、负责的学习态度，以及对本职业的认同感、责任感和使命感。
- 2.培养学生通过不断的自我学习，拥有自我提升、开拓创新的专业能力。



# 第3章 表面粗糙度及检测

3.1 概述

3.2 表面粗糙度国家标准

3.3 表面粗糙度的标注及选用

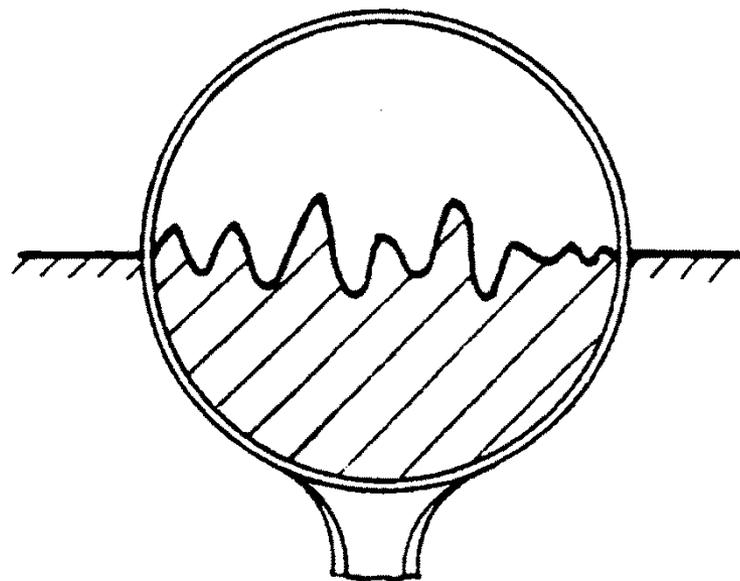
技能训练



# 3.1 表面粗糙度概述

## 一、面粗糙度的概念

用机械加工或者其他方法获得的零件表面，微观上总会存在较小间距的峰谷痕迹，如图所示。表面粗糙度就是表述这些峰谷高低程度和间距状况的微观几何形状特性的指标。



表面粗糙度



# 3.1 表面粗糙度概述

## 二、表面粗糙度对零件使用性能的影响

1

摩擦和磨损方面

2

合性质方面

3

疲劳强度方面

3

耐腐蚀性方面

5

接触刚度方面



## 3.2 表面粗糙度国家标准

现行的国家标准有：GB/T 3505—2009《产品几何技术规范(GPS)表面结构轮廓法术语、定义及表面结构参数》；GB/T 1031—2009《产品几何技术规范(GPS)表面结构轮廓法表面粗糙度参数及其数值》；GB/T 131—2006《产品几何技术规范(GPS)技术产品文件中表面粗糙度的表示法》等。



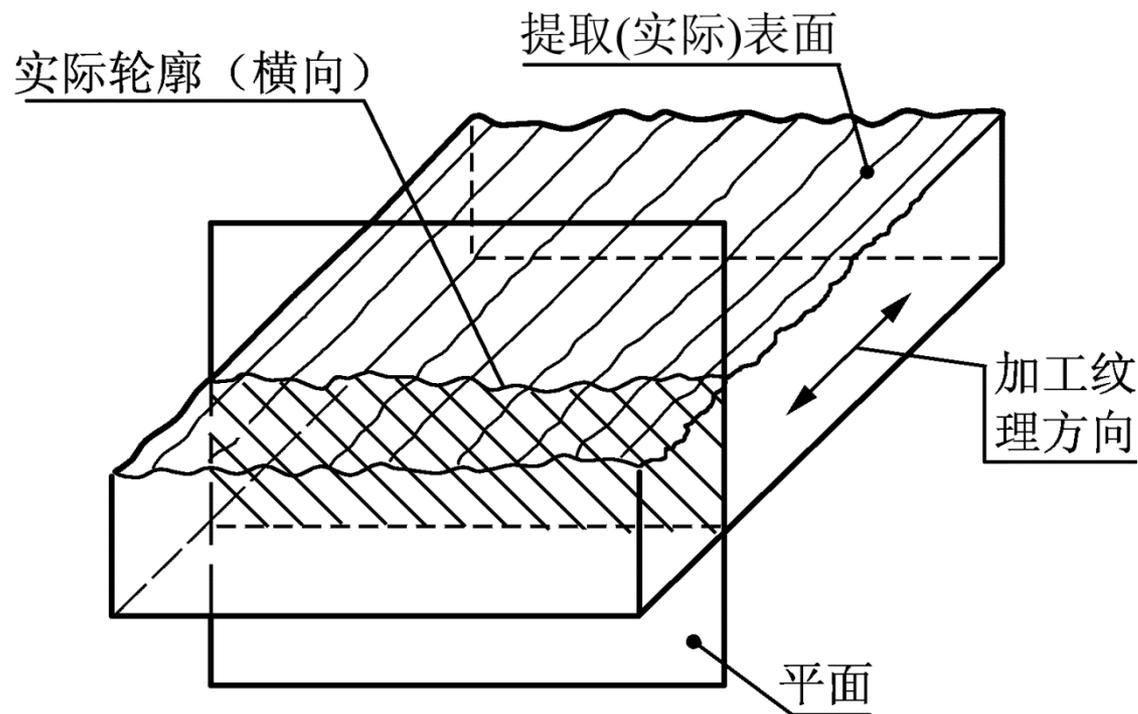
## 3.2 表面粗糙度国家标准

### 一、基本术语

1

#### 实际轮廓

实际轮廓是指平面与提取(实际)表面相交所得的轮廓，如图所示。



实际轮廓

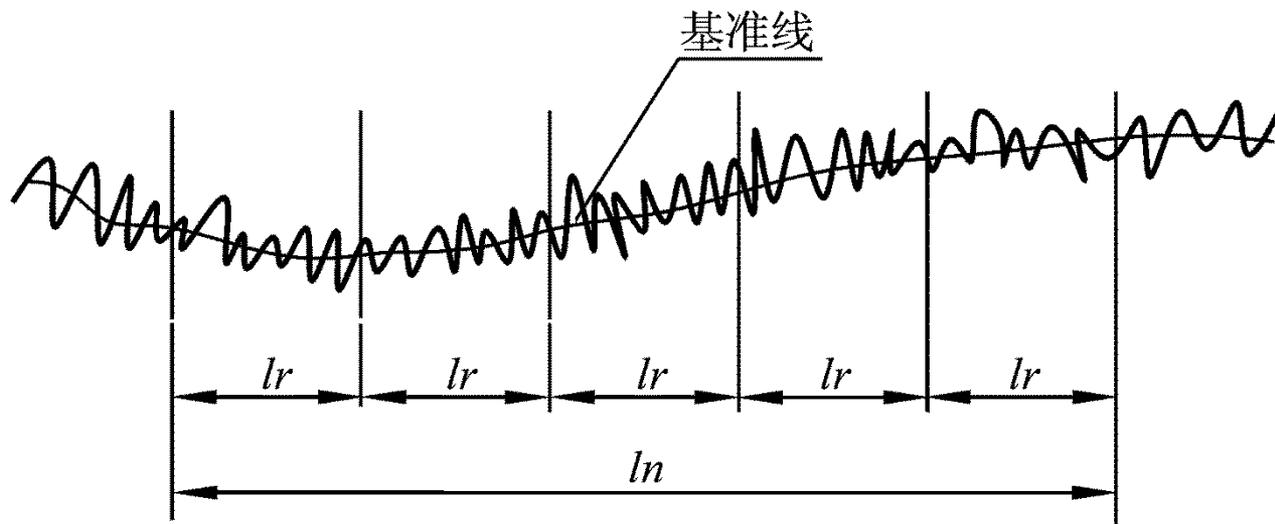


## 3.2 表面粗糙度国家标准

### 一、基本术语

#### 2 取样长度 $l_r$

取样长度是指用于判别具有表面粗糙度特征的一段基准线长度，如图所示。



取样长度和评定长度



## 3.2 表面粗糙度国家标准

### 一、基本术语

#### 3 评定长度 $l_n$

评定长度是指评定轮廓表面粗糙度所必需的一段长度。一般情况下， $l_n=5l_r$ 。这样规定是基于零件表面质量的不均匀性，单一取样长度上的测量和评定不足以反映整个零件表面的全貌。

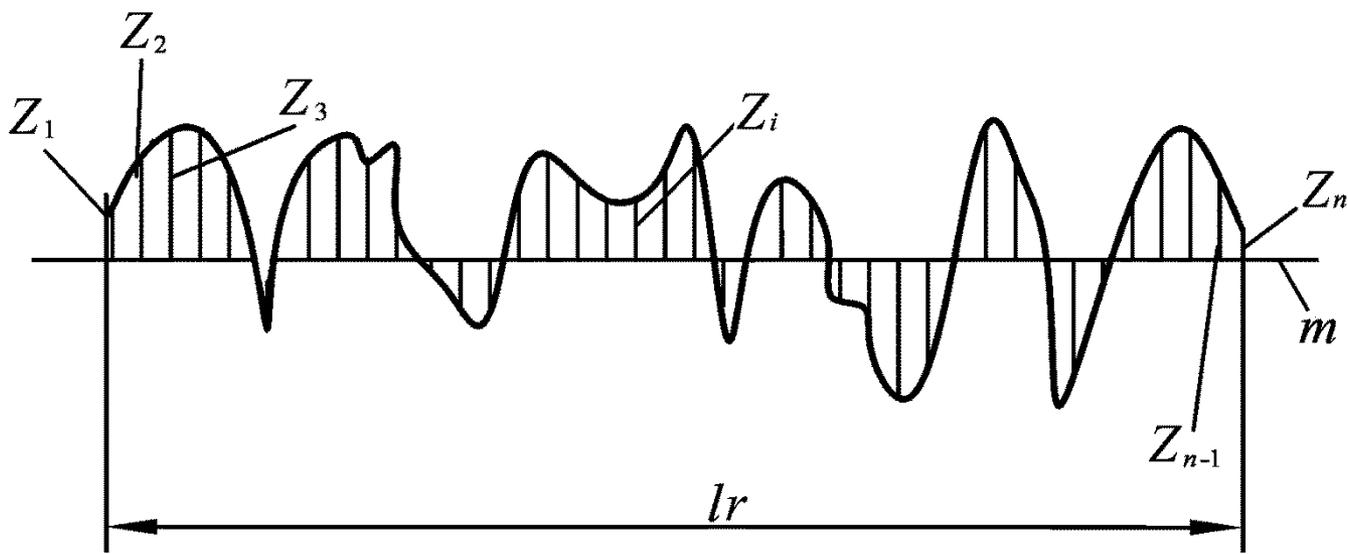


# 3.2 表面粗糙度国家标准

## 一、基本术语

### 3 评定长度 $l_n$

(1) 轮廓最小二乘中线



轮廓小二乘中线



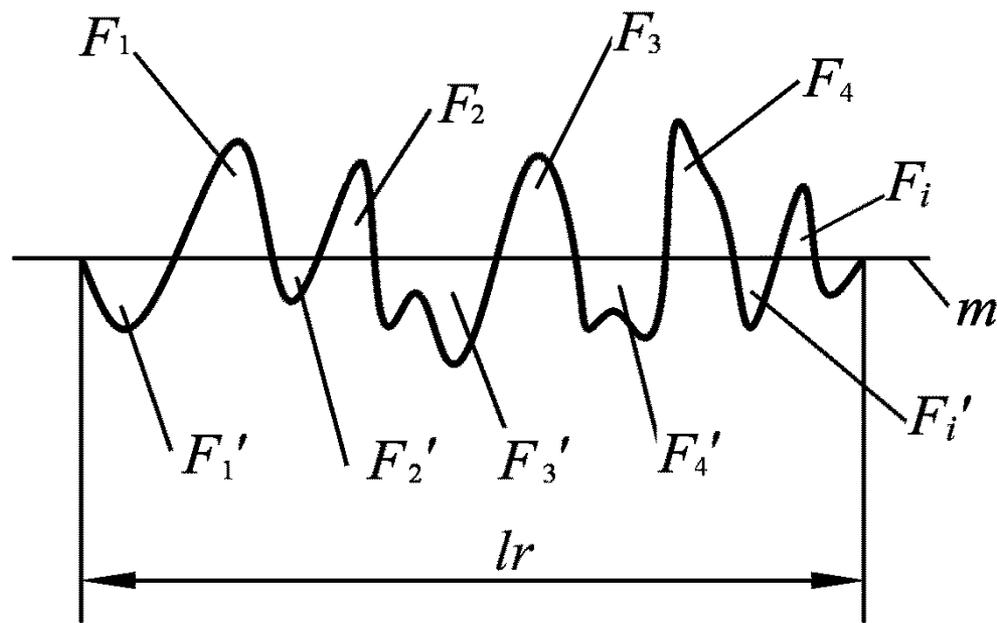
## 3.2 表面粗糙度国家标准

### 一、基本术语

3

评定长度 $l_n$

(2)轮廓算数平均中线



轮廓算数平均中线

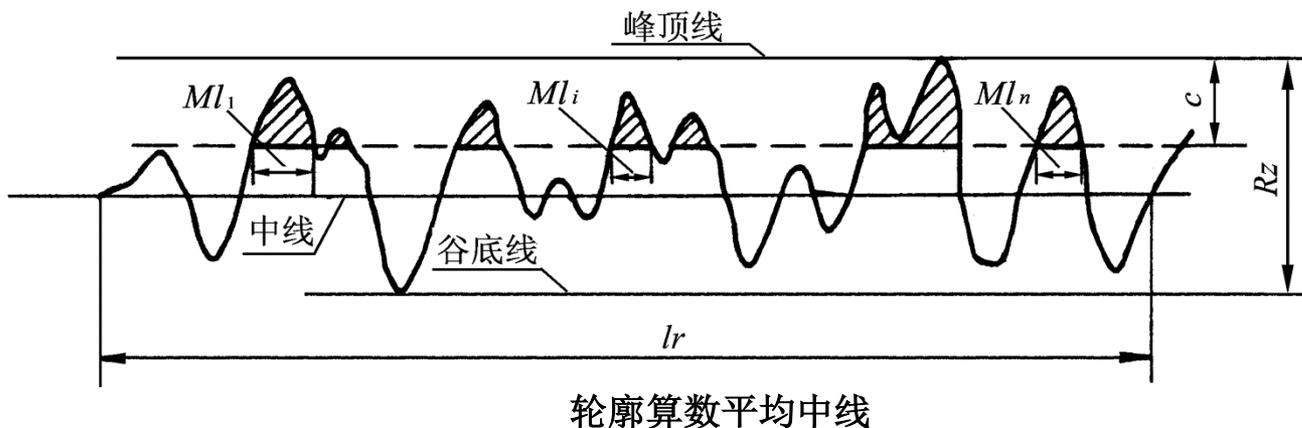


## 3.2 表面粗糙度国家标准

### 3.2.1 基本术语

#### 5 在水平位置 $c$ 上轮廓的实体材料长度 $Ml(c)$

$Ml(c)$ 即在一个给定水平位置 $c$ 上用一条平行于中线的线与轮廓单元相截所获得的各段截线长度之和，如图所示。



$$Ml(c) = \sum_{i=1}^n Ml_i \quad (3-1)$$



## 3.2 表面粗糙度国家标准

### 一、基本术语

#### 6 高度和间距辨别力

高度和间距辨别力分别是指应计入被评定轮廓的轮廓峰和轮廓谷的最小高度和最小间距。轮廓峰和轮廓谷的最小高度通常用 $R_z$ 或任一振幅参数的百分率来表示；最小间距则以取样长度的百分率给出。



## 3.2 表面粗糙度国家标准

### 二、表面粗糙度的评定参数

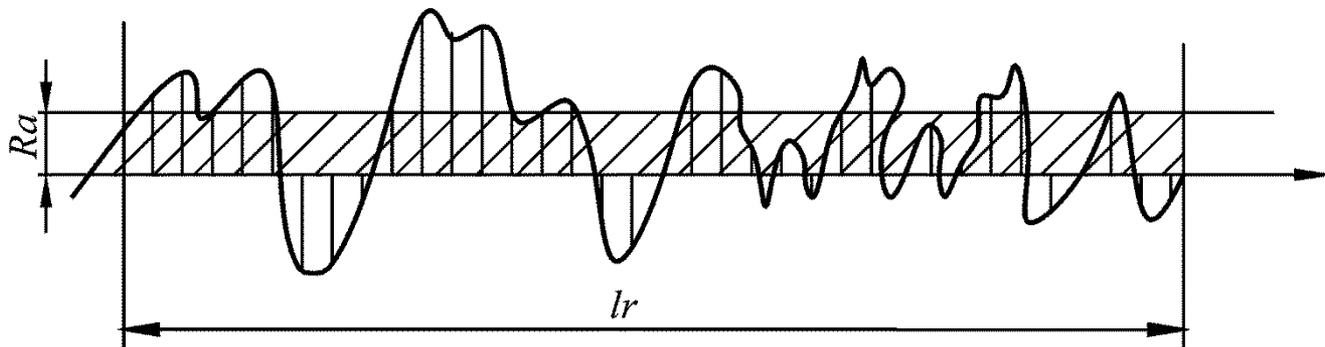
#### 1 与高度特性有关的参数

(1) 评定轮廓的算术平均偏差  $Ra$

$$Ra = \frac{1}{lr} \int_0^{lr} |Z(x)| dx$$

其近似值为

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Z_i| \quad (3-2)$$



轮廓的算术平均偏差



## 3.2 表面粗糙度国家标准

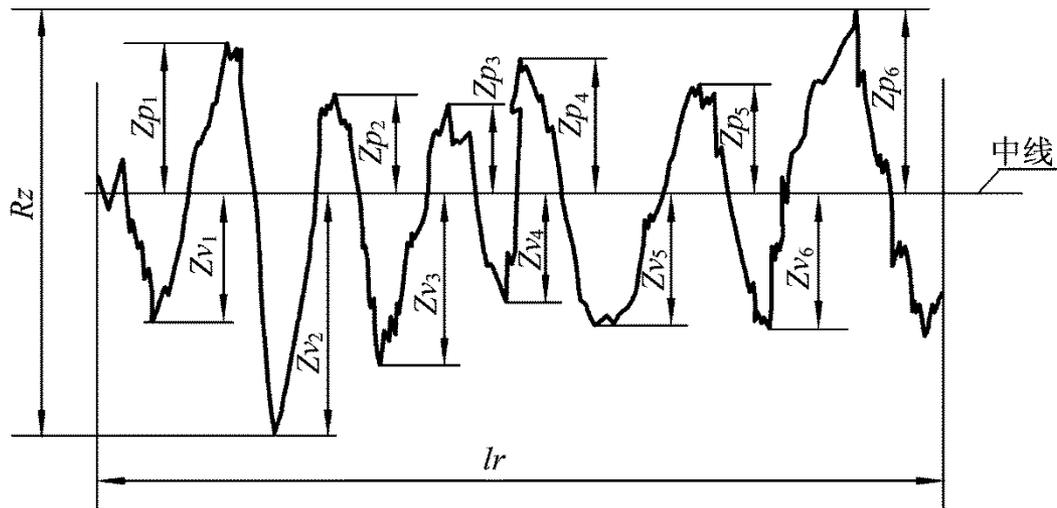
### 二、表面粗糙度的评定参数

#### 1 与高度特性有关的参数

(2) 轮廓的最大高度  $R_z$

$$R_z = Z_p + Z_v$$

(3-3)



轮廓的最大高度



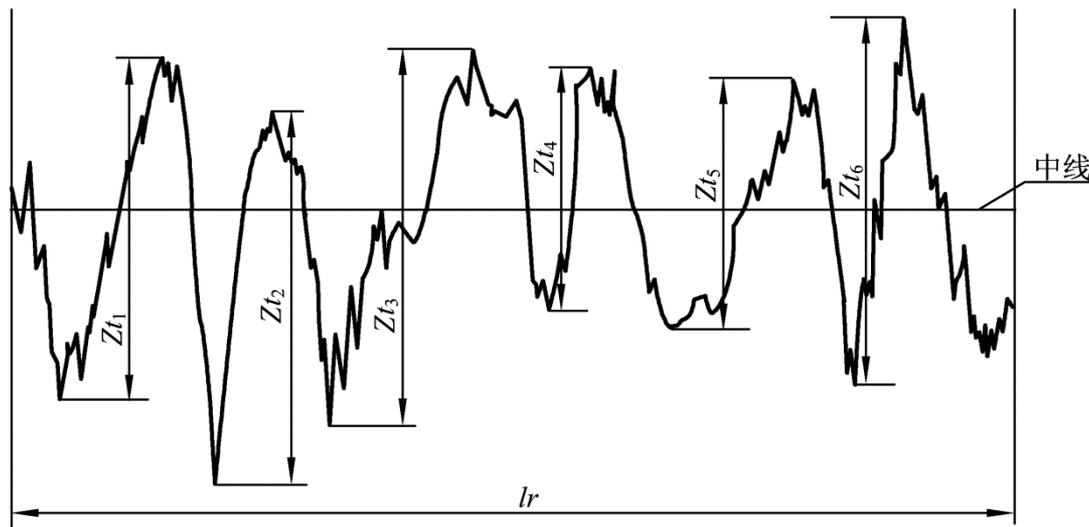
# 3.2 表面粗糙度国家标准

## 二、表面粗糙度的评定参数

### 1 与高度特性有关的参数

(3) 轮廓单元的平均线高度  $R_c$

$$R_c = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Z_{t_i} \quad (3-4)$$



轮廓的最大高度

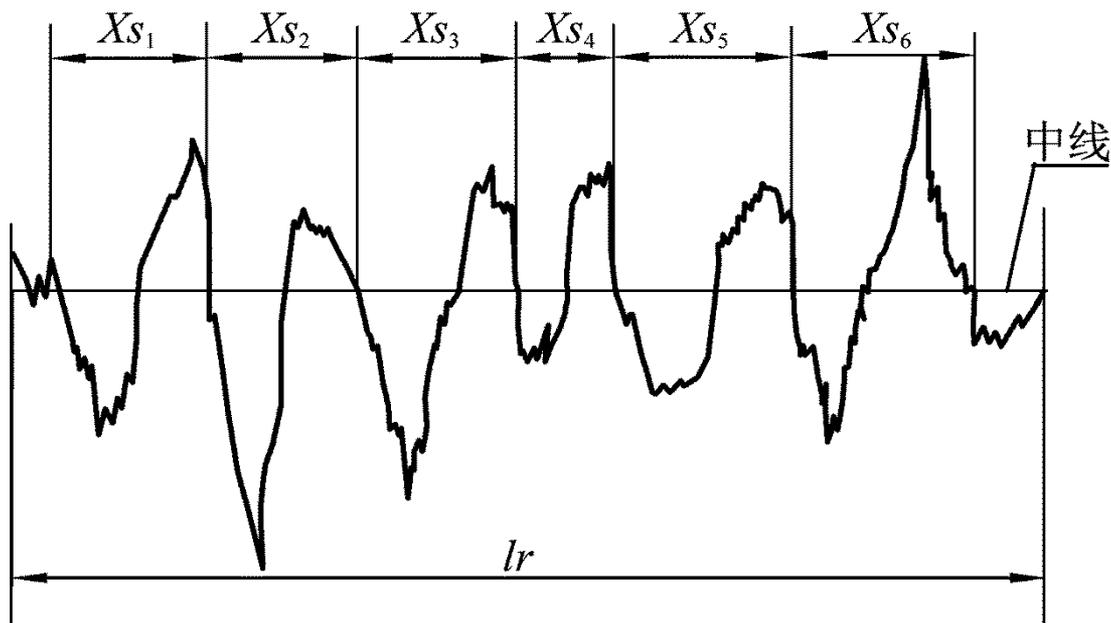


## 3.2 表面粗糙度国家标准

### 二、表面粗糙度的评定参数

#### 2 与间距特性有关的参数

$$RSm = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_{S_i} \quad (3-5)$$



轮廓单元宽度



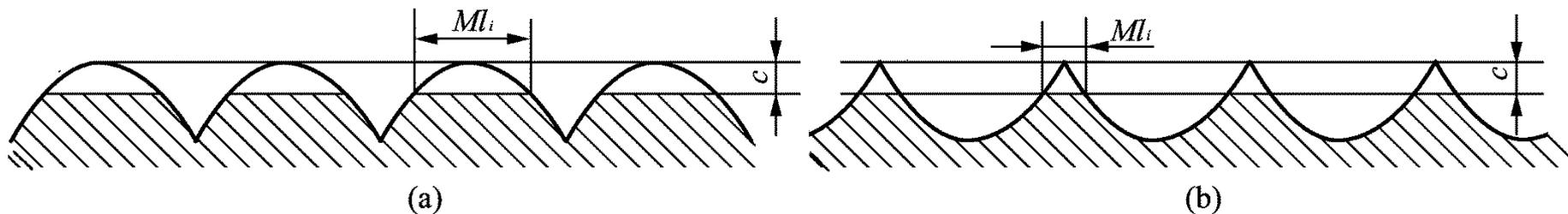
## 3.2 表面粗糙度国家标准

### 二、表面粗糙度的评定参数

#### 3 与形状特性有关的参数

轮廓的支承长度率 $Rmr(c)$ 即在一个评定长度 $ln$ 内，在给定水平位置 $c$ 上，轮廓的实体材料长度 $Ml(c)$ 与评定长度 $ln$ 的比率，如图所示。

$$Rmr(c) = \frac{Ml(c)}{ln} \quad (3-6)$$



不同实际轮辐形状的实体材料长度



## 3.2 表面粗糙度国家标准

### 三、表面粗糙度的参数值

表面粗糙度的参数值已经标准化，设计时应按国家标准 GB/T 1031—2009规定的参数值系列选取。

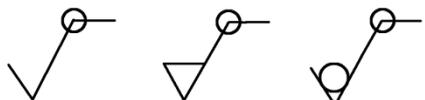


# 3.3 表面粗糙度的标注及选用

## 一、表面粗糙度的表示法

1

### 符 号

符 号	意 义 及 说 明
 基本图形符号	基本图形符号,表示表面可用任何方法获得。当不加注表面粗糙度参数值或有关说明(例如表面处理、局部热处理状况等)时,仅适用于简化代号标注
 扩展图形符号	基本图形符号加一短画,表示指定表面用去除材料的方法获得。例如车、铣、钻、磨、剪切、抛光、腐蚀、电火花加工、气割等
 扩展图形符号	基本图形符号加一小圆,表示指定表面用不去除材料的方法获得。例如铸、锻、冲压变形、热轧、冷轧、粉末冶金等; 或者用于保持原供应状况的表面(包括保持上道工序的状况)
 完整图形符号	在上述三个符号的长边上均可加一横线,用于标注有关参数和说明
 工件轮廓各表面的图形符号	在上述三个符号的长边与横线的拐角处均可加一小圆,表示所有表面具有相同的表面粗糙度要求



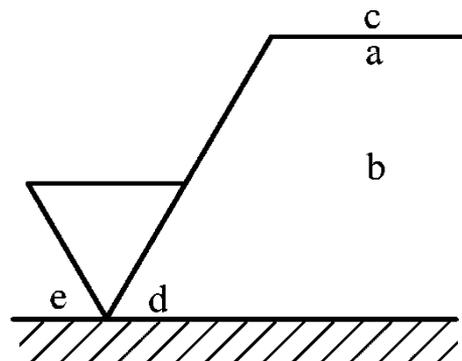
# 3.3 表面粗糙度的标注及选用

## 一、表面粗糙度的表示法

### 2 表面粗糙度完整图形符号的组成

(1)概述 为了明确表面粗糙度要求,除了标注表面粗糙度参数代号和数值外,必要时应标注补充要求,补充要求包括单一要求——传输带/取样长度、加工工艺、表面纹理及方向、加工余量等。

(2)表面粗糙度单一要求和补充要求的注写位置 在完整符号中,对表面粗糙度的单一要求和补充要求应注写在图所示的指定位置。



补充要求的注写位置



# 3.3 表面粗糙度的标注及选用

## 一、表面粗糙度的表示法

### 2 表面粗糙度完整图形符号的组成

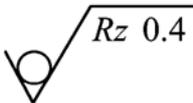
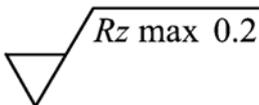
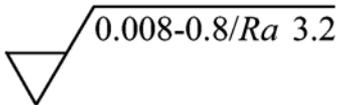
位置a	注写表面粗糙度的单一要求
位置a和b	注写两个或多个表面粗糙度要求
位置c	注写加工方法
位置d	注写表面纹理和方向
位置e	注写加工余量



# 3.3 表面粗糙度的标注及选用

## 一、表面粗糙度的表示法

### 2 表面粗糙度完整图形符号的组成

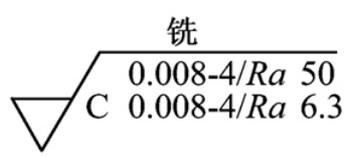
符 号	含义/解释
	表示不允许去除材料,单向上限值,默认传输带,表面粗糙度的最大高度为 $0.4\ \mu\text{m}$ ,评定长度为5个取样长度(默认),“16%规则”(默认)
	表示去除材料,单向上限值,默认传输带,表面粗糙度的最大高度为 $0.2\ \mu\text{m}$ ,评定长度为5个取样长度(默认),“最大规则”
	表示去除材料,单向上限值,传输带 $0.008-0.8\ \text{mm}$ ,算术平均偏差为 $3.2\ \mu\text{m}$ ,评定长度为5个取样长度(默认),“16%规则”(默认)



# 3.3 表面粗糙度的标注及选用

## 一、表面粗糙度的表示法

### 2 表面粗糙度完整图形符号的组成

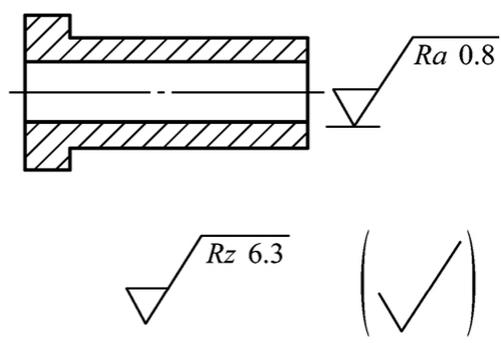
要 求	示 例
<p>表面粗糙度：</p> <ul style="list-style-type: none"><li>—双向极限值；</li><li>—上限值 <math>Ra=50\ \mu\text{m}</math>；</li><li>—下限值 <math>Ra=6.3\ \mu\text{m}</math>；</li><li>—均为“16%规则”(默认)；</li><li>—两个传输带均为 <math>0.008\text{-}4\ \text{mm}</math>；</li><li>—默认的评定长度为 <math>5\times 4=20\ \text{mm}</math>；</li><li>—表面纹理呈近似同心圆且圆心与表面中心相关；</li><li>—加工方法：铣。</li></ul> <p>注：因为不会引起争议，所以不必加 U 和 L</p>	



# 3.3 表面粗糙度的标注及选用

## 一、表面粗糙度的表示法

### 2 表面粗糙度完整图形符号的组成

要 求	示 例
<p>除一个表面以外,所有表面的表面粗糙度为:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>—单向上限值;</li><li>—<math>Rz=6.3\ \mu\text{m}</math>;</li><li>—“16%规则”(默认);</li><li>—默认传输带;</li><li>—默认评定长度为<math>(5\times\lambda c)</math>;</li><li>—表面纹理没有要求;</li><li>—去除材料的工艺。</li></ul> <p>不同要求的表面的表面粗糙度为:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>—单向上限值;</li><li>—<math>Ra=0.8\ \mu\text{m}</math>;</li><li>—“16%规则”(默认);</li><li>—默认传输带;</li><li>—默认评定长度为<math>(5\times\lambda c)</math>;</li><li>—表面纹理没有要求;</li><li>—去除材料的工艺</li></ul>	



# 3.3 表面粗糙度的标注及选用

## 一、表面粗糙度的表示法

### 2 表面粗糙度完整图形符号的组成

表 3-9 加工纹理和方向的符号(摘自 GB/T 131—2006)

符号	示意图	符号	示意图
=	<p>纹理方向 纹理平行于标注代号的视图投影面</p>	P	<p>纹理呈微粒、凸起, 无方向</p>
⊥	<p>纹理方向 纹理垂直于标注代号的视图投影面</p>	M	<p>纹理呈多方向</p>
×	<p>纹理方向 纹理呈两相交的方向</p>	C	<p>纹理呈近似同心圆</p>
		R	<p>纹理呈近似放射状且与表面圆心相关</p>

注: 如果表面纹理不能清楚地用这些符号表示, 必要时, 可以在图样上加注说明。

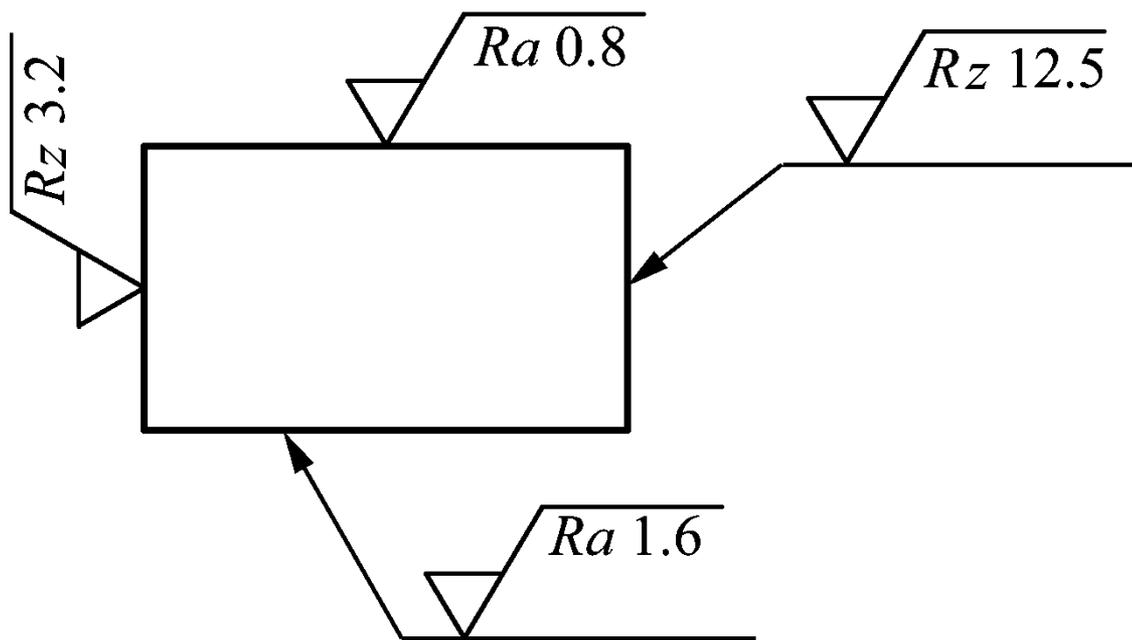


# 3.3 表面粗糙度的标注及选用

## 一、表面粗糙度的表示法

### 3 表面粗糙度符号、代号的标注位置与方向

#### (1) 概述



表面粗糙度要求的注写方向

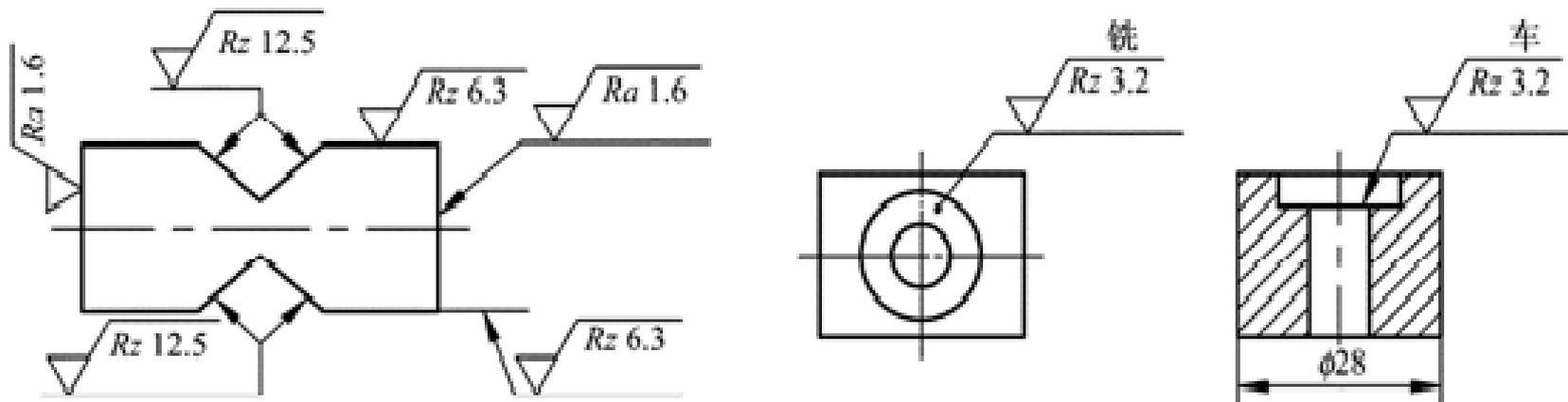


# 3.3 表面粗糙度的标注及选用

## 一、表面粗糙度的表示法

### 3 表面粗糙度符号、代号的标注位置与方向

(2)标注在轮廓线上或指引线上



表面粗糙度标注在轮廓线上或指引线上示例

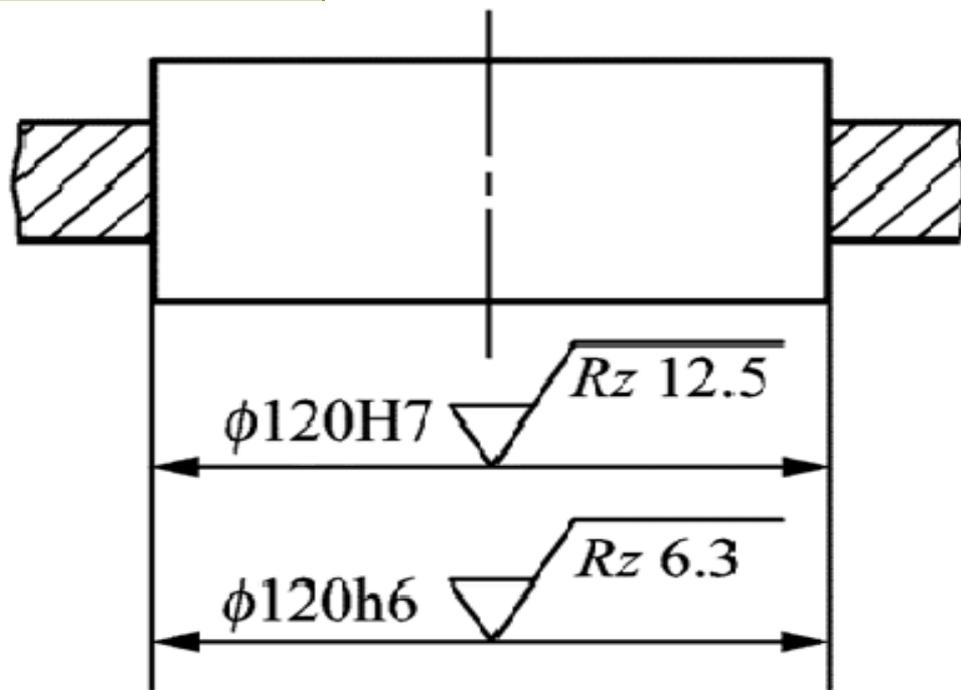


# 3.3 表面粗糙度的标注及选用

## 一、表面粗糙度的表示法

### 3 表面粗糙度符号、代号的标注位置与方向

(3)标注在特征尺寸的尺寸线上



表面粗糙度要求标注在尺寸线上

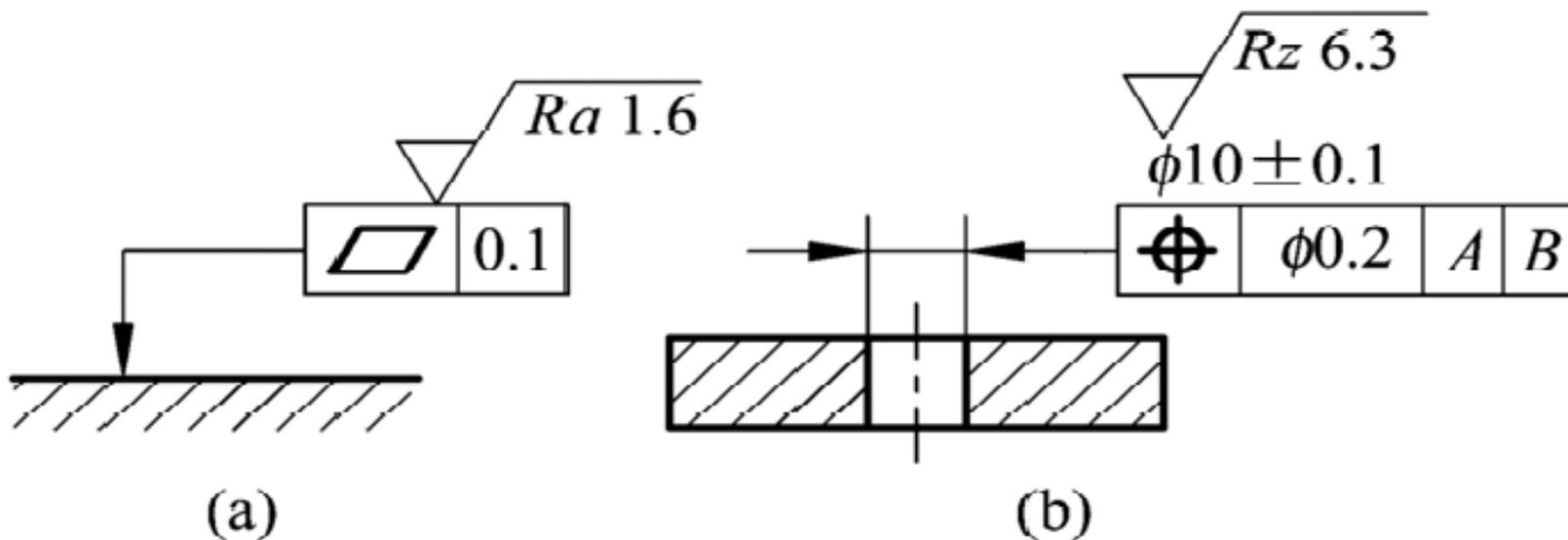


# 3.3 表面粗糙度的标注及选用

## 一、表面粗糙度的表示法

### 3 表面粗糙度符号、代号的标注位置与方向

(3)标注在几何公差的框格上



表面粗糙度要求标注在几何公差框格的上方

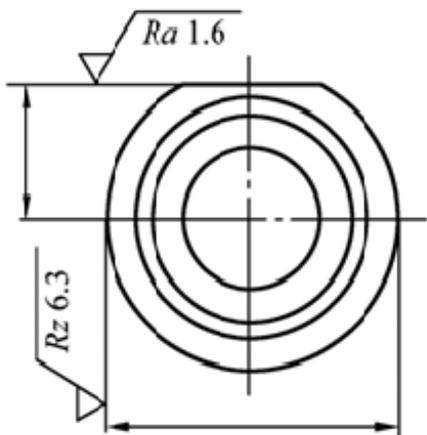


# 3.3 表面粗糙度的标注及选用

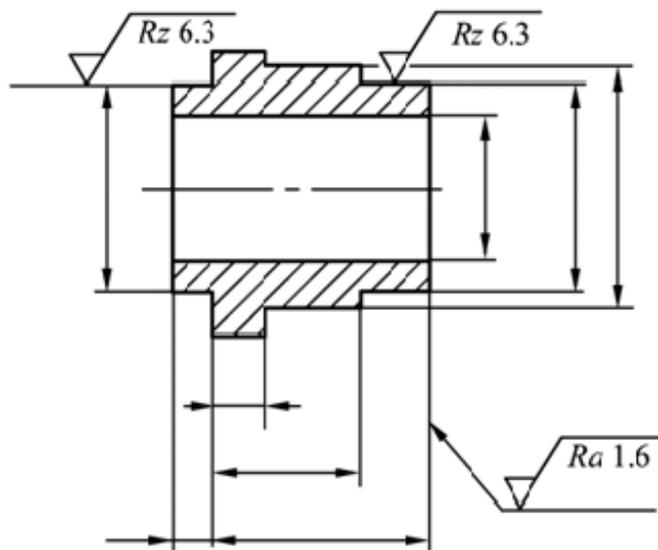
## 3.3.1 表面粗糙度的表示法

### 3 表面粗糙度符号、代号的标注位置与方向

(5)标注在延长线上



(a)



(b)

表面粗糙度要求标注在圆柱特征的延长线上

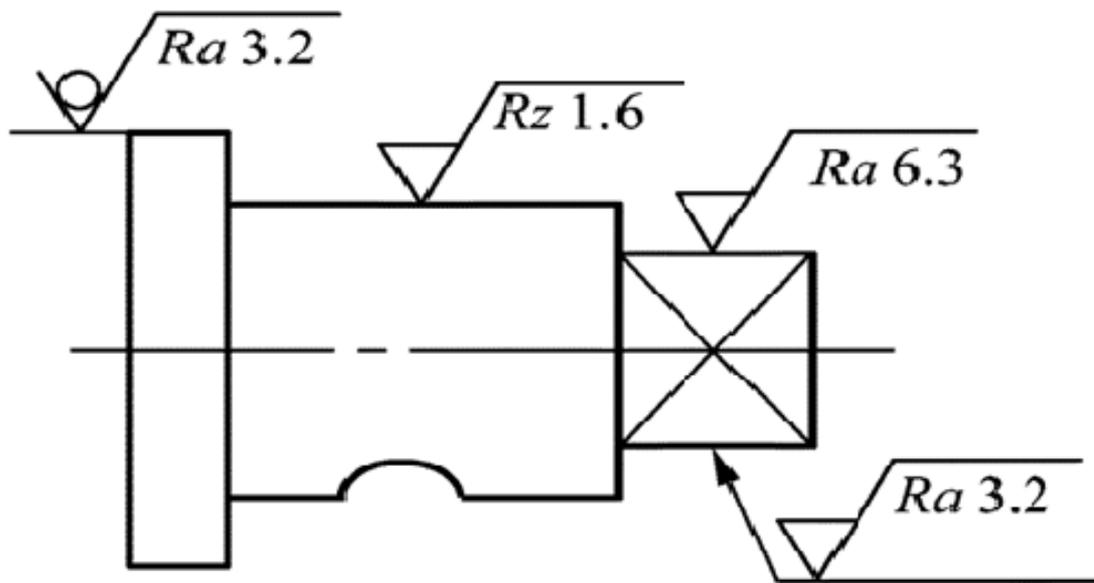


# 3.3 表面粗糙度的标注及选用

## 3.3.1 表面粗糙度的表示法

### 3 表面粗糙度符号、代号的标注位置与方向

(6)标注在圆柱和棱柱表面上



圆柱和棱柱的表面粗糙度要求的注法

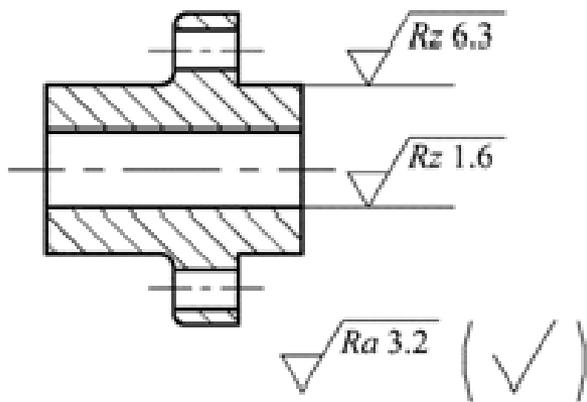


# 3.3 表面粗糙度的标注及选用

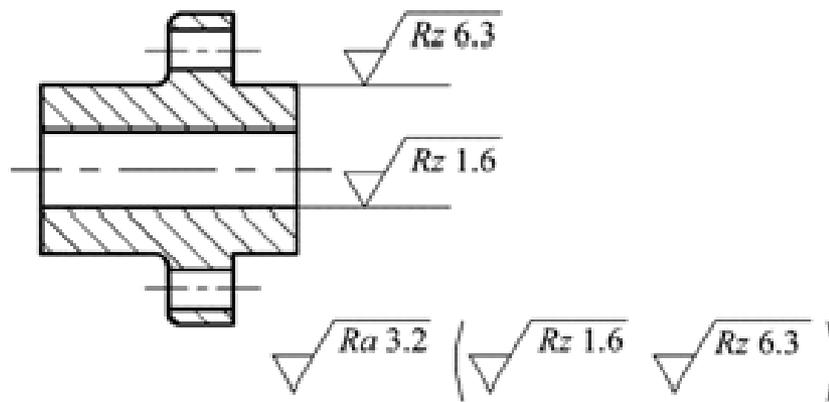
## 3.3.1 表面粗糙度的表示法

### 3 表面粗糙度要求的简化注法

(1) 有相同表面粗糙度要求的简化注法



大多数表面有相同表面粗糙度要求的简化注法(1)



大多数表面有相同表面粗糙度要求的简化注法(2)

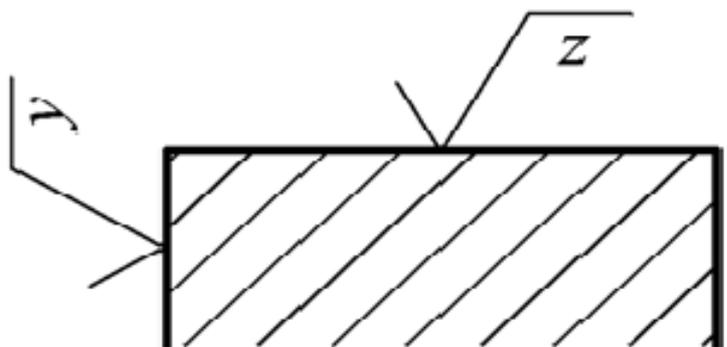


# 3.3 表面粗糙度的标注及选用

## 一、表面粗糙度的表示法

### 3 表面粗糙度要求的简化注法

(2)多个表面有共同要求的注法



$$\sqrt{z} = \begin{matrix} \text{U } Rz \ 1.6 \\ \perp \text{L } Ra \ 0.8 \end{matrix}$$
$$\sqrt{y} = \begin{matrix} Ra \ 3.2 \end{matrix}$$

在图纸空间有限时的简化注法



# 3.3 表面粗糙度的标注及选用

## 一、表面粗糙度的表示法

### 3 表面粗糙度要求的简化注法

(3) 只用表面粗糙度符号的简化注法



未指定工艺方法的多个  
表面粗糙度要求的简化注法



要求去除材料的多个  
表面粗糙度要求的简化注法



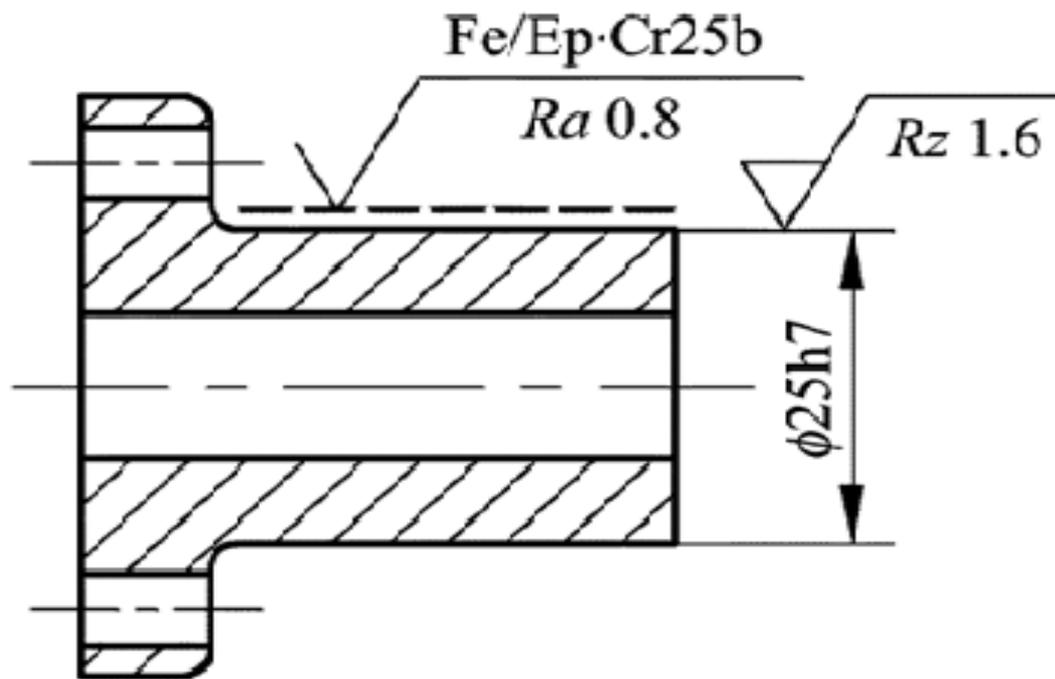
不允许去除材料的多个  
表面粗糙度要求的简化注法



# 3.3 表面粗糙度的标注及选用

## 一、表面粗糙度的表示法

### 5 两种或多种工艺获得的同一表面的注法



同时给出镀覆前、后的表面粗糙度要求的注法



## 3.3 表面粗糙度的标注及选用

### 二、表面粗糙度评定参数的选用

(1)  $Ra$ 参数最能充分反映表面微观几何形状高度方面的特性， $Ra$ 值用触针式电动轮廓仪测量也比较简便。

(2)  $Rz$ 参数虽不如 $Ra$ 参数反映的几何特性准确、全面，但 $Rz$ 的概念简单，测量也很简便。

(3) 附加评定参数 $RSm$ 和 $Rmr(c)$ 只有在幅度参数不能满足表面功能要求时，才附加选用。



## 3.3 表面粗糙度的标注及选用

### 二、表面粗糙度主要数值的选用

- (1) 同一零件上，工作表面的表面粗糙度值应比非工作表面小。
- (2) 摩擦表面的表面粗糙度值应比非摩擦表面小；滚动摩擦表面的表面粗糙度值应比滑动摩擦表面小。
- (3) 运动速度高、单位面积压力大的表面，受交变应力作用的重要零件的圆角、沟槽表面的表面粗糙度值都应小。
- (3) 配合性质要求越稳定，其配合表面的表面粗糙度值应越小；配合性质相同时，小尺寸结合面的表面粗糙度值应比大尺寸结合面小。
- (5) 表面粗糙度参数值应与尺寸公差及形状公差相协调。
- (6) 防腐性、密封性要求高，外表美观等表面的表面粗糙度值应较小。
- (7) 凡有关标准已对表面粗糙度要求作出规定。



## 实训 1 用比较法检测表面粗糙度

### 1. 表面粗糙度比较样块

采用特定合金和加工方法，具有不同的表面粗糙度参数值，通过触觉和视觉与其所表征的材质和加工方法相同的被测提取零件表面作比较，以确定被测提取零件表面粗糙度的实物量具。

### 2. 检测原理

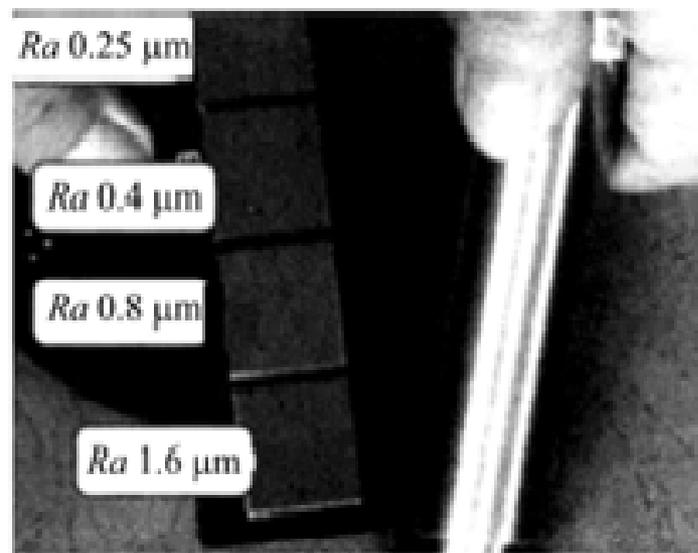
使用表面粗糙度比较样块进行比较时，比较样块和被测提取零件表面的材质、加工工艺（如车、镗、刨、端铣、平磨、研磨等）应尽可能一致，这样可以减小检测误差，提高判断准确性。



## 实训 1 用比较法检测表面粗糙度

### 3. 检测方法

比较样块与零件靠近在一起，以比较样块工作面上的表面粗糙度为标准，观察、比较被测提取表面是否达到相应比较样块的表面粗糙度。

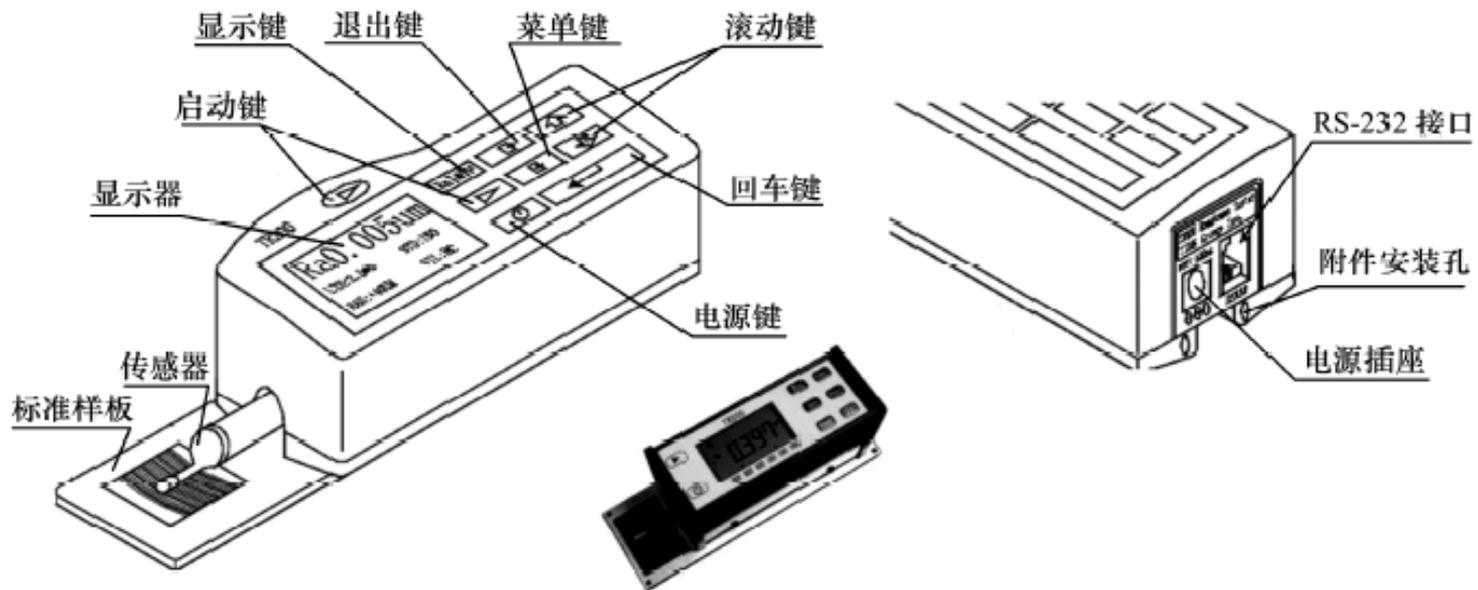


# 技能训练

## 实训2 用手持便携式表面粗糙度仪检测表面粗糙度

### 1. TR200 表面粗糙度测量仪的组成及特点

是适用于生产现场环境、能满足移动测量需要的一种小型手持式仪器。



TR200 表面粗糙度测量仪



# 技能训练

## 实训2 用手持便携式表面粗糙度仪检测表面粗糙度

### 2. TR200 表面粗糙度测量仪的测量原理

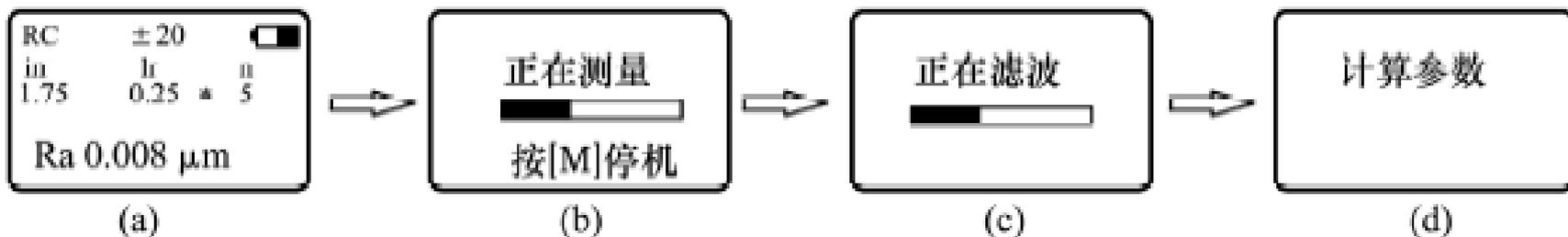
先将传感器搭放在被测提取零件的表面上，然后启动仪器进行测量。

### 3. 测量方法

(1) 开机 (2) 示值校准 (3) 启动测量

(4) 开始测量

① 采样完毕 ② 计算参数



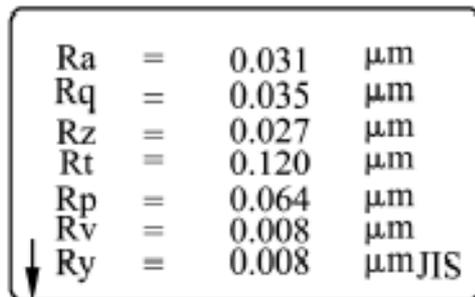
开机及开始测量



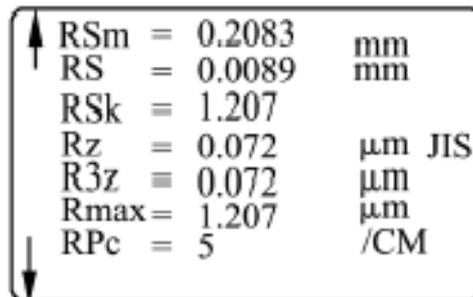
# 技能训练

## 实训2 用手持便携式表面粗糙度仪检测表面粗糙度

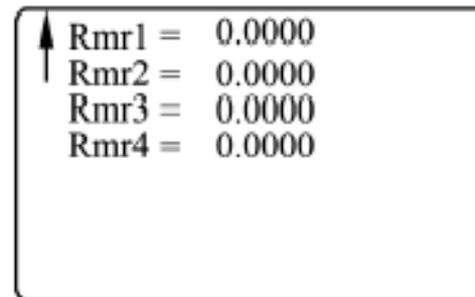
(5) 结果显示 ①参数 ②轮廓图形



(a)

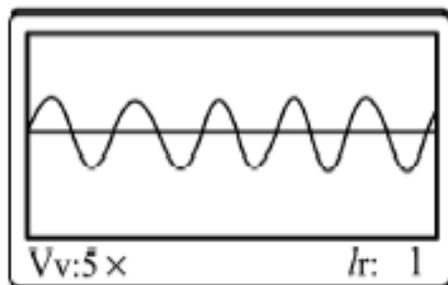


(b)

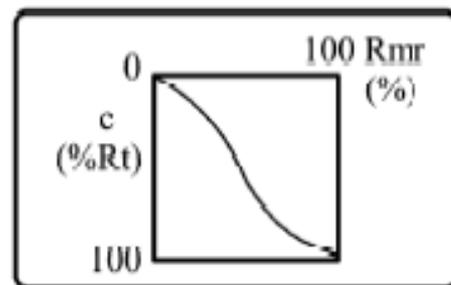


(c)

结果显示



(a)



(b)

轮廓图形



# 技能训练

## 实训2 用手持便携式表面粗糙度仪检测表面粗糙度

(6) 存储 / 读取测量结果

(7) 打印测量结果



存储 / 读取测量结果

