

第3章 表面粗糙度及测量

【学习与技能目标】

1. 理解表面粗糙度的有关术语和参数。
2. 掌握表面粗糙度的标注方法和选用原则。
3. 掌握运用比较法评定表面粗糙度的方法。
4. 基本掌握用表面粗糙度测量仪测量表面粗糙度的方法。

第1讲 概述

课 题：1. 表面粗糙度概述

2. 表面粗糙度的国家标准
3. 表面粗糙度的选用及标注
4. 技能训练

授课方式：讲授

教学目的：1. 了解其对零件使用性能的影响

2. 掌握表面粗糙度概念
3. 掌握表面粗糙度的基本术语
4. 理解具体评定参数的含义和国标中规定的相应参数值的本质

教学重点：1. 表面粗糙度概念

2. 表面粗糙度的基本术语

教学难点：具体评定参数的含义和国标中规定的相应参数值的本质

教 具：挂图、多媒体课件

教学方法：重点讲清表面粗糙度的基本术语，从而帮助学生深刻理解。

教学过程：

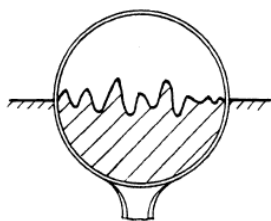
一、引入新课题

本次课是学习以后各节的基础, 要求掌握表面粗糙度概念。

二、教学内容

3.1.1 表面粗糙度的概念

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。如图所示。



表面粗糙度反映的是实际表面几何形状误差的微观特性,一般而言,波距小于 1mm 的属于表面粗糙度(表面微观形状误差);波距在 1~10 mm 的属于表面波纹度;波距大于 10 mm 的属于表面宏观形状误差。

3.1.2 表面粗糙度对零件使用性能的影响

1. 摩擦和磨损方面

表面越粗糙,摩擦系数就越大,摩擦阻力也越大,零件配合表面的磨损就越快。

2. 配合性质方面

对于间隙配合,粗糙的表面会因峰顶很快磨损而使间隙逐渐加大;对于过盈配合,因装配表面的峰顶被挤平,使实际有效过盈减少,降低连接强度。

3. 疲劳强度方面

表面越粗糙,一般表面微观不平的凹痕就越深,交变应力作用下的应力集中就会越严重,越易造成零件抗疲劳强度的降低而导致失效。

4. 耐腐蚀性方面

表面越粗糙,腐蚀性气体或液体越易在谷底处聚集,并通过表面微观凹谷渗入到金属内层,造成表面锈蚀。

5. 接触刚度方面

表面越粗糙,表面间接触面积就越小,致使单位面积受力就增大,造成峰顶处的局部塑性变形加剧,接触刚度下降,影响机器工作精度和平稳性。

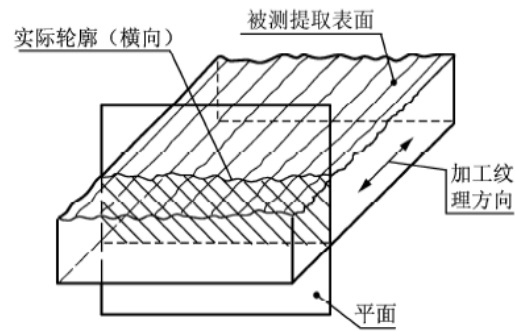
3.2 表面粗糙度国家标准

现行国家标准有: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结构的表示法》等。

3.2.1 基本术语

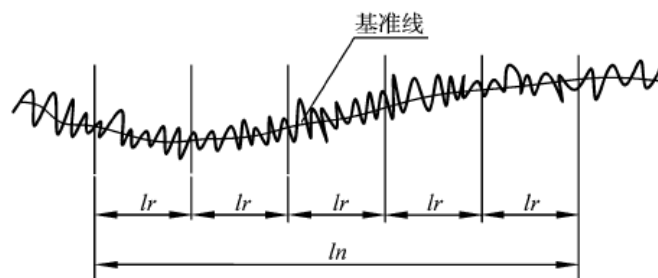
1. 实际轮廓(表面轮廓)

实际轮廓是指平面与被测提取表面相交所得的轮廓线。



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，标准规定取样长度按表面粗糙程度合理取值，通常应包含至少 5 个轮廓峰和轮廓谷。



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，标准推荐 $l_n = 5l_r$ ，测量时可选用小于 $5l_r$ 的评定长度值，均匀性较差的表面可选用大于 $5l_r$ 的评定长度值。

4. 基准线（中线 m ）

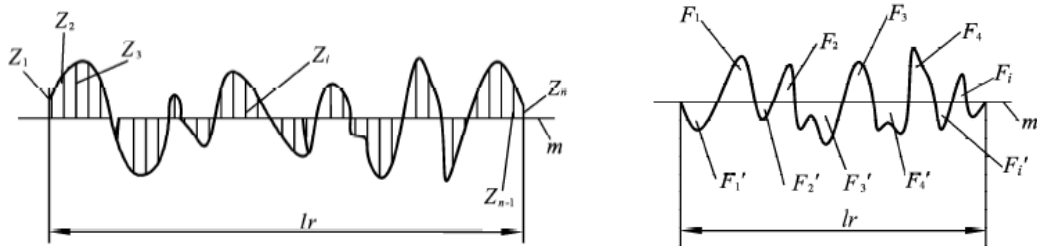
基准线是用以评定表面粗糙度参数大小所规定的一条参考线，据此来作为评定表面粗糙度参数大小的基准。

（1）轮廓的最小二乘中线

在取样长度内，使轮廓上各点至一条假想线距离的平方和为最小，这条假想线就是最小二乘中线。

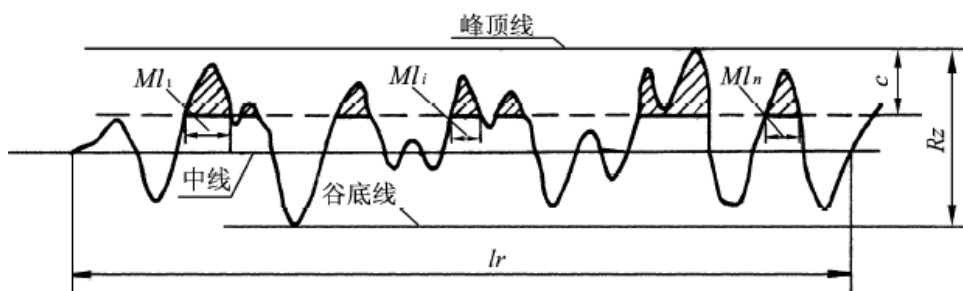
（2）轮廓算术平均中线

在取样长度内，由一条假想线将实际轮廓分为上下两部分，而且使上部分面积之和等于下部分面积之和。这条假想线就是轮廓算术平均中线。



5. 在水平位置 c 上轮廓的实体材料长度 $MI(c)$

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。



6. 高度和间距辨别力

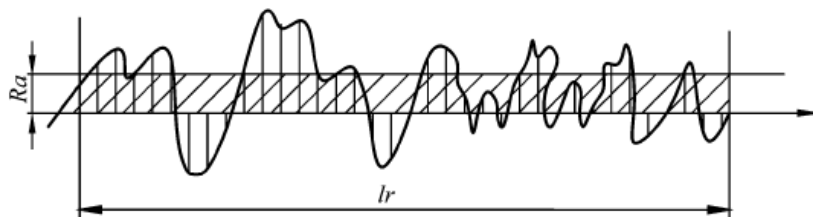
即应计入被评定轮廓的轮廓峰和轮廓谷的最小高度和最小间距。

3.2.2 表面粗糙度的评定参数

1. 与高度特性有关的参数（幅度参数）

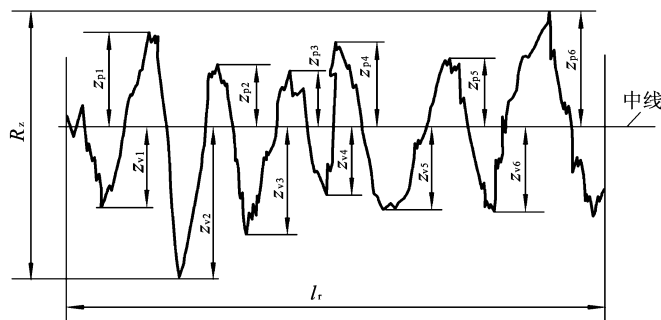
(1) 评定轮廓的算术平均偏差 R_a

即在一个取样长度 l_r 内，轮廓上各点至基准线的距离的绝对值的算术平均值。。



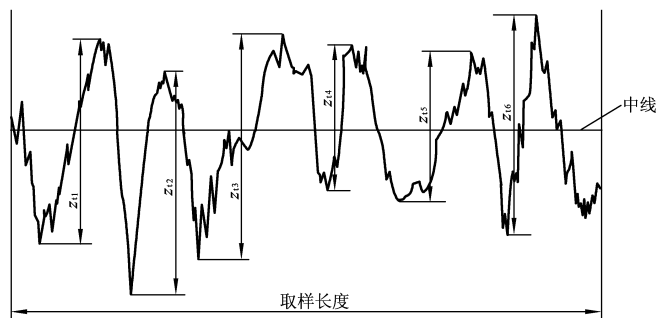
(2) 轮廓的最大高度 R_z

即在一个取样长度 l_r 内，最大轮廓峰高 z_p 和最大轮廓谷深 z_v 之和的高度。。



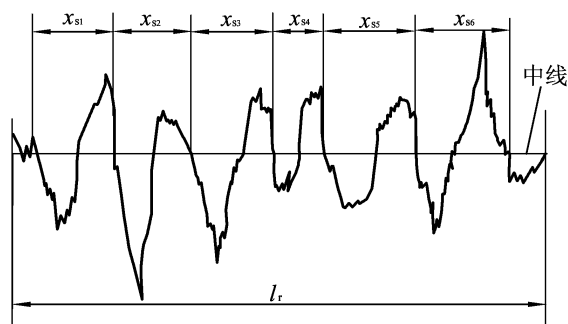
(3) 轮廓单元的平均线高度 R_c

即在一个取样长度 l_r 内，轮廓单元高度 z_t 的平均值。



2. 与间距特性有关的参数（间距参数）轮廓单元的平均宽度 R_s

即在一个取样长度 l_r 内，轮廓单元宽度 x_s 的平均值。



3. 与形状特性有关的参数（曲线参数）轮廓的支承长度率 $R_{mr}(c)$

即在给定水平位置 c 上，轮廓的实体材料长度 $Ml(c)$ 与评定长度 l_n 的比率。

3.2.3 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/T1031—1995《表面粗糙度参数及其数值》规定的参数值系列选取。

在一般情况下，测量 R_a 和 R_z 时，推荐按书中表选用对应的取样长度及评定长度值，对于轮廓单元宽度较大的端铣、滚铣及其他大进给走刀量的加工表面，应在标准规定的取样长度系列中选取较大的取样长度值。

第2讲 表面粗糙度的选用及标注

课 题：1. 表面粗糙度的标注

2. 表面粗糙度评定参数的选用

3. 表面粗糙度主要参数的选用

授课方式：讲授

教学目的：1. 明确国家标准关于表面粗糙度标注的规定

2. 掌握表面粗糙度评定参数和参数值的选择原则

3. 会在图样上正确标注表面粗糙度要求

教学重点：国家标准关于表面粗糙度标注的规定

教学难点：在图样上正确标注表面粗糙度要求

教 具：多媒体课件

教学方法：授课中多举实例讲解表面粗糙度的标注，便于学生掌握。

教学过程：

一、引入新课题

出示表面粗糙度代号，由此引入新课。

二、教学内容

3.3 表面粗糙度的选用及标注

3.3.1 表面粗糙度的标注

1. 符号

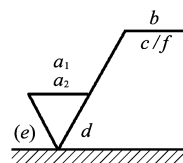
按 GB/T 131—2006/ISO 1302: 2002 的规定，把表面粗糙度要求正确地标注在零件图上。

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

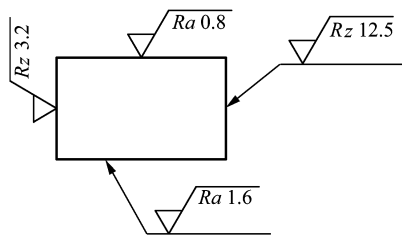


表面粗糙度代号的具体标注示例

3. 表面粗糙度符号、代号的标注位置与方向

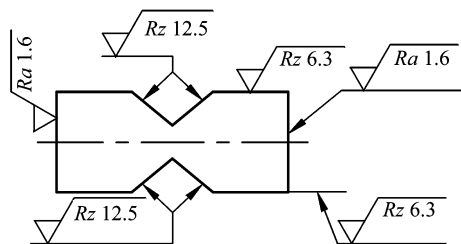
(1) 概述

总的原则是根据 GB/T 4458.4 的规定，使表面粗糙度的注写和读取方向与尺寸的注写和读取方向一致。



(2) 标注在轮廓线上或指引线上

表面粗糙度要求可标注在轮廓线上，其符号应从材料外指向并接触表面。

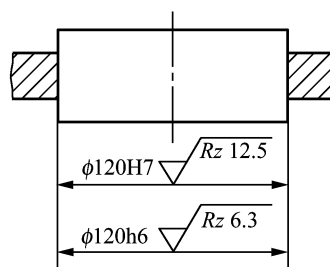


(3) 标注在特征尺寸的尺寸线上

在不致引起误解时，表面粗糙度要求可以标注在给定的尺寸线上。

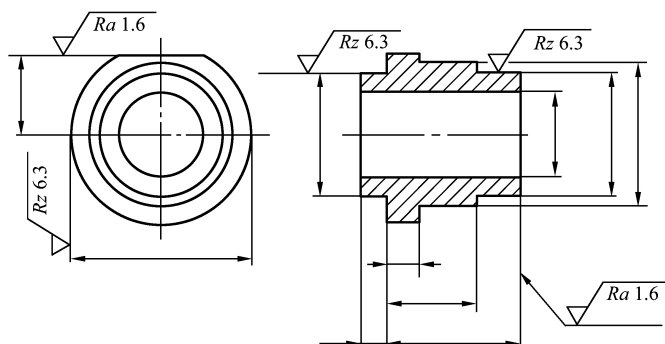
(4) 标注在形位公差框格上

表面粗糙度要求可标注在形位公差框格的上方。



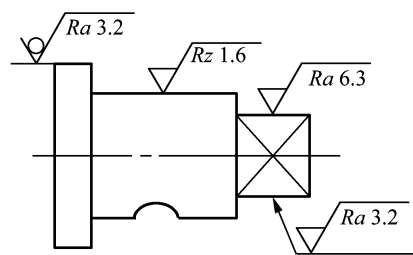
(5) 标注在延长线上

表面粗糙度要求可以直接标注在延长线上，或用带箭头的指引线引出标注。



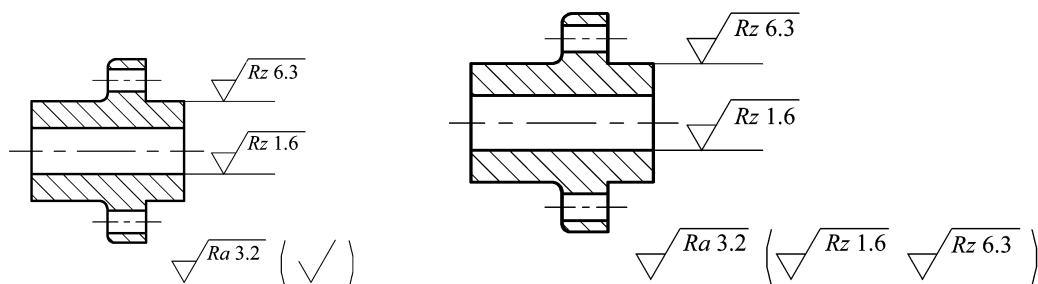
(6) 标注在圆柱和棱柱表面上

如果每个棱柱表面有不同的表面粗糙度要求，则应分别单独标注。

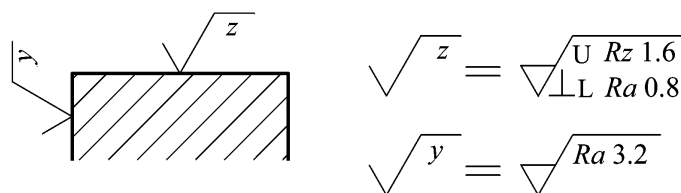


4. 表面粗糙度要求的简化注法

(1) 有相同表面粗糙度要求的简化注法

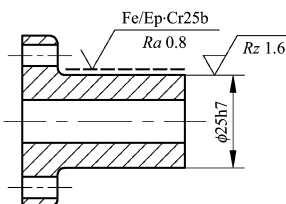


(2) 多个表面有共同要求的注法



(3) 只用表面粗糙度符号的简化注法

5. 两种或多种工艺获得的同一表面的注法



3.3.2 表面粗糙度评定参数的选用

GB/T 1031—1995 规定，表面粗糙度参数应从高度特性参数中选取。

1. R a 参数最能充分反映表面微观几何形状高度方面的特性，R a 值用触针式电动轮廓仪测量也比较简便，所以对于光滑表面和半光滑表面，普遍采用 R a 作为评定参数。

2. R z 参数虽不如 R a 参数反映的几何特性准确、全面，但 R z 的概念简单，测量也很简便。R z 与 R a 联用，可以评定某些不允许出现较大加工痕迹和受交变应力作用的表面，尤其当被测表面面积很小，不宜采用 R a 评定时，常采用 R z 参数。

3. 附加评定参数 R S m 和 R m r (c) 只有在高度特征参数不能满足表面功能要求时，才附加选用。

3.3.3 表面粗糙度主参数值的选用

- (1) 同一零件上，工作表面的粗糙度值应比非工作表面小。
- (2) 摩擦表面的粗糙度值应比非摩擦表面小;滚动摩擦表面的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、沟槽表面的粗糙度值都应该小。
- (4) 配合性质要求越稳定，其配合表面的粗糙度值应越小;配合性质相同时，小尺寸结合面的粗糙度值应比大尺寸结合面小;同一公差等级时，轴的粗糙度值应比孔的小。
- (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，外表美观等表面的粗糙度值应较小。
- (7) 凡有关标准已对表面粗糙度要求做出规定，则应按标准规定的表面粗糙度参数值选用。

第3讲 实训 用比较法检测表面粗糙度

课 题：实训1 用比较法检测表面粗糙度

实训2 用手持便携式表面粗糙度测量仪检测表面粗糙度

授课方式：现场测量

教学目的：1. 了解表面粗糙度的检测原理、方法及适用场合。

2. 熟悉用手持便携式表面粗糙度测量仪检测表面粗糙度。

教学重点：表面粗糙度的检测原理、方法

教学难点：手持便携式表面粗糙度测量仪使用方法

教 具：手持便携式表面粗糙度测量仪

教学方法：利用手持便携式表面粗糙度测量仪着重讲清其原理及检测方法。

教学过程：

一、引入新课题

由提问表面粗糙度概念引入新课。

二、教学内容

技能训练

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。

3. 检测方法

比较样块与零件靠近在一起，当用目视无法确定时，可以结合手的触摸或者使用放大镜来观察，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，从而判定被测提取零件表面粗糙度是否符合规定。

实训 2 用手持便携式表面粗糙度测量仪检测表面粗糙度

1. TR200 表面粗糙度测量仪的组成及特点

它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。它操作简便，功能全面，测量快捷，精度稳定，携带方便，能测量现行国际标准的主要参数，全面、严格地执行了国际标准。

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，由仪器内部的精密驱动机构带动传感器沿被测提取零件表面做等速直线滑行，传感器通过内置的锐利触针感受被测提取零件的表面粗糙度。

3. 测量方法

(1) 开机 按下电源键后仪器开机，液晶显示屏自动显示缺省的设定参数、测量单位、滤波器、量程、取样长度等。

(2) 示值校准 仪器在测量前，通常需用标准样板进行校准。

(3) 启动测量 在主界面状态下，按启动键开始测量。

(4) 开始测量 传感器采集并处理数据。

① 采样完毕 开始对采样数据进行数字滤波。

② 计算参数 滤波完毕，进行全部参数计算。

(5) 结果显示 测量完毕后，可以通过如下方式观察全部测量结果：

① 参数 在主界面状态下，按上（下）滚动键进入全部参数结果显示界面。

② 轮廓图形 在主界面状态下，按左滚动键进入轮廓图形显示界面。

(6) 存储 / 读取测量结果 该仪器可以存储 1 5 组测量结果。

(7) 打印测量结果 在主界面状态下，按右滚动键将测量参数和轮廓图形输出到打印机。