



石家庄铁道大学  
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

表面粗糙度与检测

表面粗糙度的评定

主讲：聂国权

# 目录



在线开放课程

- 概述
- 表面粗糙度对零件使用性能的影响
- 表面粗糙度的评定
- 评定基准
- 几何参数
- 评定参数

# 1、概述

- **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》

# 1、概述

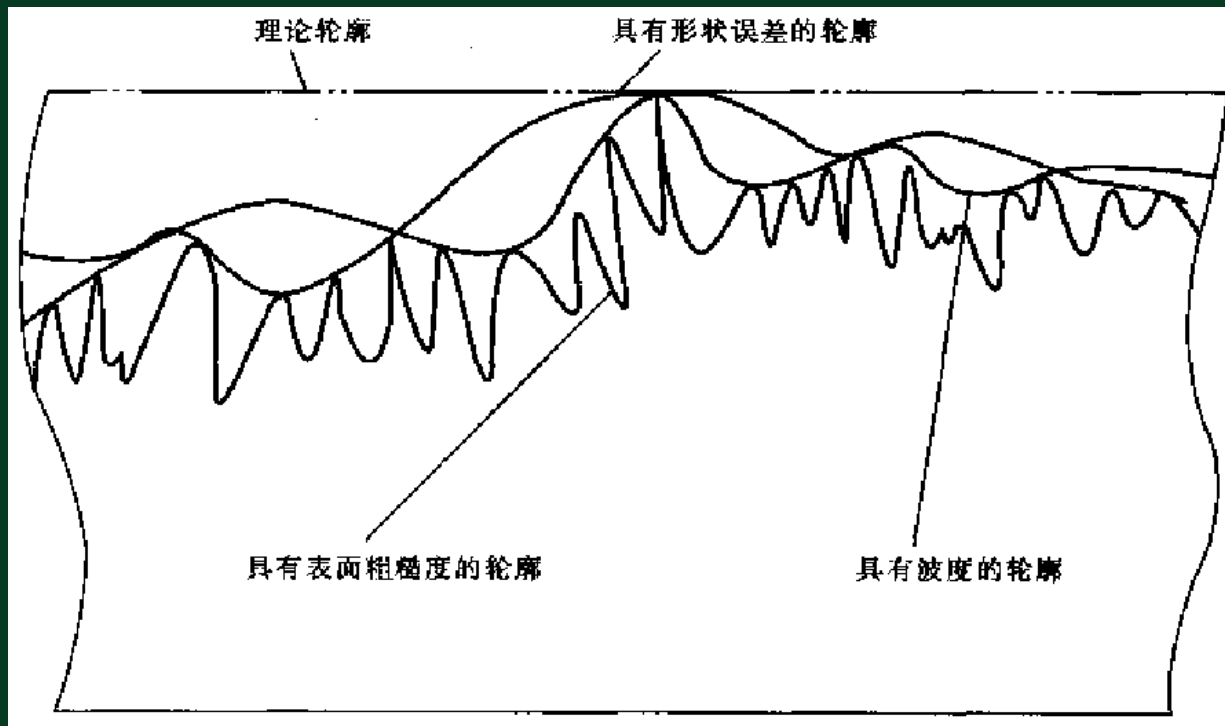
## ➤ 零件表面的几何形状误差

- 表面形状误差 (primary profile)：机床几何精度误差引起的表面宏观几何形状误差。(波距 $>10\text{mm}$ )

# 1、概述

- **表面波纹度 (waviness)**：工艺系统的中低频振动、发热、回转体不平衡引起的介于宏观和微观之间(中观)的几何形状误差。(波距 $1\sim 10\text{mm}$ )
- **表面粗糙度 (roughness)**：刀具与零件表面间的摩擦、切屑分离时表面金属层的塑性变形以及工艺系统的高频振动引起的微观几何形状误差。(波距 $< 1\text{mm}$ )

# 1、概述



## 2、表面粗糙度对零件使用性能的影响

- **对磨损的影响：**表面越粗糙，摩擦阻力越大，零件磨损越快；
- **对配合的影响：**表面粗糙度较大时，磨损后会使零件配合变松，间隙配合的间隙增大，过盈配合的联接强度降低；

## 2、表面粗糙度对零件使用性能的影响

- **对疲劳强度的影响：**粗糙的表面容易在微观凹谷处产生应力集中，使零件的疲劳强度降低甚至断裂破坏；
- **对抗腐蚀性的影响：**粗糙的表面容易使腐蚀性物质附着于零件微观凹谷处，并可能渗入到金属零件的内层，加剧零件表面的锈蚀和电化学腐蚀。

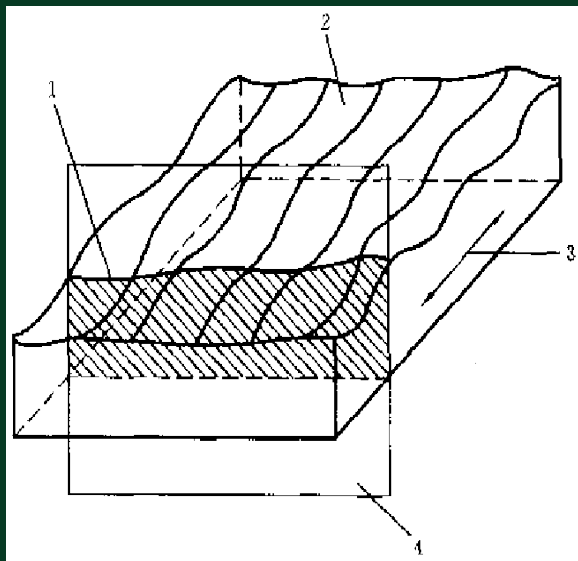


### 3、表面粗糙度的评定(GB/T 1031-2009)

#### ➤ 评定对象

##### ➤ 实际轮廓(real profile):

一个指定平面与实际表面相交所得的轮廓线，根据相截方向不同，分为横向实际轮廓和纵向实际轮廓，通常指与加工纹理垂直的横向实际轮廓。

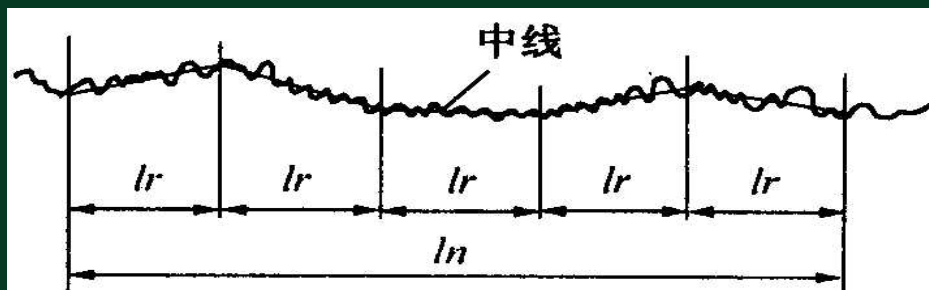


1-横向实际轮廓； 2-实际表面；  
3-加工纹理方向； 4-指定平面

### 3、表面粗糙度的评定

#### ➤ 评定基准

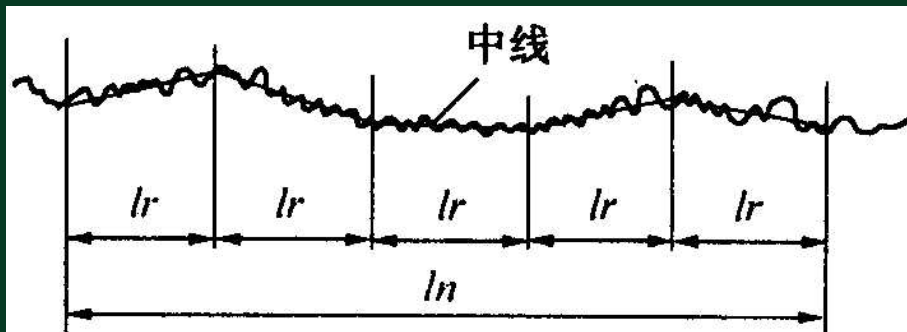
- **取样长度 $l_r$  (sampling length)**: 判别轮廓不规则特征的一段基准线的长度(**x轴方向**);
  - 为了减弱表面波纹度对表面粗糙度测量结果的影响;
  - 至少5个轮廓峰和轮廓谷, 表面越粗糙, 取样长度越大;



### 3、表面粗糙度的评定

#### ➤ 评定基准

- 评定长度 $l_n$ (evaluation length): 评定表面粗糙度所必需的(评定的全面性)一段基准线的长度(x轴方向);
- 一般取 $l_n=5l_r$ ; 被测表面均匀性好 $l_n<5l_r$ ; 均匀性差 $l_n>5l_r$ 。



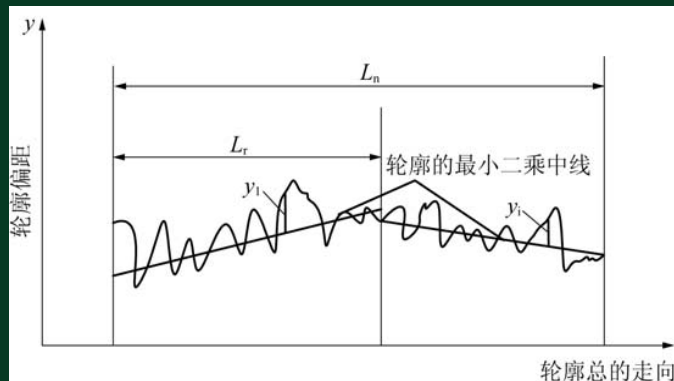
# 4、评定基准 (GB/T 1031-2009)

$R_a/\mu\text{m}$	$R_z/\mu\text{m}$	$l_r/\text{mm}$	$l_n/\text{mm}(l_n=5l_r)$
$\geq 0.008\sim 0.02$	$\geq 0.025\sim 0.10$	0.08	0.4
$> 0.02\sim 0.1$	$> 0.10\sim 0.50$	0.25	1.25
$> 0.1\sim 2.0$	$> 0.50\sim 10.0$	0.8	4.0
$> 2.0\sim 10.0$	$> 10.0\sim 50.0$	2.5	12.5
$> 10.0\sim 80.0$	$> 50.0\sim 320$	8.0	40.0

## 4、评定基准(GB/T 1031-2009)

- **中线(mean lines):** 具有几何轮廓形状, 划分轮廓的基准线, 评定表面粗糙度的参考线。
- **轮廓最小二乘中线:** 在取样长度范围内, 使实际被测轮廓线上各点至该线距离的平方和为最小的基准线;
  - 唯一的、理想的基准线, 但确定位置困难。

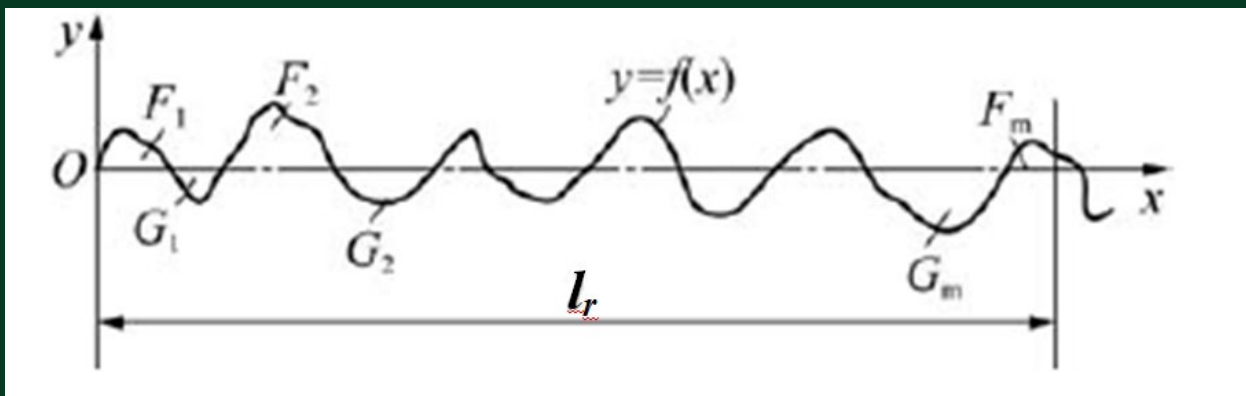
$$\int_0^{l_r} y_{(x)}^2 dx \approx \sum_{i=1}^n y_i^2 = \min$$



## 4、评定基准 (GB/T 1031-2009)

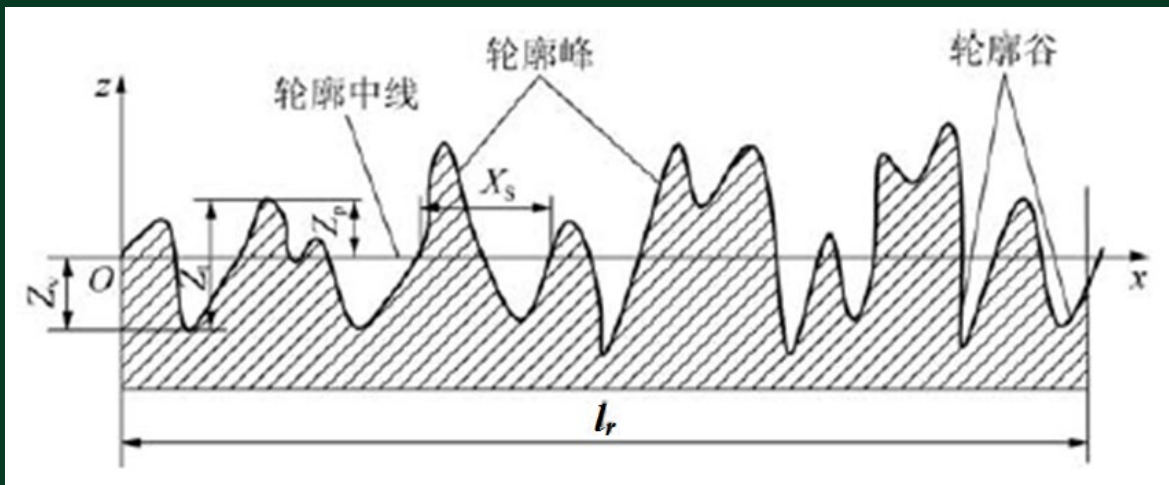
- **轮廓算术平均中线**：在取样长度范围内，使实际被测轮廓上、下两部分面积相等的基准线；
  - 不唯一，当轮廓很不规则时，可能得到一簇，但只有一条与最小二乘中线重合，实际评定和测量时，可代替最小二乘中线。

$$\sum_{i=1}^m F_i = \sum_{i=1}^m G_i$$



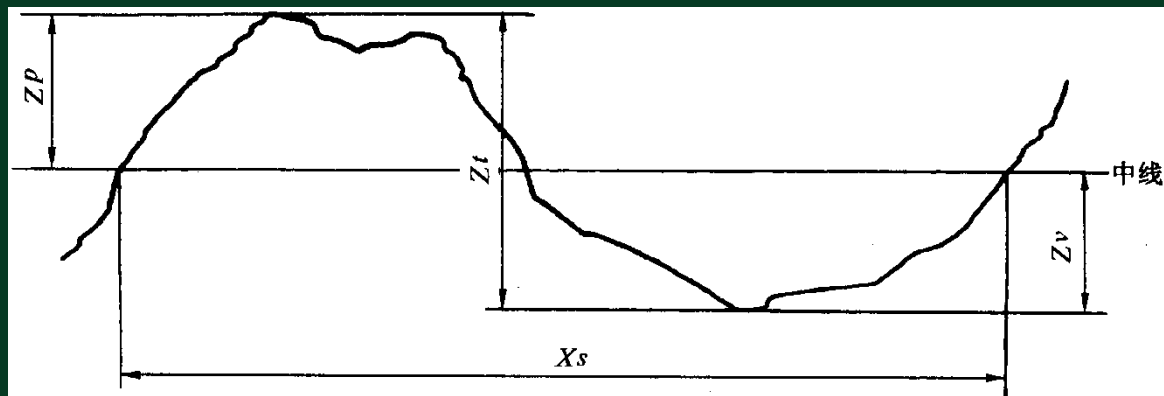
## 5、几何参数

- **轮廓峰(profile peak)**:轮廓与 $x$ 轴(中线)相交, 相邻两交点之间的轮廓外凸部分(材料向周围介质外凸);
- **轮廓谷(profile valley)**:轮廓与 $x$ 轴(中线)相交, 相邻两交点之间的轮廓内凹部分(周围介质向材料内凹);
- **轮廓单元(profile element)**:相邻轮廓峰与轮廓谷的组合。



## 5、几何参数

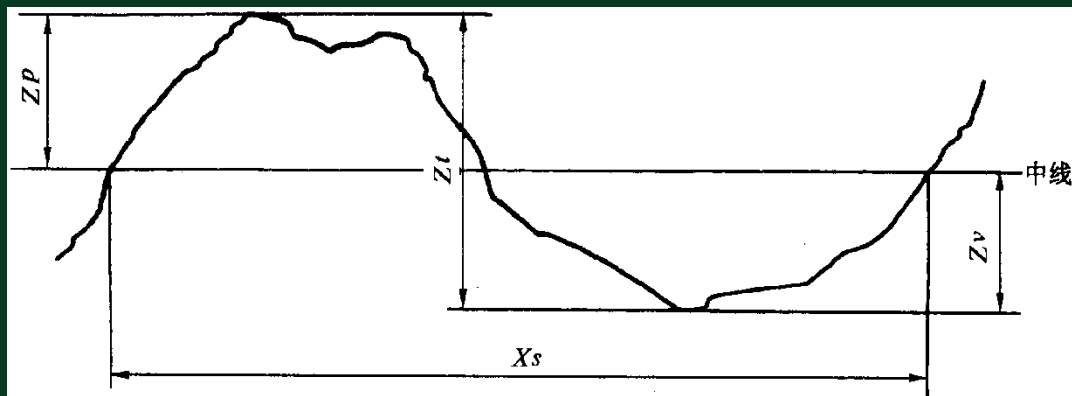
- **轮廓单元宽度 $X_s$  (profile element width):**  $x$ 轴(中线)与轮廓单元相交线段的长度;
- **轮廓峰高 $Z_p$  (profile peak height):** 轮廓峰最高点到 $x$ 轴(中线)的距离;





## 5、几何参数

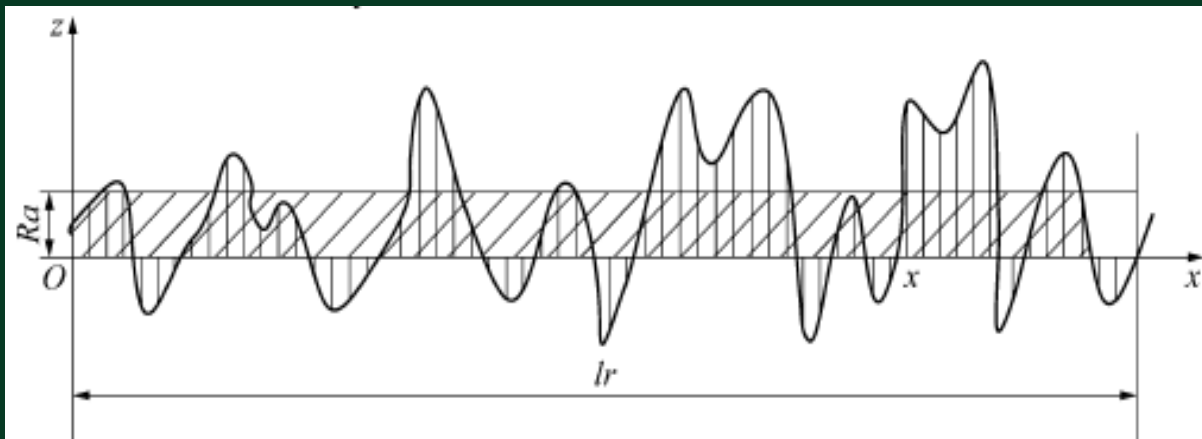
- **轮廓谷深 $Z_v$  (profile valley height):** 轮廓谷最低点到 $x$ 轴(中线)的距离。
- **轮廓单元高度 $Z_t$  (profile element height):** 一个轮廓单元的峰高与谷深之和 $Z_t = Z_p + Z_v$ ;



## 6、评定参数4-高度特征参数2

- **轮廓算术平均偏差 $R_a$  (arithmetical mean deviation of the assessed profile):** 一个取样长度内, 轮廓上各点纵坐标 $Z(x)$ 绝对值的算术平均值。

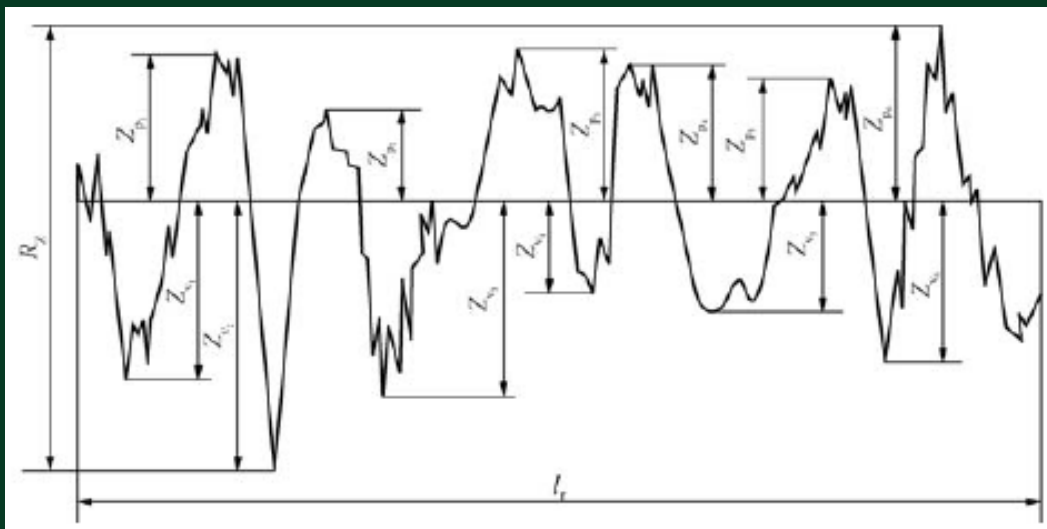
$$R_a = \frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} |Z(x)| dx \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Z_i|$$



## 6、评定参数4-高度特征参数2

- **轮廓最大高度 $R_z$  (maximum height of profile):** 一个取样长度内，最大轮廓峰高 $Z_p$ 和最大轮廓谷深 $Z_v$ 之和。

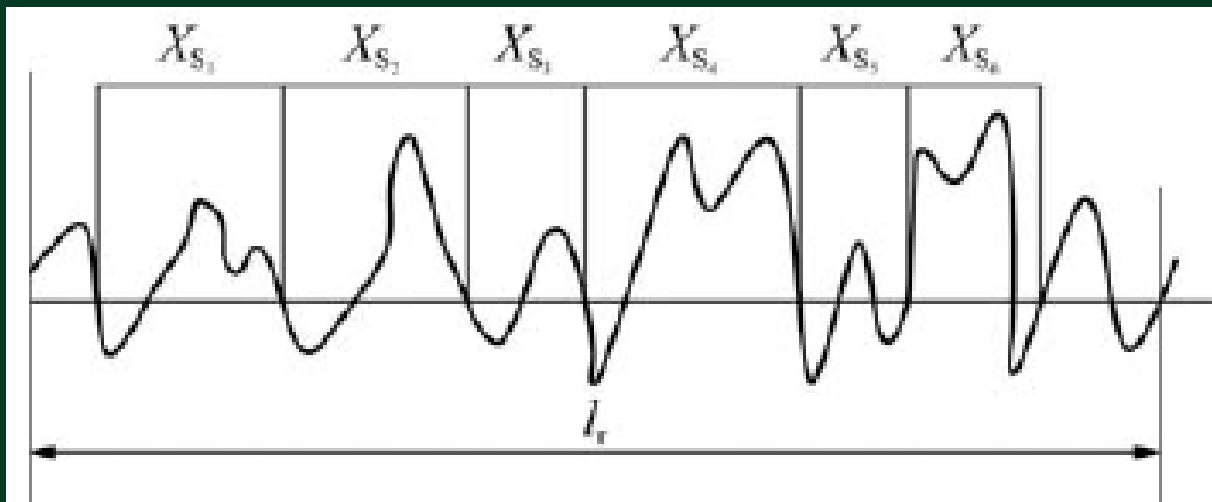
$$R_z = \max \{ Z_{pi} \} + \max \{ Z_{vi} \}$$



## 6、评定参数4-间距特征参数1

- **轮廓单元平均宽度 $R_{sm}$  (mean width of the profile elements):** 一个取样长度内，轮廓单元宽度的平均值。

$$R_{sm} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_{si}$$



## 6、评定参数4-形状特征参数1

- **轮廓支承长度率 $R_{mr}(c)$  (material ratio of the profile):**  
在给定的水平截面高度 $c$ 上，轮廓的实体材料长度 $Ml(c)$ 与取样长度 $l_r$ 的比率，是反映表面耐磨性的指标。

$$R_{mr}(c) = \frac{Ml(c)}{l_r} = \frac{1}{l_r} \sum_{i=1}^n b_i$$

