

崔长德 编

表面粗糙度问答

大连理工大学出版社



表面粗糙度问答
BIAOMIAN CUCAODU WENDA
崔长德 编

大连工学院出版社出版发行
(大连市甘井子区凌水桥)

辽宁省新华书店经销
凌山印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 2 1/8 字数: 46千字
1987年6月第1版 1987年6月第一次印刷

印数: 1—5,000

责任编辑: 郭学满
责任校对: 李 鸽

封面设计: 姜严军

统一书号: 15400·21 ISBN7-5611-0026-4/TH·2

定价: 0.40

前 言

国家标准《表面粗糙度》是机械行业的一项重要基础标准，它是衡量机件表面特性的重要指标。自1985年1月1日起实施以来，由于缺少有关辅导材料，这项标准的贯彻使用遇到了一定困难，有相当部分的同志至今还处于朦胧状态，不能够正确认识和使用《表面粗糙度》标准。尤其是在将旧“表面光洁度”的参数数值如何转换为新“表面粗糙度”的参数数值这个问题上更为突出。

为了帮助广大工程技术人员、广大工人和院校师生尽早熟悉和掌握新的《表面粗糙度》这一重要的基础标准，故编写了这本小册子呈献给广大读者。

本书从实用的角度出发，以问答的形式，通过简明通俗的文字，重点解答有关表面粗糙度的评定参数，以及旧表面光洁度数值如何转换为新表面粗糙度评定参数的数值等问题，并附有一定的表格和图例。其中所列举的图例仅仅是为了说明标准中的有关条文，而不说明其它方面的问题，因此图样也不一定是完整的。

由于编者水平所限，书中缺点、错误在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

1987年5月

目 录

一、表面粗糙度的基本术语

1. 什么是表面粗糙度？为什么将“表面光洁度”
改称为“表面粗糙度”？ 1
2. 为什么要对原《表面光洁度》标准进行修订？
修订后的标准有哪些？ 3
3. 什么是取样长度和评定长度？为什么要规定取
样长度和评定长度？ 4
4. 什么叫中线？ 5

二、表面粗糙度的评定参数

5. 《表面粗糙度》标准中规定的评定参数
有哪几类？ 7
 6. 表面粗糙度高度评定参数有哪些？它们的含义
各是什么？ 7
 7. 表面粗糙度间距评定参数有哪些？它们的含义
各是什么？ 9
 8. 表面粗糙度形状评定参数是什么？它的含义
是什么？ 11
 9. 表面粗糙度评定参数选用原则是什么？ 12
- ## 三、表面粗糙度评定参数的允许值及其选用
10. 表面粗糙度新标准的适用范围如何？ 14
 11. 表面粗糙度各评定参数的数值有什么规律？ 14
 12. 由旧标准转换为新标准时，高度评定参数
的数值如何处理？ 20

13. 表面粗糙度评定参数允许值的选择	
原则是什么?	24
14. 表面粗糙度与加工方法的关系是怎样的?	26
15. 常用表面的表面粗糙度是怎样的?	27
四、表面粗糙度在图样上的标注	
16. 在图样上标注表面粗糙度的符号有什么要求?	29
17. 表面粗糙度评定参数在图样中如何标注?	33
18. 表面粗糙度的其它要求在图中如何标注?	34
19. 表面粗糙度的简化标注有哪些方法?	38
20. 对特殊表面的表面粗糙度如何标注?	41
五、表面粗糙度的检测	
21. 在一般检测中有哪些规定?	46
22. 表面粗糙度高度评定参数的检测方法有哪些?	47
23. 用仪器测量评定表面粗糙度的基本条件是什么?	
测得的数据如何处理?	49
24. 参数 S_m 、 S 和 t , 如何测定?	50
25. 生产中如何选择检测方法?	50
附表和附图	52
主要参考资料	61

一、表面粗糙度的基本术语

1. 什么是表面粗糙度？为什么将“表面光洁度”改称为“表面粗糙度”？

表面粗糙度是指加工表面上具有的较小间距和峰谷所组成的微观几何形状特性。一般由所采用的加工方法和（或）其它因素形成。见图 1。

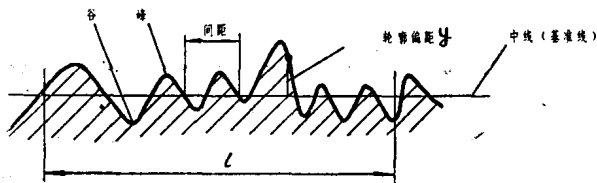


图 1

从图 1 中我们可以得知：

- ① 中线是测量表面粗糙度参数时的一条基准线；
- ② 轮廓偏距 y 是在测量方向上，轮廓线上的任一点到基准线之间的距离；
- ③ 轮廓与中线相交，连接两相邻交点向外（从材料到周围介质）的轮廓部分叫做峰。而连接两相邻交点向内（从周围介质到材料）的轮廓部分叫做谷。
- ④ 间距就是含有一个轮廓峰和相邻轮廓谷的一段中线长度。
- ⑤ l 长是测量表面粗糙度参数时的一段限定的长度，它叫做取样长度。我们讨论表面粗糙度问题时，都是在 l 长度内

进行的。

《表面粗糙度》标准规定，机件加工表面的微观几何形状特性一定要由“较小间距和峰谷所组成”。在实际生产中，根据机件轮廓的间距和峰谷的不同大小，人们把机件加工表面的几何特性分为形状误差、波纹度、表面粗糙度三类，如图 2 所示。

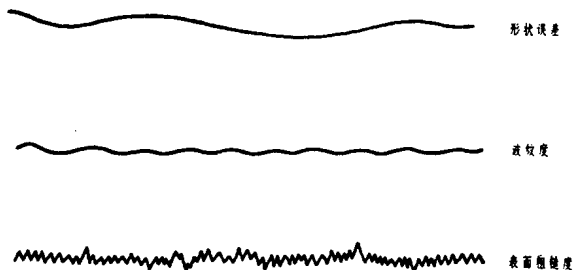


图 2

(1)形状误差——机件的被测实际形状对理想形状的变动量（例如平面度、直线度、圆度、圆柱度等限定的误差）。机件加工表面的轮廓间距和峰谷较大，因此它是一种宏观结构偏差。它是由加工该机件时所使用的机床的几何精度、加工时工件的安装误差、热处理的变形等因素造成的。机件的形状误差在测量时要排除粗糙度的影响。

(2)波纹度——也有人称它为波度，是机件在加工过程中由于刀具的偏心装夹或铣刀的形状误差、机床-工件-刀具系统的振动而造成的，它在机件表面上形成具有一定周期性的高低起伏，该起伏呈波浪形。波纹度的轮廓起伏高度和间距的大小一般介于宏观几何形状偏差和微观几何形状偏差两者之间。在测量时，要通过选择合适的取样长度来限制和减弱加工表面的粗糙度和形状误差的成份，从而得到其测量结果。

波纹度至今尚未有国家标准，但机械工业部已制定了指导性技术文件“JB/Z168-81 磨削表面波纹度”，可供使用时参考。

(3)表面粗糙度——微观结构偏差，是机件加工表面上具有较小间距和峰谷所组成的微观几何形状特性。它是由刀具刃口形状、进刀和走刀、切屑形成过程（切削刀具对工件表面的摩擦、裂屑、剪切、屑瘤）等因素造成的。它对机件的使用性能有多方面的影响（如对配合的可靠性、疲劳强度、摩擦力、耐腐蚀性、耐磨性，对涂层的附着强度、导热性、机械结构的传动精度等方面）。它是表征机件表面质量的一项重要技术指标。它在测量时要与波纹度区分开，通过选择不同的取样长度来达到。

加工表面的这种微观几何特性原来被称为表面光洁度。这种称呼很容易被人误解为机件表面的光泽性、洁净的程度等，所以现在改称为表面粗糙度。表面粗糙度的这种叫法与国际上的称呼相一致。

2. 为什么要对原《表面光洁度》标准进行修订？修订后的标准有哪些？

原《表面光洁度》标准是1968年发布的，它对保证产品的质量起到了一定的作用。但随着人们对表面粗糙度研究的深入，发现表面粗糙度对机件功能的影响极为广泛；近几年来，国际上表示表面粗糙度的参数也越来越多；原《表面光洁度》标准在参数、代号和标注方法等很多方面不能充分反映我们对机件表面的功能要求，更不能适应国际间的技术交流和贸易往来。因此，从1980年开始对原《表面光洁度》标准进行修订。

修订后的标准有：

1983年2月22日发布并规定于1985年1月1日起开始实施的标准有3个，它们是

GB131-83 机械制图 表面粗糙度代号及其注法；

GB1031-83 表面粗糙度 参数及其数值；

GB3505-83 表面粗糙度 术语 表面及其参数。

1985年6月6日发布并规定于1986年3月1日起开始实施的标准有4个，它们是

GB6060.1-85 表面粗糙度比较样块 铸造表面；

GB6060.2-85 表面粗糙度比较样块 磨、车、镗、铣、插及刨加工表面；

GB6061-85 轮廓法测量表面粗糙度的仪器术语；

GB6062-85 轮廓法触针式表面粗糙度测量仪 轮廓记录仪及中线制轮廓计。

以后还将陆续发布表面粗糙度的有关标准。

3. 什么是取样长度和评定长度？为什么要规定取样长度和评定长度？

为了限制和减弱表面波纹度对表面粗糙度测量结果的影响，规定判别表面粗糙度特征时，要在一定的长度（ l ）内进行，该长度称为取样长度。测量时取样长度要在轮廓总的走向上量取。

取样长度 l 在原《表面光洁度》标准中被叫做基本长度。

取样长度的数值大小，将对机件表面粗糙度参数值的测定有很大影响。有人曾对一个车削的机件表面做过对比分析，见图3。

当取 $l_1 = 0.2\text{mm}$ 时，测得 $R_{a1} = 0.93\mu\text{m}$ ；

当取 $l_2 = 0.8\text{mm}$ 时，测得 $R_{a2} = 1.11\mu\text{m}$ ；

当取 $l_3 = 2.5\text{mm}$ 时，测得 $R_{a3} = 1.53\mu\text{m}$ 。

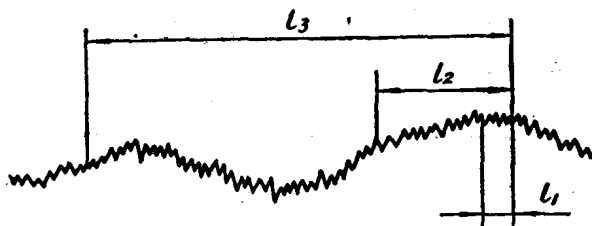


图 3

其中，由于 l_1 取值太小，测量的结果不能反映出该表面的真实情况；而 l_3 又取值太大，以至于波纹度也介入其中。上述对比分析告诉我们，同一机件表面，由于取样长度的取值不同，得到的表面粗糙度参数值的大小也不同。因此，在标准中规定出取样长度的大小是非常必要的。

评定长度 l_n 在原《表面光洁度》标准中被叫做测量长度，它是评定轮廓表面粗糙度所必须的一段长度，它可以包括一个或几个取样长度。

一般说来，在测量评定表面粗糙度参数值时只采用一个取样长度的大小是不足以反映机件表面微观几何形状特征的，而应取几个取样长度的数值（即评定长度 l_n ）去测量机件的表面，然后求测得值的平均值，得出每一个取样长度 l 内的表面粗糙度数值，这样才比较合理。标准规定，一般情况下用 $5l$ 长作为评定长度 l_n 。

在GB1031-83《表面粗糙度 参数及其数值》标准的附录B中给出了取样长度 l 和评定长度 l_n 的推荐值。

4. 什么叫中线？

用于评定表面粗糙度参数的给定的线叫做基准线。而具有

几何轮廓形状并划分轮廓的基准线，在取样长度内使轮廓线各点的轮廓偏距的平方和为最小——此线叫做轮廓的最小二乘中线，简称为中线。见图4。

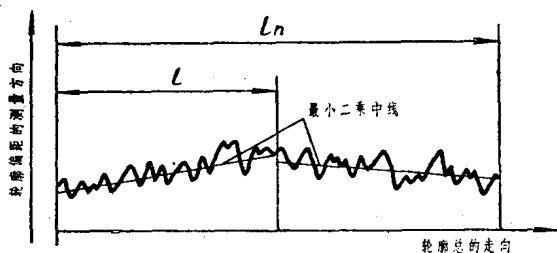


图 4

即
$$\sum_{i=1}^n y_i^2 = \min$$

用作图法确定最小二乘中线是一件比较麻烦的事。因此，一般采用轮廓的算术平均中线近似地取代它。

轮廓的算术平均中线是具有几何轮廓形状，在取样长度内与轮廓走向一致的基准线。它把实际轮廓划分成上下两部分，使这两部分的面积相等。

二、表面粗糙度的评定参数

5. 《表面粗糙度》标准中规定的评定参数有哪几类？

《表面粗糙度》标准中规定的表面粗糙度评定参数有三类。一类为高度评定参数；另一类为间距评定参数；第三类就是形状评定参数。

6. 表面粗糙度高度评定参数有哪些？它们的含义各是什么？

表面粗糙度高度评定参数在标准中规定有三个，即轮廓算术平均偏差 R_a 、微观不平度十点高度 R_z 和轮廓最大高度 R_y 。

(1) 轮廓算术平均偏差 R_a ，见图 5。

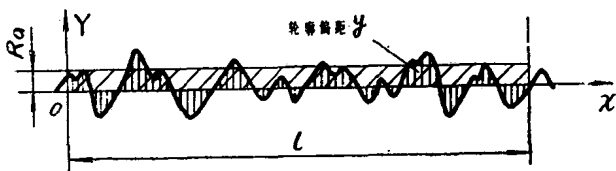


图 5

轮廓算术平均偏差 R_a 就是在取样长度 l 内，轮廓偏距绝对值的算术平均值。它可用式

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx$$

表示。为了便于计算，也可近似表示为

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

式中 y_i ——第 i 个轮廓偏距。

轮廓算术平均偏差 R_a 的数值大小可直接在电动轮廓仪上读得。

(2) 微观不平度十点高度 R_z ，见图 6。

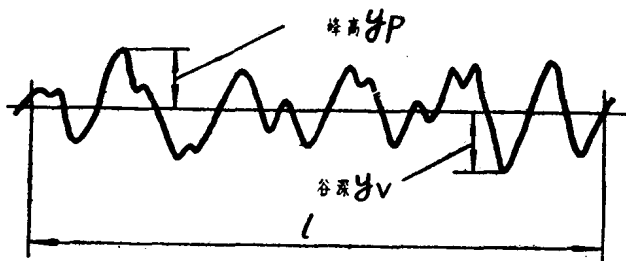


图 6

微观不平度十点高度 R_z 就是在取样长度 l 内，5 个最大的轮廓峰高（轮廓峰高是指中线至轮廓峰最高点之间的距离）的平均值与 5 个最大的轮廓谷深（轮廓谷深是指中线至轮廓谷最低点之间的距离）的平均值之和。它可用式

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 y_{p,i} + \sum_{i=1}^5 y_{v,i}}{5}$$

表示。

式中 $y_{p,i}$ ——第 i 个最大的轮廓峰高；

$y_{v,i}$ ——第 i 个最大的轮廓谷深。

微观不平度十点高度 R_z 易于在光学仪器上量得。因为它只考虑轮廓上的十个点，所以它所表达的信息比较局限。

(3) 轮廓最大高度 R_v ，见图 7。

轮廓最大高度 R_v 就是在取样长度 l 内，轮廓峰顶线（轮廓峰顶线是指在取样长度 l 内，平行于基准线并通过轮廓最高点的线）和轮廓谷底线（轮廓谷底线是指在取样长度 l 内，平行

于基准线并通过轮廓最低点的线)之间的距离。它可用式

$$R_v = R_p + R_m$$

表示。

式中 R_p ——轮廓最大峰高;

R_m ——轮廓最大谷深。

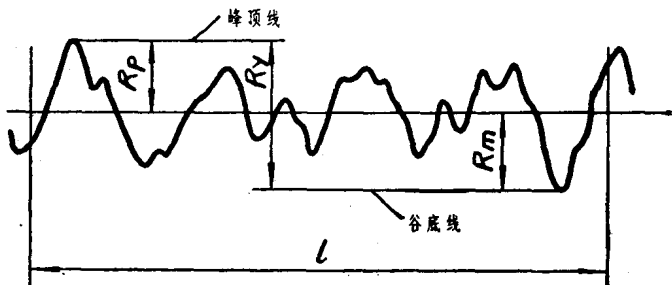


图 7

轮廓最大高度 R_v 的测量和计算都很简单。它对于不允许有较深加工痕迹的机件表面和小零件表面有实用意义。

7. 表面粗糙度间距评定参数有哪些? 它们的含义各是什么?

表面粗糙度间距评定参数在标准中规定有二个, 即轮廓微观不平度的平均间距 S_m 和轮廓的单峰平均间距 S 。

(1) 轮廓微观不平度的平均间距 S_m 。参见图8。

轮廓微观不平度的平均间距 S_m 就是在取样长度 l 内, 轮廓微观不平度的间距的平均值。而轮廓微观不平度的间距则是含有一个轮廓峰和相邻轮廓谷的一段中线长度。

轮廓微观不平度的平均间距 S_m 可用式

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{m_i}$$

表示。

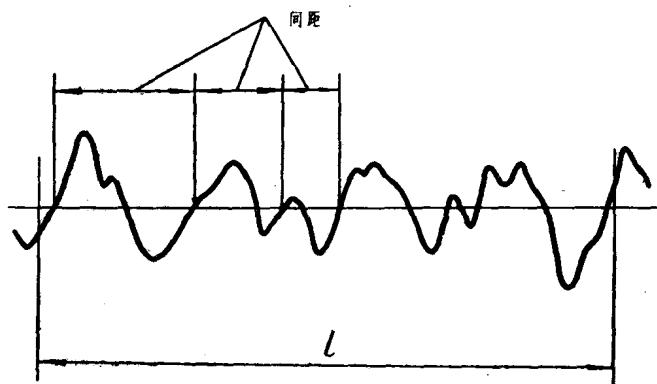


图 8

式中 S_{m_i} ——第 i 个轮廓微观不平度的间距。

轮廓微观不平度的平均间距 S_m 也可以使用

$$S_m = l_m / n$$

的关系式来进行计算。

式中 l_m ——在取样长度 l 内，轮廓与中线相交的第一点到最后一个奇数点之间的距离；

n ——在取样长度 l 内，间距的个数，即 $n = (\text{最后一个奇数点数} - 1) / 2$ 。

轮廓微观不平度的平均间距 S_m 的数值大小可以在性能比较完善的电动轮廓仪上直接测得，也可以在测得轮廓图后，用作图计算而获得。

(2) 轮廓的单峰平均间距 S ，见图 9。

轮廓的单峰平均间距 S 就是在取样长度 l 内，轮廓的单峰间距的平均值。而轮廓的单峰间距则是两相邻单峰的最高点之间的距离投影在中线上的长度。它可用式

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i$$

表示。

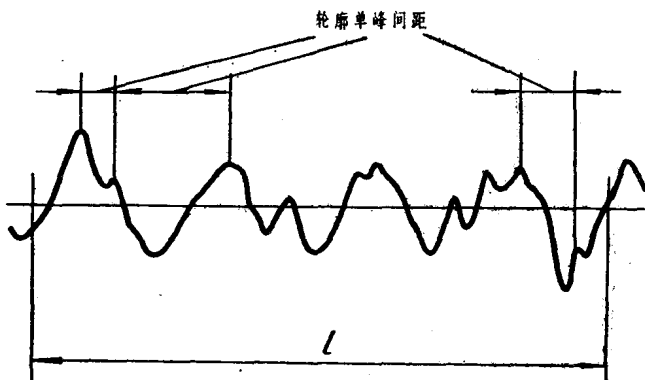


图 9

式中 S_i ——第 i 个轮廓的单峰间距。

轮廓的单峰平均间距 S 也可以使用

$$S = l_0 / (K_s - 1)$$

的关系式来进行计算。

式中 l_0 ——在取样长度 l 内，第 1 个单峰顶到最后一个单峰顶间在中线上的投影距离；

K_s ——在 l_0 长度上的单峰数。

8. 表面粗糙度形状评定参数是什么？它的含义是什么？

国家标准规定表面粗糙度形状评定参数是轮廓支承长度率 t_s ，参见图 10。

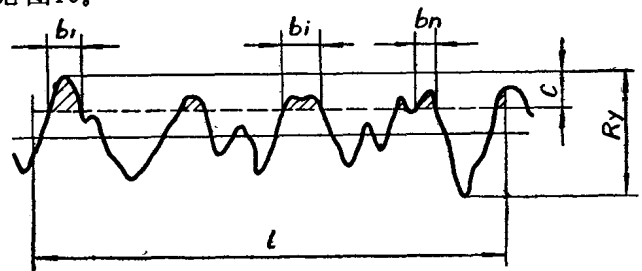


图 10

轮廓支承长度率 t_p 就是轮廓支承长度 η_p 与取样长度 l 之比，即

$$t_p = \frac{\eta_p}{l}$$

而轮廓支承长度 η_p 则是在取样长度 l 内，一平行于中线的线（如图10中的虚线）与轮廓相截所得到的各段截线（ $b_1, b_2, \dots, b_i, \dots, b_n$ ）长度之和，即 $\eta_p = b_1 + b_2 + \dots + b_n$ 。很显然，该轮廓支承长度 η_p 值的大小与轮廓水平截距 C 的值有关。因此，轮廓支承长度率 t_p 值的大小也就与轮廓水平截距 C 的值有关了。

从图10中可知，轮廓水平截距 C 是轮廓峰顶线和平行于它并与轮廓相交的截线之间的距离，而不是截线到中线间的距离。

9. 表面粗糙度评定参数选用原则是什么？

过去设计人员在设计机件时只要给出机件的表面光洁度的等级即可，而不必去考虑选择评定参数的问题。现在，新国标要求在图样上给出表面粗糙度的评定参数及其数值。这就给工程设计人员提出了新的问题，怎样选用机件加工表面的表面粗糙度的评定参数呢？如前所述，新国标中规定的表面粗糙度评定参数共有6个，设计人员在应用它们时应考虑尽可能选用高度参数 R_a 、 R_z 、 R_v 。在使用高度参数时，可根据情况在 R_a 、 R_z 、 R_v 三者中选用一个或二个（例如 R_a 、 R_v 或 R_z 、 R_v ）。

在常用的参数值范围内（ R_a 为 $0.025\mu\text{m} \sim 6.3\mu\text{m}$ ， R_z 为 $0.100\mu\text{m} \sim 25\mu\text{m}$ ）标准推荐优先选用 R_a 。这主要有以下三点考虑