

工厂几何量计量检验员丛书

第6分册

表面粗糙度 检测

何贡 马树山 编著

●通用量具及检具

●常用光学量仪

●电测技术基础

●平台测量

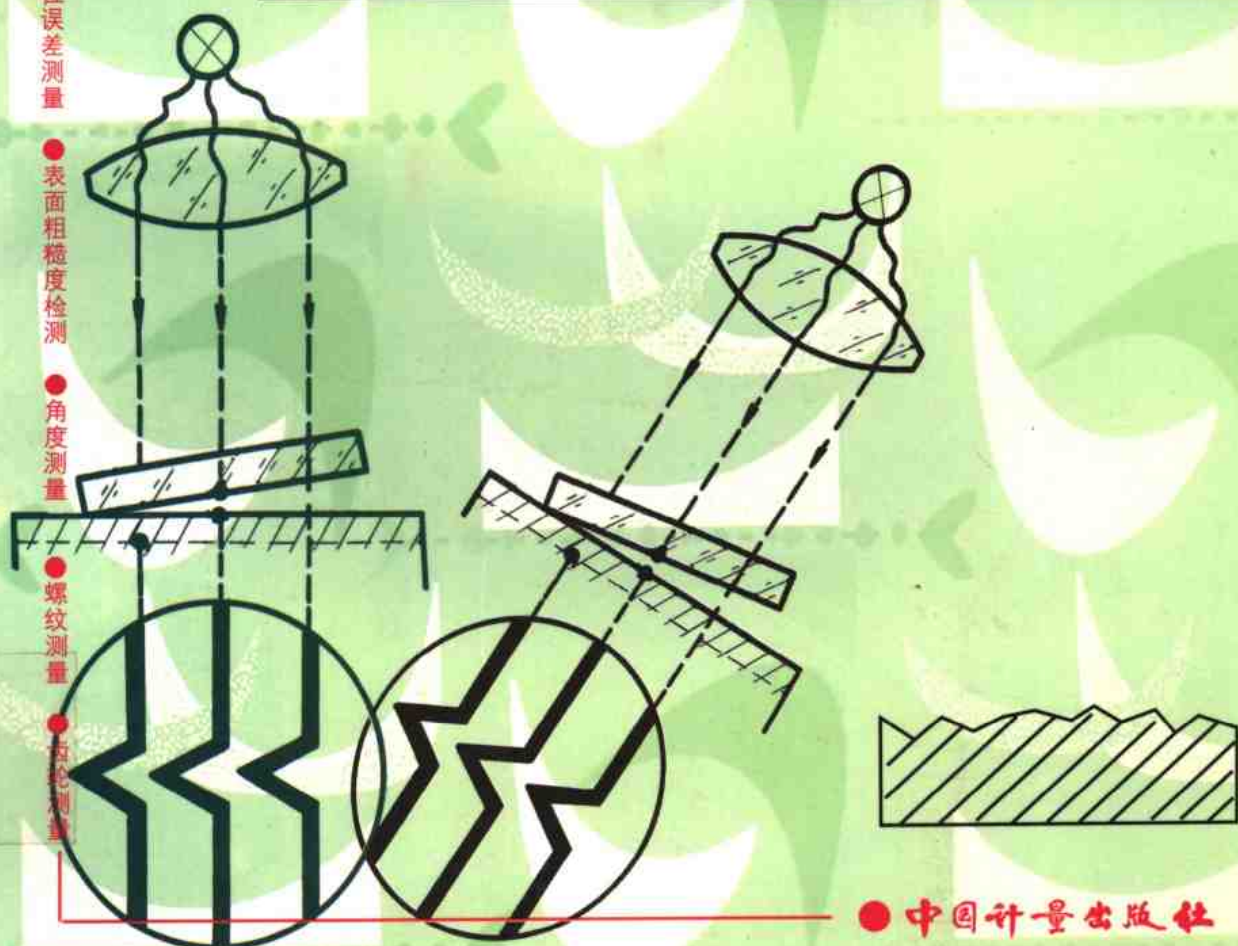
●形位误差测量

●表面粗糙度检测

●角度测量

●螺纹测量

●齿轮测量



●中国计量出版社

责任编辑：洪伟
封面设计：任红

工厂几何量计量检验员丛书

1. 通用量具及检具

2. 常用光学量仪

3. 电测技术基础

4. 平台测量

5. 形位误差测量

6. 表面粗糙度检测

7. 角度测量

8. 螺纹测量

9. 齿轮测量

ISBN 7-5026-1032-4



9 787502 610326 >

ISBN7-5026-1032-4/TB·525 定价：10.00元

TB
H32

工厂几何量计量检验员丛书（第6分册）

表面粗糙度检测

主 编 何 贡

副主编 许国正 庚以滦 刘瑞清

编 著 何 贡 马树山

中国计量出版社

图书在版编目(CIP)数据

表面粗糙度检测/何贡, 马树山编著. —北京: 中国计量出版社, 1997.9

(工厂几何量计量检验员丛书)

ISBN 7-5026-1032-4

I. 表… II. ①何… ②马… III. 表面粗糙度-检测 IV. TB114.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 27473 号

内 容 提 要

本书为工厂几何量计量检验员丛书的第 6 分册。书中介绍了表面粗糙度的一般概念,并具体阐述了比较法评定表面粗糙度、光切法测量表面粗糙度、光干涉法测量表面粗糙度、针描法及其它方法测量表面粗糙度等内容。

本书主要供工厂计量室、车间检验站的检验人员阅读,也可供从事机械设计与制造的技术人员和工人参考。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

中国计量出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787×1092 毫米 16 开本 印张 5 字数 129 千字

1998 年 5 月第 1 版 1998 年 5 月第 1 次印刷

*

印数 1—5 000 定价: 10.00 元

前 言

产品质量是决定市场竞争成败和企业兴衰的关键因素。产品质量管理离不开计量检测技术，特别是在生产第一线，急需一批既具有一定理论知识又具有实际检测能力的检测人员。

几何量包括长度、角度和两者的综合，由于角度可用长度的比值来表示，故几何量计量人们亦习称长度计量。在各种物理量的测量中，尤其在机械制造等产业部门，几何量计量测试占有重要位置。中国计量出版社最近组编出版了一套《计量测试技术手册》，共 13 卷，字数逾 2000 万，堪称巨著，其中第二卷即为《几何量》卷。在此之前，还组编出版了一套《长度计量测试丛书》，共 20 个分册，属中级读物。本套《工厂几何量计量检验员丛书》为初级读物，主要读者对象是在生产第一线从事几何量计量检测工作的检验人员，特别是参加工作不久的年轻检验人员。丛书亦可供有关专业人员和大中专院校有关专业的师生参考。

本丛书共 9 个分册：即《通用量具与检具》、《常用光学量仪》、《电测技术基础》、《形位误差测量》、《角度测量》、《表面粗糙度测量》、《平台测量》、《螺纹测量》及《齿轮测量》。编写原则是力争全面、系统，又能少而精，突出生产中常用的基本检测技术。考虑到总篇幅的限制，对各种基础理论知识，未作详尽地介绍，对不断涌现的新技术，虽有所涉及但未全面展开叙述。有关这些方面的知识，读者可参阅其他专业书籍。

由于编者水平所限，丛书中不足之处及缺点错误在所难免，尚望广大读者多予批评指正，以便再版时进行修订。

编 者
1998 年 3 月

目 录

第一章 表面粗糙度及其测量的一般概念	(1)
一、零件的几何量误差	(1)
二、表面粗糙度对零件使用性能的影响	(2)
三、表面粗糙度国家标准中的评定基准和参数	(3)
(一)评定基准	(4)
(二)评定参数	(6)
四、表面粗糙度的测量方法和测量注意事项	(9)
(一)测量方法	(9)
(二)测量注意事项	(10)
五、表面粗糙度在图纸上的标注	(10)
六、表面粗糙度参数值的量值传递	(11)
第二章 比较法评定表面粗糙度	(14)
一、概 述	(14)
二、比较样块	(14)
三、视觉比较法评定表面粗糙度	(19)
第三章 光切法测量表面粗糙度	(21)
一、微观不平的光切测量原理	(21)
二、光切显微镜	(22)
(一)光学系统	(22)
(二)机械结构	(23)
三、光切显微镜的定度	(25)
(一)物镜的放大倍率	(25)
(二)定度	(25)
四、光切显微镜测量前的调整	(27)
(一)选择可换物镜	(27)
(二)安放被测工件	(27)
(三)调焦	(28)
五、光切显微镜测量表面粗糙度	(28)
(一)测量微观不平度十点高度 R_z 值	(28)
(二)测量轮廓算术平均偏差 R_a 值	(30)
(三)测量其他评定参数	(31)
(四)仪器照相机的使用	(33)
第四章 光干涉法测量表面粗糙度	(34)
一、微观不平的光干涉测量原理	(34)
(一)光的干涉现象	(34)
(二)光干涉测微原理	(35)

二、干涉显微镜	(36)
(一)6J 型干涉显微镜	(36)
(二)6JA 型干涉显微镜	(39)
三、干涉显微镜测量前的调整	(41)
(一)干涉条纹调整的主要步骤	(41)
(二)其他几个问题	(42)
四、干涉显微镜测量表面粗糙度	(43)
五、几种其他形式的干涉显微镜	(44)
(一)内表面干涉显微镜	(44)
(二)多光束干涉显微镜	(45)
(三)在物镜和被测表面之间分光的干涉显微镜	(46)
第五章 针描法测量表面粗糙度	(47)
一、针描法测量原理和轮廓仪概述	(47)
二、BCJ-2 型电感式轮廓仪	(48)
(一)电路系统的测量原理	(49)
(二)机械结构	(52)
(三)测量操作和注意事项	(55)
(四)仪器的校准	(56)
三、其他型号的电感式轮廓仪	(57)
(一)2222 型便携式多参数轮廓仪	(57)
(二)泰勒塞夫-4 型轮廓仪	(58)
(三)泰勒塞夫-5 型轮廓仪	(61)
四、其他形式的轮廓仪	(62)
(一)压电式轮廓仪	(62)
(二)光电式轮廓仪	(64)
(三)感应式轮廓仪	(64)
五、轮廓仪工作故障的初步分析	(65)
第六章 表面粗糙度的其他测量方法	(67)
一、激光散斑技术的应用	(67)
二、光纤测量法	(68)
三、气动测量法	(70)
四、印模法	(71)
五、其他新的测量方法	(72)

第一章 表面粗糙度及其测量的一般概念

一、零件的几何量误差

任何机器设备都是由许多零件和部件组装而成的,而任何零件又都是由若干个实际表面所形成的几何实体。因此,零件的几何量误差,对单一表面而言,是指决定表面轮廓大小的尺寸误差和表面的形状误差,而零件上各表面之间(包括部件和整机上的有关表面之间),还有相互位置误差(如不平行,不垂直,不同轴,不对称等)和相互关联的尺寸误差(如两孔之间的中心距离等)。

表面形状误差按产生的原因、表现形式和影响产品使用质量的不同,又分为(参看图 1—1):

1. 微观形状误差

一般称为表面粗糙度(过去称表面光洁度),是指在机械加工中,因切削刀痕、表面撕裂挤压、振动和摩擦等因素,在被加工表面上留下的间距很小的微观起伏不平。

2. 中间形状误差

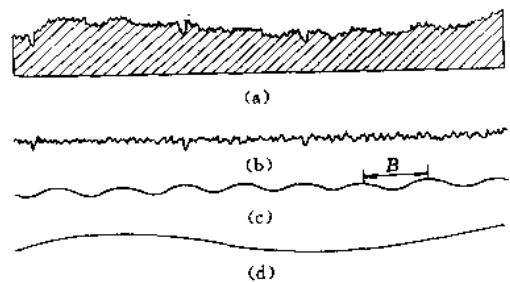
一般称为表面波度,简称波度。它具有较明显的周期性的波距(图 1—1c 中之 B)和波高,只是在高速切削(主要是磨削)条件下才有时呈现,是由加工系统(机床—工件—刀具)中的振动所造成的,常见于滚动轴承的套圈等零件。

3. 宏观形状误差

简称形状误差。它产生的原因是加工机床和工夹具本身有形状和位置误差,还有加工中的力变形和热变形以及较大的振动等。零件上的直线不直,平面不平,圆截面不圆,都属此类误差。

相互位置误差与宏观形状误差无论产生的原因还是对零件及机器的影响,都有许多相近之处,故合称为形位误差。其精度的国家标准,也是同一标准,即“形状和位置公差”。形位误差影响零件的配合性质和密封性,加剧磨损,降低联接强度和接触刚度,直接影响整机的工作精度和寿命。

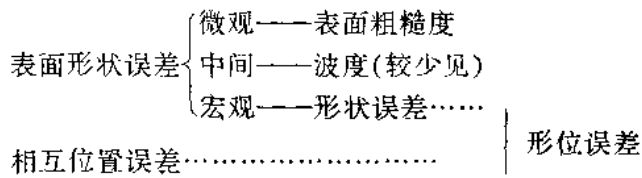
综上所述,机械产品的几何量误差可归纳如下:



(a)表面的截面轮廓;(b)表面粗糙度;
(c)表面波度;(d)宏观形状误差

图 1—1

尺寸误差(最基本的误差形式)



二、表面粗糙度对零件使用性能的影响

1. 加剧摩擦和磨损

机器要作功,其中许多零件的表面之间就会有相互运动,如机床的转轴与轴承面,可动工作台或鞍板与导轨的接触面等。相互运动将产生摩擦,进而导致磨损,特别是对承受负荷大和运动速度高的表面。摩擦磨损不仅是零件使用后报废的主要原因,而且还会消耗大量能源,造成很大的经济损失。

零件的表面粗糙度,直接而明显地影响摩擦和磨损,表面越粗糙,磨损越严重。零件表面磨损的一般情况如图 1—2 所示:在开始磨损时,表面粗糙度的微观凸峰(图 1—1b)很快被磨

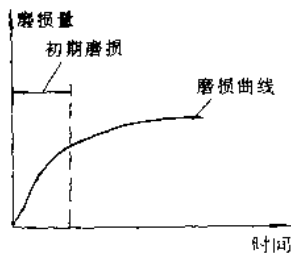


图 1—2

平,磨损量上升很快;在经过一段时间运转之后,运动表面之间的接触面积加大,磨损的速度就会缓慢下来。若表面光滑细密,则微观凸峰的高度和尖锐程度都较小,所以光滑细密的表面比粗糙表面耐磨。但是表面过于光滑,不利于润滑油的贮存,反而会使表面的摩擦系数加大,使金属表面发热而产生“胶合”现象。不过在一般的零件加工和装配中,这种“过光洁”现象只是极个别的。

2. 影响配合件的配合性质

表面粗糙度对配合性质的影响,可用使用得最多的孔、轴配合来说明。精密孔与轴的配合有严格的过盈和间隙要求,有的要求只有几个微米的变动量。

在图 1—3 中,轴径 $D_{轴}$ 大于孔径 $D_{孔}$,为一过盈配合,过盈量为“ $D_{轴} - D_{孔}$ ”,孔和轴的表面粗糙度微观峰谷的高差分别为 $H_{孔}$ 和 $H_{轴}$ 。装配时轴压入孔,微观凸峰被挤平。如果挤平量为峰谷高差的一半,则直径两端总的挤平量将为“ $H_{孔} + H_{轴}$ ”,即过盈量减小了“ $H_{孔} + H_{轴}$ ”。过盈量的减小会降低零件的联接强度,使配合达不到原设计的要求。

对间隙配合,由于微观凸峰的磨损,将使间隙增大,从而破坏了原来所需的配合性质,影响配合件的使用质量。

3. 影响零件强度

零件表面粗糙,其凹凸不平的地方就会产生“应力集中”现象,即单位面积上所承受的负荷很大,特别是在零件的沟槽及圆角处,负荷更加严重,有时甚至会因材料过度“疲劳”而引起表面断裂。尤其在受交变负荷的场合,更要特别注意。

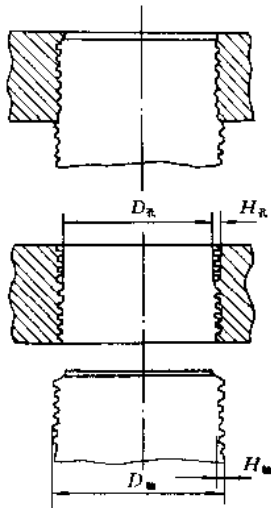


图 1—3



图 1—4

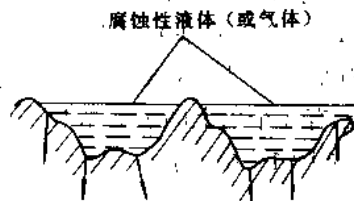


图 1—5

另外,表面越粗糙,会使实际支承面积减少(如图 1—4 所示),这样所承受的接触压力将增大,并降低表面抗疲劳的强度。

4. 对表面抗腐蚀能力的影响

粗糙的表面,上面有许多深浅不同的凹谷。这些地方,最容易积留一些具有腐蚀性的液体和气体(图 1—5)。如机床工作台和导轨表面不够光洁,擦拭之后,表面仍会留有油污。金属表面和这些腐蚀性物质接触,时间稍长,即会因化学作用而使表面锈蚀,并沿图 1—5 所示的箭头方向扩散,进而破坏表面。

机器中的零部件,特别是精密仪器和机床等设备的金属表面,因锈蚀损坏而造成的经济损失,是相当可观的。

以上是表面粗糙度影响零件使用功能的几个主要方面,它对零件耐磨性能、配合性质、强度及耐腐蚀性等的明显影响,会直接影响机器和仪器的工作精度及寿命。此外,表面粗糙度还对密封零件连接处的密封性以及外表的美观有重要作用。

一般说来,零件的尺寸精度越高,要求表面也越光洁。但对某些非配合尺寸也不尽然,如机床手柄的尺寸精度要求并不高,但对表面粗糙度有严格的控制。

三、表面粗糙度国家标准中的评定基准和参数

我国的表面粗糙度国家标准最基本的有三个,都是在 1983 年颁布,并于 1985 年开始实施的。其中与测量最密切相关的是 GB 1031—83《表面粗糙度 参数及其数值》,它取代了旧的国家标准 GB 1031—68,内容与国际标准 ISO 468—1982 基本上相同。最近该标准又进行了修正,新标准号为 GB/T 1031—95。另外两个国家标准主要是规定许多术语定义和介绍代号以及图纸标注方法。下面仅就与测量有关的主要内容进行介绍。

(一) 评定基准

表面粗糙度误差的随机性很强,一般是用规定的评定参数来评定和控制。规定评定参数,要先确定评定基准。

1. 取样长度 l

评定表面粗糙度的参数,过去和现在都主要是用高度方向的参数(详见后),微观起伏的高度幅值越大,表面越粗糙。从图 1—1 可以看出,要测高度方向的起伏大小,必须规定测量的长度范围和方向。我们要测的,只是图 1—1b 那样的微观起伏,若测量的长度范围超过波度的波距 B (图 1—1c),则波度的波高就混进来了;若从图 1—1a 中的全长上来测,那么宏观几何误差的起伏也混进来了。因此,测量时必须排除波度起伏的干扰,办法就是规定测量时的取样长度 l 。波度干扰排除了,宏观误差的干扰就更排除了。

所谓取样长度,就是评定表面粗糙度时所规定的一段基准线的长度。取样长度的大小,要能限制和削弱表面波度对测量表面粗糙度的影响,既不应过大,但也不能过小,一般应保证在取样长度上有 5 个以上的表面微观起伏的峰谷。另外取样长度的方向,要和被测表面的轮廓走向一致(如图 1—6 所示)。

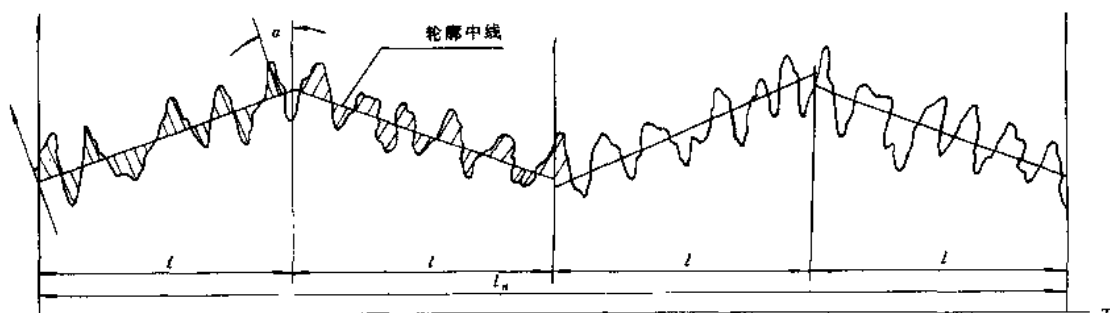


图 1—6

国家标准规定了 5 个标准的取样长度值,即 0.08;0.25;0.8;2.5 和 8mm,表面越粗糙,取样长度值应越大。具体选用可先估计参数值 R_a 或 R_z 、 R_v (见后)的范围,再按表 1—1 选用,还可按表面的不同加工方法,参考表 1—2 选取。总的看来,以 0.8mm 用得最为广泛。实际测量时,取样长度可由调整仪器来选择。

表 1—1 取样长度 l 和评定长度 l_n

$R_a(\mu\text{m})$	$R_z, R_v(\mu\text{m})$	$l(\text{mm})$	$l_n(\text{mm})$	相当旧国标 GB 1031-68
$\geq 0.008 \sim 0.02$	$\geq 0.025 \sim 0.10$	0.08	0.4	$\nabla 13 \sim 14$
$> 0.02 \sim 0.1$	$> 0.10 \sim 0.50$	0.25	1.25	$\nabla 11 \sim 12$
$> 0.1 \sim 2.0$	$> 0.50 \sim 10.0$	0.8	4.0	$\nabla 5; 6 \sim 10$
$> 2.0 \sim 10.0$	$> 10.0 \sim 50.0$	2.5	12.5	$\nabla 4 \sim 5; 6$
$> 10.0 \sim 80.0$	$> 50.0 \sim 320$	8.0	40.0	$\nabla 1 \sim 3$

表 1-2 不同加工方法与相应的取样长度 l

表面加工方法	R_a 值 (μm)	取样长度 (mm)	表面加工方法	R_a 值 (μm)	取样长度 (mm)
特超精加工	<0.05	0.08	拉拔	0.8~3.2	0.8;2.5
超精加工	0.05~0.2	0.25;0.8	挤压	0.8~3.2	0.8;2.5
研磨	0.05~0.4	0.25;0.8	铣削	0.8~6.3	0.8;2.5;8.0
珩磨	0.1~0.8	0.25;0.8	刨削	1.6~12.5	0.8;2.5;8.0
磨削	0.16~1.6	0.25;0.8;2.5	钻孔	0.63~5	0.8;2.5
金刚刀车削	0.1~0.4	0.25;0.8	电火花加工	0.32~5	0.8;2.5
车削	0.4~6.3	0.8;2.5;8.0	精铸	0.32~5	0.8;2.5
镗孔	0.4~6.3	0.8;2.5;8.0	精锻	0.32~5	0.8;2.5

2. 评定长度 l_n

由于表面微观的起伏不平不均匀,因此只在一个取样长度内来测量和评定表面粗糙度,其代表性往往不充分。为此规定在测量时,要连续取多个取样长度,在每个取样长度上得出一个评定数值,然后再取平均值作为结果。这几个连续的取样长度 l ,就组成了评定长度 l_n (见图 1-6)。

一个评定长度一般含有 5 个取样长度,即 $l_n = 5l$ 。但对均匀性好的表面,可少于 5 个,反之可多于 5 个。

3. 轮廓中线

表面粗糙度的测量,应在三维空间中进行,即用 x 、 y 、 z 三个坐标来表示。但在生产实用中,常简化为二维来处理,即在表面微观的最大起伏方向上,取一轮廓曲线来测量评定。例如粗车的圆轴,上面可看到细密的螺旋线,则在轴截面上取一轮廓曲线来测量评定。

在测量评定表面粗糙度时,首先要规定一条用于计算表面粗糙度参数值的基准线,这条基准线叫做轮廓中线,简称中线。中线是具有取样长度并划分轮廓的基准线,其几何形状应与工件表面几何轮廓的走向一致。如用于被测平面是直线,用于被测圆截面是圆弧等。

具体的轮廓中线有两种:

(1)最小二乘中线 是指在取样长度内,使被测轮廓上各点到该中线的距离 y_i (轮廓偏距)的平方和为最小(图 1-7a),即

$$\sum_{i=1}^n y_i^2 = \text{最小}$$

所谓“最小”,就是换一条任何别的线来代替最小二乘中线,则必然是 $\sum_{i=1}^n y_i^2 < \sum_{i=1}^n y_i'^2$,这里 y_i' 是被测轮廓上各点到代替最小二乘中线的任何一条线的距离。

最小二乘中线符合数学上的最小二乘原理(见有关专著,这里不多介绍),从理论上讲,是很理想的基准线,但实用时很难确切地找出来,所以很少应用。

(2)算术平均中线 是指在取样长度内,划分轮廓使上、下两边面积相等的基准线(如图 1-7b 所示)。即

$$F_1 + F_2 + \dots + F_n = S_1 + S_2 + \dots + S_n$$

算术平均中线与最小二乘中线差别很小,实用中以它来代替最小二乘中线。但当被测轮廓不规则时,可能有多个划分上、下两边面积相等的中线(最小二乘中线则是唯一的),但相差

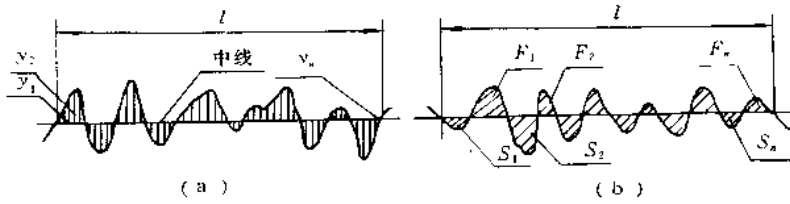


图 1-7

不大,不影响使用与评定。

还要指出,按规定评定长度和取样长度都是在被测轮廓(直线、圆弧等)总的走向上量取的(如图 1-6 所示),但由于图 1-6 中的 α 角很小(x, y 坐标所取比例相差很大),所以取样长度范围内的基准线(中线)长度,即可视为等于平行于 x 轴的取样长度。对实际表面来说,可认为轮廓偏距 y_i (图 1-6),都垂直于图 1-7 中的取样长度和评定长度的方向,即垂直于图中的 x 坐标方向。

(二) 评定参数

迄今为止,人们提出的表面粗糙度评定参数(包括三维参数),有几十个之多,但目前在生产中经常应用的还只是很少几个参数。我国国家标准 GB 1031-83 提出了三个高度参数及二个附加参数。最近修订的标准(GB/T 1031-95)已将三个附加参数改为正式参数。

1. 高度参数

(1) 轮廓的算术平均偏差 R_a

R_a 是在取样长度 l 内,轮廓偏距 y_i 的绝对值的算术平均值(图 1-8)。

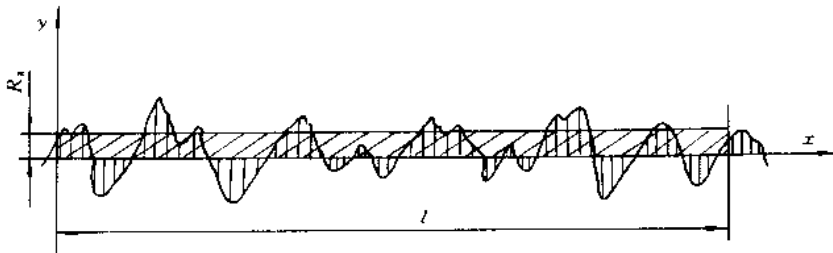


图 1-8

用公式表示为:

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y| dx \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| \quad (1-1)$$

R_a 值一般用电动轮廓仪来测量。简单的原理之一(详见第五章)如图 1-9 所示,当测针(连同整个传感器)在被测表面上移动时,所感受的表面起伏不平,通过杠杆作用,使衔铁在线圈中作相应的上下移动,从而输出相应的电信号,再经测量电路处理后,由仪器的显示器直接指示出 R_a 值。

参数 R_a 定义直观,用轮廓仪测量,快速而方便,且表面起伏的取样较多,能比较客观地反映表面粗糙程度,故国家标准推荐,在常用的参数值范围内(R_a 为 $0.025 \sim 6.3 \mu\text{m}$, R_z 为 $0.1 \sim 25 \mu\text{m}$),优先选用参数 R_a 来测量和评定表面粗糙度。

(2) 微观不平度十点高度 R_z

R_z 是在取样长度 l 内, 5 个最大的轮廓峰高 y_{pi} 的平均值与 5 个最大的轮廓谷深 y_{wi} 的平均值之和(图 1—10)。即:

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 y_{pi} + \sum_{i=1}^5 y_{wi}}{5} \quad (1-2)$$

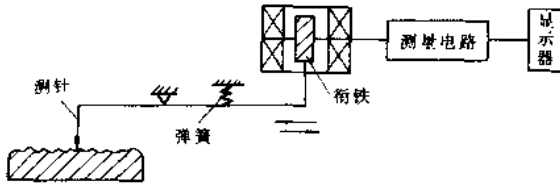


图 1—9

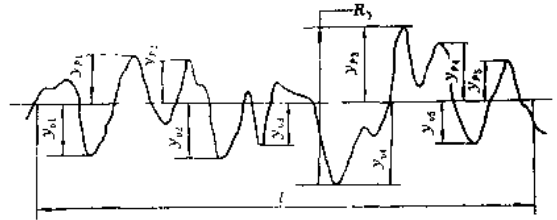


图 1—10

这里要注意, 5 个最大的轮廓峰高 y_{pi} 和 5 个最大的轮廓谷深 y_{wi} 应在中线的上面和下面分别查找, 而不一定是 5 个连续的起伏高差。

R_z 值一般是用专门的显微镜仪器如双管显微镜、干涉显微镜(详见后)来测量, 即在显微镜中测量经显微放大或光干涉放大后的表面起伏影像。在生产中, 参数 R_z 应用也很广泛。

(3) 轮廓的最大高度 R_y

R_y 是在取样长度 l 内, 在垂直于中线的方向上, 轮廓最高点与最低点之间的距离(图 1—10)。

R_y 反映表面情况不如 R_a 、 R_z 全面, 故其应用远不如 R_a 、 R_z 广泛, 但它测量简便, 只需一次读数即可得出结果。对某些小表面(如刀刃、顶尖、手表及某些仪表零件的表面), 以及小圆弧表面(如微型轴承零件), 用 R_a 测量不便, 用 R_z 又往往在所用显微镜的目镜视场中, 能看到的轮廓峰谷不足 5 个, 这时可用 R_y 来测量。

国家标准 GB/T 1031—95 对参数 R_a 、 R_z 和 R_y 规定的系列值见表 1—3 和表 1—4。

表 1—3 轮廓算术平均偏差(R_a)系列值 (μm)

系列值	相当于旧国标级	系列值	相当于旧国标级	系列值	相当于旧国标级	系列值	相当于旧国标级
0.012	▽14	0.2	▽10	3.2	▽6	50	▽2
0.025	▽13	0.4	▽9	6.3	▽5	100	▽1
0.05	▽12	0.8	▽8	12.5	▽4		
0.1	▽11	1.6	▽7	25	▽3		

注: 系列值为旧国标相应的最大允许值。

表 1—4 微观不平度十点高度(R_z)和轮廓最大高度(R_y)系列值 (μm)

系列值	相当于旧国标级	系列值	相当于旧国标级	系列值	相当于旧国标级	系列值	相当于旧国标级
0.025							
0.05	▽14	0.80	▽10	12.5	▽6	200	▽2
0.10	▽13	1.60	▽9	25	▽5	400	▽1
0.20	▽12	3.20	▽8	50	▽4	800	
0.40	▽11	6.30	▽7	100	▽3	1 600	

注: 系列值为旧国标相应的最大允许值。

2. 间距参数

(1) 轮廓微观不平度的平均间距 S_m

S_m 是在取样长度 l 内, 轮廓微观不平度的间距的平均值。这里不平度的间距是含有一个轮廓峰和相邻轮廓谷的一段中线长度(图 1—11)。即

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{m_i} \quad (1-3)$$

图 1—11 中 S_{m_1} 、 S_{m_2} 、 \dots 、 S_{m_n} 都是不平度间距, 也就是被测轮廓与中线每三个连续交点中的两侧交点之间的距离。

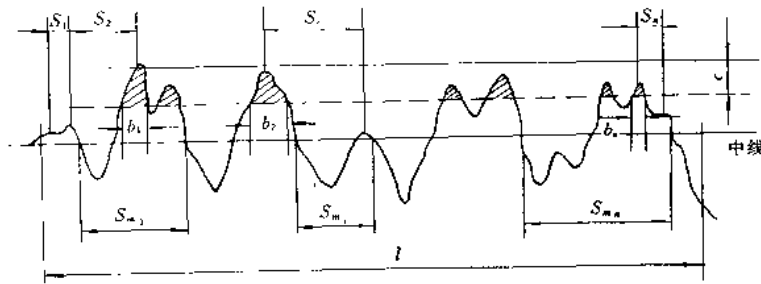


图 1—11

(2) 轮廓单峰平均间距 S

S 是取样长度 l 内, 轮廓单峰间距的平均值。单峰间距是两相邻轮廓单峰最高点的距离在中线上的投影长度(图 1—11)。即

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i \quad (1-4)$$

3. 形状参数

轮廓支承长度率 t_p

t_p 是在取样长度 l 内, 一条平行于中线的线与轮廓相截(图 1—11 中的虚线), 所得各段截线长度 b_i 之和与取样长度 l 的比值。即

$$t_p = \frac{b_1 + b_2 + \dots + b_n}{l} \quad (1-5)$$

由图 1—11 可看出, 决定 t_p 的 b_i 值与水平截距 c 值有关。 c 值是轮廓最高点到轮廓截线(图中平行于中线的虚线)的距离, 一般 c 值越大, t_p 值也越大。 c 值可用微米或轮廓最大高度 R_y 的百分数表示, 在确定允许的 t_p 值时, 要先选定水平截距 c 值(常取 $0.5R_y$)。国家标准规定的评定参数 S_m 、 S 和 t_p 及 c 的数值系列见表 1—5。

间距参数 S_m 、 S 和形状参数 t_p 是为进一步反映表面形貌特征和功能要求而规定的。如对表面密封性和耐磨性有特殊要求时; 可规定 S_m 、 S , 对表面耐磨性有很高要求时, 可规定 t_p 值。

以上我国国家标准规定的六个参数, 和 ISO 国际标准一致。除此之外, 人们还提出了许多评定参数(见参考文献[3]、[5], 包括一些三维统计参数, 这些参数, 有的已被某些国家的国家标准采用, 但更多的参数还在进一步研究和完善的过程中。

这里特别提出一个有意义的参数, 就是轮廓的均方根偏差 R_q 。 R_q 是在取样长度 l 内, 轮廓偏距 y_i 的均方根值, 即

$$R_q = \left(\frac{1}{l} \int_0^l y^2(x) dx \right)^{\frac{1}{2}}$$

R_q 实际上是数理统计中常用的标准偏差(亦称均方根偏差) σ 值,是一个比较客观合理的评定参数。过去前苏联、我国和美国曾用过这一参数,当时因轮廓仪电路复杂,后都改用 R_a 代替 R_q ,而现在测 R_q 的仪器障碍已不复存在。

表 1-5 评定参数 S_m 、 S 和 t_p 、 c 的数值系列

S_m	S (μm)		t_p (%)	c (R_y %)
12.5	(0.63)	(0.032)	10	5
(10.0)	(0.50)	0.025	15	10
(8.0)	0.40	(0.020)	20	15
6.3	(0.32)	(0.016)	25	20
(5.0)	(0.25)	0.0125	30	25
(4.0)	0.20	(0.010)	40	30
3.2	(0.160)	(0.008)	50	40
(2.5)	(0.125)	0.006	60	50
(2.0)	0.100	(0.005)	70	60
1.60	(0.080)	(0.004)	80	70
(1.25)	(0.063)	(0.003)	90	80
(1.00)	0.050	(0.002)		90
0.80	(0.040)			

注:1. S 的最小间距为取样长度的 1%。

2. 轮廓峰最小高度为 R_y 的 10%。

3. 未加括弧为优先选用值。

四、表面粗糙度的测量方法和测量注意事项

(一) 测量方法

表面粗糙度的测量方法有很多,主要的方法如表 1-6 所列。本书后续各章,将就一些常用方法作较详细的介绍。

表 1-6 表面粗糙度的测量方法及其可测范围

测量方法	可测范围			测量部位
	R_a 值(μm)	R_z 值(μm)	相当旧国标“级”	
直接目测比较法	63~2.5	250~10	$\nabla 1 \sim \nabla 5$	外表面
触觉比较法	10~0.63	40~3.2	$\nabla 4 \sim \nabla 7$	内、外表面
放大镜比较法	2.5~0.32	10~1.6	$\nabla 5 \sim \nabla 8$	外表面
显微镜比较法	10~0.1	40~0.5	$\nabla 4 \sim \nabla 10$	外表面
光切法(光切显微镜)	16~0.16	63~0.8	$\nabla 3 \sim \nabla 9$	外表面
光干涉法(干涉显微镜)	0.08~0.01	0.4~0.03	$\nabla 10 \sim \nabla 14$	外表面
针描法(轮廓仪)	5~0.02	20~0.1	$\nabla 5 \sim \nabla 12$	内、外表面
印模法	>0.04	>0.2	$\nabla 1 \sim \nabla 11$	内表面
全息干涉法	0.16~0.01	0.8~0.05	$\nabla 9 \sim \nabla 13$	平面
激光光斑法	1.6~0.02	6.3~0.05	$\nabla 6 \sim \nabla 12$	外表面
光纤法	<0.25	<1.25	$\nabla 9 \sim$	内表面

(二) 测量注意事项

1. 测量方向

评定表面粗糙度的二维参数值,是在垂直于被测表面的法向截面上给出的。如图纸或技术文件上已注明测量方向,则应按所指定的方向进行测量;如没有注明,应在能给出最大的粗糙度高度参数值的方向上测量。

表面在加工后留下的痕迹多具有方向性,测量时,应在垂直于加工痕迹的方向上进行(如图 1—12 中的 A 向),因为该方向一般就是能给出最大的粗糙度高度参数值的方向。在图 1—12 中,如按方向 B(斜向)测量,虽然微观不平的高度与方向 A 相差不大,但在同样的取样长度 l 内,被测轮廓峰与峰之间的距离有明显的变化,有时可能因峰、谷数目在取样长度内过少而不便测量。如按图中 N 方向测量,则微观不平的高度将很小,甚至测不出来。

如被测表面的加工痕迹方向不明显(如研磨表面)或没有一定的方向(如某些非切削加工表面),则应选择几个不同的方向测量,取测得的最大参数值作为测量结果。

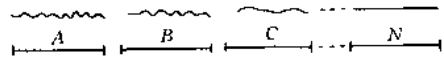
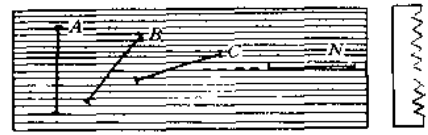


图 1—12

2. 测量部位

由于表面加工后的微观起伏不平具有随机性,不同部位测得的粗糙度参数值往往不相同,有时差别还很大。因此,对较重要的表面,应在不同部位多处测量,取平均值作为测量结果。必要时,可将不同部位测得的结果都记录下来,以便参考。

3. 表面缺陷

表面粗糙度不包括表面缺陷,如气孔、砂眼、划痕、擦伤等,因此在测量时应予排除。对于表面缺陷,必要时应另外提出要求。

五、表面粗糙度在图纸上的标注

表面粗糙度在图纸上的标注示例如图 1—13 所示。下面将国家标准规定的标注符号作一介绍。

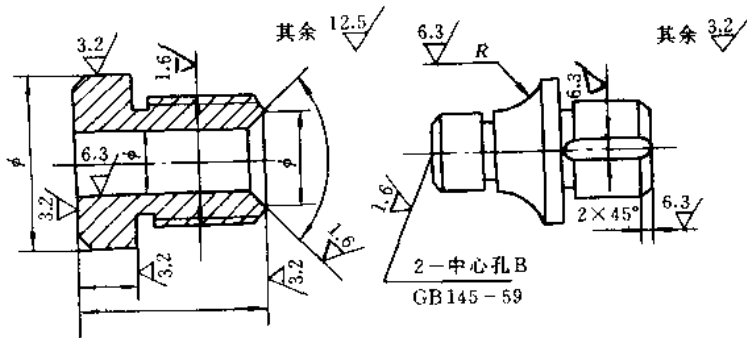


图 1—13