

表面粗糙度

● 四川科学技术出版社
● 上海交通大学 黄忠 ●

84

表面粗糙度

上海交通大学 黄忠

四川科学技术出版社

一九八六年·成都

责任编辑：赵 健
封面设计：伍 东
版面设计：翁宜民

表面粗糙度

上海交通大学 黄 忠

出版：四川科学技术出版社
印刷：成都印刷一厂
发行：四川省新华书店
开本：787×1092毫米 1/32
印张：4 插页：5
字数：85千
印数：1—2,000
版次：1986年10月第一版
印次：1986年10月第一次印刷
书号：15298·270
定价：1.60元

前 言

表面粗糙度是机械基础标准之一。国家标准局针对表面光洁度标准的实施情况和我国工业生产的需要，决定将表面光洁度标准 GB 1031—68 和 GB 131—74 予以废除。同时遵循“积极采用国际标准”的精神，在广泛征求意见、分析国内外有关资料的基础上，经过反复讨论和研究，制定了三个标准：

1) 表面粗糙度 术语 表面及其参数 GB 3505—83；

2) 表面粗糙度 参数及其数值 GB 1031—83；

3) 表面粗糙度的代（符）号及其注法 GB 131—83。

上述三项标准，经国家标准局批准颁发，已于 1985 年 1 月 1 日开始实施。为使此三个表面粗糙度标准能顺利地贯彻执行，笔者针对设计、工艺和检测工作的需要，特编写此书，以供读者参考使用。

编 者

于 1985 年 8 月

张如川

目 录

一、几个有关问题的说明	1
二、表面粗糙度对机器零件使用性能的影响	3
三、表面粗糙度发展简史	8
四、表面粗糙度的评定参数	14
五、表面光洁度与表面粗糙度的对照及转换	42
六、尺寸公差、形状公差与表面粗糙度之间的关系	46
七、表面粗糙度的选择	55
八、表面粗糙度的标注	60
九、新、旧表面粗糙度标准的主要区别	73
十、表面粗糙度的测量	76
十一、六个评定参数的测量法	94
十二、测量表面粗糙度应注意的几个问题	102
十三、各评定参数之间的关系	104
十四、国内外表面粗糙度研究的发展方向	108
十五、练习	110
十六、附录	117

几个有关问题的说明

1. 微观几何形状误差的形成

经机械加工后的轮廓表面，由于在加工过程中受到工件表面与刀刃的摩擦，机床、刀具、工件系统的振动，以及刀具形状、切削用量、切屑分裂时的塑性变形等因素的影响，留下了许多微小的凸凹不平的痕迹。这些痕迹是由许多凸峰和凹谷组成的，即所谓微观几何形状误差。人们过去称它为表面光洁度 (Surface finish)，现在改称表面粗糙度 (Surface roughness)。表面粗糙度与宏观几何形状误差(即形状误差)、中间几何形状误差(即波度)有别，如图 1 所示。

2. 表面粗糙度的定义

表面粗糙度是加工表面上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。按此定义，用非切削加工方法所获得的表面，其微观几何形状特性也属于表面粗糙度。

对零件表面的物理特性(如全相结构、硬度、表面应力、表面界层、光亮程度、颜色及斑纹等)和表面缺陷(如硬伤、划伤、裂痕、打痕、窝陷、气孔、飞边、毛刺、鳞片、鼓包、砂眼等)是不算在表面粗糙度范围内的。

3. 表面粗糙度、波度和宏观形状误差的区分

第一种方法以波距的大小来区分。所谓波距，就是相邻两波峰或波谷之间的距离，如图 1 中的 s 。

波距 $s < 1$ 毫米，实际轮廓呈周期性变化的，属于表面粗糙度；

波距 $s = 1 \sim 10$ 毫米，实际轮廓也呈周期性变化的，属于波度；

波距 $s > 10$ 毫米，实际轮廓不呈周期性变化的，属于宏观几何形状误差（简称形状误差）。

第二种方法以波距 s 与波高 h 的比值大小来区分：

$s/h > 0 \sim 50$ ，属于表面粗糙度

$s/h > 50 \sim 1000$ ，属于表面波度

$s/h > 1000$ ，属于形状误差

此外，洛阳轴承厂还采用频率数的大小来区分。

对于前两种区分方法，学术界目前尚持有不同意见，但在一种完美的科学的方法未产生以前，不妨继续使用。

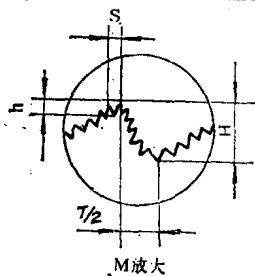
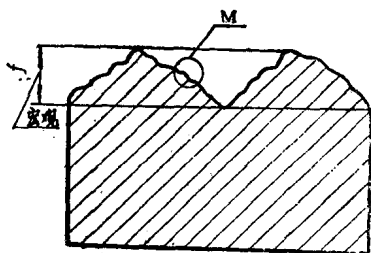


图 1

4. 表面光洁度改名为表面粗糙度的原因

原因有三：

1) 国际上都称为表面粗糙度，本着尽量采用与国际术语相一致的原则，应更名；

2) 使用表面光洁度，可能使人误解为零件表面的光亮程度。例如经过粗研和半精研的零件表面，有时发黑(不亮)，但光洁度却很高；而经过抛光的工件表面有时很亮，但光洁度却不高。为了避免人们理解上和概念上的混淆，应改名；

3) 旧的国家标准规定，表面光洁度愈高，光洁度等级也愈高，评定参数的参数值便愈小。而新的国家标准则规定，表面粗糙度愈大(即表面愈粗糙)，参数值便愈大；表面粗糙度愈小(即表面愈精细)，参数值便愈小。可见，采用术语“表面粗糙度”，能使术语与量值相一致。

二、

表面粗糙度对机器零件 使用性能的影响

表面粗糙度与机器零件的耐磨性、疲劳强度、接触刚度、配合性质、密封性、腐蚀性等均有密切关系，所以零件表面粗糙度的高低直接影响机器、仪器的使用性能和寿命。

1. 耐磨性的影响

加工后的零件表面总存在一定程度的粗糙，故当两表面接触时，一般说来就只是一些峰顶接触，它比理论上的接触面

积小得多。接触面积小，单位面积上的压力就大。压力超过了材料的屈服极限，凸峰部分就产生塑性变形，凸峰就被折断或剪切，这时磨损较快。当磨损到一定程度时，较多的峰顶被磨平。之后，两表面的接触面积增大，单位压力就下降，这时磨损变缓，进入正常磨损阶段，如图2、图3所示。为了提高表面的耐磨性，应设法减小上述的初期磨损量，也就是提高表面粗糙度的要求。

表面粗糙度参数值愈小是否耐磨性就愈高呢？这也不是。表面粗糙度要求过高，则接触的两表面之间的润滑油被挤出，彼此之间产生亲和力，这反而会使磨损加剧。

根据实验得出表面粗糙度的参数值与磨损量之间的关系曲线，如图4所示。由图4可以清楚地看出，曲线上的AC部分说明参数值与磨损量成正比，而AD部分说明参数值与磨损量成反比。

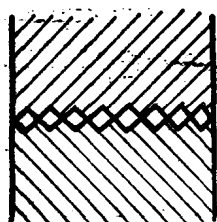


图2

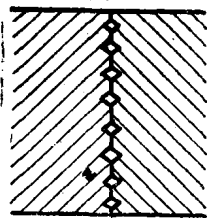


图3

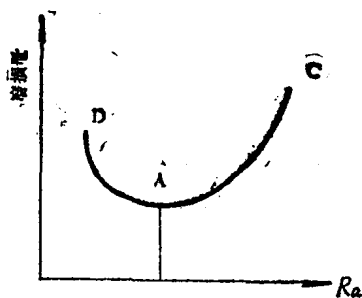


图4

为了提高机器的使用寿命，合理地选择表面粗糙度数值是十分重要的。

2. 对抗疲劳强度的影响

零件表面愈粗糙，表面上的凹痕和裂纹就愈明显。这些凹痕和裂纹处对应力集中极敏感。当零件承受交变载荷时，零件的损坏往往由于零件表面凹谷处产生应力集中而引起（材料产生疲劳裂缝）。它降低了材料的疲劳强度，如图5所示。而提高表面粗糙度的要求，就能提高零件抗疲劳强度的能力。

3. 对接触刚度的影响

如前所述，当两粗糙表面接触时，其实际接触面积只是理想接触面积的一部分。这些已接触的峰顶，其单位面积压应力比原设计值增大了许多。因此，当受到外力作用时，它们极易产生变形。此种变形称为接触变形，它是影响工艺系统刚度的一个重要因素，如图2所示。

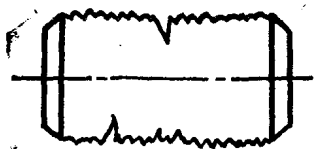


图 5

零件结合面在外力作用下抵抗接触变形的能力，称为接触刚度。提高零件表面粗糙度的要求，就可以提高结合件的接触刚度。

4. 对配合性质的影响

零件的配合性质是根据零件工作条件与使用要求确定的。

对间隙配合，由于表面粗糙不平，两个接触表面的一些

凸峰相接触。当零件运转时，因接触表面的磨损，间隙会逐渐增大，使配合性质改变。特别是在尺寸小、公差小的情况下，表面粗糙度对间隙配合影响更大。

对过盈配合，粗糙表面在装配压入过程中，会使峰顶挤平，减小实际有效过盈，降低连接强度。因此提高零件表面粗糙度的要求，对提高间隙配合的稳定性，保证过盈配合的连接强度，都具有十分重要的意义。

5. 对抗腐蚀性的影响

金属腐蚀是化学过程或电化学过程所引起的，如钢、铁生锈，铜生铜绿，皆系腐蚀作用所致。

零件表面愈粗糙，这种腐蚀作用愈强烈，因为腐蚀物质容易凝集在峰谷的底部，腐蚀作用将从凹谷底部深入到金属内部去，凹谷深度愈大，底部角度愈小，这种腐蚀渗透作用就愈厉害。所以提高表面粗糙度的要求，能提高零件的抗腐蚀能力。

6. 对结合密封性的影响

两粗糙表面由于只在局部点上接触，中间有隙缝，影响密封性。要求密封的表面分两类：一类称为静力密封性，即接触表面间没有相对滑动；另一类称为动力密封性，即接触表面间存在相对滑动。

对静力密封表面，当表面微观不平度深度过大，密封材料在装配受预压后仍不能完全塞满这些微观不平度的沟深时，则在密封面上留下渗漏的微隙。密封不仅与微观不平度的深度有关，而且与微观不平度加工纹理有关。

对动力密封表面，由于有相对运动，表面间需含有一定量的油使之润滑，一般以表面微观不平度为4~5微米为有利，表面太光反而不好。

7.对流体流动阻力的影响

流体在管道中流动，要受到阻力。当管内流动处于紊流状态时，摩擦阻力就大。管壁相对粗糙度的数值可作为是否会发生紊流的一个指标。管径愈小，流速愈大，管壁粗糙度对摩擦损失的影响愈大。

摩擦阻力与微观不平度深度及层流层厚之比有关，特别是与微观不平度峰谷侧面的倾斜角有关。

8.对测量精度的影响

由于工件表面微观不平度的存在，测量时，测量杆实际接触在峰顶上。虽然测量力不大，但因接触面积小，单位面积上受的力却不小，引起一定的接触变形。

零件表面微观不平度有一定的峰谷起伏，如测量时测量头和被测表面间要做相对滑动，这使测量杆也随被测表面的峰谷起伏而上下波动，影响到示值波动，从而对测量精度有一定程度的影响。

9.对镀层的影响

电镀金属表面，镀前的表面粗糙度对镀后的质量有影响，如镀铬前表面微观不平度 R_y 为 $0.5\mu\text{m}$ ，在镀后也仍能看出有加工纹理痕迹，影响美观。镀锌、铜、铬后，往往表面微观不平度深度比镀前增加一倍；而镀镍后，则比镀前减小

一倍。因此，对镀前表面应有一定的表面粗糙度要求。

10. 对外观和清洁卫生的影响

除上述以外，表面粗糙度对导热性、表面反射和辐射性能、胶合强度等也都有一定的影响。

三、

表面粗糙度发展简史

由上可知，表面粗糙度将直接影响零件表面的功能特性。因此，表面粗糙度与尺寸公差、形位公差一样，是评定零件质量的重要技术指标之一。在二十世纪二十年代，虽有论述表面粗糙度对零件功能影响的文章，但那时还没有标准，所以表面粗糙度标准的发展迟于尺寸公差。目前世界各国都十分重视对它的研究。六十年代开始，人们对表面质量和零件功能的关系以及对表面质量的微观几何方面参数的研究越来越多。到七十年代，世界各主要工业国家都相继修订了本国的标准，同时国际标准化组织（ISO）对1966年的ISO/R468标准也进行了修订并制订出了草案。后来得到通过，成为正式标准。

现将世界各主要工业国家表面粗糙度标准发展简述如下：

世界上第一个表面粗糙度标准是1931年10月德国颁布的标准DIN 140，它规定不加工表面符号为“∞”，加工的表面

粗糙度符号为▽、▽▽、▽▽▽等，但没有规定参数和数值标准，不同等级的符号所代表的加工表面粗糙度的情况只是用目测来估计区分的。到三十年代，美国的阿卜脱(E. J. Abbott)和发耶斯来(E. A. Firestone)以及德国的希玛尔茨(G. Schmaltz)开始对表面粗糙度的参数和仪器进行了研究。四十年代开始出现参数及其数值的标准，例如：苏联标准ГОСТ2789—45《表面光洁度、表面微观几何形状、分级和表示法》，它采用中线制，参数只用轮廓的均方根偏差 H_{ck} ，并分有14级；美国标准ASA B46.11947《表面粗糙度、波度和加工纹理的标准》，它也采用中线制，参数在高度方面并列有四个，即轮廓微观不平度的最大高度，轮廓微观不平度的平均高度，轮廓对中线的均方根偏差和轮廓对中线的算术平均偏差，并规定有系列数值；英国标准BS1134 1950《表面结构的评定》，它也采用中线制，用的参数是轮廓的算术平均值；西德在1952年2月发布了DIN4760和DIN4762，内容是有关表面粗糙度的参数术语以及参数的标注法等；日本标准JIS B 0601—1955，它也采用中线制，参数有 R_a 、 R_z 、 R_{max} 。随着现代工业生产突飞猛进的发展，从五十年代到七十年代，世界各国都对自己的标准进行了多次修订，目前世界各国的标准已基本上与国际标准取得了一致。

国际标准化组织ISO/TC57“表面特性及其计量”技术委员会(Metrology and properties of surface)于1954年开始制订表面粗糙度国际标准。经过多年的工作，已于1966年2月正式通过为ISO建议标准，即ISO/R468。

ISO/R468颁布后，ISO/TC57又继续制订了一些有关表面粗糙度量仪和比较样块等标准。到目前为止，所制订的

标准如下：

1) ISO/DIS 4287/I 《表面粗糙度——名词术语 第一部份：表面和它的参数》；

2) ISO/DIS 468 《表面粗糙度——参数及其数值和一般规定》；

以上二个标准是ISO/R468——1966标准修订后分成的。

3) ISO1302——1978技术制图——图样上表示特征 的表示法；

以上三个标准是基本的标准。

4) ISO1878——1974 《测量和评定加工表面几何参数 用的仪器和装置的分类》；

5) ISO1879——1981 《用于按轮廓法测量表面粗糙度 的仪器——术语》；

6) ISO1880——1979 《用于按轮廓法测量表面粗糙度 的仪器——轮廓记录仪》；

7) ISO3274——1975 《用于按轮廓法测量表面粗糙度 的仪器——轮廓连续变换的接触式(触针式) 仪器——接触式轮廓计，M制》；

8) ISO2632/ I ——1975 《表面粗糙度比较样块——第 一部份：车削、磨削、镗削、铣削、刨削》；

9) ISO2632/ II ——1977 《表面粗糙度比较 样块——第 二部份：电火花加工、喷丸和喷砂处理、抛光》；

10) ISO2632/ III ——1979 《表面粗糙度比较 样块——第 三部份：铸造表面》；

已经制订草案的有下列标准：

11) ISO/DP4287/ I 《表面粗糙度——名词术语第二部

份：表面粗糙度参数的测量》；

12) ISO/DP4288 《用触针式仪器测量表面粗糙度的规则和程序》；

13) ISO/DP4289 《用于按轮廓法测量表面粗糙度的仪器——轮廓连续变换的接触式（触针式）仪器，轮廓记录仪的检验方法和工具》；

14) ISO/DP5436 《触针式仪器校验样块，类型和样块的校验》。

世界各国所采用的评定表面粗糙度的参数虽然较多，但近几年来已逐渐统一到某几个主要参数。现将世界各国标准中所采用的参数及其代号列于表1。从表1中可以看出，各国采用参数最多的是 R_a ，其次是 R_z 和 R_y 。我国新的表面粗糙度标准就是采用 R_a 为主参数的，同时也采用 R_z 和 R_y 作为一般评定表面粗糙度的参数。在附录中，还提供了各行业使用的评定参数 S_m 、 S 和 t_p 。

我国最早的表面粗糙度标准是1956年机械工业部制订的《机50—56》部颁标准，它与ГОСТ2789—51标准完全相同。1958年重工业部也制订了《ZJ051—58》部颁标准，它与《机50—56》标准基本相同，仅多采用了一个参数 H_{max} 。到1960年，原机械工业部改名为第一机械工业部，该部将原部颁的《机50—56》修改为机标JB178—60《表面光洁度等级和代号》。实际修改的标准与《50—56》标准基本相同，只是将参数代号改为汉语拼音字母。1963年7月开始制订我国表面粗糙度国家标准，于1968年颁布为GB1031—68《表面光洁度》。它主要参考了1962年11月在北京举行的社会主义国家标准化机构代表会议上通过的“表面粗糙度、

粗糙度等级”统一建议（KO7/北京1962年/4号文件）而制定，与ISO后来公布的建议标准ISO/R468大体一致。其基本内容在我国大多数单位均得到了贯彻，它对保证产品质量起到了应有的作用。但是，随着我国工业生产的高速发展，尤其是近年来国际交流和对外贸易的不断发展，这个标准的某些部分已不能适应当前生产、科研以及技术交流的需要，其中代号和标注方法尤其如此。所以，国家标准局和机械工业部组织有关单位对该标准进行了修订。按照“积极采用国际标准”的精神，在广泛征求意见，深入调查研究，分析国内外资料，反复讨论的基础上，提出了标准草案，上报国家标准局，于1983年2月获得批准，1985年1月1日颁布实行。其三个标准分别为：

1) 表面粗糙度 术语 表面及其参数 GB3505—83
Surface roughness Terminology

Surface and its Parameters

2) 表面粗糙度 参数及其数值 GB1031—83

Surface roughness Parameters and their Values

3) 表面粗糙度代号及其注法 GB131—83

Surface roughness Symbols and methods of indicating

其中，GB3505—83是新增加的；GB1031—83用以代替旧标准GB1031—68；GB131—83用以代替旧标准GB1301—74。

现将解放后我国表面粗糙度标准及所采用的参数代号列于表2。