

吴松青 编著

BIAO MIAN CU CAO DU

CU CAO DU

YING YONG ZHI NAN

YING YONG ZHI NAN

YING YONG ZHI NAN

YING YONG ZHI NAN

YING YONG ZHI NAN

YING YONG ZHI NAN

YING YONG ZHI NAN

YING YONG ZHI NAN

YING YONG ZHI NAN

YING YONG ZHI NAN

YING YONG ZHI NAN

YING YONG ZHI NAN

YING YONG ZHI NAN

YING YONG ZHI NAN

表面粗糙度应用指南

机械工业出版社

表面粗糙度应用指南

吴松青 编著



机械工业出版社

内 容 简 介

本书根据：GB 131-83《机械制图 表面粗糙度代号及其注法》、GB 10505-83《表面粗糙度 术语 表面及其参数》、GB 1031-83《表面粗糙度 参数及其数值》三个国家标准，全面系统地阐明了机械零件表面粗糙度产生的原因，对机器设备的影响；用各种方法所获得的各种表面、参数的术语、定义；表面粗糙度代号及其注法；表面粗糙度各种参数及其数值，以及表面粗糙度的测量方法和各种常用测量工具与仪器等。同时还结合生产实际列举了大量表面光洁度转换成表面粗糙度的方法、对照表以及计算、转换实例和其他实用性强的资料。在附录中还介绍了几项最新的有关表面粗糙度的国家标准。

本书可供工程技术人员、理工院校师生及中专、技工学校的教师阅读和参考。

表面粗糙度应用指南

吴松青 编著

*

责任编辑：降淑英 版式设计：冉晓华

封面设计：姚毅 责任校对：熊天荣

责任印制：王国光

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092¹/₃₂·印张 12¹/₂·字数 274 千字

1990年3月北京第一版·1990年3月北京第一次印刷

印数 0,001—4,550·定价：7.90元

*

ISBN 7-111-01701-3/TB·75

CAH42/01

序 言

表面粗糙度是影响零件及产品性能的一项重要指标。我国于1983年起发布了一系列有关表面粗糙度的国家标准，它涉及表面粗糙度的基本概念、术语、参数、符号、表示方法以及评定表面粗糙度的比较样块，有关测试仪器的规定等各个方面，基本形成了表面粗糙度标准的体系。这些标准都是参照或采用国际先进标准具有70年代末或80年代初期、中期的水平。这些标准的发布给产品设计和制造提供了技术依据，但是，如何正确的给出零件的表面粗糙度参数及其数值，是否能准确的判断其合格与否，如何能较准确地反映零件表面粗糙度的客观情况，至今仍是当前生产中的重要课题。

《表面粗糙度应用指南》一书系统地阐述了表面粗糙度的基本概念，对零件性能的影响以及国内外的的发展情况，值得推荐的是该书作者在收集大量国内外资料、分析研究在生产中所积累经验的基础上，对广大工程技术人员普遍关心的参数的选用；各参数之间的关系；表面粗糙度和形位公差及尺寸公差之间的关系；加工方法对表面粗糙度的影响；加工纹理方向的选择以及各种参数的测量方法等问题均做了较科学和有实用价值的回答。这是迄今为止在表面粗糙度方面比较有指导意义和实用价值的一本书。

在表面粗糙度这一技术领域，不论是在理论方面还是在应用方面的研究工作中还不能适应现代化生产的要求，因此，还需要从事这方面工作的同志共同努力，以推进这一技术领域的发展，在这个过程中《表面粗糙度应用指南》一书将起到很好的推动作用。

汪恺

1988年10月

编者的话

1981年，我国有关部门曾对生产拖拉机用发动机的气缸体、曲轴、活塞及连杆等关键零件的几家主要工厂的机械加工质量进行过调查，结果发现在不合格的零件中，约有10%是因其表面粗糙度不符合要求而造成的。由于表面粗糙度不仅直接影响机械零件的耐磨性、耐腐蚀性、抗疲劳能力、密封性能以及装配质量和配合性质等，而且还对机械设备的工作性能、使用寿命、动力消耗、振动及噪声等也有很大影响，因此，零件的表面粗糙度问题在工业生产，尤其在精密机械、仪器仪表以及滚动轴承等制造行业中，一直是个亟待正确、合理解决的关键问题，同时也是评定各种机械零件表面加工质量的一个重要指标。

我国第一个表面光洁度国标 GB 1031—68和旧机械制图国家标准 GB 131—74，基本上沿用了苏联早期的标准。它们不仅与国际上早已日趋统一的表面粗糙度标准相距甚远，而且还不适应当前工业生产向高速度、高精度、高负荷方向发展的需要，并对开展国际科技交流以及我国工业产品进入国际市场等均有不利影响。为此，1982年国家标准局及原机械工业部下达了修订表面光洁度标准的计划。

表面粗糙度标准是机械基础标准之一。与同类标准一样，在积极采用国际标准（ISO）的方针指导下，在认真研究国际标准和工业发达国家先进标准的基础上，结合我国实际情况，修订了表面光洁度标准，并将“表面光洁度”改为

国际通用的“表面粗糙度”。1983年由国家标准局批准发布了新的表面粗糙度国家标准：GB 3505—83《表面粗糙度术语 表面及其参数》、GB 1031—83《表面粗糙度参数及其数值》和GB 131—83《机械制图 表面粗糙度代号及其注法》。

新国标颁布后，由于它们与早已熟悉并习惯了的表面光洁度国标，在概念、术语、参数及其数值、代(符)号及其标注方法以及测量方法和测量手段等方面均有所不同，有些还差异甚大。近年来，广大工程科技人员、工科高等院校师生及中专技校的教师等认真学习、深入研究有关表面粗糙度的各种问题，并积极探索表面光洁度级别转换成表面粗糙度参数的客观规律。本书系作者在重新学习的基础上，广泛收集国内、外有关资料，调查、征询许多厂、所科技人员及大专院校师生的意见与要求后撰写而成。本书依据表面粗糙度国家标准，联系实际，较全面、系统地阐述了表面粗糙度产生的原因；对零件及机器设备的影响；各种有关的术语定义、表面粗糙度代号及其标注；表面粗糙度参数数值及其测量方法以及各种常用测量仪器的使用等问题。此外，还列举了大量由表面光洁度转换成表面粗糙度的方法、对照表、转换实例以及其他应用资料，供广大读者阅读、参考。

本书在编写过程中，得到机械电子工业部标准化研究所长兼总工程师汪恺同志的热情指导与帮助，对此深表谢意。

鉴于本人水平所限，书中谬误与不当处，恳请广大读者赐教、指正。

编者

1988年2月

ISBN 7-111-01701-3/TB·75

INGYONGZHINAN

科技新书目： 213-003

定 价： 7.90 元

目 录

序言

编者的话

第一章 基本知识	1
一、表面几何形状误差的形成及其区分	1
二、由“表面光洁度”改称“表面粗糙度”的原因	4
三、表面粗糙度的定义及影响表面粗糙度的各种因素	7
四、表面粗糙度对机械零件及设备的影响	9
五、表面粗糙度的特点	23
六、评定表面粗糙度的基本要求	25
七、国内外表面粗糙度研究简史及今后发展方向	27
八、我国新旧标准的主要差别	41
第二章 表面及其参数的术语与定义	44
一、概述	44
二、表面、轮廓及基准的术语与定义	45
三、与微观不平度高度特性有关的表面粗糙度参数	62
四、与微观不平度间距特性有关的表面粗糙度参数	70
五、与微观不平度形状特性有关的表面粗糙度参数	73
六、国外表面粗糙度标准中常用的参数	75
第三章 表面粗糙度代号及其注法	77
一、概述	77
二、表面粗糙度的标注原则	80
三、表面粗糙度代(符)号	80
四、表面粗糙度代(符)号在图样上的标注方法	89
五、ISO 及国外表面粗糙度标准及其标注	99
第四章 表面粗糙度常用参数及其数值	115

一、规定表面粗糙度要求的一般规则	115
二、表面粗糙度常用评定参数及其数值	116
三、各评定参数之间的相互关系	126
四、表面粗糙度和尺寸公差、形状公差、轴孔公差等级、 公差与配合、表面功能以及加工方法、加工工艺间的 关系	131
五、表面光洁度级别转换成表面粗糙度参数值的基本原 则及方法	157
六、ISO 及主要工业发达国家表面粗糙度参数值及其与 我国标准对照	172
第五章 选择表面粗糙度的原则与方法及其提高的 途径	183
一、选择零件表面粗糙度的一般原则	183
二、选择零件表面粗糙度的具体方法	187
三、注意选择加工纹理方向	237
四、提高零件表面粗糙度要求的途径	240
五、改善各种加工方法、提高表面质量的途径	252
第六章 表面粗糙度的测量	310
一、表面粗糙度测量目的与判断方法	310
二、表面粗糙度测量的基本原则	311
三、表面粗糙度的测量方法	314
四、6 个评定参数 R_a 、 R_z 、 R_y 、 S_m 、 S 和 t_p 的测量	344
五、表面粗糙度测量注意事项	354
附录	358
一、中华人民共和国国家标准：表面粗糙度 参数及其 数值 (GB 1031—83)	358
二、中华人民共和国国家标准：表面粗糙度比较样块 铸 造表面 (GB 6060.1—85)	364
三、中华人民共和国国家标准：表面粗糙度比较样块	

磨、车、镗、铣、插及刨加工表面(GB 6060.2—85)	369
四、中华人民共和国国家标准：轮廓法测量表面粗糙度的仪器——术语 (GB 6061—85)	374
五、中华人民共和国国家标准：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 (GB 6062—85)	376
参考文献	387

第一章 基本知识

一、表面几何形状误差的形成及其区分

经过机械加工后，就象零件的实际尺寸不可能与其基本尺寸绝对一致那样，由于加工过程中机床、刀具及工件等诸种因素的相互影响，使得零件实际表面的几何形状也不可能与其理想、正确的表面几何形状完全一样。即使经过精加工的零件表面，肉眼看来似乎很光滑、平整，但用显微镜观察，就可看到由许多凸峰和凹谷组成的微小凸凹不平的加工痕迹，使得表面粗糙不平（图1-1）。

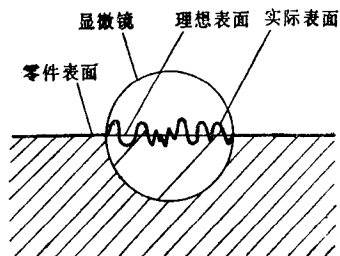


图1-1 加工表面示意图

这种零件实际表面几何形状对其理想表面几何形状之差（或变动量），称为零件表面几何形状误差。

一般说来，机加工后的零件实际表面不可能成为准确的几何表面，而是一个复合轮廓。按其表面几何形状特征不同，可将表面几何形状误差区分为宏观几何形状误差（即表面形状误差，简称形状误差）、中间几何形状误差（即表面波纹度，简称波纹度或波度 \ominus ）以及微观几何形状误差等三种。

\ominus 目前，我国尚未制订有关波纹度的标准。

其中，微观几何形状误差，以往国标称为“表面光洁度”(Surface finish)，现在国标改称为“表面粗糙度”(Surface roughness)，也可简称“粗糙度”。

上述三种几何形状误差联系密切，精加工中，往往存在于零件同一加工表面，相互重叠。三者因几何特征不同，对零件工作性能和使用寿命的影响也不同。对表面质量要求高的零件，应分别对三者提出不同要求。测量中，用机械或电气滤波法对它们分别评定。粗糙度是去除或削弱了形状误差特别是波度对其影响后而获得的(图1-2)。

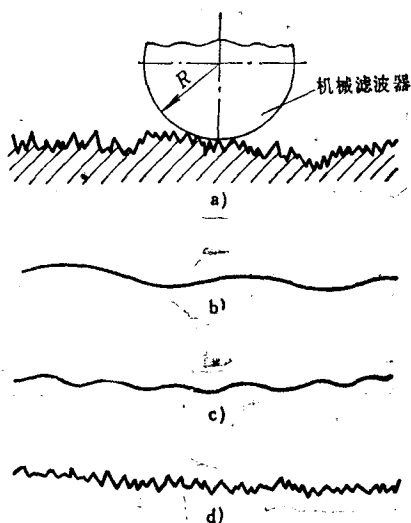


图1-2 用机械滤波器对零件表面滤波后的情况

a) 滤波情况 b) 形状误差 c) 波度曲线 d) 粗糙度曲线

在金属切削加工中，由于影响因素各异，致使零件加工表面的几何形状误差有所不同。有些零件表面波纹度极微，主要是形状误差和粗糙度；有些表面形状误差极微，主要是波纹度和粗糙度；有些表面形状误差和波纹度均极微，主要是粗糙度。

因此，如何区分上述三者是研究工作中首先需要解决的问题，但至今还未找到一种令人完全满意的划分方法。

鉴于波高 h 和波距 S (图1-3)是表达表面几何形状误差程度的两个重要参数。通过实践观察、研究,目前,以这两个参数为根据,常用下列三种方法来区分形状误差、波纹度及粗糙度。

1. 根据波距 S 的长短来区分

在零件的加工表面上,如果大量出现的波形,当其波距 $S < 1\text{mm}$ 并呈周期性变化时,属于表面粗糙度;

波距 $S = 1 \sim$

12.5mm 并呈周期性

变化时(在GB 1031—83附录A中, S_m 、 S 数值最大取到 12.5mm),属于表面波纹度;波距 $S > 12.5\text{mm}$ 且不呈周期性变化时,属于形状误差。

这是一种不甚严密的划分方法。例如,磨削圆柱形工件的外圆时,工件横向(圆周方向)的形状误差(即圆度)与波纹度的周波数,往往很难找到严格的分界线。另在某些切削加工中,工件纵截面内波纹度的波距与粗糙度微小波峰之间的距离相差甚微,二者之间也难找出明显的分界线。

2. 根据波距与波高的比值大小来区分

当 $S/h > 0 \sim 50$ 时,属于粗糙度;

当 $S/h > 50 \sim 1000$ 时,属于波纹度;

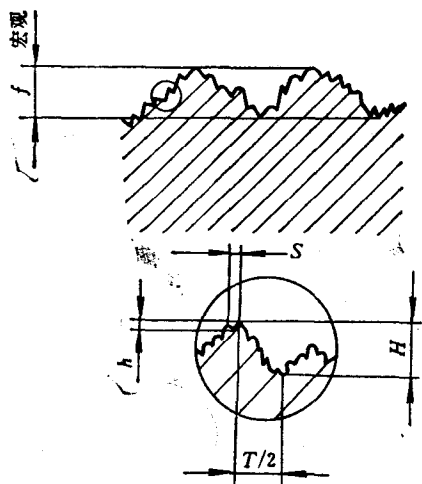


图1-3 实际表面及截面轮廓放大图

当 $S/h > 1000$ 时，属于形状误差。

3. 根据波数的多少来区分

对于圆柱形工件，则可根据其横截面内波形的数量来区分三者。

令 n 为横截面内的波形数，则：

$n > 4\pi d_m$ ，属于粗糙度；

$7 < n \leq 4\pi d_m$ ，属于波纹度；

$n = 3 \sim 7$ ，属于形状误差。

上式中， d_m 即工件的直径，单位为 cm 。

对于平面，在 1mm^2 面积上大量出现波峰、波谷的波形，属于粗糙度，否则，就属于波纹度或形状误差。

二、由“表面光洁度”改称“表面粗糙度”的原因

1. 与各国标准一致，促进国际技术交流

我国自1968年发布国家标准《表面光洁度》(GB 1031—68) 以后的十余年来，由于该标准的贯彻、实施，对保证、提高产品的表面质量起到了积极作用。但从60年代以来，随着科学技术的迅速发展，国际上对表面粗糙度的研究逐渐广泛、深入。在此基础上，ISO (即国际标准化组织 International Organization for Standardization 的缩写，也是国际标准的代号) 制订了有关表面粗糙度的标准，世界各工业发达国家以此为依据，先后制订了本国的表面粗糙度标准。

为了能与国际标准及大多数工业发达国家有关标准取得一致，以促进国际技术交流和贸易往来，同时有助于表面粗糙度测量仪器和检测方法的统一与发展。1983年，我国发布的有关表面粗糙度的三项标准中将表面光洁度改为“表面粗糙

度”。其中, GB 131—83《机械制图 表面粗糙度代号及其注法》和GB 1031—83《表面粗糙度 参数及其数值》,分别等效采用了国际标准 ISO 1302—1978《图样上表面特征的表示法》和 ISO 468—1982《表面粗糙度—参数、参数值和给定要求的通则》; GB 3505—83《表面粗糙度 术语 表面及其参数》虽未等效采用有关国际标准,但它也是基本采用和参考了 ISO/DIS (DIS 即 ISO 标准草案) 4287/1《表面粗糙度—术语, 第一部分: 表面及其参数》而制订的[⊖]。

2. 术语与其内涵相符, 避免概念上的混淆

旧国标使用“表面光洁度”一词, 在贯彻过程中易使人们在概念上产生混淆, 如将零件表面的光亮程度或光滑程度误以为“表面光洁度”。似乎表面越光亮, 表面光洁度就越高; 表面越无光泽, 表面光洁度就越低。其实, 有些表面很光亮, 如镀铬或经过抛光的零件表面, 但其表面光洁度并不太高; 相反, 有些表面虽无光泽、甚至发黑, 如表面经发黑处理的零件和经粗研或半精研而未经最后精研的零件表面, 其光洁度却很高。

国标改成术语“表面粗糙度”, 意指要控制零件表面粗糙的程度, 这样术语与其内涵相符, 不仅可以避免人们在概念上和理解上的混淆, 而且还能确切地反映出零件表面微观几何形状的特征。

3. 术语与量值一致, 使人易于接受

旧国标规定零件表面的光洁度要求越高, 则光洁度等级

⊖ 除上述三标准外, 我国还于最近制订了有关表面粗糙度测量仪器和测量方法方面的相应新标准, 以此作为贯彻表面粗糙度标准的技术保证, 详见本章第六节。

也越高，而其所对应的评定参数的数值则越小。新国标则规定：表面越粗糙，其表面粗糙度评定参数值也越大；表面越精细，其表面粗糙度评定参数值就越小。新、旧国标对比即可发现：采用“光洁度”，其等级高低刚好与对应的参数量值大小相反；采用“粗糙度”，则表面愈粗糙，对应的参数量值愈大，反之愈小。这样就能使术语与量值一致，使人易于接受。

4. 粗糙度用数值表示，有利于提高产品质量

旧国标规定的光洁度由低到高，分成14个等级，即▽1~▽14，而每个光洁度等级所对应的评定参数的数值都是一个范围值（即在一定的范围内，允许选择较大或较小的数值）；新国标则规定，表面粗糙度（不分等级）所对应的高度参数等的数值，在一般情况下只标一个数值——即最大允许值，且还规定一般应优先选用有关参数数值系列中的第1系列；只在有特殊要求时才标出第二个数值——即最小允许值（一般也需优先选用第1系列）。新、旧国标对比可知：粗糙度一般只选用一个参数值，而光洁度等级对应的都是一些范围值。因此，前者不仅要求明确，而且便于评定和测量，有利于提高零件表面质量。

5. 粗糙度评定参数较多、表达范围较广

表面光洁度只有两个高度特性评定参数；表面粗糙度则有与高度特性、平均间距、形状特性有关的评定参数六个（见第四章）。前者仅能表达零件加工表面的微观不平的程度；后者除能表达零件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外，必要时还可在表面粗糙度代号的指定位置上，附加标注加工方法；镀涂或其他表面处理；取样长度；加工纹理方向符号；加工余量；粗糙度间距参数

值或轮廓支承长度率等。显然，只有表面粗糙度，才能满足现代化生产对各种零件表面质量提出的不同功能要求。

三、表面粗糙度的定义及影响表面粗糙度的各种因素

据国标《表面粗糙度 术语 表面及其参数》(GB 3505—83)规定：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其他因素形成(见下节)。据此定义，非切削加工方法所获得的表面的微观几何形状特性也属于表面粗糙度的范畴。但是，零件表面的物理特性(如金相结构、表面应力、硬度、表面层、光亮程度、颜色以及斑纹等)和表面缺陷(如硬伤、划伤、裂纹、打痕、气孔、缩孔、陷窝、毛刺、飞边、砂眼、鼓包以及鳞片等)则不属于表面粗糙度的范畴。

机械零件的表面粗糙度，是评定该零件表面质量的重要指标之一。

所谓“表面质量”主要包括两个方面：即零件表面粗糙度和金属表面层的物理机械性质(硬度、冷硬、金相组织以及残余应力等)。

一般说来，零件表面粗糙度的形成，首先要受加工方法的影响。这是因为零件加工表面的粗糙度，主要来自金属被加工时切削工具的切削刀刃在其上留下的切削痕迹。不同的加工方法、机床的精度、振动及调整状况，夹具的精度、刚度及夹紧定位误差，切削刀具的几何参数及其安装、磨损情况，工件的装夹、塑性变形和刀具与工件之间的摩擦，切削用量，切屑分裂时的塑性变形，冷却、润滑情况，操作技术