

# 与形状特性有关的表面粗糙度新参数研究

张维强 步春媛  
(南京农业大学农业工程学院)

摘要: 叙述与微观不平度形状特性有关的表面粗糙度现有参数及其不足, 给出新参数- 轮廓支承长度率加权平均值的定义, 从几何精度方面描述零件表面的支承与耐磨性能, 通过实验与计算说明了新参数的实用性.

关键词: 表面粗糙度; 轮廓支承长度率; 加权平均值

## 1 与微观不平度形状特性有关的表面粗糙度参数

国家标准规定了有关表面及其参数的术语和定义, 其中与微观不平度形状特性有关的表面粗糙度参数有: 1) 幅度分布 (amplitude distribution); 2) 轮廓的偏斜度 (skewness of the profile), 记为  $S_k$ ; 3) 轮廓的均方根斜率 (root mean square slope of the profile), 记为  $\$q$ ; 4) 轮廓的算术平均斜率 (arithmetical mean slope of the profile), 记为  $\$a$ ; 5) 轮廓支承长度 (profile bearing length), 记为  $G$ , 其定义为: 在取样长度内, 一平行于中线的线与轮廓相截所得到的各段截线长度之和, 即  $G = b_1 + b_2 + \dots + b_i + \dots + b_n$ ; 6) 轮廓支承长度率 (profile bearing length ratio), 记为  $t_p$ , 其定义为: 轮廓支承长度率  $G$  与取样长度  $l$  之比, 即  $t_p = G \div l$ ,  $t_p$  值是对应于不同截距  $c$  而给出的, 如图 1 所示; 7) 轮廓支承长度曲线: 即用图表示轮廓支承长度率与轮廓水平截距之间相互关系, 称为  $t_p$  图。

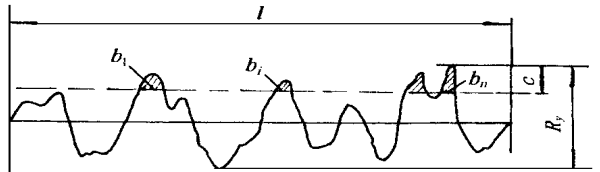


图 1 轮廓支承长度率  $t_p$  ( $t_p = G \div l$ )

Fig. 1 Profile bearing length ratio

上述各项参数中, 参数 1), 2), 3) 和 4) 均能从一定角度反映微观不平度形状特性, 但由其定义可知<sup>[1]</sup>, 应用时均有所不便。生产实践中较为多见的是 5), 6) 和 7) 等参数, 其中又以 6) 轮廓支承长度率  $t_p$  为实用。

由图 1 可知, 轮廓支承长度  $G$  与平行于中线且从轮廓峰顶线向实体内所取的水平截距  $c$  有关。水平截距  $c$  不同, 则在取样长度  $l$  内的轮廓支承长度  $G$  就不同, 因而支承长度率  $t_p$  也不同。所以,  $t_p$  应该对应于水平截距  $c$  给出。

轮廓支承长度率  $t_p$  与零件的实际轮廓形状有关, 能反映零件表面耐磨性能。对于不同零件的实际轮廓, 在相同的取样长度内并给出相同的水平截距,  $t_p$  越大, 则零件表面凸起的实体部分就越大, 承载面积就越大, 耐磨性能就越好, 例如图 2a 和 b 所示, 前者的耐磨性能较好, 后者的耐磨性能较差<sup>[2]</sup>。

### 2 轮廓支承长度率加权平均值

实际上, 零件表面轮廓  $z(x)$  相对其基准线可视为是一随机过程, 特别是磨削加工表面更是如此。如图 2 所示的两种“主观理想”轮廓是不存在的。因此, 当微观不平度轮廓具有个别畸高峰点时, 比较不同零件在相同取样长度内按相同的水平截距确定的  $t_p$  来反映它们的耐磨性能之间的差异, 所得结论就不一定正确。

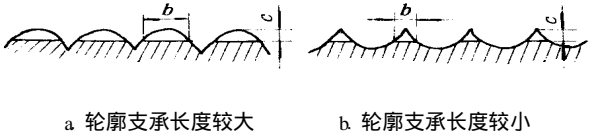


图 2 不同轮廓形状的支承长度

Fig 2 Bearing lengths of different profiles

因为当零件在机器上存在表面相对运动时, 个别畸高峰点总是最先摩擦磨损, 在机器正常运行过程中, 摩擦磨损所造成的“水平截距”相对于零件的初始状态总是逐渐加大。所以, 可以同时考虑几个不同的水平截距  $c_i$  且计算各自的轮廓支承长度率  $t_{pi}$ , 并采用加权平均的办法将其归纳为一个数值, 则更能准确地利用形状特性参数反映两个(或更多个)实际零件表面粗糙度的差异。

笔者具体分析如下, 设已实测得某一零件粗糙表面轮廓, 分别截取  $i$  个不同水平截距  $c_i$ , 每一个  $c_i$  对应的轮廓支承长度率为  $t_{pi}$ , 由轮廓峰向体内推向轮廓谷, 轮廓支承长度逐渐加大, 承载耐磨能力逐渐增强。对不同的轮廓支承长度率  $t_{pi}$ , 可以逐渐赋予增大的权重  $A$ , 但  $\sum A = 100\%$ , 具体权重可参照优先数系原理按等比数列给定。

因此有下式

$$T_{pA} = A \cdot t_{p1} + A \cdot t_{p2} + \dots + A \cdot t_{pi} + \dots = A \cdot t_{pi} \tag{1}$$

式中  $T_{pA}$ ——轮廓支承长度率加权平均值;  $A$ ——权重;  $t_{pi}$ ——各  $c_i$  对应的轮廓支承长度率。

对于不同零件的表面轮廓, 比较它们的耐磨性能时, 就不必要求两者在同一水平截距下比较轮廓支承长度率, 而可以在轮廓最大高度内均分各自的水平截距, 且两者可以有相同的截距个数  $i$  和对应的权重  $A$ 。

由式(1)中  $T_{pA}$  定义, 可以认为: 轮廓支承长度率加权平均值  $T_{pA}$  数值大者, 支承及耐磨性能较好, 从而将  $T_{pA}$  作为与形状特性有关的表面粗糙度新参数。

### 3 实验与分析

采用 SRA T 21B 轮廓仪, 实测精磨加工所得销轴, 可得不同水平截距  $c_i$  对应的轮廓支承长度率  $t_{pi}$ 。试件号分别为  $\acute{E}$ ,  $^\circ$  和  $_\circ$ , 水平截距  $c_i$  取为 4 段, 权重按优先数系原理确定为:  $A_1 = 01100$ ;  $A_2 = 01166$ ;  $A_3 = 01276$ ;  $A_4 = 01458$ 。各试件轮廓算术平均偏差  $R_a$ 、水平截距  $c_k$ 、各水平截距  $c_i$  对应的轮廓支承长度率  $t_{pi}$ 、权重  $A$  和轮廓支承长度率加权平均值  $T_{pA}$  如表 1 所示。

由表 1 可知:

1) 试件  $\acute{E}$  和试件  $^\circ$  中, 对应同样的水平截距  $c_i$ , 试件  $^\circ$  的  $t_{pi}$  显著高于试件  $\acute{E}$  的  $t_{pi}$ 。对两者的轮廓支承长度率加权平均值  $T_{pA}$  而言, 试件  $^\circ$  的  $T_{pA}$  值显著大于试件  $\acute{E}$  的  $T_{pA}$  值。所以, 用参数  $T_{pA}$  表示轮廓支承耐磨性能和原有方法并不矛盾。

2) 观察试件  $\acute{E}$  和试件  $_\circ$ , 当  $c_i$  均为 016 Lm 时, 两者的  $t_{pi}$  几乎相等, 从而在此水平截距下不能区分轮廓支承及耐磨性能。但实际上, 两轮廓高度参数存在差异, 若采用  $T_{pA}$  作为评定参数, 显然较为客观合理, 因为试件  $_\circ$  的  $T_{pA} >$  试件  $\acute{E}$  的  $T_{pA}$ 。对三试件而言, 如表 1 所示, 试件

的  $T_{pA}$  试件° 的  $T_{pA}$  试件É 的  $T_{pA}$ , 表面轮廓支承与耐磨性能逐渐增强。

表 1 试件参数测量与计算结果

Tab 11 Measurement and calculating results

试件代号	轮廓算术平均偏差 $R_a/\mu\text{m}$	水平截距 $c_i/\mu\text{m}$	轮廓支承长度率 $t_p/\%$	权重 A	轮廓支承长度率加权平均值 $T_{pA}/\%$
É	01125	012	1142	01100	58121
		014	9177	01166	
		016	53108	01276	
		018	91126	01458	
°	01134	012	10189	01100	76150
		014	42119	01166	
		016	84152	01276	
		018	98144	01458	
,	01205	013	19153	01100	79127
		016	53170	01166	
		019	86152	01276	
		112	97122	01458	

#### 4 结 论

对于微观不平度形状特性有关的表面粗糙度提出了新参数: 轮廓支承长度率加权平均值, 通过实验与计算表明, 可望克服原有与形状特性有关的表面粗糙度参数的不足, 从而有效地表征粗糙轮廓的支承与耐磨性能。

#### [参 考 文 献]

- [1] GB 3505—83 表面粗糙度 术语 表面及其参数 国家标准局, 1983 202222 发布, 410~ 425  
 [2] 甘永立 几何量公差与检测 上海: 上海科学技术出版社, 1997. 117~ 128

### Analysis of Shape-Relative Surface Roughness Parameter

Zhang Weiqiang Bu Chunyuan

(Agricultural Engineering College NAU, Nanjing 210032)

**Abstract:** This paper briefly introduces the study of surface roughness parameters which are relative to profile shape. The weighted mean of the profile bearing length ratio was defined as a new parameter to describe the surface profile of precision machined parts. Tests and analysis showed that the parameter can be applied to characterizing the wear-resistant ability of parts.

**Key words:** surface roughness; profile bearing length ratio; weighted mean