

# 柔性铰链微夹持机构的位移放大倍数计算

陈贵敏

(西安电子科技大学机电工程学院, 710071, 西安)

关键词: 微夹持机构; 柔性铰链; 位移

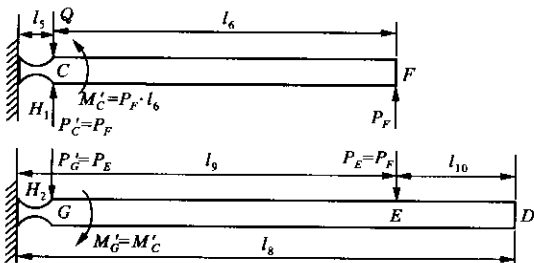
中图分类号: TH112.5 文献标识码: A 文章编号: 0253-987X(2005)07-0786-01

《西安交通大学学报》2004 年第 5 期发表的《柔性铰链微夹持机构的研究》一文中, 对所设计的柔性铰链微夹持机构进行了研究, 由于理论计算中将柔性铰链视为理想铰链, 导致计算的位移放大倍数与实验数据存在很大的出入。实际上只需用材料力学的基本理论以及文献[1]给出的柔性铰链计算公式, 即可准确地计算出该夹持机构的放大倍数, 具体分析如下。

原文给出的微夹持机构的详细尺寸为  $l_1 : l_2 : l_3 : l_4 : l_5 : l_6 : l_7 : l_8 : l_9 = 2 : 3 : 8 : 4 : 1 : 8 : 1 : 12 : 9$ , 铰链宽度  $b=0.4 \text{ mm}$ , 依照其实物照片, 可近似测得  $l_5 = l_7 = 1.24 \text{ mm}$ , 记  $l_5 = l_7 = a$ ,  $a$  为铰链  $H_1$  和  $H_2$  的切口宽度。本文的分析方法如下。①将  $l_1, l_2$  和  $l_3$  看作刚体, 则

$$\Delta C = l_3 / l_1 \Delta x \quad (1)$$

式中:  $\Delta x$  为作动器的输入位移;  $\Delta C$  为  $C$  点的输出位移。由于  $l_6$  和  $l_8$  相对细长, 在夹持过程中受力变形较大, 因此不能视为刚体。微夹持机构中部分杠杆臂的受力分析如图 1 所示。② $l_6$  和  $l_9$  (除去  $H_2$ , 见图 1) 看作均匀截面梁, 可近似测得截面高度  $h_1 = 0.6a$ , 而截面宽度即为板材厚度  $b_1 = 1.5 \text{ mm}$ 。



$P'_F, P'_E, l_7$  分别对  $l_6$  和  $l_8$  的作用力;  $M'_C, P'_C, P'_F$  等效到  $C$  点的弯矩和力;  $M'_G, P'_G, P'_E$  等效到  $G$  点的弯矩和力;  $Q, l_4$  对  $l_6$  作用在  $C$  点的力

图 1 部分杠杆臂的受力分析

铰链  $H_1$  在  $C$  点处的转角

$$\theta_C = 12f_2 \sin^2 \theta_m / EbR (Q - P'_C) - 12f_2 M'_C / EbR^2 \quad (2)$$

$C$  点处的位移 (忽略因剪力引起的位移)

$$\Delta C = (12f_2 \sin^2 \theta_m / Eb + 12f_4 / Eb) (Q - P'_C) - 12f_2 \sin \theta_m M'_C / EbR \quad (3)$$

式中:  $R, \theta_m$  为切口半径和圆心角;  $f_2, f_4$  为柔性铰链的柔度参数[1];  $E$  为所用材料的弹性模量。  $F$  点处的位移

$$\Delta F = \Delta C + l_6 \theta_C - 4P'_F l_6^3 / Eb_1 h_1^3 \quad (4)$$

铰链  $H_2$  在  $G$  点处的转角

$$\theta_G = 12f_2 \sin \theta_m P'_G / EbR + 12f_2 M'_G / EbR^2 \quad (5)$$

$G$  点处的位移 (忽略因剪力引起的位移)

$$\Delta G = (12f_2 \sin^2 \theta_m / Eb + 12f_4 / Eb) P'_G + 12f_2 \sin \theta_m M'_G / EbR \quad (6)$$

$E$  点处的转角

$$\theta_E = \theta_G + \frac{6P'_E (l_9 - l_5)^2}{Eb_1 h_1^3} \quad (7)$$

$E$  点处的位移

$$\Delta E = \Delta G + (l_9 - l_5) \theta_E + \frac{4P'_E (l_9 - l_5)^3}{Eb_1 h_1^3} \quad (8)$$

$D$  点处的位移

$$\Delta D = \Delta E + l_{10} \theta_E = \Delta E + (l_8 - l_9) \theta_E \quad (9)$$

考虑到  $\Delta E = \Delta F$ , 并将式(1)~式(9)合并整理, 即可得到  $\Delta D$  与  $\Delta x$  之间的表达式, 从而求得放大倍数。由于公式较为复杂, 故省略。

由于原文未给出柔性铰链切口参数, 因此只能按照实物照片粗略估计。这里给出 2 组切口参数: ①当  $t = 0.3a, R = 0.91a$  时,  $\theta_m = \arcsin 0.55$ , 编程计算的放大倍数为 52.56; ②当  $t = 0.4a, R = 1.3a$  时,  $\theta_m = \arcsin 0.38$ , 编程计算得到的放大倍数为 37.15。该夹持机构的实测放大倍数大约为 40 倍, 可见该方法可以较好地分析预测这种微夹持机构的放大倍数, 而原文计算的理想放大倍数却高达 96 倍。另外, 可以看到铰链的切口尺寸对夹持机构的性能影响较大, 在设计中应予以重视。

参考文献:

[1] 吴鹰飞, 周兆英. 柔性铰链的设计计算[J]. 工程力学, 2002, 19 (6): 136-140. (编辑 管咏梅)