

$$\frac{\alpha^2 + 1 + (\alpha + 1)\zeta + \frac{2}{3}\zeta^2}{(\alpha - 1)^2 + \frac{1}{3}\zeta^2} \operatorname{tg} \varphi \cdot \xi \cdot \Phi \cdot \alpha +$$

$$\frac{\alpha \cdot \beta}{2} \left[\frac{\alpha + \zeta + 1}{(\alpha - 1)^2 + \frac{1}{3}\zeta^2} \xi \cdot \Phi \right]^2 \alpha$$

其中:

$$\alpha = \frac{b}{a}, \beta = \frac{L}{a}, \zeta = \frac{1}{a}, \xi = \frac{F_y}{K_x \cdot a}, \Phi = \frac{\sin \varphi + \mu \cdot \cos \varphi}{\cos \varphi - \mu \cdot \sin \varphi}$$

上面等式中第一部分表示测量头平移产生的误差,第二部分则表示测量头倾斜产生的误差。当倾斜角 φ 相当大时,测量误差主要由平移产生。

为了保证测量误差 $\delta < 0.1 \mu\text{m}$, 当最大倾斜角 $\varphi_{\max} = 60^\circ$, 摩擦系数 $\mu = 0.3$, 气压夹头在径向方向的刚度 $k_x = 0.15 \text{N}/\mu\text{m}$ 时, 其测量力 F_y 可计算如下:

$$F_y = k_x \cdot e_{xy} = k_x \cdot \xi \cdot \alpha$$

$$< \frac{(\alpha - 1)^2 + \frac{1}{3}\zeta^2}{\alpha^2 + 1 + (\alpha + 1)\zeta + \frac{2}{3}\zeta^2} \cdot \frac{k_x \cdot \delta}{\operatorname{tg} \varphi \cdot \Phi} \approx 6.37 \times 10^{-4} \text{N}$$

本设计中 $\alpha = 28.2 \text{mm}/8.5 \text{mm} = 3.32$, $\beta = 49.5 \text{mm}/8.5 \text{mm} = 5.82$, $\zeta = 14.3 \text{mm}/8.5 \text{mm} = 1.68$ 。实际测量中, 测量力通过气压滑动夹头能够控制在 $0 \sim 0.005 \text{N}$ 变化, 因此, 在上述条件下能够确保测量误差 $\delta < 0.1 \mu\text{m}$ 。

4 测量仪的性能验证

为了验证本设计的测量传感器的性能, 可通过重复性试验来评估。对标准的球形基准面在四个方向 ($X+$, $X-$, $Y+$, $Y-$), 每个方向都进行三次成形测量, 被测数据与平均数据曲线的离散程度可通过标准方差 σ 来判断。本测量仪在测量力为 $0.001 \sim 0.0015 \text{N}$ 和测量速度为 $50 \sim 100 \text{mm}/\text{min}$ 时, 其测量数据的重复性在所有方向均达到 $3\sigma < 0.1 \mu\text{m}$, 表明本设计所使用的激光干涉传感器的测量精度能达到 $\pm 0.1 \mu\text{m}$, 对在线成形测量具有足够高的精度。

5 结论

(上接第 73 页)

为了能清晰地观察到焊枪端点的振动情况, 我们在端点位置设置一个刚性小球, 给小球施加同样的运动参数, 将小球的运动轨迹减去焊枪端点的运动轨迹, 得到图 6, 这就是焊枪从静止加速到 $20 \text{mm}/\text{s}$, 匀速运行 1 秒后, 再减速到 $0 \text{mm}/\text{s}$ 这一过程的振动曲线。从图中我们可以看到: 曲线符合总的运动规律, 有明显振动。2.0 秒以后 (即速度降为零后 0.5 秒), 开始趋于稳定, 振幅不超过 0.03mm , 可以开始焊接, 不影响定位精度。

根据以上分析可以得出以下结论: 焊枪在起、停阶段由于加、减速的确造成焊枪头部有一定的振动, 但稳定时间不超过 0.5 秒。所以, 焊接机器人总体方案从振动角度考虑, 也是可行的。

4 结束语

本文从模态分析基本理论出发, 在 ADAMS 中引入 ANSYS 生成的模态中性文件, 构建了机械系统分析模型, 对模型进行仿真运算, 得到了焊枪悬臂端点的振动曲线, 由曲线可以观察到焊

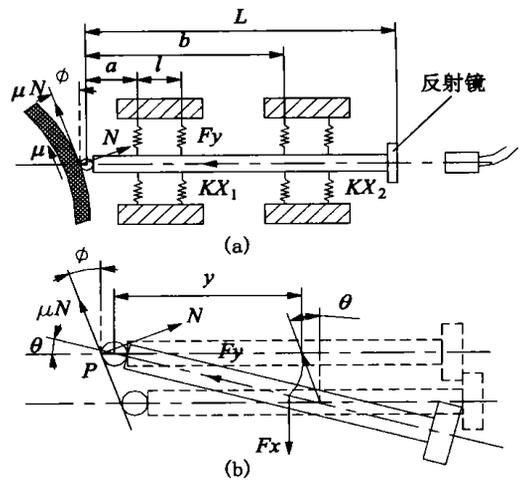


图 3 测量时测量头的力学分析

设计研制的用于成形表面在线测量的新型超精度测量仪, 具有如下主要特点:

- 1) 体积小 (大约 $130 \text{mm} \times 40 \text{mm} \times 30 \text{mm}$), 易于安装在加工机床上;
- 2) 采用专用气压夹头, 测量力可在 $0 \sim 0.005 \text{N}$ 范围内精确控制, 因此具有高的测量精度;
- 3) 采用激光干涉位移传感器, 通过线性可变微分变换器进行比较, 具有很好的重复性 ($\pm 3\sigma < 0.1 \mu\text{m}$) 和高相关性;
- 4) 由于采用实时在线测量, 具有高的测量效率。

[参考文献]

- [1] 哈尔滨工业大学. 误差理论与数据处理. 北京: 机械工业出版社, 1980
- [2] 吴训一. 自动检测技术. 北京: 机械工业出版社, 1981
- [3] 比斯利. 激光及其应用. 曹秋生译. 北京: 国防工业出版社, 1976

收稿日期: 2003-12-29

作者简介: 欧阳八生 (1963-), 男, 湖南衡阳人, 南华大学机械工程学院讲师。

(编辑 李秀敏)

枪悬臂端点的振动情况, 经分析焊枪振动在系统要求范围内, 从而验证了坐标式焊接机器人方案的可行性。

[参考文献]

- [1] 刘俊, 黄志明. 弧焊机器人系统设计与数控系统误差分析. 上海电机技术高等专科学校学报, 2003(1)
- [2] 沃德-海伦, 斯蒂芬-拉门兹, 波尔-萨斯 翻译, 白化同, 郭继忠. 模态分析理论与试验, 北京: 北京理工大学出版社, 2002
- [3] 任重. ANSYS 实用分析教程. 北京: 北京大学出版社, 2003
- [4] ADAMS/SOLVER User's Manual, MDI Inc., 2000
- [5] ADAMS/FLEX User's Manual, MDI Inc., 2000

收稿日期: 2003-10-13

作者简介: 刘俊 (1971-), 女, 江西宜春人, 上海电机技术高等专科学校讲师, 华东理工大学在读硕士研究生。

(编辑 李秀敏)