基于 PRO/E 的凸轮机构运动分析

西南交通大学机械工程学院 （四川成都 610031） 徐海晶

凸轮机构简单，设计方便，利用不同的凸轮轮廓曲线可使曲线从动件实现各种给定的运动规律。因此，凸轮机构在多种机械，特别是自动化机械中得到广泛的应用。通常情况下，滚子从动件的凸轮机构比尖底从动件的凸轮机构运用得更加广泛，这是因为尖底从动件与凸轮轮廓之间的摩擦为滑动摩擦，不耐磨损且其承载力低；而滚子与凸轮轮廓之间为滚动摩擦。但是，在运动失真这个问题上，尖底从动件凸轮机构则更加优越，因为如果滚子的尺寸选择不当，将使凸轮的实际轮廓不能完全实现原设计时所预期的运动规律。

PRO/E 是集 CAD/CAM/CAE 于一体的大型设计软件，用其对设计模型进行仿真，能够模拟真实环境中的工作状况并对其进行分析和判断，以尽早发现设计缺陷和潜在的失败可能，提前改善和修正，从而减少后期修改而付出的昂贵代价，减少设计的周期。

1. 基于 PRO/E 的凸轮建模

以尖底从动件凸轮机构为范例，并给定从动件的位移 S 和凸轮转角 ϕ 的具体关系为：从动件在凸轮转过 90°的过程中，以等加速度向上运动 10mm，在凸轮转动的下一个 90°的过程中，以等减速度继续向上运动 10mm，最后，速度达到 0；凸轮继续转动 150°，从动件返回到起始位置，其中，从动件等加速度运动对应的凸轮转角为 70°，等减速运动对应的凸轮转角为 80°；在剩下的凸轮 30°转角中，从动件静止不动。

进入 PRO/E 环境后，点击（新建）/输入名称“cam”/不使用缺省模板/确定/选取“mms-part-solid”/确定；而后利用（插入基准曲线）分别建立凸轮的推程、回程和近休止（远休止为 0）轨迹曲线，最后的从动件轨迹线如图 1 所示。

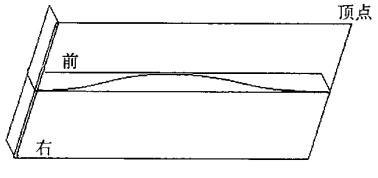


图 1 从动件轨迹线

其中，推程轨迹线的对应方程

$x = 180t$

$y = 30$（$180t/180 - \sin$（$2 \times 180 \times t$）/（$2pi$））

$z = 0$

回程轨迹线的对应方程

（1）等减速段

$x = 180 + 75t$

$b = xpi/180$

$y = 30 - 2 \times 30 \times 75t \times 75t/150/150$

$z = 0$

（2）等加速段

$x = 255 + 75t$

$y = 2 \times 30 \times$（$150 -$（$75 + 75t$））$\times$（$150 -$（$75 + 75t$））/150/150

$z = 0$

近休止轨迹线对应方程

$x = 330 + 30t$

$y = 0$

$z = 0$

然后，将凸轮从动件运动轨迹线图保存为 IGES 格式，并在图形特征中导入从动件轨迹线，用可变剖面扫描创建凸轮如图 2 所示。

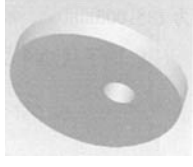


图 2 凸轮模型

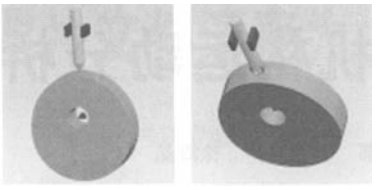
再利用 PRO/E 的 skech、extrud 等工具分别建立尖底、滚子从动件。

2. 装配

由机构设计扩展 MDX，通过按钮，分别将建好的元件凸轮与从动件以 pin、slinder 等连接方式连接起来，得装配图如图 3。

3. 运动分析及结果显示

首先进行初始设置，在连接轴设置中选取凸轮与基座的连接轴 pin. axis-1，将其设为 0，并拍下快照 Snapshot1。然后为系统添加驱动（加伺服电动机），其驱动轴仍为 pin. axis-1，速度为 180°/s。在完成驱动设置后，则为运动设置适合的分析条件及环境：点击新建，根据



(a) 尖底从动件　　(b) 滚子从动件

图 3　凸轮机构装配图

具体要求，设定 AnalysisDefinition1 的各个参数如图 4→运行→确定。

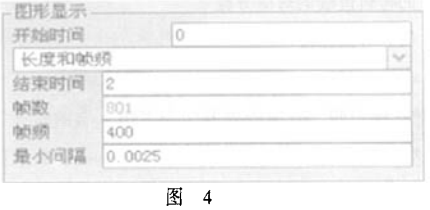


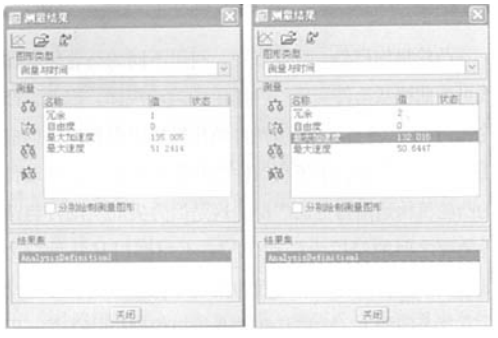
图　4

然后显示运动并获取分析结果：（结果回放）→（播放）→▶，即可看到运动模拟的结果。

测量→创建新测量“最大加速度”和“最大速度”后，再次进行运动分析（运行前面的 AnalysisDefinition1），得到的运算结果如图 5 所示。即，当凸轮角速度为 $n = 30$r/min 时，从动件的最大加速度为 135.005mm/s^2，最大速度为 51.2414mm/s。

4. 滚子从动件凸轮机构结果对比

类似尖底从动件凸轮机构的 PRO/E 建模及分析过程，可得到滚子从动件的运动结果，如图 5b 所示。即，当凸轮角速度为 $n = 30$r/min 时，从动件的最大加速度为 132.016mm/s^2，最大速度为 50.6447mm/s。



(a)　　(b)

图 5　结果显示

对比图 5a、5b，可得：同样的初始条件，因从动件的不同而得到不同的运动结果。这为我们在根据具体问题选择凸轮从动件的有关问题上提供了依据。

本文通过利用 PRO/E 分别对尖底、滚子从动件凸轮机构进行建模及运动仿真，得出了不同的运动品质，为我们针对具体情况选择凸轮机构提供了依据，也为进一步探讨如何选择滚子尺寸来降低其失真提供了可行的方法。

（收稿日期：20051226）

Q/A 平台

主持人：在这个版块中我们将请有关专业人士解答用户在使用软件中的问题。读者朋友您有什么问题请尽快来问，我会帮您请各类软件的专家！

上期介绍了 Cimatron 公司的微铣削软件，有读者又提出了进一步的问题——

问题：Cimatron 为微铣削提供了软件方案，那么机床和刀具由谁提供？

解答人：思美创北京科技有限公司产品经理　卢顺杰

回答：越来越多的机床商涉足这个领域，在微铣削加工方面德国的 Kern 是其中的领导者，法国的 Outillage Magafor 是微铣削刀具的供应商。

问题：我能使用微铣削加工通常尺寸零件的微小局部吗？

回答：能，微铣削能够对常规或者大型模具的细小几何特征进行高精密加工。

问题：我们能获得一些具体细节么？这个程序能做什么？

回答：以下是 Cimatron 新的微铣削程序的一些技术信息

需要微系统加工的零件要求

- 高精度：5μm 或更小
- 高曲面质量：0.2μm 或更小
- 细筋：0.5μm 或更小
- 硬度：45 HRC 或更高

为了获得以上要求，微铣削技术需要达到以下支持：

- 小直径刀具：100μm 或更小
- 高速刀具外形比例（L/D）　10 或高达 100
- 高速主轴转速　150 000r/min 或更高
- 微小的加工公差　0.1μm 或更小
- 能够修正几何体

Cimatron 的微铣削支持微系统模具型芯、型腔以及电极的加工

- 高效安全的刀路轨迹：
  - * 识别真实的残留微型毛坯
  - * 通用的 3 轴功能及具有同样功能的开粗、二次开粗和精加工可以加工任何微型零件
  - * 摆线开粗
- 5 轴倾角
  - * 满足需要非常小直径的短锥型刀进行加工的零件，以及硬度高并要求曲面质量高的材料加工
  - * 零件具有深腔或者筋（与刀长有关），以及直接进行加工以减少电极使用的微型模具的零件
- HSM 高速铣削和曲面质量
  - * 角部圆角连接
  - * 零件重叠摆线精加工
  - * S 连刀和螺旋下刀
  - * 自适应 Z 层精加工
  - * 流线加工