

doi:10.13436/j.mkjx.201505109

基于 MATLAB 与 Pro/E 弧面凸轮的设计方法

秦 禹^{1,2}, 卫 进^{1,2}

(1. 太原理工大学 机械工程学院, 太原 030024; 2. 山西省矿山流体控制技术研究中心, 太原 030024)

摘 要: 针对弧面凸轮空间结构复杂, 难以利用常规方法绘制的特点, 提出了一种基于 MATLAB 与 Pro/E 的联合建模方法。该方法依据弧面凸轮从动盘的运动规律, 在 MATLAB 中编辑出圆柱滚子柱面的运动轨迹, 并将滚子运动轨迹曲线离散后的点阵存入 .ibl 格式的文件中, 通过 Pro/E 调入 .ibl 格式文件生成曲线, 完成弧面凸轮的设计。

关键词: 弧面凸轮; 修正等速度曲线; MATLAB; Pro/E

中图分类号: TDH132.47 文献标志码: A 文章编号: 1003 - 0794(2015)05 - 0261 - 03

Design Method for Globoid Cam Based on MATLAB and Pro/E

QIN Yu^{1,2}, WEI Jin^{1,2}

(1. College of Mechanical Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China; 2. Shanxi Province Research Center for Mine Fluid Control, Taiyuan 030024, China)

Abstract: Aim at globoidal cam has a complex space structure, difficult to use common method to build model, This paper propose a union modeling base on MATLAB and Pro/E. This method according to globoidal cam driven wheel motion law, use MATLAB edit cylindrical roller movement orbits first, and disperse the movement orbits become lattice save in a .ibl format document. Then use Pro/E read the .ibl format document to create the space curve, finish globoidal cam model design.

Key words: globoidal cam; revise constant velocity curve; MATLAB; Pro/E

0 引言

弧面凸轮是一种分度机构, 其作用是通过自身廓面与从动盘滚子配合, 将连续的旋转运动转化成间歇运动, 具有结构紧凑、传动精度高、传动扭矩大的特点。但弧面凸轮廓面是空间不可展开曲线, 三维造型复杂。本文针对圆柱滚子型, 从动盘运动规律为修正等速度的弧面凸轮进行建模。利用 MATLAB 建立圆柱滚子柱面运动轨迹的数学模型, 再利用 .ibl 格式文件将曲线导入 Pro/E 中进行三维实体建模。

1 凸轮设计要求

1.1 凸轮参数

弧面凸轮基本参数:

凸轮类型

A 型

滚子类型

从动盘运动规律

凸轮转速 $\omega/(\circ) \cdot s^{-1}$

从动盘分度数 n

分度角 $\beta/(\circ)$

中心距 C/mm

分度期转角 $\theta_f/(\circ)$

分度头数 H

滚子半径 R_f/mm

滚子宽度 b/mm

分度周期/s

从动盘运动时间/s

从动盘停歇时间/s

圆柱滚子

修正等速度曲线

1 800

6

60

180

120

1

30

30

4.5

15

3

1.2 从动盘滚子运动轨迹

换, 作用为硬件的转换, 通讯程序要在 codesys 里要根据 2 个协议写出, EPEC 通讯所执行的协议是 CANOPEN 协议, 而显示屏 ST401 的通讯协议用的是 MEBERY LINK 协议, 要写好 2 个协议的转换必须通读并熟悉 2 个协议的内容, 主要发送数据帧的格式。

4 结语

本系统设计成功后, 将这套系统用在 EBZ260 掘进机上, EBZ260 掘进机在兖矿集团下的莫矿井下工业性实验 1 a 中, 没有出现任何电气问题, 这也取

决于 EPEC 控制器的稳定可靠, 抗振耐潮性能优越特点, 而 codesys 软件平台功能非常强大, 程序的可执行度非常高, 可以发挥 EPEC 控制器的高性能, 这样的软硬件完美结合提高了公司掘进机产品的竞争力, 也为中国煤炭采掘业的发展做出了一点贡献。

作者简介: 徐桂军(1985-), 江苏海安人, 电气工程师, 2006 年毕业于中国矿业大学, 电气工程及其自动化专业, 从事煤矿采掘设备的研发工作, 电子信箱: sheldqs@foxmail.com.

责任编辑: 武伟民 收稿日期: 2015-01-16

建立 4 个笛卡尔坐标系如图 1 所示, 其中 $O_0x_0y_0z_0$ 为从动盘相对于外壳的静坐标系, 原点 O_0 在从动盘回转轴线上, x_0 方向竖直向下, y_0 轴方向水平向右, z_0 轴方向水平向外; $O_0'x_0'y_0'z_0'$ 为弧面凸轮相对于外壳的静坐标; 原点 O_0' 在弧面凸轮回转轴上, x_0' 方向竖直向下, y_0' 轴方向水平向外, z_0' 轴方向水平向右; $O_1x_1y_1z_1$ 为弧面凸轮的动坐标, 凸轮未转动时各轴方向与坐标系 $O_0'x_0'y_0'z_0'$ 相同, 凸轮转动时 O_1x_1 与 $O_0'x_0'$ 的夹角为弧面凸轮的位置角 θ ; $O_2x_2y_2z_2$ 为从动盘的动坐标, 原点 O_2 在从动盘回转轴线上, x_2 轴即为第 1 个滚子回转轴线, y_2 轴方向与 x_2 轴方向垂直, z_2 轴方向水平向外。

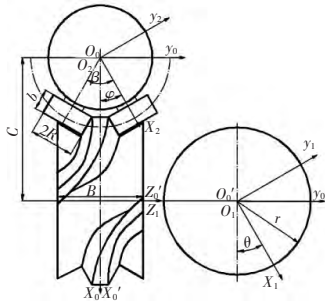


图 1 弧面凸轮坐标系

(1) 圆柱滚子在从动盘动坐标系方程

建立坐标系后得滚子柱面运动轨迹在从动盘动坐标系中的方程

$$x_2=r \quad (1)$$

$$y_2=R_r \cos \varphi \quad (2)$$

$$z_2=R_r \sin \varphi \quad (3)$$

式中 r ——滚子上任取一个截面到原点 O_2 的距离;
 R_r ——滚子半径;
 C ——中心距;
 p ——旋向系数(+1 左旋, -1 右旋);
 φ ——从动盘速度变化参数。

(2) 凸轮与滚子的共轭接触方程

$$\tan \varphi = \left(\frac{pr}{C - r \cos \phi} \right) \left(\frac{\omega_1}{\omega_2} \right) \quad (4)$$

$$\phi = \phi_0 + \phi_i \quad (5)$$

$$\phi_i = \begin{cases} \frac{\pi}{3} \left[\frac{2t}{3} - \frac{\sin(4\pi t)}{6\pi} \right]; 0 < t \leq 0.25 \\ \frac{\pi}{3} \left(\frac{4t}{3} - \frac{1}{6} \right); 0.25 < t \leq 0.75 \\ \frac{\pi}{3} \left[\frac{1}{3} + \frac{2t}{3} - \frac{\sin(4\pi t)}{6\pi} \right]; 0.75 < t \leq 1 \end{cases} \quad (6)$$

式中 ϕ ——滚子的位置角;
 ϕ_0 ——滚子的起始角;
 ϕ_i ——滚子的角位移;
 t ——从动盘运动无因次时间。

在凸轮与滚子的共轭接触方程中, ϕ_i 是由从动盘运动规律—修正等速去曲线决定的。计算方法为 $\pi/3$ 与从动盘无因次位移的乘积。

(3) 凸轮廓面在凸轮动坐标方程

将滚子轨迹方程转化 $O_2x_2y_2z_2$ 坐标系中, 从而得到凸轮在坐标系 $O_2x_2y_2z_2$ 廓面曲线方程

$$x_1 = x_2 \cos \phi \cos \theta - p y_2 \sin \phi \cos \theta - z_2 \sin \theta - C \cos \theta \quad (7)$$

$$y_1 = x_2 \cos \phi \sin \theta - p y_2 \sin \phi \sin \theta - z_2 \cos \theta - C \sin \theta \quad (8)$$

$$z_1 = p x_2 \sin \phi + y_2 \cos \theta \quad (9)$$

1.3 从动盘运动规律

从动盘运动规律是指从动盘无因次加速度的运动规律。修正等速度曲线是由 1 段直线与 2 段简谐运动曲线拟合而成。其特点是最大速度 v_{\max} 值小, 速度两端保持连续, 但是跃度大, 适用于重载低速设备中。修正等速度曲线运动规律见表 1。

表 1 修正等速度运动规律(单周期)

| 名称 | 曲线 | 时间分布 | 方程 |
|--------|----|-------------------|--|
| 无因次位移 | | $0 < t < 0.25$ | $S = \frac{2t}{3} - \frac{1}{6\pi} \sin(4\pi t)$ |
| | | $0.25 < t < 0.75$ | $S = \frac{4t}{3} - \frac{1}{6}$ |
| | | $0.75 < t < 1$ | $S = \frac{1}{3} + \frac{2t}{3} - \frac{1}{6\pi} \sin(4\pi t)$ |
| 无因次速度 | | $0 < t < 0.25$ | $v = \frac{2}{3} [1 - \cos(4\pi t)]$ |
| | | $0.25 < t < 0.75$ | $v = \frac{4}{3}$ |
| | | $0.75 < t < 1$ | $v = \frac{2}{3} [1 - \cos(4\pi t)]$ |
| 无因次加速度 | | $0 < t < 0.25$ | $A = \frac{8\pi}{3} \sin(4\pi t)$ |
| | | $0.25 < t < 0.75$ | $A = 0$ |
| | | $0.75 < t < 1$ | $A = -\frac{8\pi}{3} \sin(4\pi t)$ |
| 无因次跃度 | | $0 < t < 0.25$ | $J = \frac{32\pi^2}{3} \cos(4\pi t)$ |
| | | $0.25 < t < 0.75$ | $J = 0$ |
| | | $0.75 < t < 1$ | $J = -\frac{32\pi^2}{3} \cos(4\pi t)$ |

2 MATLAB 廓面曲线建模

本文所建立的弧面凸轮类型为单头 A 型弧面凸轮, 传动过程中有 4 个行程面与从动盘滚子啮合, 分别是 1L、2L、2R、3L。以下程序为 MATLAB 中廓面 1L 底端($r=72$)曲线生成代码。

```

r=72;
c=180;
p=1;
B1=2*pi/3;
n=6;
t=0:0.01:1;
Rr=30;
th=B1*t;
Fi1=(pi/3)*((2*t/3)-(sin(4*pi*t)/(6*pi)));
Fi2=(pi/3)*((4*t/3)-(1/6));
Fi3=(pi/3)*((1/3)+(2*t/3)-(sin(4*pi*t)/(6*pi)));
Fi=Fi1.*(0<=t&t<=0.25)+Fi2.*(0.25<t&t<=0.75)+Fi3.*(0.75<t&t<=1);
F=pi/n+p*Fi;

```

```

W1=10*pi;
W21=60*(2/3)*(1-cos(4*pi*t))/120;
W22=60*(4/3)/120;
W23=60*(2/3)*(1-cos(4*pi*t))/120;
W_2=W21.*(0<=t&t<=0.25)+W22.*(0.25<t&t<=0.75)+
W23.*(0.75<t&t<=1);
W2=W_2*pi/180;
W=W2/W1;
k=atan(p*r./(c-r.*cos(F)).*W)+pi;
x2=r;
y2=Rr*cos(k);
z2=Rr*sin(k);
x=x2.*cos(F).*cos(th)-p.*y2.*sin(F).*cos(th)-z2.*sin
(th)-c.*cos(th);
y=-x2.*cos(F).*sin(th)+p.*y2.*sin(F).*sin(th)-z2.*cos
(th)+c.*sin(th);
z=p.*x2.*sin(F)+y2.*cos(F);
plot3(x,y,z);
s=[x(:) y(:) z(:)];
b=size(s);
s=[floor(1:b(1:1));s'];
save 1L72.ibl s -ascii;
(MATLAB 无法识别希腊字母, 所以廓面曲线方程
中的希腊字母用对应的符号代替。即  $\theta=th$ 、 $B_1=\beta$ 、 $F_1=
\phi$ 、 $W=\omega$ )

```

程序执行后会将廓面 1L 底端曲线离散成一个 3×101 的曲线坐标矩阵 s , 并将矩阵 s 数值保存至 1L72.ibl 文件中。1L 的廓面顶部曲线的 $r=102$ 如图 2 所示。

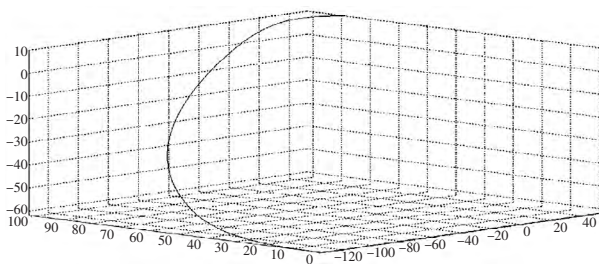


图2 廓面 1L 底部曲线图

绘制 2L、2R、3L 廓面曲线的方法与 1L 相同, 只需要更改以下对应程序。

(1) 2R:

```

F=-pi/n+p*Fi;
k=atan(p*r./(c-r.*cos(F)).*W);

```

(2) 2L:

```

F=-pi/n+p*Fi;
k=atan(p*r./(c-r.*cos(F)).*W)+pi;

```

(3) 3L:

```

F=-(pi/2-pi/n)+p*Fi;
k=atan(p*r./(c-r.*cos(F)).*W);

```

3 Pro/E 凸轮实体建模

(1) 曲线自动生成

Pro/E 不仅自身具备了强大的设计功能, 同时可以实现多款设计软件之间的联合仿真。Pro/E 中曲线绘制功能可以读取 .ibl 格式的文件, 将文件中矩阵里每一个数值转化成空间曲线对应的 x, y, z 的值。

首先将前文生成的 .ibl 文件的后缀 .ibl 改为 .txt 文本格式。打开文本, 在矩阵最前端插入以下 Pro/E 调用文件固有开头文字。

Closed Index Arclength

Begin Section

Begin curve ! 1

插入调用开头后, 再将文件的后缀由 .txt 改回 .ibl。最后利用 Pro/E 编辑菜单中的曲线编辑器, 加载对应的 .ibl 文件, 比如 1L72.ibl 文件, 此时 Pro/E 将会自动生成 1L 曲线。

(2) 实体化

曲线生成后利用 Pro/E 编辑菜单中边界混合功能, 将相邻的两曲线生成曲面。再利用合并功能将围成封闭的一组曲面合并, 最后将合并后的曲面组实体化, 生成如图 3 所示的 2 条弧面凸轮的凸脊。



图3 弧面凸轮凸脊

根据凸轮轮毂尺寸绘制出轮毂外形, 再利用旋转命令画出凸轮的轮毂, 裁除多余的轮廓, 完成弧面凸轮的设计, 弧面凸轮三维模型如图 4 所示。



图4 弧面凸轮三维模型

4 结语

利用了 MATLAB 与 Pro/E 之间可以通过 .ibl 格式文件进行数据传导, 将复杂的弧面凸轮廓面曲线在 MATLAB 中进行编辑, 然后将曲线离散后的点阵导入 Pro/E 中进行实体建模。设计者可以根据实际工程需要改变凸轮的尺寸与运动规律, 生成的曲线也会随着运动方程的改变而变化, 从而完成不同类型凸轮的建模。该方法实现了弧面凸轮参数化设计, 为弧面凸轮机构的设计与仿真提供了便捷。

作者简介: 秦禹(1990-), 福建南平人, 在读硕士, 太原理工大学机械工程专业, 研究方向: 机电液一体化, 电子信箱: QINYU0891@163.COM.

责任编辑: 武伟民 收稿日期: 2015-03-05