

基于拓扑理论的行星轮系机构图计算机自动生成^①

史晓影, 贾花萍, 苏变玲, 张 鹏

(渭南师范学院 物理与电气工程学院, 渭南 714000)

摘 要: 行星轮系机构简图的自动绘制直接涉及到机械设计的效率和可靠性. 通过对众多行星轮系机构简图的分析, 给出了轮系机构图计算机自动绘制的可行性. 采用基于图形离散化的方法, 建立了机构图图表和图值矩阵的关联, 最终实现了机构简图的计算机自动绘制工作.

关键词: 行星轮系; 机构图; 自动生成; 图形离散

Automatic Generation about Mechanism Sketch of Planetary Gear Trains Based on Topology Theory

SHI Xiao-Ying, JIA Hua-Ping, SU Bian-Ling, ZHANG Peng

(School of Physics and Electrical Engineering, Weinan Normal University, Weinan 714000, China)

Abstract: The automatic drawing of the organizational chart related to the efficiency and reliability of mechanical design. By analyzing a number of mechanism sketches of planetary gear trains, the possibility of automatic drawing institutions sketch is given. Through the methods of discrete the graphic, unit diagram has been obtained. The graphical cell library and the matrix of graphics coding are obtained, and establishment the association between them. Ultimate realized the automatically drawing of organizational chart by computer.

Key words: planetary gear train; organization chart; automatically generated ; graphical discrete

行星齿轮传动被广泛用于机械结构中, 设计一个新的、出色的动态性能优良的行星机构, 首要的是设计出该行星机构的机构简图, 完成机构的型综合, 即从具体尺寸方面对轮系的整体和局部进行设计, 之后才能在根据机构简图对轮系进行各项性能分析. 随着计算机技术和拓扑理论的日益发展, 运用计算机对行星轮系机构简图进行绘制的需求越来越迫切, 而近几年国内外相关文献研究的主要是连杆机构简图的自动生成方法^[1-6], 至于轮系拓扑方面的研究主要集中在拓扑型综合的研究^[7-10]、拓扑图的同构判断方法研究^[11-14]等方面, 而周转轮系机构图的计算机辅助生成方法方面的研究较少, 有鉴于此提出了一种轮系机构简图自动生成的方法. 首先将机构简图中常用的图码分离出来形成图码库, 之后将图码库中的图码进行编号, 生成图码值, 进而形成图码矩阵. 最后利用 VB 语言开发了图码矩阵输入界面, 在利用

算法根据图码矩阵自动生成轮系机构简图. 在此基础上进一步实现对简图相关参数的计算机自动判定, 进而完成轮系的优化设计.

1 行星轮系机构图计算机自动生成可行性

通过对众多轮系的仔细分析, 发现轮系机构图有其特有的特点, 一般绘制平面运动链机构简图才用主视图进行, 而绘制轮系机构简图则采用侧视图, 根据机构简图的这种特殊画法, 得出若将机构简图进行模块离散化, 建立相应的离散图码库, 之后建立与之关联的图码矩阵, 按照一定的规律性进行组合便可以形成一个机构图整体. 通过分析众多机构图得出, 合并机构简图应具备下列四个原则:

- ① 正交原则, 图码只能在垂直和水平方向移动.
- ② 随机原则, 后续出现的图码是什么都是随机的.
- ③ 有限原则, 出现的图码只能是几个有限的形状.

^① 基金项目: 陕西省军民融合研究基金 (12JMR15)

收稿时间: 2013-04-27; 收到修改稿时间: 2013-07-08

④ 整体原则, 依据有限的几个图码, 若采用一定的规律组合, 就能形成各种机构简图.

从以上分析可见, 行星轮系机构简图的计算机自动生成完全是可行的.

2 轮系图码表的建立

周转轮系依据功能组成可划分为系杆、齿轮等构件. 根据需要将功能构件系杆、齿轮等进行分解, 使之成为更小的单元, 形成图元库, 为机构简图的自动装配做准备. 下面以外啮合齿轮为例, 给出具体离散成最小的图元的过程, 内啮合的离散也可仿此完成, 轮系中外齿轮可能出现的几种情况如下:

2.1 单齿轮与轴关系情况分析

单齿轮出现在轮系中有以下两种可能:

- a) 轴与齿轮形成回转副
- b) 轴与齿轮固定连接

如图 1(a)给出的是形成回转副的情况, 其余图给出的是固定连接时的各种情况. 当轴与齿轮形成回转副时, 机构图自动生成时可以让图 1(a)所示图形直接出现在对应位置上; 当轴与齿轮固定连接时, 齿轮在轮系中的位置可以是最左端, 如图 1(b), 也可以是最右端(图 1(c)), 或者在中间位置(图 1(d)). 在自动生成轮系机构简图时可以调用(b)~(d)图形组合于轮系相应位置上. 因(b)~(d)是在图 1(a)基础上与轴线固定连接的外齿轮, 因此除齿数参数外, 其余各参数与图 1(a)均对应.

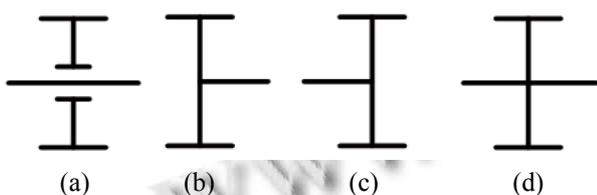


图 1 单个齿轮常规状态

2.2 齿轮半径需要增大且轴与齿轮是回转副情况分析

图 2(a)给出了齿轮与轴形成回转副情况, 若需要将标准半径增大若干倍, 可采用图 2(b)方法形成机构简图, 其余参数依据标准不变.

对于此种情况在对轮系进行离散图形时, 可分解为如图 3 的四个图码.

即在轮系机构简图中, 各种与轴可形成回转副的外齿轮(除标准齿轮外)都可以将其分解为以上四个图

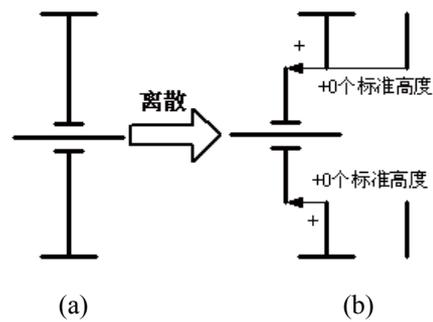


图 2 增大齿轮半径

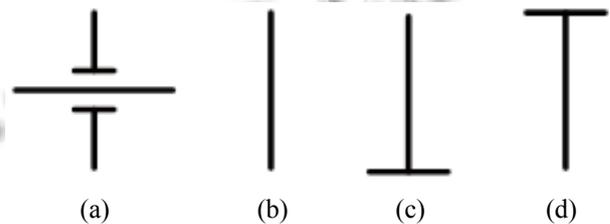


图 3 齿轮离散成图码

码. 对于标准齿轮可直接调用图 3(a)码图. 据此, 可将功能构件按不同的形态及位置分别离散成 36 个图码, 就可形成图 4 所示的图码表库:

0	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29
30	31	32	33	34	35

图 4 图码库

将这 36 个离散图码按固定顺序放在表的固定位置, 并对图码进行编号, 若某个表格中的图码值为“0”则表示对应位置的轮系上无任何图码.

至此 36 个图码与 36 个数字一一对应, 将这些数字称为图码值.

3 轮系机构图码矩阵的建立

形成轮系图码后，可以利用图码和码值的关系，建立轮系机构简图的码值矩阵，文中以外啮合 2K-H 型轮系为例给出机构简图自动生成过程。

图 5(a)为 2K-H 型轮系机构简图，可以将此图按照图码库划分图元，见图 5(b)。之后为每个图码建立一个关联，利用码值和图码的对应性，产生图向矩阵的一对一映射，如图 5(c)所示。称这些由码值所形成的矩阵为码值矩阵。

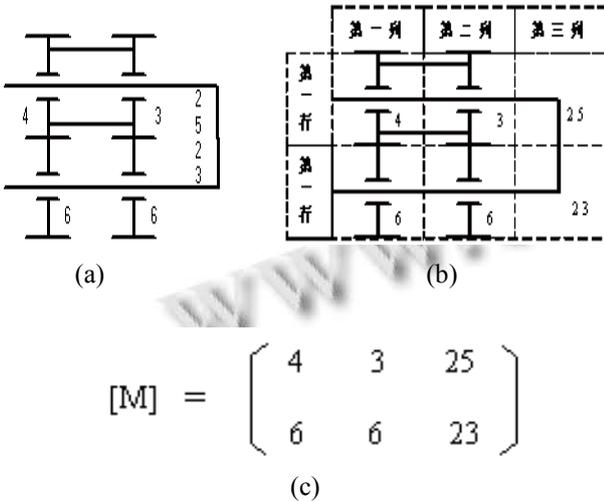


图 5 机构图码值矩阵

4 机构简图计算机自动生成

4.1 机构简图界面开发

利用 VB 程序开发如图 6 所示界面。界面主要包括两个部分：图码矩阵输入部分和轮系机构简图图形生成部分两个模块。



图 6 轮系机构简图自动生成初始界面

初始状态下界面为 10*10 的矩阵输入界面，我们可以改变所需矩阵的行数和列数。文中为了图形居中，

采用 10*10 矩阵，如图 7。左边输入码值矩阵各码值，之后按下绘制按钮，在右边的图片框中便自动生成由所码值控制的轮系机构图，见图 7。

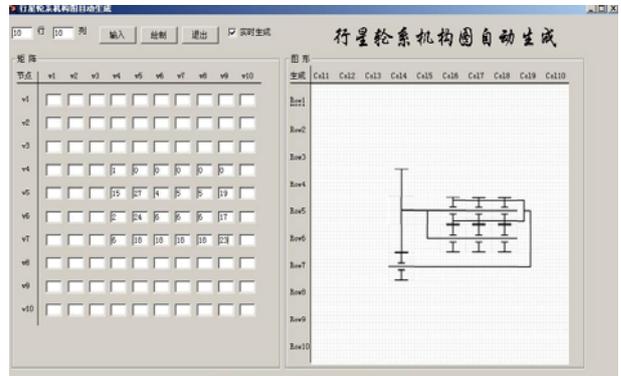


图 7 轮系机构图自动生成

4.2 机构简图自动生成算法

- ① 初始化：为码值矩阵中的每个码值分配图元，并确定码值矩阵行值 H、列值 L。
- ② 调入一行一列对应的图元，并根据行列值计算此图元的坐标值(x1, y1)。
- ③ 后继调入的图元号等于当前图元号加 1，并计算后继图元的坐标(x2, y2)，在各自的数据结构中存储保留坐标值。
- ④ 调入后继图元，若是码值矩阵的同行节点，则放到对应的坐标处，并根据后继图元 x2 计算当前连线的长短实现图元的接，同时行数、列数分别减一。
- ⑤ 若后继调入的图元为码值矩阵的同列节点，则画线的长度为 y2-y1，实现当前图元与后续图元的连接，同样行数、列数减一。
- ⑥ 当行数、列数变为 0 时，自动绘图结束。

以下是自动生成轮系机构简图时采用的关键部分程序代码：

```

变量 COUNT: 矩阵元素个数
变量 L: 码值矩阵的列数
变量 H: 码值矩阵的行数
FOR I=1 TO L
  FOR N=1 TO H
    COUNT=COUNT+1
  IF Text1(COUNT)=" " THEN
    S=App.Path&"pic"&Text1(COUNT)&"0.jpg"
  ELSE
    S=App.Path&"pic"&Text1(COUNT)&"jpg"
  
```

END IF

Picture1(COUNT-1).Picutre=LoadPicture(s).....

5 结语

本文依据拓扑图图码离散的方法建立了机构简图的图码库,并建立了与之关联的图码矩阵,最终完成了轮系机构简图的计算机自动生成.当进一步对图码库进行完善,就可以实现任意机构简图的设计.解决了国内外机构简图的绘制完全依据手工进行的问题,提高了机构设计的效率,为轮系进行型综合和结构综合以及用于周转轮系的自动化静态设计与静态特性分析奠定了全新的理论基础,基于这个新的理论基础,完成了周转轮系实用化和集成化软件的开发,为机构简图设计的的自动化、智能化、网络化和可视化创造了条件.这将有利于减少工作量、缩短设计周期.因此,该方法具有深远的指导意义和应用价值.

参考文献

- 林建德,李润方.一种齿轮系的图画表示法及其在齿轮系运动分析上的应用.机械科学与技术,2004,23(1):60-62.
- Chatterjee G, Tsai LW. Computer-aided sketching of epicyclic-type automatic transmission gear trains. ASME Transactions, Journal of Mechanical Design, 2006, 118: 405-408.
- 史晓影,陈良钰,薛龙泉.行星轮系的图论模型及其应用.2008,5(32):49-51.
- Shi XY. Study on visualization of planetary gear based ontological theory. 10.4028/www.scientific.net/AMM.86.797.2011.
- 李延平.平面曲柄摇杆机构可视化性能图谱自动生成与应用软件开发.机械科学与技术,2002,(6).
- 高红,赵韩.RRSS 机构空间连杆曲线图谱的自动生成.机械传动,2006,30(1):35-36.
- 薛隆泉,汪友明,王慧武等.周转轮系分类及综合.中国机械工程,2005,16(19):1716-1722.
- Swantner A, Campbell MI. Topological and parametric optimization of gear trains. Engineering Optimization, 2012, 11(44): 1351-1368.
- Ryan J. Zerr International Journal of Mathematics and Mathematical Sciences. 2005.11: 1665-1673.
- Chen DZ, Yao KL. Topological synthesis of fractionated geared differential mechanisms. ASME Trans. Journal of Mechanical Design, 2000, 122: 472-477.
- 史晓影.用所谓变换识别轮系拓扑同构的研究.机械传动,2012,8(36):23-26.
- Ettore P, Pler PV. A review of formulas for the mechanical efficiency analysis of two degrees-of-freedom epicyclic gear trains. ASME Trans. Journal of Mechanical Design, 2003, 125: 602-608.
- 林建德,李润方.一种齿轮系的图画表示法及其在齿轮系运动分析上的应用.机械科学与技术,2004,23(1):60-62.
- Madan SR, Amberkar AG, Jain RC. Symbolic notation of planetary gear trains by canonical number approach. International Journal of Mechanical Engineering Education, 2010, 28(1): 47-68.
- searchfor fractal image compression. IEEE Trans. Image Processing, 2002,11(6): 605-615.
- Mohamed FK, Aoued B. Speeding up fractal image compression by genetic algorithms. Multidimensional Systems and Signal Processing, 2005, 16: 217-236.
- Li J, Yuan D, Xie Q, Zhang C. Fractal image compression by ant colony algorithm. Proc. of the 9th International conference for young computer scientists, IEEE, 2008: 1890-1894.
- Eberhart RC, Shi YH. Particle swarm optimization: Developments, applications and resources. Proc. IEEE Int. Congr. Evolutionary Computation. Seoul, Korea. 2001.1. 81-86.

(上接第 139 页)