

机械原理课程设计中铰链四杆机构 计算软件的设计与实现^{*}

王 成

(济南大学 机械工程学院, 山东 济南 250022)

[摘要]铰链四杆机构设计是机械原理课程设计的重要组成部分。针对铰链四杆机构计算存在的问题,笔者编写了一款计算软件。该软件操作方便,可以对学生的设计结果进行校验,也可以及时纠正学生设计中出现的问题。该软件在机械原理课程设计中的实际应用取得了很好的效果。

[关键词]机械原理课程设计; 铰链四杆机构; Matlab

Design and Implementation of Revolute Four-bar Mechanism Calculation Software in the Course Design of Mechanical Principle

Wang Cheng

Abstract: The design of revolute four-bar mechanism is an important part of the course design of mechanical principle. Aiming at the problems existing in the calculation of revolute four-bar mechanism, a calculation software of revolute four-bar mechanism is wrote, which is easy to operate and can check the students' design results and correct the problems in students' design in time. Through the practical application in the course design of mechanical principle, good results have been achieved.

Key words: Course design of mechanical principle; Revolute four-bar mechanism; Matlab

机械原理课程设计的目的是使学生进一步巩固机械原理课程理论知识,培养学生运用理论知识独立解决实际工程问题的能力、构思和设计机械运动方案的能力及对系统中各机构进行分析和综合的能力,同时进一步提高学生的计算、制图、查阅技术资料及计算机操作的能力^[1-3]。

机械原理课程设计通常包括机构创新设计和

铰链四杆机构设计^[4]。铰链四杆机构的设计中需要进行机构的尺度综合,求出机构的主要尺寸,并对机构进行运动分析。铰链四杆机构设计中的计算较为烦琐,采用牛顿切线法可能需要多次迭代,而且对于结果是否正确缺乏有效的验证手段。此外,由于学生人数众多,指导教师很难对学生的设计结果一一进行判断^[5],这就容易造成学生敷衍

[作者简介] 王成(1977-),男,副教授,博士。

^{*} 基金项目:2016年济南大学教学研究项目“虚拟样机技术在《机械原理》课程教学中的应用探索”(编号:J1631)。

了事,课程设计也达不到预期的效果。

针对上述问题,笔者编写了一款铰链四杆机构计算软件,可以对设计结果进行校核,从而直观地验证学生的设计结果是否正确,同时及时纠正学生设计中出现的问题。

一、铰链四杆机构设计的知识点

机械原理课程设计中的铰链四杆机构示意图如图 1 所示。

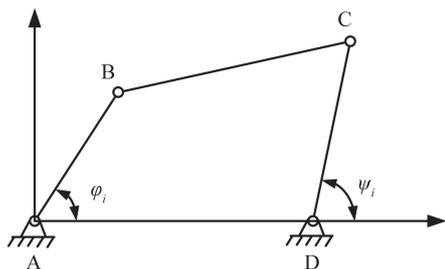


图 1 铰链四杆机构示意图

已知铰链四杆机构两连架杆对应的角位移关系,即

$$y = \lg(x) \quad (1 \leq x \leq 2) \quad (1)$$

同时位移与转角之间的变换关系为

$$\begin{cases} \mu_\varphi = \frac{\varphi_m - \varphi_0}{x_m - x_0} = \frac{\varphi - \varphi_0}{x - x_0} \\ \mu_\psi = \frac{\psi_m - \psi_0}{y_m - y_0} = \frac{\psi - \psi_0}{y - y_0} \end{cases} \quad (2)$$

通过式(1)和式(2),可以得到两连架杆的转角值。

课程设计中一般取 9 个结点(位置点),按给

定两连架杆对应位移来设计四杆机构的相关内容^[6]。已知其中 3 个结点,学生就可以确定所设计的铰链四杆机构。根据排列组合 $C_3^9 = 84$,一套数据可以分成 84 组。因此,教学中可根据班级学生人数进行分组,小组每个学生被分配 3 个结点,可以算出一组四杆机构。小组通过对比拟合误差,找出本组最佳计算参数。最后,该组所有学生均采用最佳计算参数来进行下一步的计算。

铰链四杆机构设计中涉及结点角位移的计算、比例因子的计算、位移与转角之间的换算、用解析法求解铰链四杆机构的计算、实际角位移的计算和拟合误差的计算等。

二、软件开发

针对铰链四杆机构设计的知识点,Matlab 的 GUI 中设计界面包括输入和输出两部分。其中输入为已知参数,包括铰链四杆机构主动杆的角位移范围,班级分配的主动连架杆转角的初始值和最大值,从动连架杆转角的初始值和最大值,以及个人分配的 3 个位置,见图 2。对于同一班级,前面 6 个值可以一次输入,教师只需要修改后面的 3 个位置点即可,输入后的结果见图 3。输出部分包括 9 个位置的主从连架杆转角的理论值和计算值,与铰链四杆机构长度相关的 p0、p1 和 p2 及拟合误差 SUM 值等。通过点击运行菜单,学生可以计算不同已知条件下的铰链四杆机构。

机械原理课程设计四杆机构计算系统										运行
输入值										
角位移下限	角位移上限	主动连架杆转角初始值	主动连架杆转角最大值	从动连架杆转角初始值	从动连架杆转角最大值	给定位置1	给定位置2	给定位置3		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	⋮	⋮
输出值										
	位置0	位置1	位置2	位置3	位置4	位置5	位置6	位置7	位置8	
理论位	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
计算位	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		p0	p1	p2	SUM					
		0	0	0	0					
										设计者: 王成 单位: 济南大学机械工程学院

图 2 机械原理课程设计中四杆机构计算软件界面

三、应用实例

以济南大学机械工程学院车辆 1502 班为例,笔者在该班机械原理课程设计教学中对本软件进

行了试用。该班共有 20 个学生,分成一组,分配的数据如表 1 所示。



图 3 数据输入后的界面

表 1 车辆 1502 班的设计数据

n_1 (r/min)	φ_0 (°)	ψ_0 (°)	φ_m (°)	φ_n (°)	结点数
55	90	25	195	110	9

以甲同学分得的位置 1、4、5 为例，在软件界面输入上述参数，点击运行菜单，结果如图 4 所示。



图 4 软件运行结果

甲同学利用课程设计资料里给出的计算公式，通过计算器计算的结果如表 2 所示。与软件计算得出的结果进行对比可以看出，手工计算的结果存在一定的误差，但在允许范围内。误差的产生主要是由于计算器的计算精度低于软件的计

算精度(为了验证的需要，手工计算和软件计算保留的小数位数是一样的)，而且经过了多次四舍五入。如果数值差别特别大，就是学生计算有问题，教师应该及时予以纠正。

表 2 甲学生的计算结果

学号	姓名	位置	p0	p1	p2	sum
* * * * *	* * * *	1,4,5	1.38	-2.08	-0.368	1.270731

根据机械原理课程设计进程安排，铰链四杆机构的计算时间为 1 天，而利用软件计算只需不到 1 分钟的时间。

利用该软件，笔者对全班 20 个学生的结果进行了一一验证，其中一些学生的计算结果偏差较大，主要原因有：1.学生计算中确实存在问题，如单位未统

一、角度和弧度混用、牛顿切线法和拟合误差的计算存在偏差等。对于这类情况，学生应及时返回修改。2.部分学生分配的结点位置较为接近，在计算过程中会照抄别人的结果。对于这类情况，笔者对学生进行了批评教育，让其重新独立完成设计。

实践表明，利用本软件可以及时纠正学生计

算中的错误,避免了浑水摸鱼现象的发生,指导教师也有了参考的依据。总的来说,本次试用取得了良好的效果,为下一步的推广积累了经验。

四、结语

课程设计是高等学校培养创新人才的重要实践教学环节,提高课程设计的教学质量一直为教育者所关注^[7]。机械原理课程设计是在机械原理课程结束后紧接着进行的环节,对巩固、扩展学生所学知识和培养学生分析并解决实际问题的能力具有重要意义。

铰链四杆机构设计是机械原理课程设计的重要组成部分。但由于其计算过程烦琐,学生容易应付了事。此外,由于学生人数众多,指导教师无法对设计结果进行判断,这也间接导致了部分学生浑水摸鱼,照抄了事。

笔者长期从事机械原理课程教学工作,每年都会指导学生进行机械原理课程设计,针对课程设计中存在的问题,编写了这款铰链四杆机构计算软件。该软件操作方便,可以对学生的设计结果进行校验,同时可以及时纠正学生设计中出现的问题,方便指导教师和学生使用,有效地促进了

(上接第 35 页)明确的认识,为此我们要求专业学生必须参与大学生创新创业训练项目或教师的科研训练项目。总之,教学产出评价的使用环节必不可少,我们需要经常思考,不断加深认识。

三、结束语

本文探讨了农林类高校林产化工专业化工原理课程体系的构建,包括定义教学产出、教学产出的实现、教学产出的评价、教学产出评价的使用等,为农林类高校林产化工专业化工原理课程体系构建做了有益尝试。在农林类高校中,基于 OBE 理念设计相关工程专业的培养体系,可以大大促进具有工程实践能力人才的培养,提升我国工科教育教学水平。(文字编辑:李丽妍)

参考文献:

[1] 周洁,吴圣姬,陈琳,等.基于成果导向教育理念的

机械原理课程设计的实施。下一步,笔者计划将该软件在全校范围内进行推广应用。

(文字编辑:李丽妍)

参考文献:

- [1] 孙志宏,单洪波,庄幼敏,等.提高学生创新能力改革机械原理课程设计[J].实验室研究与探索,2007,26(11):98-99.
- [2] 王少刚.课程设计是培养学生创新能力的重要途径[J].中国大学教学,2007(8):23-25.
- [3] 姚旭东.加强课程设计 强化创新能力培养[J].中国大学教学,2011(6):57-58.
- [4] 王成.以卓越工程师培养为导向的机械原理课程改革与创新[J].中国现代教育装备,2011(1):75-77.
- [5] 王成,赵东.如何在机械实验教学中充分发挥现代教育技术的作用[J].中国现代教育装备,2012(13):13-15.
- [6] 郑文纬,吴克坚.机械原理[M].7版.北京:高等教育出版社,2012.
- [7] 王成.面向“卓越工程师教育培养计划”的机械设计课程设计的改革与实践[J].化工高等教育,2016(6):6-9.
- 《化工原理》对分课堂教学改革实践与探索[J].教育教学论坛,2017(19):139-140.
- [2] 孙晓娟.专业认证视角下工程教育质量保障研究[D].上海:华东理工大学,2017.
- [3] 钟理,郑大锋.面向国际化卓越工程人才培养的化工原理课程建设与改革[J].化工高等教育,2018,35(3):28-33.
- [4] 黄朋勉,周智慧,黄子杰,等.基于 OBE 理念培养创新性化工专业人才[J].化工高等教育,2018,35(2):25-27.
- [5] 柏晶,谢幼如,李伟,等.“互联网+”时代基于 OBE 理念的在线开放课程资源结构模型研究[J].中国电化教育,2017(1):64-70.
- [6] 倪偲文,任世学,李淑君.Origin 软件在吸收塔理论板层数求解中的应用[J].广东化工,2018,45(6):235,251.
- [7] 倪偲文,任世学,李淑君.Origin9.0 在精馏理论板层数求解中的应用[J].广州化工,2018,46(6):35-36,42.