

DOI:10.15923/j.cnki.cn22-1382/t.2018.5.05

# DELMIA 环境下汽车冲压自动线仿真

庞在祥<sup>1</sup>, 王庆来<sup>2\*</sup>, 范质允<sup>2</sup>, 邵昱博<sup>2</sup>

(1.长春工业大学 工程训练中心, 吉林 长春 130012;

2.长春工业大学 机电工程学院, 吉林 长春 130012)

**摘要:** 基于 CAD/CAM 对生产线进行特征建模, 给出了在 DELMIA 虚拟环境下对生产节拍模拟仿真以及优化过程。

**关键词:** 汽车冲压; 自动化生产线; DELMIA; 仿真分析; 生产节拍

**中图分类号:** TG 659; TH 113.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-1374(2018)05-0446-06

## Auto stamping line simulation under DELMIA environment

PANG Zaixiang<sup>1</sup>, WANG Qinglai<sup>2\*</sup>, FAN Zhiyun<sup>2</sup>, SHAO Yubo<sup>2</sup>

(1.Engineering Training Center, Changchun University of Technology, Changchun 130012, China;

2.School of Mechatronic Engineering, Changchun University of Technology, Changchun 130012, China)

**Abstract:** The production line model is established based on CAD/CAM. The simulation and process optimization of the production rhythm is given here under the DELMIA virtual environment.

**Key words:** automotive stamping; automatic production line; DELMIA; simulation analysis; production rhythm.

## 0 引言

汽车制造业的快速发展也为冲压生产工艺的发展带来新的机遇。轿车零部件中 40% 以上是金属板材冲压件, 而汽车车身的金属件几乎 100% 是冲压件。随着汽车制造水平的提高, 汽车冲压件的类型趋于多样化, 工艺水平变得更加复杂, 如何人性化完成冲压生产是亟待解决的问题。目前传统手工送料方式存在效率低、产品一致性差、加工精度低、安全性低等问题。自动化生产线

的出现则很好地解决了以上问题, 实现了冲压零部件的批量生产及自动化, 且精度高, 生产效率得到大幅提升, 提高了生产节拍和生产质量<sup>[1-4]</sup>。

为提高汽车零部件生产效率, 确保产品质量, 实现汽车零部件冲压生产线自动化, 基于 DELMIA 软件对生产线进行特征建模, 对冲压生产线的生产节拍进行模拟仿真, 检测生产线各零件之间的装配是否合理、是否出现碰撞干涉、是否满足生产线在实际生产中的工作要求等情况, 并对生产线的节拍进行优化。通过对冲压生产线的

收稿日期: 2018-07-25

基金项目: 吉林省发改委专项资金项目(2017C045-3); 吉林省科技厅重点科技攻关项目(20160204014GX)

作者简介: 庞在祥(1982-), 男, 汉族, 吉林长春人, 长春工业大学实验师, 硕士, 主要从事机械制造及自动化方向研究, E-mail: pangzaixiang@ccut.edu.cn. \* 通讯作者: 王庆来(1966-), 男, 汉族, 吉林长春人, 长春工业大学高级工程师, 主要从事自动化线及模具方向研究, E-mail: wangqinglai@ccut.edu.cn.

运动仿真能够再现实际的冲压生产环境,为用户提供较为直观的现场环境,为产品技术方案的实施及产品优化提供指导。

## 1 DELMIA 环境下自动线建模

冲压生产线是由多个设备单元组成,并通过多个单元的协调操作完成产品的冲压生产,所以冲压自动线的仿真模型是一个不连续的复杂系统。基于 DELMIA 软件对生产线各组成零件的功能特征进行参数提取,对冲压生产线的各个元素进行统一建模,并根据生产线的总体布局进行装配工作。

冲压生产线由送料台、送料杆、压机和出料台等设备组成。生产线中的设备单元有多个,每个单元设备的结构各不相同,所以建模过程中要提取多个特征量,而过多的特征量会导致运动仿真速度变慢。基于以上原因,在不影响运动仿真情况下,提取机构中的关键生产要素及相关特征量,以达到对系统模型的简化,提高运动仿真速度和系统的仿真效率<sup>[5]</sup>。

基于数字化仿真软件 DELMIA 对冲压生产线建立相应的等效模型。利用建立实体模型的建模方法,通过软件中的草图功能绘制零件轮廓,建立冲压生产线零件的三维实体模型,并通过软件中相关建模命令建立冲压生产线的实体特征模

型,完成生产线模型的绘制<sup>[6-7]</sup>。冲压生产线三维模型如图 1 所示。



图 1 冲压生产线三维模型

## 2 生产参数分析

基于建立的系统简化模型,以生产过程中的实际生产线参数为依据,对冲压生产线的生产情况进行研究。以日常生产效率 9SPM(每分钟净冲压次数)为例。通过对实际生产线的运行情况进行分析,确定生产过程中所需的运动部件,建立仿真模型,并对模型中运动部件(包括送料杆、压机和模具)设定相应的约束条件(包括运动约束及时间约束)。根据生产过程中实际生产线的生产信息,得出冲压生产线仿真模型中各运动机构实际的送料杆运动参数、冲压自动线的运动轨迹参数和时间周期,分别见表 1 和表 2。

表 1 送料杆运动参数

送料杆部装	摆角极限位置/(°)	最大角速度/(°/s)	位移/mm	最大速度/(mm/s)
液压缸	-70~70	160		
活塞杆			0~1 000	2 500
端持器	-30~30	40		

表 2 冲压生产线运动轨迹参数及时间周期表

运动零件名称	YZ 平面运动范围		一个周期内运动时间/s	备注
	平移/mm	旋转/(°)		
板材	0~1 200		1.0	
送料杆 1	端持器	-15~15	4.0	
	液压缸	-59~59	4.0	
压机 1	工作台	0~1 200	3.4	
模具 1	上模	0~1 200	3.4	
	压边圈	0~80	1.2	

续表 2

运动零件名称		YZ 平面运动范围		一个周期内运动时间/s	备注
		平移/mm	旋转/(°)		
送料杆 2	端持器		-15~15	4.0	
	液压缸		-59~59	4.0	
压机 2	工作台	0~1 000		3.4	
模具 2	上模	0~1 000		3.4	
送料机 3	端持器		-15~15	4.0	
	液压缸		-59~59	4.0	
压机 3	工作台	0~1 000		3.4	
模具 3	上斜楔	0~145		1.0	XZ 平面内 0~75 mm
	下斜楔			0.5	
送料机 4	端持器		-15~15	4.0	
	液压缸		-59~59	4.0	
废料		0~300	-15~15	3.0	在 XZ 平面内 -15°~15° 转动和 0~200 mm 平移

### 3 运动模型建立

将之前所建立的冲压生产线的 3D 几何模型转化为仿真分析的机构模型,并在 DELMIA 环境对生产线进行运动仿真,由于模型的简化,所以在仿真过程约束的添加较为方便,只对生产线中旋转运动的零部件添加旋转副约束,直线运动的零部件不需要添加约束。文中所要进行仿真的冲压生产线中只有送料杆有旋转运动,所以只对送料杆添加旋转副约束。送料杆运动机构模型分析如图 2 所示。

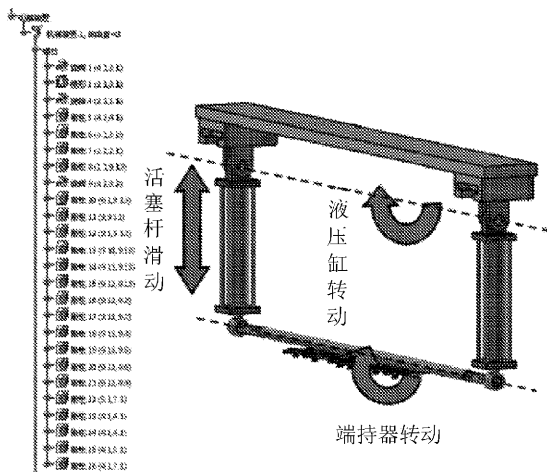


图 2 送料杆运动机构模型分析

### 4 运动仿真与分析

#### 4.1 添加约束、驱动及负载

在产品清单(Product List)中导入之前已经建立好的装配文件及相应布局图,并建立相应的工艺流程及运动约束;对冲压生产线中的各运动部件添加约束,规划生产线的运动轨迹,建立冲压生产线的仿真序列,并设定运动部件在运动过程中所需要的时间<sup>[8]</sup>。

工艺流程如图 3 所示。

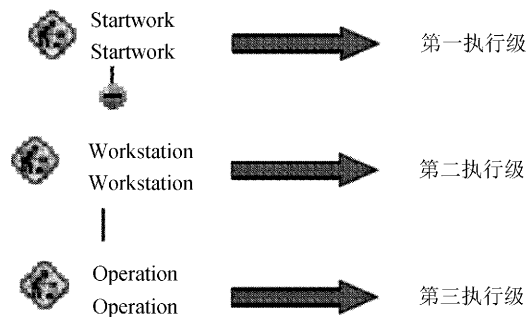


图 3 建立的工艺流程

压机在生产线模拟过程中的运动方式为直线运动,本生产线中压机的数量为 3 个。其中,在生产线系统中压机 1 和压机 2 采用相同的运动方式,具体包含上模下行、上模和压边圈一起下行再

上行、上模上行等三个运动阶段;压机 3 在运动过程中与压机 1 和压机 2 相比多出个斜楔运动。送

料杆运动流程及压机运动流程分别如图 4 和图 5 所示。

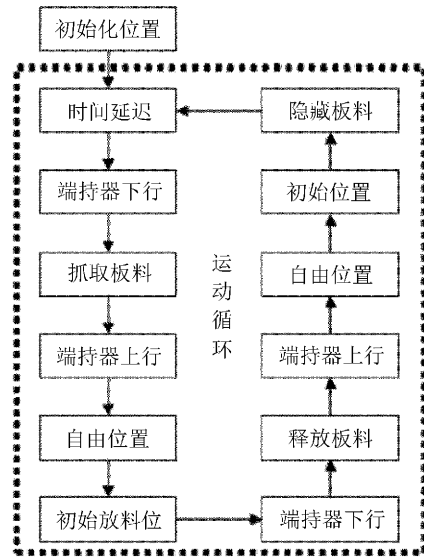
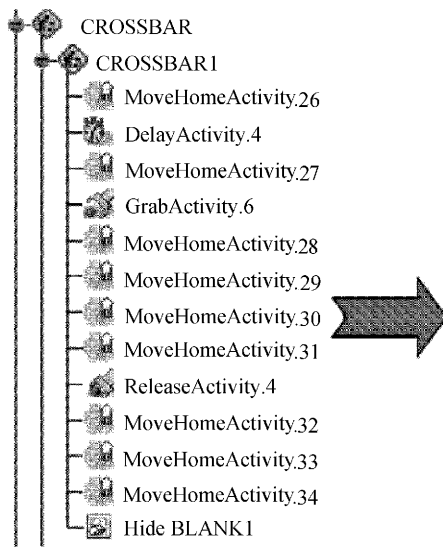


图 4 送料杆运动流程

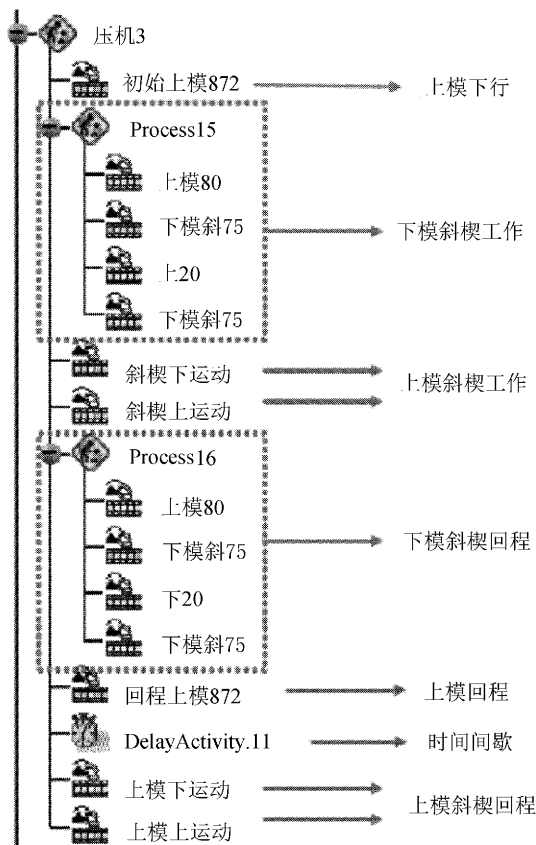


图 5 压机运动流程

在冲压生产过程中,生产的产品是需要整条生产线各运动单元间的协调运动来实现的。从原始的板料到最后产品成型,通过工艺及运动流程可知,生成运动的各零部件之间是相对独立运动。

它们之间的逻辑关系通过仿真模型中每个动作的先后顺序联系起来,最终形成各部件间的协调运动。生产线整体动作逻辑关系及生产线运动仿真文件分别如图 6 和图 7 所示。

### 4.2 冲压生产线节拍优化

生产效率是冲压生产线在实际生产过程中的生产能力,是在生产条件稳定的情况下,一定时间内冲压生产线所能够生产加工出来的成品或半成品的数量;生产节拍是指在生产条件稳定的情况下,单件产品或半成品的生产时间的间隔,表示的是生产速度。在生产过程中,生产效率越高,每个产品的成本越低。不理想的生产规划会导致在实际生产过程中设备的使用效率降低,冲压生产线设计过于复杂等状况出现,同时降低系统的可靠性。因此,在进行冲压生产线的设计时需要对如何缩短生产线的生产节拍、如何提高生产线的生产效率进行充分考虑,也是如何完成降低生产线生产成本的重要任务<sup>[9]</sup>。

目前在用户企业中,冲压生产线的生产效率一般为 9SPM,为了提高冲压生产线的生产效率,根据用户的实际生产需要将生产线的生产效率提高为 12SPM。生产线的生产节拍由相应的 6.7 s 降低至 5 s。通过生产线中实际压机的节拍参数,对生产线相邻两道工序之间的送料起始时间及停止时间进行调整,来达到节拍时间的平衡。建立冲压生产线的节拍仿真优化模型,并在所优化的



仿真模型中进行仿真分析,得出优化后冲压生产 线中四台送料杆节拍协调关系,分别如图 8 和图 9 所示。

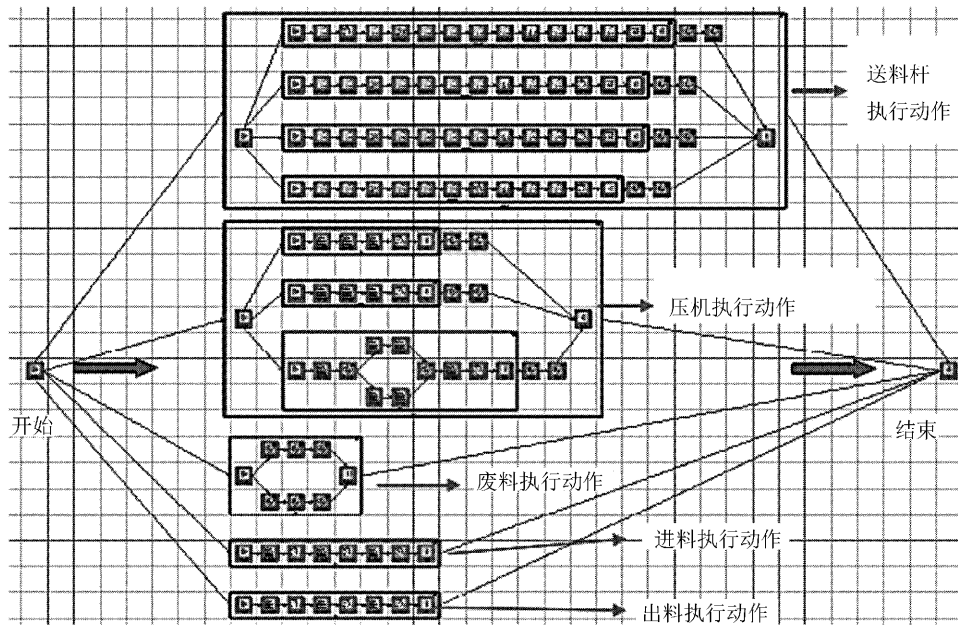


图 6 整体动作逻辑关系

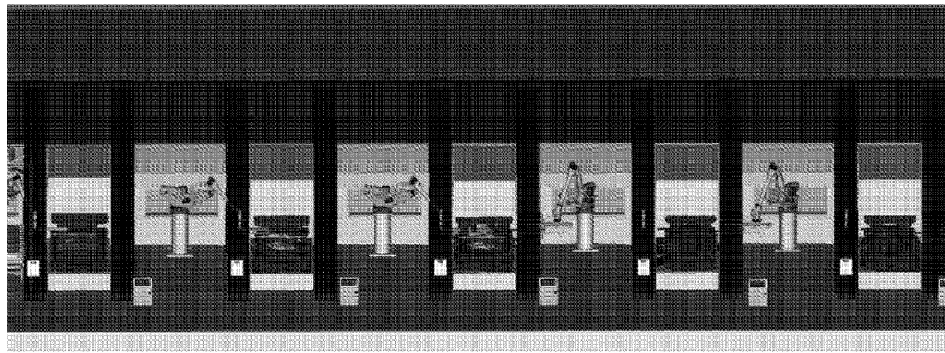


图 7 生产线运动仿真文件

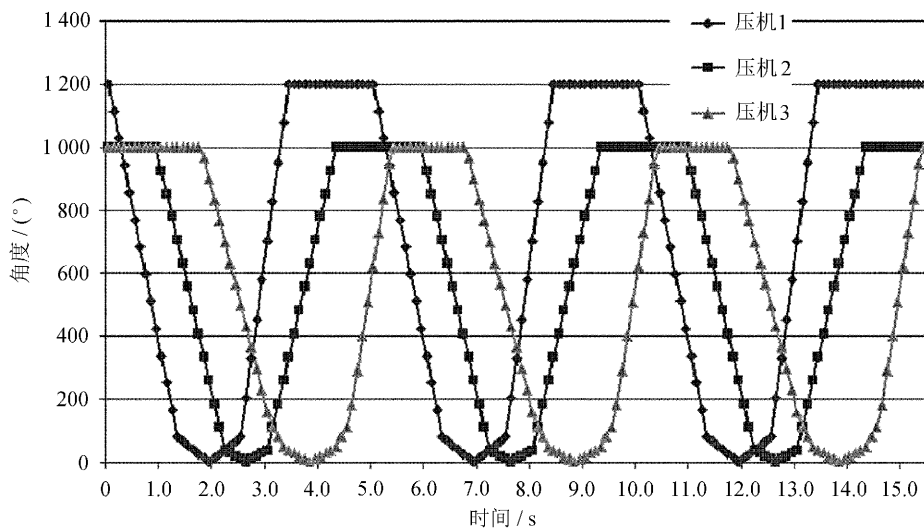


图 8 优化后三台压机节拍协调关系

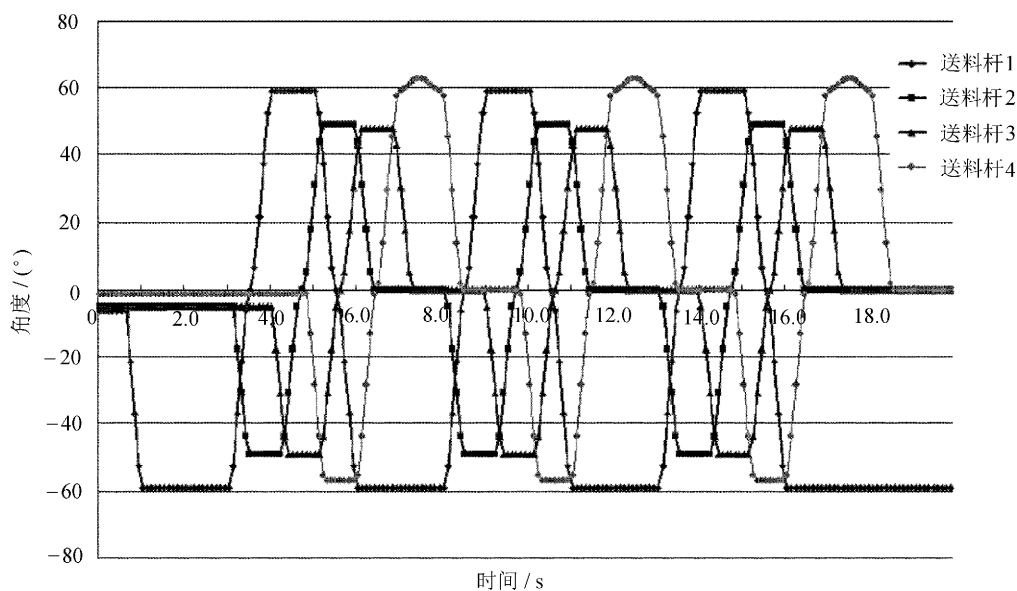


图9 优化后四台送料杆节拍协调关系

通过仿真分析可知,冲压生产线在保证不改变压机和送料杆系统整体性能的情况下,只通过对生产线生产节拍进行调整,缩短相邻两道工序之间的送料起始时间及停止时间,使生产节拍由6.7 s减少到5 s,提高了自动线的冲压生产效率。

## 5 结 语

基于 DELMIA 软件对生产线进行特征建模,对冲压生产线的生产节拍进行模拟仿真,检测设备装配是否合理,并对生产线的节拍进行优化。通过对冲压生产线的运动仿真能够再现实际的冲压生产环境,为用户提供较为直观的现场环境,为技术方案的实施及优化提供指导。

### 参考文献:

[1] 冯江涛,肖小亭,赵娜,等. Delmia 环境下的自动化冲压生产线设计及仿真分析[J]. 广东化工, 2015(3): 100-104.

[2] 冯江涛,赵娜,何昌传. 基于 Adams 的冲压机器人运动学仿真分析[J]. 模具制造, 2015(2): 83-86.

[3] 南雷英,戚春晓,孙友松. 冲压生产自动送料技术的现状与发展概况[J]. 锻压装备与制造技术, 2006(2): 22-25.

[4] 符起贤,张贵成. 一种新型的多机连线自动搬运生产线[J]. 锻压装备与制造技术, 2010(1): 37-39.

[5] 王鹏飞. 基于 DELMIA 的高速冲压生产线运动仿真与优化[D]. 长沙: 湖南大学, 2012.

[6] 刘佳勋,樊留群. 虚拟汽车冲压线的建立方法与实践[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2007(6): 91-95.

[7] 刘文莲,桑运春,谢丽华. CATIA 链轮参数化设计及零件库构建[J]. 长春工业大学学报, 2015, 36(2): 143-148.

[8] 李琦. 挖掘机废旧液压油缸拆解生产线设计与仿真研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2014.

[9] 何述平,覃开宇,陈立军,等. 高速冲压自动化生产线优化仿真[J]. 轻工科技, 2012(8): 46-48.