

基于Tecnomatix的T型汽车柔性切换系统设计及仿真验证

韩玉婷¹ 李春雷² 刘彦锋¹ 李宇辰¹ 闫金韬¹

(1.大连职业技术学院,大连 116035;2.大连奥托自动化设备有限公司,大连 116050)

摘要:为提升汽车白车身焊接生产线的柔性,提出一种T型汽车柔性切换系统。首先,研究了T型汽车柔性切换系统的组成及各组件的工作过程,提出了切换(2N+1)种车型的目标;其次,研究了T型汽车柔性切换系统的动力和传动部分,确认了电机参数及导向和定位方案;再次,提出了T型汽车柔性切换系统的模块划分和接口部分设计,得到模块划分图;最后,利用Tecnomatix环境仿真T型汽车柔性切换系统的工作过程,结果表明,T型柔性切换系统的方案设计合理,可以实现(2N+1)种车型的切换。

关键词:柔性切换系统 Tecnomatix 仿真验证 模块化设计

中图分类号:U466 文献标志码:B DOI: 10.19710/J.cnki.1003-8817.20240208

Structural Design and Simulation Verification of T-Shaped Automotive Flexible Switching System Based on Tecnomatix

Han Yuting¹, Li Chunlei², Liu Yanfeng¹, Li Yuchen¹, Yan Jintao¹

(1. Dalian Vocational & Technical College, Dalian 116035; 2. Dalian Auto Industry-automation Equipment Co., Ltd., Dalian 116050)

Abstract: In order to improve the flexibility of the welding production line for car body in white, this paper proposes a T-shaped automotive flexible switching system. Firstly, this article studies the composition of the T-type flexible switching system and the working process of each component, and proposes that this switching system can switch 2N+1 vehicle models. Secondly, the power and transmission parts of the switching system are studied, and the motor parameters, guidance and positioning schemes are determined. Moreover, the module division and interface design of the switching system is proposed, and a module division diagram is obtained. Finally, the working process of the switching system is simulated in the Tecnomatix environment. The results show that the design of the T-type flexible switching system is reasonable and can achieve switching between 2N+1 vehicle models.

Keywords: Flexible switching system, Tecnomatix, Simulation verification, Modular design

1 前言

汽车的柔性生产系统是一种高效、灵活的生产方式,它允许生产线在短时间内从一种车型切换为另一种车型,从而实现多品种、小批量的生产。汽车柔性生产系统具有模块化设计、高度自动化、高度柔性的特点,是一种高效、灵活的生产

方式,可以快速地响应市场变化、降低生产成本、提高产品质量。随着汽车市场的不断发展和消费者对汽车多样化和个性化的需求不断增加,汽车柔性生产线将成为未来汽车行业的主流生产方式之一。本文提出一种T型汽车柔性切换系统,该系统可以实现多种车型的切换生产,可实现模块化设计,以更好地满足产线后续升级改造的要求,符

作者简介:韩玉婷(1990—),女,助教,硕士学位,研究方向为柔性生产线研发与优化。

基金项目:2023年度大连职业技术学院(大连开放大学)校级科研课题(ZK2023QN01)。

参考文献引用格式:

韩玉婷,李春雷,刘彦锋,等.基于Tecnomatix的T型汽车柔性切换系统设计及仿真验证[J].汽车工艺与材料,2024(8):63-66.

HAN Y T, LI C L, LIU Y F, et al. Structural Design and Simulation Verification of T-Shaped Automotive Flexible Switching System Based on Tecnomatix[J]. Automobile Technology & Material, 2024(8): 63-66.

合当前汽车市场多元化的发展趋势。

2 汽车柔性切换系统

2.1 传统汽车切换系统

汽车生产线的切换系统能够快速、准确地切换不同车型,显著提高生产线的灵活性和效率。汽车生产线的切换机构通常包括多种复杂的机械、电气和控制系统以实现生产线上各部分的快速调整,包括焊装、冲压、涂装等^[1-6]。

图 1 所示为一种汽车焊装生产线的切换系统,主要由切换轨道、滑移小车、焊接夹具、工位、库位和定位机构组成。焊装夹具设在滑移小车上,主轨道从左到右依次是工位和库位,滑移小车上设有滑动轮组,使滑移小车可以左右移动,定位机构用于滑移小车工作位置的精确定位,该设计可以使焊装夹具在不同库位之间快速切换,提高生产线的效率。

另外,该种切换机构通常配备先进的控制系统,如 PLC、伺服电机等,能够精确控制切换机构的动作。

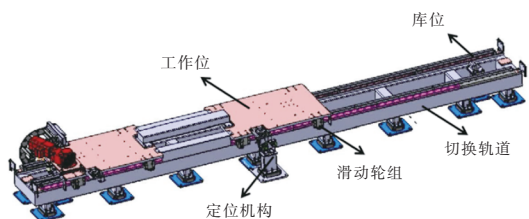


图 1 某切换系统

但该切换系统仅能实现 2 种车型的切换,即使如图 1 所示增加 1 块基板,可以配备 2 套焊接夹具,能同时焊接 2 种零件,仍不能满足当前汽车生产线高柔性的需求,为此,需对切换系统进行升级。

2.2 其他汽车柔性切换系统

目前,已经出现了具备一定柔性能力的切换系统,该切换系统的切换轨道更为复杂,且一般具有多个库位,可实现 2 种以上车型的切换,李磊等提出 4+N 柔性切换系统,包括有转台 4+N 柔性切换系统和滑台 4+N 柔性切换系统,该系统的柔性程度高,结构紧凑,占地面积小,但成本较高且结构复杂,不利于生产线的后续改造^[7]。黄敏鹤等提出了一种典型汽车车身多品种柔性生产线车型切换效率提升方案,所使用的切换系统可实现 4 种车型切换,使用了翻转切换和插拔切换,但该系统只能解决特定的生产线问题,无法通用,且最多可切

换 4 种车型,柔性程度无法提升^[8]。

2.3 T 型汽车柔性切换系统

基于目前已经提出的柔性切换系统,本文提出一种新型的 T 型柔性切换系统,可实现模块化设计和生产,降低了生产成本,且电机和夹具之间采用滚轮轴承和滑槽的柔性连接方式,系统的柔性程度更高。本文提出的 T 型柔性切换系统三维结构如图 2 所示,工作过程如下:首先,当滑移小车在库位移动时,由库位动力小车带动滑移小车移动,当滑移小车运送到切换等待位后自动安装到主线动力小车的滑槽内,然后由主线动力小车带动滑移小车在主线移动,同时脱离库位动力小车的滑槽,实现滑移小车 X、Y 方向移动的转换;最后由主线动力小车带动滑移小车至工位,滑移小车上安装有安装夹具及白车身组件,由焊接机器人对白车身组件进行焊接。

由图 2 可知,T 型柔性切换系统可以切换的车型为(1+2)种,且 II 车型和 III 车型切换部分可以扩展,能实现(2N+1)种车型的切换。

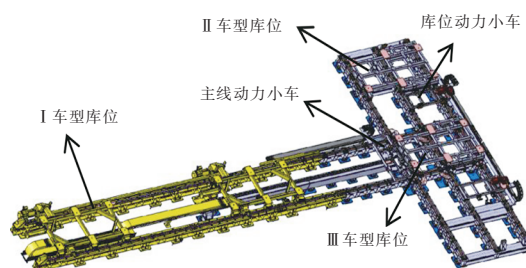


图 2 T 型汽车柔性切换系统

3 T 型柔性切换系统的结构设计

3.1 T 型柔性切换系统的动力和传动部分设计

图 3 所示为 T 型柔性切换系统的动力和传动部分,动力部分采用变频减速电机,传动部分采用直齿轮齿条。

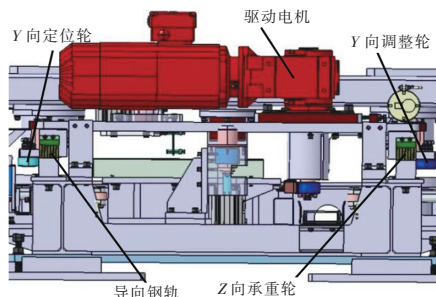


图 3 T 型汽车柔性切换系统动力和传动部分模型

3.1.1 电机参数

动力电机的参数如表1所示。

表1 电机参数	
参数	数值
电机型号	SEW KAF47DRL90L4BE5 HF/TF/IS/AS7W
额定电压/V	380
额定频率/Hz	50
额定转速 $N_n/r \cdot \text{min}^{-1}$	3 000
额定扭矩 $M_0/N \cdot \text{m}$	14
安装方式	IM:M5A-180°

3.1.2 导向部分

动力小车和滑移小车的导向部分采用Z向承重轮+Y向右侧基准轮和Z向承重轮+Y向左侧调整轮的方式,采用机械强度更高、耐磨性更好的方形轨道取代传统的重轨(GB/T 2585—2021《铁路用热轧钢轨》),为保证轨道的清洁和车轮运行的可靠性,在每个车轮组件两端均安装了铜质钢轨毛刷。

3.1.3 定位方案

为提高装配精度,导轨在架体上的定位采用定位面+定位销的方式,且两侧导轨的安装平行度误差不超过 $\pm 0.05 \text{ mm}$,采用调整地脚和增加垫片的方式调整导轨的水平度。同时,齿条的定位采用定位面+定位销的方式。由于电机需要一定的调整量,所以变频电机定位采用定位面+偏心销的方式。最后,为保证滑车的车轮和架体导轨的顺利安装,滑车上的车轮组件采用定位销定位。

3.2 T型柔性切换系统的模块化设计

对T型柔性切换系统进行模块化设计,可以降低设计和生产成本,增加T型柔性切换系统的库位数量,满足更多车型的切换需求。

3.2.1 接口设计

为实现T型汽车柔性切换库的模块化设计,首先需要统一各模块之间的接口,库位动力小车和主线动力小车等动力小车需要采用统一接口与无动力小车(滑移小车)连接。

T型汽车柔性切换库的接口采用滚动轴承和滑槽的柔性连接,如图4所示。在设计时,需要将

滚动轴承安装到无动力小车(滑移小车)上,滑槽安装到动力小车上,当无动力小车在库位和主线位进行切换时,可使滚动轴承从滑槽侧面的引导面进入滑槽,接口部分可顺利连接,使无动力小车在柔性连接时有更高的可靠性。

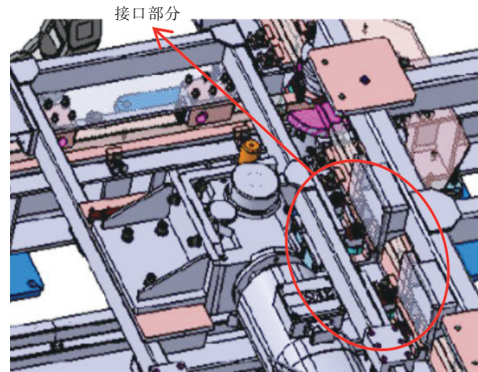


图4 T型汽车柔性切换系统的接口部分

在设计滚动轴承和滑槽时,主线和库位选择同样规格型号的轴承,满足了模块化设计中互换性的要求。

3.2.2 模块划分

为实现T型汽车柔性切换库的模块化设计,且能够任意增加库位,需要合理划分T型汽车柔性切换库的各个模块。根据T型汽车柔性切换库各部分的功能和结构,最终划分的模块如图5所示。

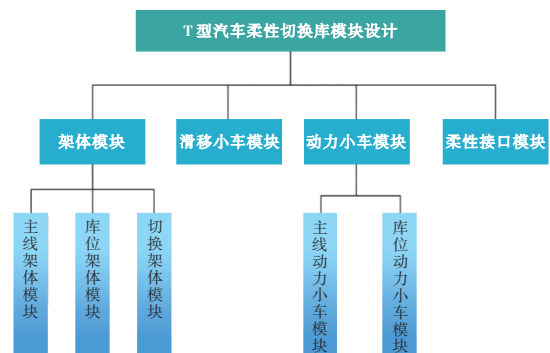


图5 T型汽车柔性切换系统的模块划分

4 T型柔性切换系统的仿真验证

4.1 仿真工作站的建立

4.1.1 工作站数据导入

首先将已经建立好的T型汽车柔性切换系统的仿真模型、夹具模型和白车身零件模型导入仿真软件,在Tecnomatix环境下搭建一个T型柔性切换系统的仿真工作站^[9-10]。数据导入过程如下:

a. 对所有模型文件的格式进行预处理。模型文件均以 jt 格式导出, 然后使用批处理文件 trans_jt2cojt 为文件加壳, 生成 cojt 文件。

b. 建立 Project 和 Library 文件, 用于存放仿真时所需的所有模型文件。

c. 按照一定顺序将 cojt 文件导入到 Process Simulate 软件, 根据实际情况完成 T 型汽车柔性切换系统的布局。

4.1.2 工作站的仿真设置

工作站仿真设置包含以下内容:

a. 运动设置: T 型汽车柔性切换系统需要设置 3 个部分的运动, 分别为左库位动力电机的运动设置、右库位动力电机的运动设置、主线动力电机的运动设置。

b. 库位切换设置: 在姿态编辑器中创建切换位置架体在旋转后的工作姿态, 并设置旋转角度和特殊点属性。

c. 传感器设置: 设置 T 型柔性切换系统传感器参数, I 车型库位、II 车型库位、III 车型库位、切换等待位和工作位均需要光电传感器, 感应滑移小车到达的位置共需设置 5 个光电传感器。

d. 仿真序列设置: 在操作浏览树中设置 I 车型、II 车型、III 车型的滑移小车及库位和主线动力小车的 Op 文件。

4.2 仿真验证

将操作浏览树中建立的操作加入序列仿真器, 得到 T 型汽车柔性切换系统仿真的操作节点时序, 如图 6 所示。

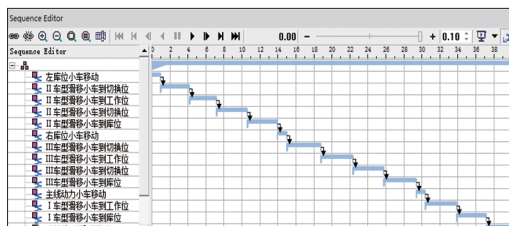


图 6 T 型汽车柔性切换系统仿真时序设计

按照图 6 所建立的时序进行仿真运行, 在 I 车型、II 车型和 III 车型切换的过程中, 当 II 车型、III 车型在切换位时, I 车型可同时动作, 可降低节拍, 且 II 车型、III 车型的切换节拍最长, 后续可以将生产数量少的车型放置在 II 车型、III 车型库位,

或者增加库位的长度, 实现 II 车型、III 车型的同步切换。

5 结束语

本文对汽车柔性生产系统的特点进行总结, 并提出一种新型的 T 型汽车柔性切换系统, 实现 (2N+1) 种车型的切换, 很好地解决了目前汽车生产线多品种生产的要求。同时, 本文设计了 T 型汽车柔性切换系统的结构, 且利用 Tecnomatix 软件对该 T 型汽车柔性切换系统进行仿真验证, 结果表明: I 车型、II 车型、III 车型可以进行切换, 且 II 车型、III 车型的切换时间较长, 需要合理控制节拍或者增加库位长度, 缩短 II 车型、III 车型切换的时间。

参考文献:

[1] 曹家勇, 吕文壮, 唐鼎, 等. 基于 Tecnomatix 的汽车前地板焊装生产线的工艺规划及仿真验证[J]. 机械设计与制造, 2021(10): 174-178.

[2] 林巨广, 崔鹏, 王健强, 等. 基于 ROBCAD 的白车身焊装自动线工艺规划技术研究[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2009, 32(9): 1365-1369.

[3] 潘婷婷. 基于虚拟样机的白车身焊接夹具的设计与优化[D]. 长春: 长春理工大学, 2018.

[4] 崔久好. 基于 Process Simulate 自动化离线编程的应用[J]. 工业控制计算机, 2022(35): 62-66.

[5] 徐海搏, 刘久月, 吴政勋, 等. 基于 Process Simulate 的焊装前地板生产线工艺规划与仿真验证[J]. 锻造与冲压, 2021(18): 16-21.

[6] 陈曦. 基于 PDPS 的车门密封条滚压设备设计及工艺仿真研究[J]. 汽车工艺与材料, 2023(11): 67-72.

[7] 李磊, 毕愿江, 马立新, 等. 白车身高柔性 4+N 车型自适应切换系统开发与应用[J]. 汽车工艺与材料, 2023(4): 18-23.

[8] 黄敏鹤, 陈强, 史敏. 一种典型汽车车身多品种柔性生产线车型切换效率提升方案[J]. 汽车与驾驶维修(维修版), 2022(1): 30-32.

[9] 吕文壮. 汽车车身焊接机器人路径规划与虚拟仿真研究[D]. 上海: 上海应用技术大学, 2020.

[10] 宁艳亭, 张姗姗, 葛卫京. 基于 PDPS 软件的汽车侧围内板焊装线仿真研究[J]. 汽车工艺与材料, 2023(5): 19-24.