

DOI:10.19344/j.cnki.issn1671-5276.2025.05.052

基于多元化生产场景的汽车车门分装线规划实施方法

谭飞,王利松,范锐强,杨桃李,陈飞,鲁中均,庞林

(重庆赛力斯新能源汽车设计院有限公司,重庆 401133)

摘要:总装作为汽车四大工艺最后环节,受影响因素较多。产线的设计需考虑多元化的场景及功能,以适应生产的动态调整。车门分装线既独立于总装主线运行,又与之有紧密关联。针对其特点,从线体的规划原则、节拍计算、车门吊具数量计算、典型生产场景及功能的实施方式等方面进行论述。车门分装线的柔性化、灵活性得到显著提升,为车门分装线的设计规划提供参考借鉴。

关键词:汽车;总装;规划设计;车门分装线;生产场景及功能

中图分类号:U463.83 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2025)05-0268-05

A Planning Method for Automotive Door Assembly Line Based on Diversified Production Scenarios

TAN Fei, WANG Lisong, FAN Ruiqiang, YANG Taoli, CHEN Fei, LU Zhongjun, PANG Lin

(Chongqing SERES New Energy Vehicle Design Institute Co., Ltd., Chongqing 401133, China)

Abstract: As the final stage of the four major automotive processes, final assembly is influenced by many factors. The design of the production line needs to consider diverse scenarios and functions to adapt to dynamic adjustments in production. The car door assembly line operation is both independent of the main assembly line and closely related. Based on its characteristics, this article discusses the planning principles of the production line, rhythm calculation, calculation of the number of car door hangers, typical production scenarios, and implementation methods of functions. The flexibility of the car door assembly line has been significantly improved, providing a reference for the design and planning of the car door assembly line.

Keywords: automobile; final assembly; planning and design; car door assembly line; production scenarios and functions

0 引言

随着汽车智能化、电动化、网联化的快速发展,汽车生产制造也朝着快节奏、柔性化、智能化的方向发展^[1]。总装作为汽车制造工艺的最后一个环节,受物料、人员、质量、设备等影响较多,因此总装会根据实际情况调整生产计划来减小各方面带来的影响。车门分装线独立于总装主线运行,又与主线存在紧密的对应关系。车门分装线根据自身的特殊性及其重要性,在规划时须满足多元化的生产场景及功能,其规划布局的优劣直接影响到生产效率和质量的提高。

1 车门分装线的组成及特点

车门分装线主要由车门拆卸工位、输送段、工艺段、升降机、横向积放库、车门总成合装工位、车门吊具及输送小车等组成^[2]。

车门分装线主要特点为从车门拆卸工位到车

门总成合装工位,车门分装线的车门数量及顺序与总装主线的车身数量及顺序严格保持一致。

2 车门分装线的规划设计

2.1 节拍计算

车门分装设计之初,需根据整个车间规划及生产纲领,来计算车门分装线的输送节拍,计算方法如下:

$$C_T = 3\,600 \times T \times H \times C_1 / G \quad (1)$$

式中: C_T 为输送节拍,s/辆; T 为全年工作天数,d/y; H 为每天工作时长,h/d; C_1 为设备开动率,%; G 为年生产纲领,辆/y。

2.2 有效工位数计算

$$N = 3\,600 \times t / (C_T \times M) / F \quad (2)$$

式中: N 为有效工位数,个; t 为车门装配总工时,h,表示一人独立装配单台车的前后门所需时间; M 为人员密度,人/工位,建议2~3人/工位; F 为

第一作者简介:谭飞(1987—),男,四川江油人,工程师,本科,研究方向为汽车生产线机械化输送系统、电气自动化、产线规划及仿真等,fei.tan@seres.cn。

人员负荷率,%,建议 95%。

最终的有效工位数建议在车型拓展及行业对标的基础上浮动±5%~±10%。

2.3 工艺段长度及宽度确定

工艺段长度=工位数×工位节距

工艺段宽度=车门吊具(含车门)宽度+操作宽度空间+线边物料存放宽度

工位节距建议取 4~4.5 m 为宜,工艺段宽度建议取 5~6 m 为宜。

2.4 路线规划原则

- 1) 输送路线短、线体交叉少、弯段少^[3]。
- 2) 工艺段近生产区、利于物流合理调配。
- 3) 缓存量合理、柔性高、灵活性好。

2.5 输送小车数量、横向积放库容量、车门吊具数量计算

1) 输送小车数量计算

$$A=(60\times L/v_1)/C_T+(60\times S/v_2)/C_T+B+C$$
 (3)

式中:A 为输送小车需求量,套;L 为输送段轨道长度,m;S 为工艺段轨道长度,m; v_1 为输送段的输送速度,m/min; v_2 为工艺段的输送速度,m/min;B 为车门转接点数量,每个转接点按一个节拍估算;C 为根据生产需求设计的缓存量,套。

缓存量 C 值建议核算方法以不影响总装主线生产为原则。例如车门分装线单次故障维修时间为 10 min,根据节拍换算影响 10 台整车生产,建议缓存量≥10 套。

2) 横向积放库容量计算

横向积放库容量=总装主线车辆数量(拆门—车门总成合装之间)-车门分装线输送小车数量(拆门—车门总成合装之间)。

3) 车门吊具数量计算

车门吊具数量=输送小车数量+横向积放库容量。

2.6 输送小车的结构及用途

输送小车主要用途为搭载车门吊具(含车门)在线体上运行。由前卡组、后卡组、尾铲、连杆、防撞杆、吊具悬挂机构等组成。如图 1 所示。

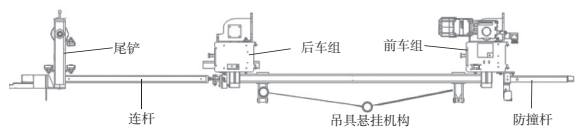


图 1 输送小车结构组成

2.7 车门吊具结构设计(满足多车型共线)

1) 车门吊具设计原则

- a) 结构简单、强度高不变形;
- b) 输送精度高、柔性好、多车型共用;
- c) 操作便利、人机工程好;
- d) 对车门油漆能有效防护。

2) 车门吊具的结构组成

车门吊具由吊具主框架、承载机构组件、车门悬挂定位机构、滑动夹持机构、防护覆盖件等组成。车门吊具结构如图 2 所示。

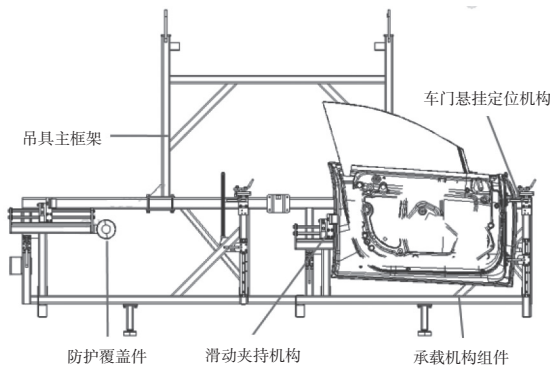


图 2 车门吊具结构组成

3 多元化生产场景及功能的设计

传统的车门分装线为一条环线,独立于总装主线运行,在拆门及合装工位与总装主线形成交接,只起到对车门的输送作用。传统车门分装线柔性差、不能适应总装多元化生产场景需求。某汽车主机厂基于总装多元化并结合车门分装线特点的生产场景/功能需求如表 1 所示。在传统车门分装线的基础上大幅改进,并已得到应用验证。

表 1 车门分装线重要生产场景及功能

序号	场景及功能名称
1	协同总装主线分段清线
2	设置同步板链与成套零件供应物料小车集成
3	高柔性化需满足多车型共线生产
4	车门承载机构(含车门)未关检测
5	拆车门工位搭载车门吊具与空吊具按比例放行

通过改进,投资及维护成本降低、车间面积使用率提升、线体的柔性、灵活性、运行效率等得到显著提升。主要表现如下:

1) 可适应车型试制、节拍验证、设备验证等场景,同时也可协同主线实现分段清线,提升清线

效率,单次清线可节约 8 h 以上,避免车门搬离吊具造成的二次质量问题;

2) 成套零件供应(set parts supply, SPS)物料小车随行自动牵引车(automated guided vehicle, AGV)的投资减少 50%,AGV 维护成本降低 30%,AGV 占用面积减少 30%~50%;

3) 满足至少 10 款车型的车门共线生产,避免了新车型投入对线体的改造;

4) 100%避免因操作失误导致的车门碰撞报废风险。

3.1 协同总装主线分段清线

1) 需求背景及必要性

为满足当天紧急交付计划,会将总装主线后段线体(例如底盘线以后)的车辆进行清线。总装主线的前段线体停止运行(即拆车门工位停止作业)。传统车门分装线无法适应该生产场景。主要有如下问题。

a) 传统车门分装线是一个环线,如要协同总装主线的后段线体清线,拆车门工位需排放空吊具同时须全线运行。清线完成后,总装主线前段线体上的车身对应的车门总成会依次排列在合装工位以前等待车身到来合装(车身在前段线体上)。

b) 当总装主线再次运行,车身重新开始上线,此时车门总成合装工位为停止状态。这会造成无空吊具返回到拆门工位,进而引发总装主线停线。因此为避免总装主线停线,在清线完成后至少需花 8 h 将车门分装线上的车门总成转线循环到清线前所处位置,或者将大量的车门总成搬离吊具单独存放,易引起二次质量问题(如碰划伤、车门与车身匹配错误等)。

2) 实施方式

依据总装主线分段清线的车辆数,计算车门分装线上对应数量的车门总成所处在在线体的位置,在该位置设计道岔及输送线体与空吊具返回段接通。在总装主线分段清线的情况下,返回段的空吊具可直接进入到车门总成的输送路线上去。

举例:后内饰清线,后内饰至 Z 点(车门总成合装工位)共计 150 台车,对应的 150 套车门经计算会从 Z 点依次排到输送线的 Y 点,那么则在 Y 点设计道岔及输送线体与空吊具返回段接通。

底盘线清线,底盘线至 Z 点(车门总成合装工位)共计 250 台车,对应的 250 套车门经计算会从 Z 点依次排到输送线的 X 点,那么则在 X 点设

计道岔及输送线体与空吊具返回段接通。

满足总装主线分段清线的车门分装线布置图如图 3 所示。

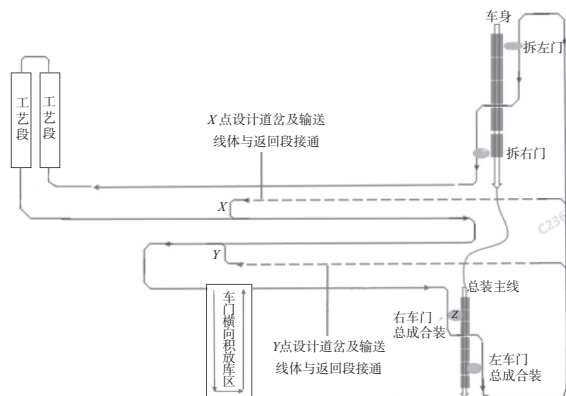


图3 满足总装主线分段清线的车门分装线布置图

3.2 设置同步板链与 SPS 物料小车集成

1) 需求背景及必要性

车门分装线需满足高节拍、高效率生产模式。生产员工需频繁走动取料、装配等,劳动强度非常大^[4]。装配物料也需精准、有序地投放到线边,传统的物料投放是通过 AGV 拖动 SPS 物料小车实现与分装线体同步运行,该方式需增加 AGV 的投资、维护成本及存放面积。

2) 实施方式

在车门分装线工艺段线体两侧设置同步板链^[5],通过 PLC 实现与输送线体的同步运行^[6]。SPS 物料小车的一侧轮子放在同步板链上,另一侧轮子放在地面的导向轨上,同步板链运行即可推动 SPS 物料小车随行,如图 4 所示。该方式既解决了生产员工劳动强度大的问题,也减少了 AGV 的投入,同样实现了物料的精准、有序投放。

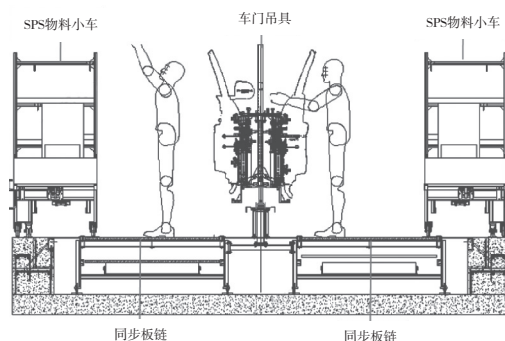


图4 同步板链与 SPS 物料小车集成形式

3.3 高柔性化需满足多车型共线生产

1) 需求背景及必要性

目前车型迭代速度加快,车型投产周期缩减,技改时间减少,已成为各主机厂研究的课题。车门吊具需重点考虑多平台车型的车门通用性需求,以达到压缩技改时间和减少改造成本的目的^[7]。

2) 实施方式

对于车门而言,车门铰链的结构形式基本一致。不同车门的差异主要为上下铰链的间距不一致。

因此车门吊具设计为固定车门铰链插销的方式来固定车门,同时车门上下铰链固定机构间距尺寸设计为可调^[8],如图5所示。以适应不同的车门,最大化实现共用。

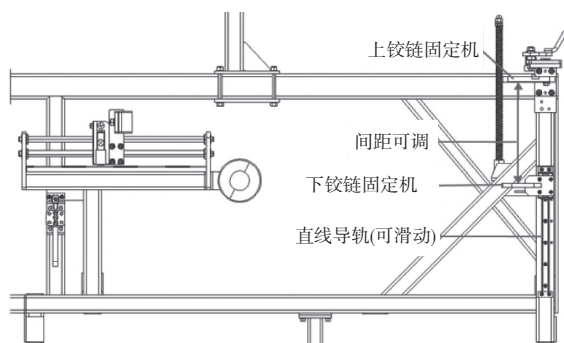


图5 满足多车型共线的车门吊具结构形式

3.4 车门承载机构(含车门)未关检测

1) 需求背景及必要性

在分装作业时,部分零件需车门承载机构(含车门)打开一定角度进行装配。但装配完成后忘记关闭的现象普遍存在^[9]。车门承载机构(含车门)处于打开的状态运行到升降机安全围栏区域,会造成干涉碰撞,从而损坏车门及车门吊具。

2) 实施方式

在工艺段的末段进入升降机前,左右各设置一组光电开关,从下向上对射。如车门承载机构(含车门)为关闭状态,则正常运行,如图6所示。

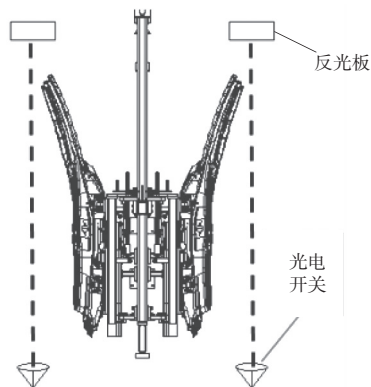


图6 车门承载机构(含车门)关闭状态

如车门承载机构(含车门)未关闭,则左右车门的宽度大于关闭状态的宽度,当到达检测工位时,触发光电开关进行控线,如图7所示。避免车门碰撞到安全围栏区域,造成车门报废。

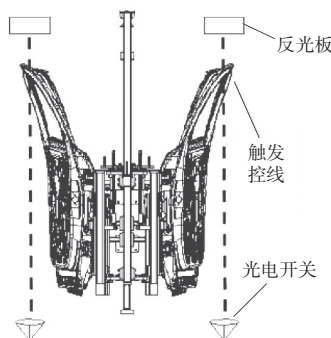


图7 车门承载机构(含车门)未关闭状态

3.5 拆车门工位搭载车门吊具与空吊具按比例放行

1) 需求背景及必要性

在新车型试制、车型导入、设备验证、节拍验证等场景时,总装主线会存在车身与车身之间按一定比例空置载具的情况。造成车门空吊具集中在返回段或者搭载有车门的吊具之间空吊具过多,影响总装主线车门总成合装,进而造成停线。

2) 实施方式

在PLC程序及触摸屏上设计搭载有车门的吊具和空吊具配比的程序。在拆车门工位,当拆卸的车门放置到吊具上,比对车身侧与车门吊具侧的RFID信息一致后^[10],人工放行搭载有车门的吊具,每放行一个搭载有车门的吊具后,系统计数+1,当达到设置的比例数据后,系统自动切换到空吊具自动放行模式。空吊具每放行一个,系统计数+1,当达到设置的比例数据后,系统自动切换到搭载有车门吊具放行的模式。

4 结语

本文通过对车门分装线规划设计方法及典型功能和应用场景实施方式的论述,使车门分装线的规划方法形成标准化和流程化。设计的车门分装线更加灵活和灵活,更符合总装车间的各类生产场景的使用需求。本规划实施方法提升了总装车间的生产效率和质量,同时也降低了产线改造的风险、缩短了改造周期,并节约了改造费用。

参考文献:

[1] 林丽,蔡自凡.探索汽车总装车间柔性化生产系

- 统[J]. 汽车制造业,2023(4):48-50.
- [2] 骆华泰. 一种新的承载式门分装线[J]. 时代汽车, 2019(5):155-156,159.
- [3] 董欣阳,王涛,于海月,等. 乘用车总装生产线的规划与设计研究[J]. 汽车工艺与材料,2022(7):60-65.
- [4] 赵红伟,张学棚,周霖,等. 基于SPS的单台配送模式规划与设计[J]. 物流技术与应用,2020,25(9):143-146.
- [5] 曹辉,肖友根,陆志平,等. 智能制造在红旗新H平台总装的应用[J]. 机械设计与制造,2019(12):209-212.
- [6] 邱志荣. 基于自动化技术的汽车生产线优化与改进研究[J]. 汽车维修技师,2024(24):116-117.
- [7] 王春生. 某汽车厂总装车间柔性化生产线的优化设计研究[D]. 长春:吉林大学,2017.
- [8] 徐天浩. W公司新能源车型总装生产线优化研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨理工大学,2024.
- [9] 黄峰,王悦峰. 汽车总装生产线自动化改造与实施[J]. 时代汽车,2024(13):34-36.
- [10] 凌颖. 基于有源RFID的造车零件运输位置追踪方法[J]. 机械制造与自动化,2023,52(3):232-235.

收稿日期:2024-06-24

(上接第227页)

- [5] ZAMIR S W, ARORA A, KHAN S, et al. Restormer: efficient transformer for high-resolution image restoration [C]//2022 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). New Orleans, LA, USA: IEEE, 2022:5728-5739.
- [6] BANGUNHARCANA A, CHO J W, LEE S, et al. Correlate-and-excite: real-time stereo matching via guided cost volume excitation [C]//2021 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). Prague, Czech Republic: IEEE, 2021: 3542-3548.
- [7] MAYER N, ILG E, HAUSSE P, et al. A large dataset to train convolutional networks for disparity, optical flow, and scene flow estimation [C]//2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). Las Vegas, NV, USA: IEEE, 2016:4040-4048.
- [8] SCHARSTEIN D, HIRSCHMÜLLER H, KITAJIMA Y, et al. High-resolution stereo datasets with subpixel-accurate ground truth [M]//JIANG X Y, HORNEGGER J, KOCH R., eds. Lecture Notes in Computer Science. Cham: Springer International Publishing, 2014:31-42.
- [9] SCHÖPS T, SCHÖNBERGER J L, GALLIANI S, et al. A multi-view stereo benchmark with high-resolution images and multi-camera videos [C]//2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). Honolulu, HI, USA: IEEE, 2017:2538-2547.
- [10] GEIGER A, LENZ P, URTASUN R. Are we ready for autonomous driving? the KITTI vision benchmark suite [C]//2012 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Providence, RI, USA: IEEE, 2012:3354-3361.
- [11] MENZE M, GEIGER A. Object scene flow for autonomous vehicles [C]//2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). Boston, MA, USA: IEEE, 2015:3061-3070.
- [12] CHANG J R, CHEN Y S. Pyramid stereo matching network [C]//2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Salt Lake City, UT, USA: IEEE, 2018:5410-5418.
- [13] XU H F, ZHANG J Y. AANet: adaptive aggregation network for efficient stereo matching [C]//2020 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). Seattle, WA, USA: IEEE, 2020: 1959-1968.
- [14] TANKOVICH V, HÄNE C, ZHANG Y D, et al. HITNet: hierarchical iterative tile refinement network for real-time stereo matching [C]//2021 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). Nashville, TN, USA: IEEE, 2021: 14357-14367.
- [15] LIPSON L, TEED Z, DENG J. RAFT-stereo: multilevel recurrent field transforms for stereo matching [C]//2021 International Conference on 3D Vision (3DV). London, United Kingdom: IEEE, 2021:218-227.
- [16] LI J K, WANG P S, XIONG P F, et al. Practical stereo matching via cascaded recurrent network with adaptive correlation [C]//2022 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). New Orleans, LA, USA: IEEE, 2022:16242-16251.
- [17] XU G W, CHENG J D, GUO P, et al. Attention concatenation volume for accurate and efficient stereo matching [C]//2022 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). New Orleans, LA, USA: IEEE, 2022:12981-12990.

收稿日期:2023-12-08