

Human-machine Simulation Method for Assembly in the Final Assembly Workshop Based on PDPS

Wenqiang Yang

JMC, Nanchang, Jiangsu, 330200, China

Abstract

With the rapid development of digital technology, many industrial software have strengthened their industrial simulation functions. These software not only help shorten the entire vehicle production cycle, but also provide more possibilities for products to discover potential problems earlier in the design phase. Due to the challenges of a large number of parts, complex assembly relationships, diverse assembly positions, and difficulty in assisting positioning, manual labor still dominates the final assembly process. Therefore, the analysis of human-machine engineering in the final assembly process planning is crucial. This paper introduces the ergonomic optimization method of difficult manual assembly process in automotive assembly workshop based on Siemens PDPS simulation software, and describes a series of ergonomic problem solving methods from how to build assembly station to establish human-machine simulation model to static and dynamic human-machine simulation analysis, so as to provide solutions for ergonomic problem optimization in assembly process.

Keywords

PDPS; ergonomics; final assembly

基于 PDPS 的总装车间装配人机仿真方法

杨文婧

江铃汽车股份有限公司, 中国·江西 南昌 330200

摘要

随着数字化技术的快速发展,许多工业软件已经加强了其工业仿真功能,这些软件不仅有助于缩短整车投产周期,同时也为产品在设计阶段能够更早地发现潜在问题提供了更多可能。由于零件数量众多、装配关系错综复杂、装配位置多样以及辅助定位难度较大等挑战存在,目前总装工艺人工手工作业仍占主导地位。因此,总装工艺规划中对人机工程的分析至关重要。论文介绍了基于西门子PDPS仿真软件的汽车总装车间人工装配困难工序的人机工程优化方法,讲述从如何搭建总装装配工位到建立人机仿真模型,到静态和动态的人机仿真分析等一系列人机工程问题解决方法,为总装装配过程人机工程问题优化提供解决方案。

关键词

PDPS; 人机仿真; 总装

1 引言

由于零件数量众多、装配关系错综复杂以及辅助定位难度较大等原因,目前总装工艺主要依赖于人工手工作业。因此,总装工艺中对人机工程的分析至关重要。人机仿真致力于考察工人与机械装置之间相互作用与协作环境,旨在发现可能对工人安全与健康产生影响的因素,其目的在于节省人力成本,并通过建立全面的数字化工厂仿真模型进行深入分析,以确保总装工艺规划方案能够最大程度地实现可行性和准确性。良好的人机状态在装配作业中具有积极影响,有助于提升操作员工的舒适度、减少疲劳感、降低事故发生率、

提高生产效率、缩短装配时间以及降低成本等。因此,人机仿真技术可有效缩短设备安装调试时间成本、平衡总装生产线各工位工作负荷、减少车间工艺调整频和提升总装工艺规划效率。

2 仿真环境工位搭建

总装装配生产线仿真工作站建立前,需要先梳理各工位的产品数模、工装、装配工具、夹具、围栏等资源数据的三维模型。三维模型在导入前,先在PD软件中创建了一个新项目,并在这个新项目下创建子目录,子目录中分别创建装配过程中所需的资源树、产品树和工艺流程树,并导入对应的产品和资源数模。产品数模由整车厂的产品设计提供最新版本,资源则包含工位所需夹具、工装和操作工具等。同时,需在工艺流程树中创建标准操作树,在这个操作树中根

【作者简介】杨文婧(1994-),女,中国江西九江人,助理工程师,从事数字化工艺仿真研究。

据工艺流程创建多个可重复使用并验证的标准操作，比如取放件、移动、夹具打开和闭合等，同时指定这些操作的持续时间，用于验证工艺流程。

3 总装装配工艺验证

随着现代汽车制造行业与各种高新技术的发展，总装工艺流程在设计层面逐渐朝着自动化、标准化、模块化的方向发展，因此总装的工艺流程包含多项内容，这些内容紧密相连，主要涵盖内外饰线、分装线、底盘线等。在总装工艺流程的设计中，必须全面考虑生产线的通行性、产线布局、工艺技术等要素。在合理控制成本的前提下，提升汽车制造企业生产线的柔性化程度、生产能力、工艺水平和产品质量等。

在进行人机仿真前，首先需要对整车的总装生产线（Assembly Line）的装配工艺进行详细梳理。其次，应结合生产线布局及其所对应的工位结构，对整车上千个装配零件进行工艺编排，充分考虑工厂的各工位的特点和工人作业内容，合理安排各零部件的物料位置及装配工序。在确定了各零件及总成件合理分配后，需确保装配方案的完整性和可行性，有必要对工艺方案进行细化，包括描述各零部件或总成件的具体装配步骤，验证装配顺序的可行性，为后续的装配仿真、人机仿真、工艺文件编制以及现场作业指导奠定基础。PDPS 软件可将这些装配步骤定义到工艺操作树中。

完成对装配工序的规划后，需分析各个工序的装配工艺可行性。如，车门玻璃装配过程验证，对车门玻璃在车门钣金中的运动路径及方式进行详细的验证，对有干涉的钣金进行修改，可减少试制时间降低试制成本。

4 PDPS 人机装配静态仿真验证及优化

总装装配的人机静态仿真分析方法主要包括：可达性分析（Accessibility Analysis）、可视性分析（Visibility Analysis）、舒适度分析（OWAS）和肢体分析（Limb Fatigue Analysis）。

第一，使用 PDPS 软件在搭建好的工位上创建人体数模，一般中国工厂的人机仿真模拟会直接使用中国男性的人体数模，身高选择 50% 的 1678mm 中国男性平均身高，外观部分选择带手套的人体数模，可增加人机仿真分析的可靠性。

第二，在搭建好的仿真环境中，使用创建的人体数模对工人在零件装配过程中的动作进行精细的模拟仿真，可使用 Human Posturing 模块，编辑仿真中的工人动作。此模块可对人体的各个关节进行调整，如肘、膝、腰、肩、颈等甚至可对工人的手指进行精细的调整。可应用此模块对工人在装配过程中的关键位置（如装配的最终安装点）的静态姿势进行仿真模拟，由此分析出装配过程工人是否会和零件周边的其他零件干涉，验证装配的可达性。如图 1 的静态装配姿态。

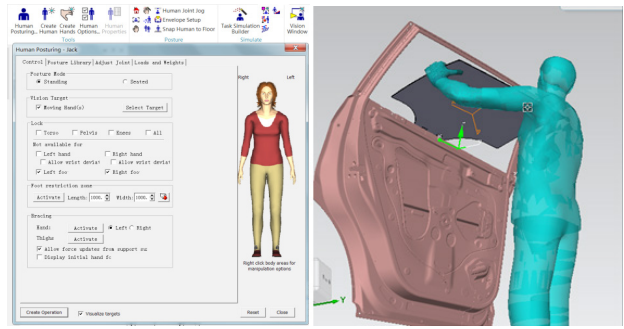


图 1 装配部姿势仿真

总装装配过程中，另一个关键要素是工人是否能够看到零件或零件安装点，如线束卡扣卡接位置、螺丝安装的安装孔等。可应用 Vision Window 模块对 Jack 的视线进行模拟。选择 Head for wardview 或 Mid eye 可弹出如图 2 的 Jack 操作的视线窗口，此窗口可显示 Jack 眼中的内容，依此评估是否为“盲装”，从而评估此处零件装配的人机工程是否良好。如无法看到安装点，需评估其影响，并可通过更改零件装配顺序或调整产品结构等方法优化人机工程。

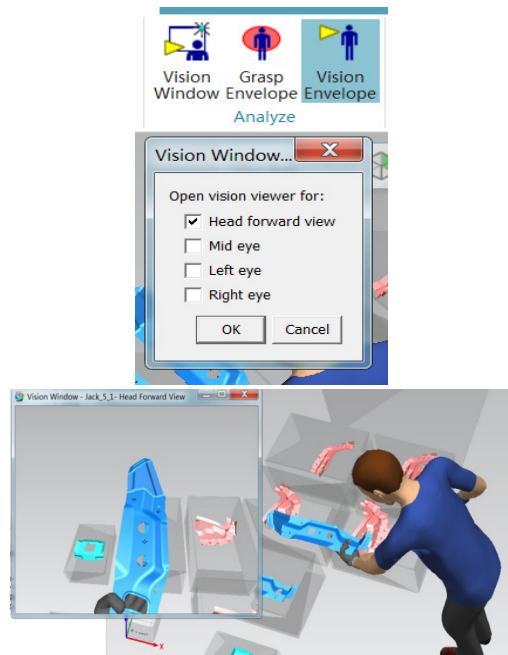


图 2 人体视线模拟窗口

良好的装配作业人机状态在有助于优化工作环境、提高工人舒适度、降低工作疲劳度及装配作业中事故发生率的同时，也有利于提升工作效率、产能、生产成本等多方面的绩效指标。因此，为了切实维护工人的健康安全、优化生产效率提高生产质量，须充分考虑装配作业姿态对安全性和舒适性的影响。PDPS 中可对人体进行简单的人体工程学分析，应用 OWAS 工具对工人的装配动作进行舒适度分析。经过 OWAS 分析可得出一个五位数值，例如弯腰姿态则第一位数字是“2”。OWAS 分析后得出的数值并不能直接表示动作的舒适度，可通过人体的颜色或标签的示意得出装配的动作

是否符合人机工程的舒适度标准,如图3所示,大角度弯腰动作是需要马上改善的,否则长期工作会对人体造成伤害。

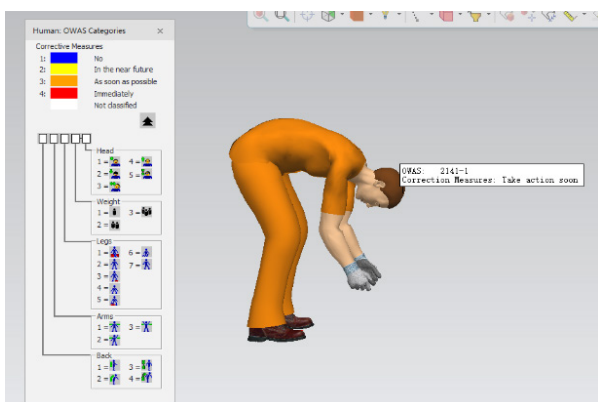


图3 舒适度分析工具 OWAS

5 PDPS 人机装配动态仿真验证

如图4所示 Task Simulation Builder (简称 TSB) 是人机装配过程动态仿真模拟的仿真工具。应用这个模块可对总装某个具体产线的整个装配工艺流程的动作进行动态的模拟,从而达到对工位节拍的深度仿真及对动态装配的过程中的人体碰撞风险的更详细判断。此功能多用于整个工位的装配模拟,如某个工位须装配多个零件,可应用此功能模拟工人取件上件的过程,优化物料摆放位置,缩短人员行走时间,从而达到提高工位节拍,提升装配效率的目的。

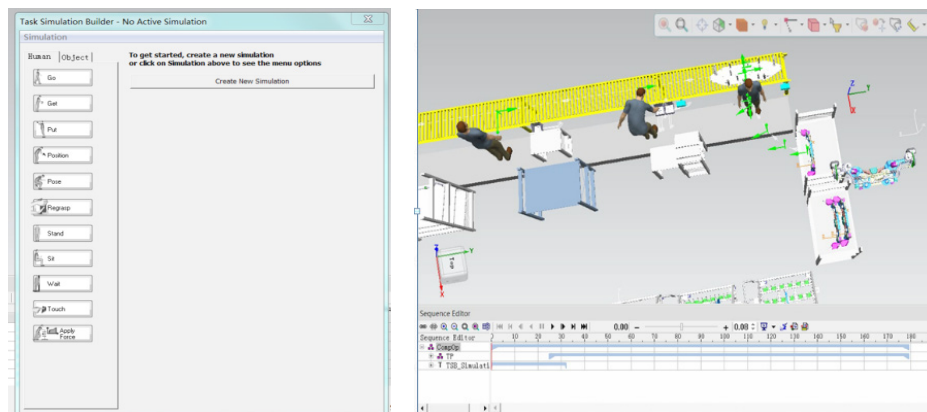


图4 动态人机模拟

参考文献

[1] 郝青华,马宁,赵宁,等.基于虚拟仿真技术的人机工效分析及装配作业验证[J].机电产品开发与创新,2023,36(6):153-155+162.
 [2] 李敏.浅谈汽车总装工艺技术[J].时代汽车,2019(15):111-112.
 [3] 朱智涛.PD、PS软件在汽车总装的应用[J].汽车工艺师,2017

6 结语

在汽车总装装配线生产中,运用人机装配仿真来实现装配车间的布局设计和生产过程的仿真模拟,可实现在汽车总装生产线搭建的实施前,对生产线布局、工人工作流程和工件搬运工作的安全制定总体计划,从而达到提高汽车总装装配的精准性与缩短调试周期的目的。在新车产品线的辅助工艺设计过程中,能够通过 PDPS 人机仿真软件技术的应用提高汽车零部件的装配可行性,确定整车产品的技术参数,并且在现有生产线上实现整车产品的设计改进和新产品的开发,以此为总装生产线的可持续发展奠定坚实基础。

7 展望

基于目前对 PDPS 软件人机仿真模块的应用,还存在着如下可以优化的地方:

- ①在产品研发的不同阶段,仿真分析的数模会因数据更新,边界发生明显变化,易出现仿真数据版本混淆的情况,导致人机仿真输出结果与现场不匹配。
- ②针对装配中易变形、形态不定等特点的柔性物体(如线束、软管等)仿真无法准确模拟其复杂的变形,导致输出结果不准确。
- ③在大多数总装工厂中,常采用流水线作业的方式,其中涉及工位与产线之间的相对运动,而在创建人机仿真模拟时往往忽略流水线的相对运动。
- ④人机仿真的工位建模方式还需联动其他工业软件提升仿真效率。

(3):68-71.

[4] 孙军,李朋朋,朱孔翔.基于西门子PDPS的工业机器人的轨迹建站过程应用[J].工业控制计算机,2023,36(9):76-77.
 [5] 常辉娟.基于Tecnomatix软件的车身工艺规划与仿真验证[J].科技与创新,2015(8):94-95.