PD、PS软件在汽车总装的应用

□ 浙江吉利控股集团有限公司 / 朱智涛

在数字化技术不断发展的今天，随着越来越多的软件提供了更多强大的功能，使得节约整车投产时间并在前期发现更多的问题成为可能，本文简要介绍了PD、PS软件在汽车总装的应用。

背景

模拟仿真在整车开发阶段，起到一个非常重要的桥梁作用。总装作为整车生产最后一道环节，涉及到成千上万个大大小小的零件、安装模块，要把它们有次序且准确无误地分派到指定区域并组装到一起，这就需要做到厂房空间的合理利用、工人与设备之间的巧妙配合、零件装配顺序的紧密衔接等。要想做到这一步，单靠人力和工艺文档去完成是非常困难的，所以最好能有一个统筹全局的软件系统来搭建一个数字化模型，处理和规划设计它们之间的工艺属性，这就要求这个模型是虚拟的、全面覆盖的、调配灵活方便、属性相互包含、相互关联，用来完成他们各自的业务职责。下面将针对Siemens的Tecnomatix数字化平台，讲述一下它的应用方法。

数字化工艺仿真设计

1.数据的应用和管理

在前期的数据输入阶段，我们要开始数字化的工艺分析工作，首先必须要导入一个完整的3D车身数据，但研发提供的原始设计数据庞大，如果直接利用，对计算机配置的要求很高，后期还有一些工厂的资源数据，如果都要利用他们原始的设计数据分析，那几乎没有计算机配置能满足要求。对此，Tecnomatix有专门的对应方案，采用轻量化的数据格式，把这个系统需要用到的所有数模都转换为JT轻量化的格式，存储到各自的链接路径，按需自动加载调用，大大地降低数据对计算机配置的要求。而转换成JT格式的数据，只是优化了3D模型的表达方式，减少计算机在数据加载时的运算，同时还能保留数据的装配结构、名称节点、形状尺寸和外观颜色等属性，对工艺可行性分析结果并无影响，同时还能大大提高过程中的工作效率。

2.高效利用标准化设备

一个完整的数字化工厂模型，必然存在各式各样的设备资源数据。面对这些数量庞大的资源，数据查询和管理也会成为一个大的问题，在Process Design（PD）里面则采用了一种分类资源库和属性管理的方法。在JT数据的导入过程中，就会按照客户化的分类管理标准，赋予他们特有的种类属性，进行分别管理，自动生成与文件存储路径结构一致的数据资源管理结构树，可以方便用户根据属性特征筛选查找。另外资源库还应用了实例和原型的概念，将所有导入和属于属性的3D数据定义为原型，应用的模型则是继承属性关系的实例。工厂模型搭建过程，只需重复拖拽调用原型，避免重复定义相同的设备参数属性及错误。

3.厂房3D布局快速建模工具集成

前期输入的工艺数据，也包含工厂的布局结构方案。工厂布局规划的过程，就是一个快速呈现和传递想法的一个过程。要想实现数字化的规划手段，关键还是快速直观地表达和呈现想法。要想解决这个问题，除了要有大量的标准设备资源的沉淀积累，还需要有一个可

以完成非标设备模型定制工作的快速建模工具。如果利用传统的CAD建模工具，数据传递和转换的过程复杂，容易出现数据丢失和版本出错，在这里我们集成了一个可以参数化配置的快速建模工具FactoryCAD，我们可以利用它来搭建3D厂房结构，排布设备资源位置，方便快捷有效，更重要的是工具集成之后，数据可直接编辑保存利用，省去来回转换的麻烦。

4.无遗漏的上件顺序编排

随着前期导入数据的收集完善，我们就要开始结合3D工厂布局的结构对整车几千个装配零件和总成进行上件顺序编排。规划上件流程，最担心的问题应该是遗漏零件或者重复上件。在这里我们采用的是剔除法进行分配，此方法可以有效避免遗漏或重复。先将整车零件按照安装模块来拆分，需要辅助设备的优先分配，如：天窗总成、仪表总成、燃油箱总成、前后桥总成、前端模块总成、座椅总成和车门总成等。依据工艺规划方案，安排上件位置，再根据3D工厂的各线特点和工人作业内容，合理填补剩余零部件的上件位置，直到整车的装配零件数量剔除为零，这样才确保整车零件工序规划的一致性。

5.操作工序的完整设计

上件顺序分配到工位之后，要确保方案的完整性和可行性，必须还要细化工艺方案，描述清楚每个零件或模块的详细装配步骤，这样可以在一定程度上验证上件顺序的可行性，也为后期的仿真步骤、编制工艺文档、指导现场作业打下基础。在同一个企业中，即便是不同车型的相同零件或者功能模块，他们大部分装配步骤基本上也都是一致的，为了省去这些步骤重复编制的时间，PD里面可以将这些标准模块的装配步骤定义到标准工艺操作库里面，可以重复拖拽调用。

6.MTM工时规划和节拍线平衡

要验证每个零件装配步骤的可行性，时间长度是一个很重要的考虑因素，在这里我们会利用软件自带的MTM标准工时分配卡赋予每个操作步骤的时间属性，再通过甘特视图加载分析，可直观地评价每个工位的负荷程度，通过移动拖拽直接优化各工位的任务分配或调配操作工人。

数字化工艺仿真验证

初步完成装配工序的规划方案后，我们就要验证分析装配工艺的可行性。面对如此复杂的总装工艺，我们不可能一次性就把整个装配流程都模拟完成，那样将要投入大量人力去完成前期同步开发的任务。我们选择抓住重点要素，主要是从以下几个方面分析：

1.零件装配顺序验证

零件装配的通过性（见图1）是分析工艺可行性的首要任务。前期的规划方案，包括上件对象和操作步骤，创建对应的装配路径，针对零件动态移动过程，分析评估零件在装配过程中与现有部件的间隙是否满足装配要求。为避免人为疏漏，我们采用专门的间隙干涉检查命令，当物体发生干涉或者间隙过小，会自动发出相应的警示，实时监控装配仿真的整个过程。

2.设备适用性分析

要分析辅助设备是否适用，不仅需要考虑设备的外观尺寸、销孔位置和夹紧定位点是否能满足零件的工艺要求，如果是复杂的设备，还需要定义设备的机构运动、动态分析设备结构的合理性和运动可达性。例如：座椅和仪表等助力臂设备。通过准确的设备技术参数输入，定义设备的机构划分和关节转动轴等运动属性（见图2）之后，再去分析验证设备动作姿态，包括：移动、抓取、夹紧、搬运、随行、定位等一系列动作，最后组成一个连贯完整的动态装配过程，从这个过程就可以分析出设备的通过性和可达性，从而辅助产品结构、工艺流程和设备的设计优化。

3.工具选型

目前汽车零部件装配固定的方式，主要还是采用螺栓拧紧、卡扣紧固、粘连贴合等方式。所以面对

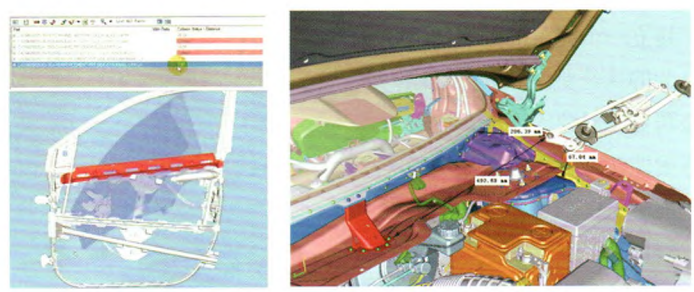

图1 装配过程分析

种类多样、大小各异、位置不同的螺栓螺母的拧紧工具的选用，是装配工艺最重要的一个课题。首先我们会根据具体螺栓的空间位置，评估操作工人的作业姿态，然后根据相应的工具特性，在工具资源库里筛选出对应的工具类型，再根据螺栓具体型号和设计要求的转矩等输入条件，准确定位到指定的工具型号，最终把工具资源加载到相应的工艺仿真模型中，结合产品、设备等因素，进行工具的可行性动态验证（见图3）。

图2 机械手机构定义及适用性分析

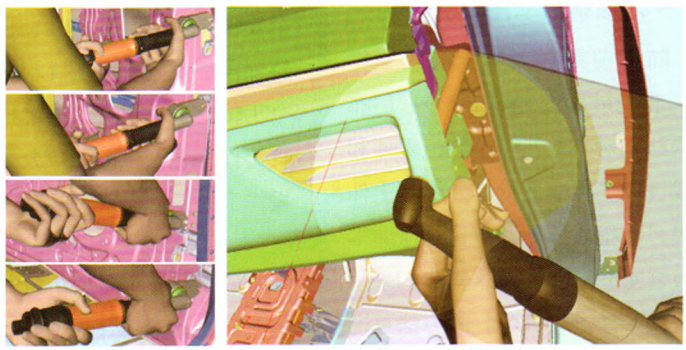

图3 工具验证

4.人机工程

人机工程是指从人的生理和心理特点出发，研究“人-机-环境”相互关系和相互作用规律以优化“人-机-环境”系统，如图4～图8所示。由于零件数量繁多、装配关系复杂、装配位置多样、辅助定位困难等，总装工艺仍然只能以设备为辅，手工作业为主的施工方法。所以对于总装车间来说，人机工程的分析就显得尤为重要。就像上文提到的设备仿真和工具选型的评价，都是要建立在人机工程的评价标准之上的。所谓的人机工程就是出于保护人力的目的，研究人与机械设备之间相互作用、相互配合的工作环境，排查工人在作业过程中是否存在影响生命安全和人体健康等因素，其中分析考虑的内容主要包括：建立一个完整的数字化工厂模型，为的就是要深入分析到位、内容全覆盖、对象无遗漏，让工艺规划方案能在最大程度上实现确实可行、准确无误。这样不仅能缩短设备安装调试周期，还使生产线各工位的工作量得到有效平衡，增加了设备和工艺的可行性和准确性，

图4 工人作业姿态的舒适性分析A

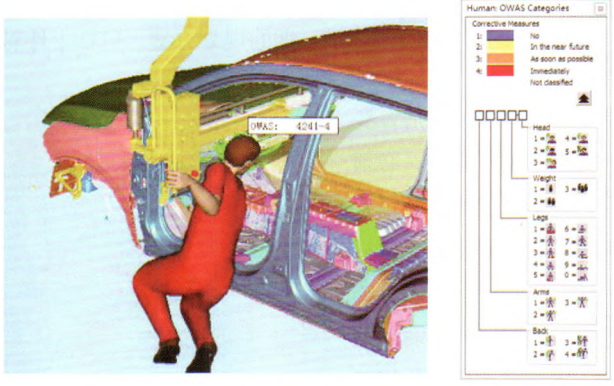

图5 工人作业姿态的舒适性分析B

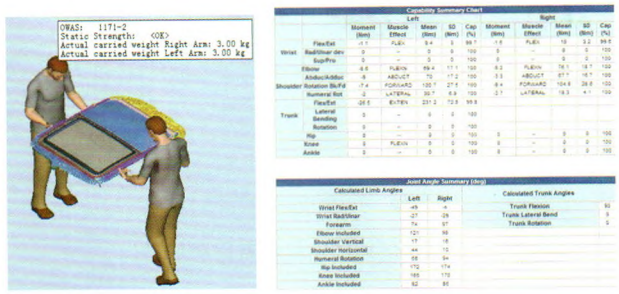

图6　工人作业姿态的躯体受力强度分析

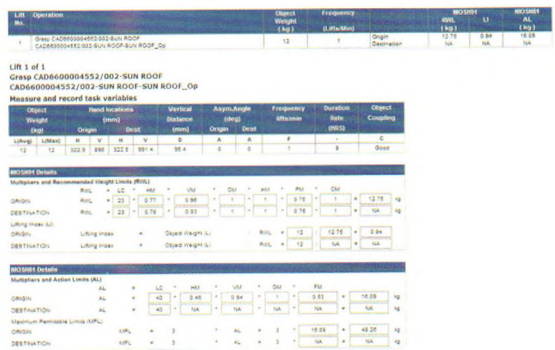

图7 工人作业流程的疲劳分析

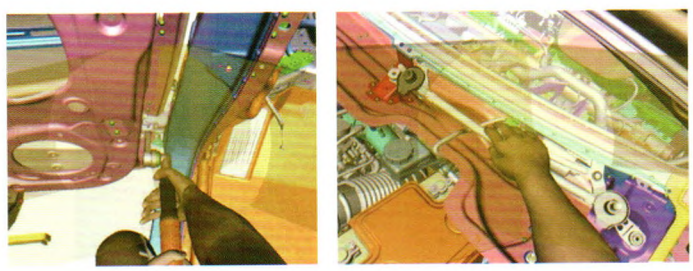

图8　工人作业过程的可视性分析

减少了车间工艺更改次数，大大提高了总装工艺规划的效率，降低了生产线成本，缩短了整个车型的开发周期，为整车快速投向市场提供了强有力的支撑。

结语

基于目前对软件的了解，在使用中还存在着如下可以优化的地方：

（1）数据更新的版本问题。在产品研发的不同阶段，分析的数据版本是完全不一样的，这个从上一个阶段到下一个阶段的更替中必然会有大批量的数据需要更新替换，零件无规律的变化没有办法一一对应，变化之后也无明显的标识可以追溯，很容易导致数据版本错乱，最终还会存在验证结果不准确的情况，所以只能重新搭建模型，这样就会导致上个阶段分析的结果无法完整地导入到下个分析的模型当中，会造成了很多不必要的人力投入。

（2）线束、软管等柔性物体的装配问题。由于汽车零部件里面，有许多线束和软管等柔性物体，这些柔性物体的特点就是易变形、形态不定、操纵灵活，而我们通常都是以物体固定形态进行建模分析，导入的3D模型无法实现复杂的伸缩变形。但是线束和软管这些柔性物体在装配过程中的适应性很强，可以在很大程度上改变形状满足装配空间的要求，如果是用刚性物体的仿真和评价标准去分析可行性，结果显然是不合理的。

（3）流水作业，相对运动的问题。大部分的总装工厂都是属于流水线作业，车身是相对于环境缓速前进的，工人作业的相对位置也是变化的，创建动作流程的过程中，动作发生的时间点会根据方案的变化做一定程度的调整.但是两个相对运动的物体，在相对时间变化之后，他们相对空间位置就会变化，方案的再现性就很差，所以在装配过程仿真中要实现随行的方式还是比较困难的。目前我们只能让包含他们动作位置信息的坐标依附到运动的生产线输送设备上，暂时还没有一个比较好的方法解决这个问题。

（4）人工作业的建模方式，还需要在效率上做很大的提升。

AUTO1950

朱智涛
浙江吉利控股集团有限公司
制造工程中心
数字化规划工程师