

三维工艺设计技术 在地铁车窗安装中的应用

文 | 中车唐山机车车辆有限公司 葛红影 刘伟洁 宁鑫 张学秀

一、三维工艺技术的背景、现状及意义

随着三维工艺信息化技术适应业务的不断发展和壮大，这项技术已广泛应用于企业研发设计、生产制造等业务领域，这使企业的产品设计能力和制造能力有了很大的提高，研发设计部门通过三维设计系统平台的开发实施，在三维研发方面已取得了一定成果和经验。但数字化工艺规划、设计技术还处于初步实施阶段。在全数字化产品建模的基础上，通过数字化三维工艺设计技术可以实现车辆全过程的动态装配仿真，并在仿真过程中检查干涉以确保所有零部件的准确安装。同时验证操作人员在该环境下的可视性、可达性和可操作性。直观形象地对产品原型及车间生产现场进行规划设计、仿真分析，评估工艺设计、规划方案的可行性并提出优化解决方案，提高工艺设计质量和能力，全面提升公司的工艺设计和制造能力。

二、三维工艺设计技术流程

三维工艺设计技术是通过将产品零部件及工艺装备的三维数字模型导入虚拟现实环境，通过多种交互手段对模型进行控制，依照制造工艺过程进行 BOM 重组、定义产品制造工艺流程、模拟实际产品的装配过程，最后输出可视化工艺文档的技术。三维工艺设计技术流程如图 1 所示。

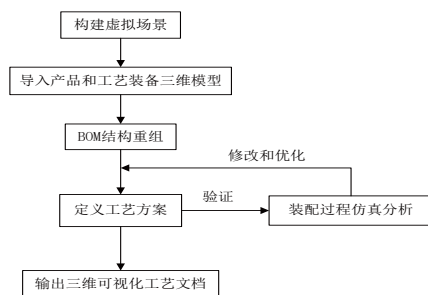


图 1 三维工艺设计技术流程

1、构建虚拟场景

为了能够真实地对产品的装配过程进行模拟，首先需要构建出逼真的装配车间工作环境。车间环境包括工艺装备和台位信息。为了能够使工艺仿真切实反映实际的产品制造过程，虚拟环境应尽可能按照实际的车间环境布局构建，车间的形状、工装工具的位置和放置形式都要与车间实物保持一致。如果由于车间环境过于复杂，可只构建出对仿真对象构成直接影响的车间环境要素。

2、导入产品和工艺装备的三维模型

将产品和工艺装备三维模型导入到 3D 体验平台中，产品数据生成 EBOM，同时对 EBOM 数据进行轻量化处理，该 EBOM 模型作为工艺设计的数据源头，不能随意更改，如需变动也只能是来自设计的升版数据生效，才能对工艺

信息系统中的 EBOM 数据进行更改。工艺装备是定义工艺流程和装配仿真过程中不可缺少的,导入的工艺装备模型保存到资源树中。

3、BOM 结构重组

导入设计 EBOM 结构的产品类型数据后,转换成制造装配体类型的数据即工艺 MBOM,根据生产线布局、装配顺序及现场生产实际需求等因素对 MBOM 数据模型进行转移调整,同时在此阶段可以增加工艺辅料 BOM。

4、定义工艺流程

在创建 MBOM 结构的基础上,编制各部件的安装工艺流程,定义安装位置、安装工序之间的逻辑关系、安装时间、所需工艺装备及数量等,并将产品模型关联到各安装工序展板上。在系统中通过甘特图可以查看工序之间的逻辑关系,每个展板上所关联的三维模型即每个工序上所分配的物料,如图 2、图 3 所示。

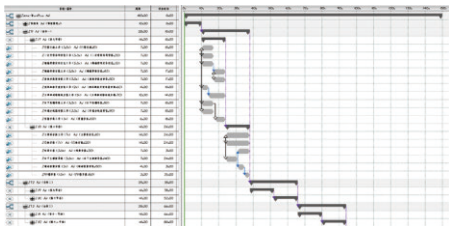


图 2 甘特图可以查看工序之间的逻辑关系图

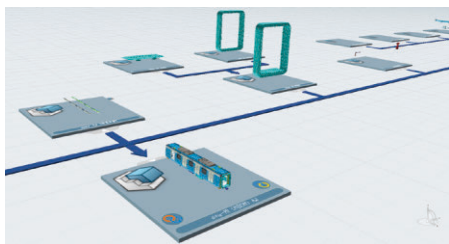


图 3 展板上关联的三维模型

5、三维装配仿真分析

基于已规划布局完成的产品和工艺装备模型,以及定义完成的工艺流程,使用 3D 体验平台系统中的仿真模块编辑安装过程的装配顺序和装配路径,实现产品可视化的全三维动态装配仿真过程。

装配过程仿真包括两个方面:装配顺序仿真和装配路径仿真。装配顺序仿真是指对产品零部件按照工艺方案制定的装配顺序进行三维模拟,以检验产品所有零部件是否能够

依据装配工艺方案设定的装配顺序装配到位,从而评价工艺方案中装配顺序的合理性。装配路径仿真是指对产品在装配过程中运动路径进行模拟,以检验装配操作过程中是否会发生干涉现象,装配路径规划是否合理和最优。

通过装配干涉检查,从而验证产品设计和装配过程中是否存在安装干涉,当发现装配存在干涉时予以报警提示,并显示干涉区域和干涉量,帮助设计人员查找和分析原因。

对工艺流程进行虚拟仿真、分析和验证,及时发现和修改其中存在的问题,通过迭代得到优化的工艺方案,避免实际生产中可能出现的种种问题。

6、输出三维可视化工艺文档

整个装配过程经验证无误后,在产品模型及工艺流程的基础上,进行详细的工艺设计。编辑各工序安装工艺方法、标准及约束条件等,还可以对安装要点处增加详细视图,最后生成三维可视化工艺文档,发布至现场指导生产人员操作,如图 4、图 5 所示。

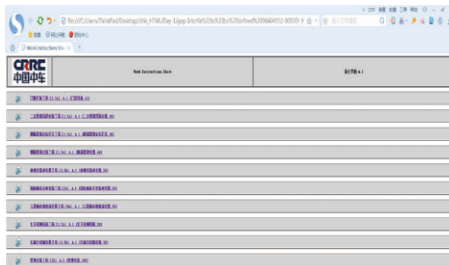


图 4 完整的装配作业指导书

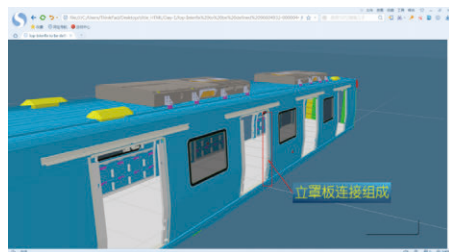


图 5 查看工序安装详细视图

三、地铁车窗安装的三维工艺设计流程

本文借助 3D 体验平台,将三维工艺设计技术应用到地铁车窗安装工艺中。

1、构建车窗安装的工作场景

根据实际的生产车间布局构建生产厂房及工作台位等工作场景,如图 6 所示。

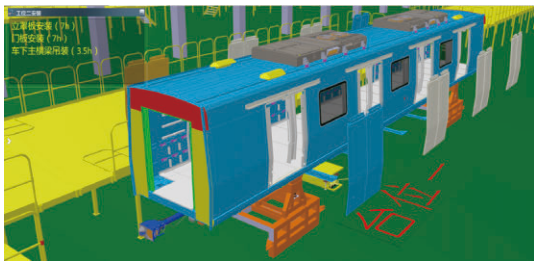


图 6 车窗安装的工作场景

2、导入产品和工艺装备的三维模型

进行车窗安装前需准备的产品模型包含车体、地板、塞拉门及车窗部件等，工艺装备包含工具（盒尺、专用平尺、塞尺、胶枪、喷壶和毛笔）、工装（厂房和工艺转向架）等，将准备好的产品和工艺装备三维模型导入到 3D 体验平台系统中，为创建 MBOM、工艺流程及装配仿真作准备，如图 7、图 8 所示。

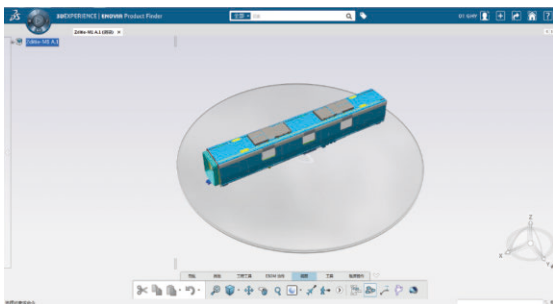


图 7 产品模型

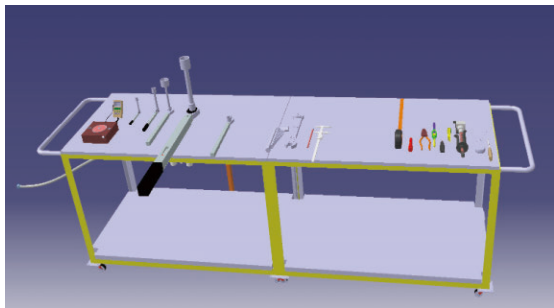


图 8 工艺装备模型

3、创建车窗安装 MBOM

导入车窗安装 EBOM 结构的产品模型后，通过 3D 体验平台系统中的制造项目定义模块，将物料类型由产品转换成制造装配体即 MBOM 用于工艺部门设计的物料类型。从图 9 和图 10 中可以看出 EBOM 物料类型标识为 ，MBOM 物料类型标识为 ，此过程中需要根据现场生产布局进行 MBOM 重组并且增加工艺辅料：调整垫块，用于保证胶层厚度与车窗玻璃外表面、车体外表面的平整度。

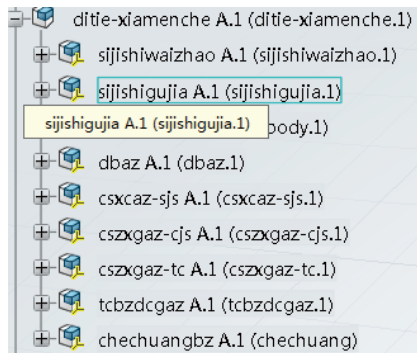


图 9 车窗安装 EBOM 物料类型

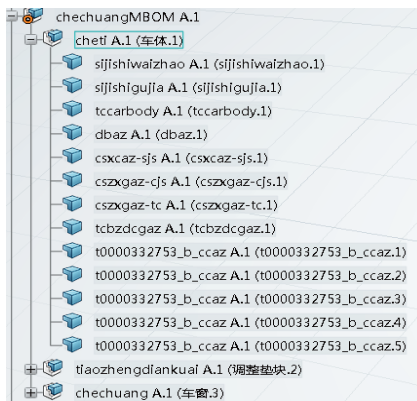


图 10 车窗安装 MBOM 物料类型

4、定义车窗安装工艺流程

在创建 MBOM 结构界面的基础上，将模块切换到 Process Planning 模块，编制车窗安装的三维工艺流程，车窗安装过程大致为窗口检测、车窗粘接和车窗密封三步，定义各工步所用工时以及串联的逻辑关系，将物料模型和所需工艺装备模型拖拽到各工步对应的展板上，如图 11 所示。

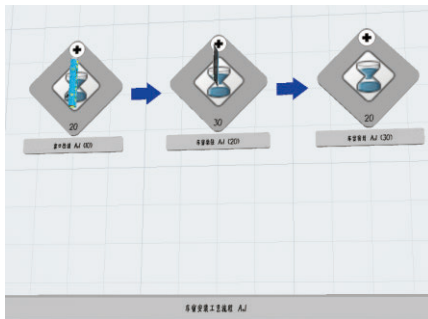


图 11 各工步的逻辑关系及关联的物料

5、车窗安装装配仿真

将车体、物料和工艺装备模型都导入 3D 体验平台系统进行布局后，进入装配仿真模块进行编辑车窗安装仿真过程，如图 12 所示。

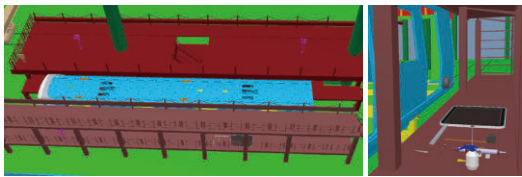


图 12 产品及工艺装备模型布局

例如，将车窗粘接过程及打胶过程进行模拟，具体过程为：将手动吸盘固定在车窗外层玻璃上，固定牢固后放入车体铝窗框中；用胶枪对窗口间隙处注胶，保证打胶连续、饱满。图 13 为车窗粘接及打胶的装配路径、装配位置，实现产品可视化的全三维动态装配仿真过程。



图 13 车窗粘接的装配路径、装配位置及打胶的仿真过程

装配仿真过程完成后需要对车窗安装进行动态干涉分析，检查粘接车窗是否与车体窗口干涉，创建干涉时选择组与组，新建制造方案选择车窗粘接装配路径，模拟并生成结果，如图 14 所示，可以查看车窗粘接仿真过程中每个时间点干涉的数量，根据出现干涉的时间及位置分析产品模型的缺陷及时进行调整，再通过仿真验证直到没有干涉为止。

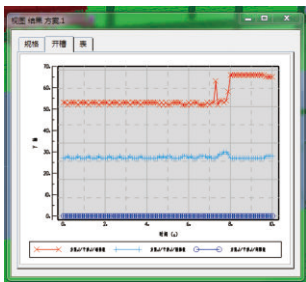


图 14 干涉结果

6、输出车窗安装可视化工艺文档

通过仿真分析，装配过程验证无误后需要进行详细的车窗安装工艺设计过程，即编制工艺文档用于指导车间生产，如图 15 所示。将模块转换到 Work Instruction 进行编制工艺文档，以车窗粘接工步为例，编写详细的文字描述：先对车窗四周粘接面进行表面清洁，晾晒至少 10 分钟后，然后进行表面活化，晾晒至少 10 分钟后，最后对车体铝窗框四周打两圈胶粘剂，打胶要求连续、均匀和饱满。还可以对工步中增加安装视图以及在视图上进行标注，如图 16 所示，能够很直观地指导现场人员操作。

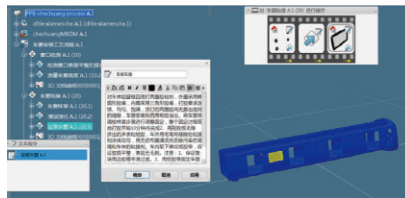


图 15 编辑车窗粘接过程文本描述

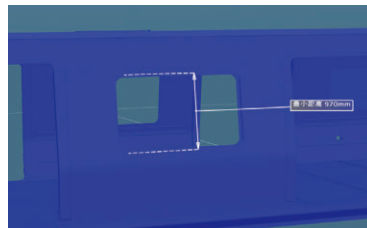


图 16 查看窗口检测高度视图

对工序各工步编辑作业内容后，生成车窗粘接作业指导书，如图 17 所示，车窗粘接工序生成的作业指导书，共分为三个工步：车窗样装、清洁活化和安装车窗。

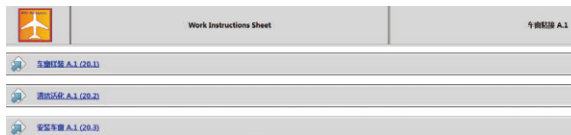


图 17 生成车窗安装工序作业指导书

以上六步为车窗安装完整的三维工艺设计过程，都是基于三维模型进行设计的，在 3D 体验平台系统中操作的整个过程灵活生动，能够完整地指导车窗安装的过程。

四、结论

三维工艺设计能够直观形象地对产品原型及车间生产现场进行规划设计和仿真分析，评估工艺设计和规划方案的可行性并提出优化解决方案，如新产品试制之前进行三维虚拟装配仿真，可以检验新产品的装配顺序、装配空间及装配路径，对工艺流程进行合理性评价并不断优化，通过检查装配过程中的碰撞干涉，输出干涉结果反馈给设计部门提前分析解决问题。

通过三维工艺设计过程，提高了工艺设计质量和能力，进一步全面提升公司的工艺设计、制造能力。通过在 3DEXPERIENCE 平台系统中对地铁车窗安装进行工艺设计及仿真，实现了车窗安装的 3D MBOM 搭建、工艺流程编制、动态装配仿真及作业指导书输出，能够形象地指导车间生产。