基于Teamcenter汽车涂装车间三维协同设计方法研究

丁学亮，尹成果，窦怀素，崔建光，王洪跃，宋明凯
中国汽车工业工程有限公司　天津　300113

摘要：基于西门子Teamcenter与NX构建自顶向下三维协同设计方法，通过建立标准化设计规范、搭建集成化协同环境，实现设计信息高效管理与共享，详细阐述了该三维协同设计方法的模型库构建、数据共享机制及设计流程。结果表明，该三维协同设计方法能有效提升汽车涂装车间的设计效率，为企业选择协同设计方案提供了参考。

关键词：汽车涂装；Teamcenter；NX；协同设计

汽车涂装车间设计是一个涵盖机械、电气以及工艺等多专业的复杂系统工程，需要不同专业设计人员、多个部门之间紧密协作。在传统设计模式下，设计过程严重依赖设计师的个人经验和设计习惯，设计成果缺乏统一规范，导致其传承性和通用性较差。设计信息在传递过程中，常因信息孤岛问题而出现丢失、滞后或不准确的情况，部门间协同效率低下，设计问题追溯困难[1]。

涂装车间设计流程具有很强的顺序性和关联性，上一环节的设计结果是下一环节的设计依据。一旦在下级环节发现问题，就需反馈至上级设计进行修改，上级修改完成后再依次修改下级设计，这种反复修改，不仅产生大量模糊性信息，还造成了巨大的时间成本浪费。因此，构建统一的建模设计规范和协同设计环境，对提高汽车涂装车间设计效率、缩短设计周期具有重要意义。

针对上述问题，本文基于西门子Teamcenter（以下简称TC）与NX构建自顶向下[2]三维协同设计方法展开研究。通过建立相应的设计规范，实现对设计信息的有效管理、维护和应用，规范各部门及设计人员的设计过程，从而提高协同设计效率，降低设计成本，并分析其局限性，为企业选择协同设计方案提供参考。

协同设计基础

汽车涂装车间设计涉及众多专业，设备结构复杂，零部件数量庞大、种类繁多，参与设计人员众多。在这样的背景下，实现协同设计是确保项目顺利完成的关键因素。

将设计标准、模型库及设计成果等整合到协同设计管理软件中，并制定与之配套的标准化、规范化设计流程，以此构建协同设计环境。项目设计启动后，先由工艺负责人进行方案设计，完成示意方案规划。设计负责人依据工艺图样开展本专业总图模型初步设计，并根据后续的干涉检查结果对总图模型设计方案进行调整。总图模型设计确定后，将总图模型导入协同环境，作为详细设计的依据分配给各详细设计人员。详细设计人员将设计成果保存到协同环境中，其他详细设计人员在权限范围内可实时查看与修改各专业详细设计模型。详细设计完成后，经过严格的设计校审流程进行归档发布。

协同设计流程中，设置了工艺负责人、设计负责人、BIM负责人以及详细设计人等角色，任务分工明确，如图1所示。

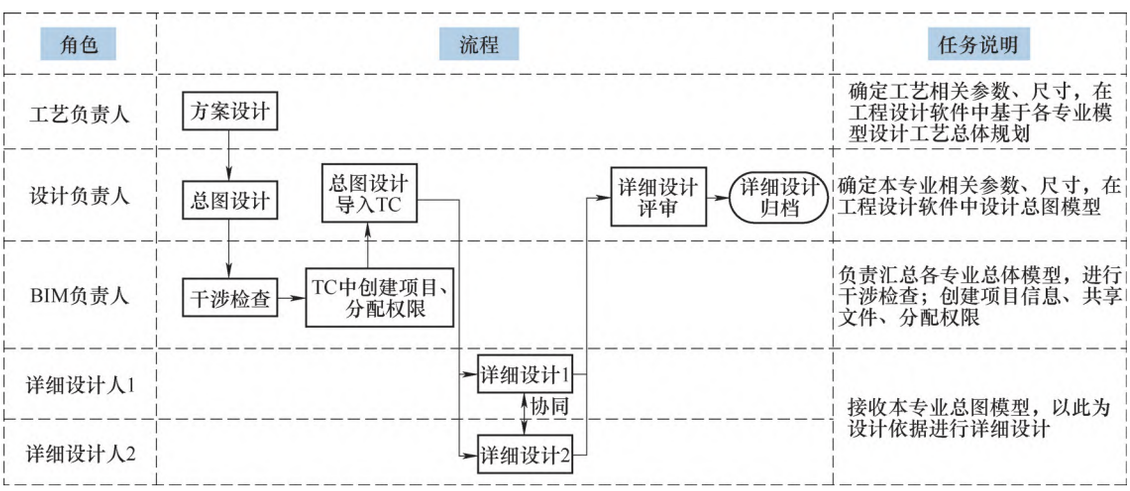

图1　协同设计流程

TC-NX自顶向下三维协同设计

TC-NX协同设计方法主要依托TC的协同环境以及NX的WAVE自顶向下设计技术。

1.模型库

在TC-NX协同设计中，将标准件、外购件及参数化模型等标准化模型实例化后，统一放置到TC中构建模型库。为便于维护和管理，模型库存放于管理员账号下，所有设计人员在NX中的模型库路径均关联至此，实现标准化模型的集中调用。标准件在TC中的文件结构如图2所示。设计人员在设计时，可直接将标准化模型装配到设计文件中，保证标准件的一致性和规范性。

图2　TC标准件文件结构

2. 数据共享

详细设计人员在设计过程中，将设计模型保存到TC中的个人文件夹，如图3所示。

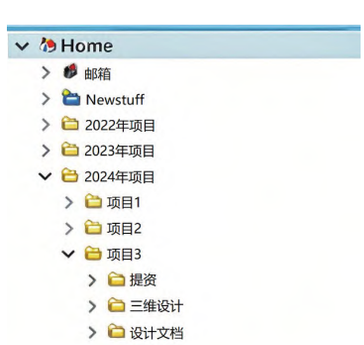

图3　个人文件夹

详细设计人可在个人文件夹中进行详细设计。同时，TC提供共享文件夹功能。设计人员根据各自权限，查看项目设计信息，以及将相关设计模型装配到自己的设计文件中协同设计，共享文件夹如图4所示。

图4　共享文件夹

详细设计完成后，设计人员只需将最终装配设计结果保存到对应的共享文件夹，并发起校审流程，其他设计人员可根据需要和权限查看该详细设计文件。

与传统的数据拷贝共享方式相比，TC解决了数据共享不便和不及时的问题。不同专业、不同系统的设计人员能够通过搜索或共享文件夹，实时获取最新的设计数据，极大地促进了信息沟通，显著提高了设计效率。TC的数据版本管理功能可记录数据修改的版本信息，方便设计人员追溯历史数据，对比不同版本间的差异，为设计优化提供依据。

3. 自顶向下协同设计

自顶向下协同设计结构如图5所示，主要通过WAVE链接功能实现。详细设计人员利用WAVE链接，建立详细设计模型与总图模型关键尺寸信息的关联，同时在详细设计内部的部件模型和零件模型之间，也对关键尺寸进行WAVE链接，从而实现从上到下的数据传递。当上级设计发生变更时，下级设计能够自动随之变化，确保设计的一致性和准确性。

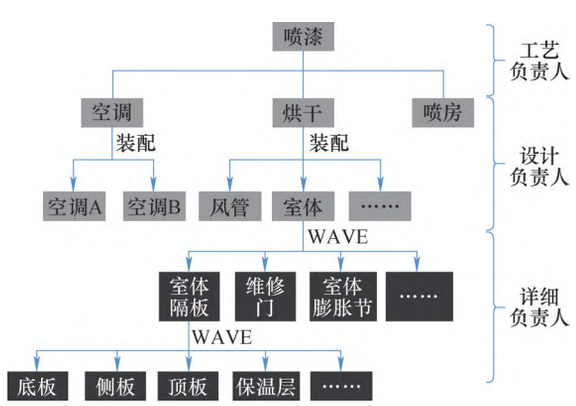

图5　自顶向下协同设计结构

设计负责人通过Microstation软件完成总图模型设计，用西门子提供的云服务将其导入TC（如图4所示中的LA000072电泳烘干室体），并放置到共享文件夹的相应目录下。然后在NX设计软件中，按照系统或功能创建详细设计文件（如图4所示中的MA0000000411电泳烘干室体），并将总图模型装配到详细设计模型中，即可通过TC的邮件功能，将创建好的详细设计模型文件发送给详细设计人员，开展详细设计工作。

详细设计人员根据接收到的设计任务，在NX中正式开始详细设计。通过对总图模型中的点、线、面等信息进行WAVE链接，将总图模型中的关键定位尺寸、几何尺寸信息准确向下传递，如图6所示。

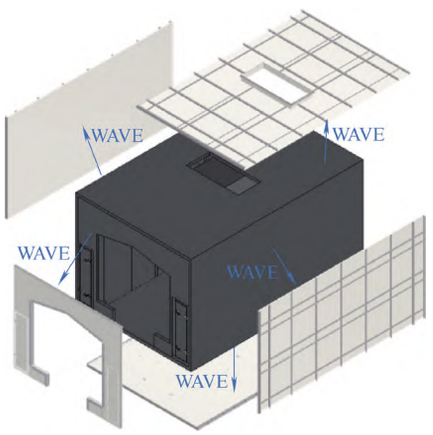

图6　NX WAVE链接

在各自详细模型设计过程中，详细设计人员能够独立开展工作，WAVE链接功能确保了总图模型信息的准确传递。当总图模型设计发生变更时，变更结果会自动传递到详细设计模型中，有效减少了修改工作量。

4. TC-NX自顶向下协同设计的局限性分析

TC-NX三维协同设计方法，能够建立统一的模型库、标准化和规范化的设计流程以及协同和知识共享的环境，实现多人协同设计，具有很大优势，但也存在以下两点不足之处：

（1）TC-NX集成环境实施要求和流程标准化程度要求较高，实施成本较大，且需要经长期培训才能熟练掌握。

（2）自顶向下设计，高度依赖主模型参数传递。一旦设计变更超出初始范围，如出现较大设计调整，

会导致关联参数失效，需大量手动修复工作。

针对上述不足之处，企业可采取一定的应对策略。在实施方面，可分阶段推进TC-NX集成环境建设，选择部分项目进行试用，积累经验后再全面推广；在人员培训上，制定分层培训计划，针对不同岗位人员的需求设计培训内容，提高培训效果。

对于设计变更问题，可建立WAVE链接规范和变更评估机制，在设计变更前对变更影响范围进行评估，提前规划应对措施，降低手动修复工作的难度和工作量。

结语

本文基于Teamcenter与NX构建了涂装车间自顶向下三维协同设计方法，详细阐述了其模型库构建、数据共享机制和设计流程并对该方法进行了全面的分析。研究表明，TC-NX自顶向下三维协同设计方法在复杂系统设计和产品全生命周期管理方面具有显著优势，能有效提升涂装车间设计效率，为涂装车间设计提供了新的思路和解决方案。随着信息技术的不断发展，涂装车间协同设计方法有望进一步优化和完善，实现更高效、更智能的协同设计。

参考文献：

[1] 罗明全，肖志伟，游和平.浅谈汽车涂装车间工艺设备数字化协同设计[J].汽车制造业，2024（1），44-46.

[2] 龚正伟，周广，邢明星.基于UG的汽车变速器Top-Down设计方法[J].汽车工艺师，2015（7），71-74.

（上接第17页）

首先，将车身数模、焊点分布及夹具三维模型导入仿真环境，进行人工上件过程的干涉检查与人机工程学评估，确保夹具高度等参数符合人体工效学要求。在此基础上，整合机器人、焊枪、管线包及换枪盘等设备模型，进行工作站布局设计，重点验证夹具在上件口的定位合理性，确保机器人可达性并规避焊枪与钣金、夹具及安全围栏等周边环境的潜在干涉风险。在机器人可达性的验证阶段，若检测到夹具结构需要优化调整，则须进行人机工程学的二次评估；若仅涉及机器人站位或焊枪选型的变更，则仅需执行焊接可达性的复核流程。待人机工程学与焊接可达性双项指标均通过验证后，需搭建完整的仿真环境将包含机器人站位、焊枪规格选型、夹具更改三维模型、工位布局规划及工具安装文档等技术文档移交至现场实施部门。

结语

通过实施手工线向自动化柔性焊接岛的升级改造，生产过程中操作人员仅需负责车身部件的上下料工序，而焊接作业则由工业机器人替代传统人工操作，显著降低了作业人员的劳动强度。这种技术革新不仅减少了汽车制造企业及其配套供应商对人工的依赖程度，同时确保了焊接工艺质量的稳定性。在当前制造业智能化转型背景下，整车厂商与零部件企业对于产线自动化的需求呈现持续增长态势。整车企业开展机器人柔性自动化岛建设改造项目，能够实现多种类分总成及零部件的柔性化生产组合，有效提升生产调度的灵活性，进而优化生产效率并提高焊接设备的综合利用率。

参考文献：

[1] 王贺炳.焊装手动线自动化柔性改造方案[J].时代汽车，2022（1）：152-153.

[2] 曹寅.基于PDPS的白车身焊装生产线改造设计及工艺仿真研究[J].时代汽车，2024（21）：117-120.

[3] 崔久好，孙承峰.Process Simulate在机器人离线编程中的应用[J].机电工程技术，2024，53（11）：120-123，147.

[4] 武扬，毛中正，王晓峰，等.柔性智能制造在装焊车间螺柱焊自动岛的应用[J].设备管理与维修，2021（16）：80-81.

[5] 朱晓虹.工业机器人装配工作站仿真设计[J].电子元器件与信息技术，2024，8（11）：82-84.

[6] 徐刚，谢薛彬.焊接机器人柔性工作站的总体布局研究[J].中国设备工程，2024（13）：95-97.

[7] 武保同，王凤奇，吕朋.人机工程仿真技术在焊装领域的应用[J].汽车工艺与材料，2018（5）：7-9，14.