工艺与材料

柴油机装配工艺三维可视化技术研究及应用

殷　筱，徐　彦，黄锦川，王维东，包军波

(1. 上海船用柴油机研究所,上海 201108;2. 船舶与海洋工程动力系统国家工程实验室,上海 201108)

摘　要：基于 Creo、3d Max、Premiere 及 After Effect 等软件,开展了柴油机装配工艺三维可视化技术研究及应用。以某型柴油机气缸单元为例制作了装配动画,实现了装配工艺设计、装配对象与真实装配场景的动态结合。装配工艺三维可视化技术可预先考虑装配过程中的相关因素,为柴油机并行设计提供技术支持和保障,可达到优化设计、优化工艺、优化制造、优化培训的目的。

关键词：柴油机;装配工艺;三维可视化

中图分类号:TK426　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1001-4357(2021)03-0054-04

The Research and Application of 3D Visualization Technology for Diesel Engine Assembly Process

Yin Xiao, Xu Yan , Huang Jinchuan, Wang Weidong, Bao Junbo

(1. Shanghai Marine Diesel Engine Research Institute, Shanghai 201108;
2. National Engineering Laboratory for Marine and Ocean Engineering Power System, Shanghai 201108)

Abstract: Based on the software of Creo, 3d Max, Premiere and After Effect, research and application of 3D visualization technology for diesel engine assembly process were made. The cylinder unit of a certain diesel engine was taken as an example to make an animation, which realized the dynamic combination of assembly process design and assembly parts and actual assembly scene. 3D visualization assembly technology can also take relative factors into consideration, provide technical support for diesel engine concurrent design, and realize optimization of design, process, manufacturing and training.

Key words: diesel engine; assembly process; 3D visualization

0　引言

柴油机装配是一个复杂的过程，包含了几千个零部件，在此过程中须运用到上百种工装，涉及的门类众多，工作量大，周期长。在柴油机生产过程中，装配过程处于非常重要的地位，装配工作量占整个产品生产工作量的 30% ~50%，装配费用占制造总费用的 20% ~30%[1]。作为柴油机生产的最终环节，装配效率和质量直接影响产品的整个生产周期和成本，对柴油机的生产过程起着关键性的作用。

目前船用柴油机的装配仍采用传统的二维工艺卡片作为指导装配工作的工艺文件，这种装配方式存在以下不足：(1) 对于结构复杂、零部件繁多、加工精度高的产品，尤其是新研产品，在装配过程中，往往须经多次试装、拆卸和返工，造成大量人力、物力和财力的浪费，并延长了研制周期[2]；(2) 装配工艺文件主要使用文字和图示来表达复杂的装配工艺内容，对操作人员来说理解和掌握须花费较多的时间和精力[3]。

装配工艺三维可视化技术可有效解决以上问题。三维可视化技术实际上是装配技术与 CAD 技术的结合，使工艺设计与装配的对象在装配过程中实现动态化[4-5]，可以缩短装配周期、降低装配成

收稿日期：2019-09-03

本、提高装配质量[6]。并且通过对装配过程的模拟，可以使装配过程的有关因素在设计初期就加以考虑，为柴油机并行设计提供技术支持和保障[7-8]。

1　三维可视化装配技术简介

在装配工艺三维可视化设计和实施过程中，基于 Creo 软件建立柴油机模型，通过 3d Max 软件制作装配动画，对“人员”“设备”“工装”“检具”“装配材料”五种类型的装配资源进行整合，立体三维地展现装配过程。利用 AE 和 PR 对装配动画进行后期处理，添加涂胶、拧紧力矩、检验等装配说明，实现装配工艺的三维可视化。同时，在该过程中模拟和预估产品的可装配性，并反馈给设计人员，进行优化设计；对产品的装配过程进行三维虚拟仿真与分析，避免潜在的装配干涉与缺陷，优化装配工艺，避免后续实际装配过程中的试装、拆卸和返工，提高装配效率；提早进行工装设计与制造，为设计与工艺、制造的并行提供条件，缩短装配周期、加快制造进度；形成的三维动画动态直观，可作为培训教材，帮助操作者快速直观理解装配顺序和方法，了解工装检具的使用，达到优化设计、优化工艺、优化制作、优化培训的目的。

2　实现方案

装配工艺三维可视化的实现方案见图 1。按照图示流程，在制作装配工艺三维动画的过程中，对模型、装配工艺进行干涉检查和评估，达到优化设计、优化工艺、优化制造、优化培训的目的。

2.1　建立柴油机模型

首先，基于三维制图软件 Creo 建立整机模型，含机体模块、气缸单元、动力单元、配气机构、传动系统、增压系统、燃油系统、滑油系统等部件。

2.2　装配工艺评估

在整机的设计过程中，须对零部件装配过程和工装工具使用过程进行装配工艺评估，预估产品装配性能及在装配过程中可能存在的问题，判断各部件在拆装过程中是否满足空间要求，工装工具的操作空间是否足够，并及时将此评估反馈给设计人员，以提高设计质量。

同时对柴油机装配过程须用到的中长周期工装工具进行设计，含翻转架、转运支座、整极吊装工具等大型工装，及液压拉伸器、液压扭矩扳手等液压拧紧工具。

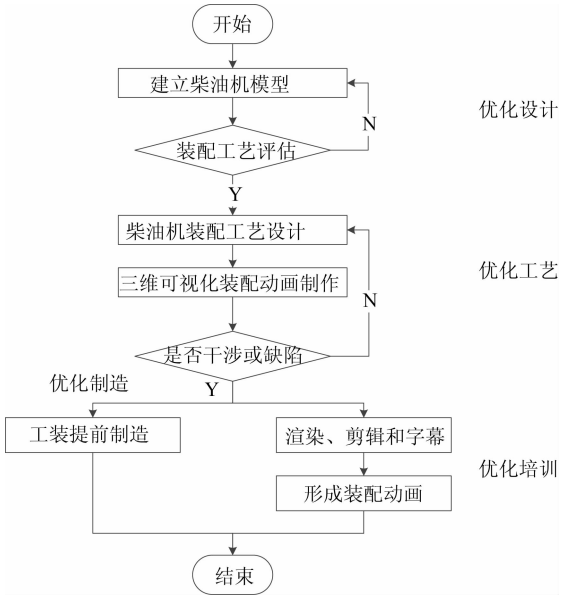

图 1　方案流程

2.3　柴油机装配工艺设计

（1）根据整机模型生成的设计 pBom，制作形成工艺 eBom。

（2）对柴油机装配过程中涉及的装配方法、装配组织形式、装配序列、装配工具和装配技术等内容进行归纳总结，形成装配工艺总方案。

（3）根据装配工艺总方案，编写装配工艺。

（4）设计装配过程所需要的全部工装工具。

（5）编制装配工艺三维可视化动画脚本。

2.4　装配动画制作

将整机模型和工装工具模型输出为 . stp 格式的轻量化模型，并导入 3d Max，以实现柴油机装配过程中工艺顺序和路径规划表达的动画仿真。

本装配动画应用 3d Max 2016 制作，主要步骤有修模，贴图、材质赋予，灯光场景设置，动画制作，渲染输出等。

（1）模型的场景和材质赋予

为真实立体地展现装配动画中的零部件，使机械零件具有金属质感效果，须在 3d Max 中修缮模型，去除多余的线和面，为模型赋予材质和贴图，并对灯光、场景进行设置。

（2）动画制作

为使装配动画能够完整展示实际装配过程，展示柴油机内部零部件的安装与调整，体现工装工具使用方法，实现装配过程的三维可视化，进行以下内容的动画制作：根据装配工艺和在此基础上形成的动画脚本，使用自动关键帧、设置关键点，制作关键帧动画，重点关注零部件的安装顺序与路径、工装工具的动作路径、摄像机的镜头切换、视角的

调整与缩放等操作。

（3）渲染

设置渲染器参数，使用 V-Ray 渲染器对制作完成的装配动画进行渲染，输出序列帧。

在装配动画的制作中，对柴油机的装配路径和过程进行三维虚拟仿真与分析，实现装配顺序虚拟演示、装配干涉检查、分析与优化装配顺序，检验工装、工具使用的可达性，装配空间的开敞性；对装配方案进行评价，评价装配工艺的合理性，及早发现潜在的装配干涉与缺陷，并把该结果反馈给设计人员和装配工艺人员，提高装配工艺设计效率，提升装配质量。

2.5　工装工具制作

根据已优化的装配工艺方案，可在柴油机零部件制造的同时进行装配工艺计划与准备，提早进行工装（尤其是长周期大型工装）的制造，为设计与工艺、制造的并行提供条件，缩短装配周期，加快制造进度。

2.6　三维动画后期处理

上述步骤中使用 3d Max 制作完成的装配动画，只是表现出装配过程的初步小片，未给出涂胶、拧紧力矩、检验要求等说明。因此须对其进行后期的编辑整合，配以工艺要求的文字、标签和解说，全面地表现出装配工艺卡片上的内容，形成含装配和检验要求的装配工艺三维动画，实现装配工艺的三维可视化。

对 3d Max 中形成的动画渲染后，以序列帧的形式导出。序列帧文件输入后，采用 AE 进行特效处理，制作标签、字幕和说明等；采用 Pr 剪辑装配动画，把不需要的帧剪辑掉，但不能破坏动画的连续性；然后对照装配工艺卡片的内容，把 AE 中形成的标签、字幕和注释添加进去，添加背景音乐，最终形成三维装配动画视频。操作流程见图 2。

2.7　装配动画用于培训、指导装配

通过上述步骤形成的装配动画可动态、直观地展现柴油机装配全过程，将其作为培训教材，可帮助操作者快速直观地理解装配顺序和方法，了解测量检具及工装使用方法。同时，可把生成的三维装配虚拟动画视频以电子信息输出发布在生产车间，操作者可通过看板、触摸屏等设备的操作界面获得信息，供现场装配作业时参考，实现可视化装配。

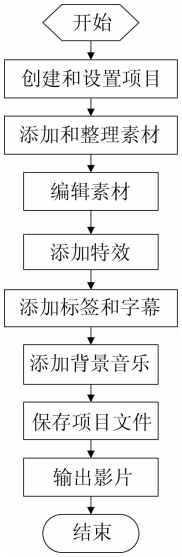

图 2　三维装配动画的后期处理流程

3　案例分析

以某型柴油机气缸单元的装配为例，采用上述方法实现气缸单元装配工艺三维可视化。

首先，输入气缸单元部件的模型，进行装配工艺方案设计和工装工具设计（图 3），形成工装工具模型和动画制作脚本。在此过程中对装配工艺进行评估，进一步优化设计。

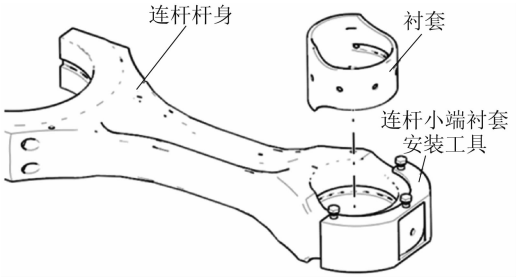

图 3　连杆小端衬套安装工具的设计

然后，根据装配工艺和动画脚本，将气缸单元部件的模型和工装工具模型输出为 . stp 格式的轻量化模型，并导入 3d Max，进行装配动画制作。关键帧动画见图 4。

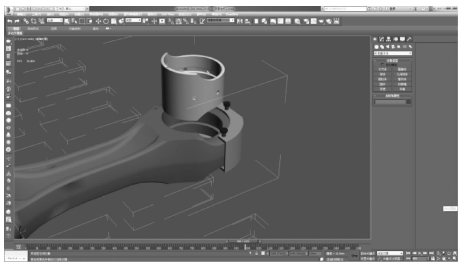

图 4　使用 3d Max 制作关键帧动画

最后，应用 AE 和 Pr 对三维动画进行后期编辑整合。AE 用于特效处理（图 5），制作标签、字幕和说明等；Pr 用于剪辑装配动画、添加背景音乐（图 6），给出涂胶、拧紧力矩、检验要求等说明。

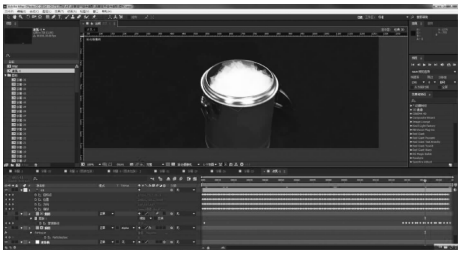

图 5 使用 AE 制作液氮特效

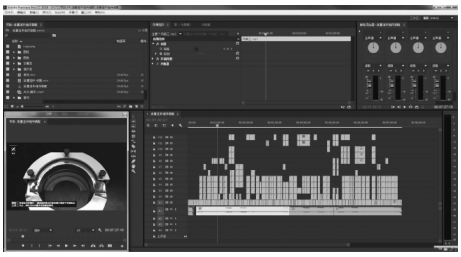

图 6　使用 Pr 剪辑动画

至此，已形成气缸单元装配工艺三维可视化动画（图 7）。装配动画材质逼真，三维立体效果优良，可生动形象地展示装配过程；并含有装配方法、工装工具使用方法、涂胶要求、拧紧力矩要求、润滑要求、检验要求等内容，可用于指导装配工作。相比二维工艺卡片，三维动画更加直观、形象，是用于培训的良好教材。

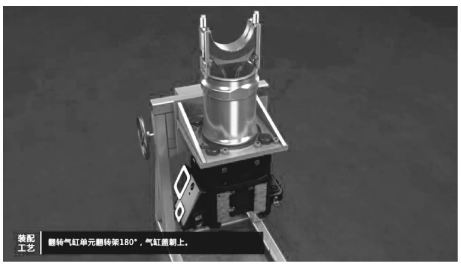

图 7　装配工艺三维可视化效果图

4　小结

为了减少柴油机在研制装配过程中的大量返工，缩短研制周期，降低研制成本，提出基于三维建模软件和三维动画制作软件的三维可视化装配技术。基于 Creo、3d Max、Pr 及 AE 等软件，以某型柴油机气缸单元为例，形成气缸单元装配动画，实现了装配工艺的三维可视化，证实了本文所述方法的可行性和有效性，为提高柴油机装配质量和效率提供了一条有效途径。

参考文献

[1] 俞文苗. 柴油机拆装仿真系统［D］. 武汉：华中科技大学，2007.

[2] 李晓丹. 柴油机装配工艺可视化关键技术研究及实现［D］. 大连：大连交通大学，2010.

[3] 刘乐卿，冯斌，田云峰，等. 产品装配工艺多媒体教学软件的开发及应用［J］. 现代制造工程，2007（5）：124-126.

[4] 苗苗，曹巨江. 基于 Pro/E 和 3DS Max 的缝纫机原理仿真动画制作研究［J］. 现代计算机，2014（2）：68-71.

[5] 陈敏. 3DSMAX 在机械制造工艺三维动画仿真中的应用［J］. 上海工程技术大学学报，2004，18（2）：148-151.

[6] 刘战强，艾兴. 虚拟制造技术及应用的现状及发展展望［J］. 山东大学学报（工学版），2002，(3)：211-217.

[7] 吴先哲. 虚拟现实技术在船舶动力舱设备装配过程中的应用研究和实现［D］. 厦门：集美大学，2016.

[8] 罗辑，曹建国，刘志文. 虚拟制造技术的应用及发展对策［J］. 现代制造工程，2004（6）：110-112.