

飞机电气系统数字化设计流程优化研究

邵忠天^{1,*}, 田玉斌¹, 张卓²

1. 中航工业第一飞机设计研究院, 陕西 西安 710089

2. 中航飞机研发中心, 陕西 西安 710089

摘要: 对国内外主流的飞机电气系统数字化设计流程与技术现状进行研究, 分析当前流程在工程应用中暴露的问题与不足, 结合飞机电气系统的改进需求, 给出设计流程优化方案, 该优化方案可为今后电气系统设计提供指导。

关键词: 电气系统; 设计流程; 协同设计; 电气线路互联系统

中图分类号: V242 文献标识码: A 文章编号: 1007-5453 (2016) 06-0030-04

当前, 基于协同设计平台的飞机电气系统应用数字化设计流程, 解决了传统设计流程中设计自动化程度不高和效率低下等问题, 实现了电气属性传递的系统设计, 为快捷高效的完成设计起到了重要的作用, 节约了工程周期^[1]。然而流程应用中的部分环节尚不尽如人意, 因此, 这里在对电气系统数字化设计需求和存在的问题进行分析的基础上, 对设计流程进行优化。

1 国内外现状与存在问题分析

1.1 国内外设计现状

随着以 CATIA 软件为核心的 LCA 三维在线设计平台和以 Windchill 为核心的协同设计平台在航空工业设计、制造部门内的推广^[2,3], 进行飞机电气系统设计时, 设计人员已广泛采用二维电气系统设计软件与 CATIA 相结合的数字化设计平台进行系统图纸、图样的设计^[4]。根据工程实际, 各飞机设计厂所采用不同的设计流程。一般地, 基于当前数字化设计平台有 3 种设计流程: 生成式、交互式和拓扑辅助交互式。国内航空企业主要采取生成式和交互式设计流程; 国际上大多数航空企业使用拓扑辅助交互式流程。

生成式设计流程是经过原理框图、原理图、接线图, 使用 Topology 模块进行全机二维线束布置和组合, 结合 CATIA 三维空间通道占位, 进行线束安装设计, 通过三维线束模型展平生生成线束图。图 1 为生成式设计流程, 该设计过程需要进行反复迭代。

交互式设计流程自系统需求开始, 进行方案设计、系统

电路设计, 通过构建电路模型进行系统定性评估和性能仿真等, 在三维电子样机中进行设备布置通道划分, 设备安装与线束组合设计, 通过互连接线图实现电气信息传递 (长度、电气序号等) 随之开展线束图和线束敷设图等设计, 此过程亦需迭代, 交互式设计流程如图 2 所示。

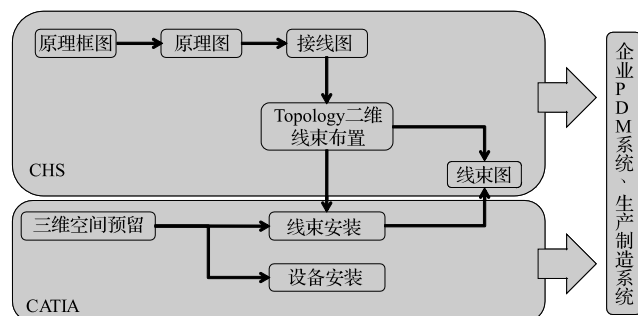


图 1 生成式设计流程
Fig.1 Generative design flow

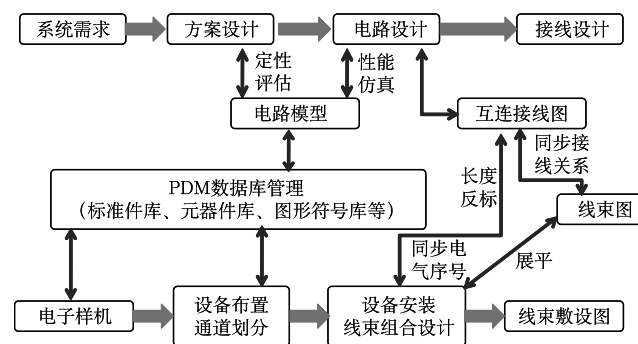


图 2 交互式设计流程
Fig.2 Interactive design flow

收稿日期: 2015-11-11 退修日期: 2016-03-10 录用日期: 2016-04-14

* 通讯作者. Tel.: 029-86832530 E-mail: dorger_0520@163.com

引用格式: TAI Zhongtian, TIAN Yubin, ZHANG Zhuo. Research on aircraft EPS digital design flow optimization [J]. Aeronautical Science & Technology, 2016, 27 (06): 30-33. 邵忠天, 田玉斌, 张卓. 飞机电气系统数字化设计流程优化研究 [J]. 航空科学技术, 2016, 27 (06): 30-33.

拓扑辅助交互式流程开展系统原理设计、接线设计,创建初步电气分离面。使用 2D 拓组件开展线束设计评估,先后进行线束布置、准则设置和布线评估,结合三维空间预留进行线束细节设计,并反馈导线信息至接线设计中,进行仿真分析等,还为制造方提供线束模板图。图 3 是拓扑辅助交互式设计流程示意^[5]。

以上 3 种设计流程包含的二维和三维设计输出数据基本是相同的,不同之处在于系统内、系统间线束组合与电气分离面设置这一环节,生成式与拓扑辅助交互式使用二维拓扑设计工具,电气信号传递快捷,交互式设计使用三维设计辅助以 CAD 绘图工具,设计过程更加直观。

生成式流程适用于工程设计的早期阶段(系统架构研究)以及系统相对简单的小型飞机和汽车用户;交互式设计流程架构与传统设计流程相似,增加了二维与三维设计间的电气数据传递和仿真验证环节;拓扑辅助交互式流程的优势体现在为制造集成提供便利,但需要额外的设计模块,不适合当前国内设计、制造独立运行体系。结合 3 种设计流程的特点,在大型飞机系统设计中采用交互式设计流程。

1.2 存在问题分析

当前,应用交互式设计流程进行大型飞机电气系统数字化设计,在流程工程化应用,如系统图纸设计、生产制造过程中,暴露出一些不足,具体有以下几点:

(1) 系统二维设计图样与审签流程关联脱节

系统图样的打样、设计和更改使用 Mentor Graphics 公

司 CAPITAL (CHS) 设计软件,涵盖航电、机电系统所有的电路图、接线图及线束图等二维设计图。而审签和发放流程是以三维设计环境 LCA 为主,通过 LCA 转入数字协同设计平台(Windchill 核心)进行。由于在 CHS 软件项目下的二维设计图样并不直接通过数字协同设计平台发放,需要转换为 PDF 格式挂入 LCA 结构树节点中再走审签流程,导致数字协同设计平台实际上无法对二维图样的状态进行控制。

(2) 仿真分析与系统设计不完全融合

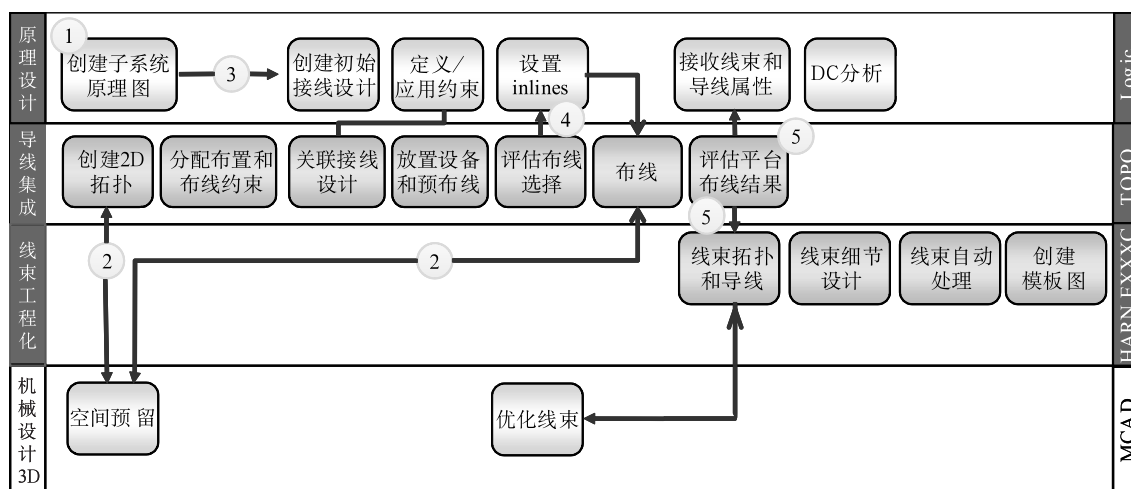
仿真分析没有完整融入整个系统设计流程,当前仅应用于方案阶段或设计初期,进行功能级、定性的仿真分析,缺少完整的性能级、定量的仿真分析结果,不能作为详细设计的辅助支撑。

(3) 线束敷设图与线束图设计复杂

线束敷设图节点庞大,效率不高,更改流程繁复;接线图与三维线束敷设图未能实现交互;大规模舱段的三维线束敷设图不能很好满足实际生产需要。线束图设计非原理性更改频繁,更改内容中主要涉及线束主干和分支的加长或剪短。原因在于线束图与线束敷设图设计并行工作,使得线束图标定长度时没有得到或只得到部分长度信息。

(4) 构型管理程度不够

系统模块化设计程度不高,设计更改不能完全溯源,个别文件存在多版本有效性重叠、复用的非标准件缺乏有效的库管理等现象,增加了客户化定制工作难度。



注：① 可选步骤，② 拓扑接口，③ 信号-导线，④ 布线辅助，⑤ 数据传递。

图 3 拓扑辅助交互式设计流程
Fig.3 Topology assistant interactive design flow

2 设计改进需求

(1) 集成管控的审签流程

电气系统设计的二维设计图样(电路图、接线图和线束图)纳入有效的审签流程管理中,任何一种图样的更改,包括正式更改、临时更改、系列更改等,如果会导致相关图样更改,受影响对象应均列出,并具备用户提醒机制,防止设计更改不彻底,导致电路图、接线图和相关线束图信息不一致。

(2) 支撑各阶段设计的仿真建模

电气系统要“基于模型的系统工程”设计,从系统需求捕获,到系统、分系统设计,到产品三维结构树划分,到部件/组件的详细设计都需要建立模型,对研制各阶段进行仿真评估。

(3) 优化的系统布线设计

适航条例 CCAR25 部 H 分部的电气线路互联系统(EWIS) 章节对电线、标识、分离面和通道布置、连接、维护以及防护有明确的要求。在满足适航要求的前提下,进行飞机电气系统布线设计,划分层级清晰、节点细致的线束敷设图结构树,满足构型管理、协调和更改要求,使得图样后期换版更改的工作量尽量降低,更改受影响对象尽量少,避免“牵一发而动全身”的大面积更改。线束图的设计画法需要优化,对于连接器、信号转接数量较多,分支繁多的线束,应有快捷的绘制方法,避免传统人工绘制线束分支拓扑。

(4) 客户服务的构型管理

以满足客户定制需求为目标的构型管理,飞机层面要满足批量生产下“多种个性化”产品生产,相应的要求电气系统的功能设计高度模块化,并进行有效的技术状态控制,对于三维数模设计参数化、零件标准化,构建典型零件模型库进行管理。

3 设计优化改进

(1) 系统二维设计管控方案

能够有效的将系统二维设计与审签流程关联的是将 CHS 设计平台与数字协同设计平台直接建立接口关系,不再通过 LCA 挂靠方式进行。设计人员在型号项目下完成系统图样设计后,只需提升成熟度至发放级别,然后在数字协同设计平台中提取图样,签署审签流程。由于设计软件与协同平台都基于同一种数据库,通过二次开发可以实现此功能,确保每一个图样及其关联的图样都贯彻更改。

(2) 系统设计、评估与仿真

采用基于模型的系统工程,在系统研制 V 型图的“设

计-验证过程”中的每个阶段,增加“模型设计-验证过程”,加快设计迭代。具体而言,通过系统需求建模验证其合理性;建立系统功能、性能模型仿真校核系统电路设计,通过可靠性、可用性、维修性和安全性评估系统设备/线束三维布置安装等。

(3) 线束敷设图规划与设计实现

三维线束敷设的产品结构树顶图节点划分扁平化,规模小型化,并考虑构型管理需求,划分独立的工作包。飞机电气系统交联关系复杂,如果三维线束段模型与二维的线束一对一进行设计,工作量巨大,三维设计环境中线路重叠,读图困难。可以按照通道进行设计,并对通道内同类型线束组合定义。

此外,需要建立电气系统典型部件三维库管理。典型零件直接从库中筛选调出,既提高了设计效率,也减少了复用零件工艺指令发放。

结合以上方案,基于当前的交互式设计流程,给出一种改进的电气系统设计流程,如图 4 所示。与图 2 相比,增加了需求和方案阶段模型,构建了全周期的仿真模型;增加了构型管理,在设备布置通道划分环节增加安全性评估和电磁环境评估(图 4 虚线框内的部分)。

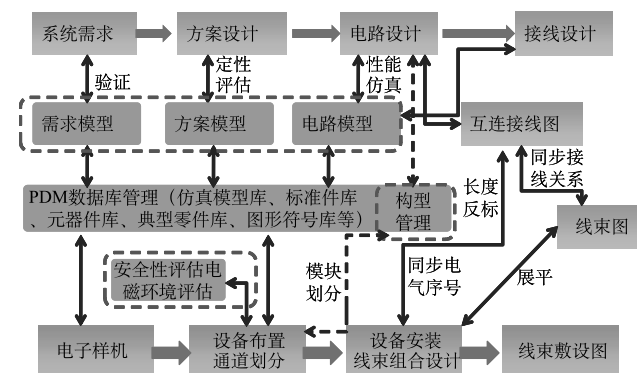


图 4 改进的设计流程

Fig.4 A improved design flow

从图 4 可以看出:在该流程中,建立全生命周期的产品数据管理(PDM),对电气仿真模型库、标准件库、元器件库、典型零件库和图形符号库等进行统一的管理。在系统需求、方案设计和详细设计阶段分别调用相应的数学或电气属性模型进行仿真验证,指导系统原理性设计和三维布置安装。基于 PDM 的构型管理能够建立电子基线,管理符合条件的文档,实现设计的追溯性和唯一性。在电子样机的设备布置和通道划分阶段增加安全性评估和电磁环境评估环节,更合理的考虑布线。强化线束拓扑展开,同步接线关系进行线束

设计,实现线束快速出图的工程化应用。

4 结束语

本文对当前大型飞机电气系统数字化设计中应用的交互式设计流程部分环节进行改进和优化,线束敷设规划与快速出图已运用于工程实践,提高了线束图设计效率。其他设计改进环节还需在今后的飞机电气系统设计中应用并不断地完善。

AST

参考文献

- [1] 邵忠天. 基于 CHS 电气系统设计方案研究 [J]. 飞机工程, 2006 (4) .
TAI Zhongtian. Design flow of EPS research based on CHS[J]. Aircraft Engineering, 2006 (4) . (in Chinese)
- [2] 吴光辉, 刘虎. 大型客机数字化设计支持体系框架 [J]. 航空学报, 2008, 29 (5): 1387-1393.
WU Guanghui, LIU Hu. Framework of digital design support system of systems for large airliners[J]. Acta Aeronautica et Astronautica Sinica, 2008, 29 (5): 1387-1393. (in Chinese)
- [3] 梅中义. 基于 MBD 的飞机数字化装配技术 [J]. 航空制造技术, 2010 (18): 42-45.
MEI Zhongyi. Digital aircraft assembly technology based on

MBD[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2010 (18) : 42-45. (in Chinese)

- [4] 陈卓. 民用飞机电气线路设计的流程 [J]. 航空科学技术, 2012 (6): 40-41.
CHEN Zhuo. Research on the process of electrical wiring design for civil aircraft[J]. Aeronautical Science & Technology, 2012 (6): 40-41. (in Chinese)
- [5] Low J. Capital 的航空航天电气设计流程 [EB/OL]. Mentor Graphics, [2013]. <http://www.auto-motive.cn.mentor.com/capital>.
Low J. EPS Design Flow of Aero and Airline using Capital[EB/OL]. Mentor Graphics, [2013]. <http://www.auto-motive.cn.mentor.com/capital> (in Chinese) .

作者简介

邵忠天 (1983—) 男, 硕士, 高级工程师。主要研究方向: 飞机系统设计、仿真。

Tel: 029-86832530

E-mail: donger_0520@163.com

田玉斌 (1970—) 男, 硕士, 研究员。主要研究方向: 飞机系统设计、管理。

张卓 (1982—) 男, 工程师。主要研究方向: 飞机航电、电源电器控制。

Research on Aircraft EPS Digital Design Flow Optimization

TAI Zhongtian^{1,*}, TIAN Yubin¹, ZHANG Zhuo²

1. AVIC The First Aircraft Institute, Xi'an 710089, China

2. AVIC Aircraft CO., LTD. R&D Center, Xi'an 710089, China

Abstract: The paper analyzed the technology of digital design flow of domestic and abroad aircraft electric power system (EPS), then the problem in engineering application of EPS digital design was illustrated. Corresponding to the requirement of EPS improvement, a solution of optimization design was developed, which can guide EPS design for the future.

Key Words: electric power system (EPS); design flow; collaboration design; EWIS

Received: 2015-11-11; Revised: 2016-03-10; Accepted: 2016-04-14

*Corresponding author. Tel.: 029-86832530 E-mail: donger_0520@163.com