

民用飞机通用地面支援设备 选型程序浅析

Analysis on the Type Selection Procedure of Civil Aircraft Common Ground Support Equipment

王燕玲 / Wang YanLing

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

摘要:

为了满足航空公司/维修单位高效率、低成本的要求,在飞机的设计过程中,尽量减少专用地面支援设备的种类,以通用地面支援设备取代,成为了飞机主制造商及其供应商共同努力的目标,也成为了一种发展趋势。因此,在飞机运营及维护、维修过程中,通用地面支援设备的选型及程序显得越来越重要。

关键词:通用地面支援设备;选型程序;需求分析;调研

中图分类号:V267

文献标识码:A

[**Abstract**] In order to meet the demands of high efficiency and low cost from airline companies/maintenance units, the application of special GSE(Ground Support Equipment) shall be decreased and replaced by common GSE in aircraft design process. This has become a developing trend and a common striving target of aircraft main manufacturer and its suppliers. Therefore, the type selection of common GSE and procedure has become more and more important in the process of aircraft operation and maintenance.

[**Key words**] Common Ground Support Equipment; Type Selection Procedure; Demands Analysis; Investigation and Research

0 引言

航空运输业是一个高投入、高风险、高责任,却没有高利润的产业,航空公司/维修单位的运营面临着安全和经济上的双重压力。航空公司/维修单位在主观上希望能尽量避免航空安全事故,对涉及航空安全的任何因素都保持着高度的警惕和严格的要求;另一方面,航空公司营业收入增长困难,只有最大限度降低成本,才能在价格战中幸存。地面支援设备是保证飞机具有良好的维修性和保持飞机固有可靠性、安全性所必须的重要手段,是确保飞机正常运营、正常维修不可缺少的设备与工具,是保障航空安全的重要因素;地面支援设备的采购成本也是航空公司/维修单位直接运营成本的构成之一。

一方面,飞机的运营及维护、维修离不开地面支援设备的支持;另一方面,地面支援设备专业是

飞机设计必不可少的一个组成部分,贯穿于飞机设计始末。地面支援设备专业服务于飞机总体、结构、系统等专业,离不开各个专业的支持,换言之,地面支援设备与飞机总体、结构、系统等专业的关系是相互支持与密切配合。

为了满足航空公司/维修单位高效率、低成本的要求,在飞机的设计过程中,尽量减少专用地面支援设备的种类,而以通用地面支援设备取代,这也成为了飞机主制造商及其供应商共同努力的目标,是一种发展趋势。

因此,在飞机运营及维护、维修过程中,通用地面支援设备的选型及程序显得越发重要。

1 概述

地面支援设备是指在地面为飞机结构、系统、分系统和机载设备或成品在预期的环境下使用而需要的所有工具与设备,包括飞机结构、系统、机载

设备的使用、维修、返修、防护、运输等所需的所有设备。

地面支援设备分为专用地面支援设备和通用地面支援设备。通用地面支援设备是指能适用多种型号飞机维护、维修使用的地面支援设备,一般都是市场上可直接采购到的货架成品。

在飞机日常检测、维护中,需要大量的地面支援设备,如各种特种车辆、千斤顶以及牵引杆、工作梯等,其中大部分是通用地面支援设备。为了满足航空公司/维修单位高效率、低成本的要求,通用地面支援设备通常在不同机型间交叉使用,因此,保障通用地面支援设备与飞机、操作人员有良好配合,尽量避免因地面支援设备引起的各种损失,成为地面支援设备专业努力的目标。

为了实现这个目标,通用地面支援设备选型工作必须建立在学习多方面知识的基础上,首先要熟悉飞机总体、结构、系统等各个专业,包括学习性能、构成及维护方案和接口协调等,其次是借鉴其他机型地面支援设备配备的经验,深入了解其他机型维护过程中地面支援设备的实际使用、维护现状以及地面支援设备供应商产品的更新等情况。

2 通用地面支援设备选型目的和要求

2.1 选型目的

通用地面支援设备选型工作需达到如下目的:

(1) 通过通用地面支援设备选型,推荐检测诊断准确、操作简便的通用地面支援设备,提高飞机的维修效率、出勤可靠度和运营经济性;

(2) 通过通用地面支援设备选型,推荐其他机型可用、航空公司/维修单位持有的通用地面支援设备,降低航空公司/维修单位地面支援设备的采购成本;

(3) 通过通用地面支援设备选型,推荐安全、可靠、易维修、服务好的通用地面支援设备,提高飞机维修安全性,降低地面支援设备维护保养成本。

2.2 选型要求

通用地面支援设备可适用于多种型号飞机维护、维修使用,一般由航空公司/维修单位通过市场直接采购,因此,通用地面支援设备选型在满足飞机维修工作的同时,应尽量考虑航空公司/维修单位通用地面支援设备的持有现状以及使用状况。

(1) 通用地面支援设备选型工作应尽早开展

通用地面支援设备选型优先推荐其他机型可用、航空公司持有的设备,提高飞机与其他机型通用地面支援设备的共通性。因此,需要协调飞机服务接口与通用地面支援设备接口一致,即要求通用地面支援设备选型工作尽量早开展,选型工作与飞机总体、结构、系统等各个专业同步进行。

(2) 同一设备尽量多推荐几个供应商和型号

不同供应商研制的同功能通用地面支援设备,在设计细节、价格上都有差异,航空公司/维修单位使用人员的操作继承性和采购预算都会影响航空公司/维修单位选购设备,因此,同一设备尽量多推荐几个供应商和型号,方便航空公司/维修单位自行选择。

(3) 结合推荐市场成熟产品和新型产品

在推荐市场成熟产品的基础上,同时推荐具备便携性、集成化和功能升级的新型产品,使飞机地面支援设备具有先进性。

3 选型程序

地面支援设备与飞机各专业包括总体、结构、系统等是紧密联系在一起,通用地面支援设备的选型需求来自飞机各专业,需要各个专业的支持才能做好。

通用地面支援设备选型程序如图1所示。

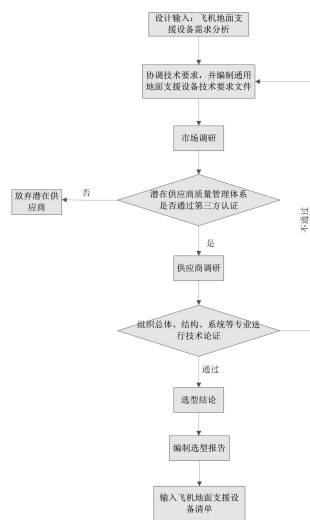


图1 通用地面支援设备选型程序

(1) 设计输入:飞机地面支援设备需求分析

地面支援设备需求分析包括安全性分析、可靠性分析、维修性分析以及使用分析,确定所有可能产生地面支援设备需求的使用与维修任务,分解并分析每一个使用与维修任务,确定任务的地面支援

设备需求和技术要求。

需求分析工作结束后,确定通用地面支援设备和技术要求。

同时,需开展其他机型通用地面支援设备信息收集工作,主要包括通用地面支援设备的型号、供应商、技术参数以及外形尺寸等信息。

(2) 协调通用地面支援设备技术要求

与总体、结构、系统等专业协调技术要求,并编制通用地面支援设备技术要求文件。

(3) 市场调研

市场调研对象包括航空公司和维修单位。

通用地面支援设备选型市场调研是为了更全面地了解被市场广泛使用的通用地面支援设备的情况,尤其是设备实际使用保养情况,譬如在其他机型上的适用性、售后维护等,以及供应商和型号。

(4) 供应商调研

针对市场调研的结果选择供应商调研对象,即对市场广泛使用的通用地面支援设备供应商展开调研。选择的供应商调研对象的质量管理体系应通过 GB/T19001、ISO9001 的第三方认证。

供应商调研是直接和供应商取得联系,核实供应商信息,包括质量体系、联络信息、售后服务、备件等,并全面了解备选设备的有效信息,包括技术参数、价格、采购周期、质保期限、包装运输贮存要求等。

(5) 技术论证

根据飞机地面支援设备技术要求文件,地面支援设备专业组织总体、结构、系统等专业进行技术论证工作,针对备选设备的情况,应论证是否满足以下几个方面要求。

功能性要求:地面支援设备的技术参数满足飞机的维护使用要求;

协调性要求:地面支援设备与飞机的连接配合协调一致,与配套设备的连接配合协调一致,且尺寸合理,满足操作空间要求;

安全性要求:地面支援设备使用时,不会对人员造成伤害,不会给飞机造成损伤,必要时,具备防差错/误操作设计;

共通性要求:地面支援设备具有其他机型维护所需广泛的共通性,可在一定程度上降低航空公司的运营维护成本;

经济性要求:地面支援设备的使用、保养、维护、维修具有很好的经济性,即要求地面支援设备

安全、可靠以及供应商具有良好的售后服务机制、维修能力。

(6) 选型结论

通过技术论证得出通用地面支援设备选型结论,输入飞机地面支援设备清单,供航空公司自行选择。

(7) 编制选型报告

编制通用地面支援设备选型报告,由提出需求的专业会签。

通用地面支援设备选型报告的正文应包含但不限于这些章节:①范围;②引用文件;③术语及缩略语;④通用地面支援设备性能参数;⑤市场调研;⑥供应商调研;⑦技术论证;⑧选型结论。

(8) 输入飞机地面支援设备清单

将选型的通用地面支援设备及其信息输入飞机地面支援设备清单,通用地面支援设备选型报告作为飞机地面支援设备清单阶段性评审的支持性文件。

4 选型实例

通用地面支援设备选型程序具有较强的操作性,下面以某型飞机三脚架千斤顶的选型工作为例,对选型程序进行说明。

(1) 设计输入:某型飞机地面支援设备需求分析

飞机总体专业提出用于飞机整机顶起的三脚架千斤顶的需求,并提出了整机顶起的总体要求以及千斤顶的载荷、重量重心等要求。

同时,展开对空客 A320 和波音 737 等机型三脚架千斤顶的信息收集工作,主要针对三脚架千斤顶的型号、供应商、技术参数等信息,具体内容如表 1 所示。

相似机型千斤顶市场占有率见图 2。

从图 2 中可以看出,A320 和 Boeing737 等机型维护中,HYDRO 和 MALABAR 千斤顶市场占有率比较高。

(2) 协调三脚架千斤顶技术要求

根据与飞机总体、结构、强度等各个专业的协调,经过计算,某型飞机三脚架千斤顶技术参数如表 2 所示。

同时,编制了《某型飞机三脚架千斤顶技术要求》文件,详细阐述了某型飞机三脚架千斤顶功能要求、技术参数的确定、工作环境、维修性、寿命、标

志及试验要求。

表1 A320 和 Boeing737 等机型
三脚架千斤顶的信息

机型	千斤顶	型号	供应商
A320	机翼千斤顶	FEN351	HYDRO
		FENT353	
		FENT354	
	前机身千斤顶	FEN10	
		FENT101	
	后机身千斤顶	FEN06	
Boeing737	机翼千斤顶	7235	MALABAR
		7235B	MALABAR
		725A	MALABAR
		759A	MALABAR
Boeing737	机翼千斤顶	8826	MALABAR
			MALABAR
	前机身千斤顶	15-54-40	REGENT
		714A	MALABAR
		D01051	HYDRO
	后机身千斤顶	15-100-40	REGENT
714A-with 36" leg ex		MALABAR	
D01030		HYDRO	

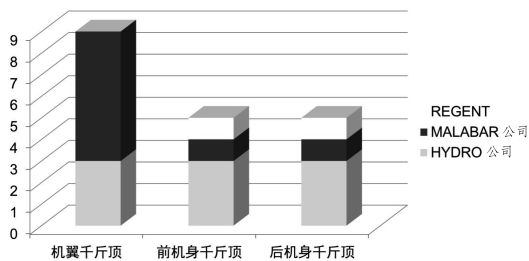


图2 相似机型千斤顶市场占有率情况

(3) 市场调研

为全方位地了解航空公司对三脚架千斤顶的实际使用情况和建议,对东方航空公司、四川航空公司、四川太古维修中心以及 Ameco 北京飞机维修工程有限公司进行了调研。

目前,国内航空公司千斤顶市场中 HYDRO 公司和 MALABAR 公司的千斤顶占有率分列前两位。

表2 某型飞机三脚架千斤顶技术参数

千斤顶	额定载荷 (t)	最小高度 (mm)	液压行程 (mm)	机械行程 (mm)	最大高度 (mm)
机翼千斤顶	30.3	2 904	1 441	-	4 345
前机身千斤顶	5.8	1 658	1 519	-	3 177
后机身千斤顶	2	2 336	1 596	-	3 932

HYDRO 和 MALABAR 的千斤顶在价格方面与国内供应商的千斤顶相比偏高,但其产品性能安全、可靠,操作方便,使用寿命长,适用于波音和空客的多种机型。HYDRO 和 MALABAR 在国内都设有维修点,售后服务和维护方便、及时。另外,HYDRO 生产的气动千斤顶和电动千斤顶操作方便,技术更新快;MALABAR 生产的气动千斤顶结构较为简单,维护工作量小。

(4) 供应商调研

在确认潜在供应商后,对 HYDRO 和 MALABAR 就供应商资质、专业经验、质量控制体系等方面进行了考核。两家公司都通过了相关部门质量资质审查,是某型飞机地面支援设备合格供应商。

经过初步沟通,MALABAR 并无合适的千斤顶满足某型飞机三脚架千斤顶技术参数,HYDRO 则有合适的产品。初步推荐某型飞机三脚架千斤顶型号及其技术数据,如表3所示。

表3 初步推荐某型飞机三脚架千斤顶型号及其技术数据

千斤顶	型号	额定载荷 (t)	最小高度 (mm)	液压行程 (mm)	机械行程 (mm)	最大高度 (mm)	适用机型
机翼千斤顶	FEN351	35	2 400	1 800	300	4 500	A318
	FENT353	35	1 800	2 200	620	4 620	A319
	FENT354	35	1 750	2 100	660	4 470	A320
前机身千斤顶	FENT101	10	1 500	1 985	450	3 935	A318 A319 A320
后机身千斤顶	SG174	6	2 250	1 780	-	4 030	-

从表3中可以看出,推荐的机翼千斤顶和前机身千斤顶适用于 A320 系列机型。

从相关资料可以看出,某型飞机相似机型中,运营的 A320 系列飞机占较大比例,即推荐的某型飞机千斤顶满足市场共通性的要求。

(5) 技术论证

根据《某型飞机三脚架千斤顶技术要求》以及收集到的其他机型三脚架千斤顶信息,地面支援设备专业组织飞机总体、结构、系统等专业进行技术论证工作,初步推荐的某型飞机三脚架千斤顶满足功能性、协调性、安全性、共通性及经济性要求。

(6) 选型结论

通过技术论证得出某型飞机三脚架千斤顶选型结论,即推荐的千斤顶型号适用于该型飞机。

(7) 编制选型报告

编制《某型飞机三脚架千斤顶选型报告》,记录

选型程序。

(8) 输入《某型飞机地面支援设备清单》

将推荐的某型飞机三脚架千斤顶型号及其信息输入《某型飞机地面支援设备清单》,《某型飞机三脚架千斤顶选型报告》作为《某型飞机地面支援设备清单》阶段性评审的支持性文件。

5 结论

本文针对民用飞机通用地面支援设备选型,提出了目的、要求和程序。该程序以飞机地面支援设备需求分析为设计输入,以通过技术论证得出选型结论并编制选型报告为输出,选型结论输入地面支援设备清单以供航空公司/维修单位自行选择。

文中详细阐述了通用地面支援设备选型程序每一个步骤所做的工作及输出,并通过选型实例,

(上接第 47 页)

界面点在后续分析中用于与其他结构对接。参数 EXTOUT 位置设置在工况卡之前,用于控制超单元输出方式,当将参数 EXTOUT 设为 DMIGOP2 时,缩减后的刚度阵和载荷阵以 OUTPUT2 格式输出,输出标识用参数 EXTUNIT 定义。超单元中边界点编号与剩余结构边界点编号一致时,这种存储格式能使之与分析模型自动关联。超单元刚度及载荷阵可通过 ASSIGN 命令在文件管理部分(FMS)定义输出文件格式。

2.2 模型组装

模型装配是指将外部超单元与剩余结构或超单元之间连接的过程。将超单元与剩余结构组装,需要使用 ASSIGN 命令在提交计算文件中引用超单元缩减矩阵文件,并使用 SEBULK 定义引用外部超单元。

3 外部超单元在民用飞机整机中的应用

对民用飞机整机进行分析时,将吊挂作为子结构,通过外部超单元法与飞机机翼结构相连。凝聚处理后的模型规模显著降低,有效减少了系统级力学分析所需要的时间。此外,使用外部超单元的模式在保留原模型力学特性的同时,屏蔽了吊挂本身的结构设计信息,有利于对吊挂信息的保护。

为防止因为计算机配置不同而引起计算结果的差别,本文所有计算均使用相同配置的计算机,

证明了该程序的可行性和有效性。民用飞机通用地面支援设备选型及程序可进一步规范越来越重要的通用地面支援设备选型工作,与飞机总体、结构、系统等各个专业紧密联系在一起,一方面,通过通用地面支援设备选型,保障飞机的维修安全性、出勤可靠度和运营经济性;另一方面,通过通用地面支援设备选型,降低航空公司地面支援设备的采购成本以及地面支援设备的维护保养成本。

参考文献:

- [1] 吴正勇. 飞机设计手册第 21 册:产品综合保障[M]. 北京:航空工业出版社,2000.
- [2] 陈付生,徐庆宏. 民用飞机客户服务入门[M]. 北京:航空工业出版社,2006.

计算同一种载荷情况,使用 NASTRAN 101 求解器,经比较,外部超单元与传统模型位移计算结果基本一致。外部超单元与传统模型求解机时及存储空间对比见表 2,由表 2 可知,在全机分析时,吊挂作为超单元后,可节省约 97% 的计算机时,减少约 93% 的存储空间。

表 2 外部超单元与传统模型内力计算所用资源对比

计算方法	计算时间	存储空间
外部超单元	63s	76MB
传统计算	2 263s	1.05GB

4 结论

超单元的应用能够有效减少整机模型的自由度数,进而提高分析效率。基于 MSC. NASTRAN 软件,本文提出外部超单元在民用飞机中的应用流程,结合某型飞机,将吊挂结构做为外部超单元,通过与传统计算静力计算结果对比表明,外部超单元与传统计算结果吻合程度较好,且节省了约 97% 的计算时间和 93% 的存储空间。

参考文献:

- [1] Hurty W C. Dynamic analysis of structural systems using component modes[J]. AIAA Journal, 1965, 3(4): 678-685.
- [2] Craig RR, Bampton M. Coupling of substructures for dynamics analysis[J]. AIAA Journal, 1968, 6(7): 1313-1317.
- [3] MSC. Nastran 2010, Superelement User's Guide[M]. MSC Corporation, 2010.