

民用飞机顶起和支撑设备研究

王正鑫* 李冲祥

(上海飞机客户服务有限公司,上海 200241)

摘要: 民用飞机的顶起和支撑设备在飞机的维修、改装、抢救等工作中必不可少。总结了顶起和支撑设备的分类,介绍了不同种类设备的主要功能、结构组成以及应用场景。给出了顶起和支撑设备的选型及研制的工作方法和具体工作要求。针对不同的使用单位,给出了顶起和支撑设备的常规配置建议。民用飞机的地面支援设备产业是飞机制造业的支撑型产业,国产民机制造商应积极推进国内地面支援设备产业发展,建立并完善民用飞机地面支援设备设计标准和规范体系。

关键词: 民用飞机;维修;顶起和支撑;地面支援设备

中图分类号: V267

文献标识码: A

OSID:



0 引言

民用飞机在航线维修、定检、改装、抢救等实际工作中经常需要先将飞机顶起和支撑,使飞机处于相对稳定的状态,以便于开展后续其它相关工作(例如:飞机的水平测量、更换机轮、更换起落架、起落架收放功能测试、结构重要改装等)^[1]。而飞机的顶起和支撑操作离不开一类重要的地面支援设备,即顶起和支撑设备。

民用飞机的顶起和支撑设备产品多种多样,使用广泛,设计或者选用不当极易造成飞机结构损伤,但国内研究民用飞机顶起和支撑设备的相关文献较少,因此有必要对其展开深入研究。

1 顶起和支撑设备的分类及应用场景

根据飞机所处的不同状态,可将民机的顶起和支撑设备划分为常规用设备和抢救用设备。根据每类设备的结构特点及功能,又可将其进一步细分为机翼/机身千斤顶、轮轴千斤顶、机翼/机身托架、撑杆和顶升气囊(见图 1)。每类设备的主要功能、作用位置及应用场景总结见表 1。

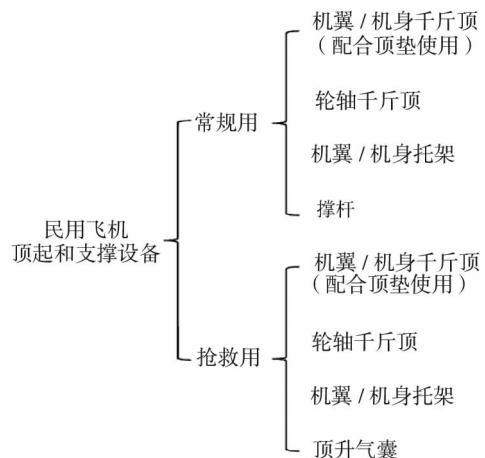


图 1 顶起和支撑设备的分类

表 1 顶起和支撑设备主要功能、作用位置及应用场景

名称	主要功能	作用位置	应用场景
机翼/机身千斤顶	飞机全机顶升	机身、机翼下部专用顶点,需配合顶垫使用	常规用、抢救用
轮轴千斤顶	飞机起落架 轮轴顶升	起落架机轮轮轴下部 专用顶点	常规用、 抢救用
机翼/机身托架	辅助支撑	机身、机翼局部区域 (不需设计专用连接点)	常规用、 抢救用
撑杆	辅助支撑	机身下部专用顶点	常规用
顶升气囊	飞机抢救时, 用于飞机顶升	机身、机翼局部区域 (不需设计专用连接点)	抢救用

* 通信作者. E-mail: wangzhengxin@comac.cc

引用格式: 王正鑫,李冲祥.民用飞机顶起和支撑设备研究[J].民用飞机设计与研究,2020(3):73-77. WANG Z X, LI C X. Research on the lifting and shoring equipment for civil aircraft[J]. Civil Aircraft Design and Research,2020(3):73-77(in Chinese).

1.1 机翼/机身千斤顶

机翼/机身千斤顶是每种机型必备的地面支援设备,主要用于飞机全机顶升,其具体数量及分布需要根据特定机型的顶升方案而定。对于窄体客机,至少需要三个主顶点,采用前三点式或后三点式布置,即:在机翼两边对称设置两个主顶点,在靠近机头或机尾处设置一个主顶点。各个主顶点处均需安装专用的千斤顶顶垫,再布置相应的千斤顶完成顶升操作。机身/机翼千斤顶与飞机专用顶垫是以球头、球窝形式连接,连接尺寸有相应的国际标准来规范^[2]。为了最大限度保证飞机顶升安全,还会在机身处再设置一个辅助顶点,在该点既可布置辅助千斤顶,也可布置撑杆或者托架。辅助顶点处布置的设备并不主动对飞机顶升,主要起分担载荷、防止意外倾覆的作用。

机翼/机身千斤顶根据升降机构的不同可分为机械千斤顶和液压千斤顶,其中液压千斤顶具有结构紧凑、传动效率高、传动平稳、承载能力强等优点,在民航业内普遍使用。液压千斤顶根据其结构形式的不同又可分为三脚架千斤顶和柱式千斤顶^[3]。三脚架千斤顶因稳定性强、安全性高,主要应用于飞机的常规顶升;柱式千斤顶虽稳定性不佳,但因便于拆解运输、快速组装、最小工作高度低等特点,主要应用于飞机外场应急抢救。

液压千斤顶主要由顶头、多级作动筒、锁止螺母、驱动泵、支架、液压油箱、底座、撑脚、牵引机构等构成。近年来设计人员不断地在对飞机的机翼/机身千斤顶产品进行设计改进。例如:为克服传统三脚架千斤顶体积较大、运输不便的缺点,设计了可折叠三脚架千斤顶^[4];为克服全机同步千斤顶顶升系统^[5]。

1.2 轮轴千斤顶

轮轴千斤顶也是每种机型必备的地面支援设备,主要用于飞机的轮轴顶升。民航起落架的轮轴下方设计有突起的球形顶点供其顶升使用。为保证飞机安全,一般一次只允许对单个起落架轮轴进行顶升。轮轴千斤顶整体外形尺寸、工作高度范围、额定载荷比机翼/机身千斤顶小,其结构简洁、使用灵活。除了可用于机轮和刹车组件拆装、维修之外,还可用于辅助其它维修操作,例如:在顶起或放下飞机的过程中若机翼/机身千斤顶操作出现卡滞,可使用

轮轴千斤顶临时顶起对应侧的起落架轮轴一小段高度使得机翼/机身千斤顶可顺畅调节;起落架缓冲支柱维修时,可使用轮轴千斤顶顶升缓冲支柱活塞杆以排除缓冲油液。

民航业内普遍使用的常规用轮轴千斤顶为液压轮轴千斤顶,主要由顶窝、多级作动筒、手动泵、液压油箱、释压阀、管路组件、行走轮构成。作动筒最上端安装顶窝的一级采用螺旋升降机构,方便手动初始调节,并采用限位机构,防止螺纹杆脱落,其余各级均采用液压作动筒形式。由于多级作动筒尺寸的限制,使得常规用液压轮轴千斤顶的最小顶升高度很难低于 10 cm。而在飞机机轮爆胎、轮毂磨平等特殊情况下,机轮轮轴下的顶点离地高度很低,限制了常规用液压轮轴千斤顶的使用,这时候既可以采用两件常规用轮轴千斤顶加一根结构类似扁担的转接梁的组合方式进行顶升,也可以单独使用抢救用轮轴千斤顶。抢救用千斤顶主要利用杠杆原理,将顶起点前置,作动筒后置,使得最小顶升高度大大降低。

1.3 机翼/机身托架

机翼/机身托架也是各机型不可或缺的设备,其主要用于飞机机翼或者机身局部区域的支撑。机翼/机身托架与撑杆功能类似,主要作为辅助支撑,不可主动顶升飞机。在飞机完成顶升操作后,在机翼或者机身局部区域下部放置托架来支撑,保护飞机结构。相对于撑杆和千斤顶,托架可直接与飞机机体接触,不需在飞机上设计专用连接点,并且接触面积较大,支撑更加可靠。

常规用机翼/机身托架主要由托盘、升降调节机构、底座、牵引机构、行走机构、固定支脚组成。托盘形状与飞机结构的接触面相匹配,并包裹软质材料。升降调节机构依据升降行程及工作高度的不同,可采用螺旋升降机构或者人字形升降机构^[6]。在飞机的应急抢救时,也可能会用到机翼/机身托架来作局部辅助支撑,必要时甚至会临时搭建木质托架。

1.4 撑杆

撑杆并非每种机型都须使用,其主要用于飞机的尾部支撑。飞机在进行装卸货物或拆装机上设备等操作时,会使飞机重心位置产生变化,部分机型(尤其是采用发动机尾吊布局的机型)为防止飞机重心位置偏移过大而倾覆,会在飞机尾部设计专用连接点,用于安装尾部撑杆来稳定飞机^[7]。当然,

也可以使用机身千斤顶或者托架来替代尾部撑杆进行辅助支撑。相对于机身千斤顶和托架,撑杆结构更简洁,重量更轻,更加便于运输和使用,适用于航线、定检、维修等常规情形。但因其支撑可靠性不如托架,故应急抢救时极少使用。

撑杆的主要结构包括与飞机的连接接头、升降调节机构、杆体组件、支架、移动脚轮。撑杆与飞机的连接形式可以采用螺栓连接,也可采用顶球与顶窝配合连接。升降调节机构可选用液压升降式或机械升降式,其中:液压升降式调节效率相对较高,适合长行程调节;机械升降式调节效率相对较低,适合短行程调节。必要时,还可以在杆体上增加过载警报器或者限载装置。

1.5 顶升气囊

气囊顶升方式较早应用于建筑行业,由于具有运输便利、操作便捷、适应能力强等特点,后来在飞机抢救作业中运用愈来愈广泛^[8]。飞机在滑行或降落过程中如若发生起落架意外收起、损坏、折断或结构损伤等事故,在进行抢救作业时,经常需要先将飞机顶升,然后再进行拆换起落架、搬移飞机等后续操作。这种特殊情形下,往往没有足够空间使用机身/机翼千斤顶来顶升飞机,此时就需要使用顶升气囊。如果飞机处于跑道或硬质地面上时,可直接在飞机顶升区域放置气囊;如果飞机陷入松软地面,则需在飞机顶升区域下预先铺设钢板或枕木以便气囊顶升。顶升气囊操作空间需求小,不需专用接头就可直接顶升飞机,适应性极强。

飞机顶升气囊主要包括气囊本体、软管组件、控制台、空压机。气囊本体是最主要的顶起和支撑组件,一般采用分块设计,由多个独立气室组合而成,表面设计有防滑条纹,气囊内部上下表面设计有许多拉丝。由于气囊整体刚性不足,需配合使用系留绳索以保持飞机稳定,部分气囊产品为克服刚性不足的缺点采用了钢铰接结构的气囊组件。

2 顶起和支撑设备的选型及研制

在飞机的设计过程中,设计人员会将飞机的顶起和支撑状态作为一种重要的设计状态,综合考虑飞机的质量分布、重心位置、结构强度、承载状况等因素,确定飞机顶起和支撑方案,明确工作载荷、工作高度、连接位置及形式等输入条件^[9-10]。维修工程专业人员和维修类手册编制人员会制定顶起和支

撑相关维修任务程序,明确相关的航材、耗材和顶起和支撑设备需求。

根据实际维修任务需求,进行地面支援设备选型和研制是民机制造商地面支援设备专业人员的核心工作。地面支援设备专业人员根据市场上是否有直接可供采购的货架产品将地面支援设备分为通用类设备和专用类设备。针对通用类设备开展选型工作,针对专用类设备开展研制工作(既包括民机制造商自行研制,也包括飞机供应商研制后再转交给民机制造商)^[11-12],一般将机翼/机身千斤顶、轮轴千斤顶、顶升气囊划分为通用类设备,将机翼/机身托架、撑杆划分为专用类设备。但是这种划分只是相对的,因为随着机型市场占有率的逐步提高,专用类设备也会逐渐通用化。

地面支援设备专业人员在开展顶起和支撑设备的选型及研制时,应重点关注产品的最小工作高度、最大工作高度、额定载荷、连接点或接触区域的形状和尺寸等技术参数,确保产品能够满足实际维修任务需求,同时还应当关注产品的质量控制系统、生产交货周期、使用培训、售后服务等非技术因素。最终所选型或者研制的产品,民机制造商的地面支援设备专业人员还应结合维修任务程序进行实地操作验证。只有确定产品能够满足实际的工作需求后才可正式向客户推荐。后续若产品发生更新,民机制造商还应通过服务类文件及时将更新信息传递给客户。

3 顶起和支撑设备的配置

在新机型投入运营之前,民机制造商应充分考虑地面支援设备的配置问题。只有构建了地面支援设备全面保障体系才能保障飞机顺利运营。民机制造商须重点关注客户(主要为运营人和CCAR-145维修单位)的常规用地面支援设备配置情况,运营和备降机场的抢救用地面支援设备配置情况,以确保各方所配置的地面支援设备能够满足该机型的航线、定检、大修、改装、抢救等实际需求。

对于通用类地面支援设备,民机制造商应至少推荐两种型号/件号的设备供客户参考选用,同时提供相应设备的技术要求。客户既可以直接选用民机制造商的推荐型号/件号,也可以根据技术要求选用其它等效设备,必要时,还可以向民机制造商寻求等效评估服务。而对于专用类地面支援设备,民机制

造商应直接给出指定件号,客户须按该件号配置,通常不建议客户另行选择其它产品。由于客户主要基于成本效益原则进行地面支援设备配置^[13],因此民机制造商还应尽力降低专用类地面支援设备的比例,最大限度降低客户购置成本。

针对顶起和支撑设备,民机制造商的一般做法和配置建议如下:

1) 对于运营人:在飞机交付之前,向其提供地面支援设备推荐清单^[14],运营人结合自身机队规模、维修能力建设规划、现有设备/工具等实际情况进行地面支援设备选择性配置。一般而言,运营人应配置常规用机翼/机身千斤顶及相应顶垫、常规用轮轴千斤顶、撑杆(若该机型需要),而其余设备使用频率较低,实际工作需要时可按需借用、租赁。

2) 对于 CCAR-145 维修单位:在维修工作开展之前,向其提供具体维修工作任务包,列出所必须的地面支援设备清单,CCAR-145 维修单位根据其承接的具体维修工作任务,对照现有设备/工具库存情况进行地面支援设备补充性配置。一般而言,维修单位应配置常规用机翼/机身千斤顶及相应顶垫、常规用轮轴千斤顶、常规用机翼/机身托架。

3) 对于机场:在飞机投入运营前,应直接调研或者通过运营人间接了解其机型的运营机场和备降机场是否配置抢救设备,以及所配备的抢救设备能否与机型相适应。一般只要求机场配置抢救用轮轴千斤顶、顶升气囊以满足飞机抢救时的基本顶起和支撑需求。

4 结论

民用飞机顶起和支撑设备种类繁多,不同种类的设备因其功能、结构形式、主要技术参数不同而各自具有特定的适用场景。民机制造商在编制维修类手册、选择顶起和支撑设备产品时,需要综合考虑各类设备的特点、使用场景、产品的通用性程度、成本效益、行业惯例等因素,采用“或自行设计、或联合设计、或选型”的组合式研制策略,并通过“或指定、或推荐”的方式向飞机客户提供顶起和支撑设备的合理化配置建议,从而保障飞机的地面顶起和支撑相关工作可经济、有效地开展。

由于我国民用飞机市场长期被波音、空客两家欧美巨头所垄断,而这些飞机制造商向其客户所指

定或者推荐的地面支援设备产品也多为欧美厂商产品,严重挤压我国地面支援设备产业,使得国内该产业整体发展相对落后。国内既缺乏大型的专业地面支援设备生产商及产品,又缺乏完善的民用飞机地面支援设备设计标准和规范体系。地面支援设备产业作为国产民机制造业的支撑型产业,其只有依托于国产民机制造业才能获得持久、稳定地发展。目前,正值我国大力推进国产民机制造业发展之际,随着国产民机逐步投放市场,我国的地面支援设备产业也迎来发展契机。联合国内地面支援设备生产商,逐步推行地面支援设备国产化,培育国内地面支援设备产业,建立并完善民用飞机地面支援设备设计标准和规范体系,也应成为国产民机制造商的工作重点。民用飞机的顶起和支撑设备是飞机维修、抢救等工作中必不可少的产品,其使用范围广、机型通用性强,并且整体研发和制造难度不高,或可成为国产品牌的绝佳突破口。

参考文献:

- [1] 飞机设计手册总编委会. 飞机设计手册第 9 册: 载荷、强度和刚度[M]. 北京: 航空工业出版社, 2001.
- [2] Technical Committee ISO/TC20/SC9. ISO 43-2016 Aircraft-Jacking pads [S]. Switzerland: International Organization for Standardization, 2016: 1-2.
- [3] 中国航空工业第一集团公司. 飞机千斤顶类型、基本参数和技术要求: HB7791-2005 [S]. 北京: 国防科学技术工业委员会, 2005: 1-6.
- [4] 范令栋. 收放折叠式飞机液压千斤顶: CN1982196A [P]. 2007-6-20.
- [5] 张晶, 费奇志, 曹彪, 等. 某大型飞机同步顶升系统设计与控制技术研究[J]. 液压气动与密封, 2014(8): 42-46.
- [6] 苏新伟. 一种低高度大行程飞机托架设计方案[J]. 机械设计与制造, 2018(4): 203-205 + 210.
- [7] 张宏, 蒋川生, 董操, 等. 一种飞机尾撑杆: CN 201834215U [P]. 2011-05-18.
- [8] 牛俊峰. 民用支线飞机抢救设备研究[J]. 航空制造技术, 2013(6): 77-78 + 88.
- [9] 飞机设计手册总编委会. 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.
- [10] 薄晓莉. 民机机翼千斤顶顶升装置分析[J]. 民用飞机设计与研究, 2011(4): 58-61.
- [11] 王燕玲. 民用飞机通用地面支援设备选型程序浅析[J]. 民用飞机设计与研究, 2014(1): 58-62.
- [12] 张宏. 地面支援设备在民机设计中的重要性及其相

- 关研制程序[J]. 民用飞机设计与研究, 2011(3): 65-69.
- [13] 德里克·怀特, 贾丽岩. 用成本效益选购地面支援设备和工具[J]. 航空工程与维修, 2002(1): 31-33.
- [14] 王正鑫, 邢博, 朱静, 等. 民用飞机地面支援设备/工具清单编制方法研究[J]. 民用飞机设计与研究, 2015(2): 67-69.

作者简介

王正鑫 男, 硕士, 工程师。主要研究方向: 民用飞机地面支援设备和工具的研发及技术管理。E-mail: wangzhengxin@comac.cc

李冲祥 男, 硕士, 高级工程师。主要研究方向: 民用飞机地面支援设备和工具的研发及技术管理。E-mail: lichongxiang@comac.cc

Research on the lifting and shoring equipment for civil aircraft

WANG Zhengxin * LI Chongxiang

(Shanghai Aircraft Customer Service Co. Ltd, Shanghai 200241, China)

Abstract: Lifting and shoring equipment for civil aircraft is indispensable in aircraft maintenance, modification, recovery and so on. This paper summarizes the classification of lifting and shoring equipment, introduces the main functions, structural components and application scenarios of different kinds of lifting and shoring equipment. The selection of the lifting and shoring equipment, the working method and specific working requirements of the development were given. According to different users, the general configuration suggestions of lifting and shoring equipment were proposed. The ground support equipment industry for civil aircraft is the supporting industry of aircraft manufacturing industry. The domestic civil aircraft manufacturers should actively promote the development of domestic ground support equipment industry, establish and improve the design standards and specifications of ground support equipment for civil aircraft.

Keywords: civil aircraft; maintenance; lifting and shoring; ground support equipment

* Corresponding author. E-mail: wangzhengxin@comac.cc