

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2024.02.016

民用飞机货舱行李网设计研究

王秦喆* 张云 黄菡

(中航西飞民用飞机有限责任公司, 西安 71089)

摘要: 目前,在国内民用飞机货舱行李网设计研发方面还存在大量空白,因此以“新舟”60 飞机后货舱行李网改装设计方案为例,对民用飞机货舱行李网进行了研究,分别从用户需求分析、改装方案设计和适航符合性验证三个方面相应展开。介绍了民用飞机货舱行李网的设计思路和方法,最后通过相关适航符合性验证方法来证明改装的货舱行李网及其零部件符合相应适航条款的要求,确保设计出既满足用户需求及飞机性能技术指标,又满足适航要求的民用飞机货舱行李网。

关键词: 货舱行李网;民用飞机;适航符合性验证

中图分类号: V223+.2

文献标识码: A

OSID: 

0 引言

飞机货舱行李网是飞机货舱的重要组成部件,但在国内货舱行李网研发方面无较多研究,我国柔性材料的安全限制设备研究主要集中在汽车领域和航空领域安全带等方面^[2]。目前,国产“新舟”600F 民用货机的 9g 拦阻网及 C919 飞机货舱拦阻网已投入市场运营。本文结合“新舟”60 飞机后货舱行李网在实际使用中的具体案例,解析相关适航条款技术要求,对“新舟”60 飞机改进货舱行李网进行研发,为我国运输机货舱行李网设计提供参考。

1 用户需求分析

如图 1 所示,按照设计和使用要求,“新舟”60 飞机的后货舱布置在机身后段 37 至 40 框处。同时,依据 CCAR25.857 条款货舱等级的划分,“新舟”60 飞机货舱内安装有烟雾探测器,且机组人员有可灭火的通道,因此该货舱属于 B 级货舱,其主要功能是运输和存放旅客携带的行李物品。为了保证飞行安全,通过用货舱行李网将物品约束在一定空间内,使货物在很小的范围内移动,防止飞机在应急着陆时,货物向前冲撞而伤及乘员,或防止

货物过量移动影响飞机重量重心和撞击系统设备^[3-4]。目前,“新舟”60 飞机后货舱行李网安装在后货舱 37 框与 38 框之间,货舱行李网通过系留装置(包含系留环、系留座)将行李网与货舱机身结构连接在一起,当货物撞击行李网时,行李网网带承受载荷,随后将载荷分散到各系留装置,最终传递到机身结构上。现有货舱行李网于 2006 年进行了相关计算分析、试验验证和适航审批,可满足 550 kg 的货物装载要求。

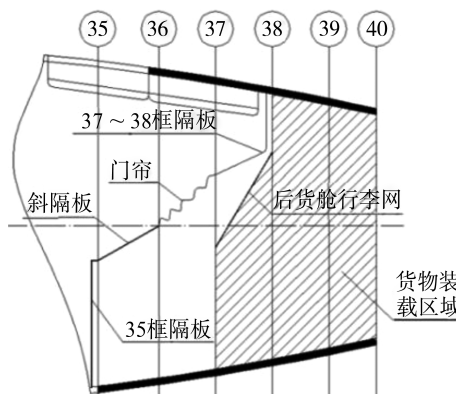


图 1 “新舟”60 飞机后货舱布局图

国内用户反映局方在检查时提出,“新舟”60 飞

* 通信作者. E-mail: wqinzhe@163.com

引用格式: 王秦喆,张云,黄菡. 民用飞机货舱行李网设计研究[J]. 民用飞机设计与研究,2024(2):101-106. WANG Q Z, ZHANG Y, HUANG H. Study on the design of cargo baggage net of civil aircraft[J]. Civil Aircraft Design and Research, 2024(2):101-106(in Chinese).

机后货舱可能存在无关人员进入货舱的现象,有限制物品(例如刀具、酒精等)管控不到位的风险,容易引发客舱安全隐患,建议对后货舱行李网进行加密或更换,防止无关人员从货舱行李中拿取限制物品,危害客舱安全。现有“新舟”60 飞机后货舱行李网的孔洞尺寸如图 2 所示,孔洞尺寸过大,无法满足用户所提出的货物隔离要求,因此需对其进行改进设计。

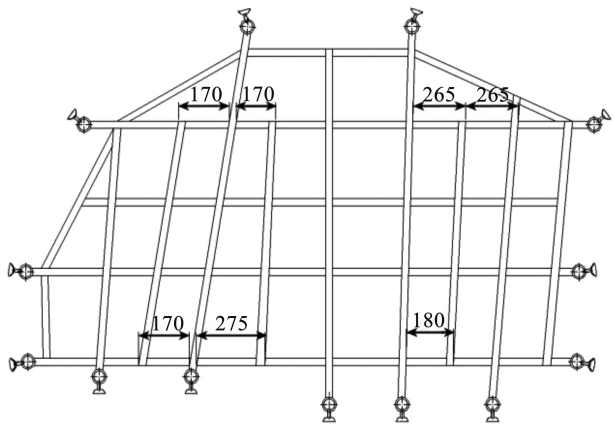


图 2 “新舟”60 飞机后货舱行李网

2 改进货舱行李网设计的适航条款要求

改进货舱行李网的设计必须满足中国民用航空规章 CCAR25 部中有关货舱和行李舱、功能和安装方面的要求,主要条款和内容见表 1。

表 1 改进货舱行李网涉及的主要条款^[5]

条 款	标 题
CCAR25. 787(b)	储存舱
CCAR25. 855(d)	货舱和行李舱
CCAR25. 1301(a)(1)	功能和安装
CCAR25. 1301(a)(2)	功能和安装
CCAR25. 1301(a)(4)	功能和安装
CCAR25. 1529	持续适航文件

CCAR25. 787 (b)条款要求为了保证货舱中的行李物品在规定载荷下移动不会造成危害,可以使用拦阻网或类似设备来防止物品移动。

CCAR25. 855 (d)条款要求行李网及其零部件的材料必须按照 CCAR25 部附录 F 第 I 部分或其他经适航当局批准的等效试验方法进行燃烧性能

试验。

CCAR25. 1301(a)(1)条款要求在飞机规定条件下运营时,行李网的种类和设计必须满足设备的预期功能。

CCAR25. 1301(a)(2)条款要求行李网上应配有反映其名称和功能的标牌。

CCAR25. 1301(a)(4)条款要求行李网在机上安装后功能正常。

CCAR25. 1529 条款要求承制单位必须根据 CCAR25 部附录 H 编制适航部门可接受的持续适航文件。

3 改进货舱行李网设计方案

3.1 改进思路

现有“新舟”60 飞机后货舱行李网已获得适航认证,因此,在改进方案中保留原后货舱行李网的安装,以原后货舱行李网的系留环为固定点,在原行李网外部增装一套网格加密行李网。现有后货舱行李网仍用于后货舱货物承载,新增装的网格加密行李网主要用于货物隔离,不承担承载作用,这样可在最小的设计更改影响范围内,满足用户需求。

3.2 改进货舱行李网组成及设计形式

新增后货舱网格加密行李网如图 3 所示,主要由横网带、竖网带、标牌、网带环和弹簧钩组成。行李网尺寸约为 2 500 mm×1 459 mm(宽×高),其外

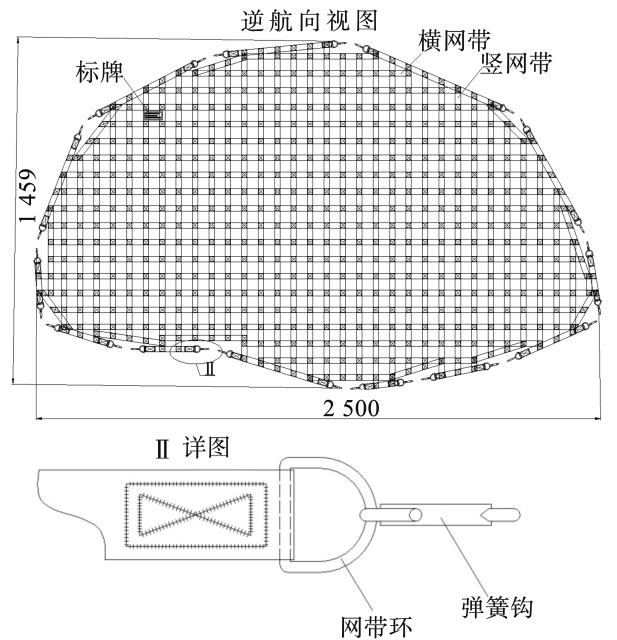


图 3 新增后货舱网格加密行李网示意图

形轮廓和结构与货舱空间、几何尺寸等因素相协调。由于行李网需安装在后货舱 37 与 38 框之间,不在同一框平面内,且行李网外形轮廓不规则,因此采用 CAID 技术^[6],运用 CAD 和 CATIA 等设计软件对行李网进行数字化建模和装配,通过这种可视化技术全面展现行李网的特点,在软件中经过多次反复协调辅助方案完成,这种设计方法可大大降低设计成本并提高工作效率。

新增后货舱网格加密行李网采用一般的编织形式——方格^[7],主要由横网带和竖网带相互交织通过缝纫线缝合而成,网带与金属部件(网带环)等部位也通过缝纫方式固定连接。网带之间,网带与金属部件之间的缝纫线、针脚按 HB5879 处理。工业产品及其改造设备在迭代升级时,可依据 GB10000-88 提供的我国成年人人体尺寸的基础数值使升级的产品或设备更好地符合人机工程学要求。其中,人体手宽尺寸示意图如图 4 所示,18~60 周岁成年人人体手宽尺寸见表 2。从表中可知,1% 的成年男性手宽尺寸小于等于 73 mm,95% 的成年男性手宽尺寸大于等于 89 mm;1% 的成年女性手宽尺寸小于等于 67 mm,95% 的成年女性手宽尺寸大于等于 82 mm。设计时,从产品的美观性考虑,尽量使新增后货舱网格加密行李网网孔呈均匀分布;从隔离货物的功能性考虑,按照 GB10000-88 标准要求,设计的网体孔洞尺寸约为 50 mm×50 mm,行李网周边异形孔洞尺寸也应均在 70 mm×70 mm 范围内。

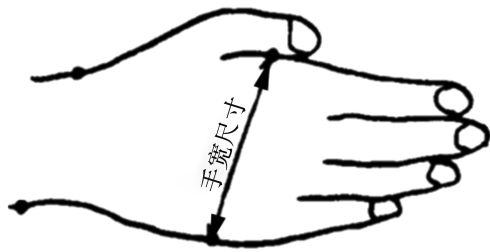


图 4 人体手宽尺寸示意图

表 2 18~60 周岁成年人手宽尺寸(单位:mm)

性 别	手宽尺寸占比						
	1%	5%	10%	50%	90%	95%	99%
男	73	76	77	82	87	89	91
女	67	70	71	76	80	82	84

行李网的网带规格在设计时需要在吸能和变形之间折中考虑。何龙龙等人对货运型飞机拦阻

网进行了动力学分析,行李网网带刚度越小,越有利于吸收冲击能量,且网带刚度与横截面积有关,横截面积越小,刚度越小,行李网通过形变储存的应变能越大^[8]。参照飞机设计手册和适航法规等相关技术标准,网带的选材必须具备适用性、耐久性和阻燃性。因此,新增后货舱网格加密行李网的网带选择横截面积较小宽度为 25 mm,厚度为 1 mm 的阻燃锦丝带,网带颜色为原色。网带环及弹簧钩选择航空标准件。

在新增后货舱网格加密行李网网体显眼位置缝制标牌,可帮助操作人员快速识别行李网的正反及安装方向,从而方便行李网的安装。标牌内容应包含:(1)零件名称;(2)零件件号;(3)制造商名称。所有内容应中英文双语标识。

3.3 改进货舱行李网安装方式

原后货舱行李网与机身结构共有 13 个接头,分别为安装在 37 框的 3 个系留装置,安装在 38 框的 5 个系留装置和安装在地板下方横梁的 5 个系留装置。新增后货舱网格加密行李网覆盖在原有行李网表面,如图 5 所示,通过弹簧钩与原有行李网的系留环相固定,每个系留环安装两个弹簧钩,对向拉开可使新增后货舱网格加密行李网处于

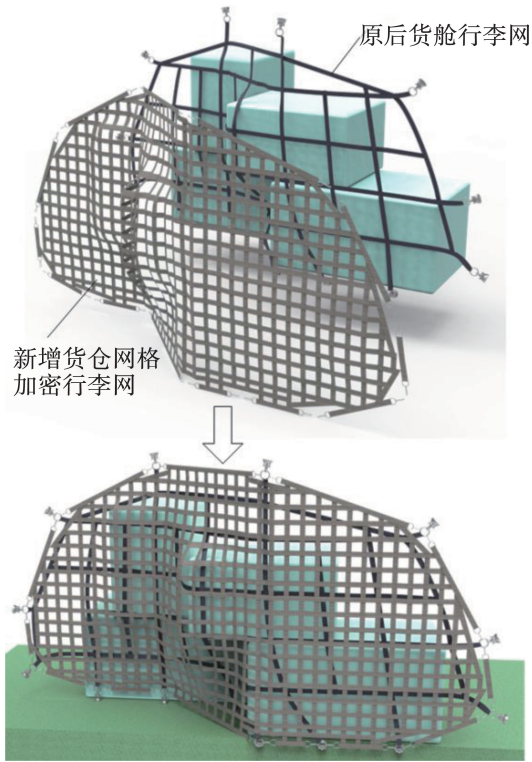


图 5 新增后货舱网格加密行李网安装示意图

伸展状态布满整个货舱截面,可以防止货物从行李网与货舱侧壁的夹缝中窜出,固定点具体安装方式如图 6 所示。这种安装方式方便快捷,无需增加新的固定点,方便在外场实施操作。

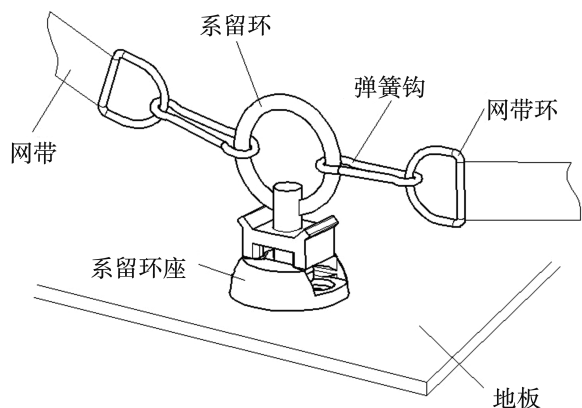


图 6 新增后货舱网格加密行李网固定点安装方式示意图

3.4 改进货舱行李网安装步骤

- 1) 将原后货舱行李网在地面上水平铺开。
- 2) 将新增后货舱网格加密行李网正面朝上平铺覆盖在原后货舱行李网之上。规定新增的后货舱网格加密行李网以中文标牌面为正,标牌所在位置为网格加密行李网的左上端。
- 3) 依次按压网格加密行李网的弹簧钩,按照图 6 固定点的安装方式将弹簧钩全部钩住相应所在的系留环。
- 4) 最后将原后货舱行李网与新增后货舱网格加密行李网一起安装在飞机货舱上相应的系留环座内,安装完成后通过两层行李网将行李物品进行隔离。

4 改进货舱行李网适航符合性验证

4.1 符合性验证方法

民用飞机及其零部件在型号合格审查过程中,需要采用科学合理的方法获得所需的证据材料来表明民用飞机及其零部件的设计对适航条款的符合性。局方将符合性验证方法分为 10 种:MC0 符合性声明、MC1 说明性文件、MC2 分析/计算、MC3 安全评估、MC4 试验室试验、MC5 地面试验、MC6 飞行试验、MC7 航空器检查、MC8 模拟器试验和 MC9 设备合格性^[9]。

改进货舱行李网的适航符合性验证方法选用 MC1 说明性文件和 MC7 航空器检查两种方法组合

验证,具体条款所涉及的适航符合性验证方法见表 3。MC1 说明性文件为最基础的符合性验证方法,内容比较综合,主要说明设计所用材料、方法和方案等满足适航要求^[10]。MC7 航空器检查主要是在样机或飞机上以机上检查的方式验证有关设计的相应适航条款的符合性。

表 3 改进货舱行李网涉及条款的适航符合性验证方法

条 款	适航符合性验证方法
CCAR25. 787(b)	MC1
CCAR25. 855(d)	MC1
CCAR25. 1301(a)(1)	MC1
CCAR25. 1301(a)(2)	MC1
CCAR25. 1301(a)(4)	MC1、MC7
CCAR25. 1529	MC1

4.2 符合性说明

改进货舱行李网应满足材料阻燃和用户提出的货物隔离功能要求,并满足适航符合性要求。

根据 CCAR25. 787(b) 条款要求,在改进方案中保留已获得适航批准的原后货舱行李网的安装,由原后货舱行李网主要承受行李物品的载荷,可以有效防止装载物的移动,来保证飞机乘员的安全性,因此符合 CCAR25. 787(b) 条款要求。

根据 CCAR25. 855(d) 条款要求,改进货舱行李网的网带材料选用符合飞机设计手册和适航条款要求及 XMS1918 规范的阻燃锦丝带 25-350,网带环及弹簧钩借用“新舟”60 飞机现有零件,材料分别为 25#钢和 50GrVA 钢,标牌材料与“新舟”600F 货机 9g 拦阻网上的标牌一致。因此证明改进货舱行李网所使用的材料符合 CCAR25. 855(d) 条款要求。

根据 CCAR25. 1301(a)(1)(2)(4) 条款要求,改进货舱行李网是横网带和竖网带相互交织,由缝纫线缝合而成,方形网孔呈均匀分布,且网孔尺寸在 50 mm×50 mm~70 mm×70 mm 范围内,可有效起到货物隔离的效果;改进的货舱行李网安装在原后货舱行李网之上,通过弹簧钩安装,安装拆卸方便,无需新增新的固定点;改进货舱行李网网带上缝制有标牌,标牌上可清晰注明产品信息;按照 MC7 符合性验证方法将改进货舱行李网进行装机验证如图 7 和图 8 所示,安装后经适航代表检查,功能正常,满足装机要求,与预定功能相适应。



图 7 新增后货舱网格加密行李网装机图



图 8 新增后货舱网格加密行李网固定点安装图

根据 CCAR25.1529 条款要求,新增后货舱网格加密行李网依据 CCAR-25 部附录 H 要求对“新舟”60 飞机维修手册、图解零件目录等用户资料进行了更改修订,因此符合 CCAR25.1529 条款要求。

5 结论

本文以“新舟”60 飞机改进货舱行李网为例,从设计输入、设计思路、设计方案及适航符合性验证等方面说明适航在飞机设计过程中的重要作用,并强调改进货舱行李网在结构设计、安装方式和材料选取等方面的设计要点和注意事项。在适航条款

指导和约束下设计的新增后货舱网格加密行李网,既能实现产品既定功能满足用户需求,又符合设计规范,设计过程和最终产品也均能满足适航标准。因此,在民用飞机研发过程中进行适航管理可显著提高民用飞机的运行安全、促进民航运输行业快速发展。

参考文献:

- [1] 任亚军. 新舟 60 飞机是开发西部交通的生力军[J]. 航空科学技术, 2000(4): 12-14.
- [2] 胡建栋. 某型飞机拦阻网的设计与符合性验证研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2019.
- [3] 赵晶. C919 货舱拦阻网固定装置设计及适航验证研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2019.
- [4] 朱鲜飞. 民机典型机身段结构适坠性分析与评估[D]. 西安: 西北工业大学, 2019.
- [5] 中国民用航空局. 中国民用航空规章 第 25 部: 运输类飞机适航标准: CCAR-25-R4[S]. 北京: 中国民用航空局, 2011.
- [6] 周海华. 计算机辅助工业设计发展状况与趋势[J]. 造纸装备及材料, 2021, 50(6): 49-50.
- [7] 中国航空工业总公司. 货运飞机专用技术设计指南[M]. 北京: 航空工业出版社, 1997.
- [8] 何龙龙, 王金亮, 王虎林. 某货运型飞机拦阻网动力学分析[C]//中国航空学会. 第八届中国航空学会青年科技论坛论文集. 北京: 中航出版传媒有限责任公司, 2018(11): 678-683.
- [9] 中国民用航空局航空器适航审定司. 航空器型号合格审定程序: AP-21-AA-2022-11[S]. 北京: 中国民用航空局航空器适航审定司, 2022.
- [10] 杨五一. 民用飞机客舱储藏设施的设计和适航验证方法[J]. 民用飞机设计与研究, 2018(2): 64-68.

作者简介

王秦喆 女, 硕士, 助理工程师。主要研究方向: 民用飞机内装饰系统。E-mail: wqinzhe@163.com

张云 男, 本科, 高级工程师。主要研究方向: 民用飞机内装饰系统。E-mail: 2721268661@163.com

黄茵 女, 本科, 高级工程师。主要研究方向: 民用飞机内装饰系统。E-mail: huangh088@avic.com

Study on the design of cargo baggage net of civil aircraft

WANG Qinzhe^{*} ZHANG Yun HUANG Han

(AVIC XAC Commercial Aircraft Co., Ltd., Xi'an 710089, China)

Abstract: At present, there are still a lot of gaps in the design and development of the cargo baggage net of domestic civil aircraft, so the modification design of the cargo baggage net of the MA60 aircraft is taken as an example and the study of the cargo baggage net of civil aircraft is carried out, which is unfolded from the analysis of users' needs, the design of modification program and the verification of airworthiness compliance accordingly. The design ideas and methods of civil aircraft cargo baggage net are introduced. Finally, the modified cargo baggage net and its components are proved to comply with the requirements of the corresponding airworthiness provisions by means of the relevant airworthiness compliance verification methods, which ensures that the design of civil aircraft cargo baggage net meets not only the users' needs, aircraft performance and technical indexes, but also the airworthiness requirements.

Keywords: cargo baggage net; civil aircraft; airworthiness compliance verification

^{*} Corresponding author. E-mail: wqinzhe@163.com