

# 航空温控集装箱的适航要求

孙艳玲<sup>1</sup> 杨洪波<sup>1</sup> 贾克帅<sup>2\*</sup> 赵伟岩<sup>2</sup>

(1. 山东安全监督管理局, 济南 250107;  
2. 山东太古飞机工程有限公司, 济南 250107)

**摘要:** 目前,中国民用航空局(CAAC)针对航空温控集装箱的主要审查依据为CTSO-C90e<sup>[1]</sup>《集装箱、集装网和集装箱(集装器)》。该标准适用于所有的集装板、集装网和集装箱,但是无法完全涵盖对航空温控式集装箱的全部审定要求,尤其是非中国民用航空技术标准规定(China Civil Aviation Technical Standard Order,简称CTSO)功能的适航性验证要求,国内也没有相关的行业性指导文件。如果仅仅通过参考CCAR25部开展相关审定工作,可能会导致申请人缺乏适航验证依据,审查组也缺乏相应的审查参考。基于上述现状,结合国内航空温控集装箱适航审定的经验,在分析国外航空温控集装箱适航规章、技术标准、试验方法的基础上,总结出一套航空温控集装箱适航要求的试验方法。通过详细描述航空温控集装箱适航验证的方法,形成了一套适用于航空温控集装箱适航验证的流程,为申请人申请航空温控集装箱提供适航验证的依据以及为审查组在审查方面提供参考。

**关键词:** 温控集装箱;试验;适航;技术标准规定

中图分类号: V262.3

文献标识码: A

OSID:



## 0 引言

航空货物运输以其卓越的速度、先进的设施和专业的人员保障,极大地提高了全球物流运输的效率。随着人们生活多样性需求的增多,温度敏感货物如药品、生鲜类产品等运输量也在迅速增加。这些有低温运输需求的货运方式通常被称为冷链物流,它是以保持货物处于需求温度状态为核心要求的运输方式,而航空冷链物流是其中的一种运输方式。在航空冷链物流运输中,航空温控集装箱在整个运输环节起到了重要作用。航空温控集装箱一般分为主动式温控集装箱和被动式温控集装箱。作为航空机载设备,航空温控集装箱需要满足航空技术标准要求,并获得民航局适航批准,才能投入使用。

目前,航空集装箱的主要审查规章及标准依据为CTSO-C90e《集装箱、集装网和集装箱(集装

器)》。这一标准涵盖了所有旨在满足技术标准规定项目(China Civil Aviation Technical Standard Order,简称CTSO)要求的集装板、集装网和集装箱。相比普通航空集装箱,航空温控式集装箱因其内置的能量转换装置、复杂的控制电路、强大的密封性以及系统功能的复杂性,对技术标准提出了更高要求。目前,通用的技术标准无法全面覆盖对温控式集装箱的各项要求。特别是对于温控集装箱的非CTSO功能,申请人缺乏相应的适航验证要求,而局方审查组也缺少审查依据和符合性方法指导。

针对上述问题,本文通过对国内外航空温控集装箱相关技术标准和适航要求以及国内外生产厂家对温控集装箱的相关技术要求进行分析研究,梳理相关适航要求,归纳总结国内外关于温控集装箱的试验鉴定方法和适航管理经验,以期对温控集装箱的适航审定提供必要的参考。需要说明的是,本文仅描述温控集装箱作为CTSO设计批准

\* 通信作者. E-mail: jiaks@staeco.com

引用格式: 孙艳玲,杨洪波,贾克帅,等.航空温控集装箱的适航要求[J].民用飞机设计与研究,2024(4):142-147. SUN Y L, YANG H B, JIA K S, et al. Airworthiness requirements of aviation temperature controlled containers[J]. Civil Aircraft Design and Research, 2024(4):142-147(in Chinese).

的相关内容。

## 1 航空温控集装箱简介

根据 SAE AS6163<sup>[3]</sup>《温控集装箱-性能要求和测试方法》,航空温控集装箱可以分为 A 型和 B 型两种:A 型温控集装箱安装接口可以直接与飞机货运装载系统相匹配;B 型温控集装箱需要借助单独的约束装置才能安装在飞机上。本文仅针对 A 型温控集装箱进行阐述(注:A 型温控集装箱的电源系统与飞机电源没有交联)。

温控集装箱主要由保温箱体、机舱组成,一般构造如图 1 所示。保温箱体内部用来放置货物,机舱内布置温控系统。主动式温控系统包括制冷系统、加热系统、电池系统、控制系统等。主动式温控集装箱温控系统设计有加热及制冷功能,以确保箱内及货物温度可控。当设定温度低于箱内实际温度时将在制冷模式下运行;当设定温度高于箱内实际温度时将运行加热模式。



图 1 航空温控集装箱构造

## 2 航空温控集装箱适航要求

不同于普通集装箱,航空温控集装箱的设计包括 CTSO 功能和非 CTSO 功能。其中 CTSO 功能必须满足 CTSO-C90e 中国民用航空技术标准的规定;实现非 CTSO 功能的部件如温度控制系统等也必须满足相应的适航要求。目前可参考的相关技术标准只有美国汽车工程师学会 2015 年发布的 SAE AS6163《温控集装箱-性能要求和测试方法》,但其部分要求已经落后,并且没有包括对最新技术如锂电池等的审定要求。美国联邦航空局 FAA 和欧洲航空安全局 EASA 一直在酝酿对此标准进行升级改版并升级 TSO/ETSO-C90<sup>[2]</sup>。本文就航空温控集装箱 CTSO 功能部件的适航要求、非 CTSO 功能部件

的适航要求和装机适航要求展开论述。

### 2.1 航空温控集装箱 CTSO 功能的适航要求

根据 CTSO-C90e 对集装箱的分类,航空温控集装箱隶属于 Type2 类型,其 CTSO 功能必须满足 SAE AS36100C<sup>[4]</sup>《航空货运装载装置-性能要求和测试方法》的相关要求,测试方法则参考 SAE AS36102B<sup>[5]</sup>《航空货运装载装置-测试方法》,针对材料的环境鉴定要求依据 RTCA DO-160G<sup>[6]</sup>进行试验,对集装箱侧壁板、门、顶板等部件的阻燃要求应依据 CCAR25<sup>[7]</sup>第 25.853(a)条款及附录 F 进行 12 s 垂直燃烧试验和 45°燃烧试验。对于温控集装箱 CTSO 功能相关鉴定试验要求,上述标准中均有详细的试验方法,本文不再赘述。

### 2.2 航空温控集装箱非 CTSO 功能的适航要求

本文依据 SAE AS6163 对航空温控集装箱非 CTSO 功能的要求以及参考 CTSO-C179a<sup>[13]</sup>对锂电池的测试条件和 CCAR25 部相关审定基础,结合温控集装箱的适航审定经验,总结梳理了航空温控集装箱非 CTSO 功能的相关适航要求。

#### 2.2.1 部件级 EWIS 要求

温控集装箱的“主动式温控系统”主要由 4 部分组成,包括电池包系统、监控系统、温控系统(制冷/制热)和电气线路互联系统(EWIS)。电气线路互联系统的设计和审定是一个需要关注的要点,过往的审查中曾发现某型号温控集装箱的线路铺设无整体规划设计,主要问题包括布线间隔小、无保护、弯曲半径小、线束铺敷不规范、标识缺失、高振动位置线束保护不够等。建议申请人在进行 EWIS 设计时参考 CCAR-25-R4 部 H 分部的相应要求。

#### 2.2.2 环境鉴定要求

DO-160 环境鉴定测试包含电磁干扰、高度试验、工作冲击、振动试验等,其中电磁干扰属于非 CTSO 功能要求,其他实验要求和普通集装箱要求一致。为此,本文就电磁干扰测试展开讨论。

温控集装箱应依据 RTCA DO-160 第 21 节“H”类射频能量发射中主动系统的相关操作要求进行电磁干扰试验,产品状态应与装机时一致。试验时,应使温控集装箱处于运行状态,且处于最敏感状态,如图 2 所示。

在进行电磁干扰测试时,对 100~6 000 MHz 范围内的辐射发射进行精确测量。根据图 3 所示的相应类别限值,任何部件、电缆或互联导线在其工作



图 2 温控集装箱电磁干扰试验

频率范围内产生的辐射干扰强度均不得超过规定的数值。

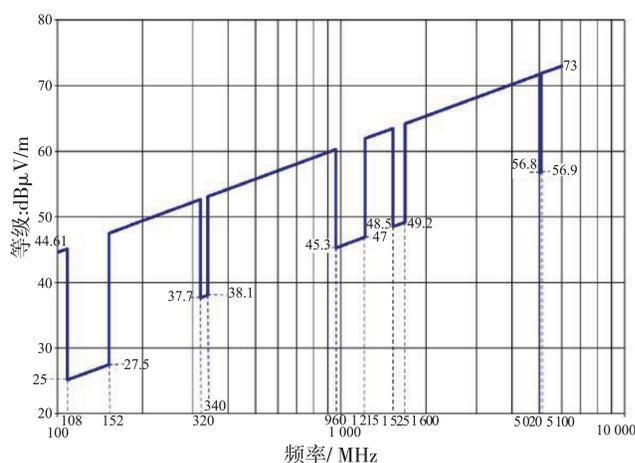


图 3 辐射射频干扰最高等级

### 2.2.3 磁场试验

航空温控集装箱应通过试验表明满足 IATA 危险品规章 DGR<sup>[8]</sup> 3.9.2.2-磁场章节的要求,即在距离温控集装箱表面 2.1 m 处的任何一点进行磁场强度测量,罗盘不能产生 2° 以上的偏转(即最大磁场强度为 0.418 A/m(0.005 25 高斯))。

### 2.2.4 快速释压试验

温控集装箱应满足 ISO 11242<sup>[9]</sup> 3.4 章节中紧急快速减压要求,即在 1 s 内,舱内气压由 81 kPa 降为 15 kPa。且应通过试验或分析的方法表明温控集装箱在紧急快速释压的情况下,不会对飞机安全运行产生影响。可接受的设计方法如下:

- (1) 使用箱门实现快速释压功能;
- (2) 设计专门的应急释压口盖。

如采用单独的应急释压口盖,应考虑其尺寸、有效通风面积是否满足要求,口盖能否在规定时间

内开启,以及是否可能出现其他泄露情况影响应急释压等。如采用箱门释压,箱门应既能满足最大极限载荷,又能满足快速释压的要求。

### 2.2.5 电池测试要求

#### 1) 镍镉、镍氢和铅酸电池

CTSO C173a<sup>[10]</sup> 中定义了镍镉、镍氢和铅酸电池类型相关的测试要求。建议按照 RTCA DO-293<sup>[11]</sup> 的适用要求进行电池设计。

#### 2) 锂电池

对于不可充电锂电池和电池组,应依据 CTSO-C142b<sup>[12]</sup> 进行认证;对于可充电式锂电池,如电池已单独取得 CTSO-C179a 认证,还需要提供 RTCA DO-311<sup>[14]</sup> 和 DO-311A 差异性分析报告以证明可充电锂电池性能也满足 RTCA DO-311A 的要求。

不同机型锂电池的适航审定,需要参考相应机型的特殊条件进行,如波音 787 机型可参考 Special Conditions No. 25-359-SC 的要求。如果申请多个机型的安装,必须按照最严酷的特殊条件要求进行部件审定。

### 2.2.6 阻燃性能

温控集装箱结构中使用的材料阻燃性能应符合 CTSO-C90e 的要求,CTSO-C90e 中未作要求的其他材料,其阻燃性能依据 CCAR-25 附录 F 第 I 部分 (a)(1)(ii) 的要求进行 12 s 垂直燃烧试验,当温控集装箱材料中含有 CCAR-25 附录 F 第 I 部分 (a)(1)(iv) 中所涉及的材料时,建议采用 15 s 水平燃烧试验。

电线或电缆应依据 CCAR-25 附录 F 第 I 部分 (a)(3) 的要求进行 60° 燃烧试验。尺寸小且数量少的零部件/材料可以考虑免除燃烧试验,一般认为它们对于火焰蔓延没有显著影响。免除试验的小部件包括:按钮、把手、转子、夹头、垫圈、摩擦条、滑轮等。

除上述要求以外,还应依据温控集装箱型号设计资料梳理所有非金属材料清单,明确材料标准、牌号,审查阻燃试验大纲时要确保试验件材料信息与型号设计资料一致。零部件阻燃试验分类的判断应充分、合理。

### 2.2.7 材料和流体的传播特性要求

由于温控集装箱增加了温度控制系统,其内包含的材料和流体应满足 49CFR 第 100-185 部分的要求,并在系统安全性分析中进行评估。

### 2.2.8 对飞机烟雾探测性能的影响

温控集装箱初始设计时,必须考虑和飞机交联的影响,对飞机灭火装置和烟雾探测器影响的评估必须在设计初期就予以考虑,以避免后期装机后不能满足 CCAR 25.858 要求导致的重大设计更改。

### 2.2.9 系统安全性分析

必须进行部件级系统安全性分析,以表明温控集装箱的设计对飞机的系统安全性没有影响。

### 2.2.10 软件和电子硬件的可靠性

温控集装箱的设计必须考虑软件和硬件设计的可靠性。软件等级建议不超过 E 级,如高于 E 级,必须依据 RTCA DO-178 中规定的相应等级要求进行软件设计。硬件设备的等级也建议不超过 E 级,如高于 E 级,申请人应根据 RTCA DO-254 和 FAA AC 20-152《机载电子硬件设计保证指南》中定义的机载电子硬件的等级要求进行设计。

## 2.3 航空温控集装箱装机适航要求

航空温控集装箱装机审定依据 CCAR-25-R4 确定相关审定基础,涵盖重量重心、强度、应急着陆、材料、火警探测系统、设备安装、EWIS 等条款的要求,本文仅对温控集装箱装机关键影响的条款进行论述分析。

### 2.3.1 重量、重心和载重分布

航空温控集装箱在依据 CTSO-C90e 进行审定的同时,也满足了 SAE AS36100 的要求,其底板尺寸、箱体外形、最大载重及重心允许偏置范围、底板强度等均已通过试验进行验证,其产品构型也符合 SAE AS36100 和 IATA 对产品构型控制的要求。在飞机重量和平衡手册中,对于依据 CTSO-C90e 进行审定的集装箱均已列明适用构型,申请人可依据主机厂提供的载重平衡手册进行符合性说明。

申请人也可以提供单独的配载方案,并进行相应的载重平衡分析,编制载重平衡分析报告,计算极限装载状态下的装载组合情况,包括前重心极限、后重心极限装载情况,确认这些临界装载是否超出了重量重心限制范围和载重分布限制。

### 2.3.2 系统安全性分析

温控集装箱的温度控制系统需依据 CCAR 25.1309 条款的要求,基于 SAE ARP4761 提供的安全性分析方法,开展系统级别的功能危害性分析(functional hazard assessment,简称 FHA),确定系统相关的所有功能,包括识别系统功能的所有失效状

态,考虑在正常和恶劣环境下可能的单一和多重失效状态;确定与失效状态相关的工作状态或飞行阶段;确定失效状态对机组和乘客的影响;确定每个失效状态的影响等级;针对分析得出的失效状态进行初步系统安全性分析(PSSA),通过 PSSA 分析,判断系统初步架构是否满足 FHA 的安全要求。

### 2.3.3 含高能转子的设备

温控集装箱内涉及的高能转子设备应进行识别和甄选,包括但不限于制冷压缩机、散热风机等。CCAR25.1461(a)规定:含高能转子的设备必须符合本条(b)或(c)或(d)的规定,为表明对 25.1461 条款的符合性,申请人应先明确声明选用 CCAR 25.1461(b)、(c)、(d)中的哪一种来表明符合性。

### 2.3.4 货舱、行李舱烟雾或火警探测系统的影响

虽然温控集装箱与飞机烟雾探测系统和灭火系统没有直接关联,但温控集装箱固有的进风和排风系统有可能改变飞机货舱内的气流速度和特性,进而影响飞机烟雾探测系统和灭火系统。申请人可通过航空器地面试验或搭建模拟舱来验证温控集装箱对烟雾探测系统和灭火系统的影响。如果通过搭建模拟舱进行试验,应确保模拟舱内的气流、飞机环境以及烟雾探测系统的安装位置与拟定安装飞机一致,建议申请人通过航空器地面试验进行验证。也可以采用软件模拟或计算分析的方法来进行符合性证明,但前提条件是申请人已经获得过温控集装箱的安装批准,做过类似的地面实验,并和软件分析的结果基本一致。

### 2.3.5 温控集装箱电源

温控集装箱内电池的操作使用和相关放电应符合 CCAR25.1353(b)的要求,且不允许有腐蚀性液体或气体从电池中逸出。相关审定要求可参考温控集装箱审定方法及指南中关于电池的要求。

### 2.3.6 地面充电系统在飞行期间的安全评估

在飞行期间,应表明地面充电系统不会由于系统干扰或物理振动或冲击而意外启动。

### 2.3.7 EWIS

如温控集装箱和飞机有电源交联,必须在飞机级基础上进行详细的 EWIS 符合性分析,对于 EWIS 相关条款可采用设计说明、实验室试验和机上检查的方式表明符合性。如果温控集装箱使用自带电源系统,并且在 CTSO 审定时已经考虑了 EWIS 的符合性分析,则可不考虑本节相关要求。具体的

EWIS 条款包括 25. 1701、25. 1703、25. 1705、25. 1707、25. 1709、25. 1711、25. 1713、25. 1715、25. 1717、25. 1719、25. 1721、25. 1729 等。

### 2.3.8 持续适航指引

申请人必须提供温控集装箱的持续适航指引,包括安装使用手册等,以便运营人正确地使用、安装和维护温控集装箱。

## 3 结论

针对航空温控集装箱非 CTSO 功能的审定,本文通过对部件 EWIS 影响、环境鉴定试验、磁场、快速释压、电池等方面进行详细阐述适航要求;针对航空温控集装箱装机的适航要求,把握温控集装箱对装机影响较为关键的重量、重心和载重平衡分析、货舱烟雾或火警探测系统的影响等因素,归纳总结了装机审定过程中的特殊条款要求,为申请人 CTSO 取证进行适航验证和证后装机试验提供一定指导,同时也为局方审查人员对航空温控集装箱的适航审查提供参考。

### 参考文献:

- [ 1 ] 中国民用航空局. 集装板、集装网和集装箱(集装器): CTSO-C90e[S]. 北京:中国民用航空局,2023.
- [ 2 ] Federal Aviation Administration. Unit load devices;TSO-C90e[S]. Washington, D. C. : Federal Aviation Administration,2021.
- [ 3 ] Society of Automotive Engineers. Temperature controlled container;performance requirements and test parameters; SAE AS6163 [S]. U. S. :Society of Automotive Engineers,2015.
- [ 4 ] Society of Automotive Engineers. Air cargo unit load devices; performance requirements and test parameters; SAE AS36100C [S]. U. S. :Society of Automotive Engineers, 2020.
- [ 5 ] Society of Automotive Engineers. Air cargo unit load devices;testing methods;SAE AS36102B [S]. U. S. :Society of Automotive Engineers,2017.
- [ 6 ] Radio Technical Commission for Aeronautics. Environmental conditions and test procedures for airborne equipment;RTCA DO-160G [S]. Washington, D. C. : Radio Technical Commission for Aeronautics,2010.
- [ 7 ] 中国民用航空局. 运输类飞机适航标准;CCAR-25-R4 [S]. 北京:中国民用航空局,2011.
- [ 8 ] International Civil Aviation Organization. Dangerous goods regulations: DGR-61 [S]. Montreal, Canada: International Civil Aviation Organization,2020.
- [ 9 ] International Organization for Standardization. Aircraft-pressure equalization requirements for cargo containers; ISO 11242 [S]. Geneva: International Organization for Standardization,1996.
- [ 10 ] 中国民用航空局. 镉镍、镍氢、铅酸蓄电池组:CTSO-C173a[S]. 北京:中国民用航空局,2014.
- [ 11 ] Radio Technical Commission for Aeronautics. Minimum operational performance standards for nickel-cadmium, nickel metal-hydride, and lead-acid batteries; RTCA DO-293 [S]. Washington, D. C. :Radio Technical Commission for Aeronautics,2009.
- [ 12 ] 中国民用航空局. 不可充电锂电池和电池组:CTSO-C142b[S]. 北京:中国民用航空局,2022.
- [ 13 ] 中国民用航空局. 永久安装的可充电锂电池、电池组和电池系统:CTSO-C179a[S]. 北京:中国民用航空局,2015.
- [ 14 ] Radio Technical Commission for Aeronautics. Minimum operational performance standards for rechargeable lithium battery systems; RTCA DO-311 [S]. Washington, D. C. : Radio Technical Commission for Aeronautics, 2017.

### 作者简介

孙艳玲 女,硕士,监察员。主要研究方向:航空器及零部件适航审定。E-mail:sunyanling\_hd@caac.gov.cn

杨洪波 男,本科,监察员。主要研究方向:航空器及零部件适航审定。E-mail:yanghongbo\_hd@caac.gov.cn

贾克帅 男,本科,高级工程师。主要研究方向:航空零部件的设计、制造及适航取证。E-mail:jiaks@staeco.com

赵伟岩 男,硕士,高级工程师。主要研究方向:民用航空器的改装及适航取证。E-mail:zhaowy@staeco.com

## Airworthiness requirements of aviation temperature controlled containers

SUN Yanling<sup>1</sup> YANG Hongbo<sup>1</sup> JIA Keshuai<sup>2\*</sup> ZHAO Weiyan<sup>2</sup>

(1. Shandong Safety Supervision and Administration Bureau, Jinan 250107, China;  
2. Taikoo (Shandong) Aircraft Engineering Company Limited, Jinan 250107, China)

**Abstract:** At present, the main airworthiness regulations for aviation temperature controlled containers by the Civil Aviation Administration of China (CAAC) are based on CTSO-C90e (ULD Pallets, ULD Nets and ULD Containers (Unit Load Devices)). This standard applies to all pallets, net and containers, but cannot fully cover all certification requirements for aviation temperature controlled containers, especially the airworthiness requirements for Non-CTSO functions. There are also no relevant industry guidance in China. At present, domestic applicants only conduct relevant approval work by referring to CCAR25, which leads to the applicant lacking corresponding airworthiness verification basis and the bureau lacking corresponding audit references. Based on the above situation and combined with the experience of domestic aviation temperature controlled container airworthiness certification, this article summarizes a set of airworthiness certification test methods for aviation temperature controlled containers on the basis of analyzing foreign aviation temperature controlled container airworthiness regulations, technical standards, and test methods. By describing in detail the airworthiness requirement methods for aviation temperature controlled containers, this article forms a set of processes suitable for airworthiness verification of aviation temperature controlled containers, providing a basis for airworthiness verification for the applicant's application for temperature controlled containers and provide reference for the bureau in the audit process.

**Keywords:** temperature controlled containers; test; airworthiness; technical standard order

---

\* Corresponding author. E-mail: jiaks@staeco.com