

■ 运输类飞机适航要求解读：

第5卷

设 备

TRANSPORT CATEGORY AIRPLANE
AIRWORTHINESS STANDARD
INTERPRETATION

阎 芳 编著



航空工业出版社

运输类飞机适航要求解读：

第5卷 设备

阎芳 编著



航空工业出版社

北京

内 容 提 要

本书是《运输类飞机适航要求解读》的第5卷，对应CCAR25 R4的F分部，涉及仪表、电气系统和设备、灯、安全设备、其它设备等59个条款。针对每一个条款，分别给出了条款修订历史和背景、条款技术含义、符合性验证方法说明等。

本书适用于国内从事适航工作的技术人员和管理人员，也可供相关专业的学生和有兴趣的读者参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

运输类飞机适航要求解读. 第5卷, 设备/阎芳编著
--北京:航空工业出版社, 2013.9
ISBN 978-7-5165-0116-0

I. ①运… II. ①阎… III. ①民用飞机—适航性—技术要求—解释—中国 IV. ①V271

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第290280号

运输类飞机适航要求解读：第5卷 设备
Yunshulei Feiji Shihang Yaoqiu Jiedu: Di 5 juan Shebei

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里14号 100029)

发行部电话：010-64815615 010-64978486

北京地质印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2013年9月第1版

2013年9月第1次印刷

开本：710×1000 1/16

印张：26.75 字数：632千字

印数：1—3000

定价：65.00元

前 言

适航规章给出了民用航空产品必须满足的最低安全标准，是适航当局依法进行适航审定的依据。随着航空技术的不断发展，以及民机设计制造与使用维护经验的总结，适航规章不断修订完善。中国民用航空规章 CCAR25 部《运输类飞机适航标准》已经于 2011 年 11 月完成第四次修订并正式颁布。

我国适航当局和制造商在运输类飞机方面的适航工作经验不足。ARJ21 - 700 是我国第一架完全按照国际适航规章自主设计研制的喷气客机，在适航取证过程中遇到很多前所未有的技术难题。准确理解和正确把握适航要求，是确保型号合格审定工作顺利开展的重要前提。我国以前曾组织过运输类飞机适航要求的解读研究。考虑到适航规章的持续修订和航空技术的发展，有必要对运输类飞机适航标准进行系统的技术分析，跟踪适航条款的修订历史，解读适航要求的安全意图和技术含义，正确理解和把握符合性验证方法，为提高我国运输类飞机适航审定能力提供技术支持。

为此，在工信部民机科研专项的支持下，中国民航大学以 CCAR25 R4 为基础，组织开展了运输类飞机适航要求解读研究。在梳理总结项目研究成果的基础上，编写完成《运输类飞机适航要求解读》丛书。本书是该系列丛书的第 5 卷，对应 CCAR25 R4 的 F 分部——设备，包括仪表、电气系统和设备、灯、安全设备、其它设备等方面共计 59 个条款。

在章节编排方面，考虑使用方便，以 CCAR25 R4 条款为序，每一个条款单独为一章。每一章包括 5 节，其中第 1 节“条款内容”给出条款原文；第 2 节“条款修订历史和背景”给出对应的美国联邦航空条例 FAR25 部条款修订历史。如果涉及到 FAR25 部第 100 号之后的修正案，还给出了该修订的安全、经济和技术方面的影响分析。对于包含多个条款的修正案，仅在该修订涉及的第一个条款或者主要条款中给出完整的修订历史和背景分析；第 3 节“条款技术含义”给出该条款涉及的专业、条款技术解析以及欧美适航标准差异分析；第 4 节“符合性验证方法说明”给出建议的符合性方法和必要的技术分析；第 5 节“参考资料”给出理解条款要求所需要的咨询通告、最终法规（Final Rule）、立法建议（NPRM）和其他技术资料。书中的专业术语、符号和量纲尽量与 CCAR 25 部保持一致，其中英制单位在首次出现时给出与国际单位制的换算关系。

需要说明，本书不是法规性文件，是在系统研究 FAR25 历次修订的 NPRM 和 Final Rule，以及相关的 FAA 咨询通告和美国国家运输安全委员会（NTSB）事故调查报告的基础上，结合我国适航当局国内外型号审定经验编写而成。书中所提供的观点和方法，在型号合格审定中要根据型号设计特点具体分析应用。

本书主要由阎芳、齐亮、谢文光和田毅编写完成。其中阎芳负责条款 25.1301 ~ 25.1309，以及 25.1431 ~ 25.1455；齐亮负责条款 25.1310 ~ 25.1337，谢文光负责条款 25.1381 ~ 25.1423；田毅负责条款 25.1351 ~ 25.1365，以及 25.1457 ~ 25.1461。全书由阎芳负责统稿。

在本书编写过程中，任励勇、郭巧荣、王玉鑫等人参加了部分资料的翻译和图文整理，在此对他们的付出表示感谢。

本书得到了工信部装备司与民航局适航司的大力支持。在编写过程中，得到了审定系统和工业界很多适航专家的指导、帮助和鼓励。上海航空器适航审定中心参与了相关技术研究工作，并为本书提供了技术支持。白康明、陈巴生、成伟、王敏、杨子洲、赵春玲等多位专家分别详细审阅了本书内容，并提出了非常宝贵的意见。在此谨向他们表示衷心的感谢。

本书的出版得到了航空工业出版社的大力支持，陈东晓编辑为本书的出版付出了辛勤的劳动，在此表示诚挚的谢意。

以前我国曾组织过几次运输类适航条款解读研究，对我国民用航空工业的发展起到了很大的推动作用。本书吸收了一些先前研究成果中的适用部分，补充了国内目前在型号中新积累的技术经验，梳理了 FAR25 部 1958 年颁布以来历次修订信息，具有一定的系统性和完整性。希望能够帮助读者正确理解运输类飞机适航标准真实意图，正确把握适航条款的安全目标，做到从知其然到知其所以然，为在民机适航审定领域和设计制造领域更好地开展适航工作提供有益的支持。

本书从启动到成稿，历时近 4 年。由于涉及资料庞杂，加之编者水平有限，经验不足，书中难免存在不尽人意之处。对于其中的不足或疏漏，衷心希望读者批评指正。

编者

2012 年 12 月

目 录

25. 1301	功能和安装	(1)
25. 1303	飞行和导航仪表	(7)
25. 1305	动力装置仪表	(17)
25. 1307	其它设备	(36)
25. 1309	设备、系统及安装	(44)
25. 1310	电源容量和分配	(67)
25. 1316	系统闪电防护	(71)
25. 1317	高强辐射场 (HIRF) 防护	(78)
25. 1321	布局 and 可见度	(95)
25. 1322	警告灯、戒备灯和提示灯	(102)
25. 1323	空速指示系统	(107)
25. 1325	静压系统	(119)
25. 1326	空速管加温指示系统	(130)
25. 1327	磁航向指示器	(134)
25. 1329	飞行导引系统	(137)
25. 1331	使用能源的仪表	(152)
25. 1333	仪表系统	(158)
25. 1337	动力装置仪表	(166)
25. 1351	电气系统和设备总则	(172)
25. 1353	电气设备及安装	(182)
25. 1355	配电系统	(194)
25. 1357	电路保护装置	(198)
25. 1360	预防伤害	(206)
25. 1362	应急状态供电	(210)
25. 1363	电气系统试验	(214)
25. 1365	电气设备、马达和变压器	(217)
25. 1381	仪表灯	(222)
25. 1383	着陆灯	(227)
25. 1385	航行灯系统的安装	(231)
25. 1387	航行灯系统二面角	(235)
25. 1389	航行灯灯光分布和光强	(239)

25.1391	前、后航行灯水平平面内的最小光强	(242)
25.1393	前、后航行灯任一垂直平面内的最小光强	(245)
25.1395	前、后航行灯的最大掺入光强	(248)
25.1397	航行灯颜色规格	(251)
25.1399	停泊灯	(255)
25.1401	防撞灯系统	(257)
25.1403	机翼探冰灯	(268)
25.1411	安全设备总则	(271)
25.1415	水上迫降设备	(282)
25.1419	防冰	(290)
25.1421	扩音器	(300)
25.1423	机内广播系统	(303)
25.1431	电子设备	(311)
25.1433	真空系统	(316)
25.1435	液压系统	(319)
25.1438	增压系统和气动系统	(342)
25.1439	防护性呼吸设备	(345)
25.1441	氧气设备和供氧	(352)
25.1443	最小补氧流量	(356)
25.1445	氧气分配系统设置的规定	(359)
25.1447	分氧装置设置的规定	(361)
25.1449	判断供氧的措施	(370)
25.1450	化学氧气发生器	(372)
25.1453	防止氧气设备破裂的规定	(375)
25.1455	易冻液体的排放	(380)
25.1457	驾驶舱语音记录器	(383)
25.1459	飞行记录器	(399)
25.1461	含高能转子的设备	(414)
附录	CCAR25 部与修正案对应关系	(418)

25.1301 功能和安装

1 条款内容

CCAR25.1301 功能和安装^①

(a) 所安装的每项设备必须符合下列要求:

- (1) 其种类和设计 with 预定功能相适应;
- (2) 用标牌标明其名称、功能或使用限制, 或这些要素的适用的组合;
- (3) 按对该设备规定的限制进行安装;
- (4) 在安装后功能正常。

(b) 电气线路互联系统 (EWIS) 必须符合本部 H 分部的要求。

[中国民用航空局 2011 年 11 月 7 日第四次修订]

2 条款修订历史和背景

2.1 修订历史

序号	修正案	Final Rule ^② 名称	生效日期	NPRM ^③	CCAR25 版本
1	25-0	Recodification and new Part 25	1965.02.01	64-28	初版
2	25-123	Enhanced Airworthiness Program for Airplane Systems/Fuel Tank Safety (EAPAS ^④ /FTS ^⑤)	2007.12.10	05-08	R4

2.2 修正案 25-0

2.2.1 概述

该修正案把美国民用航空条例 (CAR) PART 4b 整体改版为 FAR PART 25, 其中的 4b.600 和 4b.601 整合后产生了 FAR 25.1301, 对飞机上安装的系统和设备的功能和安装提出了总体要求。

2.2.2 修订背景

1953 年美国民用航空局 (CAA) 颁布了 CAR4b, 用于运输类飞机适航审定。先进

- ① 本书引用规章原文内容 (含目录) 均按原文排版。
- ② Final Rule——最终法规。
- ③ NPRM——立法建议。
- ④ EAPAS——飞机系统增强适航项目。
- ⑤ FTS——燃油箱安全。

航空科学技术的发展及其在飞机设计中的应用，促进了CAR4b的多次修订。此外，随着涡轮发动机在运输类飞机中的应用，美国适航当局于1957年发布了特殊条例（SR）422，并于1959年发布SR422B，对CAR4b中的性能要求进行了全面修订。1965年FAA基于CAR4b-16和SR422B，制定了FAR25部，作为运输类飞机适航审定标准。

2.2.3 修订结果

Each item of installed equipment must—

- (a) Be of a kind and design appropriate to its intended function;
- (b) Be labeled as to its identification, function, or operating limitations, or any applicable combination of these factors;
- (c) Be installed according to limitations specified for that equipment; and
- (d) Function properly when installed.

2.3 修正案 25-123

2.3.1 概述

该修正案增加了25.1301(b)款，进一步强调和明确了线路系统的设计和安装必须符合H分部25.1703条的要求。

2.3.2 修订背景

1996年，美国环球航空公司800航班（TWA 800）的一架波音747客机在空中爆炸，机上230人全部遇难。经调查，最可能的原因是飞机电气线路故障产生的电火花进入飞机的燃油箱而导致空中爆炸。1998年，瑞士航空公司的一架MD-11飞机失火后坠入大西洋，机上229人全部遇难，尽管最后未能完全确定导致此次航空事故的确切原因，但事后的调查发现：在最有可能最早起火的客舱位置处找到的一段客舱娱乐系统的电缆上，发现有凝固铜。这表明，该处电缆曾产生过电弧，导致铜质导体融化后又凝固。因此认为，该导线故障产生的电弧，很有可能就是这起飞机失火坠毁事故的原因。

这两起事故促使美国国家运输安全委员会（NTSB）和美国联邦航空局（FAA）开始关注电气线路方面的相关问题，并由老龄飞机系统规章制定咨询委员会（ATSRAC）负责开展老龄飞机电气线路互联系统的规章制定研究工作。根据事故调查结果及一系列关于飞机导线评估的结论，FAA决定对运输类飞机审定规章和运行规章进行修订。2005年10月6日，FAA发布了“飞机系统/燃油箱安全适航性增强项目”的立法建议（NPRM 05-08），建议在FAR25部中增加H分部，对电气线路系统的设计、安装和维修提出适航要求。在意见征集过程中，2005年10月至2006年3月短短的半年时间内，由于线路连接器受潮引起的电线短路又造成了6起支线飞机的火灾事件。通过几年的数据收集和研究，以及与工业界的合作，2007年11月8日，FAA发布了“飞机系统/燃油箱安全适航性增强项目”的Final Rule，在FAR25部中增加H分部，统一组织和明确原来分散在其他各分部中的有关电气线路系统设计、安装和维修方面的适航要求，对其他分部与电气线路有关的条款以及需要与欧洲适航标准协调的条款也进行了修订，最大限度地提高所有运输类飞机电气线路系统的安全性。

本次修订将 25.1301 条原来条款编号由 (a) 至 (d) 款修改为 (a) (1) ~ (4) 款, 并增加新的 (b) 款, 进一步强调和明确了本条所规定的线路系统的设计和安装必须符合 H 分部 25.1703 条的要求, 在 25.1703 条中对线路系统的功能和安装提出了一些新的要求。本次修订的目的是为了配合新增的 H 分部电气线路互联系统 (EWIS) 的相关要求。

2.3.3 修订结果

见本章 (25.1301) 第 1 节“条款内容”。

2.3.4 修订影响

(1) 经济性影响

FAA 估计该修正案的总成本为 4.16 亿美元, 总收益为 8.01 亿美元。

成本	价值 (亿美元)
25 部 H 分部——合格审定	0.681
25 部 H 分部——发动机	0.316
26 部持续适航文件 (ICA)	0.229
121 部持续适航文件 (ICA) 运营成本	2.922
批准成本	0.017
总成本 (约)	4.16
收益	价值 (亿美元)
总运营收益	5.063
总安全收益	2.946
总收益 (约)	8.01

(2) 安全性影响

该修正案针对飞机线路的设计、检查和维护提出新的标准, 能够降低电气线路相关事故和事件发生的概率, 从而提高航空安全性。

3 条款技术含义

3.1 专业技术要求

条款	专业
25.1301 (a)	除性能, 结构外的所有专业
25.1301 (b)	EWIS

3.2 条款解释

(1) 25.1301 (a)

(a) 25.1301 (a) (1) “种类和设计 with 预定的功能相适应”是指设备安装在飞机

上后的种类和设计能够满足飞机的功能需求。这种安装符合性的证明必须由一系列由飞机层级的需求分配给设备和部件的性能、环境、安全性、可靠性、维修性等需求的符合性作支持得到。

(b) 25.1301(a)(2) 要求装于机上的各设备和组件上应有标牌，标牌上应标有下述内容，或这些内容适用的组合：

- 正确反映其功能的设备名称；
- 与设计图样一致的设备型号（部件号）；
- 适用的环境条件类别（使用限制）；
- 制造商；
- 设备合格审定依据（如 TSO^①号）；
- 设备序号。

设备安装后，其标牌应清晰可见，以便于日常维护工作。在配有相应的机上构型管理系统的情况下，可以接受以不易丢失的电子介质来保存此类标签。

例如，为区别各个导管的功能而作标记时，所作标记应当使维护人员发生混淆的可能性减至最小，仅仅采用颜色标记是不可接受的。如果能采用字母和/或数字符号标记并配有相应的参照标准图样，且能避免符号与功能之间的任何联系，那么这种标记方法就可以接受。1987年颁布的 ISO.12 标准 2ED 版中的方法可以作为一种可接受的标记方法。

(c) 25.1301(a)(3) 要求设计批准时根据设计的某些技术因素提出安装限制要求。如安装位置的要求、温度和环境的要求等。这类要求通常来源于两个方面。

- 设备设计过程中预期的运行环境，以及根据这类预期的运行环境所进行的环境试验。
- 设备设计过程中设定的供电、信号等与其他设备和接口的匹配情况。

(d) 25.1301(a)(4) 要求系统在机上安装后功能正常，这不仅与系统本身有关，与系统的安装设计、安装施工等密切相关，此外还与机上和该系统交联的系统和设备有关，因此必须综合考虑，确保和验证系统机上安装后的功能正常。

(2) 25.1301 (b)

本款强调和明确了本条规定的线路系统的设计和安装必须符合 H 分部的要求。同时在 25.1703 条中对线路系统的功能和安装提出了一些新的要求，详见 25.1703 条。

3.3 欧美适航要求差异

无。

4 符合性验证方法说明

本条款是 F 分部的通用性条款，原则上只适用于本分部所属各系统。但对于其他分部所属系统，凡没有其他可适用条款对其提出类似要求，本条款也适用。本条款不适用于 B、C 分部的性能、飞行特性、结构载荷和强度等要求，但却适用于此两分部

^① TSO——技术标准规定。

内要求符合 25.1301 为基础的任何系统,例如,应当适用于符合 25.207 要求的失速告警装置。

通常采用的符合性验证方法如下。

(1) 设备合格鉴定

应提供适用的设备合格鉴定文件,表明机上所装的每个系统、设备符合本条 (a)(1)、(a)(2)、(a)(3) 款。

(a) 合格审定的方式

文件必须能够表明这些系统、设备是经过合格鉴定的,合格审定的方式和程序可为下列四种方式之一,具体方式可以视情而定。

- 技术标准规定项目批准书 (TSOA) 的审定方式和程序。
- 随航空器型号合格证 (TC) 或补充型号合格证 (STC) 审定的方式和程序。
- 按零部件制造人批准书 (PMA) 批准的方式和程序。
- 其他的方式和程序。

(b) 证明文件的内容

证明文件应能表明这些系统、设备的种类、性能和适用范围已经满足所装备飞机的需求。设备种类应能满足飞机的功能需求;系统、设备应能满足飞机对其性能的需求;系统、设备的适用范围应能满足飞机整个适用范围。

(2) 地面试验

地面试验是系统装机后,功能正常性验证试验的第一步,用于表明系统符合 25.1301 (a)(4) 款的要求。试验应按照局方批准的试验大纲和程序进行,试验结果应能表明系统功能正常。

(3) 飞行试验

飞行试验是表明系统功能正常的最后步骤,也是用于表明系统符合 25.1301 (a)(4) 款的要求。试验应按照局方批准的飞行试验大纲和程序进行,各系统通常可以参考 FAA 咨询通告 (AC) 25-7A 并结合飞机的自身特性制定飞行试验大纲和程序。

(4) 机上检查

用于检查标牌等是否符合要求。

此外由于本条款涉及所有装机的系统和设备,覆盖面广,需要根据各系统的实际适用情况,有针对性地采用设计符合性说明、分析/计算、安全性评估、实验室试验、地面试验、飞行试验、机上检查、合格鉴定等符合性方法或其组合来表明符合性。

5 参考资料^①

- [1] Notice No. 64 - 28, Airworthiness Standards: Transport Category Airplanes, Docket No. 5066, Federal Register: June 2, 1964, Page 7170.
- [2] Final Rule, Recodification and new Part 25, Docket No. 5066; Amendment No. 25 - 0, Federal Register: December 24, 1964, Page 18289.

^① 本书参考资料的英文部分按原文排版。

- [3] Notice No. 05 - 08, Enhanced Airworthiness Program for Airplane Systems/Fuel Tank Safety (EAPAS/FTS), Docket No. FAA - 2004 - 18379, Federal Register; October 6, 2005, Page 58508.
- [4] Final Rule, Enhanced Airworthiness Program for Airplane Systems/Fuel Tank Safety (EAPAS/FTS), Docket No. FAA - 2004 - 18379; Amendment Nos. 1 - 60, 21 - 90, 25 - 123, 26 - 0, 91 - 297, 121 - 336, 125 - 53, 129 - 43, Federal Register; November 8, 2007 (Volume 72, Number 216), Page 63363 - 63414.
- [5] FAA AC 21 - 16F, RTCA Document DO - 160 Versions D, E, and F, Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment, 2009.
- [6] FAA AC 21 - 16E, RTCA, Inc. Document RTCA/DO - 160E, Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment, 2005.
- [7] FAA AC 25 - 5, Installation Approval on Transport Category Airplanes of Cargo Unit Load Devices Approved as Meeting the Criteria in NAS 3610, 1970.
- [8] FAA AC 25 - 7A, Flight Test Guide for Certification of Transport Category Airplanes, 1998.
- [9] FAA AC 25 - 22, Certification of Transport Airplane Mechanical Systems, 2000.
- [10] EASA AMC 25.1301 (a) (2) Function and Installation, Amdt. No. : 25/5.
- [11] CAAC AC - 25.1301 - 1, 获得 CTSOA 的航空集装单元在运输类飞机上的安装批准, 1993.
- [12] RTCA/DO - 160D、E、F, 机载设备的环境条件和测试程序, D 版、E 版、F 版, D 版 (1997. 7. 29)、E 版 (2004. 12. 9)、F 版 (2007. 12. 6).

25.1303 飞行和导航仪表

1 条款内容

CCAR25.1303 飞行和导航仪表

(a) 下列飞行和导航仪表的安装必须使每一驾驶员从其工作位置都能看到该仪表:

- (1) 大气静温表, 或可将其指示换算为大气静温的大气温度表;
- (2) 带秒针的或数字式的显示时、分、秒的时钟;
- (3) 航向指示器 (无陀螺稳定的磁罗盘)。

(b) 每一驾驶员工作位置处必须安装下列飞行和导航仪表:

(1) 空速表。如果空速限制随高度变化, 则该表必须指示随高度变化的最大允许空速 V_{MO} ;

- (2) 高度表 (灵敏型);
- (3) 升降速度表 (垂直速度);

(4) 带有侧滑指示器 (转弯倾斜仪) 的陀螺转弯仪, 但按有关营运条例装有 360 度俯仰和滚转姿态中均可工作的第三套姿态仪表系统的大型飞机, 只需有侧滑指示器;

- (5) 倾斜俯仰指示器 (陀螺稳定的);
- (6) 航向指示器 (陀螺稳定的磁罗盘或非磁罗盘)。

(c) 飞机应根据下列规定的情况安装相应的飞行和导航仪表:

(1) 涡轮发动机飞机和 $V_{MO}/M_{MO}^{\text{①}}$ 大于 $0.8V_{DF}/M_{DF}$ 或 $0.8V_D/M_D$ 的飞机, 需有速度警告^②装置。当速度超过 $V_{MO} + 6$ 节或 $M_{MO} + 0.01$ 时, 速度警告装置必须向驾驶员发出有效的音响警告 (要与其他用途的音响警告有明显区别)。该警告装置的制造允差的上限不得超过规定的警告速度;

(2) 有压缩性限制而本条 (b) (1) 要求的空速指示系统未向驾驶员指示 M_{MO} 的飞机, 在每一驾驶员工作位置处需有马赫数表。

① 马赫数 M 应改为 Ma 。

② “警告” 应改为 “告警”。

2 条款修订历史和背景

2.1 修订历史

序号	修正案	Final Rule 名称	生效日期	NPRM	CCAR25 版本
1	25-0	Recodification and new Part 25	1965.02.01	64-28	初版
2	25-22	Additional Attitude Instrument in Large Turbojet Aircraft	1970.02.05	69-26	初版
3	25-23	Transport Category Airplane Type Certification Standards	1970.05.08	68-18	初版
4	25-24	Requirements For Attitude Instrument Replacement of Rate-of-Turn Indicator	1970.05.09	无	初版
5	25-38	Airworthiness Review Program, Amendment No. 3: Miscellaneous Amendments	1977.02.01	75-10	初版
6	25-90	Operating Requirements: Domestic, Flag, Supplemental, Commuter, and On-Demand Operations; Editorial and Other Changes	1997.03.12	97-1	未采纳

2.2 修正案 25-0

2.2.1 概述

本修正案参考 CAR4b, 部分条款还参考了 SR422B, 制定了运输类飞机适航标准 FAR25 部, 共 348 个条款 (含 3 个附录)。

其中, CAR4b. 603 转换为 FAR25. 1303, 对机上安装的飞行和导航仪表提出了总体的要求。

2.2.2 修订背景

1953 年 CAA 颁布了 CAR4b, 用于运输类飞机适航审定。先进航空科学技术的发展及其在飞机设计中的应用, 促进了 CAR4b 的多次修订。此外, 随着涡轮发动机在运输类飞机中的应用, 美国适航当局于 1957 年发布了 SR422, 并于 1959 年发布 SR422B, 对 CAR4b 中的性能要求进行全面修订。1965 年 FAA 基于 CAR4b-16 和 SR422B, 制定了 FAR25 部, 作为运输类飞机适航审定标准。

2.2.3 修订结果

25.1303 Flight and navigation instruments

(a) The following are required flight and navigation instruments:

- (1) An airspeed indicating system. If airspeed limitations vary with altitude, the indicator must have a maximum allowable airspeed indication showing the variation of V_{MO}/M_{MO} with (i) altitude and (ii) compressibility limitations.
- (2) An altimeter (sensitive or precision).
- (3) A rate-of-climb indicator (vertical speed).

- (4) A free air temperature indicator.
 - (5) A clock (sweep - second pointer).
 - (6) A rate - of - turn indicator (gyroscopic, with integral bank or slip indicator).
 - (7) A bank and pitch indicator (gyroscopically stabilized).
 - (8) A direction indicator (gyroscopically stabilized, magnetic or nonmagnetic).
 - (9) A direction indicator (nonstabilized magnetic compass).
 - (10) A machmeter (for airplanes with compressibility limitations not otherwise indicated under Sec. 25. 1545 to the pilot).
 - (11) A speed warning device (for each turbine engine powered airplane and each other airplane with V_{MO}/M_{MO} greater than $0.8V_{DF}/M_{DF}$ or $0.8V_D/M_D$).
- (b) The speed warning device required by subparagraph (a) (11) of this section must give effective aural warning (differing distinctively from aural warnings used for other purposes) to the pilots, whenever the speed exceeds V_{MO} plus six knots or $M_{MO} + 0.01$. The upper limit of the production tolerance for the warning device may not exceed the prescribed warning speed.

2.3 修正案 25 - 22

2.3.1 概述

该修正案修改了 25. 1303 (a)(6), 要求在所有按 FAR121 部运行的大型涡喷飞机上增加第三套 (附加) 姿态指示仪表, 且电源应独立于正常供电系统; 并允许 FAR91 部和 121 部下运行的 25 部大飞机在具备第三套姿态仪表系统时可以不安装陀螺转弯仪。其中电源系统独立性要求在 FAR121. 305 中体现。

2.3.2 修订背景

1962 年 3 月, 美国一架定期航班飞机在 29000ft^① 巡航时, 完全丧失电源 (除了电池应急灯光)。机组尝试恢复电源, 但没有成功, 53min 后, 飞机安全降落在一个军用机场。1967 年 3 月, 一架定期航班飞机执行横贯大陆间的飞行, 在航路上四个发电机全部出现故障。最后飞机以目视飞行规则 (VFR) 进近并安全降落在目的地机场。1969 年, 一架运输机发生一次事故, 事故调查结果表明飞机发生总电源故障。此外, 自 1968 年 12 月以来, 有 4 起关于大型涡喷飞机的姿态仪表故障的事故报告, 每起事故都在飞行中进行了校正操作。其中一起事故是由于仪表功能异常直接导致超过飞机设计载荷系数^②, 发生飞机结构损坏。

据统计, 垂直陀螺仪系统的单故障发生率在定期航班飞行中为每 1000 飞行小时 0.96 ~ 2.27 (平均故障间隔时间为 449 ~ 1040h), 而双重故障发生概率为 5×10^5 h 一次 ~ 1×10^6 h 一次。当时预计 1969 年机队的总飞行时间为 5×10^6 h; 因此, 预计 1969

① 1ft = 0.3048m。

② “载荷系数”应改为“载荷因数”(无量级)。

年双重故障会发生 5~10 次，并且每年大约增加 5%。

另外，可能会存在操纵飞机的驾驶员所使用的单独的姿态仪表失效检测不到的情况。也可能存在仪表故障时通常期望有告警旗出现，但是实际发生了正驾驶员和副驾驶员姿态仪显示不一致，却未出现告警旗的情况。在这些情况下，操纵飞机的驾驶员不知道故障的存在，自然地会根据他自己的仪表显示操纵飞机。如果该驾驶员的姿态仪给出的是错误读数，除非驾驶员感觉到增加的“g”力，或在其他飞行仪表上有反映，或另一名驾驶员提醒，否则该驾驶员无法意识到姿态仪的故障。上述情况总是可能存在，而配备一个单独的陀螺仪可以立即提醒他采取纠正措施。

虽然在该修正案制定时期，运输类飞机的电气系统已配备很多安全机制，经验表明还是有很多时候这些机制未能阻止系统失效的发生。仍有可能由于其他电气失效导致大型涡喷飞机的姿态仪每年发生 5~10 次的双重失效。尤其在仪表飞行时，这类失效对安全性影响很大。因此，由独立于飞机正常电源系统的供电系统供电的第三套姿态仪，使驾驶员能够在发生上述失效时获得正确的姿态指示。

第三套姿态仪的独立电源有多种实现方式。例如，将第三套姿态仪通过单独的静变流器连接到飞机的电池上，或通过姿态仪系统自己的静变流器连接到单独的镍-镉电池上。无论用何种方式，FAA 认为该电源都应在飞机发电系统全部失效后能够支持第三套姿态仪运行至少 30 分钟；并且系统应该能够在飞机发电系统失效时不用手动转换即能精确地指示姿态。这几个要求给飞行机组提供足够的时间采取纠正措施或着陆。该要求体现在 FAR121.305 条中。

该修正案只限于 FAR 121 部运行的大型涡喷飞机，因为这类飞机相对于活塞式大型航空器，其飞行特性和飞行速度要求对飞机姿态有更为精确的控制，并且大型涡喷飞机的运行记录也表明姿态指示容易发生问题。

FAA 还提出装有具备上述要求的第三套姿态仪的大型涡喷飞机，可以不装陀螺转弯仪。因为 FAA 和很多工业界人士认为在大型运输类飞机上，转弯仪不如能够同时提供水平和垂直姿态信息的姿态仪好用。

2.3.3 修订结果

25.1303 Flight and navigation instruments.

(a) The following are required flight and navigation instruments:

...

(6) A gyroscopic rate-of-turn indicator combined with an integral slip-skid indicator (turn and bank indicator) except that only a slip-skid indicator is required on large airplanes with a third attitude instrument system installed in accordance with Sec. 121.305 (j).

2.4 修正案 25-23

2.4.1 概述

该修正案对 25.1303 (a)(1)、(b)(2) 进行了修订，同时对条款序号重新编辑，