

欧洲民用航空安全局航空发动机适航体系

鲍梦瑶¹, 樊飞², 赵阳³

1. 中国民航管理干部学院航空器适航审定系, 北京 100102
2. 中国国际航空股份有限公司工程技术分公司工程部, 北京 101312
3. 中国民航科学技术研究院民航运行技术研究所维修工作室, 北京 100028

摘要 针对欧洲民用航空局(EASA)航空发动机适航体系开展初步研究工作,在3个层级划分EASA适航体系的基础上,阐述EASA的航空发动机审定规范CS-E在适航体系中的地位和职责,给出CS-E的逻辑架构和演变历史,着重分析了历次修正案中的被修订条款,并进一步概括出“科技进步,灾难性事故发生,过于苛刻的适航要求,表述错误,国际一致性”5种产生规章修订的因素。

关键词 EASA;CS-E;适航体系

中图分类号 V23

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2015.18.016

A survey of airworthiness system of EASA CS-E

BAO Mengyao¹, FAN Fei², ZHAO Yang³

1. Department of Aircraft Airworthiness Certification, Civil Aviation Management Institute of China, Beijing 100102, China
2. Department of Engineering, Air China Technics, Beijing 101312, China
3. Maintenance Engineering Division, China Academy of Civil Aviation Science and Technology, Beijing 100028, China

Abstract CS-E is the airworthiness standard of aircraft engine in Europe and it is under constant changing to adapt to new safety demands of airworthiness certification. In this paper, starting from the three level division of aero-engine airworthiness system of European Aviation Safety Agency (EASA), the status and responsibility of CS-E are firstly expounded, and then the logical structure and historical amendments of CS-E are analyzed. In the analysis, the revised regulations in each amendment are particularly focused on and the revised reason of regulation can be generalized into five aspects: development of technology, hazardous accident, overly strict rules or vice versa, unclear definition or explanation, and international uniformity. Thus, this survey provides reference to the development and improvement of airworthiness system in China.

Keywords EASA; CS-E; airworthiness system

适航规章是保证航空器安全性而制定的法规性文件,是航空法律体系的一部分。其中,航空发动机作为航空器最重要的组成部分,美国联邦航空局(federal aviation administration,FAA)率先在民用航空规章CAR中制定了航空发动机适航要求CAR6,后被联邦航空规章FAR取代并被更新为FAR-33部《航空发动机适航标准》。同时,为了同美国

分享庞大的世界航空业市场,欧洲国家联合成立联合航空局(joint aviation authorities,JAA),仿照FAR-33部制定了《发动机联合航空规章》(JAR-E),随后被欧洲航空安全局EASA改版为具有法律效力的《发动机审定规范》(CS-E)^[1,2]。

基于民用航空运输是全球化、国际化的基本认识,适航规章可以全球共用,所以,作为中国民用航空发动机最为重

收稿日期:2015-04-17;修回日期:2015-06-07

基金项目:国家自然科学基金项目(61440034)

作者简介:鲍梦瑶,博士,研究方向为民航发动机适航技术,电子邮箱:baomengyao@camic.cn;

引用格式:鲍梦瑶,樊飞,赵阳.欧洲民用航空安全局航空发动机适航体系[J].科技导报,2015,33(18):96-101.

要的规章 CCAR-33 部《航空发动机适航标准》基本依据美国联邦航空规章 FAR-33 部制定。但与美、欧适航规章与发动机技术和产品融合发展的历程不同,中国 CCAR-33 部是直接借鉴,没经历与工业实践的融合,缺乏对规章所覆盖技术的系统研究^[2,3];且由于 CCAR-33 部来源于 FAR-33 部的这种“先天引导性”,目前中国对航空发动机适航规章研究多集中于 FAR-33 部,而对 EASA 航空发动机适航规章 CS-E 研究较少。

CS-E 从发布至今经过不断修订,逐步成长为与 FAR-33 具有同种安全性水平,并实现美欧航空发动机适航规章互认

的另一大适航体系,其体系架构和历史演变,尤其是演变中修订原因等方面,对中国适航体系的不断完善和未来发展具有重要的指导性意义和借鉴价值。基于此,本文对 EASA 的航空发动机适航体系开展研究工作。

1 EASA 适航体系概述

EASA 适航体系整体上包含:基本规章,实施规范,可接受的符合性方法(指导材料)及合格审定规范(适航法规),3 个层级,结构如图 1 所示。

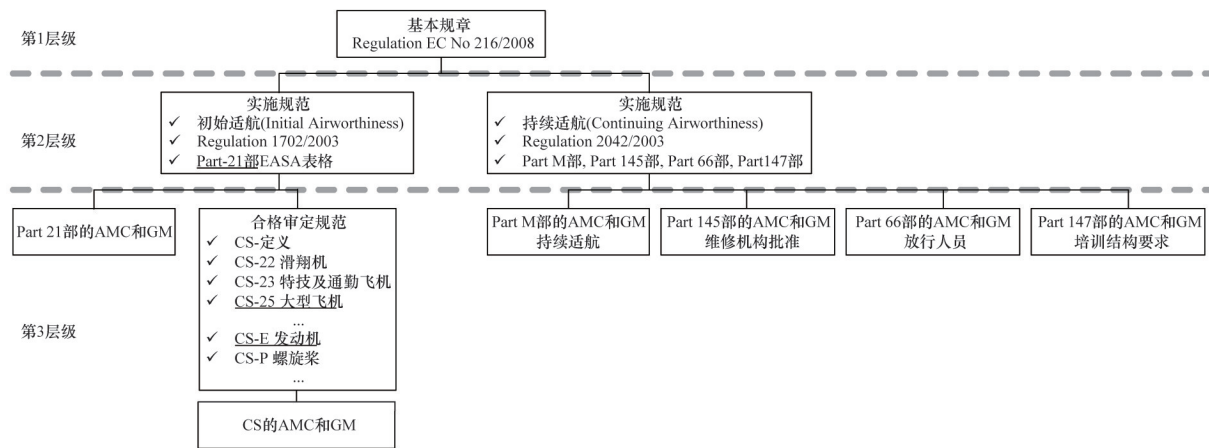


图 1 EASA 的适航体系结构

Fig. 1 Structure of EASA airworthiness system

2 EASA 航空发动机适航体系

2.1 CS-E 逻辑架构

对于航空发动机在 EASA 中的适航,处于核心地位的是“合格审定规范”CS-E,如图 2 所示。可以看出,CS-E 分为 Book1 的适航性法规和 Book2 的可接受的符合性方法两部分。其中,Book1 部分根据对象的不同分为 7 个章节,除 A 章和附录 A 所的总体要求外,B 章和 C 章是对活塞发动机的适航法规,D 章、E 章和 F 章是对涡轮发动机的适航法规。Book2 部分则是与 Book1 部分相对应的符合性方法,针对 Book1 中的一条规范或实施规范(除附录 A 外),提供了一种可接受,但不是唯一的符合性方法。此外,并不是 Book1 中所有的适航代码(airworthiness code)均在 Book2 中有对应的符合性方法,符合性方法有助于用户使用和理解合格审定规范(适航法规)。

2.2 CS-E 的历史演变

2002 年 6 月,欧盟(EU)15 国在布鲁塞尔的会议上决定成立 EASA;2003 年 9 月,EASA 又通过了 EC 1702/2003 的实施规则——产品审定部分,包括一个实施法规 Part-21 部和相关的审定规范(CS-23,CS-25,CS-E 等)。原 JAA 中的航空发动机适航标准 JAR-E 经转换和修订,形成了新的航空发动机适航审定规范 CS-E,即 CS-E/Initial Issue 版^[4,5],截至 2015 年 4 月

15 日,CS-E 在历史上经历了 4 次修订,随之对应 4 次修正案(Amendment),如表 1 所示。

与 FAA 的规章修订模式不同,EASA 并不针对 CS-E 中的某个单一适航代码发布专门的修正案,更倾向于一段时间后的“集中修订”;而 FAA 则可以针对每一个条款发布单独的修正案且并不以具体时间为单位,更体现出一种“实时更新”效果。正是由于修正案发布的指导思想不同,且客观上 CS-E 发布的时间相较 FAA Part 33 部而言较短,所以,EASA 在历史上的修正案次数较少。此外,EASA 有关 CS-E 的历次修正案,均有着对应的支持说明文件:CS-E Amendment X-Change Information 和 CS-E Amendment X-Explanatory Note,对修订给出了简单的说明,但缺乏详细的分析。

2.2.1 修正案 1

EASA 执行理事(executive director decision,2007/015/R)决定对 2003 年 10 月 24 日由执行理事局批准的审定规范 Decision No 2003/9/RM 进行修订,其中包括 CS-E 的适航代码及可接受的符合性方法,修正案 1 的修订内容主要包含以下 4 个方面^[6,7]:

- 1) CS-E/Initial Issue 版中的编辑错误更正。
- 2) 建立 Book1“适航性法规”和 Book2“可接受的符合性方法”间的联系,其在 CS-E/Initial Issue 版中并不包括。



图2 CS-E的逻辑结构

Fig. 2 Logic structure diagram of CS-E

表1 CS-E的历史演变

Table 1 Historical development of CS-E

编号	CS-E版本	修正案	生效时间
1	CS-E/Initial Issue	—	2003年10月24日
2	CS-E/Amendment 1	Amendment 1	2007年12月03日
3	CS-E/Amendment 2	Amendment 2	2009年12月11日
4	CS-E/Amendment 3	Amendment 3	2010年12月16日
5	CS-E/Amendment 4	Amendment 4	2015年03月12日

- 3) 对一些重要适航代码进行更新。
- 4) 增加一些适航代码。

通过分析修正案1的支持说明文件CS-E Amendment 1-Change Information, 梳理出具体的修订内容, 如表2和表3所示。

2.2.2 修正案2

EASA 执行理事(executive director decision, 2009/018/R)

决定对2007年11月3日由执行理事局批准的审定规范 Decision No 2007/15/R 进行修订, 其中包括CS-E的适航代码及可接受的符合性方法, 修正案2的修订内容主要包含以下2个方面^[8,9]:

1) 对每条被提议的修正(notice of proposed amendment, NPA), 局方经处理后, 针对一些实质性的或合理的内容在CS-E中加以修正。

2) 对编辑错误或矛盾的地方进行更新。

通过分析修正案2的支持说明文件CS-E Amendment 2-Change Information, 梳理出具体的修订内容, 如表4和表5所示。

2.2.3 修正案3

EASA 执行理事(executive director decision, 2010/015/R) 决定对2003年10月24日由执行理事局批准的审定规范 Decision No 2003/09/RM 进行修订, 其中包括CS-E的适航代码及可接受的符合性方法, 修正案3的修订内容主要包含^[10,11]: 对 Comment-response document(CRD)2008-1 的响应, 即局方认为其中一些建议影响CS-E, 故应加以修订。

表2 CS-E修正案1中对Book 1(适航性法规)的修订梳理

Table 2 Revision of CS-E Amendment 1 about Book 1 (airworthiness regulations)

编号	章号	CS-E代码	名称	修订内容
1		CS-E 15	terminology	删除CS-E 15(e) 新增CS-E 15(f)
2		CS-E 50	engine control system	修订CS-E 50(f) 删除CS-E 130(g)
3	A	CS-E 130	fire protection	更改CS-E 130(h)编号
4		CS-E 135	electrical bonding	新增CS-E 135
5		CS-E 180	propeller functioning tests	更改CS-E 180(b)(1)
6	B	CS-E 240	ignition	更改CS-E 240(b)(2)编号
7		CS-E 250	fuel system	新增CS-E 250(b)编号
8	C	CS-E 360	detonation tests	新增CS-E 360(b)部分内容
9		CS-E 520	strength	新增CS-E 520(c)(1)括号 删除CS-E 580标题部分内容
10	D	CS-E 580	air systems	更改CS-E 580(a)部分内 删除CSE 580(b)
11	E	CS-E 740	endurance tests	新增CS-E 740(h)
12	F	CS-E 1030	time limited dispatch	删除CS-E 1030原文 新增CS-E 1030(a)~(e)

表3 CS-E修正案1中对Book 2(可接受的符合性方法)的修订梳理

Table 3 Revision of CS-E Amendment 1 about Book 2 (acceptable means of compliance)

编号	章号	AMC-E代码	名称	修订内容
1		AMC-E 10(b)	thrust reversers	更改AMC-E 10(b)编号
2		AMC-E 30	assumptions	修订表1内容
3		AMC-E 40(d)	operating limitations	修订(1)(b)内容
4		AMC-E 50	control system	新增AMC-E 50(3)
5		AMC-E 60(d)	provision for instruments	新增AMC-E 60(d)的(5) 修订AMC-E 80的(2)
6	A	AMC-E 80	equipment	修订表2,3,4
7		AMC-E 130	fire protection	修订全文
8		AMC-E 135	electrical bonding	新增全文
9		AMC-E 150(f)	endurance tests	删除全文
10		AMC-E 170	engine system and component verification	新增部分内容
11	D	AMC-E 510	safety analysis	修订AMC-E 510的(c)部分
12		AMC-E 515	engine critical parts	修订AMC-E 515的(v)部分
13		AMC-E 640	pressure	修订AMC-E 640标题
14		AMC-E 650	vibration surveys	修订AMC-E 650的(1)部分
15		AMC-E 670	contaminated fuel testing	修订AMC-E 670的(1)(c)部分
16		AMC-E 690	engine bleed	修订部分内容
17		AMC-E 740(c)(3)	endurance tests	修订AMC-E 740(c)(3)的(1)(a)和(1)(b)部分
18	E	AMC-E 740(h)(2)	endurance tests-inspection checks	新增全文
19		AMC-E 810	compressor and turbine blade failure	修订AMC-E 810的(2)(b)
20		AMC-E 820(a)(c)	over-torque test	新增全文
21		AMC-E 820(c)	maximum engine over-speed	新增全文
22		AMC-E 820(a)(3)	exhaust gas over-temperature test	新增全文
23	F	AMC-E 1030	time limited dispatch	新增全文
24	—	Table 1,2,3	—	新增全文
25	—	Figure 1,2	—	新增全文

表4 CS-E修正案2中对Book 1(适航性法规)的修订梳理

Table 4 Revision of CS-E Amendment 2 about Book 1 (airworthiness regulations)

编号	章号	CS-E代码	名称	修订内容
1	A	CS-E 15	terminology	修订CS-E 15(d)
2	D	CS-E 520	strength	修订CS-E 520(b)(c)(2)

表5 CS-E修正案2中对Book 2(可接受的符合性方法)的修订梳理

Table 5 Revision of CS-E Amendment 2 about Book 2 (acceptable means of compliance)

编号	章号	AMC-E代码	名称	修订内容
1	A	AMC-E 140	test-engine configuration	修订AMC-E 140中编号
2	D	AMC-E 520(c)(2)	engine model validation	新增AMC-E 520符合性方法

通过分析修正案3的支持说明文件CS-E Amendment 3-Change Information,梳理出具体的修订内容,如表6所示。修正案3没有对Book 2(可接受的符合性方法)进行修订。

2.2.4 修正案4

EASA执行理事(executive director decision, 2015/009/R)决定对CS-E进行修订,其主要影响了由执行理事局批准的审定规范No 2003/09/RM。本次修订是EASA近年来一次程度较大、技术内涵较深的修订,包含了对CS-E的适航代码及可接受的符合性方法的补充和更新,概括而言修正案4的内

容主要包含以下4个方面^[12,13]:

- 1) 对发动机结冰防护的重新要求。
- 2) 对振动分析符合性方法的重新要求。
- 3) 由于事故或事故征候导致新增发动机对火山灰防护的要求。
- 4) 文本的补充和完善。

通过分析修正案4的支持说明文件CS-E Amendment 4-Change Information,梳理出具体的修订内容,如表7和表8所示。

表6 CS-E修正案3中对Book 1(适航性法规)的修订梳理

Table 6 Revision of CS-E Amendment 3 about Book 1 (airworthiness regulations)

编号	章号	CS-E代码	名称	修订内容
1	F	CS-E 1040	ETOPS	新增审定代码

表7 CS-E修正案4中对Book 1(适航性法规)的修订梳理

Table 7 Revision of CS-E Amendment 4 about Book 1 (airworthiness regulations)

编号	章号	CS-E代码	名称	修订内容
1	D	CS-E 580	air systems	删除标题中“and compressor and turbine bleed”
2		CS-E 650	vibration surveys	修订全文
3	E	CS-E 740	endurance tests	修订CS-E 740(g)(1)
4		CS-E 780	tests in ice-forming conditions	全文修订
5	F	CS-E 1050	exposure to volcanic cloud hazards	新增全文

表8 CS-E修正案4中对Book 2(可接受的符合性方法)的修订梳理

Table 8 Revision of CS-E Amendment 4 about Book 2 (acceptable means of compliance)

编号	章号	AMC-E代码	名称	修订内容
1	A	AMC-E 30	assumptions	修订“防冰条件”及“发动机吸入(外物)能力”
2	D	AMC-E 510	safety analysis	文本修订,补充完善,定义修正
3		AMC-E 650	vibration surveys	修订全文
4	E	AMC-E 740	endurance tests-incremental periods	修订AMC E 740(g)(1)
5		AMC-E 780	tests in ice-forming conditions	修订全文
6	F	AMC-E 1050	exposure to volcanic cloud hazards	新增全文

2.3 修订原因初步分析

对于航空发动机审定规范 CS-E 的每次修订,均是作为审定方的 EASA 与多家民用航空发动机制造商协调、讨论的结果,大致将修订分为以下类别:

1) 科技水平的进步造成现实情况超出了旧条款约束范围,或旧的标准不能保证对实际情况的有效审核。

2) 灾难性事故的发生暴露出条款标准存在的问题、错误的认识和未考虑到的可能性。

3) 由于对航空发动机安全边界认识上的不足,部分条款的制定过于苛刻,从而造成工业部门在使用时造成成本(环保、经济性、人力资源、设计制造资源等)的大幅上升。

4) 由于叙述语言或定义不准确,对制造商产生了错误或不清楚的认识。

5) 由于 FAA 航空发动机适航规章 FAR Part-33 的存在,适航代码需要在内容上实现国际标准的一致性,以降低取得适航资格证的周期和难度。

通过上述因素不断修订,在 2008 年后, FAR 和 CS-E 在内容上基本保持了一致。两大航空安全管理局适航规章的统一,有利于民用航空发动机更加便捷地获得适航资格证。

3 结论

针对欧洲民用航空局(EASA)航空发动机适航体系开展初步研究工作。从总体上介绍了 EASA 的适航体系,并可划分为 3 个层级;在此基础上,阐述 EASA 的航空发动机审定规范 CS-E 在适航体系中的地位和职责,给出 CS-E 的逻辑架构和演变历史,并进一步概括出“科技进步,灾难性事故发生,过于苛刻的适航要求,表述错误,国际一致性”5 种造成修订的因素。

在此需要指出的是,本文虽给出航空发动机适航体系在 EASA 中的总体架构,以及 CS-E 所处的位置和基本职能。但是,从分析中已经可以看出,EASA 的航空发动机适航体系与美国 FAA 的体系有着很大的不同,尽管经过多次修订,目前两大体系的适航代码(条款)在内容上已经基本达成了一致,但是在符合性方法的确定,以及支持材料的给定方式上,仍存在着一定的差异性;此外,对于 CS-E 修订原因的详细技术分析,国内目前开展的研究较少,但其中的因素和隐藏的技术内涵非常值得研究。

参考文献(References)

- [1] 顾铮. 欧洲航空安全局: 欧洲航空业一体化的产物[J]. 中国民用航空, 2004, 45(9): 50-52.
Gu Zheng. EASA: Integration product of European aviation industry[J]. China Civil Aviation, 2004, 45(9): 50-52.
- [2] 李同泽. 欧洲联合航空局适航管理体制研究[J]. 航空标准化与质量, 1999(2): 30-33.
Li Tongze. Study on the management system of the European Union aviation administration of the United Airlines[J]. Aeronautic Standardization & Quality, 1999(2): 30-33.
- [3] 李同泽. 中国与欧洲联合航空局适航管理体制的异同分析[J]. 航空标准化与质量, 1999(3): 30-34.
Li Tongze. Analysis of the similarities and differences of the UN Aviation Administration System in China and Europe[J]. Aeronautic Standardization & Quality, 1999(3): 30-34.
- [4] EASA. CS-E/Initial Issue[EB/OL]. 2003-10-24. [2015-04-10]. <http://easa.europa.eu/document-library/certification-specifications/cs-e-initial-issue>.
- [5] EASA. CS-E/initial issue explanatory note[EB/OL]. 2003-10-24. [2015-04-10]. http://easa.europa.eu/system/files/dfu/expnote_cse.pdf.
- [6] EASA. CS-E amendment 1-change information [EB/OL]. 2007-12-03. [2015-04-10]. http://easa.europa.eu/system/files/dfu/CS-E%20Amdt%201_Change%20Information.pdf.
- [7] EASA. CS-E amendment 1 explanatory note [EB/OL]. 2007-12-03. [2015-04-10]. http://easa.europa.eu/system/files/dfu/CS-E%20Amdt%201_Explanatory%20Note.pdf.
- [8] EASA. CS-E amendment 2-change information [EB/OL]. 2009-12-11. [2015-04-10]. http://easa.europa.eu/system/files/dfu/CS-E_Amdt%202%20-%20Change%20Information.pdf.
- [9] EASA. CS-E amendment 2 explanatory note[EB/OL]. 2009-12-11. [2015-04-10]. http://easa.europa.eu/system/files/dfu/CS-E_Amdt%202%20-%20Explanatory%20Note.pdf.
- [10] EASA. CS-E amendment 3-change information[EB/OL]. 2010-12-16. [2015-04-10]. <http://easa.europa.eu/document-library/certification-specifications/cs-e-amendment-3>.
- [11] EASA. CS-E amendment 3 explanatory note [EB/OL]. 2010-12-16. [2015-04-10]. <http://easa.europa.eu/document-library/certification-specifications/cs-e-amendment-3>.
- [12] EASA. CS-E amendment 4-change information[EB/OL]. 2015-03-12. [2015-04-10]. <http://easa.europa.eu/document-library/agency-decisions/ed-decision-2015009r>.
- [13] EASA. CS-E amendment 4 explanatory note[EB/OL]. 2015-03-12. [2015-04-10]. <http://easa.europa.eu/document-library/agency-decisions/ed-decision-2015009r>.

(编辑 陈华姣)

《科技导报》“综述文章”栏目征稿

“综述文章”栏目发表对当前自然科学有关学科领域的研究热点、前沿分支发展现状及动向的评述性文章。要求在所属学科领域从事比较深入研究的一线科研人员在研读相当数量文献资料的基础上,全面、深入、系统地论述该领域的问题,并对所综述的内容进行归纳、分析、评价,以反映作者的观点和见解。在线投稿: www.kjdb.org。