



大会 — 第 41 届会议

技术委员会

议程项目31：航空安全和空中航行标准化

为自主开发能力成熟度方法

(由新加坡和飞行安全基金会提交)

执行摘要

本文件概述了由飞行安全基金会（FSF）先进航空流动（AAM）工作组提出的自动化功能评估方法。该方法旨在发现航空器自动化和运行自动化功能的技术和法规准备情况，包括正常和降级运行模式下明确界定的人员作用。

行动：请大会：

- a) 注意到基金会自主和遥控驾驶航空能力（ARPA）咨询委员会飞行安全基金会先进航空流动工作组推进的工作；和
- b) 鼓励国际民航组织在解决日益提高的自动化和自主水平时，与成员国和国际组织（包括飞行安全基金会）合作，并考虑飞行安全基金会先进航空流动工作组在能力成熟度矩阵和门控流程方面的工作。

战略目标： 本工作文件涉及安全战略目标。

财务影响： 本文件无显著财务影响。

- 参考文件：
- 1) 美国国家航空航天局先进航空流动生态系统工作组（WG）陈述：自动化能力成熟度模型 — 原作者：Wes Ryan，2022年2月22日，美国国家航空航天局 NARI，<https://aam-cms.marqui.tech/uploads/aam-portal-cms/originals/da85f1b4-b18d-48aa-8db6-b3b0df85c99f.pdf>，录像：<https://youtu.be/516FwOrNZbg>
 - 2) ASTM AC377 技术报告1号“技术报告 (TR) 1，自主设计和操作与航空术语和要求框架。”
 - 3) 国际民航组织，HLCC 2021-WP/123号文件，日益自动化的航空系统中的人为因素和安全考虑，2021年10月。

1. 引言

1.1 多年来，提高自动化程度以实现未来自主一直是全球航空界关注的焦点。然而，在必须证明高度安全以赢得民用信赖的应用中，事实证明，增强自动化以实现自主是一个难以实现的目标。最近的事件表明，即使是经验丰富的系统设计师和民用当局也在努力实施新的自动化功能，使其在服务中具有韧性。这将对高度自动化系统提出更大的挑战，高度自动化系统从航空器系统级自动化（对航空器上的飞行员来说，主要是辅助性的）发展到运行自主化。在任何新的自动化能力的设计、开发、试验、合格审定、运行批准和空域一体化的整个过程中，必须采用一个有条不紊的稳健程序，以实现自动化能力成熟，并评估技术、数据源和管理民用法规中的潜在差距。

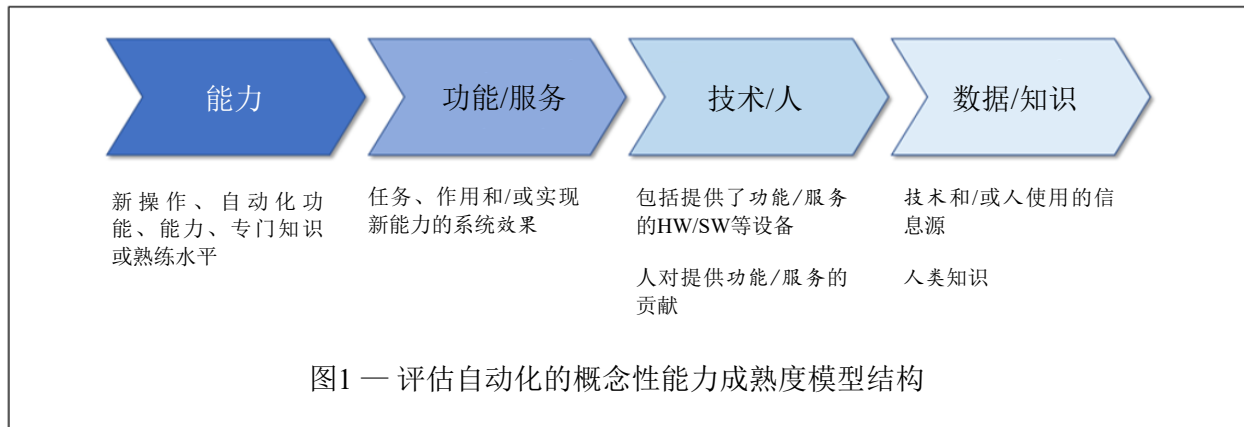
1.2 为应对这一挑战，飞行安全基金会（FSF）和美国国家航空航天局（NASA）构想了自动化工具包，提出了能力成熟度模型（CMM）结构和门控自动化评估过程。二者均旨在提供一种通用结构，在该结构下，航空业可以诚实地评估为航空器自动化和运行自主提出的自动化功能的技术和法规成熟度。

1.3 虽然航空器自动化和运行一体化不可分割地相互联系在一起，但在设计和开发期间和在合格审定期间，二者通常是以连续的方式分开评估的。其部分原因是设计系统并随后评估其在运行服务中的运行情况具有挑战性，也因为航空器及其运行合格审定通常由民用当局的不同部分用不同且通常相互排斥的流程进行评估。这对取代传统飞行员功能的人机界面和自动化的复原性设计提出了越来越大的挑战，当这种自动化被设想为执行与运行一体化相关的能力时则特别如此，而运行一体化则是空中交通管制员、调度员、飞行员和系统中的其他人的法律责任。

2. 讨论

2.1 评估任何新的自动化能力开发，都必须联系航空器类型、其运行任务、预定任务的特定要素或部分、其预定飞行的空域、界定清楚的人员角色（在常规和非常规运行条件下）以及要为负责保护公众的民航局所接受而必须达到的预期安全水平。因此，必须评估数据源和技术的成熟度以及准确性、可用性、完整性、连续性和覆盖范围，以实现支持新能力的预期功能。

2.2 图1显示飞行安全基金会/美国国家航空航天局提出的能力成熟度模型结构。该模型将拟议的自动化能力（新的运行概念、新的航空器/系统功能或其他）与将实现新能力的功能和服务联系起来。这些功能和服务与支持它们的核心技术以及关于人对功能或服务预期贡献方面明确定义的角色相关联。实现拟议功能或服务的技术又由该技术执行其预期功能所需的数据和信息源驱动。如果不评估并清楚地理解整个线程，所设想的新的自动化能力的预期功能就可能无法得到当前技术和数据源的支持。还可以设想新的自动化能力，但它们超出了人发挥必要作用的以便与新的自动化能力安全协作的知识或技能。



2.3 为了实施能力成熟度模型概念，提出了门控评估程序（见图 2）。门控程序的目的是评估启用新自动化能力所需的技术和法规成熟度。通常技术在原型级别就已经准备就绪，使公司推测该技术促成的新功能能力如何在服务中加以使用。然而，在证明这些能力已达到民用监管机构可接受的民用准备水平之前，根据现行法规，这些能力可能是不被允许的。在证明使能技术已成熟到民用当局可以接受的水平之前，为支持新的能力而修改法规的做法并不常见。

2.4 拟议的门控程序步骤如下：

2.4.1 0 号门：确定自动化的预期功能，包括环境 — 预期用途（例如，运行环境和/或飞行阶段，以及功能接口/依赖性）。

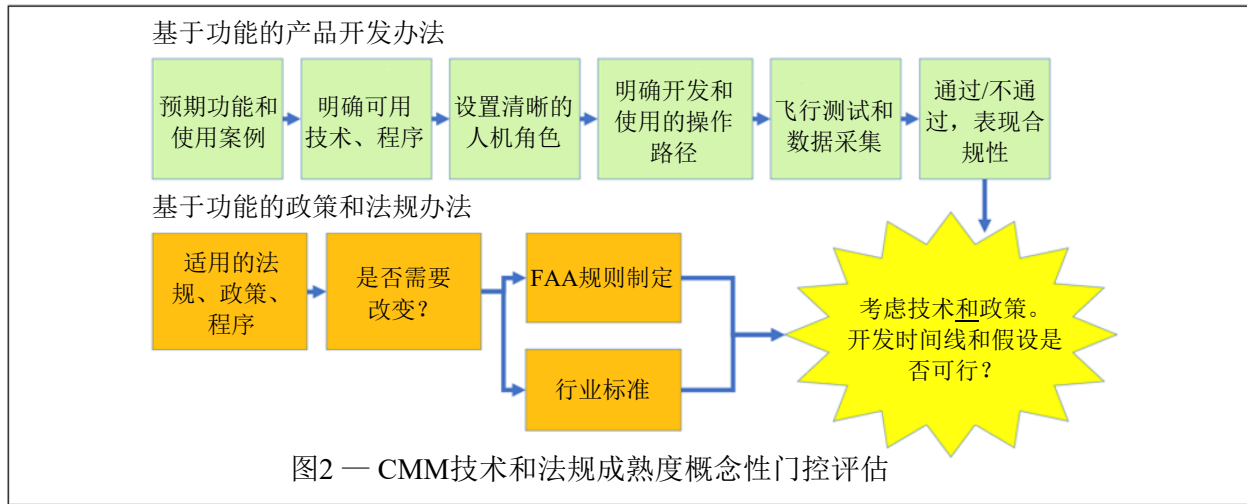
2.4.2 1 号门：解释拟议功能自动化的潜在益处或激励因素（例如，安全增强、运行增强和经济性）。识别拟议功能自动化的任何潜在风险、限制或障碍。在其预期用途的背景下，对预期功能进行风险分析。

2.4.3 2 号门：定义当前如何在运行中完成/达到预期功能，并描述自动化后将如何完成/达到预期功能。包括人员职责和权限，包括如何针对正常或降级的系统功能进行变更，并考虑变更系统接口或依赖性。

2.4.4 3 号门：界定功能自动化所需的信息、处理和输出。

2.4.5 4 号门：确定可能能够实现功能自动化的候选示例技术产品。

2.4.6 5 号门：确定当前技术产品在执行预期功能方面的差距，以及当前技术现在可以促成哪些操作。



2.4.7 6号门：确定技术产品实现预期功能所需的成熟度。根据航空器尺寸（即：常规类别、运输类别）、运行种类（即，载货、载客）或任何其他适当的风险考虑描述适当成熟度的任何差异。

2.4.8 7号门：确定从当前技术能力到实现确定的成熟度所必需的未来技术能力的路径。

2.4.9 8号门：确定与当前功能相关的适用法规/政策/标准/指南（即航空器合格审定、运行、飞行员、国际民航组织）。

2.4.10 9号门：参考2号门和8号门，确定哪些法规/政策/标准/指南可能需要修订，以及哪些地方可能需要制定新的法规/政策/标准/指南，以对采用该技术的航空器进行合格审定，并授权/启用其在运行中的使用。

3. 结论

3.1 飞行安全基金会寻求与国际民航组织成员国接触，对拟议的能力成熟度模型和门控自动化评估步骤进行评估。讨论的目标是：1) 获得对能力成熟度模型概念的支持，并将其应用于新兴的自动化概念，以评估其有效性；2) 将用于评估自动化能力的方法正规化，以确定自动化成熟的途径和导致安全航空器自动化、运行自动化和未来自主的一体化策略；3) 鼓励成员国和业界考虑正式采用能力成熟度模型和门控评估程序，以实现未来自主。