



第七次世界范围航空运输会议（ATConf/7）

2026 年 11 月 16 日至 20 日，蒙特利尔总部

议程项目4：新兴技术、新商业模式及其他相关方面

4.3：利用航空运输数据与数字生态系统实现无缝隙、有保障且有韧性的运行

数字化推动全球航空运输连通性和韧性

（由巴西和民用空中航行服务组织（CANSO）提交，拉丁美洲民用航空委员会 20 个成员国¹支持）

执行摘要

数字化是提升全球航空运输连通性、效率与韧性的核心推动因素。可互操作的信息服务、数据驱动型决策及各类新兴技术，能够加强协调、信息获取、中断应对和可持续发展。巴西的经验融合了空中航行服务、通信网络、运行应用和信息服务的数字化，并辅以互操作性、信息安全、治理和机构能力。数字航空网络、数据链通信、自动化以及巴西全系统信息管理（SWIM-BR）等倡议切实表明，协调一致的数字能力如何助力打造连通性更强、效率更高、更有韧性的航空生态系统。但数字化成熟度、互操作性水平、基础设施和人力资源方面的差异，以及网络安全风险和碎片化的做法，可能会限制数字化带来的益处，进一步拉大数字鸿沟。因此本文件强调，必须采取以互操作性、数据治理、网络安全、数字信任、韧性和技术中立为基础的协调包容做法，同时提供资金投入、能力建设和国际合作方面的支持。请会议认识到，数字化、航空运输数据以及可互操作的数字生态系统是提升全球航空运输连通性和韧性的战略推动因素；支持国际民用航空组织（ICAO）制定协调一致的政策指导和实施机制，推动安全、可信、可互操作、包容的数字化转型。

行动：请会议通过第 7 节中的行动。

战略目标：	本工作文件涉及战略目标：航空运输的经济发展确保实现经济繁荣和全民社会福祉，和航空实现无缝、无障碍和可靠的全民出行
财务影响：	相关建议可能需要为国际民航组织开展协调、提供指导、实施支助和能力建设投入资源。各国的投资应分阶段进行，并酌情提供透明的商业案例作为佐证。

¹ 阿根廷、伯利兹、多民族玻利维亚国、智利、哥斯达黎加、古巴、多米尼加共和国、厄瓜多尔、萨尔瓦多、危地马拉、圭亚那、洪都拉斯、牙买加、墨西哥、尼加拉瓜、巴拿马、巴拉圭、秘鲁、乌拉圭和委内瑞拉玻利瓦尔共和国。

参考文件：	《国际民航组织 2026-2050 年战略计划》 大会 A41-9 号决议 — 新进入者 Doc 9750 号文件：《全球空中航行计划》 巴西空域管制航空指令（DCA 351-7，2025 年）
-------	--

1. 引言

1.1 航空运输有赖于各国、民航当局、空中航行服务提供者、机场运营人、航空承运人、气象组织及其他利害攸关方之间及时交换信息。数字平台、可互操作的信息服务、数据分析、自动化和各类新兴技术，日益影响这些行为体开展规划、协调及交付服务的方式。

1.2 数字化不仅是用电子工具取代人工的流程，而是一场涉及数据、技术、人员、流程、治理、网络安全与合作的机构变革。当这些要素协调一致地向前发展，数字化能够改善态势感知、可预见性、基础设施利用率以及对运行中断的协同应对。因此，航空运输数据属于战略性资产，必须可靠、及时、受到保护、可互操作，并可在明确设定的条件下供经授权的利害攸关方使用。

2. 航空运输数据和数字航空生态系统

2.1 数字航空生态系统由利害攸关方、数据、服务、基础设施、平台、标准、流程和治理机制共同构成，这些要素使信息能够在整个航空运输领域内交换和使用。其目标并非不加限制地开放数据访问权限，而是根据约定的条件，在需要的时间向经授权的利害攸关方提供恰当信息。

2.2 互操作性不仅限于技术层面的连通。它还要求对数据含义和结构达成共识，约定数据质量和时效性标准，明确责任，数据访问和使用条件，信息保护，参与方身份识别与认证，以及服务可用性和连续性的预期水平。具备这些条件，就可以提供可扩展的信息服务，减少重复、支持协作决策，并使信息能够在不同机构和国界之间，伴随运行流程持续流转。

2.3 有效使用数据能够提升现有基础设施利用率、提高可预见性、支持基于绩效的管理，并为投资决策提供依据。在发生恶劣天气、基础设施故障、突发公共卫生事件、供应链中断或网络安全事件时，及时可信的信息还可以提升对运行中断的预判、承受、响应和恢复能力。

2.4 成熟的数字生态系统使信息得以在整个飞行过程各阶段保持连贯使用。飞行和流量、航空、气象、机场及空域信息，可以支持计划编制、起飞前协调、战术运行以及运行后绩效分析，为基于航迹的运行、协同决策以及新空域用户的整合奠定基础。

3. 关键挑战

3.1 各国的数字化成熟度存在差异。一些国家运行一体化数字环境和先进的信息服务，而另一些国家仍依赖老旧系统和人工流程，基础设施有限，专业人员短缺。如果没有适当的实施支助，这种差距可能进一步拉大数字鸿沟，限制相关国家参与全球生态系统。

3.2 碎片化仍是一大障碍。独立开发的系统可能采用不同的数据模型、接口、认证方式、安保要求及治理安排，从而制约信息在不同领域和国界之间的有效交换。因此，数据治理必须明确在数据生成、质量、更新、分级、保护、提供、留存和使用等各方面的责任。

3.3 网络安保和数字信任同样至关重要。参与方必须能够核实身份与授权，并确保所接收数据的真实性、完整性、可用性和来源可信。连通性增强可能导致故障和网络威胁扩散，因此应在设计阶段就兼顾韧性、冗余、连续性和恢复能力。

3.4 数字化转型还有赖于机构和人员能力。清晰的决策权、运行、监管与技术主管部门之间的协调、可持续的服务管理流程，以及合格的专业人才都不可或缺。融资还需考虑总拥有成本、互操作性、全生命周期更新，以及通用技术与供应链集中带来的风险。技术中立、基于标准的做法可以减少对特定供应商或专有解决方案的不必要依赖。

4. 巴西的经验

4.1 巴西国土广袤，空域实行军民一体化管理，航空业对于国家和区域一体化至关重要。在此背景下，巴西空域管制司（DECEA）《2040 年运行构想》规划了未来更加数字化、一体化、更有韧性且可实现全球互操作的巴西空域管制系统（SISCEAB）。

4.2 DECEA 将数字化视为整个空中航行服务环境的转型，涵盖安全通信、导航与监视基础设施、空中交通管理（ATM）、空中交通流量管理（ATFM）、航空与气象服务、军民协调，以及无人驾驶航空器系统（UAS）、先进空中出行（AAM）和较高空域运行（HAO）用户的整合。信息服务为所有这些层面提供了共同的数字主线。

4.3 通信基础设施的演进包含巴西航空电信网络（ATN-Br）、数据链通信、数字语音和数据服务，以及具有韧性的数据中心。运行数字化涵盖实时飞行信息、基于航迹的运行、自动化协同决策、预测工具、数字监视以及基于性能的导航，从而生成和调用数据，实现更安全、高效的运行。

4.4 该架构旨在支持协作环境下的飞行和流量信息（FF-ICE）、无人驾驶航空器系统交通管理（UTM）、先进空中出行（AAM）、遥控驾驶航空器系统（RPAS）以及较高空域运行（HAO）与传统空中交通管理的逐步融合。在这一转型中，巴西全系统信息管理（SWIM-BR）作为信息管理与服务集成层占据核心位置，支持从专用点对点信息交互向可发现、可复用、可互操作服务模式转型。

4.5 巴西全系统信息管理并不取代底层航空网络、运行系统或领域服务，相反，它能支持各类系统实现一致、安全的信息交换。航空信息交换模型（AIXM）、国际民用航空组织（ICAO）气象交换模型（IWXXM）以及飞行信息交换模型（FIXM）等标准化模型的应用，能够支持技术与语义层面的互操作性，共同的态势感知，协同决策，以及基于绩效的管理。

4.6 因此，巴西的经验不仅将全系统信息管理视为一个平台，更视为一项需要治理、明确责任、服务全生命周期管理、质量保证、共同标准、网络安保、数字信任和合格专业人才的机构能力。分阶段实施可以在老旧系统继续运行的同时，逐步发展新的以服务为导向的能力。

4.7 DECEA 的数字架构还通过安保网络、备用通信路径、分布式备份、冗余监视与导航能力、最低限度运行服务以及持续迭代的网络防御体系，与运行韧性紧密关联。这些能力旨在在发生技术故障、自然灾害、电磁干扰或网络攻击时，保障关键业务持续开展。

4.8 这种协同推进的数字化可以产生可量化成果，包括提升空中航行服务效能、提高巴西空域管制系统基础设施利用率、改善机场运行绩效、提高航迹可预测性、降低环境影响、增强区域连通性，并提升安全与安保水平。能力建设和复合型专业人才为这些技术与组织举措提供补充。

5. 需要协调统一的全球做法

5.1 巴西的经验表明，仅依靠各国单独行动无法实现全球互操作性。各国需要共同参考基准，在维护各国责任的前提下，确保各类投资、治理安排与信息服务能够与范围更广的数字航空生态系统互动。

5.2 协调统一的做法应当促进国际公认标准、有效的数据治理，在设计层面实现网络安保、数字信任、连续性与韧性，倡导技术中立、负责任地使用新兴技术、可扩展的实施、机构和人员能力建设，以及可持续投资与合作。

5.3 国际民航组织完全有能力维护经济政策、空中航行、简化手续、安保、网络安保、法律和能力建设活动之间的一致性。现有政策、标准和技术举措，应当通过一种能够避免重复和支持无缝、安全、有韧性和包容运行的实施角度联系起来。

5.4 应当重点关注数字化成熟度较低的国家。能力建设、培训、技术合作、知识转移和融资渠道应当与国际期望同步推进。公私合作伙伴关系有助于调集专业力量与资源，前提是维护国家监管、可持续性、透明度，避免形成过度的长期依赖。

5.5 还应协调不同机构、不同国界之间的数据提供方、服务提供方和使用方之间的关系。针对权威数据源、服务描述、质量承诺、获取条件、事件通报以及连续性安排的共同原则，能够增强信心，同时无须要求所有国家采用相同的架构、产品或实施时间表。

5.6 实施过程应当循序渐进，并做到可衡量。各国应根据自身的运行需求和数字化成熟度确定优先事项，同时采用共同指标来评估互操作性、服务可用性、数据质量、网络安保、劳动力能力，以及对连通性和韧性的贡献。还应将数字化转型纳入国家航空发展和基础设施计划，而不应将其视为一项孤立的信息技术方案。

6. 结论

6.1 航空运输数据与可互操作的数字生态系统，能够增强全球连通性、提升基础设施利用率，并增强航空系统应对运行中断的能力。巴西空域管制司《2040 年运行构想》与巴西全系统信息管理（SWIM-BR）展现了一体化、分阶段的做法：标准化信息服务、数据质量、语义互操作性、可信信息交换、网络韧性以及合格专业人才协同发展。因此，应将数字化作为改善航空运输成果的手段加以推进；衡量数字化成功与否，要看其能否实现信息无缝流转、可信协同、关键服务连续性、资源高效利用，以及增加享有全球航空连通带来的社会经济效益的途径。

7. 会议行动

7.1 请会议：

- a) 认识到数字化是提升全球航空运输连通性与韧性的战略推动因素，支持以互操作性、数据治理、网络安全、数字信任、技术中立和负责任地使用新兴技术为基础的包容性做法；
- b) 鼓励各国、国际组织及行业利害攸关方将数字化转型纳入航空政策与发展计划，推广可互操作且可信的数字生态系统，并且在考虑到数字化成熟度差异的基础上，加大投入、提升机构能力、培育专业人才并加强国际合作；和
- c) 请国际民航组织在制定协调一致的航空运输数字化转型政策指导与实施机制时，考虑本文件第5节所列各项原则。

— 完 —