



大会 — 第 42 届会议
技术委员会

议程项目 24：航空安全和空中航行优先举措

气候变化对制定空中航行程序的影响

（由委内瑞拉玻利瓦尔共和国提交）

执行摘要	
本工作文件审视了气候变化的影响及其对全球空中航行带来的挑战，强调了适应和实施可持续战略的重要性，以及不断更新国际民航组织文件中使用的数学模型的必要性，因为所有这些措施对于减轻气候变化的影响以及保证飞行安全和效率都是至关重要的。 行动：请大会： a) 注意本工作文件的内容； b) 考虑修改可能影响不同飞行阶段仪表程序的变量和调整设计参数； c) 鼓励国际民航组织继续与其他联合国机构和国际组织合作，减轻气候变化对航空的影响； d) 鼓励业界、各国和相关组织考虑修改大气模型；和 e) 考虑气候变化导致的可能影响空中航行计划的其他气象变量。	
战略目标：	本工作文件涉及战略目标：每次飞行都安全和安保，以及航空运输经济发展确保实现经济繁荣和全民社会福祉。
财务影响：	应划拨财务资源成立工作组，审查空中航行中使用的标准化参数。
参考文件：	附件11 — 《空中交通服务》 附件16 — 《环境保护》 Doc 10184号文件：《大会有效决议》（截至2022年10月7日），第A37-19号决议 Doc 10031号文件：《关于拟议的空中交通管理运行变化的环境评估指导》 Doc 9750号文件：《全球空中航行计划》 Doc 8168号文件：《空中航行服务程序》第II卷 — 《目视和仪表飞行程序的构建》

¹. 西班牙文版本由委内瑞拉玻利瓦尔共和国提供。

1. 引言

1.1 气候变化正在对全球空中航行产生重大影响，带来一系列挑战和干扰，影响飞行安全、效率和成本。主要影响详述如下：

1.2 湍流增加：最直接和最令人担忧的后果之一是湍流频率和强度的增加，尤其是“晴空”湍流。

1.3 非常强烈的风暴：飓风、台风和伴有大风、冰雹和暴雨的强风暴。

1.4 热浪：热空气的密度比冷空气小，使飞机难以获得足够的升力起飞。高温可能会对起飞重量造成限制，这意味着承载乘客和行李或货物的数量减少，在某些情况下还需要延长跑道。

1.5 航线变化和燃耗增加：不断变化的天气模式和极端天气事件会迫使飞行员修改飞行航路，以避免湍流或恶劣天气区域。这些改变可能意味着更长的飞行时间、更高的燃料消耗，从而增加温室气体排放，抵消了该行业为实现更可持续发展所做的努力。

2. 分析

2.1 不可预测的天气和日益频繁的极端事件使空中交通规划和管理变得更加复杂。空中交通管制员和航空公司必须不断适应变化的条件，这可能导致空域拥堵、航班延误和运行压力增大。因此，全球航空面临着一系列复杂的挑战，要求航空业适应新的天气条件并制定缓解战略，以确保航空运输的安全、效率和可持续性，包括改进天气预报系统、开发更强更高效的航空器以及改造机场基础设施等。

2.2 气候变化正在增加湍流、雷暴、结冰、强风和浓雾等事件的频率和强度，使飞行计划和性能复杂化，并造成延误和取消。

2.3 气候变化主要通过改变空气密度，对不同高度的真空速（TAS）计算产生重大影响。TAS 是航空器相对于其所在气团的实际速度，对于飞行计划、航空器性能和导航至关重要。

2.4 气候变化对 TAS 影响最直接的方面是全球气温的上升。暖空气的密度比冷空气小。此外，空气中较高的含水量（也是受气候变暖的影响）会进一步降低其密度。

2.5 当空气密度较低时，航空器需要以更快的速度穿过空气才能产生所需的升力。从理论上讲，随着密度高度的增加（原因是温度升高、湿度增大或压力高度升高），给定 TAS 的指示空速（IAS）会降低。换句话说，为了保持稳定的指示空速，航空器在高空密度条件下的实际 TAS 会更高。这意味着飞机在空中的速度实际上高于空速指示器直接显示的速度。

2.6 更大的温差和更强的风切变（一定距离内风速或风向的变化）会导致湍流增加，包括难以预测的晴空湍流（CAT）。飞行员可能需要调整真空速或高度以避免湍流区域，从而影响飞行效率和计划。

3. 结论

3.1 气候变化表现为全球气温上升、大气压力模式变化和极端天气事件。这些因素直接影响空气密度，而空气密度是影响航空器性能和气压导航精度的关键因素。

3.2 需要考虑的领域包括以下几个方面：

3.2.1 对气压高度的影响。气压高度计根据气压测量高度。如果空气温度高于用于设计程序的标准大气压（如国际标准大气压 — ISA）的假设值，则在给定气压下，航空器的实际高度将高于高度计的指示值。

3.2.2 下降轨迹误差。在气压垂直导航（BARO-VNAV）进近中，如果航空器因大气温度较高（密度较低）而计算出的气压高度低于实际高度，其系统可能会使飞机下降到低于最佳或预测垂直剖面的高度。这可能会导致航空器在进近关键点以低于预期的高度飞行，从而影响越障。尽管 BARO-VNAV 系统考虑了温度修正，但相对于国际标准大气压的温度偏差频率和幅度的增加可能会超出这些修正的范围。

3.2.3 更高的燃耗。为了在较暖的条件下补偿起飞时较低的空气密度或保持下降轨迹，航空器可能需要更大的动力，这意味着更高的燃料消耗，从而产生更多的排放，与气候变化形成负反馈循环。

3.3 全球航空业的所有利害攸关方都需要采取行动，例如：

3.3.1 需要进行技术改造。BARO-VNAV系统和飞行管理软件将需要变得越来越复杂，以纳入更准确和自适应的实时温度修正。

3.3.2 更新程序。务必应不断审查和更新进近程序的设计标准，以兼顾气候变化对空气密度和误差传播的影响。简而言之，气候变化通过改变温度和大气压力，影响空气密度。空气密度的这种变化对BARO-VNAV等依赖气压高度的导航系统的准确性有直接影响。

3.4 这会导致预测的下降剖面出现偏差，影响空中运行的安全和效率。

3.5 我们相信，航空业正在努力通过技术改进、程序审查和提高运行意识来适应这些变化。我们可以肯定，气候变化不仅是航空业关切的一个环境问题，也是对航空业各阶段的安全、效率和经济的一个直接且日益严重的威胁。航空业能否适应这些不断变化的条件，对于确保全球航空旅行的可持续性和连续性至关重要。