



ICAO

国际民用航空组织

国际民用航空二氧化碳减排
长期理想目标 (LTAG)
可行性报告



国际民航组织航空环境保护委员会
2022年3月

国际民用航空二氧化碳减排
长期理想目标(LTAG)
可行性报告

国际民航组织航空环境保护委员会
(CAEP)

2022年3月

目录

	页
执行摘要	iii
1. 背景	1
2. 结果总结和一些高层次意见	2
3. 方法	3
4. 结果总结	4
5. 关于选项的考虑	10
6. 其他考虑因素	11
7. 最后报告的附录	13
附录 R1: 总结表	R1-1
附录 R2: 趋势比较	R2-1
附录 R3: 背景及结果	R3-1
关于方法的附录	
附录 M1: 在取得结果方面所用的建模办法概述	M1-1
附录 M2: 预测	M2-1
附录 M3: 技术	M3-1
附录 M4: 运行	M4-1
附录 M5: 燃料	M5-1
附录 S1: 气候科学状况	S1-1
附录 B1: 背景	B1-1

执行摘要

在国际民航组织大会第 40 届会议期间，国际民航组织成员国要求理事会继续探索国际航空全球长期理想目标 (LTAG) 的可行性，其方式是进行详细研究，评估任何提出的目标的可实现性和影响，包括对所有国家特别是对发展中国家的增长和成本产生的影响，并将这项工作的进展情况提交国际民航组织大会第 41 届会议。

航空环保委员会全球长期理想目标任务组 (LTAG-TG) 与航空环保委员会各工作小组 [(例如，预测和经济分析支持小组 (FESG)，建模和数据库小组 (MDG)] 协调，从内部和外部来源收集数据，并根据技术、燃料和运行每一情景的一系列就绪状态和可实现性制定三个行业内综合情景。对这些情景进行了分析，以了解它们对二氧化碳排放、成本和投资的影响以及对航空增长、噪声和空气质量可能产生的问题。全球长期理想目标任务组还提供了用于分析对所有国家尤其是发展中国家产生的影响的基本数据。最后，将这些情景置于最新的共识科学知识背景下。

高层次意见：

虽然这些综合情景显示有大量减少二氧化碳的潜力，但没有一个情景通过使用行业内措施 (即技术、运行和燃料) 达到零二氧化碳排放。这是由于考虑了燃料的生命周期排放以及产生的废物或大气二氧化碳的燃料或氢气，虽然已将传统喷气机燃料全部替换为例如基于生物质的可持续航空燃料 (SAF) 的新型燃料。值得注意的是，随着经济体的其他方面减少其排放，生命周期值也应该下降。由于全球长期理想目标任务组的范围仅限于考虑行业内措施，全球长期理想目标任务组的分析没有考虑行业外的措施。

总体运营增长率对 2050 年及之后的剩余二氧化碳排放量有重要影响。

到 2050 年，现成代用燃料对剩余二氧化碳排放量的影响最大，推动了整体减排。这在某种程度上与技术 and 运行情景无关。预计到 2050 年氢气仍然不会有重大贡献 (2050 年仅占能源份额的 1.9%)，但如果技术可行且商业合适，则在 2050 年代和 2060 年代可能会增加。

先进的管翼航空器在提高国际航空系统的燃料 (能源) 效率方面具有明显潜力，而非常规构型的航空器也可逐步提高效率。相对于使用液态燃料的航空器，氢动力航空器的能源效率较差，而减少的排放来自于氢气的生命周期排放减少。

分析表明，运营人有机会通过改进所有阶段的飞行性能来减少二氧化碳排放，包括编队飞行等非常规措施。

与情景相关的成本和投资主要由燃料 (例如可持续航空燃料) 驱动，这认识到燃料的递增成本 (即可持续航空燃料与传统喷气机燃料相比的最低售价) 进一步推动了通过航空器技术和运行带来的燃料 (能源) 效率改进。这还需要政府和行业的一些投资。

航空器技术和相关设计决策将继续因应全球市场的需求，不会因地区而有差别。各个地区或国家的航空器运营人将购买符合其需求的最佳航空器。预计在落实业务措施方面也会出现地区差异。预计

燃料的生产和采用会出现最显着的地区差异。这是由于一系列因素的缘故，例如各地区有否废物和生物质原料、二氧化碳和液态氢、可再生能源、市场动态和基础设施。

虽然全球长期理想目标任务组构建了数量有限的情景来反映技术、运行和燃料方面日益增加的憧憬，但仍有多种路径可能带来类似的二氧化碳排放水平。全球长期理想目标任务组的分析表明，全球长期理想目标情景和分析都切中要害，显示虽然不同的途径可能导致类似的二氧化碳排放水平，但它们可能会产生不同的影响，例如在成本(投资)和地区影响方面。

这份报告是航空环保委近2年密集工作的结果。以下各节提供了全球长期理想目标任务组研究的背景、方法、结果和解读。一组辅助性附录还提供了建模办法、方法、模型、假设和结果描述，以体现透明度和全面性。

1. 背景

1.1 在国际民航组织大会第 40 届会议(2019 年 9 月 24 日至 10 月 4 日)期间, 国际民航组织成员国要求理事会继续探索国际航空全球长期理想目标(LTAG)的可行性, 其方式是进行详细研究, 评估任何提出的目标的可实现性和影响, 包括对所有国家特别是对发展中国家的增长和成本产生的影响, 并将这项工作的进展情况提交国际民航组织大会第 41 届会议。(参见大会 A40-18 号决议, 执行部分第 9 段)。

1.2 在 2020 年 3 月 13 日举行的理事会第 219 届会议上, 理事会同意航空环保委全球长期理想目标任务组(LTAG-TG)职责范围所载的全球长期理想目标可行性评估工作组织安排。

1.3 经理事会同意, 航空环保委全球长期理想目标任务组承担: (1)以透明和包容的方式收集内部和外部来源的数据, (2)开发一系列根据收集的数据显示各种就绪状态和可实现性的行业内技术、燃料和运行措施的综合情景, 和(3)对所有国家而尤其是发展中国家的各种情景进行最后分析, 以了解与该情景相关的二氧化碳排放和对成本的影响以及对航空增长、噪声和空气质量产生的问题, 并将分析结果置于最新的共识科学知识之下。

1.4 全球长期理想目标任务组的工作由航空器技术(TECH-SG)、运行程序改进(OPS-SG)、燃料生产(FUEL-SG)等专家组成的专门分组来开展工作, 并由情景开发(SD)分组协调横跨其他分组以及全球长期理想目标任务组之外的各个小组(例如建模数据库小组和预测经济支持小组)的工作。全球长期理想目标任务组情景开发分组(LTAG-TG SDSG)还成立了一个成本估算特设组(CEahg)来专门检视分析的成本/投资方面数据。这份最终报告整合了 280 多名专家和 200 多次虚拟会谈的累积努力, 提供了对全球长期理想目标可行性的技术评估, 包括航空环保委向理事会提出的建议, 其中含有实现这些建议的选项和路线图。

2. 结果总结和一些高层次意见

2.1 基于航空环保委复杂而深入的分析，得出了一些高层次意见：

- a) 虽然这些情景显示了大量减少二氧化碳的潜力，但没有一个情景通过使用行业内措施(即技术、运行和燃料)达到零二氧化碳排放。这是由于考虑了燃料的生命周期排放以及产生的废物或大气二氧化碳的燃料或氢气，虽然已将传统喷气机燃料全部替换为例如基于生物质的可持续航空燃料(SAF)的新型燃料。值得注意的是，随着经济体的其他方面减少其排放，生命周期值也应该下降。由于全球长期理想目标任务组的范围仅限于考虑行业内措施，全球长期理想目标任务组的分析没有考虑行业外的措施。
- b) 总体运营增长率对 2050 年及之后的剩余二氧化碳排放量有重要影响。
- c) 到 2050 年，现成代用燃料对剩余二氧化碳排放量的影响最大，推动了整体减排。这在某种程度上与技术 and 运行情景无关。到 2050 年，机载氢气预计不会有重大贡献(在 2050 年仅占能源份额的 1.9%)，但如果技术上可行且商业上可行，则在 2050 年代和 2060 年代可能会增加。
- d) 先进的管翼航空器在提高国际航空系统的燃料(能源)效率方面具有明显潜力，非常规构型的航空器也是如此，这将逐步提高效率。当这些航空器类型 2050 年后在机队中普及化时，先进技术继续成长。然而，由于建模假设，需要谨慎地解释绝对二氧化碳排放水平，例如，航空器继续进入机队，但其技术则冻结在 2050 年水平(在 2050 年后未假设进一步的技术改进，这使 2050 年后的二氧化碳排放将高于若另有其他假设的预期值)。相对于使用现成代用燃料的航空器，氢动力航空器在飞行中的能源效率表现较差，显示二氧化碳的减排取决于使用的氢气的生命周期，而在生命周期的基础上，现成代用燃料生产的能源效率表现可能比液态氢生产更差。
- e) 分析表明，运营人有机会通过改进所有阶段的飞行性能来减少二氧化碳排放，包括编队飞行等非常规措施。
- f) 与情景相关的成本和投资主要由燃料(例如可持续航空燃料)驱动，这认识到燃料的递增成本(即可持续航空燃料与传统喷气机燃料相比的最低售价)进一步推动了通过航空器技术和运行带来的燃料(能源)效率改进。这还需要政府和行业的一些投资。
- g) 虽然全球长期理想目标任务组构建了数量有限的情景来反映技术、运行和燃料方面日益增加的憧憬，但仍有多种路径可能带来类似的二氧化碳排放水平。全球长期理想目标任务组的分析表明，全球长期理想目标情景和分析切中要害。

3. 方法

3.1 **综合情景：**为长期理想目标设定三个综合情景，涵盖各种“就绪状态、可实现性和理想水平”。

3.1.1 **综合情景1 (IS1)** 反映“高就绪状态/可实现性和低理想水平”。这种低情景或标称情景代表当前(约2021年)对未来可用技术、运营效率和可用燃料的预期。它包括技术、运行和燃料的预期政策的推动因素以及低系统性变化，例如没有实质性的基础设施变化。在这三种情景中，它只需作出最小的交付努力，尽管这对于单个行为体来说仍然是相当大的。

3.1.2 **综合情景2 (IS2)** 指“中等就绪状态/可实现性和中等理想水平”。这种增加的或雄心更高的情景代表了其他两种情景之间的近似中间点—更快地推出未来技术、提高运行效率和增加可用燃料。这假定加大技术、运行和燃料政策推动因素和增加系统性变化，例如作出有限度的基础设施变化。在这三种情景中，它需要作出中度交付努力。

3.1.3 **综合情景3 (IS3)** 代表“低就绪状态/可实现性和高理想水平”。这种激进或雄心高的情景代表在未来技术推广、运行效率和可用燃料方面作出最大可能努力。它假定对技术、运行和燃料采取最大的政策推动因素以及作出高度国际一致的系统性变化，例如对机场和能源基础设施作出重大和广泛的改变。在这三种情景中，它需要作出最多交付努力。

3.1.4 所有情景均以综合情景0 (IS0) 作为基础，它代表以2018年航空器技术水平通过机队演变实现的减排，且不对运行和燃料作出额外改进。这种IS0情景与CAEP/12趋势基线情景相同，包括更新机队的好处，其中航空公司为购买新航空器作出大量投资(即使技术维持在2018年水平)。CAEP没有在CAEP趋势或LTAG-TG分析中模拟“维持2018年燃料效率不变”的情景。这种额外的情景显示高于IS0(基线)情景的燃料燃烧和二氧化碳排放趋势，并将从航空公司机队更新中获得这种递增贡献。这不会以任何方式改变LTAG-TG研究的结果。

3.2 **建模框架：**LTAG-TG 认识到它的任务是评估未来可能出现的各种情景的可行性，因此利用了预测和经济分析支持小组(FESG)和建模和数据库小组(MDG)的工具和方法预测 CAEP 趋势。这包括利用最新的 CAEP/12 趋势分析。对于这项工作，LTAG 分析的基准年设定为 2018 年，时间框架延长至 2070 年，以便能够观察到 2050 年将新技术引入机队产生的影响。FESG 已经完成预测，显示 COVID 后国际航空运输量的低、中和高预测与 CAEP/12 趋势一致。

3.3 **成本(投资)估算：**对与 LTAG 情景相关的成本和投资(例如，非经常性成本、燃料成本、资本支出)进行定量评估，以制定成本和投资在不同利害攸关方群体之间的总体和时间分布情况。如果确定了无法量化的潜在成本/投资和经济影响，则对其作出定性说明。

4. 结果总结

4.1 引言

4.1.1 结果总结的结构旨在说明以下问题。

- 行业内的措施(即技术、运行和燃料)能如何帮助减少到 2050 年及之后国际航空的二氧化碳排放?(第 4.2 节)
- 鉴于每种情景的二氧化碳排放趋势,国际航空的累积排放量是多少?这些累积的航空排放如何与全球气温升高限制在 1.5°C 和 2°C 的要求相比?(第 4.3 节)
- 需要何种投资来支持与每种情景相关的行业内措施的实施?对航空利害攸关方产生的成本影响是什么?(第 4.4 节)
- 对未来各种航空交通水平会产生何种影响?(第 4.5 节)
- 结果对情景假设有多敏感?(第 4.6 节)

4.2 国际航空二氧化碳排放趋势

4.2.1 CAEP使用第3.2节描述的建模框架,评估了每种情景IS1、IS2和IS3下国际航空的二氧化碳排放量。除非另有说明,否则将引用中间交通量预测的结果。

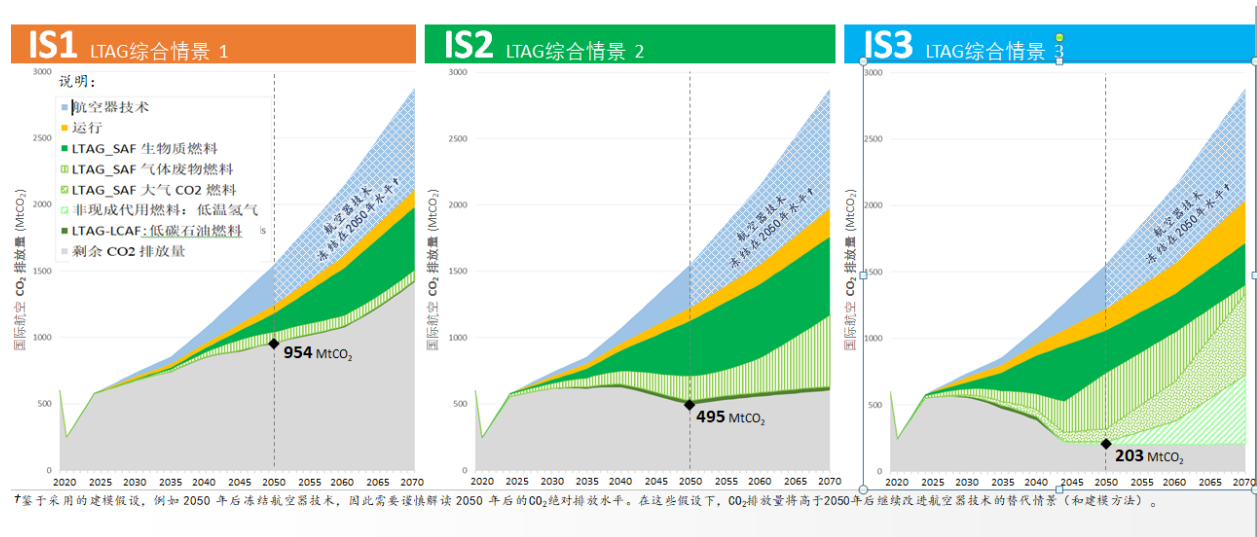


图1: 与LTAG综合情景相关的国际航空二氧化碳排放量

4.2.2 在IS1情景下,从航空器技术、运行和燃料减少的二氧化碳排放量在2050年可能达到约950 MtCO₂(2019年二氧化碳排放水平的1.6倍),到2070年达到1420 MtCO₂(2.3倍)。在这种低/标称情景下,2050年的排放量比基准情景(IS0)减少39%,其中20%来自航空器技术、4%来自运行和15%来自燃料。到2070年,航空器技术、运行和燃料将分别减少26%、5%和20%的排放量。在这种情景下,剩余的二氧化碳排放量不会稳定下来,将继续增长到超过2019年的二氧化碳排放水平(作为2020年COVID-19大流行前的水平)。到2050年,以燃料/收费吨公里衡量的全球燃料效率将每年提高1.20至1.31%(与国际民航组织2%的全球燃料效率理想目标相比)。

4.2.3 在IS2情景中，2050年的二氧化碳排放量可能达到 $\approx 500 \text{ MtCO}_2$ (2019年二氧化碳排放量水平的0.8倍)并稳定在大约2019年的二氧化碳排放水平。到2050年，排放量将比ISO基线排放量减少68%，其中21%来自航空器技术、6%来自运行和41%来自燃料。到2050年，以燃料/收费吨公里衡量的全球燃料效率将每年提高1.35至1.47% (与国际民航组织2%的全球燃料效率理想目标相比)。

4.2.4 至于IS3情景，2050年剩余二氧化碳排放量可能达到 $\approx 200 \text{ MtCO}_2$ (2019年二氧化碳排放水平的三分之一)和2070年达到 210 MtCO_2 。2050年的排放量将比基线情景 (ISO) 减少87%，其中21%来自航空器技术、11%来自运行和55%来自燃料。到2035年，以燃料/收费吨公里衡量的全球燃料效率将每年提高1.42至1.60%。在这种涉及使用氢等非现成代用燃料的情景下，国际民航组织2%的全球燃料效率理想目标已经过时 (基于喷气机燃料/收费吨公里指标)，需要调整。到2050年，以兆焦/收费吨公里衡量的全球燃料能源效率将每年提高1.55至1.67%。

4.3 未来国际航空排放状况

4.3.1 根据4.2所述的二氧化碳排放趋势，CAEP计算了2050年和2070年国际航空累积的二氧化碳排放量 (见图2)。IS1情景将导致2020年至2050年国际航空的累积残余排放量为 23 GtCO_2 ，2051年至2070年为 23 GtCO_2 。至于IS2，将导致2020年至2050年国际航空的 17 GtCO_2 和2051年至2070年的 11 GtCO_2 。IS3从2020年到2050年，国际航空产生 12 GtCO_2 ，从2051年到2070年产生 4 GtCO_2 。

4.3.2 CAEP随后使用政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 的数据，将这些结果用于将全球变暖限制在 1.5°C 和 2°C 的全球碳预算的背景下。如附录R3所述，尽管IPCC和CAEP的分析采用不同的方法并使用各自的不确定要素，但这种比较仍然很有价值。

4.3.3 在这种情况下，从2020年初开始，将全球变暖限制在 1.5°C 的累积剩余全球人为估计二氧化碳排放量为 400 GtCO_2 ，概率为67%。根据这个情景，国际航空可能约占总数的4.1至11.3%。对于 2°C 的变暖限制，剩余的允许碳排放量估计为 1150 GtCO_2 ，概率为67%。根据这个情景，国际航空可能约占总数的1.4至3.9%。基于达到温度目标的50%概率的比较数值可在附录R3的附篇A中找到。

4.4 与综合情景相关的成本和投资

4.4.1 CAEP评估了与LTAG情景相关的成本和投资 (参见图3的摘要和附录的详细信息和时间分布等)。需要注意的是，与情景相关的成本和投资并不意味着要将其添加到总累积成本。上游了洋河股份的一些投资以产品递增价格的形式传递给下游 (例如，燃料供应商的投资作为最低售价的一部分传递给运营人)。因此，成本和投资显示在一系列利害攸关方之中。

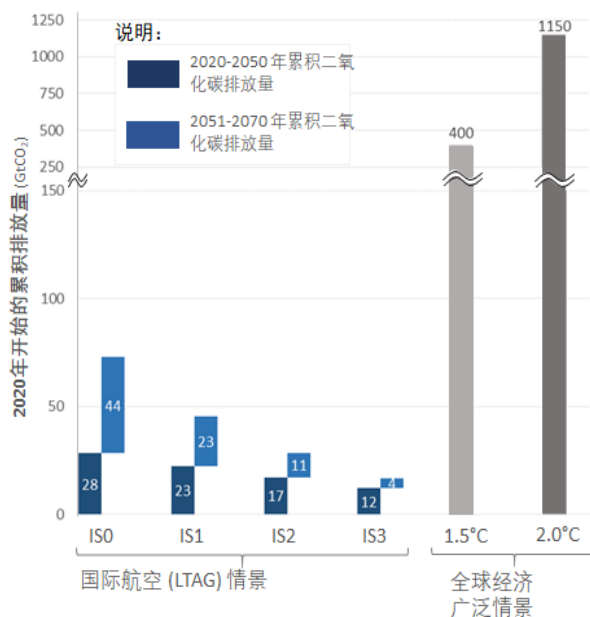


图2：国际航空在 1.5°C 和 2°C 范围内的累积二氧化碳排放量

4.4.2 国家(即政府)的投资：为了支持航空器技术的发展，国家可能需要对研发作出投资。在IS1情景下，到2050年的投资可能在150亿美元到1800亿美元之间。为了支持IS2和IS3下的先进航空器构型和/或能源系统(即氢动力航空器)，投资数额可能会增加到750亿美元到8700亿美元。

4.4.3 航空器制造商的投资：为了实现IS1中的航空器技术改进，航空器制造商约需在2020年至2050年期间投资1800亿美元(范围为1500至3800亿美元)。每年投资大约60亿美元。开发非常规构型的航空器(IS2)和氢动力航空器(IS3)将需在2020年至2050年大幅增加投资约3500亿美元(范围为2600亿美元至10000亿美元)。

4.4.4 燃料供应商的投资：要开始扩大IS1下的燃料产能，到2050年燃料供应商需要投资约13,000亿美元，分别为到2050年投资4800亿美元于SAF生物质燃料(2050年19%的国际航空能源用量)、7100亿美元用于气态废物的SAF(8%)和500亿美元用于LTAG低碳航空燃料(LCAF)(7%)。到2050年，扩大IS2下的燃料生产规模需要作出23,000亿美元的投资。最后，在IS3下，到2050年约需投资32,000亿美元，分别为投资9500亿美元用于SAF生物质燃料(2050年42%的国际航空能源用量)、17000亿美元用于气态废物的SAF(46%)、4600亿美元用于大气二氧化碳的SAF(10%)、600亿美元用于LTAG-LCAF(0%)和550亿美元用于氢气(2%)。这些资本支出用于绿地燃料生产厂，并未因基线情景(IS0)所需的对常规燃料行业的投资而减少。此外，CAEP分析中作出的投资将促进当地经济发展(例如，使用可再生或废物原料生产SAF的炼油厂将刺激农村经济发展和机会)。

4.4.5 机场的成本和投资：为了实施运行措施，在LTAG情景中，机场可能需要花费或投资20亿美元至60亿美元。此外，在2035年后氢能航空器可能投入使用的IS3情景下，到2050年，机场可能需要投资约1000至1500亿美元于基础设施。

4.4.6 空中航行系统提供者(ANSP)的成本和投资：到2050年，LTAG的具体运行措施需要ANSP的投资和成本从110亿美元到200亿美元。

4.4.7 运营人的成本和投资(航空公司)：到2050年，通过技术改进纳入机队的航空器将减少航空公司的燃料消耗和运行燃料成本约7100亿美元至7400亿美元。可能需要增加投资，以支付任何递增的航空器价格(技术改进后)，这将减少航空器技术改进对航空公司带来的净节省。到2050年，运行措施的实施可以减少运营人的燃料成本约2100亿美元至4900亿美元，但将需要400亿美元至1550亿美元的额外成本和投资。在基准情景中，以燃料递增成本(最低销售价格)与传统喷气机燃料相比的燃料相关成本对运营人的影响最大。在IS1情景中，与传统喷气机燃料相比，航空公司采购燃料的成本可能增加11000亿美元，其中采购SAF生物质燃料、SAF废物燃料和LCAF分别为3000亿美元、7700亿美元和500亿美元。在IS2下，递增燃料成本约为27000亿美元。最后，在IS3情景下，从2040年开始，100%的传统喷气机燃料将被可持续航空燃料取代，到2050年，航空公司的成本将达到40000亿美元(分别为16000亿美元、18000亿美元、6000亿美元、600亿美元和100亿美元用于SAF生物质燃料、SAF废物燃料、大气二氧化碳SAF、LCAF和氢气)。

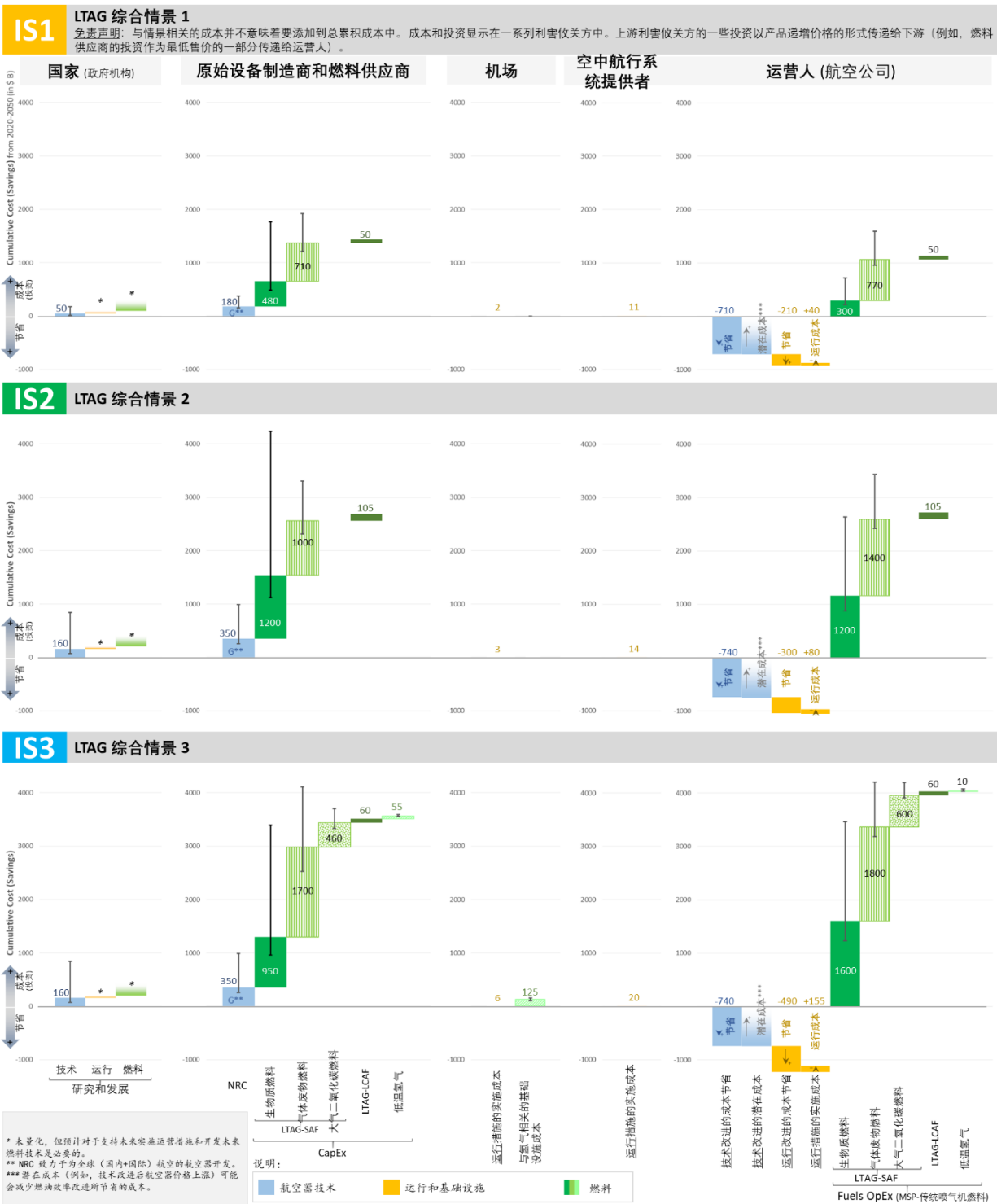


图3：与LTAG综合情景相关的综合成本和投资

4.5 航空交通预测的影响

4.5.1 上面描述的情景以中间交通量预测为基础。CAEP还评估了更高和更低的交通量预测的潜在影响。图4显示在各类LTAG情景和各种交通量预测水平下，国际航空的残余二氧化碳排放量(航空器技术和运行作出改进以及LTAG-SAF、LTAG-LCAF和氢气等非现成代用燃料减少排放之后)。

4.5.2 在IS1情景下，2050年的二氧化碳排放量可能在730到1160 MtCO₂或在中间交通量情景的+/-23%之间和2070年的920到1880 MtCO₂(在中间交通量情景的+/-35%之间)。在IS2情景下，2050年的二氧化碳排放量可能在420至590 MtCO₂(中间交通量情景的+/-16%之间)和2070年的490至950 MtCO₂(中间交通量情景+58%至-18%之间)。最后，在IS3情景下，交通量预测可能会影响2050年的残余二氧化碳排放量水平，范围为150至260 MtCO₂(在中间交通量情景+/-27%之间)和2070年130至280 MtCO₂(中间交通量情景+/-38%之间)。

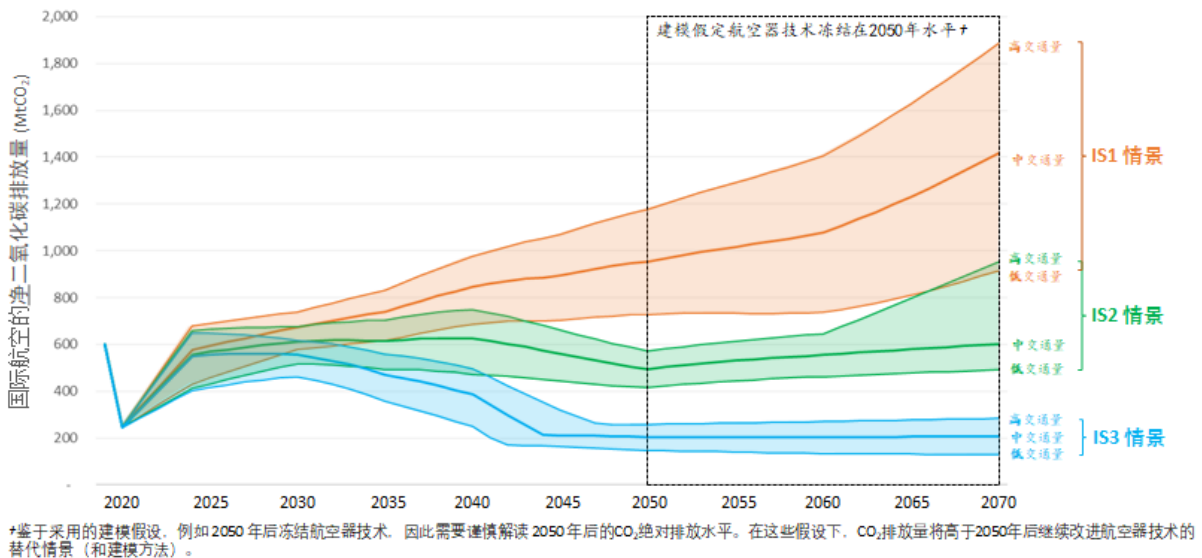


图4：交通量情景对LTAG综合情景的残余二氧化碳排放量的影响

4.6 IS3情景敏感性分析以检验可持续航空燃料的重要性

4.6.1 如第3.1节“综合情景”所述和第4.2节“国际航空二氧化碳排放趋势”所示，LTAG-TG制定了三个综合情景，以探索推动技术、运行和燃料后的各种残余二氧化碳排放量。在制定综合情景的审议中，LTAG-TG认识到可以将技术、运行和燃料情景进行多种组合，以形成“替代综合情景”，与“综合情景”不同，对这些情景未进行详尽审查。此外，技术、运行和燃料小组围绕着衡量特定情景作出一系列估计。例如，LTAG-TG技术小组为航空器技术改进制定了较低、中等、较高的进展估计（详见附录M5）。LTAG-TG运行小组对运行改进进行了低度、中度和高度的估计。这些衡量特定情景和各种估计数的不同组合为基于情景和敏感性的分析提供了基础。

4.6.2 图5显示作出较低技术和运行改进的IS3情景的敏感性分析。右侧的图表与图1类似。中间的图表说明中间技术和运行的情况，其中先进的管翼和非常规航空器使用现成代用燃料与可持续航空

燃料3情景一致，到2050年达到228 MtCO₂。同样，在技术和运行改进较低的情景中，调整F3情景以确保该情景的内部一致性，到2050年，二氧化碳排放量可能达到244 MtCO₂。这些结果表明，有多种途径可能达到相似的二氧化碳排放量水平。它们还表明，LTAG的情景和分析切中要害以及燃料将对国际航空交通量的增长与其二氧化碳排放量脱钩作出关键性的贡献。

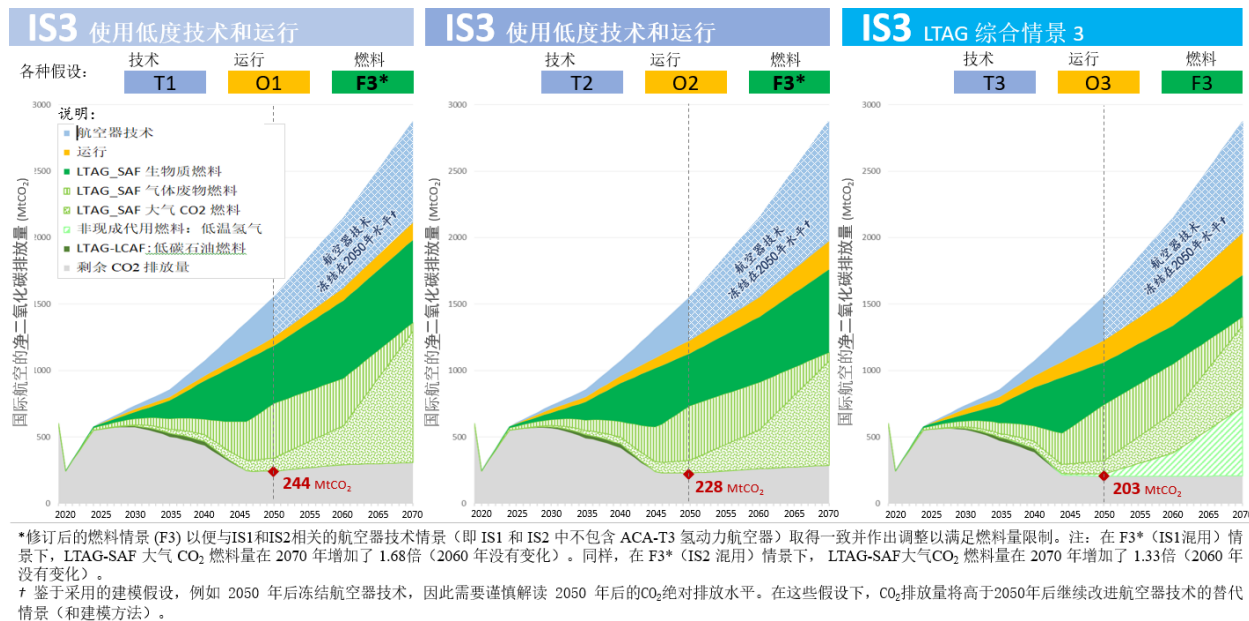


图5：作出较低技术和运行改进的IS3情景的敏感性分析

4.6.3 没有显示技术的敏感性分析，因为这三种技术情景之间的减排差异不大。此外，由于相对于技术和燃料的贡献，它们的排放减少相对适度，因此没有为运行进行敏感性分析。

5. 关于选项的考虑

5.1 根据 LTAG-TG 可行性研究的结果，下面确定了一些指标的技术备选方案，这些指标可用于可能的长期理想目标的可行性讨论。这不是一份详尽的清单，当然可以考虑其他方式进行讨论。

- a) 通过这些措施可能实现的年度排放量水平；例如，2050年达到950、500或200 MtCO₂(基于评估的综合情景)。使用早于2050年作为参考年可能无法提供采用LTAG的一项主要好处预期达到的长期确定性。鉴于基本预测和通过全球机队传播先进技术的不确定性，使用2070年之后作为参考年会增加不确定性，并且根据这一分析，可能不一定会实现更高的行业内理想水平。
- b) 里程碑年份的中间航路点可以及时为排放状况添加轨迹。
- c) 国际航空行业在一定期间的累计总排放量，例如2020年至2050年的23、17或12 GtCO₂(基于评估的综合情景)。这个行业的累积总排放量将最接近地转化为大气温度响应，并允许在不需要中间航路点的情况下监测取得的进展。否则，应适用上述类似的考虑。

5.2 由于全球长期理想目标任务组的范围仅限于考虑行业内措施，全球长期理想目标任务组的分析没有考虑行业外的措施。

6. 其他考虑因素

6.1 对航空增长的影响：CAEP 考虑了与依据 LTAG 情景拟定的措施相关的总体成本(和投资)对航空增长产生的潜在影响。虽然很难定量评估对久远未来的航空增长的这些影响，但 CAEP 指出，虽然 LTAG 可能会增加运行成本，但一些成本可能会转嫁给飞行大众。鉴于与国际航空相关的价格弹性相对较低(以及长途旅行的旅行选择有限)，对航空增长的影响可能有限。一些研究回顾发现，不同地理航空旅行市场之间存在统计学上的显著差异。可能增加弹性的主要驱动因素是市场成熟度低、短距离航线占主导地位、低成本航空公司的出现和包机航空公司的存在、中产阶级的出现和存在自由定价规则。此外，预计航空将继续为国家、地区和全球经济带来好处。

6.2 地区影响总结：航空器技术和相关设计决策将继续因应全球市场的需求，不会因地区而有差别。各个地区或国家的航空器运营人将购买符合其需求的最佳航空器。预计在落实业务措施方面也会出现地区差异。预计燃料的生产和采用会出现最显著的地区差异。这是由于一系列因素的缘故，例如各地区有否废物和生物质原料、二氧化碳和液态氢、可再生能源、市场动态和基础设施。

6.3 对噪声和空气质量的影响：在所有三种情景中，交通量的增加将导致噪声和 NO_x 排放总量的增加。然而，噪音和当地空气质量仍是优先事项，特别是在个别机场周围，当地规则和收费将继续影响一些航空器的设计。航空器技术的进步通常会降低噪音和排放，同时减少燃料消耗。运行效率也可能不会对噪音产生好处，但预计不会对当地空气质量产生影响。LTAG-SAF 和低温氢气都有较低的颗粒排放量，而且不产生硫化物排放，这对空气质量和尾迹形成都有好处，并且不会对噪音产生影响。

6.4 与 CAEP/12 趋势的比较：将三种 LTAG-TG 情景 (IS1、IS2 和 IS3) 下的二氧化碳排放量与 CAEP/12 环境趋势分析的燃料情景 4 下计算到 2050 年的排放量进行比较。这两组分析的基线 (LTAG-TG 的 IS0) 是相同的。LTAG-TG 情景 IS2 下的剩余行业内排放量非常接近 CAEP/12 趋势燃料情景 4 下的排放量。2050 年，LTAG-TG 综合情景 IS1 和 IS3 分别给出了比 CAEP/12 趋势情景更高和更低的二氧化碳排放量。详细信息载于附录 R2。

6.5 实施路线图：到 2050 年及以后，航空器技术、运行措施改进以及燃料开发和扩大规模将需要一系列推动因素和条件。这些在附录 R1 中作了说明，在相关方法附录中提供了更多详细信息。

6.6 监测实现目标的进展：预期将有一个过程来监测实现最终设定的任何目标的进展。最好不要重复现有流程或将责任寄托在非国家行为者身上。各国根据 A40-18 号决议第 10 条自愿提交的国家行动计划可作为各国分享实现目标的进展的一种机制。如果目标一旦获得通过，CAEP 可以利用附件 16 第 IV 卷所载的开发二氧化碳排放报告机制取得的专业知识，开展未来就指标、报告机制等方面提出建议的工作。

6.7 审查：国际民航组织可能需要审查最终通过的任何目标以确保其仍然适用，同时考虑到以下信息：实现目标的进展、技术发展、其他行业的进展、成本和对国家和航空利害攸关方的其他影响、最新的科学知识。如果考虑采用三年期审查流程，它可以与 CAEP 和大会会议保持一致，以审查进展并建议/决定任何调整，这类似于 CORSIA 定期审查。

6.8 能力建设： 还可能需 要能力建设和援助来实现这些情景，作为可能类似于成功的 ACT-CORSIA 的总体培训方案的一部分，其中可能包括各国可以实施以实现各项目标的解决方案的讲习班，包括了解可能的成本以及在监测和测量国际航空二氧化碳排放方面的援助。

7. 最后报告的附录

7.1 全球长期理想目标任务组的这份研究总结是航空环保委两年工作的结果。一组辅助性文件还提供了建模办法、方法、模型、假设和结果，以体现透明度和全面性。

7.2 最后报告中的总结表(附录 R1)提供了关于结果、其解释和实施技术、运行和燃料措施的路线图等额外信息。附录 R2 提供了全球长期理想目标任务组(二氧化碳排放)趋势与 CAEP/12 温室气体(二氧化碳排放)趋势之间的比较。附录 R3 将全球长期理想目标任务组研究的结果置于累积排放的背景下，以将温度升高限制在 1.5°C 和 2°C 以下。最后，附录 M1 提供了有关开发情景的方法以及成本(投资)估算办法、方法和结果的详细信息。附录 M2、M3、M4 和 M5 分别提供了有关预测、技术、运行和燃料情景的详细信息。有关气候科学背景的附录 S1 载有向全球长期理想目标任务组提交的综合情景组报告，以及其中描述全球长期理想目标任务组总体活动和工作方法背景的附录 B1。

附录列表：

附录R1：总结表	https://www.icao.int/environmental-protection/LTAG/Documents/ICAO_LTAG_Report_AppendixR1.pdf
附录R2：趋势比较	https://www.icao.int/environmental-protection/LTAG/Documents/ICAO_LTAG_Report_AppendixR2.pdf
附录R3：背景及结果	https://www.icao.int/environmental-protection/LTAG/Documents/ICAO_LTAG_Report_AppendixR3.pdf

关于方法的附录

附录M1：在取得结果方面所用的建模办法概述	https://www.icao.int/environmental-protection/LTAG/Documents/ICAO_LTAG_Report_AppendixM1.pdf
附录M2：预测	https://www.icao.int/environmental-protection/LTAG/Documents/ICAO_LTAG_Report_AppendixM2.pdf
附录M3：技术	https://www.icao.int/environmental-protection/LTAG/Documents/ICAO_LTAG_Report_AppendixM3.pdf
附录M4：运行	https://www.icao.int/environmental-protection/LTAG/Documents/ICAO_LTAG_Report_AppendixM4.pdf
附录M5：燃料	https://www.icao.int/environmental-protection/LTAG/Documents/ICAO_LTAG_Report_AppendixM5.pdf
附录S1：气候科学状况	https://www.icao.int/environmental-protection/LTAG/Documents/ICAO_LTAG_Report_AppendixS1.pdf
附录B1：背景	https://www.icao.int/environmental-protection/LTAG/Documents/ICAO_LTAG_Report_AppendixB1.pdf