

第九章 航空节油策略

在民航业，油耗是航空承运人最大的成本支出。受经济和环保等因素影响，节油已成为航空承运人关心的头等大事。美国航空运输协会(ATA)2012年1月的最新行业报告显示，从2000年至2011年第二季度，航空燃油费用涨幅高达267%，成为运营成本中上涨最快的部分。ATA还表示，即使航空公司的用油量增加不多，但支出增加依然很大。

近年来，随着国际油价的持续大幅下跌，给航空公司送来了“减负”大礼包。但是，低碳经济已成为全世界新的发展趋势以及国与国之间新的竞争手段，中国提出到2020年单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年下降40%~45%的自主减排目标，对民航的节油工作提出了更高要求。根据2013年年报数据显示，东航、南航、国航的燃油成本分别为306.8亿元、355.4亿元和337.2亿元，分别占据营业成本的38.2%、40.8%和40.8%。南方航空在2013年年报中称，航油成本仍然是航空公司最主要的成本支出，航空公司开展节油的形势依然十分严峻。

在推进“节约型社会”的大环境下，强调在安全运行范围内，节约燃油，以航空公司效益最大化为运营最终目标，这不仅是我国航空公司进一步发展的要求，更是我国民航事业整体强大的需要。

第一节 航空节油策略概述

一、国内外现状

节省燃油，常常简称为节油或省油，这意味着较高的燃油效率、经济性和较长的燃油里程。为了达到燃油消耗或总成本（即航空公司主营业务成本，运输成本或运营成本）最小化的目的，而对航班的运行过程以及对执行航班的飞机状态进行管理。其中，对航班运行过程的管理是动态的，主要内容是航班的高效率运行；对飞机状态进行的管理是静态的，主要包括围绕燃油经济性而对飞机外表面和动力系统的维护，以及飞机的重量控制等内容。

纵观国内外相关研究，已经出现一些适合不同国家国情的解决方案。

美国联邦航空局（FAA）副局长 Robert A. Sturgell 认为应开展交通流量管理（TFM），减少因天气、故障原因的返航备降。目前美国通过开展 TFM，

降低运行成本和减少延误，每年节省约 3 亿 4 千万美元。FAA 参与和支持了其他已获得明显节油成效的空管技术和程序工作，如缩小垂直高度间隔 (DRVSM)。此外，新一代航空运输系统 NGATS 对未来高效的航空系统做出了规划。

美联航的 Gene Cameron 分析认为：有限的国境入境航路点，有可能受天气影响，并可能造成燃油浪费。北美至亚洲的极地飞行始于 1999 年，3 个进出点支持了北美和中国重要城市间的飞行，极大地降低了燃油成本和空域飞越费用，小改善带来了大效益。

国际航协推出的节油计划 (IATA-SFCP)，主张节油从基础设施和航路改进入手，总结行业内有关节油的最佳做法，由专业人士编写《燃油手册》。IATA 还提出“节约一分钟”的倡议，即通过优化航路等措施减少飞行时间。

花旗集团的 Eric Sim 对航油的套期保值进行了研究，利用掉期、期权、区间三段式期权等工具进行套期保值。

波音公司对融合式翼梢小翼进行了研究。通过美国西南航、中国国航与波音的联合评估，翼梢小翼已经得到证实的优点有：增加有效翼展，减少翼梢涡流能量，改善气动性，获得更低的轮挡油耗，获得更高的巡航高度等。目前，全球共有 1000 架 B737-700、737-800 等使用翼梢小翼的机型均已取证

并投入服役，全球用户达 75 家。

柯林斯公司认为，目前空管部门的概念不利于提高燃油效率。通过将机载 FMS 计划功能与空管耦合，可实现近于最优的运行方式。

近年来，我国各航空公司也将节油工作的重视程度大大提升。

在航空公司实践方面，南方航空在国内率先编制完成《节油手册》，主要针对飞行、机务、运行和飞机减重四个方面的技术手段进行规范，制定了基于数据统计的各航线固定节油标准政策。随后，山东航空也编制了类似技术手册，采用参照飞行计划灵活耗油量的节油标准政策。

南方航空的田晓东指出：节油是一项系统工程，对航空公司而言，减少不必要的飞机重量可以大大降低燃油成本；精细飞行计划和飞行员的科学实施，乃至二次放行技术都可以减少油耗并提高业载能力。胡海青认为，运行控制中心（SOC）可通过以下途径实现节油：科学制作飞行计划，国际运行二次放行技术，灵活航路，北极航路，及时调整航班计划，减少技术经停，选择航路备降，提高放行可靠率，利用燃油差价带油等。

厦门航空的章明重点就飞机维修对燃油消耗的影响进行了研究：飞机机身迎风面的光洁度对阻力和燃油经济性将产生最为显著的影响。APU 的不当使用、气源和增压系统漏气也常常造成不必要的油耗。建立适当的程序，按

照检查程序对相关飞机部件进行有针对性的定期检查和修理、校准，可以有效提高飞机的燃油经济性。

北京航空航天大学的王小宛教授认为，节油涉及民航运行链的各个环节，节油成败往往取决于各部门间的合作。她从飞机性能和部分航空公司实践角度，较为全面地提出了若干节油措施、方法。张永顺教授从航线飞行耗油的物理特性出发，以现代系统工程观念和数学规划，求解最小油耗，确立了飞行巡航耗油最小的数学规划表达。

中国气象局的章澄昌教授对航空气象导航及相关问题进行了研究。他认为，当前民航节油可以从以下几个方面入手：由场面气压、气温进行业载核算，充分利用跑道，选择最佳滑行距离，优化起降方案；备份油量化，考虑季节、天气因素，既保证安全，又压缩过多燃油余量；参考国外提出的积分航程概念，根据飞机重量及其变化规律，对巡航高度、气象条件和飞行速度进行精确计算；结合天气预报，考虑航程中可能遇到的重要天气区，趋利避害，选择最佳航线。

二、相关政策法规

每个航班在做飞行计划时，应根据运行类别和飞行性质，按照适用法规、

规章的要求计划并加注所需的燃油量。例如，中国民用航空规章 121 部 (CCAR-121) 规定，营运人在进行国内定期载客运行时，所需的燃油量需满足 CCAR-121.657 条的要求。

第 121.657 条 国内定期载客运行的燃油量要求

(a) 除本条 (b) 款规定外，签派飞机或者使飞机起飞时，该飞机应当装有能够完成下列飞行的足够燃油：

(1) 飞往被签派的目的地机场；

(2) 此后，按照规定需要备降机场的，飞往目的地机场的最远的备降机场并着陆；

(3) 完成上述飞行后，还能以正常巡航消耗率飞行 45 分钟。

(b) 经局方批准，合格证持有人可以采用由预定点飞至备降机场的方法确定燃油：签派飞机起飞前，该飞机应当装有足够的油量，经预定点飞至备降机场，此后以正常巡航消耗率飞行 45 分钟，但所载油量不得少于飞至所签派的目的地机场，此后以正常巡航消耗率飞行 2 小时所需要的油量。

在进行国际定期载客运行和补充运行时，所需的燃油量需满足 CCAR-121.661 条的要求。

第 121.661 条 除涡轮螺旋桨发动机飞机之外的涡轮发动机飞机国

实际定期载客运行、补充运行的燃油量要求

(a) 在实施国际定期载客运行和补充运行的情况下，除了经局方在其运行规范中批准外，签派或者放行涡轮发动机飞机（涡轮螺旋桨发动机飞机除外）飞行，或者使其起飞时，应当在考虑到预计的风和其他天气条件后，飞机有足够的燃油完成下列飞行：

(1) 飞往目的地机场并在该机场着陆；

(2) 从起飞机场到目的地机场并着陆所需总飞行时间的 10% 的一段时间的飞行；

(3) 此后，按照规定需要备降机场的，由目的地机场飞至签派或者放行单中指定的最远备降机场并着陆；

(4) 完成上述飞行后，还能以等待速度在备降机场，或者当不需要备降机场时在目的地机场上空 450 米（1500 英尺）高度上在标准温度条件下飞行 30 分钟。

(b) 签派或者放行涡轮发动机飞机（涡轮螺旋桨发动机飞机除外）飞往按照本规则第 121.641 条（ a ）款第（ 2 ）项或者第 121.642 条（ b ）款未规定备降机场的目的地机场时，应当在考虑到预计的风和其他天气条件后，有足够的油量飞到该机场，然后以正常巡航消耗率至少飞行 2 小时。

(c) 如果局方认为，为了安全，某一特定航路有必要增加油量，局方可以修改实施国际运行的合格证持有人的运行规范，要求其携带的油量多于本条(a)款或者(b)款中规定的最低限度。

(d) 对于在国内实施的补充运行，按照本规则第 121.660 条的规定计算燃油装载量。

以上规定是对航空承运人实施开展运行的一般性燃油量要求，也是最低量的法规性要求。这是节油工作的特性之一，即对某个航班所采取的节油措施应当在中国民航航空规章的法律框架下进行，以保证航空器的安全。

除此之外，民航局还编制了《民航行业节能减排规划》，初步搭建了行业管理平台。目前，该规划已由民航局和国家发改委联合颁布实施，成为交通领域颁布的第一个行业节能减排规划。

三、节油技术方法及措施

1. 飞行前做好充分准备

及时了解当天的起飞机场、备降机场、目的地机场及航路天气，对一些系统性天气，如雷雨、大风、低温降雪，有预判和准备。对机场地面跑道、导航设施、进近及区域管制等再次熟悉，做好预加备份油的准备。如各项因

素满足,且不存在边缘天气条件或目的地机场及航路没有大面积雷雨降水时,可按燃油政策,在保证预计到达油量(EFOA)的情况下,根据配载和运行条件对照签派放行油量计算出起飞油量,避免多加油。分析高空风,判断最大和最小高空风的高度层。尽量及时了解当次航班的载量,现在航空公司都会及时提供如计算机飞行计划一类的资料,这是一个重大的进步,可以让飞行员在起飞前就清楚飞机在什么高度飞行最有利。

2. 合理使用地面设备

地面过站尽量使用桥载设备,如地面电源、空调。对于APU(辅助动力装置)的使用,凡有电源车或其他外接电源的,要尽量利用这些机外设备,没必要长时间启用APU。据估算,每飞行一天,若只用APU,其工作量为5~6小时,除了耗油外[波音737机型APU每小时最少要用68千克(150磅)燃油],本身航材运行成本也相当高,长年累月使用,会使APU的故障率上升,成本增加。因此,在基地“航前准备”和“航后检查”时宜全部使用地面电源(因为工作时间较长),在外站,条件允许时,要提倡多用外接电源。在起飞前15~20分钟启动APU较为合适。因此应减少APU处于工作状态的时间,例如当飞机落地后滑行时,应该控制好APU的启动时机,在某些比较大的繁忙机场,地面滑行时间是很长的,做到这点对节油是很有必要的。

3. 减少飞机营运空重

减少飞机营运空重是航空公司必须考虑的问题,737-700/800 机型着陆机重减轻 453.6 千克 (1000 磅), 航程油耗可减少 0.6%。在众多影响重量的因素中, 作为飞行员, 应着重关注燃油和水的加注, 据测试, 对有水计量仪表的飞机, 60%的加水量足以满足日常客运需求。

4. 滑行阶段

如果在地面时存在航空管制, 就应该合理选择启动发动机的时间, 离开廊桥前不启动发动机, 避免在地面进行不必要的燃油消耗。在地面滑行的时候要综合判断地面交通的运行状况, 运用推力管理尽量保持合理的滑行速度与滑行间隔, 力求避免燃油和刹车的内耗。起始滑行时, 注意控制好速度, 尽可能少加油门。避免猛加油门, 缓慢增加推力, 飞机能够滑动就不再增加推力; 缓慢增速, 合理控制速度, 不是必须时不要将飞机完全停住, 因为再次起步需要更大的推力。

5. 爬升阶段

如果条件允许, 尽量采取减推力起飞的方式, 进行合适的起飞推力设定。因为减推力起飞是在满足起飞性能前提下最有效的起飞节油手段, 同时可降低发动机维修成本和延长其寿命。在满足各方面性能的前提下, 尽快地使飞

机处于光洁形态，消除不必要的阻力形态带来的额外燃油消耗。大家都知道，在飞机的爬升阶段，发动机处于大马力、大油耗阶段，所以缩短飞机在这个阶段的时间，尽可能争取早一点达到最理想的巡航高度，势必能节省一定的燃油。低高度平飞或缓慢爬升都会增加在低空的滞留时间，导致过大的燃油消耗，应尽快爬升到巡航高度。但不要用速度换高度，尤其在高高度、大马力时，恢复速度所需的燃油远多于提前到达高高度节省的燃油。有些飞行员采取最大爬升率爬升的方式，实际上这有些误解。因为 FMC 的最大爬升率指能够在最短的时间达到最佳巡航高度，但由于绝对速度小，前进的距离也短。B737、B757 机型的机组训练手册上都指出用经济 (ECON) 速度将节省更多的燃油。使用 FMC 推荐的速度飞行，根据 737 手册推荐，280 节/M 0.76 是比较经济的速度。