



白皮书

Openairlines

更多了解
单发滑入



www.openairlines-skybreathe.cn



更多了解 单发滑入 (EOTI)

目录

第1章		单发滑入	第4页
第2章		EOTI 基本要求	第6页
第3章		可节油多少?	第8页
第4章		飞行员如何作为?	第12页
第5章		监控性能	第16页



第1章 单发滑入

什么是EOTI?

为何执行EOTI?



什么是单发滑入？

单发滑入，是在滑入阶段（例如从着陆跑道滑向机位过程中）飞机可使用的最佳燃效实践。

其原理是在执行滑行时，关闭单台发动机或多台发动机（如为四发飞机）。但极为重要的是，为保持发动机时寿，关闭发动机前应遵守制造商规定的发动机冷却时间。

对于某些飞机来说，该过程应使用APU。以及，根据刹车及前机轮转向系统压力需要来选择发动机的使用。

为何执行EOTI？

执行单发滑入的四项主要原因：

- 1. 节约燃油**
这是众多运营商或飞行员进行单发滑行的主要原因。
- 2. 降噪**
随着机场当局对于噪音污染的限制愈发严格，关闭一台发动机将有助于降低机场周围噪音。
- 3. 减少发动机磨损**
对于双发飞机，在滑行中执行单发滑行可降低外缘物损伤 (FOD) 风险。
- 4. 便于刹车维护**
针对支线喷气飞机，飞行员需持续使用刹车器进行滑行减速。而使用单发滑行时，发动机慢车推进则将减少使用刹车装置。



第2章

EOTI 基本要求



培训与熟悉操作练习

机组需培训并熟悉练习单发滑入程序, 在其熟练掌握后, 几乎可于每次着陆后加以运用。安全须永为优先注意事项。

培训可在以下各方面助力飞行员:

1. 助其**掌握**飞机单侧小功率时不同的能量管理及惯性情况。
2. **习惯**小功率转弯。
3. 在指定机场, **知道**应何时安全关闭一台发动机, 基于:
 - **机场限制 (AIP)**, 比如针对何时单发关车, 需考虑机场实施限制。例如, 机场或要求使用全发滑行穿过跑道。
 - **冷却时间**, 基于维护目的, 单发关车前要求等待。
 - **滑行道条件** (是否污染, 可视情况, 风速情况): 在不良天气条件, 低视度或复杂风条件下, 通常建议保持全发滑跑, 从而保留更多功率, 对抗意外情况。
 - **穿越跑道**: 为避免出现意外 (airprox空中相遇潜在风险等), 通常建议保持全发滑跑穿行跑道, 以便快速腾空跑道。
 - **小角度转弯**: 急转弯时, 建议保持全发滑跑 (或至少保留对侧发动机运转), 从而易于操控。
 - **带坡度滑行道**: 如坡度较大, 建议保持全发滑跑, 避免需要过度推力。



第3章 可节油多少？

分秒必争 锱铢必较

关闭单发时通常节油效果如何？

下图为不同机型的典型节油效果与冷却时间。

Aircraft type code	Typical fuel saved (kg/min)	Typical cooldown time (seconds)
A320	5	180
B737	5	180
E190	4	120
A330	10	60
B757	6	120
B777	13	180
A380	14	300
B747	14	180
CRJ7	4	120
E145	2	60
E170	3	120
Q400	2	60
AT70	2	120

但需牢记航线燃油效率的计算方法：

其中包括了少量乘以大数。

即意味着仍需将最后几秒钟纳入考虑。



| 扫描二维码，阅读更多

关于数学那些事：
航空燃油效率背后的秘密公式

以例为证！

我们以一架单通道喷气飞机为例（比如A320或B737），在其**3分45秒**的超短时滑跑中，单发冷却时间为**3分钟**。

您也许认为这**45秒**并无意义！

然而，在每次航班中的这45秒单发滑行则意味着： $45\text{ s} \times 4\text{kg} / \text{min} = 3\text{kg}$

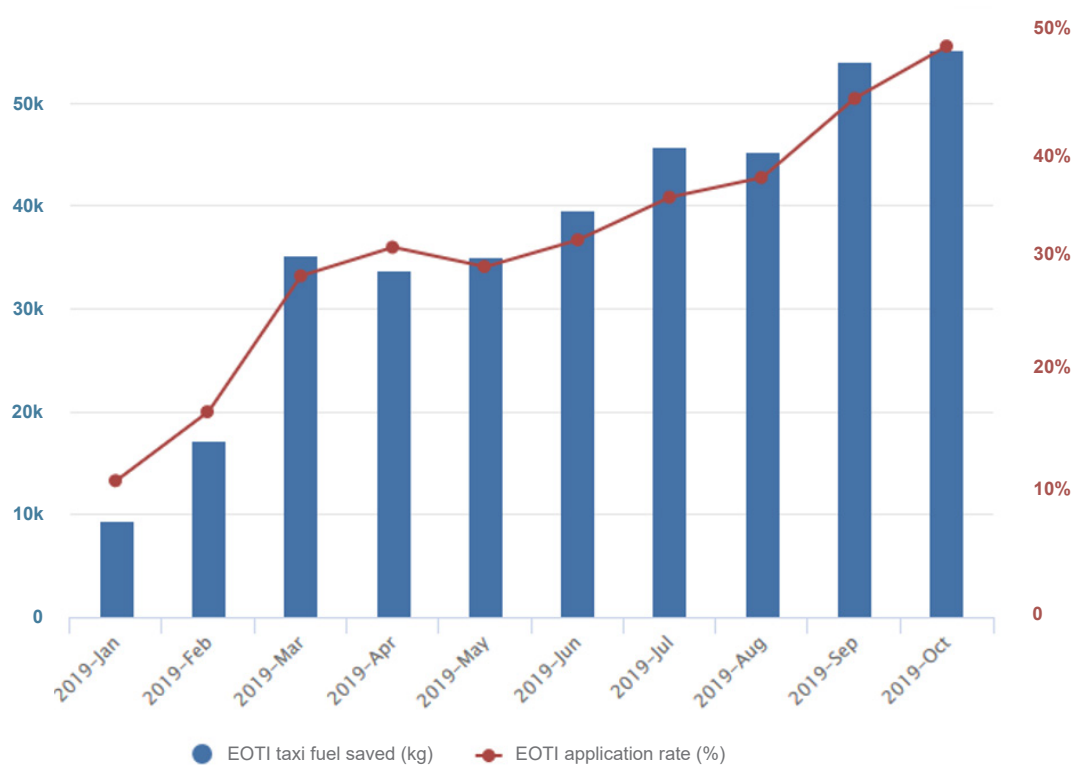
那么想象一下，若贵司每年运量为**30000班次**，节油总量将为：

$$3\text{ kg} \times 30,000\text{ 班次} = 100,000\text{ kg}$$



2019年挪威使用EOTI之成果

如下图所示, 在大约九个月的时间里, 挪威航空公司在其航线网络中已成功将该操作的使用率从约10% 提升至约50%。目前, 每月节油量业已超过55吨。





第4章

飞行员如何作为？

有所作为

一些飞行员或不愿运用单发滑入操作, 其主要原因如下:

- 上坡道滑行 (如Amsterdam-Schiphol 机场)
- 在最终转弯时, 担心未能正确操作
- 停止及前行时的过度消耗
- 穿越跑道
- 担心未能遵守冷却时间条件

若您希望增加单发滑入操作, 且不影响安全。可参考以下提示:

提供指导

针对何时且如何运用单发滑入操作, 提供指导及清晰程序。国际航空公司飞行员协会联合会 (IFALPA)已发布一份意见书, 其中给出了有趣的建议 (<https://www.ifalpa.org/media/2093/16pos03-engine-out-taxi.pdf>) :

- 检查机场刊物 (AIP) 是否提及有关如何执行单发滑入的限制。
- 检查FCOM是否描述有关EOTI操作程序。如文件陈旧, 可向贵司飞机制造商要求更新文件 (多数飞机具备发动机关闭程序)。
- 根据天气, 飞机重量及滑行道条件等, 定义该实践适用时间条件。
- 定义如何运用最佳实践的要求 (如非穿越跑道/滑行道时)。

沟通并赋权飞行员

定期与飞行员沟通, 提高其参与感, 并为其提醒程序及安全注意事项。

在我们看来, 增强单发滑入应用的最高效的办法是为飞行员赋权, 为其配备工具 (例如移动应用), 从而在其每次航班和最佳实践中收获个人可信任的反馈。

带来切实的情况

呈现贵司网络中的不同机场应用EOTI的切实情况。其旨在促进变更管理。重点关注那些更易实施最佳实践的机场, 且应进行:

- **滑入时间分析:** 确保时刻遵守发动机冷却时间规定, 且需考虑反推器的使用。
- **发动机推力分析 (N1或EPR):** 在执行发动机关车操作时, 监控此项参数, 以确保推力阈值非因转弯, 停止等原因而超限。



波音757-200 (达美航空) 于罗纳德里根机场 (华盛顿) © *Pierre-Selim Huard*



第5章 监控性能

定义标准

俗话说，无度量就无提高。那么，在考虑所有操作条件正确的情况下，如何跟踪应用，节油并保持时寿潜力呢？

首先，要定义在何种情况下可进行EOTI操作。必须考虑贵司实际的SOP（标准操作程序）及此前在第二章中描述的各项条件。

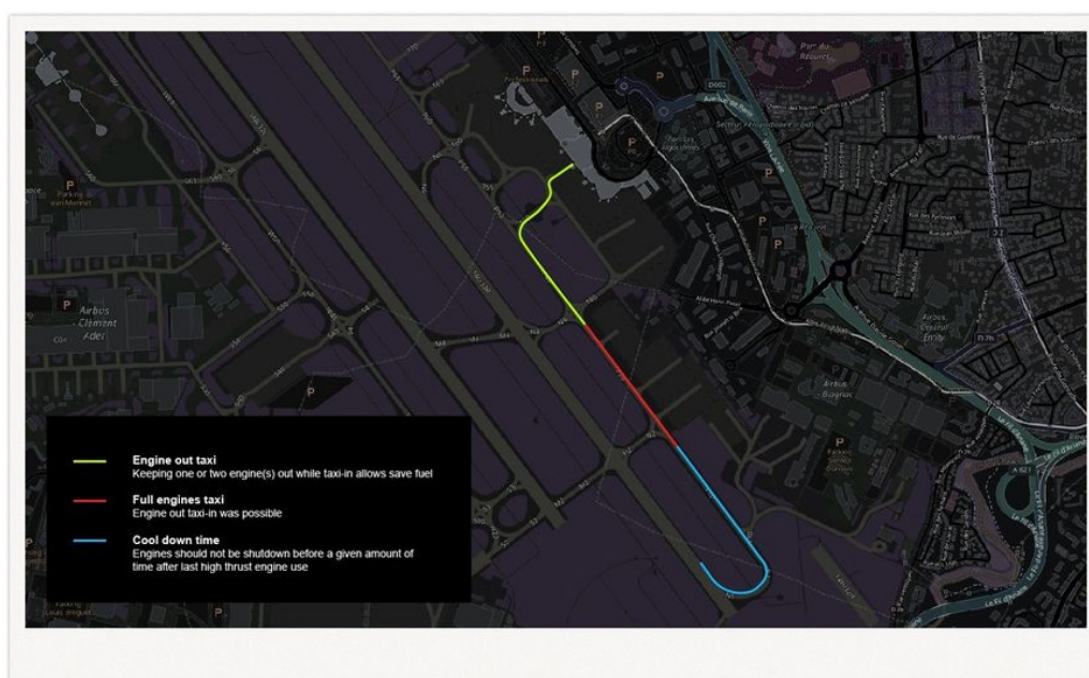
配备如SkyBreathe®的工具，贵司可精准定义最佳实践（Best Practice）的应用标准。这些标准包括：

- 机场与跑道规格
- 飞机规格
- 滑入持续时间
- 发动机冷却时间
- 天气条件（跑道污染，能见度，风力条件，温度等）
- 重量条件
- 及其他，包括所有标准的组合等

执行计算需知实际航飞，天气，飞机以及机场各项数据，例如完整的FDR记录，METAR，发动机特性以及AIP等。

SkyBreathe®将使用性能模型以及机器学习模型来计算附加指标，例如单发滑入应用的精准时间，应用的效果，所节约的燃油，或保持的时寿潜力。

以上所有指标均可通过一项名为MyFuelCoach™的移动应用，供飞行操作机械师用以分析，或供飞行员们在航行协同或总结时共享。这是一项简化变更管理，及协助优化应用EOTI的绝佳工具。



更进一步

- 若贵司飞行机组操作手册 (FCOM) 未涵盖单发程序, 请联系飞机制造商更新文件: 大多数商用客机均可执行单发滑入操作。
- 若您想获取更多信息, 请联系我们。我们的工程师可为贵司运行提供客制化研究服务。

参考书目

- Guidance Material & Best Practices for Fuel & Environmental Management (燃油与环境管理的指导材料及最佳实践), 第五版, IATA
- [Position on Engine out Taxi \(发动机关车滑行的意见书\)](#), 2016, The International Federation of Air Line Pilots' Associations (国际航空飞行员协会联合会)
- [Why do Pilots taxi only with one engine? \(飞行员为何单发滑行?\)](#), 由Joe机长解释, YouTube 视频

联系方式



OpenAirlines
31 rue Alsace Lorraine
31000 Toulouse
FRANCE



电话: +33 (0)5 31 61 52 10
传真: +33 (0)5 31 61 52 19



www.openairlines-skybreathe.cn