

内部资料
注意保存

航协资讯

2018 年第 9 期（总第 86 期）

中国航空运输协会

2018 年 6 月 8 日

第三届北京航空安全国际论坛专刊

美国尾流重新分类（RECAT）发展经验.....	3
积极推动新技术应用 提升空管安全运行效率.....	8
尾流再分类.....	12
高效配合缩短间隔.....	14
东航对尾流分类及进近间隔标准的研究.....	17

5月22-23日，由中国航空运输协会主办的第三届“北京航空安全国际论坛”成功举办，来自11个国家和地区的7家国际组织和协会、4家政府机构、50余家企业和科研机构的150余位代表出席会议。本届论坛以“推动航行技术应用，提升安全运行效率”为主题，与会代表以主旨演讲、专题发言和互动交流等方式，交流了尾流重新分类、机场多跑道独立运行和机场协同决策等航行和空管新技术，探讨了在保证安全的前提下，运用航行新技术有效提升空域容量和航班正常率的技术方法和途径。本期《航协资讯》对代表发言进行了摘选，辑成第三届北京航空安全国际论坛专刊，与各会员单位分享。

美国尾流重新分类（RECAT）发展经验

美国联邦航空局新一代航空运输系统办公室尾流项目经理

杰夫·蒂茨沃思

一、尾流重新分类（RECAT）的由来

美国的新一代航空运输系统中的多跑道运行（MRO）改善了平行跑道的使用，包括近距平行跑道，并且根据改进后的尾流重新分类标准缩小航空器尾流间隔，能够增加跑道基础容量和机场吞吐量。根据平行跑道的间隔不同，尾流重新分类改善了同一跑道的容量，不影响执行跑道间隔 ≥ 2500 英尺的机场进行独立或相关进近的能力；对相关进近来说，尾流重新分类还改善了间隔 < 2500 英尺的平行跑道进行独立离场。

二、尾流重新分类（RECAT）的促成因素

机队结构变化：90年代开始，支线飞行的涡轮螺旋桨飞机被机型更大的单通道航空器取代，并且重型航空器体量和飞行量增长；机场发展受运力限制；土地资源限制了新跑道建设。

目前的国际民航组织尾流分类间隔中，部分规定过于保守。

三、促使监管方考虑我们所提安全案例的因素

历史上沿用的间隔标准只有航空器之间应保持3海里雷达间隔（3海里标准基于相撞风险分析确定）。当规模更大的航空器投入使用并与稍小的航空器近距离飞行，便开始出现尾流间隔问题。

90年代早期，得益于安装在机场（如纽约JFK、旧金山SFO）的声学测风仪，能够在运行环境下对尾流涡流进行较好的测量。

2001年，激光雷达技术取得长足进展，能够支持研究传感器：独立运行；基于时间测量尾流强度和位置（或基于间隔距离）；在能见度较好的情况下保持全年24小时不间断测量。

美国联邦航空局的监管者，相较实验室环境下得出的结构或学科专业知识，更倾向于基于数据的安全评估结果。

四、尾流重新分类间隔矩阵

欧洲决定针对其机队结构优化尾流重新分类（RECAT）。所有尾流重新分类（RECAT）文件均提交至ICAO尾流紊流研究小组（WTSG）。FAA推动实施共同制定的尾流重新分类提议，在尾流重新分类（RECAT）进入第二阶段之前未针对美国机队结构再次优化。安全案例文件以安全风险文件（SRMD）的形式成为FAA内部安全文件的基础。

联邦航空局进行碰撞风险分析，以支持国家空域系统运行。收集的数据来自实时仪表气象条件（IMC）国家空域系统运行、试飞以及驾驶员和管制员人机回圈（Human-in-the-loop）模拟，用来确定：关于驾驶员和管制员反应时间、失误角度和严重性的概率密度函数；总系统误差、导航系统误差以及飞行技术误差；监视和自动化系统精确度，处理延迟以及显示能力。

五、FAA的实施决定

联邦快递、美国联合大陆航空公司及其他用户明确表态支持尾流项目，他们还参与完成安全风险文件（SRMD）所要求的安全风险管理专家组工作。2012年2月美国联邦快递向FAA管理当局请求孟菲斯机场（MEM）作为首个实施地点，并在2012年11月1日之前完成（从美国联邦快递及其他包裹递送公司业务旺季开始）。

机构目标的重要性。FAA和所有的大型组织一样，其下附属多家分支组织，担负不同职责，有着各自的工作重点和时限。将孟菲斯（MEM）的尾流重新分类（RECAT）项目设为机构的一项目标就能够组建一个综合产品团队。它并非正式组织架构，人员仍分部在其原有单位工作；但允许原本孤立的各单位遵守统一的时限向着同样的目标共同努力；各单位需向联邦航空局局长汇报其向共同目标努力的工作进度；主要客户（美国联邦快递）在以下领域是真正的合作伙伴：自动化、安全，培训、流程、优化国内人工使用情况以及调整空中交通管制塔和终端雷达进近管制设施的人员工作情况和管理方式。

六、美国RECAT项目实施情况

1. 自动化。雷达和飞行数据处理器、标准终端自动化替代系统（STARS）需要调整。

RECAT从5个类别的重量分类体系转变为6个尾流类别，从A388、重型机、B757、大型机和小型机变为超大型、较重的重型机、较轻的重型机、较重的大型机、较轻的大型机和小型机。对于管制员，还可通过以下方式降低工作复杂性：在数据块中强制出现RECAT类别，自动终端迫近告警（ATPA）。

标准终端自动化替代系统具有灵活性，允许“规则改变”，以便及时完成调整的要求，规则改变比改变调试数据略微复杂，但比软件的调整容易，工作控制用语所需能力近似。最后仍需要调整软件，大约需要12个月完成。

自动终端接近告警监控交通标识，支持RECAT，并非强制要求，但RECAT是能够与自动终端接近告警配合的更好产品。

2. 与飞行员团体/用户沟通。通过《航空情报手册》、《FAA尾流紊流资讯通告》（AC 90-23g）的方式进行关于尾流紊流及最佳实践的全面教育。通过运营人安全告警（SAFO）和美国航空公司飞行员协会（ALPA）的资料宣传，进行RECAT项目阶段的国家通告。通过航空通函（LTA）和飞行员业务熟悉的简报，进行特定机场有关终端雷达进近管制实施RECAT的通告。

3. 孟菲斯实施效果。孟菲斯机场夜晚美国联邦快递货运繁忙，白天机场容量相对充裕。美国联邦快递机队60%以上为较轻的重型机（如B767、MD11、A300）。大部分RECAT主张的间隔缩减是针对前机为较轻的重型机，孟菲斯机场运力因RECAT提升20%甚至更多。部分运输量增长在短期内实现，部分运输量增长出现在9个月后。

4. 美国联邦快递的项目实施情况。离港不存在流量限制，同样的跑道间隔是阻碍离港运输量的限制因素，实施一周内即取得成效。

立即可见的效果体现在终端雷达管制空域飞行时间缩短，最终进近时间缩短，飞至五边的线路更短，但到港率未见提升。4个角落系统被认定为上游的制约因素。9个月内，在空域内新设计4个到港航班入口，到港率提升。

5. 对其它实施工作的观察结果。UPS枢纽圣路易斯维尔机场需要更新软件，用10个月的时间进行了软件更换、测试、实施，替换之前使用的老旧终端自动化系统。在圣路易斯维尔机场实施RECAT项目的成效与孟菲斯机场类似，因为两个机场的机队结构相似，都是夜间运行繁忙。亚特兰大机场为首个实施RECAT的主要客运机场，机队结构非常不同。实施后容量增长8-10%，容量分布在

运行日的16小时，降低的成本接近美国联邦快递在孟菲斯机场成本。联邦快递FedEx报告每月降低成本180万美元，达美航空Delta报告因RECAT每年降低成本1600-3200万美元。各地实施RECAT后均报告先惠及离港航班，而惠及到港航班需要更长的时间，部分原因是在美国80-90%的飞行中采用目视进近，RECAT的实施对到港航空的效率提升有限。

积极推动新技术应用 提升空管安全运行效率

中国民用航空局空中交通管理局副局长 马 兵

近15年来，中国民航航班量年均增速约11.6%，2017年，空管系统全年共保障各类飞行3652万架次，同比增长10.59%。北京首都机场高峰时段，平均30秒起降一架航空器；上海终端区日均流量超过2500架次；珠三角地区五大机场按照全天不间断运行计算，平均每分钟就有2.33个航班在珠三角半径不到100公里的狭小空域内起降。

一、 RECAT现状

现行的尾流间隔基本是在上世纪60年代形成的，它将航空器按照最大起飞重量来进行分类，然后给出不同类别组合下的间隔标准。受限于当时技术水平，分类方法比较粗糙，同一类别内机型差异性较大；相对保守，在确保安全的同时也在一定程度上限制了机场容量的提升；

欧、美等国研究人员提出RECAT的概念，对航空器的类别进行了细分，以适度缩减尾流间隔。美国孟菲斯机场(MEM)于2012年11月1日开始实施RECAT-I运行。目前有十多个机场已实施RECAT-I运行。欧洲已实施RECAT-EU的机场包括巴黎戴高乐机场和德国的莱比锡/哈雷机场。伦敦、维也纳等地机场也将于近期实施。日本民用航空局于2010年开始启动了空管系统革新协同行动(CARATS)，计划到2018年完成对RECAT技术的跟踪、消化和推广应用，以缩减尾流间隔标准。

ICAO目前尚未对Doc4444中的尾流间隔标准进行修订。在2012年发布的ASBU中，明确提出了缩减尾流间隔的“三步走”计划。其中，RECAT技术是ASBU-B0中目前推广应用最快、最多的技术

二、中国民航RECAT研究与应用

1. 持续优化现行尾流间隔标准

依据ICAO相关文件标准（Doc9426，Doc4444），中国民航制定了尾流间隔标准，并保持与ICAO标准基本一致。2018年5月1日起，实施CCAR 93TM-R5，与ICAO标准完全接轨

2. 中国民航RECAT技术研究

中国民航局于2015年出台了《中国民航航空系统组块升级（ASBU）发展与实施策略》。该文件全面引进了ICAO的ASBU中的效能改进领域1（机场运行）中有关“尾流间隔”引线对应的全部模块要求，使得尾流间隔缩减技术成为中国航行系统建设的重要技术方向之一。

自2015年，民航局空管局和中国民航大学开展了《基于航空器重新分类(RECAT)以缩减尾流间隔的技术可行性研究与验证》研究工作。

为便于管制员更加直观和精细化地使用尾流间隔，开展了基于管制员工作习惯的尾流间隔预警与告警方式研究，主要包括切入五边的尾流告警、五边尾流间隔告警和全空域尾流间隔告警等，在确保安全的前提下提高管制运行效率。

空管局与中国民航大学还从理论上系统研究航空器重新分类的机理和模型，开发RECAT模式下的尾流间隔安全性评估软件，分析实施RECAT后的尾流遭遇风险。

3. 航空器尾流探测技术研究

自2008年来，中国相关机构X波段脉冲多普勒天气雷达和项目组的X波段极化测量雷达实验系统，在国内（2008年9月~12月、2009年3月~6月，2010年3月）开展了飞机尾流雷达探测和特性测量。

中国相关科研院所，在兰州机场布置了激光雷达，开展风切边探测和尾流探测实验，实现了尾涡的定性捕获与尾涡参数的定量反演。

4. 近距平行跑道的运行效率研究

随着经济的增长，宽距平行跑道的修建所需的征地、拆迁难度越来越大。国内的虹桥、浦东、广州、重庆、长沙等机场通过修建近距平行跑道(Closely Spaced Parallel Runways, CSPR)来提高机场运行效率。依据现行有关规定，当近距平行跑道间距小于760米时，需要按照单跑道的间隔标准来实施航空器的管制，制约了机场容量的提升空间。

民航空管局于2017年启动了《动态尾流间隔管理研究与系统开发》科技项目研发工作，支持民航大学和华北地区空管局联合开展动态尾流的跟踪、建模与仿真研究工作。

通过上述研究取得的阶段成果，中国民航代表于2017年和2018年在ICAO间隔与空域安全专家组工作组会议上，提交了《近距平行跑道的准隔离运行模式的安全评估方法》等工作报告，并建议ICAO对Doc9643进行修订。

三、面临的挑战和推进设想

在RECAT技术的推广和应用方面，目前存在的问题主要包括：RECAT是一套缩小尾流间隔的技术方法，而不是一成不变的分

类结果。欧、美目前在实施RECAT时，用到的机型分类方法、分类依据、最小间隔都不尽相同；到目前为止，在RECAT技术的实施方面，国际上尚未形成一个统一的标准；国内在采用何种标准，尚需进一步研究。

实施RECAT需要统一的国际规则 and 标准，需要开展安全风险评估，需要对现有飞行计划和空中交通服务电报处理系统、管制自动化系统等进行必要的升级，同时还需要对管制员和飞行员进行针对性的培训等一系列工作，才能安全有效的开展RECAT应用。

RECAT技术的推进需要积极、稳妥地开展，具体思路如下：一是成立RECAT技术研究与推广工作专家组，研究制定RECAT机型分类标准、尾流间隔标准以及安全评估方法等，拟定RECAT应用实施路线图，做好相关系统升级与改造准备工作，跟踪ICAO以及欧美有关国家和组织关于RECAT的研究进展。二是选择典型机场，开展RECAT应用验证，拟于2018年下半年在广州和深圳机场和进近范围进行RECAT试验运行。

尾流再分类

联邦快递亚太区总飞行师 多洛雷斯·帕夫莱蒂奇

尾流再分类的运行间隔是建立在科学研究基础上的，减小某些机型的最小尾流间隔。FAA自2012年11月实施，从孟菲斯机场开始，FedEx与FAA共同展开战略性的合作。

一、给空域带来的好处

一是增加机场容量，二是最少的资金投入。在增加机场容量方面，对不同类型航空器及当地运行程序的影响也不同，对有大量重型及轻型航空器的机场而言能提升运行效率，单位时间内更多的航班量可带来更大的经济效益，机场容量的提升能减少在空域内的延误。

二、给航空公司带来的好处

一是无需改装航空器，二是提升机场容量进而改善航班延误，三是减少滑行时间（改善排队起飞情况，减少油耗及碳排放），四是保证航班计划更可靠及更准确。

三、给孟菲斯机场带来的好处

联邦快递机队中有70%航班的尾流间隔减少了1海里；孟菲斯机场容量提升了19%；RECAT实施前，在仪表气象条件下两跑道的进近航班量为56架次，RECAT实施后，同等条件下进近航班量提升至62架次。

四、联邦快递机队在孟菲斯实施RECAT的结果

滑出时间减少3分钟，进近时间减少4.5分钟，减少超过

160,000公吨的二氧化碳排放，节省1670万加仑的航油。

五、对机组的影响

机组人员对项目的接纳程度至关重要。早期参与，通过简报、网页或杂志文章、海报等方式沟通。建立航空安全行动计划ASAP，为项目提供了及时反馈的渠道，机组对项目有任何疑问或建议可直接反馈。空管人员对RECAT的信心也会影响机组人员。

六、机组宣讲要点

与现行ICAO/FAA基于航空器重量的尾流间隔相比，RECAT使用尾流的物理特性来改善航空器的尾流间隔，联邦快递机队中有大量航班的尾流间隔减少了1海里，减少占用跑道的的时间。

RECAT对孟菲斯机场的容量及航班延误改善情况带来的系统性的变革，其带来的效益与在孟菲斯机场新建一条跑道相当。航空公司不需要改装航空器仍能获益。根据航空安全行动计划ASAP，从2012年11月计划开始至今仅有1个安全事件报告，事件被认定为RECAT的安全允许范围内。

高效配合缩短间隔

国航股份飞行技术管理部飞行训练高级经理 邸伟

一、现状

中国民航的安全水平全球第一，但与此同时我国航班正点率较低，主要原因是效率低下，成因复杂，不能简单的归结为某一部门或工种不尽力。以目前的现状，最好的办法就是做好自己，带动他人！

从木桶效应来看，如果有部分飞行员不按要求行动，管制员就必须按此类飞行员标准指挥飞机。

二、飞行员心理

飞行员都不想延误。绝大部分飞行员会主动配合管制员，尤其是飞国际航线的飞行员对管制员的配合度更高。各公司对飞行员的处罚力度在加大，使飞行员畏手畏脚。飞行员会觉得管制员效率低下为何要求我快点、快点，总的来看首都机场这几年的空管指挥水平有所提高，但是仍有待提升的空间。在指挥飞机起飞时，飞行员如果觉得受到的待遇是公平的，就会努力配合管制员。

三、飞行员采取的行动

飞行员采取的行动从三方面说：进跑道起飞、调整进近间隔、着陆后脱离。

在进跑道细节方面，局方要求，从进跑道至加油门起飞的时间控制在60秒以内完成。经过近几年的探索，我们发现用不了60秒，提出从进跑道至加油门起飞的时间控制在50秒以内，不要过

度追求 90° 对正，但是这不取决于飞行员，主要取决于管制员能否较快发出滑跑起飞指令。不要过于强调充分利用每一寸跑道，这样会花费更多时间。但是，目前来看，这一条主要用在国际上的机场，首都机场用的比较少。

在进近时，如果是雷达管制，需保持5公里最小雷达间隔。目前，在国内，要保持尾流间隔，最多的间隔为4海里左右，国际上的间隔就是2.5海里。飞行员能够保证跑道占用的时间控制在50秒内，可以节约3-5秒。

作为飞行员来说，实行RECAT没问题，只需要加强宣传理念，更多是需要管制人员增强理念、加强培训。

机组如何把控前机距离？目视进近过程中对航空器的控制原则：机组判断认为落地时，前机脱离即可；管制为确保安全，会在 100-50 英尺，指挥复飞。通常落地需 50 秒，空中地速 140 海里/小时， $140 \text{ 海里} / 60 \text{ 分钟} = 2.3 \text{ 海里} / \text{分钟}$ ，50 秒大约 2 海里。考虑安全裕度建议保持 3 海里以上。现在的问题是如何让管制员接受 RECAT 的 2.5 或 3 海里的标准。

从着陆后细节来看，局方要求从接地到脱离跑道在50秒内完成。在确保安全的前提下，做好计划尽可能充分使用快速脱离道脱离，方便他人就是方便自己。但是现在面临的问题是脱离道的设计，影响脱离效果。

前机脱离不了跑道怎么办，飞行员要考虑低高度复飞。通过加强低高度复飞训练，飞行员从心理和技术上接受低高度复飞。在RECAT的实施中，关键的是管制员能否接受，如果管制员放不开手脚，就无法实施。

英国希斯罗机场只有两条跑道，非常繁忙，每天吞吐量和首都机场不相上下，为了更好地发展，尾流间隔改为2.5海里，大大提升了机场容量。目前来看，飞行员能接受RECAT的实施，但是管制员和局方能否接受，还需要认真思考。随着中国民航总量的不断增长，飞行员和管制员压力太大，虽然安全水平高，管理水平却不高，付出的代价就是飞行员的疲劳和心理压力，担心被处罚。如何解压，实施RECAT是我们可以选择的。

总的来说，教育飞行队伍要有大局意识，整体是一盘棋。要相信政府，虽然目前的高速发展被空域和规章限制，但是要相信会更好。相信未来，以我国民航人员的能力，我国成为世界第一民航大国不成问题。要做好自己分内的工作。要主动配合管制人员，促进RECAT的实施。

东航对尾流分类及进近间隔标准的研究

东航股份B777机长 王磊

东航一直关注RECAT,标准管理部门致力于新技术应用及飞行标准的改变。RECAT的概念对东航不算新鲜,美国首批试运行RECAT的机场中就涉及到东航的航线,东航已将RECAT的内容加入飞行手册。在实施中,东航也有一些困惑。在世界范围内标准的改变和全球各地区的标准的差异,航空公司如何管理,如何保证飞行人员在不同国家不同运行环境下怎么执行标准。

一、航空公司实施尾流标准现状

东航在欧洲和美洲都有航线,不同地区的尾流标准不同。

国际民航组织的标准

尾流分类	最大起飞重量MTOW
重型	$W \geq 136T$
中型	$7T > W < 136T$
轻型	$W \leq 7T$

前机/后机	A380-800	重型	中型	轻型
A380-800		6海里	7海里	8海里
重型		4海里	5海里	6海里
中型				5海里
轻型				

按照国际民航组织现有标准的划分,部分机型未列入其中。而且,

粗放的以最大起飞重量来确定尾流间隔不完全符合实际情况。尾流间隔与起飞重量相关，但是不同机型，不同速度，不同高度（空气密度），产生的尾流影响会不同。

FAA尾流间隔标准（在跑道入口）

		后机（海里）				
		超重型	重型	B757	大型	小型
前机	超重型	2.5	6	7	7	8
	重型	2.5	4	5	5	6
	B757	2.5	4	4	4	5
	大型	2.5	2.5	2.5	2.5	4
	小型	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5

二、美国RECAT和欧盟RECAT

新的尾流标准一定要比之前的标准细化，而且体现某些机型的具体特点。所以很多地方做了尝试，

美国FAA的RECAT和欧盟EUROCONTROL的RECAT是有差异的，这些差异主要是对某些机型的评估不同，如B757和B737。除了机型评估的差异外，他们对间隔也存在差异。

三、更精确的间隔控制RECAT+TBS（基于时间的间隔标准）

RECAT只是把飞机进行了分类，带来的好处主要在间隔方面，以RECAT为基础，与TBS相结合，才能更好的发挥经济效益。

以伦敦希斯罗机场为例，只有两条跑道，运行环境有限。飞机进近时，提前有两次初调，进入机场的五边区域后，有4海里，可以减速，保证达到最后想要的速度。

通过精确调整，伦敦希斯罗机场可以实现每小时40-45着陆架

次。差别是由两个因素造成的，其中一个影响因素是飞机重量。在希斯罗机场运行的飞机中70%为单通道飞机，如果某个时段双通道飞机比较多，落地架次就相应减少。另外一个因素是风速，不同的风速造成每小时落地架次的不同。在上面两种因素的影响下，如果都使用具体管制的话，每小时落地架次差别较大。现在采取的控制，在安全的尾流间隔下，控制时间50秒，还没有经过压缩点，飞行员在前期就减速，满足七个条件，使用2.5海里，选择提前减速。为了更好的发挥尾流间隔的益处，希斯罗机场开发了ORD（优化跑道输送Optimised Runway Delivery）设备，用来提供顶风条件下所需的最后进近时间间隔、特定机型最后进近速度。这套设备可以告诉管制员如何调整速度。经过测试，使用ORD，不会太多的改变管制员的工作习惯，经过三天内培训，管制员就可以应用该设备投入实际工作。

希斯罗机场的的间隔标准分为三个阶段：第一就是简单的TBS，第二是RECAT和TBS相结合，第三个是动态尾流Dynamic WV（考虑实时天气的不同）。其中，TBS是从尾流级别配对考虑的。RECAT和TBS相结合是从机型配对考虑的，从2018年一季度，希斯罗机场开始实施，根据过去几年来收集到机型不同的配对数据，根据每个配对的时间间隔来确定标准，但是这还与当时的气象条件相关。Dynamic WV是基于实际气象条件的机型配对，根据天气不同，对尾流所需的安全间隔进行配对。

四、尾流风险

2008年10月至2010年12月，希斯罗机场共收集到104201组有效数据，包括机型、速度、风向风速、预报等数据，来评估某一

气象条件下，尾流的数据，来确定具体参数。

五、东航的政策

新技术的发展日新月异，机长需要了解的信息非常多，是否需要增加新的概念？东航认为暂时不需要增加概念，只需要飞行人员执行好，给一线人员的信息量过大，增加疲劳。东航在飞行手册中增加了有关RECAT的内容，要求一线飞行员了解的手册信息就行。

在希斯罗机场有关的航线指南里，仅列明进场时应执行的速度限制，并强调严格遵守管制员发布的速度指令。东航对飞行人员采取的政策是简化概念和通过必要的信息强调运行中的关键点。

(注：本资讯内容或引自第三方公开披露之资料，仅供内部参考。任何人信任或引用其中内容，须自行核实，并对准确性和完整性负责。)

送：民航局，各理事会成员，各会员单位。

编印单位：中国航空运输协会研究部

电话：010-50959706
