



国际民用航空组织

工 作 文 件

A41-WP/482  
TE/174  
30/8/22  
信息文件  
**(Information paper)**  
仅有中文和英文  
**(English and Chinese only<sup>1</sup>)**

大会 — 第 41 届会议

技术委员会

议程项目 31：航空安全与空中航行标准化

**RECAT 尾流间隔标准在中国的研究与应用**

(由中国提交)

### 执行摘要

《空中航行服务程序 — 空中交通管理》(PANS-ATM, Doc 4444 号文件)中的给出的、现行的尾流间隔标准形成于五十年多前,在保证安全的同时也限制了机场容量提升。本报告对欧、美现行的 RECAT 间隔标准进行分析,介绍了 RECAT 技术在中国的研究和应用情况,然后提出了建议的 RECAT 尾流间隔标准,以及对 RECAT 运行效果的统计指标,建议大会针对此问题进行讨论。

战略目标: 无

财务影响: 无

参考文件:  
[1]. ICAO Doc 4444. The Procedures for Air Navigation Services — Air Traffic Management(PANS-ATM)  
[2]. RUNWAY SPACING REQUIRED FOR SEGREGATED PARALLEL APPROACHES/DEPARTURES, ICAO SASP-WG/29-WP/28, May 2017.

<sup>1</sup> 中文和英文版本由中国提供。

## 1. 引言

1.1 ICAO Doc 4444 中给出的、现行的尾流间隔标准形成于五十年多前，将航空器按照最大起飞重量分为三类，进而给出不同类别组合下的航空器尾流间隔标准。当 A380 投入运行时，只是通过国家级信件的形式（by the ICAO State Letter on update guidance for wake turbulence aspects of Airbus A380-800 aircraft），额外补充了新的间隔标准，而未对 Doc 4444 进行修订。由于同一类别中不同机型在重量、翼展、速度等方面存在较大差异，使得安全裕量也不相同，存在缩减尾流间隔的潜力。随着空中交通流量的持续增长，这种基于实践经验的尾流间隔标准在一定程度上限制了机场容量提升，造成了不必要的航班等待和延误。在国际民航组织发布的航空系统组块升级计划（ASBU）中的机场运行引线部分，给出了三个尾流间隔升级模块。其中第一个模块是静态尾流间隔标准，即 RECAT。

1.2 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 ASBU 中效能改进领域 1（机场运行）中有关“尾流间隔”引线对应的全部模块要求。2015 年，民航局空管局与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》项目，深入研究在中国推广应用 RECAT 技术的可行性、实施条件和建议方案。2019 年 12 月，中国民航在广州白云、深圳宝安机场开展尾流重新分类管制实验运行（RECAT-CN）。2020 年 12 月，在北京首都、上海虹桥等 12 个中国主要机场推广实施 RECAT-CN 实验运行。

## 2. 讨论

### 2.1 RECAT-CN 方案

#### 2.1.1 航空器重新分类

2.1.1.1 对于需要实施 RECAT 运行的中国机场，一般来说轻型飞机的数量相对较少。因此，为稳妥起见，建议仅将重型机分为 B、C 两类，其他类别与 ICAO 的分类相同。在 RECAT-CN 中航空器机型种类按航空器最大允许起飞全重和翼展分为下列五类：

1. 超级重型机（Super）：最大允许起飞全重等于或大于 136000 千克，翼展等于或大于 75 米的航空器，尾流类型标识符为 J。
2. 重型机（Heavy）：最大允许起飞全重等于或大于 136000 千克，翼展等于或大于 54 米、小于 75 米的航空器，尾流类型标识符为 B。
3. 一般重型机（Heavy）：最大允许起飞全重等于或大于 136000 千克，翼展小于 54 米的航空器，尾流类型标识符为 C。
4. 中型机（Medium）：最大允许起飞全重大于 7000 千克，小于 136000 千克的航空器，尾流类型标识符为 M。
5. 轻型机（Light）：最大允许起飞全重等于或小于 7000 千克的航空器，尾流类型标识符为 L。

2.1.1.2 其中 B757 飞机（包含 B757-200、B757-300 等）属于中型机。

2.1.2 航空器尾流重新分类管制（雷达）尾流间隔标准

2.1.2.1 前后起飞离场或者前后进近的航空器，其雷达尾流间隔标准应当按照下列规定：

1. 前机为超级重型航空器（J），后机为重型航空器（B）时，不小于 9.3 公里。
2. 前机为超级重型航空器（J），后机为一般重型航空器（C）时，不小于 11.1 公里。
3. 前机为超级重型航空器（J），后机为中型航空器（M）时，不小于 13.0 公里。
4. 前机为超级重型航空器（J），后机为轻型航空器（L）时，不小于 14.8 公里。
5. 前机为重型航空器（B），后机为重型航空器（B）时，不小于 5.6 公里。
6. 前机为重型航空器（B），后机为一般重型航空器（C）时，不小于 7.4 公里。
7. 前机为重型航空器（B），后机为中型航空器（M）时，不小于 9.3 公里。
8. 前机为重型航空器（B），后机为轻型航空器（L）时，不小于 13.0 公里。
9. 前机为一般重型航空器（C），后机为中型航空器（M）时，不小于 6.5 公里。
10. 前机为一般重型航空器（C），后机为轻型航空器（L）时，不小于 11.1 公里。
11. 前机为中型航空器（M），后机为轻型航空器（L）时，不小于 9.3 公里。

## 2.2 RECAT-CN 的实施

2.2.1 2019 年 12 月 5 日，中国民航在广州和深圳正式启动了 RECAT-CN 管制实验运行。在实施前，中国民航开展了 RECAT-CN 安全评估、空管自动化系统的标牌显示升级、电子进程单升级、实验运行方案制定、管制员理论培训、基于管制模拟机的管制员训练、针对航空公司的培训宣贯、修订 AIC 等准备工作。

2.2.2 实施 RECAT-CN 所需的额外成本非常低。主要包括管制自动化系统中关于尾流类别标识的升级、人员训练等。在实施时，航空公司不需要改变 ICAO 飞行计划格式中的机型类别信息。

2.2.3 在第一阶段实验运行基础上，2020 年 12 月 31 日起，RECAT-CN 又进一步推向北京首都、上海虹桥等 12 个主要枢纽机场。管制一线运行数据的统计表明，尾流间隔最大可缩减 23%，平均扩容效果在 2% 左右。与欧美现行 RECAT 标准相比，我国的标准更贴合国内机场的交通流特点、操作性更强，推广实施的难度更低。

## 2.3 RECAT-CN 实验运行效果的统计分析

2.3.1 依据 RECAT-CN 间隔标准，实施 RECAT-CN 后可以缩小间隔的类别组合包括：JB、BB、CB、CC、CM 等。同时，当前机是 B757（B752、B753）时，不再是按照重型机来确定与后机的尾流间隔，而是按照中型机来确定与后机的尾流间隔（此时当后机为 B、C 或 M 类时间隔可以缩减）。根据雷达记录统计出的“航班对”数据，定义出下列技术指标，来反映实施 RECAT-CN 的效果。

- 1) 满足类别组合的航班数量 ( $N$ )：在统计时间周期内，满足前后类别组合（即 JB、BB、CB、CC、CM）要求的航班数量，或前机为 B757 类型飞机；
- 2) 已经实施 RECAT-CN 的航班数量 ( $N_{\text{RECAT}}$ )：在统计时间周期内，满足以下三条要求：（a）前后类别组合（即 JB、BB、CB、CC、CM）或前机为 B757 类型飞机；（b）后机为实验对象；（c）前机落地时与后机的实际间隔小于 1.5 倍的所需间隔（RECAT-CN）；
- 3) 已经实施 RECAT-CN 的百分比 ( $P_{\text{RECAT}}$ )：已经实施 RECAT-CN 的航班数量，占满足类别组合的航班数量的百分比。即：

$$P_{\text{RECAT}} = \frac{N_{\text{RECAT}}}{N} \quad (1)$$

- 4) 精准实施 RECAT-CN 的航班数量 ( $N_{\text{precision}}$ )：前机进跑道落地时，与后机的实际间隔小于 1.3 倍的所需间隔（RECAT-CN）；
- 5) RECAT-CN 的精准实施率 ( $P_{\text{precision}}$ )：精准实施 RECAT-CN 的航班数量，与已经实施 RECAT-CN 的航班数量之比，即：

$$P_{\text{precision}} = \frac{N_{\text{precision}}}{N_{\text{RECAT}}} \quad (2)$$

- 6) RECAT-CN 的间隔缩减率 ( $P_{\text{ReducedSeparation}}$ )：对于已经实施 RECAT-CN 运行的每个航班对，用现行间隔与 RECAT-CN 间隔之差，除以现行间隔，得到间隔缩减率，然后对所有已经实施 RECAT-CN 运行的航班对，取平均值。即：

$$P_{\text{ReducedSeparation}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{RECAT}}} \left( \frac{S_{i_{\text{CAAC}}} - S_{i_{\text{RECAT}}}}{S_{i_{\text{CAAC}}}} \right)}{N_{\text{RECAT}}} \quad (3)$$

式中， $i$  为“航班对”的序号； $S_{i_{CAAC}}$  为第  $i$  个“航班对”的现行所需间隔（即 CCAR93-R5 中规定的最小尾流间隔）； $S_{i_{RECAT}}$  为第  $i$  个“航班对”的 RECAT-CN 所需间隔（即 RECAT-CN 管制实验运行方案里规定的最小尾流间隔）。

- 7) RECAT-CN 可增加航班量 ( $\Delta N$ )：间隔缩减率乘以已经实施 RECAT-CN 的航班数量。即：

$$\begin{aligned} \Delta N &= P_{\text{ReducedSeparation}} \times N_{\text{RECAT}} \\ &= P_{\text{ReducedSeparation}} \times P_{\text{RECAT}} \times N \end{aligned} \quad (4)$$

- 8) 相对 RECAT-CN 间隔 ( $S_{\text{relativeRECAT}}$ )：对于已经实施 RECAT-CN 运行的每个航班对，用前机进跑道落地时和后机之间的实际间隔，除以所需 RECAT-CN 间隔，然后对所有已经实施 RECAT-CN 运行的航班对，取平均值。即：

$$S_{\text{relativeRECAT}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{RECAT}}} \left( \frac{S_{i_{\text{really}}}}{S_{i_{\text{RECAT}}}} \right)}{N_{\text{RECAT}}} \quad (5)$$

式中， $S_{i_{\text{really}}}$  为前机进跑道落地时和后机之间的实际间隔。

- 9) 相对现行间隔 ( $S_{\text{relativeCAAC}}$ )：前机进跑道落地时和后机之间的实际间隔，除以 CCAR-93-R5 中规定的所需尾流间隔，然后取平均值。对于后机为实施 RECAT-CN 运行的航司，计算公式如下：

$$S_{\text{relativeCAAC}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{RECAT}}} \left( \frac{S_{i_{\text{really}}}}{S_{i_{\text{CAAC}}}} \right)}{N_{\text{RECAT}}} \quad (6)$$

对于后机为尚未实施 RECAT-CN 的航司，计算公式如下：

$$S_{\text{relativeCAAC}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_1} \left( \frac{S_{i_{\text{really}}}}{S_{i_{\text{CAAC}}}} \right)}{N_1} \quad (7)$$

其中  $N_1$  为后机尚未实施 RECAT-CN 的航司、且前机落地时与前机的间隔小于所需间隔 1.5 倍的航班数量。

- 10) 相对所需间隔 ( $S_{\text{relativeRequirement}}$ ) : 前机落地时, 与后机形成的实际间隔与所需间隔标准的比值。对于已经实施 RECAT-CN 运行的航班对, 即“相对 RECAT-CN 间隔 ( $S_{\text{relativeRECAT}}$ )” ; 对于尚未实施 RECAT-CN 运行的航班对, 即“相对现行间隔 ( $S_{\text{relativeCAAC}}$ )” 。该指标反映了管制员对间隔标准的掌控能力。

2.3.2 根据雷达记录统计出的“航班对”数据, 依据上节的技术指标, 统计分析某机场实施 RECAT-CN 运行后 3 个月的效果。

统计指标	第 1 个月		第 2 个月		第 3 个月	
	实施	未实施	实施	未实施	实施	未实施
满足类别组合的航班数量	491	361	388	301	429	313
已经实施 RECAT 的航班数量	229	/	197	/	131	/
已经实施 RECAT 的百分比	46.64%	/	50.77%	/	30.54%	/
精准实施 RECAT 的航班数量	120	/	110	/	59	/
精准实施 RECAT 的百分比	52.40%	/	55.84%	/	45.04%	/
RECAT 的间隔缩减率 (均值)	21.14%	/	20.90%	/	20.93%	/
RECAT 可增加航班量	48.40	35.58	41.17	31.94	27.42	20.00
相对 RECAT 间隔 (均值)	1.2793	/	1.2705	/	1.2958	/
相对现行间隔 (均值)	1.0082	1.2549	1.0038	1.2359	1.0229	1.3069
相对所需间隔 (均值)	1.2793	1.2549	1.2705	1.2359	1.2958	1.3069

2.3.3 通过对“相对现行间隔”指标的统计分析, 发现实施对象的取值明显低于未实施 RECAT-CN 运行的航班, 说明实施对象实施 RECAT 后的实际间隔缩减效果比较明显。数据表明实施 RECAT 后, 对于满足前后类别组合要求的航班对, 五边间隔缩减率约为 20%。

2.3.4 通过对“相对所需间隔”指标的统计分析，考察管制员对间隔标准的熟练应用和掌控能力。数据表明，管制员应用 RECAT 间隔的过程中与使用原有间隔标准没有明显差异，说明管制员对 RECAT 间隔标准的使用比较熟练。

— 完 —