



## 大会 — 第 40 届会议

### 技术委员会

#### 议程项目 30：技术委员会需要审议的其他问题

#### 通过要求授权的所需导航性能 (RNP AR) 提高空中交通管理效率

(由 CANSO、ACI 和 ICCAIA 提交)<sup>1</sup>

#### 执行摘要

要求授权的所需导航性能 (RNP AR) 历来被用于改善地形复杂机场的可达性，因 RNP AR 程序的效率较高，还可提供安全、容量和环境方面诸多的效益。

本文件重点介绍 RNP AR 程序和运行行为航空业所有利益相关者带来的好处，此外还介绍了 RNP AR 程序发展过程中的一些关键里程碑，并列举了几个运行应用示例，在这几个示例中，RNP AR 成为基于效绩的导航 (PBN) 空域概念的关键推动因素，并提高了全球空中交通管理 (ATM) 的效率。本报告的结论是，应采取全面的系统范围策略，在各大高、中、低密度机场推行和实施 RNP AR 程序。

#### 行动：大会目标：

- a) 了解实施 RNP AR 程序的相关信息和好处；
- b) 了解通过实施 RNP AR 可以提高 ATM 效率、缩短飞行距离、减少燃油消耗和二氧化碳排放；
- c) 了解近期将新的 ICAO 隔离标准纳入《空中航行服务程序》(PANS) — 《空中交通管理》(PANS ATM, Doc 4444) 中带来的好处，特别是 *Established on RNP AR* 相关标准；
- d) 认可 CANSO 及其成员在引入 RNP AR 过程中所做的工作；
- e) 指导 ICAO 根据本工作文件中引述的信息，针对实施 Doc 9643 《平行或近似平行跑道同时仪表运行手册》中的 *Established on RNP AR* 为各国制定实施指导材料；以及
- f) 敦促所有国家考虑根据 CANSO 及其成员的专业意见，在适用情况下引入 RNP AR。

战略目标：	本工作文件涉及安全、空中航行能力和效率和环境保护战略目标。
-------	-------------------------------

<sup>1</sup> 本文件中文、阿拉伯文、英文、法文、俄文和西班牙文的文本由 CANSO、ACI 和 ICCAIA 提供。

## 1. 引言

1.1 持续发展和实施所需导航性能程序 (RNP) 是协助各国改用现代化、基于性能的导航 (PBN) 空域模型的关键促进因素。通过要求授权的 RNP (RNP AR) 程序可实现精确且可预测的航迹控制，其应用领域包括提高地形复杂和有障碍物机场的可达性，以及各种空域和运行环境及条件，该程序对整个 ATM 系统的安全、环境和效率均有益处。

## 2. RNP AR 程序的发展历程

2.1 RNP 程序于 1998 年首次引入 ICAO 《空中航行服务程序—航空器运行》(PANS-OPS)，其中确定了适用于程序或航线的性能要求概念。利用全球卫星导航系统 (GNSS) 技术，结合现代机载航空电子设备，可以在飞机上监控实际导航性能，并在性能不满足指定要求时发出警报，从而设计和实现精确的三维曲线飞行程序和航迹。

2.2 RNP AR 程序的第一大好处是提高了机场的可达性，有些机场因地形或障碍物问题导致仪表飞行规则 (IFR) 可达性受限，特别是在恶劣天气下。在实际导航性能 (ANP) 方面，RNP 的机载监控和警报功能大大提高了在这些环境下的运行安全性。1996 年，阿拉斯加航空公司在阿拉斯加朱诺周围的复杂地形环境中使用 RNP 程序进行了首次飞行试验。RNP AR 通过针对这一导航规范制定具体的固定半径至定位点 (RF) 航段执行要求，采用沿加斯蒂诺海峡方向的曲线程序段，提供更加安全且可预测的机场方向航线。

2.3 人们很快便发现，RNP AR 程序的三维特性和精确的航迹控制功能可以应用于复杂地形以外的环境。RNP AR 程序可用于拥塞的高流量空域，以提供有效的航迹结构和航迹控制，将飞机与其他飞机或管制空域限制隔离开来。此外，由于可以通过指定所需的垂直下降角和/或高度限制将该程序的垂直分力用于执行连续下降运行 (CDO)，因此可以实现与 CDO 相关的额外飞行益处。RNP AR 程序提供的水平和垂直航迹制导功能支持高效飞行剖面，与传统的地面程序相比，可以大幅减少航迹里程。减少航迹里程可缩短飞行时间和减少燃油消耗，从而减少温室气体排放。RNP AR 程序具有高效的飞行剖面，因此也可以消除对采用目视进近程序为机场容量提供支持的依赖，并大幅减少不稳定进近。

2.4 后来，新的空中交通管制 (ATC) 独立标准制定出来，以充分利用 RNP AR 程序的精准性、监控和警报功能。现在，《空中航行服务程序—空中交通管理》(PANS-ATM) 和《平行或近似平行跑道同时仪表运行 (SOIR) 手册》包含有关 RNP AR 程序可以如何用于平行跑道同时相关运行和平行跑道同时独立运行的指南。

2.5 此外，ICAO 隔离和空域安全小组 (SASP) 的一名成员在进行初步研究后，提出了一项新的隔离标准 *Established on RNP AR*，并于近期纳入 PANS ATM。这项标准以运营提案形式提出，得到了 SASP 成员的广泛支持。*Established on RNP AR* 隔离标准利用 RNP AR 的精确控制功能，在进近程序开始时，将飞机视为“切入”最后进近航线。

2.6 *Established on RNP AR* 使飞机可被视为“切入”最后进近航线。因此，如果飞机在一个或多个平行跑道上执行高效的 CDO RNP AR 程序，就可以实现同时进近。对于即将进入其他平行跑道的飞机，可以为其排定最后进近航线顺序，无需确保垂直间隔。使用该标准可免除对飞机引导的依赖，并提供

可预测的飞行路线，从而减少空中交通管制团队的工作量。机组人员还可以通过飞行管理计算机在非常繁忙的环境中管理飞机的横向和纵向剖面，以减少工作量和确保安全。

2.7 在引入 PANS ATM 之前，美国联邦航空局 (FAA) 就已经在丹佛国际机场的特定跑道配置中运用了这一程序 (达到目视飞行气象条件的情况下)。现在，丹佛国际机场还进一步引入了仪表气象条件 (IMC) 运行。在 Established on RNP AR 标准于 2018 年 11 月正式纳入 PANS ATM 后，NAV CANADA 开始在卡尔加里国际机场全面实行该标准 (参见第 4 小节案例研究)。包括伦敦希思罗机场、布里斯班国际机场和休斯顿国际机场在内的其他几个主要国际机场正在积极评估实施这项新的 PANS ATM 标准的可能性。

### 3. RNP AR 运行的环境效益

3.1 与传统的排序技术和传统的直线进近程序相比，RNP AR 一直用于大幅减少终端区进近运行的航迹里程。例如，新西兰航空公司表示，在奥克兰国际机场 (NZAA) 的 23 号跑道上采用了 RNP AR 进近程序后，与传统的直线进近程序相比，进场航迹里程减少了约 14 英里。美国波音公司和美国联邦航空局表示，与采用传统的直线引导式程序相比，西雅图 — 塔科马国际机场 (KSEA) 16R 跑道采用 RNP AR 程序使航迹里程减少了 23.5 英里。RNP AR 已助力多个 SESAR 项目取得成功，例如 RISE (欧洲同步实行 RNP) 项目，该项目涉及在欧洲南部八个支线机场部署 PBN。实施 RNP AR 减少了航迹里程，加上这些例子中 RNP AR 程序的 CDO 性质，有助于减少系统处理时间、减少进场飞机的燃油消耗和温室气体排放。

3.2 传统的飞机排序技术要求飞机通过飞越地面导航设备进行导航，然后跟随导航进入最后进近航线。由于航迹里程具有不可预测性，飞行员倾向于在最后进场前尽早下降并保持水平飞行。这些水平飞行段因推力增加，导致水平飞行期间飞机噪声增大，而由此产生的飞机配置也造成机身噪音增大。

3.3 RNP AR 的横向和纵向剖面管理功能可用于支持连续下降运行。在连续下降运行时，飞机从较高的巡航高度开始下降，在下降飞行阶段使用最小的推力，直到最后进场时与跑道对齐。连续下降运行剖面的连续下降特性使飞机能够尽可能长时间保持在较高的高度，开始下降后，就避免了需要增加发动机推力的低空段。飞机在较低的高度保持水平飞行还需要部署升力产生装置 (例如襟翼和缝翼)，这会导致飞机机身噪音增大。RNP AR 程序可以设计为便于从航路上持续下降到终端环境，直到飞机与跑道对齐。联合王国民航局开展的研究 (CAP 1544 “进近噪音控制审查”) 和美国联邦航空局 (第 594 号文件 “确定实施连续下降进近程序的环境效益”) 已明确指出，事实证明较安静的连续下降运行剖面最高可减少飞机噪音 5 分贝。

3.4 由于基于 RNP AR 的程序可以精确预测航迹，让更多飞机可以更频繁地飞越地面的同一位置，从而使发动机和机身噪声较为集中。这或许是一个缺点，但如果运用得当，RNP AR 程序导致的飞机集中飞行情况也可用来缓解噪音困扰。理想情况下，在设计程序时应尽可能将飞机集中在非住宅区域。此外，也可以在制定 RNP AR 程序时，使飞行路线避开人口密集地区或噪音敏感地区，或在河流、公路或农业地区等地形上方飞行。由于在平行跑道同时运行时不需要低空飞行段，可大幅减少发动机和飞机机身的噪音以及维持水平飞行时消耗的燃油。

3.5 按照 *Established on RNP AR* 运行可以进一步减少航迹里程、飞行时间和燃油消耗，而在繁忙的平行跑道同时运行时段，提高 RNP AR 程序的使用率还有助于减少噪音。美国联邦航空局利用其新一代性能快照研究表明，通过在丹佛国际机场(KDEN)仪表飞行气象条件期间使用 *Established on RNP AR*，飞机在进入最后进近航段时可以减少 15 至 20 英里的航迹里程。在正常的终端区操纵速度下，这相当于节省最多 5 分钟的飞行时间。

3.6 在高密度平行跑道运行中，*Established on RNP AR* 让空中交通管制团队可以更高效地进行同时独立运行。由于平行跑道距离较近，横向距离不足，传统的平行跑道同时进近运行要求空中交通管制团队在飞机保持 1000 英尺垂直间隔的情况下，通过引导排定进场飞机进入最后进近航线的顺序，直到飞机切入最后进近航线。在这种“高低式”平行运行中，“低”空的飞机下降到较低的高度，并在顺风边末端和/或基边的大多数时间保持水平飞行。

3.7 应根据附加费用和当地装备率等因素评估 RNP AR 和 *Established on RNP AR* 可以获得的运行效率。然而，要明确的是，要促进装备的商业论证，需要在航空公司运行网络中的多个机场实行 RNP AR，因此要试行 RNP AR 不必等到有足够的航空装备，或针对机场的积极商业论证。在众多高、中、低密度机场实施系统范围的 RNP AR 程序战略，可为行业利益相关者带来许多好处，包括显著的经济效益。例如，在加拿大，National RNP AR 发展项目正着手在 40 个具有不同交通流量的机场引入 RNP AR 程序。NAV CANADA 已经确定，到 2020 年，使用这些程序可以节省大约 1.32 亿加元的燃油费。

#### 4. 卡尔加里国际机场(CYYC)实施 ESTABLISHED ON RNP AR

4.1 2018 年 11 月 8 日，ICAO 将新的 *Established on RNP AR* 隔离标准纳入 PANS ATM，与此同时，加拿大卡尔加里国际机场(CYYC)已开始全面使用 ICAO 提出的这一新标准。

4.2 与 CYYC 传统的“高低式”运行相比，使用 *Established on RNP AR* 隔离标准可以减少 11 英里的航迹里程(具体取决于跑道配置和飞行方向)。RNP AR 程序的传统“曲线”进近路径增加了“切线”进近段，以更好地连接进场交通流。这些切线 RNP AR 进近段让空中交通管制团队可以出于隔离目的，在距离机场最多 20 航迹英里处，将为 RNP AR 进场而清除的进场飞机视为“切入最后进近航线”。

4.3 使用 *Established on RNP AR* 让 CYYC 可以减少航迹里程，使每个航班可节约 3 至 4 分钟的飞行时间。CYYC 平均每天会执行 100 次 RNP AR 进近程序，相当于每天可减少最多 1100 英里的航迹里程。从时间角度来讲，这相当于每天节约大约 4 到 5 个飞行小时，也就是每年节约 1400 到 1800 个小时。这些节约的飞行时间可减少进场飞机在机场周围社区上空进行低空飞行的时间。从减少燃油消耗方面来看，航空公司表示，CYYC 每次执行 RNP AR 进近程序都可以为窄体飞机节约多达 100 公斤燃油，宽体飞机则可节约 200 至 300 公斤燃油。在一年时间内，卡尔加里国际机场执行 36000 次 RNP AR 进近程序将节省大量燃油，减少 410 万公斤的二氧化碳排放。

#### 5. CANSO 在支持 PBN 部署方面的作用

5.1 PBN 是 CANSO 成员的首要任务，也是在全球范围内进行 ATM 性能转型工作的主要促进因素。自成立以来，CANSO 一直大力倡导 PBN 部署，并发表了《提高空中交通管理效率：行业号召(2012

年)》(Accelerating Air Traffic Management Efficiency: A Call to Industry in 2012)。鉴于不仅要确保空中航行服务提供者(ANSPs)具备 PBN, 还要保证航空公司采取必要步骤确保配置相应的航空电子设备并对机组人员进行培训, 该协会一直致力于向业界及其利益相关者推广 PBN 的优势。

5.2 2015 年, CANSO 发布了《面向 ANSP 的基于性能的导航最佳实践指南》(Performance Based Navigation Best Practice Guide for ANSPs), 为主要应用于终端空域环境的基于性能的导航(PBN)提供实用指导。另外, CANSO 在 2017 年 2 月编写了《面向 ANSP 的基于性能的导航: 概念(2030 年)》(Performance-Based Navigation for ANSPs: Concept 2030), 明确了当前及未来的 PBN 相关技术和服务, 以及成功实施 PBN 面临的障碍, 其中重点介绍了 ANSP 可以借鉴的功能和资源。这些类型的刊物有助于 ANSP 在其各自地区为实施 PBN 做准备或继续实施 PBN 时制定相应的战略规划。

## 6. 结论

6.1 CANSO 会继续与 ICAO 地区办事处及 CANSO 成员合作, 研究进一步支持 RNP AR 部署的方法, 并重点宣传可以为 ATM、飞机运行以及环境带来的诸多好处。

6.2 大会的目标是批准执行摘要中提出的行动。