



咨询通告

中国民用航空局飞行标准司

编 号:AC-91-FS-2009-12

下发日期:2009年5月20日

在海洋和偏远地区 空域实施 RNP4 的运行指南

在海洋和偏远地区 空域实施 RNP4 的运行指南

1. 目的

本咨询通告为航空运营人在海洋和偏远地区空域实施 RNP4 运行提供了背景、航空器资格、批准准则等运行指南。该指南并不是唯一的方法,运营人也可采用中国民航局认为可接受的其他方法。

2. 适用范围

本通告适用于中国民用航空规章(CCAR)91、121、135 部的运营人。

3. 定义

a. 基于性能的导航(PBN)。PBN 规定了航空器在指定空域内或者沿 ATS 航路、仪表程序飞行的系统性能,包括导航的精度、完好性、可用性和所需功能。

b. 区域导航(RNAV)。RNAV 是一种导航方式,它可以使航空器在导航信号覆盖范围之内,或在机载导航设备的能力限制之内,或二者的组合,沿任意期望的航径飞行。RNAV 要求在 95% 的飞行时间内必须满足规定的精度。

c. 所需导航性能(RNP)。具有机载导航性能监视和告警能

力的 RNAV。

d. 全球导航卫星系统(GNSS)。GNSS 是卫星导航的通用术语,在世界范围提供定位和授时服务,由一个或多个卫星星座、机载接收机以及系统完好性监视等组成,包括美国的 GPS、欧洲的 Galileo、俄罗斯的 GLONASS、我国的北斗(Compass)系统以及星基增强系统(SBAS)和地基增强系统(GBAS)等。

e. 接收机自主完好性监视功能(RAIM)。RAIM 是机载增强系统(ABAS)最常用的一种方式,它使用 GPS 信号或利用气压高度辅助来确定 GPS 导航信号的完好性。这种技术是通过检验冗余伪距测量的一致性来实现的。接收机/处理器要执行 RAIM 功能,除了定位所需的卫星外,还至少需要接收到另外一颗具有合适几何构型的卫星信号。

f. 飞行技术误差(FTE)。飞机控制的精度,根据飞机指示位置与指令的或期望的位置之间的差异来确定。FTE 不包括操作不当所引起的误差。

g. 导航系统误差(NSE)。即地面站误差、机载接收机误差和显示系统误差和的平方根。

i. 总系统误差(TSE)。 $TSE = \sqrt{(NSE)^2 + (FTE)^2}$

4. 参考资料

a. ICAO《基于性能的导航(PBN)手册》(Doc 9613)

b. FAA 指令 8400.33《获取所需导航性能 RNP-4 海洋和偏远地区运行批准的程序》

5. 背景

国际民航组织(ICAO)在整合各国和地区 RNAV 和 RNP 运行实践的基础上,提出了 PBN 的概念和标准,作为飞行运行和导航技术发展的基本指导准则。PBN 将 RNAV 和 RNP 等一系列不同的导航技术应用归纳到一起,涵盖了从航路到进近着陆的所有飞行阶段。其目的是为了充分利用现代航空器机载设备和导航系统,提供全球一致的适航要求和运行批准标准。

RNP4 是 ICAO PBN 导航技术应用的一种,一般用于海洋和偏远地区空域运行。RNP4 运行以 GNSS 作为导航源,不需要任何地基助航设施。

6. 前提条件

6.1 航路规划

- a. 符合 ICAO 和民航局有关航路划设的规范及标准。
- b. 所有航路的坐标数据都必须基于 WGS - 84 坐标系统。
- c. 必须公布每个航段的最低可用高度,保证传统的垂直导航方法继续可用。
- d. 航路适合于满足本通告导航设备要求的航空器的运行。

6.2 空管保障

- a. 空中交通服务部门必须监视 GNSS 的状态,及时发布 GNSS 中断服务的通告(NOTAM)。
- b. RNP4 的航空器最小管制间隔目前一般为横向 30 海里、纵向 30 海里。在这种情况下,通信需要直接的陆空话音通信或使用

管制员 - 飞行员数据链路通信 (CPDLC), 监视可采用合约式自动相关监视 (ADS - C) 系统。

7. 航空器要求

7.1 系统性能

7.1.1 精度

a. RNP4 要求航空器在至少 95% 的飞行时间内, 横向和纵向 TSE 均不超过 ± 4 海里。

b. RNP4 运行允许 2.0 海里 (95%) 的 FTE。

7.1.2 完好性

航空器导航设备故障在适航规则中被归类为重大失效条件 (如每小时 10^{-5})。

7.1.3 持续性

功能失效被归类为海洋和偏远地区导航的重大失效条件。可以通过安装双套独立远程导航系统以满足持续性要求 (不考虑空间信号)。

7.2 监视和告警

a. 如果没有满足精度要求, 或者水平 TSE 超过 8 海里的概率大于 10^{-5} , 则告警应由 RNP 系统或由 RNP 系统和驾驶员共同做出。

b. 如果 GNSS 空间信号误差导致水平位置误差超过 8 海里的概率大于每小时 10^{-7} , 则航空器导航设备应提供告警。

注: 符合监视和告警要求并不一定需要自动监视 FTE。机载

监视和告警功能至少应包括 NSE 监视和告警算法,以及能使机组监视 FTE 的横向偏离显示。

7.3 导航传感器

要求航空器上至少安装两套相互独立且完全可用的远程导航系统。导航系统应具备完好性保证功能以免提供误导性信息。必须使用 GNSS。GNSS 既可作为独立的导航系统,也可作为多传感器系统中的一个组成部分。

7.4 功能标准

航空器应符合本通告附件 1 中规定的功能标准。

7.5 可接受的机载设备符合性方法

运营人必须证明航空器符合附件 2 中任意一组航空器的要求。运营人可通过提供在飞机飞行手册(AFM)、驾驶员运行手册(POH)或操作手册中包含导航设备符合 ICAO PBN RNP4 标准、FAA 指令 8400.33、或其他等同标准的声明,或制造商提供的相关文件来证明航空器符合 RNP4 运行条件。

8. 运行程序

8.1 飞行前计划

8.1.1 运营人或驾驶员应证实已获得了运行批准,在飞行计划中填写相应代号,以指明获得了 RNP4 运行批准。

8.1.2 机载导航数据必须现行有效并包含相应程序。

注:如果航空定期制(AIRAC)周期在飞行过程中发生变更,运营人或驾驶员应制定相关程序以确保导航数据的准确性和用于定

义航路的导航设施的适用性。

8.1.3 飞行机组必须：

- a. 检查维修日志和表格以查明 RNP4 运行所需设备的状态；
- b. 确认已采取维修措施解决所需设备的问题；
- c. 检查确认相关应急程序。

8.1.4 GNSS 可用性。在签派或飞行计划中,运营人应确认航路上有充分可用的卫星导航能力。

8.1.5 在制定飞行计划时,飞行机组应特别注意可能影响到 RNP4 运行的其他条件。如,当间隔标准为横向和/或纵向 30 海里时,可能还要求有 CPDLC 和大气数据系统(ADS)等。

8.2 航路飞行

8.2.1 在 RNP 进入点,必须有至少两套列在飞行手册中的远程导航系统可用,具备 RNP4 导航能力。如果 RNP4 运行所需的某个设备失效,则驾驶员应考虑采用备用航路或改航。

8.2.2 飞行运行程序必须包括强制的交叉检查程序,以识别导航误差并预留充足的时间防止意外偏离空管部门指定的航路。

8.2.3 如果因导航设备性能变差或故障导致无法满足导航性能要求或者因进入应急程序而需要实施偏离,机组应及时通知空管部门。

8.2.4 驾驶员应使用横向偏差指示器、飞行指引仪或水平导航模式的自动驾驶仪。驾驶员也可使用与横向偏差指示器具备相同功能的导航地图显示器。对于配备了横向偏差指示器的航空

器,驾驶员必须确保横向偏差指示器的刻度范围(满刻度偏离)适合于航路的导航精度要求(如 ± 4 海里)。所有驾驶员应按机载横向偏差指示器或飞行指引的指示保持航路中心线,除非在空管授权或紧急情况下实施偏离。

对于一般运行,偏航误差(RNAV系统计算航径与航空器位置之间的差别)应被限制在相关航路导航精度的 $\pm 1/2$ 范围之内(如2海里)。允许在航路航迹方向改变过程中或刚结束时产生最大为导航精度1倍(如4海里)的短期偏离。

9. 训练要求

9.1 CCAR 91 部 J 章、121 部和 135 部运营人必须制定飞行机组、签派员或维修人员的训练大纲,包含与 RNP4 运行相关的运行措施、程序和训练项目。

注:RNP4 训练大纲可与其他 RNAV 和 RNP 的训练大纲结合在一起,而无需制定单独的训练大纲。

9.2 运营人必须保证飞行机组经过训练并具备下列方面的相关知识:

- a. 本通告的信息;
- b. 设备要求;
- c. 正常和非正常运行程序;
- d. RNP4 导航能力限制。

10. 运行批准

10.1 申请文件

运营人的申请文件应包括以下部分：

a. 航空器资格文件。飞机飞行手册或其他满足本通告 7.5 要求的适航证明文件。

b. 航空器设备描述。描述拟在 RNP4 运行中使用的航空器、导航设备和相关系统构型清单。

c. 训练文件。运营人根据本通告第 9 节要求制定的训练大纲。

d. 运行手册和检查单。

i) CCAR 91 部 J 章、121 部和 135 部运营人的运行手册和检查单必须包含本通告第 8 节中详述的运行程序的相关信息或指导。相关手册应包括导航操作指导和规定的应急程序。

ii) CCAR 91 部其他运营人必须制定相应指导,其中包括导航操作指导和应急程序。这些信息必须可被飞行机组使用,如适当,应写入运行手册或 POH。

e. 最低设备清单(MEL)。运营人必须对 MEL 或其他等效文件进行修订,规定最低放行条件。与 RNP4 运行相关的 MEL 修订必须经过批准。

f. 维修方案。运营人必须提交相关维修方案和设备监控的可靠性方案。设计批准(包括每一个安装的导航系统的型号合格证(TC)和补充型号合格证(STC))的持有者必须为持续适航提供一套完整的指导方案。

g. 导航数据库的控制

i) 导航数据库应从符合《航空数据处理标准》(RTCA DO - 200A 或 EUROCAE 文件 ED76) 要求的供应商处获得。导航数据库的供应商应持有满足 FAA AC 20 - 153 标准的 FAA 接受函 (LOA) 或满足 EASA IR 21 中 G 章标准的 EASA LOA。此 LOA 证明供应商的数据满足 RTCA DO - 200A 或 EUROCAE 文件 ED76 所规定的数据库质量、完好性和质量管理规范。运营人应将此 LOA 递交局方审查。

ii) 运营人必须将导致航路数据无效的缺陷通报给数据库供应商, 且应通知机组禁止使用受影响的航路数据。运营人应考虑对现行导航数据库进行周期性检查以保证满足当前的质量体系要求。

10.2 批准方式

对于 CCAR 91 部运营人, 局方以授权信的形式给予批准。对于 CCAR 121 部和 135 部运营人, 局方以运行规范的形式给予批准。

11. 运行监督

11.1 由导航设备或运行程序的某个特定部分所引发的重复性导航误差可能导致局方对运行批准的撤销, 直至对导航设备进行更换或修理, 或者对运营人的运行程序进行修改。

11.2 一些重复性的误差, 可能需对运营人的训练大纲、维修方案或特定的设备合格证进行修改。如重复误差来自某一特定飞行机组, 则可能需审查其 RNP4 运行资格或对其进行补充训练。

11.3 如适用,空管部门应建立监视计划,对航空器的横向和纵向导航误差进行监视。在每一架航空器进入 RNP4 航段末端的近程助航设施覆盖范围之前,对其航迹和高度准确度的雷达观测数据应都被空管部门所记录。如果观测显示航空器没有在规定的限制范围之内,则空管部门应提交一份导航误差报告,协助局方进行调查,以明确航迹或高度发生明显偏差的原因,决定是否采取措施以避免问题重复发生。

航空器导航功能

1. 机载导航设备必须具备以下功能：

a. 导航数据显示。导航数据的显示必须使用横向偏差显示或者导航地图显示,并满足下列要求：

i) 非数字的横向偏差显示(例如,航道偏离指示器(CDI)或电子水平状态指示仪(E)HSI),具有至/自指示和故障信号牌,用于航空器导航的主要飞行仪表、机动飞行预测以及故障/状态/综合指示,并具有下列 4 种属性：

(1) 必须是驾驶员可见的,当驾驶员沿飞行航径向前看时,位于主视野中(驾驶员正常视线的 ± 15 度内)；

(2) 横向偏差刻度范围应与预警和信号牌限制一致(若有)；

(3) 横向偏差显示必须自动从动于 RNAV 计算出的航径。横向偏差限制还必须采用适合当前飞行阶段的满刻度偏离,与所需航迹保持精度要求相一致。横向偏差显示的航道选择器应自动选择 RNAV 计算出的航径,或者驾驶员必须将 CDI 或 HSI 航道选择调整至计算出的目标航迹；

注:独立的 GNSS 设备的正常功能满足此要求。

(4) 显示比例可由默认逻辑自动调定,或者调定至从导航数据库获取的值。满偏值必须已知或者必须向驾驶员显示,且与航

路、终端或进近阶段相匹配。

ii) 导航地图显示应易于驾驶员观察,具有合适的比例尺(驾驶员可人工调定比例尺),提供与横向偏差显示等效的功能。

b. 至定位点航迹(TF)。至定位点航迹的航段是两个定位点之间的航径。第1个定位点是前一航段的终点或这一航段的起点。终点通常由导航数据库提供,但也可以是用户定义的定位点;

c. 直飞定位点(DF)。直飞定位点的航段是在起点附近区域开始至某定位点结束的航径;

d. 直飞功能。飞行机组可在任何时间按需激活直飞功能。直飞功能对任何定位点都可用。系统应能产生到指定的定位点的航径;

e. 至定位点航道(CF)。至定位点航道的航段是以特定航道在定位点结束的航径。航道由导航数据库提供。如果航道是磁航道,要求具有将磁航道转换为真航道所需的磁差数据;

f. 平行偏置。系统应有能力以选定的偏置距离沿平行航迹飞行。当执行平行偏置飞行时,现行飞行计划中原有航路的RNP类型和所有性能要求均适用于偏置航路。该系统应能输入航道的左或右偏置距离(增量为1海里)。该系统应能至少偏置20海里。当使用时,应向飞行机组明确表明“系统偏置”的运行模式。当处于偏置模式时,系统应提供相对于偏置航径和偏置基准点的基准参数(例如,侧向航迹偏离、待飞距离、待飞时间)。在航段不连续、航径不合理或超越初始进近定位点时,不得使用偏置。在偏置

航径结束前给飞行机组提供信号指示,使其有足够的时间返回到原来航径上。一旦启用,偏置将在所有飞行计划航路段保持,直至自动退出、飞行机组输入直飞航路或者飞行机组人工取消。平行偏置功能应在 TF 和 DF 航段上可用;

g. 旁切过渡。导航系统应能完成旁切过渡飞行。由于航径随空速和坡度角变化而变化,因此没有可预测和可重复的航径;

h. 用户界面显示。一般用户界面显示要素必须提供信息的显示和形势认知,其设计和应用应考虑人为因素。设计中应考虑的因素包括:

i) 尽量降低对飞行机组记住系统操作程序或任务的依赖性;

ii) 开发清楚、明确的系统模式/子模式和导航数据显示,重点在于提高自动模式变化时的形势认知;

iii) 使用敏感的帮助能力和差错信息提示(例如,对无效输入或无效数据输入信息,提供简单的方法来确定如何输入“有效”数据);

iv) 容错的数据输入方法而不是基于严格规则概念;

v) 特别强调步骤简化,并尽量减小完成飞行计划更改所需的时间,以适应空管指令;

vi) 尽量减少不必要的告警次数,使飞行机组在需要时能够确认并做出适当响应;

vii) 用于引导和控制航空器、预测机动飞行或者故障/状态/综合信号牌的主要飞行仪表的显示要素应位于驾驶员可清楚看见

的地方(在驾驶员的主视野内),且在驾驶员沿飞行航径向前看时,与驾驶员正常视线的偏离尽可能的小。对于那些满足 CCAR 25 部要求的航空器,应满足相关审定文件的规定;

viii) 所有系统显示器、控制器和信号牌应在正常驾驶舱条件和预期的环境光线下易看清。夜间灯光照明规定应与其他驾驶舱灯光一致;

ix) 所有显示器和控制器必须合理安排,便于飞行机组使用。飞行中需调节的控制器应易于接近并具有其功能的标准化标签。系统控制和显示器的设计应尽量增加运行适用性并减小驾驶员负担。拟在飞行中使用的控制器应设计成尽量减小差错,并且在各种可能的组合和顺序下不会导致其存在或持续存在有损于系统持续性能的情况。系统控制器应合理安排,以提供充足保护并防止意外关停系统。

i. 飞行计划航径选择。导航系统应为机组提供创建、检查和激活飞行计划的能力。该系统应提供更改(例如,删除和增加定位点以及创建沿航迹定位点)、检查和用户接受飞行计划变化的能力。当执行这个能力时,在激活(启用)更改前,飞行引导的输出不应受影响。激活对飞行计划的更改需要飞行机组在输入后进行确认;

j. 飞行计划定位点排序。导航系统应提供定位点自动排序能力;

k. 用户定义的至定位点航道。导航系统应向用户提供定义

至定位点航道的能力。驾驶员必须能截获用户定义的航道；

l. 航径控制。系统应提供数据,使自动驾驶仪/飞行指引仪/CDI 能产生合适的指令信号。任何情况下,航径控制误差应在审定时确定,与其他系统误差结合时仍满足期望的 RNP 运行要求。在审定过程中,应演示机组在特定航径控制误差内操作航空器的能力。在论证航径控制误差(PSE)符合性时,应考虑机型、运行包线、显示器、自动驾驶性能以及航段过渡引导(特别是弧线航段之间)。PSE 的测量值可用于监视系统与 RNP 要求的符合性。对于各种航段类型上的运行,该值是距定义的航径的距离。对于偏航容限符合性,偏航误差计算中的不准确度(例如分辨率)应在总系统误差中予以考虑；

m. 提示信号要求。当人工输入的 RNP 类型大于导航数据库中定义的当前空域 RNP 类型时,系统应提供提示信号。对于随后出现的 RNP 类型降低应再次显示该提示信号。当从非 RNP 空域飞近 RNP 空域时,在至目标航径的偏航等于或小于 $1/2RNP$ 值以及航空器通过 RNP 空域的第一个定位点时,应能显示提示信号；

n. 读取导航数据库。导航数据库应提供导航信息的读取功能,以支持导航系统参考和飞行计划特征。人工更改导航数据库数据应是不可能的。这一要求并不排除在设备中存储“用户定义的数据”。当从存储器中调用数据时,这些数据仍保留在存储器上。系统应提供识别导航数据库版本和有效期的手段；

o. WGS - 84 地理坐标系统。WGS - 84 或等效的地球参考模

型应成为确定误差的基准地球模型。如果没有采用 WGS - 84, 所选定的地球模型与 WGS - 84 地球模型之间的差异必须包含在航径定义误差中。由数据分辨率引起的误差也必须考虑;

p. 自动无线电位置更新。自动更新功能是无需机组人工插入坐标的更新程序。在满足下列条件下, 自动更新功能对于在应用 RNP4 的空域中运行是可接受的:

- i) 自动更新程序包括在运营人的训练大纲中;
- ii) 机组掌握了更新程序以及更新对导航方案的影响。

2. 建议机载导航设备具备以下功能:

- a. 在控制显示组件(CDU)上显示偏航误差;
- b. 显示当前位置至选定航路点的距离/方位角;
- c. 在 CDU 上提供至航路点的时间;
- d. 显示沿航迹距离;
- e. 显示地速;
- f. 指示航迹角;
- g. 提供自动助航设备选定功能;
- h. 人工抑制助航设施;
- i. 自动选定并调谐测距仪(DME)或甚高频全向信标(VOR);
- j. 位置偏差估计;
- k. 显示当前 RNP 等级和选定的类型;
- l. 能显示飞行计划的不连续性;
- m. 显示正在使用的导航传感器以及导航降级的显示。

航空器资格组

1. 第 1 组。航空器具有正式的 RNP 批准,且在飞机飞行手册或相关适航文件中表明了其适合于海洋和偏远地区运行。适航文件应包括公布的 RNP 等级和与其使用相关的规定(如助航设备传感器要求)。上述方法也适用于如下情况:即合格证的获得是通过针对为了使航空器满足海洋和偏远地区空域 RNP4 要求而进行的设备改装(如 GNSS 接收机)所颁发的 STC。

2. 第 2 组。航空器具有先前的导航系统批准,且在先前的标准下其经审定的性能水平等效于 RNP4 标准。

a. GPS 作为主要导航系统。仅装备了 GPS 作为经批准的海洋和偏远地区空域运行远程导航系统,必须是双套 GPS 设备,满足 FAA TSO C129a 或 C146(),或者 JAA JTSO C129a 或 C146()的标准。另外,必须使用经批准的失效检测和排除(FDE)可用性预测的签派放行程序,预期 FDE 能力不可用的允许最长时间是 25 分钟。这一最长中断时间必须作为 RNP4 运行批准的条件。如果预测显示将超出最长 FDE 允许失效时间,必须在 FDE 可用时重新安排该运行。

b. 含有 GPS 的多传感器系统。

i) 含有 GPS 的多传感器系统,其中 GPS 具有 RAIM 功能。按

照 FAA AC 20 - 130A“导航或飞行管理系统综合多导航传感器的适航批准”或等效标准批准的,具有 RAIM 和 FDE 功能的,综合了 GPS 的多传感器系统,能提供 95% 的 ± 4 海里的精度,满足性能要求。

ii) 含有 GPS 的多传感器系统,系统具有航空器自主完好性监视(AAIM)功能。AAIM 使用多传感器(包括 GPS)的定位冗余性来提供至少相当于 RAIM 的完好性保证。这些机载增强设备必须依据 TSO C - 115b 或 JTSO C - 115b 或其他同等文件进行审定。例如,在 RAIM 不可用而 GPS 继续提供定位信息的情况下,使用惯性导航系统或其他导航传感器对 GPS 数据进行完好性检查。

3. 第 3 组。采用新技术的导航系统,满足本通告 RNP4 运行的性能要求。