

PBN

JIYU XINGNENG DAOHANG (PBN)
CHENGXU LILUN YU SHIJIAN

基于性能导航 (PBN) 程序理论与实践

蒋维安 ○ 编著



西南交通大学出版社

PBN

JIYU XINGNENG DAOHANG (PBN)
CHENGXU LILUN YU SHIJIAN

基于性能导航 (PBN) 程序理论与实践

蒋维安 ○ 编著

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

基于性能导航 (PBN) 程序理论与实践 / 蒋维安编著.
—成都: 西南交通大学出版社, 2015.8
ISBN 978-7-5643-4248-7

I. ①基… II. ①蒋… III. ①航空导航—导航接收机—程序设计 IV. ①V249.3②TN965.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 200125 号

基于性能导航 (PBN) 程序理论与实践

蒋维安 编著

责任编辑	姜锡伟
封面设计	何东琳设计工作室
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区交大路 146 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://www.xnjdcbs.com
印 刷	四川煤田地质制图印刷厂
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	14
字 数	282 千
版 次	2015 年 8 月第 1 版
印 次	2015 年 8 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-4248-7
定 价	56.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

.....前言

根据 ICAO DOC 9613 和我国 PBN 路线图的描述和解释, 基于性能的导航 (PBN, Performance Based Navigation), 是国际民航组织 (ICAO, International Civil Aviation Organization) 和中国民航正在大力推广的一项空中航行新技术, 是国际民航组织 (ICAO) 在整合各国区域导航 (RNAV) 和所需导航性能 (RNP) 运行实践和技术标准的基础上, 提出的一种新型运行概念。它将飞机先进的机载设备与卫星导航及其他先进技术结合起来, 涵盖了从航线、终端区到进近着陆的所有飞行阶段, 提供了更加精确、安全的飞行方法和更加高效的空中交通管理模式。

按照 ICAO 的计划和我国公布的 PBN 路线图, 到 2016 年, 全球所有跑道端都将拥有具有垂直引导的仪表进近程序 (APV, Approach with Vertical Guidance)。与传统的非精密进近程序、精密进近程序名称相类似, 该类程序在我国又被形象地称为**类精密进近程序**。

在我国开始实施 PBN 的初始阶段及随后阶段, 笔者以主要设计人员身份合作设计了我国温州机场 PBN 程序, 以总设计和主要设计人员身份设计了我国洛阳、阿勒泰机场 PBN 程序, 还以总设计的身份设计了宜昌机场的 PBN 程序的总体方案。

笔者亦十分荣幸地成为我国大陆首位和相当长一段时间内唯一一位 ICAO PBN 程序设计国际教员, 并自 2010 年开始, 多次应邀到国际民航组织亚太区仪表飞行程序项目办公室 (ICAO APAC FPP office) 讲授 PBN 飞行程序设计课程, 指导飞行程序设计小组练习。

到目前为止, 已经为亚太地区澳大利亚、韩国、新加坡、斯里兰卡、印度尼西亚、巴基斯坦、蒙古、越南、缅甸、老挝、孟加拉国等国家和我国, 培养了数十位程序设计专业人员和相关人员; 还同时担任了中国民航 PBN 培训中心 (设立在中国民航飞行学院) 主讲教师, 进行了大量的 PBN 培训工作。此外, 笔者还曾多次应邀前往中国民航大学、多家航空公司、机场、管理局等相关单位开展 PBN 相关培训工作。2013 年 6 月, 国际民航组织亚太区分办事处 (ICAO APAC RSO) 成立并落户我国北京, 同时国际民航组织亚太区仪表飞行程序项目办公室 (ICAO APAC IFPP office) 也搬到同一地点开展工作。笔者以仪表飞行程序设计专家和国际教员的身份被选拔借调到上述机构工作, 负责项目和课程维护、实施、考核和改进提高及开发, 并负责指导亚太地区部分国家 PBN 程序设计的实习训练 (On Job Training, OJT)。

通过这些工作的开展，笔者在 PBN 程序设计、PBN 运行和相关教学等方面积累了一点经验，并愿借本书的出版与同行专家分享和交流。本书也可作为相关专业领域如飞行程序设计、飞行、管制、签派、情报、审查、管理等学生的辅助教程或课外阅读，也可作为初学者的入门参考。

本书在内容上部分地方有必要的重复，而很少使用“参见某章某节某图”之类的指向方式，主要期望方便读者阅读时能就近阅读和理解而不需要到处翻查或懒得翻查，这也是一定程度上借鉴了某些国外图书的编排方式的一个优点，笔者在阅读这些图书时感觉甚为方便，故予以适当借鉴和发扬。另外，笔者从事教育工作 20 余年，个人经验告诉笔者有时恰当的重复对加深印象也是必要的。从帮助不同读者理解的角度考虑，对同一个问题，有时换一种解释的方法，也许对某些特定的读者理解某些问题会更容易。故本书有时在不同的地方对同一个问题的描述和解释会有少许字面的差异，也请读者理解。

本书力图以浅显易懂的语言和自己的理解介绍 PBN 相关的基础知识和应用最为广泛的 RNP APCH 程序设计的基础知识。由于工作比较繁忙，本书从 2010 年动笔到 2015 年完稿，其中几次搁置，经历了一些曲折和调整，最终能得以出版颇为不易。由于同样的原因，本书未能详述低温运行、平行跑道、偏量、审批等。感兴趣的读者可参考相关参考文献，并请包涵。

由于笔者才疏学浅，经验有限，再加上时间上断断续续，跨度颇大，故书中不妥之处在所难免，欢迎各位专家、学者和读者批评指正，笔者不胜感激。

笔 者

2015 年 6 月于中国民航飞行学院

.....目 录

第一章	基于性能导航 (PBN) 的背景.....	(1)
第一节	PBN 之前的 RNP 和 RNAV	(1)
第二节	ICAO 的研究和 PBN 概念的提出	(3)
第三节	我国 PBN 实施总体情况	(5)
第四节	PBN 发展的趋势.....	(7)
第二章	PBN 的概念及要求	(9)
第一节	概 述	(9)
第二节	PBN 对精度的要求	(10)
第三节	PBN 运行对完好性的要求及性能监视 (PMA)	(14)
第四节	PBN 运行的可用性、连续性要求和 RAIM 预测	(16)
第五节	PBN 运行的特定功能要求	(19)
第三章	PBN 的内容	(20)
第一节	PBN 与各方的关系	(20)
第二节	PBN 的导航规范	(21)
第四章	PBN 的优势	(33)
第一节	PBN 在制定空域规划和超障准则方面的优势	(33)
第二节	PBN 在程序设计方面的优势	(37)
第三节	PBN 在飞行运行方面的优势	(40)
第四节	PBN, 民航发展新钥匙	(42)
第五章	实施 RNP APCH 规范	(48)
第一节	概 述	(48)
第二节	PBN 手册中关于实施 RNP 进近的内容	(49)
第三节	PBN 手册中关于实施气压垂直导航 (VNAV) 的内容	(62)

第六章	PBN 手册	(72)
第一节	概 述	(72)
第二节	国际民航组织的 PBN 手册及 PBN 实施的主要过程	(75)
第三节	ICAO GNSS 概念	(78)
第七章	PBN 程序的质量控制	(80)
第一节	ICAO 程序设计流程及质量控制	(80)
第二节	我国民航机场实施 PBN 程序的常见流程	(82)
第三节	PBN 程序的混合运行和强制实施	(85)
第八章	CDO 运行	(90)
第一节	连续下降运行 (CDO) 的概念	(90)
第二节	连续下降运行 (CDO) 的优势	(91)
第三节	连续下降运行 (CDO) 航迹的设计	(93)
第四节	连续下降运行 (CDO) 的排序方法	(96)
第五节	连续爬升离场 (CCO) 和进离场分流	(101)
第六节	连续下降运行 (CDO) 的应用事例	(105)
第七节	连续下降运行的特点	(115)
第九章	连续下降最后进近 (CDFA)	(116)
第十章	PBN 程序设计基础	(123)
第一节	PBN 程序在我国的发展情况	(123)
第二节	PBN 航路点分类	(125)
第三节	航图及编码 (Coding)	(126)
第四节	航段最短稳定距离 MSD	(136)
第五节	转弯保护区的设计和绘制	(140)
第六节	PBN 进近水平航迹的设计要求	(152)
第七节	终端进场高度 (TAA)	(157)
第八节	RNP APCH 程序设计	(157)
第九节	气压垂直导航 (Baro-VNAV) 设计	(161)
第十节	ICAO 对 RNP APCH 程序设计原则的近期更新	(168)
第十一节	程序设计自动化	(177)

第十一章	× × × 机场 PBN 程序设计	(190)
练习 1:	根据机场现有条件, 确定项目启动和决策	(190)
练习 2:	PBN 程序设计依据通常有哪些?	(195)
练习 3:	根据练习 1 的参考答案结果, 确定设计任务	(197)
练习 4:	试根据前述练习的参考答案结果, 设计 × × × 机场 PBN 程序布局, 并确定划分扇区方案	(197)
练习 5:	试根据前述练习的参考答案结果, 设计 × × × 机场 PBN 程序扇区划分	(198)
练习 6:	试根据前述练习的参考答案结果, 完成 × × × 机场 12 号跑道进场和进近的概念设计	(199)
练习 7:	试根据前述练习的参考答案结果, 完成 × × × 机场 12 号跑道 RNP APCH 最后进近程序的设计	(199)
练习 8:	试根据前述练习的参考答案结果, 完成 × × × 机场 12 号跑道 RNP APCH 中间和起始进近程序的设计	(203)
练习 9:	试根据前述练习的参考答案结果, 完成 × × × 机场 12 号跑道 Basic RNP1 进场程序的设计	(204)
练习 10:	试根据前述练习的参考答案结果, 完成 × × × 机场 12 号跑道 RNP APCH 进近程序最低运行标准的计算	(206)
练习 11:	试根据前述练习的参考答案结果, 完成 × × × 机场 12 号跑道 RNP APCH 进近程序 VSS 检查, 并判断是否可以开发 Baro - Vnav 程序	(207)
练习 12:	试根据前述练习的参考答案结果, 完成 × × × 机场 12 号跑道 RNP APCH Baro - Vnav 进近程序的设计	(208)
练习 13:	试根据前述练习的参考答案结果, 设计 × × × 机场 12 号跑道的 PBN 离场程序	(209)
参考文献		(213)
致 谢		(216)

第一章 基于性能导航 (PBN) 的背景

基于性能的导航 PBN 从 RNAV 和 RNP 发展演变而来, 经过了一个漫长的过程, 比较圆满地解决了许多方面特别是 RNP 方面许久以来一直存在的混乱及其所引起的困惑, 适应了民用航空运输全球发展的趋势, 特别是卫星导航应用的趋势, 必将为全球的航空运输发展带来巨大的甚至革命性的变化。借助于 PBN、ADS-B、HGS、EVS 等大量新技术的不断发展和应用, 全球的航空运输将必然会更加高效、更加协调, 也更加普及和更加便利。

第一节 PBN 之前的 RNP 和 RNAV

随着世界民用航空技术的发展, 全球卫星导航系统 (GNSS, Global Navigation Satellite System) 特别是美国全球定位系统 (GPS, Global Positioning System) 在民航飞机上的应用日益广泛。以我国为例, 对主流的民航运输机, 2 套 GPS 和 2~3 套高精度惯性基准系统 (IRS, Inertial Reference System) 以及 2 套飞行管理计算机系统 (FMCS, Flight Management Computer System) 已经成为标准配置。一方面, 良好的机载设备使飞机在事实上具备了相当好的导航性能; 而另一方面, 大量现有的飞行程序仍然是按照传统的仪表或目视飞行程序设计原则设计和运行的, 在大多数情况下, 远未能充分发挥飞机先进机载设备优势以及其可能带来的巨大效益。

所需导航性能 (RNP, Required Navigation Performance) 的逐步应用特别是需要特殊机组和飞机授权的所需导航性能 (RNP SAAAR, Required Navigation Performance with Special Aircrew and Aircraft Authorization Required) 的应用, 显示了巨大的优势。美国首先于 1996 年与一家加拿大的低成本航空公司 West Jet 合作在阿拉斯加的朱诺机场 (Juneau Intl Airport) 实施了需要特殊机组和飞机授权的所需导航性能 (RNP SAAAR) 计划, 发挥了先进机载设备的优势, 取得了降低运行标准、提高运行安全性、提升运行经济性和运行效率的效果, 获得了巨大成功。此后, 澳大利亚和我国都相继引进了 RNP SAAAR 程序, 用于高原及地形复杂的机场, 也都取得了巨大的成功。RNP 的优势被日益凸显出来。

区域导航 (RNAV, Area Navigation) 蓬勃发展。国际民航组织在国际民航公约附件 11 中, 将区域导航 (RNAV) 定义为一种导航方法, 它允许飞行器在陆基或天基导航设施的覆盖范围内或在自主导航设备能力限制内或两者配合下按任何希望的飞行路径运行。今天的广义的 RNAV 包括了 PBN 和不符合 PBN 要求的区域导航。RNAV 提供了较大的灵活性, 使得 VOR/DME、DMEDME、GNSS (如 GPS)、IRS 及其他导航系统, 都可能支持 RNAV 的运行, 因此具有广阔的前景。

世界各国、各地区竞相提出自己的标准, 致使 RNP 和 RNAV 面临考验。地区性标准如雨后春笋一样不断涌现, 各地区性标准间存在这样那样或大或小的差异, 甚至连 RNP 和 RNAV 的内在涵义都不完全一致, 因此难以互相认可。如 RNP 10、RNP4、中东 RNP5、美国 B 类 RNAV、RNP SAAAR、欧洲的 BRNAV、PRNAV, 还有 RNAV (GNSS)、RNP0.3... 如果不及时采取措施, 世界民航的跨地区运行将要求航空公司不得不进行反复的审批, 其发展将受到越来越多的标准形成的障碍的制约。

未来空中航行系统 (FANS) 特别委员会认识到, 过去多年来最常用来表明所需导航能力的方法是强制配备某种设备。这就制约了对现代机载设备的最佳利用。为了克服这一问题, 委员会制定了所需导航性能能力 (RNP) 概念。未来空中航行系统将所需导航性能能力确定为相应包容度水平下, 沿指定或选定航迹的侧向偏离参数或沿航迹定位精度参数。

所需导航性能 (RNP) 概念得到国际民航组织理事会的批准, 并指定审查间隔总概念专家组 (RGCS) 对其做进一步审议。1990 年, 审查间隔总概念专家组注意到能力和性能有明显区别, 并且空域规划依赖于测定的性能, 而非固有的设计能力, 因此将所需导航性能能力改变为所需导航性能 (RNP)。审查间隔总概念专家组随后进一步发展了 RNP 概念, 将其扩展成为对规定空域内运行所需导航性能的说明, 并建议特定的 RNP 类型应该定义空域内所有用户应具有的性能, 使之与空域内所能提供的导航能力相匹配。正如同未来空中航行系统所设想的, RNP 类型将由一个单一的精度数值来明确。人们发现这适用于偏远和洋区地区, 就陆地的 RNAV 应用而言, 航迹间隔有关指导是不充分的。这是由若干因素造成的, 包括为航空器导航系统设定性能和功能标准、在可用空域的限定范围内工作, 以及使用更为可靠的通信、监视和空中交通管理环境。另一个原因是 RNAV 能力的逐步发展以及需要从安装的设备上尽早获取利益等所引发的实际考虑。这就导致了具有相同导航精度的不同导航能力规范。人们注意到, 随着垂直导航 (3D) 和时间导航 (4D) 的引入, 以及空中交通管理后来将其用于提高空域容量和效率, 这种发展将不会停止。

以上考虑给早期负责在陆地空域实施 RNAV 运行的机构造成了极大的困难。在解决这些困难的过程中, 概念、术语和定义出现了极大的混乱。结果, 实施的差异

导致了 RNP 应用的不统一。这种情况甚至愈演愈烈,直到 2007 年 ICAO 提出 PBN 概念,并重新定义 RNAV 和 RNP 之后才得以改观。因此读者需特别注意,当遇到新老的文献和资料比如某些飞机的 AFM (飞机飞行手册, Aircraft Flight Manual) 时,一定要区分其中的“RNAV”“RNP”以及“RNP 能力”等术语,可能会与现行的含义不完全一致。

第二节 ICAO 的研究和 PBN 概念的提出

由于早期的 RNP 和 RNAV 各自为战,蓬勃发展,既反映出强烈的现实需求,又导致越来越混乱的局面。ICAO 及时意识到概念、术语和定义等出现了混乱,并意识到问题的严重性,于是成立了专门的 RNP 特殊运行要求研究小组 (RNP SORSG) 对 RNP 的运行进行研究,目的是对已经存在的 RNP 和 RNAV 规范进行梳理,阻止地区性概念和规范的进一步泛滥,形成全球统一的标准体系和概念内涵。

2003 年 6 月 3 日,国际民航组织空中航行委员会针对全球导航卫星系统专家组 (GNSSP) 第四次会议的建议采取行动,指定所需导航性能和特别运行要求研究小组 (RNP SORSG) 负责解释所需导航性能 (RNP) 相关的若干问题。

所需导航性能和特别运行要求研究小组 (RNPSORSG) 审查了国际民航组织的 RNP 概念,考虑了早期应用经验和当前行业趋势、利害攸关方的需求和现行的区域实施情况。小组就 RNP 与 RNAV 系统功能和应用方面的关系达成了共识,并制定了 PBN 概念,统一了全球标准并使其在全球范围内实施成为可能,也为和谐的未来运行奠定了基础。

根据 ICAO RNP 特殊运行要求研究小组 (RNP SORSG) 对 RNP 的运行进行的研究表明,必须提出新的概念即“基于性能的导航 (PBN, Performance Based Navigation)”才能很好地描述和整合现有的 RNAV 和 RNP 标准。

基于 ICAO RNP 特殊运行要求研究小组 (RNP SORSG) 对 RNP 的运行进行的研究结果,ICAO 提出了基于性能导航 PBN (Performance Based Navigation) 的概念,并对 PBN 的内涵进行了定义。同时,对 RNAV 和 RNP 的含义也重新进行了定义。2007 年 4 月,ICAO 正式通过国家信函的方式,向各缔约国解释了 PBN 的概念,要求各缔约国制订实施计划并实施 PBN。同时,ICAO 还制定并公布了 PBN 手册 (ICAO Doc 9613 第 3 版,2008,见图 1-1。以前的版本是 RNP 手册) 以指导各缔约国实施 PBN。在实施后,ICAO 不断根据需要对 PBN 手册进行更新,于 2013 年推出了新版的 PBN 手册 (ICAO Doc 9613 第 4 版,2013,见图 1-2)。

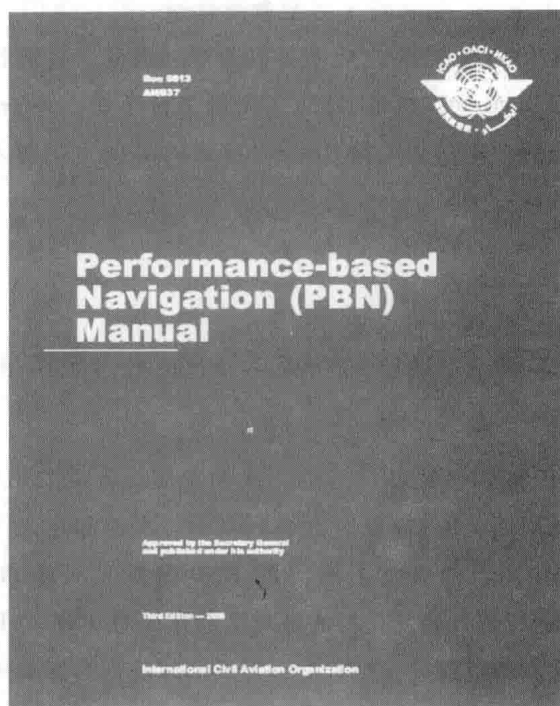


图 1-1 国际民航组织 (ICAO) 2008 年版的 PBN 手册

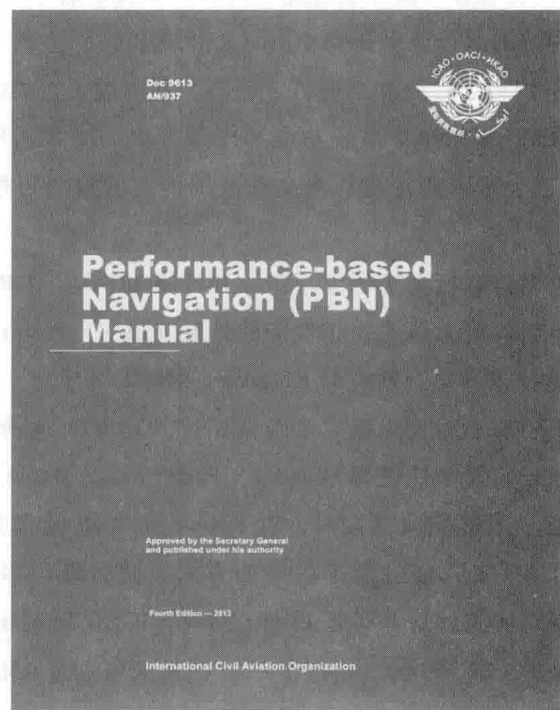


图 1-2 国际民航组织 (ICAO) 2013 年版的 PBN 手册

第三节 我国 PBN 实施总体情况

早在 PBN 概念之前,随着卫星导航设备 (GNSS) 和高精度惯性导航设备的日益普及,区域导航 RNAV 和所需性能导航 RNP 已经在越来越多的国家中得到推广使用,我国在 2006 年即开始了 RNP 技术在林芝机场的应用探索并获得成功。2007 年 ICAO 公布 PBN 手册后,我国民航也将 PBN 的应用作为一项战略计划来实施,专门成立了 PBN 实施领导小组,并于 2009 年制定了详细的 PBN 实施路线图,对推广 PBN 做出了长期的规划。

PBN 的应用,不仅能从整体上提高整个民航飞行的安全和空域容量,更能提高航空公司经济效益、降低基础建设投入和维护费用,还能在节能减排、缓解机场发展与机场周边环境保护和协调发展等方面起到积极的作用。

我国民航机队设备总体比较先进,我国民航局对 RNP 和 PBN 等航行新技术极为重视。继 2006 年我国民航在林芝开展了 RNP AR 程序项目并获得成功,在世界最难运行的机场实现了正常运行之后,在拉萨、玉树、九寨、张家界、康定、西昌、丽江等西部具有较大挑战性的机场,均实施了 RNP AR 项目并获得成功,极大地提升了安全和效率以及运行效益等。

在国际民航推出 PBN 后我国民航十分重视,成立了专门的 PBN 实施领导小组,重视程度由此可见一斑。2009 年 7 月,我国民航局即完成了“中国民航基于性能的导航实施路线图 (草稿)” (见图 1-3) 的起草,并于当年 10 月份正式颁布了“中国民航基于性能的导航实施路线图 (1.0 版)” (见图 1-4),完全符合 ICAO 的要求。中国民航 PBN 路线图公布的实施计划见图 1-5。随后又相继推出了一系列标准,如:“在终端区和进近中实施 RNP 的运行批准指南” (2010 年 3 月 1 日, AC-91-FS-2010-01R1), 用于 RNP1、RNP APCH/Baro-V_{nav} 应用的批准;“民用航空机场运行最低标准制定与实施准则” (2011 年 4 月 19 日, AC-97-FS-2011-01), 用于指导机场运行标准制定与实施;“在航路和终端区实施 RNAV1 和 RNAV2 的运行指南” (2008 年 6 月 26 日, AC-91-FS-2008-09), 用于指导 RNAV1/2 的实施;“RNAV5 运行批准指南” (2008 年 2 月 22 日, AC-91-08), 用于指导 RNAV5 的运行批准;“在海洋和偏远地区空域实施 RNP4 的运行指南” (2009 年 5 月 20 日, AC-91-FS-2009-12)。由此可见,在 ICAO 推出 PBN 概念和 PBN 手册之后,我国民航在规章建设方面反应也非常迅速,及时推出了大量实施 PBN 所急需的规章。加上之前推出的“特殊航空器和机组 (SAAAR) 实施所需导航性能 (RNP) 程序的适航与运行批准准则” (2006 年 2 月 23 日) 和“要求授权的特殊航空器和机组 (SAAAR) 实施公共所需导航性能 (RNP) 程序的适航和运行批准准则” (2006 年 12 月 27 日, AC-91FS-05) 一起,构成了比较完整的规章

体系，除 RNAV10 (RNP10) 以外，几乎 PBN 的每一个规范都有了一个对应的规范。

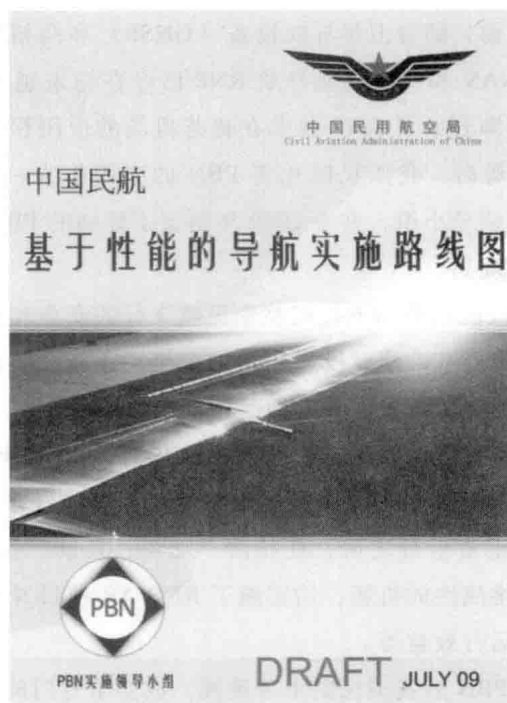


图 1-3 中国民航 2009 年 7 月出版的 PBN 路线图 (草稿)



图 1-4 中国民航 2009 年 10 月出版的 PBN 路线图 (1.0 版)

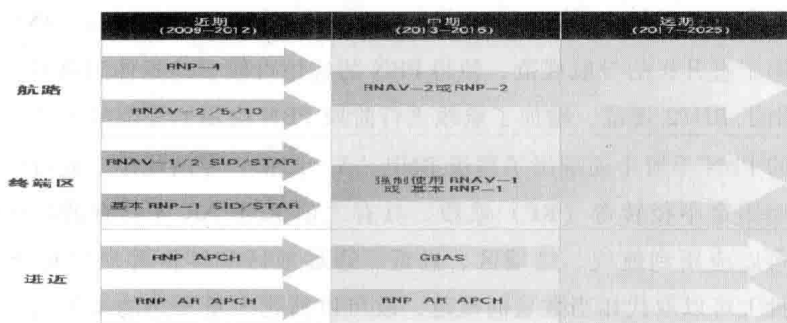


图 1-5 中国民航 PBN 路线图公布的实施计划

从 PBN 实施的具体进度来看，我国的进展是比较快的。从 2009 年 10 月公布我国 PBN 实施的路线图到 2012 年，短短 3 年，我国一半的民航机场都已拥有了 PBN 程序。到 2014 年，根据民航局飞标司数据，我国已在 154 个机场实施了 PBN。其中实施 RNAV 的机场有 25 个，实施 RNP APCH 的机场 112 个，实施 RNP AR 的机场 17 个。

2013 年 3 月 19 日，民航局下发了咨询通告“连续下降最后进近 (CDFA)” (AC-121/135FS-2013-46)，强制实施了持续下降最后进近 (Continuous Descent Final Approach, CDFA)，极大地降低了非精密进近的安全隐患，极有可能将我国民航安全水平推上一个新的台阶。事实上，近两年的表现证明，非精密进近情况下的事故和事故征候率的确大大减少了。2014 年，中国民航成立了“民航局航行新技术应用与发展工作委员会”，民航局局长李榕祥先生亲自担任委员主任，足以见得中国民航对新技术及其应用的高度重视。

事实上，这些新技术的大力推广和应用，与其他方面的进步一起，将我国民航运行的安全水平，推向一个又一个新的高度，接近甚至在某些方面已经超过世界先进水平。例如，2015 年国际航空运输协会 (IATA, International Air Transport Association) 数据显示，2014 年全球共有约 3800 万架次航班安全抵达目的地，每百万架次航班全毁事故率仅为 0.23，相当于每 440 万架次航班中有 1 次重大事故，这一数字达到历史新低。根据 IATA 国际航空运输协会 2015 年的数据，我国每百万架次航班全毁事故率仅为 0.06，行业平均水平是 0.58，这说明中国航班安全水平是世界平均水平的近 10 倍。我国民航运输安全水平达到国际平均水平的 10 倍，可见，PBN 等新技术的应用取得了明显的安全效益。

第四节 PBN 发展的趋势

从 PBN 的发展角度来看，导航应用将逐步从 2D 向 3D 过渡，未来将逐步从 3D

向 4D 过渡。2013 年推出的第 4 版 PBN 手册, 已经继续推出了新的 RNP0.3 规范, 它是主要用于直升机的导航规范, 使得 PBN 的应用可较多地延伸到直升机领域。同时, 还推出了 RNP2 规范, 增加了航线飞行阶段 PBN 应用的规范的可选范围。特别是在新版的 PBN 手册中还推出了高级 RNP (A-RNP) 导航规范, 它可以在最后进近阶段使用固定半径转弯 (RF) 航段, 具有之前 RNP AR 才具有的某些优势。并且它甚至可以应用到航线、终端区、进近、边远地区和洋区等所有可能的飞行阶段, 在审批上可以取代相当数量的规范, 故可以简化大量复杂的审批需求。可以预期在不远的将来, A-RNP 将得到越来越多的应用, 并受到越来越多用户的欢迎。

随着北斗系统的不断发展和完善, 相信北斗系统终究会应用到民航领域, 成为我国、亚太乃至全球的导航、通信、监视手段之一, 为世界民航特别是我国民航做出巨大的贡献。

随着对全球导航卫星系统的依赖日益增强, 空域概念的发展将越来越需要确保导航、通信、空中交通服务监视支持手段的紧密结合, PBN 的发展和成功应用, 也必将推动 ADS-B、CPDLC 等监视和通信手段的不断应用和升级。

第二章

PBN 的概念及要求

基于性能导航 (PBN, Performance Based Navigation) 是国际民航组织 (ICAO, International Civil Aviation Organization) 在整合了世界各国和地区的区域导航 (Area Navigation) 和所需性能导航 (RNP, Required Navigation Performance) 的运行实践和技术标准的基础上, 提出的一种新的运行理念。ICAO 出版的基于性能的导航 (PBN) 手册 (Doc9613 AN637 2008 第 3 版) 将 PBN 解释为以沿空中交通服务航迹运行、实施仪表进近程序或在指定空域运行的航空器性能要求为基础的区域导航。它属于空域概念中导航部分, 同时又与通信、监视、ATM 有着密切联系。

第一节 概 述

如果我们简单描述一下 PBN 概念, 可以解释为三句话:

(1) PBN 就是基于性能的导航。

(2) 性能是整个飞行器的导航性能。整个飞行器是从外部看到的飞行器整体——包括飞机、机组、运行管理等。飞机是包括机体和软硬件设备如导航设备和导航软件在内的飞机。

(3) 导航性能是整个飞行器的导航性能 (在不引起混淆的情况下常常简称性能), 它包括五个方面: 精度、完好性、可用性、连续性和特定功能要求。这五个方面的要求在对应的导航规范中有明确的说明。

对 PBN 导航的具体实施就是导航应用。在应用时有两个大的内容: 导航设备基础设施和导航规范。其中导航规范用以确定在精度、完好性、可用性、连续性和功能等多方面所需达到的性能要求, 以及对通信、监视、ATM 等方面的要求。它同时还定义了可以支持本导航规范的导航设施的可选范围。而导航基础设施用以与机载设备一起满足导航规范的要求, 并保证飞行器能提供符合要求的导航性能。

导航性能要求及 PBN 中的 P (Performance) 是指为满足特定空域概念下拟实施的运行所需的精度、完好性、连续性、可用性和功能性要求共 5 个方面。实施不同的 PBN 运行, 需要选择不同的导航规范和相应的导航设施, 也就对性能的 5 个方面