

Research on the Risk Assessment of RNP Operation at the Plateau and Complicated Airports

Xiaoli Luo, Dexian Chen

Civil Aviation University of China, Guanghan, China

Email: crmluo@yahoo.com.cn, ccdx@msn.com

Abstract: This paper analyzed the application and research status of RNP in the plateau airport both internal and international, in the interest of making a risk assessment to RNP in the plateau and complicated airports and building an assessment model. Referring to a mount of relative references and research reports, it shows that there is still no research report about risk assessment to RNP in the plateau and complicated airports. On the base of risk management, the QAR excavating technique will be adopted to distill critical data about RNP in the plateau airports, which will receive assessment through risk assessment model.

Keywords: plateau and complicated airports; RNP; risk identification; risk assessment

高原复杂机场 RNP 运行风险评估的理论与技术研究

罗晓利, 陈德贤

中国民航飞行学院, 广汉, 中国, 618307

Email: crmluo@yahoo.com.cn, ccdx@msn.com

摘 要: 分析了国内外 RNP 在高原机场应用和研究的现状, 旨在对高原复杂机场 RNP 运行进行风险评估并建立模型。通过大量查阅文献和相关研究报告, 发现目前国内外尚未见有对高原复杂机场 RNP 运行风险评估研究的报告。基于风险管理理论, 采用 QAR 数据挖掘技术提取高原复杂机场 RNP 运行的关键数据, 最后通过评估模型进行风险评估。

关键词: 高原复杂机场; RNP; 风险识别; 风险评估

1 引言

我国国土幅原辽阔, 高原和山区占了很大的比例, 海拔 500 米以上的面积占全国总面积的 84%, 高原面积占全国总面积的三分之一。高原机场包括一般高原机场和高高原机场: 一般高原机场海拔高度在 1500 米及以上, 但高度在 2438 米以下; 高高原机场海拔高度在 2438 米及以上。目前国内高原机场共有 12 个, 高高原机场有 7 个, 其中邦达机场是世界海拔最高的机场, 林芝机场是世界最复杂的机场^[1]。由于高原机场海拔高, 地形复杂, 气象条件多变, 导航设施缺乏等原因, 大大增加了高原机场和航线运行的难度。为了更有效保障飞行安全, 提高经济效益, 2004 年中国民航首先在高原机场进行 RNP (Required Navigation Performance, RNP) 试飞, 为 RNP 这项新技术中国民航运行开创了先河。

国家自然科学基金/民航联合基金重点项目资助: 批准号 60832012

2 RNP 的概念及优势

2.1 RNP 定义和背景

RNP 指飞机在助航设备信号覆盖范围之内, 或在机载导航设备的工作能力范围之内, 或二者的组合, 沿任意期望的航迹飞行。性能要求以在特定空域中进行运行所需的精度、完好性、持续性和可用性来确定^[2]。RNP 的概念是九十年代初期国际民航组织研究发展新航行系统 (FANS) 时提出的。RNP 用于飞机实际起飞和进近着陆阶段, 只有十几年的历史, 它也是目前世界航空发达国家都在积极研究的一项最新运行技术。

2.2 RNP 用于高原机场的运行优势

高原机场的特点是海拔高, 地形复杂, 气象条件多变, 导航设施缺乏等, 传统的导航方式对飞行员的技术和飞机的性能要求高。RNP 用于高原机场运行突出的优势就是降低对飞机性能的要求, 具体的优势还

主要体现在以下几点^[3,4]: 1)提高运行的安全性; 2)增加航空公司业载; 3)提高机场运行的正常性; 4)节省投资费用。

3 国外特殊机场及 RNP 运行现状

高原飞行问题不但是我国特有的, 而且是一个世界性的难题。虽然北美和欧洲基本没有高原机场, 但是仍有一些特殊机场其复杂情况和我国西南部的高原机场有着很大的相似之处。

Juneau 机场位于美国阿拉斯加州, 机场地形是四面环山, 其中三面山势陡峭。在低能见度的情况下, 严重限制了飞机的起降。90 年代中期, 史蒂夫·福尔顿在 Juneau 机场设计了第一个 RNP 终端区程序, 使得 08 跑道云底高度和可见度的最低要求分别从 1000 英尺、2 英里降到 724 英尺和 1 英里; 26 跑道云底高度和可见度的最低要求分别为 337 英尺和 1 英里。至今为止避免了 Juneau 机场成千上万的航班取消和延误^[5]。

4 国内高原机场及 RNP 运行现状

如前面所述目前国内在役以及正在建设中的高原机场共有 11 个, 高高原机场 10 个。其中地形和气象条件恶劣, 流量较大, 保障较为困难的机场有拉萨贡嘎机场、九寨黄龙机场、林芝米林机场、迪庆机场和丽江机场。

4.1 拉萨贡嘎机场

拉萨/贡嘎机场是西藏地区的门户机场, 位于雅鲁藏布江河谷, 海拔高度为 3563 米。机场周围高山林立, 东端地形较好, 西端地形复杂。在传统飞行程序下, 只能使用跑道东端进行单向仪表起降。由于运行标准高, 拉萨机场只能进行目视飞行, 不能开放夜航。2004 年 9 月, 民航总局与波音公司合作, 选择国航西南公司 B757-200 作为试验机型, 正式启动了拉萨“RNP 飞行程序及运行项目”, 2005 年 4 月成功地在拉萨机场进行了首次 RNP 试飞。RNP 使拉萨机场实现双向仪表起降, 着陆标准也降低到决断高 300 米、能见度 5 公里, 提高了国航在拉萨机场运营的正常率和安全水平。

4.2 九寨黄龙机场

九寨黄龙机场标高 3448 米, 坐落在群山环抱之中。北端有高大的山体, 02 跑道起飞的梯度要求为 5.7%, 飞机单发情况下很难达到这个梯度。在北向风超标时,

航班不能起飞和着陆, 进而引发后续航班大面积连锁延误^[6]。2007 年 2 月, 国航在九寨机场完成了 RNP 成功试飞, 从此使 B757-200 在九寨黄龙机场实现了双向起飞。

4.3 林芝米林机场

林芝米林机场位于雅鲁藏布江河谷地带, 海拔 2949 米, 周围几乎都是 4000 米以上的高山。飞机起降只能在狭窄弯曲的河谷中进行, 航道距离峡谷两侧山体最窄处不到 2 公里。林芝机场因其特有的高原地形地貌和恶劣多变的气象条件, 被认为是中国民航迄今为止运行最困难的机场。2006 年 7 月民航总局、西南管理局组织国航西南公司使用 757-200 成功进行了 RNP 飞行程序试飞, 并于同年 9 月正式通航林芝。林芝机场的 RNP 程序充分利用了雅鲁藏布江和其支流尼洋河的河谷地形, 淋漓尽致地发挥了 RNP 保护区小、航迹灵活的优势^[7]。

5 高原复杂机场 RNP 运行风险评估初步研究

RNP 是民航一项最新的运行技术, 在航空发达国家研究和应用不到十几年历史, 但它却体现出了远优越于传统导航方式的作用。随着 RNP 在特殊机场的普遍应用, 我们迫切需要建立一个质量保证体系, 首先对其进行风险评估。

5.1 国内外对 RNP 运行风险评估的研究现状

目前国内外对风险管理在民航中的应用已经有大量的研究。例如, 飞行事故概率模型及风险评估、航空企业的风险管理、空管自动化风险评估、风险决策在机场建设中的应用以及将风险管理运用于航空事故预防等。但是关于高原复杂机场及航线 RNP 运行风险评估未见有研究报告。

5.2 风险管理理论

风险管理是通过识别风险, 衡量风险, 分析风险, 从而有效地控制风险, 用最为经济的方法来综合处理风险, 以实现最佳安全生产保障的科学管理方法。风险管理的基础范畴包括风险分析, 风险评估和风险控制, 简称风险管理 3 要素, 见图 1^[8]。

5.3 RNP 运行风险评估

对 RNP 运行进行风险评估首先要进行危险源辨识, 即找出诱发事故的潜在因素。

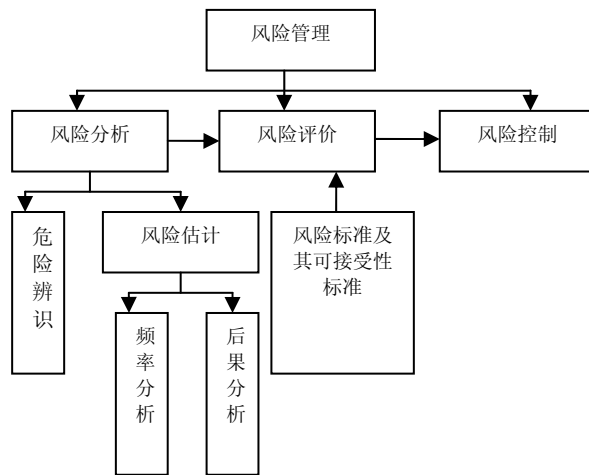


图 1. 风险管理的内容及相互关系

5.3.1 危险源辨识

危险源辨识是航空风险管理工作中非常重要的一项工作，可以说风险管理的成效如何主要取决于危险源辨识。

1) 人的因素

引发航空事故的原因往往不是单方面的，但大部分与人密切相关。主要有：机组人员因素、空管人员因素、维护人员因素、签派人员因素和机场维护人员因素^[9]。

民航局对高原飞行的飞行员年龄和飞行小时数等做出了明确规定，但并不能杜绝飞行机组可能引发事故。在高原复杂机场使用 RNP 进行导航，飞机配套了双套自动驾驶系统，但由于高原飞行，空气稀薄和地形复杂都会给飞行员造成更大的生理和心理压力。对管制人员来说，工作负荷过大不能保证空中交通安全，工作负荷过小也会使其产生厌倦，分散注意力，进而威胁到空中交通安全。在高原航线上所飞航班虽然较少，但管制人员仍应该保持警惕。由于高原复杂机场 RNP 运行对飞机性能和机场航线要求与传统方式不同，因此签派和维护人员同样起着至关重要的作用^[10]。

2) 飞机因素

高原飞行飞机本身存在最大的威胁便是发动机失效，高原飞行由于空气密度减小，发动机性能减弱，如果出现发动机失效，那么就会严重影响飞机的爬升性能。此外高原风切变和气流颠簸频繁，进一步提高了对高原飞行飞机性能的要求^[11]。

由于目前在国内并不是所有航空公司和飞机都能

满足高原 RNP 运行的要求，而且大部分飞机都是改装后才能飞高原机场，因此飞机本身与 RNP 这种新技术的融合也至关重要。

3) 环境因素

影响高原 RNP 运行的环境因素有三方面：第一是社会环境；第二是自然环境；第三是气象环境。中国西藏一直以来都在政治上是比较敏感的地区，恐怖活动等都可能成为威胁飞行安全的因素。高原机场最为特殊的地方就是它的自然环境，地形复杂，海拔高度高，机场跑道建设困难等都限制了飞机在高原机场的飞行。此外，高原机场的气象环境多变，也是影响高原 RNP 运行的重要因素^[12]。

为了对 RNP 运行进行充分的风险评估，本文对危险源辨识并进行分类，形成一个高原复杂机场 RNP 运行风险识别类别清单，如表 1。

表 1. 高原复杂机场 RNP 运行风险识别类别清单

人的因素 (HF)	飞机的因素 (AF)	环境的因素 (EF)
机组人员因素	AF1 飞机发动机	社会环境
HF1 机组个体	AF2 飞行管理系统	EF1 政治环境
HF2 机组群体	AF3 飞行导航系统	EF2 经济环境
HF3 机组资源管理	AF4 飞行操纵系统	自然环境
管制班组因素	AF5 起落架系统	EF3 地形复杂程度
HF4 班组个体	AF6 飞机空调系统	EF4 机场标高
HF5 班组群体	AF7 飞机氧气系统	EF5 跑道长度
HF6 班组资源管理	AF8 飞机防冰系统	EF6 氧气含量
HF7 维护人员因素	AF9 飞机灭火系统	EF7 噪声
HF8 签派人员因素	AF10 飞机电源系统	气象环境
HF9 场务人员因素	AF11 液压传动系统	EF7 风切变
	AF12 飞机载荷	EF8 颠簸程度
	AF13 机型 RNP 性能	EF9 温度
		EF10 气压
		EF11 天气情况

5.3.2 风险评估

根据风险评估的原理，风险水平 $R=P \cdot C$ ，其中 P 是风险发生的可能性， C 是风险的严重程度。结合定量的方法可以对 P 进行定义，如表 2^[13-14]。

同样可以对风险的严重程度进行分类，如表 3。

表 2. 风险发生的可能性

	次/每飞行小时
不可能	$< 10^{-9}$
几乎不发生	$10^{-9} \sim 10^{-7}$
偶然	$10^{-7} \sim 10^{-5}$
可能	$10^{-5} \sim 10^{-3}$
频繁	$10^{-3} \sim 1$

表 3. 风险严重程度

严重性	级别
灾难性	1
严重	2
较轻	3
可忽略	4

根据公式 $R=P \cdot C$ 可以建立风险评估矩阵, 如表 3。

表 4. 风险评估矩阵

	灾难性	严重	较轻	可忽略
频繁	R1	R1	R1	R3
可能	R1	R1	R2	R3
偶然	R1	R2	R2	R4
几乎不发生	R2	R2	R3	R4
不可能	R3	R3	R3	R4

根据表 4 风险水平, 需要采取的风险反应如表 5。

表 5. 风险反应

风险水平	风险反应
R1	不可接受; 采取措施降低风险
R2	不希望发生; 高层决策
R3	可接受; 同时进行管理审视
R4	可接受; 不需要进行管理审视

5.4 RNP 运行风险评估的具体研究和展望

高原复杂机场 RNP 运行的风险评估需要采用的方

法是通过数据挖掘技术来对 QAR 数据进行分析 and 提取, 并在此基础上形成风险评估模型。

6 小结

RNP 作为 PBN 的一种导航规范, 应用于高原地形复杂机场及航线, 充分体现了其远远优于传统导航方式的优越性。一项新的技术在得到普及, 不仅需要在其应用方面进行大量不断的研究, 更需要形成一个有效的保障体系。本文对 RNP 在高原复杂机场及航线运行风险评估进行了初步的探索, 旨在为 RNP 风险评估建立一个实用的评估模型。

致 谢

在此特别感谢“高原复杂机场终端区安全飞行关键理论与技术研究”课题组成员在本文写作过程中提供的资料和课题研究方案讨论中给予的写作思路的启发。

References (参考文献)

- [1] YU Jiang. Aircraft Performance Analysis in High Elevation/Complex Terrain Airports and Routes[M].Chengdu: The Press of Xinan Traffic University, 2006.7(Ch). 余江. 高原复杂机场和航线运行的飞机性能分析[M].成都:西南交通大学出版社, 2006.7.
- [2] Doc 9613-AN/937, Manual of Required Navigation Performance [S].ICAO, 1999.
- [3] David Nakamura, William Royce. Operational Benefits of Performance-Based Navigation[R]. Aero Quarterly, 2008, P12-21
- [4] China Civil Aviation PBN Implementation Route Map[S].China Civil Aviation Administration,2009.10(Ch). 中国民航 PBN 实施路线图[S].中国民用航空局, 2009.10.
- [5] Mike Adams. Required Navigation Performance in Juneau airport[R].Alaska Airlines, 2002.8.
- [6] HUANG Yifang, XIAO Huanquan, LI Jifu. Weather Analysis as an Factor Leading to Scheduled Flight Delay at the Crucial Plateau Airports[J].Research on the Weather of Plateau and Mountain, 2009.6, P37-40(Ch). 黄仪方, 肖焕权, 李积富. 高原重要机场航班延误的气象因素分析[J].高原山地气象研究, 2009.6, P37-40.
- [7] YI Shizhong, BAO Lida. On-the-spot Record of Linzhi Plateau Airport in Tibet[J].Tibet Economy and Society, 2006.9(Ch). 易世忠, 包力达. 西藏林芝高原机场首航纪实[J].西藏经济与社会, 2006.9.
- [8] LV Xuemei, WANG Yonggang, JING Zengqiang. Risk Management Applied in the Civil Aviation Accidents Prevention[J].Journal of Safety and Environment, 2007.7(6), P153-155(Ch). 吕学梅, 王永刚, 荆增强. 风险管理在民航事故预防中的应用[J].安全与环境学报, 2007.7(6), P153-155.
- [9] Richard Barhydt, Catherine A.Adams. Human factor consideration for Performance-Based Navigation[R].NASA, 2006.12.
- [10] Patankar, Talyor compose, MENG Huimin translates. Risk Management and Error Reduction in Aviation Maintenance[M].Peking: The Press of China Civil Aviation, 2007.2(Ch). 帕坦卡尔, 泰勒著, 孟惠民译. 航空维修中的风险管理与差错减少[M].北京:中国民航出版社, 2007.2.
- [11] CHEN Xin, YUAN Xiugan. Human-Aircraft-Environment Sys-

- tem Engineering Pandect[M].Peking: The Press of Peking University of Aeronautics and Astronautics, 2000.10(Ch).
陈信, 袁修干. 人机环系统工程总论[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2000.10.
- [12] LUO Fan. Research on the Mechanism of Aviation Accidents Happening[D].Wuhan: Wuhan Technology University, 2004(Ch).
罗帆. 航空灾害成因机理与预警系统研究[D].武汉:武汉理工大学, 2004.
- [13] WAN Jian. Risk Monitoring Method for Civil Aviation Safety And Application Research[D].Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2008.1(Ch).
万健. 民航安全风险监测方法及其应用研究[D].南京:南京航空航天大学, 2008.1.
- [14] ZHU Qichao, QUANG Xinghua. Methodologies on High-Tech Project Risk Management at NASA[J].The World Science and Technology Research and Development, 2004.6(Ch).
朱启超, 匡兴华. NASA 高技术项目风险管理技术与方法[J].世界科技研究与进展, 2004.6.