

民航安全与效能

——运行控制探索与实践

Minhang

Anquan yu Xiaoneng

Yunxing Kongzhi Tansuo yu Shijian

付 令/著



东北师范大学出版社

付 令/著

民航安全与效能

——运行控制探索与实践



Minhang

Anquan yu Xiaoneng

Yunxing Kongzhi Tansuo yu Shijian



东北师范大学出版社 长春

图书在版编目(CIP)数据

民航安全与效能:运行控制探索与实践/付令著. — 长春:东北师范大学出版社,2011.12
ISBN 978 - 7 - 5602 - 7753 - 0

I. ①民… II. ①付… III. ①民用航空-飞行安全-研究 IV. ①V328

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 282556 号

☐责任编辑:汲 明 ☐封面设计:张 然
☐责任校对:王秀梅 ☐责任印制:张允豪

东北师范大学出版社出版发行
长春市净月开发区金宝街 118 号 (邮政编码:130117)

销售热线:0431—84568092

传真:0431—84568092

网址: <http://www.nenup.com>

电子邮件: sdcbs@mail.jl.cn

成都市天金浩印务有限公司印装

2012年8月第2次印刷

幅面尺寸:148mm×210mm 印张:8.75 字数:218千

定价:35.00 元

序

航空安全,是广大旅客、社会和政府共同期待,是民航事业可持续发展的基础和重要前提。近年来,民航积极实施持续安全战略,着力提高综合安全保障能力和安全监管能力,完善安全体系,强化风险管理,加大安全投入,安全品质有了明显的提升。

民航是一个高科技行业。安全与效能的提升离不开科学技术的进步与应用。这也决定了民航行业政府作为一个学习型组织的特性。因此,我们历来鼓励监察员对工作进行总结、思考和研究。本书作者付令,是我局一名普通公务员、监察员。他结合自身在航空公司、民航四川监管局和民航西南地区管理局的工作和学习经历,从航空公司运行、行业政府监管的角度,对运行控制、航空安全管理、节能减排和人员资质管理等问题进行了思考、研究,并结集成书。我感到,这是一部具有一定创新意义的民航安全专著,相信能为读者带来一定的启发。

同时,我们也衷心希望,能有更多的民航一线员工、监察员能够在工作中勤于思考,善于总结,不断开拓创新,为民航安全与发展贡献更多的智慧与力量!

李书文

2011年12月

(李书文,男,汉族,河北获鹿人,一级飞行教师。历任中国民航飞行学院三分院院长,长城航空公司党委书记,中国民航飞行学院副院长、党委书记,民航东北地区管理局副局长、党委书记,民航西南地区管理局副局长、党委书记,现任民航西南地区管理局巡视员、党委书记。)

前 言

“平安为安，健全为全。效力效率是效，蕴藏之能绩乃能。”现代安全科学将安全视做一种风险持续可控的状态。而管理科学也将效能理解为过程和结果的满意。安全是民航永恒的主题，效能是民航不变的追求。安全与效能对立统一，然统筹兼顾并非易事。

本书作者结合他的民航从业经历，跨专业对民航这一应用科技领域进行了再解读和研究。作者所学专业为空中交通管制，毕业后从事飞行签派工作，后又参与了一些项目。既在航空公司一线工作，也在机关航安部门任职；既在企业工作过，又进入民航监管局、地区管理局工作。先后从事了飞行标准（航务）监察员、航空安全监察员和秘书等工作。

作者利用业余时间进行了跨专业学习。跨专业的学习和研究，让他产生了不少灵感。正如本书一样，作者从运行控制的角度，为提升民航安全与效能提供了一条很好的思路和实践路径：以运行控制为主要途径，提高航空公司、机场、空管单位的安全品质与运行效率；运用工业工程手法研究节油，通过具体实施节油策略取得了很好的成效，使得航空企业的运行成本大幅降低，温室气体的排放量明显减少。本书还以更广的视角，谈安全管理、人员资质和相关政策，升华了运行控制的内涵，扩展了其外延！

读罢此书，相信您一定有所收获，有新的灵感。空管、签派并不是国家学科目录中的学科。作为专业，传统上按学科组织教学。

但一个个孤立的科目如何与以应用为主旨的专业结合?学生的自我知识体系如何建构?实际工作能力如何培养?我们以前几乎很少看到满足这样要求的教材,但现在我们欣喜地看到了这本强调应用的书。因此,这本书完全可作为民航院校相关专业学生的选修读本和广大民航从业人员的参考书。

目 录

第一章 运行控制	1
第一节 计算机飞行计划参数设置.....	2
第二节 高原机场气象风险防范机制 (以西南地区为例).....	8
第三节 颠簸条件下飞行及签派策略	21
第四节 九寨/黄龙机场大雪天气下的签派放行.....	26
第五节 大雾天气下的运行控制策略及案例分析	32
第六节 雷雨天气下的签派放行与控制	42
第七节 边缘天气条件下的签派放行	49
第八节 中美民航规章 121 部适用范围探讨	55
第二章 安全管理	63
第一节 不安全事件调查案例分析	64
第二节 航线运行控制中的风险管理与决策分析	75
第三节 民航安全生产隐患排查治理	81
第四节 鸟击航空器防治策略	87
第五节 一起有争议的运行不正常事件	93
第六节 航空不安全事件信息报告	99
第三章 节能减排(以 S 航为例)	105
第一节 航空节油概论.....	106
第二节 节油现状分析.....	113

第三节	节油战略	116
第四节	节油工程的技术体系设计	119
第五节	节油工程的管理体系设计	145
第六节	节油工程的实施	169
第七节	节能文化建设	178
第四章	人员资质	185
第一节	飞行签派员职业训练质量管理	186
第二节	签派教员	192
第三节	民航运输类教育结构改革(上)	195
第四节	民航运输类教育结构改革(下)	204
第五节	签派与空管班组资源管理	211
第六节	飞行签派员职业生涯设计	220
第七节	航空公司运行控制部门人力资源管理	224
第八节	“96ATC 现象”的启示	233
	——空中交通管理教育的过去、现在和将来	233
第五章	企业战略与政策环境	238
第一节	通用航空企业的发展环境	238
	(以四川省为例)	238
第二节	航空枢纽的竞合联动思考	243
	(以西南地区为例)	243
附录		258
后记		263
参考文献		264

第一章 运行控制

【本章导读】

运行控制的精细化、数据化应当是航空公司的发展方向。然而,目前众多航空公司的运行控制手段、方式相对以往并没有质的变化,有的只是将人工处理的部分环节用计算机来处理,将纸张传递的信息用网络来传递。这不是一种根本的变革。我们需要对运行控制本身进行新的解读与思考。

作为法定放行文件与飞行运行计划,计算机飞行计划(CFP)在航空公司运行中起着至关重要的作用。笔者经过考察,认为很多航空公司存在 CFP 参数设置的问题。看似小毛病,实则大问题。这关系到运行的安全、成本的支出等,于是,我们需要对计算机飞行计划的参数设置进行探讨。

高原特殊机场由于地理条件、自然条件复杂,气象多变,运行难度较大。本章梳理、归纳不同高原特殊机场的运行特点,尤其是对气象风险进行剖析,探讨了当前气象风险防范在设备、制度建设、信息管理机制、安全文化等方面存在的问题,完善风险管理,提升运行的安全裕度与效率。本章还以九寨/黄龙机场为样本,剖析分析该机场大雪天气的形成机制、雪中雪后的天气特点、相应的签派放行对策以及运行控制的方式方法。

雷雨、大雾、颠簸是影响航班运行的典型恶劣天气。本章谈论了大雾天气下的运行控制与签派策略,并以成都为样本进行统计

分析,探讨雷雨等边缘天气下的签派放行与运行控制。

运行控制,同样关乎旅客的舒适度与满意度。本章分析了各种飞行颠簸的产生机理及其危害性,对飞行员遭遇颠簸时的应对策略以及运行控制策略进行讨论,以期进一步提高颠簸条件下的安全运行系数。

本章还探讨了 121 部的适用范围,对 121 部中的重要部分,特别是和运行控制相关的部分,用图解形式直观展现。

第一节 计算机飞行计划参数设置

计算机飞行计划(CFP)是航空公司的法定飞行运行文件。CFP 中的领航计划表为飞行员提供了航路点地理坐标、导航台信息、运行环境参数、载重数据等重要航行资料;CFP 中的油量计划则依照规章精准计算包括航段耗油、备降改航用油、等待油、公司备份油在内的相关油量数据,确保起飞、巡航、着陆等阶段航空器重量在安全限度内,保障飞行安全,并能提供最佳飞行剖面大幅减少油耗。CFP 的广泛使用标志着航空公司的飞行运行管理由粗放方式转向精细模式,由事后定性监管转变为事前量化控制。

CFP 的准确性直接取决于参数设定的科学性。本节探讨的 CFP 参数主要包括飞行各阶段的参数和运行政策参数(主要是燃油成本指数)。

一、飞行各阶段的参数测定与设置

(一)测定滑行油耗

滑行油耗是飞行计划必要参数之一,滑行耗油与滑行时间直接相关。受各机场布局、滑行路线、交通流量等因素影响,同一机

型在不同机场的滑行耗油量差异较大。笔者通过工作抽样的作业测定法设定 CFP 的地面滑行油耗参数。对同一机型在同一机场的滑行耗油量情况观测若干次,每次测值记为 X_i , $\bar{X}$ 为平均测值, s 为样本标准差, n 为最初样本数, n' 为最终测定次数。通过误差界限法确定最终测定次数(误差界限控制在 5% 以内,取可靠度为 95%):

$$n' = \left(\frac{40s}{\bar{X}} \right)^2 \left[\frac{40n}{\sum_{i=1}^n X_i} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n X_i)^2}{n}}{n-1}} \right]^2 \quad \text{式 1-1}$$

通过飞行品质监控(QAR)软件 AGS 和 AIRFASE 完成相应测定次数,确定标准偏差为(下式中 n 即为上式中确定的最终测定次数 n'):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X} - X_i)^2}{n}} \quad \text{式 1-2}$$

取 $\bar{X} + 3\sigma$ 为机场标准滑行油量管制上限 UCL。在 UCL 基础上,设定宽放耗油(含地面辅助动力装置 APU 耗油),以对应意外情况下的耗油。现阶段空客 320 机型在各机场的滑行油耗参数摘录如下:

表 1-1 各机场滑行油量标准

机场	成都	北京	海口	厦门	宁波	……
滑油(kg)	160	320	170	180	140	……

(二)分析飞行剖面

飞机制造厂商将试飞测定数据录入飞行手册和机型数据库。CFP 软件通过调用机型数据库进行运算,可得到较为准确的数值,但需要设计较为贴近实际的飞行剖面参数,包括爬升、巡航、下降等各个阶段的参数。对于飞行剖面分析,我们采用影像分析技

术。在整个飞行阶段,用飞行品质监控(QAR)软件 AGS 和 AIR-FASE,将飞机数据记录仪 FDR 数据转换为直观飞行剖面。根据剖面统计,设定标准剖面参数,如图 1-1、图 1-2。



图 1-1 AB8966 飞行剖面



图 1-2 AB8961 飞行剖面

将标准飞行剖面作为 CFP 参数,特别是巡航阶段的飞行高度参数。考虑空管规则,笔者没有取加权平均巡航高度层,而是采用了众数巡航高度层。在 QAR、飞机通信寻址及报告系统 ACARS 的支持下,结合大量的机组调查问卷,初步掌握了各航线的飞行剖面情况,形成 CFP 标准参考飞行剖面,如表 1-2。

(三)制订飞行各阶段参数

以国内定期载客运行为例,计算机飞行计划制订的参数如下:

(1)航线:总体走向依据管制一号规定制订,选择最常用(而非最长)进离场程序,以贴近实际。

(2)航线高度:根据分析出的标准飞行剖面制订。如:成都—北京,按 FL291/29100 英尺执行(ISGOD 以后为 FL266/26600 英

尺);北京—成都,按 FL301/30100 英尺执行。

表 1-2 CFP 标准参考的飞行剖面

航线	离港滑油 (kg)	主巡航高度 (百英尺)	航路走向与高度	离场程序	进场程序
CTU-PEK	150	291	(291)ISGOD(266)OC	JTG12D	VYK3A
PEK-CTU	300	301	(301)TOREG	RENOB24D	WFX12A
CTU-CAN	150	291	(291)MUBEL	ZYG02A	GYA11A
CAN-CTU	300	301	(301)YBN	YIN16D	FJC11A
.....					

(3)巡航方式:空客机型选择成本指数方式。

(4)备降场选择:选择签派放行评估时的最可能选用的备降场(而非最远备降场)作为第一备降场,保证运算出符合民航规章 CCAR121.657 要求的备降油。

(5)公司备份油,俗称额外油或应急油,即从目的地机场改航到备降场着陆,再以正常巡航消耗率飞行 45min 之后还有的余油。结合航线长短,考虑空域运行情况,参照计划航段耗油与实际耗油的差值并做适当宽放后设定。因为选用的是最常用路径,所以考虑了最远路径与常用路径之间的差值,保证安全裕度。

二、燃油成本指数的设定

(一)运营成本现状

S 航主要运营 A320、A319、A321、E145 四大类机型。除 E145 不能按成本指数巡航以外,空客机型均采用 CI 模式。目前,占据 S 航运输成本较大比例的前五项依次为:燃油成本、飞机发动机修理费、起降费、经营性租赁费、飞机与发动机折旧费,共计占到总运输成本的 79.55%。显而易见,其中的最大的可压缩项目为

燃油成本。

(二) 燃油成本指数及其定期维护机制

1. 确定成本指数

成本指数 CI 是航空公司运行的根本政策, 直接对应飞行速度和燃油消耗, 影响着运行成本, 在过去常被忽视。S 航自引进空客系列飞机以来, 一直沿用空客公司当初推荐的成本指数 50kg/min 至今。十余年间, 小时可变成本与燃油价格都发生了翻天覆地的变化。确立相对科学的成本指数, 可以在很大程度上降低运营成本。以 A320-232 机型为例, 其成本的组成为:

$$C = C_T + C_F + C_S \quad \text{式 1-3}$$

其中, C 为总成本, C_F 为燃油成本, C_T 为燃油以外的时间变动成本, C_S 为固定成本, 可变部分为 $C_T + C_F$ 。

设 C_f 为单位燃油价格, C_t 为单位时间成本, ΔT 为航段时间, ΔF 为航段耗油。可变成本为:

$$C_{\text{变}} = C_f \Delta F + C_t \Delta T \quad \text{式 1-4}$$

为控制可变成本, 规定合理的公司成本指数 $CI = C_t / C_f$, 则可变成本可表示为:

$$C_{\text{变}} = (\Delta F + CI \Delta T) C_f = (FF + CI) \times \Delta T \times C_f \quad \text{式 1-5}$$

又定义航程比 SR (每单位质量燃油对飞行里程的贡献):

$$SR = V / FF = MC / (F_n \times TSFC) = KMC_0 \theta^{1/2} / (TSFC \times W) \quad \text{式 1-6}$$

当使用 CI 模式时, 上式可表示为:

$$SR' = V / FF' = MC / FF' = MC_0 \theta^{1/2} / (FF + CI) \quad \text{式 1-7}$$

飞机系统依据设定的 CI, 控制发动机燃油流量 FF, 获得经济巡航速度, 从而获得合理航程比 SR' 。式 1-7 中, FF 为发动机燃油流量, V 为飞行速度, F_n 为推力功率, TSFC 为单位推力耗油量, M 为马赫数, C 为音速, K 为升阻比, C_0 为海平面音速, θ 为巡航高度大气温度比, W 为机重, FF' 为折合燃油流量。

粗算 S 航 A320 机型可变成本如表 1-3。

因人力费用通常采用航段包干制,故主要分析维护成本。表中平均小时维护成本包括一部分定值和一部分可变值。因飞机和发动机使用性质的不同,包括干租、湿租、经营性租赁等,以及发动机维护成本多变,准确确定时间可变成本有一定困难。对于时间可变成本的变化函数,需要经管、财务、机务、航材等部门协作,探寻飞行时间与运行成本间的关系,方可有准确取值。但即便按目前的初步估算,CI 也应小于 50kg/min。

表 1-3 A320 维护的边际时间成本

航材消耗件消耗(元)	2600000
飞机、发动机折旧费(元)	18732328
航材日常修理费(元)	5145011
飞发大修理费用(元)	25132953
总维护费用(元)	51610292
飞行小时	3085
维护边际成本(min)	小于 279
CI(kg/min,以航空公司基地当时油价 8400 元/t 估算)	小于 33

确定新的 CI 数值后,涉及的机组飞行时间、航班时刻微调等问题,也可能对旅客满意度、正点率等方面产生一定影响,需要进一步评估影响,进行决策。

2. 成本指数的定期维护机制

确立 CI 定期维护机制的目的在于:依据运营成本的变化,特别是燃油价格的变化,对公司机队的运行政策及时进行修正。在组织管理上,应指定专门机构为公司燃油成本政策的制定机构,负责组织成本调查、分析、政策制定、实施、监察等工作。成立成本指数工作组,人员包括企管、财务、机务、市场、飞行、运控、节油等部门的代表,纵横协作,整合、调用资源。

(原文曾发表于 2008 年《成都航空职业技术学院学报》)

第二节 高原机场气象风险防范机制 (以西南地区为例)

随着国家西部大开发战略的推进,西南地区(云、贵、川、渝、藏)高原机场的数量和规模都快速增长,极大地改善了西南地区相对落后的交通面貌,有力地促进了经济社会的发展。特别是位于少数民族地区的高原机场,在维护社会稳定、巩固国防、促进旅游资源开发等方面起到了重要的作用。但应当看到,由于高原机场海拔高,地形复杂,经常出现大风、风切变、风沙、雷暴、低云、低能见度、颠簸等恶劣天气,且变化快难以准确预测,加之高原机场和航路运行条件复杂,对飞行安全和正常造成了严重威胁。

一、西南地区高原机场情况简介

依据《航空承运人高原机场运行管理规定》(AC-121-21)和《特殊机场的分类标准及运行要求》(AC-121FS-17)等相关规定,标高 1500m(含)—2438m(不含)的机场为一般高原机场,2438m(含)以上的机场为高高原机场。民航西南地区 38 个民用机场(含军民合用)中有 18 个高原机场(8 个为高高原机场),见图 1-3(实心图标表示高高原机场)。在 18 个高原机场中有特殊机场 16 个,占西南地区特殊机场的 73%(非高原的特殊机场有黔江、芒市、黎平、西双版纳、普洱、铜仁)。6 个机场的盲降(ILS)下滑角度在 3° 以上,丽江机场甚至达到了 3.5° 。近年来,西南地区高原机场建设力度加大,阿里机场、日喀则机场已于 2010 年正式通航,那曲、泸沽湖、红河、怒江等高原机场也正在积极筹建中。

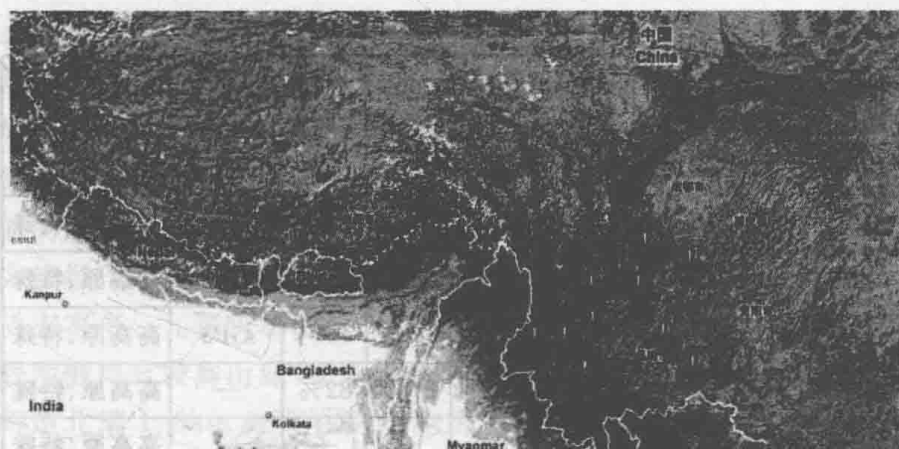


图 1-3 西南地区高原机场分布情况

二、西南地区高原机场气象风险分析

本文中的高原机场气象风险是指由于气象原因导致的影响航空安全运行的后果及其可能性。

(一) 西南地区高原机场的自然条件

西南地区地形受青藏高原影响呈现从西北向东南逐步倾斜之势。青藏高原总面积约 260 万 km^2 (占全国总面积的 27%), 平均海拔高度约 4000m, 素有“世界屋脊”和“地球第三级”之称。我国几乎所有的高高原机场都位于青藏高原。川西高原、云贵高原为青藏高原向东倾斜的过渡地带, 平均海拔高度 1000—2000m, 由于地域广阔, 南北跨度大, 多山的环境相对高差悬殊, 受纬度变化和垂直变化两种因素的双重影响, 气候条件格外复杂。西南地区高原机场基本情况见表 1-4。

(二) 高原机场的气象风险

影响高原机场飞行安全和正常的气象风险是由高原机场本身的地形结构、地理特征决定的, 具有很强的特殊性和复杂性。各高原机场都面临海拔高、地形和气象条件复杂等问题, 例如: 丽江机