



PAODAO ANQUAN LILUN YU SHIWU

# 跑道安全 理论与实务

霍志勤 著

中国民航出版社

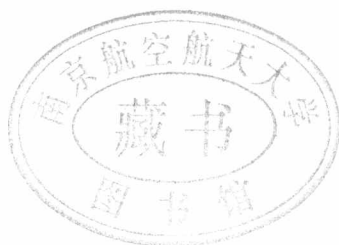


NUAA2013085363

V351  
1029-3

# 跑道安全理论与实务

霍志勤 著



中国民航出版社

2013085363

图书在版编目 (CIP) 数据

跑道安全理论与实务/霍志勤著. —北京: 中国  
民航出版社, 2013. 4  
ISBN 978-7-5128-0111-0

I. ①跑… II. ①霍… III. ①飞机跑道-安全管理  
IV. ①351. 11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 049645 号

责任编辑: 刘庆胜

跑道安全理论与实务

霍志勤 著

---

出版 中国民航出版社  
地址 北京市朝阳区光熙门北里甲 31 号楼 (100028)  
排版 中国民航出版社照排室  
印刷 北京金吉士印刷有限责任公司  
发行 中国民航出版社 (010) 64297307 64290477  
开本 787×1092 1/16  
印张 22  
字数 496 千字  
版本 2013 年 5 月第 1 版 2013 年 5 月第 1 次印刷

---

书号 ISBN 978-7-5128-0111-0  
定价 65.00 元

(如有印装错误, 本社负责调换)

100280111-0

# 序 言

近年来的统计数据表明，跑道安全是当前我国民航面临的严峻的安全问题之一。对跑道安全进行研究可以为各利益相关方提供参考意见。从不同层面全方位查找导致跑道安全事件的促成因素并制定防范策略，将不仅为局方在宏观调控、规章制定、监督管理等方面提供依据，还可为航空公司、空管部门、机场甚至航空器设计制造厂商提出系统的改进方法，更重要的是为广大一线运行人员提供预防跑道安全问题的指导意见。

若仅以事故数量或事故率作为衡量指标，我国民航安全水平近年来一直位于世界的前列，但跑道安全形势并不乐观，亟待引起局方和运行单位重视。针对中国民航的实际情况对跑道安全进行针对性研究，将为我国民航在安全上的进一步跨越式发展奠定基础。

《跑道安全理论与实务》一书具有较高的理论价值和实践意义，不仅在认识论和方法论上有导向、提升作用，而且研究结论符合客观实际，能引领和指导行业的发展，并能切实解决一定的实际问题。总体而言，这本书具有三个鲜明特点。一是创新了民航安全管理的方法。目前，我国民航在安全管理与事故防范方面还有明显的经验管理和行政管理烙印，科学研究基础相对较薄弱，安全管理理论的系统性亟待加强。志勤同志的研究突破了常见的以定性研究为主的模式，在方法论上进行拓展，建立必要的数理模型，从理性上认识跑道安全问题的本质，对于安全管理方法的提升是个有益尝试。二是促进了管理科学、安全科学、灾害科学、故障诊断科学、复杂科学等领域的知识融合。长期以来，民航的研究相对封闭，“就事论事”、“各自为政”或者“条块分割”的做法、观念一直在很大程度上将研究人员禁锢在狭窄或单纯的技术领域里。志勤同志的研究不仅综合提炼了交叉学科的精髓，而且广泛运用相关知识进行实证，促进了相关理论在民航安全领域中的应用。三是开拓了民航安全研究的角度和对象。既往民航安全研究主要从人的角度入手，而志勤同志的研究则以民航运行的大系统为研究对象，对跑道安全事件的发生机理进行分析，着眼于航空器的设计制造商、民航当局、企事业单位等多个角

度，系统性地提出防范措施。

《跑道安全理论与实务》一书是志勤同志在繁忙的工作之余潜心钻研而成，从内容到形式都彰显了作者激涌的学术灵气和坚韧的意志品质。这本书得力于他个人智慧和工作阅历的累积，信息量丰富，不少观点入木三分，是一部不可多得的安全管理力作，相信全行业都会从中受益。

是为序。

中国民航局安全总监、航空安全办公室主任



二〇一三年二月一日

## 内容简介

这是一部以原创研究成果为主的航空安全管理专著。

本书全面构建了跑道安全技术与管理总体框架，紧密围绕跑道混淆、偏/冲出跑道和跑道侵入三个子命题，展开理论与实践研究。主要内容有：航空安全热点管理思想；中国民航跑道安全水平预测；跑道安全事件危害评价；飞机滑错跑道及从错误道面起飞；看错落错跑道事件预防；偏/冲出跑道统计分析；着陆偏出跑道原因分析；冲出跑道原因分析与对策；冲出跑道人因建议框架；不稳定进近与偏/冲出跑道；飞行错觉与偏/冲出跑道；着陆跳跃与偏/冲出跑道；升降带、跑道端安全区与跑道拦阻系统；跑道侵入定义研究；跑道侵入分析及控制；机场热点区域甄别；跑道侵入事件调查等。

本书内容丰富、深入浅出、循序渐进，具备较好的科学性、系统性、新颖性而不失可读性和实用性。研究过程中注重两点：一是集中反映理论前沿。选择性地吸收了当今世界民航先进的技术与管理成果，大胆开拓创新，将新近的、经典的知识 and 理论浑然天成地嵌入其中。二是紧密跟踪实践动态。奔赴运行一线开展调研考察，深度采集实时数据，为帮助读者理解还编排了大量实例，着眼于运行实际提出解决方法。

本书研究成果将改变中国民航长期以来以感性经验为主的跑道安全管理模式，为航空公司、机场、空管、民航当局等利益相关方制定系统性、针对性的防范措施提供指导。

本书落脚点在跑道安全，同时对民航其他环节的安全管理也具有良好的启发和借鉴意义，可作为民航高等院校的教材、政府及企事业单位的培训读本，亦可作为相关研究人员的参考书目。

# 目 录

序言

内容简介

|                        |    |
|------------------------|----|
| 第一章 航空安全的管理思想刍议.....   | 1  |
| 一、安全管理理念的与时俱进.....     | 1  |
| 二、自组织理论视域下的民航安全管理..... | 4  |
| 三、本质安全论在安全管理中的应用 ..... | 11 |
| 四、民航安全生产中的执行力 .....    | 17 |
| 五、本章小结 .....           | 23 |
| 第二章 跑道安全研究综述 .....     | 25 |
| 一、研究背景及研究对象 .....      | 25 |
| 二、国内外跑道安全研究概况 .....    | 28 |
| 三、当前跑道安全研究存在的问题 .....  | 33 |
| 四、研究方法 .....           | 34 |
| 五、本章小结 .....           | 34 |
| 第三章 中国民航跑道安全水平预测 ..... | 35 |
| 一、预测原理 .....           | 35 |
| 二、算例 .....             | 37 |
| 三、预测结果 .....           | 44 |
| 四、本章小结 .....           | 44 |
| 第四章 跑道安全事件的危害评价 .....  | 45 |
| 一、问题的提出 .....          | 45 |
| 二、危害的维度 .....          | 46 |
| 三、显性危害和潜在危害的计算 .....   | 48 |
| 四、实证分析 .....           | 51 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 五、本章小结 .....                     | 51  |
| 第五章 滑错跑道、从错误道面起飞 .....           | 52  |
| 一、跑道混淆研究的边缘性特征 .....             | 52  |
| 二、典型案例描述 .....                   | 53  |
| 三、事件原因综合分析 .....                 | 57  |
| 四、防范措施 .....                     | 62  |
| 五、本章小结 .....                     | 69  |
| 第六章 飞机看错落错跑道事件预防 .....           | 70  |
| 一、国外民航看错、落错跑道不安全事件回顾 .....       | 70  |
| 二、我国民航看错、落错跑道不安全事件统计 .....       | 72  |
| 三、事件分类及重要度计算 .....               | 74  |
| 四、原因分析 .....                     | 79  |
| 五、看错、落错跑道事件的系统对策 .....           | 89  |
| 六、本章小结 .....                     | 99  |
| 第七章 中国民航运输飞机偏/冲出跑道统计分析 .....     | 100 |
| 一、研究范围 .....                     | 100 |
| 二、结果与分析 .....                    | 100 |
| 三、本章小结 .....                     | 113 |
| 第八章 民航运输飞机偏出跑道的原因及防范 .....       | 114 |
| 一、数据统计 .....                     | 114 |
| 二、偏出跑道事件的因素归纳 .....              | 115 |
| 三、不同研究结果对照及典型要素分析 .....          | 115 |
| 四、着陆偏出跑道核心要素识别 .....             | 122 |
| 五、飞机偏出跑道防范对策 .....               | 129 |
| 六、本章小结 .....                     | 131 |
| 第九章 从运行角度对飞机冲出跑道的原因分析与对策研究 ..... | 132 |
| 一、飞机冲出跑道因素统计 .....               | 132 |
| 二、飞机冲出跑道力学模型推演 .....             | 133 |
| 三、滑跑距离性能分析 .....                 | 138 |
| 四、冲出跑道实证 .....                   | 160 |
| 五、冲出跑道防范策略 .....                 | 164 |
| 六、本章小结 .....                     | 171 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| <b>第十章 冲出跑道事故调查中因人因建议框架</b>   | 172 |
| 一、航空中人的不安全行为                  | 172 |
| 二、人的因素的干预维度                   | 175 |
| 三、安全建议的综合评估                   | 176 |
| 四、实证分析                        | 177 |
| 五、本章小结                        | 181 |
| <b>第十一章 不稳定进近与偏/冲出跑道</b>      | 182 |
| 一、稳定进近的标准                     | 182 |
| 二、不稳定进近的诱发因素                  | 185 |
| 三、思考与建议                       | 189 |
| 四、进近过程中“一票否决”                 | 205 |
| 五、本章小结                        | 209 |
| <b>第十二章 飞行错觉与偏/冲出跑道</b>       | 210 |
| 一、目视错觉                        | 210 |
| 二、躯体重力错觉                      | 215 |
| 三、应对飞行错觉的举措                   | 216 |
| 四、本章小结                        | 216 |
| <b>第十三章 着陆跳跃与偏/冲出跑道</b>       | 218 |
| 一、着陆跳跃的物理学描述                  | 218 |
| 二、着陆跳跃原因分析                    | 220 |
| 三、案例分析                        | 221 |
| 四、避免着陆跳跃的措施                   | 223 |
| 五、发生着陆跳跃后的修正方法                | 223 |
| 六、本章小结                        | 224 |
| <b>第十四章 升降带、跑道端安全区与跑道拦阻系统</b> | 225 |
| 一、升降带                         | 225 |
| 二、跑道端安全区                      | 227 |
| 三、跑道拦阻系统                      | 232 |
| 四、安全建议                        | 236 |
| 五、本章小结                        | 236 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 第十五章 “地面保护区”的划设与标示 .....    | 237 |
| 一、跑道侵入定义的多样性 .....          | 237 |
| 二、地面保护区 .....               | 238 |
| 三、地面保护区的边界警示 .....          | 247 |
| 四、本章小结 .....                | 249 |
| 第十六章 跑道侵入的分析及控制 .....       | 250 |
| 一、典型数据统计 .....              | 250 |
| 二、我国民航跑道侵入关键要素的识别 .....     | 256 |
| 三、跑道侵入的控制 .....             | 258 |
| 四、目视助航设施与跑道侵入 .....         | 266 |
| 五、跑道侵入的防范举措 .....           | 276 |
| 六、案例分析 .....                | 293 |
| 七、本章小结 .....                | 304 |
| 第十七章 机场热点区域的甄别 .....        | 305 |
| 一、国内外现状 .....               | 305 |
| 二、衡量热点区域的指标 .....           | 308 |
| 三、识别热点区域的三选法 .....          | 309 |
| 四、算例分析 .....                | 311 |
| 五、本章小结 .....                | 315 |
| 第十八章 跑道侵入事件调查 .....         | 316 |
| 一、智能推理模型构建 .....            | 316 |
| 二、算法研究 .....                | 320 |
| 三、算例分析 .....                | 322 |
| 四、利用威胁与差错管理模型辅助跑道侵入调查 ..... | 327 |
| 五、调查处置程序 .....              | 330 |
| 六、本章小结 .....                | 330 |
| 附录 主要缩略词 .....              | 331 |
| 参考文献 .....                  | 334 |
| 后 记 .....                   |     |

# 第一章 航空安全的管理思想刍议

跑道安全是我国航空安全管理中近年兴起的一个命题，对其探讨离不开安全管理的基本思想，否则一切都是无源之水、无本之木。思想亦称为观念、理念，是思维活动的结果，是人类一切行为的基础。符合客观事实的思想对事物的发展起促进作用，偏离客观事实的思想对事物的发展起阻碍作用。对航空安全管理的热点思想进行前置性探讨的主要目的是为全书的理论与实践做铺垫准备，避免在相关章节中提及或应用某些思想显得突兀。

## 一、安全管理理念的与时俱进

在航空业发展的初期，航空系统非常脆弱，事故频发。人类在航空安全管理的思想上总体经历了和正在经历以改进技术因素、注重人的因素、着眼组织因素为显著特征的三个时代。技术因素主要是指提高飞机以及地面保障设施设备等硬件系统的可靠性；人的因素是指减少人的失误和违章行为，通过团队资源管理等方式提高人的效能；组织因素是指以大系统作为研究对象，不仅要减少显性失效更要减少隐性失效，提高纵深防御能力。图 1.1 所示为被广泛认同的安全管理思想演进模型。

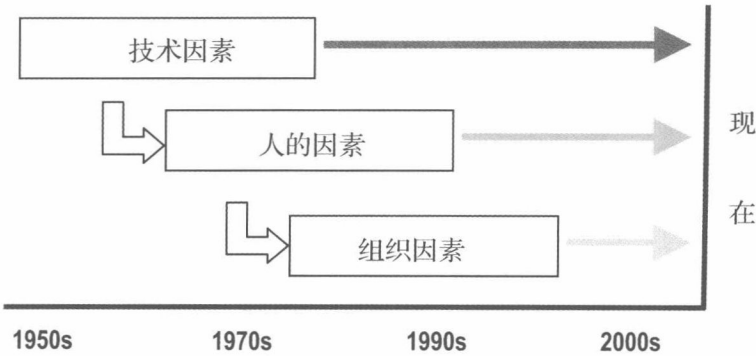


图 1.1 安全管理思想演变

技术因素、人的因素和组织因素代表了不同时代航空安全管理的主流思想，但是它们在时间轴上并没有绝对清晰的分界线，相互之间有明显的重叠痕迹，这也说明不同思想都是相互交融、协同并进的。无论是技术因素、人的因素还是组织因素，不存在谁取代谁的关系，只是不同时代人们认识问题的侧重点不同而已。今天的民航安全管理，亦不能抛弃技术改进的思想，而是要在技术改进的基础上充分考虑人的因素以及组织因素。

随着我国航空活动日趋频繁和复杂，以及社会对航空安全的期望不断提高，在传统的安全管理理念越来越低效甚至无效的情况下，我国民航业一直在努力创新安全管理理念。21 世纪以来，我国民航业一直在自省与反思安全管理理念落后的问题。理念是行为的先导，只有安全管理理念与时俱进，才能适应行业的发展需求。安全管理体系建设是一个必然选择。传统民航安全管理观念亟待做出改变。

### （一）从单一要素改进到系统全面完善

传统的安全管理中，一旦发生不安全事件，往往是从单纯的技术革新或提高一线运行人员效能入手，头痛医头、脚痛医脚，视野相对狭窄，手段比较单一。而如今的安全管理要求从系统的角度全面查找缺陷，包括组织管理中的隐性差错，建立纵深防御体系。这并不是一个新鲜的观点，只是安全管理体系旗帜鲜明地强调了这一思想。如果把单一要素改进比作剑侠刀客的临阵一招，系统全面完善更像武林宗师的百般武艺。

### （二）管理重心从事后管理到事前管理

传统的安全管理以事后的被动式管理为主，管理对象是典型事件或重大事故，旨在“亡羊补牢”，防范同类事件的重复发生。安全管理体系以事前的主动式管理为主，管理对象是事态或者风险，在事件发生之前或安全隐患触发之前，通过危险识别和风险控制降低风险，旨在“未雨绸缪”或“防微杜渐”。管理重心从事后管理转移到事前管理，从另外一个角度看即从结果管理到过程管理的演变。如果传统的安全管理可以比作外科手术、特效药，安全管理体系更像不温不火、沁人心脾的保健品。

### （三）从符合规章的被动响应到基于效能的主动防范

长期以来，无论是局方对企事业单位的安全监察，还是企事业单位自身的安全管理，都是把符合局方的规章标准作为标尺。这是质量管理体系关注的范畴。而安全管理体系认为，局方的规章标准往往是行业的最低、普遍的要求，遵守规章标准只是企事业单位满足局方要求的基本契约和对公众的起码承诺，企事业单位还应该从风险防范的角度，基于效能实施风险管控。如果把符合规章比作学生的测评达标、考试及格，基于效能的改善可以认为是永无止境、精益求精的追求。

### （四）从符合性监督到管理体系审核

传统的政府监管中，局方的管理触角伸展得比较长，不仅考量文文相符情况，检查

企事业单位所实施的运行手册中的相关要求、规范是否符合局方的规章标准，还考量文实相符情况，即进行现场抽样检查、考核等。在文实相符检查中，蜻蜓点水式的干预效果并不理想，还容易出现角色错位的现象。实施安全管理体系后，局方将焦点集中在审核安全管理体系的有效性，促进企事业单位建立自我审核、自我监督、自我完善的长效机制，提高其风险免疫能力。传统的监管是授人以鱼，三餐之需，而安全管理体系审核贵在授人以渔，终生之用。

### （五）从运动式管理到常态化管理

长期以来，我国民航安全管理的运动式特征明显，对安全管理进行时段分割或者周期性界定，多以“活动”为契机，对生产运行的要求时紧时松，没有连贯性，安全管理的主观性、随意性较大。运动式管理是一种随机管理，主要体现行政长官的一时意志。运动式管理模式下，被监管单位或个体疲于应付，运动结束后常常一切照旧，收效甚微。而安全管理体系实施后，其理想境界是实现安全管理的常态化。所有的安全管理活动应当可追根溯源、有据可依，并保持可持续性跟进，动态地、连贯地推进管理循环。运动式管理犹如声东击西的游击战，常态化管理更像步步为营的阵地战。

### （六）从技术规范化管理到管理规范化

传统的安全管理强调一线运行人员的技术标准和操作规范，如通过提高飞行员、管制员、机务维修等人员的技能和人员遵章守纪的意识来实现安全管理目标。而安全管理体系认为，事事都与安全有关，尤其是管理，它凸显的是体系建设，更加注重安全管理本身的标准化、规范化。安全管理体系为管理规范化提供了依据。技术规范化重在战术，是一线运行的基础性工作，管理规范化重在战略，是统揽全局的纲领性工作。

### （七）从开放式管理到闭环式管理

开放式管理的特征是管理活动没有操作程序，没有考核指标，结果做到什么程度事先没有预期。如针对某一不安全事件启动内部调查，有的单位没有任何安全建议和反馈，有的单位虽然提出了安全建议但并不跟踪建议是否被采纳、落实，有的单位没有监控改进后的残余风险是否可以接受。正因为这类管理活动程序不清晰、目标不明确，往往无疾而终，不了了之。而闭环管理则严格要求管理活动遵从一定的范式，如借助质量管理体系中的戴明环循环机制，自始至终按照安全管理程序，螺旋式改进系统的安全。开放式管理是缺乏工作程序和活动目标的粗放管理，闭环式管理是标准化指导下的集约管理。

### （八）从规章制度执行到安全文化引领

规章制度不可能面面俱到，更不是万能的。这并非否定规章制度的作用，而应理性看到规章制度对于安全管理的贡献极限。安全生产中存在大量情形是规章制度所没有也

不可能涵盖的，这时候运行人员怎么办呢？常听人说“我们处理这类问题，一般都是这样思考的”，所谓“一般都是这样思考的”就是文化使然。在健康安全文化的引领下，员工从被动执行规章制度可以过渡到不经意的言行之间尽在落实规章制度，最终升华到面对规章制度以外的问题时也能坚持以“安全第一”的思想积极应对。执行规章制度是必然王国的理性选择，安全文化引领则是迈向自由王国的前进方向。

## 二、自组织理论视域下的民航安全管理

安全是人类的根本需求。从原始的刀耕火种到现代工业文明，人们对安全的认识历经宿命论、经验论、系统论、本质论。正如前文所言，从“亡羊补牢”到“未雨绸缪”，从“就事论事”到“系统思维”，从“事故管理”到“事态管理”，从“开放管理”到“闭环管理”，从“符合规章”到“风险防范”，安全管理思想得到一次次跃升。在历史的大潮中，年轻的民航业从诞生之始就与安全休戚相关。无论是安全管理理念还是安全管理实践都随着时间的推移发生变革，其演进既得益于外界力量的积极干预，更是系统自身顺应客观规律而运动、变化、发展的结果。

近年来，我国民航企事业单位通过建设安全管理体系，以期实现“自我监督、自我审核、自我约束和自我完善”的长效机制，这与系统科学中自组织理论倡导“自规范”、“自调控”、“自适应”等思想高度吻合。自组织理论作为系统演化的重要视角，不仅有助于认识安全管理自我发育、自我成长的必然属性，而且对促进民航安全管理具有一定的借鉴和应用意义。

### （一）民航安全管理的演进趋势

20 世纪 60 年代末，比利时科学家普利高津提出了耗散结构论，自组织是其中的一个重要概念。自组织理论揭示，在自然规律的作用下，事物本身具有向前运动和变化的属性。该思想源远流长，其萌芽可追溯至我国先贤老子提出的“人法地，地法天，天法道，道法自然”、“道生一，一生二，二生三，三生万物”的哲学论断。管理的载体是组织。组织过程包括自组织（self-organization）和他组织（heter-organization）。自组织和他组织的相对参考系是系统的边界。自组织指无外界特定干预自行演化，组织驱动力或指令来自组织内部；他组织指在外界特定干预下演化，组织驱动力或指令来自组织外部。事物的演化有进化和退化两个方向。与“组织”相反的概念是“非组织”，指事物向无序化方向演化的过程，它可以分为自无序（如生命的苍老飘逝）和他无序（如环境的人为破坏）。当事物的无序化冲破特定阈值时，则导致事物退化。如 1996 年 5 月 11 日，美国瓦卢航空公司发生一起空难，110 人遇难，公司信誉大跌，被迫在重组中更名为穿越航空公司。

自组织理论是研究自组织现象和规律的理论群，它主要包括耗散结构论、协同学、超循环理论、混沌理论、分形理论、突变论等。它的研究对象主要是复杂自组织系统的

形成和发展机制，即在一定条件下，系统是如何自动地形成、演化与消亡，如何由无序走向有序、由低级走向高级等问题。

自组织和他组织代表两种驱动系统发挥正向功能的基本组织方式，广泛作用于自然系统和社会系统。黄河的九曲十八弯是自组织，李冰父子的都江堰工程是他组织；大江东去是自组织，南水北调是他组织；雁群南飞是自组织，苏武牧羊是他组织；无为而治是自组织，乱世重典是他组织；人体的气息调和、伤口痊愈、感冒康复是自组织，正骨开刀、针灸注射、外敷内服是他组织。商品经济时代的市场经济是自组织，计划经济是他组织。具体到民航业亦然。航空公司“你情我愿”的自发联盟是自组织，在国资委“拉郎配”的模式下重组是他组织；运营人按市场需求扩大规模是自组织，接受局方的行政命令削减航线是他组织；飞行管理计算机（FMC）发挥故障自检功能是自组织，将不适航部件进行更换是他组织；个体自身“我要安全”的内励思想是自组织，接受管理人员“要我安全”的外迫督促是他组织。民航企事业单位的安全管理亦不例外。企事业单位通过自身“看不见的手”提升安全管理手段，承担运行责任是自组织，接受局方的监管是他组织。

民航企事业单位的安全管理不可能是一个纯粹的自组织系统，更不可能是一个绝对的他组织系统。忽略矢量的大小及方向的定量因素，安全管理复合演进可由图 1.2 示意。OB 表示系统在组织过程中的进化方向，OA 和 OB 构成系统的高能级区域（HE），他组织与自组织都是推动系统正向发展的动因，其合力引领安全管理在系统功能的高能区域内运作，安全管理演进的总趋势是优化、前进、上升，但其运动轨迹在高性能区域内指向 OB 曲折演进；OC 表示系统非组织的退化方向，OA 和 OC 构成系统的低能级区域（LE）。由于安全管理的人控属性，其系统的功能即安全管理的发展演化方向，必然受制于人的能动作用。在特定的系统中，各要素因价值目标的一致性，奠定了协同大于竞争的运动态势。一般而言，价值目标的一致性、运动态势的协同性使系统发挥正向性功能，演进过程中即使局部要素偏离总趋势，也不会退向低能区域。

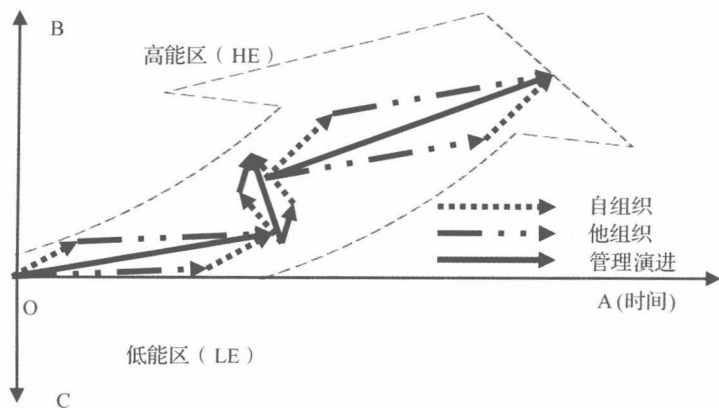


图 1.2 安全管理复合演进

(二) 自组织与他组织在民航安全管理中的辩证关系

本书着重探讨跑道安全。须知，跑道安全涉及一个复杂的巨系统。保证航空安全的三大支柱是飞机设计制造商、民航企事业单位和政府，如图 1.3。飞机设计制造商能否为用户提供安全可靠的载运工具、配套的软硬件技术以及后期服务等是民航系统安全上游前提。民航的企事业单位主要包括航空公司、机场和空中交通管理部门，其中航空公司作为飞机的所有者是航班运行的核心主体，机场和空管部门是不可或缺的运行保障单位。企事业单位的运行政策、程序、安全大纲和人员素养等都与民航系统安全直接相关。政府能否提供适用的法律、法规、规章以及规范性文件和标准，能否履行好审批和监管职责，能否在必要时进行恰当的宏观调控、营造良好的运营环境，也是民航系统安全不可缺少的基石。因此，研究跑道安全问题应该从民航系统安全的角度出发，着眼于对利益相关方进行全面改进。我们必须注意到，即便是如此简单的一个系统，同样存在着自组织和他组织的辩证关系。

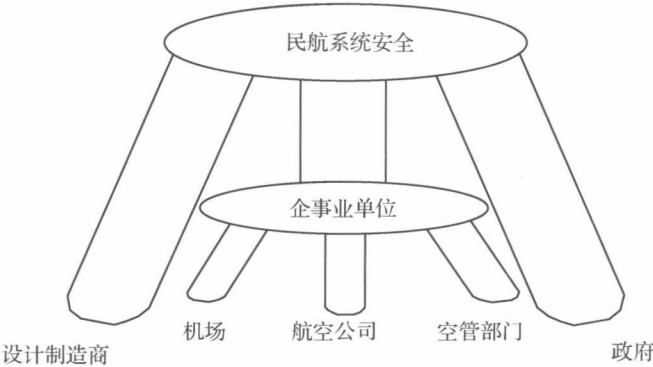


图 1.3 保证航空安全的支柱

自组织与他组织的区别是相对的。如民航局的宏观政策相对于整个民航系统而言是自组织指令，相对于企事业单位而言又是他组织指令。再如，企事业单位的安全检查是自组织，民航局的安全监察是他组织，但如果将整个民航系统作为研究对象，则检查、监察都是自组织。

自组织与他组织往往相辅相成、共同作用。如企事业单位的安全管理建设的动力，既来自局方的推动和审核，又来自企事业单位自身的探索和实践。安全管理建设如果完全依赖自组织，放松管制，降低约束，必然导致混乱。20 世纪 90 年代初，我国民航迎来第一次快速发展的高峰，在局方的宏观调控失当、监督失察、规章缺位等背景下全国大兴“成立航空公司”、“购买飞机”、“开辟航线”、“增加航班”的热潮，仅 1993 年就发生 8 起事故（运输和通用飞行各 4 起）。相对于民航企事业单位而言，中国民航局、安全监管总局、国资委等对民航安全运行在服务平台、政策激励、制度保障、宏观

调控、行业监管等方面表现出对安全管理的他组织作用，是不可或缺的控制参量。系统的自组织过程都以对外部环境的开放作为必要条件，而开放就意味着承认外部因素在某种程度上的他组织作用。无论是国家的发展态势，还是宏观经济的影响，无论是主管部门的意志还是国际民航业的外部环境，对民航企事业单位的安全管理建设的牵引和推动，在一定意义上表现为对安全管理的他组织作用。无论是有意识的谋划与指导，还是来自社会、经济、技术等环境因素无意、偶然的作用力，如欧盟的“黑名单”禁飞制度，都不可避免地会对安全管理的演进带来深刻影响，这些作用也将成为安全管理发展中的他组织力。研究表明，一般情况下自组织方式比他组织方式更为有效。如果他组织力过于强势，则造成自组织机制逐渐退化，使系统丧失自我发展、自我改善的活力，创新意识和能力逐渐消逝。而且，谁也无法苛求他组织是全能的“拉普拉斯妖”，鲑利用“筑堤堵漏”的方式治水，并无增序，以失败告终。当然，他组织力往往需要通过自组织力起作用。如政府部门制定的国家安全方案、宏观调控政策作为他组织力无论多么完善，如果不能被企事业单位接受认可并融入、转变为自组织力，是无法真正起到作用的。

人控系统的自组织和他组织都离不开人的主观能动性。忽视人的作用，没有人的积极参与，不可能发生自组织和他组织作用。由此足见，人文因素是安全管理的核心要素。系统的运作与演进，除偶然的不可抗拒的因素外，均与人的能动作用直接相关。故此，培养安全文化、提高从业人员的内在安全观念，使“安全”融入意识，成为理念和价值追求，化为言行、品德、作风，当是民航业常抓不懈的要务。

### （三）民航安全管理的自组织特征分析

#### 1. 系统的开放性

系统开放是产生耗散结构的前提。熵是描述系统无序性（即混乱度）的物理量。自组织理论揭示系统只有开放才能获得足够的负熵，推动系统前进。根据热力学第二定律，一个孤立系统的熵自发地趋于无限大，随着熵的增加，有序状态会变为无序状态。对于一个系统而言， $dS = d_i S + d_e S$ 。式中， $dS$  为总熵变； $d_i S$  是系统内部不可逆过程引起的熵产生，它为非负量，即  $d_i S \geq 0$ ； $d_e S$  是系统通过与外界相互作用而交换来的熵，称为熵交换，它可正可负。

（1）若  $d_e S = 0$ ，表明系统是封闭的，与外界没有交换，内部的熵产生（ $d_i S \geq 0$ ）使系统混乱程度不断增加，不可能发生自组织，只能导致组织退化甚至解体。如 20 世纪 50 至 70 年代，我国民航在欧美封锁的情况下，裹足不前，丧失了向世界航空发达国家学习的机会，安全管理长期停滞在自我摸索的低水平阶段。

（2）若  $d_e S > 0$ ，表明系统与外界交换的是正熵，总熵变  $dS > 0$ ，系统以比封闭状态下更快的速度增加混乱程度，不会发生自组织。如“大跃进”年代，国家呼吁“大干快上”，管理混乱，忽视生产规律，仅 1958 年就发生 5 起事故（运输飞行 3 起，通用飞行 2 起）。