

# 低空空域开放促进我国通用航空的发展

## Release Low-altitude Airspace to Develop China General Aviation

张勇<sup>1</sup> 李彬蕙<sup>2</sup> 贾春<sup>3</sup> / Zhang Yong<sup>1</sup> Li Binhui<sup>2</sup> Jia Chun<sup>3</sup>

(1. 中航工业第一飞机设计研究院, 西安 710089; 2. 东华大学, 上海 200051; 3. 中国商飞, 上海 200120)

(1. AVIC the First Aircraft Institute, xi'an 710089; 2. Dong Hua University, Shanghai 200051, China;

3. Commercial Aircraft Corporation of China, Ltd., Shanghai 200120, China)

### 摘要:

随着低空空域的开放,通用航空将会得到飞速的发展。通用航空机动灵活,可应用于农、林、牧、渔、工业、建筑、科研、交通、娱乐等行业,作业项目主要有航空摄影、医疗救护、气象探测、人工降雨等,通过对比国内外通用航空状况,分析了我国通用航空的发展趋势,以期更多的有志人士能为我国通用航空做出贡献。

**关键词:**通用航空;低空空域

[Abstract] As the low-altitude airspace been released, the general aviation will have a rapid development in the next ten years, become another hopeful industry after trunk liner aircraft and regional jet. This report presented a comparison of general aviation status between China and other countries, also the development trend analysis, with an expecting that more people can devote into aeronautics.

[Key words] General Aviation; Low-altitude Airspace

## 0 引言

2013年4月15日国务院与中央军委《关于深化我国低空空域管理改革的意见》,拉开了中国通用航空大发展的序幕,通用航空产业被明确的列入中国十二五重点发展的行业。同时民航局承诺,2015年以前,将在全国范围内放开1000米以下低空空域,允许轻型固定翼飞机和直升机等小型飞机飞行。全国各地通用航空产业建设如火如荼,纷纷抢占中国通用航空产业发展黄金10年的先机。

据市场调查分析:到2017年,全球通用飞机的需求量将超过42000架,预计总价值约2144亿美元;中国需要通用飞机近5000架,约占全球总需求量的12%,其中79%是通勤、作业、培训等用途飞机。未来10年,中国通用飞机需求总价将达155亿美元。通用航空是民航事业的两翼之一,已被列入中国国家战略性新兴产业;低空空域是通用航空活动的主要区域,是国家重要的战略资源,蕴藏着极

大的经济和社会价值,被称为“万亿大蛋糕”。随着国家在低空空域管理改革层面上的破冰,中国通用航空产业发展迎来了一个难得的历史机遇期。

## 1 通用航空概述

### 1.1 航空业分类

国际上一般按照用途把航空业分类为航空制造业、军用航空和民用航空三大类。民用航空又分两部分,一部分是为公众服务的航班飞行,统称公共航空运输;另一部分是除上述航班飞行之外的所有民用飞行活动,统称通用航空运输。图1为航空业的分类。

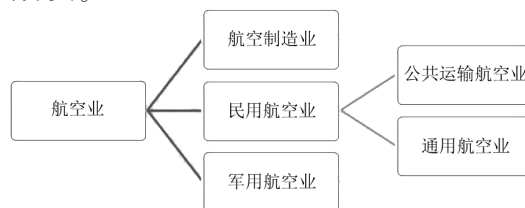


图1 航空业分类

通用航空机动灵活、快速高效,可应用于农、林、牧、渔、工业、建筑、科研、交通、娱乐等多个行业。作业项目主要有航空摄影、医疗救护、气象探测、空中巡查、人工降水等。其他类型包括海洋监测,陆地及海上石油服务,飞机播种,空中施肥等。另外公务机和私人飞机都属于通用航空范畴之内。

### 1.2 通用航空的涵义及分类

通用航空是指使用民用航空器从事公共航空运输以外的民用航空活动,包括从事工业、农业、林业、渔业和建筑业的作业飞行以及医疗卫生、抢险救灾、气象探测、海洋监测、科学实验、教育训练、文化体育等方面的飞行活动。简单的说,通用航空是除商业航空以外的民用航空。目前,通用航空器飞行高度一般在2000m左右,属低空空域范围。

参照国际通用飞机市场分类方法,结合中国通用航空作业实际,将中国通用飞机市场分为六大类:(1)公务旅游市场:公务、旅游、短途运输;(2)工业航空市场:航测、石油;(3)公益航空市场:农业、林业、气象;(4)培训体育市场:飞行培训、体育;(5)私人娱乐飞机市场;(6)特种行业市场:政府服务。

### 1.3 通用航空特点和优势

通用航空的特点:

(1)广泛性:涉及国民的娱乐、体育和国民经济各部门。

(2)分散性:通用航空器分散于个人、企事业单位所有;作业飞行遍及高原、平原和海洋;飞行高度涉及超低空、低空和高空;飞行时间从春到冬,有些项目如航空热红外扫描和微波辐射,需在夜间飞行。

(3)突发性:通用航空作业飞行有不可预见性,如抢险救灾、森林灭火、防治农业病虫害等。

通用航空运输有许多其他运输方式不能比拟的优势:(1)运送速度快;(2)不受地面条件影响;(3)灵活、便捷、机动性强。

### 1.4 通用航空产业链

通用航空活动由于其产业灵活分散、突发快速等特点,难以依靠自己力量建立完善的保障体系,要依赖社会化的服务保障体系。通用航空保障体系是指围绕通用航空飞行活动而产生的服务性、保障性的产业,从产业的地位和内容,可以划分为通用航空上游、中游和下游产业三大类,如图2所示。

## 2 低空空域开放

通常在现行航路内从地面往上垂直高度在3000m以内的空间视为低空空域,为通用航空飞行提供空中交通服务。3000m至10000m为中等高空,超12000m主要为军用高空飞行。民航飞行高

度一般在6000m以上。目前我国低空空域的开放试点是指在1000m以下,可以允许轻型固定翼飞机和直升机等一些小型飞机飞行。

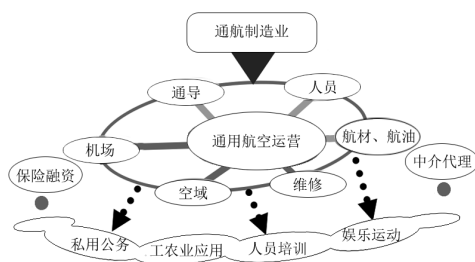


图2 通用航空上游、中游和下游产业

低空领域开放的脚步,始于2010年10月14日,国务院、中央军委批准了《低空空域管理改革指导意见》。最初试点的有广州、长春、西安三地,随后湖南、湖北、广西与内蒙古东部也进行试点。这预示着,民用通用飞机产业的发展迎来了大机遇。2010年11月,国务院、中央军委公布《关于深化我国低空空域管理改革的意见》。根据这一意见,我国将逐步开放1000m以下的空域。2012年7月,国务院正式发布《关于促进民航业发展的若干意见》,提出积极发展私人飞行、公务飞行等新兴通用航空服务,加快把通用航空培育成新的经济增长点。这为企业和个人购买飞机提供了绿色通道。我国低空空域管理改革在2013年向全国铺开,2013年4月15日国务院与中央军委《关于深化我国低空空域管理改革的意见》,通用航空产业被明确的列入“十二五”重点发展的行业,而且通用航空审批手续将大大简化。

## 3 国外通用航空的发展

通用航空在欧美发达国家都经历过政策扶持、技术创新、人才培养、通航文化培养等阶段的发展。目前各国通用航空市场都已经在国民经济占据了很大的比重,据美国联邦航空管理局预估,到2015年,具有证照的飞行员将达755490名,通航飞行器将达246415架:包括单活塞引擎飞机148450架、双活塞引擎飞机16490架、涡轮螺旋桨飞机8120架、涡轮喷射机15510架、活塞引擎直升机2700架、喷射引擎直升机4510架、实验飞机23100架、运动飞行器20915架。在其他国家,通用航空的发展亦有长足的进步,澳洲共有通航飞机10455架;加拿大共有通航飞机28737架;巴西亦有通航飞机计9908架。

### 3.1 美国

在国内消费者还在为打车难犯愁的时候,美国的“空中的士”业务已发展到一定阶段。由于通航

企业增加了短途运输业务,并以此为中心辐射了更多的网络航线,企业重新部署飞机,重点放在了上下班高峰的短途承运飞行。

目前全世界大约有通用航空飞机 34 万架,其中美国大约占 2/3,达 22 万架。在美国,有供通用航空器使用的机场、直升机起降机场 17 500 个。在美国大约有 2.5 万架飞机由个人驾驶进行商业飞行,约有 10 万架飞机由私人使用;约有 1.5 万多家公司拥有自己的通用航空飞机,进行公务飞行。38 万名通航飞行员,15 000 个通用航空机场,年飞行量超过 2 800 万小时,每年的经济收入可达 1 500 多亿美元,提供就业岗位 120 多万个。

由于通用航空的持续成长,美国已具备完整的通用航空工业,其成员包括:飞机制造商、零配件制造商、航空电子仪表制造商、飞行学校、飞行俱乐部、飞行模拟器制造商、固定维修基地(FBO)、机场开发管理公司、飞机销售商、飞机租赁公司、飞机中介公司、飞机估价公司、飞机装修公司、飞机贷款和保险公司、产权分享管理公司、投资管理商、航油供应商、安全保障顾问公司等。也包括了最重要的实际操作各类通用飞行器执行有偿飞行的营运业者。这些工业界的成员组成了一个健康而有活力的产业,每年给美国带来相当于 64 亿美元的经济产值。

美国通用航空工业的各成员都有其自行组成的协会式组织,在产业范围内交流技术、管理和自我规范,按美国政府交通部下属之联邦航空局之各项规定进行其经济活动。基本上美国政府对通用航空仅扮演法规制定和监督的角色,给予通用航空应有的成长空间,并由其他联邦政府研究机构,如航太总署(NASA)等提供科研和技术开发,提升飞行器之性能和安全性,并且试图以科技手段达成普及通用航空的目标,更进一步地平均城市和乡村的发展,改善地面交通之拥堵,加速人员科技和资金的流通,使通用航空象一般地面交通工具一样是可负担而且方便的选择。

### 3.2 其他国家

加拿大航空业正向空前盈利的时代迈进。同美国一样,加拿大通用航空在“二战”之后经历了快速增长,通用飞行器数量从 50 年代初的 2 000 多架增长到 80 年代的近 30 000 架,年增长率也超过 8%。加拿大通用航空产业发展的驱动要素和美国相似,都伴随着政府支持、机场建设、飞行员培训和国内航空器建造能力的提升。其在全球航空业的份额在过去的 20 年中翻了三倍,成为世界上第五大航空业生产国,通用航空业创新活动发展前景广阔。

法国通用航空制造商达索 2011 年营业额急升

5 成,从事公务机租赁业务多年的民生金融租赁,2009 年实现税后利润 1.61 亿元,2010 年新增 12 架公务机,在通用航空领域 2012 年新增几十架。

意大利最主要的航空航天工业企业是芬梅卡尼卡集团,而阿莱尼亚宇航和阿古斯塔公司是最核心公司,也是意大利最大的最主要的研制和生产商。2001 年阿古斯塔公司与英国的 GKN 韦斯特兰通用航空公司合并成为欧洲最大的一家直升机企业,其业务营业额在直升机企业中名列世界第二。

澳大利亚通用航空也在“二战”之后得到了快速发展,飞行小时数在 90 年代末达到 169 万小时。澳大利亚通用航空产业的发展也伴随着机场建设和监管体系的放松,同时通用航空的发展为其自主通用航空制造业的发展提供了坚实的市场基础。

巴西通用航空市场在 60~90 年代进入高速增长阶段,通用航空器从不足 2 000 台上升为 90 年代初期的接近 10 000 台,年均增长速度达到 6%。伴随着巴西通用航空市场的快速增长,巴西最大的通用航空公司 Embraer 公司,在政府资助下快速成长,成为世界支线、通用航空市场有力的竞争者。

## 4 我国通用航空与其他国家通用航空状况比较

我国通用航空与其他国家通用航空状况比较见表 1。

表 1 我国通用航空与其他国家通用航空状况对照表

国家	中国	美国	加拿大	澳大利亚	巴西
面积 (万平方公里)	960	963	1 000	770	851
人口(≈亿)	13	2.99	0.326	0.2	1.89
国民生产总值 (十亿美元)	2 600	13 200	1 300	780	1 100
GDP 增长幅度	10.7%	2.9%	2.8%	4.6%	3.7%
通航飞机数量	707	224 000	31 018	11 117	10 310
通航飞机年 飞行小时	91 901	27 000 000	4 500 000	1 695 000	1 500 000
运输航空飞机 和通航飞机 比例	1:0.67	1:32	1:61	1:34	1:24
通用航空机场 (含临时 起降点)	399	19 983	1 700	461	2 498

## 5 低空空域开放使我国通用航空发展空间广阔

中国通航的状况和国外通用航空发达国家相比,虽然在产业结构、机队规模、作业比例、机场建

设、作业量、制造水平等方面都远远落后于美国、澳大利亚、加拿大、巴西等国家,但是我国国民经济的迅速发展使中国的通用航空运输市场蕴藏着巨大的发展潜力。

围绕着低空空域管理改革和通用航空建设的相关政策,其它相关政策即将密集出台。目前民航局正在就通用航空一年发展情况进行新一轮的调研,并可能就此进一步深化相关政策,其中包括通用航空市场准入相关规章的修订、通用机场建设专项规划。通用航空是21世纪发展最快的空域交通方式之一,未来有望取代运输航空业而成为人们常见的交通方式。随着我国空域管制的放开,通用航空迎来快速发展时期,未来将会出现爆发增长,并带动大量的投资需求。

### 5.1 我国通用航空现状

我国通用航空长期以来主要服务对象以政府部门、国有企业为主,大部分市场由财政收入来支付,私人及公务市场远远落后,目前我国通用航空器共1 150架,通用航空机场70个、通用临时机场(起降点)329个。我国通用航空正处于萌芽期,属于欠发达的通用航空国度,但是未来发展潜力巨大。

从通用航空的业务时间、业务类型、通航企业以及机队规模来看,我国的通用航空发展还有很长的路要走,市场空间也是巨大的,未来的投资机会也是很多的。

### 5.2 我国通用航空发展前景

目前全世界约有通用飞机30多万架,从事通用航空活动的飞行员达70万名。而大型民航飞机只有6万架,约40万名飞行员。因此,通用飞机在国家经济中起着非常重要的作用。目前,国内已有20多个省市建设航空产业园,具有通航企业148家,通用航空飞机规模达到1 269架。随着低空空域的开放,同时国家政府将给予更多支持引导,许多企业将会纷纷抢占通用航空市场。运用“年均增长率递推法”预测到2020年中国通航飞机机队规模10 000多架。

(1)低空空域的开放和相关政策正在出台,飞机进入普通人生活的门槛降低。

《通用航空飞行管制条例》将私人飞机、私人飞艇都列入了所规定的航空器范畴,并相应简化了空域使用手续和审批过程,将原本起飞前的“一事一报”,改为“一次申请划设的临时空域,可以长期使用”,最长时间可达1年。

《民航发展基金征收使用管理办法》已经制定

完成,并首次将通用航空纳入补贴范围,在此基础上,更明晰的针对通用航空的专项资金管理办法。目前通用航空市场规模约为17.9亿元人民币,其中各级政府财政支付约为7亿元人民币。进口通用飞行器有望按重量减免赋税,我国还在研究制定业余爱好者制作通用航空器的指导性政策,这意味着小型飞机进入普通人生活的门槛将大幅降低。

(2)低空空域交通是发展趋势。

进入21世纪后,高速公路和枢纽轮辐式航空运输网,不同程度地出现严重堵塞,不能满足发展需要。由于通用航空机场的建设成本小于高速公路2公里的造价,所以大量分布在美国各地的通用机场带动了小社区的发展,并缩短了城市和乡村的差距。以“小飞机运输系统”为骨干,在地区航空公司之外形成第三种国家航空运输力量,达到4倍于高速公路的速度。

低空空域开放政策激发的不仅是供应商,更大的兴奋来自消费者。据国家民航局预测,低空领域开放后,未来5~10年,中国通用飞机数量年增长率将达30%。《2012胡润财富榜》显示,中国内地现在约有100万个千万富豪和6万个亿万富豪,占六分之一的群体计划购买私人飞机;而美国《世界日报》曾预测,中国私人飞机拥有量10年内将超美国,成为世界第一。业内人士认为,如果相应的法规政策能得到保障,通用航空领域很有可能发展成为支柱产业,在拉动航空制造业、旅游服务业和相关基础设施建设等方面都会有重要的推动作用。

(3)引进组装的中低档机型,降低成本。

从国外引进的中低档机型,价格十分便宜,其成本最便宜的机型只需要2万美元,以此机型为例,从国外引进全套零部件后,加上关税等费用,一架飞机的总成本也就是20多万元人民币。这样的飞机每架卖30万元至40万元,就相当于一辆中高档汽车的价位,很多中国人都能买得起。中国目前最常用的通用飞机,价格仅需要百多万元,许多企业家都有这个购买力。

(4)打造富国强军的“战略预备役部队”。

随着我国国民经济和国防实力的增强,人们认识航空、了解航空、参与航空、享受航空的热情越来越主动和高涨,迫切需要建立一种军民融合的空域管理机制。二战历史表明,英美能够从民间直接招募有经验的飞行员来保障其空军的战斗力,而我国有飞行驾照的只有1万人左右,并且这个数字增长

缓慢。在 2008 年冰雪、地震灾害抢险救援中,凸现了我国通用航空发展滞后的现状。低空空域的逐步开放,必然会促进通用航空产业的全面发展,这样就可以在为社会创造价值的同时,又培养大量的飞行员和航空机械师,这将成为保卫国家安全的重要的“战略预备役部队”。

(5)通用航空产业链可以带来巨额社会财富。

与我国空域面积相当的美国,每年通用航空制造业营业额在 200 亿美元左右,而中国仅 2 亿,相差 100 倍。开放低空空域将促进通用航空产业链的成熟,包括通用飞机机场的建设、通用飞机的售后服务、人员培训、地面监控等等行业将会产生一系列就业机会,成为新兴市场体系。

低空空域开放后,现有的通用航空运营商将利

用现行的市场地位紧抓市场机遇,分享行业发展的蛋糕,同时也为市场需求的增长起到了先导作用。对比分析和市场调查研究,到 2015 年通用航空器租赁、售后服务、运营管理、专业服务等业务将迅猛发展,年均市场需求在 80 亿左右;到 2018 年我国民用直升机的需求量将达到 7 300 架左右,是我国现有直升机拥有量的约 58 倍。通用航空及其带动的产业将形成一万亿人民币以上的市场容量。

随着低空空域的开放及国家扶持通用航空发展政策的出台,未来 10 年,加大基础设施建设步伐,通用航空产业将成为扩大内需与就业、促进国民经济发展的重要产业,产生大量经济效益,将会是继续干线飞机、支线飞机之后另一个迅速崛起的朝阳产业。

(上接第 46 页)

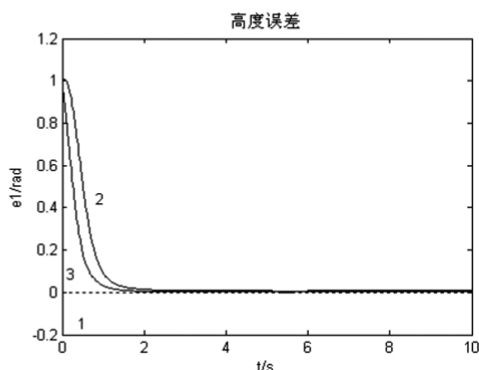


图 2 存在故障和干扰情况下的高度误差曲线

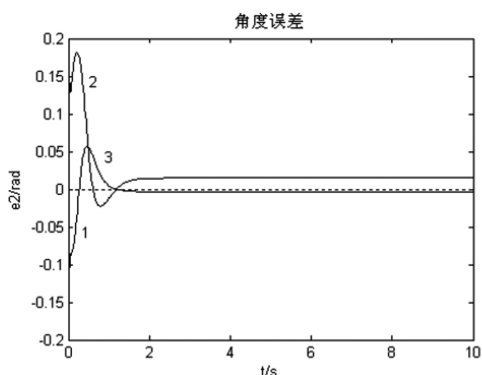


图 3 存在故障和干扰情况下的角度误差曲线

曲线 1 代表的是理想输出曲线。曲线 2 代表的是基于传统终端滑模控制的直接自修复控制输出曲线。曲线 3 代表的是基于非线性故障观测器的直接自修复控制输出曲线。所描述的方法主要通过两个方面来区别:(1)使用非线性故障观测器的直接自修

复控制器,它的收敛效果在高度和高度误差方面要比传统的终端滑模控制器要快得多;(2)在跟踪精度方面,使用本节所描述的方法要比传统的终端滑模控制器要精确得多。因此通过收敛速度和跟踪精度的对比,体现出了本节所描述的方法具有更好的收敛速度和跟踪精度。

## 5 结论

主要针对无人机采用基于故障观测器的直接自修复控制方法来解决收敛问题。引入非线性故障观测器去解决故障带来的影响。引入终端滑模控制,设计相应地滑模面和直接自修复控制器。同时利用李雅普诺夫理论对所设计的直接自修复系统进行相应的稳定性证明。最终仿真结果显示,本文所设计的基于非线性观测器的直接自修复控制系统具有较快的响应速度和跟踪精度。

### 参考文献:

- [1]J. Zhang, C. S. Jiang, J. Wen. Robust tracking control of near space vehicle based on dynamic saturation function fast terminal sliding mode[J]. Journal of Xi'an Jiaotong University, 2009, 43(3):110-115.
- [2]N. B. Almutairi and M. ZRIBI. Sliding mode control of coupled tanks[J]. Mechatronics, 2006,16(3):427-441.
- [3]M. Liu, P. Shi, L. Zhang and X. Zhao. Fault tolerant control for nonlinear Markovian jump systems via proportional and Derivative sliding mode observer. IEEE Trans on Circuits and Systems I: Regular Papers, 2011,58(11):2755-2764.