

航空气象服务的公共产品经济学分析

张强 于洁

(中国民用航空华北地区空中交通管理局气象中心, 北京 100621)

摘要: 天气因素对航空运行高度敏感。世界上多个国家和地区的航空气象服务是一种典型的由政府无偿提供的社会公益性公共产品, 随着社会的不断发展, 许多市场经济发达国家和地区已经尝试推广气象服务商业化并取得了显著的效果。本文对航空气象服务的经济学特征进行分析, 表明航空气象基础产品和服务具有公共物品的非竞争性和非排他性经济属性, 并从经济学公共产品供需理论出发分析了航空气象服务具有公共产品及俱乐部产品特征以及商业市场运行机制, 提出了航空气象服务发展商业化的可能性及一些建议。

关键词: 航空气象服务, 气象服务经济, 公共产品, 私人产品, 俱乐部产品

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2023.04.020

Economic Analysis of Aviation Meteorological Services as Public Goods

Zhang Qiang, Yu Jie

(Meteorological Centre of North China Air Traffic Management Bureau of CAAC, Beijing 100621)

Abstract: Aviation operations are highly sensitive to weather conditions. The pooling and exchange of meteorological information, data and other resources by member countries of the Meteorological office represents a classic case of international cooperation, that has ensured relatively safe and comfortable air flights across the world since the era of international air travel in the 20th Century, and it speeding up the process of the more historically-recent globalisation. This paper analyzes the economic characteristic of aviation weather services based on the recognition that most national aeronautical meteorological infrastructure and services possess the non-rival and non-exclusive properties of public goods. Aviation weather services is a typical public good provided by government free of charge. Starting from the theory of public goods demand and supply the paper puts forward some suggested policies in our country .

Keywords: aviation weather services, economics of meteorological services, public goods, private goods, club goods

0 引言

航空运输业是工业化国家经济的重要组成部分, 是推动经济增长和可持续发展不可或缺的工具。航空运输业也是贸易物流、科学文化和旅游观光等经济文化活动增长的重要驱动力。商业飞行发展至今产生了显著的经济和社会效益。我国幅员辽阔、人口众多, 地形地貌复杂多样, 公路、铁路等地面交通网基础设施依然有限, 尤其是在云贵高原、青藏高原和新疆、内蒙古等地区, 航空运输在经济发展中发挥了尤为重要的作用。据国际航空运输行动组织测算, 2014年航空运输业的直接经济收益为6644亿美元, 间接衍生的商业收益约为2.7万亿美元, 约占全球国内生产总值(GDP)的3.5%^[1]。

针对航空运行提供全球合作框架的国际民航组织(ICAO)和世界气象组织(WMO)通过一系列计划的

实施收集和汇总全球的天气和气候数据信息在其成员之间交换共享, 包括为全球空中导航提供安全可靠的数据信息和制度安排。目前的航空气象服务在不同的国家和地区具有不同的组织形式。我国航空气象服务主要由民用航空部门负责, 航空运行所需要的机场、空域、航路的天气预报和飞行气象情报服务由民航气象部门承担, 其主体由中国民航局的各级气象部门或隶属各机场航务部门的气象台、站提供服务, 此外还有一部分社会组织和实体公司经营的商业气象服务。

1 航空气象服务及产品的市场应用概述

据WMO评估, 交通运输部门的民航和海运尤其依赖准确的气象信息, 而航空运输对天气最为敏感, 同时天气信息的使用对航空运输业的经济效益提升也非常可观^[2]。据统计, 在空中交通流量大的枢纽区域近3/4的重大航空交通延误和天气有关, 近一半的飞行事故发生在了恶劣的天气状况下。除了常规的天气信息之外, 还有其他一些与气象条件间接相关的特殊事件,

收稿日期: 2022年10月12日; 修回日期: 2023年1月6日
第一作者: 张强(1979—), Email: keyons@sohu.com

如火山爆发时火山灰云的扩散对航空飞行有非常严重的危害；空间天气、地磁暴和气候变化可能会导致极端天气事件，也会影响航空的安全飞行。同时从环境角度也需要关注航空造成的噪声、空气污染以及产生巨大的碳排放对人类社会的影响。

天气信息在飞机跨越不同地理位置间安全飞行中发挥着重要作用。使用天气信息的首要目的就是趋利避害，一些灾害性天气对航空飞行活动影响较大，如何合理使用天气信息把天气对飞行的负面影响降至最低是业务管理的一项重要工作，比如航空公司通过使用高空风要素预报产品制作飞行计划，优选航路等。

航空气象信息包括天气观测、天气分析、天气预报、天气警报和短时临近天气预报和警报，此外还有中长期天气、气候数据及分析等；服务包括气象报告服务、气象观测服务和信息通信服务等多项内容。这些服务整体打包或用户选用其中一部分，主要取决于气象因素对信息需求方业务运行的重要性和紧迫性。目前为航空运输提供的气象服务主要包括常规服务和定制服务两种形式，定制服务可以根据航空公司运营人的规章和需求以商定的成本和形式提供。航空气象部门提供的航空气象信息按照使用情况也可分为两类，包括飞行计划服务和飞行中的信息及咨询服务。用于飞行计划的航空气象信息一般包括机场天气报告(SA)、机场天气预报(TAF)、重要气象情报(SIGMET)和高空风和温度预告图等气象产品，另外一类就是为终端区、航路航线和飞行情报区的天气预报、天气警报，以及向空中交通管制部门、航空公司和机场运行等提供的气象咨询建议等^[3]。随着地空数据链、卫星通信技术的发展，近几年来飞行中的信息及咨询服务在商业公司和航空气象部门的推动下向驾驶舱实时传送天气信息也逐步开展了起来。

航空气象部门用于气象服务的通信是指向最终用户，为航空公司运营人和飞行员发送完整的天气信息。由于天气的瞬息万变，任何气象要素都在不断的发生变化，某些天气事件的强度也难以精确测量，如大气湍流(颠簸)、火山灰和机场风切变等。因此航空气象业务的发展需要社会多个组织实体密切联合起来共同提供及时、准确的信息，尤其是涉及到国际跨区域飞行活动的的数据信息。这些信息通过使用多种形式发布，目前基于自动化系统、地空数据链、互联网、卫星通信、电子邮件和飞机通信寻址与报告系统(ACARS)电报等向飞行员提供。传统的通过人工分发纸质的气象信息和“面对面”人工服务讲解方式也正在被新的技术手段逐步替代，比如驾驶舱内iPad电子飞行包的

推进使用。

尽管这些年来我国民航系统各级气象部门在航空气象服务、专业服务和定制气象服务的供给等方面做了积极的尝试探索，但由于航空气象服务运行机制本身存在的问题致使航空气象服务供应与用户需求的差距日益扩大，航空气象服务产品加工制作结构单一、缺乏特色、成本较高、效率低下，许多本应由市场提供的服务项目没有完全走向市场，商业化航空气象服务体系未建立起来，航空气象服务市场目前尚未形成基本规模。

2 航空气象服务的供给与需求分析

与我们熟知的日常气象业务相比较，航空气象服务并非严格意义上纯的公共产品，或者说是一种准公共产品，更接近俱乐部产品，其具有俱乐部会员私人产品的基本特征，所提供的产品及服务在一定范围之内又具有非排他性和非竞争性，在一定程度上也具有准公共产品的特征，其受益范围相对较小又具有特定的行业规定。在国际民航运输体系中航空气象服务在很大程度上更接近一种排他性的“竞争性消费”，航空运输使用者需为此项服务付费。航空气象服务的效用取决于消费者使用的数量和质量，在航空气象业务开始创建产品及服务初期的成本较高，而后期的参与者所支付成本要低廉得多。

市场上一般判断此类产品或服务的生产是否达到有效率的水平需要比较产品的边际成本和边际收益，如果边际成本等于边际收益，产品的生产就是有效的，否则就是无效率的^[4]。但在实际中由于存在“搭便车”行为，充分竞争的市场往往不能够解决公共产品的供给不足问题，一些使用者不愿负担生产的成本，而更愿意依赖他人生产以便自己不花任何代价消费使用。“搭便车问题”往往会导致市场机制失灵，使市场无法达到效率，最终会导致航空气象服务和产品的供给不足从而损害社会整体效益，而竞争性消费是完全竞争市场经济能够实现帕累托效率的一个充分条件。因此诸如航空气象信息及服务此类商品具有的公共产品特征，市场机制会造成信息商品的生产及供给不足，即私人市场提供的信息商品数量将小于最优值。鉴于资源配置的帕累托效率的公共产品理论，为了使信息及服务商品的公共产权安排更有效就需要政府进行干预，干预的形式一般有两种：1) 政府自己充当信息及服务生产者；2) 对私人信息生产者给予适当的补贴和资助。在这种产权安排下，信息商品一般采取统一定价，或在统一定价的基础上适当调整。

在全球范围而言也是类似，在地域上受到限制的

各国气象部门提供的基本气象信息可以看作是“国家公共产品”，从区域和国家及地区之间相互交换的飞行气象情报其“知识和信息”具有很强的“全球公共产品”的特征。这种航空气象服务被任何一个用户使用而不会降低对其他用户的可利用性。由于公共产品的消费中存在私人产品消费中所不存在的“搭便车问题”，即个人或单个公司不愿出资负担公共产品生产的成本，依靠市场机制提供公共产品往往会导致公共产品的数量远远低于社会需要的数量^[5-6]。目前存在的问题就是促进航空气象服务的基础设施和业务运行的费用在很大程度上会很容易被忽视。

2.1 航空气象服务和产品的最优供给分析

以航班运行为例对航空气象产品的使用进行分析。对于非纯公共物品，俱乐部成员的效用受到三个因素影响：私人产品消费量，俱乐部产品消费量，俱乐部的拥挤程度^[6]。任何一个社会成员都力求个人效用最大，为此他首先得决定是否加入俱乐部。而一旦加入俱乐部后，他还得决定对俱乐部有合适的利用率。如何利用俱乐部又取决于俱乐部产品种类、产品数量、成员人数和所缴纳的会费。当每个社会成员实现最大个人效用时，就实现了俱乐部内外同时达到均衡，属于有效率的运营。以下分两种情况进行比较。

1) 航空气象服务和产品的边际生产成本和边际使用成本均为0。即每增加一个航班的使用不影响其他消费者使用，此时边际成本曲线和横轴重叠，如图1a所示。

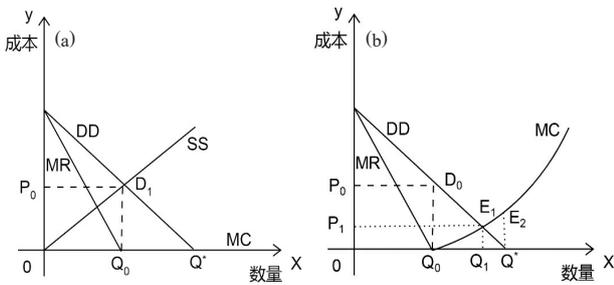


图1 航空气象服务的供需关系

Fig. 1 Supply and demand shifts for aviation weather services

假定用航班数量的简化模型来判断航空企业对航空气象服务或产品的使用，比如使用机场天气预报(TAF)，航空公司所运行的每一个航班都需要使用TAF作为放行评估依据。如图1a所示，需求是价格的函数，SS是供给曲线，DD是需求曲线，MC是边际成本，MR是边际收益，P是成本，Q是航班数量。图中的需求曲线DD向下倾斜表示航班的运输量越多分摊

到每一个航班的成本就越少。由于TAF的边际生产成本为0，按照边际成本定价原则，TAF价格也为0，航空气象部门相应的经营收益也为0，考虑到航空气象部门的企业经营固定成本长期在不断增长，所以此时经营者不但赚不到利润还将遭受亏损。

假设最初的航班数量为 Q_0 ，经过了若干年之后随着经济的发展航班数量增加达到了 Q^* 。考虑到气象部门固定成本的增加幅度跟不上运输量的增加，企业经营就要考虑收费的可能，持续增长的航班量可能会造成产品按照愿望收费。在市场上航空气象服务的供给可以看作是一个垄断厂商，MR是厂商的收益曲线，在DD曲线下方。为了利润最大化，厂商使边际收益等于边际成本，此时价格为 P_0 。由于人员与资金等成本的投入难于满足社会和行业的需求，有效的服务数量由 Q^* 降低到 Q_0 ， $\Delta Q_0 Q^* D_1$ 的面积为社会净福利的损失。

为了避免这种福利的损失，这类产品应该由政府免费提供，用增加财政拨款或调拨建设基金的方法筹集资金以弥补厂商生产的固定成本。需要说明的是此模型忽略了最优规模的决定问题，假定是不变的。出于公共产品的最优供给考虑，航空气象服务的生产成本应该在消费者之间按照利润收益进行分摊，然而在显示偏好问题不能很好解决的情况下，产品在实际中仍应该免费提供。

2) 航空气象服务某些产品或服务的边际生产成本为0，边际使用成本不为0(图1b)。

航空气象服务某些产品的生产成本为0，但随着航班量的增加会出现俱乐部拥挤现象，也就是边际成本不为0。如气象咨询、人工服务、决策分析(类似于专家诊断)等。由于航班量日益增长，厂商资源受限，难于满足每一个消费者的需求，便产生了俱乐部拥挤现象，当达到了一定数量之后消费者所承担的拥挤成本增加了，比如执行航班任务的飞行员等待时间、电话咨询的等待及数据传输的及时性。这时如果不收费就会产生过度消费，当价格为0，此时使用量为 Q^* ，不规则形 $E_1 E_2 Q^*$ 的面积代表了消费者获取的效用不足以弥补其消费所产生的成本，因而导致社会福利的净损失。为了避免过度消费，当厂商的供给量在短期内无法增加时就需要收费，同样也是为了避免垄断引起的社会福利损失，应该由公共部门来提供此类产品并按照边际拥挤成本收费。图1b中均衡价格E和航班量Q应为边际成本线MC和需求曲线DD的交点 E_1 来确定 P_1 ，使用量为 Q_1 。考虑到边际拥挤成本的计算困难以及收费的目的是为了限制过度消费避免社会资源浪费，所

以实际的收费价格标准应保证不出现过度拥挤为准。

2.2 航空气象服务俱乐部规模分析

假定航空气象服务所产生的总成本 F 是固定的,而且消费者的偏好和收入也是一样的。要解决的问题只是俱乐部人员 Q 多少的问题。俱乐部模型描述了原有成员看到的新增加1名成员所形成的边际效益和边际成本。俱乐部的第2名成员给第1名成员带来的边际收益是他所负担的生产总成本 F 减少一半。第3名成员给前2名成员带来的边际收益是节约了成本的 $1/3$ ^[7]。新成员的增加使原有成员不断从分摊固定成本中获益,每人为维持航空气象业务所花费的成本随着俱乐部成员增加而不断下降。因成员增加而带来的边际收益用 MB 来表示(图2)。在成本下降的同时,不能不注意因成员增加而带来的拥挤程度上升。这就是俱乐部成员增加带来的边际成本。在起初阶段拥挤成本可能很低或者是负值,然而随着使用者数量的增加,拥挤成本不断上升,使服务提供的秩序日益混乱,成员们无法获取所需,最终服务提供方不堪负担而造成俱乐部解散。

图2中航空气象部门服务的拥挤成本可以用 MC 曲线表示。边际收益 MB 和 MC 相交于一点,这是一个均衡点 E ,此时俱乐部的边际收益和边际成本正好处于均衡,即因人员增加带来的分摊成本下降的收益与因人员增加带来拥挤程度的成本正好相互抵消,收益正好等于成本。按照一般均衡原则,此时俱乐部的人数 N_0 是最佳规模。

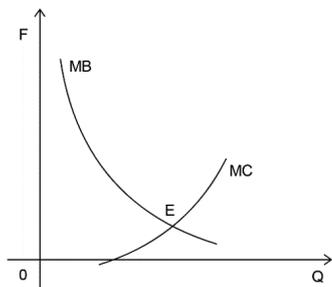


图2 最优航空气象俱乐部规模的确定

Fig. 2 Optimal production of club goods for aviation weather services

对于提供可排他性公共产品的技术和偏好聚类,使得在一个给定规模的社会中形成了很多最优构成的俱乐部,那么通过航空公司的自愿结社而形成的气象俱乐部是这些可排他性公共产品的一种最优配置。在实际工作中,单一产品的俱乐部是极少的而多产品的俱乐部很多,比如一个运动俱乐部,可以提供网球、游泳和其他项目,而不会只提供其中一种。从单纯经

济效率来讲,直觉上看确实由偏好相同的成员组成的俱乐部更有效率,例如向所有成员收取相同的会费。一旦利用水平差异不容易被确定,会员费设计为利用水平的函数就要复杂得多。此时混合型俱乐部可以实现效率,但单一型的俱乐部却不能。比如,当航空公司业务需求差异不是体现在利用程度上时,而是体现在何时使用时,为了实现效率,采取非高峰定价和高峰定价是必要的。而且只有混合型俱乐部才能更有效地在全部时间里利用集体物品。这种特征就要求航空气象管理者在经营方式上需要针对航空特殊群体提供的服务产品更加专业化,从多方面、多角度、全方位地满足消费者的需求,不断提升用户体验培养消费者的忠诚度,从而提高经营业绩和社会效率。

3 航空气象服务的私人供应与商业化思考

对航空气象服务的经济分析是一项很重要的工作,商用飞机在没有气象信息的情况下跨洲际远距离安全飞行是不可想象的。气象业务全球化历程延续发展至今,也深刻地改变了航空业的发展轨迹。近些年来民航运输的高速增长以及安全飞行之所以成为可能,主要是因为人类社会技术的发明创造和商业的发展,天气信息的现代化发展使在世界各地广泛的飞行活动成为了可能,也使得飞行活动越来越安全和经济。在全球市场化的背景下,航空运输企业需要不断努力实现利润盈余以确保经济上的可持续发展,通常为高利润率而采取的做法是削减生产方面的各类成本,其中也包括积极主动的使用高质量的航空气象信息,在不牺牲安全的前提下降低燃油成本和提高飞机的利用率等多个方面。

从航空气象服务和产品的供给与需求分析市场价格的一个优势是,它明确地显示了用户对特定类别气象服务的价值,并愿意为其付费,但是它的适用性受到许多气象信息的公益性质的限制。在一些情况下市场价格可以用来衡量某些类型的航空气象用户的边际收益,此方法适用于具有竞争性消费和排他性私人物品特征的产品及服务。而对于具有非竞争性消费和非排斥性的公益性质的服务,市场机制不能充分发挥作用而导致的资源配置缺乏效率或资源配置失效导致市场失灵。如果同时具备非竞争性消费和排他性两个特征,就形成公共产品和私人商品的混合产品,市场价格可能会提供某种程度的收益衡量。如果公共产品占主导地位,特别是航空气象的基础设施和常规的天气预报和预警服务,就会限制市场价格对航空气象服务估价的适用性。因此航空气象服务的定价应考虑到航

(下转138页)

低压随之快速东北移动。

2) 在台风低压影响河南前, 豫东地区已具备强对流发生发展的能量及不稳定条件, K指数达 36°C 以上并且入夜以后增强到 38°C 以上, 说明前期大气中聚集了大量的不稳定能量, 当18日凌晨低压进入豫东南以后, 低层强烈的辐合抬升触发豫东地区不稳定能量的释放, 从而产生持续的强降水天气。

3) 动力及水汽场分析表明, 强降水区大气具有强烈的倾斜发展机制, 由于低压停滞不前, 强烈倾斜发展机制维持6 h以上, 并且伴有充足的水汽供应及强烈辐合, 使得强降水长时间维持, 累计雨量达到或超过历史极值。

4) 云图、雷达等分析表明, 在低压外围250 km附近的螺旋云带中不断有对流单体生成、合并, 逐渐发展成较强雷暴单体; 强降水区TBB始终低于230 K, 并且中心最低值达215 K, 低于一般强烈发展的对流单体220 K的最低温度, 说明对流的非常旺盛; 雷达回波演变可知, 大于45 dBZ的强回波成带状分布在低压中心的东北象限的强降水区, 强回波长时间稳定少动是产生强降水的直接原因。

5) 将商丘站的相关环境参数标准差倍数与历年出现暴雨时的平均值和最大值进行对比发现, 本次过程各环境参数标准差倍数明显高于历年平均值, 且部分达到历史最大值, 具有一定极端性。

参考文献

- [1] 许映龙, 张玲, 高栓柱. 我国台风预报业务的现状及思考. 气象, 2010, 36(7): 43-46.
- [2] 程正权, 陈联寿, 李英. 登陆台风降水的大尺度环流诊断分析. 气象学报, 2009, 67(5): 840-850.
- [3] 陈联寿, 罗哲贤, 李英. 登陆热带气旋研究的进展. 气象学报, 2004, 62(5): 541-548.
- [4] 曾静. 热带气旋登陆衰减的数值模拟//第十一届全国热带气旋科学讨论会摘要文集. 北京: 中国气象科学研究院, 1999.
- [5] 刘秋锋. 强台风罗莎登陆浙闽北方出现罕见连阴雨(雪). 气象, 2008, 34(1): 124-125.
- [6] 王龙, 周伟灿, 倪东鸿, 等. 2008年台风“凤凰”的移动过程及对江苏降水的影响. 气象与减灾研究, 2009, 32(4): 25-31.
- [7] 任丽, 赵玲, 孙磊, 等. 台风“狮子山”与中纬度系统相互作用所致暴雨成因分析. 沙漠与绿洲气象, 2019, 13(1): 44-51.
- [8] 江吉喜, 项续康. “96·8”河北特大暴雨成因初探. 气象, 1997, 23(7): 19-23.
- [9] 何丽华, 孔凡超, 李江波, 等. 影响河北两次相似路径台风的湿位涡对比分析. 气象, 2007, 33(4): 65-70.
- [10] 吴蓁, 范学峰, 郑世林, 等. 台风外围偏东气流中的暴雨及其等湿位涡特征. 高原气象, 2008, 27(3): 584-595.
- [11] 谷秀杰, 张霞, 苏艳华, 等. 台风“温比亚”停滞少动及转向机理探究. 热带气象学报, 2019, 35(6): 780-788.

(上接129页)

空用户的气象产品使用消费量, 可以分为常规产品和定制产品两种类型分别估算。而对于公益性服务的使用, 在现有运行基础之上发展商业化航空气象服务很有必要。在行业管理上通过市场经济评估分析基础上理顺航空气象公共事业和商业化私人气象服务的关系, 明确二者之间的边界, 提供互补性指导原则或制度供给, 既能确保商业化气象服务实体能有稳定的基本气象数据源, 又使得航空气象公共事业能够得到合理的成本补偿。逐步建立和发展面向市场的商业化服务实体, 允许社会实体部门、行业组织和个人参与商业性航空气象服务, 在市场机制下鼓励其在竞争中优胜劣汰, 促进航空气象科技进步进而提高气象服务质量的可持续发展。

和欧美等发达国家相比, 我国的航空气象服务商业化市场尚待去深度开发, 针对不同的客户群体潜在服务内容很多, 需要加强航空气象服务产品和科技产品的应用研究, 使商业化服务向深度和专业的方向发展, 但需要尽量避免产品服务同质化泛滥导致恶性竞

争的不良情形发生, 通过市场行为增强航空气象服务的个性化、多元化和专业化。发展航空气象服务商业化需要大量掌握航空知识的经营管理人才、技术研发人才和市场营销人才, 加快商业化航空气象服务队伍建设是发展气象服务商业化的根本保证。对于航空气象管理而言, 通过各种途径尤其是在商业化方面加强对外交流与合作, 学习和借鉴国外的气象服务理念、先进技术和丰富的经营管理经验。

参考文献

- [1] Anaman K A, Quaye R, Owusubrown B, et al. Benefits of aviation weather services: A review of international literature. Research in World Economy, 2017, 8(1): 45-58.
- [2] 韩佳芮, 吕丽莉, 张润嘉, 等. WMO气象服务效益评估工作的借鉴与启示. 气象科技进展, 2017, 7(1): 242-245.
- [3] 张强. 机场天气预报的经济效益评估分析. 民航学报, 2022, 6(4): 71-76.
- [4] 朱善利. 微观经济学(第二版). 北京: 北京大学出版社, 2001.
- [5] 杨春瑰. 气象信息产品的经济学分析. 闽江学刊, 2009, 1(3): 81-85, 98.
- [6] 程乐. 俱乐部产品的经济学分析. 兰州: 兰州财经大学, 2015.
- [7] 孙丽梅. 俱乐部理论: 布坎南模型与蒂布特模型比较分析. 战略决策研究, 2005, 4(4): 78-81.