

“刀片座椅”与乘客体验：航空业轻量化趋势下的舒适性争议

曹秋语¹ 张梓淳² 曹秋歌¹ 肖景航³ 胡程怀³ 文鸿莱⁴

(1. 人朝分实验学校 2. 北京21世纪国际学校 3. 中国人民大学附属中学 4. 人大附中西山学校)

DOI

摘要：在全球航空业持续面临燃油成本、环保压力与市场竞争的多重挑战下，飞机座椅轻量化已成为航空公司降本增效的重要举措。本文以国内航空公司推广的“刀片座椅”为例，通过力学分析验证其在结构安全上符合适航标准，但进一步通过乘客满意度调研发现，轻量化设计显著影响了乘坐舒适性——尤其是腿部空间、座椅宽度与相邻乘客间距等方面，且长途航班与经济舱乘客的满意度普遍偏低。本文认为，航空座椅设计不应仅满足安全与轻量化要求，更应融入人因工程学理念，在经济效益、合规性与乘客体验之间寻求系统性平衡，以实现可持续的客舱服务提升。

关键词：航空座椅设计；乘客体验；轻量化；人因工程

Blade Seat and Passenger Experience: Controversy of Comfort under the Trend of Lightweight Aviation

Cao Qiuyu¹, Zhang Zichun², Cao Qiuge¹, Xiao Jinghang³, Hu Chenghuai³, Wen Honglai⁴

1. Renchao Fen Experimental School

2. 21st Century International School Beijing 100142

3. Renmin University of China Affiliated High School

4. Xishan School of Renmin University High School

Abstract: As the global aviation industry continues to face challenges including fuel costs, environmental pressures, and market competition, aircraft seat lightweighting has become a critical strategy for airlines to reduce costs and enhance efficiency. Taking the "blade seat" promoted by domestic airlines as an example, this paper verifies its structural safety compliance with airworthiness standards through mechanical analysis. However, further passenger satisfaction surveys reveal that lightweight design significantly impacts comfort—particularly in legroom, seat width, and spacing between adjacent passengers—while long-haul flights and economy class passengers generally report lower satisfaction. The study argues that aviation seat design should not only meet safety and lightweight requirements but also integrate human factors engineering principles to achieve systematic balance between economic benefits, regulatory compliance, and passenger experience, thereby realizing sustainable cabin service improvements.

Key words: aviation seat design; passenger experience; lightweight; ergonomics

前言：

在全球航空业面临燃油成本攀升、市场竞争加剧及环保压力等多重挑战的背景下，各大航空公司持续探索降本增效的运营策略。其中，飞机座椅的轻量化与客舱空间压缩成为重要方向——通过采用超薄型“刀片座椅”、增加座位密度、更换轻质材料等手段，显著降低座椅重量，从而减少燃油消耗、提升经济效益。然而，这一趋势也明显影响了乘客的乘机体验：经济舱座椅厚度不足、腿部空间进一步缩减、座椅异味等问题引发广泛抱怨，甚至有乘客将此类座椅戏称为“老虎凳”。座椅舒适与否，乘客最具发言权。节能环保、成本控制与旅客体验之间，本不应是非此即彼的单选题。尽管航空公司强调此类设计符合人体工学并通过安全认证，但乘客的实际舒适感受与航司的成

本优化逻辑之间仍存在显著对立。本文将以内航司（如南航、东航）的座椅改革为例，分析轻量化座椅的技术动因、市场反响与行业争议，探讨航空业在经济效益、适航标准与乘客体验之间寻求平衡的可行路径。

一、飞机座椅的力学分析

以飞机上升期间为例，假使飞机在稳定的流体中运动，座椅的受力是相对静止的。在这种情况下，我们只需对受力和力矩做一些简单考虑。为了分析每一个座椅连接处所需提供的最小静态受力，我们需要首先对一些基本量做假设。

以转轴位置，设为力矩分析的支点，通过计算力矩来求得其固定时承受的最小载荷。其总力矩应为人的上半身体重带来的转动效应和靠背自身重力带来的转动之和，可

表 1 对靠背和座椅面所需承受最小力矩的参量假设

人类上半身质量占比	55% ~ 63%，后续计算中取 60%
飞机座椅乘坐人群的最大体重	150kg
飞机座椅靠背的质量	10kg
人体上半身质心（T9~T12 之间）	从椅面向上 400mm 左右
飞机座椅靠背的质心	从椅面向上 450mm 左右

以求得其为：

$M=150g \times 60\% \text{（人体上半身质量）} \times \sin 20 \text{（飞机上升的最大仰角）} \times 400mm + 10g \times \sin 20 \times 450mm$

$M=13.85g \text{ Nm}$

实际设计中，转轴通常位于座椅靠背两侧，以提升乘坐舒适性并避免中部不适感。因此，每侧转轴至少需承受约 7Nm 的力矩。此外，考虑到飞行中可能遇到的湍流与动态载荷，实际设计中应引入安全系数（如 1.5 倍），以确保结构在极端情况下的可靠性。

另外考虑其上升过程中后支撑腿所需提供的最小合力，通过简单的受力分析，并假设座椅质心位置大约在椅子最后方前侧 0.25m 的位置，总长为 0.7m。

分解到垂直于飞机地面方向上，考虑前后支撑腿对力的分散，后侧的受力大小为（假设座椅总重为 30g）：

$(150g+30g) \times \cos 20^\circ \times \frac{0.7-0.25}{0.7}=109g$

考虑到实际座椅有两个支撑腿

$109g \div 2=54.5g$

在平行于飞机上升方向上，其单个支撑腿的受力为：

$(150g+30g) \times \sin 20^\circ \div 2=30.8g$

最后计算得到其最小需要提供的支持力约为 62.4g。

参考类似的方法，可以计算得到单个前支撑腿受力的垂直分量约等于 30.17g。

上述受力分析所得数值代表在设定条件下座椅支撑结构所需承受的最小载荷，其意义主要体现在以下方面：

1. 验证轻量化座椅的结构安全性：计算表明，即使在最大体重乘客（150kg）、飞机上升及气流扰动等条件下，座椅支撑结构仍能满足受力要求。这说明“刀片座椅”在追求轻量化时，并未牺牲基本的结构安全，仍符合航空适航标准。

2. 体现安全冗余设计的重要性：分析中明确要求实际受力需按 1.5 倍系数放大，以应对动态飞行环境。这反映了航空座椅设计中安全系数的运用，确保极端情况下的乘客安全。

3. 揭示“轻量化”与“舒适性”的分离性：该分析仅针对结构安全，未涉及乘坐舒适性（如坐垫厚度、腿部空间）。这正解释了当前争议的核心——航空公司可能在安全与成本之间找到平衡，却在舒适性上做出妥协。

4. 为材料与结构优化提供依据：支撑结构的受力分析为后续兼顾轻量化与舒适性的设计提供了数据基础。例如，在保证强度前提下，可选用更舒适的材料或更优的减震结构。现有研究显示，X 形支架通过折叠设计可将垂直冲击力转化为水平位移，降低腰椎载荷约 20%。^[1]此外，纤维复合材料的分层撕裂能有效吸收能量，延长缓冲时间，结合气囊系统可进一步提升座椅在水平与倾斜方向的稳定性。^[2-3]飞机座椅支撑材料还可以通过泡沫压缩、智能材料协同减震等机制吸收动能。^[4-5]

下表列举了当前飞机座椅常见材料的特性与应用优势。这些材料在轻量化、舒适性、成本之间的取舍，体现了航司在设计与运营中的多维权衡。

表 2 飞机座椅常见材料及其性能对比

部件	材料 / 组合方案	优点
椅背 / 椅面泡沫	单一密度聚氨酯泡沫	成本低，工艺简单，重量较轻。
	高密度加低密度双层复合	兼顾支撑性，高密度层，舒适性，低密度层可延长使用寿命。
	记忆棉	贴合人体曲线，减压舒适，静音性好。
	乳胶泡沫	天然环保，透气性好，弹性优异。
	空气凝胶填充	极轻，隔热性能好，可定制硬度。
椅子腿支撑材料	铝合金（如 6061-T6）	轻量化，密度 2.7 克每立方厘米。强度高，耐腐蚀易加工，

钛合金（如 Ti-6Al-4V）

超高强度康抗拉强度 9000MPa. 耐腐蚀，减重。

碳纤维复合材料

强度最高，可设计性强，减重效果显著。

高强度钢（如 4340）

成本低，高刚性，抗冲击力强。

本分析本质上是工程安全验证，表明航空公司已在安全合规与轻量化降本之间找到技术路径。然而，乘客体验的缺失表明这种平衡尚未延伸至“人因工程”层面。因此，航空座椅设计不应止步于“安全达标”，更应追求“舒适达标”；否则在市场竞争中，即便符合适航标准，也可能因体验不佳而丧失乘客信任。

二、乘客对飞机座椅的满意度

综合 Miller 等人与 Vink 等人的研究，可得出以下结论：首先，经济舱座椅宽度显著影响乘客的舒适感受。当座椅平均宽度从 435 毫米提升至 480 毫米时，乘客的“乘坐余量”可从 77% 增至 85%，说明适度增加宽度能有效提升舒适度。其次，载客率与舒适度呈负相关。当载客率低于 67% 时，乘客可利用相邻空位扩展空间，舒适度较高；而满载时，舒适度完全取决于座椅宽度，易产生压抑感。此外，性别差异亦不可忽视。女性平均臀宽比男性大约 20 毫米，在相同座椅宽度下更易感到拥挤，这提示当前座椅设计尚未充分考虑性别差异。最后，乘客满意度受多因素影响，包括座椅舒适度、机上服务、清洁度等，其中女性乘客、年轻乘客及长途经济舱乘客的满意度相对较低。^[6-7]

问卷中设立了 3 个类型的问题，首先是通过对被采访者的经历来为座椅舒服程度的背景进行分类，包括一般乘坐飞机的飞行时长，全服务航司还是低成本航司，以及所乘坐的飞机为窄体机还是宽体机。通过这些背景的调查，逐层分类将不同的航司以及不同的机型分开统计，引发了关于舒适度的调查，涵盖了座椅宽窄、乘客之间的距离、腿部空间、座椅可调角度、头部空间等问题。

从 114 组来自于国内航司的问卷中看，飞行时长与舒适满意度成正比关系，乘坐时长越长的被采访者对于座椅会越不满意。图 1 为全服务航司宽体机（窄体机）不同时间段的满意度数据，0-3 小时的乘客满意度为 3.44 而 3-7 小时为 3.43，7 小时以上甚至达到了 3.34。而从图 1 中不难发现不论全服务还是低成本，宽体还是窄体都完全符合这样的规律。全服务航司与低成本航司的区别也对座椅满意度产生了影响，从两种航司类别窄体机的数据中（图 2），我们可以发现全服务窄体 0-3 小时和 3-7 小时的满意度为 3.46 和 3.41，这高于低成本的 3.45 和 3.22，由此可知，往往乘客对座椅的满意度与航司的服务以及座椅的品质有直接关系。然而，通过数据统计，我们发现宽体机与窄体机反而对座椅的舒适度没有太大的直接关系，全服务的宽体机在 0-3 小时的飞行时长中满意度略低于窄体，但是在 3-7 小时略高于窄体，所以我们初步判断窄体机与宽体机对座

椅舒适度没有直接关联。

国内全服务宽体机与窄体机在不同乘机时长的经济舱乘坐满意度

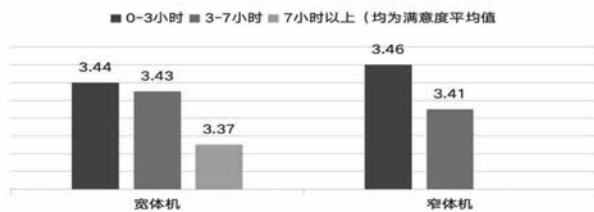


图 1 全服务航司宽体机与窄体机在不同飞行时长下的乘客满意度对比

国内航司低成本窄体机与全服务宽体机在不同乘机时长的经济舱乘坐满意度

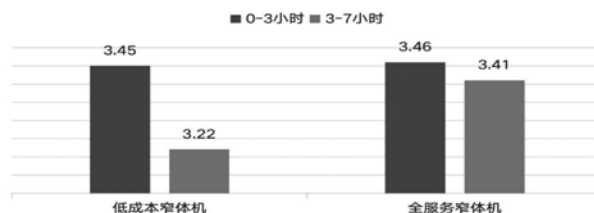


图 2 全服务航司与低成本航司窄体机乘客满意度对比（按飞行时长分组）

针对座椅的具体部位，通过图 3-5 可知，仅有低成本窄体机的乘客普遍认为座椅宽窄不合适，为 64.3% 和 80%。然而，大多数人普遍认为座椅的可调角度以及座椅距离其他乘客过近，在全服务宽体 7 小时以上和全服务窄体 3—7 小时都达到了 100%，这恰恰与 Miller 等人的研究观点相吻合，人与人之间的距离会导致舒适度仅取决于座椅的宽度从而使得满意度降低。^[6]值得注意的是，在采访数据中，座椅问题最大的部分在于腿部空间，有两个实验组的数据高达 100%，所以我们推测这是造成座椅满意度低下的主要原因。

国内全服务航司宽体机不满意度及条件

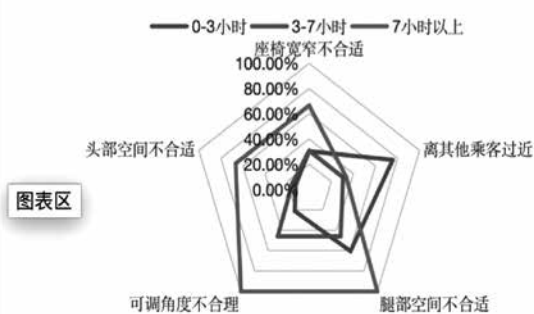


图 3 低成本窄体机乘客对座椅各部位舒适度的评价比例分布

国内低成本航司窄体机不满意度及条件

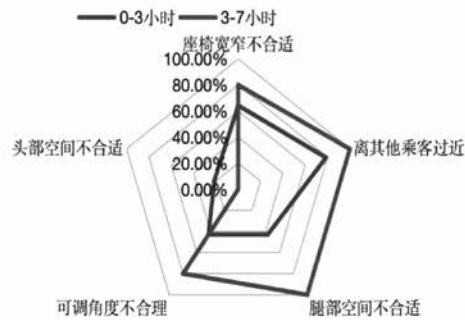


图4 全服务宽体机乘客对座椅各部位舒适度的评价比例分布（按飞行时长分组）

国内航司全服务窄体机在不同乘机时长的经济舱乘坐不满意度及条件

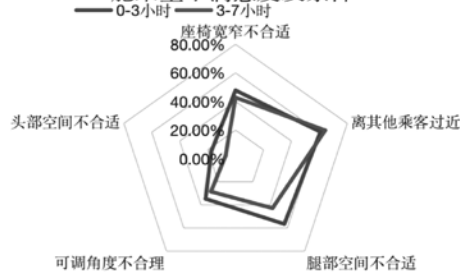


图5 全服务窄体机乘客对座椅各部位舒适度的评价比例分布（按飞行时长分组）

问及最想改动飞机座椅的哪一个方面，35.94%的被采访者想要改善飞机座椅靠背，有40.63%想要改善飞机座椅的腿部空间，这两种部位的改进远远高于座椅材质，座椅高度等其他问题。也与文献相匹配，座椅的靠背以及腿部空间的扩张能够有效的降低座椅的余量以及压缩量，从而提升座椅的舒适度。约56%的被采访者认为超薄座椅可以

进一步改善腿部空间的问题，但是绝大多数乘客并不愿意尝试去乘坐飞机站票。

结论：

综上所述，本研究通过力学分析与乘客调研发现，当前轻量化座椅在结构安全上虽符合适航标准，但在舒适性层面仍有明显不足。乘客满意度与飞行时长、航司类型密切相关，且女性乘客因生理结构差异更易感到不适。未来航空座椅设计应超越“安全合规”的底线思维，向“人因友好”方向演进，在轻量化与舒适性之间寻求更优平衡，以提升乘客体验与品牌忠诚度

参考文献：

- [1] 晏涛, 薛萌萌, 等. X型结构航空座椅吸能参数确定方法[J]. 装备制造技术, 2018(6).
- [2] 王洪亮, 等. 一种能量吸收式飞机座椅: 中国, CN104648673A[P]. 2015-05-273.
- [3] 晨龙飞机公司. 一种民航飞机乘客座椅: 中国发明专利[P]. 2022-09-2212.
- [4] 杨欢, 等. 非漂浮型和漂浮型航空座椅垫动态压缩力学性能研究[J]. 科学技术与工程, 2020.
- [5] 吉林大学. 一种基于形状记忆合金航空座椅吸能装置: 中国, CN113562180B[P]. 2024.
- [6] Elizabeth L. Miller, Samuel M. Lapp & Matthew B. Parkinson (2019): The effects of seat width, load factor, and passenger demographics on airline passenger accommodation, Ergonomics.
- [7] Vink, P., Vledder, G., Song, Y., Herbig, B., Reichherzer, A. S., & Mansfield, N. (2022). Aircraft interior and seat design: priorities based on passengers' opinions. International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace, 9(1).