

文章编号: 2096-1618(2017)04-0426-07

# 中国冬季飞机颠簸的统计分析

申燕玲<sup>1</sup>, 王东海<sup>2,3</sup>, 巩远发<sup>1</sup>

(1. 成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都 610225; 2. 中国气象科学研究院灾害天气重点实验室, 北京 100081; 3. 中山大学大气科学学院, 广东 广州 510275)

**摘要:** 飞机颠簸是航空气象主要的特征之一,也是航空气象预报的重点和难点。针对飞机颠簸在中国冬季的特征,以及为验证哪种颠簸指数的诊断效果较好,利用2012–2015年中国地区内PIREPs飞机报资料,采用统计分析的方法分析颠簸发生的时空分布,计算颠簸发生时不同指数的情况。研究结果表明,冬季大部分颠簸是由于急流引起的,并且中国西南、东部地区发生颠簸较多。飞机颠簸在6000 m以上的高空发生次数较多。Ellord指数、MOS-CAT指数在中国区域内诊断冬季飞机颠簸效果较好。

**关键词:** 气象学; 航空气象; 飞机颠簸; 中国冬季; 统计分析; 颠簸指数

**中图分类号:** P496

**文献标志码:** A

**doi:** 10. 16836/j. cnki. jcuit. 2017. 04. 013

## 0 引言

颠簸是一种造成飞机飞行危险的天气现象。由于大气运动较为复杂,没有其他天气现象作为参考,机载雷达很难探测发现,尤其是不伴有天气现象的晴空颠簸。因此,颠簸一直以来都是航空气象研究的一个重难点。随着科技的迅猛发展,人们越来越意识到研究飞机颠簸对于生产生活的重要性,所以飞机颠簸的研究工作,已成为航空气象的一个重要部分。但由于观测资料稀缺等问题,中国对于飞机颠簸的研究进展较为缓慢。当今,国内外都争相发展数值天气预报模式,致力于将数值预报模式往更加精确的方向发展,随着数值模式分辨率的提高、观测设备的不断改进,数值天气预报的发展前景越来越大。因此,如何结合数值模式输出数据计算飞机颠簸的相关指数以及哪种指数的预报效果更佳,为航空气象、灾害性天气预警等提供有价值的信息,最大程度上发挥数值天气预报的优点,就成为十分有意义的工作。

早期就有学者开始了对于颠簸的研究,Endlich等注意到急流产生的颠簸与高空风速度和风切变都有关,由此开始人们注意用研究风速、风切变来作为预报颠簸的指数。之后综合温度、风速的水平和垂直变化提出了颠簸指数L-P。Ellrod等<sup>[1]</sup>根据锋生强度公式推导出晴空湍流的预报指数Ellrod指数,后来在实际应用中不断被改进。近十年来,越来越多的专家学者投入到飞机颠簸的研究工作当中,研究方法大体上分为天气形式分析法与经验指数预报法两大类<sup>[2]</sup>。

Sharman等<sup>[3]</sup>通过数值预报模式输出的数据计算多种颠簸诊断指数,并且对比飞机报数据确定动态权重,综合了一种新的预报飞机颠簸的GTG系统,之后Kim等<sup>[4]</sup>将GTG系统用于东亚地区检验飞机颠簸的预报效果。沈强等<sup>[5]</sup>综合颠簸指数得到一种新的颠簸预报算法。黄仪方等<sup>[6]</sup>根据实际应用确定了利用垂直速度场、散度场、涡度场、温度平流场等物理量场预报飞机颠簸的可行性,例如飞机经过散度大值区域,易发生颠簸。王洪芳等<sup>[7]</sup>指出引起高空飞行颠簸最主要的直接原因是来自空中的风切变和温度切变。

所以,预报颠簸的指数在研究实验中不断改进,对于飞机颠簸的预报能力也在逐步提高。但是不同指数的着重点不同,不同区域不同季节不同成因的颠簸,指数自身及指数之间的预报效果也存在差异。飞机颠簸可分为晴空颠簸和对流性颠簸,晴空颠簸又分为,山脉地形波产生的颠簸和急流产生的颠簸,地形和急流的相互作用,能够导致山脉背风坡形成涡旋湍流<sup>[8]</sup>。对流性颠簸主要出现在夏季,而在冷暖空气温度梯度最大的冬天,急流产生的颠簸最为显著<sup>[9]</sup>。也有研究根据颠簸的产生机制,将颠簸分为急流型、高空槽(脊)型、切变线型、锋面颠簸型、地形颠簸等<sup>[10]</sup>。文中主要研究的是冬季中国地区发生的飞机颠簸,由统计结果可知(表1),冬季最大程度上排除了对流性颠簸,大部分颠簸为急流引起的颠簸,即晴空颠簸。

## 1 数据和方法

### 1.1 数据说明

采用欧洲中期天气预报中心(ECMWF)再分析资

料 ERA-Interim, 共 36 层, 每 6 h 1 次, 每天 4 次分别在 00:00, 06:00, 12:00 和 18:00 (UTC)。

当飞机遭遇空中颠簸时, 飞行员会将飞机遭遇颠簸现象的本次航班号、世界时间、当前飞行高度、颠簸强度(轻、中、强)、现象描述、发生位置等信息传递给塔台人员。塔台人员根据话音方式航空器空中报告传递信息到当地民航气象部门。最后, 由民航气象中心收集全国各地民航气象部门从塔台获得的飞机报告资料, 进行统一整理<sup>[11]</sup>。颠簸观测资料来自华北民航气象中心整理的 2012–2015 年的飞行机组报告资料, 资料包括了航班号、报告单位、颠簸出现日期和时间(UTC)、发生高度经纬度、造成原因等信息。选取 2012–2015 年冬季颠簸个例, 剔除其中缺测、无效的数据。

## 1.2 颠簸指数的计算方法

参考前人的研究, 目前有许多诊断颠簸的指数<sup>[12]</sup>。选择其中合适的指数进行检验预报颠簸的效果。

$L - P$  指数<sup>[13]</sup>

$$L - P = 7.268 \frac{\partial V}{\partial z} + 0.718 \frac{\partial T}{\partial n} + 0.133 \frac{\partial V}{\partial n} - 2.52 \quad (1)$$

考虑温度的水平变化, 风速的水平变化和垂直变化, 式中  $\frac{\partial V}{\partial z}$  为垂直切变,  $\frac{\partial T}{\partial n}$  为等压面上的水平温度梯度,  $\frac{\partial V}{\partial n}$  为等压面上沿气流纺线的风速梯度, 当  $L < 0$  时, 预报没有颠簸, 反之则计算颠簸发生的概率  $P = \frac{1}{1 + e^{-0.59L}}$ , 然后将  $P$  概率转换为等级,  $P > 95\%$  预报有严重颠簸,  $95\% > P > 86\%$  预报有重度颠簸等。

垂直风切变指数  $V_H$ <sup>[14]</sup> 表达式为:

$$V_H = \left( \left| \frac{\partial u}{\partial z} \right|^2 + \left| \frac{\partial v}{\partial z} \right|^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

具有风速垂直切变环境的重力波称为 Helmholtz (K-H) 波, 而 K-H 波发生切变不稳定又是导致晴空颠簸的原因<sup>[12]</sup>。所以, 垂直风切变与产生颠簸的 K-H 波有关。

水平风切变指数, 其表达式为:

$$S_H = \left( \frac{u}{s} \frac{\partial s}{\partial y} - \frac{v}{s} \frac{\partial s}{\partial x} \right) \quad (3)$$

其中  $s$  为合成风速  $s = \sqrt{(u^2 + v^2)}$ 。

Ellrod 指数<sup>[11]</sup>, 表达式为:

$$EI = VWS \cdot (DEF + DIV) \quad (4)$$

其中  $VWS$  项为风切变项,  $DEF$  项为切变形变和拉伸形变的总形变<sup>[4]</sup>,  $DIV = -\left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}\right)$  是该层的散度,  $VWS =$

$$\frac{\partial V}{\partial z} \text{ 为大气垂直风切变, } DEF = \left[ \left( \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

为大气风场总形变(包括水平切变与拉伸形变), 在实际应用中发现,  $DIV$  项和飞机颠簸并没有很好的对应关系, 李耀东等<sup>[15]</sup>将式(4)修改为  $EI = VWS \cdot DEF$ , 垂直风切变项与总形变项构成的乘积项为指数的主要组成, 指数为动力相关颠簸诊断指数。

MOS CAT 概率预报因子指数

$$MOS = |V| \cdot DEF \quad (5)$$

指数是由美国国家环境中心, 在 MOS(model output statistics) 方法基础上改进的颠簸指数, 其中  $|V|$  是水平风速,  $DEF = \left[ \left( \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$  为变形效应项。

水平温度梯度指数

$$\nabla_H T = \left[ \left( \frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial T}{\partial y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

温度梯度大值区为颠簸发生提供了动力和热力条件。急流颠簸区和锋面颠簸区的共同特征是温度场存在温度梯度的大值<sup>[16]</sup>。

Dutton 经验指数, 表达式为

$$I = 1.25HWS + 0.25VWS + 10.5 \quad (7)$$

其中  $HWS$  为水平风切变,  $VWS$  为垂直风切变。

以上指数可以分为动力相关指数、热力相关指数和综合性指数 3 类:  $L-P$  指数为同时考虑温度、风速的综合性指数; Dutton 经验指数、Ellrod 指数、垂直风切变、水平风切变指数、MOS-CAT 指数为和风场有关动力相关指数; 水平温度切变为热力相关指数。将不同指数进行分类后, 对比每个指数的诊断效果。

## 2 飞机颠簸发生的特征

### 2.1 颠簸水平分布特征

2012–2015 年冬季颠簸发生的报告共 534 次, 其中重度颠簸 238 次, 占颠簸总数的 44.57%, 中度颠簸 279 次, 占总颠簸报告的 52.24%, 轻度颠簸最少, 只有 9 次, 为 1.7%。重度颠簸报告分布图显示西部地区西藏、青海、新疆和东北、内蒙报告较少, 大部分颠簸报告发生在北京、河北、山东、河南地区, 武汉东部也有较多个例。重庆、华东、中原地区颠簸发生的次数最多, 高原地区颠簸发生的报告最少(图 1a), 中度颠簸报告与重度颠簸分布相似, 但重庆相对较少, 东部地区颠簸主要集中在山东、河南、河北、海南地区(图 1b)轻度颠簸相对重度和中度颠簸个例少(图 1c)。总体来看, 西

南、东部地区颠簸密集,新疆西藏部分地区、海南地区也有少量颠簸报告,但高原、东北、西北地区颠簸报告

少(图1d)。

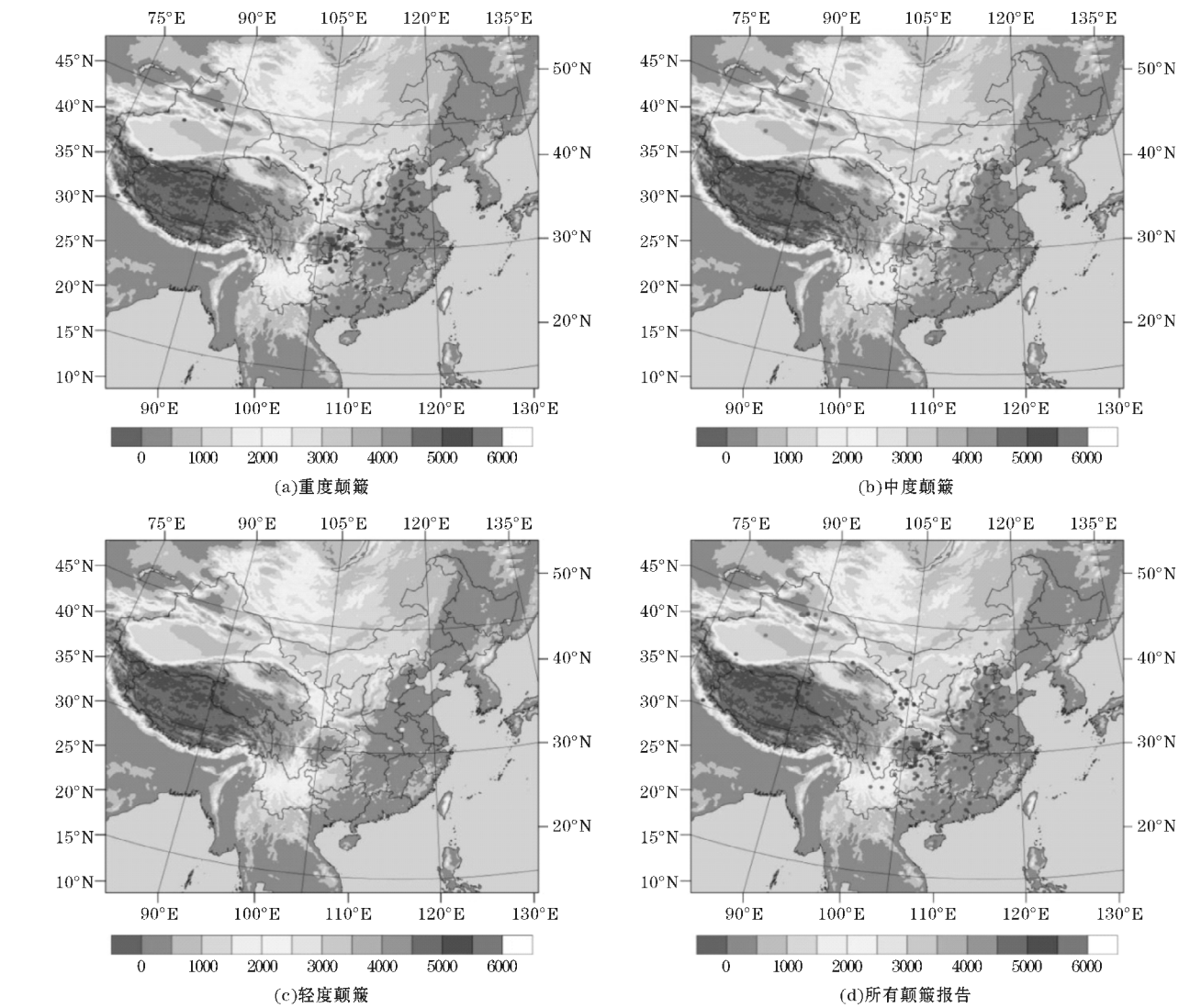


图1 2012–2015 年冬季颠簸发生地区分布

2.2 飞机颠簸高度特征统计分析

2012–2015 年冬季飞机报资料显示(图2),10000 m 以上高空颠簸报告共 85 次,10000 ~ 9000 m 报告 129 次,9000 ~ 8000 m 高度上为 177 次,8000 ~ 7000 m 78 次,7000 ~ 6000 m 高度 26 次,6000 m 以下 29 次。6000 m 以上高空发生颠簸占总颠簸的92.69 %,其中 8000 ~ 9000 m 高度发生的颠簸占33 %,9000 ~ 10000 m 高度占 24.16 %,10000 m 以上占15.92 %。总体来说,8000 ~ 9000m 颠簸发生的频次最高,其次是 7000 ~ 8000 m,6000 m 以下颠簸报告较少,为5.4 %。

分析 4 年颠簸发生高度四季变化数据的箱线图可知(图3),4 个季节颠簸发生高度的变化不大,在夏季和秋季颠簸发生的高度偏高,平均在8000 m,而冬、春两季的颠簸发生高度在7000 m 左右,总体来说,夏季和

秋季的颠簸发生高度都较冬季和春季高。颠簸的发生高度在对流层顶附近处也较多,与对流层顶的断裂处,或对流层顶较陡时易发生颠簸的理论一致<sup>[17]</sup>。

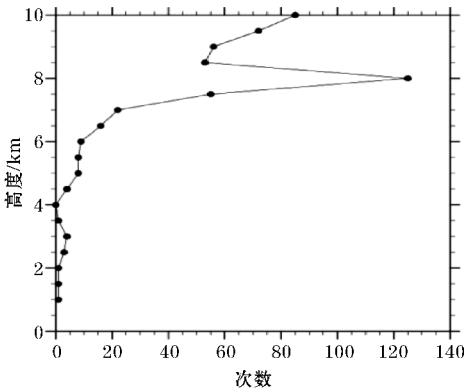


图2 2012–2015 年颠簸发生高度平均统计



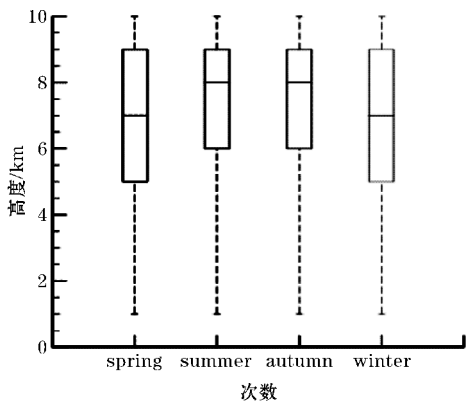


图 3 2012–2015 年颠簸发生高度的季节变化箱线图

2.3 导致飞机颠簸的天气系统分析

表 1 列出的是飞机颠簸形成的气象条件统计结果。总共 534 次颠簸个例中,急流相关的个例共发生 384 次,占全部颠簸个例总数的 72 %;风相关原因个例为 75 次,占 14.1 %;低涡、冷涡天气 16 次,占总体的 2.9 %;高空槽等原因导致颠簸 32 次,占 5.9 %;对流相关个例发生 27 次,占 5.1 %。所以,导致冬季发生颠簸的主要原因是与大风、急流(低、高空),占总体 534 次的 86.1 %,其他导致冬季颠簸的因素相对较少,共占总数的 13.9 %。

表 1 2012–2015 年导致颠簸的天气系统统计

	发生频次/次	百分率/%
高空槽、低槽	32	5.9
急流相关(高低空急流)	384	72
低涡、冷涡	16	2.9
对流相关	27	5.1
风相关(大风、风切变等)	75	14.1

3 颠簸指数的检验评估

分析颠簸发生时该观测位置上气象要素的特点,颠簸指数、气象要素的阈值范围,能够确定颠簸与各个颠簸指数、气象要素之间的重要关系,从而研究各个指数诊断颠簸的效果优劣。

3.1 气象要素与颠簸

将发生颠簸的个例按照气压层高度排列,分析每个颠簸指数数值随高度的变化。由于飞机颠簸记录的高度较高,选取和颠簸相关的气象要素分析发现,大部分个例发生在高层,发生颠簸位置的温度较低,结合概率密度函数(图 4a、b)可以看出,颠簸一般发生在

600 hPa 以上的高层,温度  $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim -20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,垂直速度一般在  $\pm 0.01\text{ m/s}$  的气象条件下。

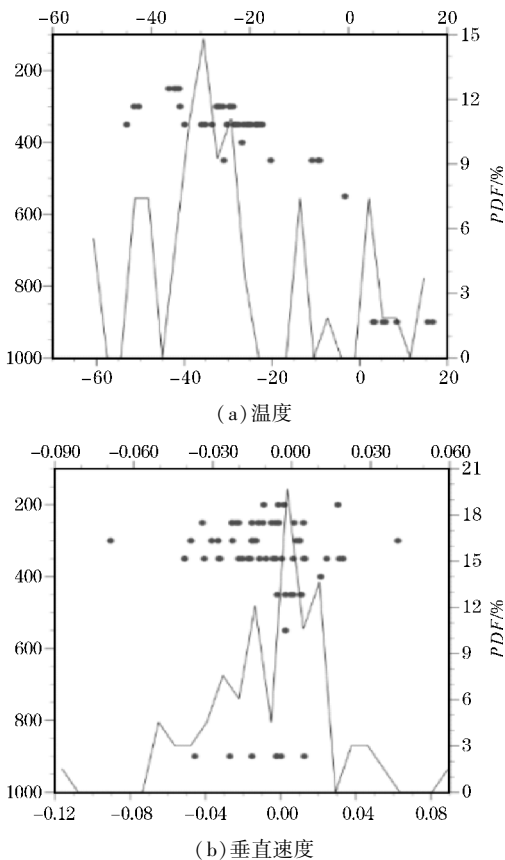


图 4 气象要素的概率密度分布

3.2 颠簸指数的阈值

箱线图能够将各个颠簸指数在发生颠簸时的值域区间直观地表现出来,可分析每种指数的阈值分布,看出数据分布的离散程度等信息,并进行数据间的比较。

图 5 显示的是 9 种颠簸指数在发生颠簸时的箱线图分析,上四分位数与下四分位数的差(即四分位差)反映了数据的离散程度,其数值越小,说明中间的数据越集中,中位数对数据集中趋势的代表性越好;其数值越大,说明中间的数据越分散,指数会产生较多空报。由指数的中位数可以确定颠簸发生时指数的阈值。由颠簸指数箱线图(图 5)可以看出埃尔罗德指数 1(图 5a),上四分位数为 2.1,中位数 0.22,下四分位数 0.01;经典飞机颠簸 L-P 指数(图 5b),上四分位数 91.47578,中位数 55.62167,下四分位数 35.55661;水平风切变指数(图 5c)上四分位数 2.3568,中位数 1.7375,下四分位数 0.9364;水平温度梯度(图 5d),上四分位数 1.0458,中位数 0.3159,下四分位数为 0.2034;风相关指数(图 5e)上四分位数 53.49731,中位数的值取为 39.83392,下四分位数 30.86826;MOS CAT 概率预报因子指数(图 5f),上四分位数 2.392874、中位数取值为

1.395763、下四分位数为1.073513;Dutton 指数(图 5g),上四分位数11.32965,中位数6.322861,下四分位数5.140305;埃尔罗德指数 2(图 5h)上四分位数1.71,中位数0.73,下四分位数0.33;垂直风切变指数(图 5i)上四分位数5.23901,中位数2.39985,下四分位数1.9942。

因此,四分位差较小的 Ellord 指数、MOS-CAT 指

数效果最好,并且 MOS-CAT 四分位差为1.316,确定阈值为1.396; Ellord 指数 2 的四分位差为1.38,阈值为0.73;Ellord 指数 1 的四分位差为2.09,阈值为0.22。而 L-P 指数的四分位差较大,不好确定颠簸发生时指数的阈值,作为颠簸指数效果不佳。

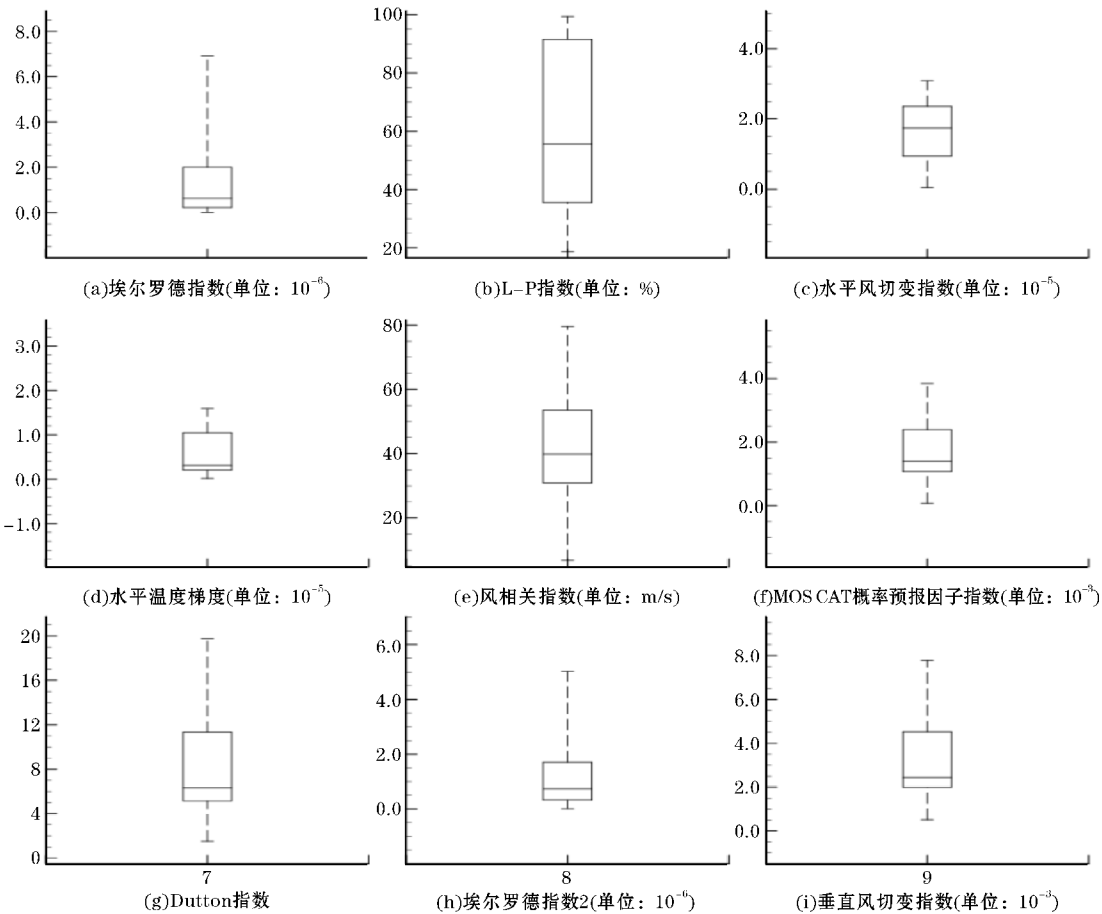


图5 颠簸指数箱线图

由于每种指数的阈值范围不同,不方便进行指数之间的对比,所以将指数标准化处理,采用极差标准化  $\frac{X(i) - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$  对每个指数进行 0-1 标准化处理,对比每一种指数的效果。箱线图(图 6)将 9 种指数标准化后的 Ellord 指数 1、Ellord 指数 2、MOS-CAT 的阈值分别为0.615、0.73、0.1273598,除去散度项后的 Ellrod 指数 2。

表 2 对比了 9 个颠簸指数标准化前后的阈值,埃尔罗德指数 1 标准化前后阈值分别为  $0.615 \times 10^{-6}$  和 0.01797822,埃尔罗德指数 2 阈值取  $0.73 \times 10^{-6}$  和 0.03900985,L-P 指数标准化前阈值为55.62167标准化后为0.460581,MOS CAT 指数阈值等于  $1.395763 \times 10^{-3}$ ,和 0.1273598,水平风切变指数的阈值为  $1.7375 \times 10^{-5}$ ,标准化后为0.149069,垂直风切变指数  $2.446959 \times 10^{-3}$  以

及  $0.2307356$ ,风相关指为39.83392和  $0.4243206$ ,Dutton 指数  $6.322861 \times 10^{-2}$  标准化后阈值为0.2365651,水平温度梯的阈值等于  $0.3159 \times 10^{-5}$  与  $0.04410914$ 。根据箱线图分析显示,3 类指数中:Ellrod 指数、MOS-CAT 指数的四分位数小,离散性较小,说明 Ellrod、MOS-CAT 指数对中国冬季飞机颠簸的代表性强,阈值范围小。从指数的物理意义上分析,Ellrod 指数中含有大气的垂直切变和大气风场的总形变项,MOS-CAT 指数中也包括了大气形变场,表明大气中变形场和垂直切变能够很好的反应飞机颠簸。变形场能够引起气流汇合,使得温度梯度密集,对锋生有着重要的影响<sup>[18]</sup>,同时如果存在高空急流,也导致锋生,使得急流附近产生风速垂直切变,从而造成 K-H 不稳定<sup>[19]</sup>,而 K-H 不稳定使波的振幅随着时间增长,会导致晴空颠簸的发生<sup>[12]</sup>。

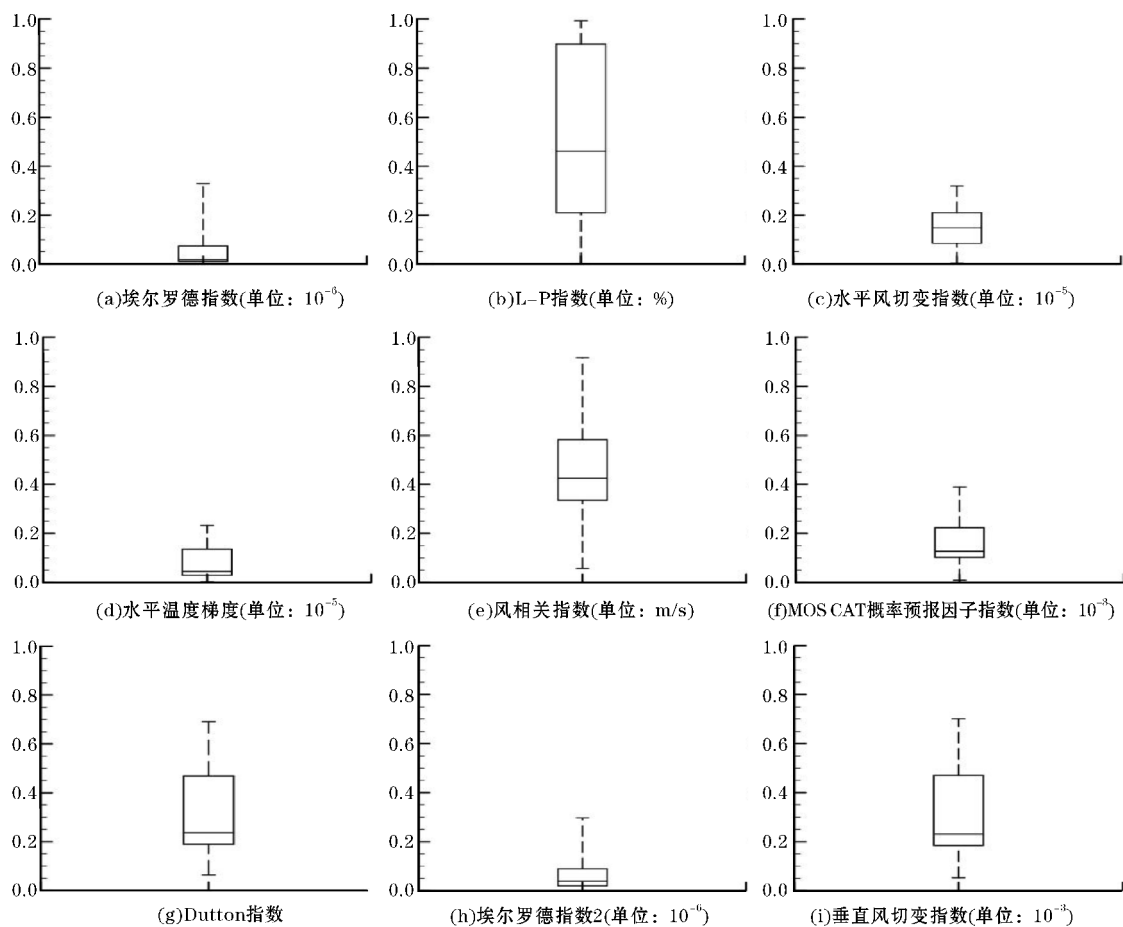


图6 标准化后的指数分布及概率密度函数

表 2 颠簸指数阈值

	埃尔罗德 指数 1	埃尔罗德 指数 2	L-P 指数	MOSCAT 指数	水平风 切变指数	垂直风 切变指数	风相关 指数	Dutton 指数	水平温度 梯度
标准化前	$0.615\times10^{-6}$	$0.73\times10^{-6}$	55.62167	$1.395763\times10^{-3}$	$1.7375\times10^{-5}$	$2.446959\times10^{-3}$	39.83392	$6.322861\times10^{-2}$	$0.3159\times10^{-5}$
标准化后	0.01797822	0.03900985	0.460581	0.1273598	0.149069	0.2307356	0.4243206	0.2365651	0.04410914

4 结论

基于 2012–2015 年的冬季颠簸飞机报观测资料,对发生颠簸的数据进行统计分析,得到中国地区冬季飞机颠簸发生的时间、空间分布特征,并且基于欧洲中心再分析资料对 9 种颠簸相关的指数进行效果检验,得出以下结论:

(1)民航飞机报资料显示每年的冬季颠簸报告最多,华东地区和西南地区颠簸发生的次数多,高原地区颠簸报告少。急流、大风、风切变是导致颠簸发生的主要原因,共占颠簸个例总数的86.1%,其中急流造成的颠簸占了总数的72%。

(2)在冬季,6000 m以上的高空发生颠簸次数较多,占总颠簸的92.69%,并且,9000 ~ 8000 m颠簸发生的频次最高,为总颠簸数的33%,6000 m以下颠簸

报告最少,共占总数的5.4%。其夏、秋两季较春冬两季飞机颠簸发生平均高度高。

(3)颠簸诊断指数中,Ellord 指数、MOS-CAT,在中国地区诊断冬季颠簸的效果较好。并且得出 MOS-CAT 阈值为 $1.39610\times10^{-3}$ ;Ellord 指数 2 的阈值 $0.73\times10^{-6}$ ;Ellord 指数 1 的阈值为 $0.22\times10^{-6}$ 。L-P 指数的四分位差较大,作为颠簸指数效果不佳。

致谢:感谢民航局空管局科技资助项目对本文的资助

参考文献:

[1] Ellrod G P,D I Knapp. An objective clear-air turbulence forecasting technique: Verification and operational use[J]. Wea. Forecasting, 1992, 7: 150–165.

[2] 周林,黄超凡. 近 10 年晴空湍流的研究进展

- [J]. 气象科技, 2015, 43(1): 91-96.
- [3] Sharman R, Tebaldi C, Wiener G, et al. An integrated approach to mid-and upper-level turbulence forecasting[J]. Weather and forecasting, 2006, 21(3): 268-287.
- [4] Kim J H, Chun H Y, Sharman R D, et al. Evaluations of upper-level turbulence diagnostics performance using the Graphical Turbulence Guidance (GTG) system and pilot reports (PIREPs) over East Asia[J]. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 2011, 50(9): 1936-1951.
- [5] 沈强, 沈文武. 一种新的预报晴空湍流综合算法[J]. 气象与减灾研究, 2009, 32(2): 44-49.
- [6] 黄仪方, 马婷. 现代气象资料在飞机颠簸预报中的应用[J]. 科技创新导报, 2012, (8): 219-221.
- [7] 王洪芳, 金维明, 王炳仁, 等. 飞机颠簸及预报方法研究[J]. 气象科技, 1997, (1): 29-346.
- [8] 王淑翠. 飞机颠簸产生的可能机制及其在天气预测上的应用[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2013.
- [9] 萧华, 蒲金标. 航空气象学[M]. 秀威资讯科技, 2008.
- [10] 俞飞, 王科, 梁爱民, 等. 华北地区晴空颠簸的分类特征及分析[J]. 气象, 2008, 34(8): 15-21.
- [11] 曾志刚. 利用飞机观测报告提高空中颠簸临近预报预警能力[J]. 中国民航飞行学院学报, 2014, (5): 012.
- [12] 刘峰, 赵琳, 田军. “2007. 7. 6”飞机颠簸事件数值模拟与成因分析[J]. 气象, 35(10): 40-49.
- [13] 翟菁, 周后福, 申红喜, 等. 航空气象要素预报算法和个例研究[J]. 气象研究应用, 2010, 31(1): 31-36.
- [14] Buldovskii G S, S A Bortnikov, M V Rubinshtejn. Forecasting zones of intense turbulence in the upper troposphere[J]. Meteor. Gidrol., 1976, (2): 9-18.
- [15] 章澄昌. 飞行气象学[M]. 北京: 气象出版社, 2000.
- [16] 刘峰, 赵琳, 田军, 等. “2007. 7. 6”飞机颠簸事件数值模拟与成因分析[J]. 气象, 2009, 35(10): 40-49.
- [17] Dutton J A, H Panofsky. Clear Air Turbulence: A Mystery May Be Unfolding [J]. Science, 1970, 167: 937-944.
- [18] Reed R J, Sanders F. An investigation of the development of a mid-tropospheric frontal zone and its associated vorticity field[J]. Journal of Meteorology, 1953, 10(5): 338-349.
- [19] 阿利曼, 王君, 冯锦明, 等. 中国东部高空颠簸时空分布特征及其与热带中东太平洋海温的关系[J]. 大气科学, 2016, 40(5): 1073-1088.

## A Statistical Analysis of the Aircrafts Turbulence Properties in Winter over China

SHEN Yan-ling<sup>1</sup>, Wang Dong-hai<sup>2,3</sup>, Gong Yuan-fa<sup>1</sup>

(1. College of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 2. State Key Laboratory of Severe Weather, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China; 3. School of Atmospheric Sciences, SUN YAT-SEN University, Guangzhou, 510275, China)

**Abstract:** Based on the PIREPs data in recent years (2012-2015), a statistical analysis has been launched of the aircrafts turbulence characteristics in different region of China. In order to verify which diagnosis index is better, several turbulence indices, such as Ellrod Index, MOS-CAT Index and horizontal wind shear index were calculated by ERA-interim data and the indexes were verified. Our work comes to the following conclusions: Jet stream is the main cause of aircraft turbulence, and most of turbulences occurred in eastern and Southwestern China in winter; The majority of turbulence are higher than 6000 m; the Ellrod Index and the MOS-CAT are suitable for turbulence forecasting over China.

**Keywords:** meteorology; aviation meteorology; aircraft turbulence; China winter; statistical analysis; turbulence index