

# 基于航空器空中报告的风切变事件统计分析

赵晨阳, 李自鑫

民航气象中心, 北京

收稿日期: 2021年12月6日; 录用日期: 2021年12月20日; 发布日期: 2021年12月28日

## 摘要

话音方式航空器空中报告作为飞行员直接报告的观测资料, 可靠性强, 本文统计了2010年11月11日~2020年9月1日全国范围内的风切变航空器空中报告, 分析了风切变的成因类型及不同类型风切变的年分布及空间分布。分析表明: 低空风切变发生次数较多, 中高空风切变多发生于高原机场附近。对流天气类型风切变在夏季出现最多, 锋面或地面气旋类型风切变春季发生最多, 逆温、急流或高空风动量下传类型风切变冬季出现最多。我国东部及西南地区由锋面或地面气旋引起的风切变较多, 西北地区由对流天气引起的风切变最多, 新疆地区则由地形原因引起的风切变最多。希望通过对风切变的统计分析得出的一些结论能够为以后风切变的预报工作提供一定依据。

## 关键词

风切变航空器空中报告, 成因类型, 时空分布

# Statistical Analysis of Wind Shear Events Based on Aircraft Reports

Chenyang Zhao, Zixin Li

Aviation Meteorological Center, CAAC, Beijing

Received: Dec. 6<sup>th</sup>, 2021; accepted: Dec. 20<sup>th</sup>, 2021; published: Dec. 28<sup>th</sup>, 2021

## Abstract

As the observation data directly reported by pilots, the voice-based aircraft reports have strong reliability. This paper counts the aircraft reports nationwide from November 11, 2010 to September 1, 2020, and analyzes the cause types of wind shear and the annual and spatial distribution of different types of wind shear. Analysis shows that low-altitude wind shear occurs more frequently, and mid-to-high altitude windshear mostly occurs near plateau airports. Convective weather type

wind shear occurs most in summer, frontal or surface cyclone type wind shear occurs most in spring, and temperature inversion, jet stream or high-altitude wind momentum downward transmission type wind shear occurs most in winter. Windshear caused by frontal or surface cyclones is more in the eastern and southwestern China. Windshear caused by convective weather is the most in northwestern China, and windshear caused by topography in Xinjiang is the most. It is hoped that some conclusions drawn through the statistical analysis of wind shear can provide a certain basis for the forecast of wind shear in the future.

## Keywords

Aircraft Reports of Wind Shear, Cause Classification, Temporal and Spatial Distribution

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

风切变严重危害航空飞行安全,尤其在飞机起飞和着陆阶段,近年来由于风切变导致飞机复飞或飞行事故的情况时有发生。强烈的风切变瞬间会使飞机过早接地或被迫复飞,甚至出现飞机失速或难以操纵的现象[1]。风切变受多尺度天气系统影响,具有时空尺度小、强度大和突发性等特点,其探测和预报存在较大困难[2]。

近年来,我国航空事业飞速发展,通用航空作为民用航空的重要组成部分也在迅速崛起,意味着航空安全运行的气象保障需求激增,尤其是低空领域[3]。目前,国内外在风切变的精细化预警预报上还存在很大不足,限于技术和资金等原因,在风切变的探测能力方面有所欠缺。因此多数预报员主要通过分析风切变发生的天气形势和相关气象要素特征等为风切变的预报预警提供参考,如雷暴、锋面、逆温、超低空急流等天气因素均可引起风切变[4][5]。风切变除了由大气运动本身的变化造成外,还与机场周围的地形环境有一定关系,当所处机场四周山脉较多或地形复杂时,经常会因为地理环境的因素而导致风切变[6]。由于高原机场复杂多变的天气气候因素,时常出现低空风切变、地面大风等天气现象,严重影响航空器的正常飞行[7]。刘开宇等[8]指出,贵阳机场风切变主要发生在冬春季节,以冷锋型、高压后部型、热低压型为主。张秋实等[9]研究表明,影响哈尔滨机场的风切变多为急流型、对流型、冷锋型等。不同地域内的机场附近风切变的影响因素也不尽相同[10],因此分析风切变的时空分布特征对保障航空飞行安全具有重要意义。

话音方式航空器空中报告是收集民用航空器在飞行中遇到颠簸、积冰、风切变等危险天气时的报告,是目前民用机场观测手段的重要补充。本文通过对近十年民航气象中心收到的全国范围内的话音方式航空器空中报告进行统计,分析风切变发生的时间、空间、地域及天气形势等规律,以期能够提前预判风切变的发生从而降低飞行事故的发生概率。

## 2. 资料和方法

### 2.1. 资料

本文采用的资料为2010年11月11日~2020年9月1日民航气象中心收到的全国范围内的话音方式风切变航空器空中报告,共4415份。

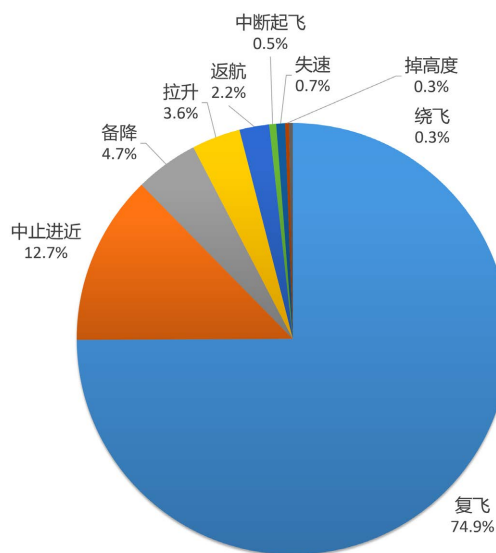
## 2.2. 方法

通过对 4415 份语音方式航空器空中报告进行统计分析, 判断风切变的基本成因类型, 总结风切变出现的时空分布特征及重要机场的风切变成因类型。

## 3. 风切变的统计分析

### 3.1. 风切变对飞行安全造成的影响

飞机在起飞及着陆阶段若遭遇强风切变, 会受到极大影响, 必须采取措施以规避风险, 保障飞行安全。图 1 为 2010 年 11 月 11 日~2020 年 9 月 1 日 4415 份语音方式航空器空中报告中风切变对航空器飞行的影响, 可以看出, 航空器在遇到风切变时, 复飞比例达到了 74.9%, 中止进近达 12.7%, 备降比例为 4.7%, 拉升比例为 3.6%, 返航比例是 2.2%, 其他如中断起飞、失速、掉高度、绕飞等共占 1.8%。由此看来, 航空器在遭遇风切变时飞行员选择复飞来保障飞行安全的比例最高。



**Figure 1.** The distribution of the impact of wind shear on the flight in 4415 voice-based aircraft reports  
**图 1.** 4415 份语音方式航空器空中报告中风切变对飞行的影响分布

### 3.2. 风切变的垂直分布特征

对 4415 份风切变航空器空中报告进行高度分布统计, 其中 600 米以下的风切变出现次数最多, 达 3304 份, 占到了报告总数的 75%, 600 米及以上高度的风切变则为 1104 份, 占总数的 25%。这表明低空风切变对飞行影响较大, 飞机遭遇次数较多, 而中高空飞行则遇到风切变的次数较少, 且进一步分析发现, 中高空风切变多发生于高原机场附近。

### 3.3. 风切变产生原因的分类

产生风切变主要有两大类原因, 一种与大气环流有关, 另一种则与地理环境相关, 有时则由两种因素共同引起。不同因素引起的风切变时空尺度、强度及对飞行造成的影响均有所不同。通常而言, 产生风切变的几种类型包括: 1) 雷暴型, 雷暴型的风切变强度最强, 常出现在雷暴、微下击暴流、龙卷、阵风锋等天气中。在雷暴天气过程中, 雷暴云体或其下方存在强的上升或下沉气流, 以及云体前沿的阵风锋区, 出现强烈以上风切变的频率较高, 但维持时间较短。2) 锋面型, 包括冷锋、暖锋、准静止锋和锢

因锋产生的风切变。锋面是产生风切变最多的天气系统, 由于锋两侧气象要素有很大差异, 锋面过渡区的垂直结构是产生风切变的重要条件, 其中尤以冷锋型风切变危害最明显, 冷锋型风切变的强度一般较雷暴型弱, 出现强烈以上风切变的频率也较雷暴型低。3) 大风型, 指近地面有大风, 由于瞬时风速大而形成的近地面层的风切变, 常与锋面系统相关。4) 热带气旋型, 指在热带气旋的影响下出现雷暴大风天气时产生的风切变。5) 逆温型, 逆温型风切变的强度基本在中度以下, 出现强烈风切变的概率最低, 常出现于低空逆温层。逆温层破坏后, 上下层大气能量交换加强, 高层动量下传使地面风速有所加大有利于风切变的产生。6) 急流型, 其特征与逆温型相似, 但强度比逆温型略强, 急流区显著的特点就是风速大且风切变强, 出现风切变时常伴随中低空急流或超低空急流, 在急流边界处有风速的切变。7) 地形型, 由于机场所处地理位置、环境因素造成的风切变, 主要与山地地形、水陆界面、高层建筑等因素有关, 常产生于与当地地形相结合的强风或山地波中。

由于话音方式航空器空中报告并非专为科学研究而收集, 因此其中对于风切变的产生原因、详细地点等各项记录并不十分完整。此次进行统计分析的 4415 份风切变航空器空中报告, 其中有 1754 份报告中较为详细地记录了产生风切变的原因。因此为简洁明了地分析风切变的发生规律, 现根据上述提到的几种常见的风切变类型进行归类, 分为四种: 对流天气类型, 锋面或地面气旋类型, 地形类型, 逆温、急流、高空风动量下传类型。并根据航空器报告中描述的风切变发生位置将其与距离最近的机场对应, 用机场四字代码代替。

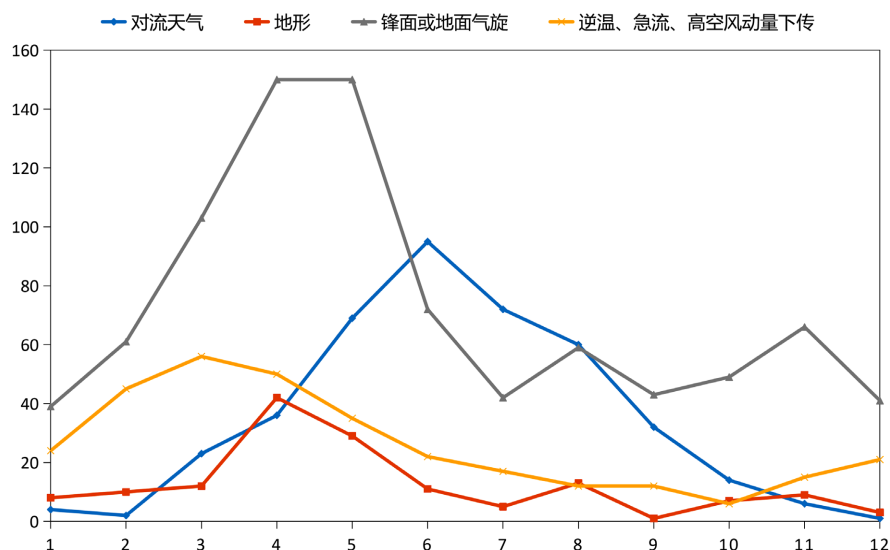
### 3.4. 风切变的年分布

如图 2 所示, 风切变类型逐月分布来看, 对流天气类型风切变航空器空中报告份数在 1~6 月份呈上升趋势, 6 月份最多, 达 95 份, 6~12 月份呈下降趋势, 12 月仅有 1 份。夏季对流天气频发, 雷暴等产生的强下沉气流有利于风切变的发生。地形类型风切变航空器空中报告份数 4 月份较多, 为 42 份, 地形原因引起的风切变整体数量偏少, 全年无明显变化趋势。锋面或地面气旋类型风切变在 1~4 月份呈逐月上升趋势, 4、5 月份由锋面或地面气旋引起的风切变航空器空中报告达到 150 份, 与 5 月份相比, 6、7 月份呈明显下降趋势, 7 月份下降至 42 份, 此后呈波动趋势, 变化不大, 7~12 月及 1、2 月份报告份数在 39~66 之间。由于北方地区春季冷锋型天气较多, 冷空气活动频繁, 大气环流调整迅速, 导致风向风速的快速变化, 大风天气频发。逆温、急流或高空风动量下传类型风切变航空器空中报告份数在 1~3 月份呈缓慢上升趋势, 3 月份达到 56 份, 此后直至 10 月份呈波动下降趋势, 10~12 月份再次缓慢上升。整体而言, 对流天气类型风切变在夏季出现最多, 春秋季节次之, 冬季最少; 地形类型风切变无明显的年分布规律; 锋面或地面气旋类型风切变春季发生最多; 逆温、急流或高空风动量下传类型风切变秋冬季节呈现缓慢上升趋势, 春夏季节呈现缓慢下降趋势, 冬季该类型风切变出现最多。

### 3.5. 风切变的地区分布

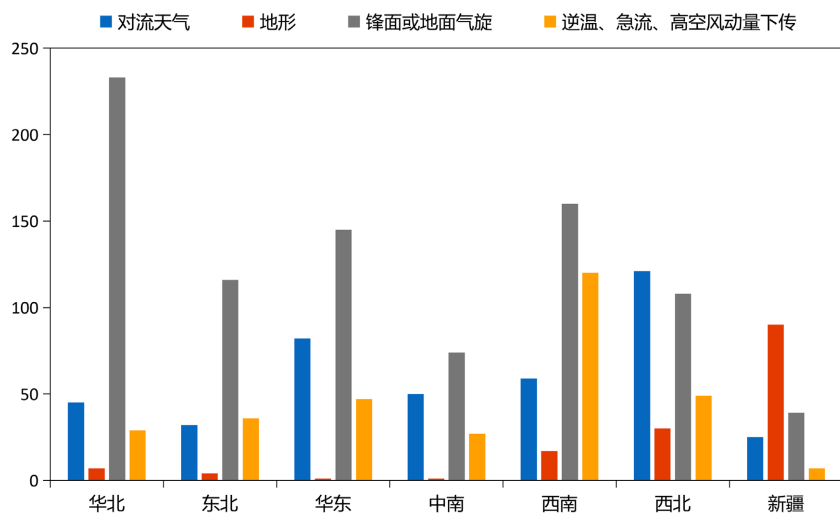
将航空器空中报告按照地区分类, 划分为华北、东北、华东、中南、西南、西北、新疆七大地区, 并统计七大地区不同类型风切变航空器报告份数。如图 3 所示, 华北、华东、中南地区由锋面或地面气旋引起的风切变报告份数较多, 对流天气次之, 逆温、急流或高空风动量下传引起的风切变报告份数位居第三, 地形原因引起的风切变报告份数最少; 东北、西南地区同样也是由锋面或地面气旋引起的风切变报告份数最多, 但不同之处是逆温、急流或高空风动量下传引起的风切变报告份数次之, 对流天气引起的风切变报告份数位居第三, 地形原因引起的风切变报告份数最少; 西北地区比较特殊, 对流天气引起的风切变最多, 锋面或地面气旋次之, 逆温、急流或高空风动量下传引起的风切变报告份数位居第三, 地形原因引起的风切变报告份数最少; 新疆地区则为地形原因引起的风切变报告份数最多, 锋面或地面气

旋类型次之, 对流天气引起的风切变报告份数位居第三, 逆温、急流或高空动量下传引起的风切变报告份数最少。



**Figure 2.** Annual distribution of 1754 aircraft reports of different types of wind shear (The horizontal axis is the month, and the vertical axis is the number of reports)

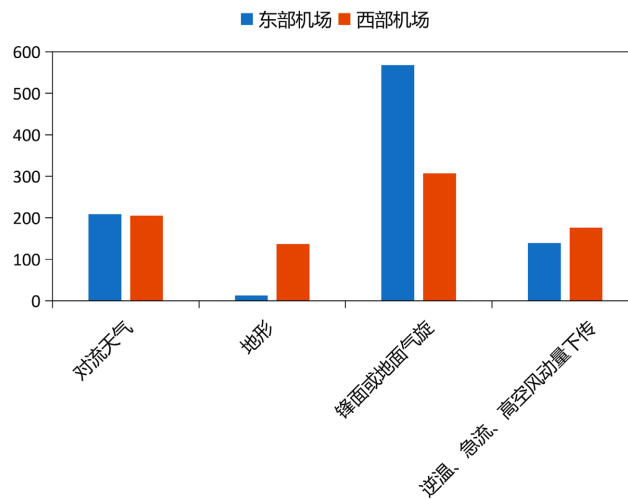
**图 2.** 1754 份不同类型风切变航空器空中报告年分布(横轴为月份, 纵轴为报告份数)



**Figure 3.** The distribution of 1754 aircraft reports of different types of wind shear in seven regions (The horizontal axis is the region and the vertical axis is the number of reports)

**图 3.** 1754 份不同类型风切变航空器空中报告七大地区分布(横轴为地区, 纵轴为报告份数)

将航空器空中报告按照机场分类, 划分为东、西部机场, 并统计东、西部机场不同类型风切变航空器空中报告份数。如图 4 所示, 东、西部机场风切变类型来看, 锋面或地面气旋类型的风切变报告数量最多, 对流天气次之, 逆温、急流或高空风动量下传类型的风切变报告份数位居第三, 地形类型风切变报告数量最少。而东、西部机场对比来看, 两者对流天气类型风切变报告数量相差不多, 地形类型风切变西部机场明显较东部机场多, 锋面或地面气旋类型风切变东部机场较西部偏多, 逆温、急流或高空风动量下传类型风切变西部机场相比东部机场略多。

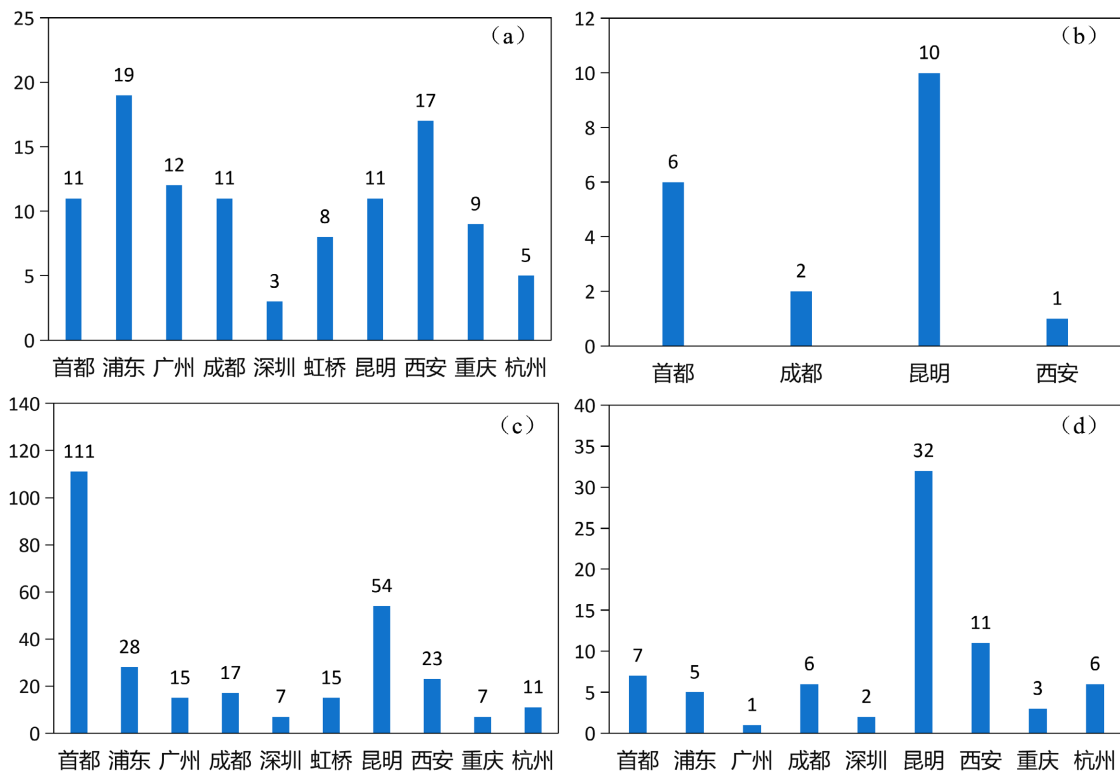


**Figure 4.** The distribution of 1754 aircraft reports of different types of wind shear in the eastern and western airports (The horizontal axis is the type of wind shear, and the vertical axis is the number of reports)

**图 4.** 东、西部机场 1754 份不同类型风切变航空器空中报告分布(横轴为风切变类型, 纵轴为报告份数)

### 3.6. 十大机场的风切变类型

比较全国前十大机场不同类型风切变航空器报告份数, 如图 5 所示, 对流天气类型风切变报告数量



**Figure 5.** The distribution of 1754 aircraft reports of different types of wind shear at the top ten airports. (a) Convective weather, (b) Terrain, (c) Front or ground cyclone, (d) Downward transmission of inversion, jet or high-altitude wind momentum (The horizontal axis is the region, and the vertical axis is the number of reports)

**图 5.** 十大机场 1754 份不同类型风切变航空器空中报告分布。(a) 对流天气, (b) 地形, (c) 锋面或地面气旋, (d) 逆温、急流或高空风动量下传 (横轴为地区, 纵轴为报告份数)

来看, 浦东、西安机场较多, 分别达 19、17 份, 首都、广州、成都、昆明机场在 10~12 份之间, 虹桥、重庆机场在 8~9 份之间, 深圳、杭州机场对流天气类型风切变报告最少。锋面或地面气旋类型风切变报告数量来看, 首都机场最多, 达 111 份, 昆明机场次之, 为 54 份, 浦东、西安机场分别为 28、23 份, 其他机场均不超过 20 份。地形类型风切变报告数量来看, 昆明机场最多, 达 10 份, 首都机场次之, 成都、西安机场不超过 2 份, 其他机场均未出现与地形有关的风切变报告。逆温、急流或高空风动量下传类型风切变报告份数来看, 昆明机场最多, 达 32 份, 西安机场次之, 为 11 份, 其他机场均不超过 10 份。

研究表明, 浦东机场位于上海东部临海区, 夏季午后至前半夜在充沛的水汽条件下, 一旦有扰动, 极易产生局地对流, 当位于副高边缘时易发生强对流天气伴强烈风切变。由于西安机场特殊地形, 夏季其东北方向的山、塬地常有对流天气发生, 并以下坡之势向机场方向发展, 因而对流性风切变出现频率较高, 此外锋面过境、低空急流等天气背景易引发低空风切变[11]。首都机场位于北京市东北部, 地域开阔平坦, 冬春季节北方活跃的天气系统配合局地有利的下垫面条件, 加之北京上游地区植被覆盖稀疏, 地面摩擦较小, 平均风速较大, 大风频次较高, 因此天气尺度系统过境对首都机场风切变发生有重要影响, 此外, 高层系统过境引导近地面气流也是首都机场发生风切变的重要背景条件[12]。昆明机场位于两山之间峡谷地带之中, 机场海拔 2103.5 米, 分为干湿两季, 干季为 11 月至次年 4 月, 由于其特殊地理位置, 冷锋过境移速较慢, 易产生较强风切变, 晴空风切变多发生在急流与热低压影响的条件下, 具有明显的季节性, 主要集中在干季, 且受地形影响, 全年盛行西南风[13]。广州机场出现的风切变常与锋面低槽、热带气旋、对流天气等有关[14]。

**Table 1.** The proportion of different types of wind shear at the top ten airports in the total number of aircraft reports of wind shear in this field

**表 1.** 十大机场不同类型风切变在本场风切变航空器空中报告总数的占比

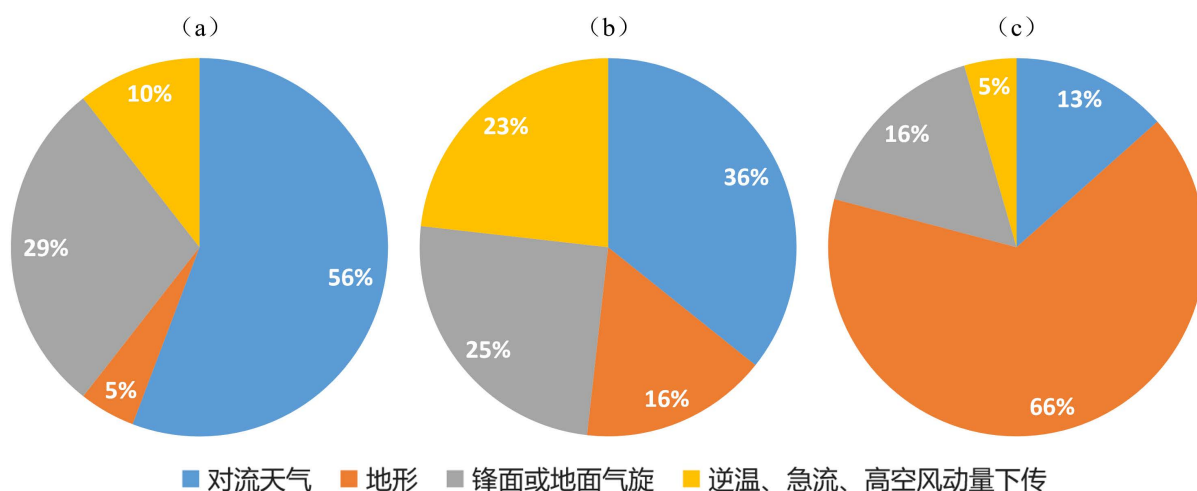
机场	风切变类型			
	对流天气	地形	锋面或地面气旋	逆温、急流、高空风动量下传
首都	0.08	0.05	0.82	0.05
浦东	0.36	0.00	0.54	0.10
广州	0.43	0.00	0.54	0.03
成都	0.31	0.05	0.47	0.17
深圳	0.25	0.00	0.58	0.17
虹桥	0.35	0.00	0.65	0.00
昆明	0.10	0.09	0.51	0.30
西安	0.33	0.02	0.44	0.21
重庆	0.47	0.00	0.37	0.16
杭州	0.23	0.00	0.50	0.27

全国十大机场不同类型风切变在本场风切变总数的占比如表 1 所示, 可以看出, 首都、虹桥、浦东、广州机场均为锋面或地面气旋类型风切变最多, 对流天气类型次之, 虹桥、浦东、广州机场逆温、急流或高空风动量下传及地形类型风切变较少, 首都机场逆温、急流或高空风动量下传类型及地形类型风切变各占本场风切变报告总数的 5%。昆明机场锋面或地面气旋类型风切变占本场风切变总数的 51%, 逆温、急流或高空风动量下传类型占 30%, 对流天气及地形类型各占 10% 及 9%。成都、西安机场地形类型风

切变报告分别占本场风切变报告总数的 5% 及 2%，与其他机场相比，地形类型风切变占比较高。这与前文所述十大机场风切变出现的特点较为一致。

### 3.7. 高原机场的风切变类型

比较典型高原机场不同类型风切变在本场风切变航空器报告总数的占比，如图 6 所示，可以发现，乌鲁木齐机场地形类型风切变占比最高，达 66%，锋面或地面气旋及对流天气类型分别占 16% 及 13%，逆温、急流或高空风动量下传类型风切变较少，仅占 5%；西宁机场对流天气类型风切变占 36%，锋面或地面气旋及逆温、急流、高空风动量下传类型各占 25% 及 23%，地形类型占 16%；兰州机场则对流天气类型占比较高，达 56%，锋面或地面气旋类型占 29%，逆温、急流或高空风动量下传类型占 10%，地形类型占 5%。



**Figure 6.** The proportion of different types of wind shear in typical plateau airports in the total number of aircraft reports of wind shear in this field. (a) Lanzhou, (b) Xining, (c) Urumqi

**图 6.** 典型高原机场不同类型风切变在本场风切变航空器空中报告总数的占比。(a) 兰州, (b) 西宁, (c) 乌鲁木齐

乌鲁木齐机场位于东西天山中部峡谷的北端，峡谷呈东南—西北向，海拔自东向西依次降低，这种特殊地形与一定的天气形势相结合常造成乌鲁木齐机场在春秋季节产生东南大风，东南大风引起的风切变常常威胁着飞行安全[15]。这也是乌鲁木齐机场地形类型风切变出现比例最高的原因。西宁机场位于青藏高原东北部祁连山脉东南的湟水河流域，在大峡和小峡的狭长地带中，形成明显的地形狭管效应，对风速有显著加大作用，且由于青藏高原雷暴出现次数多，西宁机场因此受对流天气影响出现风切变的频率较高[16]。兰州机场地处陇中黄土高原地区，秦王川盆地之中，其周围特殊的地形和气候造成了机场周围的风具有明显的地域性，从气象成因类型来看，对流性天气对风切变的发生占有主导地位[17]，这也与前文分析的典型高原机场风切变特点较为一致。

## 4. 结论

通过对近十年话音方式风切变航空器空中报告统计分析得出以下结论：

1) 低空风切变对飞行影响较大，飞机遭遇次数较多，而中高空飞行则遇到风切变的次数较少，中高空风切变多发生于高原机场附近。

2) 对流天气类型风切变在夏季出现最多，春秋季节次之，冬季最少；地形类型风切变无明显年分布规律；锋面或地面气旋类型风切变春季发生最多；逆温、急流或高空风动量下传类型风切变冬季出现最多。



3) 华北、华东、中南、东北、西南地区由锋面或地面气旋引起的风切变较多, 地形原因引起的风切变最少; 西北地区由对流天气引起的风切变最多; 新疆地区由地形原因引起的风切变最多。

4) 东、西部机场来看, 地形类型风切变西部机场明显较东部多, 锋面或地面气旋类型风切变东部机场较西部偏多。

5) 全国十大机场风切变类型来看, 对流天气类型浦东、西安机场较多; 锋面或地面气旋类型首都机场最多, 昆明机场次之; 地形类型昆明机场最多, 首都机场次之; 逆温、急流或高空风动量下传类型昆明机场最多。

6) 全国十大机场本场风切变类型比例来看, 首都、虹桥、浦东、广州、昆明机场均为锋面或地面气旋类型风切变占比最高。与其他机场相比, 昆明、首都、成都、西安机场地形类型风切变占比比较高。

7) 典型高原机场本场风切变类型比例来看, 乌鲁木齐机场地形类型占比最高; 西宁、兰州机场对流天气类型占比最高。

## 5. 展望

风切变的预报、预警仍然是一个亟待解决的危及航空飞行安全的难题之一, 由于语音方式航空器空中报告资料质量有限, 分析结果的代表性存在一定局限, 期望今后随着各类资料的不断积累和丰富, 能够对风切变进行更深入地研究。

## 参考文献

- [1] 党冰, 孙伟中, 王嘉媛, 等. 2004-2007 年兰州中川机场低空风切变分析[J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 2013, 49(1): 7.
- [2] 刘源, 赵京华, 张勇, 等. 青岛机场一次海风锋低空风切变[J]. 科技风, 2020, 437(33): 118-120.
- [3] 吴丹, 李美琪, 郭蕊, 等. 2014-2017 年石家庄正定国际机场低空风切变特征及天气形势分析[J]. 干旱气象, 2021, 39(5): 775-784.
- [4] 黄轩, 郑佳锋, 张杰, 等. 西宁机场一次低空风切变的结构和特征研究[J/OL]. 激光技术, 1-13. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1125.TN.20210510.1019.002.html>, 2021-12-23.
- [5] 胡建军, 张利平, 王春红. 乌鲁木齐国际机场雷暴天气气象要素及风切变特征分析[J]. 中国民航飞行学院学报, 2006, 17(2): 10-14.
- [6] 石艳丽. 低空风切变对兰州中川机场进场航空器的影响[J]. 甘肃科技纵横, 2020, 49(1): 25-27.
- [7] 颜玉倩, 田维东, 李金海, 等. 多源数据在高原机场一次低空风切变过程分析中的综合应用[J]. 高原气象, 2020, 39(6): 1329-1338.
- [8] 刘开宇, 张映红, 曾维. 贵阳机场低空风切变的气候特征分析[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2012, 34(S1): 39-42.
- [9] 张秋实, 张欣慰, 刘宇龙. 哈尔滨机场低空风切变特征统计及可预报性分析[J]. 黑龙江气象, 2021, 38(3): 5-8.
- [10] 王周鹤, 毕波. 基于风廓线雷达和地面观测资料的风切变时空分布特征分析[J]. 民航学报, 2021, 5(4): 76-81.
- [11] 赵志军, 蔡国盛. 西安咸阳国际机场低空风切变天气过程统计与分析[C]//中国气象学会 2006 年年会“航空气象探测、预报、预警技术进展”分会场论文集. 成都: 中国气象学会, 2006: 512-517.
- [12] 马敏劲, 林超, 赵素蓉, 等. 北京首都国际机场低空风切变观测分析和数值模拟[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2013, 49(3): 354-360.
- [13] 林莉, 袁振, 黄盛军, 等. “2.23”昆明长水机场低空风切变分析及可预报时效估计[J]. 高原山地气象研究, 2018, 38(1): 42-47.
- [14] 刘峰, 刘娟. 广州白云机场雷雨天气低空风切变分析和监测预警[C]//2011 年海峡两岸气象科学技术研讨会论文集. 乌鲁木齐: 中国气象学会, 2011: 39-48.
- [15] 张利平. 乌鲁木齐国际机场 20 年东南大风天气的统计特征分析[J]. 中国民航飞行学院学报, 2007, 18(2): 3-6.
- [16] 王世杰. 青海省西宁机场风切变的初步分析[J]. 北京农业, 2013, 560(27): 137-138.
- [17] 客慧. 兰州中川机场低空风切变告警系统构建的探讨[J]. 交通科技, 2015, 272(5): 149-151.