

# 基于自动气象站和风廓线雷达资料的大理机场 风切变分析与应用

赵建伟 毕波 王周鹤 高兵

(云南机场集团公司大理机场, 云南 大理 671000)

**摘要** 根据 2016—2017 年大理机场航空器报告的风切变事件, 利用同时段的自动气象观测资料、风廓线雷达资料对大理机场风切变进行了统计和分析。结果表明: ①风切变均发生在每年的 11 月至次年 4 月, 1 月、2 月最多; 主要发生于 07:00—13:00, 一半出现在晴天; 发生在 350 m 以下占 83%。②100 m 以下的风切变, 地面均有阵性风, 最大最小风速差  $>6$  m/s; 发生在 15~91 m 的 6 次风切变, 5 次报告风切变的一端风向变化超过  $180^\circ$ , 南北两端地面风出现对头风, 风速差异明显。AWOS(Automated Weather Observation System)捕捉到风向风速的明显变化可为近地层风切变预警提供参考。③发生在高度较高的风切变, 雷达资料在遭遇风切变高度的上下层存在  $\geq 8$  m/s 风速差, 能确定上下层风不连续的准确高度、开始时间和结束时间。④机场区域常出现地面风速大而上空风速小或地面风速小而上空风速大的情况, 结合地面风和风廓线雷达资料可为今后低高度风切变的初步预警提供参考。

**关键词** 大理机场; 风切变; 预警

**中图分类号:** P458 **DOI:** 10.19517/j.1671-6345.20180711 **文献标识码:** A

## 引言

近年来, 随着我国航空事业的发展, 运输能力的逐年增加, 大理机场起降架次逐年增多, 冬春季风切变事件和五边乱流也逐年增多, 对航空安全的危害和航班正点率的影响日趋加大, 风切变的监测和预警已成为大理机场冬春季航空气象服务的重点和难点。针对风切变对航空安全的影响, 国内外的很多学者对风切变进行了大量的分析研究。沈宏彬<sup>[1]</sup>、党冰<sup>[2]</sup>、王海霞<sup>[3]</sup>、刘开宇<sup>[4]</sup>根据当地的气候背景、天气特点, 利用统计的方法, 寻找风切变的规律及出现的天气和地理原因, 为当地的风切变预报、预警提供了一定的依据; 马敏劲<sup>[5]</sup>等对北京首都机场风切变进行了分析和数值模拟, 数值模式能模拟出首都机场的风切变和发展过程, 认为高空动量下传可能是诱发机场低空风切变的重要机制; 张银昌<sup>[6]</sup>等利用地面自动观测系统资料对青岛机场一次强风切变进行了分析, 揭示了此次风切变产生的小尺度风压场调整过程的特征; 胡明宝<sup>[7]</sup>对风廓线雷达中风切变分析方法进行了初步研究, 结果直观反映出了风场分布的特征和危险性风切变区域; 张利平<sup>[8]</sup>在乌

鲁木齐机场一次风切变过程中发现风廓线雷达表现出风速的不连续, 风切变达到强度或超过中度。由于风切变与机场的地理位置、地形、当地的气候特征有关, 不同机场风切变产生的原因也不同, 针对大理机场特殊地形和气候的影响, 加强风切变的探测和预警, 减少风切变对飞行安全的影响具有极其重要的现实意义。

大理机场地处滇西北横断山脉最南端, 区域内地形总势西北高、东南低, 全区山势陡峭挺拔、河谷纵横深切其间, 海拔悬殊较大。机场场址位于大理市洱海南岸、南北走向的一小山丘上, 东靠群山, 西邻洱海、苍山, 海拔高度 2145.8 m。云南大理地区主要受高原季风气候影响, 每年的 5—10 月(湿季), 高空受西南暖湿气流影响, 当遇有北方冷空气南下时, 易形成明显降水, 风速相对较小; 相反, 每年的 11 月至次年 4 月(干季), 中纬度西风带南移, 大理地区上空受青藏高原南部南支西风气流的建立并控制, 天气晴朗少云, 气温较高, 湿度小, 风速较大的气候特点。大理机场因其特殊的地理地形造成大风天气较多, 统计 2007—2015 年大风日数<sup>[9]</sup>, 瞬时风速  $\geq 17$  m/s 的年平均大风日数为 82 d, 11 月至次年

<http://www.qxkj.net.cn> 气象科技

作者简介: 赵建伟, 男, 1981 年生, 学士, 工程师, 从事民航气象预报与民航气象服务工作, Email: 272544459@qq.com

收稿日期: 2018 年 12 月 27 日; 定稿日期: 2019 年 8 月 16 日

4 月平均日数为 78.4 d, 占全年的 95.6%。由于大理冬春受南支西风气流控制, 晴天日数多, 多数大风、风切变、颠簸等天气出现时天空状况多为晴空, 并且风切变具有时间短、尺度小、强度大的特点, 利用常规资料和多普勒雷达资料对风切变进行预警难度较大, 针对大理的气候和风场特点, 大理州气象工作者<sup>[10-12]</sup>利用风廓线雷达和近地面通量观测系统对大理下关地区的地面环流和高空风场进行了分析, 但由于关注点的不同, 对风切变和空中颠簸研究较少。本文利用自动气象观测资料、风廓线雷达资料对 2016—2017 年大理机场航空器报告的风切变事件进行了统计和分析, 期望找出大理机场地面风和风廓线雷达资料在风切变时的特征, 为今后风切变的监测和预警提供帮助。

### 1 风切变时间变化和高度分布特征

#### 1.1 季节变化

2016—2017 年大理机场航空器报告了 18 次风切变事件, 其中 1 和 2 月出现最多, 分别出现 6 次, 占出现总次数的 67%, 3 月和 12 月分别出现 2 次, 11 月和 4 月各出现 1 次, 5—10 月(湿季)未出现过风切变, 大理机场风切变全部出现在 1—4 月、11 月和 12 月(图 1), 也就是大理的干季。这是由于每年的 11 月至次年 4 月, 青藏高原南部南支西风气流建立并控制大理上空, 大理上空常有稳定的西风急流存在, 大理机场干季云量少, 晴天日数多, 昼夜温差大, 大风天气频繁, 干季瞬时风速大于等于 17 m/s 的年平均大风日数为 78.4 d, 占全年的 95.6%。5 月后随着控制大理上空的南支西风急流北抬, 大理主要受西南和东南季风影响, 风速相对较小(图 2), 机场除雷暴大风外极少出现大风, 风切变出现频率极低。另外, 大理机场(海拔: 2145.8 m)东靠群山, 山体海拔在 2700~3000 m 之间; 向西 20 km 外是连绵约 50 km 的苍山, 山体海拔均在 3500 m 以上, 最高海拔高度 4122 m。大理机场位于两者之间南北走向的一小山丘上(图 3, 引自 Google Earth), 主降跑道端头离洱海 3.5 km, 因地形而产生的狭管效应、山谷风、山地波和湖陆效应的共同影响, 机场局地环流明显, 高空和地面风差异大, 飞机飞越上空时常出现空中颠簸, 起飞和落地过程中常遇到乱流和风切变。

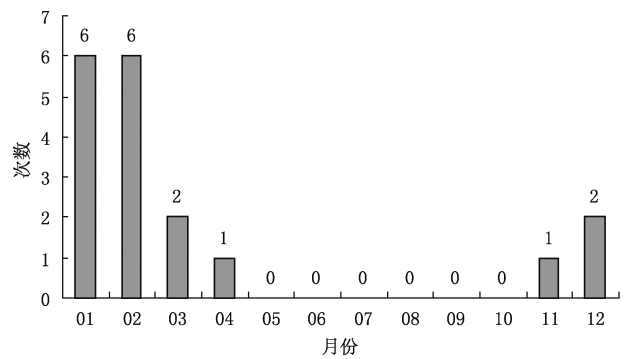


图 1 2016—2017 年大理机场风切变各月分布

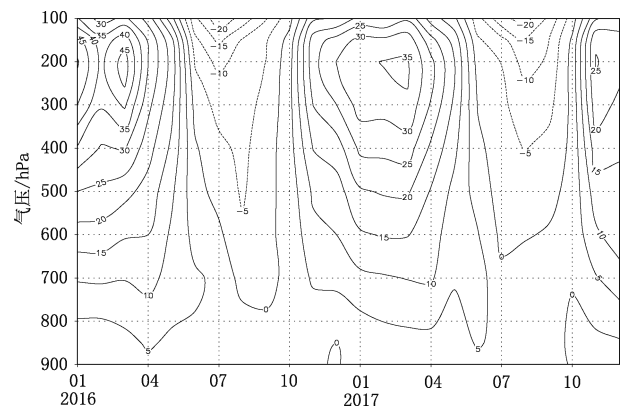


图 2 NECP 资料作大理机场(100°39'E、25°39'N)2016—2017 年水平风速随时间-高度变化(单位: m·s<sup>-1</sup>)

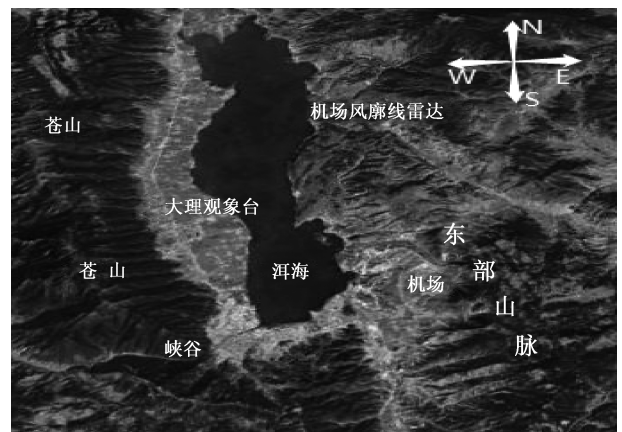


图 3 大理机场地形(引自 Google Earth)

#### 1.2 日变化

从图 4 中可以发现, 大理机场风切变主要发生在 07:00—13:00(北京时, 下同), 17:00—18:00 也各发生过一次风切变事件, 这和大理机场航班主要集中在上午和下午 16:00—19:00 有一定关系。统计机场历年地面观测资料, 干季, 00:00—10:00 大

理机场地面风向以东南风为主,风速较小,11:00、12:00风向开始顺时针偏转,这段时间东南风与西南风交替出现,风速开始增大,13:00—19:00以稳定的西南风为主,风速逐渐增大,16:00、17:00风速达到最大,20:00后风向转为东南风,风速逐渐减小,可见因受特殊地形的影响,机场区域范围内存在明显的局地环流,地面风日变化明显。干季,大理上空受强劲的西风气流控制,风速大,而地面11:00前以东南风为主,风速较小,这种垂直方向风向和风速的不连续,造成机场区域内常出现颠簸、乱流和风切变;11:00前后,地面接收到充分的太阳辐射,地表受热均匀,湍流发展旺盛,高层能量也开始向下传递,东南风与西南风交替出现,风向风速变差较大,11:00出现风切变最多;12:00后,风向转为西南风,虽然风速逐渐增大,但地面风和高空风向基本一致,风向稳定,风切变出现较少。由此可认为局地环流是造成大理机场风切变多出现在07:00—13:00的主要原因。

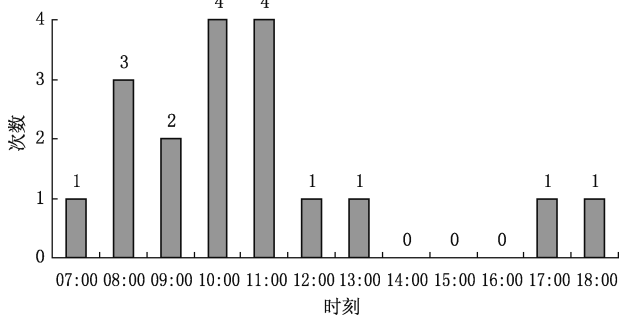


图4 2016—2017年大理机场风切变日变化

### 1.3 高度分布特征

2016—2017年大理机场风切变事件,落地过程中出现13次,起飞过程中出现5次。从出现的高度看(图5),相对机场1000 m高度以上出现3次,2次造成备降;其余15次为低空风切变,均发生在350 m及以下,其中300~350 m发生2次,100~200 m发生3次,1~100 m发生7次,飞机在跑道上滑跑时3次(相对高度0 m,其实应为飞机坐舱高度),发生在100 m以下的10次,占低空风切变的67%。除飞机滑跑时和起飞过程中的低空风切变未造成影响外,进近过程中的低空风切变均造成了飞机备降或复飞,可见大理机场低空风切变主要出现在近地层,高度较低,危险系数大。

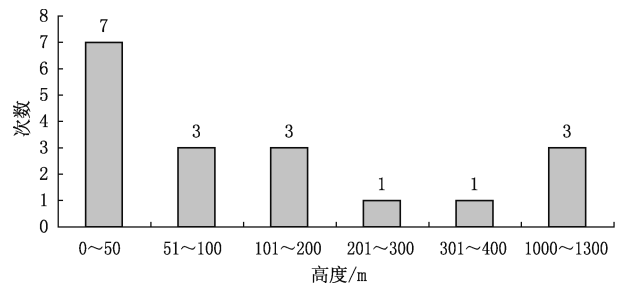


图5 2016—2017年大理机场各高度出现风切变次数

## 2 地面风特征分析

大理机场年平均风速为5.3 m/s,12月至次年3月月平均风速均大于6 m/s,最大6.9 m/s,出现在2月。统计发生风切变一端的地面风资料,发生风切变时均有阵风出现,其中2次出现 $\geq 17$  m/s大风;地面2 min平均风速1~6 m/s间出现10次,占56%,7 m/s出现3次,8 m/s和9 m/s各1次,10~14 m/s出现3次,风切变多出现在地面风速较小时;普查风切变前后地面风风向,主导风向为东南风和南风出现13次,占72%,其次为西南风,出现5次,说明出现风切变时主导风向多为东南风和南风。另外,根据发生风切变当日观测到天空状况和天气现象,10次出现在晴天,占56%,6次天空多云,2次出现在雨日,均未观测到对流云,大理机场风切变多发生在晴天。

表1为100 m以下低空风切变时跑道南北两端2 min和10 min地面风资料,发生风切变的一端风向风速变化明显,南北两端地面风差异大。VRB(Variable)为风向不定,在《民用航空气象地面观测规范》中:如果风向变化在 $[60^\circ, 180^\circ)$ ,且平均风速 $\geq 2$  m/s,应当报告平均风向,并按顺时针方向报告风向变化的两个极端值;如果风向变化在 $[60^\circ, 180^\circ)$ ,且平均风速 $< 2$  m/s,风向显示报告VRB;当风向变化 $\geq 180^\circ$ 时,风向显示报告VRB。观测系统每分钟采集存储一次2 min和10 min平均地面风数据。

从表1发现,100 m以下飞机报告风切变的时间段内,地面风均有阵性风出现。发生在15~91 m高度的6次风切变,报告风切变的一端风向变化超过 $180^\circ$ ,由于阵性风的存在,使得最大最小风速差 $> 6$  m/s,报告风切变的一端存在明显的风向和风速

表 1 大理机场 0~100 m 高度上风切变时 2 min 和 10 min 平均风速

日期	时间	遭遇风切变的 位置(高度)	35 号跑道风(南)		17 号跑道风(北)	
			2min	10min	2min	10min
2016-01-05	18:13	起飞离地地带(0 m)	18007	17007G13	21010	19008G16
2016-01-13	17:22	着陆接地地带(0 m)	22014	22013G18	23014G19	23015
2016-02-21	08:48	起飞离地地带(0 m)	12005	VRB05	1006G11	11007G13
2017-01-24	10:55	五边(15 m)	12003	14004	25004	VRB03G08
2017-03-13	08:15	五边(15 m)	13006G14	12007G14	VRB05G10	VRB05G12
2017-03-10	10:17	五边(30 m)	36005G13	VRB04G13	16006	VRB05G10
2016-02-22	09:51	五边(50 m)	25009	26009G15	VRB01	35003G08
2016-02-22	11:36	一边(66 m)	29002G08	VRB02G08	17005	18005
2016-01-14	11:30	一边(91 m)	VRB01	36001G7	18006	18009G14

注:表中时间为北京时,五边和一边指起落航线五边中的进近边和离场边,跑道风前 3 位数字为平均风向( $^{\circ}$ ),后 2 位为平均风速(m/s),G 后 2 位数字为阵风风速(m/s),VRB(Variable)为风向不定。

的不连续;大理机场跑道全长 2.6 km,南北两端测风站均安装在跑道端口向内 300 m 的地方,南北两端测风站相距 2 km,对比跑道南北两端地面风,2016 年 2 月 22 日南北两端跑道风向夹角为  $90^{\circ}$ ,南端为偏西风,北端为北风,其余 5 次风向夹角为  $180^{\circ}$ ,一端为南风,一端为北风,出现南北端风向对吹的对头风,南北端平均风和阵性风也有一定差异,其中 2016 年 1 月 14 日和 2 月 22 日南北端平均风速差为 8 m/s,阵风风速差为 7 m/s。虽然发生风切变是一个比较复杂的问题,许多机制还待研究,但 AWOS 资料捕捉到风切变发生期间风向风速明显的变化,这对今后近地层风切变预警提供了很好的参考。发生在跑道接地和离地地带(0 m)的 3 次风切变,2017 年 1 月 24 日风切变期间 10 min 风向变化超过  $180^{\circ}$ ,南北跑道阵性风差别明显,10 min 最大最小风速差  $>6$  m/s,其余 2 次自动观测系统测到发生风切变一端的地面风风向稳定,南北两端风向基本一致,但阵性风明显,最大最小风速差  $>6$  m/s,地面风虽然没有 15~91 m 风切变时的差别明显,但在飞行保障中,可提醒飞行机组风速变差较大,提前做好特殊情况的应对。

### 3 风廓线特征分析

大理机场风廓线雷达由中国航天科工集团二院二十三所生产,其型号为 CFL-03,安装于跑道北端延长线上(参见图 3),距离跑道北端头 18 km,海拔高度 2250 m,比机场海拔高度高 100 m,统计发生风切变时风廓线雷达资料,2000 m 以上为西风气

流,这和大理干季高空受西风气流控制是一致的,探测高度达到 3000 m 出现 9 次,其中 7 次 3000 m 高度风速大于或等于 32 m/s,风切变时空多有急流;1000 m 风速大于或等于 12 m/s 出现 9 次,一半的风切变发生时存在低空急流存在。垂直速度多以下沉速度为主,但 1000 m 以下下沉速度多为 0.1~0.5 m/s 之间,下沉速度较小,下沉速度较大的两日均为降雨造成,加之大理机场发生风切变高度多数在 350 m 以下,大理风廓线雷达最低探测高度多在 300 m 及以上,300 m 以下多数情况无探测数据或数据可信度较低,这里对垂直速度不做分析。

图 6 为风廓线雷达观测的发生在 1000 m 高度以上风切变事件的风廓线,2017 年 2 月 21 日(图 6a),2000~2500 m 受西风气流控制,风速大于 20 m/s,1000 m 高度同样受西风气流控制,风速 12 m/s,存在低空急流,13:15 时,在 900 m 附近出现风速的不连续,上层风速 12 m/s,下层风速 3 m/s。风速差 9 m/s,风向上层西风,下层为西北风,之后上下层转为西风和西南风切变,这种情况一直持续至 13:40,13:17 飞机在飞过 1030 m 高度时报告风切变,由于飞机报告的高度是相对机场的高度,而风廓线雷达位置比机场高 100 m,所以飞机报告风切变的高度刚好在风廓线雷达的 900 m 附近。2017 年 12 月 6 日(图 6b),中低空均有急流存在,07:45 1300 m 附近有西北和西风的的风向切变,但各高度间风速变差较小,07:50 1300 m 上下层风向切变不明显,但出现了明显的风速不连续,上层风速 20 m/s,下层风速 12 m/s,风速差 8 m/s,07:50 飞机刚好飞

过 1300 m 高度遭遇风切变,也就是风廓线雷达探测高度 1400 m 附近,维持时间为 10 min。对于相对较高的高度,雷达资料能真实反映机场上空的风场,通过监测垂直方向各层风向风速,能确定产生颠

簸或风切变的高度、开始时间、结束时间,这样可以提前告知飞行机组避开易产生颠簸或风切变的区域,提高安全裕度。

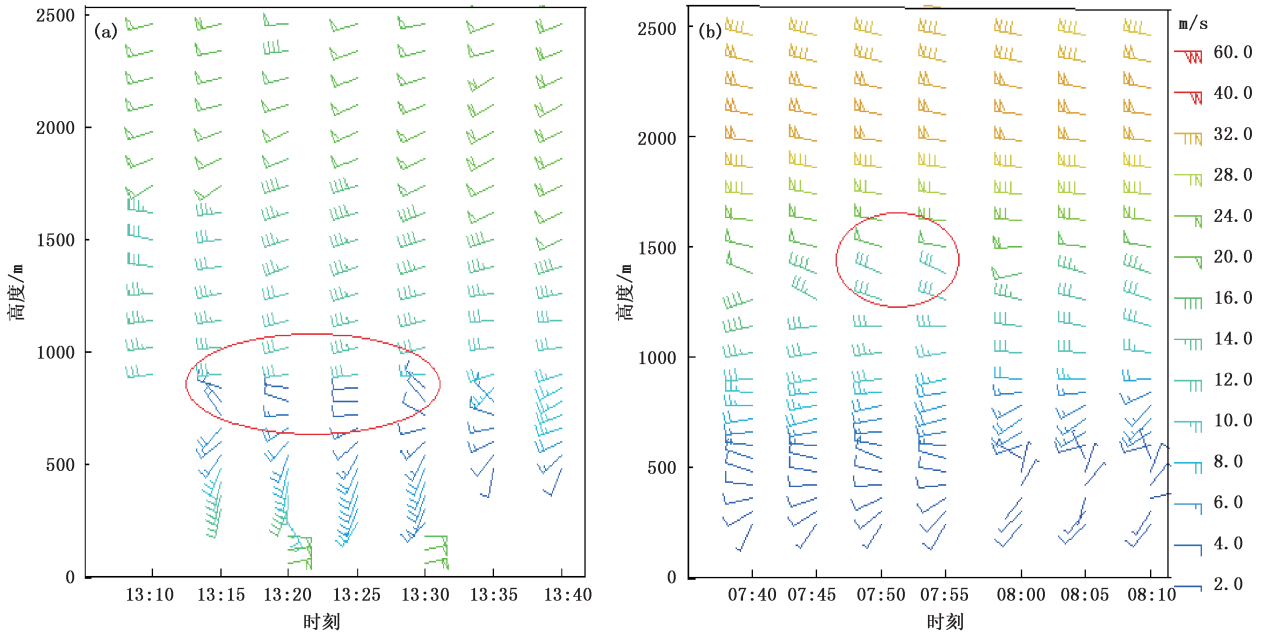


图6 2017年2月21日1050 m(a)和2017年12月6日1300 m(b)大理机场出现风切变时的风廓线  
(数据来自风廓线雷达,红色圆圈为风切变位置,下同)

2016年2月12日09:36,飞机在进近过程中350 m高度遭遇风切变。分析发生风切变时的雷达资料(图7a),中低空均存在急流。300 m以下为东北风,风速52 m/s,其风速不可信;360~1000 m风向为西南风,随高度的增加未出现风速或风向的不连续,且风切变前后360 m风速为1 m/s;09:30和09:45探测到300 m风向转为东北风,风速13 m/s,而300 m高度09:35和09:40风速为1 m/s,是否存在风切变不能确认。风切变发生期间,地面10 m风杆观测到2 min平均风速10~14 m/s,阵风17~19 m/s,风向210°~230°(表2)。飞机在落地过程中,高度逐渐降低,在较高的高度飞行时,风速较小,飞机离机场较远,未遭遇风切变;当飞机下降到350 m高度时,离机场跑道接地端约6 km,此时离跑道较近,受到机场区域风的影响,风速突然增大9 m/s以上,并伴有17~20 m/s阵性风,飞机在350 m遭遇风切变。2017年2月21日08:48,飞机在进近过程中300 m高度遭遇风切变。分析发生风切变时的雷达资料(图7b),存在低空急流,风速随高度逐渐增大,

风向随高度顺时针偏转。08:35—08:55未出现明显的风向风速不连续,60~360 m风向为南风,风速由2 m/s增大到5 m/s,08:50,300 m风速5 m/s,风向190°。08:43—08:53,地面风向120°~140°,风速9~12 m/s,08:48,2 min地面平均风向140°,风速12 m/s(表3)。仅从雷达资料或地面风资料不能确定是否存在风切变,结合雷达和地面风资料,当飞机下降到300 m时,离机场跑道接地端约5 km,受到机场区域风的影响,风速增大7 m/s以上,风向差50°,飞机在300 m遭遇风切变。

大理机场由于特殊地形的影响,冬春季大风天气频繁,伴随大风产生的风切变、颠簸较多,2015年装备风廓线雷达以来,对比地面风和风廓线雷达风场资料,机场区域经常出现地面风速大而上空风速小或地面风速小而上空风速大的情况,但由于风廓线雷达站址、最低探测高度的影响,300 m以下的资料可用性较小,特别晴空时300 m以下基本无探测资料,10~300 m缺乏有效的探测手段。实际工作中,当风廓线雷达测到的风和地面风差别较大时,结

合地面风和风廓线雷达资料,对某一高度以下至跑道面可能出现颠簸或风切变进行初步预警,这种预警存在的缺点是不能准确地确定风切变发生的高度

或出现空报,但能提前告知飞行员在某高度以下可能存在风切变,从而加大飞行安全裕度。

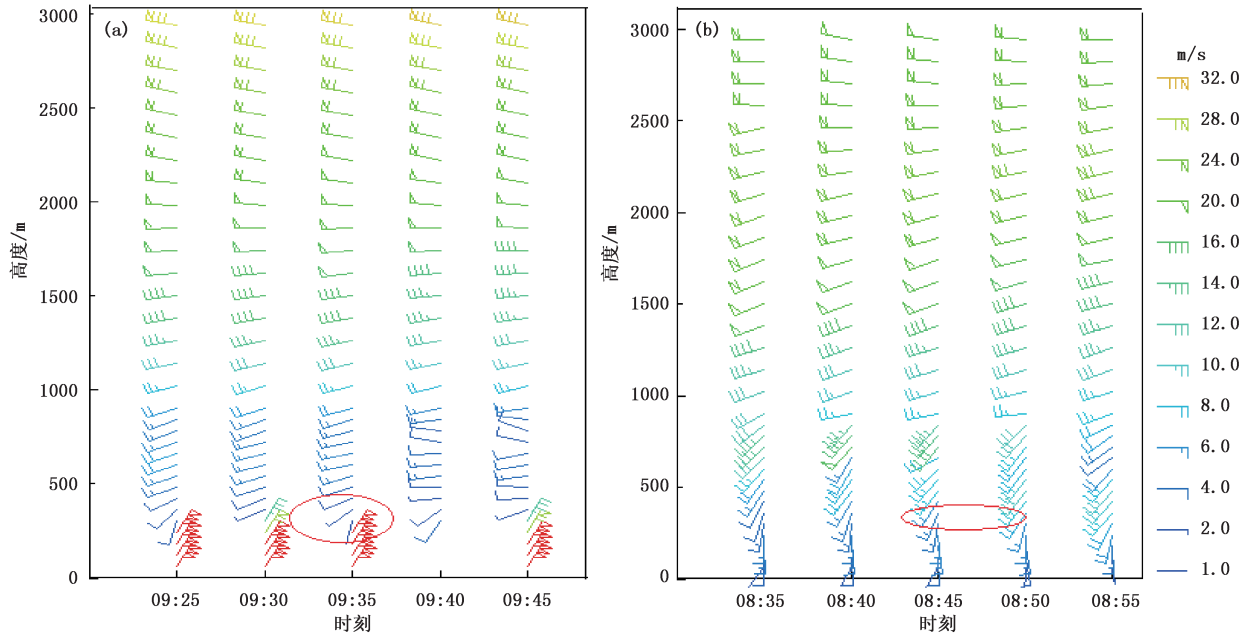


图 7 2016 年 2 月 12 日 350 m(a)和 2017 年 2 月 21 日 300 m(b)大理机场出现风切变时的风廓线

表 2 2016 年 2 月 12 日大理机场出现风切变前后 10 m 风杆 2 min 平均风向/风速

	09:31	09:32	09:33	09:34	09:35	09:36	09:37	09:38	09:39	09:40	09:41
风向/(°)	210	220	220	220	230	230	220	220	230	220	220
风速/(m·s <sup>-1</sup> )	12	10	11G17	14G19	12G19	10	11	12G18	13G18	12	13

注:前两位为 2 min 平均风速,G 后面两位为阵风。

表 3 2017 年 2 月 21 日大理机场出现风切变前后 10 m 风杆 2 min 平均风向/风速

	08:43	08:44	08:45	08:46	08:47	08:48	08:49	08:50	08:51	08:52	08:53
风向/(°)	130	130	130	140	140	140	140	130	130	120	120
风速/(m·s <sup>-1</sup> )	10	10	10	10	11	12	12	12	11	10	09

### 4 结论

(1)2016—2017 年大理机场风切变全部发生在每年的 11 月至次年 4 月,其中 1 月和 2 月出现最多,占总数的 67%,一日中主要发生在 07:00—13:00,这主要由大理上空干季受强劲的西风气流控制的气候原因和大理机场特殊地形造成;

(2)大理机场风切变多出现在近地层,高度较低,危险系数大,其中发生在 350 m 及其以下的低空风切变占总数的 83%,0~100 m 占低空风切变的 47%,一半以上的风切变均造成了飞机备降或

复飞。

(3)大理机场风切变多出现在地面风速较小的时候,风切变时主导风向多为东南风和南风,56%的风切变出现在晴天。发生在 100 m 以下的风切变,地面均有阵风出现,最大最小风速差>6 m/s;发生在 15~91 m 的风切变,发生风切变的一端风向变化超过 180°,南北两端地面风常出现对头风,风速差异明显。通过 AWOS 资料捕捉到风切变发生期间风向风速的明显变化,可对以后近地层风切变预警提供很好的参考。

(4)发生在 1000 m 以上的风切变,在遭遇风切

变高度的上下层风速差 $\geq 8$  m/s,通过雷达资料可确定出现风速不连续的开始时间、结束时间和准确高度,提前告知飞行机组就可以避开易产生颠簸或风切变的区域。

(5)发生在高度较低的风切变,结合大理机场地面风和风廓线雷达探测到的可用资料,发现机场区域常出现地面风速大而上空风速小或地面风速小而上空风速大的情况,飞机在经过风速差较大的高度将遇到不同程度的颠簸或遭遇风切变,这为因缺少探测资料的低高度颠簸和风切变的预警提供一定参考。

### 参考文献

- [1] 沈宏彬,赵润华,张潇,等. 西南地区低空风切变事件分析[J]. 高原山地气候研究,2013,33(3):37-42.
- [2] 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),2013,49(1):63-69.
- [3] 王海霞,张宏升,潘江勇,等. 银川河东机场低空风切变特征及环流背景分析[J]. 干旱气象,2012,30(1):45-52.
- [4] 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(自然科学),2012(增刊1):39-42.
- [5] 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),2013,49(3):354-360.
- [6] 张银昌,黄菲. 一次低空水平风切变的小尺度特征分析[J]. 气象,2007,33(2):10-14.
- [7] 胡明宝,肖文建. 风廓线雷达中风切变分析方法的初步研究[J]. 气象科技,2010,30(4):510-515.
- [8] 张利平,陈阳权,朱国栋,等. 乌鲁木齐机场冬季东南风引起的低空风切变个例分析[J]. 沙漠与绿洲气象,2012,6(6):45-50.
- [9] 高兵,王周鹤,赵建伟,等. 机场气候志气候概要汇编[G]. 大理:云南大理机场,2016:232-233.
- [10] 董保举,张成稳,付志嘉,等. 云南大理边界层风垂直变化观测研究[J]. 干旱气象,2011,29(2):189-194.
- [11] 徐安伦,董保举,刘劲松,等. 洱海湖滨大气边界层结构及特征分析[J]. 高原气象,2010,29(3):637-644.
- [12] 杨智,刘劲松,孙绩华. 大理近地层山谷盆地湖陆风及湍流特征分析[J]. 气象与环境学报,2008,24(5):32-37.

## Analysis and Application of Wind Shear at Dali Airport Using AWS and Wind Profiler Radar Data

Zhao Jianwei Bi Bo Wang Zhouhe Gao Bing

(Dali Airport of Yunnan Airport Group Company, Yunnan, Dali 671000)

**Abstract:** According to the wind shear events reported by aircrafts at Dali Airport in 2016 and 2017, the wind shear at Dali Airport is analyzed by using the automatic meteorological observation data and wind profiler radar data in relevant periods. The results show that: (1) Wind shear occurs from November to April of the next year, mostly in January and February, mainly in 07:00 to 13:00, half in sunny days, and 83% below 350 m. (2) The wind shear below 100 m has gust winds on the ground, and the maximum-minimum difference of wind speeds is more than 6 m/s. Six wind shear events occurred in the range of 15 to 91 m. The wind direction at one end of the five wind shear reports varied by more than 180 degrees. The ground winds at the north and south ends had opposite winds, and the difference of wind speeds was obvious. AWOS (Automated Weather Observation System) captured significant changes in wind direction and velocity, which can provide reference for early warning of near-surface wind shear. (3) When a wind shear occurs at a high altitude, there is a difference of wind speeds ( $>8$  m/s) between the upper and lower layers of radar data, which can determine the exact height, start time and end time of discontinuous upper- and lower-layer winds. (4) The airport area is often under the situation of large ground wind speed and small upper air wind speed or small ground wind and large upper air wind speed, so the combination of ground wind and wind profiler radar data can provide reference for the preliminary early warning of low altitude wind shear in the future.

**Keywords:** Dali Airport; wind shear; warning