

赵建伟,毕波.大理机场一次晴空大风天气诊断分析[J].沙漠与绿洲气象,2017,11(4):32-38.
doi:10.12057/j.issn.1002-0799.2017.04.005

大理机场一次晴空大风天气诊断分析

赵建伟,毕波

(云南机场集团公司大理机场,云南 大理 671000)

摘要:利用常规气象资料、NCEP $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ 资料和风廓线雷达资料,分析了2015年2月27日晴空大风天气过程。结果发现:大理机场上空位于高空西风急流轴附近,虽然高空冷平流较弱,但是动量下传是造成大风的主要因子。当高空至机场近地面均为下沉运动时,下沉气流携带高空的动量下传,造成大理机场出现大风天气。相反,当近地面至700 hPa为上升运动时,上升气流会阻碍高空动量向下传递,机场大风结束。风廓线雷达资料分析也表明动量下传是27日大风的主要动力因子,当高空到地面均为下沉运动时,大于3 m/s的下沉速度到达的高度越低,大风的出现频率越高;同时300~2500 m风向随时间反气旋偏转能使高空动量持续向近地面传送,对大风的产生和维持起作用,相反300~2500 m风向随时间气旋性偏转,则对高空的动量下传起抑制作用。

关键词:晴空大风;高空急流;动量下传;下沉运动

中图分类号:P458.123

文献标识码:B

文章编号:1002-0799(2017)04-0032-07

大风是影响飞机飞行活动的重要天气因子之一,其中风向、风速对飞机的起降、爬升、平飞、下滑、停放机坪均有直接影响。当风速 ≥ 17 m/s且风向和跑道方向呈一定夹角时,就会对飞机的起飞和降落造成威胁,特别是伴随大风出现的低空风切变和空中颠簸极易造成飞行事故,可见大风对飞行安全的影响很大,是一种破坏力极大的灾害性天气。近年来,很多学者针对大风进行了大量的研究,其中周宏^[6]、王金辉^[6]、张俊兰^[7]对新疆地区大风研究发现,高空急流和动量下传是大风产生的重要动力机制,较深厚的冷平流输送是大风形成的热力因子;向永龙^[8]等分析指出,三峡坝区晴空大风主要影响原因为山谷风效应和三峡水库湖泊效应。另外,在我国西南地区,由于地形比较复杂,很多机场场址海拔较高,大风导致航班延误、取消或备降的影响日益突出。各机场对风这个航空气象要素极为重视,昆明机场^[9]、九寨黄龙机场^[10]、林芝机场^[11-12]都对地面大风进行过一定的研究,结果表明,分析地面大风的产生机制和变化特征对保障飞行安全和提高经济效益等方

面有重要的意义,同时也是航空气象部门的重要课题。

云南大理机场位于大理市洱海东南岸、南北走向的一小山丘上($100^{\circ}19'E$, $25^{\circ}39'N$),东靠群山,西邻洱海、苍山,海拔高度2 145.8 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),受高空西南暖湿气流控制,当遇有北方冷空气南下时,易形成明显降水,大风常伴随雷暴天气出现;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,干季是大理机场大风天气频繁出现的时期,年平均大风日数为82 d(瞬时风速 ≥ 17 m/s),11月至次年4月平均日数为78.4 d,占全年的95.6%。当机场出现大风时常伴有空中颠簸和低空风切变,且偏西风的风向($200^{\circ}\sim 250^{\circ}$)相对跑道方向(170° 、 350°)为比较大的侧风,严重影响飞行安全。因此,大风天气成为大理机场干季飞行安全保障的重点和难点问题。本文利用常规气象资料、NCEP资料、大理机场自动站和大理观象台风廓线雷达资料,重点分析了2015年2月27日大风天气成因,其目

收稿日期:2016-12-28;修回日期:2017-05-26

作者简介:赵建伟(1981-),男,助理工程师,从事民航气象预报与民航气象服务工作。E-mail:272544459@qq.com

的是提高大风天气预报准确率,保障飞行安全性和飞行效率。

1 天气实况

2015年2月23日—3月3日大理地区以晴为主。大理机场2月26日16:00(BT)出现短时大风(为17 m/s),27日00:50—14:51,除06:00和09:00没有出现大风外,其它时间均为大风天气,每小时平均风速均 ≥ 10 m/s,最大平均风速13 m/s;01:00—14:00,大理机场平均风速大,阵性风出现频繁,极大风速15~21 m/s,03:00最大极大风速为21 m/s(图1);15:00—23:00,每小时平均风速4~8 m/s,极大风速12~16 m/s(图1)。

虽然15:00—23:00大理机场自动站观测系统每一分钟采集一次的10 min平均风速均无 ≥ 11 m/s(图2)。但是,2月27日01:00~22:00出现风向为 210° ~ 250° 的极大风速(图1),造成大理机场7个航班延误,其中南航CZ3481航班因低空风切变返航昆明。

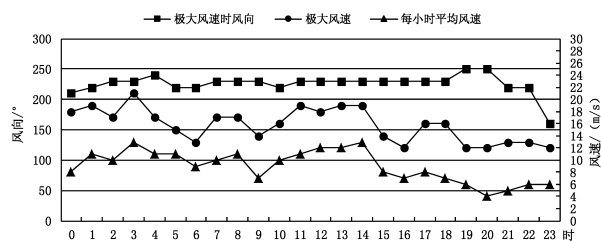


图1 27日每小时极大风速/风向、平均风速

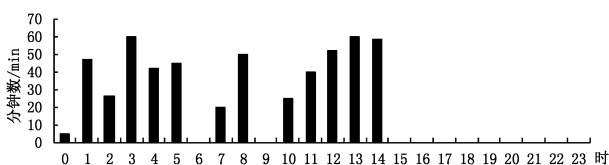


图2 每小时内10 min平均风速 ≥ 11 m/s出现的分钟数

2 高空急流和环流背景分析

2月26日20:00,亚欧天气图200 hPa在 50° ~ 150° E有一条西风急流带(图略),急流轴位于 25° N附近,中心风速42 m/s,高空急流轴刚好位于大理上空。500 hPa高度场呈纬向环流,在 5° ~ 20° N, 70° ~ 130° E有两个高压系统(图3), 40° N以北属于两槽一脊型,大理上游的低压槽位于 100° E线以西。27日08:00,虽然 5° ~ 20° N两个高压系统依然存在,位置少动(图4),但低压槽东移至 90° ~ 110° E之间,大理上空受平直西风气流控制; 50° ~ 150° E西风急

流带仍然存在,急流轴位置无变化,中心风速增大到46 m/s。27日20:00,原 5° ~ 20° N两个高压合并成一个深厚的高压系统(图5),且高压中心北抬至 15° N,低压槽东移动至 100° E线以东;西风急流依然存在,但急流轴北抬至 30° N附近。同时高压北部和低压南部的偏西气流汇合,使 20° ~ 40° N西风进一步加强,这样的系统分布,形成了这次大风的高空环流背景,杨澄^[1]、付志嘉^[2]等对大理大风的高空环流形势分析也得到相同的结果。另外,26—28日,700 hPa大理上空受平直西风气流控制,等温线和等高线相互平行,冷暖平流不明显,说明温度场对这次大风的影响较小。

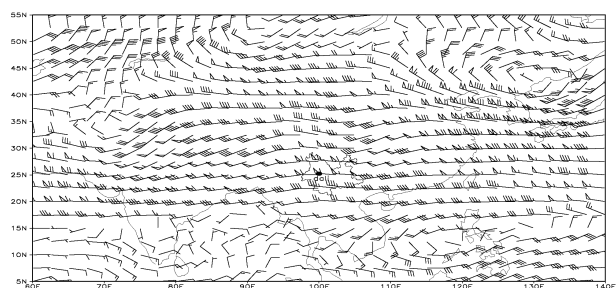


图3 2015年26日20时NCEP500 hPa高空风场(BT)

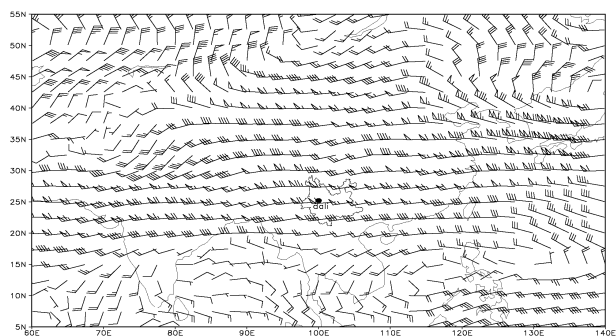


图4 2015年27日08时NCEP500 hPa高空风场(BT)

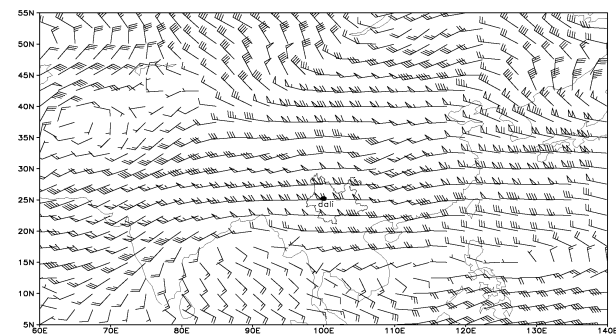


图5 2015年27日20时NCEP500 hPa高空风场(BT)

3 风场垂直结构分析

利用NCEP资料沿 25° N作垂直速度剖面图(图6)。26日20:00(图6a),大理地区以西(85° ~ 95° E),

1000~300 hPa 为上升运动;大理地区以东 ($105^{\circ}\sim 130^{\circ}\text{E}$), 1000~600 hPa 为上升运动;大理地区 100°E 附近 700 hPa 以上为下沉运动, 而 1000~700 hPa 为上升运动, 高空动量下传到达 700 hPa 受阻, 无法向下传递到达大理机场近地面, 因此大理机场无大风。27 日 02:00 (图 6b), 在 $90^{\circ}\sim 115^{\circ}\text{E}$ 之间形成了一个完整的垂直经圈环流, 环流上升支分别在 $90^{\circ}\sim 95^{\circ}\text{E}$ 和 110°E 附近, 环流下沉支在 $100^{\circ}\sim 105^{\circ}\text{E}$ 。大理地区受下沉支影响, 受其影响 1000~200 hPa 均为下沉运动, 最大下沉速度 0.24 hPa/s, 其中 800 hPa 下沉速度为 0.08 hPa/s, 说明高空动量通过下沉运动到达大理机场近地面, 大理机场出现大风。27 日 08:00 (图 6c), 完整的经圈环流依然存在, 且位置少动, 影响大理地区的下沉支 1000~200 hPa 仍为下沉运动, 最大下沉速度在 700~500 hPa 之间, 最大下沉速度增大到 0.32 hPa/s, 800 hPa 下沉速度为 0.24 hPa/s, 高空的动量随时间连续下传至大理机场近地面, 机场大风持续。27 日 14:00 (图 6d), 完整的经圈环流已不存在, 大理地区 100°E 附近, 700~200 hPa 为下沉运动, 1000~700 hPa 变为上升运动, 高空动量达到 700 hPa 受阻, 不能连续向下传递到达地面, 14:57 时大理机场大风结束。27 日 20:00 (图 6e), $90^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 1000~600 hPa 均为上升运动, 高空无动量下传, 大理机场也未出现大风天气。

利用 NCEP 资料作 $100^{\circ}39'\text{E}$ 、 $25^{\circ}39'\text{N}$ 水平风速随时间高度变化 (图 6f, 时间轴为 UTC)。26 日 20:00 前, 800 hPa 附近风速 5 m/s, 大理机场自动观测系统采集到的 10 min 平均风速为 5 m/s。20:00 后, 500~800 hPa 各层风速随时间逐渐增大, 800 hPa 附近的风速也随时间逐渐增大, 大理机场地面风速增大到 7~8 m/s, 27 日 00:50 出现大风。27 日 02:00 800 hPa 附近风速达到最大 10 m/s。02:00 后 500~100 hPa 各层风速随时间开始增大, 机场 03:00 极大风速达到最大。06:00 虽无 ≥ 11 m/s 的平均风速和 ≥ 17 m/s 的极大风速出现, 但 06:00 平均风速 9 m/s, 极大风速 15 m/s, 除 09:00 风速较小外 (日出后温度变化引起的湍流阻碍动量下传, 1 h 升温 2°C), 大理机场大风一直持续至 14:53。说明大理上空高空风速的增大导致垂直运动的加强^[4], 有利于更多的动量向下传递^[2]。15:00 后, 虽高空 500~100 hPa 各层风速继续增大, 但 700 hPa 以下转为上升气流 (图 6d), 阻碍了高空的动量向下传递, 15 时后大理机场无大风。另外利用 NCEP 资料作 27 日 02 时、08 时和 14 时各层散度场 (图略), 发现 200、500 hPa 高

度辐合, 700、850 hPa 辐散, 这种结构说明大理上空存在较深厚的下沉运动^[8]。

以上分析表明: 动量下传是造成 27 日大风的主要动力因子, 随着高空风速的增大, 垂直运动加强, 高空动量通过下沉运动向低层输送。当高空至机场近地面均为下沉运动时, 高空的动量通过下沉运动向近地面输送, 机场风速增大出现大风; 而当近地面至 700 hPa 为上升运动时, 上升运动阻碍了高空动量向下传递, 机场无大风。

4 风廓线雷达资料分析

风廓线雷达是通过发射不同方向的电磁波束, 接收并处理这些电磁波束因大气垂直结构不均匀而返回的信息进行气象探测的。风廓线雷达利用多普勒效应能够探测其上空风向、风速和温度等气象要素随高度的变化情况, 具有探测时空分辨率高、自动化程度高等优点。大理观象台风廓线雷达 (型号: WPR LQ-7, 海拔高度 1 990.5 m, 位于大理机场西北向 15 km 处) 为晴空雷达 (正值下沉运动, 负值为上升运动), 晴空雷达探测高度和准确度都较阴天要强, 大理 27 日晴空, 利用风廓线雷达可以看出大风期间大理上空的水平风和垂直风的变化情况。

4.1 垂直速度分析

通过高空风场的垂直结构分析发现, 动量下传是造成大理机场 27 日大风的主要动力因子。为了进一步分析大理机场晴空大风天气成因, 分析了 27 日风廓线雷达资料 (图 7, 时间轴为 BT), 在风廓线雷达中仍然能看到明显的动量下传。01:00—14:00, 高空至 100 m 基本为下沉运动, 且大于 3 m/s 的下沉速度持续到达 900 m 以下, 风廓线雷达和大理机场相对高度 155 m (机场海拔高度 2 145.8 m), 说明高空动量通过下沉运动到达机场近地面, 大理机场 01:00—14:00 持续大风。15:00—19:00, 虽然高空仍有动量向下传递, 但机场近地面至 800 m 转为上升运动, 阻碍高空动量向下传递, 机场无大风, 并且垂直风场结构 (图 6d) 和风廓线雷达资料中由下沉运动转上升运动在时间上是一致的。20:00—23:00, 风廓线雷达探测到高空至地面均为下沉运动, 但机场地面风速较小, 无大风出现 (图 1、图 2), 并且与 27 日 20 时垂直风场 700 hPa 以下上升运动相反 (图 6e)。再对比大风开始前和大风期间雷达资料发现: 大风开始前, 大于 3 m/s 的下沉速度在 900 m 以上, 机场近地面至 900 m 高度下沉速度较小。20:00—23:00 也是同样的情况, 虽短时出现大于

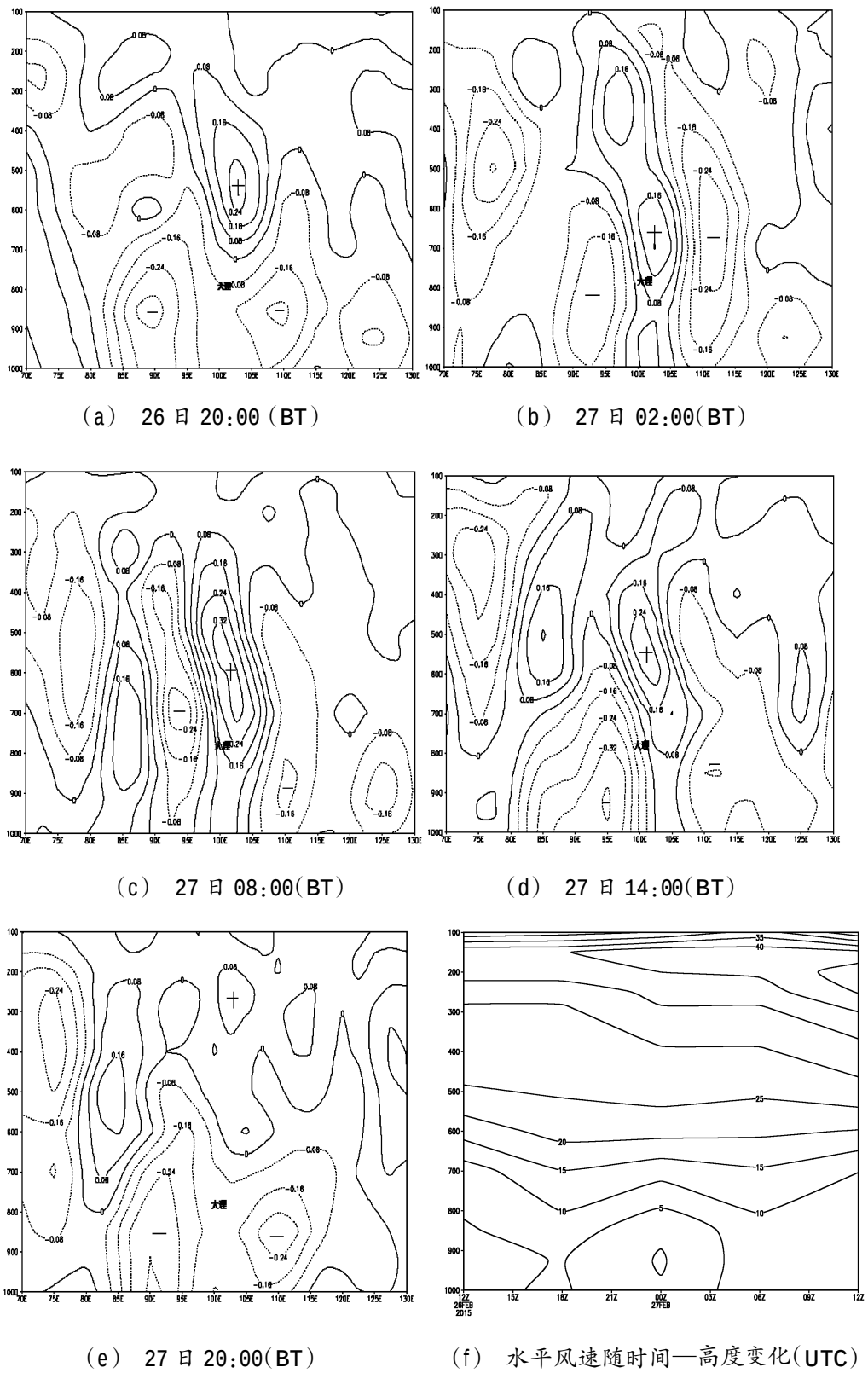


图6 2015年2月26日20:00~27日20:00垂直速度场(a-e,单位:hPa/s)、
水平风速随时间—高度变化(f,单位:m/s)

3 m/s 的下沉运动,但不能提供足够的能量产生大风。结合 27 日天气实况可以看出:当高层到低层下沉运动比较明显,大于 3 m/s 的下沉速度到达的高度越低,平均风速 ≥ 11 m/s 出现的分钟数越多(图 2),也就是大风的出现频率越高。

4.2 水平风分析

从风廓线雷达探测资料(图 8,时间轴为 BT)可以看出,3200 m 以上均为平直西风,这与高空强劲的西风气流相对应。150~300 m(风廓线雷达和机场相对高度 155 m)之间除 05:00—06:00、08:00—10:00 外均为西南风,和大理机场观测到的风向相符(图 1),风速维持在 8~12 m/s,大理机场 ≥ 11 m/s 的平均风速频繁出现(图 2)。大风开始前,300~1700 m 为西南风,1700~2500 m 为西北风。随时间变化,300~1700 m 风向随时间顺时针偏转,风速逐渐增大,并且大于 3 m/s 的下沉速度到达的高度逐渐降低(图 7),大理机场 00:50 出现大风,到 03:00,300~1700 m 由西南风转为西风,低层风速达到最大

12 m/s,03:00 平均风速 ≥ 11 m/s 出现的分钟数最多(图 2)。04:00 后,300~2500 m 逆时针偏转,300~1700 m 由西风转为西南风,1700~2500 m 由西北风转为西风,大于 3 m/s 的下沉速度到达的高度逐渐上升,近地层短时出现上升运动,05:44~07:40 大理机场无大风。07:00 后,300~2500 m 顺时针偏转,300~1700 m 由西南风转为西风,1700~2500 m 由西风转为西北风,大于 3 m/s 的下沉速度到达的高度又逐渐降低(图 7),这种形势一直维持至 14:00,除 08:42—10:18 时没有出现大风外(日出后温度变化引起的湍流阻碍动量下传,1 h 升温 2℃),大理机场大风一直持续至 14:57。14:00 后,300~2500 m 开始逆时针偏转,300~1700 m 由西风转为西南风,1700~2500 m 由西北风转为西南风或西风,且下沉运动转为上升运动(图 7),15 时后机场无大风出现。分析表明,当大理上空存在高空急流,受平直西风气流控制,风廓线雷达水平风资料 300~2500 m 风向随时间反气旋偏转能使高空动量持续向近地面传

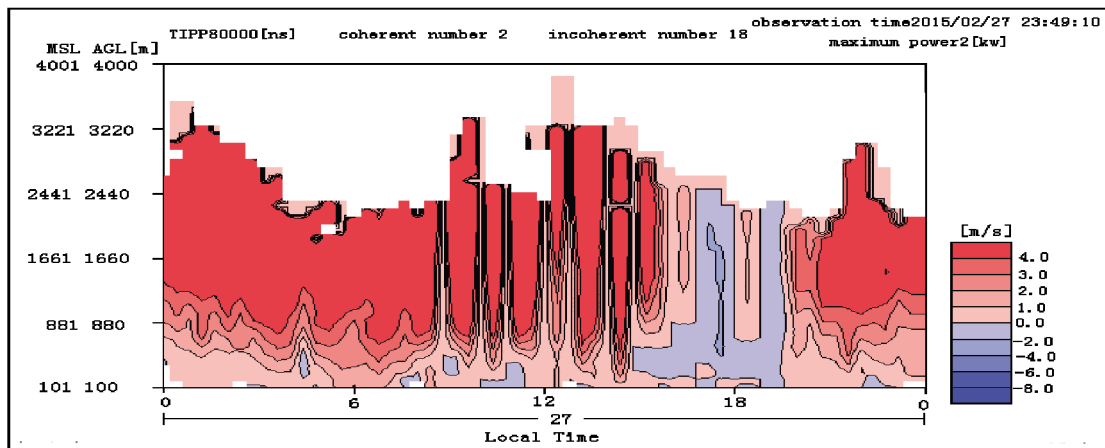


图 7 2015 年 2 月 27 日风廓线雷达垂直速度随时间—高度变化图

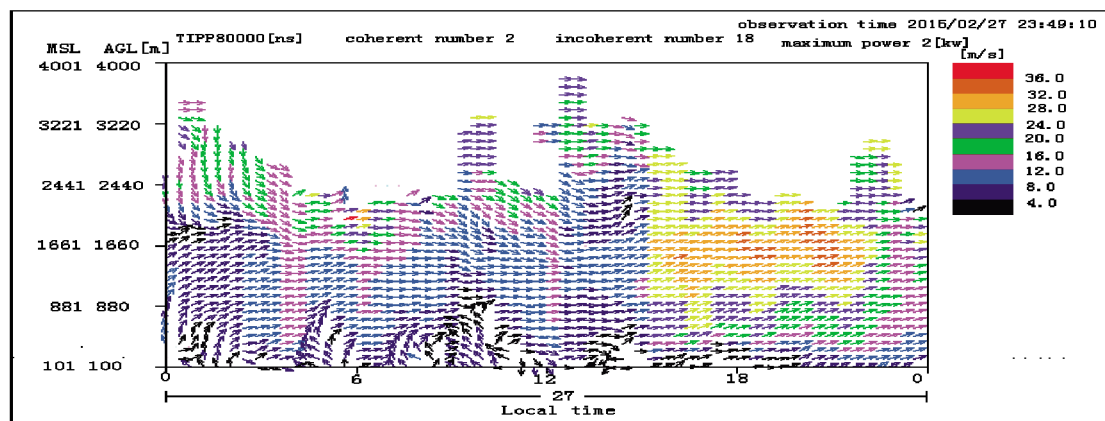


图 8 2015 年 2 月 27 日风廓线雷达水平风随时间—高度变化图

送,对大风的产生和维持起作用。相反 300~2500 m 风向随时间气旋性偏转,则对高空的动量下传起抑制作用。

5 结论

(1)此次大理机场大风天气过程,冷暖平流对这次大风的影响较小;对流层顶附近,存在高空急流,大理上空刚好处于急流轴附近;对流层中低层,5°~20°N 有两个高压系统,高压中心位于 10°N 附近,40°N 以北有低压槽活动,西风带处于高低压系统之间,高压北部和低压南部的偏西气流汇合,使 20°~40°N 西风进一步加强,这样的系统分布为这次大风提供有利条件。

(2)动量下传是造成 27 日大风的主要动力因子,随着高空风速的增大,垂直运动加强,高空更多的动量通过下沉运动向低层输送。当高空至机场近地面均为下沉运动时,下沉气流携带高空的动量下传,造成大理机场出现大风天气。相反,当近地面至 700 hPa 为上升运动时,上升气流会阻碍高空动量向下传递,机场大风结束。

(3)风廓线雷达资料也反应了动量下传是 27 日大风的主要动力因子。当高空到地面均为下沉运动,大于 3 m/s 的下沉速度到达的高度越低,大风出现的频率越高;同时 300~2500 m 风向随时间反气旋偏转能使高空动量持续向近地面传送,对大风的产生和维持起作用。相反 300~2500 m 风向随时间气旋性偏转,则对高空的动量下传起抑制作用。

致谢:感谢大理国家观象台提供的风廓线雷达资料。

参考文献:

- [1] 杨澄,付志嘉,赵晓红.青藏高原东南侧复杂地形下冬季大风诊断分析[J].高原气象,2014(2):346-354.
- [2] 曹美兰,项素清.“晴天暴”的物理成因及预报[J].气象,2002,28(5):22-26.
- [3] 葛洪燕,新疆托克逊一次翻山大风成因分析[J].天气预报,2014(6):24-28.
- [4] 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.
- [5] 周宏,杨利鸿,胡素琴等.2014 年南疆西部一次大风天气过程分析[J].沙漠与绿洲气象,2015,9(5):50-55.
- [6] 王金辉,刘海涛,王东等.克州地区春季一次强风沙天气成因分析[J].沙漠与绿洲气象,2012,6(1):41-45.
- [7] 张俊兰,张莉.一次天山翻山大风天气的诊断分析及预报[J].沙漠与绿洲气象,2011,5(1):13-17.
- [8] 向永龙,雷东洋,陈晨等.三峡坝区一次晴空大风天气过程的数值模拟与成因分析[J].绿色科技,2015(12):16-19.
- [9] 陈猛.机场地面风和大风的特征分析及其对飞行的影响[J].气象水文海洋仪器,2011,28(4):44-26.
- [10] 蒋兴文,李跃清,黄仪方.九寨黄龙机场近地面大风浅析[J].高原山地气象研究,2012,32(1):22-28.
- [11] 徐海,邹捍,李鹏,林芝机场地面强风的统计特征及其对飞行安全的影响[J].高原气象,2014,33(4):907-915.
- [12] 徐海,邹捍,李鹏等.藏东南林芝机场低层风场垂直结构与变化特征[J].高原气象,2014,33(2):355-360.
- [13] 杨洪儒,王楠.地窝堡机场东南大风特征及其大气结构[J].干旱气象,2014,32(3):393-398.
- [14] 阎访,周顺武,马悦.石家庄春季大风变化特征及天气分型[J].干旱气象,2014,32(2):207-214.

Diagnosis Analysis of a Clear Sky Windy Weather in Dali Airport

ZHAO Jianwei, BI Bo

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

Abstract Using conventional meteorological data, $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ NCEP data and wind profile radar data, the clear gale weather process in February 27th, 2015 is utilized. It is found that the upper air westerly jet axis is over the Dali Airport. Although the upper air cold advection is weak, but the momentum transmission is the major factor of causing fresh gale. When sinking movement existed from upper to ground, the downdraft carries high momentum from the upper air causing the windy weather. Conversely, the areas from the ground to near 700hPa of the airport are updraft, which impeded the passing of the upper air momentum, leading the winds at the airport to end. The result of the Wind profiler data also confirms that the momentum transmission is the major dynamic factor of the gale in February 27th. When it is sinking movement from the high ground to the ground, the height of the sinking speed over 3 m/s is lower, the frequency of the wind is higher. Meanwhile, the wind direction at the height of 300~2500m anticyclonic rotated with time can make the altitude momentum continuously transfer to the near surface. It takes effect on the generation and maintenance of the wind. Conversely, the cyclonic deflection makes inhibitory effect on the altitude momentum transmission.

Key words the strong wind in the clear sky; upper jet; momentum downward transfer; descending motions