

WINDEX 在民航济南机场的应用举例

孙翠艳

冯桂力

(济南空管中心航务部,250107)

(山东省气象科学研究所)

提 要

WINDEX 是 1994 年 McCann 提出的预报下击暴流潜势的一个新指数。通过分析 2001 年 7 月 2 日的一次强雷雨带来的下击暴流,发现 WINDEX 在我国某些地区(例如济南)可能有一定用处,值得进一步尝试。

关键词: 下击暴流 卫星云图 WINDEX 临近预报

引 言

如何做好下击暴流的预报,是航空气象学家多年来一直在研究的一个课题,McCann 于 1994 年提出了预报下击暴流潜势的一个新指数^[1],引起了各国气象学家的重视(例如文献[2])。但遗憾的是尚未见到有人讨论是否可用于我国。本文利用实例对于 WINDEX 是否适用于中国做一初步的探索。

1 个例简介

本文分析的个例是 2001 年 7 月 2 日济南民航机场(下称机场)遭遇到的一次下击暴流(以下简称“010702”个例)。

1.1 下击暴流前后的天气概况

2001 年 7 月 2 日 21 时 40 分(北京时,下同),本场开始出现雷雨,大雨倾盆而下,能

见度只有 400m,到 22 时 15 分西南风突然加大,阵风达 $33\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,大风持续近 40 分钟。23 时 30 分后,降雨减弱变为小雨。

1.2 本次下击暴流造成的后果

本次下击暴流吹倒了机场一些简易房屋,一些大树被风拔地而起,运五飞机被风从跑道吹入草地,移动 200m,造成飞机机翼断裂;航班返航备降。这次下击暴流威胁民航飞行的安全,造成了较大经济损失,因此有必要对其分析。

2 WINDEX 简介

WINDEX(有时简称为 WI),也称风指数或大风指数,是 McCann(下称 M94)于 1994 年为预报微下击暴流潜势引入的一个指数^[1,3],它虽属经验性指数,但却是用观测

研究和数值模拟结果为根据构成的。

WINDEX 数学表达式为^[1,3]:

$$WI = 5[H_M R_Q(\Gamma^2 - 30 + Q_L - 2Q_M)]^{0.5} \quad (1)$$

其中, H_M : 融化层距地高度(AGL), 以 km 为单位; $R_Q = Q_L/12$, 但不能大于 1, 以 $g \cdot km^{-1}$ 为单位; Γ : 地面与融化层之间的气温直减率, 以 $^{\circ}C/km$ 为单位; Q_L : 近地面 1km 层内的混合比, 以 $g \cdot km^{-1}$ 为单位; Q_M : 融化层处混合比, 以 $g \cdot km^{-1}$ 为单位。

式(1)是一个经验公式, 计算 WINDEX 时先要对式中各量按要求变为无量纲数。以 H_M 为例, 化为以 km 为单位后, 仅取数值即可。例如, 若 H_M 为 4850m, 则取为 4.85; 其余类推。式(1)左端的 WI, 在公式中虽为无量纲数, 但计算出数值后应恢复其量纲, 即认为其单位为海里/小时(knots), 近似为 $m \cdot s^{-1}$ 的 2 倍。

3 WINDEX 的计算方法

3.1 利用高空资料计算

这里说的高空资料, 除探空资料外, 还包括高空客观分析资料与模式输出资料。

有了高空资料, 再用内插法求出 H_M 、 Γ 、 Q_M 、 Q_L , 进而利用式(1)求出 WINDEX。文献[1]与[3]中的表 1(此处略)给出了 18 次计算实例。可以看出, 计算的 WINDEX 值与观测的阵风值相当接近。

M94^[1,3]指出, 利用高空资料, 不仅可以计算出单点的 WINDEX, 而且可以计算、绘制出 WINDEX 的平面分布(图例略)。

3.2 利用地面资料计算 WINDEX(地基 WINDEX)

M94^[1,3]指出, 如果假定地面观测的湿度代表大气低层 1km(AGL)的湿度, 那么就可以根据地面观测资料计算出 WINDEX, 得到微下击暴流潜势的逐时分析。逐时更新一次的地基 WINDEX 能较好地反映变化着的大气, 就此而论, 它要优于依靠 12 小时间隔探空资料作出的 WINDEX。

4 “010702”个例 WINDEX 计算值

4.1 利用济南站探空资料计算结果

利用济南单站探空资料根据上面介绍的

式(1)计算济南的 WI 如下:

$$08 \text{ 时: } WI = 59.008 \text{ knots} = 30.33 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$20 \text{ 时: } WI = 65.963 \text{ knots} = 33.91 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

计算的最大风速潜势与观测的阵风值非常接近, 这或许能表明 WI 可能适用于中国一部分地区(例如济南附近), 可能是预报下击暴流潜势的一个指标。

4.2 WI 的平面分布图

2001 年 7 月 2 日, 济南地区发生强风暴和下击暴流。图 1 是其发生前 2 小时地基 WINDEX 图。在济南地区及其附近, 中午地面温度高于 $38^{\circ}C$, 低层温度直减率很大, 使得 WINDEX 数值在若干处都大于 20。

5 WINDEX 在下击暴流预报中的应用

5.1 WINDEX 只代表发生下击暴流的潜势

M94^[1,3]指出, 早在 20 世纪 80 年代初 Purdow 就认为, 就雷暴预报来说, 跟踪低层外流边界是非常重要的^[4]; 稍后 Wilson 与 Schreiber^[5]指出, 在科罗拉多州的丹佛地区, 至少有 80% 的雷暴是在雷达探测到的外流边界形成的。对于微下击暴流, Ladd^[6]以及 Read 与 Elmore^[7]强调了在其附近低层外流边界的重要性。Rydell 与 Ladd^[8]的一个主要发现是: 得克萨斯南部微下击暴流风暴都是二次对流引起的, 而不是初始对流引起的。M94^[1,3]列举的几次微下击暴流也都形成于二次对流外流的边界上。

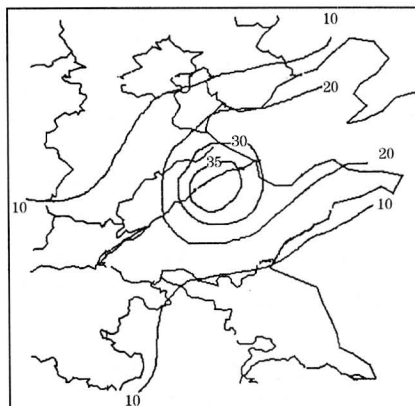


图 1 2001 年 7 月 2 日 20 时地基 WINDEX 分布图
(单位为 $m \cdot s^{-1}$)

M94^[1,3]强调, 在预报微下击暴流风暴方面, 像其他稳定度指数一样, WINDEX 也是

有局限性的。虽然在制作分析时常常出现如图1所示的大范围 WINDEX 高值区,但因没有外流边界的启动,所以不会有破坏性微下击暴流。换言之,WINDEX 只代表发生微下击暴流的潜势。

5.2 用 WINDEX 与卫星云图结合预报下击暴流

如上所述, WI 只代表微下击暴流的潜势。即使 WI 为高值区,但如果没有外流边界的启动,也不会有破坏性的下击暴流。而用卫星云图或雷达回波能确定外流边界的位置及强度。用卫星云图与 WI 的结合预报下击暴流效果较好。

7月2日卫星云图的红外通道上,伪彩增强项中对应大雨级别($TBB < -50^{\circ}\text{C}$)的范围近似为 $100\text{km} \times 100\text{km}$ 。伪彩增强是根据高空大气含水量而划分为8个级别(从晴空到特大暴雨)。当大气为不稳定时,如伪彩增强项级别高,则引起的雷暴强度大。用伪彩增强的大雨及其以上级别的边界及其范围可确定外流边界位置及其强度(图略)。

M94^[4]指出,在微下击暴流产生的雷暴中,外流边界起着非常重要的作用。如果外流边界直接移入 WI 最大值处,则下击暴流发展;相反,如果外流边界背离 WI 最大值移动,通常不会产生强的微下击暴流。根据7月2日20时30分到23时30分的卫星云图(图略)可知,21时30分外流边界到达济南的南部附近,外流边界向 WI 高值区移动。而济南机场位于 WI 为 $35\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的高值区内。根据移速和移向,判定外流边界大约22时到达本场进入 WI 的高值区内。而本场的实况显示,大风于22时10分开始出现,阵风达 $33\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,大风持续40分钟。因此,根据卫星云图与 WI 相结合,判断济南于22时左右会出现阵风达 $30 \sim 35\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的下击暴流,这与实况完全吻合。

由此个例看出,用 WI 和卫星云图伪彩增强项相结合,在微下击暴流出现前1~2小时,可发布下击暴流的临近预报。不言而喻,若真正投入业务使用,还得分析、统计大量个例。

6 小结

WINDEX 是一个新引入的指数,是为了帮助预报微下击暴流而专门设计的。它的基础是微下击暴流动力学,故有坚实的物理基础,有明确的物理意义。从本文分析的个例看出,在估计下击暴流潜势方面,在我国某些地区(例如济南附近)可能有一定用处,值得作进一步尝试。

像其他稳定度指数一样, WINDEX 也有一定的局限性,只代表发生微下击暴流的潜势。

为了得到某一地区最大加热时段微下击暴流潜势,利用预报的午后最高温度是必要的。将逐时地基 WINDEX 图跟表明外流边界位置、移动情况的卫星、雷达图结合使用,将有助于准确定位可能出现的微下击暴流。

参考文献

- 1 McCann, D. W. WINDEX—A new index for forecasting microburst potential. *Wea. Forecasting*, 1994, 9: 532—541.
- 2 Mills, G. A., and J. R. Colquhoun. Objective prediction of severe thunderstorm environments: Preliminary results linking a decision tree with an operational regional NWP model. *Wea. Forecasting*, 1998, 13: 1078—1092.
- 3 胡欣, 赵秀英, 朱立亚等. 2001: WINDEX—预报下击暴流潜势的一个新指标. 国外强对流天气的应用研究. 北京: 气象出版社, 2001: 370—377.
- 4 Purdom, J. F. W. Subjective interpretation of geostationary satellite data for nowcasting. *Nowcasting*, K. A. Browning, Ed., Academic Press, 1982: 149—166.
- 5 Wilson, J. W., and W. E. Schreiber. Initiation of convective storms by radar-observed boundary layer convergent line. *Mon. Wea. Rev.*, 1986, 114: 2516—2536.
- 6 Ladd, J. W. An introductory look at the south Texas downdraft. NOAA Tech. Memo. NWS SR-123. Scientific Services, 1989.
- 7 Read, W. L., and J. T. Elmore. Summer season severe downbursts in North Texas: Forecast and warning techniques using current NWS technology. reprints, 12th Conf. on Weather Analysis and Forecasting Amer. Meteor. Soc., Monterey, CA., 1989: 142—146.
- 8 Rydell, N. N., and J. W. Ladd. Toward a climatology of South Texas downbursts. NOAA Tech. Memo. NWS CR-102. Scientific Services Division. NWS Central Region, Kansas City, MO., 1992: 220—224.

Study of Application of WINDEX at Jinan Airport

Sun Cuiyan

(Jinan Center of Aviation Control, 250107)

Feng Guili

(Shandong Meteorological Institute)

Abstract

WINDEX is a new index presented by McCann in 1994 for the forecast of the downburst potential. Based on the analysis of a downburst event brought by severe thunderstorm on 2nd July 2001, it is found that WINDEX is a helpful index in some regions and is worthwhile to try farther.

Key Words: downburst satellite image WINDEX nowcasting