

张晶,姚文,孙丽红,等. 营口地区 3 次致灾性冰雹过程对比分析[J]. 陕西气象,2017(3):6-11.

文章编号:1006-4354(2017)03-0006-06

# 营口地区 3 次致灾性冰雹过程对比分析

张 晶,姚 文,孙丽红,白 杨,何晓东,赵晓川,杨 明

(营口市气象局,辽宁营口 115001)

**摘 要:**利用 MICAPS 实时资料、NCEP $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ 再分析资料和雷达资料等,对 2014 年 6 月东北冷涡背景下营口地区连续出现的 3 次冰雹过程进行对比分析。结果表明:3 次过程分别发生于冷涡的内部、底部和后部;3 次过程中风暴运动分别为传播主导、平流主导、平流和传播共同作用;近地面层存在逆温,湿度场呈现倒喇叭口状,即存在上干冷、下暖湿的不稳定结构,易于发生冰雹天气,同时高空是否存在湿区存在可以判断是否有强降水发生;高低空风切变大小可以影响对流风暴的发展强度和类型,3 次过程分别为普通多单体风暴、脉冲风暴和飑线;雷达反射率图上冰雹产生时反射率因子一般都要大于 60 dBz;径向速度图上低层风速的辐合预示着对流风暴的发展,并且速度图上风速辐合先于反射率图上风暴加强 2~3 个体扫发生;雷达产品中雷暴单体的特征有助于对风暴强度及其影响的分析判断,垂直液体水含量的突增预示着冰雹的产生。

**关键词:**东北冷涡;冰雹;雷达;探空图

**中图分类号:**P458

**文献标识码:**A

冰雹是辽宁地区自然灾害中影响较大的灾害性天气之一,多年来气象工作者做了大量的分析研究工作。刘晓梅等<sup>[1]</sup>分析了 1951—2008 年辽宁冰雹的时空分布特征,李红斌等<sup>[2]</sup>分析了大连地区冰雹气候特征并建立了防雹天气预警概念模型,梁群等<sup>[3]</sup>着重分析了辽宁西部冰雹时空分布特征。东北冷涡是引起辽宁地区突发性强对流天气的重要天气系统之一,在其形成、发展、持续、甚至消退期均可产生冰雹等强对流天气,关于东北冷涡背景下的冰雹天气发生、发展等也有大量的总结分析<sup>[4-6]</sup>。我国自 1999 年新一代天气雷达布网开始,对冰雹等强对流天气的监测能力有了大幅度的提高,郑媛媛等<sup>[7]</sup>利用我国第一部新一代天气雷达(安徽雷达)对 2002 年发生在安徽北部的一次经典超级单体风暴天气过程进行详细的分析,为后来

的研究者提供了参考依据。

2014 年 6 月北半球极涡呈双极型,较常年略偏强,全国有 22 省(区、市)遭受雷雨大风、冰雹袭击,其中新疆、辽宁、河北、山东、山西、陕西、甘肃和黑龙江等省(区)局部地区受灾较重<sup>[8]</sup>。营口地区 6 月多阵雨、雷阵雨天气,其中 6 月 9、10、17、18、23、24 日多次出现冰雹天气,在一个月之内先后出现 6 次冰雹天气,为历史同期罕见。其中 10、17、18 日 3 次强对流天气过程均造成多个乡镇遭受不同程度的冰雹灾害。据调查统计,3 次冰雹强对流天气过程中,大田作物受灾面积约 600  $\text{hm}^2$ ,果树受灾面积约 1 400  $\text{hm}^2$ ,经济损失达 18 700 余万元。利用 MICAPS 实时资料, NCEP $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ 再分析资料和营口多普勒天气雷达资料对 6 月 10、17、18 日 3 次致灾性冰雹过程进行对比分析。

**收稿日期:**2016-11-24

**作者简介:**张晶(1984—),女,汉族,黑龙江拜泉人,本科,工程师,主要从事天气预报分析及研究。

**基金项目:**辽宁省营口市气象局 2014—2015 年课题

### 1 冰雹实况

6 月 10 日午后,营口大石桥黄土岭镇及盖州卧龙泉、榜式堡、梁屯等乡镇出现冰雹强对流天气,局部降暴雨。最大降水量为 55.8 mm,出现在卧龙泉镇。冰雹持续时间最长 20 min 左右,直径为 1~2 cm,个别地方冰雹密度较大。

6 月 17 日午后,营口盖州陈屯镇、九寨镇 5 村出现冰雹强对流天气,局部降暴雨。最大降水量为 65 mm,出现在陈屯镇黄哨村。冰雹持续时间为 20 min 左右,直径为 2 cm 左右,个别地方冰

雹密度较大。

6 月 18 日夜间,营口全区自西向东先后出现雷雨大风、短时强降水和冰雹等强对流天气。全区降水量为 10~43 mm,最大雨强为 38 mm/h。同时营口各地都出现较强雷电,风力达 6~7 级、阵风 8~9 级,芦屯、万福、汤池等乡镇出现了冰雹。

### 2 环流背景分析

图 1 给出了 3 次过程开始前 0~12 h 的 500 和 850 hPa 环流形势图。6 月 10 日 08 时 500 hPa 天气图(图 1a),冷涡位于东北地区中南部,营口

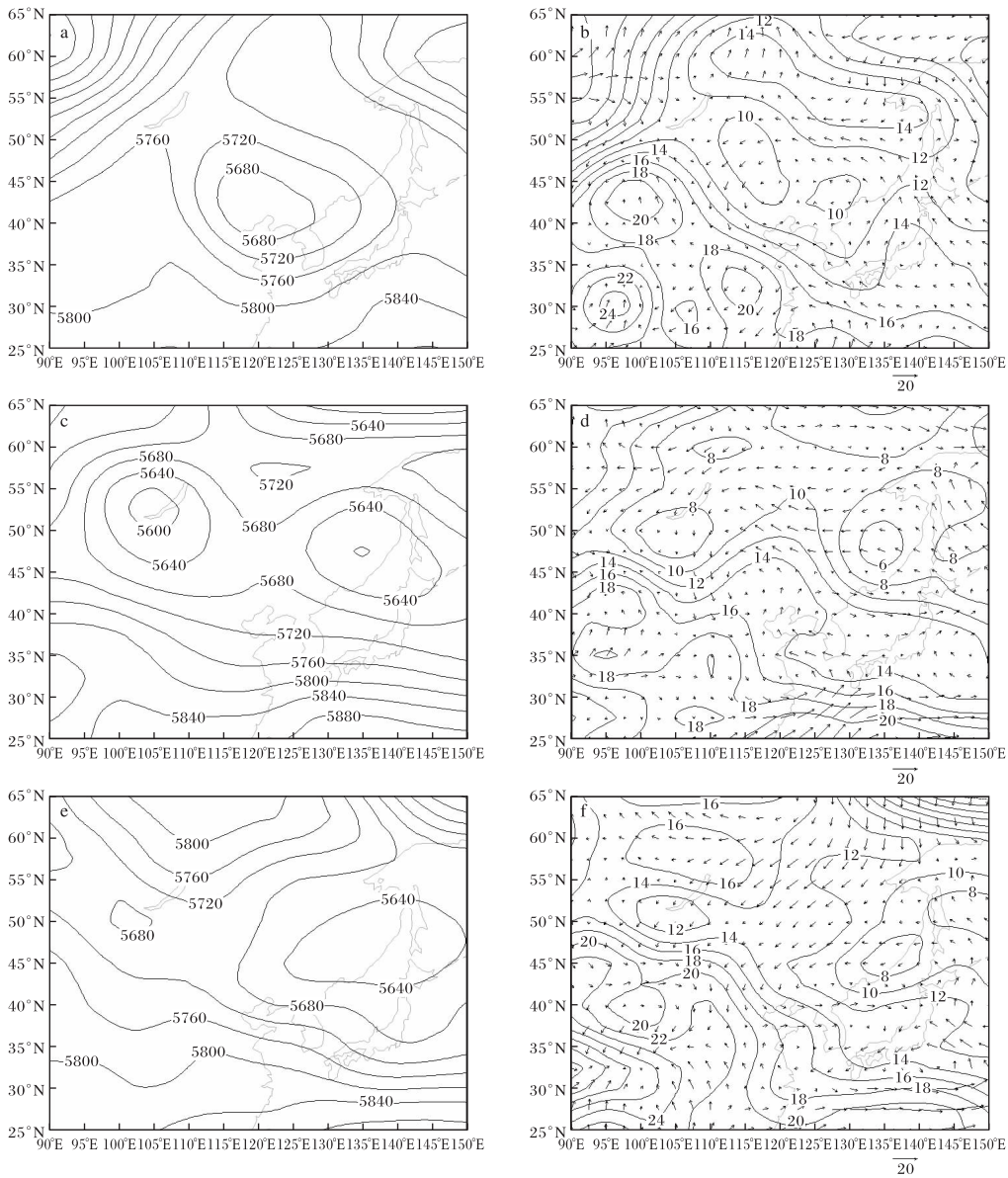


图 1 500 hPa 高度场(单位为 gpm)与 850 hPa 风场(单位为 m/s)和温度场(单位为℃;2014-06-10T08:00(a,b)、2014-06-17T08:00(c,d)、2014-06-18T20:00(e,f))

处于冷涡内部;对应 850 hPa(图 1b)营口处于冷槽后部、暖脊前部。6 月 17 日 08 时 500 hPa 天气图(图 1c),中高纬度地区被一低压带控制,并存在两个冷涡中心,一个位于黑龙江东北部,一个位于贝加尔湖附近,营口受两冷涡底部弱槽控制;850 hPa(图 1d)营口处于暖脊控制。6 月 18 日 20 时 500 hPa 天气图(图 1e),黑龙江东北部冷涡中心加强并略东移,贝加尔湖附近的冷涡减弱成低压槽,营口受暖脊前偏西气流控制;850 hPa(图 1f)营口处于暖脊前部,同时在辽宁中部存在一个低空切变线,营口地区处于切变前部,受到切变影响。

可以看出,3 次过程均与冷涡有关,但冷涡的位置和强度有所不同。6 月 10 日过程冷涡中心位置偏南,6 月 17 日和 18 日过程处于同一个系统的不同发展阶段,17 日主要受弱槽影响,18 日受低空切变线影响。3 次过程都存在上冷下暖的不稳定结构。

### 3 冰雹发生前环境场分析

营口本站无探空站,本文采用“临近流入法”确定临近探空站,这种方法要求:(1)强天气发生在探空站 400 km 范围内;(2)强天气发生在边界层(500 m)平均风矢量流入方向的 $\pm 75^\circ$ 内;(3)如果有多个探空站点符合要求,取 CAPE 值最大的那个。同时借鉴吴剑坤的研究<sup>[9]</sup>,利用探空资料中 925 hPa 风矢量作为边界层平均风矢量,仍然取符合要求的最大 CAPE 值站点作为临近探空。因此,确定利用 6 月 10 日 54662(大连)站、17 日和 18 日 54337(锦州)站的探空资料分别分析 3 次冰雹过程的环境场。从 3 次冰雹天气过程发生前的探空图(图 2)可以看出,3 次冰雹过程中环境场风速、风向和不稳定能量存在不同之处,而水汽条件存在着一定的相似之处。

#### 3.1 环境风场和传播对风暴运动的影响

通常情况下,当环境为强气流控制时,风暴运动主要取决于平流,而当对流层环境风场较弱时,传播对于风暴运动起着主导作用<sup>[10]</sup>,因而环境场的风向风速对冰雹路径有一定的影响。10 日 08 时大连探空图(图 2a)上,500 hPa 以下为偏南风,

500 hPa 以上逐渐转为偏西风,整层风力较小,此次过程对流风暴是在营口东部山区局地生成,环境场风力较弱,风暴移速较慢、持续时间长,风暴运动中传播起主要作用。17 日 08 时锦州探空图(图 2b)上,500 hPa 以下为西南风,风力较大,500 hPa 以上逐渐转为偏西风,此次过程对流风暴在大连北部生成,并向北移动进入营口地区,环境场风力较强,风暴移速快、持续时间短,风暴运动中平流起主要作用。18 日 20 时锦州探空图(图 2c)上,500 hPa 以下为偏北风,850 和 500 hPa 风力较大,500 hPa 以上逐渐转为偏西风,此次过程对流风暴在辽西生成并加强成飑线,向东南方向移动,移动过程中(自西北向东南方向)影响营口大部分地区,环境场风力较强,风暴移速快、出现时间长,风暴运动中平流和传播均起到明显作用。

#### 3.2 不稳定能量对风暴发展强度的影响

10 日 08 时大连探空图 CAPE 值为 19 J/kg,较小,天气较为稳定,但上午天气晴朗,阳光较好,温度较高,山区不稳定能量得到积蓄,触发午后热对流的产生。17 日 08 时锦州探空图上 CAPE 值为 1 126 J/kg,能量条件较好,存在一定程度的不稳定性,从上午开始辽南大部分地区有弱对流生成,一直持续到下午。18 日冰雹过程发生在前半夜,因此选取 18 日 20 时的探空图。按照上文探空站的选取方法,应该选择锦州站,但由于辽西地区 18 日 20 时前对流已经发展,不稳定能量释放,此时探空图上的 CAPE 值较小为 121.4 J/kg,而 20 时营口地区的对流还没有开始,因而该站 CAPE 值并不能准确代表营口的不稳定能量。18 日白天营口地区天气晴好,不稳定能量得到积蓄,当风暴从辽西地区移到营口地区时不稳定能量释放促使风暴进一步发展。

#### 3.3 湿区的存在有利于短时强降水的产生

在 3 次冰雹过程的探空图中,露点温度线都有一个共同的特点,即呈现倒喇叭口状(温度露点差较大,存在干区),有利于冰雹的产生。同时 3 次过程都在近地面层和 700~500 hPa 存在湿区,因此相应的 3 次过程中都存在短时强降水。

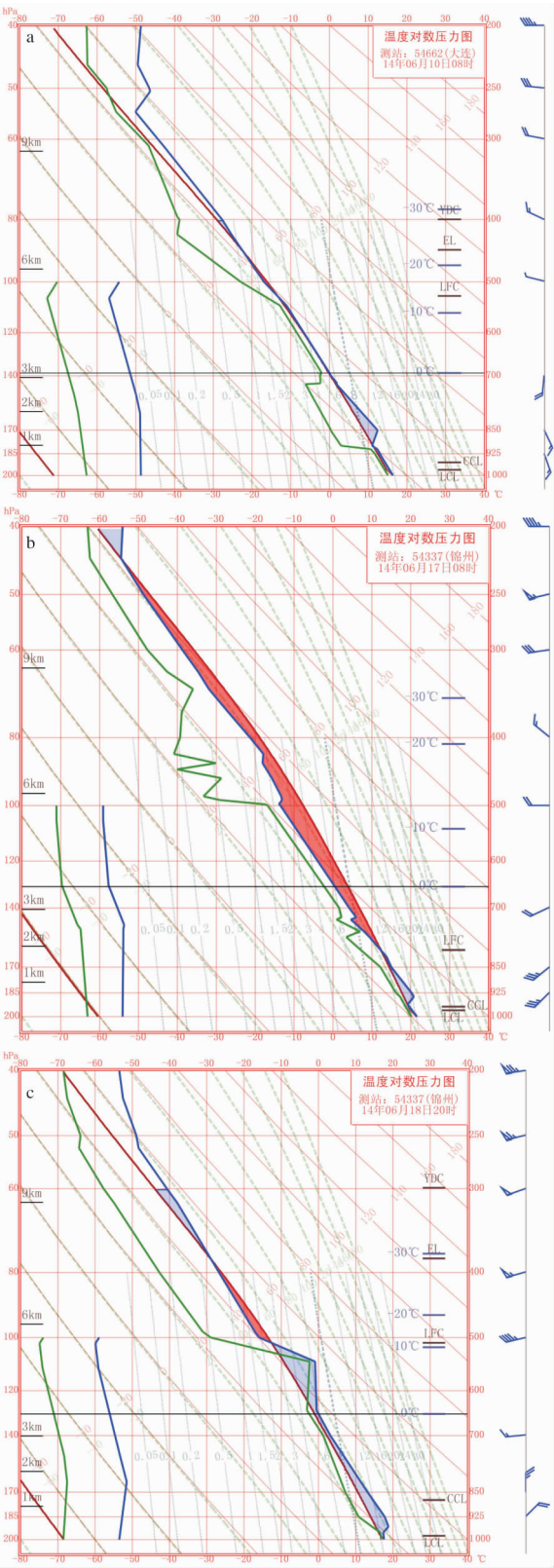


图 2 2014 年 6 月 10 日(a)、17 日(b)、18 日(c)探空图

4 雷达特征分析

结合环境场的垂直风切变,对 3 次冰雹过程

的雷达特征进行分析。

4.1 3 次冰雹过程的风暴类型

10 日 11:40,营口东部黄土岭地区开始出现块状回波;12:01 径向速度图上,黄土岭出现风向的辐合;12:13 位于黄土岭的块状回波迅速加强;12:40 根据实况监测,黄土岭地区出现冰雹,之后速度图上黄土岭、楞式堡、石门水库等地出现辐合,反射率图上回波范围迅速扩大;13:30 左右,在 1.5°仰角的反射率因子和径向速度图上均出现阵风锋并向西北方向移动。整个过程中,反射率因子最强达到 63 dBz,强回波持续 7 h 左右。从 12:37 黄土岭对流风暴反射率因子的剖面图(图 3a)可以看到,回波顶伸展到 11 km 左右,强回波位于 2~6 km,强风暴没有发生倾斜,从探空图(图 2a)可以看出,环境场中有弱的垂直风切变。根据以上几点特征,可以判定此次产生冰雹的风暴为弱垂直风切变中的普通多单体风暴<sup>[10]</sup>。

17 日 13:00,陈屯、九寨等地区有弱对流影响;13:30,大连北部与营口边界有块状回波生成北移,初始高度为 6.5 km;14:02,径向速度图上九寨附近出现速度辐合;14:08,速度辐合达到最强,整个速度辐合过程持续 4 个体扫之后减弱。与速度图对应的反射率图上,14:14 回波开始加强,14:22 达到最强,强回波也持续 4 个体扫,之后迅速减弱消失。整个过程中,反射率因子最强达到 65 dBz,并在九寨和陈屯之间徘徊 6 个体扫,造成该地区冰雹和短时强降水天气。从 14:14 陈屯、九寨产生冰雹时对流风暴反射率因子的剖面图(图 3b)可以看出,对流风暴发展比较旺盛,回波顶高达到 12 km 以上,强回波从 2 km 延伸到 7 km,强度在 60 dBz 以上,强回波中心在 5 km 左右(对应环境场为-10℃左右),高低层的强回波中心均处于同一地点,即不存在偏移现象。结合探空图(图 2b)可以看出,环境场中有弱的垂直风切变,且存在较厚的底层湿层。根据以上几点特征,可以判定此次产生冰雹的风暴为弱垂直风切变中的强风暴——脉冲风暴<sup>[10]</sup>。

18 日午后,辽宁西部和北部有大量块状回波生成,18:00 块状回波逐渐合并加强,并向东南方



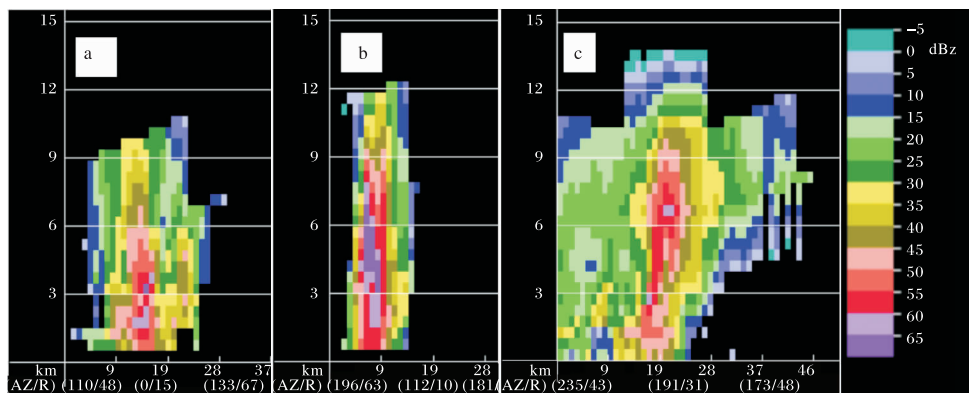


图3 2014年6月10日12:37(a)、17日14:14(b)、18日20:33(c)营口雷达反射率因子垂直剖面图

向移动,在营口地区形成东北西南方向的带状回波,其长宽比大于5:1,组织性很好;速度图上在风暴前进方向的前部可以看到明显的风向辐合带,同时有明显的风速大值中心。21:27,同一位置反射率图上出现了强回波,回波强度达到63 dBZ。带状回波从西北至东南影响整个营口,之后逐渐减弱,整个过程持续6 h左右。从18日20:33万福产生冰雹时对流风暴反射率因子剖面图(图3c)可以看出,高低空的强回波垂直方向不在同一地点,即风暴呈倾斜状态,低层有弱回波区,中高层有悬垂回波结构,结合探空图(图2c)可知,环境场中有较强的垂直风切变。根据以上几点特征,可以判定此次产生冰雹的风暴为中等到强垂直风切变环境中的多单体风暴——飏线<sup>[10]</sup>。

在上述3次过程中,速度图风速辐合均先于反射率因子加强2~3个体扫,即速度辐合的发生预示着风暴的发展加强。

#### 4.2 风暴单体特征分析对冰雹发生的指示作用

对流风暴一般是由一个或多个处于不同发展阶段的风暴单体组成,雷达可以识别出风暴单体的相关特征,分析这些特征有助于对风暴强度及其影响做出判断。

从风暴顶发展高度(图略)来看,10日在卧龙泉产生冰雹的对流单体和17日在陈屯产生冰雹的对流单体初始阶段风暴顶高度都在6 km以下,之后风暴迅速发展,在最强时刻风暴顶均超过10 km,接近12 km。18日影响营口市区的风暴单体由于距离雷达较近,处于雷达静锥区,可探测

高度较小,18日影响万福的单体由于风暴是持续发展的,所以风暴顶高度较长时间维持在10 km以上。从最大反射率因子来看,18日影响营口市区的风暴单体主要产生短时强降水,未发生冰雹,其反射率因子强度维持在50 dBZ左右,而产生冰雹的3个单体其最大反射率因子均在产生冰雹时刻有明显的增加,达到60 dBZ以上。从冰雹概率和垂直液态水含量随时间变化对比来看,两者有较好的对应关系,当垂直液态水含量明显增大时冰雹发生的概率也明显增大,17日过程中表现的尤为明显,而18日影响营口市区的短时强降水单体的垂直液态水含量变化幅度较小,且数值较小,始终在20 kg/m<sup>2</sup>以下。

#### 5 结论

对东北冷涡背景下,2014年6月10、17、18日发生在营口的3次冰雹过程对比分析,得到以下结论。

(1)东北冷涡背景下极易发生冰雹天气,3次过程分别发生在冷涡的内部、底部和后部。

(2)平流和传播是影响风暴运动的主要因素,3次过程中风暴运动分别为传播主导、平流主导、平流和传播共同作用。结合环境场的垂直风切变特征和雷达特征,3次过程分别为普通多单体风暴、脉冲风暴和飏线。

(3)近地面层存在逆温,湿度场呈现倒喇叭口状,即存在上干冷、下暖湿的不稳定结构,易于冰雹天气发生。同时空中是否有湿区存在可以判断是否有短时强降水的发生。

(4)就产生冰雹的雷暴单体而言,反射率因子图上,产生冰雹时反射率因子一般都大于60 dBz;在雷达径向速度图上,低层风速的辐合预示着对流风暴的发展,并且速度图风速辐合先于反射率图风暴加强2~3个体扫发生;关于雷暴单体的特征,雷达产品有助于对风暴强度及其影响的分析判断,垂直液体水含量的突增预示着冰雹的产生。

参考文献:

[1]  刘晓梅,李晶,戴萍,等. 1951—2008年辽宁冰雹的时空分布特征[J]. 气象与环境学报,2009,25(5): 24-26.

[2]  李红斌,孙鸿雁,程相坤,等. 大连地区冰雹气候特征及防雷天气预警概念模型[J]. 高原气象,2010, 29(6):1565-1570.

[3]  梁群,张国林,吴晓华. 辽宁西部冰雹时空分布特征分析[J]. 农业灾害研究,2013,3(6):32-34.

[4]  施望芝,金琪. 湖北一次冰雹天气过程的落区诊断分析和预报[J]. 热带气象学报,2004,20(2):212-217.

[5]  李云静,张建春,王捷纯,等. 一次冷涡背景下强对流不稳定条件的成因分析[J]. 气象,2013,39(2): 210-217.

[6]  方纯纯,关春玲. 东北冷涡内部中尺度涡旋引起的冰雹天气数值模拟[J]. 气象与环境学报,2014,30 (1):8-14.

[7]  郑媛媛,俞小鼎,方翀,等. 一次典型超级单体风暴的多普勒天气雷达观测分析[J]. 气象学报,2004, 62(3):317-328.

[8]  关月,何立富. 2014年6月大气环流和天气分析[J]. 气象, 2014,40(9):1159-1164.

[9]  吴剑坤. 我国强冰雹发生的环境条件和雷达回波特征的初步分析[D]. 北京:中国气象科学研究院, 2010:11-17.

[10]  俞小鼎,姚秀萍,熊廷南,等. 多普勒天气雷达原理与业务应用[M]. 北京:气象出版社,2006.

《陕西气象》2015 年度优秀论文和好文章

优秀论文

近海台风影响下陕北两次区域性暴雨对比分析  
    … 马晓华,梁生俊,井  宇,胡  皓,卫  玮

WRF 模式对宝鸡地区 2013 年夏季温度和降水预  
报的评估检验 …… 韩  洁,庞  翻,陈卫东

秦岭地区水源涵养能力评估 ……  
    …………… 卓  静,何慧娟,王  娟

基于 GIS 和 RS 的西安、咸阳城市扩展特征研究  
    …………… 王  娟,卓  静,何慧娟

2013 年冬季宝鸡重度雾霾污染分析 … 孟妙志,  
卢  晔,王仲文,张向荣,韩  洁,庞  翻,朱筱娟

热力散度垂直通量在延安强降水过程中的诊断分  
析…………… 李萍云,王  楠,屈丽玮,赵  强

好文章

陕西智慧气象建设行动框架探讨 ……

…………… 齐军岐 ,李社宏,陈  力

公路典型环境对气温观测的影响分析 ……  
    …………… 李亚丽,

薛春芳,郭江峰,周  林,李崇福,毛明策,龙亚星

关中地区对流性降水雨滴谱特征分析 ……  
    …………… 宋嘉尧,罗俊颀,梁  谷,王天祥

FY-3 VIRR 数据在陕西省干旱监测中的应用  
    …………… 王卫东,赵青兰,权文婷

铜川市空气污染气象条件分析 ……  
    …………… 孙田文,张淑敏,吴  宁,戎鸿兴

关中夏玉米生育期气象干旱特征分析 ……  
    …………… 李红梅,范建忠

丹凤县气象机构综合改革的探索与思考 ……  
    …………… 瑚  波