

河南省一次人工增雨作业分析

白婷¹, 刘谦¹, 吴奕霄² (1. 河南省人工影响天气中心, 河南郑州 450003; 2. 江苏省气候中心, 江苏南京 210000)

摘要 利用欧洲预报场、GRAPES 模式预报及雷达等资料, 分析 2017 年 4 月 4 日河南省人工影响天气中心开展的一次人工增雨作业过程。结果发现, 低槽东移是此次降水的主要影响系统; 此次过程全省大部分地区均有过冷水存在, 北部、中部垂直累积过冷水含量较高, 中部地区作业潜力最好; 增雨作业结束后 30 min, 作业区及下风向回波增强, 30 dBZ 以上强回波区范围增大; 比较对比区降水量, 增雨效果显著。

关键词 人工增雨; 作业潜力; 增雨效果
中图分类号 S423+.9; P481 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)34-0185-04

Analysis of an Artificial Precipitation Enhancement Operation in Henan Province
BAI Ting¹, LIU Qian¹, WU Yi-xiao² (1. Weather Modification Center of Henan Province, Zhengzhou, Henan 450003; 2. Jiangsu Climate Center, Nanjing, Jiangsu 210000)

Abstract By employing the European forecast field, GRAPES model forecast and radar data, the artificial precipitation enhancement operation which carried out by the weather modification center of Henan Province on April 4, 2017 was analyzed. The results showed that the low trough eastward was the main influence system of this precipitation. Most areas of the province had subcooled water. The vertical accumulated supercooled water content in the north and middle was higher, and the central region had the best operating potential. After 30 min of rainfall operation, the echo of operation area and downwind enhancement. The range of strong echo area above 30 dBZ was increased. Compared with the affected areas, the effect of rainfall enhancement was remarkable.

Key words Artificial precipitation enhancement; Operation potential; Effect of precipitation enhancement

河南位于中国中东部、黄河中下游, 占地 16.7 万 km², 是国家重点粮食生产核心区, 其小麦产量占全国的 1/4, 粮食总产量占全国的 1/10, 在保障国家粮食安全中占有重要地位。河南属于暖温带大陆性季风气候, 春季干旱多风沙, 是水资源严重匮乏地区之一, 也是干旱、冰雹多发地区, 素有“十年九旱”之称^[1-3]。为缓解河南旱情, 保障河南粮食早涝保收, 河南省人工影响天气中心每年春、秋冬季开展飞机增雨作业。2017 年 4 月 4 日河南省人工影响天气中心成功组织了一次飞机增雨作业, 有效地缓解了当地旱情, 为保障小麦等农作物正常生长提供了帮助。笔者利用欧洲预报场、GRAPES 模式预报和雷达等资料, 分析此次人工增雨作业过程。

1 需求分析

4 月小麦正处于拔节期, 需要充足的水分, 缺水不利于小麦生长发育, 有可能会减少小麦穗数, 导致产量下降, 严重时甚至会使麦穗抽不出来, 直接减产或不产^[4-5]。因此, 注意土壤墒情, 为小麦提供适当的水分, 对于提高小麦产量至关重要。

2017 年 4 月 2 日 08:00 河南省气象干旱综合监测图(图 1)显示, 河南省西北部、西南部、中部和东部等地均出现干旱, 局部出现中旱到重旱, 其中济源、平顶山、南阳等地区出现重旱, 急需一场降水缓解旱情, 最大限度地降低干旱造成的损失。

2 天气形势分析

根据欧洲中心预报场分析, 4 月 4 日 08:00, 500 hPa 有一

低槽位于河南省西部边缘地区, 700 hPa 有一低槽位于陕西至重庆一线, 低层有西南急流将水汽输送到河南, 为降水提供有利的水汽条件(图 2)。受低槽东移影响, 预计 4 月 4 日河南省将有一次大范围降水过程。

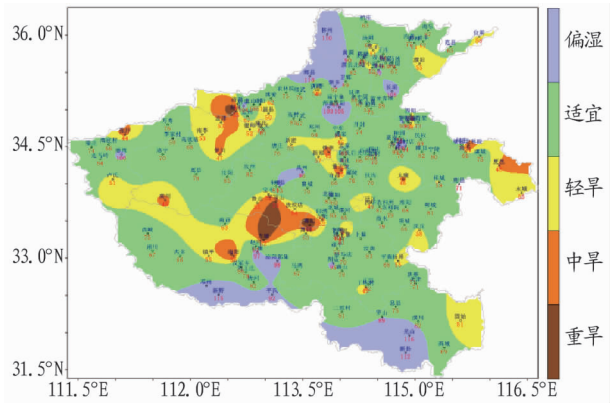


图 1 2017 年 4 月 2 日 08:00 河南省气象干旱综合监测
Fig.1 Meteorological drought monitoring of Henan Province at 08:00 on April 2 in 2017

3 模式预报

3.1 云带及垂直累积过冷水 根据中国气象局推行的中部区域人影联合作业指挥系统(CPAS)的 GRAPES 模式预报场, 分析发现, 4 月 3 日 20:00—4 日 20:00 有降水云系将陆续影响河南省大部分地区, 云系为层状云, 自西向东移动, 受其影响, 全省大部分地区将有一次降水过程。4 日 08:00, 全省大部分地区已被云系覆盖, 其中西部及黄河以北地区垂直累积过冷水含量较高。11:00, 云系东移, 过冷水分布区域增大; 17:00, 云系继续东移, 主要影响北部、中部、东部、南部地区, 过冷水分布区域减小, 主要分布在京广线一带。11:00 和 17:00 中部地区平顶山、许昌等一带均为过冷水极大值区。典型时刻云系分布特征如图 3。

基金项目 河南省气象局科研项目(Z201508)。
作者简介 白婷(1989—), 女, 内蒙古巴彦淖尔人, 助理工程师, 硕士, 从事人工影响天气研究。
收稿日期 2017-06-23

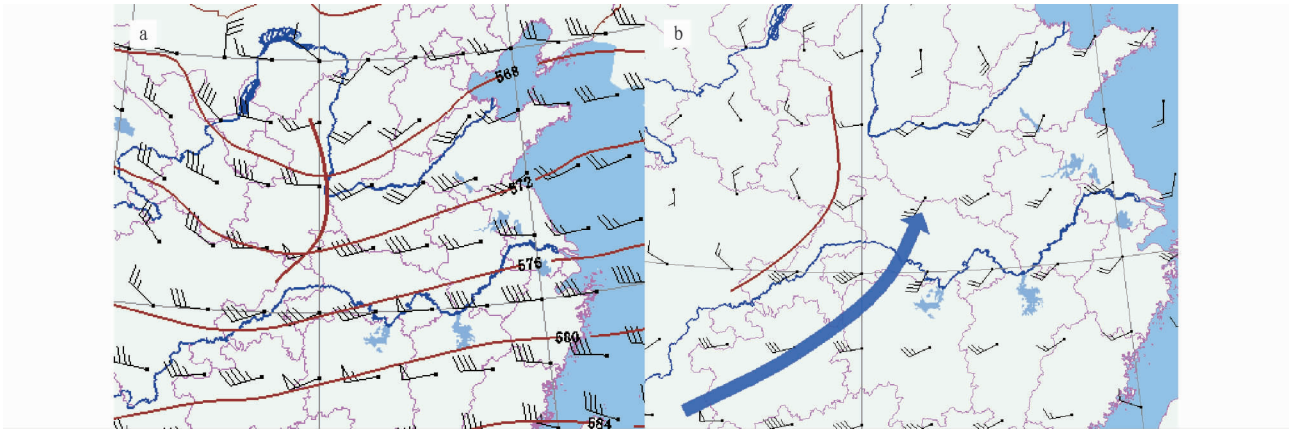
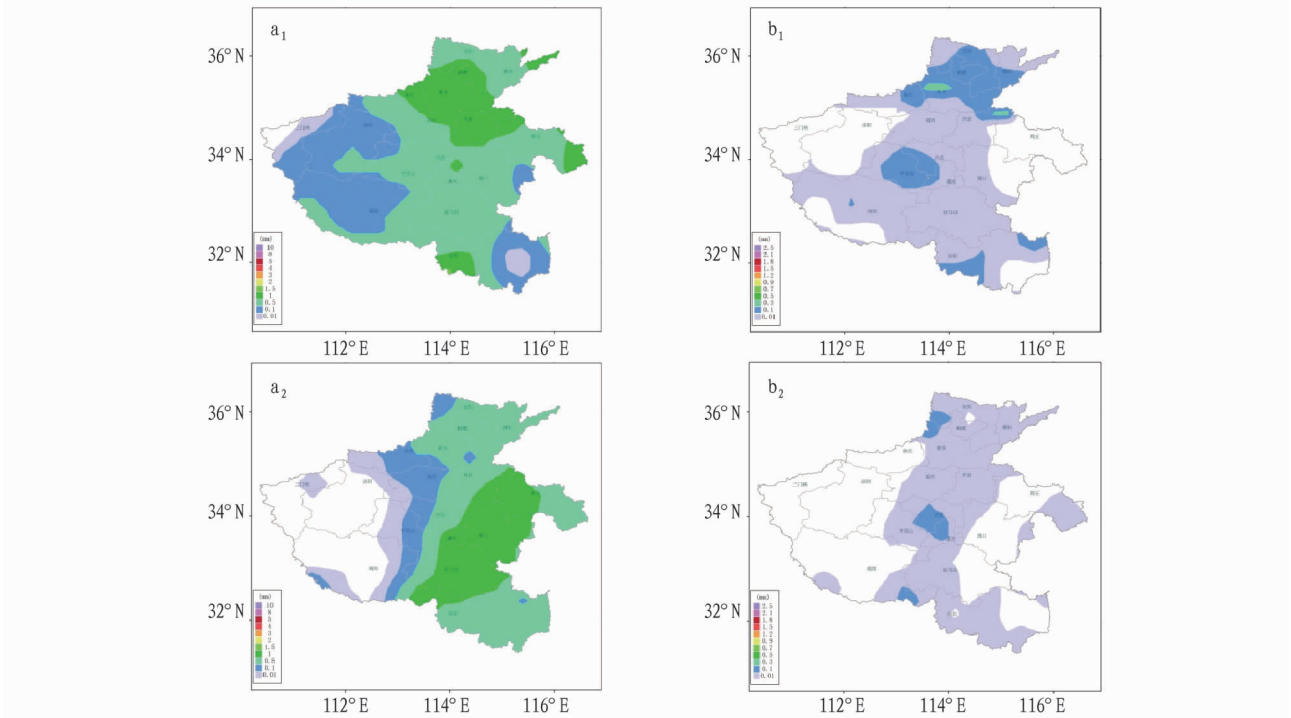


图2 2017年4月4日08:00 500 hPa (a)和700 hPa (b)高空形势场

Fig.2 Configuration of 500 hPa (a) and 700 hPa (b) high – altitude situation field at 08:00 on April 4 in 2017



注: a₁、b₁ 为 11:00; a₂、b₂ 为 17:00

Note: a₁、b₁ . 11:00; a₂、b₂ . 17:00

图3 2017年4月4日云带(a)和垂直累积过冷水(b)分布

Fig.3 Distribution of cloud band (a) and vertical accumulated supercooled water (b) on April 4 in 2017

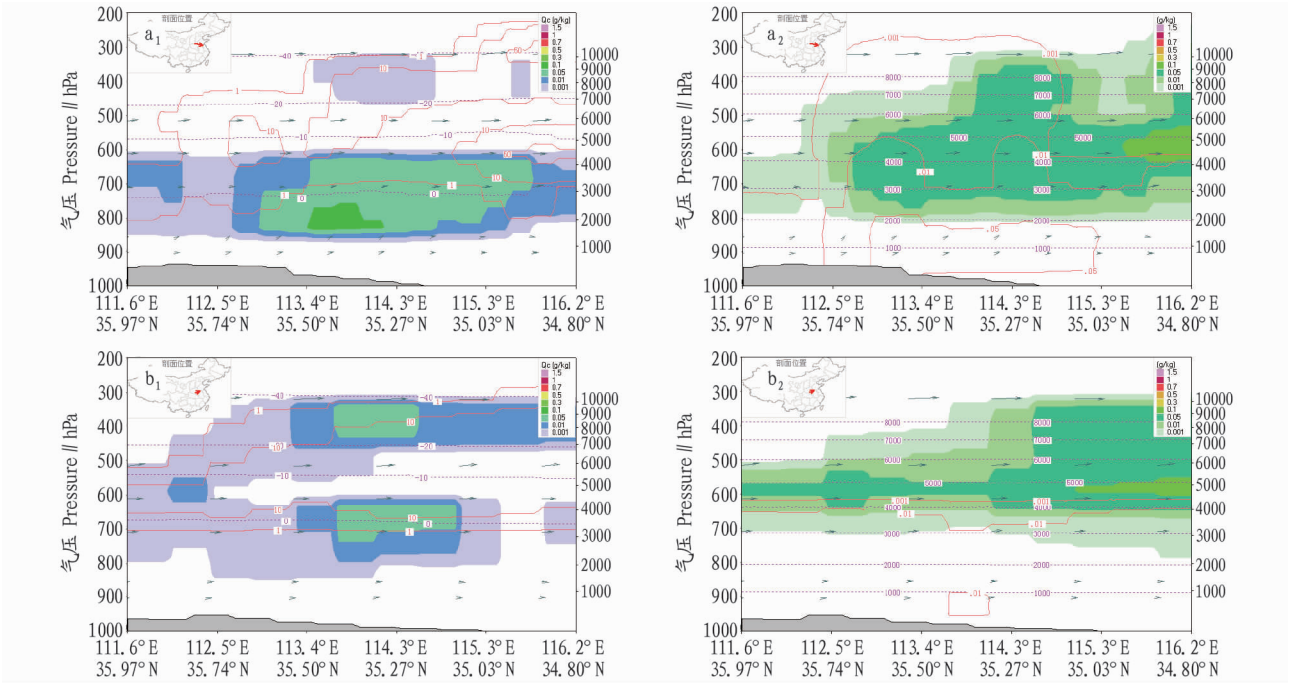
3.2 云系垂直剖面 冷云催化原理是通过催化剂引入人工冰晶将云中过冷水转化为降水^[6],因此,过冷水的多少、垂直方向分布情况对于实施人工增雨至关重要。此次过程垂直累积过冷水在河南省北部、中部分布较多,分别对4日11:00河南省中部、北部地区云系做剖面,分析其云垂直结构。结果发现,中部地区云系具有冷暖混合云结构,过冷水和暖云水含量都比较丰富。云底高度约1.2 km,云顶高度约10 km,雪霰粒子在2 km以上均有分布,过冷水主要存在于0 ~ -7℃层(图4a、4b)。北部云系同样具有冷暖混合云结构,但过冷水分布中间出现夹层,云底1.2 ~ 1.5 km,过冷水主要出现在0 ~ -5℃以及-10 ~ -40℃层,冰晶数浓度小于10个/L(图4c、4d)。相比较,中部地区作业条件比北部更

有利。

综合以上分析判断,受低槽东移影响,4月4日将有一次降水过程,云系具备“催化-供给”结构,适合开展冷云催化作业,全省大部分地区均具备作业潜力,其中中部地区作业潜力最好。

4 增雨过程

4.1 作业日云系实况 云监测反演分析显示(图5a),4日08:00,河南省已被云系覆盖,云系自西向东移动,云顶温度大部分地区最低约为-30℃,这与GRAPES模式预报的一致,说明了模式预报的准确性。从4日08:00南阳雷达回波(图5b)可以看出,雷达回波较强,发展的云系已开始影响南阳,南阳地区已有降水形成。



注: a₁、b₁ 为云水(填色阴影)、冰晶(红色等值线)、等温线(紫色等值线); a₂、b₂ 为雪 + 霰(填色阴影)、雨(红色等值线)、等高线(紫色等值线)

Note: a₁、b₁ were cloud water(colour filling), ice crystals(red isoline), isotherms(purple contours); a₂、b₂ were snow and sleet(colour filling), rain(red isoline), contour(purple contours)

图 4 2017 年 4 月 4 日 11:00 河南省北部(a)和中部(b)云系垂直剖面

Fig. 4 Cloud vertical profiles in northern (a) and central (b) Henan Province at 11:00 on April 4 in 2017

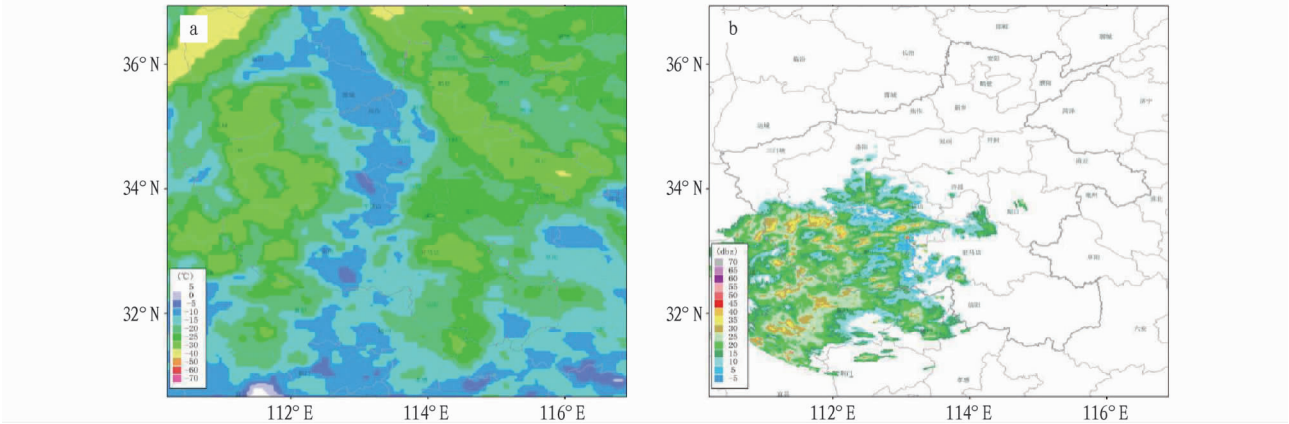


图 5 2017 年 4 月 4 日 08:00 卫星反演云顶温度(a)和南阳雷达回波(b)

Fig. 5 Cloud top temperature retrieval by satellite (a) and Nanyang radar echo (b) at 08:00 on April 4 in 2017

4.2 作业方案及飞行实况 根据天气资料、云图和雷达资料分析,河南省人工影响天气中心内场指挥人员给出航线设计,即新郑机场—鲁山—叶县—汝州—平顶山—登封—西昌—新密—新郑机场(图 6a)。飞机起飞时间为 4 月 09:24,降落时间为 11:37,飞机当天实际飞行作业航线如图 6b 所示。

4.3 作业效果

4.3.1 雷达回波分析。目前在人工影响天气效果检验方面,利用雷达观测已是评定人工增雨效果分析的有效方法之一^[7-9]。利用驻马店雷达观测飞机作业及下风向区域雷达回波,检验此次人工增雨效果。结果发现,飞机降落时(图

7a),云层的回波强度大多为 20 dBz 左右,只有东部有小块回波强度为 30 dBz,作业结束后 30 min(图 7b),作业区开始出现小范围 30 dBz 强回波,随后 30 dBz 以上强回波区范围逐渐增大,强度增强(图 7c、d),到 13:04 作业区大部分地区及下风向区域均出现了 30 dBz 以上的强回波(图 7e),这是因为催化剂随着风向移动,在下风向区域发生催化作用,达到了增雨效果。

4.3.2 降水量分析。以催化剂播撒扩散的范围确定影响区位置,由于风向为自西向东,因此,选取影响区上游,即影响区的西侧作为对比区(图 8)。计算作业影响区与对比区降水量发现,作业影响区的平均雨量为 2.31 mm,对比区的平均雨量为 0.61 mm,增雨率高达 278.69%,增雨效果显著。

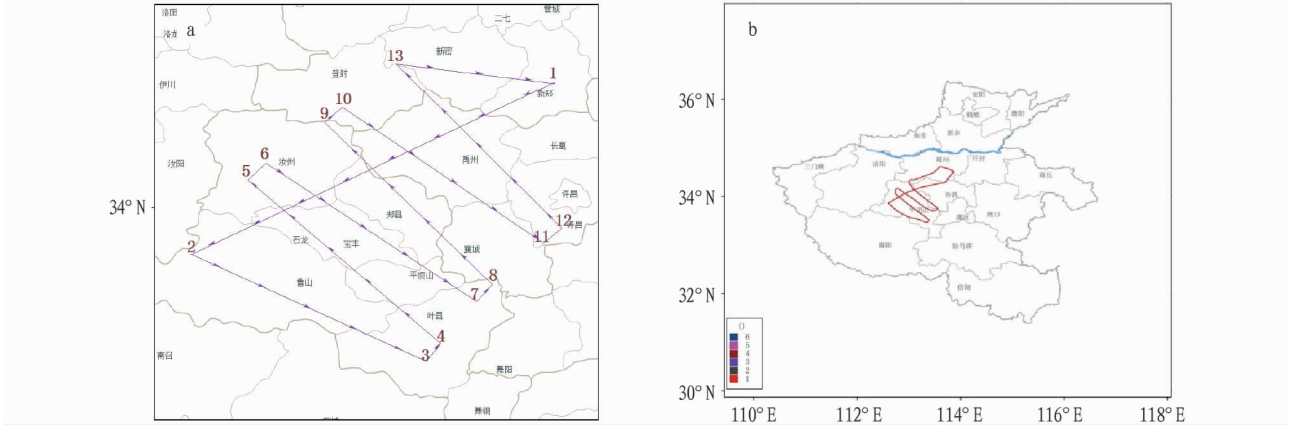
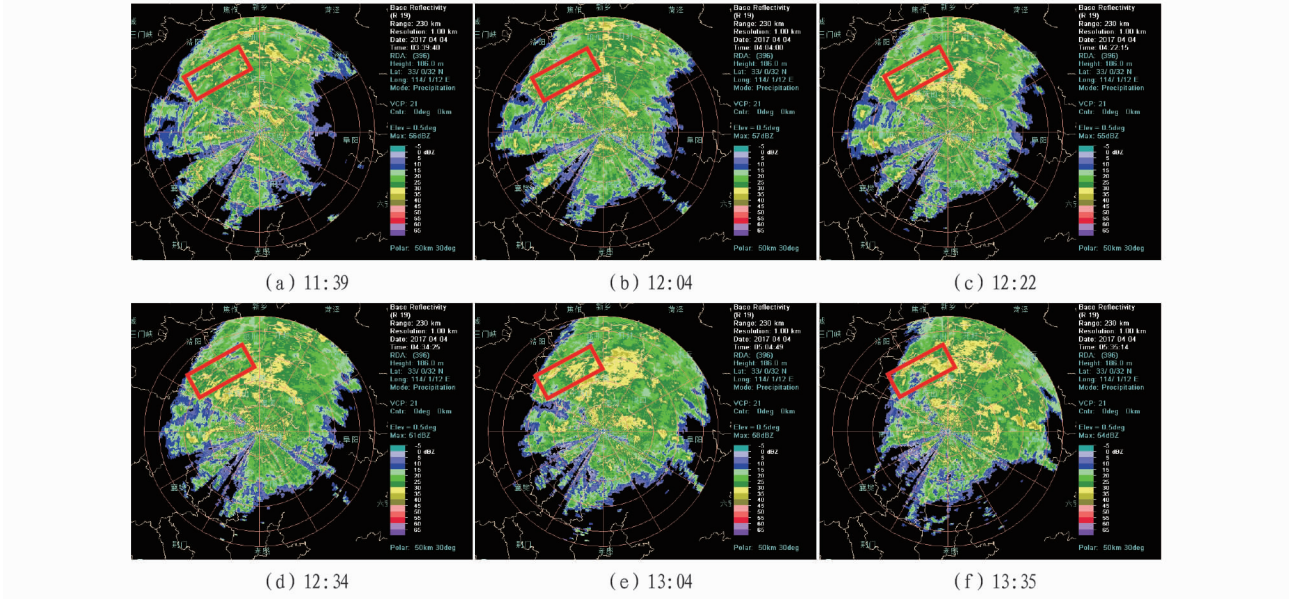


图 6 2017 年 4 月 4 日飞机增雨设计航线(a)和实际作业飞行航迹(b)

Fig. 6 The artificial precipitation route (a) and the actual aircraft flight (b) on April 4 in 2017



注:图中红框代表作业区域
Note:the red box in the picture represents the work area

图 7 2017 年 4 月 4 日飞机作业后 2 h 驻马店雷达组合反射率

Fig. 7 Radar combination reflectivity after the aircraft operations two hours in Zhumadian on April 4 in 2017

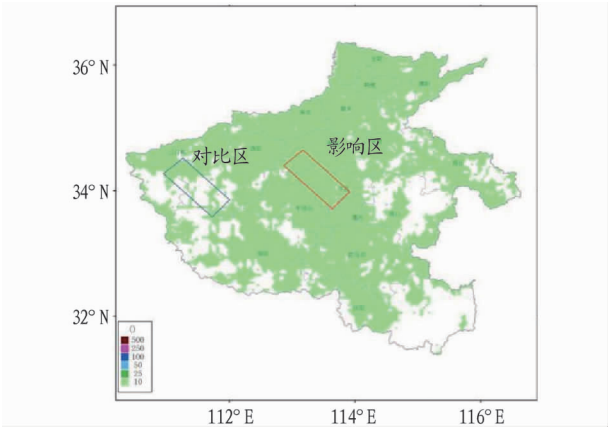


图 8 作业影响区与对比区的选取

Fig. 8 Selection of operation influence area and contrast area

5 结论

(1)受低槽东移影响,2017 年 4 月 4 日河南省自西向东

有一次大范围降水过程,降水性质为较稳定的层状云降水。
(2)此次降水过程全省均存在过冷水,其中北部、中部垂直累积过冷水含量较高,大部分地区都具备作业潜力,中部地区作业潜力最好。
(3)多普勒雷达回波显示,增雨作业结束后 30 min,作业区及下风向开始出现 30 dBz 以上强回波,范围逐渐增大,强度增强。
(4)作业影响区平均雨量为 2.31 mm,比较对比区,增雨率高达 278.69%,增雨效果显著。
(5)适时开展人工增雨作业可以有效增加降水,缓解土壤旱情,保障小麦等农作物的正常生产。

参考文献

[1] 付祥建, 刘伟昌, 刘忠阳, 等. 河南省气候概况及农业气象灾害[J]. 河南气象, 2006, 40(3): 64-66.

(下转第 210 页)

土地生态安全状况发生了显著变化。其中,2008 和 2009 年土地生态安全综合值较低,均为负值,处于极不安全的 V 级;2008—2009 年土地生态安全值有所下降,为这一阶段的最低点,其主要原因在于人均水资源、水土协调度和森林覆盖率等反映土地质量状态的正向指标偏低,不利于土地资源的可持续利用,表明此期间长春市的土地生态状况较差。2009—2012 年土地生态安全值增长迅速,上升幅度较大,土地生态安全等级逐年提升,表明在此期间长春市的土地生态安全状况改善显著,其原因主要在于人均耕地、耕地面积比重等土地资源数量的正向指标的增加,农业发展良好,耕地保有量攀升;同时人口增长率和人口密度的下降对土地生态系统的承载和供给压力有所缓解。2012—2014 年土地生态安全值平稳上升,随着社会经济的发展、人们对生态环境问题的日渐重视和政府对于环境治理的投入,人均 GDP、环保投资占 GDP 比重等正向指标不断增加,土地生态环境问题得到逐步改善,2014 年土地生态安全综合值已涨至 0.9169,达到理想安全的 I 级,表明土地生态状况较为良好。总的来说,2008—2014 年长春市的土地生态安全状况总体上处于波动性上升、2009 年后持续好转的趋势。

3 结论与讨论

(1) 对 2008—2014 年长春市土地生态安全评价的实证分析表明,运用主成分分析法能够很好地消除重复信息,对多维指标变量系统进行降维处理,得出能够反映土地生态安全水平的综合指标,同时以不同主成分因子的特征向量和贡献率来确定指标权重,避免了人为赋值法的主观臆断性,在一定程度上提高了综合评价的质量,在保证研究精确度的前提下提高了研究效率。基于主成分分析法能够实现对土地生态安全水平的综合评价。

(2) 研究结果表明,2008—2014 年长春市的土地生态安全变化趋势分为 3 个时期:2008—2009 年为下降期;2009—2012 年为迅速增长期;2012—2014 年为平稳上升期;总体呈现波动递增的趋势,土地生态环境安全状况改善显著,土地生态安全等级由极不安全的 V 级转变至理想安全的 I 级,处于良好发展阶段。人均耕地面积的富足,社会经济发展水平的提高,环保投资力度的增强是长春市土地生态安全状况改

善的主要因素;同时,化肥和农药施用量的增加造成了土地污染的加重,对长春市土地生态安全的健康发展有所制约。

(3) 在今后长春市土地资源可持续利用的进程中,土地利用结构的优化和土地利用质量的提高是土地资源健康发展的重要方向。政府应不断优化区域产业结构,加大农业技术发展的投资,引进新型科技和技术型人才,鼓励发展绿色农业,引导规范土地利用活动。与此同时,政府还需制定并实行有效的人口政策,以防人口增长过快带来的土地承载压力;加大环境保护宣传和投资力度,提高人们的生态环境保护意识。

参考文献

- [1] 张松男. 吉林省四平市土地生态安全评价研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2013:1.
- [2] 张茹,戴文婷,刘兆顺,等. 我国北方农牧交错区土地生态安全评价:以白城市为例[J]. 水土保持研究,2017,24(2):259-266.
- [3] 许国平. 中国土地资源安全评价研究进展及展望[J]. 水土保持研究,2012,19(2):276-279,284.
- [4] 余敦,陈文波. 基于物元模型的鄱阳湖生态经济区土地生态安全评价[J]. 应用生态学报,2011,22(10):2681-2685.
- [5] 孙奇奇,宋戈,齐美玲. 基于主成分分析的哈尔滨市土地生态安全评价[J]. 水土保持研究,2012,19(1):234-238.
- [6] 黄海,刘长城,陈春. 基于生态足迹的土地生态安全评价研究[J]. 水土保持研究,2013,20(1):193-196,201.
- [7] 李玲,侯淑涛,赵悦,等. 基于 PSR 模型的河南省土地生态安全评价及预测[J]. 水土保持研究,2014,21(1):188-192.
- [8] 杨春红,张正栋,田楠楠,等. 基于 P-S-R 模型的汕头市土地生态安全评价[J]. 水土保持研究,2012,19(3):209-214.
- [9] 韩小孩,张耀辉,孙福军,等. 基于主成分分析的指标权重确定方法[J]. 四川兵工学报,2012,33(10):124-126.
- [10] 张鹏. 基于主成分分析的综合评价研究[D]. 南京:南京理工大学,2004:5.
- [11] 张镱,杨柳. 基于主成分分析的贵阳市土地生态安全评价[J]. 农村经济与科技,2017,28(1):25-29.
- [12] 王鹏,倪福民,邓育武,等. 基于主成分分析的衡阳市土地生态安全评价[J]. 经济地理,2015,35(1):168-172.
- [13] 杜忠潮,韩中山. 基于主成分分析的土地生态安全评价实证研究:以陕西省 10 个省辖市为例[J]. 水土保持通报,2009,29(6):198-202.
- [14] 王惠勇,曲衍波,郑晓梅,等. 主成分分析法在城镇土地生态安全评价中的应用:以山东省临沂市为例[J]. 安徽农业科学,2007,35(15):4614-4617.
- [15] 长春市统计局. 长春统计年鉴:2009—2015[M]. 北京:中国统计出版社,2015.
- [16] 吉林省统计局. 吉林统计年鉴:2009—2015[M]. 北京:中国统计出版社,2015.
- [17] 孙晶,杨文霞,周毓荃. 河北一次降水层状云系结构和增雨条件的模拟研究[J]. 高原气象,2015,34(6):1699-1710.
- [18] 陈进强,杨连英. 多普勒天气雷达在人工影响天气中的应用[J]. 气象科技,2002,30(2):127-129.
- [19] 张中波,仇财兴,唐林. 多普勒天气雷达产品在人工增雨效果检验中的应用[J]. 气象科技,2011,39(6):703-708.
- [20] 张瑞波,刘丽君,钟小英,等. 利用新一代天气雷达资料分析飞机人工增雨作业效果[J]. 气象,2010,36(2):70-75.
- [21] 燕玉超,张福平,刘筱,等. 河南省气候变化特征及其对旱涝的影响[J]. 中国沙漠,2016,36(3):777-786.
- [22] 崔海玲,胡正华,师丽魅,等. 河南省近 50 年气候变化特征[J]. 安徽农业科学,2012,40(31):15350-15354.
- [23] 沙尼彦·塔瓦库力. 小麦一生对水分的需求[J]. 农业科技与信息,2008(15):20.
- [24] 张秋英,李发东,张依章,等. 水分对冬小麦产量及水分利用效率的影响[J]. 西南农业大学学报(自然科学版),2005,27(6):809-812.

(上接第 188 页)

科技论文写作规范——作者

论文署名一般不超过 5 个。中国人姓名的英文名采用汉语拼音拼写,姓氏字母与名字的首字母分别大写;外国人姓名、名字缩写可不加缩写点。