

北京市杨柳飞絮气象指数设计及应用^{*}

戴 健¹ 程月星¹ 占俊杰²

(1. 北京市朝阳区气象局, 北京 100016; 2. 北京市顺义区气象局, 北京 101316)

摘要 利用北京市朝阳区国家气象观测站数据, 利用平均气温、积温等气象数据分析, 得出北京市朝阳区平均飘絮开始日期为 4 月 18 日, 最早为 4 月 5 日 (2021 年), 最晚为 4 月 30 日 (1984 年), 飘絮开始日期与平均气温存在着负相关关系。采用因子加权法, 根据气象因子及其它因子等 7 项影响因素, 设计飞絮气象指数, 开展杨柳飞絮气象预报服务。预报结果与实景观测进行对比, 预报误差为两天。利用归一化植被指数及易燃易爆场所分布情况, 划定飞絮引发引燃易爆场所火灾风险区域, 朝阳区风险较高的区域有 2 处, 分别为中部偏北的酒仙桥及东部管庄、高碑店区域。

关键词 杨柳飞絮; 气象指数; 风险区划

中图分类号: S732 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-2053 (2022) 02-0127-07

Design and Application of Poplar Catkin Meteorological Index in Beijing

DAI Jian¹ CHENG Yuexing¹ ZHAN Junjie²

(1. Beijing Chaoyang District Meteorological Service, Beijing 100016, China; 2. Beijing Shunyi District Meteorological Service, Beijing 101316, China)

Abstract In this paper, by using the data from the Beijing Chaoyang district national meteorological service, we analysed the relationship between the poplar catkin and meteorological conditions. By using weighted factor technique method, according to the meteorological factors and other factors, we designed poplar catkin meteorological index and forecast when poplar catkin began. According to the normalized difference vegetation index (NDVI) and the distribution of inflammable and explosive sites, the fire risk areas of flying catkin and explosive sites were defined. There were two high risk areas in Chaoyang district, which were Jiuxianqiao in the north and Guanzhuang, Gaobeidian in the east. This research can providing reference for relevant departments to control poplar catkin and prevent fire risks.

Key words poplar catkin; meteorological index; risk division

北京市主要的杨树种类有毛白杨 *Populus tomentosa*、加杨 *P. × canadensis* 等, 杨树属于雌雄异株, 而产生飞絮的是杨树的雌株。以毛白杨为例, 花芽于前一年秋季形成, 于 3 月初开始萌发, 3 月中旬雌株花穗开放后脱落, 不形成飘絮现象。雌株花穗则不脱落, 继续发育、生长。雌株花穗上

生有若干小蒴果, 4 月中旬, 蒴果成熟后开裂, 种絮从中间露出^[1]。种絮由于受到太阳辐射的影响, 水分迅速蒸发散失, 结构变为松散的絮丝状, 极易飘散在空气中, 产生飘絮现象。飞絮属于极易燃物, 遇烟头等明火极易发生火灾, 是城市防火工作的重点隐患^[2-3]。

^{*} 基金项目: 北京市朝阳区科技计划项目 (CYSF2015)。

第一作者: 戴健 (1990—), 男, 工程师, 主要从事城市气象服务研究, E-mail: 18601271253@163.com。

通信作者: 宋甫 (1986—), 男, 工程师, 主要从事精细化预报工作, E-mail: songfujs@163.com。

本文通过分析飞絮期内气温、相对湿度、风等气象因素的特征，得出气象条件与飞絮的关系，设计飞絮气象指数，对飞絮期开展气象条件预报。为更好地评估杨柳飞絮所造成的火灾风险隐患，根据植被分布情况和易燃易爆场所密度，将飞絮引发火灾风险与影响进行系统性分析，根据分析结果开展风险区划，提升火灾风险防范工作的精细化程度。

1 数据与方法

1.1 气象站点及数据

本文数据来源于北京市朝阳区国家气象观测站（54433）1981—2021 年气象数据。朝阳国家气象站位于北京市朝阳区东风南路 6 号，站点位置为 116°30'03"E，39°57'09"N。将高于 0℃ 的日平均气温累加得到有效积温，风速数据使用的是 10 min 平均风速。

1.2 飞絮气象指数设计方法

利用朝阳区国家气象观测站历史观测资料及杨柳絮生长发育特征，对影响杨柳飞絮产生的气象要素进行综合分析，设计朝阳区飞絮气象指数，并对飞絮气象等级进行划分。本文采用因子加权法对影响杨柳飞絮的气象因子赋予不同的权重^[4]，其中，对气象指数贡献越大的因子，加权的分值越大。确定影响杨柳絮飞散的主要气象因子为平

均气温、风力、相对湿度、有无降水。根据统计，杨柳飞絮期在 4 月上旬至 5 月中旬，积温在 480~1 400 ℃、平均气温在 14~27 ℃之间。另外，飞絮与相对湿度和风速也存在一定关系，根据专家打分法，认为相对湿度 < 40%，风力 2、3 级条件下，有利于飞絮飘散。

另外，根据王建红^[5]、陈连侠等^[6]的研究，除了气象因子外，时间和下垫面等其它因素也对飞絮产生影响。如每日 10:00—16:00 时由于太阳辐射较强，气温逐渐升高，气流扰动增强，有利于雌株蒴果的成熟与炸裂，是杨柳飞絮的高发时段。不同下垫面也对杨柳絮飞散有着不同的影响。柏油路、公路等硬质路面由于不利于杨柳絮的固着，且地面与空气温差较大，容易形成局部空气对流，加剧了飞絮的飘散，增加了空气中飞絮的浓度。而土壤、绿地等软质下垫面有利于飞絮的固着，使得空气中飞絮浓度下降。因此，飞絮气象指数由影响层和影响因子两部分。影响层分为气象条件、其它条件，并以积温和平均气温划定开始和结束期。气象条件包括积温、风力、相对湿度和降水情况；其它条件包括时段和下垫面类型，具体划分情况如表 1。

综合考虑以上影响因子，杨柳飞絮气象指数的公式为：

表 1 飞絮气象指数权重
Table1 the weight function of poplar catkin meteorological index

目标层 Target	影响层 Influence	影响层赋值 Evaluation	影响因子 Impact Factor	影响因子赋值 Impact Factor Evaluation	影响因子范围 Range of impact factor	影响因子权重打分 Weight of impact factor
飞絮气象指数	气象条件	0.6	积温	0.5	480~550 ℃或 1 000~1 400 ℃	100
					550~1 000 ℃	150
					1 级	20
			风力	0.2	2~3 级	40
					> 4 级	20
	其他条件	0.4	相对湿度	0.1	< 40% ≥ 40%	20 -20
			有无降水	0.2	无降水 有降水	20 -80
			时段	0.8	10:00~16:00 时 其他时段	80 -20
			下垫面类型	0.2	硬质路面 软质下垫面	10 -10

$$I = \sum_{i=1}^n w_i \times D_{i,j} \times T$$

其中, I 为飞絮气象指数, 表示气象条件引发飞絮的程度。 I 值越大, 气象条件越有利于杨柳絮飞散。 w_i 为气象条件影响因子, 包括积温、风力、相对湿度、有无降水; $D_{i,j}$ 为其他条件的影响因子, 包括时段和下垫面类型; T 为上文提到的是否开始飘絮的判识条件, 包括积温和平均气温。通过专家打分法, 依据各因子对气象灾害的影响程度大小, 为 7 项影响因子赋予权重分值, 得出飞絮气象指数等级, 应用于飞絮气象服务中。具体情况如表 2 所示。

1.3 飞絮引发易燃易爆场所火灾风险评估方法

根据区域灾害风险评估理论, 飞絮的风险影响与区域孕灾环境敏感性、致灾因子等息息相关的。区域孕灾环境敏感性主要指朝阳区加油站、加气站等易燃易爆场所分布情况, 致灾因子指杨柳飞絮情况。归一化植被指数 (NDVI) 是一种通过卫星遥感方式监测地面植被覆盖情况的指标。归一化植被指数越接近 1, 则很有可能对应的是茂密的绿叶。通过分析归一化植被指数 (NDVI), 来近似估算杨柳树分布特征, 从而评估区域杨柳飞絮情况。

本文使用的归一化植被指数 (NDVI) 来自地

理空间数据云网站的公开数据, 利用 arcgis 提取出北京市朝阳区的数据, 得出 2020 年朝阳区归一化植被指数 (图 5a)。易燃易爆场所数据来自 2020 年北京市朝阳区易燃易爆场所分布台账, 包括加油站、加气站、换瓶站、危险化学品生产企业共 148 家, 利用 arcgis 进行点密度分析得出朝阳区易燃易爆场所分布情况。使用归一化方法对密度分析结果进行归一化处理, 将数据处理成无量纲量。综合考虑孕灾环境敏感性 (易燃易爆场所分布)、致灾因子危险性 (NDVI 分布) 的基础上, 利用 Arcgis 对朝阳区归一化植被指数分布和易燃易爆场所分布栅格数据进行叠加分析, 得出朝阳区飞絮引发易燃易爆场所火灾风险区划, 风险等级分级标准见表 3。

2 结果与讨论

2.1 杨柳飞絮与气象条件关系

根据相关研究^[6], 当日平均气温大于 0℃才适宜杨树生长发育, 累积温度达到 480℃, 且平均气温达到 14℃时, 杨树的果实开始进入成熟期并具备开裂条件, 杨絮开始飘飞。因此确定飞絮始期的条件为满足: (1) 日平均气温大于 14℃; (2) > 0℃的积温达 480℃。

按照北京市朝阳区国家气象观测站 1981—

表 2 飞絮气象指数等级划分
Table 2 Exponential grading of poplar catkin meteorological index

飞絮气象指数等级 Exponential grading	值域 Range of index
高	> 80
较高	[60,80)
中	[40,60)
较低	[20,40)
低	< 20

表 3 飞絮引发易燃易爆场所火灾风险等级划分
Table 3 Classification of fire risk in explosive places caused by flying catkins

风险等级 Classification	值域 Range of index
风险高	> 0.4
风险较高	[0.26,0.4)
中风险	[0.16,0.25)
风险较低	[0.1,0.15)
风险低	< 0.1

2021年气象数据的统计,4月15日前后,日平均气温稳定超过 14°C ;4月18日前后,大于 0°C 的积温达 480°C ,具备杨絮飘飞的气象条件。若无明显降水、降温、大风天气,两天后则开始进入第一次飞絮高发期,持续约5天,4月下旬至5月上旬进入第二次飞絮高发期,5月中旬飞絮期基本结束^[4]。

图1为1981年至2021年朝阳区飘絮开始日期及年平均气温逐年变化情况。如图所示,朝阳区飘絮开始日期受气温和积温影响,波动较大,但总体呈逐年提前的趋势。平均飘絮开始日期为4月18日,最早为4月5日(2021年),最晚为4月30日(1984年)。此期间,年平均气温为 15.3°C ,且平均温度呈逐年升高的趋势。其中最高为 18.6°C

(2017年),最低为 11.4°C (2010年)。平均气温和飘絮开始时间呈一定负相关关系,主要表现为图中平均气温较低的年份,对应飘絮开始日期较晚,如1984年、1984年、2010年等,均比平均飘絮如期晚6~10天。相反,平均气温较高年则对应较早的飘絮开始期。

2.2 飞絮气象指数预报

根据上述方法,计算飘絮期飞絮气象指数的变化情况。其中气温、相对湿度、平均风速使用的是1981—2021年北京市朝阳区国家气象观测站的日平均值,地面为硬质下垫面、时段为10:00—16:00时,其变化序列如图2所示。在无降水情况下,4—5月飞絮气象指数变化呈“双峰型”趋势,第一个高峰出现在4月15日前后,根据王建

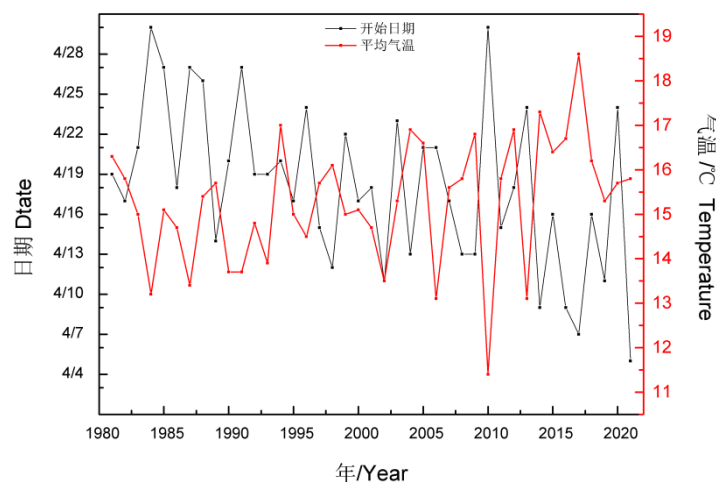


图1 北京朝阳区飘絮开始日期及年平均气温逐年变化

Fig.1 The start date and average annual temperature change of Beijing Chaoyang district from year to year

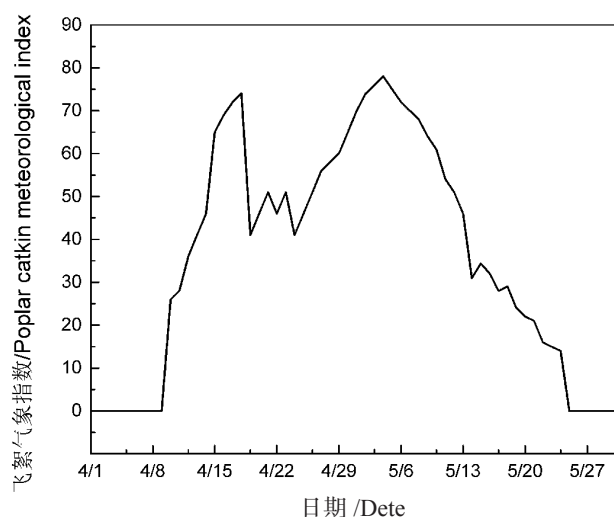


图2 飞絮气象指数常年平均变化时序

Fig.2 Changes in poplar catkin meteorological index

红等^[5-6]的研究,北京飘絮期通常在4月10日前后开始,为毛白杨飘絮期。从图2中看出,由于4月上旬积温及平均气温未达到飘絮的气象条件,因此飞絮指数为0。4月10日前后逐渐上升,4月15日前后达到第一个高峰,飘絮气象指数为“较高”,随后下降。4月底至5月初迎来第二个飘絮高峰期,此时由于加杨开始飘絮^[7],导致飘絮气象指数较高,5月下旬飘絮指数逐渐下降。

2.3 杨柳飞絮预报服务

为进行 2021 年杨柳飞絮气象预报服务工作,在北京市朝阳区将台站、高碑店站、奶东公园站等 5 处地面气象观测站周边搭建杨柳树实景观测设备。根据杨柳絮飘飞气象预报条件,结合春季

气候预测及杨柳树物候期实况观测结果,得出的杨柳飞絮始飞期预测结果,并于3月22日形成朝阳区杨柳飞絮预报防控作业示意图,如图3所示。由图可知,朝阳区2021年杨柳飞絮日期最早开始于4月4日,最晚开始于4月11日,跨度有7天。其中,城区飘絮始期为4月4日至7日,城郊结合区域为4月9日至11日。相比常年平均飘絮期的4月18日,2021年飘絮期偏早14天。2021年1—3月平均气温为3.4℃,较常年1.0℃明显偏高,降水量为44.7 mm,较常年15.9 mm也明显偏多,有利于杨树生长发育,导致飘絮期较常年有所提前。

根据实景观测（图4）对预测结果进行验证，

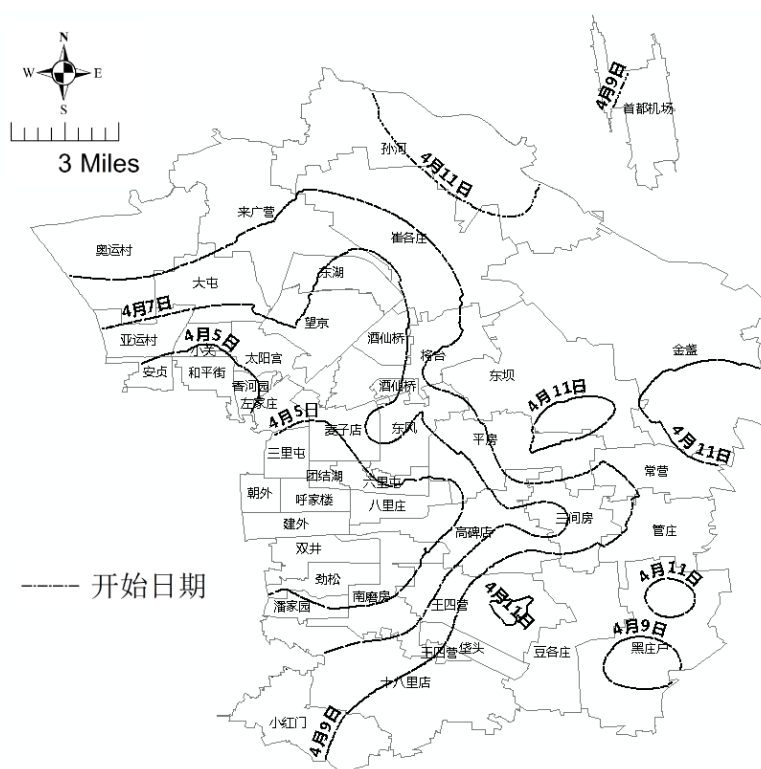
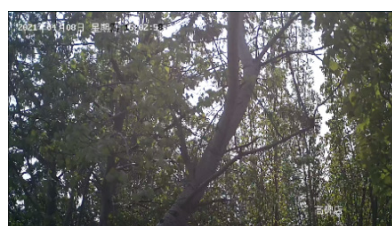


图 3 2021 年北京市朝阳区杨柳飞絮预报防控作业示意
Fig.3 Flying catkins forecast in Chaoyang district



(a) 高碑店



(b) 循环经济产业园



(c) 奶东公园

图 4 2021 年 4 月杨柳飞絮实景观测

Fig.4 Field observation of catkins flying in April 2021

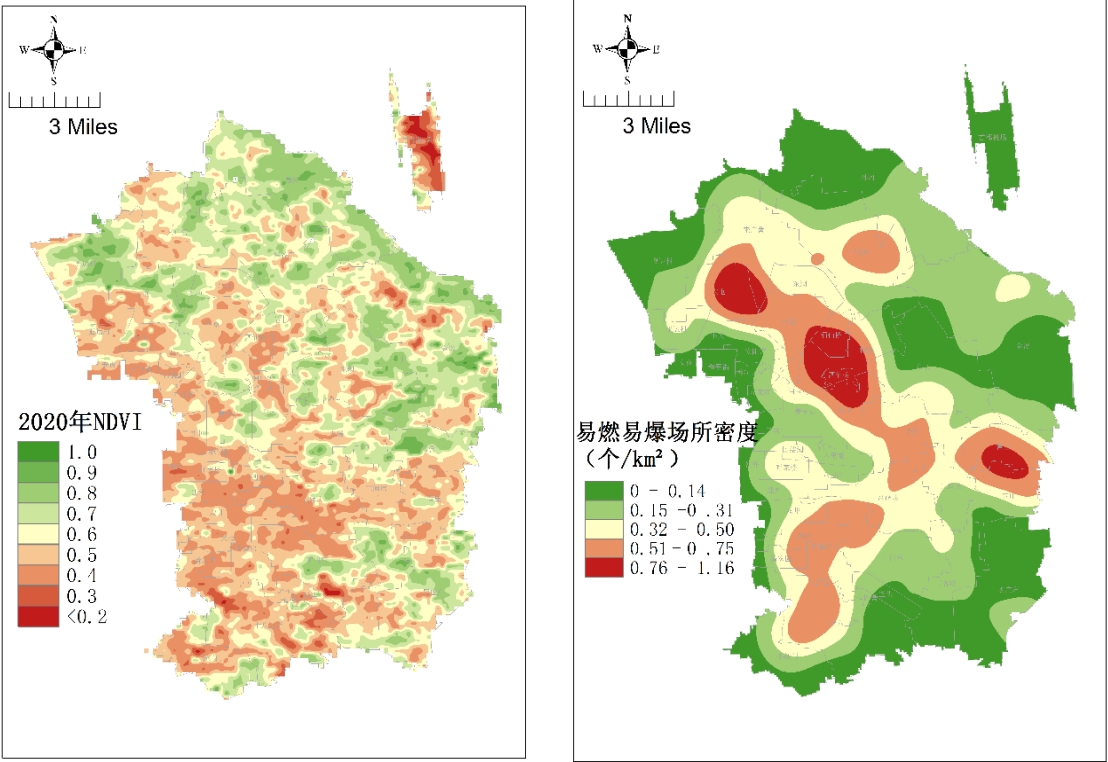


图 5 2020 年北京市朝阳区归一化植被指数及易燃易爆场所分布示意图
Fig.5 Normalized difference vegetation index (NDVI) and the distribution of inflammable and explosive sites in 2020

其中高碑店出现飘絮的日期为 4 月 8 日，与预测的结果一致；位于朝阳区东部循环经济产业园出现飘絮的日期为 4 月 9 日，比预测日期偏早 2 天；位于朝阳区北部的奶东公园出现飘絮的日期为 4 月 12 日，比预测日期偏晚 2 天。

2.4 飞絮引发易燃易爆场所火灾风险区划

通过对孕灾环境敏感性、致灾因子危险性 2 个因子进行综合分析^[8-10]，构建朝阳区飞絮引发易燃易爆场所火灾风险评价的指标体系和方法，对风险程度进行评价和等级划分如图 5 所示。

从朝阳区飞絮引发易燃易爆场所火灾风险各影响因子均一化分布图中可看出（图 5），在植被分布影响因子中，朝阳区植被主要集中在北部和东北部，这里集中分布着奥林匹克森林公园、清河营郊野公园以及温榆河沿线绿化带等，下垫面植被较多。西部、西南部城区等城市化程度高，下垫面多为建筑物和硬化地面，植被指数较低。朝阳区易燃易爆场所分布密度较高的区域为酒仙桥、将台、望京等中部、北部及朝阳路沿线的东部，每平方公里加油站、加气站等易燃易爆场所的个数接近 1 个，其次是十八里店等南部区域。

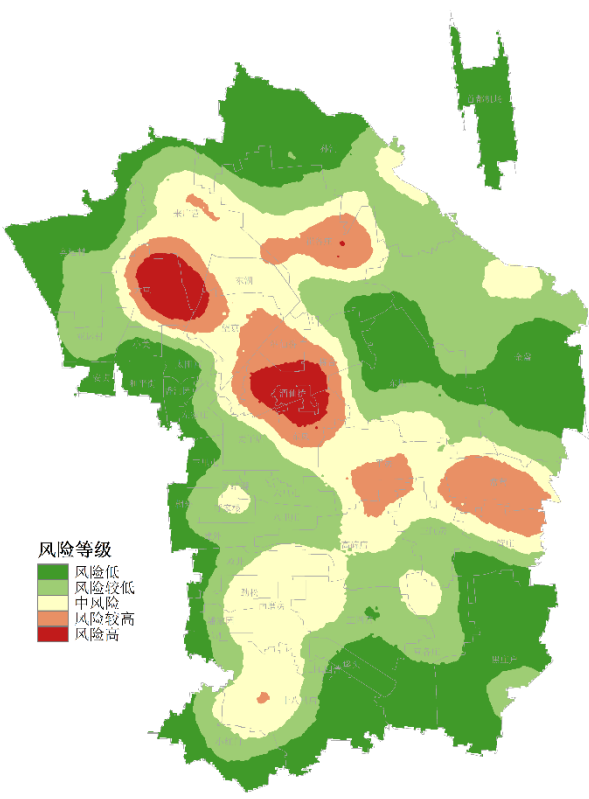


图 6 北京市朝阳区飞絮引发易燃易爆场所火灾风险区划示意
Fig.6 Catkins cause fire risk zoning in inflammable and explosive places in Chaoyang district

根据上述结果,进行飞絮引发易燃易爆场所火灾风险等级分析结果如图6所示。朝阳区风险较高的地区有2处,一是酒仙桥、四元桥、望京等北部中部地区一带,此区域由于加油站等易燃易爆场所分布较密集,绿化面积较多,导致飞絮期内飞絮浓度较高,从而较易引发易燃易爆场所火灾风险。另一处是朝阳路沿线高碑店、管庄等地区,此处同样易燃易爆场所较为集中,分布在朝阳路北、路南两侧,导致风险较高。

3 结论

3.1 利用北京市朝阳区国家气象观测站数据,分析杨柳飞絮期与气象要素之间的关系,根据平均气温及积温,得出北京市朝阳区平均飘絮开始日期为4月18日,最早为4月5日(2021年),最晚为4月30日(1984年),飘絮开始日期与平均气温的高低存在着负相关关系。

3.2 利用气温、风速、相对湿度、降水、下垫面及时段等因子,设计飘絮气象指数,预报2020年北京市朝阳区飘絮开始日期,并以实景观测对预测结果进行验证,取得了较好的服务效果。

3.3 根据区域灾害风险评估理论,利用归一化植被指数及易燃易爆场所分布情况,开展飞絮引发易燃易爆场所火灾风险等级分析,划定风险区域。朝阳区风险较高的地区有2处,分别为酒仙桥、四元桥区域及管庄、高碑店区域。由于植被分布

密集,加油站等易燃易爆场所较多,因此飞絮堆积较易引发易燃易爆场所火灾隐患。

参考文献

- [1] 唐赟,秦成云,汤洁,等.杨树飞絮与气象条件关系研究[J].安徽林业科技,2015,41(4): 24-26.
- [2] 白夜,朱柄年,张学安,等.杨柳絮火灾危险性及预防措施[J].森林防火,2018(4): 31-33.
- [3] 甄文芳,刘安平,丁国香,等.安徽省森林防火气象服务支持系统的设计与实现[J].林业与环境科学,2019,35(2): 111-115.
- [4] 马昕.许昌市春季杨柳絮气象指数设计与服务[J].农业与技术,2020,40(18): 127-128.
- [5] 王建红,车少臣,邵金丽等.北京杨柳飞絮治理现状、问题与展望[J].北京园林,2011,27(95): 48-50.
- [6] 陈连侠,李兴,钱文海,等.杨柳飞絮的气象条件分析[J].现代农业科技,2016(10): 204.
- [7] 苏雪辉,李喜林,薛毅,等.杨树致敏因素:花粉与飞絮量的研究[J].林业科技通讯,2016(2): 6-10.
- [8] 肖晶晶,李正泉,郭芬芬,等.浙江省人居环境气候适宜度概率分布分析[J].气象与环境科学,2017,40(1): 120-125.
- [9] 周雅清,郭雪梅.山西省生活气象指数预报分级解析[J].太原科技,2007(6): 35-36.
- [10] 顾婷婷,潘娅英,骆月珍.浙江省高速公路低温雨雪冰冻灾害风险评估与区划[J].气象与环境学报,2016,32(3): 102-106.