

青海省森林草原气象火险预报预警服务实践

徐月顺 钱有海 达海钰 李宝华 管琴

青海省草原火灾月分布特点表现为不对称双峰型，11月份达到次峰值，2月份达峰值，而森林火灾高峰期在3月份。青海省针对森林草原防火的服务内容主要为监测类产品、预报预测类产品和预警产品。

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2023.04.016

在日常林牧业生产中，发生森林草原火灾，会对生态环境产生巨大的破坏，造成巨大损失。据权威部门统计，1950年以来，全国平均每年发生森林火灾1.6万余次，受灾面积近百万公顷，受火灾威胁的草原 $2 \times 10^8 \text{ hm}^2$ ，其中火灾发生频繁的近 $1 \times 10^8 \text{ hm}^2$ 。运用现代化信息技术手段科学、合理地对森林草原火险进行监测与预测，并建立相关的预警机制是防灾减灾的重要内容。

青海省林地面积为 $3.1 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ，占全省总面积的4.3%，而总草场面积达到了 $3.86 \times 10^7 \text{ hm}^2$ ，约占全省面积的53.6%。青海省大部分森林火情是因周围下垫面的草场火情引起的，因此在研究森林火险时首先需要考虑包括下垫面的草原火险。青海省深居内陆，年降水量少，冬季寒冷漫长，气候极度干燥，春季干燥多风，冬春季为火灾的多发季节。

1999年，中国气象局协同国家林业局共同联合开展国家级别的森林火险气象等级预报预警业务工作，使中国森林火险气象等级预报服务业务有了飞跃式发展，带动各省（区、市）的火险预报预警业务逐步开展，预报水平和技术大幅度提高，但因观测站点、交通不便等各方面因素的限制，预报方式仍以大范围站点和区域预报为主。青海省级气象部门负责制作预报服务产品，并对下进行指导，各州（市）县直接进行服务，实现上下联动森林草原火险气象服务。

1 资料与方法

影响火灾发生的因素很多，作为防范火灾发生的服务型研究，这里将火情和火灾统一定义为火灾，以便更好地为防火部门提供气象参考依据。因2012年以后火灾资料只有月和年合计值，故没有选入本文的资料分析。本文森林草原火灾资料选取1995—2011年青

海省草原防火办和森林防火办提供的日火灾资料。运用统计学线性趋势相关方法，分别对草原火灾和森林火灾进行线性分析，建立了青海省森林草原火灾年际变化趋势的一元线性回归模型。森林草原火险等级预测模型采用指数查对法和经验公式法进行修正，最终通过总的分值分析判断出森林草原火险气象等级预报值。

2 青海省森林草原火灾时空分布特征

2.1 青海省森林草原火灾时间分布特征

青海省森林草原火灾发生时间一般为每年10月至次年5月，夏季仅在7月发生过1次火情，且原因不明，因此在分析时不做考虑。草原火灾年变化（图1a）有增加的趋势，趋势率为1.6次/a；草原火灾月分布特点（图1b）表现为不对称双峰型，11月达到第一个峰值，12月略降，1月再次上升，2月达最大值，4月以后明显回落；草原火灾旬发生特点（图1c）与月变化特点相对应，呈现不对称双峰型，11月下旬出现次峰值，1月下旬出现峰值。森林火灾年增加趋势不显著（图1a）；森林火灾月分布特点表现为单峰型，3月达峰值，4月明显回落（图1b）。

青海省草原火灾的发生与季节关系密切：10月上、中旬牧草开始枯黄，含水率仍然较高，火灾处于低发期；10月下旬各地牧草已经完全枯黄，含水率降低，火灾次数明显增加；1月下旬至4月中旬是草火高发期，其中1月下旬至2月上旬是草原火灾高峰期，这与春节前后人类频繁的户外用火有一定关系；3月上旬至4月中旬气温迅速回升，风速增大，同时民间祭祀和烧荒等活动频繁，火灾发生次数仍然较高；4月中旬开始各地牧草逐渐返青，树木陆续发芽，火灾次数逐渐下降。青海省森林火灾的发生与季节变化也有很高的相

收稿日期：2022年5月6日；修回日期：2023年3月21日
第一作者：徐月顺（1974—），Email: 304713783@qq.com
通信作者：（1996—），Email: 912274535@qq.com

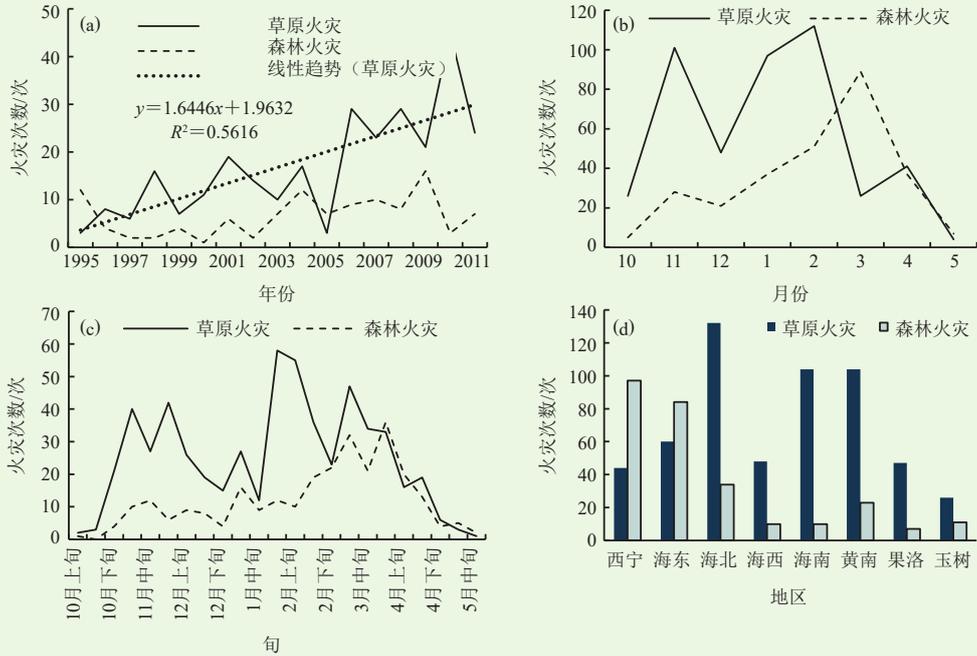


图1 1995—2011年青海省森林草原火灾年(a)、月(b)、旬(c)变化特点和空间分布特征(d)

关性：10月至次年1月树木进入休眠期，由于高原上气温低，火灾处于低发期；2月随着气温回升，高原上风速增大，森林火灾次数迅速增加，3月达峰值，此时树木仍处于休眠期；4月起牧草陆续返青且树木开始萌芽，火灾次数逐渐减少。

2.2 青海省森林草原火灾空间分布特征

青海省森林草原火灾发生地域性较强，且两者相差较大。草原火灾以海北、海南、黄南为中心，其次为海东。而森林火灾的多发地在人口较集中的西宁和海东，其次为海北（图1d）。森林草原火灾的地域分布特征与草地和森林的产量有一定关系，草原火灾高发区也是牧草产量高的地区，森林火灾发生在树木生长条件较好的地区。

3 青海省森林草原火灾的影响因素分析

3.1 青海省森林草原火灾与社会因素

森林草原火灾大部分与人类活动有关，包括民间上坟祭祖、焚烧秸秆、节假日庆贺放炮和驱赶大型动物放炮等可控因素。还有诸如输电线路短路、高压线瓷瓶脱落等不可控因素。最主要火灾影响因素是烧荒烧炭、电线起火、家火上山、烧牧场等，烧荒烧炭和上坟烧纸是其中最为突出的因素。

3.2 青海省森林草原火灾与气象因素

对森林草原火灾发生有明显影响的气象因子有降水量、气温、风速、相对湿度、连续无降水日数等。

研究表明，森林火险等级与每日最高气温、最小相对湿度、降雨量及其后连续无雨日数、最大风力以及防火期内生物及非生物季节的影响指数等密切相关。目前常用预测模型是将指数查对法和经验公式法进行修正：首先利用火灾历史数据库对各气象因子进行加权平均，并通过地表状况及降水量系数进行订正；其次应用森林草原地区是否有积雪覆盖和按季节草木覆盖作为物候订正，并用表征火源状况的火灾系数对总分值进行调整；最后根据总分值判断出森林草原火险气象等级（表1）。

表1 森林草原火险气象等级及描述

森林草原火险等级	火险等级描述
1级（低）	不易引燃
2级（较低）	难燃，烧荒火、烧纸等可引起火
3级（较高）	可燃，火枪打猎、强烈的落雷可引起火
4级（高）	易燃，摩托车喷火等可引起火
5级（极高）	极易燃，森林上的枯草、残物随时可以着火

4 青海省森林草原防火气象服务现状

近年来，青海省充分利用电视、广播、网站、两微一端、LED电子屏、手机短信等方式发布森林草原火险长中短期预报、高火险预警信息。利用精细化格点预报，对全省范围内所有林场和草原进行24 h天气预报及森林草原火险气象等级预报，为森林草原防火部门提供三类服务产品：森林草原防火监测产品、森林草原防火预测预报产品、森林草原防火预警产品（图2）。

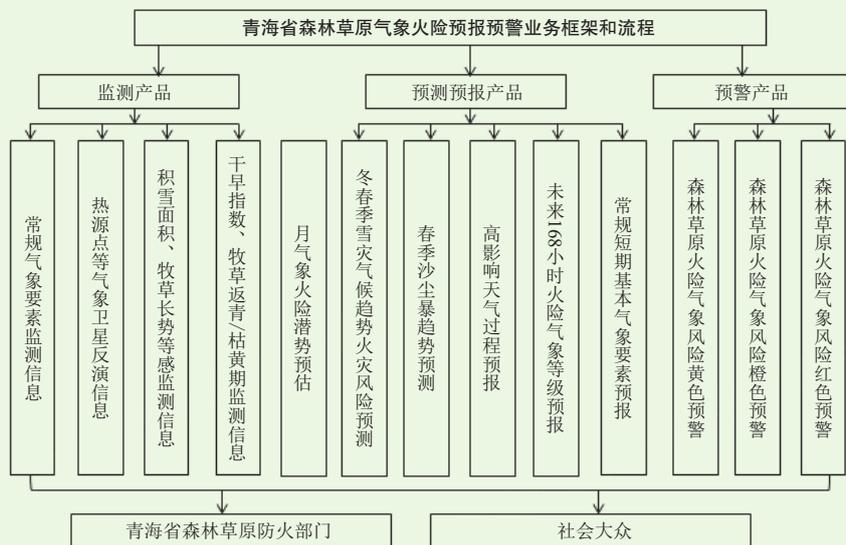


图2 青海省森林草原气象火险预报预警业务框架和流程图

4.1 监测产品

监测信息包括常规气象要素监测信息、热源点/火点等气象卫星反演信息，同时还包括积雪面积、牧草长势等卫星遥感监测信息，并可对基础监测信息进行加工，综合分析干旱指数、牧草返青期、牧草黄枯期等，制作专题服务产品。2021年服务期内共发布监测产品195期，专题服务产品84期。

4.2 预测预报产品

预测类产品包括：月气象火险潜势预估、冬春季雪灾气候趋势预测及火灾风险评估、春季沙尘暴趋势预测。预报类产品包括：中雨（雪）以上降水、强降温（寒潮）、大风、高温晴热、连阴雨、沙尘暴、干旱、高温等高影响天气过程预报；常规短期基本气象要素的预报服务；火险等级预报。2021年服务期内共发布预测预报产品411期。

4.3 预警产品

森林草原火险气象风险预警由低到高分为中度危险、高度危险、极度危险3个等级，依次对应为黄色预警、橙色预警、红色预警。当某地森林草原火险气象等级5级已持续10 d，并预计未来24~120 h该地森林草原火险气象等级仍将持续为5级，则该地森林草原火险气象风险等级为三级（黄色预警）；某地森林草原火险气象等级5级已持续20 d，并预计未来24~120 h该地森林草原火险气象等级仍将持续为5级，则该地森林草原火险气象风险等级为二级（橙色预警），气象因素致森林草原火灾发生的可能性高；某地森林草原火险气象等级5级已持续30 d，并预计未来24~120 h该地森林草原火险气象等级仍将持续为5

级，则该地森林草原火险气象风险等级为一级（红色预警），气象因素致森林草原火灾发生的可能性很高。2021年2月，青海省大部分地区降水偏少，气温偏高，吹风天气增多，青海省气象局积极向社会公众发布森林草原火险预警信号2期，手机短信公众接收共达1079560人（次）。

4.4 服务实例

在每日森林草原火险气象等级预报基础上，根据预警标准，在2022年3月14日在春分节气前后发布西宁、海东、海北、海西、海南地区森林草原火险气象风险黄色预警，4月2日清明节前调整西宁大部、海东、海西地区森林草原火险气象风险预警为橙色等级。在海西木里发生草原火灾后立即对周边气候条件进行分析，并根据气候趋势预测评估后期气象火险等级，并分析天气过程的人工影响天气条件，为防火部门提供了决策依据。

5 讨论与展望

5.1 多部门合作发展

青海省气象部门与森林草原防火部门自2006年开始合作，气象服务内容从最初的雨雪情分析和短期24 h天气预报做起，根据用户需求逐步增加了中期天气过程预报、长期气候趋势预测等内容。经过多年的合作与需求交流，不断研发出森林草原火险气象指数预报、干燥度指数预报、火险潜势评估分析、高火险期评估分析等具有针对性的服务产品，气象服务能够满足防火的基本需求。为进一步落实《关于加强应急管理气象防灾减灾联动合作框架协议》，青海省森林草原防灭火指挥部、青海省林业和草原局、青海省

气象局研究决定联合开展森林草原火险气象风险预警工作，建立健全联合会商机制，做好省级森林草原火险气象风险预警工作。青海省缺乏雷击火、地热引发的自燃等方面的研究和服务，针对这些问题需要开展多方合作，研发出适合本省省情的产品。

5.2 大数据分析 with 5G 技术相结合

神经网络等数据挖掘模型具有很好的特征选择与自我学习能力，能够通过大量的样本数据学习来构建出最适合的模型，即通过选用基于大数据的森林草原火险预测模型，提高预警准确性与精确性，从而为火灾预测预警机制提供更加科学的依据。将气象、遥感、可燃物特征、地貌等基本信息与森林草原火险的预报预警工作相结合，从长、中、短等不同时效，研究基于大数据的森林草原火险预报预警技术方法，可有效提高森林草原火险预报预警技术的智能化水平，为防火工作提供科学、准确的决策依据。5G是最新一代的蜂窝移动通信技术，带宽和传输速率高，消耗和延时低，容量和连接量大，如果将5G采集数据与林业时空信息融合应用，综合森林草原火险预报预警信息，即可解决气象信息的通信和覆盖面难题。

5.3 预报预警与科普宣传相结合

青海省地广人稀，气象观测站点建设稀疏，同时草场面积大，林区基本罕无人烟，发生火情发现率小，因此应加强火灾监测与火险等级预报服务工作，同时加大火险预警和科普宣传工作。人类生活用火是火灾发生的一大原因，春季高原上气候依然干燥，加上气温升高，杨柳飞絮遇火即燃，成为市区景观林火灾的一大原因。应通过有效的宣传手段，充分利用微

博、微信、抖音、快手等社交媒体平台，结合青海省的民风民俗特点，用汉藏双语向广大群众宣传森林草原防火知识；同时各级学校应将防火知识作为基本常识，不定期进行普及教育，让防火气象预报预警内容和科普内容深入人心，从而增强群众的防火意识，从源头减少和控制火源，阻断火源与可燃物的接触，坚决杜绝人为火灾发生的可能。

5.4 未来气候情景下的森林草原火险评估

在全球气候变暖大形势下，根据不同气候变化情景，分析森林草原火灾发生的可能性、脆弱性和暴露性，构建森林草原火灾风险评估模型和指标体系，预测不同气候变化情景下未来的森林草原火灾风险，划分出火源管理重点区域，可为开展适应气候变化的火灾管理措施提供科学依据。

深入阅读

- 隋剑利, 2011. 内蒙古森林草原火险气象等级预报预警系统的设计与实现. 成都: 电子科技大学.
- 赵凤君, 舒立福, 2014. 林火气象与预测预警. 北京: 中国林业出版社.
- 乔林, 张金艳, 宗志平, 等, 2003. 中央气象台森林火险气象等级中短期预报系统. 气象, 29(S1): 63-65.
- Li X H, 2012. Research on risk assessment and regionalization of forest and grassland fires. Journal of Risk Analysis and Crisis Response, 2(1): 69-77.
- 张坐方, 李洋, 李莹, 等, 2021. 5G通导遥一体化在林业资源管理中的应用. 南京航空航天大学学报, 53(S1):102-106.
- 高海林, 玉刚, 王宇辰, 等, 2021. 森林草原火灾多发的原因分析及科学预防策略. 农业灾害研究, 11(8): 126-127.
- 宗学政, 田晓瑞, 尹云鹤, 2021. 未来气候情景下中亚地区的森林草原火险评估. 林业科学研究, 34(3): 13-22.

(作者单位: 徐月顺、钱有海、达海钰、李宝华, 青海省气象服务中心; 管琴, 青海省气象台)