

黄海洪,廖国莲,黄思琦,等. 广西环境气象研究与业务进展综述[J]. 气象研究与应用,2020,41(4):42-47.

Huang Haihong, Liao Guolian, Huang Siqi, et al. Summary of Guangxi environmental meteorology research and operation progress[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2020, 41(4):42-47.

# 广西环境气象研究与业务进展综述

黄海洪<sup>1</sup>, 廖国莲<sup>2</sup>, 黄思琦<sup>1</sup>, 郑凤琴<sup>3</sup>

(1.广西壮族自治区气象科学研究所, 南宁 530022; 2.广西壮族自治区气象台, 南宁 530022;

3.广西壮族自治区气候中心, 南宁 530022)

**摘要:**总结了广西气象局多年来在环境气象研究及应用方面的工作,特别在环境气象观测、空气质量监测预报、酸雨监测预报、雾霾天气机理研究及生态环境安全研究等,取得了丰硕的成果。从气象因素诱发的各类环境灾害的监测及其时空特征与影响机理、预报方法及决策参考等多个方面,比较系统地总结了近年来广西环境气象学的研究及应用成果。提出了主要存在的问题,并就今后的发展提出了初步设想。

**关键词:**环境气象;研究与业务;进展综述

中图分类号:P49

文献标识码:A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2020.4.07

OSID:



## 引言

环境气象学是环境科学与应用气象学相结合的一门交叉科学,主要研究气象因素对自然环境的影响机理和影响评估。随着人民生活水平的提高,大家对美好生态环境追求的意识也不断增长,气象要素天气预报等常规气象服务已难以满足需求。环境气象业务服务包含大气污染监测预测、酸雨监测预报、医疗气象、休闲气象、旅游气象等方面,与老百姓日常生活密切相关,契合老百姓对高质量生活的追求内容,所以大力发展环境气象学业务势在必行。广西气象局依照中国气象局在环境气象工作的相关部署,在环境气象观测、预报服务、科学研究等方面做了大量的工作,取得了一定的成效,建立了酸雨、负氧离子、大气污染等有特色和更趋科学的环境气象观测体系;建立了环境气象预报服务综合工作平台,该平台集资料收集、产品制作、包装服务及质量评估于一体;在酸雨机理、广西霾天气、生态环境安全等方面研究取得丰富成果。本文从气象因素诱发的各类环境灾害的监测、时空特征、影响机理、预报方法及决策参考等多个方面,比较系统地总结近年来广

西环境气象学的研究及应用成果,以期今后该领域工作提供参考。

## 1 环境温度的监测分析

### 1.1 环境温度的观测

气温是一个重要的气象要素,日常发布的气温实况和气温预报,是特定理想条件下的百叶箱温度。但是人们是生活在不同背景不同下垫面的环境下,所以感受到的气温往往与气象部门发布的气温有较大差异,其原因主要是所处的环境场不一样。为了改善在气象服务中这一比较模糊的情况,有必要加强对不同环境不同下垫面气温的观测和预报分析研究,不断满足老百姓对气温更精准的服务需求。基于这种需求,广西气象台从 2000 年开始进行不同下垫面和不同环境场的气温观测。为了更好地比较城区与郊区不同下垫面温度的变化情况,广西气象台于 2000 年开始,还对水泥地、泥地、沥青等不同下垫面进行温度观测。

### 1.2 环境温度的对比分析与预报服务

黄海洪等<sup>[1]</sup>对不同下垫面的温度进行了对比分析,结果是水泥地最高温度远高于其他下垫面的温

收稿日期:2020-10-12

作者简介:黄海洪(1963—),男,正研级高工,主要从事生态气象学研究及业务工作。E-mail:huanghh63@163.com

度,城区下垫面最高温度高于郊区,最低温度差异不大。黄海洪等<sup>[2]</sup>对南宁市百叶箱内外的气温特征进行分析研究,结果表明,在不同的云况、湿度和降水条件下,百叶箱内外的平均气温、最高气温等要素在季度、月际、日变化等有较大差异,这也为不同环境的气温预报提供了技术支撑。凌颖等<sup>[3]</sup>分析研究了南宁市热岛效应主要特征,主要结论是:南宁市热岛效应季节变化明显,尤其以秋季最强,热岛效应的日变化以白天变化波动大,热岛效应的空间分布与不同下垫面环境密切相关,南宁市城市热岛效应增强趋势明显。

在上述分析的基础上,广西气象台应用统计预报方法建立了不同环境温度的预报方程,对公众发布了不同环境温度预报的气象服务信息,取得显著社会效益。

## 2 广西空气质量监测预报

### 2.1 空气质量的观测

广西有 50 个国家空气质量观测站,另外还有 100 余个区域观测站,观测网络为大气空气污染监测和预报提供基础的信息依据。观测网以环保部门建设为主,气象部门只有 4 个站点。目前观测站点偏少,对广西空气质量监测预报的精细化进程有一定影响。

### 2.2 空气质量的特征分析

董蕙青等<sup>[4]</sup>对广西主要城市空气质量状况及与气象条件关系进行分析,结果表明,空气质量呈东高西低和北高南低形势,主要城市整体空气质量水平为一级或二级,北海市空气质量总体最优。空气质量与气象条件密切相关,特别与气压、温度、湿度风速等气象要素密切相关。蒋芸芸<sup>[5]</sup>分析研究了广西城市环境空气质量变化趋势,主要结论是,广西环境空气综合污染呈现较明显的下降趋势,尤其是二氧化硫和可吸入颗粒物浓度下降较明显,广西城市空气质量维持在较良好的水平处于全国前列,二氧化硫排放的严格控制和乡村清洁工程等是影响空气质量变化的主要原因。

### 2.3 空气质量预报业务

广西空气质量预报业务的开展在国内起步较早,也是较早空气质量预报业务引进数值模式计算的省级气象台。广西空气质量预报技术方法主要包括统计预报方法、数值模式预报方法和天气分型概念模型预报方法等,广西空气质量业务早期以统

计预报和天气分型概念模型预报方法为主,后期以数值模式预报解释应用为主。空气质量预报技术的精细化水平不断提高,该项业务是广西环境气象的核心业务。目前广西空气质量预报业务在分辨率和气象潜势预报方面还有待提高,在如何提供精准决策参考方面也有不足。

董蕙青等<sup>[4]</sup>阐述了广西城市空气质量主要预报技术,首先对二氧化硫和可吸入颗粒物浓度等与气象要素的相关分析,通过相关性检验后采用线性回归统计方法建立预报方程,对城市空气质量进行 24~48h 预报,并根据污染日的天气概念模型进行订正,业务服务效果良好。潘润西等<sup>[6]</sup>对广西环境空气质量预报预警技术进行分析,首先以数值模式预报产品为初始场,数值模式采用三重嵌套网格设置方案,分辨率为 3km,以模式产品为基础,采用神经网络统计模型进行计算,空气质量预报效果有明显提高。黄远盼等<sup>[7]</sup>对广西贺州市空气质量与气象条件的关系进行研究,结果显示污染天气具有明显的季度变化特点,冬季为主的影响大于其他季节,空气质量与相对湿度、雨量、气温、风速、气压等气象要素密切相关,风速加大对空气污染稀释起到重要作用,秋季晴空辐射较强时,容易出现臭氧污染天气。庞业等<sup>[8]</sup>对广西臭氧时空分布特征及天气类型研究表明,臭氧浓度超标平均达到 80 余天,日变化呈单峰型。臭氧污染的典型天气形势分为台风外围型、副高控制型、变性高压控制型三种,广西臭氧污染受天气条件影响很明显。Li xiong<sup>[9]</sup>对广西南宁大气污染扩散的研究表明:垂直方向上的扩散是污染物消散的重要途径之一,污染物的浓度又反过来影响垂直对流运动。当湿度偏小时,随着  $PM_{10}$  浓度从小到大增加,闪电频次开始呈增多态势,当  $PM_{10}$  浓度大于某个数值,改变为逐步减少趋势。

## 3 酸雨监测预报分析

酸雨指 pH 值小于 5.6 的降水,也称为“酸性降水”或“湿性酸沉降”。酸雨号称“空中死神”,是当前全球主要环境问题之一。广西是全国酸雨影响较大的省份,虽然近年来  $SO_2$  污染有所减缓,酸雨控制区  $SO_2$  排放总量呈下降趋势,但酸雨频率仍较高,酸雨的酸度较大,对老百姓的日常生活造成了较大的影响,所以酸雨的防控工作任重道远。广西气象局开展了酸雨短期预报业务服务,酸雨短期预报业务服务能力不断提升。在酸雨污染源影响机理和提供酸雨

防治决策参考依据方面有待提高。

### 3.1 酸雨的观测

酸雨对人类生产生活会造成很多的不利影响,因此,酸雨数据的监测显得尤为重要。广西气象部门共建设有 10 个酸雨站,分布在南宁、桂林、柳州、北海、梧州、玉林、百色、钦州、河池、南宁市邕宁区。目前酸雨观测内容为 pH 值与电导率,人工观测与自动观测同步进行。

### 3.2 酸雨的影响分析

黄海洪等<sup>[10]</sup>对南宁市酸雨污染源特征进行了分析,结果表明,南宁市酸雨频率高酸性强,酸雨的主要污染源以二氧化硫为主,主要受东北方污染源影响,即火力发电污染,冬春两季影响最大,影响的天气分型以高空槽锋面型最多,影响程度也最重。董蕙青等<sup>[11]</sup>对南宁市酸雨频率进行了分析,结果表明,南宁市酸雨频率高酸度强,酸雨频率分布特征为冬半年高于夏半年,酸雨频率与大气环流特征密切相关,与风向风速等气象要素相关程度高。Feng-qin Zheng<sup>[12]</sup>用降水样品中阴阳离子浓度资料,分析降水的化学成分特征和酸沉降变化趋势,发现  $\text{SO}_4^{2-}/\text{NO}_3^-$  比值逐年有所下降, $\text{NO}_3^-$  所占比重越来越大,但  $\text{SO}_4^{2-}$  仍是降水中最主要的离子;湿沉降中的氮组分的贡献率明显增加,钙沉降量有所下降。

董蕙青等<sup>[13]</sup>对影响广西酸雨的大气环流分型进行了研究,结果为:大气环流形势对广西酸雨的形成起到至关重要的作用,以影响最严重的冬半年为例,当冷暖空气势力相当,形成移动缓慢的冷锋或静止锋时,如果再配合有较明显的污染源,广西的酸雨发生的可能性会很大。黄红铭等<sup>[14]</sup>对广西酸雨污染变化特征及影响因素进行了研究,结果表明,广西以硫酸型酸雨为主,分布区域主要集中在桂北和桂西,酸雨影响最严重在第一季度,二氧化硫排放呈下降趋势,酸雨的酸性与降水量呈负相关,随着大气污染治理力度加大,酸雨污染程度略有下降。在酸雨的影响研究方面,陈锐章等<sup>[15]</sup>对广西酸雨通过土壤对植物的间接影响研究,结果为:酸雨通过对土壤的影响间接对植物的生长和发育造成损害,特别影响了植物对铝的耐受能力,对植物经济产量的影响。孙平安等<sup>[16]</sup>对酸雨溶蚀碳酸盐岩的源汇效应进行分析,结果表明,试片溶蚀量与累计降水量密切相关,单场酸雨对碳酸盐岩的影响可分为两个阶段,即前期的强酸溶蚀碳酸盐岩,释放二氧化碳,为碳源,后期碳酸溶蚀碳酸盐岩,吸收大气二氧化碳,为碳汇。碳汇过程占

压倒性优势,酸雨对碳汇有着较大的影响。

### 3.3 酸雨预报

酸雨的预报方法种类繁多,主要包括统计预报、数值预报及主观综合预报等方法。这些方法各有所长,同时也存在不同的缺陷。广西气象台在国内首次推出酸雨短期预报业务,主要采用统计学预报技术与数值模式预报相结合,形成集成预报技术。

黄海洪等<sup>[17]</sup>根据大气污染浓度、酸雨 pH 值、基本气象资料等信息,采用动态统计预报、神经网络预报等统计学方法及欧拉酸沉降模式数值预报方法分别建立酸雨 pH 值分级短期客观预报模型。计算结果表明:这几种客观预报方法对历史样本有较好的拟合效果,对独立样本的试报效果也较好,可为预报员制作综合预报产品提供有益参考。郑凤琴等<sup>[18]</sup>研究了广西城市酸雨预报方法,讨论了环境气象数值模式的应用,特别是把基于主分量神经网络非线性统计方法应用于酸雨短期预报模型中,多种预报方法的集成构成广西城市酸雨预报业务系统,该系统运行稳定,预报准确率较高。

## 4 广西雾霾天气分析研究

雾霾与污染大气污染源结合,是影响大气污染程度的重要形式,所以为了更好地监测预报大气污染状况,对雾霾形成及演变机理的分析研究非常重要。广西在雾霾特征分析和预报着眼点方面及能见度观测评估等方面取得一定的进展。但在雾霾形成机理研究的深度方面和在雾霾对大气污染的影响机理研究还存在较大差距。

### 4.1 雾

主要是讨论分析了雾的时空分布特征和雾形成的大气环流背景,探讨雾的定量预报方法。

黄滢等<sup>[19]</sup>对广西沿海雾进行研究分析,主要结论是,主要影响的天气形势是地面高压后部和弱冷空气影响两种,水汽条件和冷空气条件是造成雾天气的重要条件,逆温层出现对雾天气的维持起有利作用,海雾一般出现在早晨,当冷暖空气势力相当时,较容易出雾。陈燕丽等<sup>[20]</sup>对北部湾海雾预报进行研究,结果表明,相对湿度和风速对雾形成起到关键性作用,湿度大和风速小利于海雾的形成;其所建立模型经验证,总体预报效果良好。陈而廉等<sup>[21]</sup>分析了雾对广西高速公路交通安全的影响,结果表明,广西雾日分布总体是四周多,中间少,主要产生于秋冬季节,各高速公路雾日分布不均,相对而言,处于四周



的高速公路出现大雾天气的风险大于中间区域,对广西高速公路行车安全构成严重威胁的有初雾、末雾、低雾、团雾等。Li xiong<sup>[22]</sup>对能见度订正公式的适用性进行评估,发现其在广西南宁适用性较差;在此基础上,采用能见度、湿度、PM<sub>10</sub> 资料,经过一系列推导建立了南宁能见度订正公式;评估显示新建立公式重构的南宁能见度数据,在表现空气污染特征方面有明显改进。

## 4.2 霾

近年对广西霾的时空分布特征研究较多,并对霾形成的天气机理进行探索,预报方面的研究主要是天气概念模型的定性分析。

廖国莲等<sup>[23]</sup>对广西霾日时空变化进行分析研究,结果为:因为人类活动引发的污染排放增加,广西霾日数近年总体呈上升趋势,城市与内陆的霾多于乡村和沿海,秋冬季霾多于春夏季,霾的发生与相对湿度和风速密切相关。郑凤琴等<sup>[24]</sup>对广西霾过程大气环流影响进行分析,结果表明,当春季出现地面东南风、高空西风形势配置时,广西霾过程出现的频率最高,这种天气形势配置主要出现在春季,冷暖气流交换的季节,地面东南风型配置高空西风型大气环流特征是近年广西霾天气偏多的主导环流型。廖国莲等<sup>[25]</sup>对广西霾天气系统进行分型,将广西霾日对应的天气系统分为冷高控制型、入海高压后部型等 8 种类型,详细分析了各种天气类型在霾形成中的作用,其中冷高控制型是主导天气类型,冷高控制型的霾过程持续时间最长。

## 5 负氧离子的监测分析

### 5.1 负氧离子的观测

大气负氧离子有益于人体健康,被誉为大气中的“维生素”,与环境气象学、生态气象学、旅游气象学等学科密切相关。大气负氧离子主要观测空气中特定负氧离子浓度值,负氧离子浓度的时空分布非常不均匀,浓度值差异很大。在 2018 年以前,广西建有零星少量的负氧离子观测站点,广西气象局于 2018 年建成 30 个大气负氧离子自动观测站点,主要分布在负氧离子含量高的各大旅游景区。

### 5.2 负氧离子的特征分析

黎勋等<sup>[26]</sup>对广西负氧离子浓度的变化特征进行分析,结果表明,具有明显的日夜差异,呈现出两头高,中间低的特征,最大值出现在早晨,白天变化波动大,平均浓度以夏季最大。蒙晋佳等<sup>[27]</sup>分析研究了

广西部分景点的负氧离子浓度分布特征,结果为:负氧离子浓度时空分布非常不均匀,浓度大值区一般出现在植被条件较好的区域,尤其是与树木数量呈正相关关系,另外在山林、乡村、高楼等环境浓度较大,特别有瀑布的地方浓度特别大。

## 6 广西城市生态安全的研究分析

广西处于我国的西南区域,临海沿江沿边,以山地和丘陵地为主,夏涝冬旱特征明显。广西土地资源贫乏,水土流失等自然生态灾害影响,更由于经济社会的迅猛发展使得人类活动对自然生态的影响越来越严重,生态安全问题越来越严峻,凸显了广西生态环境安全的重要性,所以建立生态安全定量监测模型非常有必要,可以为政府谋划生态文明建设规划,确定重大项目发展提供更科学的决策依据。广西目前只在南宁市建立了生态安全定量监测模型,该模型较简单,离业务服务型模型还有一定差距。

黄海洪等<sup>[28]</sup>对基于 PSR 的生态安全演变对气候变化的响应进行分析,结果表明,南宁市的多年气温有逐渐变暖趋势,近年来变暖明显,增幅显著加大。根据南宁市城市生态安全评价定量评价模型,南宁市生态安全状况处于基本安全等级,特别是经过近年生态文明建设的累计贡献,南宁市生态安全状况处上升态势。但也存在一定的隐患,随着气候变暖趋势加剧,生态资源环境压力仍在不断恶化,自然生态处于不安全的状态,所以尽管趋势不错,但应该居安思危。

孙崇智等<sup>[29]</sup>对基于生态足迹的生态安全演变进行分析研究,结果表明,依据生态足迹压力指数分级分析,南宁市的生态足迹压力明显加大,生态承载力有所下降,基于生态足迹理论的生态安全等级逐渐从临界安全等级向不安全等级过渡。气候变暖引发的自然灾害风险加大,使得生态环境安全压力增大。建议通过退耕还林、生态移民、自然生态补给等方式,加大生态文明建设力度,减缓生态安全压力。

## 7 遥感技术在广西环境气象的应用

近年来,随着卫星技术迅猛发展,遥感技术在环境气象的应用也上了一个新台阶,广西主要在颗粒物浓度、雾天气、气溶胶光学厚度、热岛效应等方面遥感监测取得了一些进展。陈燕丽等<sup>[30]</sup>基于 FY2-E 可见光波段对北部湾海雾进行监测分析,结果表明, FY2-E 卫星影像对海雾的监测效果良好,对海雾的

区分度很高,其光谱及纹理特征清晰可辨,虽然大雾与低云区有部分混杂,但通过纹理算法的改进,基本能满足业务监测需求。谭浩波等<sup>[31]</sup>对南海北部气溶胶光学厚度进行分析研究,AOD 空间分布很不均匀,一般情况下,沿海地区大于内陆地区,工业发达地区大于其他地区。AOD 还呈现出较明显的日变化,一般上午 AOD 值较大,中午值最小。AOD 值与相对湿度和冷空气影响等气象要素密切相关。林奕桐等<sup>[32]</sup>对南宁市热岛效应进行了遥感分析研究,主要结论是,南宁市热岛逐渐从单中心向多中心分布转变,出现热岛效应的范围也在迅速加大,热岛面积扩展增幅加剧。南宁市高温日数近年有增多趋势,但城郊温差变化不大,即热岛强度增强不明显。南宁市的热岛效应与下垫面状况密切相关,植被对热岛效应的缓解作用明显。由于南宁市植被覆盖面积远小于硬化面积,热岛效应仍较明显。

目前卫星遥感信息在环境气象监测评估方面的应用刚刚启动,卫星遥感信息在大气污染源传输的监测和评估方面的工作还非常粗浅。遥感技术在广西环境气象的应用可望成为广西环境气象发展的重要特色。

## 8 存在问题和展望

(1)广西环境气象的观测比较薄弱,观测项目单一,布局欠合理科学,应强化顶层谋划,增加投入,特别加强对温室气体、大气反应性气体、光化学烟雾等大气污染物的观测,努力满足大气污染监测预警的业务需求。

(2)目前对广西大气污染的形成机理研究比较薄弱,应加强这方面的研究,特别在大气污染传输机理和污染源分析方面应加大力度。

(3)目前政府对大气污染防治工作非常重视,但气象部门提供的服务,精细化程度和针对性较差,难以满足需求,应尽力提高环境气象产品的精细化程度,加强大气环境的定量化评估研究,以期向政府提供更有针对性的决策依据。

(4)卫星遥感在广西环境气象业务的应用还比较粗浅,更多的还停留在研究分析层面,考虑到目前卫星遥感在大气环境领域的广泛应用,未来广西可加强这方面工作,特别在遥感应用的研究型业务方面,探索出一条特色发展之路。

(5)广西大气空气质量监测预警业务主要还是基于大气物理学的研究分析,其实大气成分的化学

变化对大气污染影响巨大,所以将来要加强大气污染的化学变化分析研究,以期更深入系统地研究大气污染的影响机理。

(6)目前广西环境气象研究及业务工作还比较封闭,开放合作意识不强,协作效益不显著,需开拓思路,加强与环保部门和科研院所及大学的合作,不断提高业务服务和科学研究水平。

### 参考文献:

- [1] 黄海洪,董蕙青,凌颖,等.南宁市夏季不同下垫面温度特征分析及预报研究[J].气象科技,2003,31(4):253-256.
- [2] 黄海洪,凌颖,董蕙青.百叶箱内外气温特征分析[J].气象,2003,29(12):25-28.
- [3] 凌颖,黄海洪.南宁市城市热岛效应特征分析[J].广西气象,2003,24(3):25-27,49.
- [4] 董蕙青,郑永骏,黄海洪,等.广西城市空气质量预报技术[J].气象科技,2002,30(6):349-352.
- [5] 蒋芸芸.广西城市环境空气质量变化趋势分析[J].广西科学院学报,2011,27(2):95-98.
- [6] 潘润西,和凌红,付洁,等.广西环境空气质量预报预警平台建设与应用成效[J].环境科学导刊,2018,37(2):102-106.
- [7] 黄远盼,黎馨,欧徽宁.广西贺州市城区空气质量与气象条件的关系研究[J].气象研究与应用,2019,40(4):66-70.
- [8] 庞业,潘润西,何宇,等.广西臭氧时空分布特征及污染天气类型研究[J].环境监控与预警,2019,11(3):44-48.
- [9] Xiong Li, Ying Pan, Zhaoyu Mo. Joint effects of several factors on cloud-to-ground lightning and rainfall in Nanning(China)[J]. Atmospheric Research, 2018 (212): 23-32.
- [10] 黄海洪,董蕙青,陈竑,等.南宁市酸雨特征及来源分析[J].南京气象学院学报,2004(6):785-790.
- [11] 董蕙青,黄海洪,高安宁,等.南宁市酸雨频率特征分析[J].气象科技,2003(2):101-104,108.
- [12] Feng-qin Zheng, Guo-liang Liao, Hai-hong Huang. Trend analysis of wet deposition in Nanning City during 1991-2004 [J]. Environmental Engineering and Management Journal, 2011, 10(6): 777-780.
- [13] 董蕙青,黄海洪,高安宁,等.影响广西酸雨的大气环境特征分析[J].气象,2005(10):51-55.
- [14] 黄红铭,黄增,韦江慧,等.2011-2018年广西酸雨污染变化特征及影响因素分析[J].化学工程师,2019,33(10):41-44,75.
- [15] 陈锐章,彭桂英.广西酸雨形势分析[J].广西科学院学

- 报, 1991, 7(2): 84-93.
- [16] 孙平安, 李秀存, 于爽, 等. 酸雨溶蚀碳酸盐岩的源汇效应分析——以广西典型岩溶区为例[J]. 中国岩溶, 2017, 36(1): 101-108.
- [17] 黄海洪, 孙崇智, 郑凤琴, 等. 酸雨 pH 值分级短期预报方法研究初探[J]. 环境化学, 2003, 25(3): 373-375.
- [18] 郑凤琴, 孙崇智, 于文杰, 等. 城市酸雨预报方法及业务系统[J]. 气象科技, 2006(6): 684-687.
- [19] 黄滢, 江源源, 郭亮. 广西沿海雾的气候特征及形成条件分析[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(31): 343-345.
- [20] 陈燕丽, 郭晓薇, 黄永璘, 等. 广西北部湾海雾天气形成预测研究[J]. 科学技术与工程, 2017, 17(27): 133-137.
- [21] 陈而廉, 李生艳, 林开平, 等. 雾对广西高速公路交通安全的影响及预防对策[J]. 气象研究与应用, 2011, 32(3): 46-48.
- [22] Li Xiong, Qing Wu, Lin Mang, et al. Determining coefficients in a reconstructed aerosol concentrations model from observed visibility[J]. Environmental Technology, 2012, 33(7-9): 1037-1040.
- [23] 廖国莲, 郑凤琴, 曾鹏, 等. 广西霾天气系统分型[J]. 气象科技. 2018, 46(1): 149-154.
- [24] 郑凤琴, 曾鹏, 罗小莉, 等. 广西区域霾过程高低空大气环流型影响分析[J]. 气象科技, 2019, 47(4): 655-662.
- [25] 廖国莲, 曾鹏, 郑凤琴, 等. 1960—2009 年广西霾日时空变化特征[J]. 应用气象学报, 2011, 22(6): 732-739.
- [26] 黎勋, 魏建军. 广西负离子浓度变化特征分析[J]. 气象研究与应用, 2019, 40(3): 98-101.
- [27] 蒙晋佳, 张燕. 广西部分景点地面空气负氧离子浓度分布规律[J]. 环境科学研究, 2004, 17(3): 25-28.
- [28] 黄海洪, 郑凤琴, 莫雨淳, 等. 基于 PSR 的生态安全演变对气候变暖的响应[J]. 生态环境学报, 2009, 18(1): 35-39.
- [29] 孙崇智, 郑凤琴, 黄海洪, 等. 基于生态足迹的南宁市生态安全演变对气候变暖的响应[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(4): 1665-1667, 1670.
- [30] 陈燕丽, 郭晓薇, 黄永璘, 等. 基于 FY2-E 可见光波段的北部湾白天海雾检测[J]. 科学技术与工程, 2017, 17(19): 8-11.
- [31] 谭浩波, 吴兑, 毕雪岩. 南海北部气溶胶光学厚度观测研究[J]. 热带海洋学报, 2006, 25(5): 21-25.
- [32] 林奕桐, 叶骏菲, 林开平, 等. 南宁市热岛效应的遥感研究[J]. 灾害学, 2014, 29(4): 192-197.

## Summary of Guangxi environmental meteorology research and operation progress

Huang Haihong<sup>1</sup>, Liao Guolian<sup>2</sup>, Huang Siqu<sup>1</sup>, Zheng Fengqin<sup>3</sup>

(1. Guangxi Institute of Meteorological Sciences, Nanning Guangxi 530022; 2. Guangxi Meteorological Observatory, Nanning Guangxi 530022; 3. Guangxi Climate Center, Nanning Guangxi 530022)

**Abstract:** This paper summarized the fruitful achievements of Guangxi Meteorological Service in the research and application of environmental meteorology for many years, especially in the environmental meteorological observation, air quality monitoring and forecasting, acid rain monitoring and forecasting, haze weather mechanism research and ecological environment security research. The research and application achievements of environmental meteorology in Guangxi in recent years were summarized from the aspects of monitoring, spatiotemporal characteristics, influencing mechanism, forecasting methods and decision-making reference of various environmental disasters induced by meteorological factors. Finally, the main existing problems and initial ideas for the future development were put forward.

**Key words:** Environmental Meteorology; research and operation; progress review