

六盘水市水上交通安全气象保障服务系统的开发应用

严锐, 蒋仕华, 刘鹏, 陈翔章, 张强

贵州省六盘水市气象局, 贵州 六盘水

收稿日期: 2024年4月25日; 录用日期: 2024年5月24日; 发布日期: 2024年5月31日

摘要

为了降低气象灾害对六盘水市水上交通安全的影响, 本文研发并应用了六盘水水上交通安全气象保障服务系统。该系统通过自动气象站收集实时数据, 利用C Sharp Program编程语言和一体化平台设计实现数据处理、监测预报预警以及服务产品的生成与分发。系统针对主要航道过去24小时天气、未来24小时天气预报和大风气象风险进行预警提示, 有效提高了航运安全和气象服务质量。尽管存在监测范围有限、数据时效性、灾害风险评估不全面等问题, 但通过增加监测点、提高数据更新频率、扩展风险评估模型等优化措施, 系统性能将得到进一步提升。该系统的应用降低了安全风险, 扩大了气象服务影响, 提升了气象服务能力, 为地方政府、海事局提供了有力的现代化航运气象保障服务。未来工作将侧重于系统的持续完善, 以满足更广泛的业务需求。

关键词

水上交通, 气象保障服务, 自动气象站, C Sharp Program编程语言, 一体化平台设计

The Development and Application of the Meteorological Support Service System about Waterway Traffic Safety in Liupanshui

Rui Yan, Shihua Jiang, Peng Liu, Aozhang Chen, Qiang Zhang

Liupanshui Meteorological Bureau, Liupanshui Guizhou

Received: Apr. 25th, 2024; accepted: May 24th, 2024; published: May 31st, 2024

文章引用: 严锐, 蒋仕华, 刘鹏, 陈翔章, 张强. 六盘水市水上交通安全气象保障服务系统的开发应用[J]. 气候变化研究快报, 2024, 13(3): 690-698. DOI: 10.12677/ccrl.2024.133078

Abstract

To reduce the impact of meteorological disasters on the safety of waterway traffic in Liupanshui City, this paper develops and applies a meteorological support service system for waterway traffic safety. The system collects real-time data through an automatic weather station and uses C Sharp Program programming language and integrated platform design to achieve data processing, monitoring, forecasting, early warning, and the generation and distribution of service products. The system provides early warning prompts for major navigation channels regarding the past 24 hours' weather, future 24 hours' weather forecast, and high wind risk assessment, effectively improving shipping safety and meteorological service quality. Although there are issues such as limited monitoring scope, data timeliness, and incomplete disaster risk assessment, the system performance will be further enhanced through optimization measures such as adding monitoring points, increasing data update frequency, and expanding risk assessment models. The application of this system has reduced safety risks, expanded the influence of meteorological services, and improved the capability of meteorological services, providing powerful modernized shipping meteorological support services for local governments, waterway bureaus, and maritime bureaus. Future work will focus on the continuous improvement of the system to meet broader business needs.

Keywords

Waterway Traffic, Meteorological Support Service, Automatic Weather Station, C Sharp Program Programming Language, Integrated Platform Design

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

2021年9月18日16时50分许,六枝特区西陵航运有限公司所属的“六盘水客8015”船航行至光照库区六枝特区牂牁镇王城码头西侧偏北约300米水域处时发生侧翻,造成13人死亡、2人失联。结合附近乡镇自动气象站、雷达探测资料及数值模拟等综合分析表明,牂牁江龙坡水域到西陵村突发下击暴流并导致局地形成短时大风约为11~13级,是导致客船侧翻的原因之一。六盘水牂牁江四面环山,地形复杂,海拔落差大、坡度大,峡谷纵横,西南方向存在长约20千米的峡谷,湖面南北长4~5千米,东西宽4~7千米,面积约18平方千米,出水口位置在南东南方向,人口聚集区在西北方向,当地居民出行主要依靠水上交通。大雾、大风、暴雨等灾害天气影响着航运安全。目前,贵州省内针对政府、航运管理部门及航运公司的航运交通气象服务尚未有效开展。贵州省交通气象服务多为公益性服务,交通气象服务主要应在服务产品的时空精度、服务的完整性和针对性等方面加强和改进[1]。

六盘水水上交通安全气象保障服务系统开发与应用旨在通过深刻汲取六枝特区牂牁镇水上交通事件教训,基于实际水上交通痛点出发,坚持“人民至上、生命至上”理念,为减少六盘水市主要库区水上交通因短时强降水、瞬时大风、雷雨强风等气象灾害监测与预警能力短板带来的损失,科学合理地建设主要库区水上交通气象服务体系,加强部门间联防联控,完善协同发展工作机制,从根本上消除事故隐患,从而不断提高气象灾害防范应对和库区水上交通安全生产水平,推进行业进步,填补本省该领域空白。

因此,从航运安全、智能航道建设和港口作业等实际工作考虑,迫切需要提高航运交通气象服务时效性和专业化水平[2]。需要在前期工作的基础上,完善六盘水主要库区大风、短时强降水(影响能见度)灾害风险区划图,建立大风、短时强降水等主要水上交通气象灾害风险预警指标体系;搭建六盘水主要库区航运气象业务系统和服务平台,向航运公司、码头和运营船舶试点开展专业气象服务。六盘水水上交通安全气象保障服务系统的开发应用,是六盘水市气象部门提供专业化、技术性和智能化航运气象服务的平台支撑,为提升专业预报服务能力和预报科技水平夯实了基础。

2. 系统组成与主要功能

2.1. 资料收集与处理子系统

交通气象监测设备、监测技术是提供有效交通气象服务的基础,精细化交通气象预警及管控技术则是连接数据采集端到交通气象服务的桥梁[3]。

交通数据存在来源单一、数据质量控制不足、数据使用不充分等问题。目前,数据主要来源是交通气象站,对交通实际气象需求、设备使用场景关注不足,观测要素不齐全,没有形成针对于整个路网的气象监测预警。六盘水水上交通安全气象保障服务系统是使用 C Sharp Program 程序编制而成,主要用来处理气象数据及生产水上交通气象服务产品。本系统收集来自天擎及主要航线监测自动站的气象数据、流经辖区范围内的革香河和北盘江、航线、地图以及主要码头信息等资料。通过人工提取航线点、科学选址合理规划建设 10 个水上交通气象要素监测站点,分别为水城码头、猫河、鲁嘎、火母沟、下以龙、大元村、高家渡码头、牂牁江、龙坡、都格,其中牂牁江、都格、龙坡为已建好的六要素区域自动站点,其余均为新建的六要素监测点。这 10 个站点沿航线分布,可有效监测到六盘水主要库区航道包括降雨量、风速风向等气象要素。同时探索有效预警范围与航线点的对应关系,本系统实现每天定时给如应急、海事等相关部门自动发送辖区航道或码头的过去 24 小时天气实况、未来 24 小时天气预报、大风气象风险监测温馨提示预警短信等气象服务产品的功能,切实提升六盘水水上交通气象服务信息实时性和准确性,同时弥补贵州省在水上交通气象服务的空白。

2.2. 监测预报预警及服务产品

2.2.1. 主要航道过去 24 小时天气实况

本系统于每天早上 8:00 至 9:59 时间段读取天擎及上述 10 个六要素监测自动站过去 24 小时的天气实况数据,包括极大风速、气温、降水量等气象要素,它们对于了解天气状况和预测未来天气变化非常重要。经过 C Sharp Program 程序对原始数据进行筛选、分析、整合等处理,最终生成一份名为《六盘水市水上交通安全专题气象服务之昨日 8 时~今天 8 时天气实况》的服务产品(如图 1),这份产品包含了六盘水主要库区沿航线的水城码头、猫河、鲁嘎、火母沟、下以龙、大元村、高家渡码头、牂牁江、龙坡、都格 10 个自动站过去 24 小时天气实况的极大风玫瑰图(除都格外)、最高气温分布图、最低气温分布图及降水分布图,一目知悉航线各站的最高、最低气温、降水量大小及极大风速风向。若本系统能够从天擎和监测自动站获取有效数据,并正常运行,则将于 8:10 分定时将过去 24 小时实况产品以图片形式发送至企业微信工作群,此群涵盖了应急局、气象局、海事局、码头等工作人员。若时间超过 9:59,系统仍然无法获取有效数据或正常运行,这可能是由于监测自动站出现故障或者数据传输受阻等原因导致的,则当天就不会生产实况产品。

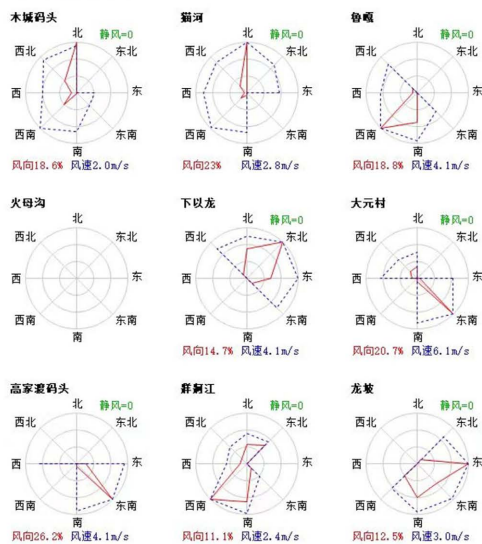
《六盘水市水上交通安全专题气象服务之昨日 8 时~今天 8 时天气实况》服务产品,为今后研究主要航道气候变化和天气规律提供数据支持,有助于科学研究和环境监测。通过对过往天气情况的分析,可以更好地理解极端天气事件的发生机制,为政府和相关部门提供决策依据,用于制定应急预案和响应措施。

六盘水市水上交通安全专题气象服务

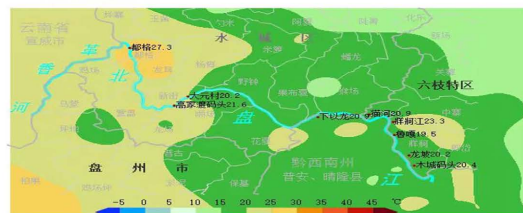
昨日8时~今日8时天气实况

极大风速(m/s):最大为大元村的18.2,最小为水城码头的6.1。
 气温(°C):最高为都格的27.3,最低为龙坡的7.3。
 降水量(mm):各监测站点无降水。
 具体情况参见下图:

一、极大风玫瑰图



二、最高气温分布图



三、最低气温分布图



四、降水分布图



六盘水市气象局
2024年2月23日8时10分

Figure 1. Service product—“Special Meteorological Services for Waterway Traffic Safety in Liupanshui of the past 24 hours as of 8 am”

图 1. 服务产品——《六盘水市水上交通安全专题气象服务之昨日 8 时~今天 8 时天气实况》

2.2.2. 主要航道未来 24 小时天气预报

六盘水气象台根据最新气象资料于每天早上 7:00 预报全市各县区气温,再根据水城区、六枝特区最新气温及天气条件预报基础上订制上述除都格外站点外 9 个监测自动站的气温预报: 1) 在阴雨天气背景下,水城码头、猫河、鲁嘎、下以龙、龙坡、牂牁江的最低气温通常较六枝特区最低气温分别偏高 6°C、5°C、5°C、5°C、3°C、4°C,大元村、高家渡码头、火母沟的最低气温通常较水城区最低气温相比分别偏高 6°C、2°C、2°C;水城码头、猫河、鲁嘎、下以龙、龙坡、牂牁江的最高气温通常较六枝特区最高气温分别偏高 6°C、6°C、6°C、6°C、5°C、5°C,大元村、高家渡码头、火母沟的最高气温通常较水城区最高气温相比分别偏高 5°C、5°C、5°C。2) 在晴朗天气背景下,水城码头、猫河、鲁嘎、下以龙、龙坡、牂牁江的最低气温通常较六枝特区最低气温分别偏高 6°C、5°C、5°C、5°C、5°C、5°C,大元村、高家渡码头、火母沟的最低气温通常较水城区最低气温相比分别偏高 8°C、8°C、4°C;水城码头、猫河、鲁嘎、下以龙、龙坡、牂牁江的最高气温通常较六枝特区最高气温分别偏高 8°C、7°C、7°C、8°C、8°C、11°C,大元村、高家渡码头、火母沟的最高气温通常较水城区最高气温相比分别偏高 7°C、8°C、7°C。

气象台以 word 文本形式制作出水上交通专题气象服务产品 - 《全市主要库区航道未来 24 小时天气预报》(图 2),其内容包括全市未来 24 小时天气趋势和主要库区航道天气预报(附:风力等级表)。本系统于每天早上 7:30 至 9:59 时间段读取本产品,根据主要库区航道天气预报(附:风力等级表)内容,自动生成图片形式服务产品——《今天 8 时~明天 8 时天气预报》(图 3),内容包括每个监测站点天气条件及风向风力大小,以及风力等级说明、大风气象风险等级、预报填图意义等内容。若本系统能够从内网服务器

获取有效预报产品，并正常运行，则将于 7:30 分定时将服务产品《今天 8 时~明天 8 时天气预报》发送至企业微信工作群。若时间超过 9:59，系统仍然无法获取有资料或正常运行，则当天就不会生产实况产品。

《今天 8 时~明天 8 时天气预报》服务产品，以便相关部门能够及时了解六盘水主要库区航运线天气状况变化趋势并采取相应措施，及时调整航线，避开恶劣天气区域，减少因天气原因导致的水上交通事故，助于航运公司和管理部门做出更加合理的调度决策，提高航运效率，这对于保障航运安全、提高航运效率、减少经济损失以及提升气象服务质量等方面都具有重要的意义。



全市主要库区航道未来24小时天气预报

一、全市未来 24 小时天气趋势

预计：23日，全市多云间晴，午后有6级以上偏南大风，全市森林火险气象风险等级高。

二、主要库区航道天气预报

库区	地点	天气	气温	极大风向风力
光照库区	木城码头	多云间晴	22~37℃	西北风 4~6 级
	猫河	多云间晴	21~36℃	西北风 5~7 级
	鲁戛	多云间晴	21~36℃	西北风 5~7 级
	下以龙	多云间晴	21~37℃	西北风 4~6 级
	龙坡	多云间晴	21~37℃	西南风 5~7 级
善泥坡库区	大元村	多云间晴	22~35℃	北风 5~7 级
	高家渡码	多云间晴	22~36℃	东风 5~7 级
万家口子库	火母沟	多云间晴	18~35℃	北风 4~6 级

附：风力等级表

等级	风速V(m/s)	等级	风速V(m/s)	等级	风速V(m/s)	等级	风速V(m/s)
3	3.4~5.4	6	10.8~13.8	9	20.8~24.4	12	≥32.6
4	5.5~7.9	7	13.9~17.1	10	24.5~28.4		
5	8.0~10.7	8	17.2~20.7	11	28.5~32.6		

发：市交通局、市海事局、水城海事处、六枝海事处、钟山海事处、盘州海事服务中心

Figure 2. Service product—Weather Forecast of 24 Hours for Major Reservoir Areas Waterways in the City

图 2. 服务产品——《全市主要库区航道未来 24 小时天气预报》

2.2.3. 灾害性天气风险预警提示

大风作为极端天气的常见现象，其对水上交通安全航行的影响尤为突出。风向风速直接关系到船舶的航行安全、航道的选择、航行计划等。建立有效的大风气象风险预警系统对于预防和减少水上交通事故至关重要。本系统则可以通过及时发布大风气象风险预警信息，帮助航运船舶提前采取应对措施。

本系统的工作原理主要涉及实时气象数据获取、数据分析、预警信息制作和发布等步骤。本系统每隔 30 秒获取一次上述 10 个监测站点的风向、风速、降水量等实时气象数据，并对获取到的数据进行

六盘水市水上交通安全专题气象服务

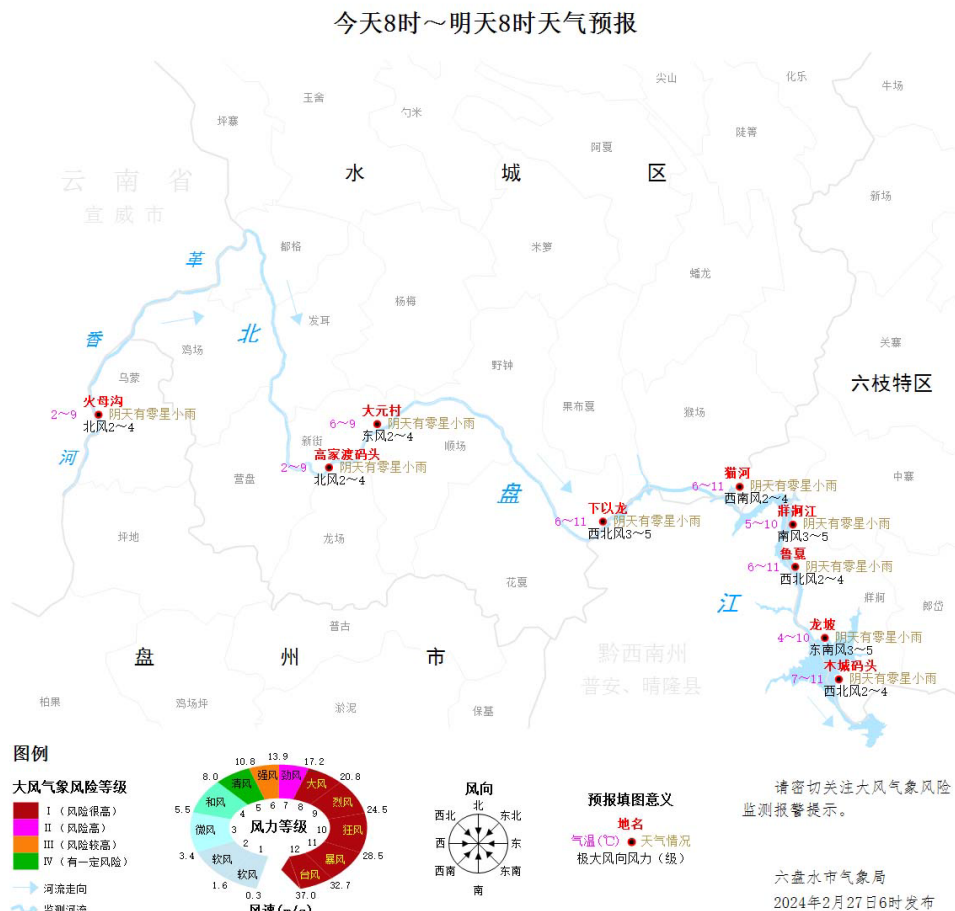


Figure 3. Service product—Weather Forecast of 24 Hours as of 8 am

图3. 服务产品——《今天8时~明天8时天气预报》

分析研判，识别出可能导致大风的趋势。当系统监测到潜在的大风风险时，即风力达阈值5级以上(含5级)即风速 $\geq 8 \text{ m/s}$ ，则会根据预设的标准和程序自动生成大风气象风险监测报警信息(图4)，报警内容包括有测站名、观测时间、风向风力、风力对照、防御指南等内容。预警信息生成后，会通过多种渠道迅速发给相关部门，包括短信、企业微信、电视广播等，以确保信息能够及时传达给受影响的人群。在大风持续期间，本系统会继续监测天气变化，并根据最新数据每间隔180分钟更新一次预警信息。

本系统自主研发运行以来，已制作发布相关实况、预报、预警服务产品均达300余期。本系统的研发和应用，提高了六盘水市水上交通气象服务信息发布的效率和覆盖面，减少预警信息的“盲区”，确保关系信息能够及时传达给相关人，准确的气象信息为海事部门和船舶决策者提供了科学依据，这对提升水上交通安全，提高气象防灾减灾能力，促进航运业和渔业等相关行业的稳定发展具有重要的意义。

3. 关键技术与应用

3.1. 自动气象站

六盘水水上交通自动气象站在水上交通安全气象保障服务系统中的角色是多方面的，自动气象站扮演着监测和预警的关键角色。通过传感器收集气象数据并转换为电信号，无需人工干预即可完成数据的

六盘水市水上交通安全专题气象服务

六盘水市水上交通安全专题气象服务

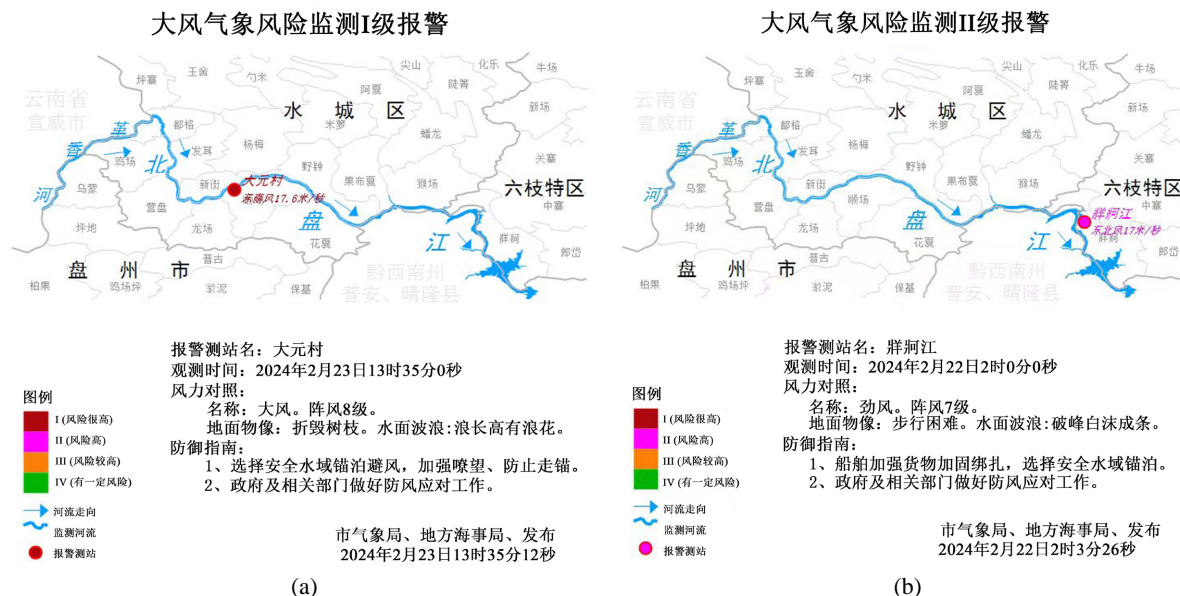


Figure 4. Service product—Monitoring and Early Warning of Meteorological Risk of Gale
图 4. 服务产品——《大风气象风险监测预警》

实时更新测量和记录多项气象要素以及自动传输数据。它不仅能够提供实时的气象监测数据，为水上交通安全提供了及时准确的气象信息，以辅助决策并确保航行安全。而且有助于形成综合交通运输体系中的现代交通气象服务体系，这些站点作为交通气象服务的重要一环，可以优化恶劣天气下的交通预警处置能力。

3.2. 一体化平台设计

本系统平台是一个集数据整合、智能分析、自动化生产、快速分发和实时监控于一体的综合性智能化气象服务业务平台，它充分利用了中国气象中心的统一数据环境和计算资源。该平台在设计上遵循“一张网、一张图”的原则，以气象实况资料作为基础数据，以预报服务产品的智能化和自动化快速制作工作场景为支撑，旨在实现水上交通气象服务的高效、精确和便捷。该平台实现了如实况分析预警，服务产品自动制作，服务信息一键分发等一系列功能。它不仅提高了气象数据处理和预报制作的效率，还通过信息融合分析评估，增强了对水上交通安全的支持能力，为气象服务提供了强大的技术支持。

3.3. 基于 C#编程语言

六盘水水上交通安全气象保障服务系统是基于 C#语言编写程序而实现的。C#全称是 C Sharp Program [4]，具备如下优势：1) C#是一种通用的编程语言，可以在不同的操作系统上运行，如 Windows、Linux 和 Mac ios 等。方便 C#开发的水上交通安全气象保障服务系统可以在不同平台上部署和运行。2) C#是一种面向对象的编程语言，支持封装、继承和多态等特性。这便于更好地组织和管理代码，提高代码的可读性和可维护性。3) C#可提供丰富的类库，包括用于文件操作、网络通信、数据库访问、图形界面开发等功能的类库，有利于快速构建水上交通安全气象保障服务系统的各种功能模块。4) Visual Studio 是 C#的主要集成开发环境，提供了强大的代码编辑、调试和测试工具，编写、调试和优化水上交通安全气象保障服务系统的代码。5) C#拥有庞大的开发者社区，提供了大量的学习资源、教程和开源项目，可学习

和借鉴其他开发者的经验。6) C#编译器会对代码进行优化,生成高效的本地代码,这使得水上交通安全气象保障服务系统具有较好的性能表现。7) C#支持类型安全和异常处理等特性,有助于提高代码的安全性,有助于保护水上交通安全气象保障服务系统的数据和功能。

4. 存在的问题

六盘水水上交通安全气象保障服务系统运行至今,只能实现六盘水水上交通气象服务保障的部分需求,仍存在一些问题待解决,待开发完善系统新功能。本系统仍存在以下问题:1) 监测范围有限:本系统主要依赖沿主航道气象上述10个监测站点的数据,可能无法全面覆盖所有水域,特别是一些支流或者偏远水域的气象条件可能被忽视,这些区域同样需要气象保障。2) 数据时效性和准确性:气象条件变化迅速,如果监测站点的数据更新不及时,或者数据传输和处理存在延迟,可能会影响预警信息的时效性和准确性。3) 灾害风险评估不全面:仅仅关注大风气象风险,而忽视了其他气象灾害如雾、冰雹、雷暴等对水上交通的影响,这可能导致对整体气象灾害风险的评估不够全面。4) 缺乏多源数据融合:现代气象预警系统通常需要结合卫星遥感、自动化气象站等多种数据源,以提高预警的准确性和可靠性。单一数据源可能无法满足复杂气象条件下的预警需求。5) 服务能力有限:在提供水上交通气象服务时,需要考虑到不同用户的需求分门别类服务产品,如船舶驾驶员、港口管理者、救援协调人员等,单一的预警功能可能无法满足所有用户的需求。6) 安全隐患排查不足:未能充分收集和分析历史灾情数据,可能导致对潜在的安全隐患点和易发区的识别不足,从而影响预警系统的有效性。7) 应急响应机制不健全:仅有预警功能而缺乏有效的应急响应机制和预案,可能导致预警信息无法及时转化为实际的防范措施,减少灾害风险。8) 反馈机制缺失:没有建立有效的用户反馈机制,难以根据用户的使用体验和服务效果进行系统的优化和改进。

5. 优化方案

针对六盘水水上交通安全气象保障服务系统存在的问题,以下是考虑完善优化本系统的措施:1) 增加更多的监测站点,特别是在支流和偏远水域,以确保全面覆盖。与邻近区域的气象部门合作,共享数据以扩大监测范围。2) 提高监测站点的数据更新频率,确保实时传输。定期校准和维护监测设备,保证数据的准确性。3) 扩展风险评估模型,包括更多种类的气象灾害,定期进行灾害风险评估培训。4) 引入卫星、雷达等多源数据,与现有数据进行融合分析,提高预警的准确性和可靠性。5) 开发多样化的服务产品,满足不同用户群体的特定需求,提供定制化服务,如根据船舶类型、航线等提供个性化预警。6) 建立历史灾情数据库,进行深入分析,识别潜在的安全隐患点。7) 定期进行安全检查和风险评估,及时发现并处理隐患。8) 建立与救援、海事等部门的紧密合作关系,制定详细的应急预案,包括预警后的应对措施和资源调配,确保快速响应。9) 建立用户反馈系统,收集用户的意见和建议,定期分析反馈信息,根据用户体验不断优化系统功能和服务。通过实施上述改善措施,可以提升六盘水水上交通安全气象保障服务系统的整体性能,更好地满足水上交通气象服务的需求,降低气象灾害风险。

6. 结束语

通过建设六盘水市主要库区水上交通安全保障系统,并开展针对这些库区的水上交通航运智慧气象保障服务,已经产生了显著的服务效益。这些效益主要体现在以下几个方面:

1) 安全风险降低。航道天气监测预报预警产品通过共享平台在六盘水当地海事部门和重点船务公司进行了试用,并获得了相关单位的一致好评。这表明系统的建立有效提高了水上交通安全管理水平,减少了因恶劣天气导致的事故发生率。2) 气象服务影响扩大。该系统创新性地为六盘水航道提供了一体化、智能化的水上交通气象保障服务,减轻了气象灾害对水运部门的负面影响,增强了航运业对极端天气事

件的应对能力。3) 气象服务能力提升。该系统的建设使得六盘水市气象局能够与地方政府、海事局实现同平台联合服务,这不仅展示了气象统一管理的部门优势,而且建立了一个结构完善、功能先进、集约高效、保障有力的现代化航运气象保障服务体系。尽管取得了这些成果,但目前系统的服务范围还局限于牂牁江航道流域,服务标准尚未明确界定,不能完全满足全省实际业务发展的需求。因此,未来将采取边服务边完善的方式,逐步扩展服务范围,提高服务质量,以更好地满足地方航运气象保障的需求。

基金项目

六盘水市气象局气象科研项目(LPSKY[2023]09-11号)、贵州省气象局省市联合科研基金项目(黔气科合SS[2023]27号)。

参考文献

- [1] 陈静怡, 宋丹, 陈蕾, 等. 贵州公路交通气象服务效益评估分析[J]. 西部交通科技, 2022(11): 200-202.
- [2] 邓德文, 杨华, 谢克勇. 鄱阳湖水上交通安全气象保障服务系统组成与应用[J]. 气象水文海洋仪器, 2021(2): 63-66.
- [3] 方留杨, 胡澄宇, 丁宇超, 等. 交通气象融合现状与发展趋势[J]. 中国公路, 2022(24): 30-35.
- [4] Deitel, H.M. C#语言高级程序员指南[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.