

DOI:10. 3880/j. issn. 1004 - 6933. 2019. 02. 014

台风实时信息防汛服务云平台设计与应用

顾巍巍,张卫国,张 焱,钟 伟,孙飞飞

(宁波市水利水电规划设计研究院,浙江 宁波 315192)

摘要:为解决防汛部门难以及时有效获取台风期间降雨信息的问题,采用台风降雨信息智能关联、多机构降雨预报长短嵌套融合、降雨预报数据时空解析等关键技术,设计开发了台风实时信息防汛服务云平台。平台基于 B/S 架构、SaaS 服务模式和数据与服务能力中心,保障了系统的通用性和稳定性;设计台风信息、相似分析、未来降雨、分析简报、数据大屏等功能以实现云平台的实用性。云平台应用于宁波市、温岭市等地防汛工作,结果表明系统实用、可靠,应用效果较好。

关键词:台风;降雨预报;云平台;防汛

中图分类号:P338 **文献标志码:**A **文章编号:**1004 - 6933 (2019) 02 - 0085 - 05

Design and application of cloud platform for real time flood control information of typhoon//GU Weiwei, ZHANG Weiguo, ZHANG Yan, ZHONG Wei, SUN Feifei (*Ningbo Hydraulic Waterpower Planning and Designing Research Institution, Ningbo 315192, China*)

Abstract: In order to solve the problem that the flood control department is difficult to obtain the rainfall information in time and effectively, the key technologies such as the intelligent correlation of typhoon rainfall information, the nesting fusion of the multi mechanism rainfall forecast and the spatio-temporal analysis of the rainfall forecast data was applied to design a cloud platform for real time flood control information of typhoon. Based on B/S framework, SaaS service mode, and data and service capability center, the universality and stability of the system are guaranteed. The practicability of cloud platform is achieved through the function design of typhoon information, similarity analysis, future rainfall, analysis bulletin and data screen. The cloud platform is applied to flood control work in Ningbo and Wenling, showing that the system is practical, reliable and effective.

Key words: typhoon; rainfall forecast; cloud platform; flood control

应对台风及其次生灾害,及时有效获取台风信息至关重要^[1]。台风信息具有专业性、时效性及受众广的特点。传统的信息传播方式难以解决这种半结构化专业解析、高速多源汇聚、差异化服务的复杂问题,综合运用数据库、GIS、互联网等现代化技术的信息服务系统,成为很好的解决问题途径。欧美、日本等在该领域研究比较深入,Kitamoto^[2]开发了可用于实时和历史台风详细信息查询的 Digital Typhoon 系统。我国在台风信息系统方面起步较晚但发展迅速,取得了一定成果,如,吴焕萍等^[3]探讨了 GIS 应用于决策气象服务系统的相关问题,方建等^[4]设计并开发了一套台风灾害快速评估系统。近年来,随着移动互联网、云计算、人工智能等前沿

技术的发展,学者们不断将最新技术引入台风信息服务系统。李建等^[5]研究了一种基于移动互联网的台风信息发布系统,骆小龙等^[6]研究了一种基于阿里云的台风路径实时发布系统,均取得了较好的应用效果。然而,现有的台风信息服务系统主要关注台风路径及台风自身属性,为气象预警、生活服务及学术科研提供服务,未针对防汛部门需求提供信息服务。同时,防汛部门可直接获取的降雨预报信息从发布时间节奏、关注对象、数据精度等方面也难以满足防台防汛需求。为解决上述问题,本文以实际防汛需求为导向,采用关键技术开发通用性好、实用性强的台风实时信息防汛服务云平台,为我国沿海城市应对洪涝灾害提供针对性信息服务。

基金项目:浙江省水利厅科技项目(RA1702);宁波市水利科技项目(NSK201715)
作者简介:顾巍巍(1982—),男,高级工程师,主要从事水文水资源、水利信息化等研究。E-mail:Shark20002@163.com。

1 系统设计

1.1 设计思路

设计目标是在防台期间为防汛部门实时提供信息,主要是台风基本信息和未来降雨信息。其中,未来降雨信息部分是现有台风信息服务系统的缺陷,也是本文研究重点。目前,防汛部门可获取的降雨预报信息难以满足防台防汛需求,主要表现在以下3个方面:①台风在24 h警戒线外,各主流气象机构的降雨数值预报存在较大的不确定性,对未来降雨的初步预判难度较大;②台风进入24 h警戒线内,气象降雨预报发布时段与防汛需求的预报时段节奏不一致,且气象部门与水利防汛部门关注的对象具有一定差异性;③防汛期间,多机构降雨数值预报成果存在一定的差异,难以有效抉择并指导防汛工作。针对以上问题,本文分别从历史数据挖掘、预报数据解析、数据嵌套融合等方面研究关键技术,同时,采用B/S架构、SaaS服务模式和数据与服务能力中心,保障平台推广应用的通用性和防汛高并发时期的系统稳定性。

1.2 关键技术

为解决防汛部门获取降雨预报信息的问题,开展台风降雨信息智能关联^[7]、多机构降雨预报长短嵌套融合、降雨预报数据时空解析等关键技术研究,并以服务形式融入数据与服务能力中心,支撑业务功能开发。

1.2.1 台风降雨信息智能关联技术

考虑台风路径、发生时间、中心气压、移速、风速、发源地、登陆点等因子,从大量的历史数据中挖掘与本场台风相似的历史台风,以相似台风降雨统计信息辅助防汛部门对未来降雨形势的预判,解决

“台风在24 h警戒线外,各主流气象机构的降雨数值预报存在较大的不确定性,对未来降雨的初步预判难度较大”的问题。

1.2.2 多机构降雨预报长短嵌套融合技术

暴雨发生过程中,不同机构会发布各自的降雨预报成果,各机构预报成果在发布时间、预报时长、预报范围、预报精度等方面往往存在一定的差异。本技术基于各机构在历史长系列、过去15 d、过去3个时次的预报综合表现,调整各机构动态权重,分别对短临预报机构、短期预报机构的预报成果进行融合,再进行长短嵌套,得到最终预报成果。

1.2.3 降雨预报数据时空解析技术

从时间角度,气象机构预报信息发布时间固定,其节奏与防汛需求不一致。本平台研究“降雨预报数据时空解析技术”,将各机构发布的降雨预报信息解析为逐小时降雨过程,为防汛部门提供当前时间以后的降雨过程。从空间角度,将各机构实时预报的大尺度、低分辨率降雨数据,快速插值加密成防汛关注对象范围内的高精度、高密度网格降雨数据,提高面雨量计算效率和精度。

1.3 架构设计

基于台风多元信息智能跟踪关键技术研究成果,结合云计算、大数据、人工智能等新兴信息技术,构建一套基于能力中心的台风实时信息防汛服务云平台。系统总体架构分为数据层、服务层、业务层和用户层,见图1。平台架构的主要特点为采用B/S架构、SaaS服务模式和数据与服务能力中心建设。

1.3.1 B/S架构、SaaS服务模式

B/S模式^[8-10]是目前在水利信息化领域应用最为广泛的架构形式,与C/S模式相比,具有业务扩展便捷、开发简单、共享性强的优点。本平台引入

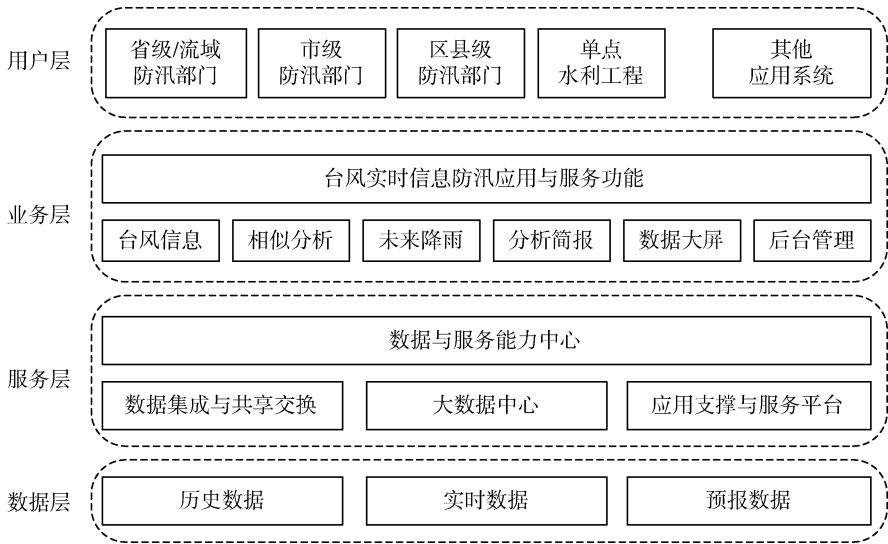


图1 平台系统架构

SaaS 软件服务模式^[11-12],系统部署于云服务器,利用云服务器集群架构、弹性伸缩等特点,保障本平台的经济性、可靠性和可扩展性;用户申请账号后,即可访问平台信息,数周内即可导入全部用户区域数据、增加客户个性化需求,最大限度提高用户入驻效率,兼顾平台信息集约化和用户服务差异化,提高系统通用性。

1.3.2 数据与服务能力中心

数据与服务能力中心为上层业务应用建设提供标准的数据集成服务和核心算法支撑,包含数据集成与共享交换平台、大数据中心和应用支撑与服务平台。数据集成与共享交换平台将通过抽取、转化、清洗、开发等一系列标准化流程将多源异构数据整理进入大数据中心;大数据中心提供结构化数据存储平台,采用极速响应、海量计算、高效低成本的MPP架构的关系型数据技术;应用支撑与服务平台是关键技术的标准化服务集成,为业务应用提供一系列分析服务。同时,平台基于spring cloud、docker的微服务系统云架构,使用API Gateway统一向外部系统提供REST API,专业用户可基于API服务自主开发其他应用系统。

1.4 系统功能设计

台风实时信息防汛服务云平台分为6个模块,以多种方式、多重视角展现台风未来降雨及其他相关信息,提升防汛部门获取台风预报信息的效率和水平,见图2。

a. 台风信息模块。功能定位为当前或历史台风相关信息的查询。可查询当前台风实测及预报路径、详细信息(中心气压、风速、移速、风圈半径等)、袭击概率、登陆点和影响范围等当前台风信息;可查询1945年以来历史台风实测路径、详细信息、各预报时刻预报信息、灾情、登陆点、影响范围等历史台风信息;可查询云图、风场等值面及风场动画、雷达图及动画、温场等气象预报信息。

b. 相似分析模块。基于台风降雨信息智能关联技术,为用户提供形势预判服务。可选择台风路径、发生时间、中心气压、移速、风速、发源地、登陆点等因子进行历史相似台风分析,提供降雨、灾情等历史台风关联信息查询。

c. 未来降雨模块。分为全国未来降雨和地区未来降雨。全国未来降雨功能可查询全国范围内各点位T639、GRAPES_MESO、GFS和ECMWF等模式预报未来12h、24h、48h和72h的降雨量。地区未来降雨针对防汛用户所在地区,提供辖区、流域、水库等防汛关注对象未来面雨量过程,提供各大主流机构预报、当地预报及智能融合预报选择。为提高预报准确率,提供预报后评估功能,多维度反馈各机构及智能融合预报表现。

d. 分析简报模块。智能解析台风实况、相似分析、未来降雨预报等成果,实时生成台风实况、历史相似、未来降雨信息分析简报,保障用户统筹、全面掌握台风信息。

e. 数据大屏模块。数据大屏通过台风信息高维度降噪,实现多元数据一屏可视化,助力用户实时监控台风信息,为满足不同用户实际需求,提供个性化数据大屏定制服务。

f. 后台管理模块。为提升运维效率,建设后台管理模块,可进行用户账户维护、预报数据源维护、用户防汛关注对象维护和定制作业配置。

2 实践应用

平台在2017年“苗柏”“纳沙”“海棠”“泰利”“卡努”等台风期间应用于宁波市及各县区、温岭市等10余处防汛部门的防台工作。根据实践经验,“相似分析”和“未来降雨”模块可分别从历史数据挖掘和数值预报跟踪的角度为防汛提供信息支撑。台风演进初期,各模式数值预报成果离散,难以指导防汛,此阶段可参考相似台风预估降雨形势,开展水

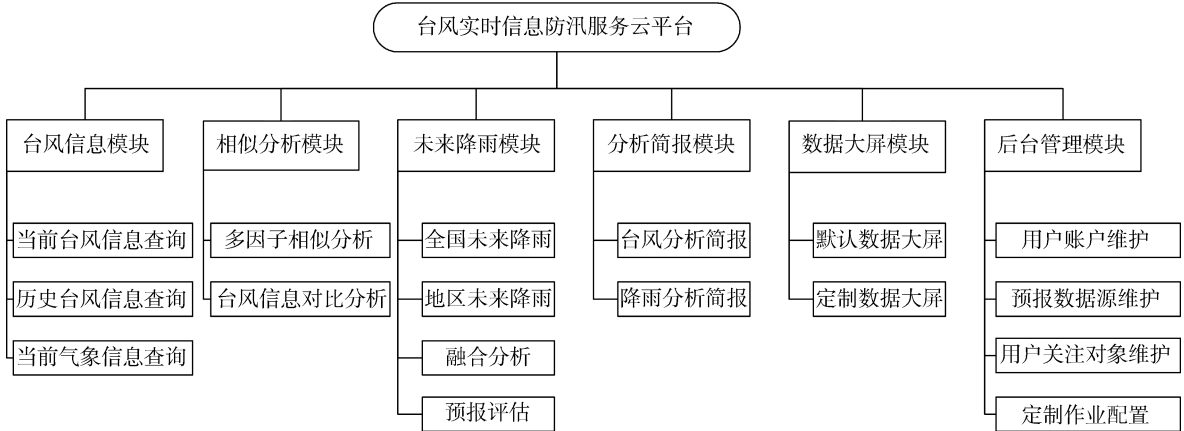


图2 系统功能模块

库预泄、物资调配等防汛准备;跟踪各模式数值预报成果至逐步趋于一致,其外包线往往也逐步逼近实际降雨真值,可依据未来降雨分析成果开展洪涝风险预报预警等防汛应用。以“201718 泰利”台风为例(图 3),对于宁波市最大 3 d 面雨量,2017 年 9 月 12 日 23 时各模式数值预报成果离散程度高,最大值近 300 mm,最小值仅约 10 mm;各模式数值预报随预报发布时间呈显著集中趋势,而实测真值 44 mm 始终位于外包线内。在此背景下,防汛部门应用本平台实时跟踪各模式数值预报成果,分别使用平台“相似分析模块”和“未来降雨模块”支撑防汛决策:

①2017 年 9 月 12 日 23 时,台风位于 24 h 警戒线外,整体形势并未明朗,各模式数值预报成果离散,防汛部门使用“相似分析模块”搜寻出相似台风——“200422 雷米”台风(图 4),“201718 泰利”与“200422 雷米”台风路径相似。如图 5 所示,两场台风风速、移速、中心气压等要素过程均相似,同时,两场台风均于 9 月发源于马里亚纳群岛附近海面,综合以上要素认为“201718 泰利”与“200422 雷米”台风对宁波的影响相似。由于“200422 雷米”台风

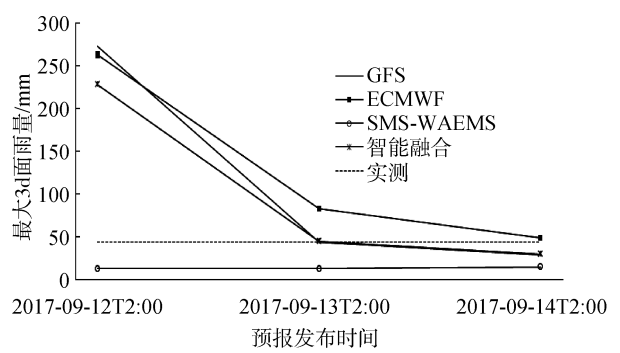


图 3 “201718 泰利”台风宁波市降雨预报跟踪过程

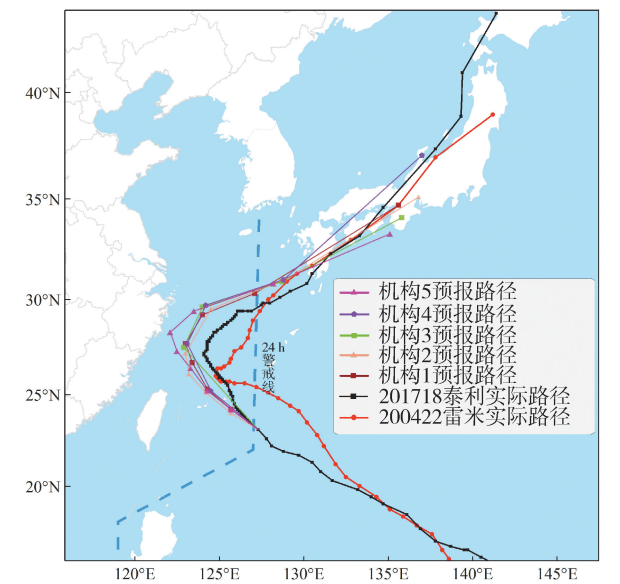


图 4 “201718 泰利”与“200422 雷米”路径对比

期间宁波最大 3 d 面雨量仅为 17 mm,故防汛部门在各模式数值预报存在分歧时,初步判断“201718 泰利”未来降雨量较小,综合多场相似台风判断,未来降雨 15 ~ 40 mm。②2017 年 9 月 13 日 2 时,台风进入 24 h 警戒线,根据最新预报发布时次各模式数值预报宁波市未来最大 3 d 面雨量位于 13 ~ 83 mm 区间内,基于各模式数值预报面雨量均低于 100 mm 且趋于一致,认为模式预报边界条件已基本清晰,成果可靠性可接受,此时平台智能融合预报 45 mm 与实测值 44 mm 仅有 1 mm 偏差。“未来降雨模块”通过两种方式服务于防汛应用:一是在平台界面上直接提供降雨等值面、网格、点雨量查询,提供辖区、流域、水库等防汛关注对象降雨详细数据查询;二是将降雨详细预报数据以 API 形式服务于洪涝风险预报预警类系统。

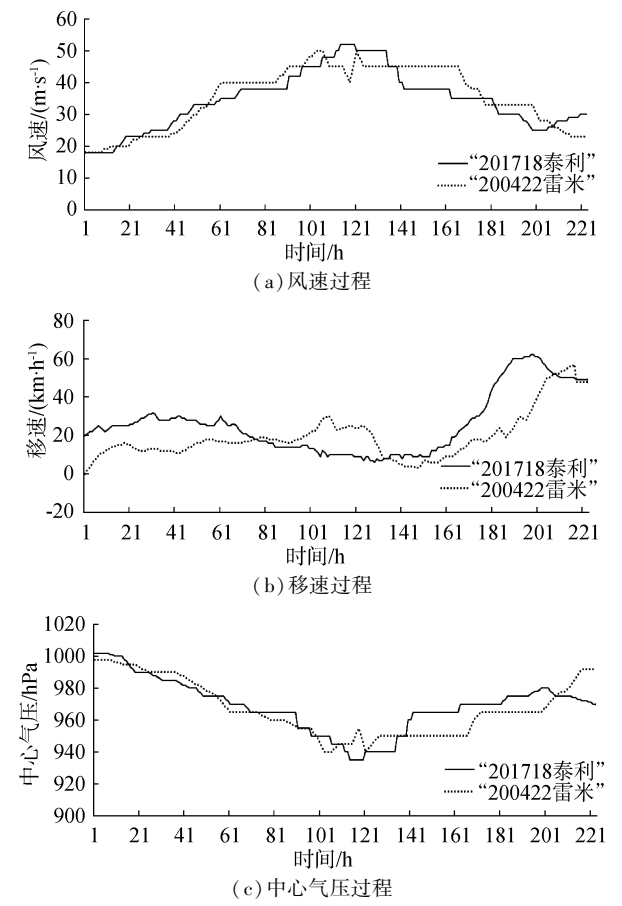


图 5 “201718 泰利”与“200422 雷米”特征要素过程对比

3 结 语

- a. 针对水利防汛部门在防台工作中难以获取有效高精度降雨预报数据的难题,从历史数据挖掘和模式预报信息解析、融合的角度研究 3 项关键技术。
- b. 将 SaaS 软件服务模式引入台风信息服务领域,满足推广应用的通用性;结合数据与服务能力中

心,保障了防汛高并发时期的系统稳定性。

c. 在 2017“苗柏”“纳沙”“海棠”“泰利”“卡努”等台风期间应用于国内 10 余处防汛部门的防汛工作中,实际检验表明系统针对性强、实用价值高,在我国东南沿海各地区具有推广应用价值。

参考文献:

[1] 顾茜,丁雪霖,陈永平. 2012 年西北太平洋多台站台风预报误差比较分析[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2013 (6): 531-535. (GU Xi, DING Xuelin, CHENG Yongping. Comparison and analysis of forecasting errors at several station for tropical typhoons over northwest Pacific region in 2012[J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences),2013(6):531-535. (in Chinese))

[2] KITAMOTO A. Digital typhoon: near real-time aggregation, recombination and delivery of typhoon-related information [C] //Acoustics, Speech and Signal Processing. New York:IEEE,2005:4709 - 4712.

[3] 吴焕萍,罗兵,王维国,等. GIS 技术在决策气象服务系统建设中的应用[J]. 应用气象学报,2008,19(3):380-384. (WU Huanping, LUO Bing, WANG Weiguo, et al. Application of geographic information system to decision-making meteorological service system [J]. Journal of Applied Meteorological Science, 2008, 19 (3): 380-384. (in Chinese))

[4] 方建,徐伟,史培军. 台风灾害快速评估信息系统设计与开发[J]. 北京师范大学学报(自然科学版),2011, 47 (5): 517-521. (FANG Jian, XU Wei, SHI Peijun. Development of an information system for rapid assessment of typhoon disaster [J]. Journal of Beijing Normal University (Natural Science), 2011, 47 (5): 517-521. (in Chinese))

[5] 李建,郑伟才,邓闯,等. 基于移动互联网的浙江台风信息发布系统研发与应用[J]. 气象科技,2017,45(2): 254-260. (LI Jian, ZHENG Weicai, DENG Chuang, et al. Development and application of zhejiang typhoon information publishing system based on Mobile Internet [J]. Meteorological Science and Technology, 2017, 45

(2):254-260. (in Chinese))

[6] 骆小龙,虞开森,余金铭,等. 基于阿里云的台风路径实时发布系统研究[J]. 计算机时代,2015 (2): 15-18. (LUO Xiaolong, YU Kaisen, YU Jinming, et al. Research of real-time typhoon path publishing system based on Alibaba cloud [J]. Computer Era, 2015 (2): 15-18. (in Chinese))

[7] 余亮亮,何亮,缪能斌. 基于 WebGIS 的宁波市历史台风相似路径分析[J]. 浙江水利科技,2014,42(1):24-26. (SHE Liangliang, HE Liang, MIAO Nengbin. Analysis of historical typhoon similar path in Ningbo based on WebGIS [J]. Zhejiang Hydrotechnics, 2014, 42 (1): 24-26. (in Chinese))

[8] 赵建飞,梁忠民,王军,等. 基于 B/S 和开源框架技术的临安市水文水资源信息系统开发[J]. 水资源保护, 2017,33(5):31-37. (ZHAO Jianfei, LIANG Zhongming, WANG Jun, et al. Development of hydrological and water resources information system of Lin'an City based on B/S architecture and open source framework technology [J]. Water Resources Protection, 2017, 33 (5): 31-37. (in Chinese))

[9] 马彪,钟平安,万新宇,等. 水资源综合管理决策支持系统开发及应用[J]. 水资源保护,2015,31(5):96-101. (MA Biao, ZHONG Pingan, WAN Xinyu, et al. Development and application of decision support system for integrated water resource management [J]. Water Resources Protection, 2015, 31 (5): 96-101. (in Chinese))

[10] LONG Yinxiang. Structure and design of web-based platform with personality and easy interactive based on B/S mode[J]. Computer & Modernization,2005(6):23-26.

[11] BENLIAN A, HESS T, BUXMANN P. Drivers of SaaS-adoption: an empirical study of different application types [J]. Business & Information Systems Engineering, 2009, 1 (5): 357.

[12] 罗日新. 面向 SaaS 应用的多租户数据管理系统研究与实现[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2012.

(收稿日期:2018-05-02 编辑:彭桃英)

· 简讯 ·

第 13 届水科学发展论坛将在南京召开

随着计算机和信息技术的迅猛发展,全球已经进入了“大数据”时代。为进一步促进变化环境下的水科学研究,第 13 届水科学发展论坛将于 2019 年 4 月 20 日在江苏南京举行,由河海大学水文水资源学院承办,《水资源保护》编辑部协办。第 13 届水科学发展论坛以“大数据技术在水文水资源领域中的应用”为主题,秉承历届论坛之精神,构建平等、自由、对话的良好学术交流氛围,发挥学术俱乐部的平台功能,重点研讨以下 4 个议题:①水资源大数据平台构建;②大数据技术理论与处理方法;③融合大数据的水文模拟与预测;④大数据驱动的水资源管理、水环境保护和水灾害管理。本次会议主要以学术交流、互动讨论的方式来进行,大会只设 1 个会场,会期 1 天。会议报到地点:南京隽恒酒店。欢迎大家关注并参会。

(本刊编辑部供稿)