

陈剑飞, 曾 鹏, 朱丽云. “双碳”背景下的广西能源气象融合发展与深化路径[J]. 气象研究与应用, 2024, 45(1): 1-5.
CHEN Jianfei, ZENG Peng, ZHU Liyun. Integrated development and deepening path of energy and meteorology in Guangxi under the background of “dual carbon”[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2024, 45(1): 1-5.

“双碳”背景下的广西能源气象融合发展与深化路径

陈剑飞, 曾 鹏, 朱丽云

(广西壮族自治区气象灾害防御技术中心, 南宁 530022)

摘要: 简要分析我国当前清洁能源的发展现状, 结合“双碳”(碳达峰和碳中和)背景下广西清洁能源的发展实际, 分析气象与清洁能源发展的紧密相关性, 阐述近年来广西能源“产-供-消”全产业链的气象需求, 重点分析在电力生产调度(面雨量和径流量)、防灾减灾(覆冰、雷电、大风等)和风光资源评估的能力发展及实践成效等方面的研究与应用进展, 提出未来广西能源气象服务在支撑保障能力、灾害预警技术、资源评估应用和技术标准体系等方面的重点方向和研究领域, 为广西能源气象服务的高质量发展提供科学的决策辅助和应用参考。

关键词: 广西; 能源气象; 融合发展; 路径

中图分类号: P4

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2024.1.01

构建以新能源为主体的新型电力系统, 是碳达峰、碳中和目标背景下电力系统发展的最新重大决策要求, 能源要向绿色低碳转型, 清洁能源将成为未来电力发电的主力军。《气象高质量发展纲要(2022—2035年)》^[1]强调“提升能源开发利用、规划布局、建设运行和调配储运气象服务水平。强化电力气象灾害预报预警, 做好电网安全运行和电力调度精细化气象服务”。清洁能源发电受降水、风速、光照等气象要素的影响较大, 复杂多变的天气使风电和光伏发电具有间歇性和波动性等特点, 引发电力供应不足、消纳困难、调频容量不足等一系列问题。此外, 恶劣天气或气象灾害更是电网设备安全运行的最主要威胁。如2008年雪灾对全国20个省市的电网造成不同程度的冲击和破坏, 各级电网的输电线路和塔杆严重受损, 国家电网公司直接财产损失高达百亿元^[2]。

本文立足“双碳”背景下的广西能源气象服务的发展趋势, 通过分析归纳现状与需求, 提出对广西能源气象融合发展与深化的路径。

1 气象对能源发展的影响分析

在“十四五”时期, 我国水电、风电、光伏等可再生能源继续迈向高质量跃升发展新台阶。根据《2023—2024年度全国电力供需形势分析预测报告》, 截至2023年底, 全国全口径发电装机容量2.92 TW, 同比增长13.9%; 人均发电装机容量自2014年底历史性突破1 kW后, 在2023年首次历史性突破2 kW, 人均达到2.1 kW。非化石能源发电装机在2023年首次超过火电装机规模, 占总装机容量比重在2023年首次超过50%, 煤电装机占比首次降至40%以下。到2024年底, 全国发电装机容量预计达到3.25 TW, 同比增长12%左右, 2024年新增发电装机将再次突破0.3 TW, 其中, 新能源发电装机将再次超过 2×10^8 kW。在新能源发电持续快速发展的带动下, 预计到2024年底, 我国新能源发电累计装机规模将达到1.3 TW左右, 占总装机容量比重上升至40%左右, 首次超过煤电装机规模。

气象与能源供应链和产业链紧密关联。气象要素可为风、光电场站选址和可研设计, 评估气候

收稿日期: 2023-12-20

基金项目: 广西气象科研计划项目(桂气科 2023ZL09)

第一作者简介: 陈剑飞(1975-), 男, 正高级工程师, 主要从事气象社会服务现代化技术研究及应用工作。E-mail: 15877129996@139.com

资源的丰度和稳定性等提供开发与投资决策参考。水电、风电等清洁能源对天气气候条件具有高敏感性,近年来极端天气气候事件频发对清洁能源的生产运营产生严重的影响,降雨、风力、光照等天气状况直接决定水风光发电出力,台风、大风、强对流、雨雪冰冻等灾害性天气影响能源电力输送和发电设备安全,气温更是能源需求变化的重要因素。随着气象条件对清洁能源出力影响日益增大,天气变化的不确定性对电力供应的安全可靠性带来严峻挑战,因此能源管理和运营部门对能源气象服务的需求日趋扩大,服务要求的精细化也不断提高。

2 广西能源气象服务需求分析

广西壮族自治区地处我国的西南,属亚热带季风气候区,境内河流众多,山岭连绵,蕴含着丰富的水能、风能和太阳能资源,清洁能源开发潜力巨大。根据广西壮族自治区发展和改革委员会2022年印发的《促进新时代广西新能源高质量发展的实施方案》要求,广西未来将加快推进大型风光基地建设,打造南宁、柳州、桂林、玉林、钦州等市百万千瓦级山地风电基地,以及千万千瓦级北部湾海上风电集群。

随着广西经济和社会进入高速发展阶段,对能源需求越来越旺盛,如图1所示,广西当前清洁能源特别是新能源建设发展迅速,已超过化石能源。新能源易受气象因素影响,面向“产-供-消”全产业链的清洁能源气象服务需求极其旺盛。根据近年的工作实践,清洁能源在不同的发展建设阶段气象影响作用各有不同。(1)在建设前期,需要气象助力场站选址和可研设计,评估气候资源的丰度和稳定性,指导投资和开发新能源项目建设。(2)在建设生产期,面向场站的施工建设,需要降雨、大风、强对流、雷电等短临和短期天气预报,合理安排工期建设和安全气象保障。(3)在运营供给期,面向设备检修、维护和更换,需要森林火险、降雨、大风、强对流、雷电等短期气象预测,便于制定检修计划,避免能源损失,节约成本。面向安全生产,海上风电需要降雨、海浪、风力风向、台风等天气预报;高寒山区风电需要风机覆冰、强对流等天气预测;光伏电站需要低温阴雨、雷电、冰雹预报。面向能源运维,台风、寒潮、低温阴雨、暴雨等极端天气会影响新能源发电,需要延伸期气象预测,进行发电计划安排;

(4)在消费期,面向调度决策,需要台风、大风、径流量、面雨量、风机或输电线路覆冰、雷电预警等定制化气象预测服务,定制化气象预报预测水风光出力,研判电力负荷,安排调度计划。面向电力负荷和电力现货市场价格预测,需要炎热指数、高低温、降雨、湿度等高精度气象预报产品。

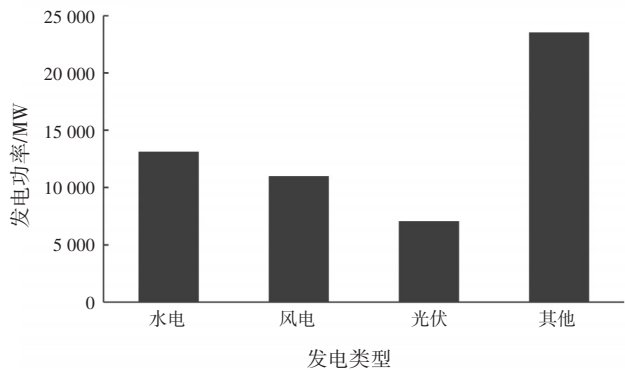


图1 2023年广西能源结构图

3 广西能源气象服务发展现状

广西能源气象服务经过多年的研究与应用,已经形成极具特色的能源气象服务,能源气象的技术研究成果日益增多,钟利华等^[3-5]采用逐步回归方法建立广西电网逐日电力负荷预测模型,基于GIS技术,开展分流域面雨量计算方法研究。曾鹏等^[6]基于贝叶斯方法对西江流域大雨集合概率预报产品进行订正试验。林信等^[7]结合电力行业数据和气象资料分析广西负荷特性关键影响因素。何如等^[8]分析气候变化背景下气象灾害对广西风电场的影响,并提出相应对策。覃武等^[9]采用数理统计和合成分析等方法,分析广西输电线路覆冰典型年份的环流特征。吴茵、陆明珍、覃芳璐等^[10-12]考虑气象因素对电网短期负荷预测进行建模研究,柴灏^[13]对南方输电线路覆冰成因、特征和模拟进行研究。李仲怡、卓毅鑫等^[14-15]基于组合权重的多模式融合和Makkonen结冰增长模型,对风机气温预测和风机覆冰预测方法进行研究。

多年来,广西能源气象服务通过持续完善的基于天空地一体化的广西综合气象观测系统和精细化数值预报模式产品,广泛在广西电网调度、发电企业的安全生产、防汛减灾等关键环节发挥重要的作用。伴随着气象大数据与行业融合技术的不断发展,不断推进江河流域径流量预报的研究。同时

随着风电、光伏等新能源发电的快速发展,风光功率、风机覆冰等深度研究不断取得新成效。当前,广西能源气象服务的研究成果及应用领域主要聚焦在以下几方面。

3.1 江河流域径流量预报技术

(1)大中型水库流域面雨量预报技术

基于GIS分区和精细化多模式集成预报方法,提供面向广西电网93个流域的面雨量预报产品,适应电力部门和水电厂制作流量预报、库区发电计划和优化调度的需求,为电力调度部门实现“零弃水”目标提供决策辅助支撑。

(2)水库流域径流量预测技术

利用精细化的多模式集成面雨量预报,结合VIC分布式径流量预测模式,开展流域水电站径流量预测及洪水等级预测服务,为水电部门生产运行、管理人员应对突发灾害性洪水过程影响提供决策依据,有助于增强风险管控能力。

3.2 覆冰预测评估技术

(1)输电线路覆冰预测评估技术

面向电力部门开展输电线路融冰工作的服务需求,基于GIS/GPS技术和精细化数值预报产品,为电力部门提供广西输电线路覆冰厚度短期预报和评估产品,为有关电力企业制定防冰预案、安排融冰工作提供技术支撑。

(2)风机覆冰预报技术

针对风电场生产过程中的风机覆冰厚度、覆冰期、停机状态、停机台数、容量损失环节提供预报产品,为风机运行维护、检修和融冰提供科学决策依据,为风电企业防灾减灾、保障增益提供技术保障。

3.3 雷电大风监测预警技术

(1)雷电监测预警技术

以风电企业对防雷安全需求为导向,致力提升风电场输电走廊雷电综合防御能力,为风电场选址、安全防雷及安排生产计划提供科学决策依据,提升经济效益,实现提质增效。

(2)大风模式影响预报技术

通过融合微地形和区域气象要素观测数据,研发了适用于广西的风预报模式,可提供广西区域未来3 d逐15 min不同高度层(70 m、80 m、90 m、100 m)风速预测、风功率、登陆台风风圈预测等产品,为新能源气象影响服务提供技术支撑。

3.4 森林火险监测预报技术

依托风云4号卫星监测数据和多种数值预报模

式研发逐小时森林火点监测产品和逐24 h森林火险等级预测产品,开展火点位置、火点与风机距离测算等服务,为能源场站提供周围林木易燃程度参考,增强电力部门应对林火灾害的快速应急处置能力。

3.5 风光气候资源评估与高影响天气预测技术

(1)风光气候资源评估技术

以能源行业对风光资源评估需求为导向,研发风资源评估模型和基于晴朗指数的太阳辐射模型,为风光气候资源开发利用提供气象保障支撑。

(2)高影响天气预测技术

以高精度的风力数值预报模式为基础,结合深度学习方法,面向台风、大风、强对流等高影响天气开展预测研究,助力风光电企业进一步提高应对极端灾害性天气的防御能力。

4 广西能源气象研究成果应用成效

(1)面向能源保供方面

广西能源气象研究成果在2022—2023年冬季和夏季广西用电负荷连创新高的背景下,为相关部门和企业确保电力供应平稳运行,保障广西经济社会稳定发展和人民群众生活平安有序提供科学的气象依据。

(2)面向电力生产运营保障方面

精细化的水电、风力气象预报预警服务,聚焦水电水能利用率、风电防冰、电力调度等生产及运营环节,为电力部门、发电企业实现水电全额消纳,有效提升水能风能利用率提供重要支撑。从电网有关材料获悉,近5 a水电和风电调度实现“零弃水”和“零弃风”。

5 广西能源气象深度融合发展路径

新时代“双碳”愿景及极端天气频发背景下,坚持需求牵引、开放合作,突出重点、全面融入,推进能源气象供应链和产业链等全链条全场景深度融合,充分发挥气象在电力生产中要素作用。重点在场站选址和可研设计、电网安全、电力供应、清洁能源消纳等方面,加快增强能源精细化气象支撑能力,建立健全源网荷储全链条气象服务机制,全方位融入现代能源体系和新型电力系统建设,持续提升能源供应链和产业链安全稳定气象保障水平。

5.1 全面提升能源气象精细化支撑保障能力

融合当前国际领先的短期与中长期数值预报模式产品,利用气象观测与再分析资料、电网历史

运行数据,分析复合型天气事件演变过程中负荷变化与风光水出力能力变化特性规律。建设广西能源气象综合决策服务系统。通过融合水电、风电和光伏的发电潜能预测子系统,研发能源气象影响评估模型,提供影响分析与决策建议,依托科技创新提升能源保供气象服务的精细化支撑能力。开展风光水能一体化气象服务关键技术研究。推进基于水风光互补的能源保供辅助预测研究、水库径流量预报模型研究和基于深度学习的电网重大天气过程中长期气候预测技术研究,研发超短期一月季尺度风光要素预报产品集成技术,实现多模式产品集成和标准化处理,形成更加精准精细和稳定可靠的风光要素预报服务产品。持续开展能源气象高精度预报技术研究。坚持需求导向,开展不同时间尺度的区域新能源出力和电力负荷预测模型研究,提供电力负荷和跨区域电力调度的影响评估和预报预警服务。

5.2 加强电网设备气象高精度监测与灾害预警技术研究

深度挖掘电网设备及精细化格点气象大数据信息,提出电网气象受灾理论模型、受灾等级评定等方法,建立面向台风、山火、覆冰等灾害天气的电网气象预警机制,辅助减少气象灾害人工评判的误差,解决当前电网气象灾害感知能力不足的困难。结合受灾情况与应急储备资源,提出多目标应急最优支援方案,解决当前自动科学辅助研判能力不足的问题,提升极端天气频发背景下电网应对气象灾害的韧性及响应能力,为灾害期间应急指挥调度、抢修复电提供快捷科学的策略支持。尽早开展气象影响预报和风险预警服务。研究重要电力设施地质灾害气象风险预警技术,提升基于人工智能的广西输电线路灾害监测与预警能力,研发新型电力高影响天气预报预警系统,助力电网安全运行。

5.3 面向新型电力布局转型,进一步加强气候资源评估

开展广西新一轮风能太阳能资源详查。面向海上风电、分布式光伏、风电等行业发展新趋势,摸清气候变化背景下广西风能太阳能资源现状底数和未来变化趋势,开展水风光资源互补评估,为科学规划广西未来40 a新能源布局和转型发展提供技术支撑。开展复杂地形下的风电场和风机点位微观选址气象技术研究,为风能太阳能电站选址提供依据。面向极端天气背景下的高温、低温、大风、雷

电等高影响天气,开展重要输电线路规划气象条件分析研究,实现定量化分析评估,支撑新型电力布局转型。

5.4 构建广西能源气象技术标准体系

结合广西新能源开发利用的发展趋势和需求,面向水电、风电和太阳能等能源生产、运输、消费全生命周期的各个环节,在能源高影响气象灾害风险评估、监测预警、能源保供、多能互补等重点领域制定系列具有科学性、先进性和可操作性的标准规范,促进标准规范在广西能源气象融合发展中的应用。

5.5 开放发展,创新健全广西能源气象服务机制

推动成立广西能源气象专业委员会。发挥广西电机工程学会、广西水力与新能源发电工程学会、广西气象学会等社团的桥梁和纽带作用,搭建能源与气象行业“产学研用”交流平台,推动能源与气象跨行业融合创新,有效推动“气象+能源”融合发展,进一步提升能源和气象领域科技创新、技术创新、工程创新和应用创新,加快推动构建能源气象技术支撑体系,助力新型能源体系目标实现。打造广西能源气象服务创新联合体,设立重点开放实验室,加强能源气象服务科技创新。吸纳多方领域力量参与,联合攻关能源气象领域的关键核心技术问题,加强能源气象服务科技领军人才和团队建设。

参考文献:

- [1] 国务院关于印发气象高质量发展纲要(2022—2035年)的通知[J].中华人民共和国国务院公报,2022(16):11-16.
- [2] 杨靖波,李正,杨风利,等.2008年电网冰灾覆冰及倒塔特征分析[J].电网与水力发电进展,2008(4):4-8.
- [3] 钟利华,刘世学,袁丽军,等.广西电网灾害性天气短信预警发布系统及应用[J].气象研究与应用,2014,35(3):58-60,74.
- [4] 钟利华,周绍毅,李勇,等.广西电网电力负荷变化特征与气温的关系及其预测[J].气象研究与应用,2007(1):56-59,63.
- [5] 钟利华,钟仕全,曾鹏,等.基于GIS的广西电网流域面雨量计算方法与监测预警[J].气象研究与应用,2015,36(1):38-42,52,131.
- [6] 曾鹏,钟利华,李勇.基于贝叶斯方法的西江流域大雨集合概率预报产品订正试验[J].气象研究与应用,2018,39(3):21-25,131.
- [7] 林信,李波,罗超,等.考虑新发展形势的广西负荷特性

- 关键影响因素分析[J]. 广西电力, 2022, 45(6): 21-27.
- [8] 何如, 苏志, 罗红磊, 等. 气候变化背景下气象灾害对广西风电场的影响及对策分析[J]. 红水河, 2015, 34(6): 78-81.
- [9] 覃武, 罗小莉, 郑凤琴, 等. 广西输电线路覆冰典型年份的环流特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2019, 13(1): 110-116.
- [10] 吴茵, 张智光, 杨小卫, 等. 考虑气象因素的冬季取暖负荷计算[J]. 电网与清洁能源, 2016, 32(1): 7-13.
- [11] 陆明珍. 考虑实时气象因素的电网短期负荷预测建模[D]. 南宁: 广西大学, 2020.
- [12] 覃芳璐. 考虑多因素气象的电网短期负荷预测建模研究[D]. 南宁: 广西大学, 2017.
- [13] 柴灏. 南方输电线路覆冰成因、特征和模拟研究[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2022.
- [14] 李仲怡, 叶庚姣, 卢小凤, 等. 基于 Makkonen 结冰增长模型的风力机覆冰预报[J]. 广东电力, 2020, 33(10): 127-133.
- [15] 卓毅鑫, 秦意茗, 胡甲秋, 等. 基于组合权重的多模式融合风机气温预测方法[J]. 南方电网技术, 2023, 17(2): 111-117.

Integrated development and deepening path of energy and meteorology in Guangxi under the background of “dual carbon”

CHEN Jianfei, ZENG Peng, ZHU Liyun

(Guangxi Meteorological Disaster Prevention Technology Centre, Nanning 530022, China)

Abstract: This paper briefly analyses the current development status of clean energy in China, combines the actual development of clean energy in Guangxi under the context of "double carbon" (carbon peaking and carbon neutrality), analyses the close correlation between meteorology and clean energy development, and elaborate the meteorological needs of the whole industry chain of energy "production-supply-consumption" in Guangxi in recent years, focusing on the capacity development and practical effectiveness in electricity production scheduling (areal rainfall and runoff), disaster prevention and mitigation (icing, lightning, wind, etc.) and the wind and solar resource assessment, and putting forward the key directions and research areas of Guangxi's energy meteorological services in the future in the areas of supporting and guaranteeing the capacity, disaster early-warning technology, application of resource assessment, and technical standard system, etc. These provide scientific decision-making assistance and application reference for the high-quality development of energy meteorological services in Guangxi.

Key words: Guangxi; energy meteorology; integration development; path