

生态气象标准体系研究

崔晓军¹ 姜月清^{2*} 黄潇¹ 汪开斌³ 钱拴²

(1.中国气象局气象干部培训学院; 2.国家气象中心; 3.芜湖市气象局)

摘要: 本文在梳理生态气象业务发展及其标准化现状基础上,分析生态气象标准化存在的问题与不足,提出生态气象标准体系构建依据及原则,构建由生态气象基础通用、生态气象监测与评估、生态气象预报预警与评估、生态气象服务、生态气候资源利用等5个一级子体系,以及20个二级子体系、63个三级子体系组成的生态气象标准体系框架,顺应气象科技能力现代化和社会服务现代化的需要,提出生态气象标准体系实施对策建议,以为生态文明建设提供气象标准化支撑。

关键词: 生态气象, 生态文明, 标准化, 标准体系

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2023.12.010

Research on Meteorological Standards System

CUI Xiao-jun¹ JIANG Yue-qing^{2*} HUANG Xiao¹ WANG Kai-bin³ QIAN Shuan²

(1. China Meteorological Administration Training Centre; 2. National Meteorological Centre;
3. Wuhu Meteorological Bureau)

Abstract: On the basis of sorting out the development of ecological meteorology business and its standardization status, this paper analyzes the problems and shortcomings of ecological meteorology standardization, and puts forward the basis and principles for the construction of the ecological meteorology standards system. The framework of ecological meteorological standards system is established, which consists of 5 first-level sub-systems, including general ecological meteorological foundation, ecological meteorological monitoring and assessment, ecological meteorological forecast and early warning and assessment, ecological meteorological service, and ecological climatic resources utilization, 20 second-level sub-systems and 63 third-level sub-systems. To meet the needs of the modernization of meteorological science and technology capabilities and social services, the countermeasures and suggestions for the implementation of ecological meteorological standards system are put forward in order to provide meteorological standardization support for the construction of ecological civilization.

Keywords: ecological meteorology, ecological civilization, standardization, standards system

基金项目: 本文受中国气象局气象软科学项目“生态文明建设气象保障标准体系研究”(项目编号: 2023ZZXM13)、“气象标准约束力分析与评价研究”(项目编号: 2023ZZXM18)资助。

作者简介: 崔晓军, 正研级高工, 研究方向为气象标准化、气象教育培训理论与方法、气象科技管理等。
姜月清, 通信作者, 高工, 研究方向为生态气象和农业气象、气象标准化等。

1 研究目的及意义

生态气象是一门交叉学科,是以生态系统为中心,主要研究天气与气候过程对生态系统结构与功能的影响及其反馈作用的科学,是应用气象学、生态学的原理与方法研究天气气候条件与生态系统中诸因子间相互作用关系及其规律的科学^[1]。生态气象与生态和气象的联系都很紧密,尤其是在全球变暖背景下生态环境问题日益突出,土地资源和生物资源退化等问题直接影响人类的生存和可持续发展。

针对以上问题,气象部门不断完善生态气象业务服务体系,生态系统气象保障水平持续提高,研究开发了一系列生态气象业务服务技术,比如:植被生长气象条件监测评价技术、植被生态质量监测评价技术、重大气象灾害对生态影响评估技术、气候和气候变化对生态影响评估技术、生态服务功能气象监测评估技术、生态保护成效气象影响评估技术,形成全国生态气象监测评价业务技术体系,支持国、省(自治区、直辖市)开展生态气象业务服务^[2]。

但我国的生态气象标准化与生态气象业务发展并不同步。“十二五”期间生态气象标准化未引起重视,在“十三五”气象标准体系中才开始设立生态气象子体系,但生态气象没有独立的标准化技术委员会管理,标准的制修订主要由全国农业气象标准化技术委员会归口^[3]。“十四五”之初,全国农业气象标准化技术委员会构建了全国生态、农业气象标准体系,下设生态气象监测评估子体系(如图1所示)^[4]。研究制定了GB/T 34814-2017《草地气象监测评价方法》、GB/T 34815-2017《植被生态质量气象评价指数》、QX/T 494-2019《陆地植被气象与生态质量监测评价等级》等标准,制作发布逐月草地、荒漠、森林等生态系统的气象监测评估产品,以及《全国生态气象公报》和决策服务材料,突出了气象条件对植被生态影响的定量评估^[3]。而关于大气污染防治、应对气候变化等方面的生态气象标准则较少制定。经过多年的发展,生态气象标准化取得了一定的成效,为气象高质量发展提供了一

定的保障和支撑,但目前生态气象标准化水平远远滞后于我国生态气象业务发展现状,在发挥标准化对生态气象业务发展的引领性方面作用发挥得还不够。为进一步提升生态气象服务保障能力,增强生态气象服务的规范性和权威性,本文构建了生态气象标准体系框架,以期提升生态治理体系和治理能力现代化提供气象标准化支撑,助力加快推进气象科技能力现代化和社会服务现代化。

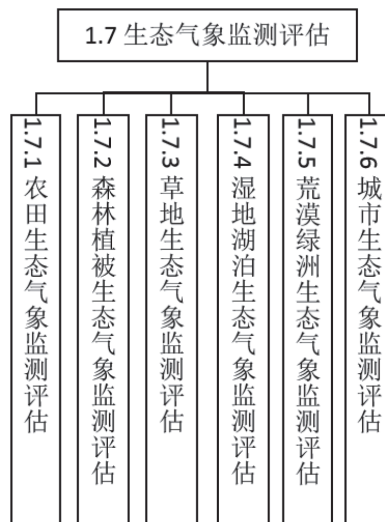


图1 “十四五”全国生态、农业气象标准体系下的生态气象监测评估子体系

2 生态气象标准体系构建依据及原则

生态气象标准体系构建依据《“十四五”生态气象服务保障规划》(气发〔2021〕163号)、《气象高质量发展纲要(2022-2035年)》(国发〔2022〕11号)、《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划(2021-2035年)》(发改农经〔2020〕837号)、气象部门生态气象服务保障现状以及标准化理论与方法。生态气象标准体系设计遵循以下原则。

(1) 遵循“目标明确、全面成套、层次适当、划分清楚”^[5]的标准体系构建的普遍性原则。

(2) 遵循实用性原则。制定标准的目的在于使用标准,因此,实用性原则是标准体系建设的根本要求^[6]。生态气象标准体系中需要制定的标准要有明确的现实需求,标准中技术内容的确定要从解决实际问题出发;现行需要修订的标准要有明确的修

订理由和详细的修订内容。

(3) 遵循系统性原则。生态气象标准体系的构建需要统筹考虑生态气象监测、预报预警、服务以及生态气候资源利用的各个方面,深入分析标准内容的相互关系,将标准之间横向、纵向的复杂关系反映在标准分类中,形成一个系统完整的体系。

(4) 遵循协调性原则。生态气象标准体系的构建必须服从于我国生态文明建设现行法律法规的要求,确保与法律法规相衔接;要考虑与气象领域其他标准体系之间的协调。制定标准时要考虑系列标准、相关标准在结构、技术内容等方面的协调。

(5) 遵循先进性原则。生态气象标准体系的构建应跟踪国内外生态文明建设的发展情况,顺应气象科技能力现代化和社会服务现代化的需要,促进生态气象领域气象卫星、气象雷达以及现代管理技术、信息技术的应用,提高标准体系的先进性,在防灾减灾、生态文明建设等国家重大战略部署中发挥支撑作用。

3 生态气象标准体系框架

聚焦监测精密、预报精准、服务精细以及气候资源利用,生态气象标准体系由生态气象基础通用、生态气象监测与评估、生态气象预报预警与评估、生态气象服务、生态气候资源利用等5个一级子体系组成,如图2所示。

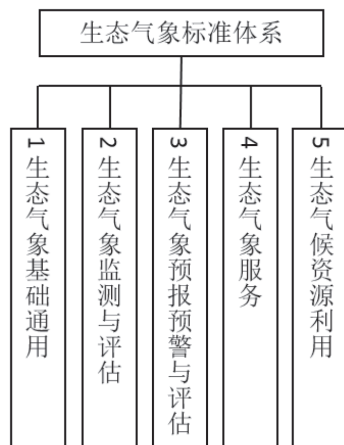


图2 生态气象标准体系框架

3.1 生态气象基础通用子体系

该一级子体系主要包括生态气象术语与符号、生态气象大数据、人才培养与文化建设等3个二级子体系,如图3所示。

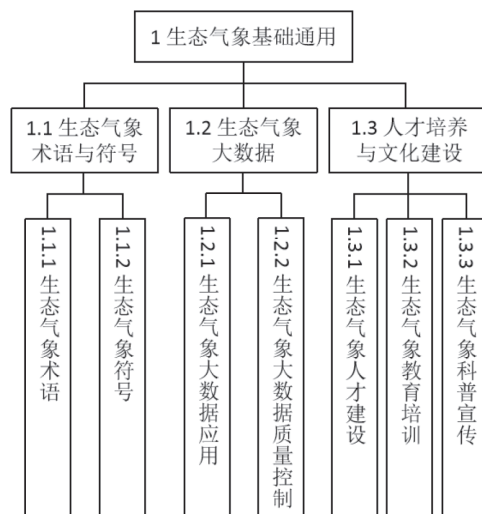


图3 生态气象基础通用子体系

3.1.1 生态气象术语与符号标准子体系

该子体系包括生态气象术语标准和符号标准。

生态气象术语标准主要统一生态气象相关概念认识,形成生态气象标准化工作的语言基础,并经过不断完善,建立生态气象概念体系^[3]。在现行 QX/T 200-2013《生态气象术语》的基础上增补生态保护修复气象服务、气候资源保护利用、大气污染防治气象服务保障、应对气候变化气象服务保障、生态修复型人工影响天气服务、生态气象综合观测等相关术语。

生态气象符号标准包括与生态气象相关的文字符号、图形符号以及含有符号的标志。可考虑制定生态气象服务图形标志、“中国天然氧吧”国家气候标志等符号标准。

3.1.2 生态气象大数据标准子体系

该子体系包括生态气象大数据应用标准和质量控制标准。

大数据应用标准主要规范生态气象多源数据资料的设计、分类、存储、提供、汇交、使用,以及生态气象大数据云平台的开发建设、维护和数据共享等,强化基于遥感大数据和云计算技术的新型风云气象卫星遥感应用服务,提供多源资料数据

快速标准化处理、生态监测评估产品自动生成和一体化发布能力。

大数据质量控制标准主要规范生态气象多源数据资料质量控制及可靠性评价的方法、要求等,推动历史资料拯救,以及建立长序列、高质量、三维立体、动态更新的生态气象大数据云平台。

3.1.3 生态气象人才培养与文化建设标准子体系

该子体系包括生态气象人才建设、教育培训、科普宣传标准,主要规范生态气象领军人才、复合型人才、队伍建设要求,以及人才考核评价、人才数据库建设等方法和要求;生态气象教育培训组织实施、评估等内容;生态气象科普宣传规划计划、方式方法,科普基地创建、管理,志愿者队伍建设等内容。

3.2 生态气象监测与评估子体系

生态气象监测是指利用各种气象监测手段,对植被、水体、农田土壤等进行监测。生态气象评估是指在监测的基础上,结合气象预报,对生态状况进行评估^[7]。生态气象监测与评估子体系旨在规范和优化站网布局,提升综合监测能力,针对不同生态系统以及各类影响要素开展天地空一体化综合监测,为开展生态文明建设气象保障服务提供科学翔实的多源数据支撑,该一级子体系包括监测站网、监测仪器装备标准,以及生态气象天基、地基、空基监测与评估等5个二级子体系,如图4所示。

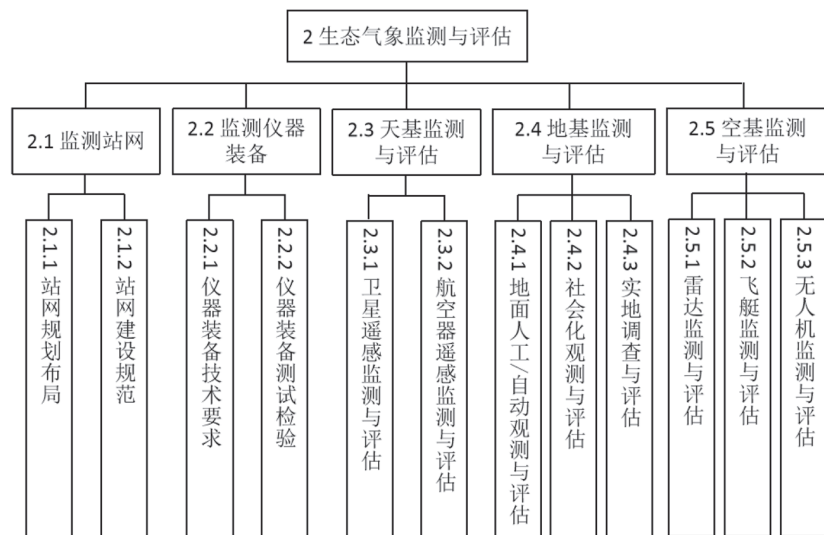


图4 生态气象监测与评估子体系

3.2.1 监测站网标准子体系

该二级子体系包括站网规划布局、站网建设规范标准,主要规范国家、省(自治区、直辖市)天地空一体化综合观测体系的站网布局依据、目标、原则、要求等,包括森林、草地、湿地、山地、农田、荒漠、城市、海洋、湖泊、极地和高原等各类生态系统气象观测,风能资源、太阳能资源、云水资源等生态资源气象观测,以及直接影响生态文明建设的气候变化、霾与光化学烟雾、沙尘暴、酸雨等大气成分观测等的观测站网规划、布局,选址安装要求和建设需求等。

3.2.2 监测仪器装备标准子体系

该二级子体系包括仪器装备技术要求、仪器装备测试检验标准,主要规范各类生态系统气象观测、生态资源气象观测、大气成分观测等的观测仪器的组成、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和储存等,人工增雨(雪)等人工影响天气仪器装备的技术要求和作业要求等,以及仪器装备的测验、维护与校准周期、标校要求等。

3.2.3 天基监测与评估标准子体系

该二级子体系包括卫星、航空器遥感监测与评估标准,主要规范利用卫星遥感或航空器技术对森林、草地、湿地、山地、农田、荒漠、城市、海洋、湖泊、极地和高原等各类生态系统生态气象要素,以及荒漠化、干旱、沙尘、火情、洪涝等生态气象灾害的孕育、发生、发展、造成的损失等,进行监测与评估的方法、技术、要求以及机理模型应用等。

3.2.4 地基监测与评估标准子体系

该二级子体系包括地面人工/自动观测与评估、社会化观测与评估、实地调查与评估标准,主要规范采用人工或自动方法对不同生态系统、生态资源、大气成分及其影响要素等进行地面观测与评估的方法、技术及要求,以及进行实地调查与评估的方法、流程、要求和机理模型应用等。

3.2.5 空基监测与评估标准子体系

该二级子体系包括雷达、飞艇、无人机监测与评估标准。主要规范通过探空雷达、飞艇、无人机对不同生态系统、生态资源、大气成分及其影响要素等进行监测与评估的方法、技术、要求以及机理模型应用等。如：计划编制的《生物迁飞雷达探测技术导则》《飞艇生态气象监测技术要求》，现行的T/CMSA 0021-2021《民用无人机作业气象条件等级 植保》。

3.3 生态气象预报预警与评估子体系

该一级子体系包括生态气象灾害预报预警与评估、生态质量气象影响预报预警与评估、生态服务功能气象影响预报预警与评估、生态产品价值气象影响预报预警与评估、生态安全气象风险预报预警与评估等5个二级子体系，如图5所示。

3.3.1 生态气象灾害预报预警与评估标准子体系

生态气象灾害是指因气象因子而引起生态系统退化所造成的生态功能衰退或损失，从而引发或加剧各种生态方面的灾害^[8]，可分为原生生态气象灾害和次生生态气象灾害^[9]。

原生生态气象灾害预报预警与评估标准主要规范大雾、沙尘暴、干热风、冰雹、冻害、干旱、大风、高温、雷电、台风、寒潮、洪涝等的预报预警方法、指标及灾害评估等。

次生生态气象灾害预报预警与评估标准主要规范暴雨引发的泥石流、山洪，以及夏季连续高温引起的冰川冰崩、连续降水引起的水库水患等的预报预警方法、指标及灾害评估等。

3.3.2 生态质量气象影响预报预警与评估标准子体系

生态质量反映生态环境的优劣程度，是指在一定具体的时间和空间内，生态系统的总体或部分生态与环境因子的组合对人类的生存及社会经济持续发展的适宜程度^[10]。该二级子体系包括陆地植被质量、大气环境质量、水生态质量以及其他生态质量气象影响标准，主要规范植被生产力、覆盖度、大气环境质量、水体面积、冰川面积、冰储量等生态质量的指数确定与分级方法，以及气象条件对生态质量影响的预报预警与评估方法、指标、技术要求和产品制作等。

3.3.3 生态服务功能气象影响预报预警与评估标准子体系

该二级子体系包括生态系统固碳释氧、水源涵养、水土保持、防风固沙、生物多样性维护、海岸防护等功能的气象影响预报预警与评估标准，主要规范气象条件对生态服务功能影响的预报预警与评估的指标、方法、技术要求等。

3.3.4 生态产品价值气象影响预报预警与评估标准子体系

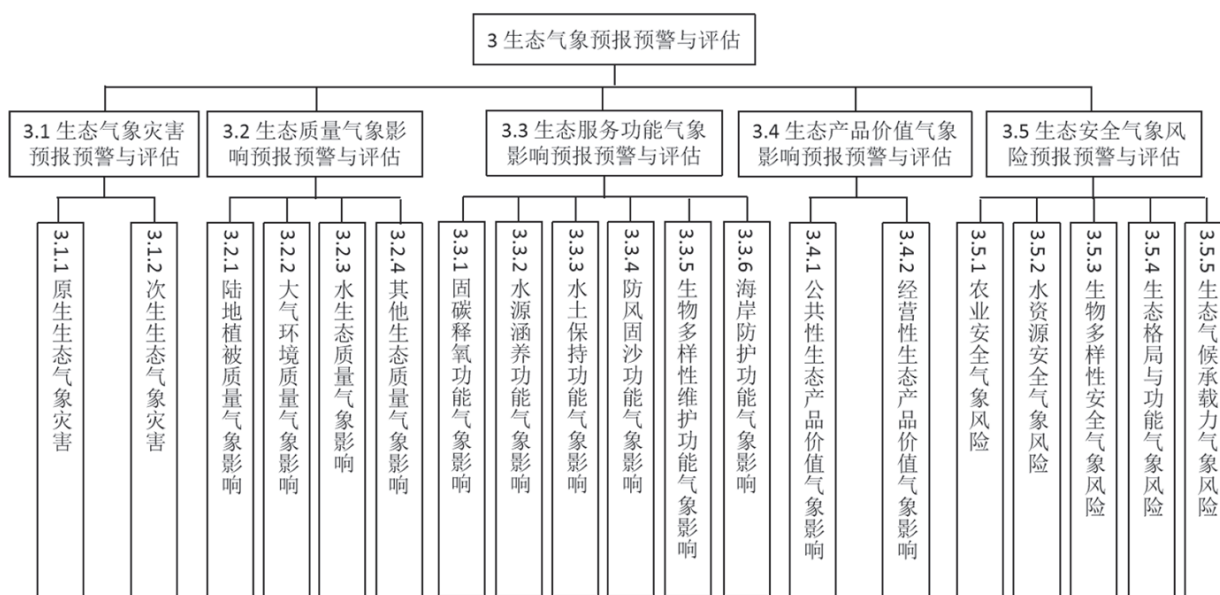


图5 生态气象预报预警与评估子体系

生态产品定义为生态系统通过生物生产与人类生产共同作用为人类福祉提供的最终产品或服务,是与农产品和工业产品并列的、满足人类美好生活需求的生活必需品^[11]。该二级子体系包括公共性生态产品价值、经营性生态产品价值气象影响预报预警与评估标准。

公共性生态产品价值气象影响预报预警与评估标准主要规范气象条件对人居环境产品(包括清新空气、干净水源、安全土壤、清洁海洋等)和维系生态安全产品(包括物种保育、气候变化调节、生态系统减灾等)等影响的预报预警与评估的方法、指标、技术要求等。

经营性生态产品价值气象影响预报预警与评估标准主要规范气象条件对物质原料产品(包括农林产品、生物质能等)和精神文化服务(包括旅游休闲、健康休养、文化产品)等影响的预报预警与评估的方法、指标、技术要求等。

3.3.5 生态安全气象风险预报预警与评估标准子体系

该二级子体系包括农业安全、水资源安全、生物多样性安全、生态格局与功能、生态气候承载力气象风险预报预警与评估标准,主要规范农业安全,水资源安全,三江源、祁连山和秦岭等重要生态功能区的生物多样性安全、生态格局与功能安

全,以及重要生态功能区、典型生态系统、生态敏感区、生态脆弱区的生态气候承载力气象风险的识别、预报预警与评估的方法、技术、要求等。

3.4 生态气象服务子体系

生态气象服务是指针对生态保护和建设及大农业可持续发展对气象服务的特殊需求而开展的保障国家生态安全、粮食安全的气象服务活动^[7]。该一级子体系包括生态保护修复与重建气象服务、大气污染防治气象服务、应对气候变化气象服务、生态修复型人工影响天气服务、城乡生态宜居建设气象服务等5个二级子体系,如图6所示。

3.4.1 生态保护修复与重建气象服务标准子体系

该二级子体系包括生态产品价值核算与评价气象服务、植树造林气象服务、水资源调配气象服务、退耕还林还草还湖气象服务标准,主要规范宜居宜业宜游宜养气候生态资源价值评估方法、指标、技术要求,以及植树造林、水资源调配、退耕还林还草还湖气象服务的技术方法等。

3.4.2 大气污染防治气象服务标准子体系

大气污染是指自然或人为原因使大气中某些成分超过正常含量或排入有毒有害的物质,对人类、生物和物体造成危害的现象^[12]。该二级子体系包括污染天气气象条件预报预测服务、沙尘天气预

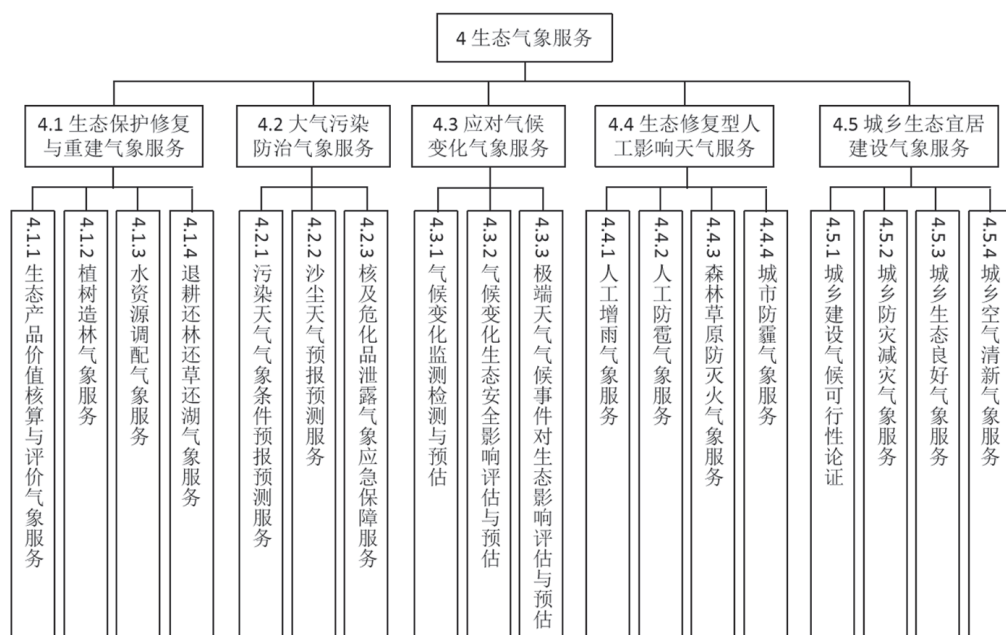


图6 生态气象服务子体系

报预测服务、核及危化品泄露气象应急保障服务标准,主要规范污染天气气象条件短时临近、短期、中期、延伸期、月、季多尺度的无缝隙预报预测服务,沙尘天气短期精细化预报、中期—延伸期及月季尺度趋势预测服务,以及核及危化品泄露气象应急保障服务技术、方法及产品制作。

3.4.3 应对气候变化气象服务标准子体系

该二级子体系包括气候变化监测检测与预估、气候变化生态安全影响评估与预估、极端天气气候事件对生态影响评估与预估标准。

气候变化监测检测与预估标准主要规范气候系统五大圈层(大气圈、水圈、冰雪圈、岩石圈和生物圈)基本气候要素与变量变化,极端温度、极端降水、复合极端事件和高影响事件变化的监测检测与预估方法、指标、技术要求,以及致灾因子危险性、人口和GDP暴露度等未来关键气候风险的预估方法、指标、技术要求等。

气候变化生态安全影响评估与预估标准主要规范气候变化对农业安全、水资源安全、重要生态功能区生物多样性变化、重要生态功能区生态格局与功能变化、生态功能区生态气候承载力影响的评估与预估方法、技术要求等,以及重大铁路、公路、电站等基础设施建设对生态影响的气候可行性论证原则、方法、技术要求等。

极端天气气候事件对生态影响评估与预估标准主要规范极端高低温对森林、农田、冻土、冰川等生态结构和功能影响,极端强降水对水土流失、湿地生态功能等影响,极端干旱对森林、草原、荒漠、湖泊、河流、湿地、农田等影响,以及复合极端天气气候事件对生态系统综合影响的评估与预估方法、技术要求等。

3.4.4 生态修复型人工影响天气服务标准子体系

该二级子体系包括人工增雨、人工防雹、森林草原防火、城市防霾气象服务标准,主要规范针对生态系统水源涵养、抗旱防灾、防雹、森林草原防火、城市防霾等生态修复需求的气象服务作业装备布局、指挥调度、示范试验等能力建设要求,云水资源评估、精准作业指标、作业要求等作业关键

技术,以及人工增雨作业效果检验、生态效应等作业效果评估方法及要求。

3.4.5 城乡生态宜居建设气象服务标准子体系

该二级子体系包括城乡建设气候可行性论证以及城乡防灾减灾、生态良好、空气清新气象服务标准。

城乡建设气候可行性论证标准主要规范对城乡规划和建设项目开展气候可行性论证的原则、总体要求,以及气候适宜性评价、气候风险性评估的方法、技术要求等。如:GB/T 37529-2019《城市总体规划气候可行性论证技术》、QX/T 437-2018《气候可行性论证规范 城市通风廊道》等。

城乡防灾减灾气象服务标准主要规范城乡火灾、内涝、雪灾、雷电等灾害的气象等级、普查方法、评价指标和防灾减灾技术要求,以及防灾减灾示范社区建设要求等。如:GB/T 39195-2020《城市内涝风险普查技术规范》、GB/T 37926-2019《美丽乡村气象防灾减灾指南》。

城乡生态良好气象服务标准主要规范城乡生态良好气象服务保障的原则、方法、技术要求、评价指标,以及不利条件的气象指数、气象等级等。如:QX/T 324-2016《花粉过敏气象指数》、QX/T 231-2014《古树名木防雷技术规范》。

城乡空气清新气象服务标准主要规范城乡空气清新气象服务保障的原则、方法、技术要求、评价指标等。如:已发布的DB41/T 2174-2021《城市微气候监测点技术规范》,计划制定的《乡村空气清新评价气象指标》《城市空气清新评价气象指标》。

3.5 生态气候资源利用子体系

该一级子体系包括生态气候资源保护利用、清洁能源开发利用等2个二级子体系,如图7所示。

3.5.1 生态气候资源保护利用标准子体系

该二级子体系包括生态气候资源评价、生态气候资源区划、生态气候品牌创建标准,主要规范生态气候资源评价与区划的方法、指标、技术要求,以及生态气候品牌创建原则、流程、技术要求和优质生态气候产品品质评价方法、指标、技术要求等。

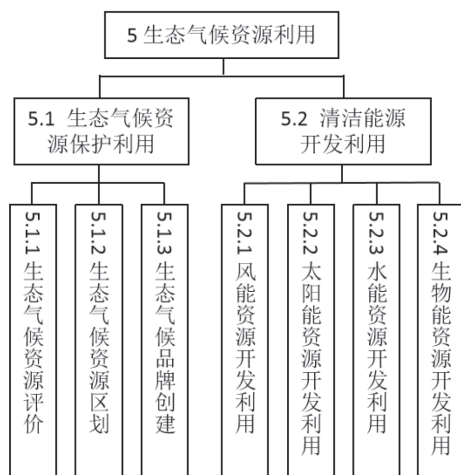


图7 生态气候资源利用子体系

3.5.2 清洁能源开发利用标准子体系

该二级子体系包括风能、太阳能、水能、生物能资源开发利用标准，主要规范清洁能源的调查、测量、计算、评估的流程、方法、技术要求，气象条

件影响的评估方法和技术要求，以及气象服务技术要求等。

4 生态气象标准体系实施建议

顺应气象科技能力现代化和社会服务现代化的需要，为充分发挥生态气象标准化在生态文明建设中的引领性、支撑性作用，针对生态气象标准化现状及存在的问题，对生态气象标准体系的实施提出如下建议：（1）成立全国生态气象标准化技术委员会，加强标准化工作的管理；（2）加强部门内外沟通，构建统一规划、统一政策、统一标准、统一管控的协同机制；（3）梳理重要标准，加快标准的制定；（4）建立标准体系和标准实施评估机制，不断修订完善标准体系；（5）加大标准化纳入普通高等教育、职业教育和继续教育力度，夯实标准化人才队伍建设。

参考文献

- [1] 《中国气象百科全书》总编委会. 中国气象百科全书: 气象科学基础卷[M]. 北京: 气象出版社, 2016.
- [2] 钱拴,毛留喜,侯英雨,等. 生态气象业务服务技术进展与展望[J]. 气象研究与应用, 2022,43(4):1-6.
- [3] 钱拴,崔晓军,姜月清,等. 生态文明建设气象保障标准体系研究[J]. 中国标准化, 2023(5):59-67.
- [4] 姜月清,崔晓军,钱拴,等. 我国农业气象标准化现状及对策[J]. 标准科学, 2023(3):73-78.
- [5] 中国标准化研究院. GB/T 13016-2018, 标准体系构建原则和要求[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- [6] 麦绿波. 标准学——标准的科学理论[M]. 北京: 科学出版社, 2019.
- [7] 《中国气象百科全书》总编委会. 中国气象百科全书: 气象服务卷[M]. 北京: 气象出版社, 2016.
- [8] 张强,王润元,邓振镛. 中国西北干旱气候变化对农业与生态影响及对策[M]. 北京: 气象出版社, 2012.
- [9] 王成国,刘青春,肖建设,等. 青海省生态气象保障服务培训教材[M]. 北京: 气象出版社, 2021.
- [10] 王连喜,毛留喜,李琪,等. 生态气象学导论[M]. 北京: 气象出版社, 2010.
- [11] 张林波,虞慧怡,李岱青,等. 生态产品内涵与其价值实现途径[J]. 农业机械学报, 2019,50(6):173-183.
- [12] 全国科学技术名词审定委员会. 大气科学名词: 第三版[M]. 北京: 科学出版社, 2009.