

双碳目标下的碳排放监测技术研究与应用

邵孟元¹ 林俊伟² 汪旭伦³

1. 3. 杭州华测检测技术有限公司 浙江 杭州 311222

2. 华测检测认证集团股份有限公司 广东 深圳 518100

摘要：碳排放监测技术作为评估、追踪和验证碳排放量的关键工具，对于实现双碳目标具有重要意义。本文简要介绍了双碳目标，分析了双碳目标下的碳排放监测技术的应用及碳排放数据，并对碳排放监测技术进行了展望，旨在为碳排放监测技术的创新与应用提供理论支持和实践指导，促进全球碳减排目标的实现。

关键词：双碳目标；碳排放；监测技术；应用

引言

在全球气候变化背景下，减少温室气体排放、实现碳达峰和碳中和的双碳目标已成为各国政府和国际社会的重要议题。作为评估、追踪和验证碳排放量的关键工具，碳排放监测技术对于实现双碳目标具有至关重要的作用。近年来，随着科技的不断进步和环保意识的提高，碳排放监测技术得到了快速发展，并在各个领域得到了广泛应用。

1 双碳目标概述

在全球化的今天，工业化、城镇化的浪潮席卷全球，为人类带来前所未有的物质财富和生活便利。然而，这一进程也伴随着一个不容忽视的问题——全球气候变化。由于化石燃料的过度使用，温室气体排放持续增加，导致全球气候变暖、极端气候事件频发，对人类生存环境产生了深远而严重的影响。海平面上升、冰川融化、生物多样性减少等一系列问题，已经成为全球共同面临的挑战。“双碳”目标的提出，意味着我国将采取更加积极有效的措施，减少温室气体排放，推动绿色技术创新，提升产业竞争力^[1]。这不仅有助于保护中国的生态环境，提高人民的生活质量，也将为全球应对气候变化、实现可持续发展作出重要贡献。“双碳”目标的具体内容包含两个方面，即碳达峰和碳中和。一方面，碳达峰是指我国力争在2030年前实现二氧化碳排放达到峰值，之后逐步降低。这一目标的提出，是我国在充分考虑自身国情和发展阶段的基础上，作出的庄严承诺。实现碳达峰，需要我国在能源、工业、交通、建筑等领域采取一系列措施，推动能源结构转型、优化产业结构、提高能源利用效率等。同时，也需要政府、企业和社会各界共同努力，形成全社会共同参与的良好氛围。另一方面，碳中和是指我国努力争取在2060年前实现二氧化碳的净零排放，即排放的二氧化碳量与通过植树造

林、节能减排等方式吸收的二氧化碳量相当。这一目标的提出，是我国在应对全球气候变化方面的长远规划。实现碳中和，需要我国在技术创新、政策引导、市场机制等方面持续努力，推动绿色技术创新和产业升级，形成绿色低碳的经济发展方式。同时，也需要加强国际合作，共同应对全球气候变化挑战。

2 双碳目标下的碳排放监测技术的应用

2.1 卫星遥感技术

卫星遥感技术，作为现代地球观测的重要手段，通过搭载在卫星上的各种传感器，能够获取地球表面的各种信息，这些信息包括地表温度、植被覆盖、土壤湿度、水体分布、城市扩张等多个方面。对于“双碳”目标的实现而言，卫星遥感技术能够为大范围、高精度的碳排放监测和评估提供有力的数据支持。第一，卫星遥感技术可以实现对地球表面碳排放源的实时监测，通过搭载在卫星上的高光谱成像仪、激光雷达等传感器，可以获取地表植被覆盖、土地利用类型、工业排放源等关键信息。这些信息可以帮助科研人员识别出碳排放的主要来源和分布区域，为制定针对性的减排措施提供科学依据。第二，卫星遥感技术可以评估碳储存能力，森林、草地等生态系统是地球碳循环的重要组成部分，它们通过光合作用吸收二氧化碳，并将其储存在植物和土壤中。卫星遥感技术可以通过监测植被生长状况、土地覆盖类型等参数，评估不同地区的碳储存能力。这有助于制定合理的土地利用和植被恢复策略，提高生态系统的碳储存效率。第三，碳汇项目是指通过植树造林、恢复退化土地等措施，增加生态系统的碳储存量，从而抵消一部分碳排放。卫星遥感技术可以实时监测项目的实施进度和效果，评估项目的碳储存量和减排效果，这有助于确保碳汇项目的质量和效益，促进碳市场的健康发展。第四，在“双碳”目标的实施过程中，卫星遥感技

术还可以与其他技术相结合,形成多源数据融合的碳排放监测体系。例如,结合地面观测数据、气象数据等,可以更加准确地估算碳排放量和碳储存量;结合人工智能、大数据等技术,可以对碳排放趋势进行预测和分析,为政策制定和决策提供更加科学的依据。

2.2 碳通量测量技术

碳通量测量技术是指对生态系统中的碳排放、吸收和转化过程进行直接测量的技术。碳通量测量技术已经广泛应用于森林、草地、农田等多种生态系统的研究中。其中,最常用的方法包括涡度相关法、箱式法、同位素示踪法等。涡度相关法是一种基于微气象学原理的测量方法,通过测量风速、温度、湿度等气象参数以及二氧化碳浓度等气体参数,计算出生态系统与大气之间的碳交换通量。这种方法具有测量精度高、时间分辨率高等优点,但需要复杂的仪器设备和专业的技术人员进行操作。而箱式法则是一种简单易行的测量方法,通过在生态系统上方放置一个封闭的箱子,测量箱子内外气体浓度的变化来计算碳通量。这种方法适用于小面积、短时间尺度的测量,但可能会受到箱子材料、温度等因素的影响。最后,同位素示踪法则是一种利用同位素标记的化合物来追踪生态系统中的碳循环过程的方法。通过测量标记化合物的含量和分布,可以了解生态系统中的碳来源、去向和转化过程^[2]。这种方法具有灵敏度高、可追溯性强等优点,但需要特殊的示踪剂和复杂的分析技术。

2.3 碳排放核算技术

碳排放核算技术是指对工业活动、交通运输、能源消耗等过程中产生的温室气体排放进行量化、测量和报告的技术。随着全球气候变暖问题的加剧,各国政府和国际组织纷纷制定了一系列减排政策和目标,而碳排放核算技术则是实现这些目标的基础和前提。碳排放核算技术主要包括三种方法:排放因子法、质量平衡法和实测法。(1)排放因子法:这是目前应用最为广泛的碳排放核算方法,它基于IPCC提供的碳核算基本方程,通过活动数据(如化石燃料消耗量、电力使用量等)和排放因子(单位活动量的温室气体排放系数)的乘积来计算温室气体排放量。这种方法适用于大规模、大范围的碳排放核算,但可能因地区能源品质差异、机组燃烧效率不同等原因产生一定误差。(2)质量平衡法:该方法通过分析温室气体排放过程中的质量变化来推算碳排放量,它需要对物质质量、能量等数据进行详细记录和测量,计算相对较为复杂,但精度较高。适用于基于具体设施和工艺流程的碳排放核算^[3]。(3)实测法:通过实验室直接测量温室气体的排放

量,这种方法需要建立专门的实验室,对排放源进行实时监测,能够直接、准确地测量碳排放量。但实施过程中需要较高的技术水平和充足的资金投入,适用于对特定排放源进行精细化管理。

3 碳排放数据分析与讨论

3.1 碳排放浓度的在线监测结果

通过在线监测技术获取的碳排放浓度数据,为我们提供了丰富的信息。首先,我们可以根据监测结果了解不同时间、不同地点的碳排放情况。例如,在一天的不同时间段内,碳排放浓度可能存在明显的差异;在不同地区之间,由于产业结构、能源结构等因素的差异,碳排放浓度也可能存在显著的差异。这些信息有助于我们更加全面地了解碳排放的时空分布特征。其次,通过对历史数据的比较和分析,我们可以了解碳排放的变化趋势。如果碳排放浓度呈现下降趋势,说明减排措施取得了一定的成效;如果碳排放浓度持续上升,则需要进一步加大减排力度。此外,我们还可以对碳排放浓度进行季节性、周期性等分析,以更加深入地了解碳排放的变化规律。最后,通过对实施减排政策前后的碳排放浓度数据进行比较和分析,我们可以了解政策实施的效果如何。如果政策实施后碳排放浓度明显下降,则说明政策有效;如果政策实施后碳排放浓度没有明显变化或反而上升,则需要重新审视和调整政策。

3.2 碳排放监测结果的特征分析

3.2.1 碳排放时间特征

碳排放的时间特征反映了不同时间段内碳排放量的变化规律,这种变化可能受到多种因素的影响,如经济发展、能源结构、气候条件、政策调整等。通过对碳排放时间特征的分析,我们可以更好地理解这些因素如何共同作用,影响碳排放量的波动。从季节性的角度来看,碳排放量通常呈现出一定的周期性波动。这主要是由于不同季节的气候条件、能源需求和人类活动强度的差异所导致的。例如,在冬季,由于取暖需求的增加,煤炭、石油等化石燃料的消耗量通常会上升,从而导致碳排放量的增加。而在夏季,由于制冷需求的增加,电力消耗和碳排放量也可能出现相应的增长^[4]。从年度变化的角度来看,碳排放量的波动通常受到经济发展和政策调整的影响,在经济快速发展的时期,能源需求和工业生产活动通常会增加,从而导致碳排放量的上升。而在经济衰退或转型期,能源需求和工业生产活动可能会减少,碳排放量也可能随之下降。此外,政策调整也是影响碳排放年度变化的重要因素。例如,政府可能会出台节能减排政策、推广清洁能源等措施来降低碳排放量。

在长期趋势方面,随着全球气候变化和环境保护意识的提高,碳排放量的增长速度正在逐渐放缓。这主要得益于技术进步、能源结构转型和环保政策的推动。例如,随着可再生能源技术的不断发展,太阳能、风能等清洁能源的占比逐渐增加,化石能源的消耗量和碳排放量也相应减少。此外,政府和企业也在积极探索和推广低碳技术和产品,以降低碳排放量和实现可持续发展。

3.2.2 碳排放强度特征分析

碳排放强度,即单位国内生产总值(GDP)所产生的二氧化碳排放量,是评估经济发展与碳排放关系的重要指标,它反映了在特定技术水平下,经济发展对能源消费和碳排放的依赖程度。(1)不同国家或地区的碳排放强度存在显著差异,这主要受到经济发展水平、产业结构、能源结构、技术水平以及环境政策等多种因素的影响。例如,发达国家由于工业化进程较早,技术水平较高,碳排放强度相对较低;而发展中国家由于正处于工业化、城镇化快速发展阶段,碳排放强度相对较高。

(2)碳排放强度随时间推移呈现动态变化,随着技术进步和能源结构的优化,单位GDP的碳排放量逐渐减少,碳排放强度呈现下降趋势。然而,在特定时期,如经济快速增长阶段,碳排放强度可能会出现波动或上升。

(3)碳排放强度与产业结构密切相关,工业是碳排放的主要来源,尤其是高能耗、高排放的重化工业。因此,产业结构中重化工业比重较高的地区,其碳排放强度往往也较高。相反,服务业等低碳产业比重较高的地区,其碳排放强度相对较低。(4)能源结构是影响碳排放强度的关键因素之一,煤炭、石油等传统化石能源的使用是导致碳排放的主要原因。所以能源结构中化石能源比重较高的地区,其碳排放强度也往往较高;而清洁能源比重较高的地区,如水电、风电、太阳能等,其碳排放强度相对较低。

4 碳排放监测技术的展望

随着科技的进步,碳排放监测技术将不断实现突破和创新。一方面,新的监测技术和设备将不断被研发出来,如高分辨率卫星遥感技术、无人机监测技术等,这些新技术将极大地提高碳排放监测的精准度和实时性。

另一方面,人工智能、大数据等先进技术的应用也将为碳排放监测提供新的解决方案,通过数据挖掘和分析,实现对碳排放源的精准定位和动态监测。同时,随着新能源、新材料等技术的不断发展,碳排放监测技术也将迎来新的发展机遇。例如,新型传感器和监测设备的研发将使得碳排放监测更加便捷和高效;而新型环保材料的应用也将降低碳排放监测过程中的能耗和排放,实现绿色监测。此外,数字化环保是未来环保领域的重要发展方向,而碳排放监测作为环保领域的重要组成部分,将与数字化环保实现深度融合。通过数字化环保平台,可以实现对碳排放监测数据的集中管理、统一分析和共享应用,这不仅能够提高碳排放监测的效率和准确性,还能促进不同部门之间的信息共享和协同工作,推动环保工作的整体进步。例如,通过平台可以实现对碳排放的预警和预测,及时发现潜在的环境风险;可以开展碳排放的绩效评价和考核,激励企业主动减排;还可以结合其他环保数据,开展综合性的环境评估和规划,为可持续发展提供有力支撑。

结语

综上所述,碳排放监测技术是实现双碳目标的重要手段之一,其研究与应用对于全球气候变化应对具有重要意义。随着科技的不断进步和环保意识的提高,碳排放监测技术将不断得到创新和发展,为碳减排工作提供更加准确、可靠的数据支持。未来,我们需要进一步加强碳排放监测技术的研究与应用,推动全球碳减排目标的实现。

参考文献

- [1] 马翠梅,寿欢涛,徐丹卉. 国际温室气体监测情况以及对我国的建议[J]. 环境保护,2022,50(5):58-62.
- [2] 王萍萍,赵永椿,张军营等. 双碳目标下燃煤电厂碳计量方法研究进展[J]. 洁净煤技术, 2022,28(10):170-183.
- [3] 马虹.智慧能源及碳排放监测管理云平台系统方案的研究[J].计算机测量与控制,2020(12):46-47.
- [4] 高建强.燃煤电厂碳排放对可控运行参数变化的敏感性分析[J].动力工程学报,2020(07):97-98.