

基于多源数据融合的碳排放与碳汇动态监测平台研究

李桂林

国投哈密能源开发有限责任公司 新疆 哈密 839000

摘要: 在全球气候变化的大背景下,准确监测碳排放与碳汇动态对制定减排政策和生态保护措施至关重要。本文聚焦基于多源数据融合的碳排放与碳汇动态监测平台研究,阐述了多源数据融合的必要性,介绍了平台所采用的数据来源、融合方法与模型,详细说明了平台分层架构、功能模块及关键技术实现。通过实际案例分析,验证了平台在提高监测准确性、助力决策制定等方面的有效性,为碳排放与碳汇的科学管理提供了有力支持。

关键词: 多源数据融合;碳排放;碳汇;动态监测平台

引言

全球气候变暖已成为21世纪人类面临的重大挑战之一,其根源在于人类活动导致的大量温室气体排放,其中二氧化碳的排放尤为关键。与此同时,碳汇作为吸收和储存二氧化碳的重要载体,在缓解气候变化中发挥着不可替代的作用。准确、及时地掌握碳排放与碳汇的动态变化情况,对于制定科学合理的减排政策、评估生态系统的碳汇能力以及推动绿色低碳发展具有至关重要的意义。

1 多源数据融合技术在碳排放与碳汇监测中的应用

1.1 数据来源的多元性

碳排放与碳汇监测作为应对气候变化、实现可持续发展目标的关键环节,涉及多种类型且来源广泛的数据。这些数据从不同维度反映了碳排放与碳汇的动态变化,为全面、精准监测提供了丰富信息。在碳排放方面,能源统计数据是基础且重要的数据源。它涵盖了各类能源的消费量、能源类型等详细信息,这些数据通常可从能源管理部门获取。能源统计数据能够从宏观层面反映一个地区或行业的能源消耗与碳排放趋势。例如,通过对不同年份能源消费结构的分析,可以了解到煤炭、石油、天然气等传统能源以及太阳能、风能等清洁能源在能源消费中的占比变化,进而推断碳排放的大致走向。然而,能源统计数据也存在一定局限性,它难以精确反映微观层面的碳排放情况,如工业生产过程中一些无组织排放以及交通运输领域的动态排放等。工业生产过程中的排放数据则通过企业安装的监测设备以及生产报表等途径收集。企业安装的监测设备能够实时、准确地获取生产环节中各类温室气体的排放浓度和流量等数据。例如,在钢铁、化工等高耗能、高排放行业,通过在烟囱、排放口等关键位置安装在线监测设备,可以精确掌握二氧化碳等气体的排放情况。生产报表则记录

了企业的生产原料投入、产品产出等信息,结合排放系数可以估算出生产过程中的碳排放量。这些数据对于深入了解企业碳排放特征、制定针对性减排措施具有重要意义。交通运输领域的排放数据借助交通流量监测系统、车辆尾气检测设备获取^[1]。交通流量监测系统可以实时统计不同路段、不同时间段的车辆通行数量和车型分布,结合车辆的平均排放因子,能够估算出交通运输领域的碳排放动态。车辆尾气检测设备则可以对单辆车的尾气排放进行检测,获取更精确的车辆排放数据。例如,在一些大城市,通过在主要交通干道设置交通流量监测点和车辆尾气检测点,可以实时掌握交通运行的碳排放情况,为优化交通规划、推广绿色出行提供依据。碳汇数据来源同样丰富多样。森林资源清查数据反映了森林面积、蓄积量等关键指标,是评估森林碳汇能力的基础。森林作为陆地生态系统中最大的碳库,其面积和蓄积量的变化直接影响着碳汇能力。通过定期开展森林资源清查工作,可以获得森林资源的现状和动态变化信息,为准确评估森林碳汇提供数据支持。例如,我国每五年开展一次全国森林资源清查,全面掌握森林资源的数量、质量、分布等情况,为制定森林碳汇发展战略提供科学依据。遥感影像数据利用卫星遥感技术获取植被覆盖度、生物量等信息,可实现大范围、快速监测森林碳汇变化。卫星遥感技术具有覆盖范围广、监测周期短、信息丰富等优点,能够及时反映森林植被的生长状况和变化趋势。通过分析不同时期的遥感影像数据,可以获取森林面积的变化、植被覆盖度的增减以及生物量的动态等信息,进而评估森林碳汇的变化情况。例如,利用高分辨率遥感影像可以精确识别森林中的砍伐、火灾等干扰事件,及时调整森林碳汇的估算结果。气象数据如气温、降水、光照等,对碳汇的动态变化产生重要影响。适宜的气象条件有利于植物生长和碳吸收,例

如,充足的光照和适宜的温度能够促进植物的光合作用,提高碳吸收效率;适量的降水则为植物生长提供了必要的水分条件。相反,极端气候事件如干旱、洪涝、高温等会对植物生长造成不利影响,降低碳汇能力。因此,气象数据是监测碳汇动态变化不可或缺的一部分。

此外,社会经济数据如人口、GDP等也在一定程度上与碳排放和碳汇相关联,可作为辅助数据参与分析。人口数量的增长会导致能源消费需求的增加,进而影响碳排放;经济发展水平与能源消费结构和碳排放强度密切相关,一般来说,经济发展水平较高的地区,能源消费结构更倾向于清洁能源,碳排放强度相对较低。同时,社会经济的发展也会对碳汇产生影响,例如,城市化进程的加快会导致森林、湿地等自然生态系统的减少,降低碳汇能力。因此,综合考虑社会经济数据能够更全面、准确地分析碳排放与碳汇的变化趋势及其影响因素。

1.2 融合方法与模型的选择

多源数据融合方法多种多样,每种方法都有其独特的优势和适用范围,在实际应用中需根据数据特点和监测需求进行合理选择。加权平均法是一种简单直观的数据融合方法。它根据各数据源的可靠性和重要性赋予不同权重,将加权后的数据进行平均处理。该方法简单易行,计算复杂度低,适用于数据源之间相关性较强且权重能够较为准确确定的情况。然而,权重确定主观性较强是该方法的主要缺点。在实际应用中,可通过专家评估、数据分析等方法尽量减少主观性影响。例如,邀请相关领域的专家根据数据源的准确性、时效性、代表性等因素对各数据源进行打分,然后根据打分结果确定权重;也可以通过对历史数据进行分析,计算各数据源与真实值之间的相关系数,将相关系数作为权重确定的依据。卡尔曼滤波法是一种递推线性最小方差估计方法,适声干扰的影响。卡尔曼滤波法能够有效处理噪声干扰,提高数据精度。其基本思想是通过建立系统的状态方程和观测方程,利用前一时刻的估计值和当前时刻的观测值来递推估计当前时刻的系统状态。例如,在监测工业生产过程中的碳排放时,设备测量误差和环境干扰会产生噪声于动态系统的数据融合。在碳排放与碳汇监测中,数据往往具有动态变化特性,且受到各种噪声,卡尔曼滤波法可通过滤波处理去除噪声,得到更准确的估计值。该方法能够实时更新估计结果,适应动态系统的变化,但要求系统模型准确,对于非线性系统的处理能力有限。神经网络法具有强大的非线性映射能力和自学习能力,能够自动学习数据之间的复杂关系^[2]。对于碳

排放与碳汇数据中存在的复杂非线性关系,神经网络法可通过训练神经网络模型实现多源数据的融合。神经网络模型由大量的神经元组成,通过调整神经元之间的连接权重来学习数据的内在规律。例如,利用神经网络法融合能源统计数据、工业生产数据和气象数据等多源数据,预测碳排放的变化趋势。在训练过程中,将历史数据作为输入和输出样本对神经网络进行训练,使神经网络能够学习到输入数据与输出结果之间的映射关系。训练好的神经网络模型可以对未来的碳排放进行预测,为决策提供科学依据。神经网络法的优点是能够处理复杂的非线性问题,但需要大量的训练数据和较长的训练时间,且模型的解释性较差。在实际应用中,可根据数据特点和监测需求选择合适的融合方法或组合多种方法。例如,对于具有明显动态特性的数据,可采用卡尔曼滤波法进行初步融合,去除数据中的噪声和干扰,提高数据的准确性;再利用神经网络法进一步优化融合结果,挖掘数据之间的复杂非线性关系,提高监测的准确性和稳定性。组合方法能够充分发挥不同方法的优势,弥补单一方法的不足,但也会增加计算的复杂度和模型的训练难度。

2 平台设计与实现

2.1 分层架构设计

基于多源数据融合的碳排放与碳汇动态监测平台采用分层架构设计,主要包括数据采集层、数据融合层、数据分析层和应用展示层。数据采集层负责从各种数据源收集原始数据。通过接口技术与不同数据提供方进行对接,确保数据的实时、准确获取。例如,与能源管理部门的数据库接口对接获取能源统计数据,通过物联网技术接收企业监测设备的数据,利用文件传输协议从卫星遥感中心下载遥感影像数据等。同时,数据采集层具备数据校验和纠错机制,对采集到的数据进行初步检查,过滤掉明显错误的数据。数据融合层运用上述融合方法与模型对采集到的多源数据进行清洗、转换和融合处理。数据清洗去除数据中的噪声、重复数据和错误数据,数据转换将不同格式和类型的数据转换为统一格式。经过清洗和转换后,运用合适的融合方法生成高质量的融合数据。数据融合层还需具备数据存储和管理功能,将融合后的数据进行存储,以便后续分析和应用。数据分析层利用数据挖掘、机器学习等技术对融合数据进行深入分析。数据挖掘技术可发现数据中的潜在模式和关联关系,例如通过关联规则挖掘发现能源消费结构与碳排放之间的关联。机器学习技术构建预测模型,对碳排放与碳汇的未来变化趋势进行预测。数据分析层还

具备数据可视化功能，将分析结果以直观的图表、地图等形式展示给用户。应用展示层将平台的功能和分析结果呈现给用户，提供查询、预警、决策支持等功能。用户可通过查询功能获取特定地区、特定时间段的碳排放与碳汇数据；预警功能根据设定的阈值对异常情况进行实时预警；决策支持模块基于分析结果为用户提供减排策略建议、碳汇项目评估等决策支持服务。

2.2 功能模块设计

平台包含多个功能模块，以实现全面的碳排放与碳汇动态监测。数据管理模块负责数据的存储、备份和恢复，确保数据的安全性和完整性。采用分布式存储技术和定期备份策略，防止数据丢失。监测指标管理模块定义和维护碳排放与碳汇的各项监测指标，如碳排放强度、碳汇增长率等。根据不同的监测需求和标准，灵活调整监测指标体系。数据融合模块实现多源数据的融合处理，提供灵活的融合算法配置接口^[3]。用户可根据数据特点和监测需求选择合适的融合方法和参数。数据分析模块具备趋势分析、关联分析、预测分析等功能。趋势分析可展示碳排放与碳汇随时间的变化趋势；关联分析挖掘不同因素之间的内在关系；预测分析为未来决策提供依据。预警模块根据设定的阈值对异常情况进行实时预警。例如，当碳排放超过预设的安全阈值或碳汇出现异常下降时，及时向相关部门和人员发出预警信息。决策支持模块基于分析结果为用户提供减排策略建议、碳汇项目评估等决策支持服务。通过建立决策模型，综合考虑经济、环境、社会等多方面因素，为用户提供科学合理的决策方案。

2.3 关键技术实现

在平台实现过程中，涉及多项关键技术。数据集成技术是实现多源数据融合的基础，通过采用统一的数据格式和接口标准，解决不同数据源之间的数据异构性问题。例如，将能源统计数据、企业监测数据和遥感影像

数据等转换为统一的数据格式，便于后续处理和分析。分布式计算技术用于处理大规模的数据，提高平台的计算效率和响应速度。采用分布式计算框架，如Hadoop、Spark等，将计算任务分配到多个节点上并行处理，缩短数据处理时间。地理信息系统（GIS）技术将碳排放与碳汇数据与地理空间信息相结合，实现数据的可视化展示和空间分析。通过GIS地图，用户可以直观地了解碳排放与碳汇在不同地区的分布情况，进行空间关联分析和区域对比分析。云计算技术为平台提供强大的计算资源和存储能力，支持平台的弹性扩展和高效运行。利用云计算平台，可根据实际需求动态调整计算资源和存储容量，降低平台的建设和运营成本^[4]。

结束语

随着技术的不断发展，未来平台将进一步优化和完善。一方面，不断拓展数据来源，纳入更多与碳排放和碳汇相关的数据，如土壤碳汇数据、城市绿地碳汇数据等，提高监测的全面性。另一方面，加强人工智能技术在平台中的应用，如深度学习、强化学习等，提升数据分析的智能化水平，实现更精准的预测和决策支持。此外，推动平台的标准化和规范化建设，促进不同地区、不同部门之间的数据共享和业务协同，为全球碳排放与碳汇监测和管理做出更大贡献。

参考文献

- [1]韩丁,白宏坤,王圆圆,等.能源大数据中心建设标准框架体系研究[J].能源与环保,2022,44(5):216-224.
- [2]卢峰,吴朝文,陈小龙,等.基于云计算的电力能源大数据清洗模型构建[J].自动化仪表,2022,43(1):72-76.
- [3]蔡泽祥,李立涅,刘平,等.能源大数据技术的应用与发展[J].中国工程科学,2018,20(2):72-78.
- [4]王磊.能源大数据中心建设运营思路研究[J].中国新技术新产品,2021(3):126-128.