

海上风电项目的环境影响评估与碳足迹核算

李贺松

天津科技大学 天津市滨海新区 300457

摘要: 碳足迹是衡量产品全生命周期碳排放的重要指标,在国际上备受关注。2023年5月,欧盟通过立法对包括电力在内的6大门类多种产品征收碳关税,并于2026年正式实施。同时,美国、加拿大等国也在推进本国的碳边境调节税。我国风电装机规模居世界第一,因此风电开发项目碳足迹研究迫在眉睫。基于此,本文将以上海风电项目为切入点,探讨环境影响评估方法与碳足迹核算方法,希望能够为我国风电产业的绿色转型和国际市场的竞争力提升提供理论支持和实践指导。

关键词: 海上风电项目;环境影响评估;碳足迹核算

Environmental Impact Assessment and Carbon Footprint Accounting of Offshore Wind Power Projects

Li Hesong

Tianjin University of Science and Technology

Abstract: Carbon footprint is an important indicator for measuring the carbon emissions of products throughout their lifecycle, garnering significant international attention. In May 2023, the European Union legislated to impose carbon tariffs on a variety of products, including electricity, and it will officially implement them in 2026. Meanwhile, countries like the United States and Canada are also advancing their own carbon border adjustment taxes. With China's wind power capacity ranking first in the world, research on the carbon footprint of wind power development projects is urgent. Therefore, this paper takes offshore wind power projects as the entry point to explore methods for environmental impact assessment and carbon footprint accounting, aiming to provide theoretical support and practical guidance for the green transformation of China's wind power industry and the enhancement of its competitiveness in the international market.

Keywords: Offshore wind power projects; Environmental impact assessment; Carbon footprint accounting

1. 海上风电的定义与特点

海上风电,是指在海洋上建设风力发电设施,利用海上风能资源进行电力生产的可再生能源形式。与陆上风电相比,海上风电具有显著的特点。首先,海面上的风速通常更稳定且更强,这使得海上风电的发电效率相对更高。其次,广阔的海洋空间为风电场的规模化建设提供了可能,因此海上风电具有更大的潜在容量,可以满足大规模的电力需求。此外,海上风电的运行对陆地土地资源的占用少,减少了与农业、居住等用地的冲突。然而,这些优势的背后,海上风电项目也面临着独特的环境挑战,如建设过程中的海洋生态影响、运行期间的噪声与电磁辐射问题,以及复杂的碳排放足迹,这些都需要在项目规划和实施中进行综合考虑和科学管理。

2. 海上风电项目的环境影响评估

2.1 环境影响评估的基本概念

环境影响评估是评估项目实施对环境可能产生的影响的过程,它是可持续发展决策的重要工具。在海上风电项目中,这一评估涵盖了从建设到运营的全生命周期,旨在识别和量化潜在的生态、物理和生物影响,如对海洋生物多样性、海域使用和噪声污染的影响。

2.2 海上风电项目的主要环境影响因素

首先,建设阶段的船只交通和海底打桩可能产生噪音污染,影响海洋哺乳动物的通讯和定位;其次,风电设施的安装可能导致局部海域的物理环境改变,可能影响海洋生物的栖息和迁徙;第三,运维活动可能对海洋生态系统产生持续影响,如船只活动带来的油污风险和生物入侵可能性;此外,海底电缆的铺设可能对底栖生物和海洋地形产生影响;最后,退役拆除阶段的环境影响也不容忽视,包括潜在的废弃物处理和海域恢复问题。

2.3 海上风电项目的环境影响评估方法

2.3.1 定量分析方法

在环境影响评估中,定量分析方法扮演着至关重要的角色。这些方法主要包括模型模拟和数据分析,旨在为决策提供精确、量化的依据。例如,声学模型被广泛应用于预测海上风电建设期间的噪声传播,以评估其可能影响的范围和强度。这些模型考虑了风速、海浪、距离等因素,以精确预测噪声对海洋环境的影响。此外,生态模型则被用来评估项目对海洋生物分布和迁徙路径的影响,通过模拟生物的行为和生理反应,预测可能的生态变化。

同时,定量分析也包括计算项目的碳排放量。通过详细分析工程的各个阶段,包括建设、运营和退役,可以计算出整个生命周期中的温室气体排放。这些数据对于理解项目对气候变化的贡献至关重要,也为制定减排策略提供了科学依据。

2.3.2 定性分析方法

尽管定量分析提供了大量具体数据,但有些环境影响是难以量化的,如视觉影响、文化价值影响等。这时,定性分析方法就显得尤为重要。专家咨询是一种有效的手段,专家们凭借其专业知识和丰富经验,可以对这些难以量化的因素进行评估和解释。公众参与也是定性分析的重要组成部分,通过问卷调查、公众听证等方式,可以收集到社区对环境问题的关切,确保评估的全面性和公正性。案例研究则提供了历史视角,通过分析类似项目的经验和教训,为当前项目的环境管理提供宝贵参考。

2.3.3 综合评估方法

为了综合考虑定量和定性的各种环境影响,通常会采用矩阵法、层次分析法或模糊综合评价法等综合评估工具。这些方法将复杂的信息整合在一个结构化的框架中,帮助决策者识别主要影响,确定优先级,并据此制定相应的缓解策略。例如,矩阵法可以清晰地展示各种影响因素之间的关系,层次分析法则通过建立层次结构,将复杂问题分解为更易管理的部分。模糊综合评价法则考虑了信息的不确定性,为不确定性强的影响因素提供评估手段。

2.4 环境影响评估结果的应用

环境影响评估结果的应用在海上风电项目中具有至关重要的作用。它不仅为项目规划、设计和决策提供科学依据,还有助于提升项目的社会认可度和环境友好性。具体而言,环境影响评估结果的应用主要体现在以下几个方面:

2.4.1 评估结果有助于优化项目设计

通过对潜在环境影响进行深入分析,项目团队可以针对性地调整风机布局、电缆走向等设计方案,以最大程度地减少对海洋生态系统和周边环境的负面影响。例如,可以优化风机布局以减少对海洋哺乳动物活动区域的干扰,或选择更环保的电缆材料和施工方法。

2.4.2 评估结果有助于制定有效的环境保护措施

根据评估结果,项目团队可以制定针对性的环保措施,如实施噪音控制、减少油污排放、防止生物入侵等,以确保项目建设和运营过程中的环境安全。这些措施不仅可以降低项目对环境的潜在风险,还可以提升项目的环保形象,增强公众对项目的信任和支持。

2.4.3 评估结果还有助于提升项目的经济效益和社会效益

通过综合考虑环境影响和经济效益,项目团队可以制定更加合理的投资计划和运营策略,以实现项目的可持续发展。同时,积极应对和减轻环境影响也有助于提升项目的社会声誉和品牌形象,为

项目赢得更多的市场机会和合作伙伴。

2.4.4 评估结果的应用还体现在项目的持续改进和优化过程中

随着科技的不断进步和环保要求的日益严格,项目团队需要根据评估结果及时调整和优化项目方案,以适应新的环保标准和市场需求。这不仅可以提升项目的竞争力,还可以为行业的可持续发展做出积极贡献。

3. 海上风电项目的碳足迹核算

3.1 碳足迹核算的理论框架

碳足迹核算的理论框架主要基于生命周期评估(Life Cycle Assessment, LCA)方法,旨在全面量化海上风电项目从原材料获取、制造、建设、运营到退役各个阶段的温室气体排放。在这一过程中,首先需要确定系统的边界,包括供应链上下游的范围,以确保全面性。然后,依据国际标准化组织的ISO14064和ISO14040系列标准,收集并量化各阶段的直接和间接碳排放数据,确保数据的透明度和可比性。

3.2 海上风电项目碳排放的主要环节

海上风电项目的碳排放主要集中在建设、运营和退役三个阶段。在建设阶段,风机制造、海上运输、基础施工等活动均会产生大量碳排放。其中,风机制造过程中的原材料提取、加工和组装等环节尤为关键,这些环节不仅涉及能源消耗,还可能引发供应链中的间接排放。此外,海上运输过程中的船舶燃料消耗也是建设阶段碳排放的重要来源。在运营阶段,风机运转所需的电力以及维护、检修等活动的能源消耗均会产生碳排放。虽然这一阶段相对于建设阶段碳排放量较小,但持续时间长,累积效应显著。最后,在退役阶段,风机拆解、废弃物处理和场地恢复等活动同样会产生碳排放,这一阶段虽然相对短暂,但处理不当可能对环境造成严重影响。

3.3 碳足迹核算的方法和工具

在当前全球气候变化的背景下,准确评估海上风电项目的碳足迹显得尤为重要。这不仅关乎到我们对环境影响的全面理解,也是实现低碳、可持续发展的重要步骤。为了达到这一目标,我们需要借助科学的方法和工具,确保碳排放核算的精确性和透明度。

首先,利用专业的碳排放核算软件或平台是至关重要的一步。这些先进的工具能够接收并处理项目从设计、建设、运营到退役各个阶段的详细活动数据和能源消耗数据。例如,输入的每一批建筑材料的运输距离、制造过程中的能源消耗,甚至设备运行过程中的电力消耗,都会被转化为相应的碳排放量。这些软件通常基于国际公认的碳排放因子数据库,如IPCC的温室气体排放因子,以确保计算结果的准确性和科学性。

其次,结合遥感技术与地理信息系统,可以对项目区域的环境状况进行实时、全面的监测。遥感技术能够跨越广阔的海域,精确

地捕捉到项目对海洋生态、生物多样性以及海岸线变化的影响。而地理信息系统则能将这些数据整合并进行深度分析,帮助我们及时发现并预测潜在的环境风险,从而采取有效的预防措施。

同时,为了确保核算结果的国际可比性和一致性,必须遵循国际标准化组织的相关标准,如 ISO14064 系列标准。这些标准为碳足迹的计算、报告和验证提供了统一的框架,有助于消除因方法学差异导致的不确定性,增强国际社会对核算结果的信任度。

例如,丹麦的 Borssele 海上风电项目就是一个成功的案例。该项目在建设过程中,利用了先进的碳排放核算工具,并严格遵循 ISO14064 标准,成功地量化了其在整个生命周期中的碳排放,为全球海上风电行业树立了绿色发展的典范。

3.4 碳足迹核算结果的应用与意义

碳足迹核算结果对于海上风电项目的可持续发展具有重要意义。首先,它可以帮助项目方全面了解项目在整个生命周期内的碳排放情况,为制定减排策略提供依据。通过识别碳排放的主要环节和关键因素,项目方可以针对性地采取节能减排措施,降低项目的环境影响。其次,碳足迹核算结果可以作为项目方与利益相关者沟通的重要工具。通过向公众、投资者、政府部门等展示项目的碳排放情况,可以增强项目的透明度和可信度,提升项目的社会认可度。此外,碳足迹核算结果还可以为项目方参与碳交易、获取绿色认证等提供重要支撑,有助于提升项目的市场竞争力。

4. 案例分析

以某海上风电场为例,风电场总装机规模为 200MW,单机规模为 2.5MW,年理论发电量 429.06GWh,设计运行年限 25a。

4.1 碳足迹核算

基于 LCA 理论基础,研究风电场全生命周期的环境影响以及碳足迹核算。其中,碳足迹核算公式为:

$$\text{风电场生命周期碳足迹 (g/kWh)} = (\text{材料使用量} \times \text{碳排放因子}) / (\text{风电场运营年限} \times \text{风电场年发电量 (GWh)})$$

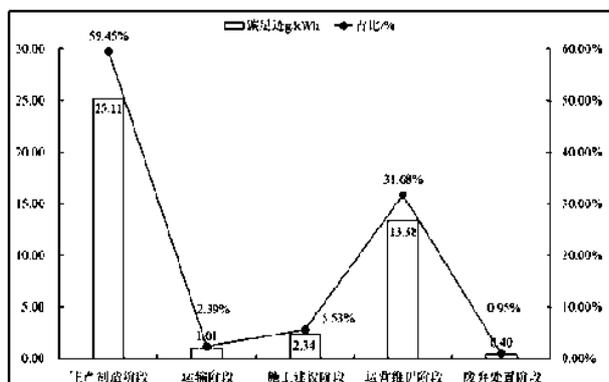


图1 风电场碳足迹核算

通过借助碳排放核算工具,最终核算结果为 42.24g/kWh,周期

各阶段详细占比如图 1 所示。以生产制造阶段最高,占比 59.45%,其次是运维阶段为 31.68%,施工建设阶段相对较低为 5.54%。

该海上风电场的碳足迹核算结果揭示了其主要的碳排放源,即风机的生产制造阶段。这表明,优化制造过程中的能源效率,选择低碳原材料,以及提高制造过程的能效是降低风电场碳足迹的关键。同时,运维阶段的碳排放占比也不容忽视,项目方应注重提升运维效率,减少不必要的能源消耗,例如通过智能化的运维管理系统来实现这一目标。

4.2 环境影响评估分析

在该项目中,采用定量分析和定性分析相结合的办法,对风电场在建设、运营和退役等阶段的环境影响进行全面评估。在建设阶段,主要的环境影响包括海上施工活动产生的噪声和振动、临时设施的建设对海岸线的影响以及施工船舶的排放。通过优化施工方案,采用低噪声设备,以及选择环保型船舶燃料,可以有效减轻这些影响。在运维阶段,环境影响主要表现为电力消耗导致的持续碳排放、维护活动产生的交通排放以及潜在的鸟类碰撞风险。提高风电机组的运行效率,采用能效更高的运维设备,以及实施鸟类保护措施是这一阶段的重点。退役阶段,主要关注点在于废弃物的处理和场地恢复,确保按照环保标准进行拆解,回收可利用材料,以及恢复海域原貌,以最小化长期的生态影响。

结语:

碳足迹核算对于海上风电项目而言,不仅是一个量化环境影响的过程,更是一个识别减排潜力、指导可持续实践的工具。它揭示了项目生命周期中的关键碳排放环节,为各阶段的环保措施提供了明确的方向。同时,通过环境影响评估,我们可以全面了解并管理项目对生态系统的影响,确保风电场的建设和运营与环境保护相协调。未来,随着技术的不断进步和环保标准的日益严格,碳足迹核算将变得更加精细化和动态化。这将促使海上风电行业持续优化其生命周期管理,追求更低的碳排放足迹,从而在实现能源转型的同时,为全球的气候保护和可持续发展做出更大的贡献。

参考文献:

- [1]杨东,刘晶茹,杨建新,等.基于生命周期评价的风力发电机碳足迹分析[J].环境科学学报,2015,35(03):927-934.
- [2]绿色和平组织.可再生额能源零废未来:风电、光伏回收产业发展研究[R].北京:绿色和平,2022.
- [3]戴时雨,高超,陈彬,等.基于生命周期的风电场碳排放核算[J].生态学报,2016,36(04):915-923.
- [4]吴凡.基于 LCA 理论的风电项目碳减排效果分析[D].北京:华北电力大学,2019.