

基于 LCA 的生态环境监测活动中碳足迹分析

宋夏东

(山西碳中和战略创新研究院有限公司, 山西 太原 030032)

摘要:生态环境监测作为污染物量化的一种手段,经常容易被忽略其自身的碳排放。以一般手工生态环境监测活动为对象,进行全生命周期碳足迹分析。归纳细化了各部分碳排放的主要形式,分析总结了环境监测活动的碳减排路径。

关键词:碳足迹 手工环境监测 生命周期评价(LCA)

中图分类号:X831

文献标识码:A

文章编号:1004-7050(2023)03-0205-03

引言

生态环境监测是生态环境保护的基础,是生态文明建设的重要支撑。“十四五”时期,我国生态文明建设进入推动减污降碳协同增效、促进经济社会发展全面绿色转型、实现生态环境质量改善由量变到质变的关键阶段。随着环境监测行业在“十三五”期间的飞速发展,整个环境监测行业经过一轮爆发式扩张,环境监测活动本身的碳足迹也需要关注。从碳足迹角度分析监测活动,优化监测、管理过程,更好地服务于环境保护工作。

ISO14067 中对生命周期评价(LCA)定义为:产品系统在其整个生命周期中的输入、输出和潜在的环境影响的汇编和评估。其中产品定义包含商品和服务,环境监测活动与标准比较更应该描述为在有形产品上进行活动,输出无形数据的技术服务活动。

全球二氧化碳平均质量分数,从工业化以前 19 世纪初的 270×10^{-6} 到 2019 年已经上升到 410×10^{-6} ,一百多年增长了 50%还多,全球减碳任务非常艰巨。

1 目标和范围

本文以一般手工生态环境监测为对象,进行生命周期的碳足迹分析,目标是通过分析了解监测活动中温室气体的排放和清除,促进环境监测活动优化低碳生产方式,进而助力整个行业双碳目标实现。

2 系统边界

环境监测活动作为一种技术服务类工作,其中一个重要的特点就是系统最终的成果是一系列数据。它的生产环节因任务的调整而将不同监测手段对应组合关联的复杂流程。本文以一般手工生态环境监测工作流程为基础,进行全生命周期(LCA)管理评价。环境监测管理体系由业务技术管理体系、监测质量管理体系和监测资源管理体系组成。其中,质量管理渗透业务技术管理的各个环节与其相辅相成,共同组成监测站业务工作的全过程管理^[3]。业务流程见图 1。

本文研究需现场采样的全流程的生态环境监测

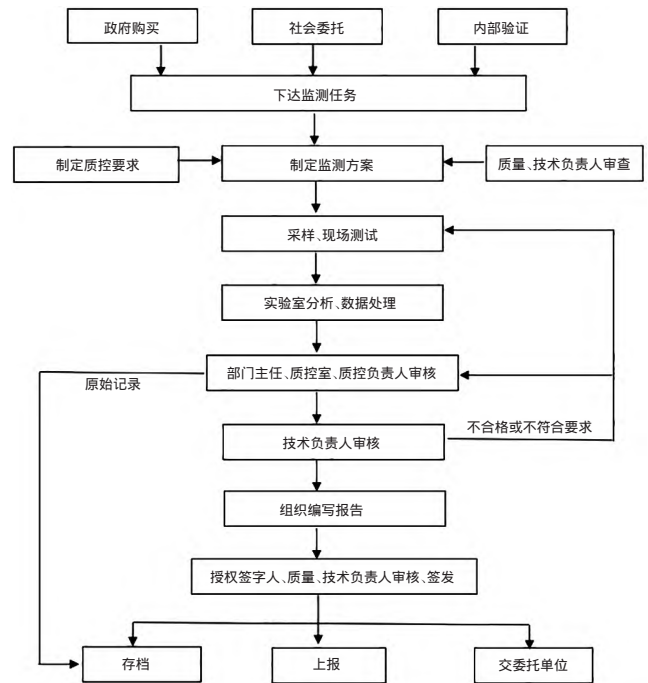


图 1 环境监测工作基本流程图

活动,主要工作流程涉及相关样品、试剂耗材的物料流,现场、实验室数据及相关指令的信息流和支撑所有活动机场的能量流。整个监测活动的生产过程是在能量流持续输入的前提下,通过物料流向信息流的转变,最终生成监测报告的过程。其体统边界包含物料流的全过程,样品的采集、处理、贮存、流转、分析、记录、处理,其中包含实验过程中耗材与试剂的处理与处置。与一般商品的全生命周期相比,不涉及产品的维护以及回收与废弃阶段。系统边界范围见图 2。

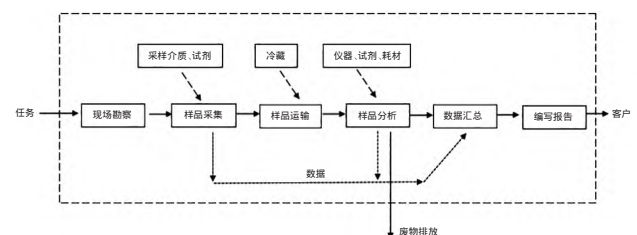


图 2 系统边界示意图

收稿日期:2022-08-19

作者简介:宋夏东,男,1991 年出生,毕业于太原理工大学现代科技学院,本科,工程师,从事环境保护相关工作。

3 清单分析

环境监测活动 LCA 的清单分析主要是指环境监测活动在其整个生命周期范围对活动系统输入的能源、资源、输出的废弃物及其他环境排放物所进行的数据量化研究,是对系统的物料和能量的衡算体系。通过建立全流程的环境监测生命周期流程图,根据确定的 LCA 系统边界,收集各个环节温室气体排放数据,并进行定量的描述。清单分析是对环境监测全生命周期的环境交换(全部输入和输出)进行定量计算的结果。

生命周期分析法是一种自下到上的计算方法,是对产品及其“从开始到结束”的过程计算方法,计算过程比较详细准确。

3.1 任务下达与现场勘察

监测机构在接受到客户委托后,需将客户的监测方案转变为公司内部监测任务。下达监测任务后,一些复杂项目需派工程师到现场提前就环保设施以及布点位置情况等进行勘察核实。

3.2 样品采集

样品采集的地点、时间、频次由监测方案规定,主要受监测任务性质、受监测对象状态、相关标准要求等影响。编制监测方案及采样前应对项目现场进行勘察、收集相关资料。

根据采样方法选择好合适的采样器材及辅助材料,并在仪器领用时,做好相应的仪器检查并保证其在检定有效期内^[4]。

现场采样工作应严格执行相关技术标准和监测方案,采集样品的同时做好相应的现场记录。每个样品采集完成后应及时做好样品标签及标识。需现场测定的因子,应及时测定,其余需带回的样品应根据技术规范合理保存样品,对一些对温度或管线轻度敏感的样品应采取冷藏或者避光保存。部分水质样品还需添加固定剂(酸、碱、其他试剂),以防止水样中某些元素在保存期间发生变化。

3.3 样品运输

由于不同监测因子保存时效各有不同,但同一监测任务中往往按照保存时效最短的因子,对样品进行分批流转并交接。运输过程中,还应防止样品瓶及采样管等挤压、破损,避免样品渗漏、损失以及相互污染。样品需有专人运输以及交接。

3.4 样品前处理

环境样品在自然环境中体系极不稳定。通常需要进行预处理后才可以进行各种仪器分析。否则得不到可靠的数据,而且还会污染测试系统,影响仪器性能^[5]。经过前处理的样品,可以浓缩被测的痕量组分,或是可以转化为响应值更高的化合物,以及去除影响测定

的干扰物,从而可以提高检测的灵敏度和准确度。创造一个待测组分稳定保存的环境,不易发生变化。几种经典的前处理方法见表 1。

表 1 几种经典样品前处理方法^[5]

方法	原理	适用范围
分步吸附	吸附能力的强弱	气体、液体及可溶的固体
离心	相对分子量或密度的不同	不同相态或相对分子量相差较大的物质
透析	渗透压的不同	分子与离子或渗透压不同的物质
蒸馏	沸点或蒸汽压不同	各种液体
过滤	颗粒或分子大小差别	液-固分离
液-液萃取	物质在 2 种液体中分配系数不同	各种在 2 个液相中溶解度差别很大的物质
冷冻干燥	蒸汽压不同	在常温下易失去生物活性的各种物质
柱层析	与固定相作用力不同	气体、液体及可溶解的物质
沉淀	物质在不同溶剂中溶度积不同	各种不同溶剂中溶度积不同的物质
索氏萃取	不同溶剂中溶解度不同	从固体或黏稠态物质中提取目的物质
真空升华	蒸气压不同	从固体中分离挥发性物质
超声振荡	不同溶剂中溶解度不同	从固体中分离可溶性物质
衍生反应	使被测成分改变性质,从而提高灵敏度或选择性	能与衍生化试剂起反应的物质

3.5 样品分析

经前处理后的样品进行定量分析,常用的分析方法有化学法、光谱法、色谱法、生物学方法等。分析测试的方法依据监测任务以及样品特性决定,温室气体的排放环节在分析阶段分布广泛,排放量大小不一。例如,原子吸收光度计经常用乙炔作为助燃气,测试及设备预热环节都会产生二氧化碳,气相色谱测定非甲烷总烃,红外气体分析仪分析二氧化碳时,都需要定使用对应的甲烷以及二氧化碳标准气体,虽然质量分数只有 1.0×10^{-6} 级别;碳酸盐测定过程中与酸的反应生成二氧化碳气体等。

3.6 清单分析

在环境监测全生命周期中各阶段涉及的温室气体排放统计见表 2。

表 2 分析清单一览表

监测各阶段温室气体种类	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆
现场勘察	√	—	—	—	—	—
样品采集	√	—	—	—	—	—
样品运输	√	—	—	√	√	—
样品分析	√	√	—	√	√	—
数据汇总	√	—	—	—	—	—
编写报告	√	—	—	—	—	—

注:勾选项仅代表可能会涉及的阶段。

4 碳足迹测算

4.1 测算范围

根据标准 ISO14064-1,将温室气体(GHG)排放分为以下几个层次:

a)每种GHG的直接排放 b)能源间接GHG排放；
c)其他间接GHG排放 d)生物质燃烧产生的二氧化碳排放(本文范围不涉及)。

4.2 测算方法

在实际测算中，无法直接监测到所有气体的排放，而是通过获取的各类碳排放相关生产经营活动量乘上各类活动的碳排放因子，从而将活动量换算成二氧化碳当量。一个组织的碳足迹便等于各类活动直接或间接产生的二氧化碳当量之和^[6]。

即：碳足迹 = $\sum_{\text{范围 a,b,c}}$ 各类活动量 × 碳排放因子。

其中，排放因子是每单位(如每公里车程、每千瓦用电量、每吨水等)活动的二氧化碳平均排放量。

由于监测任务内容组合多样，且需要大量人工参与，每次活动量也不尽相同，所以此方法仅限于计算单次监测任务的碳足迹计算。

4.3 排放因子

碳排放因子目前无统一的值，笔者收集到的一些可参考的温室气体排放因子，见表3。

表3 可能涉及的各项消费类别排放因子^[7]

消费种类	排放因子	其他	
能源	电力	0.5810 ^[8] tCO ₂ /MWh	2021 国家电网平均值
	市政热力	41.39 kg/GJ	—
交通、住宿	道路交通(客运)平均	0.028 kgCO ₂ 当量 / (人 ⁻¹ ·km ⁻¹)	基于本地化修正的 MOVES 模型模拟车辆在大量不同工况条件下的 CO ₂ 排放因子
	铁路(客运)平均	0.018 kgCO ₂ 当量 / (人 ⁻¹ ·km ⁻¹)	—
	车用汽油	3.04 tCO ₂ 当量 / t	—
	柴油	3.15 tCO ₂ 当量 / t	—
	酒店住宿	25.29 kgCO ₂ 当量 / 晚	—
垃圾	混合垃圾处置平均	353.19 tCO ₂ 当量 / t	填埋约占 46%，焚烧为 33%，其他为 21%
	生活污水处置平均	0.74 tCO ₂ 当量 / t	—
市政自来水	—	0.93 kg/t	—

注 除电力碳排放因子引自《企业温室气体排放核算方法与报告指南发电设施》(环办气候[2021]9号)^[7]，其余因子均引用中国产品全生命周期温室气体排放系数集(2022)^[8]

5 不确定性分析

碳足迹核查过程中可能会干扰结果的几方面原因如下：

1)缺乏完整性：在整个全生命周期环节有未识别排放环节与机理，定义不完整、不清晰的环节；

2)排放因子不准确：排放因子时效过期，或者部分因子采用模型预测，模型简化某些真实部分，因而不精确；

3)缺乏数据：在现有条件下无法获得或者非常难于获得某排放或吸收所必需的数据。在这些情况下，常用方法是使用相似类别的替代数据，以及使用内推法或外推法作为估算基础；

4)计量误差：计量器具设备或计量手段不精确等；
5)丢失数据：如低于检测限度的测量数值。

6 碳减排路径分析

6.1 绿色能源替代

1)监测机构或监测设备直接采用可再生能源发电，或是购买绿色电力；

2)交通运输采用新能源汽车等绿色交通工具；

3)自身建筑低碳建筑，降低供暖制冷能耗，以及照明能耗等，使用零碳建筑或近零碳建筑。

6.2 数字化办公，提高工作效率

1)推广使用实验室信息管理系统(LIMS)。以实验室为核心，将监测机构的业务流程、环境、人员、仪器设备、化学药剂、标准物质、标准方法、图书档案、文件资料、科研管理、项目管理、客户管理等要素有机结合。

2)建立低碳办公新风尚，充分利用网络资源，开展“云办公”“线上会议”“线上会展”等多元方式办公。

6.3 采用低耗能仪器设备及检测方法

1)保证准确度前提下，采用低耗能仪器设备。对纳入《中华人民共和国实行能源效率标识的产品目录》中的设备或电器，在保证性能指标的前提下，优先采购能效等级为1级的产品；

2)开发先进监测方法变革代替传统监测方法。采用先进的监测方法代替传统方法，提升监测效率的同时减少温室气体和废弃物排放。如采样电化学方法代替传统滴定法测定水中溶解氧，射线法测定废气中颗粒物代替传统重量法测定废气中颗粒物等。

6.4 设立碳减排目标，逐步向低碳零碳发展

定期每年开展机构碳核查，统计碳排放量，同时设立减排目标，纳入内审与管审程序，与质量管理目标结合，融入到日常工作的各个环节里。从激发员工自身能动性出发，完善碳减排体系。

7 结语

随着双碳目标的提出，我国各项事业的双碳转型进入了快车道，各行各业的双碳研究不断细化，我国关于环境监测行业的碳足迹研究，由于任务随机性强、样品处理分析方法组合多样、监测机构普遍规模较小、碳排放量小、核查难度大等特点，往往容易被人忽略。确定环境监测行业碳足迹对整个产业具有重要意义。基于LCA框架的环境监测活动的全生命周期碳足迹分析，有助于对全流程的各个单元进行定量分析，从而识别生命周期过程中的薄弱环节，减少温室气体排放，进而促成生态环境监测工作低碳绿色的开展。

参考文献

[1] 何强,井文涌,王翊亭.环境学导论:第3版[M].北京:清华大学出版社,2022.
(下转第215页)

- [4] 侯秋丽,邢宇鑫,甘柯,等.密云水库周边典型金矿尾矿库土壤环境分析及重金属污染评价[J].能源环境保护,2019(6):55-59.

Discussion on Environmental Impact Assessment of Polluted Soil

Chen Zhongzhen¹, Yang Lihang²

(1. Hebei Zhonglian Energy and Environmental Protection Technology Co., Ltd., Shijiazhuang Hebei 050000; 2. Hebei Aorong Environmental Protection Technology Co., Ltd., Shijiazhuang Hebei 050000)

Abstract: In the development process of current construction projects, the environmental impact assessment of polluted soil is a key content. In order to ensure the quality of this work, an actual project is taken as an example to analyze the pollution impact soil environmental assessment, which provides an effective reference for the guarantee of soil environmental assessment effect and the scientific selection of engineering land.

Key words: engineering construction land; pollution impact type; land environmental impact

(上接第 207 页)

- 版社,2004.
- [2] WMO. The state of greenhouse gases in the atmosphere based on global observations through 2020 [EB/OL] [J]. <https://reliefweb.int/report/world/wmo-greenhouse-gas-bulletin-state-greenhouse-gases-atmosphere-based-global-1>.
- [3] 白云,文德振,刘平波,等.环境监测业务管理系统的设计与开发[J].中国环境监测,2005(5):3-6.
- [4] 姚慕平.浅谈环境空气监测中的样品采集、保存及运输的质量控制[J].清洗世界,2020,35(12):61-62.
- [5] 黄骏雄.环境样品前处理技术及其进展(一)[J].环境化学,1994(1):95-105.
- [6] 北京大学光华管理学院.碳足迹测算报告 2021[EB/OL] [J].<https://www.gsm.pku.edu.cn/emba/info/1158/12264.htm>.
- [7] 生态环境部办公厅.关于加强企业温室气体排放报告管理相关工作的通知[EB/OL].https://www.mee.gov.cn/xxgk/xxgk05/202103/t20210330_826728.html
- [8] 生态环境部环境规划院碳达峰碳中和研究中心.中国产品全生命周期温室气体排放系数集(2022)MI[R].北京:中国环境出版集团,2022.

Analysis of Carbon Footprint in Ecological Environment Monitoring Activities Based on LCA

Song Xiadong

(Shanxi Tanzhonghe Strategy Innovation Research Institute Co., Ltd., Taiyuan Shanxi 030032)

Abstract: As a means to quantify pollutants, ecological environment monitoring is often easily overlooked for its own carbon emissions. Taking the general manual ecological environment monitoring activities as the object, the whole life cycle carbon footprint was analyzed. The main forms of carbon emission in each part are summarized, and the paths of carbon emission reduction in environmental monitoring activities are analyzed and summarized.

Key words: carbon footprint; manual environmental monitoring; life cycle assessment

(上接第 209 页)

定相应的安全操作规程及应急处置措施,配备安全防护用品,如防化服、眼罩等,并定期对应急预案进行演练。

2)次氯酸钠贮存应避光,容器有良好密闭性,安全负责人应定期检查容器安全性。

3)次氯酸钠在反应过程中会生成 NaCl,易附着

在管道壁,直径较小的管道可能造成堵塞。因此投加位置应不直接接触出水,且混合液不经过直径较小的管道。如管道因投加次氯酸钠造成堵塞,可使用稀盐酸稀释浸泡管道,待结晶溶解后冲洗即可。

参考文献

- [1] 张胜利,刘丹,曹臣.次氯酸钠氧化脱除废水中氨氮的研究[J].工业用水及废水,2009,40(3):23-26.

Analysis of the Effect of Sodium Hypochlorite on Ammonia Nitrogen Removal

Duan Xiaoyan

(Jinzhong Comprehensive Administrative Law Enforcement Team for Ecological and Environmental Protection, Jinzhong Shanxi 030600)

Abstract: The uncertainty of the concentration of ammonia nitrogen in the incoming water of the sewage treatment plant is easy to cause fluctuations in the effluent indicators, even exceeding the standard. If the effluent quality exceeds the standard, it will face a high penalty. By adding sodium hypochlorite, the ammonia nitrogen in the effluent can be rapidly removed and the discharge can meet the standard.

Key words: sodium hypochlorite; ammonia nitrogen; effect analysis