

# 零碳实验室建设方案

孙伟<sup>1</sup>, 卢俊琛<sup>1</sup>, 莫层聪<sup>2\*</sup>, 刘亮俊<sup>2</sup>

- 嘉兴市恒光电力建设有限责任公司安大安全工器具检测中心, 嘉兴 314000;
- 九郡绿建技术(嘉兴)有限公司, 嘉兴 314000)

**摘要:** 为探索建设零碳实验室方案, 开发低碳技术和寻求相关难题解决方案, 以减少能源消耗和碳排放量来解决环境问题。通过先进的技术及实践探索, 建立和完善低碳经济体系, 扩大相关产业规模来促进经济结构优化。本文所研究的检测实验室建设方案中运行阶段自主减排、可再生能源利用、碳汇等措施实施后, 实验室碳排放量为负值, 可被定义为零碳实验室。建设零碳实验室作为全球环保和节能减排的重要行动之一, 也被视作倡导可持续发展的生态文明观念的实际落实者。从中可以更深层地理解并促进人类走向可持续、低碳未来的发展方向。

**关键词:** 零碳实验室; 减碳措施; 碳监测; 实验室建设

## Carbon neutral laboratory construction scheme

SUN Wei<sup>1</sup>, LU Jun-Chen<sup>1</sup>, MO Ceng-Cong<sup>2\*</sup>, LIU Liang-Jun<sup>2</sup>

- Jiaxing Hengguang Electric Power Construction Co., Ltd., Anda Safety Tool Testing Center, Jiaxing 314000, China; 2. JiuJun Green Construction Technology (Jiaxing) Co., Ltd., Jiaxing 314000, China)

**ABSTRACT:** The main purpose of building a carbon neutral laboratory is to develop low-carbon technologies and solutions, aiming to reduce energy consumption and carbon emissions to solve environmental problems. Through advanced technology and practical exploration, establish and improve a low-carbon economic system, expand the scale of related industries, and promote economic structure optimization. The construction plan of the testing laboratory studied in this article has negative emissions after measures such as independent emission reduction, renewable energy, and carbon sequestration during the operation phase, which can be defined as a carbon neutral laboratory. The construction of zero carbon laboratories is one of the important actions for global environmental protection and energy conservation and emission reduction, and is also regarded as the actual implementer of the ecological civilization concept advocating sustainable development. From this, we can gain a deeper understanding and promote the development direction of humanity towards a sustainable and low-carbon future.

**KEY WORDS:** carbon neutral laboratory; carbon reduction measures; carbon monitoring; Laboratory construction

## 0 引言

生态环境部等印发的文件中指出, 应加快推进绿色转型和高质量发展。绿色发展观是零碳实验室建设的基石, 落实绿色发展观是零碳实验室建设的时代课题。零碳实验室是指检测实验室在运行阶段减少对天然资源消耗和减轻对生态环境影响, 具有“节能、减排、安全、便利和可循环”的特征, 同时充分利用检测实验室的节能措施和可再生能源资源, 使可再生能源获得的年减碳量大于等于运行阶段碳排放量的检测实验室。美国佐治亚大学的一项绿色实验室项目显示, 实验室所消耗的能源是普通办公楼的5~10倍。实验室碳排放包括能源、检测过程、设备维护、逸散、办公、试件生产、试件运输、试件处理等的碳排放量及可

再生能源利用、碳汇的碳减排量。目前国内2021年刘心悦<sup>[1]</sup>等人就绿色低碳实验室建设相关技术上做了研究, 同时2018年郭楠<sup>[2]</sup>等人就建设创新绿色健康的实验室也做了基础性的研究。因此, 对实验室的减碳路径进行研究是中国推动节能减排、低碳发展的加速器, 也是实验室面临的重要命题。本文通过研究零碳实验室建设方案, 为解决环境问题, 促进人类走向低碳可持续发展的未来提供参考。

## 1 零碳实验室建设的意义

在零碳实验室的建设和运行期间, 可以开展碳排放评估示范, 提升碳排放计算和核算的实践高度, 推广零碳实验室方案, 形成巨大的经济、环境和社会效益, 为实验室

\*通信作者: 莫层聪, 助理工程师, 研究方向为低碳建筑、温室气体核查。E-mail: mcc1127@126.com

\*Corresponding author: MO Ceng-Cong, Assistant Engineer, JiuJun Green Construction Technology (Jiaxing) Co., Ltd., Jiaxing 314000, China. E-mail: mcc1127@126.com

的碳资产管理、碳减排、碳交易以及各级政府的碳达峰、碳中和政策制定提供基础数据和科学依据<sup>[3-7]</sup>。

(1) 提高资源利用效率, 实现可持续发展: 通过优化实验室设计、改善实验室设备使用效率等手段, 提高资源利用效率。

(2) 减少碳排放量, 增加生态效益: 零碳实验室可以减少建造阶段的碳排放, 逐步完善碳排放监测体系。

(3) 发展低碳经济, 促进节能减排: 零碳实验室的实施, 可以减少污染物排放, 降低污染水平, 改善空气质量, 有助于保护生态环境、促进社会经济的可持续发展, 符合“零碳经济”发展理念。

## 2 零碳实验室建设实施方案

实验室碳排放包括化石燃料燃烧、空调制冷剂逸散等产生的直接排放, 外购电和水等产生的间接排放, 办公用纸、电梯设备维护、检测试件等产生的隐形排放。零碳实验室建设, 在运行阶段可有针对性地通过提效减排、使用可再生能源以及碳抵消等途径减少碳排放量, 对实验品实施废弃物管理计划, 提高废弃物的回收率和利用率。除此之外, 用户和员工参与也是重要一环, 并持续鼓励员工低碳办公和低碳出行等。其中项目的主要建设内容包含以下八点。

(1) 对零碳实验室建设实施方案进行碳排放综合预评估。根据建筑图纸、施工组织设计和材料采购距离就实验室建造阶段的碳排放量进行核算, 以及对实验室运行阶段碳排放进行预评价, 可针对实验室的环境并模拟实验室实现零碳可行性进行预评估。

(2) 实验室建造阶段的减碳措施: ①建造阶段的绿色建材、低碳建材应用; ②三级远程电表的规划; ③燃烧设备区域排风自动化的规划; ④建筑围护的节能措施, 如节能门窗、电动窗帘应用等。

(3) 实验室运行阶段需要建造阶段施工的减碳措施: ①空调节能措施, 如机房算法、节能空调使用; ②照明节能应用, 如节能灯应用、智能照明应用; ③采购实验室设备选择碳足迹低、能耗低的产品; ④新能源的安装, 如光伏、微水发电应用等。

(4) 实验室运行阶段的减碳措施: ①实验检测试件碳

排放自动化; ②实验室无纸化报告应用等。

(5) 构建实验室运行阶段能耗数据监测平台。通过采集用电、用水、用化石燃料等能耗数据, 开展对实验室的碳排放总量、单位面积碳排放量等指标的精准核算, 动态掌握实验室碳排放整体情况并实现实验室碳排放进程的综合评价和整体对标。

(6) 构建项目碳排放监测数据平台。就实验室边界进行二氧化碳浓度碳排放监测, 通过监测模拟同化方法提供随时间变化的直接排放数据, 可以相互验证排放数据的准确性。

(7) 构建“数据驾驶舱”。结合监测数据和所应展示的碳排放数据构建“驾驶舱”: 碳排放数据(直接碳排放、间接碳排放、月度碳排放、月度减碳量)、碳排放监测数据、环境数据等数据。

(8) 建立项目“碳账户”。实验室完成建设和运行一年根据数据可以建立实验室“碳账户”, 也为实验室运行阶段的减污降碳协同增效提供基础数据支撑。

## 3 零碳实验室评价要求

为了加强对零碳实验室的管理, 鼓励对检测实验室进行节能改造, 采取能耗监测、碳排放监测、利用新能源等措施, 以及完善检测实验室的管理体系, 加强信息安全管理、试件管理等保障检测过程的质量和安, 实施零碳管理、零碳宣传。检测实验室申请零碳实验室应满足以下五个基本条件。

(1) 检测实验室近 3 年内无重大环境污染事件和导致人员死亡的实验安全事故。

(2) 一般固体废弃物的收集、贮存、处置应符合 GB 18599 的相关规定。危险废物的贮存应符合 GB 18597 的相关规定, 后续应交付持有危险废物经营许可证的单位处置。

(3) 检测实验室应按照 GB/T 19001、GB/T 24001 和 GB/T 28001 建立并运行质量管理体系<sup>[8]</sup>、环境管理体系<sup>[9]</sup>和职业健康安全管理体系<sup>[10]</sup>。

(4) 检测实验室应具有中国计量认证资质(CMA)或中国合格评定国家认可委员会认证资质(CNAS)。

(5) 零碳检测实验室等级划分及要求, 见表 1。

表 1 零碳检测实验室等级划分及要求<sup>[11]</sup>  
Table 1 Classification and requirements of carbon neutral laboratory

评价项目	不同等级评价要求		
	一星	二星	三星
零碳管理机制	具备	具备	具备
零碳管理宣传	具备	具备	具备
零碳管理智能平台建设	具备	具备	具备
新能源	具备	具备	具备
实验室信息管理系统	以实验室检测过程和碳排放为主线, 碳排放数据采集与分析、信息传递及发布等全方位信息化、智能化管理等; 实验室信息安全管理包括安全预警系统等, 以及确保信息安全可靠。		
实验室 5S 管理	①整理: 区分需要和不需要的东西, 去除不必要的东西。即在检测区内不得放置、储存非必需的测量设备、零配件、工具等物品, 而仅放置日前或近期使用的物品。		
	②整顿: 将整理后需要的物品, 安排成有序的状态。每件都有固定的存放处, 以便随时取用。检测完毕, 仪器设备及时放回原处。		
	③清扫: 清洁仪器设备和打扫地面, 以便随时检查和发现任何异常之处。		
	④清洁: 将干净的理念延伸到个人, 关注是否正确穿着工作服, 是否正确操作仪器设备, 是否持续地进行整理、整顿和清扫工作, 并视为每日例行工作的一部分。		
	⑤教养: 明确规定每一个人的 5S 职责, 建立自律以及养成从事 5S 的习惯。		
实验室人员要求	从事零碳实验室管理的专职人员应具备节能和碳资产管理的专业能力。		
实验室设备要求	①主要设备应具有节能标识和绿色产品标识。		
	②实验室应指定专人负责设备的管理, 包括校准、维护和期间核查等, 同时应建立机制以提示对到期		

	设备的校准、维护和核查。	
实验室环境要求	①实验室的噪声、防震、防尘、防腐蚀、防磁与屏蔽等方面的环境条件应符合在室内开展的检测仪器设备对环境条件的要求,室内采光应按照 GB 50033 执行。 ②实验室的环境条件出现异常,例如温度和湿度超过规定范围且明显影响检定或检测结果时,应及时报告有质量监督职责的部门。当环境条件经常出现异常情况检测工作时,应据实书面报告单位有关领导,采取适当措施给予解决。在已有的条件下,实验室应采取积极措施保管维护好计量仪器设备。	
碳排放量	检测实验室运行阶段自主减排、利用可再生能源、碳汇等措施实施后的排放量低于检测实验室运行期间未采取措施的碳排放量的 20%。	检测实验室运行阶段自主减排、利用可再生能源、碳汇等措施实施后的剩余排放量低于检测实验室运行期间未采取措施的碳排放量的 10%。

## 4 零碳实验室碳排放案例分析

### 4.1 项目概述

建设地点为浙江省嘉兴市秀洲区云海路 737 号,北临三环北路,西临苏嘉路,南临云海路。项目周边交通便利,公共服务设施比较完善。

项目现有云海路检测实验场地 3200 m<sup>2</sup>,同心路检测实验场地 2000 m<sup>2</sup>,拥有主要设备、仪器 194 台。项目由力学实验室、电气实验室、材质分析实验室、配网设备实验室等多个综合性实验室组成。

### 4.2 计算概述

#### 4.2.1 计算方法简述

实验室运行阶段碳排放计算范围包括化石燃料(汽油)、能源(电、水)、制冷剂、检测试件、设备维护的碳排放量。《零碳实验室评价规范》(CSTM LX 9500 01274—2023)采用检测实验室检测运行阶段温室气体计算碳排放量。本研究以《零碳实验室评价规范》(CSTM LX 9500 01274—2023)、《建筑碳排放计算标准》(GB/T 51366—2019)等标准为计算参考,进行运行阶段的碳排放

量计算,同时考虑光伏、可再生能源利用等节碳、减碳、碳中和控制措施的优化计算<sup>[12]</sup>。

#### 4.2.2 计算边界的规定

计算边界为安大安全工器具检测中心,总建筑面积 3200 m<sup>2</sup>。

计算边界包括安大安全工器具检测中心的运行阶段等活动相关的温室气体排放。

#### 4.2.3 排放因子的选取原则

建材生产阶段碳排放因子参考 CSTM LX 9500 01274—2023《零碳实验室评价规范》附录 B、GB/T 51366—2019《建筑碳排放计算标准》附录 D、《中国产品全生命周期温室气体排放系数集(2022)》<sup>[13]</sup>。

运输阶段碳排放因子参考 GB/T 51366—2019《建筑碳排放计算标准》附录 E。

《关于做好 2023—2025 年发电行业企业温室气体排放报告管理有关工作的通知》中,明确 2022 年度全国电网平均排放因子为 0.5703 t CO<sub>2</sub>/MWh<sup>[14]</sup>。

### 4.3 计算分析

#### 4.3.1 检测实验室检测运行阶段温室气体排放计算。

(1) 能源温室气体排放计算,结果见表 2、表 3。

表 2 燃料温室气体排放汇总

Table 2 Summary of greenhouse gas emissions from fuels

种类	消耗量/t	低位热值/(GJ/t)	含碳量/(tC/GJ)	碳氧化率/%	折算因子	排放量(kgCO <sub>2</sub> e)
	A	B	C	D	E	F=A×B×C×D×E
检测车汽油	3.306	44.80	0.0189	98	44/12	10005.87

表 3 电力、用水温室气体排放汇总

Table 3 Summary of greenhouse gas emissions from electricity and water

场所	用电量/(kW·h)	碳排放量/(kgCO <sub>2</sub> )	水用量/t	碳排放量/(kgCO <sub>2</sub> e)
办公区	552.5	315.09	5.13	0.86
检测区	4438	2530.99	1.93	0.32
合计	4990.50	2846.08	7.06	1.18

注:由于检测实验室不涉及电费水费,固以上核算为安装流量计后一个月的实测数据。

(2)设备维护碳排放计算,结果见表 4。

表 4 电梯设备碳排放汇总

Table 4 Summary of carbon emissions from the elevator equipment

序号	名称	碳排放量/(kgCO <sub>2</sub> )	总计/(kgCO <sub>2</sub> e)	单年碳排放量/(kgCO <sub>2</sub> )
1	生产	4639.43	968.49	27.67
2	运输	35.35		

3	拆除	-3706.29		
---	----	----------	--	--

## 4.3.2 逸散温室气体排放量计算

暖通空调制冷剂及灭火器逸散碳排放计算, 结果见表 5。

表 5 暖通空调制冷剂碳排放汇总

Table 5 Summary of carbon emissions from the HVAC refrigerant

场所	空调数量/台	制冷剂充注量/(kg/台)	全球变暖潜值 GWP	碳排放量/(kgCO <sub>2</sub> )
办公区	10	3	R22/1700	5.1
检测区	15	6	R410a/1975	17.78
合计	25	/	/	22.88

## 4.3.3 办公温室气体排放量

办公用纸碳排放计算, 结果见表 6。

表 6 办公用纸碳排放汇总

Table 6 Summary of carbon emissions from paper

名称	用量/(包/年)	重量/t	碳排放因子/(kgCO <sub>2</sub> /t)	碳排放量/(kgCO <sub>2</sub> e)
A4 纸	600	1.5	1.76	2640

## 4.3.4 试件温室气体排放量

对于检测试件检测完毕后送回厂商的只计算试件运输所产生的碳排放, 对于检测完毕后检测实验室直接回收处理的试件则计算全生命周期的碳排放。

(1) 试件生产和运输碳排放计算, 结果见表 7。检测试件检测运输所采用的类型为轻型汽油火车运输, 取值为 0.334 kgCO<sub>2</sub>/t·km。

表 7 试件生产和运输碳排放汇总

Table 7 Summary of carbon emissions from production and transportation

名称	数量	重量/t	碳排放因子/(kgCO <sub>2</sub> /t)	运距合计/km	生产碳排放量/(kgCO <sub>2</sub> e)	运输碳排放量/(kgCO <sub>2</sub> e)
0.4 kV 电缆分支箱	18	3.6	2530	140.4	/	59.60
10 kV 电缆分支箱	6	1.8	2530	111.1	/	27.80
JP 柜	22	4.4	2530	176.5	/	86.20
避雷器	19	0.0285	2010	176.5	57.29	0.46
导、地线	73	0.03978	2200	75	87.52	0.24
低压开关柜	6	4.2	2530	54.9	/	57.66
电缆保护管	3760	25.192	2200	365.8	55422.40	308.44
电力电缆	648	5.05894	9410	459.7	47604.59	82.87
断路器(柱上开关设备)	30	3	2230	176.5	/	60.89
高压开关柜	17	10.2	2530	4.8	/	32.71
隔离开关	2	0.026	2200	4.8	/	0.08
环网柜	27	5.67	2530	176.5	/	59.37
架空绝缘线	490	0.25137	9410	284.2	2365.39	7.71
金具	381	0.763	14300	223.8	10896.60	7.30
欧式箱式变电站	13	51	2530	105	/	591.58
盘形瓷、玻璃绝缘子	42	0.297	1400	140.5	415.80	1.78
配电变压器	260	390	2290	274.3	/	23372.45
塔材	172	1.72	2200	3.1	3784	2.97
支柱式瓷、复合绝缘子	36	0.3528	1400	140.4	493.92	6.45
合计					121127.50	24766.57

(2) 试件回收利用减碳量计算, 只对丢弃处理回收的

试件进行计算, 见表 8、表 9。

表8 试件回收利用和运输减碳量汇总

Table 8 Summary of carbon reduction from specimen recycling and transportation

名称	数量	重量/t	回收碳排放因子/(kgCO <sub>2</sub> /t)	回收利用系数	回收碳减排量/(kgCO <sub>2</sub> e)	运输碳排放量/(kgCO <sub>2</sub> e)
避雷器	19	0.0285	2010	0.9	-51.56	0.02
导、地线	78	0.03978	1942.5	0.9	-69.55	0.03
电缆保护管	3760.00	25.192	1942.5	0.9	-44041.91	20.23
电力电缆	648.00	5.05894	1942.5	0.9	-8844.28	4.06
架空绝缘线	490.00	0.25137	1942.5	0.9	-439.46	0.2
金具	381	0.763	14300	0.9	-9806.94	0.67
盘形瓷、玻璃绝缘子	54	0.297	1400	0.50	-207.90	0.13
塔材	172	1.72	1942.5	0.90	-3006.99	1.38
合计					-66468.59	26.73

表9 检测试件碳排放汇总

Table 9 Summary of carbon emissions from the test specimens

名称	碳排放量/(kgCO <sub>2</sub> e)	总计/(kgCO <sub>2</sub> e)	
试件生产阶段	121127.50	79452.15	
试件运输阶段	24766.56		
试件处理阶段	试件回收阶段		-66468.59
	试件回收运输阶段		26.73
		-66441.91	

## 4.3.5 可再生能源温室气体减排量

(1) 光伏减碳量计算, 结果见表10。

表10 光伏减碳量汇总

Table 10 Summary of carbon reduction from pv

面积/m <sup>2</sup>	可安装面积/m <sup>2</sup>	转化率/%	损失率/%	年太阳辐射照度/(kWh/m <sup>2</sup> )	年发电量/(kW·h)	年减碳量/(kgCO <sub>2</sub> )
3200	1920	25	25	1275	275400	157060.62

(2) 碳汇减碳量计算, 结果见表11。

表11 碳汇减碳量汇总<sup>[15]</sup>

Table 11 Summary of carbon reduction from carbon sinks

名称	占地面积/亩	占地面积/hm <sup>2</sup>	数量	年碳汇量(kgCO <sub>2</sub> -e)
香樟	4	0.26680	177	6816.40
松针	1	0.06670	37	1980.90
石楠	4	0.26680	170	2640.70
石榴	0.5	0.03335	16	4.10
银杏	0.5	0.03335	19	175.00
东京樱花	0.5	0.03335	18	59.30
木槲	0.03	0.00200	2	5.00
柑橘	0.2	0.01334	9	5.90
合计	10.73	0.717	448	11687.30

## 4.3.6 运行阶段碳排放计算结果汇总

检测实验室检测运行阶段温室气体排放汇总见表12。

表12 检测实验室检测运行阶段温室气体排放汇总

Table 12 Summary of greenhouse gas emissions from the operational phase of the testing laboratory

能耗类别	年运行能耗	单位	碳排放因子	年运行碳排放量/kgCO <sub>2</sub> e/a	单位面积年运行碳排放量/kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> ·a	年运行碳排放量占比
汽车汽油	3306	kg	—	10005.87	3.13	7.92%
电力	59886	kW·h	0.5703	34152.99	10.67	27.04%
热力	0	GJ	—	0	0	0

水	84.72	t	0.168	14.23	0.004	0.01%
设备维护	—	—	—	27.67	0.01	0.02%
制冷剂	120	kg	—	22.88	0.01	0.02%
办公	1.5	t	1.76	2640	0.83	2.09%
检测设备	—	—	—	79452.15	24.83	62.09%
碳排放量合计				126315.79	39.48	100%
光伏	275400	kW·h	0.5703	- 157060.62	- 49.081	/
碳汇	—	—	—	- 11687.30	- 3.65	
减碳量合计				- 168747.92	- 52.73	
减碳后碳排放量合计				- 42432.13	- 13.25	

安大安全工器具检测中心运行阶段年碳排放量为 - 42432.13 kgCO<sub>2</sub>e/a, 单位面积年运行碳排放量 - 13.25 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>·a。其中检测设备的碳排放所占占比最多, 为 62.90%。检测实验室运行阶段自主减排、可再生能源利用、碳汇等措施实施后的排放量为负值, 如满足评价的所有要求则达到“三星”的等级。建议淘汰高能耗、低效率的检测仪器设备, 采用智能化、数字化的检测仪器设备, 从而实现低碳检测、绿色检测。检测项目实施时, 先做无需制样项目后制样, 检测试件做到按实际所需实行精准送检, 将送检样品数量精准至厘米级。对实验品实施废弃物管理计划, 提高废弃物的回收率和利用率。加强报废流程规范化管理要求, 采用“线下清理盘点+线上无纸化申报”模式。

## 5 结束语

实验室每天都需要消耗多种资源, 其主要的碳排放来源是检测设备。因此, 规划零碳实验室时在实验设备上可以建立绿色供应链机制来降低设备的碳足迹和使用运行阶段的碳排放量, 同时鼓励供应链合作伙伴提高可再生能源比例、制定分阶段减排目标等措施降低产品碳足迹, 对减少实验室碳排放具有十分重要的意义。实验室运行阶段可采取的提效减排、使用可再生能源以及碳抵消等途径来减少碳排放量, 并建议实施实验室废弃物管理计划、提高废弃物的回收率和利用率等措施。在评价零碳实验室是需满足的五个基本条件, 包括检测实验室近 3 年内无重大环境污染事件和导致人员死亡的实验安全事故、具备零碳管理机制、具备零碳管理宣传、具备零碳管理智能平台建设、具备新能源等。结合现有的案例来看该实验室满足了零碳实验室的三星条件。

## 参考文献

- [1] 刘心悦, 宫兆合, 郭建军. 绿色实验室建设技术研究[J]. 科技创新导报, 2021, 18(15): 4.
- [2] 郭楠, 尹秀梅, 金春梅, 等. 建设创新绿色健康的实验室[J]. 科技资讯, 2018, 16(23): 3. DOI:CNKI:SUN:ZXLJ.0.2018-23-081.
- [3] 杨懿文. 以零碳发展引领经济社会转型升级[J]. 学习与研究, 2015, 12, 51-52.
- [4] 王博渊, 徐伟, 薛伟强, 等. 基于零碳目标的建筑光伏空间布局优化技术研究[J]. 暖通空调, 2022, 12, 143-148.
- [5] 李晓华. 零碳社会的溢出效应[J]. 瞭望, 2021, 24, 43-45.
- [6] 夏薇, 黄娅新, 马超, 等. 碳中和目标下生物基化学品合成实验设计[J]. 实验室研究与探索, 2023, 3, 181-185.

- [7] 唱思琪, 龚强. 双碳背景下高校实验室低碳建设[J]. 实验室研究与探索, 2023, 7, 274-278.
- [8] 质量管理体系—要求: GB/T 19001—2016[S]. 北京: 中国标准出版社出版, 2016.
- [9] 环境管理体系 要求及使用指南: GB/T 24001—2016[S]. 北京: 中国标准出版社出版, 2016.
- [10] 职业健康安全管理体系 要求及使用指南: GB/T 45001—2020[S]. 北京: 中国标准出版社出版, 2021.
- [11] 零碳实验室评价规范: CSTM LX 9500 01274—2023[S]. (2023-10-08). <http://www.cstm.com.cn/channel/details/home>.
- [12] 建筑碳排放计算标准: GB/T 51366—2019[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.
- [13] 中国城市温室气体工作组. 中国产品全生命周期温室气体排放系数集(2022)[M]. 北京: 中国环境出版社, 2022.
- [14] 关于做好 2023—2025 年发电行业企业温室气体排放报告管理有关工作的通知 [EB/OL]. (2023-02-07). [https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk06/202302/t20230207\\_1015569.html](https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk06/202302/t20230207_1015569.html).
- [15] 温室气体自愿减排项目方法学 造林碳汇 (CCER-14-001-V01). (2023-10-24). <https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk06/202310/W020231024631535201815.pdf>

(责任编辑: 吴华)

## 作者简介



孙伟, 高级技师, 研究方向为检验检测。  
E-mail: 3106913@qq.com



莫层聪, 助理工程师, 研究方向为低碳建筑、温室气体核查。  
E-mail: mcc1127@126.com