

DOI: 10.12326/j.2096-9694.2021137

“双碳”目标下人造板企业绿色工厂的创建

徐金梅¹, 王高峰², 段新芳¹, 于文吉¹, 吴盛富³, 邓侃¹

(1. 中国林业科学研究院木材工业研究所; 国家林业和草原局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091;

2. 广西丰林木业集团股份有限公司, 广西南宁 530201; 3. 北京绿林认证有限公司, 北京 100005)



摘要: 绿色工厂的创建是推动实现双碳目标的重要途径, 是一项复杂的系统工程, 评价指标包括单位产品碳排放量、碳足迹、环境污染等多项与碳达峰、碳中和息息相关的指标。在分析绿色工厂的政策背景和标准的基础上, 按照国家标准GB/T 36132—2018《绿色工厂评价通则》的要求, 结合人造板企业生产实际, 提出人造板企业创建绿色工厂的要点和建议, 推动人造板行业绿色发展。

关键词: “双碳”目标; 人造板企业绿色工厂; 能耗; 碳排放量; 碳足迹

中图分类号: F124.5; TS6; X37

文献标识码: B

文章编号: 2096-9694 (2021) 06-0071-06

Creating Green Wood-Based Panels Industry to Meet the CO₂ Emission Peak and Carbon Neutrality Target

XU Jin-mei¹, WANG Gao-feng², DUAN Xin-fang¹, YU Wen-ji¹, WU Sheng-fu³, DENG Kan¹

(1. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry; Key Laboratory of Wood Science and Technology of National Forestry and Grassland Administration, Beijing 100091, China; 2. Guangxi Fenglin Wood Industry Group Co., Ltd., Nanning 530201, Guangxi; 3. Beijing Green Forest Certification Company, Beijing 100005, China)

Abstract: Creating green factory is one of the important strategies to achieve the double-carbon goals and is a complex system. Its evaluation index includes CO₂ emission of per unit products, carbon footprint, environmental pollution and other indicators which closely relate to CO₂ emission peak and carbon neutrality. Based on the policies and standards of green factory, this article proposed the suggestions for creating green factory in wood-based panels industry, so as to guide the wood-based panels industry to meet the requirements of GB/T 36132—2018 *General Principles for Assessment of Green Factory*, and to promote the green development of wood-based panels industry.

Key words: CO₂ Emission Peak and Carbon Neutrality Target; green factory manufacturing wood-based panels; energy consumption; carbon emissions; carbon footprint

21世纪以来, 绿色发展已成为全球发展趋势, 中国积极倡导人类命运共同体, 大力推进绿色发

展。2015年, 中共十八届五中全会通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十三个五年规划的建议》明确提出了包括绿色发展在内的中国新发展理念, 及《中国制造2025》明确将“全面推行绿色制造”作为重要任务之一, 并将“实施绿色制造工程”作为2025中国制造的五大工程之一。2017年, 中共十九大报告明确指出, 加快

收稿日期: 2021-09-24; 修改日期: 2021-10-08

基金项目: 中央级公益性科研院所基金项目“木质重组材料重大基础理论与关键技术研究”(CAFYBB2021ZX001)。

作者简介: 徐金梅 (1983—), 女, 高级工程师。Email: xujinmei@caf.ac.cn

通讯作者: 邓侃, 男, 教授级高级工程师。Email: dengkanshu@sohu.com

建立绿色生产和消费的法律制度和政策导向,建立健全绿色低碳循环发展的经济体系。2021年,中央财经委员会第九次会议提出如期实现2030年前碳达峰、2060年前碳中和的目标。绿色制造体系,作为工业绿色发展的顶层设计,是减污降碳协同增效的主要抓手,是制造业落实“双碳”目标的关键举措^[1-3]。

绿色制造的核心体系由绿色产品设计、绿色产品、绿色工厂、绿色园区、绿色产业链构成^[4]。为推进绿色制造体系建设,北京、上海等32个省市自治区相继发布了绿色制造体系实施方案和鼓励奖励政策,绿色产品也正逐渐成为顾客选择产品的新指标^[5]。创建绿色工厂是实施绿色制造工程的重点任务、构建绿色制造体系的核心单元与关键环节,也是促进行业结构优化、脱困升级、提质增效、落实双碳目标的重要途径。

自2011年以来,中国已经成为世界人造板生产和消费大国。据林产工业协会不完全统计,截止2020年底,胶合板生产企业15 200余家,生产能力约2.56亿m³/年;纤维板生产企业约392家,生产能力为5 176万m³/年;刨花板生产企业约329家,产能3 691万m³/年。人造板企业尤其是纤维板、刨花板生产企业,具有原料利用率高、设备自动化程度高等特点,在绿色工厂创建中应成为林产工业的“领跑者”。由于绿色工厂评价指标覆盖面广,创建绿色工厂的过程实质是对企业进行系统的定性和定量核查的过程,亦相当于对企业从管理到实施的方方面面进行系统的体检,企业碳排放披露、产品碳足迹披露、产品生态设计、单位产品能耗等定量评价指标与双碳工作紧密联系。因此,创建绿色工厂的过程,亦是企业从能源资源结构、工艺技术、环境管理等方面挖掘节能降耗潜力的过程。本文按照国家标准GB/T 36132—2018《绿色工厂评价通则》的要求,为人造板企业创建绿色工厂提出建议。

1 绿色工厂标准概况

绿色工厂是实施绿色制造工程的主体,2018年我国发布了第一项绿色工厂国家标准——GB/T 36132—2018《绿色工厂评价通则》,定义“绿色

工厂”是实现了用地集约化、原料无害化、生产洁净化、废物资源化、能源低碳化的工厂。该标准是绿色工厂评价及各行业绿色工厂评价细则的指导性标准,评价指标包括基本要求以及基础设施、管理体系、能源资源投入、产品、环境排放、绩效评估等,规定了绿色工厂评价的通用要求^[6]。由于各行业产业特点差异较大,要科学、客观、公正、公平地评选各行各业的绿色工厂,还需要根据其生产过程和行业特点制定适合行业绿色发展的评价标准。如纺织、水泥等行业发布了FZ/T 07006—2020《丝绸行业绿色工厂评价要求》、JC/T 2562—2020《水泥行业绿色工厂评价导则》等13项行业标准,对引导、规范其行业绿色工厂的创建与评价发挥了积极的作用。按照GB/T 36132—2018及相关行业标准的要求,截止2021年9月底,工信部已评选出1 957家国家级绿色工厂。由于林产工业缺乏行业引导和相关评价标准的缺失等问题,目前林产工业企业绿色工厂仅9家,人造板绿色工厂企业仅1家。

2 人造板企业创建绿色工厂的要求及关注要点

GB/T 36132—2018《绿色工厂评价通则》要求,绿色工厂的评价指标包括企业温室气体碳排放核查、单位产品碳排放量、碳足迹核查、单位产品能耗、产品生态设计、大气污染排放、水体污染排放、噪声污染、节能、节水、节材及废弃物回收利用等,这些指标与工业企业实现碳达峰、碳中和息息相关。目前没有人造板行业相关绿色工厂评价标准,本研究依据GB/T 36132—2018,结合人造板生产工艺特点,从基本要求、基础设施、管理体系、能源资源投入、产品、环境排放、绩效7个方面阐述人造板企业绿色工厂的要求。

2.1 基本要求

从合规性和相关方、基础管理职责(最高管理者和工厂)提出基本要求。规定工厂应依法设立,并在建设和生产过程中遵守有关法律、法规、政策和标准;近三年无重大安全、环保、质量等事故,成立不足三年的企业,成立以来无重大安全、环保、质量等事故;对利益相关方环境要求做出承诺的,应同时满足有关承诺要求。

基本要求的规定是企业运营的基本保障，合规范经营的人造板企业基本都能满足，但值得注意的是，“近三年无重大安全、环保、质量等事故，成立不足三年的企业，成立以来无重大安全、环保、质量等事故”为“一票否决”，人造板企业需引起高度重视。

2.2 基础设施

基础设施指标涉及建筑、照明、设备设施（包括生产技术装备、通用设备、计量设备、污染物处理设备设施）等。要求企业在工厂新建、改建和扩建时，应遵守国家“固定资产投资项目节能评估审查制度”“‘三同时’制度”“工业项目建设用地控制指标”等产业政策、国家或地方相关法律法规及标准的要求；厂房内部装饰装修材料中醛、苯、氨、氡等有害物质必须符合国家 and 地方法律、标准要求；危险品仓库、有毒有害操作间、废弃物处理间等应独立设置，并满足 GB 18597—2001《危险废物贮存控制标准》的要求；能源及用水计量应依据 GB 1716—2016《用能单位能源计量器具配备和管理通则》、GB 24789—2009《用水单位水计量器具配备和管理通则》等要求配备并实现分类计量；厂界范围内的照明功率密度应符合 GB 50034—2013《建筑照明设计标准》的规定。并鼓励工厂从建筑材料和结构、绿化、再生资源及能源利用等方面进行建筑的节材、节能、节水、节地及可再生能源利用；厂房宜采用多层建筑；厂区和办公区采用自然光照明。

针对基础设施指标要求，人造板工厂在建设时应充分考虑到建筑占地面积、建筑系数、容积率、绿地面积、绿化率等指标，这些指标直接影响绩效评估中的工厂容积率、单位用地面积产值。由于木材加工需要大空间的厂房，车间宜采用大开间，充分利用自然光照、优化窗墙面积比、屋顶透明部分面积比，不同场所的照明应进行分级设计。采用人工照明时应根据使用场所和周围环境对照明的要求及不同光源的特点选择合理的照明方式，在保证照明质量的前提下优先选用光效高、显色性好的LED光源及配光合理、安全高效的灯具，并选择合理的照明设备控制方式、加强照明设备运行管理。

2.3 管理体系

管理体系指标要求企业应按照 GB/T 24001《环境管理体系要求及使用指南》、GB/T 19001《质量管理体系要求》、GB/T 28001《职业健康安全管理体系要求》、GB/T 23331《能源管理体系要求与使用指南》等标准要求，建立、实施质量管理体系和职业健康安全管理体系。同时鼓励企业通过第三方机构的认证，以及根据 GB/T 36000《社会责任指南》、HJ 617《企业环境报告书编制导则》的要求每年发布社会责任报告或环境报告。

管理体系指标要求是对企业管理方面的基本要求及企业社会责任的引导，人造板企业应积极开展环境、质量、职业健康、能源四体系认证并按相关要求管理企业，积极发布社会责任报告，履行社会责任。

2.4 能源与资源投入

从能源投入、资源投入和采购三方面提出要求。1) 能源投入指标要求工厂优化用能结构，在保证安全、质量的前提下减少能源投入；设备应达到相关标准中能效限定值的强制性要求，淘汰已明令禁止生产和使用的及能耗高、效率低的设备；鼓励工厂自建能源管理中心、厂区光伏电站、智能微电网；工厂用能设备应采用节能效率高的产品；应尽可能使用低碳清洁的新能源及可再生能源。2) 资源投入指标要求工厂减少原材料尤其是有害物质的使用。3) 采购指标要求应确保供方能够提供符合工厂环保要求的材料。

人造板生产企业在生产过程中消耗的能源主要包括电力、天然气、煤炭、柴油、汽油等。企业应制定能源消耗统计制度、产品消耗定额制度，为各个车间、主要耗能设备及用能单元安装电表、天然气表和水表，定期进行能源统计。电力消耗在能源消耗中占比较高，尤其是连续平压机、砂光机和切割机等大型设备耗电量较大，具有较大的节能潜力，其次采用节能灯、声控节能灯、光伏发电。

在资源方面，树皮以及生产线筛选的细料、粉尘废料、刨花边条等很难全部资源化利用，但据某人造板企业监测，这些废料作为生物质燃料，可将热效率提高至0.95，燃烧后的木灰渣仅占燃烧

前总重量的 4%，木质废料所能提供的热能与生产线所需的热能可以做到基本平衡，不仅大幅降低了企业成本和温室气体排放量，还降低了绩效评估指标中的单位产品能耗和碳排放量。同时，通过提高中水的利用量来减少新鲜水的使用量，也是降低单位产品能耗的有效方法。

对于采购管理，企业需要加强对各供应商的监督、审核，重点关注木材原料、甲醛、尿素等供应商的产品质量和环境行为。企业应积极履行生产者责任延伸制度，推进固体废弃物的综合利用^[7]，可依据国家标准 GB/T 40051—2021《废旧人造板回收利用规范》的规定，积极推动废旧人造板的变废为宝。

2.5 产品

企业宜生产符合绿色产品要求的产品，评价指标包括生态设计、有害物质使用、节能、减碳、可回收利用率等。产品生态设计是按照全生命周期的理念，在产品的设计开发阶段系统考虑原材料选用、生产、销售、使用、回收、处理等各个环节对资源环境造成的影响，力求产品在全生命周期中最大限度降低资源消耗、尽可能少用或不用含有毒有害物质的原材料，从而减少污染物产生和排放^[8]。产品生态设计指标要求在产品开发生命周期内均考虑对环境的影响，包括选择绿色材料、减少资源能源的消耗、延长产品生命周期、实施绿色市场营销等手段。鼓励企业按照 GB/T 32161《生态设计产品评价通则》的要求开展产品生态设计评价，并依据 ISO/TS 14067: 2018 *Greenhouse gases - Carbon footprint of products - Requirements and guidelines for quantification* 等标准对所生产的产品进行碳足迹盘查，以减少产品在全生命周期内的温室气体排放。

人造板生产企业，特别是刨花板、纤维板生产企业主要以三剩物和次、小、薪材为原材料，不仅“变废为宝”，而且大幅降低了木材的使用，其原材料具有天然的生态产品优势。如果能更多地利用城市木质废弃物作为生产原料，在生产能耗、污染物排放及包装回收利用等方面考虑周全，人造板企业的产品较容易满足生态设计指标的要求。

2.6 环境排放

环境排放指标包括大气污染物排放、水体污染物排放、废弃物处理、厂界环境噪声排放及温室气体排放。环境排放指标要求工厂投入适宜的污染物处理设备，以确保其污染物排放达到相关法律法规及标准要求；废弃物应委托具有能力和资质的企业进行处理；要求企业对其厂界范围内温室气体排放进行盘查，并鼓励获得温室气体排放量第三方核查。

人造板生产企业排放大气污染物主要包括粉尘颗粒物、废气（二氧化硫、氮氧化物、甲醛）等。粉尘主要来源于筛选、铺装、齐边、锯切、砂光等工序，可采用吸尘罩、旋风分离器、布袋除尘器等进行多级处理，除尘系统收集的粉尘还可送往热能中心用作燃料；废气主要产生于干燥系统，可采用分离、捕捉、除尘等措施对尾气进行多级处理和回收利用，从而达到降低废气污染排放的同时还能回收热能。如我国南方某刨花板生产企业经过系统的粉尘、废气处理后，其干燥系统尾气排放（表 1）和生产线废气（表 2）远远低于 GB 16297—1996《大气污染物综合排放标准》的要求。

表 1 某刨花板生产企业干燥系统尾气废气监测结果

Tab.1 Monitoring exhausted gas emission from drying systems of one particleboard manufacturer

检测项目	废气排放口 (8 m)	标准限量值 (8 m)	与标准限量值的比较
颗粒物/($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	6.3	120	5.25%
二氧化硫/($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	3	550	0.55%
氮氧化物/($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	112	240	46.67%
林格曼黑度	1	1	等于标准限值

注：检测时间 2020 年。下表同。

表 2 某刨花板生产企业生产线废气检测结果

Tab.2 Emissions test results from one particleboard production line

检测项目	检测位置				标准限量值
	东	南	西	北	
颗粒物/($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	0.451	0.217	0.334	0.334	1.0
甲醛释放量/($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	0.08	0.03	0.07	0.07	0.2

对于废水的排放，可将生产线各处设备排出的冷却水用管道集中收集并冷却处理，再送回各设备循环利用；公共用水设施可采用节水型洁具；有条件的企业还可将雨水收集后用于厂区绿化植

物用水及厂区路面冲洗用水等。噪声方面,可选择低噪声设备并采取一定的隔声降噪措施,风机类设备的进出口管道设消声器,大型高噪声设备加装防振垫片,并加强生产管理和及时维护、加强规范操作、加强绿化等。危废主要包含废胶渣、废甲苯、废矿物油等,应单独设立仓库,并交由专业危废处理机构进行处理。

2.7 绩效

绩效评估指标是绿色工厂评价指标中的定量评价指标,包括工厂容积率、单位用地面积产值、单位产品主要原材料消耗量、单位产品主要污染物产生量、单位产品废气产生量、单位产品废水产生量、工业固体废物综合利用率、废水处理回用率、单位产品综合能耗、单位产品碳排放量。绩效指标计算方法可按照 GB/T 36132—2018《绿色工厂评价通则》附录A进行计算。

人造板企业在计算绩效指标时,除了统计产品年生产量,如主要污染物产生量需统计炉渣、废胶渣、废矿物油、废甲苯等年产生量;废气产生量可根据检测报告中颗粒物排放速率、二氧化硫排放速率、氮氧化物排放速率及年运行时间来计算;单位产品综合能耗的计算可参考相关能耗标准,如 LY/T 1530—2020《刨花板生产综合能耗》、LY/T 1451—2017《纤维板生产综合能耗》进行计算。我国南方某刨花板企业的产品能耗统计结果见表3,其刨花板生产综合能耗为 70.9 kgce/m³,根据 LY/T 1530—2020 的规定,其单位产品综合能耗为优秀等级。

表3 某刨花板生产企业产品能耗

Tab.3 Product energy consumption from one particle-board manufacturer

项目	单位	数量	标煤折算系数
电力	MW·h	4 055.50	1.229 kgce/(kW·h)
生物质燃料	树皮	万 t	6.15
	生产废料	万 t	1.04
柴油	t	327.37	1.4571 kgce/kg
汽油	t	2.44	1.4714 kgce/kg
新鲜水	万 t	8.89	0.0857 kgce/t
综合能耗(当量值)	tce	26 564.04	
刨花板	万 m ³	37.49	
单位产品综合能耗	kgce/m ³	70.86	
生物质燃料比例	%	79.39	

a 来自企业热能中心燃烧热值监测值。

关于单位产品碳排放量,由于目前木材加工行业无温室气体核查相关标准和方法学,人造板企业温室气体排放可参考国家发展改革委员会发布的《工业其他行业企业温室气体排放核算方法与报告指南(试行)》来进行核算。人造板企业主要排放源为化石燃料、购入电力和热力等。值得一提的是,生物质燃料释放的 CO₂ 不包含在温室气体的计算范围内^[9];生物质能源设计利用好的企业,其生物质能源可达能源消耗的 70% 甚至更高,因此人造板企业可以利用资源优势,用好生物质能源。如我国南方某刨花板企业温室气体排放量列于表4,其生产 1 m³ 刨花板的碳排放量为 59.74 kgCO₂e。

表4 某刨花板生产企业温室气体排放量

Tab.4 Greenhouse gas emissions from one particleboard manufacturer

项目	净消耗量	排放因子			CO ₂ 排放当量/(tCO ₂ e)
		低位发热值/(GJ/t)	含碳量/(tC/TJ)	碳氧化率/%	
柴油	327.37 t	43.33	0.0202	98	1 029.62
汽油	2.45 t	44.80	0.0189	98	7.44
电力	4 055.50 MW·h		0.5271		21 367.54
总排放量/(t CO ₂ e)					22 404.60
产量/万 m ³					37.49
单位产品碳排放当量/(kgCO ₂ e·m ⁻³)					59.74

刘宏强等^[10]研究计算,生产 1 t 粗钢产生的碳排放量为 2.309 t CO₂e;俞海勇等^[11]研究结果显示,生产 1 t P.1 型硅酸盐水泥的碳排放量为 1 t CO₂e;曾杰等^[12]研究结果显示,生产 1 t 卫生陶瓷的碳排放量为 776.75 kgCO₂e。表4中刨花板的平均密度为 650 kg/m³,经换算后可以得出:生产 1 t 粗钢、P.1 型硅酸盐水泥、卫生陶瓷产生的碳排放量,分别为 1 t 刨花板的 25、10.9、8.5 倍。

3 人造板企业创建绿色工厂的建议

3.1 企业积极行动

为实现低碳、减碳目标,人造板企业在创建绿色工厂过程中可采取如下措施。

1) 提高生物质燃料的比例。将生产过程中的废弃树皮和不能作为板材原料利用的边角料、砂光细粉等作为生物质燃料使用,如果回收利用及

热能设备使用合理,将能满足生产线用能需求,不仅降低企业的运营成本,还能有效大幅降低企业温室气体排放量(按照相关温室气体排放量和标准和方法学,生物质燃料燃烧排放尾气不计入企业温室气体排放量^[13])。

2)改进设备设施,降低电力消耗。电力消耗是人造板企业主要能耗,也是温室气体主要排放源之一。企业可以通过改善工厂采光环境来提高自然光的使用,淘汰能耗高的落后设备,使用节能灯具、声控灯具、分区照明等措施来降低电力消耗。

3)加强水循环利用,降低新鲜水使用量。尽管随着技术装备的进步,人造板企业新鲜水的消耗量已大幅降低,但是废水的回收循环利用仍有提升空间,因为新鲜水是主要能耗工质之一^[14],降低新鲜水的使用量也是降低产品能耗有效方法之一,也是应对将来相关产品能耗限额强制性国家标准的出台的策略之一。

4)重视尾气、固体废弃物等的回收利用。人造板企业废气主要来自干燥尾气等,尾气中不仅含有一些有毒有害物质还具有较高的温度,对尾气进行热能回收循环利用不仅能获得可观的热力,还能通过循环燃烧大幅降低有毒有害物质的排放。

5)重视产品生态设计、产品碳足迹核算。虽然人造板企业具有天然的原材料和利用生物质能源的优势,但是需要企业从原材料选用、生产、销售、使用、回收、处理等各个环节去开展产品生态设计和碳足迹核算等工作。

3.2 行业加强协作

人造板行业的绿色工厂创建和评价工作刚刚起步,需要相关政府部门、行业协会、科研院所等加强协作。标准缺失是目前的主要问题,主要体现在温室气体排放核算、产品生态设计、产品碳足迹计算、人造板行业绿色工厂评价细则等方面。目前温室气体的排放核算只能参考国家发展改革委员会发布的《工业其他行业企业温室气体排放核算方法与报告指南(试行)》来进行核算,产品生态设计、产品碳足迹计算无参考依据,绿色工厂评价也只能参考GB/T 36132—2018《绿色工厂评价通则》。因此亟需研究制定针对行业的温室气体排放核算、产品生态设计、产品碳足迹计算、

绿色工厂评价细则等相关标准,以引导和规范人造板企业绿色工厂的创建和评价,从而推动人造板行业绿色发展,如期实现碳达峰碳中和目标。

参考文献:

- [1] 李朴民.着力推进绿色低碳发展实现碳达峰碳中和目标[J].中国人力资源开发,2021,38(6):前插1.
- [2] 白泉.构建绿色低碳循环发展经济体系是实现碳达峰碳中和的关键举措[J].中国能源,2021,43(3):52-54.
- [3] 曲余玲,狄娜,邢娜.碳达峰碳中和对钢铁行业的影响及路径分析[J].冶金经济与管理,2021(4):36-38.
- [4] 刘建中,周江红.绿色工厂创建经验及发展模式研究[J].资源信息与工程,2021,36(1):125-128,131.
LIU J Z, ZHOU J H. Research on construction experience and development model of green factory[J]. Nonferrous Metals Abstract, 2021, 36(1): 125-128, 131.
- [5] 葛万达,盛光华.基于联合分析的绿色产品属性选择偏好研究[J].干旱区资源与环境,2019,33(8):49-54.
GE W D, SHENG G H. Research on attribute selection preference of green products based on conjoint analysis[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2019, 33(8): 49-54.
- [6] 马强,单臣玉,程志,等.绿色工厂评价技术体系与指标核算方法研究[J].再生资源与循环经济,2018(3):11-14.
MA Q, SHAN C Y, CHENG Z, et al. Green factory evaluation technology system and index calculation method research[J]. Recycling Research, 2018(3): 11-14.
- [7] 朱黎阳.全面推进大宗固废综合利用是实现碳达峰碳中和的重要途径之一[J].中国战略新兴产业,2021(5):54-57.
- [8] GB/T 24256—2009,产品生态设计通则[S].
- [9] 胡金秀,付蕾.绿色工厂能管体系绩效评价研究[J].应用能源技术,2020(3):5-6.
HU J X, FU L. Research on performance evaluation of green factory energy management system[J]. Applied Energy Technology, 2020(3): 5-6.
- [10] 刘宏强,付建勋,刘思雨,等.钢铁生产过程二氧化碳排放计算方法与实践[J].钢铁,2014,51(4):74-82.
LIU H Q, FU J X, LIU S Y, et al. Calculation methods and application of carbon dioxide emission during steel-making process[J]. Iron & Steel, 2014, 51(4): 74-82.
- [11] 俞海勇,杨辉,张贺,等.水泥生命周期碳排放研究[J].四川建材,2017,43(1):1-3.
YU H Y, YANG H, ZHANG H, et al. Research of carbon emission of cement in lifecycle[J]. Sichuan Building Materials, 2017, 43(1): 1-3.
- [12] 曾杰,俞海勇,颜伟国,等.基于生命周期理论的建筑卫生陶瓷碳足迹研究[J].硅酸盐通报,2014,33(1):54-58.
ZENG J, YU H Y, YAN W G, et al. Carbon footprint of building and sanitary ceramics according to life cycle theory[J]. Bulletin of the Chinese Ceramic Society, 2014(33)1: 54-58.
- [13] 陈媛,俞少君.林木生物质对温室气体减排的作用机制研究[J].中国林业经济,2020(5):96-98.
CHEN Y. Study on the effect mechanism of forest biomass on greenhouse gas emission reduction[J]. China Forestry Economy, 2020 (5): 96-98.
- [14] 邹晓霞,李玉娥,高清竹,等.中国农业领域温室气体主要减排措施研究分析[J].生态环境学报,2011,20(8):1348-1358.
ZOU X X, LI Y E, GAO Q Z, et al. How to reduce greenhouse gas (GHG) emissions in agriculture: An analysis of measures and actions taken in China[J]. Ecology and Environment, 2011, 20(8): 1348-1358.

(本文编校 向琴)