

中华人民共和国国家标准

GB/T 47651—2026

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 光热发电

Greenhouse gases—Quantification method and requirements for carbon footprint
of products—Solar thermal power generation

2026-07-02 发布

2027-02-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 量化原则 3

5 量化目的 3

6 量化范围 3

7 清单分析 5

8 影响评价..... 10

9 结果解释..... 12

10 产品碳足迹报告 12

附录 A（资料性） 光热发电碳足迹量化常用碳足迹因子缺省值 14

附录 B（资料性） 部分温室气体的全球变暖潜势(GWP) 17

附录 C（资料性） 产品碳足迹报告(模板) 18

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电力企业联合会和全国碳排放管理标准化技术委员会(SAC/TC 548)共同归口。

本文件起草单位：中国电力企业联合会、中广核太阳能开发有限公司、中广核(北京)售电服务有限公司、中能建(北京)能源研究院有限公司、华电电力科学研究院有限公司、中国电力科学研究院有限公司、碳足迹(北京)科技有限公司、中国标准化研究院、常州龙腾光热科技股份有限公司、浙江可胜技术股份有限公司、国家电投集团科学技术研究院有限公司、中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司、国家能源集团电力营销中心有限公司、中国电力企业联合会电力建设技术经济咨询中心。

本文件主要起草人：石丽娜、成和祥、朱燕、秦雯雯、张晶杰、许宪松、杨帆、罗强、刘佳沛、朱艳伟、郑灏、杨鑫、刘阳、白芸、刘宁欣、孙鹏、张英文、郭海峰、王建峰、郑文广、孙友源、李雪冰、陈文静、刘超、李淑珍、于万水、欧阳成、闫娜、李秋熹、晏路辉、方全喜、朱斌、王伊娜、周烨、许睿颉、曾柱楷、肖钦、苗沐露、迟成宇、牛建宇、曹鑫源、冯田丰、杜歆欣、魏玲、董博、雷雨蔚、王晨龙、蒋承志、杨蕊。

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求

光热发电

1 范围

本文件确立了光热发电产品碳足迹的量化原则,规定了量化目的和范围、清单分析、影响评价、结果解释和产品碳足迹报告等内容。

本文件适用于光热发电产品碳足迹量化。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 24040 环境管理 生命周期评价 原则与框架
- GB/T 24044 环境管理 生命周期评价 要求与指南
- GB/T 24067 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南
- GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则
- GB/T 32151.2—2015 温室气体排放核算与报告要求 第2部分:电网企业
- GB/T 40614—2021 光热发电站性能评估技术要求
- GB/T 51366—2019 建筑碳排放计算标准
- DL/T 1365 名词术语 电力节能

3 术语和定义

GB/T 24040、GB/T 24044、GB/T 24067、GB/T 32150 和 DL/T 1365 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

光热发电站 solar thermal power plant

将太阳能转换为热能,通过热功转换过程发电的系统。

[来源:GB/T 40614—2021,3.1]

3.2

温室气体 greenhouse gas; GHG

大气层中自然存在的和由于人类活动产生的能够吸收和散发地球表面、大气层和云层所产生的、波长在红外光谱内辐射的气态成分。

注:本文件主要考虑的温室气体包括二氧化碳(CO₂)和六氟化硫(SF₆)。

[来源:GB/T 32150—2015,3.1]

3.3

二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent; CO₂e

在辐射强迫上与某种温室气体质量相当的二氧化碳的量。

注：给定温室气体的二氧化碳当量等于该温室气体质量乘以它的全球变暖潜势值。

[来源：GB/T 32150—2015,3.16]

3.4

全球变暖潜势 global warming potential;GWP

将单位质量的某种温室气体在给定时间段内辐射强迫影响与等量二氧化碳辐射强迫影响相关联的系数。

[来源：GB/T 32150—2015,3.15]

3.5

产品碳足迹 carbon footprint of a product;CFP

产品系统中的温室气体排放量和温室气体清除量之和,以二氧化碳当量表示,并基于气候变化这一单一环境影响类型进行生命周期评价。

[来源：GB/T 24067—2024,3.1.1]

3.6

生命周期 life cycle

产品相关的连续且相互连接的阶段,包括原材料获取或从自然资源中生成原材料至生命末期处理。

[来源：GB/T 24067—2024,3.4.2]

3.7

系统边界 system boundary

通过一组准则确定哪些单元过程属于产品系统的一部分。

[来源：GB/T 24067—2024,3.3.4]

3.8

功能单位 functional unit

用来量化产品系统功能的基准单位。

[来源：GB/T 24067—2024,3.3.7]

3.9

活动数据 activity data

导致温室气体排放的生产或消费活动量的表征值。

[来源：GB/T 32150—2015,3.12]

3.10

上网电量 on-grid energy

发电企业在电网电量计量点向系统(电网)输入的电量,即发电企业向市场出售的电量。

[来源：DL/T 1365—2014,4.1.4,有修改]

3.11

取舍准则 cut-off criteria

对与单元过程或产品系统相关的物质和能量流的数量或环境影响重要性程度是否被排除在研究范围之外所作出的规定。

[来源：GB/T 24067—2024,3.4.1]

3.12

分配 allocation

将过程或产品系统中的输入和输出流划分到所研究的产品系统以及一个或更多的其他产品系统中。

[来源：GB/T 24040—2008,3.17]

4 量化原则

4.1 概述

4.2~4.8 的原则是光热发电产品碳足迹量化的基础。

4.2 相关性

数据和方法的选取适用于所研究系统产生的温室气体排放量的评价。

4.3 完整性

在产品碳足迹研究中,将所有对产品系统有显著贡献的温室气体排放量都包括在内,显著程度取决于取舍准则。

4.4 一致性

在产品碳足迹研究的全过程中,使用相同的假设、方法和数据,以得到与目的和范围一致的结论。

4.5 统一性

采用国际上已认可并已应用于具体产品种类的方法、标准和指南,以提高任何特定产品种类中产品碳足迹之间的可比性。

4.6 准确性

产品碳足迹和产品部分碳足迹的量化是准确的、可核查的、相关的、无误导性的,并尽可能地减少偏差和不确定性。

4.7 透明性

以公开、全面和可理解的信息表述方式处理和记录所有相关问题。披露所有相关假设,并适当引用所使用的方法和数据来源。明确地解释所有估计值并避免误差,以使产品碳足迹研究报告如实地阐明其意图说明的内容。

4.8 避免重复计算

相同的温室气体排放量仅分配一次,以避免温室气体排放量的重复计算。

5 量化目的

本文件用于量化光热发电产品生命周期温室气体排放量(以二氧化碳当量表示),基于本文件开展碳足迹量化的目的包括但不限于以下方面:

- a) 识别光热发电生命周期的关键环节和主要因素,提高光热发电生命周期低碳管理水平;
- b) 明确和传递碳足迹信息,推动上游供应链低碳措施实施,为下游产品碳足迹量化提供依据。

6 量化范围

6.1 功能单位

光热发电产品的功能单位为 1 kW·h 电量。

6.2 系统边界

6.2.1 系统边界设置

本文件界定的光热发电产品系统边界,包括原材料及生产设备获取阶段、运输阶段、设施建设阶段、生产及退役阶段和输配电阶段。光热发电产品系统边界示意图见图 1。

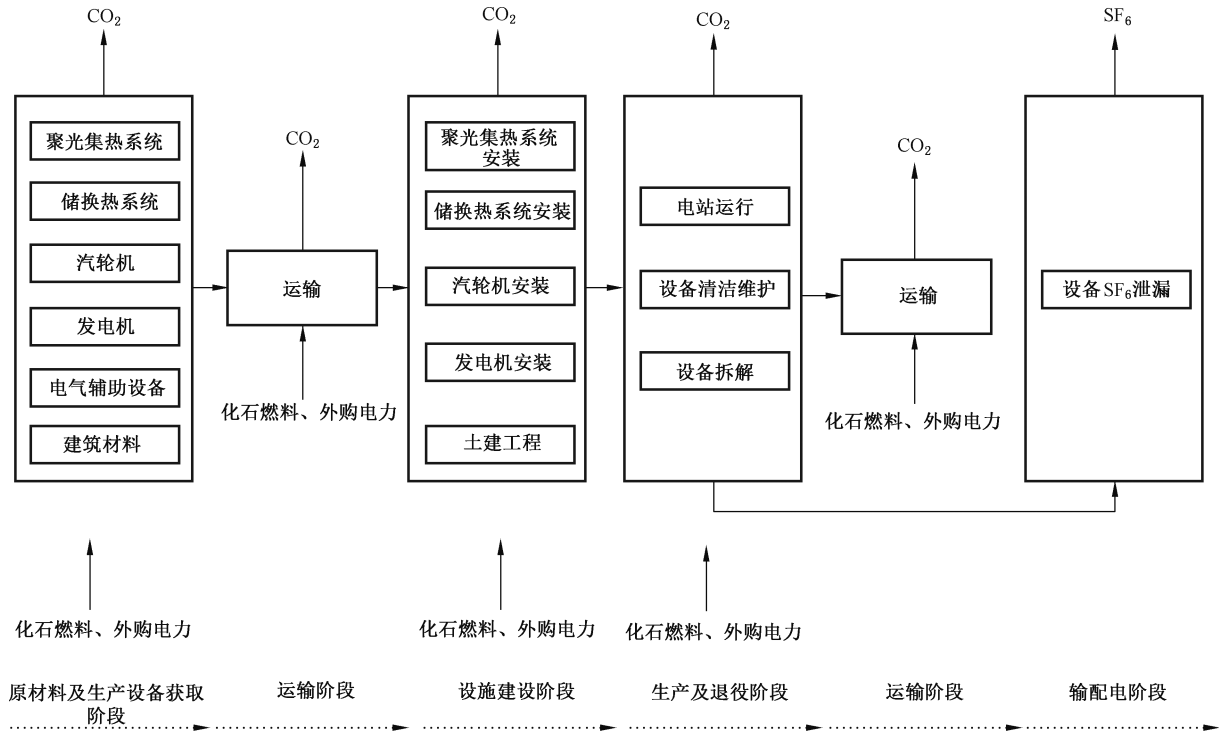


图 1 光热发电产品系统边界示意图

6.2.2 原材料及生产设备获取阶段

原材料及生产设备获取阶段指从上游企业获得反射镜、吸热器、储罐、换热器、汽轮机、发电机、冷却塔及其他辅助设备。本阶段包括上游企业设备制造中原料获取加工、制造等活动。

6.2.3 运输阶段

运输阶段应包括聚光器、集热器、储换热系统、汽轮机、发电机、冷却塔及其他辅助设备、建筑材料由生产企业到光热电站的运输,以及光热电站废旧物资由电站到下游废弃处置企业的运输。

6.2.4 设施建设阶段

设施建设阶段指光热发电基础设施的建设及安装,包括土建工程[如土方工程、支架基础、场地及地下设施、构(建)筑物]、安装工程(如聚光器场地布设、集热器安装、储热系统装配、汽轮机、发电机、冷却塔的安裝)等。

6.2.5 生产及退役阶段

生产及退役阶段指光热发电项目的运营、维修、保养等,包括能源消耗、设备维护,以及光热发电项目的设备在结束其使用寿命后的设备拆解活动。

6.2.6 输配电阶段

输配电阶段为光热发电产品经输配电设备输送到用户使用的过程,该阶段使用六氟化硫设备检修与退役过程存在六氟化硫逸散情况。

6.3 取舍准则

所涉及物质数据的取舍应遵循如下准则,当个别物质流或能量流对某一过程的碳足迹无明显贡献时,可将其作为数据排除项予以舍去并进行报告:

- 可依据各项原辅料材料投入占产品重量或总投入重量的比例进行取舍,舍弃的单项物质重量不超过总重量的 1%;
- 应量化至少 95%与功能单位相关的产品碳足迹,舍弃的产品碳足迹应不超过 5%;
- 厂区内人员及生活设施产生的排放可舍弃;
- 设施建设阶段的废弃物处置的排放可舍弃。

7 清单分析

7.1 数据收集要求

产品碳足迹研究应尽可能地减少偏差和不确定性。数据质量的特征应包括定量和定性两个方面,相关特性描述宜涉及以下方面。

- a) 时间覆盖范围:选用光热发电所包含设备生产时间、使用寿命以及项目投产时间,如更换设备应按照设备生产年份选择数据收集。
- b) 地理覆盖范围:按照光热发电项目涉及的设备生产厂家,结合光热发电集中在西北地区适用的地域特性,针对该区域内光热发电项目所在地的海拔高程等特征,进行对应地理代表性数据收集。
- c) 技术覆盖范围:按照光热发电采用的技术类型、选用的光热聚光设备、设施建设使用材料等选择有技术代表性的数据。
- d) 精度:应优先选择更精确(即具有最小统计方差)的数据。
- e) 数据来源:现场数据来源于测量、工程计算、采购台账记录等,数据来源应清晰、透明。

7.2 数据清单收集

7.2.1 原材料及生产设备获取阶段

该阶段的活动数据主要包括光热项目从上游企业获得的反射镜、吸热器、储罐等关键设备的产品数量、重量、材质信息或财务活动数据,使用财务活动数据时,应在报告中说明。原材料及生产设备获取阶段的活动数据宜包括设备生产制造过程中的加工能耗数据,若无法收集,应至少包括设备主要原料数据,如碳钢、玻璃。

原材料及生产设备获取阶段数据收集应符合表 1 的要求。

表 1 原材料及生产设备获取阶段数据收集

系统	类型	活动数据		碳足迹因子	
		单位	计量方法	单位	来源及优先序
聚光集热系统	反射镜	m ²	采用光热发电现场实际安装的设备单元统计数据,如设备清册	kgCO ₂ e/m ²	a) 上游供应商提供的 数据; b) 政府发布数据; c) 行业发布数据; d) 经评估的国内外主流数据库数据; e) 有关文献碳足迹因子; f) 附录 A 中表 A.1 和表 A.2 提供的缺省值
	钢结构支架	kg	采用光热发电现场实际安装的设备单元统计数据,如设备清册。如数据不可得,可估算理论数据,如通过设计图纸	kgCO ₂ e/kg	
	吸热器	台	采用光热发电现场实际安装的设备单元统计数据,如设备清册	kgCO ₂ e/台	
	追日驱动装置	台	采用光热发电现场实际安装的设备单元统计数据,如设备清册	kgCO ₂ e/台	
	仪表系统	套	采用光热发电现场实际安装的设备单元统计数据,如设备清册	kgCO ₂ e/套	
	控制系统	套	采用光热发电现场实际安装的设备单元统计数据,如设备清册	kgCO ₂ e/套	
	配电设备	台	采用光热发电现场实际安装的设备单元统计数据,如设备清册	kgCO ₂ e/台	
	强弱电电缆	m	采用光热发电现场实际安装的设备单元统计数据,如设备清册。如数据不可得,可估算理论数据,如通过设计图纸	kgCO ₂ e/m	
	管道	kg	采用光热发电现场实际安装的设备单元统计数据,如设备清册。如数据不可得,可估算理论数据,如通过管道的壁厚、直径及长度估算其重量	kgCO ₂ e/kg	
	管件	kg	采用光热发电现场实际安装的设备单元统计数据,如设备清册。如数据不可得,可估算理论数据,如通过设计图纸	kgCO ₂ e/kg	
储热/换热系统	储罐	台	采用光热发电现场实际安装的设备单元统计数据,如设备清册	kgCO ₂ e/台	
	熔盐换热器	台	采用光热发电现场实际安装的设备单元统计数据,如设备清册	kgCO ₂ e/台	
	阀门	个	采用光热发电现场实际安装的设备单元统计数据,如设备清册	kgCO ₂ e/个	
	管道	kg	采用光热发电现场实际安装的设备单元统计数据,如设备清册。如数据不可得,可估算理论数据,如通过管道的壁厚、直径及长度估算其重量	kgCO ₂ e/kg	

表 1 原材料及生产设备获取阶段数据收集（续）

系统	类型	活动数据		碳足迹因子	
		单位	计量方法	单位	来源及优先序
储热/换热系统	电缆	m	采用光热发电现场实际安装的设备单元统计数据,如设备清册。如数据不可得,可估算理论数据,如通过设计图纸	kgCO ₂ e/m	a) 上游供应商提供的数据; b) 政府发布数据; c) 行业发布数据; d) 经评估的国内外主流数据库数据; e) 有关文献碳足迹因子; f) 附录 A 中表 A.1 和表 A.2 提供的缺省值
	电气柜	台	采用光热发电现场实际安装的设备单元统计数据,如设备清册	kgCO ₂ e/台	
发电系统	汽轮机	台	采用光热发电现场实际安装的设备单元统计数据,如设备清册	kgCO ₂ e/台	
	发电机	台	采用光热发电现场实际安装的设备单元统计数据,如设备清册	kgCO ₂ e/台	
建筑材料	混凝土	m ³	采用光热发电现场实际使用的混凝土统计值数据等;若数据不可得,采用采购清单、竣工结算的材料用量数据	kgCO ₂ e/m ³	
	钢筋	t	采用光热发电现场实际使用的钢筋统计值数据等;若数据不可得,采用采购清单、竣工结算的材料用量数据	kgCO ₂ e/t	
	水泥	t	采用光热发电现场实际使用的水泥统计值数据等;若数据不可得,采用采购清单、竣工结算的材料用量数据	kgCO ₂ e/t	
	碎石	t	采用光热发电现场实际使用的碎石统计值数据等;若数据不可得,采用采购清单、竣工结算的材料用量数据	kgCO ₂ e/t	
其他物料	熔盐	t	采用光热发电现场实际使用的熔盐统计数据,如物料台账	kgCO ₂ e/t	
	导热油	t	采用光热发电现场实际使用的导热油统计数据,如物料台账	kgCO ₂ e/t	
注:不同技术路线和项目类型在数据收集时,根据实际情况填写。					

7.2.2 运输阶段

该阶段的活动数据主要包括各类设备、材料的运输方式、运输距离和运输重量。
运输阶段数据收集应符合表 2 的要求。

表 2 运输阶段数据收集

运输方式	活动数据		碳足迹因子	
	单位	计量方法	单位	来源及优先序
铁路运输	a) 优先采用铁路部门出具的货运单据(如货票、运单)里的计费距离; b) 通过铁路线路查询系统(如货运平台、铁路里程查询工具)查询的距离	通过经校验合格的汽车衡、轨道衡等计量,若数据不可得,通过采购清单、竣工结算、设计图纸等,获得理论重量	kgCO ₂ e/(t·km)	a) 上游供应商提供的数据; b) 政府发布数据; c) 行业发布数据; d) 经评估的国内外主流数据库数据; e) 有关文献碳足迹因子; f) 表 A.3 提供的缺省值
公路运输	a) 运输车辆国内权威定位系统里的实际距离; b) 物流运单里的距离; c) 通过专业物流地图获取推荐线路的距离			
海运运输	采用航运公司出具的货运单里的距离			
内河运输	采用航运公司出具的货运单里的距离			

7.2.3 设施建设阶段

该阶段的活动数据主要包括施工现场各类工程机具所消耗的汽油、柴油和电力等能源数据。

设施建设阶段活动数据参照以下原则执行：

- a) 光热发电设施处于前期或建设期。活动数据按照 GB/T 40614—2021 及 GB/T 51366—2019 中表 C 计算。若活动数据采用估算值,应在报告中说明。
 - b) 光热发电设施已完成建设安装。活动数据应按能源消耗统计表进行统计。
- 设施建设阶段数据收集应符合表 3 的要求。

表 3 设施建设阶段数据收集

类型	活动数据		碳足迹因子	
	单位	计量方法	单位	来源及优先序
化石燃料	升(L)、 立方米(m ³)、 吨(t)	通过经校验合格的能源 计量器具获得	kgCO ₂ e/L、 kgCO ₂ e/m ³ 、 kgCO ₂ e/t	a) 上游供应商提供的数据; b) 政府发布数据; c) 行业发布数据; d) 经评估的国内外主流数据库数据; e) 有关文献碳足迹因子; f) 表 A.4 和表 A.5 提供的缺省值
外购电力	千瓦时(kW·h)	通过经校验合格的电表 计量	kgCO ₂ e/kW·h	

7.2.4 生产及退役阶段

本阶段活动数据收集包括生产运营维护作业的能源消耗量,以及光热发电设备在结束其使用寿命后的设备拆解活动的能源消耗。

生产设施投产前期进行光热发电温室气体排放量量化时,应根据运营和维护的周期频率,计算光热发电运营和维护所需的能耗量;当生产设施温室气体排放量量化处于投产期时,对于光热发电投产后剩余运营年份的能耗量,应依据历史能源消耗数据进行估算。

本阶段活动数据应优先采用企业自身的统计台账数据,以确保数据的准确性和可靠性。若使用上游企业提供的数据、财务活动数据或估算值应在报告中说明。同时,所收集的碳足迹因子(如各类能源排放系数)需与活动数据在类型、时间及范围上严格对应,以保证碳足迹核算的一致性与科学性。

生产及退役阶段数据收集应符合表 4 的要求。

表 4 生产及退役阶段数据收集

类型	活动数据		碳足迹因子	
	单位	计量方法	单位	来源及优先序
化石燃料	升(L)、 立方米(m³)、 吨(t)	通过经校验合格的能源 计量器具获得	kgCO ₂ e/L、 kgCO ₂ e/m³、 kgCO ₂ e/t	a) 上游供应商提供的数据; b) 政府发布数据; c) 行业发布数据; d) 经评估的国内外主流数据 库数据;
外购电力	千瓦时(kW·h)	通过经校验合格的电表 计量	kgCO ₂ e/(kW·h)	e) 有关文献碳足迹因子; f) 表 A.4~表 A.5 提供的缺 省值

7.2.5 输配电阶段

输配电阶段六氟化硫总排放量涉及的数据按照 GB/T 32151.2—2015 中 5.2.2 规定的方法收集;全国输配电碳足迹因子(不含线损)、全国线路损失率应采用政府部门、行业协会公布的最新数据;电量参数数据收集应符合表 5 的要求。

表 5 输配电阶段数据收集

名称	数据来源
上网电量	a) 实际上网电量; b) 上网电量宜按设计光热发电具体发电能力计算,参考运行年限按照设计寿命 25 年~30 年选取,运行年限应在报告中说明
直供电量	采用计量数据或结算凭证数据,统计年度数据

7.3 数据审定

在数据采集过程中应对数据的有效性进行检查。数据的审定可通过建立质量平衡、能量平衡、碳平衡和(或)排放因子的比较分析或其他适当的方法。由于每个单元过程遵守物质和能量守恒定律,因此物质和能量的平衡能为单元过程描述的准确性提供有效的检查。

7.4 数据分配程序

各阶段温室气体排放过程中数据分配宜按以下程序进行：

- a) 尽量避免或减少出现分配；
- b) 当不可避免时宜使用能反映其物理关系的方法进行分配；
- c) 当物理关系不能作为分配基础，宜以能反映他们之间经济科学等其他关系进行分配。

7.5 清单计算

生命周期清单分析结果通常表现为一系列的数据表，展示每个功能单位产品在每个阶段中的资源使用量（材料和能源），以及释放到环境中的温室气体。

8 影响评价

8.1 光热发电产品碳足迹量化

光热发电产品碳足迹量化方法见公式(1)：

$$CFP_{STP} = \frac{Em_{rs} + Em_{tr} + Em_{cs} + Em_{us}}{(E_{oge} + E_{dps}) \times (1 - \eta)} + \frac{Em_{td}}{E_{oge} \times (1 - \eta)} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

CFP_{STP} ——光热发电产品碳足迹，单位为千克二氧化碳当量每千瓦时 $[\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{kW} \cdot \text{h})]$ ；

Em_{rs} ——光热发电原材料及生产设备获取阶段全生命周期所产生的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量 (kgCO_2e) ；

Em_{tr} ——光热发电运输阶段全生命周期所产生的温室气体总排放量，单位为千克二氧化碳当量 (kgCO_2e) ；

Em_{cs} ——光热发电设施建设阶段全生命周期所产生的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量 (kgCO_2e) ；

Em_{us} ——光热发电生产及退役阶段全生命周期所产生的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量 (kgCO_2e) ；

Em_{td} ——输配电阶段全生命周期所产生的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量 (kgCO_2e) ，计算直供电时， Em_{td} 取 0；

E_{oge} ——光热发电全生命周期总上网电量，单位为千瓦时 $(\text{kW} \cdot \text{h})$ ；

E_{dps} ——光热发电实际总直供电量，单位为千瓦时 $(\text{kW} \cdot \text{h})$ ；

η ——全国电网平均线损率，用百分数表示 $(\%)$ ；计算直供电产品碳足迹时， η 取 0。

注：采用参考使用寿命来计算光热发电系统生命周期的用电量总和，参考使用寿命按照设计值一般选取 25 年～30 年，相关信息在报告中说明。

8.2 原材料及生产设备获取阶段温室气体排放量化

原材料及生产设备获取阶段温室气体排放量计算方法见公式(2)：

$$Em_{rs} = \sum (AD_i \times EF_i) \dots\dots\dots (2)$$

式中：

Em_{rs} ——光热发电原材料及生产设备获取阶段全生命周期所产生的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量 (kgCO_2e) ；

AD_i ——原材料及生产设备获取阶段第 i 种设备或材料的用量，单位为台或套或吨 (t) 或立方米 (m^3) ；当无法获得消耗量时，可采用财务活动数据，单位为万元；

EF_i ——原材料及生产设备获取第 i 种原材料的碳足迹因子,单位为千克二氧化碳当量每台($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{台}$)或千克二氧化碳当量每套($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{套}$)或千克二氧化碳当量每吨($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{t}$)或千克二氧化碳当量每立方米($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3$);财务活动数据对应财务排放因子,单位为千克二氧化碳当量每万元($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{万元}$)。

8.3 运输阶段温室气体排放量化

运输阶段温室气体排放量计算方法见公式(3):

$$Em_{tr} = \sum (W_j \times D_j \times EF_j) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

Em_{tr} ——光热发电运输阶段全生命周期所产生的温室气体总排放量,单位为千克二氧化碳当量(kgCO_2e);

W_j ——运输阶段第 j 种运输方式的运输重量,单位为吨(t);

D_j ——运输阶段第 j 种运输方式的运输距离,单位为千米(km);

EF_j ——第 j 种运输方式下,单位质量运输量的产品运输距离的碳足迹因子,单位为千克二氧化碳当量每吨千米 $[\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{t} \cdot \text{km})]$ 。

8.4 设施建设阶段温室气体排放量化

设施建设阶段温室气体排放量计算方法见公式(4):

$$Em_{cs} = \sum (AD_k \times EF_k) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

Em_{cs} ——设施建设阶段所产生的温室气体排放量,单位为千克二氧化碳当量(kgCO_2e)。

AD_k ——设施建设阶段第 k 种能源消耗量。如为汽油、柴油等时,单位为吨(t);为燃气时,单位为立方米(m^3);为电力时,单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$);为热力时,单位为吉焦(GJ)。

EF_k ——设施建设阶段第 k 种能源的碳足迹因子。如为汽油、柴油等时,单位为千克二氧化碳当量每吨($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{t}$);为燃气时,单位为千克二氧化碳当量每立方米($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3$);为电力时,单位为千克二氧化碳当量每千瓦时 $[\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{kW} \cdot \text{h})]$;为热力时,单位为千克二氧化碳当量每吉焦($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{GJ}$)。

8.5 生产及退役阶段温室气体排放量化

生产及退役阶段温室气体排放量计算方法见公式(5):

$$Em_{us} = \sum (AD_l \times EF_l) \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

Em_{us} ——生产及退役阶段所产生的温室气体排放量,单位为千克二氧化碳当量(kgCO_2e)。

AD_l ——生产及退役阶段第 l 种能源消耗量。如为汽油、柴油等时,单位为吨(t);为燃气时,单位为立方米(m^3);为电力时,单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$);为热力时,单位为吉焦(GJ)。

EF_l ——生产及退役阶段第 l 种能源的碳足迹因子。如为汽油、柴油等时,单位为千克二氧化碳当量每吨($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{t}$);为燃气时,单位为千克二氧化碳当量每立方米($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3$);为电力时,单位为千克二氧化碳当量每千瓦时 $[\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{kW} \cdot \text{h})]$;为热力时,单位为千克二氧化碳当量每吉焦($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{GJ}$)。

注:光热电站设备材料的更换产生的温室气体排放量,在原材料及生产设备获取阶段。

8.6 输配电阶段温室气体排放量化

输配电阶段温室气体总排放量 Em_{td} 为使用六氟化硫设备检修与退役过程产生的六氟化硫的总排

放量,单位为千克二氧化碳当量(kgCO_2e),按照 GB/T 32151.2—2015 中 5.2.2 规定的方法计算。计算直供电产品碳足迹时, Em_{td} 取 0。计算时所使用的全球增温潜势(GWP)参考值见附录 B。

只有当输配电阶段检修和退役设备的六氟化硫排放数据获取困难时,输配电阶段温室气体排放量可简化,见公式(6):

$$Em_{\text{td}} = CFP_{\text{td}} \times E_{\text{oge}} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

CFP_{td} ——全国输配电碳足迹因子(不含线损),单位为千克二氧化碳当量每千瓦时 $[\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{kW} \cdot \text{h})]$,计算直供电产品碳足迹时, CFP_{td} 取 0。

9 结果解释

9.1 结果解释步骤

光热发电产品碳足迹结果解释步骤如下:

- a) 根据生命周期清单分析和生命周期影响评价的产品碳足迹的量化结果,识别显著环节;
- b) 完整性、一致性和敏感性分析的评估;
- c) 结论、局限性和建议的编制。

9.2 结果解释内容

光热发电产品碳足迹结果解释应包括以下内容:

- a) 说明产品碳足迹和各生命周期阶段的碳足迹;
- b) 分析不确定性,包括取舍准则的应用或范围;
- c) 详细记录选定的分配程序;
- d) 说明产品碳足迹研究的局限性;

结果解释宜包括分析重要输入、输出和方法学选择(包括分配程序)的敏感性,以了解结果的敏感性和不确定性。

10 产品碳足迹报告

10.1 基本要求

光热发电产品碳足迹报告应完整、准确、无偏向性阐述量化目的、结果及结论,应透明地、详细地阐述量化数据、方法、假设和局限性;报告的格式应于目标及范围界定阶段予以明确,结果和解释应能以符合量化目的的方式而被使用。

10.2 报告要素

产品碳足迹报告应包括但不限于下列内容(报告参考格式见附录 C)。

- a) 基本情况:
 - 1) 生产单位信息;
 - 2) 产品信息;
 - 3) 机组信息;
 - 4) 量化方法。
- b) 量化目的:
 - 1) 开展量化的目的;

- 2) 预期用途。
- c) 量化范围：
 - 1) 功能单位；
 - 2) 系统边界；
 - 3) 取舍准则；
 - 4) 时间范围。
- d) 清单分析：
 - 1) 数据来源说明；
 - 2) 分配原则与程序；
 - 3) 清单结果及计算；
 - 4) 数据质量评价。
- e) 影响评价：
 - 1) 影响类型和特征化因子选择；
 - 2) 产品碳足迹结果计算。
- f) 结果解释：
 - 1) 结果说明；
 - 2) 假设和局限性说明(可选项)；
 - 3) 改进建议。

附 录 A

(资料性)

光热发电碳足迹量化常用碳足迹因子缺省值

部分设备及材料的碳足迹因子见表 A.1。

表 A.1 部分设备及材料的碳足迹因子

名称	数值	单位	来源
玻璃	18.46	kgCO ₂ e/m ²	中国产品全生命周期温室气体排放系数库 CPCD
普通碳钢	2.05	kgCO ₂ e/kg	中国产品全生命周期温室气体排放系数库 CPCD
不锈钢	—	kgCO ₂ e/kg	Ecoinvent
铝合金	—	kgCO ₂ e/kg	Ecoinvent
镍铬合金	—	kgCO ₂ e/kg	Ecoinvent
线缆	0.14	kgCO ₂ e/m	中国产品全生命周期温室气体排放系数库 CPCD
控制系统	—	kgCO ₂ e/kg	Ecoinvent
不锈钢	—	kgCO ₂ e/kg	Ecoinvent
铝及铝合金	16.38	kgCO ₂ e/kg	中国产品全生命周期温室气体排放系数库 CPCD
聚乙烯	2.62	kgCO ₂ e/kg	GB/T 51366—2019
聚氯乙烯	7.30	kgCO ₂ e/kg	GB/T 51366—2019
合成橡胶	—	kgCO ₂ e/kg	Ecoinvent
导热油	10.35	kgCO ₂ e/kg	中国产品全生命周期温室气体排放系数库 CPCD

建筑材料碳足迹因子见表 A.2。

表 A.2 建筑材料碳足迹因子

建筑材料类别	建筑材料碳足迹
C30 混凝土	295 kgCO ₂ e/m ³
C50 混凝土	385 kgCO ₂ e/m ³
热轧碳钢筋	2310 kgCO ₂ e/t
普通硅酸盐水泥(市场平均值)	735 kgCO ₂ e/t
碎石	2.18 kgCO ₂ e/t
注：本数据节选自 GB/T 51366—2019 中表 D.0.1。	

各类运输方式碳足迹因子见表 A.3。

表 A.3 各类运输方式碳足迹因子

运输方式类别	运输方式碳足迹
轻型汽油货车运输(载重 2 t)	0.334 kgCO ₂ e/(t·km)

表 A.3 各类运输方式碳足迹因子（续）

运输方式类别	运输方式碳足迹
中型汽油货车运输(载重 8 t)	0.115 kgCO ₂ e/(t·km)
重型汽油货车运输(载重 10 t)	0.104 kgCO ₂ e/(t·km)
重型汽油货车运输(载重 18 t)	0.104 kgCO ₂ e/(t·km)
轻型柴油货车运输(载重 2 t)	0.286 kgCO ₂ e/(t·km)
中型柴油货车运输(载重 8 t)	0.179 kgCO ₂ e/(t·km)
重型柴油货车运输(载重 10 t)	0.162 kgCO ₂ e/(t·km)
重型柴油货车运输(载重 18 t)	0.129 kgCO ₂ e/(t·km)
重型柴油货车运输(载重 30 t)	0.078 kgCO ₂ e/(t·km)
重型柴油货车运输(载重 46 t)	0.057 kgCO ₂ e/(t·km)
电力机车运输	0.010 kgCO ₂ e/(t·km)
内燃机车运输	0.011 kgCO ₂ e/(t·km)
铁路运输(中国市场平均)	0.010 kgCO ₂ e/(t·km)
液货船运输(载重 2 000 t)	0.019 kgCO ₂ e/(t·km)
干散货船运输(载重 2 500 t)	0.015 kgCO ₂ e/(t·km)
集装箱船运输(载重 200 TEU)	0.012 kgCO ₂ e/(t·km)
注：本数据源于 GB/T 51366—2019 中表 E.0.1。	

化石燃料碳足迹因子见表 A.4。

表 A.4 化石燃料碳足迹因子

项目	碳足迹	来源
柴油	3.797 tCO ₂ e/t	中国产品全生命周期温室气体排放系数库 CPCD
汽油	3.743 7 tCO ₂ e/t	中国产品全生命周期温室气体排放系数库 CPCD
天然气	0.608 kgCO ₂ e/m ³	中国产品全生命周期温室气体排放系数库 CPCD

电力碳足迹因子见表 A.5。

表 A.5 电力碳足迹因子

年度	电源类型	碳足迹	来源
2024 年	全国均值	0.577 7 kgCO ₂ e/(kW·h)	政府发布值
	燃煤发电	0.924 0 kgCO ₂ e/(kW·h)	
	燃气发电	0.450 3 kgCO ₂ e/(kW·h)	
	水力发电	0.014 1 kgCO ₂ e/(kW·h)	
	核能发电	0.006 5 kgCO ₂ e/(kW·h)	
	风力发电	0.032 4 kgCO ₂ e/(kW·h)	
	光伏发电	0.052 0 kgCO ₂ e/(kW·h)	
	光热发电	0.031 2 kgCO ₂ e/(kW·h)	
	生物质发电	0.040 4 kgCO ₂ e/(kW·h)	

全国不含线损输配电电力碳足迹因子见表 A.6。

表 A.6 全国不含线损输配电电力碳足迹因子

年度	不含线损输配电电力碳足迹	来源
2024 年	0.004 6 kgCO ₂ e/(kW·h)	政府发布值
注：根据政府发布值更新对应年度数值。		

附录 B
(资料性)

部分温室气体的全球变暖潜势(GWP)

温室气体全球变暖潜势应在报告中说明,当前 GWP 参考值见表 B.1。

表 B.1 部分温室气体的 GWP

气体名称	化学分子式	100 年的 GWP(截至出版时)
二氧化碳	CO ₂	1
六氟化硫	SF ₆	24 300
注:数据来源于 IPCC 第六次评估报告。		

附 录 C
(资料性)
产品碳足迹报告(模板)

光热发电产品碳足迹报告(模板)见图 C.1。

光热发电产品碳足迹报告
(模板)

产 品 名 称:_____
产品规格型号:_____
生产者名称:_____
报 告 编 号:_____

出具报告机构: (若有) (盖章)
日 期: 年 月 日

图 C.1 光热发电产品碳足迹报告(模板)

一、概况

1.生产单位信息

生 产 单 位 名 称:_____

地 址:_____

法 定 代 表 人:_____

授 权 人 (联 系 人):_____

联 系 电 话:_____

装 机 容 量 (MW):_____

2.产品信息

产 品 名 称:_____

产 品 介 绍:_____

额 定 功 率 (MW):_____

(按照各发电类型补充)_____

.....

.....

.....

3.量化方法

依据标准:_____

二、量化目的

三、量化范围

1.功能单位

光热发电产品的功能单位为 1kW·h 电量为功能单位。

2.系统边界

☐原材料及生产设备获取阶段 ☐运输阶段 ☐设施建设阶段 ☐生产及退役阶段 ☐输配电阶段

系统边界图:

图 C.1 光热发电产品碳足迹报告(模板)(续)

图 1 光热发电产品碳足迹量化系统边界图

3.取舍准则
采用的取舍准则以_____为依据,具体规则如下:

4.时间范围
_____年度。

四、清单分析

1.数据来源说明
活动数据:_____
因子数据:_____

2.分配原则与程序
分配依据:_____
分配程序:_____
具体分配情况如下:

3.清单结果及计算
生命周期各个阶段碳排放计算说明见表 1。

表 1 光热发电产品生命周期碳排放清单说明

生命周期阶段	活动数据	碳足迹因子	温室气体量 kgCO _{2e} /(kW·h)
原材料及生产设备 获取阶段			
运输阶段			
设施建设阶段			
生产及退役阶段			
输配电阶段			

图 C.1 光热发电产品碳足迹报告(模板)(续)

4.数据质量评价

数据质量可从定性和定量两个方面对报告使用的活动数据和排放因子数据进行评价,具体评价内容包括:完整性、一致性、数据代表性(时间、地理、技术)和准确性。

五、影响评价

1.影响类型和特征化因子选择

一般选择 IPCC 给出的 100 年 GWP。

2.产品碳足迹结果计算

六、结果解释

1.结果说明

_____公司(填写产品生产者的全名)生产的 1 kW · h 电量,从原材料及生产设备获取阶段 _____到 _____输配电阶段 _____生命周期碳足迹为 _____kgCO₂e。光热发电产品生命周期各阶段碳排放情况见表 2。

表 2 光热发电产品生命周期各阶段碳排放情况

生命周期阶段	碳足迹 kgCO ₂ e/(kW · h)	占比 %	备注
原材料及生产设备获取阶段			
运输阶段			
设施建设阶段			
生产及退役阶段			
输配电阶段			
总计			

2.假设和局限性说明(可选项)

结合量化情况,对范围、数据选择、情景设定等相关的假设和局限进行说明。

3.改进建议

图 C.1 光热发电产品碳足迹报告(模板)(续)