

建筑节能碳足迹与建筑碳排放对双碳的作用

张三（苏州××有限公司，江苏 苏州 215005）

摘要：随着全球温室效应加重，节能减排已迫在眉睫。目前，全球 1/3 的碳排放与建筑领域有关，建筑领域碳排放是导致全球变暖的主要因素之一。建筑全生命周期会大量耗费化石燃料，砍伐森林，排放工业废气，产生大量的 CO₂，碳足迹能很好地测量并标示碳排放量。通过对产品碳足迹的介绍并结合研究案例分析对环境造成的影响，促进建筑相关行业为客户提供更多的绿色低碳产品，使大众消费方式向低碳化转变。

关键词：碳足迹；碳标签；减碳；建筑碳排放计算

中图分类号：TU111.19⁵ **文献标志码：**A **文章编号：**1674-814X(202X)00-0000-00

0 引言

2018 年全国建筑碳排放总量为 49.3 亿 t，占全国碳排放量的 51.3%，对实现“2060 年前碳中和”目标构成巨大挑战。

目前，我国建筑领域碳排放量每年约 20 亿 t，占到全国总碳排放量的约 0%；考虑相关建材生产、运输等，将占到全国总排放量的近 40%。这就意味着实现“双碳”目标，建筑行业将成为重中之重，我国必须在未来几十年内大幅减少建筑业的碳排放。

就建筑行业而言，建筑全生命周期碳排放包括了 5 大部分，即建材生产阶段、建材运输阶段、建筑建造阶段、建筑运行阶段、建筑拆除阶段等整个建筑全生命周期的碳排放里包含了各个部件和产品在各个环节的碳排放，也就是产品碳足迹。

1 碳足迹定义

碳足迹是一种测量人类活动产生温室气体对环境造成影响的方法，通常以 CO₂ 表示。时间可以是一天，或者是按一年计算。比如早晨喝了一杯牛奶，牛奶就会产生碳排放，开车上班，汽车也会产生碳排放，到单位用电脑办公，同样会产生出一定的碳排放，合计一天所有的行为方式产生出来的碳排放的总合，就是一天的碳足迹。碳足迹可以是一个人的一天，也可以是企业，或者策划某个活动从开始到结束，或者生产某个产品从原材料到生产、运输、销售、回收的整个过程产生的碳排放总合。

碳足迹评估通常有两种选择。一是生活中直接使用化石能源造成的碳排放量（坐飞机、开汽车等）；二是购买和使用商品（如购买一瓶矿泉水，——其生产、运输、销售、回收等过程都会间接产生碳排放量）。

批注 [佳1]：标题 20 字以内为宜。

批注 [佳2]：格式：作者（工作单位，省 市 邮编）

批注 [佳3]：摘要须包含四要素：研究目的、研究方法、研究结果、研究结论，以上内容缺一不可。不可出现“本文”“笔者”等文字。

批注 [佳4]：关键词须 3~6 组，反映论文主题。

批注 [佳5]：可参阅《中国图书馆分类法》。
网址：<http://www.ztflh.com/>

批注 [佳6]：引言阐述为什么要进行此项研究。应能反映有关研究领域的进展状况和存在的问题，并将研究目的与上述研究背景相结合。**不要照抄摘要。**

批注 [佳7]：阿拉伯数字与汉字皆可，须全文统一。

批注 [佳8]：正文标题分级如下：

- 1 ×××××……
- 1.1 ×××××……
- 1.1.1 ×××××……
- 2 ×××××……
- 2.1 ×××××……
- 2.1.1 ×××××……
- 3 ×××××……
- 3.1 ×××××……
- 3.1.1 ×××××……

2 产品碳足迹

气候变化是导致全球变暖的主要原因^[9]。在产品生产或服务的整个生命周期中温室气体的排放总量，包含原材料、制造、组装、运输、销售、使用、处理、整个生命周期中产生的温室气体碳排放总和（生命周期就是从摇篮到坟墓的过程或摇篮到工厂大门的过程）。

批注 [佳9]: 如有参考文献，在正文引用参考文献处的右上角用方括号标注阿拉伯数字序号，并与文末参考文献序号一一对应。

3 碳标签及产品碳足迹认证

碳标签是一种环境标识，是为了缓解气候变化、减少温室气体排放，将单个产品从原料开采加工、运输、生产、使用和废弃的全生命周期中的全部或部分阶段所产生的碳排放以量化的形式标注在产品上，以告知消费者产品碳排放信息。

3.1 各国碳标签情况

目前，英国、欧盟、美国、韩国、日本等正在积极发展碳标签制度，其推出的碳标签如表 1 所示。2007 年，英国是全球最早推出产品碳标签的国家。

表 1 国家、地区或组织推出的碳标签

国家、地区或组织	英国	英国	德国	法国
碳标签图示				
国家、地区或组织	美国	美国	美国	日本
碳标签图示				
国家、地区或组织	欧盟	韩国	瑞士	加拿大
碳标签图示				
国家、地区或组织	澳大利亚	中国	中国台湾地区	—
碳标签图示				

批注 [佳10]: 由文字表述引出表格，不可用“下表”表述。表述方法须全文统一。

批注 [佳11]: 表题置于表格上方，须与正文内容对应。

批注 [佳12]: 无数据单元格用“—”填充。

碳标签制度发展比较早的国家，其碳标签也分不同类别，以美国碳标签为例，第一种主要在食品中使用，如保健品和经认证的有机食品，第二种为适用于碳中和产品的碳标签，第三种为某产品或服务宣告达到碳排放标准的碳标签。

3.2 我国碳标签制度具体发展情况

我国对于碳标签制度建立较晚，是在 2020 年提出“3060”双碳目标后，碳标签才逐渐进入企业视野，开始受到大众重视。市面上的商品绝大部分还没有进行产品碳足迹认证和碳标签，但这必定是未来企业对商品完善的重点。

碳标签能引导消费者购买低碳产品，培养低碳消费意识和消费习惯，从而为“碳达峰碳中和”目标贡献力量。

3.3 碳标签类型

部分国家碳标签类型如图 1 所示。



图 1 部分国家碳标签类型

3.4 产品碳足迹认证具体发展情况

我国于 2018 年年初开始推动“碳足迹认证”计划，碳足迹认证环节也在逐步完善。产品碳足迹认证标准由国家低碳认证技术委员会、中国电子节能技术协会（以下简称“CEESTA”）、中国质量认证中心（以下简称“CQC”）在国家市场监督管理总局指导下联合开展工作。除了中国质量认证中心认证外，还可以通过中国质量认证中心授权的核查机构认证。

目前，国内授权可以进行碳足迹认证的服务机构达 50 多家。碳足迹计算和认证流程，可以提交资料到中国质量认证中心，或授权的评价服务机构，由相关授权机构进行计算和认证。

4 产品全生命周期碳排放研究案例

4.1 产品介绍

批注 [佳13]: 由文字表述引出图片，不可用“下图”这种模糊表述。表述方法须全文统一。

批注 [佳14]: 图题置于图片下方，须与正文内容对应。请将原图发给编辑，以便排版。

批注 [佳15]: 在首次使用简称时须写明全称，并在圆括号内标注以下简称“×××”，后文便可用简称。

产品名称：石墨聚苯板。

类型：保温材料。

计算依据标准及准则：

ISO14067 《国际标准化组织（ISO）产品碳足迹具体计算方法》；

PAS 2050:2008 《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》；

GB/T 51366-2019 《建筑碳排放计算标准》。

平均重量：20 kg/m³。

功能单位：1 m³ 石墨聚苯板。

批注 [佳16]: 计量单位用英文表示，如 m、mm、h、min 等。

4.2 计算边界

(1) 原材料获取阶段产生的碳排放量。

(2) 生产阶段产生的碳排放量。

(3) 从车间运输到工厂大门产生的碳排放量。

批注 [佳17]: 标题下正文层级如下：

(1) ×××××……

① ×××××……

② ×××××……

③ ×××××……

(2) ×××××……

① ×××××……

② ×××××……

③ ×××××……

(3) ×××××……

① ×××××……

② ×××××……

③ ×××××……

4.3 产品碳足迹

生产 1 m³ 石墨聚苯板产生了 73.06 kg CO₂，如表 2 所示。

表 2 生产 1 m³ 石墨聚苯板的碳足迹

边界	原材料获取阶段	产品生产阶段	运输到工厂大门	合计
碳足迹(折算为 CO ₂)/kg	63.58	9.45	0.03	73.06
比例/%	90.03	9.93	0.04	100

计算以上数据主要目的是掌握产品在全生命周期各阶段内直接或间接产生温室气体排放量，便于控制碳排放量。

批注 [佳18]: 化合物用化学式表示。

4.4 碳足迹在建筑中的作用和意义

(1) 建筑全生命周期碳排放，主要在建材生产阶段和建筑运行阶段产生大量碳，对产品进行碳足迹测算，可用于参考绿色建材产品，根据碳足迹排放量选择更为低碳的产品，从而减少建筑全生命周期碳排放。

(2) 作为建筑全生命周期的数据来源、绿色认证的必要环节（如绿色三星）、开拓国际市场，获得跨国公司订单的重要条件之一、申请国家和地方相关财政奖励资金的依据、节能降耗减排、国际绿色贸易、获得客户信赖。

5 建筑全生命周期碳排放研究案例

基于我国 GB/T51366—2019《建筑碳排放计算标准》中划分的 3 个阶段(包括建材生产及运输、建造及拆除、建筑物运行)的基础上，将建筑全生命周期划分为建材生产、建材运输、建造施工、运行使用和建筑拆除等 5 个主要阶段。

碳排放指建筑物在其有关建材生产及运输、建造及拆、运行阶段产生的温室气体排放的综合，以 CO₂ 当量表示。

(1) 计算边界。与建筑物建材生产及运输、建造及拆除、运行等活动相关的温室气体的计算范围。

(2) 计算思路。实测法—排放源的现场实测基础数据，进行汇总从而得到相关碳排放量。物料衡算法—即输入物料量等于输出物料量与物料流失量的和。投入产出法—宏观层面的分析方法，可以追踪产品的直接和间接使用及CO₂排放情况。排放系数法—依照碳排放清单列表，针对每一种排放源构造活动数据与碳排放因子，以投入的能源使用量和排放因子的乘积作为该排放项目的碳排放量估算值。

5.1 以装配式建筑数据为例分析

(1) 各阶段碳排放（折算为CO₂）数据如表3所示。

表3 各阶段碳排放（折算为CO₂）数据

建筑各阶段	碳排放量/kg	单位面积碳排放量 /(kg·m ⁻²)	占比/%
建材生产阶段	4 549 667.000 112	409.5	23.5
建材运输阶段	35 276	3.2	0.18
建造阶段	279 412	25.1	1.45
运行阶段 (50年)	14 302 694	1 287.3	74
拆除阶段 (不含回收)	160 245	14.4	0.83

批注 [佳19]: 从小数点起，向左和向右每三位数字一组，组间相隔一个空格。四位以内的整数可以不加千分空。

(2) 装配式建筑全生命周期各阶段碳排放量模拟数据（以11 110 m²计算）与传统现浇建筑各阶段碳排放对比如表4所示。

表4 装配式建筑全生命周期与传统现浇建筑各阶段碳排放量对比

项次	生产阶段	运输阶段	建造阶段	运行阶段	拆除阶段 (含回收)	总计
现浇建筑/kg	4 095 344	74 026	432 516	23 397 492	-2 113 599	25 885 778
装配式建筑/kg	4 549 667	35 276	279412	143 026 95	-3 579 900	15 587 150
差值/kg	-454 323	38 750	153 104	9 094 798	1 466 300	10 298 628
减排率/%	-11.09	52.35	35.40	38.87	69.37	39.78

5.2 总结

(1) 运行阶段是建筑碳减排的重要阶段。如新型装配式结构的钢材含量高且多

用于主体承重结构，鉴于钢材具有良好的耐久性与耐候性，如在建筑设计阶段提高空间设计的可变性，则可大大延长建筑的使用时间，有效减少建筑的年碳排放强度。

(2) 生产阶段，略高于现浇建筑生产阶段的碳排占比(20%左右)本案例为新型结构在国内推广的技术先行项目采用相对保守的结构设计，钢材、钢筋的用量偏多。建议后续可酌情参考装配式建筑的限额设计控制数据，对主要材料钢材、混凝土等的含量进行优化设计，控制建材生产过程中的碳排放量。

(3) 其他阶段，装配式建筑的预制构件种类繁多，需合理选择起重机械设备，简化起重机械设备的种类，提高起重机械设备的工作效率，降低建造阶段碳排放。建筑拆除阶段的碳减排策略建议使用拆解方式替代拆除方式，尽可能以小型机械将构件从主体结构中分离，提高废旧建材的回收利用率，极大减少碳排放量。

(4) 对于新型装配式钢混组合结构建筑而言，其钢材含量较传统现浇建筑的钢含量高，在废旧建材回收利用上具有明显优势。建议将废弃建材的回收利用纳入建筑全生命周期碳排放计算中，并折减全生命周期碳排放总量，可引导未来回收利用，已达到节能减碳的目标。

6 结 语

“碳足迹”是用来对抗气候变化的一个重要工具，其让个人和组织能够评估自己对环境造成的影响，也能帮助了解自己在哪些地方排放了温室气体。这对于在未来减少碳排放量极为重要。“碳足迹”也为评估未来的减排状况设定了一个基线，也是确定未来可在哪些地方采用何种方式减少碳排放的一个重要工具。

对建筑全生命周期碳排放标准而言，通过对建筑全生命周期碳排放进行量化约束，从而达到减排目的的一种标准。

建筑行业以“碳足迹”的数据做参考，制定建筑全生命周期碳排放标准更能够引起建筑行业对碳排放的重视，引导市场在选择从设计到施工运行阶段的各类解决方案和产品时，将低碳产品视为考虑因素之一。此外，还可以促进建筑相关供应链行业(如钢筋、水泥、玻璃、空调等行业)为客户提供更多的绿色低碳产品。

参考文献：

[1] 高庆先,高文欧,马占云,等.大气污染物与温室气体减排协同效应评估方法及应用[J].气候变化研究进展,2021,17(3):268-278.

收稿日期：2022-03-21

作者简介：张三，硕士研究生，高级工程师，专业领域为土木工程，现供职于苏州××有限公司。

通信地址：江苏省苏州市××路××号××大厦。

批注 [佳20]:采用“顺序编码制”，严格按照格式录入。具体格式可参考《投稿须知》。

批注 [佳21]:收稿日期：由编辑部填写。
作者简介：姓名，学历，职称，专业方向，单位。
通信地址：请如实填写，以便寄样刊。