

中瑞零碳建筑项目

中国建材碳排放因子数据库发展研究报告



让我们共同打造气候中和的未来
Building a climate-neutral future together



中华人民共和国
住房和城乡建设部



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

intep
skat Swiss Resource Centre and
Consultancies for Development

版本说明

编辑信息

2025 年 5 月,版本 1.0

项目发起与指导方

- 瑞士联邦外交部发展与合作署
- 中华人民共和国住房和城乡建设部

主要作者

西安建筑科技大学建筑设计研究院

- 罗智星教授及团队

联合作者

- Intep-skat 团队
 - 路枫博士
 - 朱继龙
 - André Ullal 博士
 - Roland Stulz
- CABR 团队
 - 张时聪博士
 - 杨芯岩博士

目录

目录

概要

1. 综述

- 1.1 背景 2
- 1.2 建材碳排放计算相关政策标准 3
- 1.3 建材碳排放计算方法概述 6
- 1.4 建材碳排放因子数据库建设面临的挑战 8

2. 中国建材碳排放计算详细方法

- 2.1 中国建材碳排放详细计算方法 10
 - 2.1.1 中国建材碳排放计算一般规定 10
 - 2.1.2 建材生产阶段碳排放计算 10
 - 2.1.3 建材运输阶段的碳排放计算 11
- 2.2 碳排放因子核算一般方法 11
 - 2.2.1 方法论 11
 - 2.2.2 建材碳排放因子核算公式 12
 - 2.2.3 水泥碳排放因子核算实例 13

3. 中国建材碳排放数据库

- 3.1 代表碳排放因子数据库 16
- 3.2 数据库对比 23
- 3.3 案例分析 - 衔尾龙建筑碳排放计算软件 26

4. 国际建材碳排放数据库

- 4.1 国际建材碳排放因子数据库建设现状 31
- 4.2 欧洲代表碳排放因子数据库 31
- 4.3 综合比较分析 35

5. 中国数据库发展方向分析

- 5.1 健全官方统一建筑数据库，丰富地方对应的数据库信息 36
- 5.2 整合计算方法与提高数据透明度 36
- 5.3 提升建筑数据库功能完善性 36

A1. 参考文献

A2. 衔尾龙碳排放因子数据库各类数据详细界面

A3. 术语表

概要

在当下,全球气候变化已然成为国际社会所面临的一道紧迫难题,温室气体(GHG)的大量排放致使地球气候逐步变暖,引发了诸如极端天气频发、冰川加速消融、海平面持续抬升等诸多严峻问题。据联合国环境规划署统计,建筑业作为能源消耗大户,消耗了全球 30% - 40% 的能源,其温室气体排放量在全球占比近 30%。倘若不能切实提高建筑能效,有效削减建筑能耗与碳排放,预计到 2050 年,建筑业温室气体排放量将突破总排放量的 50%以上。

建材作为建筑碳排放的主要来源之一,准确计算建材碳排放对建筑行业以及国家建筑碳排放有着全方位的影响与推动作用,对实现建筑领域碳达峰碳中和具有重要意义。于环境评估层面而言,精确计算建筑材料生命周期内的碳排放量,对绿色建筑认证体系如 LEED、CASBEE 有重要作用,能够推动环保设计与施工技术发展。从行业转型视角出发,知悉不同材料及建造模式在全寿命周期中的碳足迹,有助于建筑企业甄别并选用低碳材料与前沿技术,进而带动整个行业碳排放量的降低。

碳排放因子法是目前适用范围最广、应用最为普遍的碳排放计算方法。对于建材的碳排放计算一般也是基于因子法进行计算。在此背景下,精心构建一个科学、精准的建筑标准化建材碳排放因子(CEF)数据库,便成为实现这一目标的关键支柱,为后续的政策制定、行业转型以及公众意识提升等诸多方面提供强而有力的支撑。

基于此,本研究将深入分析中国建筑材料碳排放数据库的现状,从宏观角度详细探讨建材碳排放计算相关政策、标准,以及方法论,审视中国建筑材料碳排放的环境影响,以及如何通过数据库的构建来实现碳排放的量化与管理。其次深入分析目前中外建材数据库建设的情况以及当前所面临的挑战。具体内容包括研究中国与欧洲/瑞士在数据库建设领域的研究方法和工具,通过对比分析,揭示两方在数据收集、处理和应用方面的差异与优势。最终,借鉴欧洲,特别是瑞士在构

建碳排放因子库方面的经验及其优点,例如数据计算的精确度和数据的多样性,深入探讨当前建材数据库建设所面临的挑战和发展潜力。分析并确定适用于中国建材碳排放因子数据库改进的方向,总结出一系列改进建议,包括完善官方数据库、丰富地方性碳排放因子数据库、提高数据库透明度等。

本研究旨在助力从业人员能透彻洞察建筑行业的环境影响全貌,又能为政府决策、企业发展呈献科学的参考依据,大力推动绿色建筑迈向新高度,并为国家乃至全球的碳中和目标贡献重要力量。

1. 综述

1.1 背景

全球各国都在努力通过控制碳排放来应对气候变化的严峻挑战，以减轻国家发展对环境的影响，减少碳排放对城市的可持续性和复原力也有影响。中国作为世界上最大发展中国家，致力于到 2030 年达到“碳峰值”，到 2060 年实现“碳中和”。在此目标的推进下，建材行业作为国民经济和社会发展的关键基础产业，其碳排放量同样位列于需要严格控制的行业之中。因此，分析和计算建筑材料的碳排放构成了降低碳排放的关键基础。

根据目前的研究表明，建筑业消耗了地球上约 60%的原材料(Hossain and Poon 2018)。2019 年，建筑材料的二氧化碳排放量占全球建筑业总排放量的 10%(Abergel et al. 2019)。与钢铁和木材等其他材料相比，混凝土是世界上使用最多的建筑材料。建筑行业使用的混凝土原材料大多含有水泥，在生产过程中会排放大量的 CO₂ (Wasim et al. 2022)。因此，通过建筑材料减少建筑碳排放是不可忽视的途径之一。

中国建材联合会发布的《中国建材行业碳排放报告(2020)》强调，2020 年中国建材行业碳排放量已达 14.8 亿吨。而根据 2023 年《中国建筑能耗与碳排放研究报告》，中国 2021 年建材生产运输碳排放为 17.0 亿 tCO₂e，占全国碳排放的比重达到了 16.0%。从建筑单体微观层面来看，与建材有关的碳排放占建筑生命周期碳排放比例在 20%~30%。而聚焦单位时间，建材生产阶段的碳排放强度最为突出。这里所提及的材料碳排放，是基于全寿命周期予以考量，涵盖从原材料采掘、生产加工、运输配送、施工安装、使用维护直至最终拆除处置等一系列环节所产生的二氧化碳排放总和。这一概念不仅是精准衡量建筑行业环境冲击的关键标尺，更是国家层面制定减排策略的核心依据。

下表(Li and Chen 2017)给出了常见建筑材料的排放系数，单位为 tCO₂/unit。这

些因素表示在生产一个单位的相应材料期间排放的 CO₂量。此表对使用不同建筑材料的二氧化碳排放量进行比较，这也进一步体现了了解建材的碳排放因子后可以以为通过材料选择实现碳减排提供指导。具体由表中可得，生产一吨水泥释放 0.73 吨二氧化碳当量。同样，生铁和铸铁具有很高的排放系数(每吨材料分别为 2.3 和 2.5 吨二氧化碳当量)，强调了这些材料对环境的重大影响。

建材	单位	排放因子 tCO ₂ /unit
水泥	t	0.73
生铁	t	2.3
铸铁	t	2.5
生石灰	t	1.2
烧结砖	m ³	0.14
烧制多孔砖	m ³	0.17
加气混凝土砌块	m ³	0.17
M2.5 砌筑砂浆	m ³	0.15
M5 砌筑砂浆	m ³	0.19
M7.5 砌筑砂浆	m ³	0.22
M10 砌筑砂浆	m ³	0.26
C20 混凝土	m ³	0.23
C25 混凝土	m ³	0.25
C30 混凝土	m ³	0.27
C35 混凝土	m ³	0.29
C40 混凝土	m ³	0.31

C50 混凝土	m ³	0.35
1:1 水泥砂浆	m ³	0.013
碎石	t	2

表 1-1 Li 的文章中常见建筑材料的排放系数表，出处：西安建筑科技大学

此外，在针对建筑材料碳排放计算时，Wang,G.和 Luo,T 等提出建筑材料的运输也增加了建筑的碳排放。虽然在评估单个建筑的碳足迹时，这方面可能显得相对较小，但在考虑到全球建筑材料运输的巨大规模时，其重要性就变得明显了。

综上，建材在建筑全寿命周期内对二氧化碳排放具有重要影响。事实上，建材从建材生产、运输、施工、使用到拆除的各个阶段都可能产生二氧化碳排放。因此，在建筑设计、施工和运营过程中，都应尽可能采取有效的措施来减少建材的二氧化碳排放，以实现建筑行业的可持续发展。

1.2 建材碳排放计算相关政策标准

对于建材全生命周期碳足迹的相关政策和标准的研究及解析十分必要，这将有利于更好地对症下药，制定适合中国国情的建材全生命周期碳足迹评价方法和工具。

1.2.1 中外政策

国际上，英国标准协会（BSI）于 2010 年发布的《碳中和证明规范》PAS2060 中已将量化和管理碳足迹（包括产品碳足迹）作为碳中和声明的要求之一。2022 年 6 月，为配合欧盟《欧洲绿色新政》提出的更严格的减排目标，欧盟委员会通过了碳边境调节机制（简称“CBAM”）的提案，从 2023 年开始实施，并从 2027 年起正式关税，产品碳足迹将影响碳税的计算。

在《巴黎协定》的指导下，瑞士致力于在 2030 年前将碳排放量降至 1990 年水平的一半，并设定了更为远大的目标——到 2050 年实现净零排放。在法律政策方

面，瑞士于 2008 年颁布了《二氧化碳法》，该法案成为瑞士政府实现温室气体减排目标的核心政治工具。2010 年启动的建筑计划旨在显着减少瑞士建筑存量的能源消耗和二氧化碳排放，紧接着在 2012 年，瑞士政府又推出了《二氧化碳减排条例》。在瑞士，法律规定了在建筑、交通工具、排放权交易和抵消等多个领域实施减少碳排放的具体技术措施。由于生产建材过程中不可避免地会产生二氧化碳排放，因此瑞士的建材行业也受到严格的法律管控。

在中国，2022 年 9 月 14 日，工业和信息化部办公厅、国务院国有资产监督管理委员会办公厅、国家市场监督管理总局办公厅、国家知识产权局办公室发布了《关于明发原材料工业“三品”实施方案的通知》，通知提出：强化绿色产品评价标准实施建立重点产品全生命周期碳排放数据库，探索将原材料产品碳足迹指标纳入评价体系。

2022 年 11 月 2 日，工业和信息化部、国家发展和改革委员会、生态环境部住房和城乡建设部四部门联合印发了《建材行业碳达峰实施方案》(以下简称《方案》)。
《方案》提到要追踪重点产品全生命周期碳足迹，支撑建立行业碳排放大数据中心：构建绿色建材产品体系，要将水泥、玻璃、陶瓷、石灰、墙体材料等产品碳排放指标纳入绿色建材标准体系，加快推进绿色建材产品认证，扩大绿色建材供给，提升绿色建材产品质量；由第三方机构参与配合，充分发挥计量、标准、认证等质量基础设施对行业碳达峰工作的支撑作用，包括但不限于建材行业碳排放核算体系、碳排放计量体系、重点行业和产品碳排放限制标准、节能降碳新技术、新工艺、新装备标准等，从而有效引导实施碳减排行动。

2024 年 1 月，工信部等 10 部门联合印发了《绿色建材产业高质量发展实施方案》，推动建材行业绿色低碳安全高质量发展。且市场需求增加，越来越多的消费者和企业开始关注建筑的环保性能，这推动了绿色建材市场的需求增长。同年 9 月，产品碳足迹标识认证试点工作开展，在保障数据安全的前提下，以实践为基础推动建立统一的产品碳足迹标识认证制度，形成效益突出、可复制可推广的

典型经验，为积极推进质量认证赋能强企强链，助力实现碳达峰碳中和，促进经济社会发展全面绿色转型提供良好实践。

1.2.2 中外建材碳排放计算标准

目前国际已建立了完善的核算标准体系，中国现有标准存在核算范围与边界不清晰、基础数据来源不准确等问题，且不能反映不同建材生产企业的差异。现在中外建筑材料碳排放计算相关主要标准如图 1-1 所示。

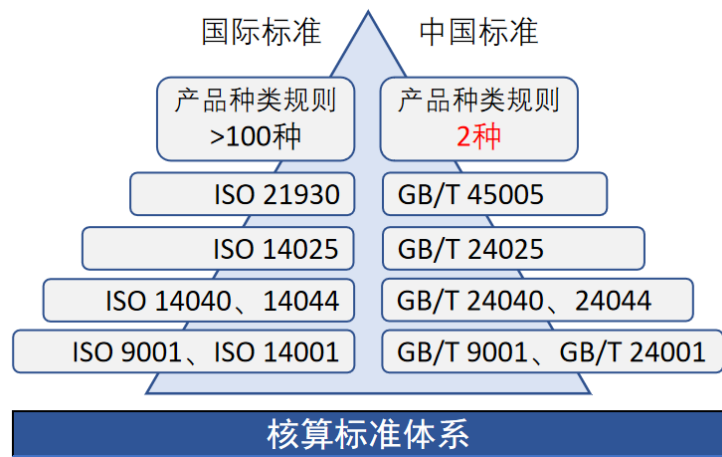


图 1-1 中外产品碳足迹标准，出处：西安建筑科技大学

■ 国际建材碳排放计算标准

目前具体关于建材碳排放计算相关国际标准，从标准的范围广度由大到小，依次是 ISO 9001、ISO 14001、ISO 14040、ISO 14044、ISO 14025、ISO 14067、ISO 21930，以及多余 100 种的产品种类规则。

ISO 9001 是一个质量管理体系认证标准，它关注的是组织如何建立、实施、维护和改进质量管理体系，以确保其产品和服务持续满足顾客和适用法规的要求。在

建材碳排放核算方面，ISO 9001 可以确保建材生产过程中的质量控制，从而间接影响碳排放的管理和控制。例如，通过提高生产效率和减少浪费，可以降低单位产品的碳排放量。而 ISO 14001 是一个环境管理体系认证标准，它指导组织如何建立、实施、维护和改进环境管理体系，以减少对环境的负面影响，同时确保遵守环境法规。在建材碳排放核算方面，ISO 14001 更直接相关。它要求组织识别和控制其活动对环境的影响，包括碳排放。通过 ISO 14001 认证的组织会系统地管理其环境影响，包括量化和减少温室气体排放。

至于 ISO 14040 和 ISO 14044，其中 ISO 14040 为生命周期评估提供了原则和框架，定义了 LCA 的四个主要阶段：目标和范围的确定、生命周期清单分析 (LCI)、生命周期影响评估 (LCIA) 及生命周期解释。这些原则和框架为建材碳排放核算提供了系统化和标准化的方法，确保评估活动的透明性、一致性和科学性。而 ISO 14044 进一步细化了生命周期评价的具体要求和指南，以便实施和进行 LCA 的操作。它提供了关于如何选择功能单元、系统边界、生命周期阶段、影响类别等方面的指导。在建材碳排放核算中，这些要求和指南有助于确定核算的边界和方法，确保核算结果的准确性和可比性。

ISO 14025 是关于环境声明的国际标准，它规定了环境声明的类型 III（也称为自我声明）的要求。这种类型的环境声明允许制造商或供应商提供关于其产品或服务环境性能的量化信息。ISO 14025 强调产品质量指标与环境指标的双优，它要求对产品和服务的各个阶段（如设计、生产、使用、废弃等阶段）按照生命周期评价理论进行系统的分析，开列出所有与产品和服务有关的环境影响清单，并检测和计算出相应的量化结果，向消费者、经销商提供产品和服务的可比环境信息。在欧洲，与 ISO 14025 对应的标准为 EN15804，2019 年该标准进行了更新，其中与建材碳排放相关的为 EN15804+A2。

至于 ISO 14067 的颁布建立在现有国际标准的基础上，不仅包含 PAS 2050 的五个原则，还规定生命周期观点，相关方法和功能单位，迭代计算方法，科

学方法选择顺序, 避免重复计算, 参与性及公平性等。在数据品质的要求上, ISO 14067 要求应检核数据正确性(Validity), 敏感度分析及进行定性或定量不确定性分析。ISO 产品碳足迹标准历经多次的委员会议讨论, 于 2013 年公布 ISO 14067:2013, 并在 2018 年 8 月发布 ISO 14067:2018 温室气体 – 产品碳足迹 – 量化之要求事项与指导纲领(Greenhouse gases,Carbon footprint of products,Requirements and guidelines for quantification), ISO 14067 的颁布在全球形成一个面向市场的共识性框架文件。

ISO 21930:2017 是对 ISO 14025 针对建筑产品与服务 EPD 的原则与要求的补充。ISO 21930:2017 标准是针对各类建筑工程中所使用的建筑产品和服务, 建筑构件和综合技术系统而制定的环境产品声明 (EPD) 原则, 规范和要求。环境产品声明 (EPD), 又被称为亚型环境声明, 是一份经由第三方验证的科学的、可比的国际认可报告, 通过生命周期分析 (LCA) 披露与产品整个生命期的环境影响有关的数据, 其中包括折算成二氧化碳 (CO₂) 当量的全球变暖指标 EPD 是根据国际标准化组织 ISO 发布的 14025 或 21930 标准 (取决于产品) 和欧洲发布的“EN”规范 (15804) 而发布的环境报告。它不评价产品的合格性, 也不比较产品的利弊, 而是帮助相关人士更好地了解产品的综合环境影响及其可持续性。在进行建筑全生命周期环境影响分析时, 标准的适用性高于 ISO 14064、ISO 14067, 较中国现行国家标准《建筑碳排放计算标准》(GB/T51366-2019), 分析内容更完善为各国绿色建筑环境影响分析所接受。EPD 认证目前已在绿色建筑领域得到全面推广和应用。

最后是 PCR (Product Category Rules) 即产品类别规则, 目前国际上 PCR 超过 100 种, 其内容主要为详细规定如何执行 LCA 以作为 EPD 基础的要求。这些规则关注于如何在 LCA 中模拟产品系统、包含哪些内容、使用哪些数据、报告哪些环境指标等。PCR 的目的是实现同一产品不同生产者之间的结果可比性。c-PCR (constitutes complementary product category rules) 是指补充性产品类别规则。在环境产品声明 (EPD) 的背景下, 核心产品类别规则 (core PCR) 和补充性产

品类别规则 (c-PCR) 共同构成了一套完整的规则体系, 用于指导特定产品类别的生命周期评估 (LCA) 和环境产品声明的编制。简而言之, PCR 为特定产品类别的 LCA 提供了一套规则和指南, 以确保 EPD 的一致性和可比性。

■ 中国建材碳排放计算标准

中国的建材碳排放计算相关标准主要是与国际标准相对应, 首先是 GB/T 9001 和 GB/T 24001, 二者分别对应于国际标准 ISO 9001 和 ISO 14001。二者都是管理体系标准, 综合而言, GB/T 9001 通过提升质量管理间接影响建材碳排放, 而 GB/T 24001 规定了环境管理体系的要求, 旨在帮助组织减少对环境的负面影响, 包括减少建材生产和建筑过程中的碳排放, 相对更加直接一些。两者共同作用于组织的环境和质量管理, 促进建材碳排放的降低和建筑行业的可持续发展。

与 ISO 14040 和 ISO 14044 相对应的是 GB/T 24040 和 GB/T 24044, 这儿这是对 ISO 14040 和 ISO 14044 标准的等同转化。这意味着中国的这两个国家标准在内容上与 ISO 标准是一致的, 以确保在生命周期评估实践上的国际一致性和兼容性。GB 24025 和 GB 24067 则与 ISO 14025 和 ISO 14067 相对应。至于 ISO 21930, 就在 2024 年 11 月 28 日, 中国发布了《建筑产品与服务环境声明通则》(GB/T 45005-2024), 此标准与 ISO 21930 相对应, 将与 2025 年 6 月 1 日正式实施。

中国现行的产品 LCA 标准主要基于 GB/T24025-2009、GB/T 24040-2008 等国家标准和 PAS 2050、ISO 14067 等国际标准编制, 如表 1-2 所示, 大多为地方标准, 主要集中在北京、上海、广东等发达地区。

类别	标准
行业标准	《产品碳足迹评价技术通则》T/GDES 20001-2016
地方标准/北京	《低碳产品评价技术通则》DB11/T1418-2017
地方标准/广东	《产品碳排放评价技术通则》DB44/T1941-2016
地方标准/上海	《产品碳足迹核算通则》DB31/T 1071-2017

表 1-2 中国产品碳足迹标准，出处：西安建筑科技大学

最后是产品类别规则，PCR 是 LCA 评价细化与规范化、迈向实际应用的重要基础，也是编制 EPD(Environment Product Declaration)报告的准则。中国产品种类规则国家标准还是只有两项，2022 年上海绿翼产品环境声明促进中心（简称 EPD 促进中心）发布了 EPDCN-PCR-202204 建筑产品及服务类别规则，在此文件中建筑产品门类里包含了大量建筑材料，包括但不限于混凝土，钢筋，水泥，细石，砌块等建材。

此外中国建筑材料联合会批准《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 水泥》（T/CBMF 277-2024）等 8 项中国建筑材料协会标准，在 2024 年 10 月 22 日公布，自 2024 年 11 月 1 日起实施。该标准发布实施后，意味着包括水泥等在内的重点产品碳足迹核算规则标准的落地实施步伐将加快。联合会目前正在搭建水泥产品的碳排放因子数据库，已取得阶段性进展，即将在建筑材料碳标签项目上投入使用，服务于企业碳足迹核算与碳标签的申请。

1.3 建材碳排放计算方法概述

建筑碳排放的科学计算是评价其环境负荷的有效途径，对于建筑碳排放的计算也一直都是中外学者研究的重点与难点。现阶段常用的碳排放计算方法主要有碳排放因子法、投入产出法、物料平衡法及实测法等，而碳排放因子法是当前权威性高且应用最为广泛的方法。中外学者多采用此方法进行建筑碳排放的计算。

对于建筑而言，从最初的规划设计到最终的废弃处理的全生命周期个过程中，均会产生资源、能源消耗及碳排放等环境影响，因此，从全生命周期角度系统、全面地分析这些复杂产品系统的碳排放水准与影响因素，对实现全社会、全行业节能减排具有重要意义。而国外学者也多基于排放因子法结合生命周期理论进行建筑碳排放的研究。

1.3.1 国际建材碳排放计算方法研究现状

目前国际上对于建材碳排放计算方法研究主要围绕生命周期评估（Life Cycle Assessment, LCA）展开，该方法被广泛应用于评估建筑材料在整个生命周期中的环境影响，包括生产、运输、使用和废弃阶段。但是对于计算边界的划分和限定，各机构却有所不同。

在计算边界方面，大多数学者关注的是建筑材料整个生命周期的碳排放量。Gustavsson 等将建筑生命周期碳排放计算边界划分为建材生产运输、建造施工、建筑运行、拆除与回收利用阶段，并以某木结构住宅为例，计算了其生命周期碳排放量；Cho 等将建筑碳排放计算边界划分建材生产运输、建造施工、建筑运行与建筑拆除四个阶段，对传统建造模式下的建筑与低碳建筑进行了碳排放的比较分析。Sandanyake 等则是采用基于过程的方法，定量计算了建筑材料生产运输和建造拆除阶段产生的排放，其中建筑材料生产阶段产生碳排放最多，占比为 67%。整体而言，在整个建筑碳排放研究主题之下，关注建筑材料的生产阶段的研究相对较少。

除此之外，国际上关于建材碳排放计算的方法上有一些共性的特点，首先是标准化的方法，比如：EN 15978 标准描述了一种用于建筑物生命周期评估的计算方法，其中包括材料数量、使用寿命、隐含碳排放等参数。此外，ISO 14040 和 ISO 14044 也提供了详细的 LCA 方法指南。其次是需要依赖准确的数据，这些数据通常来自国家或地区的输入输出表、制造商提供的环境产品声明以及国际数据库等等。最后，在实际项目中，通常使用建筑量表（Bill of Quantities, BOQs）来计算实际的碳排放量。这种方法可以更精确地反映项目的具体情况。

综上，国际建材碳排放计算方法已经形成了一套较为系统和标准化的体系，但仍需不断改进和完善，比如需要持续更新和验证碳排放因子，以反映最新的生产技术和环境标准。在计算时考虑不同地区的生产条件和能源结构，提供更加细化的碳排放数据。也可以考虑将多种技术结合，综合评估建筑材料的环境和经济影响，以适应全球气候变化和可持续发展的需求。

1.3.2 中国建材碳排放计算方法研究现状

在中国，目前主要是基于全生命周期评估角度对建材碳排放计算方法进行研究，根据具体情况主要分为以下几种不同的计算方法。

■ 基于过程的碳排放计算方法

这是一种自下而上的核算方法，该方法也常常称作“碳排放因子法”“排放系数法”“过程分析法”等。它是对建材生产过程中的各个环节进行详细分析，包括原料获取、运输、加工、产品制造等环节。通过确定每个环节的能源消耗（如煤炭、天然气、电力等）和温室气体排放源（如燃烧产生的二氧化碳、工艺过程中的温室气体逸散等），并根据相应的排放因子来计算每个环节的碳排放量，最后汇总得到整个建材生产过程的碳排放总量。

依据该方法的基本概念，单位产品 i 或单元过程 j 的碳排放量可按下式计算

$$E_{i(j)} = \varepsilon_{i(j)} q_{i(j)} \tag{1-1}$$

式中：

- $E_{i(j)}$ ——单位产品 i 或者单元过程 j 的碳排放量计算值 E_i 或 E_j ；
- $\varepsilon_{i(j)}$ ——单位产品 i 或者单元过程 j 的碳排放因子，即单位活动水平的碳排放量；
- $q_{i(j)}$ ——单位产品 i 或者单元过程 j 的活动水平。

而后根据产品系统的组成，可计算产品系统的碳排放量 E 为

$$E = \sum_{i(j)} E_{i(j)} \tag{1-2}$$

目前建材的碳排放计算主要依据国家标准《建筑碳排放计算标准》（GB/T 51366-2019）提供的也是基于过程的核算方法。

■ 基于投入产出的核算方法

投入产出法是从宏观经济角度出发，通过分析建材行业与其他行业之间的经济联系和物质流关系来计算碳排放。具体来说，投入产出分析是在一定经济理论指导下，通过编制投入产出表，该表记录了各产业部门之间的投入和产出关系，建立相应的投入产出数学模型。在碳排放投入分析以价值型投入产出模型为基础，通过引入部门碳排放强度指标，对经济活动中的碳足迹进行分析。

对于建材碳排放计算，需要考虑建材行业在整个经济产业链中的位置，以及在上下游产业关联中所涉及的能源投入和碳排放情况。例如，建材行业为建筑行业提供建筑材料，在建筑行业的建设过程中，会因为使用建材产品（如水泥、钢材用于建筑施工）而间接产生碳排放。这些间接碳排放是通过投入产出关系，追踪建材产品在其他行业的使用过程中所产生的额外能源消耗和碳排放来计算的。

■ 实测法

实测法或称直接测量法是最直接的碳排放测量方法。它是通过使用专业的测量设备，在建材生产现场对温室气体的排放浓度和流量进行实时监测。理论上，实测法的基础数据要通过科学、合理的收集、分析代表性样品得到，计量结果来源于对碳排放源的直接监测，可代表真实的碳排放量水平，因而精度高、数据准确。例如在陶瓷砖生产企业中，可以在窑炉的排气口安装气体分析仪，直接测量二氧化碳、氮氧化物等气体的排放浓度，同时结合排气流量，计算出单位时间内的温室气体排放量。但实际上，由于受监测条件、计量仪器、成本投入多方面的因素限制，实测法难以全面地应用于一般性的碳排放量化。

总体而言，基于过程的碳排放计算方法是目前中国与国际的主流碳排放计算方法。现行的国家规范《建筑碳排放计算标准》（GB/T 51366-2019）中也是要求按照这种方法计算。事实上，当前关于碳排放计算的研究，尤其是建材的碳排放计算研究当中，学者也经常采用这种方法。

1.4 建材碳排放因子数据库建设面临的挑战

目前建筑碳排放计算唯一的国家标准是《建筑碳排放计算标准》（GB/T 51366-2019），自该标准发布以来，尤其是2020年中国提出碳中和目标、2021年住建部发布GB 55015之后，大批建筑设计院、绿建咨询机构、建筑开发商、建筑软件开发单位、建材生产商、建材认证机构、行业研究机构等高度关注建材数据库的建设，指出了存在的关键问题，并提出了更高的要求：

■ 数据库的全面性问题显著

现有的标准中的建材数据库收录的建材种类仅涵盖了70余种，这一数量远远无法满足建筑碳排放详细计算的需求。鉴于建筑行业的复杂性与多样性，数据库的覆盖范围急需大幅度扩展，以期能包含数百种常见的建材和部品，甚至需要进一步细化至上千种不同的规格型号。尤为重要的是，《建筑碳排放计算标准》

（GB/T51366-2019）中的碳排放因子数量较少，明显缺失了对装配式构件、装饰装修材料等类别的考量，这进一步凸显了数据库完善工作的紧迫性。考虑到中国建筑业施工体量庞大，建材生产与建筑建造阶段对碳排放总量的贡献显著，因此，完善建筑材料碳排放因子，特别是装配式构件的碳排放因子研究计算，对于实现建筑节能减排目标至关重要。

■ 数据库的可信度备受关注

当前标准中提供的建材碳排放因子如同“黑箱”，其不透明性严重影响了计算结果的可靠性与可信度。为了提升数据的公信力，应建立透明可追溯的建材生命周期碳足迹模型，确保每一步计算都有据可依，从而提高碳排放结果的准确性和可信度。

■ 数据库的时效性与更新机制不足

随着技术的进步和环保标准的提升，实际建材的碳足迹处于不断变化之中，这就要求数据库能够保持动态更新，以反映最新的碳排放情况。未来，理想的状况是直接和建材生产企业合作，获取经第三方审核认证的碳足迹结果，并确保这一信息的持续更新。此外，建筑设备部分的碳排放因子也需进一步完善，不应仅限于线路电缆等材料，而应涵盖配电箱、风机、电梯等各类机电设备，这些设备在生产过程中同样消耗了大量能源和材料，隐含的碳排放量不容忽视。因此，需根据设备的具体生产过程及回收率，科学计算建筑设备的碳排放因子。

■ 数据库的知识产权保护问题突出

根据中国著作权法的规定，即便是公开的数据库，在用于商业盈利目的时，也必须获得相应授权，否则将构成侵权行为。这一法律要求强调了保护数据库开发者知识产权的重要性。只有确保开发者的合法权益得到保障，才能激发各方参与的积极性，共同推动中国建材碳足迹数据库的不断丰富、持续更新与透明可追溯。这不仅关乎数据库的健康发展，也是推动建筑节能减排事业向前迈进的关键一环。

综上所述，建材碳排放数据库的建设还有许多问题需要解决，如数据来源的广泛性和代表性、数据库中的数据质量、以及数据的动态更新机制以及数据库的知识产权保护等。为此，数据库的建设还需要进一步研究，更新设计管理机制等，提升数据库质量，从而确保其能够全面、准确地反映建材碳足迹，助力建筑行业实现绿色低碳转型，推动可持续发展目标的实现。

2. 中国建材碳排放计算详细方法

2.1 中国建材碳排放详细计算方法

2.1.1 中国建材碳排放计算一般规定

现行的国家标准《环境管理 生命周期评价 原则与框架》(GB/T 24040)、《环境管理 生命周期评价 要求与指南》(GB/T24044) 为建材的碳排放计算提供了标准方法与框架。根据上述标准规定，建材生产及运输阶段碳排放计算的生命周期边界可选取“从摇篮到大门”，即从建筑材料的上游原材料、能源开采开始，包括建材生产全过程，到建筑材料出厂、运输至建筑施工现场为止。

目前中国对于建材碳排放的详细计算一般是依据《建筑碳排放计算标准》(GB/T 51366-2019) 中提供的公式进行计算。在此规范中，建材生产及运输阶段的碳排放应为建材生产阶段碳排放和建材运输阶段碳排放之和，并按照下式计算：

$$C_{JC} = \frac{C_{sc} + C_{ys}}{A} \quad (2-1)$$

式中：

- C_{JC} —— 建筑生产及运输阶段单位建筑面积碳排放量 (kgCO_{2e}/m²)
- C_{sc} —— 建筑生产阶段碳排放 (kgCO_{2e})
- C_{ys} —— 建筑运输阶段碳排放 (kgCO_{2e})
- A —— 建筑面积 (m²)

建材生产及运输阶段碳排放计算至少应包括建筑主体结构材料、建筑围护结构材料、粗装修用材料，如水泥、混凝土、钢材、墙体材料、保温材料、玻璃、铝型材、瓷砖、石材等。其他建材以及未来可能出现的新型建材，如果其重量比大于0.1%且采用冶金、煅烧等高能耗工艺生产的建材，也应包含在计算范围内。装配式建筑使用的建筑部品，只要是在建筑施工现场之外、未纳入建筑施工的能耗统

计，均属于建材范围。

2.1.2 建材生产阶段碳排放计算

建材生产阶段的计算公式应按照下式计算：

$$C_{sc} = \sum_{i=1}^n M_i F_i \quad (2-2)$$

式中：

- C_{sc} —— 建筑生产阶段碳排放 (kgCO_{2e})
- M_i —— 第*i*种主要建材的消耗量
- F_i —— 第*i*类主要建材的碳排放因子 (kgCO_{2e}/单位建材数量)

通过查询设计图纸、采购清单等工程建设相关技术资料，可获得建筑的工程量清单、材料清单等数据，即建筑建造所需要的各种建筑材料的消耗量。

建材生产阶段碳排放计算的生命周期边界可采取“从摇篮到大门”的模型，即从建筑材料的上游原材料、能源生产开始，到建筑材料出厂为止；包含建筑材料生产所涉及原材料的开采、生产过程，建筑材料生产所涉及原材料、能源的运输过程和建筑材料生产过程。当其中某一过程碳排放缺失或被忽略时，应予以说明。

建材企业向第三方认证机构提供建材生产数据，第三方认证机构为企业的建材产品出具碳足迹证书，证书给出的就是本标准公式中的因子 (F_i) 值，可直接用于计算。无第三方提供时，缺省值可按照标准中的附录提供数值。目前中外认证机构都有开展建材碳足迹审核业务，今后会更为普遍，为建材部分的碳排放计算提供便利。

建筑生产时，使用低价值废料和再生原料生产建材以及再生循环利用的建筑废料，都有利于降低建筑全寿命周期的碳排放，如粉煤灰、炉渣、矿渣、秸秆、垃圾等。当使用低价值废料作为原料时，可忽略其上游过程的碳过程，当使用其他再生原料时，应按其所替代的初生原料的碳排放的 50%计算；建筑建造和拆除阶段产生的可再生建筑废料，可按其可替代的初生原料的碳排放的 50%计算，并应从建筑碳排放中扣除。

此外，纳入计算的主要建筑材料的确定应符合下列规定：所选主要建筑材料的总重量不应低于建筑中所耗建材总重量的 95%；当符合前一条规定时，重量比小于 0.1%的建筑材料可不计算。

2.1.3 建材运输阶段的碳排放计算

建材运输阶段的计算公式如下：

$$C_{ys} = \sum_{i=1}^n M_i D_i T_i$$

(2-3)

式中：

- C_{ys}

—— 建筑生产阶段碳排放 (kgCO_{2e})
- M_i

—— 第 i 种主要建材的消耗量 (t)
- D_i

—— 第 i 类建材的平均运输距离
- T_i

—— 第 i 种建材的运输方式下，单位重量运输距离的碳排放因子 [kgCO_{2e}/(t·km)]

主要建材的运输距离宜优先采用实际的建材运输距离。建材运输阶段的碳排放因子 (Ti) 应包含建材从生产地到施工现场的运输阶段的直接碳排放和运输过程所消耗的能源的生产过程的碳排放。

2.2 碳排放因子核算一般方法

2.2.1 方法论

建筑领域所使用的材料种类繁多，其碳排放的评估方式主要分为两大类。一类是基于宏观的行业统计数据，比如通过水泥的总生产量和整个水泥行业的碳排放总量来推算出水泥的平均碳排放系数。另一类则是依据建筑材料具体的生产工艺来精确计算碳排放，这种方法因其高度的准确性和广泛的应用性而备受青睐。以下，我们将针对第二种方法，把建筑材料碳排放因子的计算过程细分为五个步骤进行说明。

▪ 确定测算边界

目前，建筑材料碳排放水平的核算一般包括原材料生产过程中的隐含碳排放、原材料运输过程中的碳排放以及建筑材料生产加工过程中的碳排放。核算边界的确定宜参考相应的计算标准和规范，并结合该建筑材料具体的生产设施及工艺流程，涵盖原材料隐含碳排放，燃料燃烧产生的碳排放，建筑材料生产过程中物理化学反应的碳排放，企业购入的电力及热力产生的碳排放，企业输出的电力和热力产生（即余热利用、协同处置废物过程等）的碳排放，如图 2-1 所示。

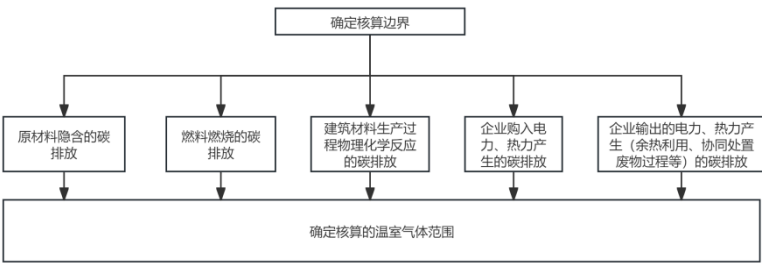


图 2-1 建筑材料碳排放因子测算边界，出处：西安建筑科技大学

■ 工艺流程分析

建筑材料的生产加工过程可能采用不同的工艺流程和技术, 相关碳排放量的计算方法和流程存在差异。如水泥的干法生产线将原料烘干并粉磨, 再喂入干法窑内煅烧成熟料; 而湿法生产线是将原料加水粉磨成生料浆后, 喂入湿法窑煅烧成熟料, 两种不同的生产工艺会导致碳排放水平的差异。

■ 确定碳排放源与温室气体类型

依据建筑材料的生产工艺流程, 明确碳排放的来源, 一般包括化石燃料燃烧、建筑材料生产过程中的物理化学反应、机械设备使用电耗和油耗等。碳排放测算的温室气体宜以二氧化碳(CO₂)为主, 同时包含但不限于甲烷(CH₄)、氧化亚氮(N₂O)等多种气体。应根据实际排放情况确定温室气体种类, 并且以二氧化碳排放量或二氧化碳当量排放量进行表征。

■ 测算方法选定与数据采集

明确了碳排放来源后需要明确相应的测算方法, 并进行数据采集。首先要明确该建筑材料生产过程中涉及的测算组成部分细化测算公式和测算流程。之后进行数据收集, 对于化石燃料燃烧的碳排放, 一般通过生产资料台账或机械设备油耗显示器等获得化石燃料的消耗量, 结合化石燃料的碳排放因子进行计算; 对于生产流程中碳排放, 一般通过化学分析和测量的方式来确定碳排放; 对于投入使用的机械设备的碳排放, 可通过生产资料台账、电表记录等方式获取能源消耗量, 再结合相应的碳排放因子进行测算。

■ 碳排放因子计算

使用采集到的数据进行碳排放测算并汇总得到碳排放总量, 除以建筑材料的质量或体积便可计算得到单位质量/体积建筑材料的碳排放因子。

2.2.2 建材碳排放因子核算公式

目前中国对于碳排放因子核算方法中具体应用的公式会有差别, 但主要还是依据建筑材料具体的生产工艺来精确计算, 下面将介绍一些典型代表。

首先吴刚, 欧晓星和李德智等人对碳排放因子核算方法进行了研究, 他们的研究思路与上一节一致, 是依据建筑材料具体的生产工艺来精确计算碳排放。在最后的碳排放因子计算阶段时是通过碳排放总量除以建筑材料质量或体积从而得出建材碳排放因子。

张孝存等人的研究中, 对于材料的碳排放因子核算是根据生产工艺难度来进行分类计算。对于生产工艺简单的原材料, 可根据开采、加工能耗以及直接温室气体排放, 按照下式核算碳排放因子:

$$EF^m = \sum_p q_p^e EF_p^e + e^d \quad (2-4)$$

式中:

EF^m —— 单位原材料的碳排放因子 (kgCO_{2e}/计量单位)

EF_p^e —— 能源 p 的碳排放因子 (kgCO_{2e}/kg 或 kgCO_{2e}/m³)

q_p^e —— 单位原材料开采、加工过程中对第 p 种能源的消耗量 (kg 或 m³/计量单位)

e^d —— 单位原材料开采、加工过程中的直接温室气体排放 (kgCO_{2e}/计量单位)

对于生产工艺复杂的原材料, 可根据流程图按生命周期评价理论进行碳排放因子核算。对于各生产流程没有交互关系的建筑材料, 可按照以下公式简化计算:

$$EF^m = \sum_g \left(\sum_p q_{gp}^e EF_p^e + \sum_r q_{gr}^m EF_r^m + e_g^d \right)$$

(2-5)

式中:

EF_r^m —— 单位原材料 r 的碳排放因子 ($\text{kgCO}_{2e}/\text{计量单位}$)

q_{gp}^e —— 单位材料生产流程 g 中的能源 p 的消耗量 ($\text{kgCO}_{2e}/\text{kg}$ 或 $\text{kgCO}_{2e}/\text{m}^3$)

q_{gr}^m —— 单位材料生产流程 g 中的原材料 r 的消耗量 (kg)

e_g^d —— 单位材料生产流程 g 中的直接温室气体排放 ($\text{kgCO}_{2e}/\text{计量单位}$)

对于缺少详细生产工艺与清单数据的原材料, 可采用投入产出分析方法, 按部门隐含碳排放强度估算碳排放因子:

$$EF^m = EF_l^s p^m \quad (2-6)$$

式中:

EF_l^m —— 材料所属部门 l 的隐含碳排放强度 ($\text{kgCO}_{2e}/\text{元}$)

p^m —— 材料出厂单价 (元)

除此之外, 还有许多学者探究了如何提升因子数据质量, 例如 Zhao 和 Liu 的研究中提出了基于能值核算和能值因子的碳排放能值因子(Em-CEF)模型, 对传统建筑、绿色建筑材料和预制构件在物化阶段的碳排放量进行比较、分析和计算。其中对建筑材料的碳排放因子计算模型主要是针对混凝土建筑。利用能值计算对不同地区、不同时间点的 CEF 进行修正, 建立 Em-CEF 模型。模型应用公式如下:

$$\sum T_i = \sum M_i \times (1 + q) \times f_i \quad (2-7)$$

式中:

T_i —— 第 i 类建筑材料的碳排放量

M_i —— 第 i 类建筑材料的总用量

q —— 施工过程中不可避免的合理损失

f_i —— 第 i 类建筑材料或机械的碳排放系数(kgCO_2/kWh 或 kgCO_2/kg)。

2.2.3 水泥碳排放因子核算实例

本节实例是利用吴刚在《建筑碳排放计算》一书中提供的方法, 以水泥为例, 示范其碳排放因子计算过程。

■ 确定计算边界

水泥生产过程主要包括原料处理、粉碎、给料混合和预处理、预热、窑外分解、熟料生产、熟料冷却和储藏、混合、研磨等多个环节。目前水泥碳排放因子测核算标准主要有《中国水泥生产企业温室气体排放核算方法与报告指南(试行)》《温室气体排放核算与报告要求 第 8 部分: 水泥生产企业》GB/T32151.8-2015、《通用硅酸盐水泥低碳产品评价方法及要求》CNCA/CIS0017-2014, 不同的标准核算边界和计算方法不尽相同。相比之下, 《通用硅酸盐水泥低碳产品评价方法及要求》CNCA/CTS0017-2014 (以下简称《低碳产品评价方法》) 相对全面, 本节以此为依据进行水泥碳排放因子测算实例的介绍。计算边界包括从原材料进厂到产品出厂整个制造过程的直接排放与间接排放。

■ 工艺流程分析

新型干法窑制备法是较为常用的水泥生产方法, 其工艺流程可归纳为:

- 生料制备, 指生料的混合/均化、粉磨、预热过程;
- 熟料煅烧, 指生料在预热器 900~1500℃ 的高温下及旋窑中反应生成熟料的过程;
- 水泥粉磨, 指冷却后的熟料与添加剂一起粉磨均化的过程。如图 2-2 所示。

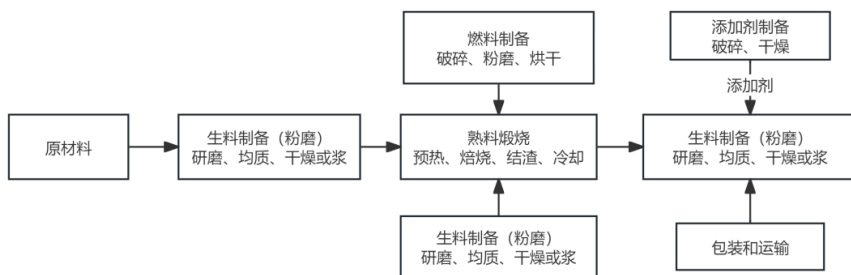


图 2-2 水泥生产的流程，出处：西安建筑科技大学

确定碳排放源与气体类型

水泥生产的直接碳排放主要包括碳酸盐分解和机械设备燃料使用过程中的碳排放；间接碳排放主要指机械设备电力消耗产生的排放以及原材料隐含的碳排放，同时应扣减余热发电的送电量，如图 2-3 所示。水泥生产过程中主要排放的温室气体是 CO₂，因此主要针对 CO₂ 的产生量进行核算。

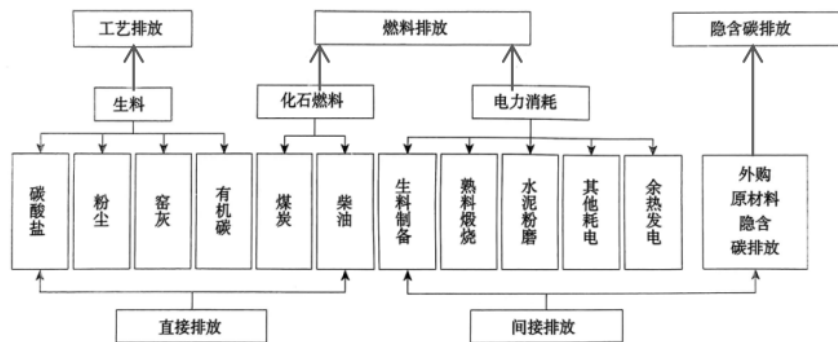


图 2-3 碳排放来源分析，出处：西安建筑科技大学

测算方法与数据采集

基于对水泥生产过程碳排放的核算单元分解，分别明确测算方法。对生料中碳酸盐矿物分解、新型干法窑旁路粉尘经煅烧排放和新型干法窑水泥窑灰经煅烧排放的 CO₂ 测算中，主要采用化学分析来计算生产过程所释放的 CO₂ 气体；对于传统化石燃料（包括煤、汽油、柴油等）以及电力消耗产生的 CO₂ 则通过消耗量和相应的碳排放因子来计算；对于外购原材料隐含的碳排放，通过消耗量和相应的碳排放因子测算。

对某水泥企业一定时期内的生产情况进行数据采集，原材料消耗量通过订单和生产库存对比获得，油耗、电耗可通过查询生产台账、电表、油表获得，百分比等物理化学属性则通过化学计量分析获得。

碳排放因子计算

经过计算生料中的碳酸盐矿物质分解碳排放量（ R_1 ）、新型干法窑旁路粉尘经煅烧排放的 CO₂ 排放量（ R_2 ）、窑炉排气筒水泥粉尘经煅烧排放的 CO₂ 排放量（ R_3 ）、来自传统化石燃料的 CO₂ 排放量（ R_4 ）、熟料生产过程综合电力消耗的 CO₂ 排放量（ R_5 ）、水泥制成过程电力消耗的 CO₂ 排放量（ R_6 ）、外购水泥熟料和外购加工磨细矿渣粉排放量（ R_7 、 R_8 ）、替代燃料、协同处置废物过程产生的 CO₂ 排放量（ R_9 ）和营运边界外的余热利用（ R_{10} ）最后经过整合计算可以进行最后的水泥碳排放因子计算，具体需要带入下列公式：

熟料生产过程的 CO₂ 总排放量计算：

$$T_{ck} = R_1 + R_2 + R_3 + R_{4ck} + R_5 - R_9 - R_{10} \quad (2-8)$$

式中

T_{ck} ——统计期内, 水泥熟料生产过程的 CO_2 总排放量 (t)

R_{4ck} ——统计期内, 水泥熟料生产过程消耗的传统化石燃料 CO_2 排放量 (t)

Q_{ck} ——统计期内, 生产某种水泥消耗的熟料总量 (t)

Q_{ce} ——统计期内, 某种水泥总产量 (t)

R_{4ce} ——统计期内, 某种水泥制成过程消耗传统化石燃料的 CO_2 排放量 (t);

熟料 CO_2 排放修正系数计算:

$$K_{ck} = \sqrt[4]{\frac{52.5}{A}} \times \sqrt{\frac{P_h}{P_0}} \quad (2-9)$$

式中

K_{ck} ——统计期内, 水泥熟料 CO_2 排放量修正系数, 无量纲

52.5——统计期内, 熟料平均抗压强度修正值 (MPa)

A ——统计期内, 水泥熟料 28d 平均抗压强度 (MPa)

P_h ——统计期内, 生产某种水泥消耗的熟料总量 (t)

P_0 ——海平面环境大气压, 101 325Pa

最后计算出该企业生产的水泥的碳排放因子为 $C_{ce} = \frac{478\,448\,775.4}{846\,320} = 565.33$

kgCO_2/t 。

水泥熟料的单位可比排放量:

$$C_{ck} = \frac{T_{ck}}{Q_{ck}} \times K_{ck} \times 1000 \quad (2-10)$$

式中

C_{ck} ——统计期内, 生产水泥熟料单位可比排放量 ($\text{kg CO}_2/\text{t}$)

碳排放因子值计算:

$$C_{ce} = \frac{C_{ck}Q_{ck} + R_6 + R_7 + R_8 + R_{4ce}}{Q_{ce}} \quad (2-11)$$

式中

C_{ce} ——统计期内, 生产某种水泥单位排放量 ($\text{kg CO}_2/\text{t}$)

3. 中国建材碳排放数据库

中国在建筑领域推行的节能减排政策和标准体系，不仅激发了对建筑全生命周期碳排放计算的市场需求，也为中国建筑碳排放数据库的构建提供了强有力的推动。

3.1 代表碳排放因子数据库

在中国建筑碳排放计算的前沿领域，东禾碳排放计算分析软件（以下简称“东禾软件”）、绿建斯维尔碳排放计算软件 CEEB（以下简称“斯维尔 CEEB”）以其广泛的应用和迅猛的发展势头，成为市场上颇受欢迎的两款软件。此外还有许多其他数据库，比如中国生命周期评价基础数据库 CLCD（以下简称“CLCD”）、中国产品全生命周期温室气体排放系数集（下称“CPCD 数据库”），近年新开发的衔尾龙建筑碳排放计算与监测系列软件（以下简称“衔尾龙软件”）也具有颇为详实的数据与多样的功能。这些数据库都是以工程师的设计需求为现实基础，围绕中国现行相关标准开发的，覆盖了建筑全生命周期。

3.1.1 东禾建筑碳排放计算分析软件

东禾建筑碳排放计算分析软件由东南大学与中建集团共同研发推广，是全国较早的一款轻量化的建筑碳排放计算分析软件。这款软件不需要提前安装庞大复杂的建模软件，可直接录入建筑基本信息及各阶段能源、资源消耗和废弃物排放信息，也可导入主流商用软件结果，轻量化和专用性特征明显。同时能适用多建筑类型、多气候区域，能提供不同颗粒度的碳排放计算结果，支撑不同类型用户的建筑碳排放动态核算与碳减排智能决策。

2022 年 3 月 25 日发布了 2.0 版本，是在与中建集团等业内龙头企业合作下的重大功能升级版本。碳排放因子库的容量提升一个数量级，对软件架构和建筑碳排放计算分析功能进行了重大升级，引入区块链技术保证计算分析的真实可靠与不可篡改，创新业务流程。

2023 年 10 月 22 日，在东南大学土木工程学科成立 100 周年纪念暨高质量发展大会上发布了 3.0 版本，软件性能全面提升，在用户使用基础上，对模块化以及显示和计算指标的完备性进行了提升，下面是一些主要方面的介绍。

■ 数据量

随着版本的迭代，尤其是 2.0 版，碳排放因子库的容量有了显著提升。其涵盖了建筑全生命周期各阶段所涉及的各类材料、能源、工艺等相关的碳排放因子。例如，建筑材料方面，包含了水泥、钢材、木材、玻璃等常见材料从生产到运输过程的详细碳排放因子数据，数量达数千条。对于能源类型，从传统的电力、煤炭、天然气，到新兴的可再生能源如太阳能光伏组件生产和安装相关的因子都有收录。这些丰富的数据量为准确计算建筑碳排放提供了坚实基础。

在软件研发过程中，收集和分析了大量不同类型（如住宅、商业建筑、工业建筑、公共建筑等）、不同规模（从小型民居到大型综合体建筑）、不同气候区域（严寒、寒冷、夏热冬冷、夏热冬暖、温和地区等）的建筑模型数据。这些数据量不仅用于软件功能的优化和验证，还为用户在使用软件时提供了丰富的参考案例，帮助用户更好地理解 and 调整输入参数，以获得更符合实际情况的计算结果。

■ 数据格式

输入数据格式：该软件对建筑的基本信息录入有明确的格式要求。例如，对于建筑的几何尺寸，以长度、宽度、高度的数值形式录入，单位可选择国际标准单位（米）。建筑的功能类型通过下拉菜单选择，包括住宅、办公、商场等标准分类，这样统一的格式便于软件准确识别和后续计算。对于能源消耗数据，如电力消耗，可以按时间序列（如每月或每年的耗电量）以表格形式录入，单位为千瓦时。建筑材料用量可按照每种材料的名称、用量（质量或体积单位，如吨、立方米）的格式录入。同时，支持从其他主流建筑设计或能耗模拟软件（如 Revit、Ecotect 等）导入数据，导入的数据格式遵循国际或中国通用的建筑信息模型（BIM）标准或特定软件的数据交换格式，确保数据的兼容性和准确性。

输出数据格式：该软件计算结果以报告形式输出：报告格式规范且内容丰富，包括建筑概况、碳排放计算依据（所使用的碳排放因子来源和版本）、各阶段碳排放计算结果（以表格和图表形式呈现）等。在表格中，详细列出建筑全生命周期各阶段（如材料生产、运输、施工、运行、拆除）的碳排放数值，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂eq），并可根据用户需求选择不同的精度显示（如保留一位小数或整数）。图表则以柱状图、折线图等形式直观展示各阶段碳排放占比和随时间变化趋势，便于用户快速了解建筑碳排放的关键信息。

数据存储格式：软件支持将计算结果以多种格式存储，如常见的 PDF、Excel 格式。PDF 格式方便用户打印和分享报告，Excel 格式则更有利于用户对数据进行进一步的分析和处理，如数据的筛选、排序和自定义计算等。

3.1.2 中国生命周期评价基础数据库

中国生命周期评价基础数据库（Chinese Life Cycle Database，简称 CLCD）是由四川大学建筑与环境学院与亿科环境科技有限公司共同开发的，旨在为中国产品提供本土化的生命周期环境影响数据支持。CLCD 数据库涵盖了能源、建筑材料、运输等多个领域的数百种大宗产品的生命周期数据，包括能源消耗、温室气体排放、酸化、可吸入无机物、资源消耗等环境影响评价指标。这些数据源自中国公开发布的统计资料和技术文献，为中国产品的生命周期评价和节能减排分析提供了可靠的数据基础。

它已经嵌入到 eBalance 软件中，这是一款由亿科环境科技有限公司开发生命周期评价（LCA）软件。通过 eBalance，用户可以进行建模、调用基础数据，并完成建筑生命周期环境影响的边界计算，生成评估报告，确保数据和研究结果的透明性和可追溯性。

此外，CLCD 数据库还提供了敏感度分析和不确定度测算机制，这些工具有助于用户对项目进行系统化和定量化的分析研究。敏感度分析有助于识别哪些参数对

结果的影响最大，而不确定度分析则可以帮助评估数据的可靠性。

■ 数据量

作为中国较为成熟的生命周期基础数据库，其数据量是较为丰富的，由大约 600 个 LCI 数据集组成。它涵盖了中国大宗能源、原材料、运输等多个领域的生命周期评价数据。在早期阶段已经收集了大量的基础数据，并且随着数据库的不断发展和完善，数据量也在持续增加。例如，在能源领域可能包含了煤炭、石油、天然气等各种能源产品在不同生产环节和运输过程中的详细数据；在原材料领域，有钢铁、水泥、塑料、有色金属等多种基础原材料的生命周期数据；在运输领域，涵盖了公路运输、铁路运输、水路运输、航空运输等不同运输方式的数据，具体见表 3-1。

行业	基础产品
能源	石油类燃料：原油，柴油，汽油，煤油等
	煤炭类燃料：煤炭，焦炭，焦炉煤等
	气体类燃料：天然气，液化石油气等
	电力与蒸汽：燃煤火电，水电，电网混合，工艺蒸汽等
黑色金属	铁矿石，球团/烧结矿，生铁，硅铁/铬铁等铁合金，转炉/电炉钢等
有色金属	铜精矿，火法/湿法电解铜，铝土矿，氧化铝，电解铝， 以及铅、锌、镍、锡、锑、汞、镁、钛等
无机非金属	水泥，混凝土，石灰石，石膏，砂石，玻璃，陶瓷，砖等
无机化学品	无机原材料：硫酸，盐酸，硝酸，氢氧化钠， 纯碱，钛白粉，氧气，氮气，合成氨，氯气等
有机化学品	乙烯，丙烯，甲醇，乙炔，树脂，部分塑料，涂料，橡胶等
运输	公路，铁路，水路运输
污染治理	废气处理：脱硫，脱硝
废水处理	物理化学法，生化法

表 3-1 CLCD 数据库涵盖的主要行业和大宗产品，出处：西安建筑科技大学

■ 数据格式

数据输入格式：中国生命周期基础数据库（CLCD）的输入信息格式可能因具体使用的软件或平台而有所不同，但一般来说有以下常见的信息，基本信息、生产过程信息、运输和物流信息、废弃物处理信息。

数据输出格式：根据用户的需求，提供多种数据输出格式，如 Excel 表格、CSV 文本文件、XML 文件等。这些格式可以满足不同用户在数据分析、报告撰写、模型构建等方面的需求。同时，数据库还应提供数据可视化功能，将复杂的数据以

图表等直观的形式展示出来，方便用户理解和使用。

数据存储格式：采用标准化的数据存储格式，以便于数据的管理、查询和使用。常见的数据存储格式包括关系型数据库格式（如 MySQL、Oracle 等）或专门的生命周期评价数据存储格式（如 ILCD 格式等）。关系型数据库格式可以方便地进行数据的增删改查操作，并且易于与其他系统进行数据交互；ILCD 格式则是国际上通用的生命周期评价数据格式，采用这种格式可以更好地与国际主流数据库进行兼容和对接。

3.1.3 中国产品全生命周期温室气体排放系数集

《中国产品全生命周期温室气体排放系数集》是由中国城市温室气体工作组专业研究人员于 2021 年建立发布的公开性数据集。由生态环境部环境规划院碳达峰碳中和研究中心联合浙江大学杭州国际科创中心等 24 家研究机构共同建立。此外，中国城市温室气体工作组在其中也发挥了统筹协调的作用。中国城市温室气体工作组是一个志愿性组织，自 2017 年成立以来集合了大量研究人员志愿、无偿地开展工作。其基本方法与原则主要基于《ISO 14067: 2018 Greenhouse gases- Carbon footprint of products-Requirements and guidelines for quantification》而建立。另外，该数据集采用 16 名权威专家评审的方式进行数据质量的保证，以尽可能使发布数据科学规范。为组织机构、企业和个人精准、快捷、统一化地计算碳足迹、评估产品全生命周期碳排放提供了重要依据，对于从消费端管理温室气体排放和基于产业链推动碳减排具有重要意义，能够为中国实现碳达峰碳中和目标提供重要的数据支撑。该系数集同步在线公开且持续动态更新，欢迎高校、科研单位、企业、个人及各种组织机构参与其应用、批评和建设（实名注册即可），这种开放的模式有利于不断完善和优化数据。

■ 数据量

该数据集基础数据来源于公开文献的收集整理、分析评估和再计算汇总而成。内

容涵盖 7 大专题，包括能源产品、工业产品、生活产品、交通服务、废弃物等数千条数据，且对于各类别产品的上下游排放、温室气体占比、数据时间、不确定性、参考文献/数据来源等信息也有表述说明。

■ 数据格式

数据输入格式：该数据集的建设是基于公开文献的收集、整理、分析、评估和再计算。在数据输入过程中，会收集产品全生命周期各个阶段的相关信息，如生产环节中的原材料获取、加工制造，以及使用阶段和废弃处理阶段等不同环节的温室气体排放数据信息。这些信息来源多样，来自不同的研究文献、行业报告等，需要按照统一的标准和方法进行整理和输入。例如，对于能源产品，会收集其生产过程中的能源消耗以及相应的温室气体排放；对于工业产品，会考虑生产工艺、原材料运输等环节的排放情况。

数据输出格式：该数据集以表格形式呈现输出结果。表格中包含多个字段信息，如产品上游排放、下游排放、排放环节、温室气体占比、数据时间、不确定性、参考文献 / 数据来源等。通过这些详细的信息输出，用户可以全面了解每个产品在全生命周期内的温室气体排放情况，以便进行准确的碳足迹计算和评估。例如，在能源产品的输出数据中，可以明确看到某一能源产品在生产过程中的上游排放数值、使用过程中的下游排放数值，以及不同温室气体在总排放中所占的比例等信息。并且该数据集同步在线公开且持续动态更新，方便用户获取最新的数据信息。用户可以通过指定的网站 (<http://lca.cityghg.com/>) 进行数据的查询和使用。

3.1.4 街尾龙建筑碳排放计算软件

街尾龙系列软件是由西安建筑科技大学主要研发的一款集“建筑生命周期碳排放计算”“建造碳排放监测与核算”“建筑运行碳排放监测与核算”“建筑产品碳足迹计算”以及“区域建筑群碳排放监测”的综合平台，如图 3-1 为平台的登录界面。

在该平台，除了必要的基础数据库，还提供建筑全过程碳排放计算平台、前期碳排放预测平台、设计碳排放预测平台、BIM 碳排放计算平台和环境/能源/碳排放监测平台，如图 3-2 所示。前期碳排放预测平台主要能够对建设项目生命周期碳排放预测，并定量评估节能降碳技术的有效性，帮助用户确定项目定位、寻找低碳设计方向与技术策略。



图 3-1 登录界面，出处：西安建筑科技大学



图 3-2 功能显示界面，出处：西安建筑科技大学



图 3-3 数据库登录界面，出处：西安建筑科技大学

■ 数据量

其建筑碳排放数据库会有另外的入口，登录界面如图 3-3 所示，登录进入后界面见图 3-4。其中基础数据库的涵盖范围广阔，具体有 13 个大类（详见表格 3-2），具体而言，数据库涵盖了以下关键组成部分：包含 1450 种碳排放因子，细分为能源类 22 种、原材料类 11 种、建材类 581 种、运输类 16 种以及机械台班类 820 种；超过 2000 种建筑构件的碳排放因子数据；囊括 924 个建筑项目的 3E（环境、能源、经济）案例；592 种建材内含能因子。有效解决了当前建筑碳排放核算领域面临的一个基础性问题——即现有碳排放因子严重匮乏的状况。

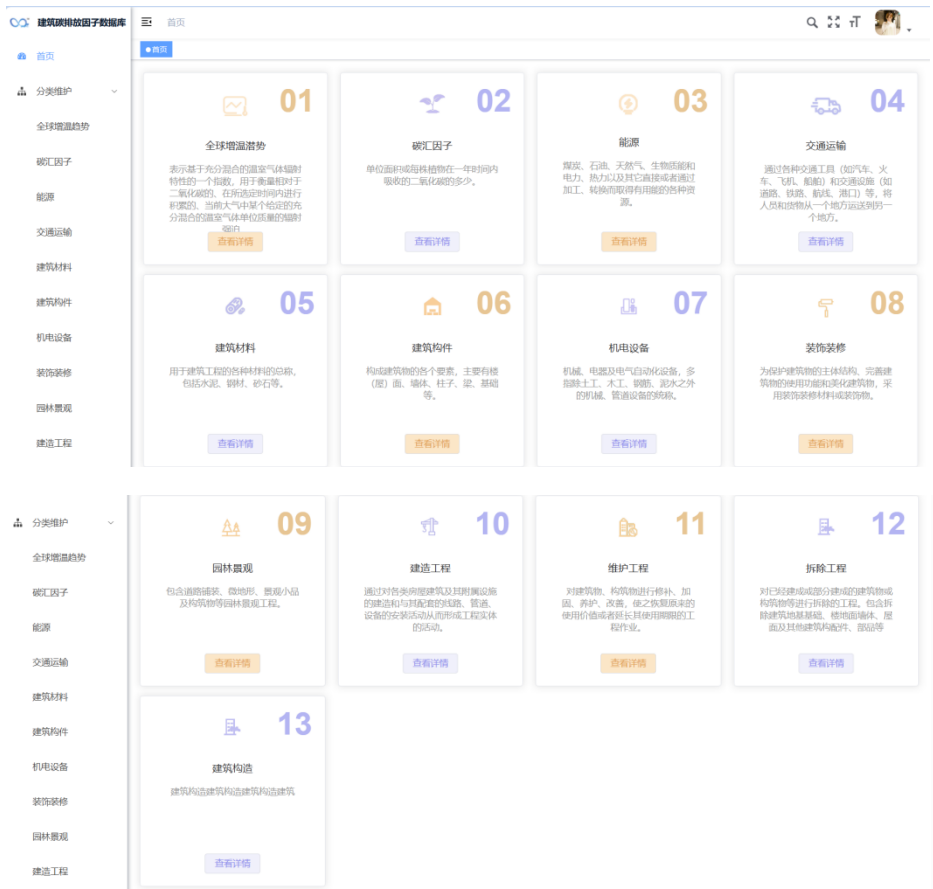


图 3-4 数据库显示界面，出处：西安建筑科技大学

分类	主要内容
全球增温潜势	表示基于充分混合的温室气体辐射特性的一个指数，用于衡量相对于二氧化碳的、在所选定时间内进行积累的、当前大气中某个给定的充分混合的温室气体单位质量的辐射强度。
碳汇因子	单位面积或每株植物在一年时间内吸收的二氧化碳的多少。
能源	煤炭、石油、天然气、生物质能和电力、热力以及其他直接或者通过加工、转换而取得有用能的各种资源。
交通运输	各种交通工具（如汽车、火车、飞机、船舶）和交通设施（如道路、铁路、航线、港口）等。
建筑材料	包括水泥、钢材、砂石等。
建筑构件	构成建筑物的各个要素，主要有楼（屋）面、墙体、柱子、梁、基础等。
机电设备	机械、电器及电气自动化设备，除土工、木工、钢筋、泥水之外的机械、管道设备的统称。
装饰装修	保护建筑物的主体结构、完善建筑物的使用功能和美化建筑物，采用装饰装修材料或装饰物。
园林景观	包含道路铺装、微地形、景观小品及构筑物等园林景观工程。
建造工程	通过对各类房屋建筑及其附属设施的建造和与其配套的线路、管道、设备的安装活动从而形成工程实体的活动。
维护工程	对建筑物、构筑物进行修补、加固、养护、改善，使之恢复原来的使用价值或者延长其使用期限的工程作业。
拆除工程	对已经建成或部分建成的建筑物或构筑物等进行拆除的工程。包含拆除建筑地基基础、楼地面墙体、屋面及其他建筑构配件、部品等。
建筑构造	包括建筑土石方工程、地基处理、措施项目等等。

表 3-2 衍尾龙系列软件基础数据库的涵盖范围，出处：西安建筑科技大学建筑设计研究院

■ 数据格式

在设计碳排放预测平台只需要在线录入建筑生命周期清单数据,即可计算建筑生命周期碳排放,并输出详细计算报告,过程完全符合《建筑碳排放计算标准》(GB/T 51366-2019)与《建筑节能与可再生能源利用通用规范》(GB 55015-2021);BIM 碳排放计算平台提供 Revit 插件,在线设置并计算建筑生命周期碳排放,并输出计算报告;在环境/能源/碳排放监测平台能够对建筑室内外物理环境、运行能耗与碳排放进行实时监测,统计分析监测数据,并提供监测大屏数据。

相较于其他数据库,该平台关于建筑材料的 CEF 数据更加详细,关于某种材料的不同型号的数据更加详细。如图 3-5 所示,平台中对建筑材料碳排放因子的显示信息主要包括名称、单位、转换因子、密度单位,碳排因子以及因子单位。关于单位的设置,以混凝土为例,如图 3-6 所示,其中关于单位设置有 t、m²、kg、m 和千块,根据现在主流的计算方法,数据库中选取了 m³作为单位,事实上根据材料不同,位列计算方便,数据库中显示的单位也会有所差异。

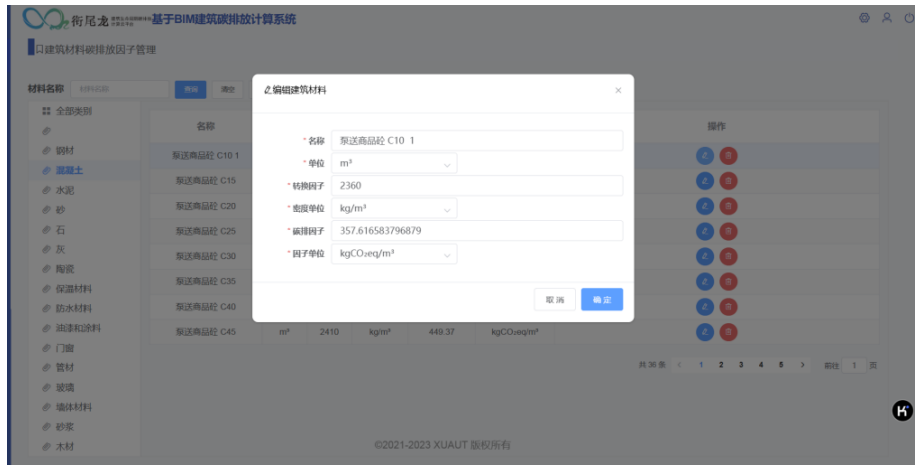


图 3-5 碳排放因子管理端显示界面, 出处: 西安建筑科技大学建筑设计研究院

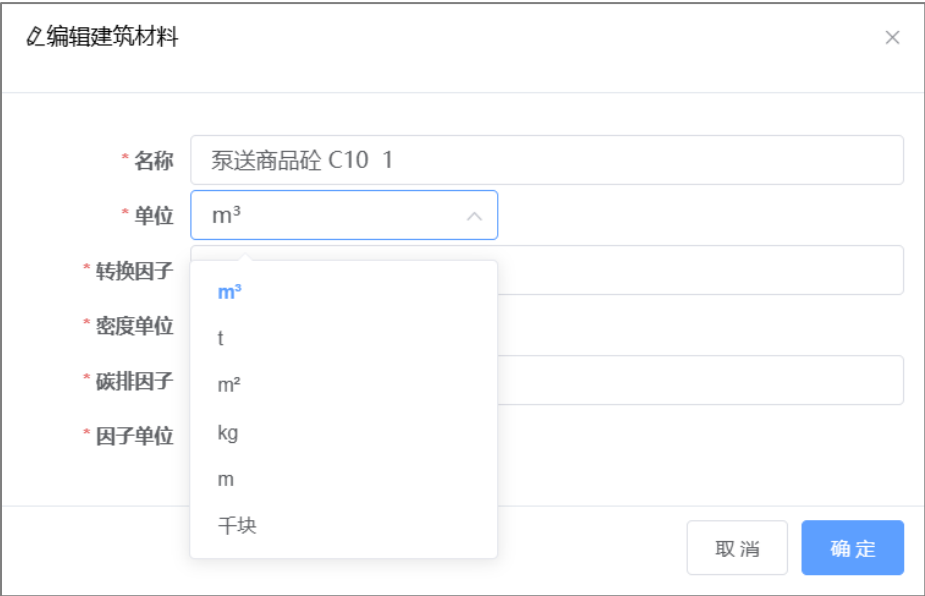


图 3-6 碳排放因子单位设置界面, 出处: 西安建筑科技大学建筑设计研究院

此外,数据库对于单一种类不同型号尺寸的建材也进行了大量整合,以砾石为例,在该数据库中提供了关于砾石的一般性数据,同时还提供了 0.5~7cm 不同尺寸砾石的数据,如图 3-7 所示。总体而言,该平台的建筑领域数据更全面一些,当然其仍然有进一步提升的空间。

砾石	m³	1000	kg/m³	4.57	kgCO₂eq/m³	编辑	删除
砾石 0.5~1.5cm	m³	1000	kg/m³	4.57	kgCO₂eq/m³	编辑	删除
砾石 1~3cm	m³	1000	kg/m³	4.57	kgCO₂eq/m³	编辑	删除
砾石 1cm	m³	1000	kg/m³	4.57	kgCO₂eq/m³	编辑	删除
砾石 2~4cm	m³	1000	kg/m³	4.57	kgCO₂eq/m³	编辑	删除
砾石 3~7cm	m³	1000	kg/m³	4.57	kgCO₂eq/m³	编辑	删除

图 3-7 不同尺寸砾石碳排放因子, 出处: 西安建筑科技大学建筑设计研究院

直接进入数据库查看碳排放因子的情况下，衔尾龙碳排放因子数据库中的数据会更加详细。如图 3-8 所示为泵送商品砼 C30 的碳排放因子数据界面，在这里的数据是 449.368554 kgCO_{2e}/m³,计算边界是从 A1-A3，标明缺省值取值大小与类型，以及数据来源。

此外，数据库还将个阶段碳排放量以表格的形式呈现，以使用户更清晰的读取该种建材中碳排放值中到底是温室气体中哪种气体占比更高以及那个阶段含量最高。对于研究材料生产技术相关的研究者来说，也更方便他们找出需要进行降碳的环节与问题。

数据名称	泵送商品砼C30				
单位	m3				
碳排放量单位	kgCO _{2e} /m3				
碳排放量	4.49e+2				
内含能单位	MJ/m3				
内含能	3.29e+3				
不确定度 (%)	6.14%				
系统边界	A1 - A3				
缺省—交通运输方式	GB重型柴油车运输(载重18t)				
缺省—运输距离	40km				
区域	全国平均				
年份	2018				
数据来源	CBCED				
各阶段碳排放量		CO ₂ (kgCO _{2e} /单位)	CH ₄ (gCO _{2e} /单位)	N ₂ O (gCO _{2e} /单位)	合计 (kgCO _{2e} /单位)
	原料开采(A1-A2)	1.31e+2	9.21e+3	5.69e+2	1.41e+2
	材料加工(A3)	3.06e+2	2.34e+2	5.82e+2	3.09e+2
	合计碳排放(A1-A3)	4.39e+2	9.44e+3	1.15e+3	4.49e+2
缺省—建材运输(A4)	1.22e+1	1.14e+1	3.05e+1	1.23e+1	
是否默认	是				

图 3-8 衔尾龙数据库中泵送商品砼 C30 碳排放因子，出处：西安建筑科技大学建筑设计研究院

3.2 数据库对比

3.2.1 计算方法对比

下表按建筑全寿命周期分阶段讨论各个数据库的碳排放计算方法

软件	建材生产及运输阶段	建筑运行阶段	建造及拆除阶段
东禾软件	1.按模板录入建材生产和运输的能源、资源消耗及废弃物排放信息。 2.依据内置碳排放因子和建材信息计算生产阶段碳排放，根据建材消耗量、运输距离、运输方式及对应碳排放因子计算运输阶段碳排放。	1.收集建筑运行中各类能源消耗量。 2.结合能源碳排放因子计算碳排放量，考虑可再生资源和碳汇系统减碳量。	1.建造阶段：依据建造能源消耗量和碳排放因子计算。 2.拆除阶段：根据拆除能源用量和碳排放因子计算，按拆除方案确定能源用量。
CLCD	1.生产阶段：用行业统计和文献数据确定建材碳排放因子，结合项目建材用量计算。 2.运输阶段：依据运输方式、距离和碳排放因子计算。	1.分析运行中各设备、系统能耗数据。 2.结合能源碳排放因子计算运行阶段碳排放量。	1.根据施工和拆除的机械设备、能源消耗和工艺确定碳排放因子。 2.结合实际设备类型、工作时间和能源消耗计算碳排放量。
CPCD数据库	1.生产阶段：收集行业数据确定建材温室气体排放系数，结合项目建材用量计算。 2.运输阶段：基于运输因素确定排放系数，结合运输信息计算。	1.分析运行中能源使用情况，如电力、燃气等。 2.根据能源消耗和排放系数计算温室气体排放量，考虑使用功能和时间。	1.建造阶段：分析施工环节排放系数，结合施工信息计算温室气体排放量。 2.拆除阶段：根据拆除操作和资源消耗情况计算。

衍尾龙软件	1.收集建材生产数据建立模型，用户输入参数后计算生产阶段碳排放量。	1.与能源监测系统对接获取能源消耗数据。	1.建造阶段：分解施工流程，分析各活动能源消耗和碳排放计算。
	2.考虑运输因素确定计算方法，结合输入的运输信息计算运输阶段碳排放。	2.根据能源消耗和碳排放因子计算排放量，分析能源使用效率并提供建议。	2.拆除阶段：评估拆除过程中设备、能源和废弃物处理环节计算排放量。

表 3-3 四款数据库碳排放计算方法，出处：西安建筑科技大学建筑设计研究院

3.2.2 具体应用对比

在前文中已经通过详实的文字对各个平台进行了介绍, 为了将各个平台通过更直观的方式体现其在使用过程中的便捷度以及精确度, 下面将以常见建筑材料混凝土为例，将上述数据库的对应内容进行集中展示（表 3-4）。

软件

数据展示页面

建材生产阶段碳排放

新增

删除

重置指标

序号	主要工料	主要工料类别	主要工料消耗指标	单位	碳排放因子	因子单位
1	商品砼	C30混凝土	0.5	m3/m2	295	kgCO2e/m3
2	商品砼	C50混凝土	0	m3/m2	385	kgCO2e/m3
3	商品砼	C60混凝土	0	m3/m2	398.64	kgCO2e/m3
4	商品砼	C70混凝土	0	m3/m2	448.84	kgCO2e/m3
5	钢材	热轧碳钢筋	55	kg/m2	2340	kgCO2e/t

CLCD

efootprint

数据看板

数据需求

小组管理

配置中心

消息中心

已部署数据

数据看板

数据需求

小组管理

配置中心

消息中心

已部署数据

CLCD多指标结果

当前数据源的来源信息为:

数据源来源: 中国生命周期基础数据库CLCD, 成都亿科环保科技有限公司

数据源名称: 51366-C30混凝土 (m3), 从混凝土大门 (水运距离200~400km, 普通水泥: 大型水泥, 普通水泥+粉煤灰: 粉煤灰70%-80%+石膏+混合材, 开磨粉磨), 研究类型: 大型水泥, 典型水平, 中国2022

数据源文档地址: <https://www.efootprint.net/baseModel/code=a2b1.htm>

指标名称	结果	单位
一次能源消耗	2.43	MJ
非生物资源消耗值	2.20	kg antimony eq.
水资源消耗	1.17	kg
酸化	7.87	kg SO2 eq.
富营养化值	1.27	kg PO43 eq.
可吸入颗粒物	2.94	kg PM2.5 eq.
臭氧层消耗	1.00	kg CFC-11 eq.

CPCD

数据库

中国产品全生命周期温室气体排放系数数据库

CPCD, China Products Carbon Footprint Factors Database

共29个产品碳足迹数据, 涉及19家企业

产品ID	产品名称/型号	核算边界	核算功能单元	数据时间	
37540X0232019C	C30混凝土	混凝土大门	295kgCO2e / 吨	2019	查看 加入对比
37540X0112022C	C40混凝土	混凝土大门	321.88kgCO2e / 32.7立方米	2022	查看 加入对比
37550X0042019C	C50混凝土	混凝土大门	385kgCO2e / 吨	2019	查看 加入对比
37540X0022015A	加气混凝土	混凝土门框	1369.35kgCO2e / 立方米	2015	查看 加入对比
37540X0012021A	混凝土	混凝土大门	1331.78kgCO2e / 吨	2021	查看 加入对比
37540X0252018B	混凝土	混凝土大门	455.87kgCO2e / 立方米	2018	查看 加入对比

生命周期各阶段碳足迹 (单位: kgCO2e)

原料获取

原料运输

生产

278.923

1.121

14.957

街尾龙
软件

名称	单位	碳排放因子 (kgCO ₂ e/单位)	年份	区域	来源	系统边界	操作
泵送商品砼C10	m3	3.58e+2	2018	全国平均	CBCED	A1 - A3	详情
泵送商品砼C15	m3	3.70e+2	2018	全国平均	CBCED	A1 - A3	详情
泵送商品砼C20	m3	4.37e+2	2018	全国平均	CBCED	A1 - A3	详情
泵送商品砼C25	m3	4.49e+2	2018	全国平均	CBCED	A1 - A3	详情
泵送商品砼C30	m3	4.49e+2	2018	全国平均	CBCED	A1 - A3	详情

数据名称	C30混凝土
单位	m3
碳排放单位	kgCO ₂ e/m3
碳排放量	2.95e+2
内含能单位	MJ/m3
内含能	
不确定度 (%)	3.87%
系统边界	A1 - A3
缺省—交通运输方式	GB重型柴油货车运输(载重18t)
缺省—运输距离	40km
区域	全国平均
年份	2019
数据来源	GB/T 51366

各阶段碳排放量	CO ₂ : (kgCO ₂ e/单位)		CH ₄ : (gCO ₂ e/单位)	N ₂ O: (gCO ₂ e/单位)	合计 (kgCO ₂ e/单位)
	原料开采(A1-A2)				
	材料加工(A3)				
	合计碳排放(A1-A3)				2.95e+2
	缺省—建材运输(A4)	0.00e+0	0.00e+0	0.00e+0	0.00e+0

是否默认	是
------	---

表 3-4 四款数据库混凝土碳排放因子数据，出处：西安建筑科技大学建筑设计研究院

通过比较几款数据库，可以发现 C30 混凝土的碳排放因子数值在不同平台整体差异不大，但是单位有细微差异。东禾为 295 kgCO₂e/m³，CLCD 中无法直观找到具体数据，CPCD 中为 295kgCO₂e/t，街尾龙中也是 295 kgCO₂e/m³。

综合比较来看，东禾和街尾龙两款数据库建材碳排放因子更直观，二者的显示界面会更加成系统，分类相对更清晰；至于碳排放因子的计算细节，根据公开的界面比较，CLCD，CPCD 和街尾龙均有体现，CLCD 中的组织构成显示以及工艺水平显示是最详细的，但是电脑显示界面存在数据不完整现状。从操作简易程度

以及数据的直观实用性比较，街尾龙会更胜一筹。

3.2.3 综合对比

在建材碳排因子数据库建立方面，各个数据库各有优劣，下面将进行具体分析。首先是东禾软件，目前存在数据覆盖范围可能有限的问题：主要聚焦于建筑领域的碳排放计算，对于一些特殊建材或新型建筑材料的碳排放因子覆盖可能不够全面，在面对一些前沿的建筑项目时，可能存在数据不足的情况。相较其他软件，缺乏用户参与共建，软件的数据更新和完善主要依赖于研发团队，用户参与度相对较低，可能导致一些实际应用中发现的问题或特殊情况不能及时反馈到数据库中，影响数据的实时性和准确性。

接下来是 CLCD 数据库，该数据也存在数据更新可能滞后的问题，尽管数据经过评估，但随着建筑行业的不断发展和技术的不断进步，建材的生产工艺和能源消耗情况可能会发生变化，数据库的数据更新速度可能跟不上行业的发展，导致部分数据的时效性不足。其次，该数据库主要提供通用的建材碳排放因子数据，对于一些特殊项目或具有特殊要求的用户，可能无法提供个性化的碳排放因子定制服务，在一定程度上限制了其应用的灵活性。

CPCD 数据库相比之下更倾向于对中国各行业各领域提供基础碳排放因子的数据支持，更多地强调“广度”，致使其中针对建筑领域的碳排放因子涵盖度尚且较少，且部分材料所采用的功能单位对于建筑实际建设工程难以适用，且其功能单位采用“kg”差别于实际工程中常用的“m³”，因而对建筑领域碳排放研究的适用度有待完善更新。此外，作为一个由志愿性组织建立的数据库，尽管经过了专家评审，但在数据的权威性和认可度方面与官方或专业机构建立的数据库相比还有一定的差距，在一些对数据要求较高的项目中可能需要进一步的验证和确认。

至于街尾龙软件作为一个相对较新的软件，其数据库的建设还处于不断完善的过程中，但是就建材碳排放因子数据库而言，其给出的数据是更加详实的，界面设

计得也更加统一，单一建材细分后的数据获取相对更加轻易。该数据库强调对建筑碳排放的计算和监测一体化，能够实时获取建筑项目的碳排放数据，并根据监测结果对建材碳排放因子进行动态调整和优化，使数据更符合实际情况。至于数据量，开发者近期也将联合材料学专家再进行数据核实，力求符合实际。

3.3 案例分析 - 衔尾龙建筑碳排放计算软件

街尾龙建筑碳排放计算软件的数据库创建标志着多项创新与突破的实现，其在全国标准的数据基础上，额外纳入了超过 1100 种因子，极大地丰富了数据资源。下面将具体展示碳排放因子数据库界面。

[illegible][illegible][illegible]

建筑
材料

碳排放因子数据库		首页 / 建筑材料 / 新材 / 各种类型		搜索	
首页	分类维护	单位	年份	区域	不确定度
全球温室气体	单位因子	是否默认	年份	区域	不确定度
能源	交通船舶	是否默认	年份	区域	不确定度
建筑材料	机电设备	是否默认	年份	区域	不确定度
建筑构件	装饰装修	是否默认	年份	区域	不确定度
园林景观	给排水	是否默认	年份	区域	不确定度
建设工程	暖通工程	是否默认	年份	区域	不确定度
市政工程	环卫工程	是否默认	年份	区域	不确定度
固体废物	固体废物	是否默认	年份	区域	不确定度
碳排放因子计算	碳排放因子计算	是否默认	年份	区域	不确定度
建筑构造	建筑构造	是否默认	年份	区域	不确定度
数据维护	数据维护	是否默认	年份	区域	不确定度
系统管理	系统管理	是否默认	年份	区域	不确定度

名称	单位	碳排放因子 (kgCO ₂ e/单位)	年份	区域	不确定度	来源	操作
▼ 基本数据							
数据名称	各种类型						
功能单位	1 (吨)						
碳排放单位	kgCO ₂ e/t						
碳排放量	3.24E+03						
内含碳单位	kg/t						
内含碳	3.62E+04						
不确定度	3.54%						
系统边界	建筑大门 A1 - A3						
缺省-运输距离方式	GB 重型柴油货车运输(重量30)						
缺省-运输距离	500km						
区域	北京市						
年份	2018						
数据来源	CPCD 中国产品全生命周期温室气体排放系数库						
名称	单位	碳排放因子 (kgCO ₂ e/单位)	年份	区域	不确定度	来源	操作
原料开采 (A1 - A2)	CO ₂ (kgCO ₂ e/单位)	4.17E+02	2022	陕西省平均	3.54%	CPCD	详情
材料加工 (A3)	CH ₄ (gCO ₂ e/单位)	4.41E+05	2022	陕西省平均	3.54%	CPCD	详情
合计碳排放 (A1 - A3)	H ₂ O (gCO ₂ e/单位)	1.09E+04	2022	陕西省平均	3.54%	CPCD	详情
缺省-建材运输 (A4)	合计碳排放 (A1 - A3)	2.78E+03	2022	陕西省平均	3.54%	CPCD	详情
缺省-建材运输 (A4)	合计碳排放 (A1 - A3)	2.78E+03	2022	陕西省平均	3.54%	CPCD	详情
缺省-建材运输 (A4)	合计碳排放 (A1 - A3)	2.78E+03	2022	陕西省平均	3.54%	CPCD	详情

建筑
构件

碳排放因子数据库		首页 / 建筑构件 / 各种类型		搜索	
首页	分类维护	名称	年份	区域	不确定度
全球温室气体	单位因子	是否默认	年份	区域	不确定度
能源	交通船舶	是否默认	年份	区域	不确定度
建筑材料	机电设备	是否默认	年份	区域	不确定度
建筑构件	装饰装修	是否默认	年份	区域	不确定度
园林景观	给排水	是否默认	年份	区域	不确定度
建设工程	暖通工程	是否默认	年份	区域	不确定度
市政工程	环卫工程	是否默认	年份	区域	不确定度
固体废物	固体废物	是否默认	年份	区域	不确定度
碳排放因子计算	碳排放因子计算	是否默认	年份	区域	不确定度
建筑构造	建筑构造	是否默认	年份	区域	不确定度
数据维护	数据维护	是否默认	年份	区域	不确定度
系统管理	系统管理	是否默认	年份	区域	不确定度

名称	单位	碳排放因子 (kgCO ₂ e/单位)	年份	区域	不确定度	来源	操作
▼ 建筑构件							
自阶							
混凝土台阶	m ²	173.00	2022	陕西省平均	3.54%	CPCD	详情
水泥砂浆台阶	m ²	186.00	2022	陕西省平均	3.54%	CPCD	详情
地铺面层台阶	m ²	187.00	2022	陕西省平均	3.54%	CPCD	详情
卵石石面层台阶	m ²	191.00	2022	陕西省平均	3.54%	CPCD	详情
花岗岩面层台阶	m ²	192.00	2022	陕西省平均	3.54%	CPCD	详情
卵石台阶	m ²	220.00	2022	陕西省平均	3.54%	CPCD	详情
▼ 建筑							
▼ 排水							
▼ 防腐层							
▼ 外墙饰面							
▼ 地面							
▼ 楼面							
▼ 内墙饰面							
▼ 屋面							

碳汇
因子

碳排放因子数据库		首页 / 碳汇因子 / 乔木 / 各种类型		搜索	
首页	分类维护	名称	年份	区域	不确定度
全球温室气体	单位因子	是否默认	年份	区域	不确定度
能源	交通船舶	是否默认	年份	区域	不确定度
建筑材料	机电设备	是否默认	年份	区域	不确定度
建筑构件	装饰装修	是否默认	年份	区域	不确定度
园林景观	给排水	是否默认	年份	区域	不确定度
建设工程	暖通工程	是否默认	年份	区域	不确定度
市政工程	环卫工程	是否默认	年份	区域	不确定度
固体废物	固体废物	是否默认	年份	区域	不确定度
碳排放因子计算	碳排放因子计算	是否默认	年份	区域	不确定度
建筑构造	建筑构造	是否默认	年份	区域	不确定度
数据维护	数据维护	是否默认	年份	区域	不确定度
系统管理	系统管理	是否默认	年份	区域	不确定度

名称	单位	碳排放因子 (kgCO ₂ e/单位)	年份	区域	不确定度	来源	操作
▼ 乔木							
木材-杨木 (木匠)	hm ² ·a	-338.48	2011	波兰	-	5.99%	CPCD 详情
杨木 (波兰-土壤有机碳)	hm ² ·a	-31.07	2011	波兰	-	3.54%	CPCD 详情
杨木 (波兰-土壤有机碳-41)	hm ² ·a	137.95	2011	波兰	-	3.54%	CPCD 详情
杨木 (波兰-土壤有机碳-753)	hm ² ·a	-338.48	2011	波兰	-	3.54%	CPCD 详情
杨木 (波兰-土壤有机碳-444)	hm ² ·a	-212.50	2011	波兰	-	3.54%	CPCD 详情
城市绿地-白蜡	hm ² ·a	-91600.00	2022	天津市	-	3.54%	CPCD 详情
城市绿地-香樟	hm ² ·a	-87600.00	2022	天津市	-	3.54%	CPCD 详情
城市绿地-国槐	hm ² ·a	-11400.00	2022	天津市	-	3.54%	CPCD 详情
城市绿地-红杉	hm ² ·a	-205000.00	2022	北京市	-	3.54%	CPCD 详情
城市绿地-栎树	hm ² ·a	-79600.00	2022	天津市	-	3.54%	CPCD 详情
城市绿地-毛白杨	hm ² ·a	-103400.00	2022	天津市	-	3.54%	CPCD 详情
城市绿地-香樟木	hm ² ·a	-17200.00	2022	天津市	-	3.54%	CPCD 详情
城市绿地-梧桐	hm ² ·a	-14800.00	2022	天津市	-	3.54%	CPCD 详情
城市绿地-海棠	hm ² ·a	-27200.00	2022	天津市	-	3.54%	CPCD 详情
香樟-《江苏省园林绿篱核算设计导则》(征求意见稿)	m ² ·d	0.01	2023	中国江苏	-	7.07%	- 详情

表 3-5 部分碳排放因子数据数据库界面，出处：西安建筑科技大学建筑设计研究院

3.3.1 功能模块介绍

该软件的建立，可使用户便捷、规范的查询调用各类建筑碳排放因子，并可依据其实际需求进行建筑材料、构件部品等碳排放因子的自由组合计算。同时设置有编辑功能，供平台管理员对相关数据进行源源不断地更新和完善，进而使建筑碳排放因子尽可能针对性地应用于实际建筑工程案例中，实现建筑碳排放、碳减排相关研究的科学进行。该数据库主要应包含以下几个功能模块。

▪ 数据导入与导出

系统可以从用户指定的文件夹中自动搜索“.xlsx”或“.xls”格式的文件，如能源碳排放因子、交通运输碳排放因子、建筑材料碳排放因子等，并将 Excel 表格文件中的数据信息导入数据库平台中。同时用户也可以根据个人需求将数据导出至 Excel 表格文件中。

▪ 数据编辑与查询调用

数据查询调用功能板块使用户能够按照个人需求，对建筑碳排放因子进行搜索使用，实现能源、建筑材料等碳排放因子表单的检索与浏览，如碳排放因子数据值、年份、数据来源及不确定度等相关信息。同时对于碳排放因子的数值、年份、来源等内容可依据数据编辑功能，自定义提交添加、修改或删除申请，填写相关数据后可由网站管理人员进行后台审核与公示，进而为数据库的科学性及适用性提供良好的保障。

▪ 数据组合计算

数据库线上平台设计有“碳排放因子计算”板块，可实现建筑材料、构件部品等碳排放因子的自主组合计算。对于数据库中缺失或工程用量、构造做法等信息不匹配的建筑碳排放因子，用户可根据个人需求及对应的实际工程做法，依据前文建立的方法规则进行建筑基础碳排放因子的排列组合，将“建筑材料生产”“建筑材料运输”“施工与安装”“建筑维护”“建筑更新”“建筑拆除”“回收与再利用”阶段碳排放

进行组合计算，进而得到符合实际建设项目需求的建筑碳排放数据。

3.3.2 使用过程

在完成注册后，用户可凭借账号及密码登录至数据库线上平台。数据库主界面主要分为两大部分，如图 3-9，右侧部分即为数据库对应的大数据模块即全球增温潜势、碳汇因子等；左侧为对应模块以及下属板块的导航栏，方便用户点击对应栏目进行对界面的快速跳转，其中包含可实现用户自主需求的“碳排放因子计算”功能模块，点击后即可跳转至对应的二级界面。

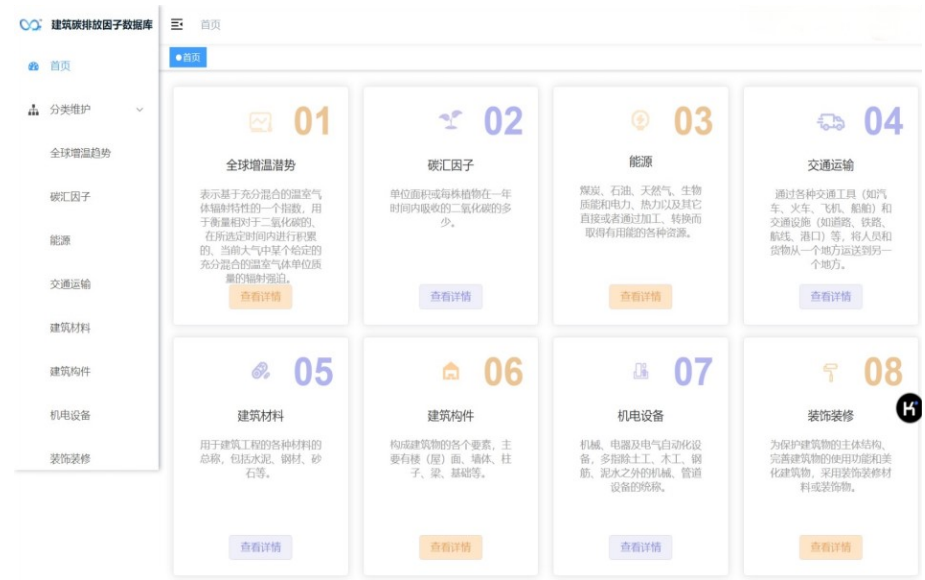


图 3-9 注册登录后首页界面，出处：西安建筑科技大学建筑设计研究院

▪ 录入项目基本信息

对于“碳排放因子计算”功能，其核心为针对建筑碳排放因子的灵活排列组合与计算应用。在数据库中缺乏或难以适配到用户所需建筑碳排放因子时，用户可根据个人意愿对建筑材料生产、建筑材料运输、施工与安装等阶段碳排放进行自由组

合与计算，进而得到所需数值，灵活应用于各项目研究。

当用户需要对某建筑材料、构件部品等碳排放进行组合计算时，可点击界面右上角“新建产品”，在弹出的信息框中对其“产品名称”“功能单位”“数据来源”“数据代表性”等基础信息进行填写选用，并对“建筑材料生产”“建筑材料运输”等计算阶段进行选择，从而保证碳排放计算的规范与合理。同时，在填写框最下方设置有“数据说明”，可供用户对数据进行进一步的解释与说明，如图 3-10。



图 3-10 新建产品信息填写界面，出处：西安建筑科技大学建筑设计研究院

■ 建模计算

在填写完建筑产品的基本计算信息后，可点击“下一步，建模计算”，跳转至正式计算界面，如图 3-11。在此界面用户可通过点击“添加输入”或“添加输出”按钮，对该建筑产品生产过程中各阶段的能源、材料及排放物信息进行填写。



图 3-11 各项信息选择填写界面，出处：西安建筑科技大学建筑设计研究院

■ 数据库三级界面

在使用过程中主要展示的该软件的一二级界面，本软件中还存在第三级界面。以能源碳排放因子为例，其三级界面展示该类别碳排放因子的各项具体信息，其中包括碳排放因子名称、单位、年份、区域、碳氧化率、不确定度、数据来源信息、原材料开采阶段碳排放、燃烧阶段碳排放、合计碳排放以及各自阶段下的 CO_2 、 CH_4 、 NO_2 碳排放贡献值，可供用户比对使用，如图 3-12。

同时，在各碳排放因子数据集的三级界面，针对不同用户群体，设置有“新建”“导入”“导出”“编辑”功能，以便于不同权限用户进行各功能的使用。点击“新建”后，用户可在界面表格最下方进行数据的填写补充；点击“导入”后，用户可将相关 Execl 等格式的文件进行批量导出；点击“导出”后，用户可多选数据，进行批量导出；点击“编辑”后，可进入编辑模式，进而对各数据进行直接修改与完善，如图 3-13。

序号	名称	单位	原材料开采 (kgCO ₂ e/单位)				燃烧 (kgCO ₂ e/单位)				合计碳排放 (kgCO ₂ e/单位)				年份	区域	碳氧化率 (%)	不确定度 (%)	来源
			CO ₂	CH ₄	NO ₂	合计	CO ₂	CH ₄	NO ₂	合计	CO ₂	CH ₄	NO ₂	合计					
1	原煤	kg	0.09	0.26	0.00	0.35	1.98	0.01	0.01	2.00	2.07	0.27	0.01	2.35	2018	全国平均	96		CH2E3 GB/T 31366 GB 17320 GB 31366
2	标准煤	kg	—	—	—	—	2.77	0.01	0.01	2.79	2.77	0.01	0.01	2.79	2018	全国平均	96		
3	无烟煤	GJ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	94.44	2019	全国平均	94		
4	烟煤	GJ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	89.00	2019	全国平均	93		
5	褐煤	GJ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	98.56	2019	全国平均	96		
6	炼焦煤	GJ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	91.27	2019	全国平均	98		
7	型煤	GJ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	110.88	2019	全国平均	90		
8	焦炭	GJ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100.60	2019	全国平均	93		
9	煤气煤油	GJ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	70.07	2019	全国平均	98		
10	一般煤油	GJ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	70.43	2019	全国平均	98		

图 3-12 能源碳排放因子三级界面，出处：西安建筑科技大学建筑设计研究院

序号	名称	单位	原材料开采 (kgCO ₂ e/单位)				燃烧 (kgCO ₂ e/单位)				合计碳排放 (kgCO ₂ e/单位)				年份	区域	碳氧化率 (%)	不确定度 (%)	来源
			CO ₂	CH ₄	NO ₂	合计	CO ₂	CH ₄	NO ₂	合计	CO ₂	CH ₄	NO ₂	合计					
1	原煤	kg	0.09	0.26	0.00	0.35	1.98	0.01	0.01	2.00	2.07	0.27	0.01	2.35	2018	全国平均	96		CH2E3 GB/T 31366 GB 17320 GB 31366
2	标准煤	kg	—	—	—	—	2.77	0.01	0.01	2.79	2.77	0.01	0.01	2.79	2018	全国平均	96		
3	无烟煤	GJ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	94.44	2019	全国平均	94		
4	烟煤	GJ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	89.00	2019	全国平均	93		
5	褐煤	GJ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	98.56	2019	全国平均	96		
6	炼焦煤	GJ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	91.27	2019	全国平均	98		
7	型煤	GJ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	110.88	2019	全国平均	90		
8	焦炭	GJ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100.60	2019	全国平均	93		
9	煤气煤油	GJ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	70.07	2019	全国平均	98		
10	一般煤油	GJ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	70.43	2019	全国平均	98		

图 3-13 能源碳排放因子编辑界面，出处：西安建筑科技大学建筑设计研究院

4. 国际建材碳排放数据库

4.1 国际建材碳排放因子数据库建设现状

20 世纪 70 年代以来，西方国家率先开展对二氧化碳、甲烷等温室气体浓度和各国温室气体清单的研究工作，其中二氧化碳是研究的重点。时至今日，全球范围内对各国碳排放量开展深入研究的机构有国际能源署、欧盟联合研究中心、美国能源信息管理局、荷兰环境评估机构、世界资源研究所等（于运星，2023）。目前部分权威碳排放数据库对中国本土建筑碳排放计算研究尚存在部分问题。首先自 2005 年以来，中国各行业快速发展，产业、技术不断调整与更迭，与碳排放相关的参数也发生着不断的变化。因此这些碳排放数据库如何选择合适的计算方法体系来表征中国本土化的碳排放相关参数值得研究（李青青，2018）。

其次，这些数据库的计算边界不尽相同且容易被研究人员所忽略。例如国际能源署和美国能源情报署相关研究报告的计算边界为化石燃料燃烧所产生的碳排放，而美国 EDGAR 等数据库计算边界则在化石燃料燃烧之外，又囊括了工业生产过程所产生的碳排放，这导致即使是同一国家的相同材料，各机构的数据结果也可能有所差异，进而难以科学的应用于建筑生命周期碳排放量化与评估。因此，为了提高建筑碳排放计算的准确性与精准度，使其切实的反应建筑的环境负荷，很有必要。

虽然有较多问题值得讨论，但是国际对于碳排放因子数据库研究经验还是相对更加丰富，因此本部分将对国外代表性环境影响数据库进行综述和评析，以期为本研究将要构建的建筑碳排放因子标准化数据库提供借鉴指导。

纵观全球，欧洲整体的碳排放研究比较先进，有许多高质量的碳排放因子数据库。欧洲的法律法规也很关注碳排放计算报告等方面，比如欧盟碳排放交易体系（EU ETS）法规强调了增强核算方法的重要性，并且提出了建立煤质数据库系统以保障碳排放数据的准确性。这表明了欧洲对于提高碳排放数据

质量的关注。

下面将针对欧洲一些代表数据库进行分析，分别为瑞士 Ecoinvent 数据库以及建筑领域的生命周期评估数据库（Ökobilanzdaten im Baubereich），还有德国的 ÖKOBAUDAT 数据集、荷兰的 SimaPro 等。

4.2 欧洲代表碳排放因子数据库

4.2.1 瑞士 Ecoinvent 数据库

Ecoinvent 数据库是由瑞士 Ecoinvent 中心自 1990 年起开发的商业数据库，于 2003 年、2007 年、2013 年分别发布第一版、第二版和第三版数据库，目前最新版本是 Ecoinvent v3.10，其首页如图 4-1 所示。3.10 更新为 Ecoinvent 数据库的建筑与施工部门带来了丰富的增强功能，包括大量的新数据和一些更新。添加了有关突尼斯地理范围内的熟料和各种类型水泥生产及其相应市场活动的全面信息。瑞士市场数据库已更新，删除了与当前建筑材料生产不符的过时活动，现在显示熟料和水泥生产（包括波特兰水泥、CEM II/A 和 CEM II/B）的最新数据及其相应的市场活动。该数据库包含超过 19000 个单元过程数据集及相应产品的汇总过程数据集。Ecoinvent 被广泛认为是市场上较为全面和透明的数据库，被全球 3000 多个组织使用。

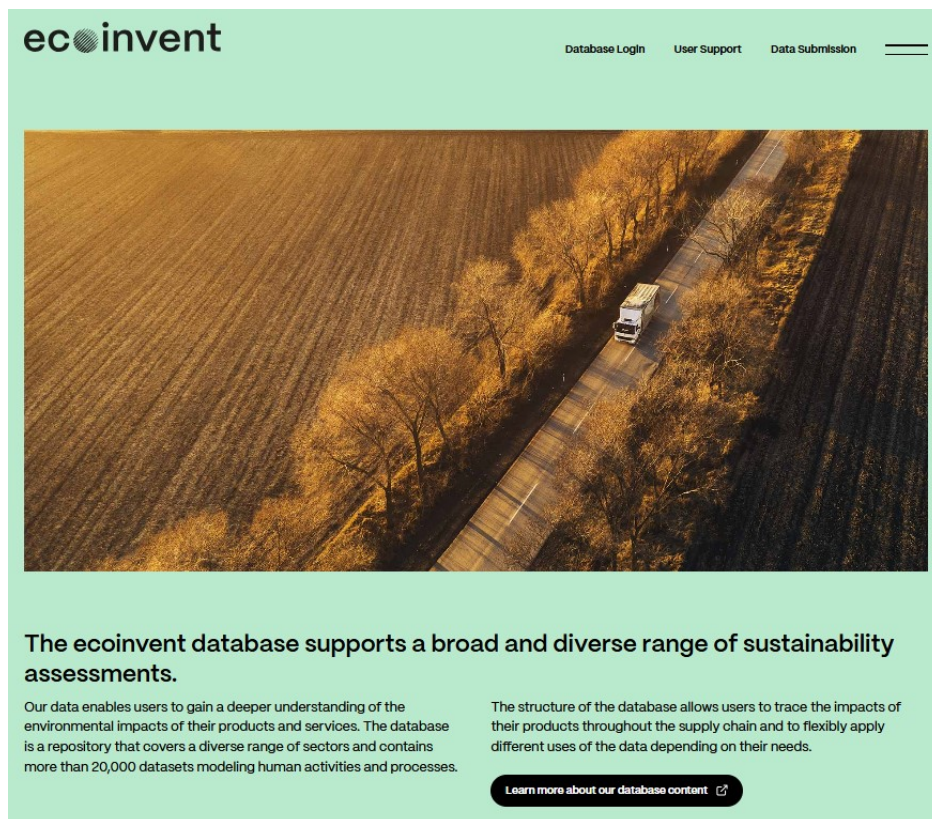


图 4-1 Ecoinvent 首页图，出处：Ecoinvent

Ecoinvent 数据库提供数千个商品和服务流程的投入产出清单，覆盖农业与畜牧业、建筑与建造、化学与塑料、能源、林业与木材、金属、纺织、运输、旅游住宿、废物处理与回收等。

具体到建筑建造行业，Ecoinvent 数据库可提供约 1500 个数据集，包括建筑矿物（例如沙子、岩石、石灰、石膏、天然石材）、水泥、混凝土、混凝土熟料的

替代材料（如磨碎的高炉矿渣、煅烧黏土等）、玻璃、绝缘材料（如聚苯乙烯、膨胀蛭石、石棉等）砖瓦、砂浆等。此外，施工中使用的木材数据可在林业部门中查询，施工中使用的金属和金属工具数据可在金属部门中查询。

Ecoinvent 中的数据主要源于统计资料、工业行业数据以及文献资料。有关建材和施工活动的清单数据集主要由以下企业和机构提供支持：德国弗劳恩霍夫制造工艺研究所、坎皮纳斯大学、南里奥格兰德联邦大学、约翰内斯堡大学、瑞士联邦材料科学与技术实验室（EMPA）、格拉茨工业大学等。

该数据库有以下特点：

- Ecoinvent 数据库是基于 ISO 14040 和 ISO 14044 的合规数据源；
- Ecoinvent 被公认为市场上较为全面的 LCI 数据库，包含大多数行业的数据集并且数据库每年更新一次；
- Ecoinvent v3.10 数据比以前版本更加透明，具有可追溯性，具体来说，它包括产品属性的信息可以获取数据背后的参数和数学公式，明确数据的不确定性；
- 可以提供单元流程和系统流程级别的数据。

4.2.2 瑞士的建筑领域的生命周期评估数据库

瑞士建筑领域的生命周期评估数据库（Ökobilanzdaten im Baubereich）主要通过在线 EXCEL 文件进行更新。官方网站上提供了两个文件供用户参考。第一个是 PDF 格式的《建筑领域的生命周期评估数据 2009/1:2022》，旨在为规划者提供一个了解该主题的起点。该文件详尽地涵盖了瑞士在建筑材料和建筑技术（包括生产和处置）、能源以及运输（涉及运营、车辆和基础设施）方面的典型数据。

第二个文件是 Excel 格式的《建筑领域生命周期评估数据 2009/1:2022》，其中包含了多个关键指标的评估结果。此外，该 Excel 文件还提供了特定生产商的数据和关于建筑不同处置过程的详细信息。

该数据库采用了最新的背景数据集——DETEC LCA 数据集 DQRv2（2022 版）——

Name ¹	Languages	Classification ¹	Location ¹	Valid Until ¹	Type ¹	Owner ¹	
Search...	Chc ▼	Search...	Chc ▼	Chc ▼	Choose ▼	Search...	
1.3.02. Plan bricks (filled with polystyrene)	en  de 	1.3.02 Mineralische Baustoffe / Steine und Elemente / Ziegel	DE	2026	generic dataset	Sphera Solutions GmbH	 
1.3.11. Roof tiles (concrete)	en  de 	1.3.11 Mineralische Baustoffe / Steine und Elemente / Dachsteine	DE	2026	generic dataset	Sphera Solutions GmbH	 
3- and 5-layer solid wood panel (German average)	en  de 	3.2.01 Holz / Holzwerkstoffe / 3- und 5-Schichtplatten	DE	2028	representative dataset	Thünen-Institut für Holzforschung	 
7.6.01. Sectional garage door	en  de 	7.6.01 Komponenten von Fenstern und Vorhangfassaden / Türen und Tore / Stahl	DE	2026	generic dataset	Sphera Solutions GmbH	 
A2-Betonpflaster- Standardstein grau mit Vorsatz	en  de 	1.3.05 Mineralische Baustoffe / Steine und Elemente / Betonfertigteile und Betonwaren	DE	2026	average dataset	Betonverband Straße, Landschaft, Garten e.V.	 

图 4-4 碳排放因子数据搜索界面，出处：ÖKOBAUDAT

 Collapse all sections Go back Close
Process Data set: 1.3.02. Plan bricks (filled with polystyrene) (en) en de
> Process information > Modelling and validation > Administrative information > Environmental indicators

图 4-5 碳排放因子数据详细界面，出处：ÖKOBAUDAT

Environmental indicators							
Indicators of life cycle							
Indicator ⁺	Direction ⁺	Unit ⁺	Production A1-A3	De-construction C1	Transport C2	Waste processing C3	Recycling Potential D
Use of renewable primary energy as energy carrier (PERE)	Input	MJ	169.1	0.2601	3.27	12.15	-283.
Use of renewable primary energy resources used as raw materials (PERM)	Input	MJ	0	0	0	0	

图 4-6 数据界面，出处：ÖKOBAUDAT

4.2.4 荷兰 SimaPro

1990 年为有效解决“衡量评估生态绩效”这一问题，PRé Sustainability 团队开发了第一版 SimaPro。在当今世界范围内，诸多大型的企业、研究人员和咨询顾问通过 PRé 研发的方法和工具实现了更合理有效的决策。PRé 通过基于事实的咨询服务、培训和基于全生命周期思维的软件解决方案，帮助企业将可持续发展战略转化为行动。PRé 参与了世界各地的许多可持续发展倡议并采取行动，其中包括启动了行业主导的产品社会指标圆桌会议（Industry-Led Roundtable for Product Social Metrics），并开发了获得广泛认可和应用的环境影响评估方法 ReCiPe&Eco-Indicator 99。SimaPro 能够衡量、改善和沟通组织的可持续发展绩效，还可帮助企业制定有效的战略，并在供应链管理、产品开发或组织中协调整合了可持续性。SimaPro 作为 PRé 的旗舰产品，旨在创建一个充满活力的生态系统，连接不同的世界、系统、人和公司，以支持更可持续的未来发展战略。

在对数据清单进行计算分析或是对环境影响进行评估时，SimaPro 支持调用多种数据库，其中包括著名的 Ecoinvent V3 数据库、European and Danish

Input/Output 数据库和 US Life Cycle Inventory 数据库(US LCI), 以及 Agri-footprint、AGRIBALYSE、Carbon Minds、DATASMART LCI package、Environmental Footprint database、ESU world food LCA database、EXIOBASE、IDEA Japanese Inventory database、Industry data library: PlasticsEurope, ERASM, World Steel、Quanties World Food LCA Database、Social hotspots database、WEEE LCI database 等共计 15 种数据库。用户可通过支付一定费用来获取完整数据库。

4.3 综合比较分析

综合比较中外数据库来看, 目前外针对建筑碳排放因子建立专门的数据库较少, 仅针对建材的碳排放因子数据库更少, 大多数建材碳排放因子数据是在整个碳排放因子库占一小个门类。事实上, 大部分数据库是全生命周期评价方法中用于支持全生命周期清单分析的基础数据库, 包括建筑在内的多个行业, 涵盖温室气体在内多种类型大气污染物。

就建筑碳排放因子数据库建设本身来看, 在上述的数据库中德国的 ÖKOBAUDAT 数据集是最为详细的, 但是相对应的就出现信息过多, 直接获取数据的难度相对应增加。至于数据本身的适用范围随着地区环境变化也会发生相应变化, 各个地区的碳排放因子具体数值的核实工作难度也各不相同。瑞士的 Ecoinvent 是享誉全球的碳排放因子数据库, 但其也不是专门针对建材的单一数据库, 而瑞士的生命周期评估数据库 (Ökobilanzdaten im Baubereich) 相对更专一, 免费公开的数据能够给国际上许多研究者提供参考。

相较而言, 中国建材碳排放数据库建设过程中也有许多可以向欧洲学习的点, 比如说更新频率上需要定期更新以反映最新的建筑材料和工艺变化, 还可以加强与国际数据库的合作和数据共享, 提高数据的国际适用性和认可度, 下章将进行具体分析。

综上所述, 在建设建筑碳排放因子数据库时, 需要充分借鉴国际经验, 参考各个

数据集的优势与不足, 考虑到数据的复杂性、地区适用性等问题, 制定科学合理的数据库建设方案, 提高数据获取效率和准确性, 确保其能有效服务于建筑行业碳排放的精准评估与管控工作。

5. 中国数据库发展方向分析

经过分析对比，可以看出许多中国建立建筑碳排放数据库的待发展改进的地方，下面将具体讨论几个代表。

5.1 健全官方统一建筑数据库，丰富地方对应的数据库信息

首先，建立官方统一的建筑数据库以及地方对应数据库势在必行。当前中国建筑碳排放计算虽有《建筑碳排放计算标准》（GB/T 51366 - 2019）这一国家标准，但从全国范围来看，建筑材料的使用因地域差异而呈现出多样性。官方统一数据库可确保数据的权威性和规范性，为全国的建筑碳排放计算提供基准。例如，北京大兴国际机场的建设，涉及大量新型建筑材料和复杂的结构，如果有官方统一数据库的支持，在计算碳排放时就能有更准确的依据。同时，地方数据库则能因地制宜，考虑到当地特色建材和建筑风格。中国的传统民居种类丰富多样，其应用的建材多是当地特色材料，像福建土楼修复与维护项目，地方数据库可针对当地特有的土、木等建材数据进行收集与整理，从而更精准地计算碳排放。

5.2 整合计算方法与提高数据透明度

为了确保建筑材料和建筑过程中的碳排放计算具有统一的标准和方法，我们需要建立一个标准化的计算体系，并制定相应的报告格式和沟通规则。此外，目前GB51366给出的计算方法没有明确的不确定性计算指导，在实际碳排放计算过程中，存在着许多不确定性因素，如数据测量的误差、计算模型的假设、市场波动等。标准中的计算方法缺乏对这些不确定性因素的分析 and 评估，使得计算结果的可靠性和准确性受到一定影响。例如，在测量建材的能源消耗数据时，可能由于测量仪器的精度、测量方法的差异等因素导致数据存在误差，但标准中没有给出相应的误差范围和不确定性分析方法。所以我们需要整合更新碳排放因子计算方法，通过这种方式，我们可以确保不同建筑项目之间的碳排放数据具有可比性，从而为碳排放的管理和减少提供可靠依据。

为了提高数据的透明度和可信度，我们需要详细报告计算结果所涉及的系统边界、计算步骤和基本参数。系统边界应明确界定计算范围，包括哪些环节被纳入计算，哪些环节被排除在外。计算步骤应详细描述从数据收集到最终结果的每一个环节，确保计算过程的严谨性和可重复性。通过这些详细报告，可以避免因信息不全或误解而导致的计算结果误差，确保各方利益相关者能够准确理解和使用这些碳排放数据。这不仅有助于建筑行业的碳排放管理，还能促进整个社会对低碳建筑的认识和推广。

5.3 提升建筑数据库功能完善性

数据库的功能完善是提升其可用性的关键。数据库应当满足导入、编辑、查询和导出这四个基本功能需求。导入功能可以方便地将新获取的建材碳排放数据纳入数据库，无论是来自新的研究成果还是建材企业的反馈。编辑功能则允许专业人员对数据进行修正和更新，以适应不断变化的情况。例如，当发现某种建材生产工艺改进导致碳排放变化时，可及时编辑。查询功能尤为重要，其界面应当具有引导性，便于快速查找数据。设计一个清晰的分类目录和搜索引导，比如按照建材类型、生产工艺等分类，用户可以迅速定位到需要的碳排放数据。导出功能则方便将数据用于不同的应用场景，如建筑设计软件、绿建咨询报告等。

在进行建筑设计时，建筑师需要频繁查询和使用建材碳排放数据。如果数据库具备良好的导入、编辑、查询和导出功能，可以轻松获取准确数据用于设计阶段的碳排放计算，从而更好地优化设计方案，减少建筑全生命周期的碳排放。而且，在不同项目间转移数据也会更加便捷，提高工作效率。

总之，通过建立完善的官方与地方相结合的数据库体系，并确保数据库具备全面实用的功能，中国建材碳排放数据将朝着更科学、更准确的方向发展，为建筑行业的节能减排目标提供有力支持，推动中国建筑领域在碳中和道路上迈出坚实的步伐。这不仅有利于应对气候变化，也将促进建筑行业的可持续发展，提升整个行业的绿色竞争力。

A1. 参考文献

- Zhao,Y. , Liu,L. ,&Yu , M.Comparison and analysis of carbon emissions of traditional, prefabricated, and green material buildings in materialization stage.[J].Journal of Cleaner Production,2023.406,137-152.
- Hossain MU, Poon CS . Global warming potential and energy consumption of temporary works in building construction: A case study in Hong Kong. Build Environment[J].2018. 142:171-179.
- United Nations Environment Programme, "Global status report for buildings and construction—towards a zero-emissions, efficient and resilient buildings and construction sector" [R].T. Abergel, J. Dulac, I. Hamilton, M. Jordan, and A. J. E. P. Pradeep,2019
- Wasim Muhammad,Abadel Aref,Abu Bakar B.H & Alshaikh Ibrahim M.H.. Future directions for the application of zero carbon concrete in civil engineering – A review.[J].Case Studies in Construction Materials. 2022. e01318.
- Li L ,Chen K .Quantitative assessment of carbon dioxide emissions in construction projects: A case study in Shenzhen[J].Journal of Cleaner Production,2017,141394-408.
- Guohao Wang,Tengqi Luo,Haizhi Luo,Ran Liu,Yanhua Liu & Zhengguang Liu. A comprehensive review of building lifecycle carbon emissions and reduction approaches.[J].City and Built Environment,2024.(1),12-12.
- Gustavsson L, Joelsson A, Sathre, R. Life cycle primary energy use and carbon emission of an eight-storey wood-framed apartment building[J]. Energy & Buildings, 2010, 42(2):230-242.
- Cho S H, Chae C U. A study on life cycle CO₂ emissions of low-carbon building in South Korea[J]. Sustainability, 2016, 8(6): 579.
- Sandanayake M, Zhang G, Setunge S. Environmental emissions at foundation construction stage of buildings-Two case studies[J]. Building and Environment,2016, 95: 189-198.
- 张孝存, 王凤来.建筑工程碳排放计量[M].北京: 机械工业出版社,2022.
- 吴刚, 欧晓星, 李德智编.建筑碳排放计算[M].北京: 中国建筑工业出版社,2022.
- 中国建筑科学研究院有限公司, 北京构力科技有限公司组织编写; 夏绪勇, 李书阳, 张永炜, 崔静, 朱峰磊, 王梦林主编.建筑碳排放设计指南[M].北京: 中国建筑工业出版社,2023.
- 中华人民共和国住房和城乡建设部主编.建筑碳排放计算标准[M].北京: 中国建筑工业出版社,2019.
- 陈兴隆, 李训谷, 吕昭宏等.中华民国绿建材标章节能减碳效益评估之研究报告[J].台湾, 2023.
- 中国建筑能耗与碳排放研究报告 (2023 年) [J].建筑,2024,(02):46-59.
- 罗智星.建筑生命周期二氧化碳排放计算方法与减排策略研究[D].西安建筑科技大学,2016.
- 于运星.面向建筑设计的碳排放因子标准化量算方法及数据库研究[D].西安建筑科技大学,2023.
- 李青青, 苏颖, 尚丽, 魏伟 & 王茂华. (2018). 国际典型碳数据库对中国碳排放核算的对比分析. 气候变化研究进展 (03), 275-280.
- International Energy Agency (IEA). CO₂ emissions from fuel combustion highlights 2016 [R]. Paris, France, 2016: 1-166.

- U.S. Energy Information Administration (EIA) U.S. Energy Information Administration [EB/OL]. 2017 [2017-06-09]. <https://www.eia.gov/>.
- Boden T A, Andres R J, Marland G. Carbon dioxide informationcenter [EB/OL]. 2017 [2017-07-04]. http://cdiac.ornl.gov/ftp/ndp030/global.1751_2014.
- Olivier J, Janssens-Maenhout G, Muntean M, et al. Joint researchcenter. Emissions database for global atmospheric research [EB/OL]. 2017 [2017-07-04].

A2. 衔尾龙碳排放因子数据库各类数据详细界面

类别

数据库界面

[illegible]

拆除界面

[illegible][illegible]机电
设备[illegible]

建造工程

数据名称		数据单位					
规格型号		规格					
A5阶段碳排放量		kgCO ₂ e/台					
A5阶段碳排放量单位		kgCO ₂ e/台					
不确定性		7.07%					
区域		全国平均					
年份		2018					
系统边界		购置到大门 A1、A2、A5					
数据来源		CBCEC 和筑龙建筑碳排放因子数据库					
数据核算		汽油 (kg)	柴油 (kg)	电 (kwh)	煤 (kg)	水 (t)	
数据核算量		0.00	61.70	193.42	0.00	0.00	
CO ₂ (kgCO ₂ e/台)		CH ₄ (kgCO ₂ e/台)		N ₂ O (kgCO ₂ e/台)		合计 (kgCO ₂ e/台)	
原料开采 (A1 - A2)		4.02E+01		1.91E+02		1.18E+01	
施工建造 (A5)		2.88E+02		2.24E+01		8.90E+01	

装饰装修

数据名称		数据单位					
规格型号		规格					
A5阶段碳排放量		kgCO ₂ e/台					
A5阶段碳排放量单位		kgCO ₂ e/台					
不确定性		7.07%					
区域		全国平均					
年份		2018					
系统边界		购置到大门 A1、A2、A5					
数据来源		CBCEC 和筑龙建筑碳排放因子数据库					
数据核算		汽油 (kg)	柴油 (kg)	电 (kwh)	煤 (kg)	水 (t)	
数据核算量		0.00	61.70	193.42	0.00	0.00	
CO ₂ (kgCO ₂ e/台)		CH ₄ (kgCO ₂ e/台)		N ₂ O (kgCO ₂ e/台)		合计 (kgCO ₂ e/台)	
原料开采 (A1 - A2)		4.02E+01		1.91E+02		1.18E+01	
施工建造 (A5)		2.88E+02		2.24E+01		8.90E+01	

建筑材料

数据名称		数据单位					
规格型号		规格					
A5阶段碳排放量		kgCO ₂ e/台					
A5阶段碳排放量单位		kgCO ₂ e/台					
不确定性		7.07%					
区域		全国平均					
年份		2018					
系统边界		购置到大门 A1、A2、A5					
数据来源		CBCEC 和筑龙建筑碳排放因子数据库					
数据核算		汽油 (kg)	柴油 (kg)	电 (kwh)	煤 (kg)	水 (t)	
数据核算量		0.00	61.70	193.42	0.00	0.00	
CO ₂ (kgCO ₂ e/台)		CH ₄ (kgCO ₂ e/台)		N ₂ O (kgCO ₂ e/台)		合计 (kgCO ₂ e/台)	
原料开采 (A1 - A2)		4.02E+01		1.91E+02		1.18E+01	
施工建造 (A5)		2.88E+02		2.24E+01		8.90E+01	

建筑构件

数据名称		数据单位					
规格型号		规格					
A5阶段碳排放量		kgCO ₂ e/台					
A5阶段碳排放量单位		kgCO ₂ e/台					
不确定性		7.07%					
区域		全国平均					
年份		2018					
系统边界		购置到大门 A1、A2、A5					
数据来源		CBCEC 和筑龙建筑碳排放因子数据库					
数据核算		汽油 (kg)	柴油 (kg)	电 (kwh)	煤 (kg)	水 (t)	
数据核算量		0.00	61.70	193.42	0.00	0.00	
CO ₂ (kgCO ₂ e/台)		CH ₄ (kgCO ₂ e/台)		N ₂ O (kgCO ₂ e/台)		合计 (kgCO ₂ e/台)	
原料开采 (A1 - A2)		4.02E+01		1.91E+02		1.18E+01	
施工建造 (A5)		2.88E+02		2.24E+01		8.90E+01	

交通
运输

碳排放因子数据库									
图：首页 / 交通运输									
首页	交通运输								
名称	请输入名称	年份	选择年份	重置					
来源/材料	新增	已修改	已删除	全部	导出				
名称	单位	碳排放因子 (kgCO ₂ e/单位)	年份	区域	来源	不确定度	系统边界	操作	
▼ 交通运输									
▼ 公路运输									
轻型货车运输	t·km	0.083	2021	全国平均	CFCD	5.59%	A2 / A4 / C2	详情	
重型天然气自卸车货运服务	t·km	0.064	2022	全国平均	CFCD	5.59%	A2 / A4 / C2	详情	
重型柴油自卸车货运服务	t·km	0.101	2022	全国平均	CFCD	5.59%	A2 / A4 / C2	详情	
重型柴油自卸车货运服务	t·km	0.23	2022	全国平均	CFCD	5.59%	A2 / A4 / C2	详情	
重型纯电动自卸车货运服务	t·km	0.077	2022	全国平均	CFCD	5.59%	A2 / A4 / C2	详情	
重型货车货运服务	km	0.598	2014	中国广东	CFCD	5.59%	A2 / A4 / C2	详情	
重型货车运输	t·km	0.049	2021	全国平均	CFCD	5.59%	A2 / A4 / C2	详情	
汽车 (1650kg)	km	0.11	2022	全国平均	CFCD	5.59%	A2 / A4 / C2	详情	
汽车 (1850kg)	km	0.20	2022	全国平均	CFCD	5.59%	A2 / A4 / C2	详情	
汽车 (1400kg)	km	0.21	2022	全国平均	CFCD	5.59%	A2 / A4 / C2	详情	
汽车 (1530kg)	km	0.20	2022	全国平均	CFCD	5.59%	A2 / A4 / C2	详情	
汽车	km	0.15	2022	全国平均	CFCD	5.59%	A2 / A4 / C2	详情	
燃料电池汽车	km	0.20	2017	北京市	CFCD	5.59%	A2 / A4 / C2	详情	
轻型汽油货车运输 (标准值) - 《江苏省乘用车碳排放核算设计量导则 (征求意见稿)》	t·km	0.33	2023	中国江苏	-	7.07%	A2 / A4 / C2	详情	

碳排放因子数据库

图：首页 / 交通运输 / 公路运输 / 公路运输 (汽车)

首页

交通运输

公路运输

公路运输 (汽车)

单位

选择单位

年份

选择年份

区域

选择所属区域

不确定度

请输入不确定度

来源

选择数据来源

是否默认

是否

新增

重置

编辑

已修改

已删除

全部

▼ 基本信息

数据名称

公路运输 (汽车)

规格型号

-

单位

t·km

碳排放量

2.28E-01

碳排放量单位

kgCO₂e/ (t·km)

不确定度

7.07%

系统边界

A2 / A4 / C2

区域

全国平均

年份

2018

数据来源

CBCEd

各阶段碳排放量

	CO ₂ (kgCO ₂ e/单位)	CH ₄ (gCO ₂ e/单位)	N ₂ O (gCO ₂ e/单位)	合计 (kgCO ₂ e/单位)
运输工厂 (A2)	2.28E-01	2.18E-01	5.95E-01	2.28E-01
运输工厂 (A4)	2.28E-01	2.18E-01	5.95E-01	2.28E-01
运输车辆 (C2)	2.28E-01	2.18E-01	5.95E-01	2.28E-01

碳排放因子计算

详细构造

数据维护

系统管理

能源

碳排放因子数据库									
图：首页 / 能源									
首页	能源								
名称	请输入名称	年份	选择年份	重置					
来源/材料	新增	已修改	已删除	全部	导出				
名称	单位	碳排放因子 (kgCO ₂ e/单位)	年份	区域	来源	不确定度	系统边界	操作	
▼ 能源									
▼ 煤炭及煤制品									
交通燃料	炼厂煤气	m ³	3040.00	2011	亚洲	CFCD	5.59%	A1 - A3	详情
建筑材料	焦炭油	t	2645.00	2011	亚洲	CFCD	5.59%	A1 - A3	详情
建筑材料	焦炭 (kg)	kg	2.10	2014	北京市	CFCD	5.59%	A1 - A3	详情
电力设备	焦炭 (t)	t	1870.00	2011	全国平均	CFCD	5.59%	A1 - A3	详情
燃料设备	焦炉气	t	1183.00	2008	亚洲	CFCD	5.59%	A1 - A3	详情
燃料设备	焦炭	t	3390.00	2011	全国平均	CFCD	5.59%	A1 - A3	详情
燃料设备	焦炭天然气 (kg)	kg	13.46	2015	全国平均	CFCD	3.54%	A1 - A3	详情
炼油工程	焦炭天然气 (t)	t	99.40	2018	全国平均	CFCD	3.54%	A1 - A3	详情
炼油工程	焦炭石	t	1590.00	2013	亚洲	CFCD	3.54%	A1 - A3	详情
炼油工程	焦炭	kgWh	0.08	2011	全国平均	CFCD	3.54%	A1 - A3	详情
炼油工程	焦炭煤气	m ³	1.51	2012	全国平均	CFCD	3.54%	A1 - A3	详情
炼油工程	重油催化裂解煤气	kg	0.44	2021	全国平均	CFCD	5.59%	A1 - A3	详情
炼油工程	重油热解煤气	kg	0.81	2021	全国平均	CFCD	5.59%	A1 - A3	详情
炼油工程	无烟煤 - 《江苏省固体废物核算排放核算导则 (征求意见稿)》	tj	94.44	2023	中国江苏	-	7.07%	A1 - A3	详情

碳排放因子数据库

图：首页 / 能源 / 煤炭及煤制品 / 能源

首页

能源

煤炭及煤制品

能源

单位

选择输入单位

年份

选择输入年份

区域

选择所属区域

不确定度

请输入不确定度

来源

选择数据来源

是否默认

是否

新增

重置

编辑

已修改

已删除

全部

▼ 基本数据

数据名称	能源				
规格型号	-				
单位	kg (千克)				
碳排放量	2.09E+00				
碳排放量单位	kgCO ₂ e/kg				
碳排放系数	100%				
不确定度	7.07%				
系统边界	A1 - A3				
区域	全国平均				
年份	2018				
数据来源	CBCEd				
各阶段碳排放量	CO ₂ (kgCO ₂ e/单位)	CH ₄ (gCO ₂ e/单位)	N ₂ O (gCO ₂ e/单位)	合计 (kgCO ₂ e/单位)	
	原料开采 (A1 - A2)	9.04E-02	2.61E-02	3.74E-01	9.06E-02
	能源转换 (A3)	1.38E+00	5.23E+00	9.24E+00	2.00E+00
	合计碳排放 (A1 - A3)	2.07E+00	5.26E+00	9.61E+00	2.09E+00

碳排放因子计算

煤炭燃烧

能源转换

其他能源

[illegible][illegible]

建筑
构造

[首页](#)
[建筑材料 ×](#)
[建筑材料 ×](#)
[● 建筑构造 ×](#)

构造代码 构造编号 构造单位

展开/折叠

构造代码	构造编号	构造单位数量	构造单位	项目描述	工作内容	操作
▼ 0101	0101			土石方工程		查看详情
▶ 010101	010101			土方工程		查看详情
▶ 010102	010102			石方工程		查看详情
▶ 010103	010103			回填及其他		查看详情
▼ 0102	0102			地基处理与边坡...		查看详情
▶ 010201	010201			地基处理		查看详情
▶ 010202	010202			基坑与边坡支护		查看详情
▶ 0103	0103			桩基工程		查看详情
▶ 0104	0104			砌筑工程		查看详情
▶ 0105	0105			混凝土及钢筋混凝土		查看详情

A3. 术语表

CABR
China Academy of Building Research
中国建筑科学研究院

CASBEE
Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency
综合评估体系用于建筑环境效率

DP
Demonstration Project
示范工程

FHNW
University of Applied Sciences Northwestern Switzerland
瑞士西北应用科学大学

HSLU
Lucerne University of Applied Sciences and Arts
卢塞恩应用科学与艺术大学

HVAC
Heating, Ventilation, and Air Conditioning
暖通空调

LEED
Leadership in Energy and Environmental Design
由美国绿色建筑协会建立并推行的《绿色建筑评估体系》

Mohurd
Ministry of Housing and Urban-Rural Development (China)
住房和城乡建设部

NEZB
Net Zero Energy Building
净零能耗建筑

PV
Photovoltaics
建筑一体化光伏

SDC
Swiss Agency for Development and Cooperation
瑞士发展与合作署

SIA
Swiss Society of Engineers and Architects
瑞士工程师与建筑师协会

ZEB
Zero Emission Buildings
零碳建筑

ZHAW
Zurich University of Applied Sciences
瑞士西北应用科学大学



让我们共同打造气候中和的未来
Building a climate-neutral future together



中华人民共和国
住房和城乡建设部



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

intep
skat Swiss Resource Centre and
Consultancies for Development