



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

中瑞零碳建筑项目

技术报告

低碳建材打造零碳建筑

瑞士经验分享

中文版



2024年3月



中华人民共和国
住房和城乡建设部



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Agency for Development
and Cooperation SDC



环能科技

intep

skat



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

本报告系在中瑞零碳建筑项目框架下编制。该项目由瑞士发展与合作署资助，并与中华人民共和国住房和城乡建设部合作实施，旨在推动国际合作与交流。

作者:

Martina Alig、Robyn Stäuble、Ladina Steinegger、路枫博士 | 瑞士茵态 (intep) 综合规划咨询有限公司
吴佳艳、李寅 | 浙江大学建筑设计研究院 (UAD)

设计与排版:

Intep-Skat 联合团队

intep
skat

引用格式:

Alig, M., Stäuble, R., Steinegger, L., 路枫, 吴佳艳, 李寅. 低碳建材打造零碳建筑瑞士经验分享:《中瑞零碳建筑项目技术报告》[R]. 苏黎世: Intep-Skat, 2024.

中瑞零碳建筑项目是由瑞士发展与合作署资助，并与中华人民共和国住房和城乡建设部合作开展的国际合作项目。该项目旨在通过分享瑞士在可持续及零碳建筑领域的先进经验，推动减少温室气体排放，助力中国建筑行业实现碳中和发展。

项目实施团队:

瑞士茵态 (intep) 综合规划咨询有限公司
瑞士Skat 咨询公司
中国建筑科学研究院

微信公众号:
SinoSwissZEB



网站:
zeb-china.org





目录

1.	瑞士建筑行业的生命周期评估数据	2
2.	KBOB 平台	4
3.	中国面临的挑战	8
4.	欧洲经验总结	10



1. 瑞士建筑行业的生命周期评估数据

1.1. 生命周期评估和隐含排放

生命周期评估是一种用于评估产品、服务或工艺在整个生命周期中对环境影响的方法。这包括原材料的提取、生产、使用和处置。因此，就温室气体排放而言，评估既要考虑隐含排放（间接排放），也要考虑运行排放（直接排放）。

在建筑领域，隐含碳排放指的是在供应链上游过程（如材料提取、生产、加工和处置，包括辅助材料）中发生的建筑温室气体排放。运行排放包括建筑物运行过程中产生的温室气体排放，例如用于供暖的天然气燃烧。

迄今为止，我们把应对气候变化的大部分努力都主要聚焦在减少建筑物运行能耗上。然而，虽然新建建筑可以最大限度地减少运行过程中的温室气体排放，但隐含温室气体排放的比例相对于运行能耗的下降却大幅增加，甚至比运行过程中的温室气体排放还要高。在可持续发展实践中，我们必须看到并减少这些隐含排放，这可以通过进行生命周期评估来实现。

要对建筑物进行生命周期评估，需要可靠和高质量的数据。在瑞士，由 KBOB、ecobau 和 IPB 发布的 KBOB 建议 2009/1 就全面提供了此类数据。KBOB 列表是一个标准化的数据集，支持评估建筑物对环境的影响。建筑师和规划师可以经常使用 KBOB 列表，尤其是与完成绿色建筑认证相结合。

1.2. 瑞士建筑标准和认证中的隐含排放概念

瑞士的建筑标准和认证，如Minergie-ECO或SNBS，旨在通过考虑温室气体的内含排放影响来促进节能和更环保的建筑实践。这些标准以瑞士工程师建筑师协会 SIA 提供的数字为基础进行计算，如 SIA 2032 说明文件和 KBOB 列表。

1.2.1. SIA

瑞士工程师和建筑师协会SIA是一个跨学科的专业网络，拥有来自工程和建筑领域的16000多名成员。其宗旨是促进瑞士建筑环境的可持续发展和高质量设计。SIA 2032--“建筑物的隐含能耗”说明文件为计算建筑物在建造、运行和废弃过程中的能源消耗奠定了基础。建筑能耗的关键指标是隐含能耗或隐含

温室气体排放。有了说明手册，就可以计算新建建筑、翻新建筑以及单个组件的隐含能耗/隐含温室气体排放量。SIA 2032的目标是将这些计算建立在统一的程序和数据源基础上，确保计算具有可比性和可重复性。因此，在瑞士，用于计算的生命周期评估数据基于KBOB 列表。

1.2.2. Minergie-ECO

Minergie-ECO是一个评估认可低能耗建筑的标签。建筑要获得该标签，需符合一定的生态和社会要求。Minergie-ECO 建筑的建筑材料要求具有较低的隐含能耗。根据不同的项目，隐含能耗的极限值有不同的计算方法。为进一步减少隐含温室气体（此处指二氧化碳）的排放量，应避免拆除，并对建筑部件进行再利用。计算方法遵循 SIA 的说明文件 2032。

1.2.3. SNBS

SNBS的目的是在规划、建造和运营中尽可能全面地将社会、经济和环境三个方面同等地考虑在内。因此，该标准以分阶段的方式考虑了房地产的整个生命周期。SNBS则负责开发和维护SNBS。在测量隐含能耗/隐含温室气体排放量方面，SNBS遵循Minergie-ECO 的相同规则，并以 SIA 的说明文件 2032 为基础进行计算。这样，标签Minergie-ECO、SIA说明文件和 SNBS 之间就产生了协同作用。

1.3. 对其他国家温室气体排放的考虑

除瑞士外，其他国家对温室气体排放的管理也大同小异。虽然计算温室气体排放的需求越来越显著，但具体的政策规定还在开发之中。澳大利亚、加拿大、美国、英国、德国和瑞士等国拥有各种自愿性工具，如认证标准、建议和指南，但往往缺乏全国性的法规。在欧盟，只有五个国家，法国、荷兰、丹麦、瑞典和芬兰，通过了减少温室气体隐含排放的法律。欧盟本身也认识到温室气体隐含排放对实现净零排放目标的重要性，但目前这方面的努力还停留在投票阶段。在亚太地区，ALCBT 的发展势头日益增强。越来越多的亚洲和非洲国家正在开发测量建筑物全生命周期碳排放的方法、数据库、工具和计算等基础设施。联合国环境规划署和GBDI的目标是支持各国的能力建设、数据生成和基准设定，以减少温室气体排放和资源使用。

2. KBOB 平台

为了提供有关瑞士建筑材料、建筑技术、能源系统和运输的高质量最新数据, KBOB 和 ecobau 推出了建筑行业生命周期评估数据平台 - KBOB平台。具体数据汇总于 KBOB、ecobau 和 IPB 发布的 KBOB 建议 2009/1 或简称 KBOB 列表中。有了这个标准化的数据集, 建筑承包商、建筑师和建筑工程师就可以评估建筑物对环境的影响。

该平台可被视为建筑行业协会(如SIA)、研究机构(如ETH, ecoinvent)、公共建筑承包商(KBOB, ecobau)和私人专业建筑业主利益集团(IPB)之间的制度化代表。KBOB 和 ecobau 负责管理该平台。

本章将介绍 KBOB、IPB 和 ecobau, 并讨论 KBOB 列表的应用。

2.1. KBOB

KBOB 成立于1968年, 是瑞士联邦建筑当局的协调机构。1999 年重组后, 它现在则是其作为建筑商和

业主的成员的利益代表。它不仅代表与建筑业有关的利益, 也是建筑业的联络点。

KBOB的首要目标是节约资源和提高质量。KBOB 与其成员(图1)一起, 旨在通过考虑房地产整个生命周期中的社会和生态影响, 保障资源的经济性利用。

2.1.1. KBOB 的组织结构

KBOB的成员包括联邦建筑与物流办公厅(FOBL)、瑞士房地产管理局(arma suisse)、联邦理工学院董事会(ETH board)、联邦交通办公厅(FOT)、联邦道路办公厅(FEDRO)、瑞士各州公共工程、规划与环境主管会议(KPUK)、瑞士市政协会(SGV)以及瑞士城市协会(SSV)。瑞士联邦铁路局(SBB)担任观察员。

KBOB理事会确定KBOB的活动重点, 参与讨论并制定战略。它将任务分配给四个专家组和特设工作组。专家组为关键领域设立, 它们代表理事会行事, 处理对KBOB特别重要的任务, 负责在KBOB成员之间进

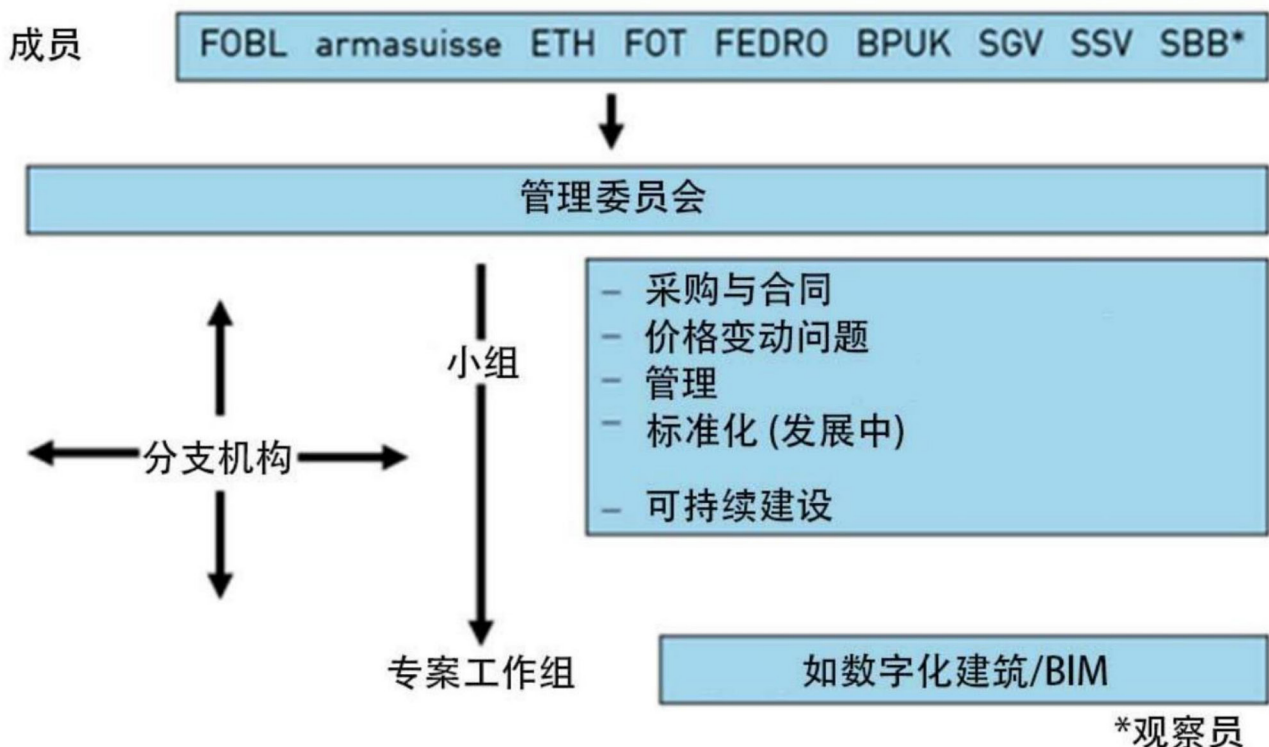


图1 KBOB的组织



行专业信息交流和经验分享。至于其他任务，则由特设工作组负责。

2.2. ecobau

ecobau是一个协会，旨在通过开发和传播规划工具，在建筑的各个阶段（规划、实施、拆除）为规划师和建筑师提供支持，从而在广泛的基础上建立可持续、生态和健康的建造方法。此外，ecobau还支持和促进专家培训。

2.2.1. ecobau的组织架构

Ecobau董事会负责战略管理，确保高效透明的业务管理。它还负责实施战略、回答问题、提供信息和制定项目（图2）。

ecobau提供的规划工具包括建筑认证和标准（如Minergie-ECO和SNBS）、合同组成部分和产品选择。

2.3. IPB

私营专业建筑商利益集团（IPB）是一个由瑞士和国际公司组成的联合体，这些公司在建筑和房地产领域进行投资并实施项目。IPB是瑞士最大的房地产投资组合之一。

2.4. KBOB列单

KBOB、ecobau 和 IPB 在 KBOB 建议 2009/1 - KBOB 清单中汇编了建筑行业的生命周期评估数据。这些数据基于 ecoinvent v2.2 数据库，并定期更新。KBOB 列表是一个公认的数据库，用于计算建筑材料和工艺、能源和运输系统在一次能源消耗量、温室气体排放量和环境影响方面的影响。SIA 使用 KBOB 列表作为其各种说明文件（如 SIA 2031 (2008)《建筑能源证书》、SIA 2032 (2010)《隐含能耗》、SIA 2040《能效路径》）的计算基础，ecobau 使用该列表作为其工具和规划工具的基础。

申请人可根据该清单对建筑工具进行比较，并决

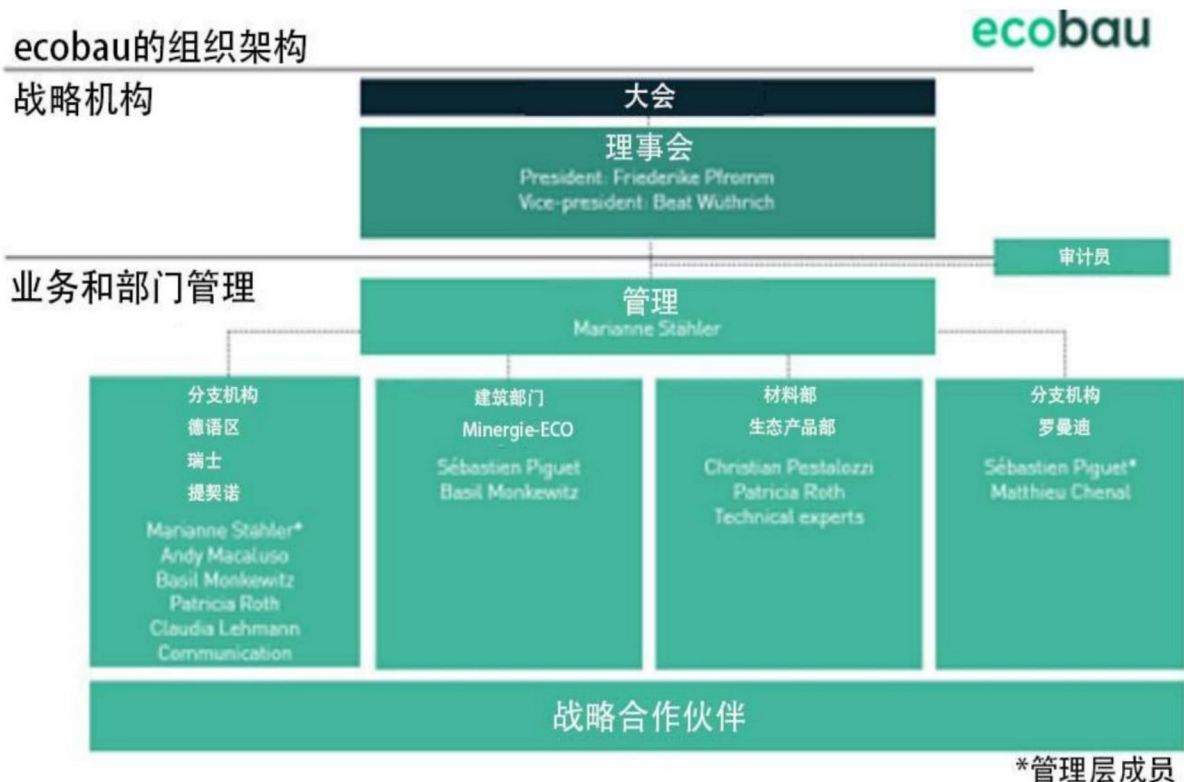


图2 ecobau的组织

定在其项目中使用哪些工具。从这个意义上说, KBOB 列表对市场有直接影响, 能为提供优化产品系列的供应商提供便利。

2.4.1. 使用KBOB 列表

KBOB 列表有 PDF 或 Excel 版本, 可免费下载和使用。但是, 有关生命周期评估数据的详细信息则需要收费的 ecoinvent 许可证。

KBOB 列表中的生命周期评估数据已应用于多个瑞士绿色建筑认证体系 (如 Minergie-ECO、SNBS)、规划工具 (如 Eco-Devis、Lesosai) 和标准 (如 SIA 2032) 中 (图 3)。

2.4.2. 纳入生产商和产品的生命周期评估数据

生产商和特定产品的生命周期评估数据若要列入 KBOB 列表, 必须由专家进行核实和验证。数据必须符合方法规范, 即目前的 ecoinvent 质量指南 v2.2 以及针对生产商和产品特定数据的附加规范。此外, 这些数据必须在瑞士市场上具有代表性。

创建符合KBOB标准的数据有两种情况:(1)创建符合KBOB标准的数据, 纳入PDF/Excel版本的KBOB列表 (图4); (2)创建生产商特定的、符合KBOB标准的数据, 纳入 Excel 版本的KBOB列表, 并可由生产商/经销商/协会独立发布 (图5), KBOB列表在规划工具中的实施可促进和加强对其的使用。

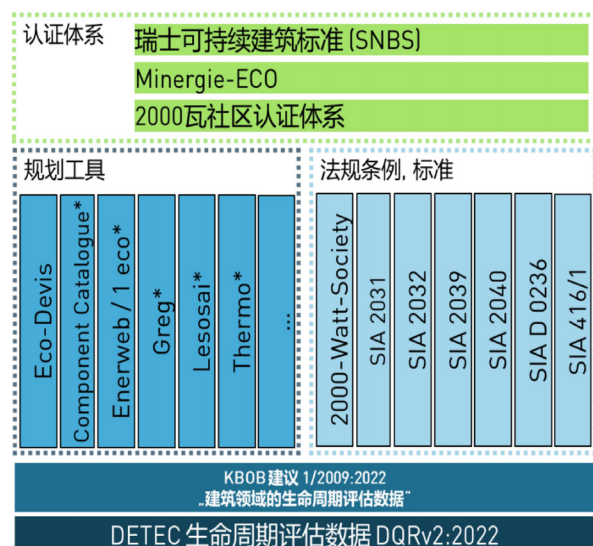


图3 以 KBOB 清单为依据的瑞士建筑行业认证体系、规划工具和标准

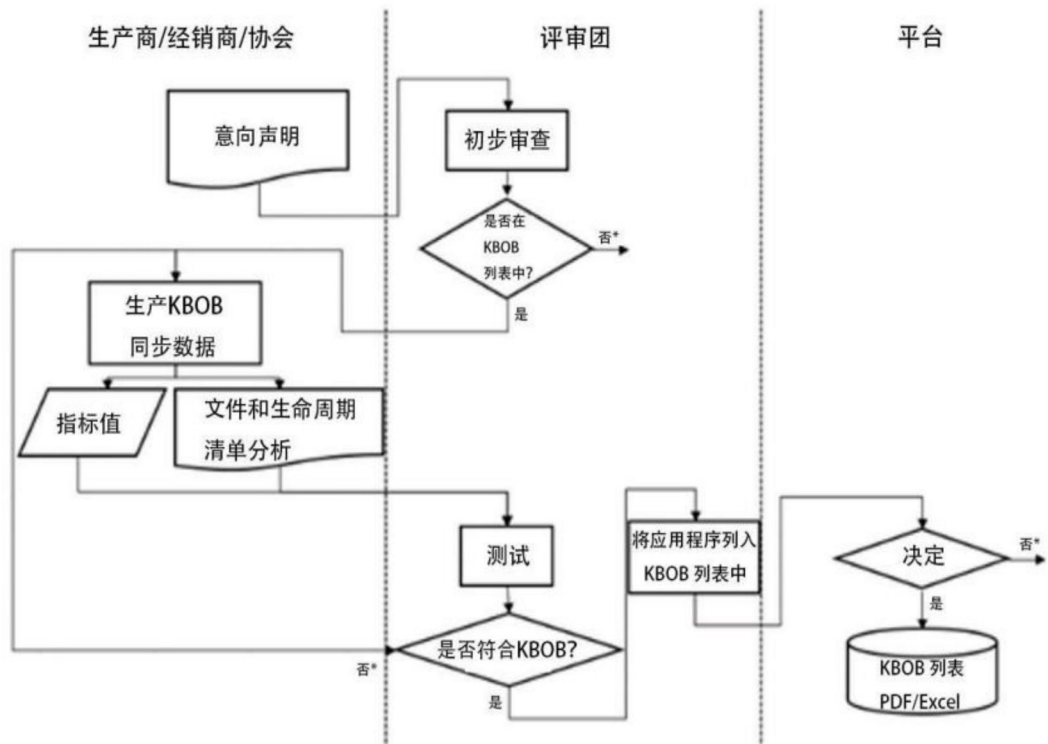


图5 编制符合 KBOB 标准的生命周期评估数据的过程, 这些数据将纳入 PDF 和 Excel 版本的 KBOB 清单。*: 生产商可选择创建符合 KBOB 标准的生产商专用数据(见图 5)。

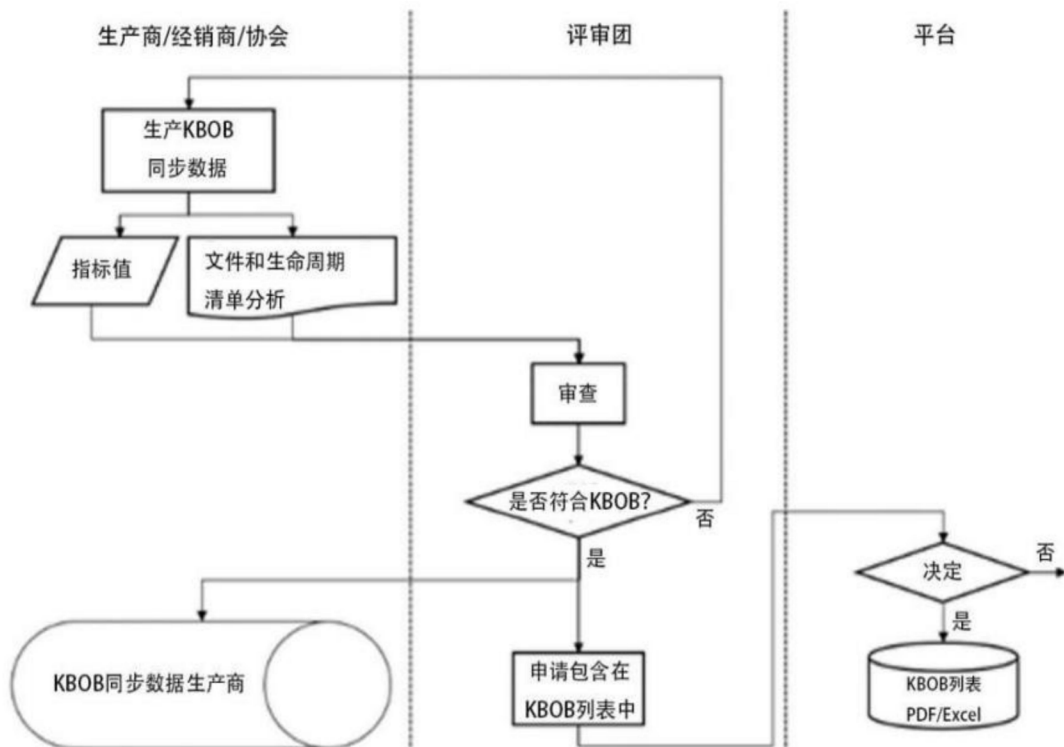


图6 开发生产商专用的、符合 KBOB 标准的生命周期评估数据的流程

3. 中国面临的挑战

中国的<<碳排放计算标准-GB_T51366>>中的碳排放指数只包括生产阶段,不包括废弃阶段。因此,我们在此首先只比较了中国和瑞士的生产阶段,然后单独列出废弃阶段的情况。

有些材料,如木材,在GB_T51366中没有数据。估计这是因为中国建筑领域使用得木材主要来自进口,因此很难获得精确的碳排放数据,或是由于运输过程中的碳排放数据过高。正因如此,我们更需要统计排放。

为了更好地进行比较,我们把单位都定为公斤或平方米,否则有些材料的单位是立方米,就会让人混淆。

一般来说,中国生产的材料还不如瑞士生产的材料环保,这说明在生产方面或国家电网方面还有改进的空间。

GB T51366的中国材料数据来自成都一家研究所的数据库。看上去,他们已为数据库开发了一个程序。更多信息,可见网址:<https://www.ike-global.com/>。

从上述数据库只能看到,同一种建筑材料在KBOB和GB_T51366之间的差异在大多数情况下都在50%的合理范围内。但不同材料之间的碳排放量却有巨大差异。迄今为止,中国投资方和建筑师的反馈表明,由于缺乏材料数据,他们很难选择环保材料。在中国的碳数据库完善之前,他们也可将瑞士数据(KBOB)暂作决策的可靠参考。

3.1. 中国现状

现阶段,气候变化问题已成为全球关注的焦点。绿色低碳经济也已经成为全球共同努力的目标。中国更是在2020年12月的气候大会上提出了争取2030年前碳达峰、2060年前碳中和的目标。并于2021年9月22日,发布了《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》;于2021年10月26日,国务院印发《2030年前碳达峰行动方案》。上述两个文件是中国践行碳达峰碳中和工作的重要纲领性文件。

根据《国际能源机构(IEA)全球建筑物跟踪报告》

,2021年建筑物的能源和过程排放(包括新建建筑的隐含排放部分),消耗了全球最终能源消耗的30%,碳排放则占能源部门总排放量的27%,其中8%是建筑物的直接排放,19%是建筑物中使用的电力和热力生产的间接排放。建筑领域是应对气候变化的重要领域。

2022年7月13日,住房和城乡建设部国家发展改革委关于印发《城乡建设领域碳达峰实施方案》的通知,提出了城乡建设领域2030年前碳排放达到峰值的要求,包括城乡建设绿色低碳发展政策体系和体制机制基本建立;建筑节能、垃圾资源化利用等水平大幅提高,能源资源利用效率达到国际先进水平;用能结构和方式更加优化,可再生能源应用更加充分;城乡建设方式绿色低碳转型取得积极进展,“大量建设、大量消耗、大量排放”基本扭转;城市整体性、系统性、生长性增强,“城市病”问题初步解决;建筑品质和工程质量进一步提高,人居环境质量大幅改善;绿色生活方式普遍形成,绿色低碳运行初步实现。并且力争到2060年前,城乡建设方式全面实现绿色低碳转型,系统性变革全面实现,美好人居环境全面建成,城乡建设领域碳排放治理现代化全面实现,人民生活更加幸福。

对于建设领域来说,双碳工作的侧重点主要在于,如何在建筑建设过程中推进绿色低碳的建造方式,采用兼具高节能效果的低碳性能的建筑材料;以及建筑建成之后如何提升建筑运行的效率从而达到节能减排的目的。对于建筑本身来说,同样节能效果的建筑产品,由于生产工艺和材料运输方式的不同,生产过程中的碳排放因子是不同的。

因此,对于建筑材料的减碳化的影响主要考虑建材生产环节的工艺水平提升,在《建材行业碳达峰实施方案》中就特别提出,“推动建材产品减量化使用”。提高水泥产品质量和应用水平,促进水泥减量化使用。开发低能耗制备与施工技术,加大高性能混凝土推广应用力度。加快发展新型低碳胶凝材料,鼓励固碳矿物材料和全固废免烧新型胶凝材料的研发”。同时需要“构建绿色建材产品体系”。要求“将水泥、玻璃、陶瓷、石灰、墙体材料、木竹材等产品碳排放指标纳入绿色建材标准体系。



3.2. 挑战

3.2.1. 中国地大物博

由于地域范围广,气候条件、物质资源、经济发展及人口分布根据不同地区的特点差异化程度较大。对于人们长时间居住使用的建筑空间,在建材的使用、建造的过程及建成后的运行中,由于资源、工艺及使用习惯的差异化,对于能源的需求和产生的碳排放差异化程度较大。

3.2.2. 气候条件不同

由于中国地域面积广泛、气候条件区别非常大。为此,为了使各地的建筑更充分地利用和适应我国不同的气候条件,做到因地制宜的目的,在我国《民用建筑设计通则》中对我国根据气候特点进行气候区划分,包括严寒地区、寒冷地区、夏热冬冷地区、夏热冬暖地区和温和地区。对于不同的气候区,由于累年最冷月平均温度和最热月平均温度的差异非常大。因此,从充分利用自然资源,减少空调供冷采暖的角度,每个气候区采用的节能技术和策略是不同的,也就导致了使用的建筑技术、建筑材料和设备产品的差异化程度较高。

3.2.3. 产业分布不均

由于地域范围广,除了气候条件区别外,不同地区的矿产资源及产业分布也差异较大,特别是建材企业根据材料的源头不同在不同的地区分布。除了国家统一的行业标准外,不同省份在对同类型企业的管理根据地方特色会有一些差异化,也会导致建材生产环节的工艺水平各有不同。对于同类产品来说,原料、生产工艺及水平的差异对于建材生产过程中的碳排放因子影响程度较大。

3.2.4. 经济发展平衡

城市的发展定位不同,在中国不同地区经济发展水平差异化,不同城市开发建设量区别较大。而且,由于产业分布不均,导致城市内的建材供需不平衡,需要从其他地区调入,运输距离的长短对于建材运输过程中的碳排放有不同程度的影响。需要综合平衡生产过程的碳排放和运输过程的碳排放影响。

以下是中国在发展建材碳排放数据库方面更多可提升的方面:

- 目标一致、可复制、可比较的统一法规;
- 生态考虑因素:推广可降低温室气体排放的建筑实践可改变对环境的影响。例如,从使用混凝土转为使用木材就会产生这样的问题:森林是否可以得到可持续管理,并提供额外的木材需求。建筑/建造行为本身以及与之相关的所有过程都会导致土地使用的改变和生物多样性的丧失(不仅是通过土地使用的改变,还包括在封闭地面并在其上建造时对生态系统的破坏);
- 成本:可持续建筑需在实现标准建筑做法同时也达到一定经济性。

4. 欧洲经验总结

建筑行业生命周期评估数据平台是一个重要工具，它简化了建筑行业温室气体排放的计算。它提供了建筑对环境影响的全面视角，从而支持知情决策和获得可持续性认证。

它在选择更环保的材料以及向不同的利益相关者宣传项目的环境绩效方面发挥着至关重要的作用。这样，它就能通过监测趋势和促进创新，使建筑部门不断追求进步。政府部门、教育机构和各行各业的广泛参与凸显了该平台的支持作用。

该平台的一个显著优势是采用了结构化流程来确保数据质量和定期更新，从而加强了所提供信息的可靠性。该平台规定了数据有效期，并要求制作者在数据发生重大变化时提交更新，从而保持了数据的相关性和准确性。

随着规划工具和软件工具（如认证系统、Eco-Deviz、Lesosai、LCA 软件、BIM）的不断发展，KBOB 清单的使用有助于实现推动建筑行业向更可持续的方向发展的总体目标。

欧洲在建立建筑行业生命周期评估 (LCA) 数据库方面的经验非常丰富和成熟。有多项旨在改进建筑产品和建筑的 LCA 数据的收集、管理和传播的举措和项目。欧盟的《建筑产品条例》(CPR) 及其伴随的生态设计要求是最值得注意的举措之一。此外，欧洲委员会还资助了专注于在建筑行业创建和实施 LCA 数据库的研究和开发项目。这些项目旨在提高建筑行业 LCA 数据的质量和可用性，并鼓励在开发更可持续和能源高效的建筑中使用 LCA。总的来说，欧洲在建立 LCA 数据库方面的经验是积极的，在数据收集和管理以及最佳实践和标准的发展方面取得了显著进展。

欧洲在建立建筑行业生命周期评估 (LCA) 数据库方面有许多举措和项目，其中一些如下：

- 欧洲委员会的建筑产品法规 (CPR)，旨在通过应用生命周期评估 (LCA) 原则提高建筑产品的环境表现。
- 环境产品声明 (EPDs) 计划，是一项由行业领导的自愿计划，旨在通过使用 LCA 提高建筑产品的环境表现。
- 国际能源署建筑与社区计划 (EBC) 开发的建筑行业生命周期评估 (LCA) 数据库。

这些举措和项目旨在提供建筑产品的环境表现数据和信息，以支持建筑行业的决策，提高建筑施工的可持续性。

欧洲建筑行业生命周期评估数据库存在地区和国家差异，这些差异可能由多种因素引起，例如建筑规范、法规和文化惯例的差异。

为了克服这些差异，已经有多个旨在统一生命周期评估数据库和方法的举措和项目。例如，欧洲生命周期评估建筑领域网络 (ENLACS) 旨在促进欧洲生命周期评估方法和数据库的统一和发展。另一个例子是欧洲委员会的生命周期评估数据网络 (LCDN)，它旨在提供一个欧洲生命周期评估数据和信息的单一访问点，包括来自不同国家和地区数据库的数据。此外，还有努力使生命周期评估中使用的数据收集、计算和报告方法标准化，以确保结果的可比性和可靠性。这包括国际标准化组织 (ISO) 生命周期评估标准 ISO 14044:2006 Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines 等举措。

为了克服欧洲建筑行业生命周期评估数据库的差异，重要的是各方齐心协力，协调努力，朝着统一和标准化的共同努力。

瑞士的数据库，例如 KBOB，与其他欧洲国家的数据库可能存在差异。这些差异主要体现在以下方面：

- 数据的种类和范围：每个国家和地区的数据库可能涵盖不同的数据种类和范围，例如建筑类型，材料种类，使用寿命等。
- 数据质量：数据质量可能受到不同国家和地区的评估方法，数据收集渠道和数据来源的影响。
- 数据标准：不同国家和地区可能遵循不同的数据标准，例如生命周期评估标准，技术标准等。

要克服这种差异，可以采取以下措施：

- 加强国际合作：通过开展国际合作，加强数据库的国际标准化，确保数据的可比性和可靠性。
- 制定统一的数据标准：制定统一的数据标准，以确保数据的一致性和可靠性。
- 加强数据质量管理：加强数据质量管理，以确保数据的准确性和可靠性。



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

Swiss Agency for Development
and Cooperation SDC

IBEE 环能科技 intep skat