



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

基于低碳建筑材料的零碳建筑设计

瑞士经验

中文版



2024年7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

IBEE 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:

Gianrico Settembrini、Marvin King、Sina Buettner | 卢塞恩应用科学与艺术大学 (HSLU)

内容贡献与审阅人员:

路枫博士、Roland Stulz、朱继龙 | 瑞士茵态 (intep) 综合规划咨询有限公司

李寅 | 浙江大学建筑设计研究院

设计与排版:

Intep-Skat 联合团队

intep
skat

引用格式:

Settembrini, G., King, M., Buettner, S. 基于低碳建筑材料的零碳建筑设计-瑞士经验介绍:《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



封面图片: 瑞士巴塞尔的 Lysbüchel 区 (Baubüro In situ 版权所有)



目录

1.	零碳建筑设计与低碳建筑材料	2
2.	循环建造简介	8



1. 零碳建筑设计与低碳建筑材料

在研究和教学中,对建筑物和建筑构件全生命周期碳排放的整体考量是零碳建筑的核心组成部分,而「循环建造」理念则是其中最受人们关注的重要方面。

1.1. 引言

下面是一张改变全人类认知的照片:“地球升起”这张照片展示了我们美丽的地球,同时也第一次让人们意识到,美丽的地球实际上是一个封闭的系统。(这种全新的视角被称为“概览效应”,改变了人们对地球和环境的看法,激发了更强的全球责任感和环境保护意识)。

1968年12月24日,执行阿波罗8号登月任务的宇航员比尔·安德斯拍摄了这张对我们人类社会至关重要的照片,也是人类第一张将地球作为拍摄对象的照片:“地球升起”。正如其名,它展现了我们星球的美丽,与此同时,将地球作为一个「封闭系统」的意识开始出现,让我们今天的所有人意识到,地球资源是有限且是会耗尽的。

瑞士建筑行业的碳排放占到该国二氧化碳总排放量的四分之一以上(约占能源总消耗的40%)。同时,工业领域以“可持续发展”为名,仍消耗了大量资源和能源。过度的消费主义让我们的社会偏离了原有



图1 从月球看到的地球 (©NASA)

的发展轨道。如果今天的人类社会还想要持续发展下去,就必须防止有价值的材料被随意丢弃,变成让垃圾破坏我们赖以生存的环境。这里,最关键的问题是:因此我们想要怎样的生活?

建筑行业也需要进行转变既有的观念和模式,艺术家Erwin Wurm用他的艺术作品(图4)展示了如何改变人们对建筑物的观念和看法,表达他对于当代社会过度消费行为可能导致畸形发展的担忧,由此引起建筑行业也开始转变其思维方式:在设计和施工过程中,从“计算造价”转向“计算二氧化碳排放量”——并需要在更大范围上改变人们既有的观念。

上图由艺术家Erwin Wurm完成的艺术作品也是对“你的房子有多重?”这句话的类比,这句话可追溯到20世纪初的可持续发展先驱和建筑师巴克敏斯特·富勒(Buckminster Fuller),当时他用这个建筑重量问题挑战当时的建筑设计是否足够高效,从而节省建材资源的使用。(当时由于轻量化的钢结构建筑的出现和发展,引起广泛的建筑设计理念转型,从封闭厚重的建筑转向轻质透明的建筑)如今,这句名言同样可以用于质疑和挑战建筑师的设计是否可以尽量减少二氧化碳的排放量。

1.2. 行业现状

如今,瑞士每年产生约2400万吨垃圾,相当于每人每年2860公斤,可分为四类(建筑垃圾、市政垃圾、危险废弃物和污水污泥/FOEN 2008),其中市政垃圾(家庭垃圾)约700公斤和建筑垃圾约1900公斤。新建筑的建设过程和老建筑的拆除过程所产生的垃圾占比最大,接近三分之二。它们主要由矿物材料组成,例如混凝土或砖块,如果能得到适当的处理和分类,可以在适当加工后进行重复利用。目前,瑞士80%的建筑垃圾已经可以得到回收利用(并实现100%全部降级再利用)。

据估计,仅仅拆除一栋独栋住宅就会产生约400吨建筑垃圾,这相当于至少36辆公交车的重量。

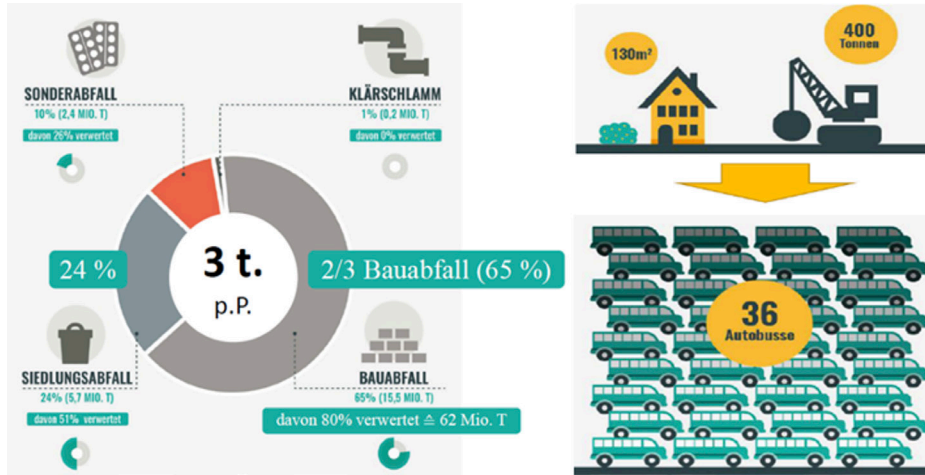


图2 瑞士产生的垃圾：垃圾分类及比较 (图片来源：HSLU)

1.3. 瑞士建筑物的隐含碳排放

首先从总体碳排放量来看，虽然2020年瑞士未能实现其承诺的二氧化碳减排目标，但如果仔细分析图中不同行业的减排量，可以发现从1990年起至今，建筑行业的二氧化碳排放量已经大幅降低。

然而，建筑行业前仍占总体二氧化碳排放量的24%，距离净零碳排还有很长的路要走！另外，交通运输业的碳排放量长期以来一直居高不下，近10年来尽管呈现一定的下降趋势，但仅略低于1990年的水平。2019年至2020年期间，由于新冠病毒的影响，交通运输业的碳排放量显著下降。

根据《巴黎气候协定》框架，瑞士承诺到2030年将温室气体排放量相比1990年的水平减少一半（从53.7万吨二氧化碳当量减少到26.85万吨二氧化碳当量）。从2050年起，瑞士的目标是在温室气体净排放方面实现全面碳排放中和。



图3 你的房子有多“重”？计算建材的二氧化碳排放量而不是计算其重量 (© Skulpturenpark Waldrieden/D, Erwin Wurm: Fat House)

19%的“其他排放”包括农业活动的排放、垃圾处理产生的排放以及工业过程中合成气体的排放。

上图显示出建筑整体二氧化碳排放量的圆圈将随着时间的推移（由于建筑设备、外墙保温、门窗性能的改善）不断变小，同时也能发现，建设阶段的建筑材料隐含碳排放（绿色）和运营阶段的能耗碳排放（灰色）之间的关系：随着时间的推移，绿色部分变得越来越大，体现出建筑材料隐含碳排放的重要性将越来越大。

1.4. 可持续建筑的杠杆效应

当前的经济模式以“生产-消费-丢弃”这一线性原则为主，为了保证整个社会的可持续性，必须转变为闭环且精简的「物质循环经济」模式。循环建造涉及诸多方面，不仅包括建筑材料，还包括运营能耗和水资源管理等。它比简单地通过持续维护来延长建筑物的寿命，或通过重复使用建筑构件来节省资源要深入得多。“最绿色环保的建筑”永远是那个从未被建成的建筑（因为它不会消耗任何资源，不会产生任何污染），但我们需要通过重新思考既有的建设范式，采用新的思维方式和技术，寻找更可持续的建造方法。

这要求我们考虑微观到宏观的各个层级，并将这些的信息整合成一个简明的整体视图，在每一个层级上都需要有相应的推动力来推动可持续建筑这一目标的实现：

宏观层次、中观层次、微观层次



我们如何规划可持续的城市?(宏观层次)

- 减少土地消耗
- 既有城市资源和空间的再利用
- 通过微气候规划打造凉爽的城市空间应对城市热岛效应
- 我们如何建造可持续的建筑?(中观层次)
- 创造可促进生物多样性的生活空间
- 倡导集约的生活方式
- 避免随意拆除既有建筑
- 我们如何设计可持续的细部节点?(微观层次)
- 保证建筑构件可被修理而不是更换并丢弃
- 使用更少的材料进行建造
- 选用低碳的资源节约型建筑材料

1.5. 综合全面的整体方法

制定全面的整体解决方法意味着需要提供持续不断的推动力,在卢塞恩应用科技大学HSLU的跨学科合作项目中,我们从建筑专业、生态专业和经济专业等多个角度分析整体实施可持续建筑设计与施工所面临的挑战和机遇,并与建筑业和房地产业共同讨论提高既有建筑改造翻新比例的解决方案。

我们与瑞士联邦部门(瑞士能源部SFOE/瑞士住房部FOH/瑞士环境部FOEN)一起寻求落实新颁布的「二氧化碳排放法」的具体解决方案,并将在集群项目框架内(即整合和协调多个互相关联的建筑项目,通过资源共享、跨学科合作和共同目标来实现更大的整体效益)扩大其规模效应,作为提高既有建筑翻新率和提高碳排放效率的驱动力。此外,我们还考虑到复杂的建筑总体系统的相互影响和作用,并与机构投资者共同制定维护不动产价值的策略。在全球气候变化危机中,为建筑业主和相关规划设计人员提供实用

20 百万吨二氧化碳当量

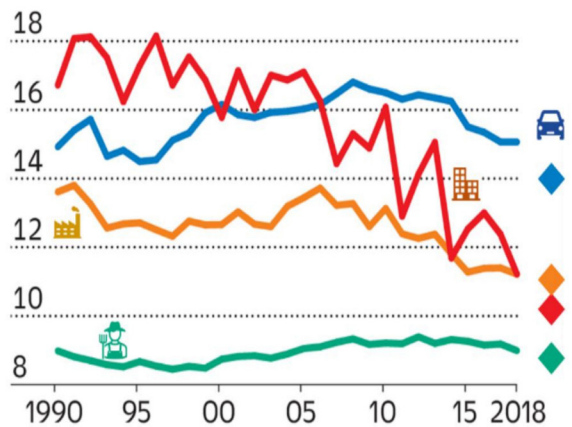


图4 截至2020年温室气体排放量:总计4,340万吨二氧化碳当量(©BAFU, 瑞士温室气体清单)

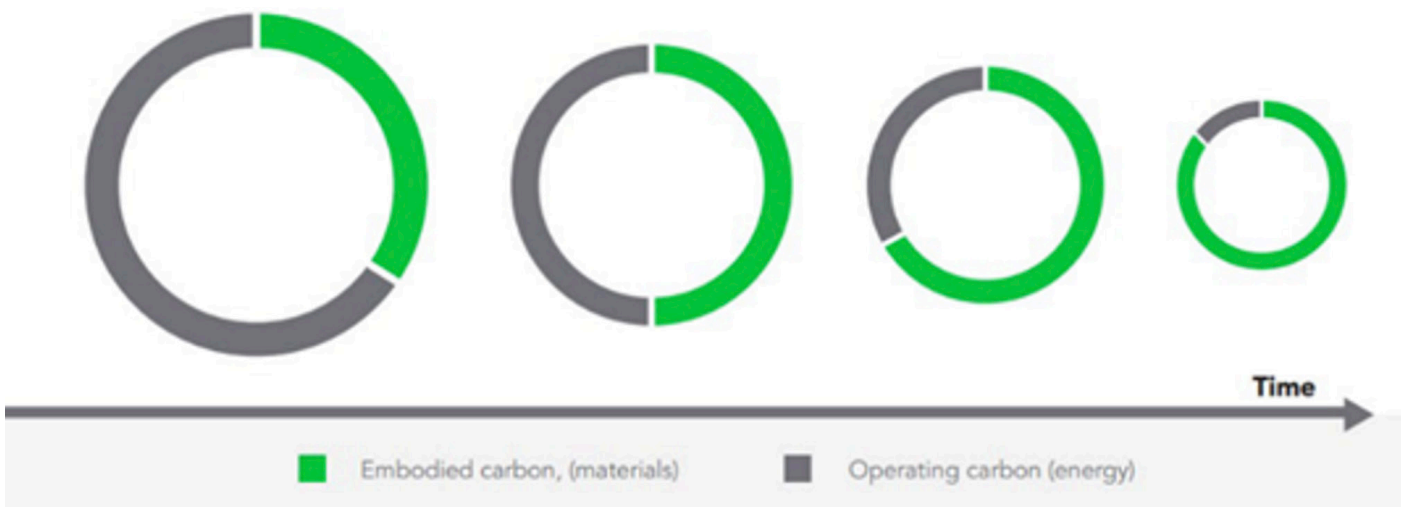


图5 建筑物生命周期中运营阶段碳排放和建设阶段碳排放的发展和趋势(©The Embodied Carbon Review, One Click LCA Ltd, 2018)

的指导方针和操作建议, 开发新的商业模式, 从“线性经济发展模式”转型至“循环经济发展模式”。

1.6. 全生命周期评估对可持续建筑的重要性

只有对建筑物进行全生命周期评估计算, 才能量化并确保以循环经济发展模式为核心的建筑项目或设计策略能够真正减少对环境的影响。全生命周期评估包括建筑产品在整个生命周期中所产生的环境影响。

通过这种方法, 建筑物的潜在二氧化碳排放量计算和隐含能耗计算在项目早期规划阶段就可以作为投资方的决策依据, 例如下图所示, 我们对位于瑞士城市Rotkreuz的Suurstoffi开发区的四栋高层建筑(采用木结构与混凝土结构结合的混合结构)进行了测算。

下图我们看到4栋建筑物采用木结构(左侧)和传统混凝土结构(右侧)的对比结果, 采用木结构可以减少约5%的隐含能耗和隐含碳排放。但同时我们也发现, 4栋不同建筑物之间的总体隐含能耗和隐含碳排放差异远比这5%大得多!原因何在?

除了建筑形体的紧凑性和建筑规模造成了这种



图6 Risch-Rotkreuz /ZG Suurstoffi场地上的四栋混合木结构建筑(©HSLU, 不同结构体系建筑的隐含碳排放比较: 四栋木结构建筑与传统混凝土结构建筑的比较, 2022年)

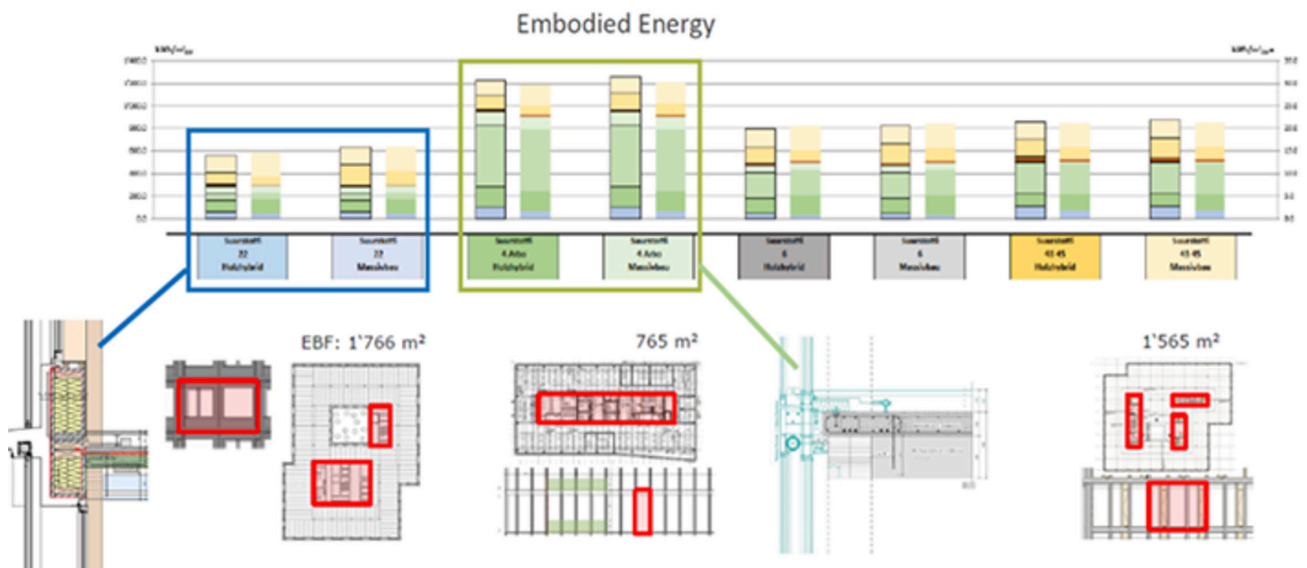


图7 建筑物总体隐含碳排放的比较(©HSLU, 不同结构体系建筑的隐含碳排放比较: 四栋木结构建筑与传统混凝土结构建筑的比较, 2022年)



差异以外,更重要的区别在于不同建筑物的外立面窗户和幕墙的构造方式(绿色部分):左边蓝框代表的建筑物采用了更为低碳的木制框架外墙系统和普通窗户,而在右边绿框代表的建筑立面则采用了复杂的双层封闭式幕墙系统(内侧双玻,外侧单玻)导致碳排放更高。

中所需的所有建筑材料的用量,并将这些材料的重量与材料对应的环境因子系数(碳排放或能耗)相乘并加和得到其全生命周期总体碳排放量,每种建筑材料的碳排放可根据瑞士建筑和房地产管理协会发布提供的“KBOB 2022”建筑材料碳排放因子数据库(基于建筑与建筑产品协议CBPP)进行计算。

1.7. 瑞士隐含碳排放计算工具

首先需要申明:目前的碳排放计算工具还未考虑到回收建筑组件重复利用从而延长其使用寿命的循环建造理念。

迄今为止,房屋一直处于“建造->使用->拆除”的线性生命周期,并最终产生大量垃圾废弃物。如果今后这种「线性建造」概念被「循环建造」概念所取代,那么将能完全避免物料资源的浪费。

建筑隐含碳排放计算方法和原理:图9是全生命周期评估计算的基本原理,需要统计建筑物建造过程

1.8. 建筑实践项目中的降碳措施

在建筑行业转型循环建造的过程中,在建筑设计层面和建筑构件层面进行进一步推动发展和改变思路非常重要。例如在新型建筑立面构造系统的开发中,对于立面构造中每个独立构件的全生命周期考量至关重要的作用。我们与建筑工业界伙伴组成的跨学科研究团队共同开发了一套完全由矿物质材料组成的外墙系统(纯天然粘土产品)。该系统避免使用寿命较短的构件影响建筑的整体耐久性,开发出一种透气且生态的外墙方案,可用于替代传统的紧凑型外墙(采用石油基保温材料如EPS/聚苯乙烯),不仅满足保

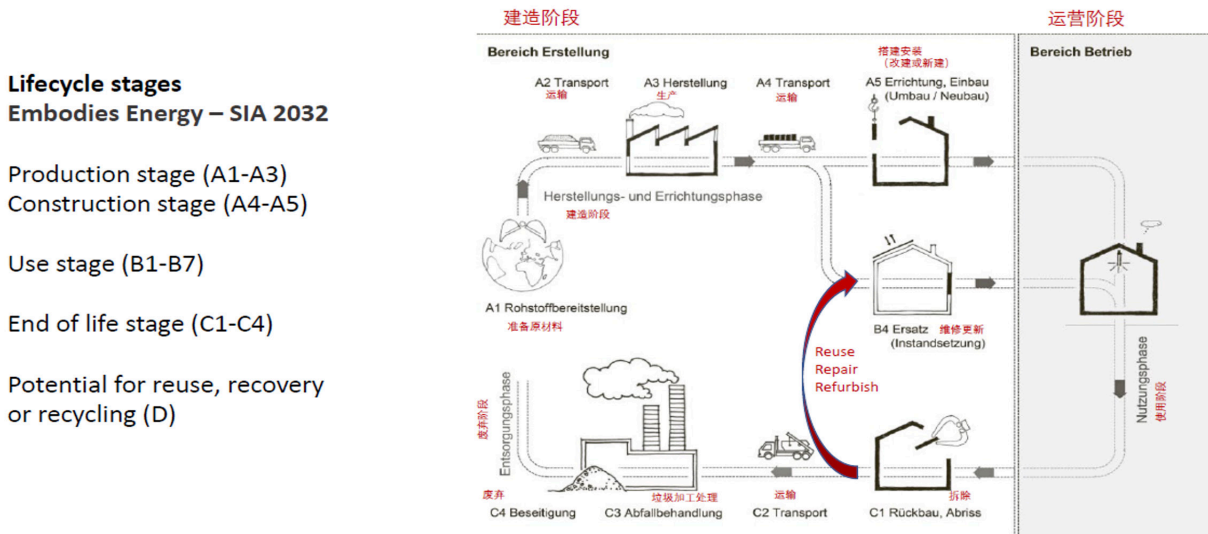


图8 生命周期阶段所涵盖的能源 (©SIA 2032 - Graue Energie - Ökobilanzierung für die Erstellung von Gebäuden, 2020)

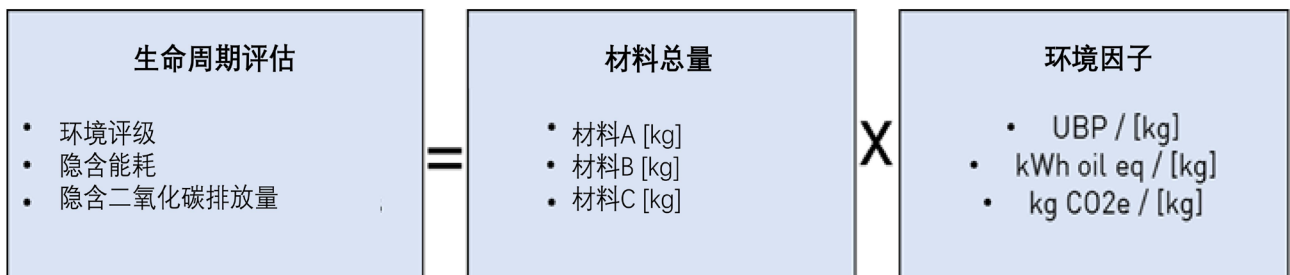


图9 建筑全生命周期隐含碳排放的评估和计算方法 (图片来源:HSLU)

温性能的需求,还保障了健康的居住环境和更好的储热性能。

瑞士高校目前正在进一步开发这类开源的非专利性的建筑构造系统用于既有建筑翻新类项目,该系统非常适合与木材和粘土等其他低碳可持续材料结合使用。

砖是人类已知最古老的建筑材料之一,其基本成分是粘土。在制造过程中,粘土被加工、制模,然后烧制。砖块之间不是用水泥而是用石灰砂浆粘合,因此砖墙可以被轻松拆卸并重复使用砖块。如今,甚至在屋顶瓦片的生产过程中已经使用了一定量回收处理过的粘土制作新瓦。

在当前与苏黎世市政府合作的项目中,比现行的传统建造方式,我们采用新型通风系统和低技设计策略Low-Tech进一步减低建筑的隐含碳排放。建筑设备在建筑行业的总体排放中占有相当大的比例,分别为25% (初级能源消耗) 和20% (温室气体排放)。通风设备本身 (如图10右图所示,通风管道与结构体系分

离的开放式管道布置) 在建筑通风系统产生的总体隐含能耗、温室气体排放和总体环境影响中大约占50-65%,对此我们需要提出合理的替代解决方案,例如采用手动通风等低技策略减少通风设备的使用量。

1.9. 结论

回到一开始提出的问题:“我们想要怎样的生活?” 我们可以回到建筑全生命周期评估计算的基本公式:

- 建材用量
- 建筑材料的环境影响因子 (碳足迹, 温室气体排放, 隐含能耗)
- 建筑用能参考面积 (对于建筑物在运营阶段的每平方能耗非常重要)
- 建筑寿命建筑构件的使用寿命是建筑全生命周期评估计算的重要组成部分。



图10 完全由矿物质材料组成的保温外墙系统;右图:传统的建筑设备/通风系统 (图片来源:HSLU)

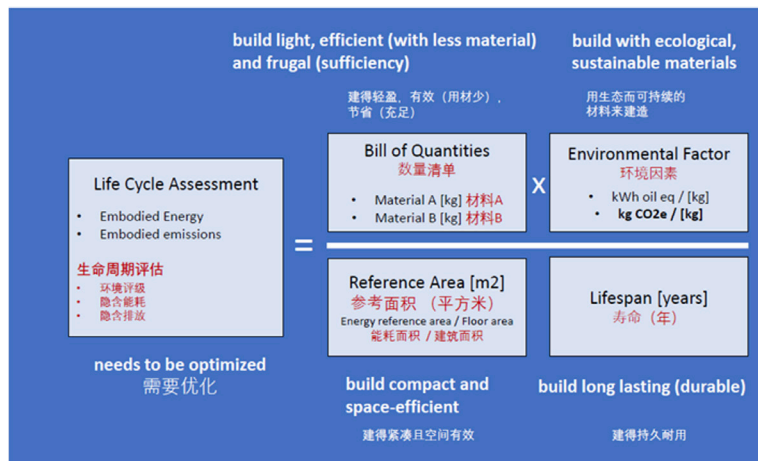


图11 建筑全生命周期评估计算的基本公式 (图片来源:HSLU)



2. 循环建造简介

2.1. 线性经济、回收经济和循环经济

目前大多数经济模式都是线性经济，即原材料采购、加工、使用一段时间后就被丢弃。这一经济模式一方面产生越来越多的废物，另一方面我们的资源也变得越来越少(左图)。为应对这一日益严重的问题，我们提出循环经济的理念。

2.2. 循环经济的10个R原则

循环经济：我们希望将建筑材料和建筑构件尽可能保留在其使用的全生命周期中，而不是将其丢弃。对此有多种方法(参见图13所示的10个R原则)，这些方法的影响程度各不相同，其中影响力最大的包括“Refuse拒用”、“Reduce减量”和“Redesign重新设计”，这些方法应该在项目的初期阶段就予以考虑，并同时辅以其他促进循环经济模式的方法。

人们常常对“Reuse直接再利用”和“Recycle回收

再利用”这两个术语的区别感到困惑，以下是这两个术语的简要解释：

- Reuse: 建筑构件按原样进行再使用，例如，将一扇窗户拆下来并重新安装在新建筑中(没有任何原始材料上的损失)。
- Recycle: 材料被重新加工制成新产品，例如再生混凝土是由一定比例的原生材料(新混凝土)和一定比例的再生材料(旧混凝土)组成(在回收再利用的过程，并未将100%的材料用于循环再利用中，始终伴有材料上的损失，加上用于制造新产品所需的能量等)。

这就是为什么“直接再利用”比“回收再利用”在减碳方面的影响更大，应该优先考虑。

2.3. 建筑案例研究 - Refuse拒用、Reduce减量

图14是采用「Refuse拒用」和「Reduce减量」策略的建筑案例，由Baumschlager Eberle建筑设计事务所设计，位于奥地利卢斯特瑙的一栋办公建筑。



图12 线性经济、回收经济和循环经济三种经济模式的概览(图片来源:HSLU)

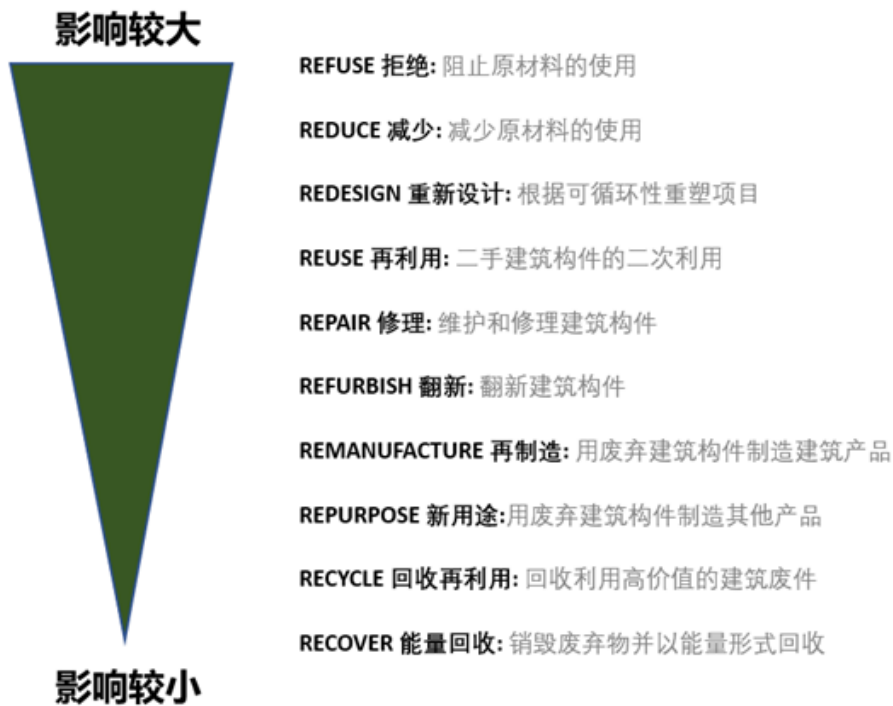


图13 循环经济的10个R原则 (图片来源:HSLU)

这栋办公建筑的设计亮点在于紧凑的平面布置(更小的形体系数不仅有利于节省能耗,更有利于节省建筑材料),且不需要任何供暖、制冷和主动通风系统即可保证足够的室内环境舒适度。有一半数量的通风窗是通过自动化软件控制自动启闭:在夏季,员工下班以后自动开启窗扇引入室外冷空气让建筑自然冷却,由于建筑墙体和建筑楼板有足够的储热能力,因此白天不需要进行制冷也可保持适宜的温度(不高于26度)。在冬季,员工身体散发的热量和各种办公设备产生的热量已经足以为这栋保温性能良好的建筑物提供充足供暖(不低于22度)。在这个案例中,通过选择合适的建筑材料(76cm厚的双层蓄热砖外墙以及

混凝土无梁楼板)增加建筑构件的蓄热能力,建筑设备(通常占建筑物碳排放量的20-30%)被减少到最低限度,甚至完全取消。

从图片可以看到建筑物厚实的墙体结构以及办公楼内部空间。

2.4. 建筑案例研究 - Reuse直接再利用

下图展示了“Reuse直接再利用”的建筑案例,该项目的设计方Baubüro in Situ建筑事务所通过将「循



图14 Burohaus 2226, 卢斯特瑙, 奥地利(图片来源:baumschlager eberle, 2013年)



环建造」的理念融入建筑设计中而闻名于瑞士。在巴塞尔的Lysbüchelareal建筑项目中，从设计开始就考虑到采用多种回收建筑构件进行直接再利用。

朝向内院一侧的外墙上，建筑外窗直接使用来自大约十家瑞士门窗制造商生产的多余的或闲置的库存窗户成品，这些窗户如果不用在这栋建筑的话，将会被当做垃圾进行处理。此外，部分外立面保温材料和外立面木质饰面也都来自于现有的闲置库存材料。

2.5. 建筑案例研究 - 其他地区的建筑案例

下图是位于美国芝加哥SOS儿童村的Lavezzorio社区中心案例，体现了采用当地建筑材料作为外立面设计的创新技术。为该项目建筑师提议筹集各种闲置或废弃的混凝土原料，从周边社区和建筑工地收集多种不同颜色和质感的闲置混凝土原料，经过建筑师的设计和现场工人的施工，为这个儿童活动中心创造出与众不同的混凝土外立面。

下图是一栋荷兰的临时建筑：由于这块基地上规划建造的建筑物要等到2030年才开始动工，因此利用目前闲置的地块设计建造了一栋两层高的临时展馆，并确保之后可以被完全拆除，并运输至其他地方重建。展厅功能包括数间会议室、一家餐厅和一个垂直温室，温室中种植各种蔬菜和香料提供给餐厅厨房使用。下面简要介绍该建筑采用了多种可持续的「循环

建造」设计概念和实施方式：

建筑内的柜台和天花板采用废弃的旧木门作为装饰材料，地面铺地则采用废弃老旧的铺路石，赋予建筑室内一种特殊的空间气氛。（废旧材料降级再利用）

如下的示意图具体说明了该建筑中所采用的各种「循环建造」设计方法（Reduce减量、Refuse拒用、Re-design重新设计、Reuse再利用）。



图15 Lysbüchelareal, 瑞士巴塞尔, Baubüro in Situ, 2020年 (图片来源:in Situ)



图16 Lysbüchelareal, 瑞士巴塞尔, Baubüro in Situ, 2020年 (图片来源:in Situ)

2.6. 再利用的潜力 - 可以减少多少二氧化碳排放量?

下面是Baubüro in Situ建筑事务所在瑞士温特图尔市的另一个示范项目,其设计理念是仅靠重复利用的建筑构件对既有建筑进行改建和加建,在不得不使用新材料的情况下,也选择采用稻草秸秆、粘土和木材等天然材料。

该项目使用了下述回收建材:

- 回收再利用的钢梁和钢制楼梯
- 外墙采用回收的保温隔热铝窗和回收的红色外墙金属波纹板(回收材料来自于项目所在地温特图尔市和距其30km左右的苏黎世),辅以由木龙骨、稻草和粘土等天然建筑材料制成的保温墙体

最终,「循环建造」的设计理念和施工帮助该项目减少了高达494吨的碳排放量。

下图展示了该项目回收再利用的钢制楼梯在现场施工装配的过程,中间上排的图片展示了外墙构造:窗洞采用回收再利用的旧窗户,墙体外侧用回收的金属波纹板作为外立面饰面层,墙体本身则是低碳的木龙骨构造并用环保的稻草秸秆填充作为保温层。中间下排的图片展示了墙体内侧采用天然粘土粉刷作为内饰面。如右图所示,该项目是在既有建筑上加建了三层轻钢结构。

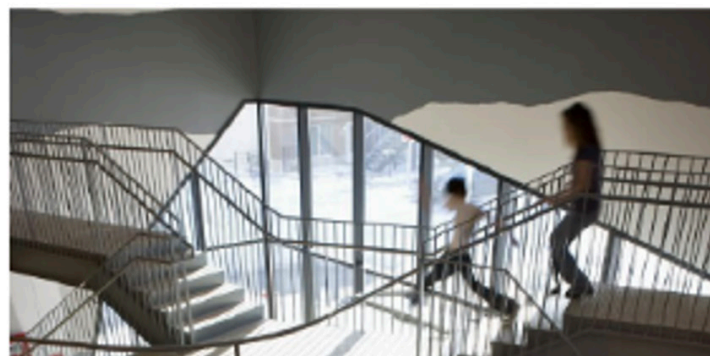
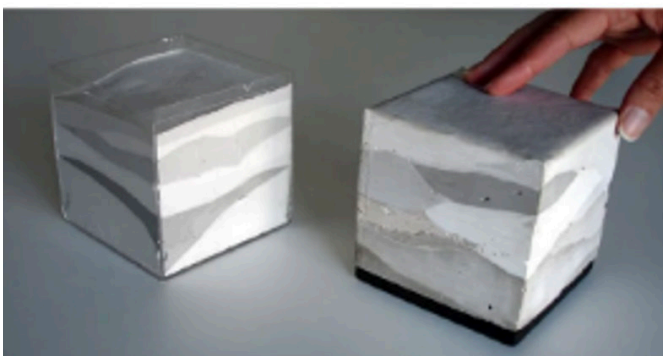


图17 Lavezzorio社区中心, SOS儿童村, 美国芝加哥, 2008年(图片来源:in Situ)



图18 温室, 荷兰乌得勒支, 2018年 (图片来源: 荷兰乌得勒支温室)



图19 温室, 荷兰乌得勒支, 2018年 (图片来源: 荷兰乌得勒支温室)

→ 减少、拒绝、重新设计、再利用

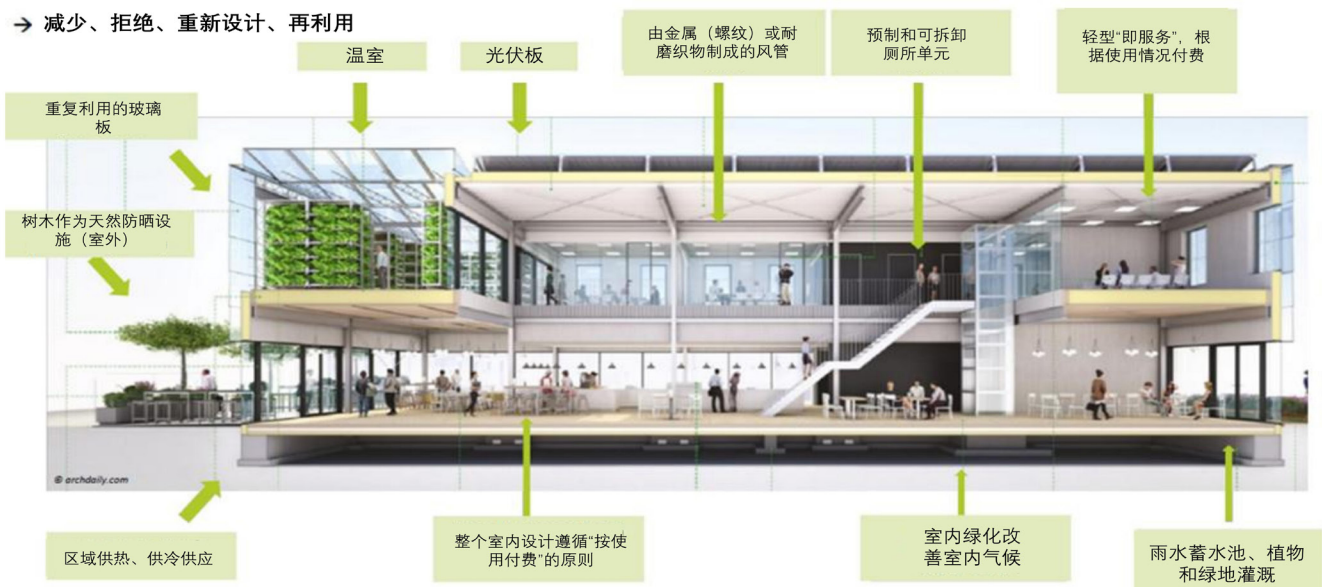


图20 Reduce)减量、Refuse拒用、Redesign重新设计、Reuse再利用 (图片来源: HSLU)

2.7. Halle K118示范项目 – 重复使用的建筑构件

这张地图显示了该项目采用的回收建筑构件的来源,为了尽可能缩短构件运输里程,将寻找构件的地理范围限制在了瑞士中部,寻找的目标包括建材厂商、二手建材交易平台和建筑工地。

下图显示每个建筑构件(组件)所包含的碳排放量:

上图可以看到重复利用的建筑构件在回收利用过程中所产生的二氧化碳排放量,以及当中哪些过程的占比最大。我们选择了三种不同的建筑构件为例(

钢结构、外立面饰面板、采暖设备)其他建筑构件的情况也基本类似。

蓝色部分代表相应构件在从老建筑拆卸下来这一过程中所产生的碳排放,绿色部分表示运输过程中产生的碳排放,红色条表示对原有构件进行加工处理过程中产生的碳排放,黄色条表示构件在新建筑安装过程中产生的碳排放。这四个部分的占比情况可能因建筑构件而有所不同:例如钢结构(左侧)在拆卸和重新安装过程中产生的碳排放比例要比外立面饰面板和采暖设备更大。然而,运输过程所排放的二氧化碳占比仍然最大(因此对于回收建筑构件而言,最重要的判断标准是运输距离)。



图22:加顶建筑 Halle 118, 瑞士温特图尔, 2021年(©baubüro in situ, 2021年)

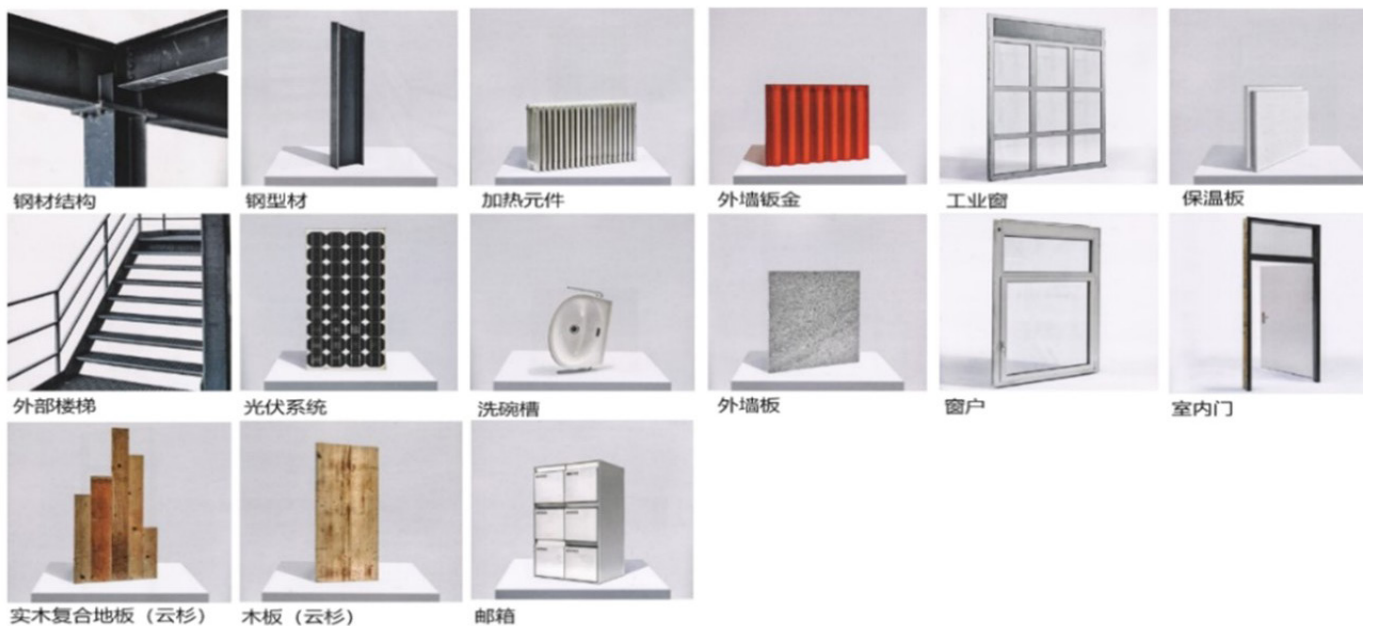


图21 回收再利用的建筑构件的减碳潜力(©Bauteile wiederverwenden, 2021)



2.8. 每种建筑构件的降碳潜力

我们可以通过下图了解, 上述的三种建筑构件的回收再利用相比较于全新制造的建筑构件, 分别可以降低多少碳排放量。

灰色部分代表建筑构件在再利用过程中产生的碳排放(包括拆卸、运输、加工和重新安装) 我们可以清楚地看到, 这三种构件分别可以节省85%至99%的碳排放量, 其他可重复使用的建筑构件也与此类似。因此我们可以得出最终结论: 就降低二氧化碳排放量而言, 建筑构件重复利用的减排潜力巨大!

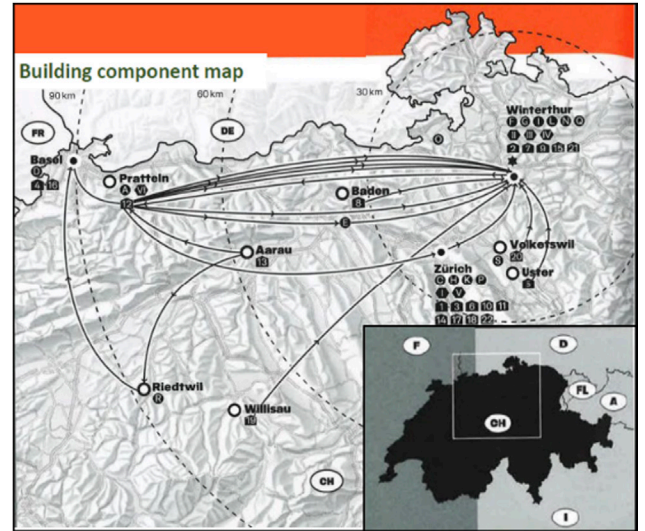


图22 瑞士建筑构件运输线地图示意

2.9. 重复利用的潜力

如果可以重复利用所有的建筑构件来建设新建筑, 总共可以降低多少碳排放?

下方柱状图代表K118项目采用回收建筑构件建成的碳排放总量, 对比右侧柱状图, 即该项目如果全部采用全新生产的建筑构件进行建造, 相比较而言, 建材再利用为该建筑降低了总共494吨二氧化碳排放量, 减少了59%的碳排放。所有回收建筑构件的再利用过程, 即拆除、运输、准备和重新安装, 所产生的碳排放量仅占1%。由于该项目仍然使用了部分新材料和新构件, 即由稻草秸秆、粘土和木龙骨组成的外墙墙体, 所以仍然产生了343吨的碳排放, 占比40%。

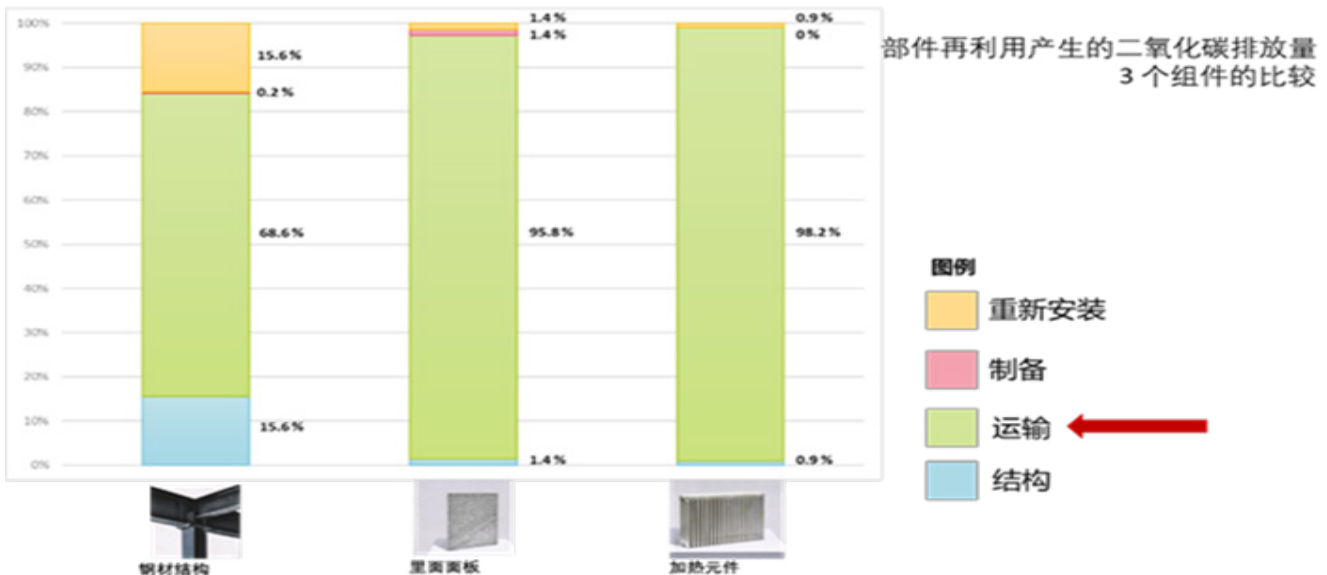


图23 重复利用的建筑构件在回收利用过程中产生的二氧化碳排放量 (图片来源: Bauteile wiederverwenden, 2021)

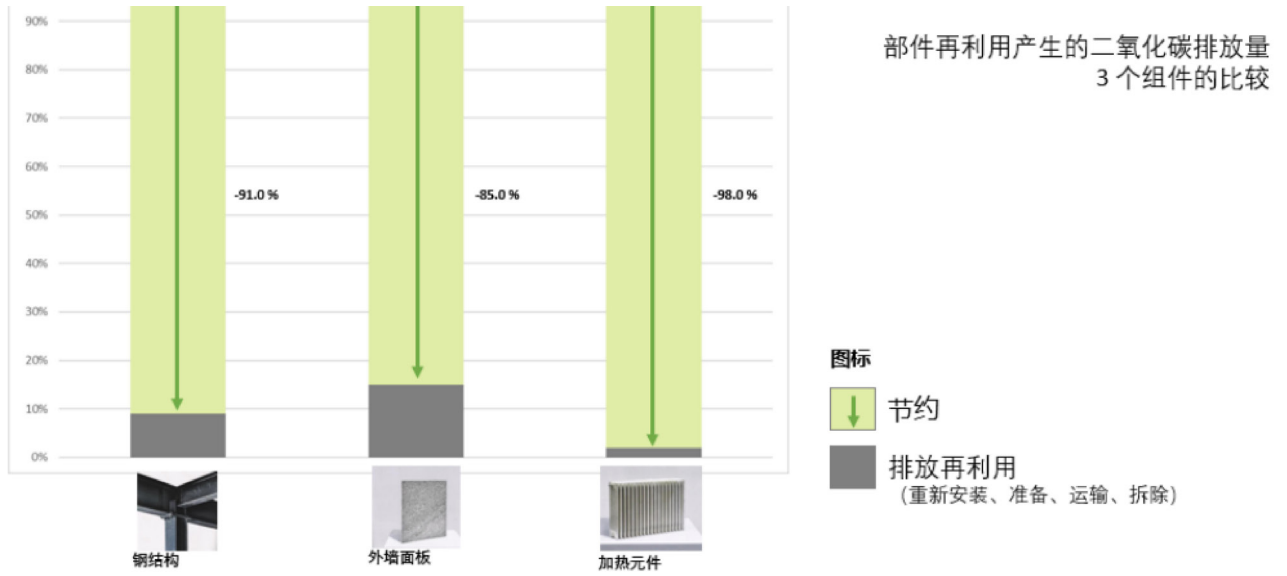


图24 建筑构件再利用所节省的二氧化碳排放量 (图片来源: Bauteile wiederverwenden, 2021)



图25 建筑构件再利用所节省的二氧化碳排放量 (图片来源: baubüro in situ, 2021)



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