本版翻译：吴真平　责任编辑：吴真平　Email：top60@sina.com

本版内容由《工程新闻记录》杂志（ENR）提供，《建筑时报》编译。版权所有，未经ENR的书面同意，不得以任何形式整体或部分出版或转载。

本专刊内容转载自美国《工程新闻记录》
第123期
ENR Engineering News-Record

气候活动人士采取行动减少建筑中的隐含碳

作者：Nadine M. Post

布鲁斯·金是一名致力于减少建筑碳排放的结构工程师，建筑规范是他最热衷的话题。威廉·凯利是美国加利福尼亚州马林县建筑安全部门副主任。两人在2018年2月12日共进午餐时，金向凯利建议“最好”制定一个关于低碳混凝土的建筑标准，以“控制”碳密集型水泥的过度使用。

凯利认同规范混凝土内隐含碳的想法——因为在混凝土制造过程中会排放温室气体。但是这需要资金来支持编制低碳混凝土标准。

那次会面两周之后，金碰巧参加了一个小组会议，该小组试图在加州葡萄酒之乡进行可持续重建（该乡在2017年发生毁灭性的火灾）。在那里，他听闻海湾地区空气质量管理区将很快为解决温室气体问题的新方法提供款项。他将此消息告知凯利。很快，马林县申请了该款项，并于2018年10月4日获得款项。

最高金额为206456美元的款项使得海湾地区低碳混凝土标准的编制工作正式开始。如果马林县的监事会在11月19日批准了该标准，这在美国将是前所未有的，因为它将不仅仅针对公共项目，而且限制私人项目的混凝土隐含碳，这将是美国第一个低碳混凝土类别的标准。

凯利欣赏海湾地区的标准，因为它对客户、计划审核者和执行者来说都很简单。该文件只有四页内容，有两套关于素混凝土和钢筋混凝土的合规途径:1)在混合物或项目中限制水泥用量；2)通过规范混凝土混合物——必须是通过环境产品申报的混凝土混合物，或是在项目中通盘考虑混合物的设计，以此限制全球变暖的潜能值。

如果该标准获批，将只适用于马林县的未合并领土，那里人口为60000。但这并没有让金沮丧，他说：“我们希望这将是闻名全世界的标准。”

凯利也赞同地说，“如果我们能在这里做到这一点，该标准可以作为其他地方的模板。”他补充说，如果马林县采纳这一标准，海湾地区的其他几个县可能也会跟进。

减少隐含碳

金把更多的关注放在隐含碳的规范上——与原材料供应、制造、运输、施工、维护、拆除以及关于材料、建筑物或基础设施再利用相关的温室气体排放。他希望海湾地区的标准能成为其他国家的样板，尤其对印度和中国来说。他还希望该标准也为其他高碳产品(如大多数制冷剂)提供参考。

隐含碳，正规来说是隐含能源，它并不是一个建筑行业熟悉的名词。绿色建筑标准认证计划(如LEED和乐活建筑挑战)的主要焦点是减少建筑物的运营碳排放。

隐含碳加上运营碳构成了建筑物的碳足迹。初始或前期隐含碳占材料或产品中的碳的大部分，这是指从它的生产到运到工地大门的温室气体排放。

华盛顿大学的碳排放领导者论坛称，“许多建筑材料可以达到非常相似的性能标准，并节省50%或更多的碳排放”，因为混凝土制造流程、掺入混合物、回收以及电力或能源对制造过程中的碳排放有显著影响。该论坛是一个由40家建筑行业赞助商组成的非营利性联盟，成立于2009年，由该论坛的主任凯特·西蒙宁创建，西蒙宁也是华盛顿大学建筑环境学院的教授。

论坛称，“碳规范和采购政策，以合同要求交付至现场的材料须通过环境产品申报，这样可以推动变革。”

减少初始隐含碳不是一件容易的事情。它面临着许多问题——从缺乏产品和材料数据到数据过于复杂无法评估。世界绿色建筑委员会“推进净零碳”主任维多利亚·布伦斯说，“在设计过程中，这是一个令人难以置信又令人生畏的新挑战。”

净零碳建筑是指前期碳排放最少的建筑，所有剩余的隐含碳抵消，从而有效消除建筑生命周期内的碳排放。该委员会雄心勃勃的目标是动员全球建筑业在2050年前在所有新建筑和翻新工程中实现净零碳。

碳排放领导者论坛赞助商之一、结构工程师马格努松·克莱门契奇协会主席唐·戴维斯说，大范围地降低建筑物的隐含碳“仍然是个承诺”。

戴维斯和其他气候活动人士说，需要提高人们的认识和再教育将隐含碳的减少变成现实。这些人包括业主和开发商、建筑团队和制造商及其供应商。

斯堪斯卡美国公司的可持续发展总监史黛西·史沫特莱说，“作为建筑产品的消费者，我们有道义、有责任将供应链上建筑的负面影响降至最低。”该公司也是碳排放领导者论坛的赞助商。

依据隐含碳标准建造的势头开始增强，部分原因是受规范的刺激。其中一个例子是2017年《购买清洁加州法案》，该法案要求加州政府机构在签订州政府资助的基础设施项目合同时考虑工业产品的隐含碳。

该州通过购买能源来推动变革，每年在桥梁、道路、设施和其他基础设施上花费超过100亿美元。《购买清洁加州法案》要求投标项目的承包商披露结构钢、钢筋、平板玻璃和矿棉板的温室气体排放数据。这些材料的全球变暖潜能值必须低于该州设定的极限。

伯克利、里士满、库比蒂诺、圣克鲁斯县和洛杉矶都支持该法案并已采用。

“购买清洁产品”并未列出水泥或混凝土，但这些材料和其他材料可以在未来添加。尽管如此，混凝土隐含碳标准仍将出台。首先，俄勒冈州波特兰有一项新的法令，要求在含有50000立方码（约38227.68立方米）以上的城市项目中逐步采用更可持续的混凝土。纽约州议会议员罗伯特·卡罗尔最近提出了一项针对该州项目的低碳混凝土采购法案。

混凝土通常被视为隐含碳标准的“低垂果实”（果树上总有一些果子结在较低位置,伸手可得,信手就能摘到,这在经济学上称为“低垂的果实”），部分原因是水泥造成了90%的混凝土负面环境影响——一吨水泥代表大约一吨温室气体——还因为水泥有低碳替代品，如粉煤灰或矿渣。一位隐含碳专家表示:“比起重组钢铁厂，调整混凝土配比更容易。”

为了减少初始隐含碳，建筑团队有必要跟踪和测量整个建筑供应链中的排放。这一过程依赖于制造商对每种产品或工厂的生命周期评估(或两者兼有)。生命周期评估的成本在10000到15000美元之间，它是一种技术，能分析出与产品或建筑生命周期，甚至是回收利用阶段相关的环境影响。

摄影师：CSP_dimol

由部分生命周期评估构建的环境产品申报也是必要的。环境产品申报提供产品的量化环境数据，包括来源于温室气体排放的全球变暖的潜能值数据。全球变暖的潜能值以(千克二氧化碳当量)列出。

理论上，由顾问准备的生命周期评估和环境产品申报帮助设计师编制低碳规范，以确保承包商从供应商那里获得低碳材料和产品而投标成功。

运用工具选择低碳材料

建筑团队在建筑生命周期评估和环境产品申报方面存在着问题。建筑生命周期评估没有标准化，这使得由不同顾问编制的生命周期评估和环境产品申报难以比较。此外，环境产品申报文件较短，平均为12至15页，并非适用于所有材料。类似材料的环境产品申报通常基于行业平均水平，因此很难比较不同供应商的相同材料。

在11月19日这一天，大部分情况会有所好转——巧合的是，这一天马林县计划采用低碳混凝土法规。在亚特兰大，在绿色建筑国际会议及博览会上，碳排放领导者论坛推出了首款云托管工具——开放源代码和免费——来帮助建筑团队在减少隐含碳方面做出更明智的选择。

西蒙宁说：“我们正在推动一场隐含碳的运动。云托管工具EC3是一个关键部分。”

该工具是一个公众可搜索的数据库，基于超过15种材料/产品的近20000个环境产品申报的数据。其中一些类别是混凝土、钢材、地板、骨料、天花板、木材、石膏板和隔热材料。

该工具将使比较相似材料中的隐含碳变得更加简单，例如对来自不同工厂的钢或来自不同供应商的混凝土进行比较。参与EC3开发的MKA基金会的戴维斯说：“我们正在创建一个生态系统，允许在每种材料类型中的低碳材料供应商得到认可，我们正在帮助业主做出更明智的决策。”

用户可以在10到15秒内分析出材料中的隐含碳。分析一个项目需要15到30分钟。EC3开发商变革实验室首席执行官菲尔·诺斯考特说:“我们正在利用相当现代的信息技术，它能够以低成本处理大量数据。”

此外，碳排放领导者论坛说，该工具可用于创建更可信的隐含碳项目预算，并在施工期间持续跟踪隐含碳的目标。

WAP可持续咨询公司总经理威廉·帕多克说，在编制生命周期评估和环境产品申报时，“EC3将对公司有很大帮助”。

亚历山大房地产股份公司负责可持续发展和高性能建筑的助理副总裁阿里·弗兰克尔表示：“这是一种变革。”他补充说，以前，可用的工具很不好用。该公司是EC3的六家开发商之一。

斯堪斯卡的史沫特莱和诺斯考特构想了这个工具。最初的开发由斯堪斯卡公司和微软公司共同出资。为了加快进一步发展，碳排放领导者论坛在欧特克、英特飞、MKA基金会和查尔斯·潘科夫基金会的领导和财政支持下筹集713000美元培育了该项目——EC3项目，该项目还包括30个其他赞助商。

微软目前正在华盛顿州雷蒙德市总部园区的300万平方英尺（约278709.12平方米），包括17栋建筑的新项目中试用该工具。该项目的几个建筑师-工程师-承包商团队在结构和材料决策的设计过程中使用EC3，并创建征询方案。

微软房地产可持续发展高级项目经理凯蒂·罗斯说:“我们有望实现降低隐含碳15%至30%的目标。我们不需要花更多的钱来使用低碳材料。”

对亚历山大公司来说，降低隐含碳是一个市场优势，很像绿色建筑认证那样。弗兰克尔说:“只要集中注意力，从可用的材料选项中进行选择，你就可以在不增加额外成本的情况下将隐含碳削减10%。”

史沫特莱说，斯堪斯卡公司还在多个项目上运用了隐含碳工具，在没有额外费用的情况下，隐含碳减少了30%以上。

假设找到资金，碳排放领导者论坛打算使隐含碳的削减更加简单。它计划召集环境产品申报项目操作员、材料制造商和生命周期评估顾问，使得环境产品申报以及计算和报告生命周期评估不确定性的方法更加标准化、数字化。

人们将减少隐含碳的大部分注意力集中在核心和表皮上，而不是室内。至少有两家公司——Salesforce以及地板制造商英特飞——碳排放领导者论坛和EC3的供应商——正在努力改变这种状况。英特飞副总裁丽莎·康威说：“室内翻新项目比新建筑要多。”

几年前，康威成立了非营利的碳行动网站，它将供应商、建筑事务所Gensler、斯堪斯卡等聚集在一起，致力于降低产品的隐含碳。加入不发生费用。

Salesforce正在开发工具促使室内产品隐含碳的评估标准化，并计划与其他软件共享该工具。Salesforce可持续建筑环境主管阿曼达·冯·阿尔曼说：“我们用自己的网络空间建立室内产品隐含碳的基线。”从明年开始，该公司的目标是在一定程度上根据室内供应商产品的隐含碳来选择供应商。

行业组织发起倡议

减少建筑中隐含碳在很大程度上是应对全球变暖的警告以及对前所未有的未来建筑的展望。国际能源署执行主任法蒂赫·比罗尔在联合国环境规划署发布的《全球经济与气候委员会2017年全球状况报告》中表示:“未来40年，全球预计将新建2300亿平方米的建筑，每周将相当于增加一个巴黎的面积。”

在2018年的报告《迈向零排放、高效和有弹性的建筑建造行业》中，比罗尔说，“这一快速增长将挑战2030年建筑能源强度提高30%的目标，这是使建筑行业走上正轨以实现巴黎气候变化协议的目标所必需的。”

《巴黎协定》有175个签署国，其目标是在本世纪要把全球平均气温较工业化前水平升高控制在2摄氏度之内,并把升温控制在1.5摄氏度内。围绕减少全球变暖的大部分活动是对世界气象组织和联合国环境规划署成立的政府间气候变化专门委员会的报告的回应。2013年，该委员会得出结论，“气候变化是真实的，人类活动是主要原因。”

美国绿色建筑委员会项目经理艾玛·休斯表示:“我们正处于生产、设计和运营建筑的关键转折点。”气专委的报告引发了对其调查结果有效性的争议。有人说，气候变化不是人为造成的，对全球变暖的可怕预测也不准确。

环保主义者并没有因为这场争论而退缩。史沫特莱说:“不管气候变化如何，所有温室气体都是污染物。”

撇开全球变暖的争论不谈，有人断言，应对温室气体有比减少隐含碳更好的方法，减少隐含碳是一项艰巨的任务，不会带来立竿见影的回报。一位拒绝透露姓名的减少隐含碳的反对者表示，种植1.3万亿棵树、为电网增加更清洁的电力或专注于碳提取将会是更好的方法。

对此，减少隐含碳活动人士表示，有必要从各个方面应对全球变暖。西蒙宁说：“围绕减少隐含碳的行动是有意义，而不是完美的。”

《2018年全球状况报告》称，“与一切照旧相比，大胆的气候行动方案到2030年至少可以带来26万亿美元的经济利益。”

西蒙宁说:“很明显，全球都在围绕温室气体采取行动。如果你想要一个企业在2050年仍然欣欣向荣，你需要从今天开始做出改变。”

《2018年全球状况报告》强调，过去几年，建筑物和建造的运营碳排放量可能已经达到峰值，供暖、照明和烹饪等领域的能效提高，更多的办公室和家庭使用更清洁的能源。能效的提高是采用节能技术的结果，如热泵、改善窗户和隔热、采用低能耗材料和建筑设计。

然而，该报告称，全球建筑行业仍占与能源相关的二氧化碳排放总量的39%，以及最终能源使用量的36%。

根据美国环境保护署的数据，在美国，建造环境占温室气体排放量的近一半。每年，建筑结构、底层结构和围护结构的隐含碳排放占全球温室气体排放量的11%，占全球建筑行业排放量的28%。

非营利组织“建筑2030”在2006年发起了“2030年消除建筑行业温室气体的挑战”。该组织称，“如果我们到2030年不能实现全球总排放量减少45%～55%，我们将失去达到1.5摄氏度/2摄氏度变暖阈值的机会，气候变化将变得不可逆转。”

为了尽自己的一份力量避免这种情况，碳排放领导者论坛继续集结更多的人支持这项事业。2017年，西蒙宁创建了“隐含碳论坛”，作为一个个体自由加入的数字平台，在平台上可以在线讨论隐含碳、参与群组电话咨询、免费网络研讨会等。

就在最近，隐含碳论坛已经从来自22个国家的166个城市的600名成员增加到1000多名成员。现在，该论坛当地的分会——在不列颠哥伦比亚省温哥华市和纽约市——举办现场研讨会。

碳排放领导者论坛也是“结构工程师2050年挑战”的催化剂，最初由奥雅纳和桑顿·托马塞特领导。《2050挑战》规定，所有结构工程师应在2050年前理解、减少并最终消除其项目中的隐含碳。

为了提供帮助，桑顿·托马塞特也在《绿色建造》发布了一项基于600多个项目的隐含碳排放测量研究。该报告确定了结构、材料和部件分类中隐含碳最高值。该报告还为结构工程师如何去推动设计创新和效率，同时减少隐含碳提供建议。

西蒙宁已经联系了结构工程研究所的可持续发展委员会，看看美国土木工程师协会、结构工程研究所的下属组织，是否可以开发一个具有教育意义和提高认识的项目来帮助结构工程师应对2050年的挑战。这一新倡议被称为“结构工程师2050承诺计划”。

在9月4日的会议上，碳排放领导者论坛组织了14个非政府绿色建筑组织代表的聚会，讨论协调活动。内容包括确定可共享的资源和探索合作以避免重复劳动。

然而，尽管减少隐含碳的事情正在发生，减少隐含碳可能需要十多年才能成为行业惯例。金说，从更大的全球变暖预防角度来看，“如果从整个社会层面看正在发生的气候变化，并给碳排放定价，那么情况可能会在不到一代人的时间内发生改变。”

高层建筑专家倡导可持续性设计

CTBUH首席执行官安东尼·伍德主持2019年的领导人会议

作者：Nadine M. Post

世界高层建筑与都市人居学会(CTBUH)的高层建筑专家们呼吁加大高层建筑与城市人居的研发力度，以此提供更好的工具和更强的建筑团队协作，使高层建筑更具可持续性。

10月28日至30日，在芝加哥举行的CTBUH第十届全球大会上，结构工程师大卫·斯科特说:“我们需要密切关注碳的研究。”“我们在碳方面付出的代价是什么，尤其是那些由于设计限制而具有较重结构的塔楼？我们需要可持续建造的准则”，斯科特补充道。

建筑师大卫·马洛特同意这个观点。“我们必须学会更加高密度可持续性地建设”，他在CTBUH第十届全球大会，这场吸引了1376名注册观众的会议上说道。马洛特说，例如3D打印结构等技术，可以有助于解决问题，尤其是与碳有关的问题。

建筑师蒂姆·约翰逊是NBBJ事务所合伙人，他希望CTBUH设定高层建筑的碳排放目标，推广高层建筑的性能指标，这样其他人就可以学习如何提升可持续设计。

高层建筑的拥趸夸口说，与郊区相比，高层建筑在土地利用和人口密度方面更具可持续性。但是结构工程师罗恩·克莱门奇说：“城市高密度是否真正节能尚不清楚，特别是因为缺乏像样的城市交通和其他基础设施，尤其是在一些人口稠密的城市。”他是马格努松·克莱门奇联合公司的董事长兼首席执行官。“西方国家在基础设施小区划分——创建区域为更高效地处理本地发电或全区电力、供水和废水排放方面，非常无能。”

确定高度和密度收益递减规律是一个巨大的挑战。CTBUH首席执行官安东尼·伍德说，每个项目里，对于高层建筑的高度和可持续性都有一个最优位置，超过这个高度之后将会降低建筑的可持续性。

伍德打算帮助高层建筑团队找出每个项目的最优高度。他正在筹集资金创建CTBUH数字工具，该工具将根据塔楼的许多特征，包括配置、大小、场地、区域、经济、材料等，确定塔楼可持续性最优的高度。伍德希望研发项目能在一年内开始，他估计该项目将耗资数百万美元，涉及高层建筑所有学科。项目至少需要两年才能完成。

根据最近一份CTBUH公布的建筑生命周期分析研究结果显示，通过对高层建筑的两种主要框架材料结构钢和钢筋混凝土的隐含碳进行比较，混凝土和钢的复合结构是最可持续的材料。

木材为高层木结构建筑带来了巨大的希望，许多人认为这是最可持续的框架材料——如果伐木得当——因为木材能吸收碳。韩国大学名誉教授金大中说：“这可能会改变游戏规则。”高楼是解决经济适用房危机的关键。金大中呼吁建筑师、工程师和学者合作，为经济适用房创造更好的模式。

结构工程师协会主任莱斯利·罗伯逊说，设计师们受到城市法规的挑战，这些法规“难以实施，往往是不必要的，而且会增加成本”。

在CTBUH会议上，现任CTBUH主席、alinea成本咨询公司的合伙人史蒂夫·沃茨和CTBUH前任主席思考了学会未来的使命。他们一致认为，长期以来，该学会一直在收集和传播高层建筑设计和施工方面的最佳实践信息，在影响立法者、建筑行业官员和开发商以及倡导改善高层建筑和城市人居环境方面处于独特的地位。为此，有必要与政策制定者进行更有力的对话。甚至，所有参与高层建筑生产的成员，包括建筑系统的供应商，也需要进行跨领域交流。

自2006年伍德成为CTBUH首席执行官以来，CTBUH经历了大幅发展，那时包括伍德在内只有两名员工。如今，芝加哥、上海和威尼斯的办公室共有47名员工。

CTBUH目前有727个会员单位，而2014年只有449个。它有679名个人会员，而2014年为506名。除拉丁美洲外，全球共有13个分会。

虽然伍德没有具体说明，但他表示，CTBUH有一个健康的财务缓冲机制来支撑它捱过建筑市场的低迷时期。“如果出现经济衰退，我们就不必恐慌和裁员。”他补充说，CTBUH是在经济大衰退中发展起来的。