

脱碳建设：打造新型净零碳排放行业

建成环境改造和脱碳四大任务

执行摘要

建筑行业是英国经济的主要组成部分之一，也是建设、运营和维护社区和社会的基石。尽管自1990年起，英国的温室气体排放量有所减少，但建筑行业仍急需转型，以助力英国实现净零碳排放目标。

本《报告》着重介绍四项彼此关联、涵盖整个建筑行业、急需关注、以实现净零碳排放目标的任务。

1 产品成果



2 设计和规范



3 建设和再利用



4 采购变革



执行摘要

任务，建议行动，预期效果以及系统杠杆

2020年6月23日，英国国家工程政策中心（NEPC）召开研讨会，50位顾问、客户组织、决策者、学者和建筑行业专家参加了此次研讨会。研讨会重点讨论了实现低碳建筑环境所需的变革，旨在确定在本《报告》中称为“任务”的主要变革领域，同时确定优先行动。点击此处，查看研讨会摘要。

自首次会议后，通过讨论研究和利益相关者访谈，研讨会进一步发展、完善了调查结果和建议，为不同利益相关者制定了一系列具体建议行动，具体内容参见各任务。建议行动的预期成果参见《附录A》。

本《报告》将建议行动归纳为六大“系统杠杆”，主要集中在立即采取行动即可促进建筑行业快速脱碳的领域，详见《附录B》。

此外，本《报告》为各项建议行动采用排序框架，该框架将建议行动分为当前（2021年）、下一步（到2025年）和未来（2025年以后）可以采取的行动（参见《附录C》）。这有助于就如何解决整个建筑行业存在的问题达成共识、规定需要采取的行动，以便在短期、中期和长期内实现建筑行业脱碳。



目录

执行摘要	1
第一部分：介绍	4
脱碳建设：净零碳排放挑战的规模	4
政府目前对建筑行业脱碳提供的支持	4
第二部分：任务	5
第三部分：各项任务的建议行动	7
任务一：产品成果	7
案例研究一：从最佳实践实例学习经验	12
任务二：设计和规范	13
任务三：建设和再利用	17
任务四：采购变革	21
案例研究二：学习其他行业的经验	23
第四部分：结论	24
鸣谢	25
附录	26
附录A：建议行动的预期成果	26
附录B：系统杠杆	27
附录C：当前、下一步和未来框架	28
附录D：词汇表	34
附录E：受众	35
附录F：国际工程政策中心脱碳建设研讨会	35
参考文献	36

第一部分： 介绍

脱碳建设：净零碳排放挑战的规模

如果不按计划速度和计划规模采取紧急行动，建设过程将阻碍到2050年实现净零碳排放目标。世界绿色建筑委员会（WorldGBC）表示，到2030年，全球建筑物和基础设施的碳排放量可以减少40%，但应通过紧急转型来实现这一目标。¹建筑行业已取得一定进展；自1990年以来，混凝土和水泥领域的二氧化碳排放绝对值减少了53%，快于英国的经济发展速度。²然而，对于英国，要实现到2030年减排68%、到2035年减排78%（相较1990年）、到2050年实现净零碳排放目标，还需要更多努力。

净零碳排放转型虽然具有挑战性，但会为建筑行业带来巨大机遇，并从根本上改变建筑行业的目标、建设过程和其对社会的贡献。政府、标准机构、建设行业和工程专业机构应立即采取行动。与此同时，需要谨慎规划行动，将所需行动正确划分为当前、下一步或未来可以采取的行动，并最终严格开展行动。第二部分所述四项任务的当前、下一步和未来可以采取的行动参见《附录C》。

政府目前对建筑行业脱碳提供的支持

作为建筑行业的主要客户，政府在强制要求建筑行业采取行动、以确保脱碳速度和规模的过程中扮演核心角色。

英国政府表示，作为《建筑手册》的一部分，将支持在研究和创新投资变革、学习其他行业的经验、采用新兴技术、指导采购、承包公共项目和方案。³在过去20年中，政府将建筑行业的效率和生产率作为其诸多计划的目标，包括《建造2025》⁴和《建筑行业交易》。⁵近期，英国建设领导委员会（CLC）为建筑行业发布了《解封路线图》⁶、阐述了建筑行业转型的迫切需要，为专业机构发布了《零碳排放气候行动计划》、规定了建筑行业脱碳所需的行动。⁷

尽管有上述倡议，但挑战依然存在。建筑行业目前缺乏明确的、针对建设过程、建筑材料提取和运营过程中的碳减排目标，也没有总结脱碳所需的行动、明确规定的、不同从业者的角色和义务的线路图。

为了促进建筑行业变革，政府和建筑行业急需在第二部分所述四大任务中实施明智干预。应在普遍应用和固定时间内，逐渐、有序实施上述干预，并且需要跨党派支持，以便建筑行业合理规划、投资，以实现上述目标。

从系统角度考虑上述内容可以确保彼此关联的任务同向而行，以实现净零碳排放这一共同目标。论文《零净碳排放：气候挑战的系统视角》中介绍的方法被英国国际工程政策中心采用，作为于2020年6月举办的虚拟研讨会的一部分，该研讨会向本《报告》中所述利益相关者建议了诸多关键行动。

采用系统方法的优势在于，可以从“全局”角度审视政策问题和问题解决方案。跨政府部门、跨经济行业（包括建筑行业）设计和实施政策是英国政府面临的挑战，不同经济行业应齐心协力，携手实现净零碳排放目标。任何脱碳建设变革都将影响能源行业、交通行业或制造行业，反之，这些行业的变革也将影响建筑行业。采取系统方法可以提高决策者避免孤立思维的能力、惠及健康和安​​全等共同利益、评估跨行业政策的有效性、提供有效的反馈信息、识别潜在不可预见后果。

第二部分： 任务

本《报告》主要侧重建筑行业 and 建成环境一如近期发布的跨行业《建成环境愿景》报告所述、作为建筑行业的重要组成部分—脱碳的关键领域。虽然建设过程处于建成资产生命周期的过往阶段，然而，在项目启动、采购、设计和规范等早期阶段做出的决策是决定建成环境内含碳排放量和运营碳排放量的关键所在。有鉴于此，本《报告》没有只关注建设阶段，而是重点概述了建筑行业的、彼此关联的、对高效净零碳排放转型而言至关重要的四大基本领域的脱碳任务。

随着时间的推移、减排目标的日益提升，各项任务均急需变革，以期实现净零碳排放目标。本《报告》逐一探讨各项任务，就如何通过在各领域进行变革、以便到2050年实现建筑行业净零碳排放提供具体建议。

需要指出的是，除本《报告》中所述的四大任务外，建筑行业还需要其他转型。建筑行业数字化、钢铁和水泥的原材料提取、建设过程中的运输等领域均需要脱碳，以便建筑行业助力英国实现净零碳排放目标，本《报告》未涵盖该等领域。

1 产品成果



2 设计和规范



3 建设和再利用



4 采购变革



第二部分：任务

任务一： 产品成果



指一个行业或企业的产品生产目标和目的。建筑行业的目标和目的决定了建成环境的内含碳和运营碳水平。建筑行业的当前目标并未优先考虑会导致建筑整个生命周期内碳排放量增加的脱碳过程。改变侧重脱碳的基础设施目标对于降低建筑整个生命周期的碳排放量而言至关重要。

虽然在改变建筑行业对建设项目成果的评估方式方面取得了一定进展，如英国基础设施项目管理局（IPA）的《基础设施性能转型》报告，⁸但仍需要更多努力，包括政府和建筑行业对净零碳排放的共同愿景、不断变化的需求、基于成果的决策以及绘制到2050年实现相关目标的路线图。

任务三： 建设和再利用



目前，建筑行业运行的线性经济（获取、制造和丢弃）是不可持续的，迫切需要增加建筑材料的再利用。这将涉及将建筑行业转向循环经济，最大限度地减少废物的提取和再利用。

建筑材料再利用行为或实践，无论为原本用途或实现其他功能，都将最大限度地减少提取和浪费。再利用应区别于回收利用，后者是指将使用过的物品分解、制成生产新产品所需的原材料。重点是，所有利益相关者应共同努力，将建筑行业转型为遵循建筑材料再利用标准的循环经济。

除建筑材料再利用外，该任务还包括更广泛的建设过程脱碳，如电气化现场设备和机械。

任务二： 设计和规范



指使建筑物或基础设施满足相关需求的技术设计和规范。设计和规范中涉及的数值和判断会极大地影响碳排放量，包括决定建设过程中使用的产品和材料，以及如何运营或使用建成基础设施。在建筑项目早期阶段做出的关键结构设计决策会有效“锁定”建筑的内含碳排放量和运营碳排放量。在设计阶段，低碳建筑材料的可用性和规范、精益低碳设计、数字技术利用、分散型能源发电和基于自然的解决方案（NBS）对于建筑行业净零碳排放转型至关重要。

任务四： 采购变革



该任务涉及产品、服务、施工采购、相关商业模式和供应链的变革，由于需要变革建筑行业的文化和行为，因此还需要领导力。

包括政府在内的采购方应变革其采购方式，以反映建筑在整个生命周期内的碳排放量。采购方可以凭借其采购权力，通过公共和私人合同中规定的规范和要求，规定建筑的碳排放量。因此，采购实践是建筑行业碳排放量的关键驱动力。

第三部分： 各项任务的建议行动

英国国家工程政策中心于2020年6月召开的建筑行业脱碳研讨会是确定建筑行业净零碳排放转型所迫切需要的、重要的政策干预和行动的起点。自研讨会以来，通过讨论研究和与利益相关者面谈，为不同利益相关者建议了一系列具体行动，本部分介绍这些行动，行动排序参见《附录C》。

任务一：产品成果



向关键利益相关者建议的行动

政府行动：

- 在英国政府中，建成环境属于多个部门的职权范围，这可能妨碍将建成环境视作整体系统进行协调处理。跨政府部门采用联合应对措施，可以实现一系列连贯、一致、成本更低、性价比更高的目标和政策，同时创造其他共同利益。如《建成环境愿景》所述，当前建设系统耗资巨大，存在浪费，容易受到经济、环境和社会压力、整个系统冲击的影响。建筑行业应变得更可持续、安全、富有弹性，而实施基于系统的政策可以促进这一转变。

理由？

为了使建筑行业为到2050年实现净零碳排放目标贡献力量，决策者亟需采取行动，以一定的速度和规模，逐步实现建筑行业脱碳。制定决策时考虑的因素应超越财务成果，以确保建筑行业的公正过渡。决策者可以利用《零净碳排放：气候挑战的系统视角》中介绍的整体[系统]方法，解决碳排放以及更广泛的社会、环境和经济问题，避免孤立思维可能导致的意外后果。

建筑行业和政府的联合行动：

- 建筑行业应证明脱碳方法如何适应全新经济增长模式，以最大限度地减少资源使用，扭转生态破坏现状，助力实现净零碳排放目标。使用《英国财政部（HMT）绿皮书》中规定的经更新工具和指南有助于开展此项行动。⁹

理由？

如果目标模糊，或者彼此冲突的财务和可持续环境目标间存在未能调和的紧张关系，那么，脱碳目标不可能实现。应引导、激励建筑行业减少碳排放量。近期更新了《英国财政部绿皮书》中规定的指南，以便首先评估旨在推进英国实现净零碳排放目标的所有干预措施对该目标的贡献。作为建筑行业脱碳的重要步骤，行业参与者应遵守该指南。

第三部分：各项任务的建议行动

- 政府和建筑行业可以学习、宣传各种最佳实践实例，包括正在制定新目标、开发新工艺、以减少碳排放量的丹麦和荷兰等其他国家、以及英国能源行业等其他行业。应将日益严格的、英国的总体碳减排目标—实现到2030年减排68%、到2035年减排78%（相较于1990年）—保持一致的碳减排目标引入建设过程、建筑材料提取和进口。为了实现净零碳排放目标，还应为建成环境设定更严格的运营碳目标。

理由？

部分欧洲国家在推动改进采购实践方面处于领先水平。荷兰和丹麦（参见案例研究一）开发了促进建设项目脱碳的工具和举措。英国应从此类最佳实践实例学习经验，至少与它们齐平，并努力实现类似目标。将运营碳排放量降至零是加速脱碳的关键。电力供热和自然风流等已有技术可以减少运营碳排放量，但应加快、扩大采用范围。

- 应强制将净零碳排放和可持续性原则和实践纳入工程教育、可持续专业发展和技能提升。

理由？

提高对净零碳排放目标的理解和技术对有关该目标的良好决策的制定和实施技术而言至关重要。

通过净零碳排放愿景实现净零碳排放转型

公众对实现净零碳排放目标的态度和期望已然改变。针对2050年碳目标颁布了新法律，碳目标将在实现变革方面发挥关键作用，但如果公众可以更深刻地理解需要变革的原因，那么，变革将被最有效地接受和实施。应提高公众对净零碳排放的理解。为此英国国家工程政策中心发布了《[净零碳排放介绍](#)》。

建筑行业和政府为提高公众对基础设施整个生命周期内能源使用和碳排放的认识、向公众宣传缓解气候变化影响所需的变革方面扮演关键角色。政府应确保将气候变化和碳排放知识、生态再生机遇等更广泛的可持续性考虑因素纳入所有教育阶段。认证机构应要求学生在继续教育和高等教育课程中学习碳计量、低碳建筑技术和能源中性设计。

不断变化的需求、产品成果、文化和标准等关键促成因素将在实现建筑行业净零碳排放转型方面发挥重要作用。以下详细论述。

不断变化的需求

改变包括政府和私营部门采购商在内的建筑行业客户的需求将在实现建筑行业净零碳排放转型方面发挥关键作用。相关决策应体现对资源有限的更充分认识，以及自身行动将如何影响建筑行业实现净零碳排放目标的能力。

政府、采购商、监管机构、终端用户和投资者等决策者需改变对建筑行业的需求，以助力实现净零碳排放目标，还应与日益壮大的金融机构群体合作，针对气候变化问题采取行动，展现领导力。部分机构正在分配资本，将资金引流至低碳、气候适应性更强的经营活动。其他国家正在采取措施，以期改变企业的行为，与决策者合作，鼓励金融机构更多地参与向低碳经济转型。¹⁰决策者还应应对私营和公共部门客户认为低碳建筑成本更高的想法提出反对意见，强调从长期角度，净零碳排放设计的成本更低。

政府应带头促进上述需求变化，以便其他建筑行业客户效仿。政府应规定并强制要求到2025年挑战性逐渐增高的一系列采购目标；识别建筑物和基础设施使用寿命和运营脱碳性能的更直

第三部分：各项任务的建议行动

接机遇，区分建筑的内含碳排放目标和运营碳排放目标；制定更严格的运营碳排放量短期目标，以期到2050年实现运营中基础设施的更高的运营性能；带头推动该变化，通过采购标准，推广最佳实践和标准。政府在推动变革方面的重要作用在其他行业实例中显而易见。例如，政府对汽车行业实施干预，规定自2030年起，禁止在英国销售新型汽油和柴油汽车，从而加速电动汽车和充电网络开发和推广。

如果通过上述行动改变了客户对建筑行业的需求，则需要迅速、定期更新诸多内容：更新过时的合同；在《英国财政部绿皮书》中增加新指南；更新规划系统；重塑工程教育和培训。应审核、更新《英国财政部绿皮书》中的建议和工具，以反映建筑行业到2050年实现净零碳排放目标所需的措施。建筑行业应与经济学家和英国政府合作，制定全新经济增长模型，最大限度地减少资源使用，扭转生态破坏现状，协助政府证明基础设施系统解决方案如何适应该等模型。

为了实现净零碳排放转型，制定决策时考虑的因素应超越项目、公司和政府的财务成果。2020年12月，英国政府发布了《建筑手册》¹¹制定了明确的、基于结果的规范，旨在推动建筑行业改进和创新，包括使建筑行业朝着2050年净零碳排放目标迈进。然而，要实现这一伟大目标，仍需更多努力。

决策者可以在项目中利用整体系统方法，解决碳排放以及更广泛的社会、环境和经济问题。政府和建筑行业在这方面取得了一定进展，如英国基础设施项目管理局发布的《基础设施性能转型》报告¹²，以及建筑行业主导的、旨在开发新型商业模式、以提高整个生命周期中运营成果、实现行业更可持续、创新和高科技的《项目13》¹³设计师和其他建设受托人有必要根据委托条款，修订相关方法。如果上述行动延伸至项目竣工之后，则应增加对改进性能的问候和承诺。应开展更多以上述方式组织的项目。

英国国家工程政策中心在之前工作中规划了住房和基础设施计划和提供系统，涵盖了包括公众在内的相关行动者的不同观点。影响成果质量的关键因素包括开发商激励措施的透明度，以及该等激励措施在规划和建设过程中的作用。¹⁴有意义的社区参与、共同设计和共同创造可以提升社会成果、降低碳影响。建筑行业需突破其在技术交付方面的传统角色，与第三行业组织、各级政府（中央政府、权力下放政府和地方政府）和社区进行合作，助力塑造成果、赢得认可。

第三部分：各项任务的建议行动



第三部分：各项任务的建议行动

推动建筑行业的文化和能力变革

需要在整个建筑行业变革行业文化，关注点从合规转向性能和成果，以实现建筑行业净零碳排放转型。这需要协作、有能力的行业。建筑行业工程师应能够解决复杂问题，并提供创造性的解决方案。

需要改变有关业务增长的思维方式，摒弃“建筑更多反映业务成功”的假设。应将生态经济学原则——在不使用更多资源的前提下实现繁荣增长——纳入建设过程。建筑行业应与经济学家以及致力于促进全新、循环更理想的资源消耗模型应用的人密切合作。需要坚定的领导力，以推动文化和能力变革。

《英国建筑研究院环境评估方法》（BREEAM）¹⁵《土木工程可持续发展评估、评级和奖励计划》（CEEQUAL）¹⁶和《环境产品声明》（EPD）¹⁷等评级计划促进了碳排放量减少，其中，《英国建筑研究院环境评估方法》对建筑物的市场价值产生了积极影响。然而，此类评级计划不足以实现建筑行业所需的碳排放量降低规模。系统有时可以被“伪装”，以确保项目获得高评级。

通过建筑物控制强制执行建筑物标准，可以在建筑物的整个生命周期内减少碳排放量，从建筑材料提取、建设过程到建筑物运营。建筑法规推动了运营碳排放减少，可以对具体能源和碳排放发挥同样作用。未来还可以包括非受控能源。

更多自上而下的措施也可以发挥作用，例如，通过地方计划、从国家层面落实到地方层面的碳排放或能源预算。地方政府可以在地方计划中制定地方要求，如《伦敦计划》。¹⁸可以根据新建筑是否满足碳排放和能源预算，授予规划许可。碳排放将成为重要的衡量标准，支持决定建设新型零碳建筑或翻新已有建筑。

政府的角色

在英国政府中，建成环境属于多个部门的职权范围。采购和交付责任分离，且涉及多个不同部门，例如，细分的环境问题（英国环境、食品及农村事务部，DEFRA）、运输问题（运输部）和安全问题（英国安全与健康执行局（HSE）新建筑安全监管部）。如果思想不统一，就不可能将建成环境视作整体系统，并连贯解决相关问题。跨政府部门采用协调一致的方法可以实现一系列连贯、一致、成本更低、性价比更高的目标和政策，同时创造其他共同利益。英国政府应带头引入低碳项目激励措施，这需要涉及整个政府的文化变革。

朝向路线图

建筑行业行动计划应规定为降低碳排放影响而应在未来数年采取的行动。本《报告》将建议行动列入《附录C》中的“当前、下一步、未来”框架。实现目标需要激励措施，以推动所有建筑领域的变革，包括供需双方。

第三部分：各项任务的建议行动

案例研究一：

从最佳实践实例学习经验

部分欧洲国家在推动改进采购实践方面处于领先水平。荷兰铁路行业最早开发了“二氧化碳排放量阶梯”¹⁹——一种管理工具，有助于组织降低其内部、项目和整个供应链的碳排放量，该阶梯被越来越多的荷兰国家和地方公共客户用作采购工具；拥有阶梯证书的组织在项目竞标时处于优势，这种优势体现为获得注册价格折扣。此外，阿姆斯特丹市采用了甜甜圈经济学原理，并将其转化为城市变革行动工具。

丹麦正在实施《Fehmarn带项目》，²⁰同时通过绿色公共采购伙伴关系和可持续采购论坛等倡议，强化低碳采购。建筑业的发展方向是在具体建筑项目中实现强制性碳减排目标。承包商获得基础设施项目竞标权后，首要任务是将原始设计的内含碳排放量降低一定比例。目前，碳减排是“理想目标”，而非合同要求，但未来可能强制实施碳减排目标，达不到目标将会被处罚。

丹麦还推出了循环经济战略，其中包括提升采购商在采购中采用循环经济原则的能力、在组织和公共客户间分享最佳实践、收集循环经济中的环境和经济效益证据的倡议。伦敦市大伦敦管理局正在编制《循环经济声明指南》，²¹该指南规定，规划提案应制定核心循环经济原则。

伦敦2012奥林匹克交付局（ODA）表示，其目标是温室气体排放量比标准实践低50%。²²作为实现该目标的一部分，奥林匹克交付局利用其采购权力和声望地位，发展“可持续混凝土”，使用回收再生骨料，现场配料、以减少运输过程中的碳排放和供应风险。这表明了强制减少碳排放对于确保行动实施的重要性。

任务二： 设计和规范

向关键利益相关者建议的行动

建筑行业的行动：

- 应开发实用、易操作的工具，并纳入建筑设计和采购，实现一致的建成环境系统（而非单独建筑）碳排放量评估，可以通过更多地采用数据和数字技术，评估碳排放量和脱碳机遇。

理由？

需要理解在设计碳排放量的实用工具。可以利用数字孪生等数据和数字技术，改进建模工具，减少不确定性，提高设计效率。数据有助于指导选择低碳建筑材料和工艺、更具体地了解项目碳排放量将会产生的影响。

- 应针对建成环境，采用更全面的设计方法，可以选择设计实践、提高设计效率、在规范、设计和建设中要求更高的建筑材料再利用比例。

理由？

在建筑项目初始阶段做出的决策会锁定设计建筑的碳排放量，因此，在建筑竣工前，设计方法始终影响碳排放量。改变设计实践有助于降低碳排放量，其中包括建筑材料再利用。

政府和标准机构的行动：

- 应更新建筑设计和性能标准，纳入新的风险应对方案，提高建筑物和基础设施的建筑材料效率，减少碳排放量，包括建筑材料和组件再利用。可以更新规定更高效设计实践的标准，以实现更高的建筑材料效率和再利用，更关注材料的预期寿命。这可能需要降低性能个数百分比的置信度。为了在所有建设项目中推进建筑材料再利用实践变革，应要求建筑设计师在设计中考虑建筑材料再利用，包括建筑基础再利用，同时要求在使用全新建筑材料时提供证据，以证明无法再利用旧的建筑材料。

理由？

当前标准并非为净零碳排放目标而设计。急需更新建筑设计和性能标准，因为目前建设的基础设施将在2050年继续运营，并将影响未来围绕其建设的其他基础设施。此外，更新建筑设计和性能标准是建筑行业基于自然的解决方案的关键，而且正朝着建筑材料使用循环模式发展。当然，会面临艰难的权衡，如风险和性能。



第三部分：各项任务的建议行动

工程专业机构的行动：

- 应变革工程教育，包括净零碳排放技术以及碳排放量评估工具和框架的持续、专业发展和提升。工程专业机构应优先考虑可从初等教育转移至高等教育的科学、技术、工程和数学（STEM）技能渠道，审视补充建筑行业净零碳排放路线图所需的未来技能。

理由？

为建筑行业培养会使用碳排放量评估工具和框架的人才，指导他们做出决定，从而实现建筑行业净零碳排放转型。建设以项目为驱动，这使得掌握新技能、提升已有技能具有挑战性。工程专业机构可以发挥功能，与相关培训委员会、行业协会、工会、培训机构、技能认证机构和工业领域合作，提高对掌握新技能、提升已有技能的价值认识，增加培训技能的机遇。

联合行动：

- 政府应在建筑行业的配合下，针对建设过程中使用的所有建筑材料引入认证流程，并定期检查，强制要求采用低碳建筑材料和供应链。

理由？

建筑行业尚无明确的建筑材料认证或强制执行程序，导致企业对建筑材料供应链的具体碳排放量信息知之甚少。将认证方案引入建筑材料供应链可以增高碳排放量的透明度，激励建筑行业采购再生钢材和低碳混凝土等低碳建筑材料，推动供应链采用低碳工艺，如矿业电气化工厂。这一行动将促进低碳建筑材料生产和市场。

通过设计和规范实现净零碳排放转型

在建筑物和基础设施竣工之前，设计和规范是决定碳排放量的最重要阶段。在建筑项目的早期阶段做出的关键结构设计决策会影响建筑材料的使用量以及建筑物或结构的使用方式，进而影响建筑物的内含碳排放量和运营碳排放量。该等决策会“锁定”设计建筑的碳排放量。涉及建筑、功能或建筑材料。

英国政府的建筑行业脱碳总体战略应包含通过一系列关键促成因素、实现脱碳设计和规范、最大限度地减少碳排放的战略。以下详细论述。

第三部分：各项任务的建议行动

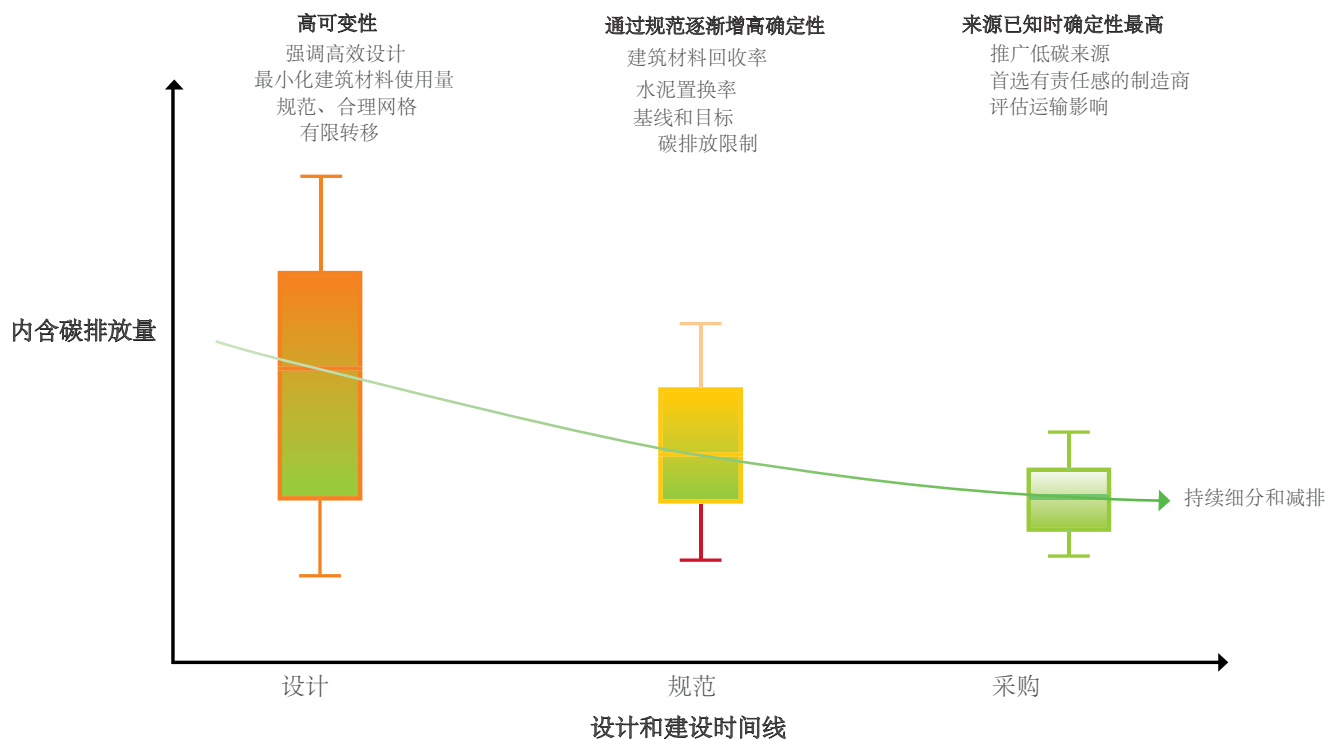


图1：建设过程各阶段的内含碳排放量图

脱碳设计和规范的关键促成因素：**低碳建筑材料**

与建筑材料相关的碳排放来源诸多，包括提取和加工建筑材料所用的能源、建筑材料使用、运输和处置过程中产生的碳排放。钢铁和水泥在建筑材料中占主导地位，其生产和运输过程会产生大量、难以避免的碳排放。没有哪种新型建筑材料是解决所有问题的银钥匙，相反，需要部署一系列新型建筑材料，以减少碳排放。低碳替代建筑材料包括硅酸盐（波特兰）无水泥混凝土、回收钢材、石材、本地采购的木材和低碳玻璃。政府应创建有利的环境，例如制定新型建筑材料快速创新、认证和检测等激励措施和标准，包括了解新型建筑材料的安全性、弹性和公众认知。

为了鼓励使用低碳建筑材料，政府应在建筑行业的配合下，针对建设过程中使用的所有建筑材料引入认证流程。建筑行业尚无明确的建筑材料认证或强制执行程序。将认证方案引入建筑企业可以激励建筑行业采购低碳建筑材料和低碳工艺，并为低碳材料制造商促进市场。

政府应与标准机构开展合作，尽快更新现行设计和性能标准，推进更大规模的建筑材料创新和再利用，包括已有建筑物和基础设施的基础。使用新型建筑材料应该是末项措施，而且应选择低碳建筑材料。为了在所有建设项目中推进建筑材料再利用实践变革，应要求建筑设计师在设计中考虑建筑材料再利用，包括建筑基础再利用，同时要求在使用全新建筑材料时提供证据，以证明无法再利用旧的建筑材料。工程专业机构应开始、持续提升专业培养和技能，以便工程专业人员接受低碳建筑材料使用和再利用培训。

第三部分：各项任务的建议行动

改进的数据和数字技术使用

为了在整个建筑行业实现净零碳排放转型，迫切需要更确切地了解建成环境系统的碳排放量，数据和数字技术可以帮助建筑行业实现这一目标。可以利用数据和数字技术，改进建模工具，减少不确定性，提高设计效率，包括减少碳排放量。数据有助于指导选择低碳建筑材料，更具体地了解项目碳排放量将会产生的影响，确保建筑材料碳排放量的透明度。

为了评估碳排放量和脱碳机遇，迫切需要结合数据和数字技术的新框架和新工具。例如，英国绿色建筑委员会提出了净零碳排放框架概念，²³旨在为建筑行业提供明确的、实现净零碳排放目标的方式，同时为开发相关工具、政策和实践提供信息。该委员会与建筑行业其他领导者应继续开发易操作的新工具，实现一致的建成环境系统碳排放量评估。

重新审视设计标准

更新设计标准可以促进减少碳排放量。例如，可以修改设计标准，降低安全性和可靠性能个数百分比的置信度，使基础设施资产性能达到可接受水平。

对于接受过将风险规避方法纳入设计、因而可能导致过度规范的培训的工程师而言，这无疑是一项严峻挑战。需要全新的、依赖于持续分析和监测而非过度规范建筑物的风险分析方法。设计风险评估同样重要。可能还需要社会认可不同的建筑物性能，如热舒适度或能源可用性。需要针对建成环境的设计采用更全面的方法；应变革工程教育，以涵盖持续的专业发展和技能提升，为建筑行业净零碳排放转型做好准备。

同样重要的一点是，制定的净零碳排放最新设计标准应与室内空气质量要求一致，并使建筑物具有抵御感染传播的能力。²⁴在节能建筑内建造可降低感染传播风险的室内环境是可行的。凭借相关技术和高效管理，建筑物内良好通风和室内空气质量需求与减少碳排放和实现净零碳排放战略并不冲突。需要积极、主动采取行动，将感染控制理念融入建筑行业实现净零碳排放的方法中。



任务三： 建设和再利用

向关键利益相关者建议的行动

建筑行业的行动：

- 建筑行业应将建筑材料再利用定为标准，如果建筑材料无法再利用，要求说明理由，以此证明最佳实践；同时应衡量和阐释建筑材料再利用的益处，并利用工程师、科学家和经济学家参与开发的工具，排除与建筑材料再利用相关的风险。

理由？

目前，建筑行业以线性经济运行，如果想要实现减少温室气体排放和保护生物多样性等全球目标，线性经济是不可持续的。建筑行业应以更有效的方式管理资源，更多地使用回收建筑材料，创造更循环的经济，建立支持性证据库。

- 建筑行业应采取行动，仅允许使用非化石燃料动力工厂和设备，消除施工现场的碳排放，减少建设期间的材料浪费。

理由？

非化石燃料动力工厂和设备已经进入市场，应被迅速使用，以实现现场建设过程脱碳。

政府行动：

- 政府应确保在建筑规划和批准阶段更充分地考虑碳排放量和潜在共同利益，例如，提升健康水平，创造就业机会；可以通过改造旧建筑而非建造新建筑来实现。需要系统的决策方法。

理由？

在许多情况下，从碳排放角度看，建筑物改造方案优于新建方案，同时，与再利用相关的社会效益和经济机遇通常会增加，例如，建筑物维护和改造项目可以创造就业机会和供应链需求。但在范围界定和设计阶段，往往并未充分考虑改造方案的益处。在决策过程中采用系统方法有助于识别和实现上述益处。

通过循环经济实现净零碳排放转型

建筑行业主要以线性经济运行，例如，该行业依赖于从环境中提取材料、加工和使用材料、最终将无法再利用的材料丢弃到环境中。从广义上讲，这属于“获取、制造和丢弃”模式。这种做法是不可持续的，因此，建筑行业应以更有效的方式管理资源，通过废物再利用，创造更循环的经济。

朝着最大限度减少浪费的循环经济迈进也是实现更高健康水平和生活质量等共同利益的关键。在建设和拆除过程中，排放大量潜在有害物质的露天焚烧十分普遍，这些有害物质被归类为持久性有机污染物、致癌物和诱变剂，可导致免疫系统和发育疾病、生殖异常。²⁵拆除施工还会导致硅尘浓度增高，而硅尘

暴露是日益严重的公共和职业健康问题，已知会导致矽肺（一种肺纤维化疾病），还可能导致肺癌和肺结核。²⁶

近年来取得了一定进展：据《废弃物和资源行动计划》

（WRAP）估计，建筑行业的20%已转型为循环经济，²⁷自2010年以来，建筑行业的垃圾填埋或焚烧减少了近一半。然而，仍然任重道远。完全转型为循环经济可能不现实，但政府和建筑行业可以采取更多措施，鼓励符合政府发布的废物等级制度（2011年）的实践。²⁸应设定雄心勃勃的目标，实施激励和授权监管等促成措施，采用现有“城市采矿”²⁹、建筑材料和建筑物回收技术和创新，促进所需的步骤变革。

第三部分：各项任务的建议行动

建筑行业的所有行动者应制定成为高效资源管理者的流程，并在行动过程中遵守循环经济原则。这可能需要有利的经济环境，例如激励和有利法规，以及政府、私营采购商和建筑行业的干预、合作。

在建成环境中减少废物、增加循环的重要方面，包括延长寿命、减少建筑材料使用、减少废物、使用回收建筑材料和可持续设计，都将在实现净零碳排放转型方面发挥重要作用。

再利用的价值和机遇识别

在许多情况下，从碳排放角度看，建筑物改造方案优于新建方案，建筑物维护和改造项目可以创造就业机会和供应链需求、增加与履行和再利用相关的社会效益和经济机遇。但在范围界定和设计阶段，往往并未充分考虑改造方案的益处。在建筑规

划和批准阶段做出决策时，采用系统方法有助于确定和实现可用效益和碳减排。应反映该等决策对其他关联行业的影响，评估能否通过改造旧建筑物或建造新建筑物获得更理想的成果，包括提升健康水平、创造就业机会。

作为采购方，政府应清晰知晓如何评估项目、产品和公司，并始终牢记再利用的价值。从循环经济的角度看，对“良好”建筑的明确定义将成为改进的驱动力。建筑行业应建立证据库，采用建筑工程师参与开发的工具，阐释和衡量再利用的益处。

建筑行业和政府应立即采取措施，识别再利用机遇。从建筑组件和材料，到邻近区域和建筑系统，再利用适用于各种规模。例如，在邻近区域层面，可能有机会重新启用冗余建筑物，为当地社区带来相关利益。由于2019年新冠疫情，消费者对邻近区域价值的认识、共同利益的发掘和识别能力均有所增强，因



ABN AMRO银行建造的可持续发展圆形展馆的外部图片。
图片摄影：Duncan Baker-Brown，布莱顿大学

第三部分：各项任务的建议行动

此，存在再利用邻近区域的机遇。

应确保新建筑坚固耐用、未来经得起考验、适应性强、使用寿命更长、不会轻易被拆除，进而实现碳减排。需要谨慎决定设计寿命，以便在至关重要的短期内，将碳排放影响降至最低。设计的关键还在于赋予建成环境灵活性，改变、调整其用途，以期达到预期寿命。

建筑行业的再利用挑战

圆形、ABN AMRO银行在阿姆斯特丹市金融区建造的可持续发展展馆³⁰和布莱顿废物屋³¹等项目有助于在实践中证明建筑行业的循环经济以及周围区域的共同利益。当前面临的挑战是如何消除障碍，建立激励机制，从而在整个行业推行循环经济原则

序（参见第46段），吸引制造商的关注，推动低碳建筑产品市场，提高此类产品的开发速度和可用性。

建筑行业普遍关切上述变化的法律和保险后果。保险公司过往倾向于保守行事，依赖于风险历史，很难为具有前瞻性创新的方法涉及的风险定价，因而抑制了建筑行业的创新。应从克服合同障碍、成功处理责任问题的实例学习经验。未来情景规划、气候相关财务披露迅速增多，确保在投资决策中考虑气候风险，可能会产生重大影响。这为提高恢复力、与保险行业合作、发行弹性债券提供了新的融资机遇。如果采用系统方法，覆盖整个系统在其整个寿命期内的性能，则考虑上述风险将有助于推动建筑行业脱碳。

在某些情况下，还可能存在技术风险。例如，在过去几十年中，钢强度要求低于现行要求。取自被污染或使用涂料的建筑物或资产的木材可能存在安全问题，使用创新材料、再利用基础材料也存在安全问题，应通过材料再加工创新来克服此类问题。

可能有办法在不引发额外风险的前提下实施改进，例如，更高效地使用现有材料。可以通过测试降低风险，并将低碳产品引入市场。政府应支持低碳材料开发和测试，并执行前述认证程



ABN AMRO银行建造的可持续发展圆形展馆的内部图片。
图片摄影：Duncan Baker-Brown，布莱顿大学

第三部分：各项任务的建议行动



布莱顿废物屋外部。

图片摄影：Duncan Baker-Brown，布莱顿大学



任务四： 采购变革

向关键利益相关者建议的行动

建筑行业的行动：

- 未来5年内，建筑行业应快速、大规模引入并实施低碳设计，以便到2030年基础设施产品能够充分发挥碳减排作用。可以借由致力于推动组织内部和整个供应链变革的领导力量来实现。

理由？

需要在组织内部和整个供应链发挥坚定的领导作用，推动改进实践和文化变革。可以遵循某些改进途径，确保建设过程更高效、最大化释放资本和减少资源浪费等共同利益。

政府行动：

- 政府急需变革各级政府（中央政府、权力下放政府和地方政府）的采购方法，以反映更广泛的、建筑物整个生命周期内的价值的定义，包括建筑物整个生命周期内的碳排放量，而不仅仅是短期成本。政府可以凭借其采购权力和公共合同中规定的要求，推动减少碳排放量。

理由？

采购是实现建筑行业净零碳排放转型的重要杠杆。政府应变革采购方法，以反映建筑物整个生命周期内的碳排放量。政府可以利用其地位，激励建筑行业将行业文化从短期目标转变为注重建筑物整个生命周期内的价值。该变革对于建筑行业净零碳排放转型至关重要。

- 应随时间推移，将日益严格的碳减排目标引入建设过程和建筑材料提取，包括进口建筑材料的内含碳排放量目标，³²并与英国的总体碳减排目标——实现到2030年减排68%、到2035年减排78%（相较1990年）——保持一致。建成环境的运营碳排放量的部分原因是在建设工程早期阶段（如设计和规范阶段）做出的决定；需要更严格的碳减排目标，因为新建基础设施将在2050年后继续运行。政府应与建筑行业密切合作，将碳减排目标立即应用于正在采购的、作为《国家基础设施和建筑采购渠道》³³一部分的基础设施以及公共采购建筑物。私营客户应寻求政府指导，并跟随政府的行事方式。

理由？

设定要求日益增高、但切实可行的建筑物整个生命周期碳排放目标可以鼓励建筑行业进行创造性思考，提供创新解决方案。需要与建筑行业密切合作，建筑行业可以发挥领导作用，帮助政府制定行业实现净零碳排放转型的、可实现预期。

联合行动：

- 建筑行业要想创建实现碳目标所需的创新解决方案，就需要政府和建筑行业针对生产性能和风险采用不同方法，促进整个供应链的创新和协作。整个建筑行业实现数字化将是关键因素。

理由？

截至目前，建筑行业的利润率不足以支持实现净零碳排放转型，无力鼓励创新和脱碳。未来商业模式需要针对生产性能和风险采用不同方法，以在建筑行业刺激更广泛的创新，从而促进脱碳。

第三部分：各项任务的建议行动

通过改变采购和目标设定实现净零碳排放转型

至关重要的一点是，政府和建筑行业均应设定具有挑战性的、明确的、以一定速度和规模实现净零碳排放转型的目标。作为基础设施和建筑项目的主要客户，政府应变革采购方法，以反映建筑物整个生命周期内的碳排放量。

同样重要的一点是，政府应利用其采购权力，通过公共和私人合同中规定的规范和要求，规定建筑的碳排放量。这将成为确保建筑行业实现净零碳排放转型的关键刺激因素。为了促进采购变革，政府需要与建筑行业密切合作，建筑行业可以发挥领导作用，帮助政府制定行业实现净零碳排放转型的、可实现的预期。

为了实现建筑行业净零碳排放转型，碳排放目标应基于建设成果，政府规定的应该是预期性能水平，而非解决方案。这将使建筑行业得以在建设成果交付方面创建解决方案、进行创新。基于建设成果的碳排放目标应该有意义，并在采购阶段产生重大影响。应为所有建设合同追踪碳排放的影响，包括内含碳排放以及与施工和运营相关的碳排放。

实际应用从其他行业学到的、不同商业模式、供应链和行业领导力方面的经验对于建筑行业净零碳排放转型至关重要。

政府采购变革的关键促成因素

商业模式和供应链

建筑行业当前的商业模式不足以支持实现净零碳排放转型，一些建筑承包商的利润率往往很低。这通常会导致采用保守方式进行创新，包括脱碳创新。未来的商业模式应谨慎考虑，不仅要促进建筑行业脱碳，更要确保有可持续的利润率，长期保护就业。

应重新审视生产性能，以及风险如何被整个供应链分担，理解建筑行业规避风险的特性，该特性有碍创新。数字化可以在提高生产率和性能方面发挥关键作用。例如，新的商业模式可以采用数字技术，从制造业等拥有良好实践的行业借鉴经验。

供应链和领导力

通过良好的供应链管理，开发必要产品或减少产生碳排放的其他供应链活动，可以减少建筑行业的碳排放量。三个潜在改进方面：

- 从端到端供应链角度，以更具战略性的方法，改进整个供应链内的流动。需要采用截然不同的方法管理建筑行业的供应链，并从能源等其他行业吸取教训（参见案例研究二）
- 识别“重复经济”，即重复项目的方案可以使供应链获得更长的规划时间，因而更高效，且可能简化合同，为创新提供空间。
- 开发新的、负责的、可持续的商业模式，使企业能够从负责任的消费和生产实践中获利。

供应链负责人，通常是主要承包商，应为供应链的其余部分设定基调。但为了推动实践和文化改进，需要组织在整个供应链中发挥坚定的领导作用。可以遵循某些渐进式改进，例如围绕供应链规划和协调。这样，承包商的效率会提高，利润会增加，资本会被释放，资源浪费会减少，碳排放量也会相应降低。

案例研究二： 学习其他行业的经验

建筑行业可以从能源行业学到很多经验。在没有政府强制要求的情况下，能源行业减少了动力供应过程中的碳排放量。政府制定了减排目标和激励措施，使太阳能和风能等可再生能源的使用在经济上可行。作为服务买方的国家电网要求供应商说明材料和工艺的碳排放量，并在招标书中相应定价，因此，供应商的选择基于碳排放量，而非单纯基于价格。整个供应链的伙伴关系是关键因素。监管机构在要求持续改进方面的作用是另一因素。

第四部分： 结论

建筑行业要想脱碳，就迫切需要变革多个相互关联的领域。挑战在于快速定义并推广最佳实践，以便到2025年将最佳实践应用于所有新建和改造项目。

政府、建筑行业、标准机构和工程专业机构间应保持坚定的领导力和伙伴关系。应就雄心勃勃、但可以实现的路线图达成一致，随着时间推移，将日益严格的碳减排目标与激励措施挂钩。明确规定所需性能后，建筑行业应针对风险，创新、开发新方法，执行路线图。

鉴于政府是基础设施和建筑项目的主要客户，政府采购应发挥关键作用，作为推动变革的杠杆，改变对投资和保险的看法。应稳抓机遇，最大限度地减少资源使用，实现其他利益，同时推动经济增长。

决策者应采用系统方法，识别更广泛的价值定义，评估基础设施和建筑项目对后代的影响时，应考虑碳排放的影响，以及除短期经济成本以外的其他社会和环境因素。应设定清晰的净零碳排放未来愿景，使公众更容易参与和理解所需行动。

本《报告》提供的建议主要基于英国国家工程政策中心于2020年6月举办的脱碳建筑研讨会上进行的讨论，这限制了本《报告》所涵盖的范围，本《报告》可能忽略政府、建筑行业、工程专业机构和其他利益相关者应采取的其他行动。

本《报告》中的行动框架仍在完善，希望利益相关者协助我们进一步完善。诚邀感兴趣的利益相关者帮助我们完善、进一步测试行动框架。如感兴趣，请联系NEPC@raeng.org.uk。



鸣谢

英国国家工程政策中心特此感谢：

审核人员：

Aaron Goater 博士，
气候变化委员会首席工业脱碳分析师
Alice Moncaster 博士，
英国开放大学工程创新学院科学、技术、工程和数学系可持续发展高级讲师
James Thorniley-Walker，
英国财政部气候变化高级政策顾问
Keith Clarke CBE HonFREng，
未来城市发展机构未来城市发展董事会主席
Peter Head CBE FREng 教授，
生态隔离基金创始人兼首席执行官
Robert Thorniley-Walker，
结构和土木工程顾问有限公司董事
Tim Chapman FREng，
奥雅纳工程顾问有限公司基础设施设计总监

编写人员：

Joan Cordiner FREng 教授，
谢菲尔德大学生物化学工程学院副院长兼工艺工程教授
Rachael Rothman 博士，
谢菲尔德大学生物化学工程学院高级讲师
Danielle Densley Tingley 博士，
谢菲尔德大学土木和结构工程学院建筑工程高级讲师
John L Provis 教授，
谢菲尔德大学材料科学与工程学院副院长兼水泥材料科学与工程教授
图片提供人：
Duncan Baker-Brown，
布莱顿大学建筑与设计学院高级讲师
COWI 咨询集团

英国国家工程政策中心零净碳排放工作组成员

Dervilla Mitchell CBE FREng，
主席
Nilay Shah OBE FREng
教授，副主席
Mark Apsey MBE，
IChemE 能源实践社区研究所主席
Jenifer Baxter
博士，机械工程师学会总工程师
Harriet Bulkeley FBA
教授，英国杜伦大学
Mike Cook FREng
博士，Buro Happold 公司董事，英国帝国理工学院兼职教授，
气候紧急任务组英国结构工程师学会主任
Ian Gardner，
奥雅纳全球能源主任
Julie Godefroy 博士，
英国皇家注册设备工程师协会（CIBSE）可持续发展负责人
Jim Hall FREng
教授，英国牛津大学，土木工程师学会副会长
Simon Harrison
博士，工程技术学院，莫特·麦克唐纳集团战略负责人
Steve Holliday FREng，
能源研究所所长
Roger Kemp MBE FREng
教授，英国兰卡斯特大学
Rebecca Lunn MBE FREng FRSE
教授，英国思克莱德大学
Ilan McCluskey，
煤气工程师和管理人学会技术和政策主任 Managers
Susan Owens OBE FBA
教授，英国剑桥大学名誉教授
Sophie Parsons
博士，国家复合材料中心材料、矿物和采矿研究所战略顾问
Nick Winsor CBE FREng，
能源系统 Catapult 主席

附录

附录A: 建议行动的预期效果

为了实现建筑行业脱碳，我们为第三部分所述**建议行动**提出了**预期成果**，这些成果与附录B中所述杠杆系统关联，涵盖以下广泛类别：

- 建筑行业应采用与英国总体碳减排目标一致的目标，即到2030年减排68%¹²、到2035年减排78%¹³（相较1990年）。上述建议减排比例应包括建成基础设施和进口建筑材料的内含碳排放量，而不仅仅是英国碳预算中规定的碳排放量。为了实现净零碳排放目标，需为建成环境设定更严格的运营碳排放目标。为了实现这些目标，政府和建筑行业应共同推出雄心勃勃、可实现的、到2050年实现脱碳的路线图，以净零碳排放未来愿景为指导，涵盖不断变化的需求和基于成果的决策。
- 建筑行业应支持实施《英国财政部绿皮书》³⁶中规定的经更新环境影响评估指南，该指南旨在确保首先评估干预措施对净零碳排放目标的贡献，还应遵循英国基础设施项目管理局在《基础设施性能转型》³⁷报告中概述的原则。
- 应立即、持续更新现行建筑设计和性能标准，为建成环境提供更全面的设计方法，实现高效设计和材料再利用。此外，经更新标准应确保所有未来项目（包括新冠疫情暴发后经济刺激战略下的项目）均满足净零碳排放要求。重要的是，在英国实现净零碳排放目标的过程中，应在设计中采取积极、主动的行动，整合感染控制和能源效率理念，防止感染传播和其他健康风险加剧。³⁸除经更新设计和建设标准外，还应就已竣工项目的使用性能进行后续评估。
- 政府和建筑行业应快速定义并推广低碳建筑和采购最佳实践，以便到2025年将最佳实践应用于所有新建和改造项目。上述行动应基于不同的生产率、性能和风险方法，数字化是关键因素。
- 为了实现建筑行业的文化变革，应将净零碳排放和可持续发展原则和实践强制纳入工程教育、持续专业发展和技能提升。此外，应提升对净零碳排放的理解，教授所需技能，以便做出良好决策，掌握执行决策的技能。
- 政府应采用系统方法，³⁹确保将建设过程中产生的碳排放总量降至最低。无法仅通过减少新建建筑和改造已有建筑实现净零碳排放目标。需要建立全新系统，摆脱持续200年之久的、对化石燃料的依赖。通过采用系统方法，中央政府、权力下放政府和地方政府可以保持一致的、联合的、连贯的、明确服务于共同利益的、以社会、经济和环境成果为核心的

建成环境和建设政策，包括解决净零碳排放和感染恢复力间的任何冲突，尤其是通风。

附录B：系统杠杆

结合本《报告》中所列详细行动，我们将这些行动归纳为六大“系统杠杆”，主要集中在立即采取行动即可促进建筑行业快速脱碳的领域。此外，我们将所有行动汇总，采用排序框架进行排序：当前（2021年）、下一步（到2025年）和未来（2025年以后）。本《报告》列述了助力建筑行业实现净零碳排放目标、建筑行业、政府、工程专业机构和其他利益相关者应采取的四大任务。这有助于就如何解决整个建筑行业存在的问题达成共识、规定需要采取的行动，以便在短期、中期和长期内实现建筑行业脱碳。

设定和规定渐进的碳减排目标

- 将整个生命周期碳排放定量评估纳入公共采购
- 提高设计效率、材料再利用和建筑物改造
- 降低整个生命周期内的碳排放量
- 提升实现净零碳排放目标所需的技能
- 采用联合的、系统的方法，在整个建筑行业和其他行业实现脱碳

附录

附录C: 当前、下一步和未来框架

任务领域	成果	当前 (2021年)
设计和规范	设定渐进目标—政府/行业伙伴关系提升实现净零碳排放目标所需的技能	<p>须实现……</p> <p>应更新建筑设计和性能标准，纳入新的风险应对方法，提高建筑物和基础设施的建筑材料效率，减少碳排放量，包括建筑材料和组件再利用。可以更新规定更高效设计实践的标准，以实现更高的建筑材料效率和再利用率，更关注材料的预期寿命。这可能需要降低性能个数百分比的置信度。为了在所有建设项目中推进建筑材料再利用实践变革，应要求建筑设计师在设计中考虑建筑材料再利用，包括建筑基础再利用，同时要求在使用全新建筑材料时提供证据，以证明无法再利用旧的建筑材料。</p> <p>建筑行业应针对建成环境，采用更全面的设计方法，可以选择设计实践、提高设计效率、在规范、设计和建设中要求更高的建筑材料再利用比例。</p> <p>应变革工程教育，包括净零碳排放技术以及碳排放量评估工具和框架的持续、专业发展和提升。工程专业机构应优先考虑可从初等教育转移至高等教育的科学、技术、工程和数学 (STEM) 技能渠道，审视补充建筑行业净零碳排放路线图所需的未来技能。</p>

下一步（到2025年）

应开发实用、易操作的工具，并纳入建筑设计和采购，实现一致的建成环境系统（而非单独建筑）碳排放量评估，可以通过更多地采用数据和数字技术，评估碳排放量和脱碳机遇。

政府应在建筑行业的配合下，针对建设过程中使用的所有建筑材料引入认证流程，并定期检查，强制要求采用低碳建筑材料和供应链。

未来（2025年以后）

附录

		须实现.....
任务领域	成果	当前 (2021年)
采购变革	将整个生命周期碳排放定量评估纳入公共采购	应随时间推移，将日益严格的碳减排目标引入建设过程和建筑材料提取，包括进口建筑材料的内含碳排放量目标，并与英国的总体碳减排目标——实现到2030年减排68%、到2035年减排78%（相较1990年）——保持一致。建成环境的运营碳排放量的部分原因是在建设工程早期阶段（如设计和规范阶段）做出的决定；需要更严格的碳减排目标，因为新建基础设施将在2050年后继续运行。政府应与建筑行业密切合作，将碳减排目标立即应用于正在采购的、作为《国家基础设施和建筑采购渠道》一部分的基础设施以及公共采购建筑物。私营客户应寻求政府指导，并跟随政府的行事方式。
建设和再利用	提高设计效率、材料再利用和建筑物改造	建筑行业应将建筑材料再利用定为标准，如果建筑材料无法再利用，要求说明理由，以此证明最佳实践；同时应衡量和阐释建筑材料再利用的益处，并利用工程师、科学家和经济学家参与开发的工具，排除与建筑材料再利用相关的风险。 建筑行业应采取行动，仅允许使用非化石燃料动力工厂和设备，消除施工现场的碳排放，减少建设期间的材料浪费。

下一步（到2025年）

未来5年内，建筑行业应快速、大规模引入并实施低碳设计，以便到2030年基础设施产品能够充分发挥碳减排作用。可以借由致力于推动组织内部和整个供应链变革的领导力量来实现。

建筑行业要想创建实现碳目标所需的创新解决方案，就需要政府和建筑行业针对生产性能和风险采用不同方法，促进整个供应链的创新和协作。整个建筑行业实现数字化将是关键因素。

政府应确保在建筑规划和批准阶段更充分地考虑碳排放量和潜在共同利益，例如，提升健康水平，创造就业机会；可以通过改造旧建筑而非建造新建筑来实现。需要系统的决策方法。

未来（2025年以后）

政府急需变革各级政府（中央政府、权力下放政府和地方政府）的采购方法，以反映更广泛的、建筑物整个生命周期内的价值的定义，包括建筑物整个生命周期内的碳排放量，而不仅仅是短期成本。政府可以凭借其采购权力和公共合同中规定的要求，推动减少碳排放量。

附录

		须实现.....
任务领域	成果	当前 (2021年)
产品成果	降低整个生命周期内的碳排放量	<p>在英国政府中，建成环境属于多个部门的职权范围，这可能妨碍将建成环境视作整体系统进行协调处理。跨政府部门采用联合应对措施，可以实现一系列连贯、一致、成本更低、性价比更高的目标和政策，同时创造其他共同利益。如《建成环境愿景》所述，当前建设系统耗资巨大，存在浪费，容易受到经济、环境和社会压力、整个系统冲击的影响。建筑行业应变得更可持续、安全、富有弹性，而实施基于系统的政策可以促进这一转变。</p> <p>应强制将净零碳排放和可持续性原则和实践纳入工程教育、可持续专业发展和技能提升。</p>
采用系统方法 (跨任务领域)	采用联合的、系统的方法，在整个建筑行业和其他行业实现脱碳	<p>建筑行业应针对建成环境，采用更全面的设计方法，可以选择设计实践、提高设计效率、在规范、设计和建设中要求更高的建筑材料再利用比例。</p> <p>政府应采取不同方法，做出决策，使不同政府部门、地方政府和权力下放行政部门的政策保持连贯、一致。如《建成环境愿景》所述，当前建设系统耗资巨大，存在浪费，容易受到经济、环境和社会压力、整个系统冲击的影响。建筑行业应变得更可持续、安全、富有弹性，而实施基于系统的政策可以促进这一转变。</p>

下一步（到2025年）

建筑行业应证明脱碳方法如何适应全新经济增长模式，以最大限度地减少资源使用，扭转生态破坏现状，助力实现净零碳排放目标。使用《英国财政部（HMT）绿皮书》中规定的经更新工具和指南有助于开展此项行动。

政府和建筑行业可以学习、宣传各种最佳实践实例，包括正在制定新目标、开发新工艺、以减少碳排放量的丹麦和荷兰等其他国家、以及英国能源行业等其他行业。应将日益严格的碳减排目标引入建设过程、建筑材料提取和进口；英国的2030年和2035年碳减排目标分别为68%和78%（相较1990年）。为了实现净零碳排放目标，还应为建成环境设定更严格的运营碳目标。

未来（2025年以后）

附录

附录D：词汇表

术语	定义
建设和再利用	指建筑材料再利用行为或实践，无论为原本用途或实现其他功能。应区别于回收利用，后者是指将使用过的物品分解、制成生产新产品所需的原材料
设计和规范	指建筑物或结构的技术设计，以及技术设计满足的需求。包括建设开始后所需的产品和材料，以及设计选择中涉及的价值和判断。
内含（或资本）碳排放量	在建筑的生命周期内，内含碳排放量指与项目非运营阶段相关的、二氧化碳当量（CO ₂ e）或温室气体（GHG）的排放量。包括因构成建筑物的材料和系统的提取、制造、运输、装配、维护、更换、解构、处置和寿命终止等引起的碳排放量。
政府采购	指代表公共机构、商业模式、供应链和领导采购商品、服务和工程。
任务	任务是建筑行业格局中基本的、相互关联的、急需变革以实现净零碳排放过渡、同时继续提供相同社会功能的组成部分。
	本《报告》中分析的任务领域包括：1) 产品成果，2) 设计和规范，3) 建设和再利用，4) 为实现目标而选择的项目和采购。
基于自然的解决方案	国际自然保护联盟（IUCN）将基于自然的解决方案定义为保护、可持续管理和恢复自然生态系统或经改造的生态系统的行动，有效地适应社会挑战（如气候变化、粮食和水安全或自然灾害），同时提供人类福祉和生物多样性利益。
运营碳排放量	在建筑的生命周期内，运营碳排放量指与建筑物维护和运营相关的、二氧化碳当量或温室气体的排放量。包括加热、冷却、供电和供水过程中产生的碳排放量。
产品成果	指有助于理解和蜡油企业或建筑行业的产品能否助力实现目标的指标。
系统杠杆	指可由关键系统参与者调整、以引发系统范围变化的工具。
用户碳排放量	指基础设施资产的最终用户产生的碳排放量。
整个生命周期碳排放量评估	建筑物整个生命周期内的碳排放量包括内含碳排放量和运营碳排放量。该评估旨在了解具体碳排放量和运营碳排放量间的关系，有助于确定总体最佳碳减排量。

附录E：受众

本英国国家工程政策中心（NEPC）文件的受众是执行一系列净零碳排放政策的（如政府采购、基础设施和建成环境领域）、中央政府和其他组织的决策者，以及负责推动建筑行业转型的人士，包括建筑行业领导者和工程界人士。

附录F：英国国家工程政策中心脱碳建设研讨会

2020年6月23日，英国国家工程政策中心（NEPC）召开研讨会，50位顾问、客户组织、决策者、学者和建筑行业专家参加了此次研讨会。研讨会旨在确定变革领域，同时确定优先行动。研讨会由Dervilla Mitchell CBE FREng和Mike Cook FREng博士主持。

研讨会重点讨论了实现低碳建筑环境所需的变革，旨在确定主要变革领域，同时确定优先行动。核心讨论问题：需要采取哪些行动，以加速建筑行业向零碳产业过渡、最好地满足国家需求？

研讨会与会者听取了来自建筑行业四大领域的受邀发言人的发言，围绕当前行动重点进行了辩论。如第二部分介绍、第三部分详述。

有关脱碳建设工作的更多信息，请登录[中心网站](#)。

参考资料

- 1 《将内含碳排放量提上日程》，世界绿色建筑委员会，2019年
- 2 《英国混凝土和水泥行业净零碳排放路线图》，英国混凝土与矿物制品协会，2020年
- 3 《建筑手册》，英国政府，2020年
- 4 《建造2025》，英国政府，2013年
- 5 《工业战略：建筑行业交易》，英国政府，2018年
- 6 《解封路线图》，英国建设领导委员会，2020年
- 7 《英国建设领导委员会为专业机构发布的零碳排放气候行动计划》，英国建设领导委员会，2021年
- 8 《基础设施性能转型》，英国基础设施项目管理局，2017
- 9 《英国财政部绿皮书》，英国财政部，2020年
- 10 《针对气候变化采取行动的金融机构》，联合国环境规划署，2014年
- 11 《建筑手册》，英国政府，2020年
- 12 《基础设施性能转型》，英国基础设施项目管理局，2017年
- 13 《关于项目13》，项目13，2021年
- 14 《可持续发展居住区》，英国国家工程政策中心，2020年
- 15 《英国建筑研究院环境评估方法》，2021年
- 16 《土木工程可持续发展评估、评级和奖励计划》，2021年
- 17 《环境产品声明》，2021年
- 18 《伦敦发展计划2021》，伦敦市市长，2021年
- 19 《二氧化碳排放量阶梯：减少排放、节约成本、赢得业务》，《二氧化碳逻辑》，2016年
- 20 《Fehmarn带隧道》，Femern，2021年
- 21 《循环经济声明指南》，伦敦市市长，2020年
- 22 《2012年伦敦奥运会和残奥会的环境可持续性》，大伦敦管理局，2012年
- 23 《净零碳排放建筑：框架定义》，英国绿色建筑委员会，2019年
- 24 《可抵御感染的环境：建筑物保障人们的健康和安全》，英国国家工程政策中心，2021年
- 25 《全球更安全工程寿命研究》，英国皇家工程院，2020年
- 26 《全球更安全工程寿命研究》，英国皇家工程院，2020年
- 27 《识别苏格兰建筑行业的循环经济机遇》，苏格兰零废弃物组织，2017年
- 28 《废物等级应用指南》，英国环境、食品和乡村事务部（DEFRA），2011年
- 29 从产品、建筑物和废物中回收化合物和元素的过程
- 30 《建造圆形：关于阿姆斯特丹市Zuigas区“圆形”展馆》，CIRCL，2021年
- 31 布莱顿废物屋，布莱顿大学，2021年
- 32 任务2：设计和规范之联合行动1中规定的认证过程，可以为进口建筑材料内含碳排放量测量提供证据基础。
- 33 《国家基础设施和建设采购管道2020/2021年分析》，英国基础设施项目管理局，2020年
- 34 《绿色工业革命的十点计划》，英国政府，2020年
- 35 《国家基础设施战略》，英国政府，2020年
- 36 《英国财政部绿皮书》，英国财政部，2020年
- 37 《基础设施性能转型》，英国基础设施项目管理局，2017年

英国皇家工程院正在利用工程力量，建设可持续发展的社会和惠及所有人的包容性经济。

我们与研究人员、合作伙伴开展合作，为未来培养人才和技能，推动创新，促进建立全球合作伙伴关系，协助制定政策，实现公众参与。

共同应对我们这个时代最大的挑战。

我们的行动

人才和多样性

我们培训、支持、指导和资助工程专业领域最才华横溢、有创造力的研究人员、创新者和领导者，为未来培养人才。我们识别不断变化的世界所面临的挑战，开发所需技能和方法，为未来培养技能，以期建立有弹性、多样化的工程专业领域。

创新

我们投资英国最具创造性、最令人兴奋的工程理念和业务，推动创新。我们建立全球合作伙伴关系，汇聚工业、企业和学术界的世界顶级工程师，共同创造，协作创新，应对我们这个时代最大的全球挑战。

政策和参与

我们通过英国国家工程政策中心协助制定政策—在重要问题上为决策者提供独立专家支持。
我们让公众了解工程奇迹，激励年轻人成为下一代工程师，实现公众参与。

英国国家工程政策中心

我们代表43个专业工程组织、45万名工程师统一发声，中心由英国皇家工程院领导。我们为决策者提供涵盖整个工程专业领域的建议途径。我们向社会通报国家层面的重要政策问题，并响应政策。