

中-荷可持续建筑环境合作 发展、政策和市场机会

(This Chinese version is translated from English version by Dr. Bowen Xu. This is informal publication, and intended for reading and reference only.)

徐博闻 博士
Jos Brouwers 教授

2025年11月

前言

本报告由荷兰外交部与中国中国知识网络委托撰写，旨在回应荷兰住房和空间规划部、内政和王国关系部以及荷兰驻华大使馆提出的政策研究问题。作者衷心感谢中国驻荷兰大使馆在报告撰写过程中提供的帮助。该倡议反映出人们日益认识到，应对环境问题不仅需要国内创新，还需要基于相互理解、市场协调和长期信任的国际合作。

尽管中荷两国在诸多领域存在竞争，但在应对全球环境问题方面，例如能源效率、二氧化碳减排和循环经济等，两国拥有共同的利益。建筑环境在这些问题中扮演着至关重要的角色。因此，合作与知识共享至关重要。尤其值得注意的是，共享知识在中国的开发和应用规模远远超过荷兰乃至整个欧洲。

作为全球最大的建筑市场，中国已迈入绿色转型的新时代。从低碳材料认证到数字化能源系统和循环城市设计，可持续发展议程不再局限于政策层面，而是正在大规模地积极塑造规划框架、采购规则和行业标准。然而，各地区的实施情况仍然不均衡，从监管到实际环境绩效的路径仍在探索之中。

对于荷兰而言，这种不断变化的格局既带来了机遇，也带来了挑战。荷兰企业在循环建筑、绿色材料工程和数字化设计领域处于全球领先地位。荷兰研究机构在生命周期评估、建筑性能建模和气候适应型城市规划方面拥有深厚的专业知识。这些优势与中国的目标高度契合，但有效的合作需要的远不止技术上的卓越。它还需要了解中国建筑生态系统中的监管和制度层级，以及国家与市场互动的逻辑。

本报告旨在增进全球对中国在建筑环境可持续发展方面所取得进展的了解，并为荷中两国在政府、企业和科研等多个层面的合作提供参考。报告通过回顾政策框架和实践经验，力求在平等、互信、互利的基础上，促进两国在绿色建筑、低碳转型和循环经济领域的合作。此类合作不仅将增强两国在全球可持续制造业领域的竞争力和领导地位，还将助力实现国际气候目标，推动全球可持续发展。

凭借我们在土木工程材料、可持续建筑系统和国际项目开发方面的丰富经验，我们认为本报告不仅是一份成果，更是一座桥梁：连接愿景与能力，连接价值观与切实可行的切入点。我们相信，随着中荷两国各自努力实现气候目标，两国在建筑环境领域的双边合作能够带来技术、经济和制度方面的共同利益，同时也将为更广泛的全球可持续发展转型做出贡献。

本报告中的所有信息和数据均来自公开渠道，包括开放获取的研究、官方报告、行业出版物和监管标准，不包含任何机密或受限信息。

徐博闻 博士

Jos Brouwers 教授、博士

埃因霍温理工大学

2025



关于作者

徐博闻，玛丽·居里学者，现任埃因霍温理工大学（TU/e）博士后研究员。其研究方向涵盖可持续结构设计、结构用可持续建筑材料，以及循环经济原则在建筑系统中的应用与融合。本报告完成于其在埃因霍温理工大学博士后研究期间，旨在通过对可持续技术、政策与市场的系统性融合分析，支持中荷在绿色建筑领域的合作。在进入学术界之前，徐博闻曾就职于中国建筑集团有限公司，这一经历为其积累了对中国建筑行业 and 制度环境的实践经验，并为其后续研究提供了独特视角。

Jos Brouwers，埃因霍温理工大学（TU/e）建筑环境学院全职教授，建筑材料研究小组负责人。他的研究领域涵盖可持续水泥与混凝土、工业副产物在建筑中的循环利用、颗粒堆积理论及耐久性建模。在生态高效建筑材料方面的突出贡献使其在学术界和业界广受认可，已发表科学论文 250 余篇，总引用次数超过 24000 次。除了学术研究，他长期致力于科研成果的工程化应用，主持和参与了大量国际科研与产业合作项目，涉及绿色建材开发、建筑废弃物资源化利用以及低碳建造体系的推广，与欧洲及全球多家领先企业保持紧密合作关系。他还担任武汉理工大学客座教授，并在多项跨国研究计划和行业项目中担任顾问，推动产学研深度结合与可持续建造技术的落地转化。

This report was published under the framework agreement for the China Knowledge Network (CKN) funded by the Dutch Ministry of Foreign Affairs, for knowledge exchange with all Dutch ministries regarding policy challenges and opportunities related to China. The responsibility for the content and expressed opinions lies solely with the authors. The network is managed by the Dutch ministry of Foreign Affairs, the Netherlands Institute of International Relations ‘Clingendael’ and the Leiden Asia Centre.

The Netherlands Institute of International Relations ‘Clingendael’ is a leading independent think tank and academy on international relations. The Leiden Asia Centre is an independent research centre affiliated with Leiden University. It serves as a hub for applied academic knowledge on modern Asia.

结论和战略建议摘要

本报告明确了推进中荷可持续建筑环境合作的战略机遇。以下建议基于本研究的跨学科研究结果：

1、加强双边对话和标准对接

- 参考欧盟标准，建立以绿色建筑标准和认证兼容性为重点的中荷长期对话机制。
- 推进双认证示范项目，加快市场准入和互认。

2. 在目标市场中利用荷兰创新

- 专注于循环建筑材料、气候适应性外墙、节能住房系统和数字资产管理解决方案。
- 通过出口担保和绿色项目共同融资支持荷兰中小企业。

3. 与中国国有企业和地方政府合作

- 与中国建筑、中国节能等国有企业合作，参与大型城市更新和工业园区项目。
- 积极参与雄安新区、长三角大湾区合作，试点创新建筑理念。

4. 促进联合研究和人才交流

- 与中国机构（如清华大学、中国建筑科学研究院）建立联合研究中心，重点关注碳中和设计、生命周期评估和循环材料。
- 扩大双边博士交流项目和与现场项目相关的短期访问项目。

5. 探索第三方市场合作模式

- 建立中荷绿色基础设施合作联盟，服务东南亚、非洲和拉丁美洲。
- 将荷兰的规划和可持续发展技术与中国的融资和交付能力结合起来。

6. 应该注意的具体事项

- 避免直接在中国进行承包劳务业务。
- 与中国重点规划目标相一致（例如生态文明）。
- 未经当地适应，不应直接套用欧盟标准。
- 了解国有企业的市场运行逻辑。
- 确保所有技术合作中都有适当的知识产权和数据治理协议。

目录

前言	2
结论和战略建议摘要	4
目录	5
1. 简介	7
1.1 研究背景	7
1.2 目标	7
1.3 研究方法	8
1.4 报告范围	9
1.5 报告结构	9
2. 中国可持续发展的历史	11
2.1 中国可持续发展的历史与现状	11
2.2 可持续发展指导体系及相应的监管部门	14
2.3 未来规划与战略展望	16
3. 中国可持续建筑产业发展现状	19
3.1 国家政策和治理框架	19
3.2 中国可持续建筑环境实践	22
3.3 与欧洲政策和市场趋势的比较	36
3.4 中国绿色建筑与经济发展	42
3.5 市场潜力和增长前景	43
4. 中国可持续建筑环境案例研究	47
4.1 绿色建筑材料	47
4.2 建筑能源系统	50
4.3 建筑水资源管理	57
4.4 环境产品声明和建筑产品法规	60
4.5 结论：迈向可扩展和协作的解决方案	62
5. 中国可持续建筑发展的国际伙伴关系	63
5.1 合作规模与模式	63
5.2 国际合作典型案例	67

5.3 优点和局限性	71
5.4 中外企业作用与贡献比较	72
6. 中荷合作的机遇与挑战	79
6.1 荷兰在可持续建筑环境方面的优势（建筑和城市规划）	79
6.2 中国与荷兰之间的竞争与互补态势	86
6.3 合作渠道及利益相关方分析	88
6.4 中荷认证和监管协调的制度路径	89
7. 结论与建议	97
7.1 主要发现总结	97
7.2 战略建议	97
7.3 需要注意的事项	98
7.4 未来前景与合作展望	99
7.5 挑战和缓解建议	99
附录 A：香港特别行政区绿色建筑政策及发展	101
A.1：概述	101
A.2：香港特别行政区的可持续建筑发展	101
A.3：结论和讨论	109

1. 简介

1.1 研究背景

随着全球可持续发展努力的加强，建筑业（约占全球 GDP 的 13%¹）仍然是全球最大的碳排放（39%）和能源消耗（36%）贡献者之一²。中国作为全球最大的建筑市场³，是全球气候转型的关键参与者。中国政府已出台一系列政策举措，旨在推动绿色建筑、节能城市发展和循环经济原则，以支持其 2030 年碳达峰⁴和 2060 年碳中和的目标⁵。尽管做出了这些努力，但在实施过程中仍然存在挑战，包括政策执行分散、财政激励措施有限、市场惯性和技术差距。过去几十年快速城镇化和基础设施扩张的遗留问题进一步加剧了这些挑战，在此期间，建筑业发展模式资源密集，监管松散。解决这些问题不仅需要技术和体制改革，还需要行业的结构转型。与此同时，这些动态也为国际合作创造了机遇，尤其是在低碳材料、数字化施工方法和循环经济应用等领域。中国建筑行业可以成为测试和应用新兴解决方案的相关平台，并可能产生全球性影响。

相比之下，荷兰和更广泛的欧盟在可持续建筑政策、技术标准化和循环经济实施方面积累了丰富的经验。欧盟绿色协议和可持续发展框架的早期发展营造了良好的市场环境，绿色建筑如今日益由行业驱动。荷兰的“混凝土协议(Betonakkoord)”⁶和“材料护照(material passport)”等倡议为促进资源效率、材料再利用和公私合作提供了成熟的模式。在此背景下，欧盟与中国（包括荷兰）之间的战略合作潜力日益增长。尽管发展轨迹各异，但通过知识交流、联合试点项目以及可持续建筑技术领域的协同创新，双方仍拥有互利共赢的空间。这种合作既有助于加速中国的绿色转型，也有助于荷兰和欧盟可持续发展创新的国际化。

对于荷兰企业而言，这些发展表明，他们对绿色材料、数字化施工工具、生命周期评估和循环经济实施等领域的先进技术、服务和项目交付模式的需求日益增长。因此，了解中国不断变化的监管和市场环境对于找到可行的切入点并建立长期合作伙伴关系至关重要。

1.2 目标

本研究旨在客观评估中国建筑环境的可持续性现状，分析政策承诺与实际执行之间的潜力，并探索中国与荷兰（或更广泛的欧盟）在可持续建筑领域的潜在合作模式和政策建议。报告力求成为双边合作的务实桥梁，促进荷兰在绿色建筑解决方案领域的贸易和投资，推动可持续建筑技术的交流与应用，并支持两地利益相关者之间的相互学习。

¹联合国环境规划署（UNEP）和全球建筑与施工联盟（GlobalABC），2023 年全球建筑现状报告：超越地基——主流可持续解决方案以减少建筑行业的排放 2024 年。

²Huang L, Krigsvoll G, Johansen F, Liu Y, Zhang X. Carbon emission of global construction sector[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018, 81: 1906–1916.

³Wu H, et al. Generation characteristics and disposal paths of construction waste in public building project: A case study[J]. *Cleaner Waste Systems*, 2025, 10: 100211.

⁴中华人民共和国国务院.《2030 年碳排放达峰行动计划》[EB/OL]. 2021-10-26.

⁵中共中央, 国务院.《关于全面准确贯彻新发展理念做好碳达峰和碳中和工作的意见》[EB/OL]. 2021-10-24.

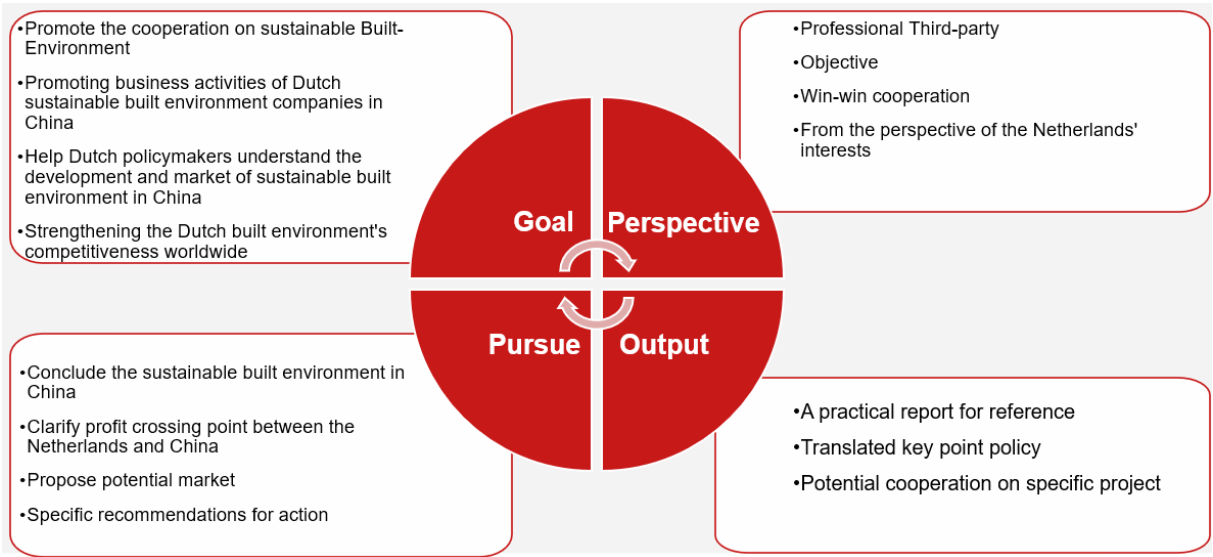
⁶Betonakkoord. [EB/OL]. 可访问: <https://www.betonakkoord.nl/>

重要的是，本研究采用中立、基于证据的视角，以应对这一往往存在两极化叙事的领域。围绕中国环境政策和可持续建设工作的讨论，常常受到评论员战略、商业或政治倾向的影响，导致解读不一致甚至相互矛盾。在此背景下，本报告旨在澄清关键的信息不对称问题，尤其是那些影响荷兰和欧洲利益相关者的信息不对称问题，并对中国的政策框架、实施动态和市场状况进行平衡且经过充分研究的阐述，从而支持国际参与的明智决策。

具体而言，本研究旨在：

- 客观评估中国可持续建筑的现状，包括其政策框架、市场趋势和关键实施挑战；
- 比较和对比中国和荷兰（欧盟）的可持续建筑政策和实践，以确定趋同和分歧的领域；
- 分析中荷合作模式及障碍，重点关注政府-产业-市场互动；
- 制定切实可行的政策建议，促进中荷（中欧）合作实现低碳和可持续建设目标；
- 弥合知识差距，减少中国和荷兰利益相关者在可持续建筑政策、技术和市场机会方面的信息不对称；
- 为建立基于事实的绿色建筑实践长期合作、贸易和共同创新平台做出贡献。

图 1.1 研究概况



1.3 研究方法

本研究采用混合方法，整合政策分析、案例研究、定量数据分析和专家访谈，全面了解中国可持续建筑格局及其与荷兰的合作潜力。

- 政策分析：系统回顾中国和荷兰（欧盟）的可持续建筑政策，涵盖绿色建筑标准、碳排放法规和循环经济战略；
- 案例研究分析：审查关键的可持续建筑举措（例如绿色建筑材料、能源基础设施、城市规划），以深入了解其有效性和可扩展性；
- 数据分析：综合行业报告、政府数据和市场研究，量化中国建筑环境的可持续性趋势；
- 专家访谈：与政策制定者、行业领袖和可持续发展专家互动，以获取有关政策实施、市场状况和合作机会的实用见解。

本研究采用混合方法，结合政策分析、案例研究、数据分析和访谈，全面了解中国建筑业可持续发展的现状及其与荷兰的合作潜力。

1.4 报告范围

本研究重点关注与可持续建筑相关的五个关键领域：

- 可持续建筑材料（例如低碳水泥、工程木材、再生材料）；
- 能源基础设施（例如建筑能源管理系统、热电联产（CHP）集成、智能电网）；
- 城市规划和监管框架（例如材料护照实施、绿色建筑认证体系）；
- 中欧气候与可持续发展合作（例如政策协调、投资机制和产业伙伴关系的比较分析）。
- 选择这些领域是基于它们与中国和荷兰的相关性、它们对政策干预的影响力以及它们在全球向可持续城市发展转变中的重要性。

1.5 报告结构

本报告按照逻辑顺序排列，从背景介绍到比较政策分析、案例研究和实用建议，反映了中国和荷兰可持续建筑的战略和技术层面：

- **第1章：简介**
概述报告的背景、目标、范围、方法和结构，为平衡和基于证据的分析奠定基础。
- **第二章：中国可持续发展的历史与现行政策**
提供中国可持续发展议程的历史和制度概述，强调其不断发展的环境治理、监管机构和战略前景。
- **第三章：中国可持续建筑现状**
探讨塑造绿色建筑实践的国家政策、治理机制和技术标准。各部分涵盖绿色认证、材料、城市设计、预制、数字化建筑、经济影响和市场趋势。
- **第四章：中国可持续建筑环境案例研究**

进行深入分析，说明在绿色材料、建筑能源系统和水资源管理三个领域实施可持续发展目标。

- **第五章：中国可持续建筑发展的国际伙伴关系**

介绍中国与国际伙伴在可持续建筑环境领域的合作，探讨中国与荷兰（欧盟）政策的趋同与分歧，并确定双边在可持续建筑领域合作的机遇和挑战。

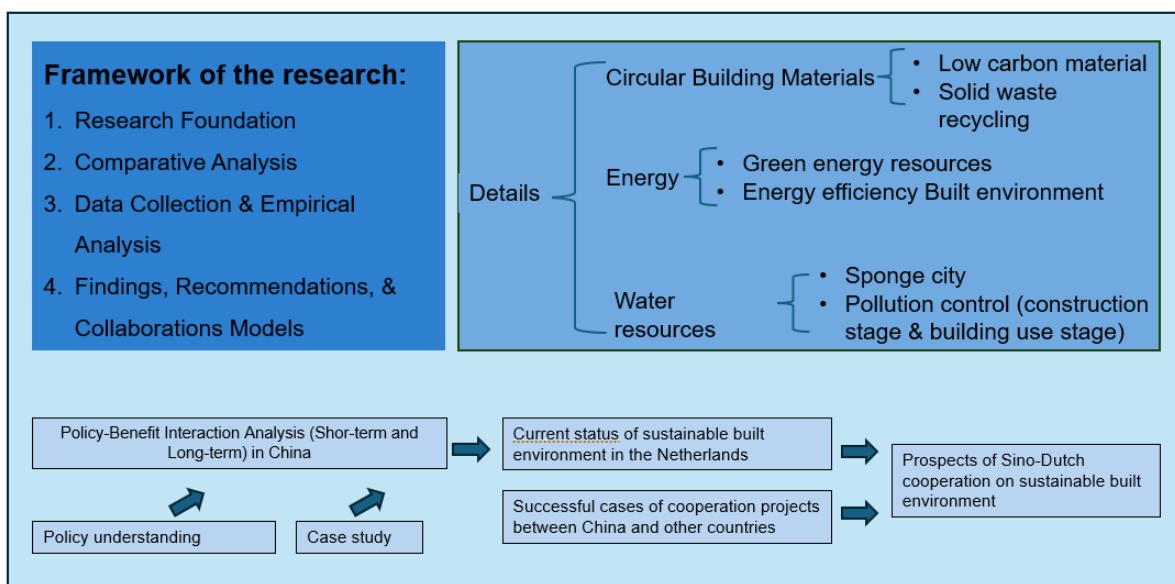
- **第六章：中荷合作的机遇与挑战**

探讨中荷在可持续建筑环境领域开展合作的潜在可能性和具体方式，指出可能的合作中可能存在的挑战，并讨论和展望具体的现有合作案例。

- **第七章：结论和建议**

总结主要发现并为政策制定者、行业利益相关者和国际合作伙伴提出战略性、可行的建议。

图 1.2 研究框架



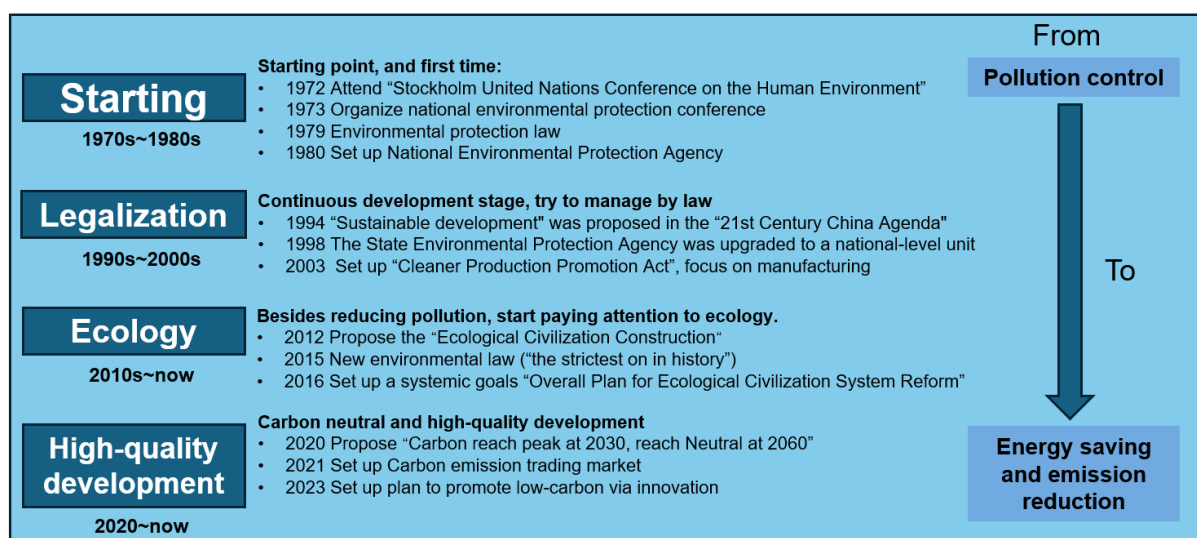
2. 中国可持续发展的历史

本章从宏观层面概述了中国的可持续发展格局，概述了其历史演变、制度驱动力、政策架构、市场激励机制和实施挑战。本章旨在将影响各领域可持续发展工作的国家级优先事项置于中国国情之下，包括但不限于建筑环境。通过将建筑环境置于这一更广泛的战略框架中，本章为理解影响中国可持续建筑实践发展的逻辑、制约因素和机遇奠定了关键基础。对于寻求以有意义的方式参与中国绿色转型的国际利益相关者而言，这一背景至关重要。

2.1 中国可持续发展的历史与现状

中国早期参与可持续发展的历程可以追溯到 20 世纪 70 年代，其标志是中国参加了 1972 年在斯德哥尔摩举行的联合国人类环境会议。此次会议⁷被广泛认为是许多发展中国家环保意识的催化剂。在此之前，中国虽然出台了一些污染控制措施，但缺乏系统的环境治理框架。

图 2.1 中国可持续发展时间轴



会议之后，环境问题开始在国家政策制定中得到更正式的重视。1973 年，第一次全国环境保护会议召开，国家环境保护领导小组成立——这是中国第一个专门负责环境事务的机构⁸。该机构最终演变为环境保护部，后来又演变为生态环境部。尽管可持续发展的概念尚未形成，但斯德哥尔摩会议在开启国家层面关于经济增长与环境保护之间平衡的思考方面发挥了重要的作用。这一意识形态转变促成了基础性的立法活动，包括 1979 年《环境保护法（试行）》的起草⁹，该法为中国后来的环境治理体系奠定了基础。

回顾过去，中国参加斯德哥尔摩会议标志着国家开始持续关注环境问题——这一轨迹最终将影响其后几十年更广泛的可持续发展政策和制度安排。继 1970 年至 1990 年中国开始构建环境

⁷United Nations. *United Nations Conference on the Human Environment (Stockholm, 1972)*[EB/OL]. 可访问: <https://www.un.org/en/conferences/environment/stockholm1972>

⁸中国环境与发展国际合作委员会. 《中国环境保护与社会发展摘要报告》[C]. 2013 年年会, 2013-11-13—15, 北京.

⁹全国人民代表大会常务委员会. 《中华人民共和国环境保护法（试行）》[S]. 1979-09-13 通过, 1980-01-01 起施行.

保护基础之后，20 世纪 90 年代标志着中国环境保护立法和制度建设的重要转型时期。在此期间，环境问题被更系统地纳入国家发展战略，环境治理架构也开始逐渐清晰。

1994 年，中国启动了自己的“21 世纪议程”¹⁰，与联合国的全球框架保持一致并明确承诺协调经济增长与环境保护¹¹。十年间，中国通过了几部重要的环境法律，包括《大气污染防治法》（1995）¹²、《水污染防治法》（1996）¹³和《固体废物污染环境防治法》（1995）¹⁴。这些立法努力为行业 and 地方政府参与者引入了更严格的监管标准。机构改革也同步推进，1998 年国家环境保护局（NEPA）升格为国家环境保护总局（SEPA）¹⁵，赋予该机构更强大的法律和行政权力，以执行环境法规并指导地方政府的执法工作。这一转变标志着环境治理从政治驱动型转向更加结构化、法治化的治理。这些政策和体制改革伴随而来的是环境指标的显著改善，在天然林保护工程（1998）¹⁶和退耕还林工程（1999）¹⁷等大规模举措的推动下，森林覆盖率从 1980 年的 12% 扩大到 2000 年的 16.55%¹⁸。空气质量也有所改善，1995 年至 2000 年间重点工业区的二氧化硫（SO₂）排放量下降了约 10%¹⁹，“两控区”政策（1998）²⁰的实施极大加促进了这一进程。城市地区的污水处理能力在这个阶段也得到大幅提高，处理率从 1990 年的 15% 上升到 2000 年底的 30% 以上²¹。

总而言之，20 世纪 90 年代在早期环境意识的形成与更连贯、更可执行的可持续性治理体系的出现之间架起了一座桥梁。这十年为 21 世纪初扩展的政策整合和执行机制奠定了制度和法律基础（请参阅图 2.1，了解国家重要里程碑的时间表）。

在 20 世纪 90 年代奠定的制度和立法基础之上，21 世纪初，环境执法力度加大，政策体系化，污染控制和可再生能源投资不断扩大。《环境影响评估法》（2003）²²引入了工业项目强制性环境审查程序，加强了事前监管。与此同时，《可再生能源法》（2005）²³出台，建立了促进风能和太阳能技术应用的财政和政策机制，为中国后来清洁能源的扩张奠定了基础。

2008 年，国家环境保护总局（SEPA）升格为环境保护部（MEP）²⁴显著提升了机构地位和监管权威。

¹⁰中华人民共和国国务院。《中国 21 世纪议程：中国 21 世纪人口、环境与发展白皮书》[R]。北京：国务院，1994。

¹¹联合国。《21 世纪议程：可持续发展行动纲领》[C]。联合国环境与发展大会（UNCED），1992-06-03—14，里约热内卢。纽约：联合国，1993。

¹²全国人民代表大会常务委员会。《中华人民共和国大气污染防治法》[S]。1987 年通过，1995 年、2000 年修订。北京：全国人民代表大会。

¹³全国人民代表大会常务委员会。《中华人民共和国水污染防治法》[S]。1996-05-15 修订通过。北京：全国人民代表大会。

¹⁴全国人民代表大会常务委员会。《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》[S]。1995-10-30 通过，1996-04-01 起施行。北京：全国人民代表大会。

¹⁵中华人民共和国国务院。《机构改革方案》[R]。1998。据此方案，国家环境保护局（NEPA）升格为部级，并更名为国家环境保护总局（SEPA）。

¹⁶国家林业局。《中国林业发展报告 2000》[R]。北京：中国林业出版社，2001。

¹⁷国家林业局。《天然林保护工程纲要》[R]。1998。

¹⁸国家林业局。《退耕还林工程实施方案》[R]。1999。

¹⁹国家环境保护总局。《2000 年中国环境状况报告》[R]。北京：国家环境保护总局，2001。

²⁰国家环境保护总局。《酸雨控制区和二氧化硫污染控制区（双控区）划分方案》[R]。北京：国家环境保护总局，1998。

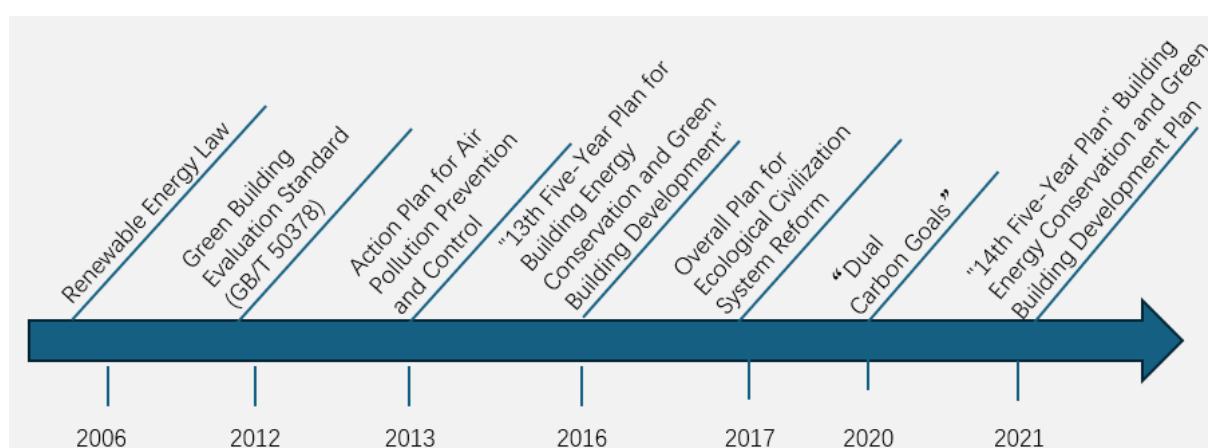
²¹建设部，国家环境保护总局。《中国城市环境基础设施发展报告》[R]。北京：住房和城乡建设部，国家环境保护总局，2000。

²²全国人民代表大会常务委员会。《中华人民共和国环境影响评价法》[S]。2002-10-28 通过，2003-09-01 起施行。北京：全国人民代表大会。

²³全国人民代表大会常务委员会。《中华人民共和国可再生能源法》[S]。2005-02-28 通过，2006-01-01 起施行。北京：全国人民代表大会。

²⁴中华人民共和国国务院。《2008 年机构改革方案》[R]。北京：国务院，2008。

图 2.2 中国可持续发展政策的最新里程碑



在此期间，中国取得了显著的进步。城镇污水处理率从 2000 年的 30% 上升到 2010 年的 75%²⁵，这反映了市政基础设施投资的增加。在全国范围内推广烟气脱硫系统的支持下，燃煤电厂的二氧化硫排放量显著下降。在持续投资造林项目（包括目前还正在进行的退耕还林还草计划²⁶）的推动下，森林覆盖率从 2000 年的 16.55% 上升到 2010 年的 20% 以上²⁷。

在国际层面，中国开始更加积极地参与全球气候外交。值得注意的是，在 2009 年哥本哈根气候峰会上²⁸，中国政府承诺降低其经济的碳强度，这标志着其开始正式与全球低碳发展目标接轨。因此，这一时期是朝着将环境目标与经济现代化和全球治理议程相结合迈出的重要一步。

2010 年代，中国的环境治理进入了一个新阶段，其特点是执法更加严格、空气质量干预措施更加精准，可再生能源部署也显著加快。《大气污染防治行动计划》（2013）²⁹旨在通过减少对煤炭的依赖、淘汰落后工业设施以及重点区域减排来减少城市空气污染。这些行动促使包括北京在内的主要城市的 PM2.5 浓度显著下降。这期间《环境保护法》进行了重大修订³⁰，引入了强化的执法手段，例如加重违规处罚力度、强制公开污染数据以及拓展公众参与渠道。2018 年，随着生态环境部（MEE）的成立³¹，进一步推进机构整合，整合了多个部门的环境职能，以提高政策实施和监管监督的一致性。

这一时期，中国清洁能源产能也迅速扩张。到 2019 年，非化石能源占能源消费总量的 15% 以上³²，中国已成为全球风能和太阳能发电的领导者。在持续投入造林和生态修复项目的推动下，到 2020 年，森林覆盖率将提高到 23%³³。

²⁵住房和城乡建设部，生态环境部（原国家环保总局/环境保护部）。《中国城市环境卫生发展报告 2010》[R]. 北京：住房和城乡建设部，2011.

²⁶环境保护部。《中国环境年鉴 2010》[R]. 北京：中国环境科学出版社，2011.

²⁷国家林业局。《中国林业发展报告 2010》[R]. 北京：中国林业出版社，2011.

²⁸国家发展和改革委员会。《中国应对气候变化政策与行动——2009 年度报告》[R]. 北京：国家发展和改革委员会，2009.

²⁹中华人民共和国国务院。《大气污染防治行动计划》[R]. 北京：国务院，2013.

³⁰全国人民代表大会常务委员会。《中华人民共和国环境保护法（修订）》[S]. 2014-04-24 通过，2015-01-01 起施行. 北京：全国人民代表大会.

³¹中华人民共和国国务院。《国务院机构改革方案（2018 年）》[R]. 北京：国务院，2018.

³²国家能源局。《中国能源发展报告 2019》[R]. 北京：国家能源局，2020.

³³国家林业和草原局。《中国林业和草原发展报告 2021》[R]. 北京：中国林业出版社，2021.

在国际层面，中国扩大了参与全球气候治理的力度，启动了多个区域碳交易试点，为建立全国碳市场奠定了基础，并承诺制定日益雄心勃勃的可再生能源目标。这些进展表明，中国有意将自己定位为塑造全球可持续发展规范的积极参与者——尽管国内优先事项与国际期望之间的平衡仍然是一个动态且不断发展的问題。

自 2020 年以来，中国进入了以结构性脱碳、绿色产业转型和更积极参与全球气候治理为中心的政策新阶段。中国宣布了“双碳”目标——即 2030 年前碳排放达到峰值，2060 年前实现碳中和³⁴——标志着国家规划的战略转变。此后，这些目标已通过《“十四五”规划（2021-2025 年）》³⁵等重要规划文件制度化，其中概述了一系列广泛的措施，包括提高能源效率、减少对煤炭的依赖以及加大对清洁技术应用的激励力度。

为支持这一转型，中国于 2021 年启动了全国碳排放交易体系（ETS）³⁶，率先在电力行业实施，并计划扩展至钢铁和水泥等碳密集型行业。在太阳能、风能、电池储能和氢能领域创纪录的投资推动下，非化石能源在国家能源结构中的占比持续上升。到 2023 年，中国将占全球太阳能和风能装机容量的近一半³⁷。与此同时，电动汽车（EV）的普及速度急剧加快，到 2023 年，电动汽车将占新车销量的 30% 以上³⁸——这一趋势是由产业政策和制造业创新共同推动的。

在国际层面，中国重申了在联合国气候变化框架公约第 26 次缔约国会议（2021 年）和第 28 次缔约国会议（2023 年）³⁹框架下做出的气候相关承诺，包括承诺减少甲烷排放并终止“一带一路”倡议下对海外煤炭项目的融资⁴⁰。这些举措表明中国日益重视绿色投资和气候相关基础设施建设。然而，结构性挑战依然存在，尤其是短期经济稳定与长期脱碳目标之间的矛盾。例如，煤炭产量和消费量的暂时增长⁴¹凸显了管理这一双重议程的复杂性。

展望未来，预计中国将继续完善其碳市场架构，推动低碳产业转型，并投资下一代清洁能源系统。虽然实施的步伐和一致性在不同地区和行业会有所不同，但这些转变可能会影响监管环境并重塑市场机遇。对于像荷兰这样的国家来说，密切关注这些发展至关重要——这不仅有助于预测风险和避免政策错配，也有助于在绿色建筑技术、材料创新和可持续基础设施解决方案方面找到战略契合点和有针对性的合作领域。

2.2 可持续发展指导体系及相应的监管部门

在详细研究中国的环境政策文件之前，有必要了解其可持续治理体系的结构。这包括机构层级、相关行为体的职能角色，以及法律文书、行政机构和执法机制之间的关系。

³⁴习近平。《在第七十五届联合国大会一般性辩论上的发言》[N]。2020-09-22。

³⁵中华人民共和国国务院。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》[R]。北京：国务院，2021。

³⁶生态环境部。《碳排放权交易管理暂行条例》[S]。北京：生态环境部，2021。

³⁷International Energy Agency (IEA)。《World Energy Outlook 2023》[R]。Paris: IEA, 2023。

³⁸中国汽车工业协会（CAAM）。《中国汽车行业年度报告 2023》[R]。北京：中国汽车工业协会，2024。

³⁹生态环境部。《中国关于气候合作和缔约方大会承诺的立场文件》[R]。北京：生态环境部，2021 & 2023。

⁴⁰新华社。《习近平主席在联合国大会上的讲话》[N]。2021-09。

⁴¹International Energy Agency (IEA)。《Coal 2023: Analysis and Forecasts to 2026》[R]。Paris: IEA, 2023。

图 2.3 中国可持续发展管理政策文件体系

Type of documents	Features
Laws and regulations	It is binding and is a top-level design at the national level, which clarifies the basic requirements and legal responsibilities in the field of construction engineering.
Policy Documents	Issued by the State Council or ministries, it clarifies the national strategic goals and implementation paths and has strong guiding and binding force.
Standards	It is issued by the state or industry, has technical binding force, is the concretization of laws, regulations and policy documents, and directly guides engineering practice.
Technical guide	Issued by government departments or industry associations, it provides specific technical requirements and operating methods, and is a supplement and refinement of standard documents.
Plan	Issued by government departments or industry associations, it provides specific technical requirements and operating methods, and is a supplement and refinement of standard documents.
Local documents	The specific implementation plans formulated by various regions based on national policies are highly regionally targeted, but have limited scope of application.
Pilot projects	Promoting advanced technologies and experiences through specific cases has a strong demonstration effect, but its binding force and scope of application are limited.
Industry Reports and White Papers	It provides industry development trends, data analysis and policy recommendations, which are of reference value but not binding.

在国家层面，全国人民代表大会（全国人大）是中国最高立法机关，负责制定、修改和废除法律。全国人大环境与资源保护委员会负责审查环境相关立法并监督政策实施，而法制工作委员会则负责起草和修改法律文本。

国务院是中国最高行政机关，在执行法律和协调各部门政策方面发挥着核心作用。在其管辖下，生态环境部（MEE）是环境保护的主要监管机构。生态环境部负责制定国家环境标准、监督合规情况并执行相关法规。它还与其他部门合作，推动可持续发展和生态治理的综合方法。

委员会（NDRC）发挥着战略性作用，将环境目标纳入更广泛的宏观经济规划。其职能包括设定能源效率目标、制定碳减排战略以及支持绿色技术投资。作为经济规划的中央机构，NDRC致力于塑造低碳发展的长期轨迹。

在可持续性治理中发挥重要作用的其他部委包括：

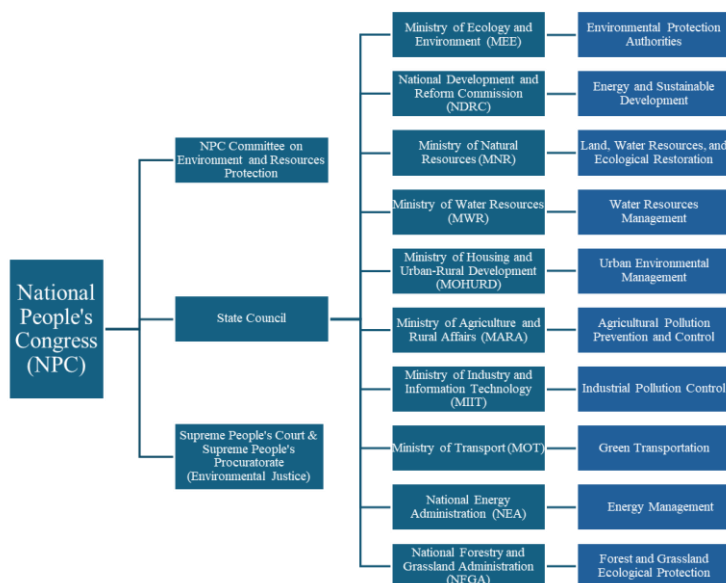
- 自然资源部（MNR），负责监督土地使用、矿产资源管理和生态恢复，将环境目标纳入空间规划；
- 水利部（MWR），负责管理水资源保护、江河流域系统和污染控制；
- 住房和城乡建设部（MOHURD），负责指导可持续城镇化政策，包括绿色建筑发展、市政基础设施和废物管理系统。

在地方层面，省、市、县级政府通过各自的生态环境局负责实施国家可持续发展政策。这些地方部门的任务是使国家政策因地制宜，确保遵守监管标准，并与工业和农业部门协调。他们的职责包括开展环境影响评估（EIA），执行污染控制措施，并推广循环经济实践。

中国还建立了一系列监督和法律问责机制，以加强环境治理。国家监察委员会以及包括最高人民法院和最高人民检察院在内的司法系统可以调查和起诉环境违法行为。此外，环境公益诉讼已成为一种日益增长的法律执法工具，通常由非政府组织或检察官发起。

这些立法、行政和司法机构共同构成了可持续治理的多层次机构结构。该框架促进了机构间协调，增强了执法能力，并支持实现长期环境和气候目标。图 2.4 显示了该系统的示意图，直观地显示了主要监管机构及其在各行政层级之间的职能联系。

图 2.4 中国可持续发展治理体系的制度框架。



2.3 未来规划与战略展望

基于环境治理的阶段化发展（2.1 节）和日益制度化的监管体系（2.2 节），中国的可持续发展议程正迈入新阶段。这一转变受到国内环境压力和国际气候承诺的影响——其中最显著的是“双碳”目标，即 2030 年前碳排放达到峰值，2060 年前实现碳中和。未来的规划预计将侧重于长期国家战略与具体行业实施路径的深度融合。

中国可持续发展治理的演变可能强调五个相互关联的战略方向：

1) 推进气候治理和排放控制

预计中国将进一步发展其全国排放交易体系（ETS），并可能将其扩展到建筑、交通运输和其他碳密集型行业。此外，中国还在探索碳税、绩效标准和行业排放上限等补充工具，以扩大监管范围并改善市场化执法。

2) 加强跨部门协调

跨部门协调将变得越来越重要，尤其是在国家发改委、生态环境部、住房和城乡建设部以及其他中央机构之间，以便将可持续发展目标与空间规划、基础设施融资和产业转型相结合。能源、交通、住房和水务等部门的综合规划将是构建协调一致的可持续发展模式的关键。

3) 推动绿色科技与金融创新

将继续为新兴低碳技术提供战略支持，包括绿色氢能、先进电池储能、碳捕获与封存 (CCS) 以及智能城市基础设施。同时，预计绿色金融工具（例如 ESG 披露规则、可持续发展挂钩债券和绿色信贷渠道）将动员资本流向创新驱动和气候相关的投资。

4) 深化法律和体制改革

中国有望通过制定污染控制、能源绩效和生态系统保护的新标准来扩展其环境法律框架。环境法庭、公益诉讼和公民参与机制的作用也有望增强，从而加强企业、地方政府和其他利益相关者的法律责任。

5) 扩大国际合作

预计中国将通过持续参与“一带一路”倡议下的国际气候协定和合作框架，在全球可持续发展治理中保持积极地位。与欧盟、东盟及其他地区开展的合作，包括联合研究、低碳技术交流以及可持续金融伙伴关系，将进一步巩固中国在国际可持续发展网络中的地位。

虽然这些战略重点定义了更广泛的国家议程，但其实际意义将取决于如何在关键领域实施。其中，建筑环境因其在中国能源消耗、材料消耗和碳排放总量中所占比例巨大，成为一个尤为重要的领域。城市设计、建筑建造和基础设施管理方式将在决定中国能否实现其环境目标方面发挥决定性作用。

在此背景下，可持续建筑设计、绿色材料的循环使用、节能建筑系统以及基于自然的城市基础设施（如海绵城市）等方法在国家和地方政策议程中越来越受到关注。

综上所述，这些发展表明中国可持续治理模式正在发生转变——从中央集权驱动模式转向日益强调政策试验、市场机制和实施有效性的模式。下一章将进一步探讨这一转变，重点关注中国绿色建筑行业的演变，这是这些战略趋势的具体体现。

3. 中国可持续建筑产业发展现状

3.1 国家政策和治理框架

本节探讨塑造中国向更可持续建筑环境转型的国家治理架构和政策工具。鉴于建筑行业占中国能源消耗的 40% 以上，以及原材料消耗的 50% 以上⁴²，该领域可持续发展政策背后的制度设计和监管逻辑具有重要意义——不仅对中国国内脱碳目标，也对国际合作和市场准入战略。该部分的针对性分析首先概述了管理该行业的机构职责和技术标准制定机制（3.1.1 节），然后回顾了旨在加速节能、减碳和材料循环利用的近期国家行动计划和监管举措（3.1.2 节）。

3.1.1 机构职责和技术治理

中国可持续建筑环境治理采用多层次的机构框架，整合了中央各部委、技术机构、专家委员会和地方实施机构。该体系既支持自上而下的政策协调，也支持自下而上的试点，使国家可持续发展目标能够转化为监管规范、技术标准和部门执法工具。

在中央层面，住房和城乡建设部（住建部）是建筑行业的牵头政策制定机构。住建部负责制定国家节能减排、碳排放控制、绿色建筑方法和城市生态发展战略。该部还负责发布指导地方政府和建筑企业的基本规范性文件。在国务院的统一协调下，住房城乡建设部与生态环境部和国家发展和改革委员会协同工作。这些机构提供技术投入，将环境目标纳入更广泛的国家规划，并促进跨部门协调，特别是在碳核算、生命周期排放和可持续基础设施投资等领域。

从技术治理的角度来看，中国建筑科学研究院（CABR）发挥着至关重要的作用。作为中国建筑科学领域的国家级研究机构，建筑科学研究院承担着关键技术规范的起草、政策工具的试点以及评估框架的推广。综上所述，中国所有国家建筑和绿色建筑标准均由住房和城乡建设部（MOHURD）正式发布，而中国建筑科学研究院通常作为牵头起草机构。这种机构设置意味着，任何关于技术规范协调或联合标准制定的国际对话都必须以住房和城乡建设部为正式政策制定机构，以中国建筑科学研究院为指定技术对应机构。CABR 主导制定的标准包括：

- **GB/T 50378：**绿色建筑评价标准⁴³，从节地、节能、节水、节材、室内环境质量五个维度对建筑进行评估，并评定星级；
- **GB 55015-2021：**建筑节能与可再生能源应用通用规范⁴⁴，这是一项较新的规范，概述了在公共和商业项目中整合可再生能源和高效系统的强制性要求。

中国绿色建筑与节能委员会、国家环境咨询委员会以及市级技术审查小组等专家机构的支持。这些委员会负责进行合规性评估、政策审查以及绿色建筑认证或试点项目审批的第三方评估。

⁴²联合国环境规划署（UNEP）。《2020 年全球建筑和施工现状报告》[R]. 内罗毕：联合国环境规划署，2020。

⁴³住房和城乡建设部。GB/T 50378—2019 绿色建筑评价标准[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2019。

⁴⁴住房和城乡建设部。GB 55015—2021 建筑节能与可再生能源应用通用规范[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2021。

省级和市级地方建设主管部门在国家标准的解读和应用方面发挥着关键作用。它们负责颁发项目级施工许可证、进行现场检查、管理年度可持续发展目标，并提供地方财政或程序激励。一些城市（例如深圳、成都和宁波）已经制定了高于国家标准的绿色建筑法规，这些法规通常由数字跟踪系统和本地认证平台提供支持。

机构协调通过垂直问责制（从中央到地方）和横向机制（例如部际工作组或联合行动计划）相结合的方式进行。这种混合体系在保持政策灵活性的同时，也确保了高层在碳中和、循环建筑等长期目标上的一致性。

对于国际合作伙伴（尤其是来自荷兰等国家的参与者）而言，了解住房和城乡建设部、中国建筑科学研究院和地方建设主管部门的作用，对于找到进入中国可持续建筑市场的切入点至关重要。荷兰机构和企业或许有机会参与技术标准制定、联合示范项目或材料认证流程，尤其是在优先开展政策创新或国际合作的地区。

3.1.2 主要国家行动计划和政策工具

为推进国家“双碳”目标——即 2030 年前碳排放达到峰值、2060 年前实现碳中和——中国出台了一系列有针对性的绿色建筑行业战略。其中，最新且最具影响力的是住房和城乡建设部（住建部）于 2024 年发布的《加快推进建筑业节能减碳行动计划》⁴⁵。

这项为期三年的政策举措提出了两个主要目标：

- 到 2025 年：建立全面的建筑节能减碳监管和技术体系，包括更新的规范和更清晰的执法途径；
- 到 2027 年：扩大超低能耗建筑的实施，并在主要城市群大规模改造现有建筑。

为了实现这些目标，该计划确定了十一个核心行动领域，分为三大战略支柱：

1) 建筑运营能源管理

该支柱致力于提高建筑物整个生命周期的能源性能：

- 提高照明、通风和隔热的设计标准；
- 用太阳能和地热能等可再生能源取代传统的化石燃料系统；
- 使用智能能源管理系统改造现有建筑的照明、供暖和制冷；

⁴⁵住房和城乡建设部，国家发展和改革委员会：《加快推进建筑业节能减碳行动计划》[R]。北京：住房和城乡建设部，国家发展和改革委员会，2022。

- 推动大规模采用超低能耗建筑，特别是在京津冀、长三角等人口密度较高的地区。

2) 绿色建筑材料与循环建筑

为了减少隐含碳和资源强度，该计划要求：

- 预制和模块化建筑系统的使用；
- 升级和规范国家绿色建材认证体系；
- 开发绿色材料数字数据库，实现可追溯的项目级材料跟踪和生命周期评估；
- 鼓励重复使用建筑和拆除废物，包括再生骨料和二次材料。

3) 监管执法和财政激励

为确保实施，该计划强调：

- 加强监督机制、绩效审计和数据透明度；
- 材料提供财政补贴、税收优惠和优先采购；
- 支持建立公私合作伙伴关系（PPP）和区域试验区，以测试和扩大创新技术。

除了技术要求外，该行动计划还发挥政策沙箱的作用，鼓励地方政府在保持全国统一的同时，根据本地情况制定实施策略。示范区、产业园区和公共资金建设项目尤其强调因地制宜。

表 3.1 总结了 2024 年国家行动计划中概述的 11 项核心任务，这些任务根据该计划的三大战略支柱进行划分。分类突出了技术措施（例如能源系统和物质流）如何得到监管和金融机制的支持，以加速实施。

重要的是，随着时间的推移，经济发达地区获得的经验有望被编纂并传播为欠发达地区的强制性做法，这表明全国范围内将逐步推行更严格的可持续性标准。

对于包括荷兰企业和研究机构在内的国际利益相关者来说，该行动计划提供了宝贵的切入点。这些切入点包括参与当地示范项目、提供经过认证的低碳材料、数字化设计和监测工具，或提供循环建筑实践咨询服务。在此阶段进行战略性参与，可能有助于国际参与者在未来的国家标准化周期中占据先机。

表 3.1 中国 2024 年建筑业脱碳行动计划的核心任务

战略支柱	核心任务
1. 建筑运营能源管理	- 改进照明、通风和隔热的节能设计
	- 用可再生能源（如太阳能、地热能）取代化石燃料系统
	- 使用智能照明和暖通空调系统改造现有建筑
	- 推动重点城市区域大规模应用超低能耗建筑
2. 绿色建筑材料与循环性	- 扩大预制和模块化建筑系统的使用
	- 加强和规范国家绿色建材认证
	- 开发数字化材料跟踪系统，用于项目级管理
	- 鼓励再利用拆除废料和再生骨料
3. 监管执法和财政激励	- 加强监管监督、审计和绩效跟踪
	- 提供财政补贴、税收优惠和绿色采购机制
	- 推动政府和社会资本合作（PPP）和创新技术部署试验区

3.2 中国可持续建筑环境实践

为支持向绿色节能建筑转型，中国建立了全国性的绿色建筑评估和认证框架。该体系不仅为环境绩效设定了技术基准，还指导不同建筑类型的项目设计和投资决策。基于 3.1 节概述的国家治理框架和战略目标，本节探讨中国如何将高层可持续发展目标转化为建筑和城市发展领域的具体实践。向绿色建筑环境转型的动力不仅在于政策要求，还在于不断发展的技术标准、市场激励措施和空间设计原则。

为了实现碳减排和资源效率的双重目标，中国针对四个关键领域制定了一套全面的体制机制：

- 1. 绿色建筑评估和标签，指导项目层面的可持续设计、施工和改造；
- 2. 绿色材料和循环建筑，重点关注供应链脱碳和促进资源再利用；
- 3. 可持续城市空间设计，重新定义规划规范，创造紧凑、有弹性、以人为本的城市环境；
- 4. 预制化、智能化建造，引入工业化建筑体系和数字化技术，实现低碳高效交付。

这些领域各自涉及各自的技术标准、政策框架和激励机制，但共同为中国更广泛的绿色发展战略作出贡献。此外，它们也为国际合作提供了可操作的参考，特别是与荷兰等在节能建筑、数字城市规划和循环建筑技术方面拥有先进经验的国家开展合作。

以下小节详细介绍了中国在各个领域的不断发展的方法，强调了国家和地方的实践、政策工具以及跨境合作的潜在接触点。

3.2.1 绿色建筑评价与标识体系

为推广环保节能的建筑，中国建立了全国性的**绿色建筑标识体系**⁴⁶，制定统一的技术基准，同时允许区域灵活调整。该体系作为重要的监管和市场机制，指导新建、改造和工业应用项目层面的设计、认证和投资决策。

标签框架和评估标准

该标签系统于 2021 年通过发布《绿色建筑标签管理办法》正式制度化，分为三个性能等级——一星、二星和三星——每个等级代表逐渐提高的可持续性标准。

项目评估按建筑类型进行，采用以下国家技术标准：

- **新建民用建筑按照《绿色建筑评价标准》（GB/T 50378）⁴³进行评估，该标准涵盖七个评价维度：**
 - 强制遵守基线，
 - 创新，
 - 结构安全性和耐久性，
 - 健康和室内舒适度，
 - 用户方便，
 - 资源效率，
 - 环境整合。
- **工业建筑遵循《绿色工业建筑评价标准》（GB/T 50878）⁴⁷，该标准强调能源性能、污染控制和职业健康。评估基于稳定投入使用一年后的全面运营性能，体现了基于生命周期的评估模型。**
- **改造后的既有建筑按照《绿色仓库评价标准》（GB/T 51141-2016）⁴⁸进行评估，该标准与 GB/T 50378 的核心结构相同，但根据改造的限制，采用了调整后的阈值。**

⁴⁶住房和城乡建设部.绿色建筑评价标识管理办法（2014 年修订）.北京：住房和城乡建设部，2014。

⁴⁷住房和城乡建设部. GB/T 50878—绿色工业建筑评价标准.北京：中国建筑工业出版社，2013。

⁴⁸住房和城乡建设部、国家发展和改革委员会. GB/T 51141-2016—绿色仓库评价标准.北京：中国建筑工业出版社，2016。

认证机构和区域适应性

认证级别分为以下等级：

标签级别	审批机构
三星	住房和城乡建设部
二星级	省住房和城乡建设部门
一星	市级机关

虽然技术标准在全国统一，但地方政府可以在不违反国家监管范围的情况下，自行调整**一星和二星认证的实施细则**。这使得地方政府能够根据不同的气候、经济或政策重点进行本地化调整。

激励机制与区域差异

参与绿色标签计划是**自愿的**，其实施主要通过财政支持、监管优惠和声誉优势等多种方式来激励。然而，**激励政策在全国范围内并不统一**，导致各地区之间存在显著差异：

- **北京市**对二星级项目每平方米补贴 50 元，对三星级项目每平方米补贴 80 元，每个项目最高补贴 800 万元。
- **上海**采用类似的融资模式，但没有设置资金上限。
- **黑龙江省**受预算限制，不提供直接补贴，而是在项目评估中给予加分，并正在探索为获得认证的绿色建筑购房者提供抵押贷款利息减免。

由于各省对绿色建筑的补贴标准不同，且可能随时间波动，感兴趣的读者可直接向相关地方政府住房和城乡建设局咨询。

战略意义和国际相关性

中国的绿色建筑标识体系是一个标准化且适应性强的框架，能够适应不同的建筑功能和地域条件。通过将认证与政策激励措施和设计规范紧密结合，该体系已成为国家绿色建筑战略的基石。

对于国际利益相关者（特别是在可持续设计、能源性能模型或绿色认证方面拥有专业知识的荷兰公司），该系统提供了几个**潜在的切入点**：

- 合作协调国际和中国绿色认证框架（例如，BREEAM 或 WELL 与 GB/T 50378）；
- 认证和评估过程数字化的技术援助；
- 联合开发改造或工业项目生命周期性能的基准测试工具。

随着中国不断完善其环境性能标准和绿色采购机制，绿色建筑标识制度仍将是政策创新和市场参与的重要平台。

虽然绿色建筑标识系统显著推进了中国的可持续发展议程，但未来的改进可能会侧重于基于绩效的监测、与碳核算机制的整合以及与智慧城市平台的跨部门互操作性。一个关键挑战仍然是不同地区评估实践的一致性，尤其是在地方政府对一星和二星标准的解释和应用拥有自主权的情况下。

各省政策激励措施分配不均进一步加剧了市场信号的碎片化，影响了全国的一致性和投资者的可预测性。对于外国公司，尤其是那些正在探索进入中国可持续建筑市场的公司而言，这凸显了进行针对特定区域的可行性评估和制定适应性商业战略的必要性。与此同时，这些不断发展的动态也为国际合作提供了机会，例如共同开发数字认证平台、联合试点区或中国与欧盟绿色建筑标准互认机制。

3.2.2 绿色材料和循环建筑

随着中国推进绿色建筑议程，建筑材料的可持续性和资源的循环管理已成为政策关注的核心。本节探讨国家认证体系、废物回收政策和地方实施工作如何协同推进低碳、资源高效的建筑实践。本部分还重点介绍了在材料标准、生命周期工具和产业创新园区方面新兴的国际合作机遇。

绿色材料认证框架

为支持中国向可持续建筑实践转型，2020 年，国家协调的绿色建筑材料认证框架正式启动，并发布了《绿色建筑材料产品认证实施规则》⁴⁹。该体系根据日益严格的环境绩效指标，将认证材料分为三个级别——基础级、优选级和领先级。

认证过程由中国国家认证认可监督管理委员会 (CNCA) 监督⁵⁰，适用于多种材料，包括水泥、钢材、玻璃、陶瓷、绝缘材料、防水材料和涂料。认证机构根据以下标准评估这些材料：

- 原材料采购
- 生产过程中的能源强度
- 排放水平和污染物控制
- 耐用性和环境影响
- 报废可回收性

获得认证的产品将被列入《绿色建筑材料产品目录》⁵¹，该目录是政府采购和基础设施项目的官方参考。对于国际供应商而言，被列入该目录可能成为进入中国公共建设市场的先决条件，从而带来第三方检测和标准协调方面的合作机会。

⁴⁹中国国家认证认可监督管理委员会 (CNCA)。《绿色建材产品认证实施规则》[R]. 北京：国家认证认可监督管理委员会，2020。

⁵⁰中国国家认证认可监督管理委员会 (CNCA)。[EB/OL]. [引用日期：2025-06-06]. 可访问：<https://www.cnca.gov.cn/>

⁵¹工业和信息化部，住房和城乡建设部。《绿色建材产品目录（第一批）》[R]. 北京：工业和信息化部，住房和城乡建设部，2021。

与 LEED（美国）相比⁵² 中国的绿色材料认证与英国的 BREEAM（英国⁵³建筑研究院环境评估体系）类似，强调国内供应链的碳强度和可追溯性。这或将为协调国际建筑项目的评估指标或实现互认协议带来机遇。为了便于比较并提高国内外利益相关者的透明度，表 3.2 以结构化的方式概述了中国三级绿色建筑材料认证体系，并根据关键环境绩效标准进行了分类。该矩阵突出显示了从基础级到领先级的要求是如何逐步强化的——涵盖原材料采购、制造能耗、可回收性和生命周期评估文档等各个方面。

该框架不仅指导国内制造商提高产品的可持续性，也为寻求符合中国不断发展的绿色材料标准并可能参与公共建筑采购的外国公司提供了参考。

表 3.2 绿色建筑材料认证等级评价标准比较

评估标准	基层	首选级别	领导级别
原材料采购	满足最低要求	可持续能源的比例更高	可再生/回收投入占比高
制造过程中的能源消耗	没有严格限制	需要适度使用能源	所需能源消耗低
温室气体排放	没有明确要求	适用排放控制标准	先进的温室气体减排绩效
室内环境影响	标准合规性	预期业绩将有所改善	较基线有显著改善
可回收性和拆卸性	推荐但不强制	部分要求	强制的
生命周期评估（LCA）	不要求	鼓励 LCA	LCA 要求并加权得分
文档和技术提交	最少的文档	适度的文档、第三方测试报告	包括 LCA 在内的综合文档

采购试点及激励机制

为推广绿色认证材料，中央政府于 2020 年在深圳、天津、杭州、佛山等八个城市启动了“政府采购支持绿色建筑材料提升建筑质量”试点项目。这些试点项目要求公共部门项目必须使用获得认证的绿色建筑材料（例如，建筑材料、建筑材料、建筑材料等）。

参与项目可享受多项激励措施：

- 快速行政审批
- 绿色建筑评估加分
- 在某些情况下，直接财政补贴

⁵²U.S. Green Building Council (USGBC). *LEED Reference Guide for Building Design and Construction*[R]. Washington, D.C.: USGBC, 2019.
⁵³BRE Global. *BREEAM Fees Sheet – New Construction and In-Use Schemes (2025 Edition)*[R]. Watford, UK: BRE Global, 2025.

这些试点项目代表着从自愿使用到基于采购的执法的转变。随着中国扩大此类项目的实施，国际企业或许可以通过与地方政府、绿色材料供应商或认证机构合作找到切入点。

与绿色建筑评价体系的融合

《GB/T 50378：绿色建筑评价标准》⁵⁴ 通过将认证绿色材料的使用与绿色建筑标签流程中的性能评分直接挂钩，强化了这一体系。通过这种方式，它创建了一个协调一致的激励机制，将材料和建筑性能评估体系相衔接，鼓励整个供应链持续采用环保产品。

循环经济与建筑垃圾利用

与此同时，中国也在推进循环建筑和废物回收利用政策。2020 年发布的《关于促进建筑垃圾资源化利用的指导意见》⁵⁵建立了国家层面的政策框架，以促进建筑垃圾的回收利用和产业化处理。

《建筑节能与绿色建筑发展“十四五”规划（2022 年）》⁵⁶强调了这一点，并设定了具体目标：

- 到 2025 年，全国建筑垃圾回收利用率达到 60%以上
- 所有城市新区必须配备建筑垃圾回收利用基础设施

为了支持这一举措，引入了多项技术标准，包括：

- 《绿色建筑材料评价指南-再生骨料（T/CBMF 83-2020）》⁵⁷
- 《建筑垃圾处理及资源化技术标准（GB/T 25179）》⁵⁸

这些文件从质量控制、加工方法和适用用例方面定义了再生骨料、混凝土和预制部件的要求。

地方实施及案例

与中国绿色政策的其他方面一样，地方政府在实施过程中发挥着决定性作用。例如：

- **深圳**强制要求所有公共住房和市政基础设施（如人行道和景观基层）必须使用再生骨料。
- **雄安新区**对建筑垃圾实行 100%回收利用，回收材料用于预制构件和绿色基础设施建设。

⁵⁴中华人民共和国住房和城乡建设部.《绿色建筑评价标准（GB/T 50378-2019）》[S]. 北京：中国建筑工业出版社, 2019.

⁵⁵住房和城乡建设部, 国家发展和改革委员会.《关于推进建筑垃圾资源化利用的指导意见》[R]. 北京：住房和城乡建设部, 国家发展和改革委员会, 2019.

⁵⁶中华人民共和国住房和城乡建设部.《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》[R]. 北京：住房和城乡建设部, 2022.

⁵⁷中国建筑材料联合会.《绿色建筑材料评价指南：再生骨料（T/CBMF 83-2020）》[S]. 北京：中国建筑材料联合会, 2020.

⁵⁸中华人民共和国住房和城乡建设部.《建筑垃圾处理与资源化技术标准（GB/T 25179-2010）》[S]. 北京：中国建筑工业出版社, 2010.

地方政府必须将废物回收纳入规划和审批流程。建筑公司必须在项目申请阶段提交废物管理计划，监管机构将监督整个建筑生命周期的分类、运输和再利用。回收利用率高的项目可能有资格获得土地使用奖励、优先采购或直接补贴。

战略展望和国际机遇

自上而下的认证与自下而上的实施相结合，为中国绿色材料创造了一个多元化且不断发展的政策格局。尽管目前各省的激励机制较为分散，但全国范围内正在形成一个更加严格的标准和绩效监控趋势。

对于国际利益相关者——特别是在基于生命周期评价的生态标签、再生材料验证或数字可追溯系统方面经验丰富的欧洲利益相关者——中国对材料可持续性的日益重视带来了多种合作机会：

- 联合开发产品级生命周期评估（LCA）工具
- 跨境绿色材料数据库及溯源平台合作
- 参与低碳建筑供应链产业试点区或示范项目

此阶段的战略合作可以使荷兰和欧盟公司共同制定材料标准和数据系统，为中国下一阶段的绿色建筑转型奠定基础。

报废建筑处理：中国与荷兰比较

建筑生命周期结束时的处理——通过拆除、废物回收和材料再循环——是可持续建筑的重要组成部分。中国和荷兰在这一领域都取得了重大的政策和技术进步，但在制度成熟度、实施有效性和产业整合方面，两国的做法有所不同。

中国：政策主导的试点项目存在实施差距

中国的战略主要由自上而下的政策框架驱动。《关于促进建筑垃圾资源化利用的指导意见》（2020 年）和《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》（2022 年）设定了雄心勃勃的目标，包括：

- 到 2025 年，全国建筑和拆除（C&D）废物回收利用率达到 60% 以上。
- 所有新城区必须设立回收设施。
- 推广再生骨料和预制构件。

《建筑垃圾处理及资源化技术标准》和《绿色建筑材料评价指南-再生骨料》等技术标准为质量控制和使用案例提供了指导。

然而，实施情况仍然不均衡：

- 地方差异：深圳和雄安等城市执行严格的回收规定，但其他地区缺乏基础设施或监管。

- 市场接受度低：由于成本、供应或规格限制，许多开发商仍然依赖原始材料。
- 供应链分散：回收行业仍然由小规模运营商主导，可追溯性和标准化程度有限。

荷兰：循环建筑已融入实践

相比之下，荷兰在临终治疗整合方面处于全球领先地位：

- 在监管要求和市场激励的推动下，超过 90% 的建筑和拆除废物得到回收利用（欧盟统计局，2023 年）。
- Madaster 等工具提供了数字材料护照，可以实现从拆除规划到新建工程的组件的透明跟踪和再利用。
- CIRCL 和绿色住宅等试点项目证明了可逆建造和预制构件高质量再利用的可行性。

关键推动因素包括：

- 建立支持循环经济目标的稳定的国家政策框架（到 2030 年减少 50% 的原材料，到 2050 年实现完全循环）。
- 全行业采用基于 LCA 的拆除规划。
- 加强各部门、研究人员和建设者之间的公私合作。

表 3.3 建筑寿命终止期对比分析

要素	中国	荷兰
回收率	到 2025 年，目标达到 60%；各地区不均衡	超过 90%，持续高位
监管方式	国家政策+地方试点执行	约束性法规+市场化手段
技术工具	GB/T 25179，地方示范区	Madaster、LCA、BIM 集成解构
实施成熟度	新兴的、以试点为重点的	成熟、工业化

我们发现，在以下领域存在联合勘探的机会：

- **数字解构工具：**将荷兰材料护照和 BIM 协议引入中国绿色试点区。
- **联合标准：**共同制定高价值再生材料（例如土聚物混凝土）的规范。
- **产业共生：**荷兰公司与中国工业园区合作开展大规模材料再利用试点。

这些合作可以加速中国从政策愿望向市场嵌入式循环的转变。

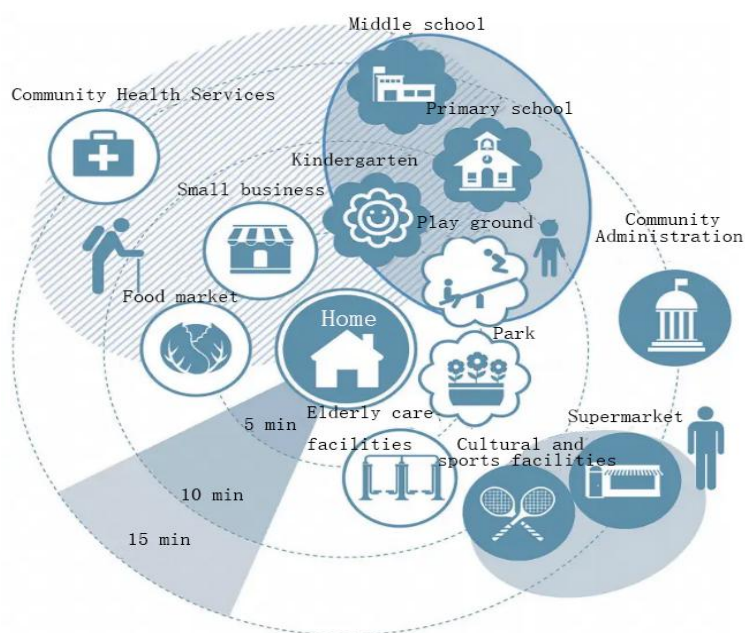
3.2.3 可持续城市空间设计

随着建筑环境从单个建筑扩展到更广泛的城市公共领域，可持续城市空间设计已成为中国绿色发展战略的重要支柱。近年来，中国日益重视该领域，将其作为国家城市规划的战略组成部分。目标是打造资源高效、生态韧性强、包容所有居民的城市环境。支撑这一努力的一项重要政策是《“十四五”城乡人居环境改善规划》（2021 年）⁵⁹概述了提高城市公共空间宜居性、生态性能和弹性的国家目标。

中国的城市空间设计日益以“以人为本”和“绿色导向”的规划原则为指导，从以汽车为中心的布局转向紧凑、步行便利、功能混合的社区。国家标准《城市居住区规划设计标准》（GB 50180-2018）已更新，以反映这些优先事项，并纳入了公共绿地可达性、行人友好型布局以及蓝绿基础设施整合等指标。

可持续城市设计的一个重要元素是“15 分钟社区生活圈”概念，旨在确保居民从家步行或骑自行车 15 分钟即可获得学校、公园、医疗保健和杂货店等基本服务（图 3.1）。该概念已在上海、成都和广州等城市试点，并已被自然资源部作为空间规划改革的一部分进行推广。

图 3.1 15 分钟生命周期示意图⁶⁰



为了增强气候韧性和生态可持续性，城市设计还融入了绿色基础设施体系，包括海绵城市、城市森林、生态滞留带和透水路面。这些方法得到了《海绵城市建设技术指南》的支持，并已在中国 30 多个试点城市实施。此外，2023 年最终确定的《国土空间规划体系》将可持续城市设计目标纳入长期空间分区、土地利用效率要求和生态红线保护。地方政府现在需要将土地开发与国家在绿地率、非机动车交通占比和生态系统服务方面的目标相一致。

⁵⁹中华人民共和国住房和城乡建设部.《“十四五”城乡人居环境改善规划》[R]. 北京：住房和城乡建设部, 2021.

⁶⁰钱智, 刘倩, 黄迪.《15 分钟生活圈的三种尺度及规划趋势》[J].《国际城市规划》, 2022, 37(5): 63-70. DOI: 10.19830/j.upi.2021.448.

中国可持续城市设计方法的主要特点：

- 鼓励紧凑、混合用途和高密度土地开发
- 优先考虑行人和骑行者友好的街道网络
- 融入蓝绿基础设施，例如生物滞留带和海绵系统
- 推广包容性、人性化的公共空间（例如，袖珍公园、社区广场）
- 确保公平地获得公共设施和生态系统服务的空间

虽然国家指导方针提供了战略方向，但地方政府在城市空间设计的调整和实施中也发挥着至关重要的作用。例如，北京的城市总体规划（2016-2035）优先考虑“紧凑型城市形态”和“公共交通导向型发展（TOD）”，而深圳则注重数字孪生和智慧城市融合，以实现自适应规划。这些地方化的调整反映了中国各城市不同的地理、经济和人口状况。

对于国际利益相关者——尤其是城市规划师、气候适应专家和公共空间设计师——而言，中国的经验既提供了实用模式，也提供了战略合作机遇。欧洲合作伙伴可以参与联合示范区、韧性景观设计，或在数字孪生、15 分钟社区和绿色基础设施改造等领域开展空间规划创新。

表 3.4 影响中国可持续城市空间设计的关键政策里程碑（2014-2023）

年	政策/文件标题	发证机关	内容与意义
2014	海绵城市建设技术指南（试行）	住房和城乡建设部	首次提出“海绵城市”概念，推动城市雨水利用和绿色基础设施建设
2015	启动海绵城市建设试点	财政部、住房城乡建设部、水利部	在武汉、重庆、深圳等16个城市开展试点，推广绿色雨水管理体系
2016	北京市城市总体规划草案发布（2016~2035）	北京市规划管理局	明确“紧凑型城市形态”和公共交通导向型发展（TOD）等概念
2017	全国“15分钟社区生活圈”概念推行	国家发展和改革委员会、住房和城乡建设部	引入15分钟步行社区服务规划，成为以人为本的城市设计重要内容
2018	《城镇居住区规划设计标准（GB 50180-2018）》修编	住房和城乡建设部	增加了对行人友好环境、绿地可达性和可持续社区服务设计指标的要求
2020	关于加强城市规划建设管理的意见	中国共产党中央委员会、国务院	强调以人为本、生态优先、多功能的城市空间重构方法
2021	“十四五”城乡人居环境建设规划	国家发展改革委、住房和城乡建设部	概述推动绿色城市发展、15分钟生活圈、城市更新和公共空间改善
2021	海绵城市建设指南（2021版）	住房和城乡建设部等三部委联合发布	更新了2014年版本，更加符合城市更新和碳中和目标
2022	城乡建筑领域碳达峰实施方案	住房和城乡建设部	通过优化城市形态和绿色基础设施推动碳减排，提升城市碳汇能力

3.2.4 工业化与智能化建造：预制化与数字化转型

实施背景

近年来，中国大力推广装配式建筑（又称工业化建筑或装配式建筑），将其作为国家建筑业可持续发展战略的一部分。预制是指建筑构件在场外生产，在现场组装，可显著减少建筑垃圾、劳动力需求、能源消耗和碳排放。

为支持这一转变，国务院发布了《关于大力发展装配式建筑的指导意见》⁶¹2016年，国家制定了到2025年装配式建筑占全国新建建筑30%以上的目标。此后，《建筑业发展“十四五”规划》（2022年）进一步强化了这一目标⁶²，强调数字化、低碳建筑和全生命周期建筑信息模型（BIM）集成。

特点

中国正积极推进装配式建筑体系的发展，注重高度工业化和环境效率。其目标是充分利用预制构件的优势，例如无需现场生产、减少粉尘和噪音、缩短施工周期，并通过标准化的工业流程加强质量控制。中国的战略实质是将核心施工活动从传统的现场作业转移到受控的工厂环境中，从而构建一个以工业化生产和过程管理原则为主导的综合体系。

政策与管理

为指导装配式建筑的推广应用，中国制定了全面的技术标准和政策工具框架，明确了设计、生产和实施的核心要求。其中最具影响力的是GB/T 51231-2016（《装配式混凝土结构技术标准》）⁶³和GB/T 51232-2016（《装配式钢结构技术标准》）⁶⁴，这些标准在工程实践中被广泛采用，以确保构件兼容性和结构安全性。同时，住房和城乡建设部发布的《装配式建筑分区域实施指南》为地方政府提供了基于区域产业能力和发展重点的政策指导。

一项关键的监管机制是《装配式建筑国家评价标准（试行，2017年）》⁶⁵，该标准采用积分制方法评估建筑项目的预制化程度。根据该框架，如果至少50%的结构部件在工厂组装，则该建筑符合预制化标准。通过优惠土地使用审批、快速审批和参与公共采购项目等机制，可以激励更高的预制化率。

为了将这些工具置于更广泛的政策格局中，表3.5概述了过去十年塑造中国预制化和智能化建筑议程的关键国家级政策里程碑。该时间线展现了技术标准化、数字化集成和实施目标如何同步发展，以支持公共和私营部门的系统性变革。

⁶¹中华人民共和国国务院办公厅。《关于大力发展装配式建筑的指导意见》[R]。北京：国务院办公厅，2016。

⁶²中华人民共和国住房和城乡建设部。《“十四五”城乡人居环境改善规划》[R]。北京：住房和城乡建设部，2021。

⁶³中华人民共和国住房和城乡建设部。《装配式混凝土结构技术标准（GB/T 51231-2016）》[S]。北京：住房和城乡建设部，2016。

⁶⁴中华人民共和国住房和城乡建设部。《装配式钢结构技术标准（GB/T 51232-2016）》[S]。北京：住房和城乡建设部，2016。

⁶⁵中华人民共和国住房和城乡建设部。《国家装配式建筑评价标准（试行）》[S]。北京：住房和城乡建设部，2017。

从国际角度来看，中国的协调做法——将集中制定标准与区域适应性实施相结合——为寻求推进自身工业化建筑体系或与中国合作伙伴探索联合示范项目的国家提供了宝贵的见解。

表 3.5 中国支持装配式和智能化建筑发展的关键政策里程碑

时间	政策/文件名称	出版机构	主要内容及意义
2016	关于大力发展装配式建筑的指导意见	国务院	到 2025 年，装配式建筑占新建建筑比重达到 30%以上，鼓励建立专门的产业基地。
2017	装配式建筑评价标准	住房和城乡建设部	引入评分系统来评估预制率、部件集成度和施工效率。
2018	装配式混凝土结构技术标准（GB/T 51231）和装配式钢结构技术标准（GB/T 51232）	国家标准化管理委员会	制定装配式建筑结构设计和施工国家级技术标准。
2020	关于加快新型建筑工业化发展的若干意见	国家发展改革委、住房和城乡建设部等九部委	支持绿色材料、工业化设计、装配式建筑体系融合，推动建筑施工方式变革。
2020	关于加快推进智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见	住房和城乡建设部、工业和信息化部	鼓励智能建筑发展，推动 BIM、数字孪生、人工智能等技术在建筑全生命周期的应用。
2021	各省逐步将装配式建筑纳入“十四五”建设规划	地方住房建设体系	明确城镇地区预制建筑的目标比例，一般为 30%至 50%。
2022	“十四五”建筑业发展规划	住房和城乡建设部	强调智能建筑、绿色建筑实践和预制率评估，加强与碳达峰目标的衔接。
2023	数字建筑发展典型案例与标准体系建设指南	住房和城乡建设部建筑信息模型中心	定义基于 BIM，融合 AI、IoT 技术的数字建筑标准框架。

智能建筑一体化

除了推广预制化建筑，中国还在推进国家智能建筑议程，强调将数字技术融入建筑全生命周期。该方案包括：

- 用于规划、协调和生命周期管理的建筑信息模型 (BIM)；
- 人工智能（AI）工具协助设计优化和施工排序；
- 物联网 (IoT) 系统，用于实时监控现场的安全、质量和资源消耗；
- 数字孪生技术和机器人技术支持精密工作，特别是在重复性或技术复杂的装配任务中。

为支持这一发展，《关于加快推进智能化建设的指导意见》⁶⁶住房和城乡建设部（住房和城乡建设部）和工业和信息化部（工信部）于 2020 年发布了《智能建筑发展规划纲要》。该文件制定了指导智能建筑实践推广的国家框架，包括指定试点示范区、建立企业级创新平台以及实施建筑专业人员专业培训计划。

尽管数字化施工方法的整合仍在不断发展，但中国的经验展现了一条由政策驱动、跨区域推广智能技术的道路。这些努力或许可以为其他正在考虑在建筑行业进行类似数字化转型的国家提供参考，尤其是在大型公共基础设施建设或建筑流程工业化建设方面。

实施示例

中国各地的多个案例展现了智能建筑在实践中的应用。在深圳，当地政府推出了一个智能施工现场平台，该平台集成了 BIM⁶⁷、无人机工地监控和实时调度系统，以加强大型公共住房项目的管理。这种方法提高了施工透明度，并促进了开发商、承包商和监管机构之间更有效的协调。

北京大兴国际机场是中国最复杂的基础设施项目之一⁶⁸，该项目将预制钢结构与数字孪生技术相结合，助力航站楼大跨度屋盖的精准装配。该项目展示了智能工具在管理几何复杂性和施工安全性方面的应用。

在上海临港地区，预制化正在低碳工业发展的更广阔视野下得到推广。该地区正在开发一系列采用智能物流系统和数字化协调⁶⁹工作流程的工业园区，旨在减少材料浪费并提高现场效率。

这些案例反映了数字化建筑技术如何融入大型公共基础设施和区域产业发展。对于国际观察家而言，它们提供了实用的模型，帮助他们理解智能建筑政策如何转化为现场运营，尤其是在强有力的政府协调和城市规模规划体系下。

地方激励措施及实施进展

除国家政策指导外，中国各省市还出台了针对特定地区的激励措施，以促进装配式建筑和智能建筑的应用。这些激励措施体现了地方的政策重点和产业能力，并成为扩大实施规模的重要驱动力。

在北京，预制率达到至少 50% 的项目，尤其是在住宅和公共建筑领域，可享受容积率奖励和快速行政审批⁷⁰。这些激励措施旨在缩短审批时间，并提高符合条件的开发项目的土地利用效率。

⁶⁶中华人民共和国住房和城乡建设部。《关于加快推进智能化建设的指导意见》[R]。北京：住房和城乡建设部，2021。

⁶⁷Shenzhen Municipal Government. [EB/OL]. [引用日期：2025-06-16]。可访问：https://www.sz.gov.cn/en_szgov/news/latest/content/post_10269051.html

⁶⁸Airport Technology. [EB/OL]. [引用日期：2025-06-16]。可访问：<https://www.airport-technology.com/projects/beijing-daxing-international-airport-china>

⁶⁹Lingang Government. [EB/OL]. [引用日期：2025-06-16]。可访问：<https://en.lingang.gov.cn/>

⁷⁰姜明，罗晨，吴哲，费建军，余婷。《中国预制装配式激励政策有效性调查》[J]。《可持续性》，2019，11(19): 5149。DOI: 10.3390/su11195149。

上海为装配式公共住房项目提供每平方米最高 600 元人民币的直接补贴⁷¹。该市还鼓励将建筑信息模型（BIM）与绿色建筑实践相结合，将装配式建筑与更广泛的城市可持续发展目标联系起来。

山东省地方法规要求，指定城市至少 30% 的新建建筑使用预制构件⁷²。工业园区、教育设施和医疗基础设施尤其强调了这一要求，因为这些项目的标准化和建设速度至关重要。

广东省注重产业能力建设，支持建设装配式产业基地和数字化建造创新中心，推动试点区和商业开发区人工智能辅助工具与 BIM 系统的融合⁷³。

这些区域性做法共同展现了中国如何将国家目标转化为地方实施战略，以及地方政府如何在塑造技术应用的速度和方向上发挥关键作用。对于其他探索预制或智能建筑的国家而言，这些案例或许能为如何运用有针对性的政策工具加速全行业转型提供借鉴。

对于国际利益相关者，尤其是在模块化建筑、BIM 集成或建筑机器人领域拥有专业知识的荷兰企业而言，中国的预制和数字化议程为技术合作、合资企业和试点项目参与提供了一个日益增长的领域。协调标准并在工业平台开发方面开展合作，或许有助于加速两地的绿色建筑转型。

随着中国迈向 2030 年和 2060 年的碳排放目标，在人工智能、碳追踪平台和国家级数字基础设施的深度融合的支持下，预制化和智能建造预计将进一步融合。对于外国利益相关者而言，早期参与标准制定、数据共享协议和智能制造供应链，或许能为其提供长期的战略定位。

3.2.5 中国非住宅建筑存量：规模、监管重点和中荷机遇

除了上文讨论的住宅和重建市场外，中国的非住宅建筑存量也是推进绿色转型的关键环节。根据《中国建筑节能统计年鉴》，截至 2021 年，非住宅建筑约占中国建筑总面积的 27.2%，超过 201 亿平方米。此类建筑涵盖多种类型的物业，例如办公室、学校、医院、购物中心、机场和其他公共用途建筑。在长江三角洲和粤港澳大湾区等城市特大区域，由于商业密度和基础设施投资，这一比例可能超过 35%。

从能源角度来看，非住宅建筑占建筑总面积的不到三分之一，却消耗了建筑行业总能源的 38% 以上。这主要归因于商业和机构环境中的暖通空调系统、照明、电梯和 IT 基础设施的高能耗。

为了应对这一挑战，中国出台了一系列有针对性的绿色建筑和改造计划，包括：

- 公共建筑节能改造计划，优先对政府机关、教育机构、医院等进行改造；

⁷¹上海市住房和城乡建设委员会，上海市发展和改革委员会，上海市财政局。《上海市建筑节能与绿色建筑示范项目专项支持措施》[R]。上海：上海市人民政府，2020。

⁷²山东省住房和城乡建设厅。《山东省装配式建筑管理指南（试行）》[R]。济南：山东省住房和城乡建设厅，2024。

⁷³广东省住房和城乡建设厅等。《关于促进智能建造与建筑工业化协同发展的实施意见（粤建市〔2021〕234 号）》[R]。广州：广东省住房和城乡建设厅，2022。

- 大型商业和公共部门项目强制应用绿色建筑标签（GBL）；
- 可再生能源融合试点，如机场、数据中心、工业园区光伏屋顶等；
- 用于综合用途建筑运营能源管理的数字控制系统。

这些趋势为中荷在荷兰专业技术特别强的领域开展合作创造了具体的机会：

- 智能建筑管理系统 (BEMS) 和人工智能辅助运营分析；
- 被动设计优化和围护结构改造；
- 医院、校园和交通枢纽运营的数字孪生建模；
- 公共采购项目中基于 EPD 的生命周期设计集成。

通过将中国的政策抱负与荷兰的技术和规划专业知识相结合，非住宅领域为富有影响力的双边合作提供了一个极具潜力的平台。

3.3 与欧洲政策和市场趋势的比较

中国和欧盟都将建筑环境视为实现气候中和的战略领域。然而，两国推进建筑可持续性的政策框架在结构、优先事项和执行方面存在显著差异，反映出不同的治理模式、发展轨迹和市场动态。

3.3.1 政策框架比较

中国和欧盟都认为建筑环境是实现气候中和目标的关键领域。然而，受各自治理体系、市场条件和发展阶段的影响，两国促进建筑行业可持续发展的政策框架在结构、重点和执行机制上有所不同。

政策驱动因素和战略目标

欧盟与建筑相关的气候议程以《欧洲绿色协议》⁷⁴和“Fit for 55”⁷⁵一揽子计划为基础，目标是到2030年将温室气体净排放量减少55%（与1990年的水平相比）。其中一项基石政策是《建筑能源性能指令》（EPBD）⁷⁶，该指令规定所有新建建筑必须符合近零能耗标准（NZEB），并提倡对现有建筑进行深度改造，以提高能源性能。

在中国，建筑行业在实现国家“双低”目标（即2030年前排放达峰、2060年前实现碳中和）中发挥着关键作用。住房和城乡建设部发布的《加快推进建筑领域节能减碳工作方案》设定了雄

⁷⁴European Commission. *The European Green Deal*[R]. 2019.

⁷⁵European Commission. *Fit for 55: Delivering the EU's 2030 Climate Target on the Way to Climate Neutrality*[R]. 2021.

⁷⁶European Union. *Directive (EU) 2024/1275 on the energy performance of buildings (recast)*[S]. *Official Journal of the European Union*, 2024, L127: 1–50.

心勃勃的目标：到 2025 年，建立完善的节能监管体系；到 2027 年，在主要城市群推广超低能耗建筑。中国的做法强调行政协调、区域试点以及与更广泛的产业政策的结合。

政策手段和执行

欧盟采用具有法律约束力的指令，要求成员国将欧盟层面的目标转化为国家立法。例如，德国通过《建筑能源法》强制执行能源绩效，而荷兰则采用《建筑能源中性法案》（BENG）。能源效率标准（Gebouw）对能源需求、可再生能源利用和建筑围护结构效率设定了严格的门槛。能源性能证书（EPC）、改造补贴和碳定价机制等工具进一步支持合规性。

相比之下，中国则采取了中央指导、地方执法相结合的混合模式。国家绿色建筑标识制度（基于 GB/T 50378）在技术上是自愿的，但在某些城市（例如北京、上海、深圳）已强制要求公共项目执行。中国并非通过法律强制，而是通过补贴（例如每平方米 50-80 元人民币）、加快审批速度以及在公共土地拍卖或采购评分中获得加分来鼓励合规。各地的实施力度各不相同，导致监管环境和激励机制参差不齐。

表 3.6 中国与欧洲可持续发展比较

方面	中国	欧盟（例如德国、荷兰）
战略目标	2030 年碳排放达到峰值，2060 年实现碳中和	2050 年实现气候中和
核心指令	建筑节能减碳工作方案	建筑能源性能指令 (EPBD)
法律地位	指导性文件+行政激励	通过国家法律实施的具有约束力的立法
建筑标签系统	绿色建筑标签（1-3 星，大多数地区自愿选择）	新建建筑强制实施 EPC 和 NZEB 认证
重点关注领域	能源效率、绿色材料、预制、数字化	能源效率、建筑改造、低碳供暖/制冷
执行机制	部级评估+本地化调整和激励	独立审计、市场监管和法律合规

评估和绩效体系

欧盟的可持续性评估体系日益以生命周期为导向，并重点关注运营碳排放和隐含碳排放。能源性能证书和生命周期评估 (LCA)等工具被广泛使用。最近推出的 Level(s) 框架⁷⁷提供了一个自愿但结构化的平台，用于衡量整个建筑生命周期中的环境性能、循环性和气候影响，符合欧盟分类法和 ESG 法规。

在中国，绿色建筑性能评估采用多标准评分系统。GB/T 50378 等标准从能源效率、用水量、室内舒适度、耐久性和创新性等多个维度对项目进行评估。虽然全生命周期碳核算尚未成为主流，但雄安新区和深圳等示范区正在试点。预计未来几年，生命周期评价工具与数字监测系统的整合将加速，尤其是在一线城市和国际合作项目中。

⁷⁷European Commission. Level(s)[EB/OL]. 可访问: https://green-forum.ec.europa.eu/levels_en

战略意义

这些差异表明，国际参与存在着不同的机遇和风险。欧盟框架提供了稳定、成熟的政策工具和可预测的市场，而中国则呈现出充满活力、政策驱动的增长模式，拥有创新和本地化合作的空间。对于荷兰利益相关者而言，与中国绿色试点区对接，参与生命周期评价工具开发，或在标准和材料的交叉认可方面开展合作，可能是极具战略意义的未来发展路径。

3.3.2 行业发展及经济影响

可持续建筑环境的发展不仅有助于实现环境目标，还创造了巨大的经济机遇，并彻底改变了中国和欧洲的建筑行业。尽管两个地区在市场扩张和产业现代化方面都取得了进展，但在发展模式、成熟度和经济影响方面却存在差异。

行业增长和结构转变

在欧洲，绿色建筑行业在过去二十年中稳步发展成熟。根据世界绿色建筑委员会的数据，⁷⁸在强有力的监管框架和环保意识强的市场的支持下，绿色建筑目前占西欧国家新建建筑的 40% 以上。低碳改造转型，尤其是在住宅和公共建筑领域，已成为一个关键的增长动力，尤其是在德国和荷兰等国家。

在中国，自 2012 年以来，绿色建筑行业在政策驱动下经历了快速增长。到 2022 年，经认证的绿色建筑总建筑面积超过 30 亿平方米，其中上海、深圳、杭州等东部和沿海城市增长强劲。仅装配式建筑行业在 2021 年的年产值就超过 1 万亿元人民币，约占全国新建建筑的 25%，并计划到 2025 年超过 30%⁷⁹。

绿色建筑的发展也推动了建筑行业向标准化、工业化、数字化方向发展，对 BIM 建模、绿色认证、碳核算等专业化服务的需求不断增加。

就业与经济转型

可持续建筑正在重塑就业格局，使其从传统的劳动密集型工作向高技能、技术驱动型工作转变。在欧洲，对节能改造和可再生能源系统的重视促进了能源审计、围护结构设计和智能系统集成等领域的就业岗位创造。

同样，中国对预制和智能建筑的推动也导致了新的专业角色的出现，其中包括：

1. BIM 工程师
2. 预制物流协调员
3. 绿色建筑评估师
4. 低碳项目规划人员

据中国住房和城乡建设部测算，每 100 万平方米绿色建筑可以直接或间接创造设计、制造、交通、建筑等行业 1 万多个就业岗位。

⁷⁸World Green Building Council. *Global Green Building Trends*[R].

⁷⁹中华人民共和国住房和城乡建设部. 《中国绿色建筑发展报告 2022》[R]. 北京：住房和城乡建设部, 2022.

此外，绿色建筑材料（如再生混凝土、低碳水泥）的发展刺激了区域产业集群的发展，特别是在江苏、广东和四川等省份，政府为这些省份提供土地、税收减免和示范项目机会。

公共投资与市场活力

在欧洲，绿色金融、改造补贴和能效拍卖等市场化机制在维持绿色建筑市场方面发挥着关键作用。绿色债券和欧盟改造浪潮计划等金融工具有助于降低私人投资风险并促进创新。

在中国，绿色建筑行业的发展仍然严重依赖政府主导的投资、土地政策激励和公共采购规定。然而，随着近期碳资产市场的兴起以及 ESG 在房地产领域的投资，私营部门对可持续建筑的兴趣日益浓厚，尤其是在一线城市和高端商业开发项目中。

值得注意的是，在这两个地区，绿色建筑不仅越来越被视为气候解决方案，而且被视为绿色经济复苏的驱动力，尤其是在新冠疫情之后。

3.3.3 中国市场潜力

在国家碳减排目标、城镇化进程、政策支持和技术进步的共同推动下，中国的可持续建筑环境领域展现出巨大的市场潜力。中国的目标是在 2030 年前达到碳排放峰值，并在 2060 年前实现碳中和。建筑行业占城市能源消耗总量的 50% 以上，排放量占总排放量的 20% 以上，因此，该行业面临着越来越大的压力，需要向更绿色、更高效的模式转型。

尽管人口增长趋于稳定，但中国城镇化进程仍在持续。截至 2023 年，超过 65% 的人口居住在城镇地区，对基础设施更新、经济适用房和公共设施的需求依然强劲。预计到 2030 年，每年新增建筑面积将超过 20 亿平方米⁸⁰。预计这一增长将很大一部分来自二线城市和内陆城市，这些城市的发展越来越与绿色建筑目标紧密相连。这种背景催生了对低碳建筑系统的需求，包括预制化、数字化设计和智能建造平台。

中国住房权属模式与房地产结构

中国住宅市场以自住为主。根据第七次全国人口普查（2020 年），全国住房自有率超过 90%，位居世界前列⁸¹。这一数字涵盖自有住房和家庭共享住房，反映出根深蒂固的文化和会对房产所有权的偏好。

与此同时，城市租赁市场稳步扩张，尤其是在年轻专业人士和农民工群体中。截至 2022 年，中国约有 2 亿人居住在租赁住房中，约占城镇人口的 21%⁸²。受大型机构房东和政府主导的租赁住房计划的推动，北京、上海和深圳等大城市的租赁住房占比更高（30-45%）⁸³。

与欧洲基准相比，社会住房体系仍然有限。尽管存在包括公共租赁住房和经济适用房在内的经济适用房项目，但它们仅覆盖了总住房存量的一小部分（估计低于 5%）⁸⁴。近期出台的政策正试图扩大这一部分，尤其是针对应届毕业生和低收入群体。

⁸⁰Rocky Mountain Institute. *Unlocking New Opportunities for Carbon Neutrality in China's Building Sector* [R]. 2024.

⁸¹中国国家统计局. 《第七次全国人口普查公报》[R]. 北京：中国国家统计局, 2021.

⁸²北科研究院. 《中国租赁住房发展报告》[R]. 2022.

⁸³中国房地产指数系统（CREIS）. 《城镇住房租赁率数据（2022）》[R]. 2022.

⁸⁴住房和城乡建设部. 《中国住宅发展年度报告 2021》[R]. 北京：住房和城乡建设部, 2021.

非住宅房地产领域以办公楼、零售和物流设施为主。2023 年，中国主要城市新建办公楼总面积约为 4800 万平方米⁸⁵，而由于电子商务的扩张，物流和仓储物业也出现了激增。非住宅建筑目前约占每年新增建筑面积的 15-20%⁸⁶，但这一比例因地区和开发阶段而异。

这些动态塑造了中国可持续房地产的增长前景。由于所有权分散，自住房屋的翻新动力往往有限，而租赁房屋和商业地产则为扩大绿色设计和能源改造提供了更好的杠杆点。对于有意参与中国绿色房地产转型的荷兰利益相关者来说，了解这些市场细分至关重要。

区域绿色建筑市场

中国市场潜力的空间分布并不均衡，但结构性日益增强：

- 1. **一线城市**（例如北京、上海、深圳）已实施更严格的建筑节能标准，并对公共建筑进行强制性绿色认证。这些城市对高性能建筑和数字化建筑技术表现出浓厚兴趣，并经常成为国家政策试点的示范中心。
- 2. **二线城市和新兴地区**（如成都、西安、合肥）正在推进大规模城市发展项目，这些项目通常与海绵城市计划、生态社区和城市复兴相关，这些项目越来越多地采用绿色建筑目标。
- 3. **雄安新区等特殊区域**正在试点全生命周期绿色建筑实践，包括建筑信息模型 (BIM)、数字孪生和闭环材料管理系统，为技术和系统集成提供机会。

子行业潜力：增长点

类别	市场驱动因素
绿色建筑认证	公共和商业项目对物联网的需求日益增加；地方补贴促进物联网的采用
绿色建材	绿色材料认证体系不断扩大，低碳材料需求不断增长
预制建筑	标准化、减少劳动力和快速交付在大型住房项目中受到青睐
楼宇数字化	国家大力推动 BIM、智能监控和能源管理系统
现有库存的绿色改造	大量老旧建筑（2000 年之前），尤其是北方城市，需要进行改造

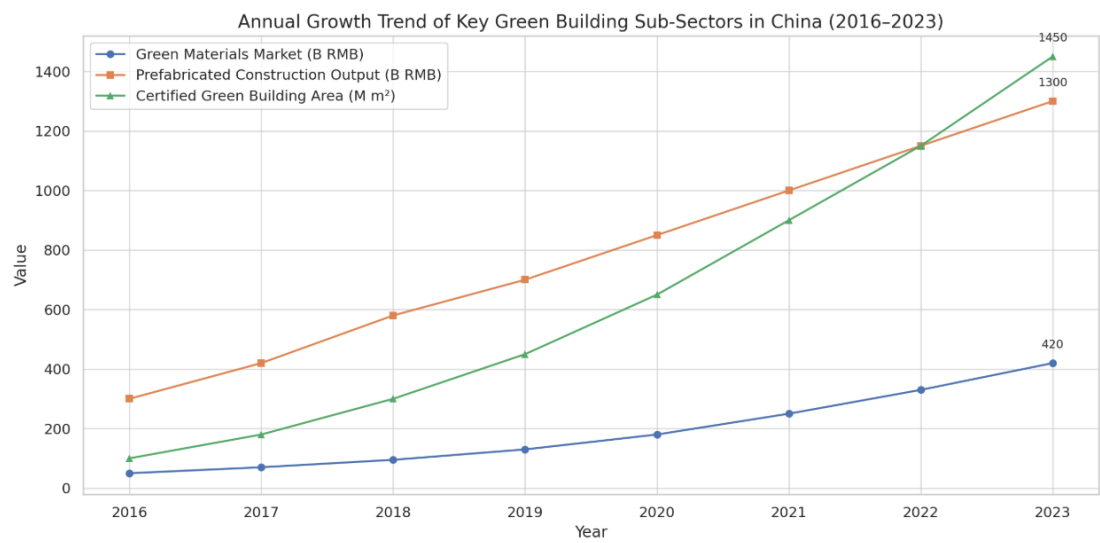
图 3.3 显示了中国绿色建筑行业三个核心子行业的大幅增长：绿色建筑材料、装配式建筑和绿色建筑认证面积。2016 年至 2023 年期间，绿色建筑认证存量从 2 亿平方米增长至 14.5 亿平

⁸⁵CBRE. *China Major Cities Office Market Annual Report*[R]. 2024.
⁸⁶中国国家统计局. 《建筑业和房地产投资统计公报》[R]. 北京：中国国家统计局, 2023.

方米，而绿色材料市场规模增长了四倍多。这些趋势反映了政策激励、产业规模扩大和城市发展需求的累积效应。

这样的增长轨迹表明，中国与荷兰在可持续材料工程、模块化设计和数字化施工方法方面的优势具有潜在的协同效应，特别是在生命周期工具、认证体系和循环实践对中国绿色转型越来越重要的领域。

图 3.2 中国绿色建筑重点子行业年度增长趋势（2016-2023）（数据来源：国家统计局，《国家统计年鉴》）



投融资格局

中国的绿色建筑领域正受到政府资金和私人资本日益增长的兴趣，特别是在：

- 项目挂钩的绿色债券和房地产投资信托基金；
- 生态城市基础设施的 PPP 模式；
- 碳信用和 ESG 投资与低碳建筑实践相关。

与此同时，外国投资机会正在扩大，特别是对于提供以下服务的公司而言：

- 先进的能源建模和 LCA 工具；
- 低碳或循环建筑材料；
- 智能建筑平台、传感器和基于人工智能的监控系统。

市场障碍与机遇

尽管市场潜力巨大，但必须应对几个挑战：

1. 地方政策执行分散，限制了跨省推广；
2. 缺乏统一的建筑碳排放核算标准；
3. 技能不匹配： BIM 和绿色设计专业人员的需求超过供应。

然而，这些差距也为国内创新以及在标准制定、培训和合资企业方面的国际合作带来了机遇。

中国可持续建筑环境市场正进入扩张+专业化的阶段，政策驱动的增长正日益受到技术创新、市场需求和全球投资兴趣的补充。通过国家标准、数字基础设施和跨部门合作的合理整合，中国有望在未来十年成为全球最大的绿色建筑市场。

战略展望

随着中国绿色建筑模式从政策驱动型向创新驱动型转型，其市场正进入多元化和专业化阶段。荷兰的利益相关者，尤其是在材料创新、性能基准测试和集成设计领域活跃的利益相关者，完全有能力通过技术合作、示范项目或上游材料供应等方式参与其中。在此背景下，早期参与和区域战略定制对于适应当地监管环境并契合中国不断变化的可持续发展重点至关重要。

3.4 中国绿色建筑与经济发展

本节探讨绿色建筑在中国可持续发展转型中日益增长的宏观经济作用。它强调绿色建筑如何促进 GDP、就业和工业现代化，并应对实施和机构协调方面新出现的挑战。鉴于该领域日益增长的重要性，本讨论还探讨了国际合作的潜在切入点，尤其是在技术、材料和绿色金融领域。

3.4.1 绿色建筑作为宏观经济驱动力

在中国努力摆脱传统的房地产驱动型增长模式的背景下，绿色建筑已成为将环境目标与经济结构调整相结合的战略行业。2023 年，清洁能源产业（包括可再生能源、节能技术和绿色建筑）对中国 GDP 的贡献率约为 9.0%，高于 2022 年的 7.2%。这些行业贡献了 GDP 总增长的 40%，凸显了其在国民经济中日益增长的影响力。

绿色建筑在这一转型中发挥着关键作用。现有建筑改造、模块化和预制系统以及节能技术的应用正在得到推广，这不仅是为了减少排放，也是为了稳定经济，尤其是在二线城市和后工业化地区。这为区域发展和多元化开辟了道路，政策框架也越来越多地将绿色建筑与创造就业机会和创新联系起来。

3.4.2 金融工具和政策支持

近年来，中国显著拓展了绿色金融基础设施。截至 2023 年底：

- **绿色贷款余额 30.08 万亿元人民币（约合 4.26 万亿美元），同比增长 36.5%；**
- **绿色贷款占国内各项贷款的 12.7%，占比达到历史最高水平。**

资金增长支撑了建筑相关行业，包括绿色材料、改造项目和低碳基础设施。与此同时，关键的监管和激励机制也在促进市场发展：

- **强制性能源性能标准**适用于所有新建公共建筑，并强烈鼓励私营部门采用；
- **地方改造资金**（例如北京 2023 年）补贴隔热、暖通空调系统和建筑围护结构的升级；
- **城市绩效指标**现在越来越多地将绿色建筑指标纳入政府评估框架。

这些发展反映了中国不断发展的做法：利用金融和行政工具推动以可持续发展为导向的建筑实践。

3.4.3 实施差距和体制挑战

尽管高层势头强劲，但实际实施情况仍不均衡。主要障碍包括：

- **地区差异：**各省的执法能力和技术标准应用存在差异；
- **性能不足：**由于入住后监测有限或评分系统过时，一些经过认证的建筑未能达到预期的节能效果；
- **体制限制：**地方政府和小规模开发商通常缺乏追求先进绿色建筑解决方案的技术能力或财力。

弥补这些差距需要各部委、市政机构、建筑行业和金融部门之间的系统性协调。尤其需要注意的是，**数据透明度、绩效审计和能力建设项目**对于实现更一致的成果至关重要。

3.4.4 在国家发展规划中的战略地位

绿色建筑现已被纳入中国长期经济和规划框架。“十四五”规划明确将绿色建筑列为一项贯穿各领域的优先事项，涉及以下领域：

- **新型城镇化**与基础设施更新；
- **产业升级**，特别是通过数字化建设和低碳材料；
- **气候承诺**，包括双碳目标。

因此，该行业不再被视为成本中心，而是结构改革、创新和国际参与的战略领域。它支持：

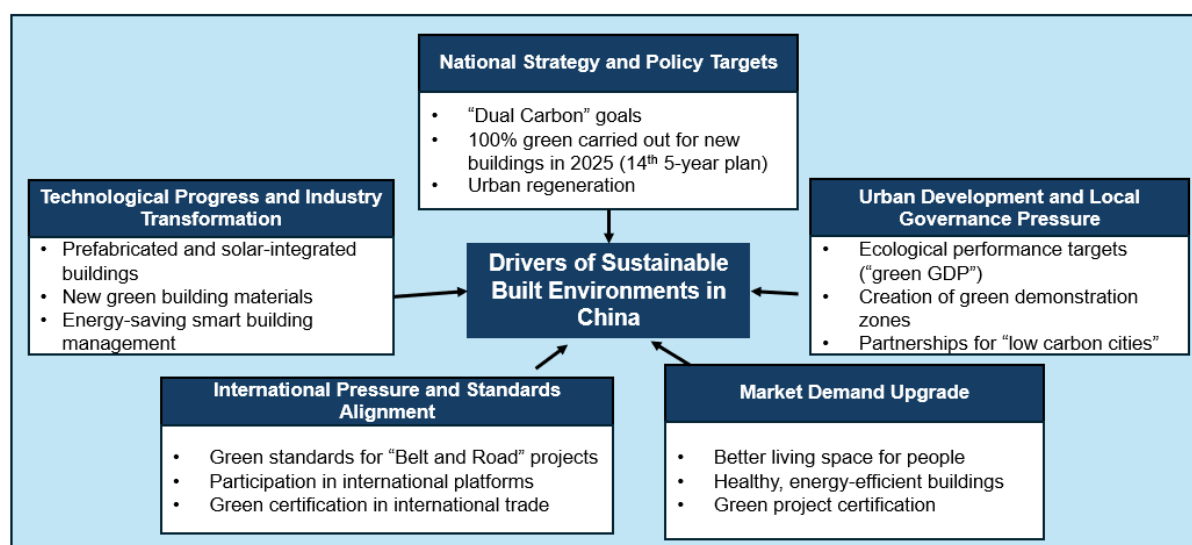
- **清洁技术和数字化建筑平台**的增长；
- **材料、设计、改造和碳服务领域**创造就业机会；
- 与欧洲和荷兰在**循环经济、建筑生命周期分析和绿色投资机制**方面的专业知识产生潜在的协同作用。

这一发展轨迹为荷兰利益相关者提供了有意义的机会——不仅在出口导向的材料供应链中，而且在合资企业、数字孪生应用和政策导向的试点项目中。

3.5 市场潜力和增长前景

本节对中国绿色建筑市场进行前瞻性评估，重点关注投资潜力、新兴增长领域、融资机制以及国际合作（尤其是与荷兰利益相关者合作）的战略切入点。本部分基于市场数据、政策目标和行业趋势，探讨可持续建筑行业如何从监管要求演变为多元化的投资格局。

图 3.3 中国可持续建筑环境的驱动力



3.5.1 市场规模和增长轨迹

2023 年，中国绿色建筑市场价值估计为 1013 亿美元，预计复合年增长率（CAGR）超过 10%，预计到 2030 年将达到 1975 亿美元⁸⁷。受低碳、高性能和预制解决方案需求的推动，绿色建筑材料子行业（包括隔热材料、涂料、结构部件和再生骨料）预计将从 2024 年的 382 亿美元增长到 2030 年的 727 亿美元⁸⁸。

认证领域的平行趋势强化了这种扩展：

- 已有超过 25,000 个项目获得中国国家绿色建筑评价标准（GBES）认证⁸⁹。
- 2023 年，中国 LEED 认证建筑面积位居美国以外全球第一，共拥有 1,860 个项目，总面积超过 2,500 万平方米⁹⁰。

这些发展不仅标志着监管的协调，也表明市场对可持续建筑作为创造价值的资产类别的信心不断增强。

⁸⁷GlobalData. *China Green Building Market Forecast*[EB/OL]. 2023. 可访问: <https://www.globaldata.com>

⁸⁸Grand View Research. *China Green Building Materials Market Outlook*[EB/OL]. 2024. 可访问: <https://www.grandviewresearch.com>

⁸⁹Baker McKenzie Resource Hub. *Green Building Incentives and Certifications in China*[EB/OL]. 2023. 可访问: <https://resourcehub.bakermckenzie.com>

⁹⁰GBCI. *LEED Top Countries and Regions 2023*[EB/OL]. 2023. 可访问: <https://www.gbci.org>

3.5.2 行业机遇

绿色建筑生态系统中的几个子行业表现出强大的商业潜力：

- **节能改造：**对建筑性能升级的需求不断增长，为绝缘材料、暖通空调现代化和智能能源管理系统创造了市场空间。
- **预制和循环建筑：**工业化建筑方法和材料再利用作为减少隐含碳和提高生产率的策略正在获得政策支持。
- **气候适应性城市基础设施：**城市减热、雨水收集和基于自然的设计元素正在被纳入城市总体规划。
- **智能建筑系统：**BIM、数字孪生和人工智能控制等技术越来越多地应用于示范区和公私合作试点项目。
- **绿色融资机制：**金融创新正在通过绿色债券、ESG 相关贷款和基于绩效的补贴扩大资本获取渠道。

这些优势与荷兰在可持续材料、循环建筑物流、数字设计系统和改造工程方面的优势紧密相关。

3.5.3 金融工具和市场推动因素

中国的绿色金融生态系统正在快速成熟，目前有多种工具可以支持绿色建筑：

- 专注于认证商业资产的绿色房地产投资信托基金
- 市政碳交易试点纳入建筑层面排放
- 与第三方认证或建筑性能评级挂钩的优惠利率和信用评分

此类工具旨在降低投资风险，并刺激市场主导的可持续建筑项目参与。荷兰金融机构和技术提供商可以探索在绿色验证、数据标准化和碳评估模型方面的合作。

3.5.4 中荷合作战略展望

展望未来，预计到 2030 年，中国每年将新增超过 20 亿平方米的城镇建筑面积，到 2025 年，绿色建筑将占主要城市新建建筑的 70% 以上⁹¹。这一规模为知识交流和商业合作提供了巨大的机会。

⁹¹Baker McKenzie Resource Hub. *Green Building Incentives and Certifications in China*[EB/OL]. 2023. 可访问：
<https://resourcehub.bakermckenzie.com>

潜在的合作领域包括：

- 共同开发数字工具（例如 LCA 软件、建筑能量模拟）
- 模块化低碳建筑系统联合试点项目
- 整合荷兰在水管理、室内空气质量和智能外墙系统方面的创新
- ESG 框架或可持续项目认证标准咨询

3.5.5 市场发展政策建议

为进一步释放市场潜力，可采取以下措施支持国内发展和国际合作：

1. 加强碳核算和生命周期绩效指标的国家指导
2. 鼓励中国与欧洲绿色建筑标准融合，促进跨境认可
3. 扩大绿色金融机制的国际准入（例如，允许外国公司发行人民币计价的绿色债券，供试点区域使用）
4. 投资于数字化和可持续建筑技能的劳动力培训

4. 中国可持续建筑环境案例研究

本章将深入探讨中国建筑环境领域的案例，阐述如何通过材料创新、能源系统优化和建筑水资源管理，将国家可持续发展目标付诸实践。每个案例均侧重于以下三个关键主题领域之一：

1. 绿色建筑材料
2. 建筑能源系统
3. 建筑物中的水利用和循环利用

这些案例并非只是提供宣传性的描述，而是以实证视角展现了体制机制、技术标准和市场结构在实践中如何相互作用。它们还揭示了荷兰在可持续建筑领域的专业知识（例如数字跟踪、低碳材料和系统级集成）可能有助于促成高影响力的合作或市场准入的具体领域。

4.1 绿色建筑材料

绿色建筑材料是可持续建筑设计的基础，为减少隐含碳排放、提高资源循环利用率和增强结构耐久性提供了途径。在中国，近期国家政策的转变加速了绿色认证材料的采用，并得到了数字平台和区域示范项目的支持。本节将探讨这些框架如何在城市层面实施，重点关注雄安新区和深圳这两个关键案例研究。

4.1.1 国家背景和政策背景

中国于 2020 年推出了国家绿色材料认证体系，将产品分为“基础级”、“优选级”和“领先级”。在此基础上，一些城市已开始通过数字工具、公共采购机制和监管激励措施（详见第三章）实施这些标准。认证材料越来越多地被纳入公共项目工作流程，并在 **GB/T 50378 等国家级评估体系中被引用**⁹²。以下案例研究将阐述**雄安新区**和**深圳等城市地区**如何将这国家框架转化为具体的实施战略，为政策本土化和产业规模化发展提供参考。

4.1.2 案例研究 1：雄安新区——绿色材料综合管理

作为中国最重要的国家级开发区之一，河北省**雄安新区**将绿色材料置于其规划框架的核心位置。所有新建建筑都必须符合高性能绿色低碳建筑标准。

雄安模式的一个关键特征是将经过认证的绿色材料与数字化可追溯平台相结合。包括结构混凝土、钢筋、保温材料和室内装饰在内的所有材料都必须来自持有**优先级**或更高级别认证的供应商。这些产品嵌入**二维码**，并集成到**建筑信息模型 (BIM)**系统中，从而实现从采购到安装以及最终性能监控的全生命周期跟踪。

⁹²中华人民共和国住房和城乡建设部。《绿色建筑评价标准（GB/T 50378-2019）》[S]. 北京：住房和城乡建设部，2019.

主要材料应用包括：

- 用粉煤灰和矿渣配制的土聚物混凝土；
- 天然纤维增强板取代传统合成板；
- 由当地建筑和拆除废料加工而成的再生骨料；
- 相变绝缘材料可增强热调节。

政策整合与地方激励

为了支持该系统，当地政府提供：

- 对使用≥80%认证材料的开发商，可享受快速项目审批和土地使用奖励；
- 为设计师和承包商提供技术培训计划；
- 数字采购平台简化了供应商访问。

这种将国家政策、数字基础设施和地方激励措施结合起来的综合模式正在被研究复制到深圳前海和苏州工业园区等其他战略区域。

环境和市场影响

雄安新区超过 80 % 的公共建筑项目将采用认证材料。初步评估表明，与传统的普通波特兰水泥（OPC）体系相比，使用土聚物混凝土可减少 25-35% 的隐含碳排放。同时，超过 50 万吨的建筑垃圾已从垃圾填埋场转移，重新进入建筑供应链。

这些成就表明，通过协调的材料认证、当地激励措施和数字跟踪工具，可以显著减少对环境的影响。

4.1.3 案例研究 2：深圳建筑产业化园区——在预制领域推广绿色材料

深圳建筑产业化园区是装配式建筑和绿色材料集成的专用枢纽。自 2021 年起，园区强制要求所有预制构件（从墙板到卫生间）必须使用优质或以上认证的材料。

主要实施特点包括：

- 联合开发的数字可追溯系统，将批次级材料记录与 BIM 工作流程相链接；
- 强制使用绿色材料作为供应商进入园区的条件；
- 低碳混凝土、再生钢和植物基绝缘材料等材料的整合。

为刺激市场需求，深圳市住房和建设局提出：

- 供应商提供土地使用奖励和税收优惠；
- 材料的开发商，可快速审批项目；
- 公共项目采购优先采用本地认证零部件。

截至 2023 年底，深圳新建公建住房中超过 30% 的单元采用园区生产的部件，80% 的材料获得认证。该模式已取得以下成效：

- 材料相关的隐含碳减少高达 28% ；
- 缩短施工时间 20-30 % ；
- 绿色材料制造业创造大量就业机会。

4.1.4 讨论和经验教训

雄安新区和深圳建筑产业化园区的案例研究展现了中国国家绿色材料认证框架如何转化为城市和区级的有效实施。这些案例中涌现出一些重要见解，对国内政策制定和国际合作均具有重要意义。

1. 机构协调对于扩大规模至关重要

这两个案例都凸显了政策制定者、认证机构、地方政府和行业利益相关者之间密切协调的重要性。在雄安新区，国家标准、数字追溯平台和地方激励机制的衔接，确保了推广工作的连贯性。深圳的例子表明，市政当局和工业供应商之间的协调可以加速预制装配式技术的推广。对于其他地区（无论是中国境内还是境外），可复制性在很大程度上取决于机构的准备情况和跨机构合作。

2. 数字基础设施增强合规性和透明度

使用 BIM 链接的二维码系统进行材料追踪，展现了数字工具如何增强材料合规性、简化审计并提高项目透明度。这类系统虽然技术要求较高，但可以作为各地区寻求将建筑材料供应链与碳排放和可持续发展目标相结合的典范。在数字生命周期工具和智能建筑平台方面拥有经验的荷兰公司，或许可以在联合技术试点或知识交流中找到契合的机会。

3. 绿色材料政策可以推动当地产业发展

这两个案例研究都表明，绿色认证不仅能引导建筑业走向可持续发展，还能促进区域供应链的形成。在深圳，认证合规要求支持了绿色预制件制造业的发展。在雄安新区，再生材料和低碳

材料的整合创造了对本地化废物处理和替代粘合剂生产的需求。这些动态表明，绿色建筑政策——与采购和土地使用激励措施相结合——可以成为产业创新的杠杆。

4. 试点区外仍存在实施差距

雄安新区和深圳的先进系统取得了显著成效，但其发展仍属特例，而非普遍现象。中国中西部许多城市仍然面临着认证供应商有限、数字基础设施不足或执法能力不足等挑战。这种区域差异凸显了能力建设支持的需求，这或许可以为培训、数字认证和政策基准测试方面的国际合作提供契机。

雄安新区的宏伟标准：象征意义与速度

雄安新区作为国家级示范区，其绿色材料门槛异常高，并要求实现全数字化追溯。尽管这使得该地区成为生态城市化的先锋，但也导致建设进度慢于预期，尤其是在大型住宅和商业项目方面。这些延误引发了公众对该项目可行性和经济前景的争议，一些媒体也对此表示质疑。这种矛盾凸显了一个更广泛的困境：如何在可持续发展的雄心与实施的可行性之间取得平衡，尤其是在强烈的政治和象征性期望之下。

6. 与荷兰利益相关者的相关性

对于荷兰企业和知识机构而言，这些案例展现了其在可持续材料创新、生命周期评估和数字化建筑技术等比较优势方面能够支持中国实现规模化发展的目标。然而，成功的合作可能需要与区域试点项目、地方政府合作以及适应中国不断发展的标准和采购机制相协调。

4.2 建筑能源系统

能源系统是中国建筑行业脱碳努力的核心。由于运营能源和隐含能源合计占全国排放量的 20% 以上，监管和技术干预措施的重点是提高能效、电气化和可再生能源的整合。本节回顾了近期的国家能源性能标准，并详细分析了北京冬奥村的案例，并探讨了智能建筑管理的新兴趋势。

4.2.1 监管框架：GB 55015-2021 及政策演变

2021 年，中国颁布了强制性国家标准 GB 55015-2021《建筑节能与可再生能源应用通用规范》⁹³，全面升级了建筑节能监管体系。该规范取代了此前各自为政的节能标准，成为全国建筑节能的基准。

GB 55015-2021 的主要特点包括：

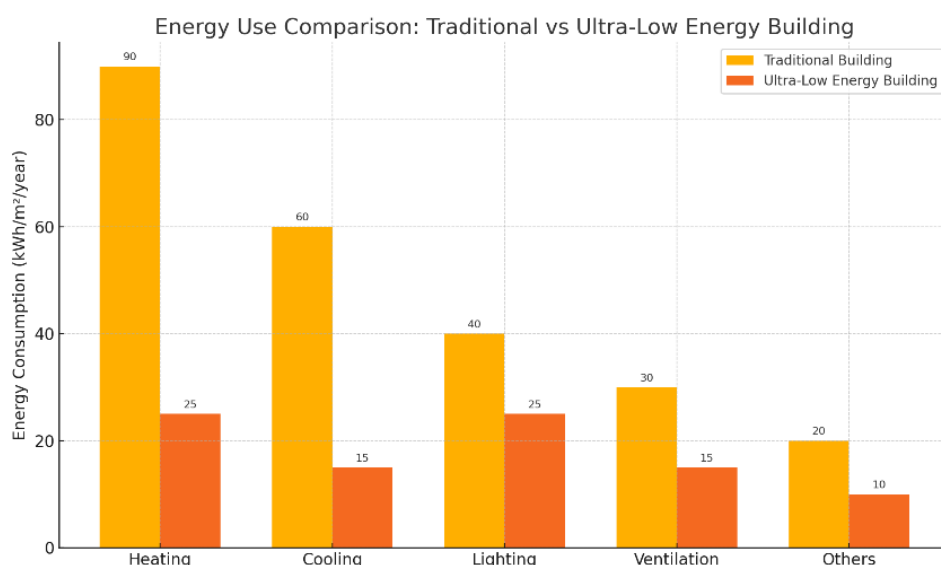
- 强制整合被动设计策略、节能设备和可再生能源系统；
- 设计过程中的能源建模和模拟要求；

⁹³中华人民共和国住房和城乡建设部.《建筑节能与可再生能源应用通用规范（GB 55015-2021）》[S]. 北京：住房和城乡建设部，2021.

- 在京津冀、长三角、珠三角等战略区域推广超低能耗建筑；
- 从运营效率转向全生命周期碳绩效作为关键评估指标。

该法规统一了不同的规范，标志着一项重要的政策里程碑。它为基于性能的建筑设计、建造和改造奠定了全国性的基础。图 4.1 展示了传统建筑与超低能耗建筑的能耗功能细分，突出了供暖、制冷和照明需求的显著减少。

图 4.1 传统建筑与超低能耗建筑按功能能耗对比



（数据来源：本图基于文献估算及国家标准（GB/T 51350、GB 55015-2021）计算得出，以展示传统建筑与超低能耗建筑的一般差异。实际能耗可能因气候区、建筑功能和技术选择而异。）

4.2.2 案例研究：北京冬奥村——超低能耗性能示范

北京冬奥村，是政策标准有效落地的典范。该村最初是为 2022 年冬奥会运动员宿舍而建，后来被改建为公共租赁住房。

技术亮点：

- 高性能围护结构，具有密封结构、先进的绝缘材料和三层玻璃窗；
- 具有最佳朝向和遮阳的被动式太阳能建筑；
- 用于供暖和制冷的地源热泵系统；
- 外墙和屋顶上的集成光伏板；
- 集中式建筑能源管理系统 (BEMS)，用于实时监控和控制暖通空调、照明和室内环境条件。

测量结果：

- 与传统基线相比，供暖和制冷能耗减少 60% 以上；
- 热舒适主要通过被动和低能耗实现 系统；
- 荣获中国 GB/T 50378 体系三星级绿色建筑认证。

该项目论证了 GB 55015-2021 应用于大型公共住房的可行性，也为未来在住宅、教育和医疗建筑中的应用提供了可复制的模式。

表 4.1 总结了全国各地几个具有代表性的超低能耗或近零能耗建筑项目。这些案例反映了不同气候区、建筑类型和节能策略的差异，从而更全面地展现了 GB 55015-2021 在实践中的应用情况。

表 4.1 中国代表性超低能耗及近零能耗建筑项目

项目名称	地点	建筑类型	预计能源使用量（千瓦时/平方米·年）	节能（%）	主要特点
北京冬奥村（D6）	张家口、北京	公共租赁住房	30–40	60–70%	被动设计、地源热泵、BEMS
五棵松冰球训练馆	北京	体育设施	60–80	50–60%	高绝缘、太阳能电池板、溶液除湿
上海超低能耗住宅	上海	住宅	~50	50%	高效暖通空调、太阳能热、隔热外壳
山东建筑大学教学综合楼	山东省济南市	教育设施	~50	50%以上	钢结构、高气密性、太阳能光伏
广东近零能耗建筑	广东多个城市	混合用途示范	40–60	40–60%	自然通风、可再生能源、节能设备

4.2.3 数字能源管理和智能建筑系统

深圳、上海等城市的智能建筑试点项目正在率先整合数据驱动技术，以优化能源性能和居住舒适度。

主要创新包括：

- 用于实时监控温度、湿度、占用率和能源使用的**物联网传感器**；
- 用于 HVAC 和照明系统预测控制的 **AI 算法**；

- **集成平台**结合了 BIM（建筑信息模型）、EMS（能源管理系统）和碳跟踪，实现全生命周期监督。

例如，在深圳的智能住宅项目中，动态控制算法会根据使用模式自动调节通风和照明，在不牺牲舒适度的情况下实现约 30% 的节能。

这些进步与中国更广泛的“数字城市”议程相一致，并表明政策越来越重视智能能源基础设施。

4.2.4 中荷能源政策比较

中国的建筑节能系统正通过监管执法、技术示范和数字化创新等多方面快速发展。GB 55015-2021 标准奠定了坚实的基础，而冬奥村等项目则展现了技术和制度层面的可行性。如今，数字化系统引领着下一个发展前沿，能够在设计、施工和运营阶段实现持续优化。在中国，建筑能源服务（尤其是空间供暖和制冷）主要依靠电力和化石燃料，可再生能源的规模化整合有限。根据国家估算，电力占商业和住宅建筑运营能源消耗的 50% 以上，而天然气和区域供热系统（主要以煤炭或天然气为动力）则满足了北方城市的很大一部分供暖需求。制冷几乎完全依靠电力，由空调机组和中央制冷系统驱动。

相比之下，荷兰迅速提升了可再生能源在其建筑能源结构中的占比，并出台了推广热泵、生物燃料区域供热和屋顶太阳能光伏发电的政策。荷兰建筑越来越依赖低温供暖系统，这些系统与可再生能源和节能设计兼容。

“三重能源原则”（Trias Energetica）为基础，这是荷兰可持续建筑设计和能源规划的基础概念。“三重能源原则”由代尔夫特理工大学首次提出，概述了实现建筑环境长期碳中和的三步战略：

1. 朝向等被动设计措施，尽可能减少能源需求；
2. 最大限度地利用可再生能源，包括太阳能光伏、风能和地热供暖；
3. 仅在可再生能源不足时才尽可能高效地使用化石燃料和不可再生能源。

荷兰能源性能标准（例如 *BENG* 法规和 *NTA 8800* 计算框架）围绕这些步骤构建，促进了将建筑围护结构、系统效率和可再生能源整合联系起来的综合设计方法。

虽然中国的 GB 55015-2021 标准也强调节能减排并鼓励采用可再生能源，但它是通过规定性能阈值来实现的，并未明确嵌入类似 Trias Energetica 的分阶段原则。尽管如此，中国对智能能源系统、区域脱碳试点和电气化战略的日益关注，表明其可能与这一概念模型趋同。将 Trias Energetica 或类似的分阶段框架引入中国的能源法规制定工作，或许能够提高建筑生命周期各个阶段的一致性和设计灵活性。

能源结构的差异既为合作带来了挑战，也带来了机遇。尽管中国的能源基础设施依然碳密集，但其推动电气化和可再生能源并网的政策——尤其是在 GB 55015-2021 和区域脱碳试点的推动

下——为荷兰在清洁供热、智能电网并网和需求侧灵活性解决方案方面的技术和专业知识创造了机会。

GB 55015-2021 与荷兰 BENG 标准对比分析（Bijna 能源中性（Gebouwen）强调了共同目标和背景差异。下表并列比较了关键政策框架和技术实施细节。

表 4.2 中国 GB 55015-2021 与荷兰 BENG 标准政策对比

方面	GB 55015-2021（中国）	BENG（荷兰）
实施日期	自 2022 年 4 月 1 日起生效；适用于新建、扩建、翻修和改造项目。	自 2021 年 1 月 1 日起实施；适用于所有新建住宅和非住宅建筑。
法律性质	强制性国家标准，涵盖从设计到运行的整个生命周期。	强制性法规已纳入荷兰建筑法令（Bouwbesluit 2012），并与欧盟建筑节能性能指令（EPBD）保持一致。
能源绩效指标	重点关注单位面积能耗（kWh/m ² ·a）和碳排放强度（kgCO ₂ /m ² ·a）。目标包括： - 寒冷、严寒地区居住建筑节能 75%。 - 公共建筑为 72%。 - 与 2016 年基准相比，碳排放量减少 40%。	定义三个关键指标： - BENG 1 ：总能源需求（kWh/m ² ·a）。 - BENG 2 ：一次化石能源消耗量（kWh/m ² ·a）。 - BENG 3 ：可再生能源份额（新住宅建筑至少为 40%）。
计算方法与工具	需要在可行性、设计和实施阶段进行能源消耗、可再生能源利用和碳排放分析。	基于 NTA 8800 计算方法，取代以前的 EPC（能源性能系数）方法。
可再生能源需求	鼓励最大限度地利用可再生能源（太阳能、风能、地热能）以减少化石能源消耗。	规定新建住宅建筑中可再生能源占比至少为 40%。
适用范围	适用于新建、扩建、改建、改造的民用和工业建筑。	适用于所有新的住宅和非住宅建筑；某些临时或专用建筑可获豁免。
合规与执法	要求提交施工期间的能源消耗和碳排放分析；设计文件必须明确节能措施和可再生能源系统。	通过 BENG 计算和施工后能源证书证明合规性；地方当局监督执法。
数字化与智能技术	鼓励采用数字系统来优化设计、施工和运营阶段的能源效率和可再生能源利用。	推广智能建筑解决方案、先进的能源建模工具和集成建筑系统，以满足 BENG 要求。

对中国 GB 55015-2021 和荷兰 BENG 标准进行详细的政策比较，发现双方既有共同的目标，也有系统性的差异，这为知识交流和能力建设提供了机会。一方面，GB 55015-2021 为新建、扩建和改造建筑设定了严格的监管基准，规定了能源性能和碳减排目标——例如住宅建筑节能 75%，碳排放量与 2016 年水平相比减少 40%。然而，其计算方法大多是规范性的，侧重于设计阶段的静态性能，缺乏贯穿整个生命周期的动态性能监控机制。虽然该标准鼓励使用可再生

能源和一些被动式设计策略（例如保温、窗墙比和遮阳），但尚未完全整合自适应、模块化或可逆设计原则，从而限制了建筑的灵活性和循环潜力。

相比之下，荷兰的 BENG 标准通过 NTA 8800 计算框架实施，采用基于性能的动态方法。它强调新建住宅建筑的总能源需求（BENG 1）、一次化石能源消耗（BENG 2）以及明确的可再生能源占比要求（最低 40%）。BENG 法规和领先的荷兰建筑实践高度重视被动式设计，包括优化的建筑朝向、根据气候区定制的高性能保温围护结构、自然通风系统和外部遮阳。此外，荷兰项目越来越多地采用模块化建造技术、可逆建筑系统和循环材料选择，以便未来进行改造、拆卸和再利用——CIRCL 和绿色住宅等项目正是这些原则的典范。

中国现行的监管框架侧重于通过特定组件要求来确保能源性能合规，但尚未将模块化预制、材料护照或可逆连接等先进设计理念纳入主流。然而，随着碳中和目标的推进，这些创新技术将具有巨大的整合潜力。表 4.3 所示的两个系统中嵌入的设计和施工细节进一步强调了它们的差异和合作潜力。

表 4.3 中国 GB 55015-2021 与荷兰 BENG 标准的技术对比

方面	中国（GB 50189-2015 / JGJ 26-2018）	荷兰 (BENG / NTA 8800)
核心热指示器	K 值（热传导率）， $W/(m^2 \cdot K)$ ，气候区规定的最大允许值；R 值隐含在材料厚度和电导率计算中。	U 值（热透射率） $W/(m^2 \cdot K)$ 和 R 值（热阻） $m^2 \cdot K/W$ 有明确定义，并根据气候和建筑类型提出具体要求。
计算方法	设计阶段进行静态计算，使用规定表进行材料选择和施工层。	NTA 8800 进行动态计算，结合整个建筑生命周期的能量模拟、BIM 和材料护照。
外墙透光率	严寒地区 $\leq 0.35 W/m^2 \cdot K$ ；寒冷地区 ≤ 0.45 ；夏热冬冷 ≤ 0.70 。	通常 $\leq 0.20-0.30 W/m^2 \cdot K$ （取决于气候和项目），对应 R 值约为 $3-5 m^2 \cdot K/W$ ，表明绝缘性更高。
屋顶透光率	严寒地区 $\leq 0.25 W/m^2 \cdot K$ ；寒冷地区 ≤ 0.30 ；夏热冬冷 ≤ 0.50 。	屋顶 $\leq 0.15-0.20 W/m^2 \cdot K$ ，R 值约为 $5-7 m^2 \cdot K/W$ ，对热阻的要求更为严格。
窗口透射率	通常 $\leq 2.0-2.5 W/m^2 \cdot K$ ，限制使用三层玻璃或低辐射涂层。	窗户 U 值 $\leq 1.2-1.5 W/m^2 \cdot K$ ，采用多层玻璃、惰性气体填充和低辐射涂层等先进技术。
气密性设计	基本要求，取决于施工质量，无强制性气密性测试（鼓风机门）。	高度重视气密性，强制进行鼓风机门测试，具有严格的泄漏要求（ $n50 \leq 0.6-1.0 h^{-1}$ ）。
热桥处理	提供了指导但执行有限，并且经常出现热桥。	明确要求尽量减少热桥、使用连续绝缘、结构细节和质量控制。
被动设计策略	鼓励但不强制；包括遮阳、自然通风、方向优化。	强制采用被动策略，包括最佳建筑朝向、外部遮阳装置、自然通风和日光照明。
材料与施工策略	鼓励使用绿色材料（例如节能墙体系统、低 VOC），但缺乏综合材料跟踪系统。	使用 Madaster 和类似的材料护照系统来跟踪材料的整个生命周期，强调循环性和再利用。
设计方法	以合规为重点，旨在满足规定的最低要求；依赖于标准设计目录和经验。	基于性能的设计强调动态模拟、数字工具和生命周期评估。

此次详细比较凸显了中国国家标准如何通过静态设计参数优先考虑规范性要求，而荷兰的 BENG 框架则提倡基于性能的自适应方法，该方法植根于动态模拟、材料可追溯性和生命周期评估。中国注重最大允许 K 值，且对气密性和热桥要求的执行力度有限，而荷兰则更严格地规定了 U 值和 R 值，强制进行气密性测试，并采用综合被动式设计策略，形成了鲜明对比。

此外，采用模块化、可逆设计理念和循环材料策略（并辅以 **Madaster** 和动态性能模型等工具的支持），凸显了荷兰建筑行业对可持续性的先进整合。相比之下，中国的规范虽然鼓励使用绿色材料和被动式设计元素，但缺乏荷兰实践中那种全面的数字跟踪和性能优化机制。

基于这些见解，有针对性的知识交流和联合试点项目可以帮助中国提升其在动态能源绩效管理、先进材料利用和自适应建筑设计方面的能力。下一节概述了中荷合作弥合这些差距、加速向循环和碳中和建筑环境转型的具体途径。

为了加速这一转型，荷兰在建筑设计创新方面的专业知识可以为提升中国的能力提供切实可行的途径。知识转移可以重点关注以下方面：

- 将模块化和预制系统集成到建筑规范中，以减少建筑垃圾并促进适应性。
- 推广可逆设计原则，建筑组件可以轻松拆卸、重新安置或升级，从而延长建筑寿命。
- 引入循环材料策略，将再生骨料、低碳水泥替代品（如土工聚合物）和生物基材料（如交叉层压木材）结合到主流建筑中。
- 分享气候响应被动设计的最佳实践，包括外壳优化、日光照明和自然通风，并由动态模拟工具支持。

这种合作将中国的监管执法与荷兰的建筑创新和循环经济原则结合起来，可以将中国的建筑行业转变为一个更具适应性、资源效率更高、碳中和的系统。

4.2.5 中国与荷兰建筑环境能源结构和排放对比

建筑环境是国家能源消耗和碳排放的重要来源。根据国际能源署 (IEA) 的数据，2022 年，中国建筑约占最终能源消耗总量的 25%，占能源相关二氧化碳排放量的近 22%。中国建筑的大部分能源消耗用于空间供暖、制冷、家用电器和热水供应，其中煤炭和化石燃料发电仍然占据主导地位——尽管在国家政策的推动下，可再生能源的比例正在稳步增长。

相比之下，荷兰在建筑存量脱碳方面取得了显著进展。建筑约占最终能源消耗的 14%，二氧化碳排放量约占 11%（国际能源署，2022 年）。荷兰的建筑能源结构严重依赖天然气，但在荷兰能源转型目标和住宅建筑“逐步淘汰天然气”政策的推动下，区域供热、热泵和太阳能的整合日益增多。

表 4.4 建筑行业能源使用和排放比较概览（2022 年，IEA）

指标	中国（2022 年）	荷兰（2022 年）
建筑物的最终能源使用	占总能源使用量的约 25%	约占总能源使用量的 14%
建筑物的二氧化碳排放量	~22%	~11%
主要能源	煤炭、电力（化石能源）、增加可再生能源	天然气、电力、太阳能、区域供热
关键脱碳工具	建筑规范（GB 55015）、改造活动、电气化	热泵、太阳能光伏、隔热改造、天然气禁令

4.3 建筑水资源管理

水资源管理日益被视为城市可持续发展的重要组成部分，尤其是在应对气候变化、城市内涝和日益增长的用水需求方面。在中国，海绵城市建设和新建筑规范等政策推动了综合节水技术的采用。本节将探讨国家政策框架，并介绍两个领先的案例——上海虹桥商务区和重庆礼嘉生态城，以说明智慧水务系统如何实现规模化应用。

4.3.1 政策框架与技术路径

中国在建筑水资源可持续性方面的举措得到了多层次政策框架和不断完善的技术标准的支持。主要举措包括：

- **海绵城市计划（2015 年至今）**：促进城市水资源综合管理，包括使用绿色基础设施、雨水收集和透水表面来控制雨水径流并减轻城市洪涝灾害。
- **绿色建筑评价标准（GB/T 50378）**：包括针对节水设计、非传统水源（例如，灰水和雨水再利用）和智能水监测的专用评分标准。
- **建筑节能设计标准（GB 50015-2019）⁹⁴**：要求在新建建筑项目中使用节水装置、划分饮用水和非饮用水使用区域以及建立计量系统。

在项目层面，这些政策通过各种技术措施来实施，例如：

- 安装低流量水龙头、马桶和淋浴；

⁹⁴中华人民共和国住房和城乡建设部。《建筑给水排水设计标准（GB 50015-2019）》[S]. 北京：住房和城乡建设部, 2019.

- 收集并再利用雨水用于景观美化和卫生设施；
- 用于冲洗和灌溉的灰水回收系统；
- 智能计量、泄漏检测和消耗分析；
- 生物保留区、绿色屋顶和透水路面的景观整合。

这些技术共同提高了用水效率和城市防洪能力，同时减少了对传统市政水基础设施的依赖。

4.3.2 案例研究：虹桥商务区（上海）

虹桥商务区是上海的旗舰商业区之一，在区域层面全面体现了海绵城市理念。

主要特点：

- 绿色屋顶和透水路面可减缓雨水径流；
- 配备智能泵送系统的地下蓄水池，用于调节雨水；
- 用于公共卫生和景观美化的雨水收集系统；
- 在 100 多座商业建筑中部署建筑用水效率监测平台。

成果（截至 2022 年）：

- 降雨高峰期地表径流减少 60%以上；
- 每年可重复利用约 15,000 立方米雨水；
- 改善雨水质量并减少城市热岛效应。

本案例展示了空间规划、建筑技术和数字工具如何结合起来形成一个适应性强、可扩展的水敏感城市发展模型。

4.3.3 案例研究：重庆礼嘉智慧生态城

礼嘉智慧生态城位于山区和高降水地区，展示了混合用途城市环境中的先进水资源管理。

核心策略：

- 采用双管系统收集和再利用灰水；
- 基于物联网的泄漏检测和设备级实时水计量；

- 建造湿地和生物保留区用于景观过滤；
- 面向公众的水监测仪表板，以促进行为改变和透明度。

性能结果：

- 饮用水需求减少高达 30%；
- 增强雨水缓冲能力，减轻山洪风险；
- 被市政当局采纳为中国西部新城市发展的参考模式。

表 4.2 比较了中国部分城市项目，这些项目已实施符合国家绿色建筑和海绵城市目标的先进水资源管理策略。这些案例突出了所使用的各种技术途径，例如雨水收集、中水回用和数字计量，并展示了潜在的饮用水节水规模。该表还强调了实施项目的地理分布，涵盖一线城市和新兴生态区。

表 4.5 中国节水建筑区：策略与成果

项目名称	城市	主要策略	年再生水量（立方米）	饮用水节省量（%）
虹桥商务区	上海	绿色屋顶、透水路面、雨水收集	15,000	20–25%
重庆礼嘉智慧生态城	重庆	灰水回收、双管系统、智能计量	12,000	30%
前海水城	深圳	防洪景观、雨水再利用、湿地区域	20,000+	25–35%
中新生态城	天津	雨水综合利用、海绵块、智能灌溉	18,000	20–30%
苏州工业园区	苏州	雨水滞留、生态过滤、海绵城市试点区	14,500	25%
杭州未来科技城	杭州	建筑规模再利用+区域雨水控制系统	13,200	22–28%
宁波东部绿色集群	宁波	雨水花园、地下水箱、智能灌溉	11,800	20–25%
天府生态岛（成都）	成都	绿色屋顶+雨水收集+地下补给	12,500	25–30%

4.3.4 讨论与展望

中国的建筑水管理实践正在从基础的节水措施向全面的数字化系统发展。虽然各地区绩效参差不齐，但上海和重庆等最佳实践案例表明，当基础设施、技术和政策协调一致时，就能取得巨大进步。

对于荷兰利益相关者来说，这些发展提供了明确的合作机会：

- 智能水基础设施设计和数字计量；
- 模块化雨水和灰水处理系统；
- 城市水性能基准数据平台；
- 基于自然的雨水和径流管理解决方案。

随着中国持续推进生态保护和城市现代化的双重目标，可持续水资源管理预计将在公共和私人建设项目中发挥日益重要的作用。这将为创新和投资创造一个日益增长的市场空间，尤其是在基础设施体系尚在建设中的二线城市和新城区。

4.4 环境产品声明和建筑产品法规

除了运营能耗和排放之外，单个建筑材料的环境性能也日益成为重要的监管重点。在欧盟，修订后的《建筑能源性能指令》（EPBD，2024）和《建筑产品法规》（CPR）强调了生命周期碳评估，并根据 50 年的参考期设定了建筑物全球变暖潜能值（GWP）的要求。这些计算依赖于环境产品声明（EPD），即量化单个建筑组件生命周期环境影响的标准化数字配置文件。

欧洲环境产品声明 (EPD) 统一基于 EN 15804+A2:2019 标准，确保了可比性和透明度。在荷兰，国家环境数据库(NMD) 提供了数千个经过验证的环境产品声明 (EPD)，用于计算环境影响指数 (MilieuPrestatie)。Gebouwen (MPG) ——自 2018 年起所有新建筑都必须具备的强制性环境评分。法国 (INIES)、丹麦 (LCAbyg) 和其他欧盟成员国也存在类似的 EPD 系统，构成了基于生命周期的建筑性能监管的支柱。

相比之下，中国目前缺乏集中统一的环保产品声明 (EPD) 体系。现有平台——例如绿色建筑标识产品数据库、节能产品目录以及由中国建筑科学研究院 (CABR) 管理的行业数据库——在结构、范围和方法标准方面都较为零散。虽然中国于 2015 年发布了用于环保产品声明编制的国家标准 GB/T 32161，但该标准尚未被广泛采用，也尚未被纳入与欧盟 CPR 或 EN 15804 系列标准相当的综合政策框架。

这种碎片化对国内政策制定和国际合作都构成了挑战。例如，符合 EN 15804 标准的荷兰建筑产品目前在中国无法获得认可，除非获得额外的本地认证。另一方面，中国绿色产品缺乏符合欧盟标准的数字化环境产品声明，这限制了其在海外绿色建筑市场的出口潜力。

为了弥合这一差距并促进相互承认，中国可以从以下方面受益：

- 框架的国家 EPD 平台；
- 将方法规则与 EN 15804+A2 保持一致，以确保数据可比性；
- 探索中国与欧盟数据库之间的互认机制，降低可持续建筑产品的市场准入门槛。

下表比较了荷兰、法国、丹麦和中国的国家 EPD 体系：

表 4.6 各国环保产品声明 (EPD) 体系比较：荷兰、法国、丹麦、中国

国家	EPD 数据库	底层标准	强制使用	覆盖范围与集成	评论
荷兰	NMD（国家环境数据库）	EN 15804+A2:2019	是（自 2018 年起 MPG）	用于所有新建筑的 MPG 评分	与数字建筑许可证挂钩；制造商广泛参与
法国	独立国家联合组织	EN 15804+A2:2019	是（适用于所有建筑 LCA）	涵盖建筑材料和系统	与法国生态部协调运营
丹麦	LCAbyg，丹麦环保署	EN 15804+A2:2019	是（对于公共项目）	LCAbyg 等生命周期工具中	与建筑许可和 BIM 集成保持一致
中国	CABEE、绿色标签数据库、行业产品清单	GB/T 32161 (2015)；碎片化实施	无统一要求	住房和城乡建设部、建筑科学研究院、工业和信息化部管理的多个数据库	缺乏集成、标准化和第三方验证

这一比较凸显了欧洲环保产品声明（EPD）基础设施的成熟度以及中国协调一致的必要性。弥补这一差距不仅可以强化中国国内的绿色建筑政策框架，还能在注重碳排放的监管环境下促进跨境技术转让和产品贸易。

除了环保产品声明 (EPD) 基础设施方面的差异外，中国和欧盟在建筑产品监管基础方面也存在显著差异。欧盟建筑产品法规（CPR 305/2011，2024 年修订）为各成员国的产品标准、性能声明和 CE 标志提供了一个统一的框架。该法规要求通过“数字产品护照”（DPP）进行第三方验证和完整的数字文档记录。相比之下，中国的体系仍然比较分散。国家产品标准由多个部门（例如住房和城乡建设部、工业和信息化部、市场监管总局）管理，虽然存在质量监管体系，但尚未完全符合基于生命周期的环境披露要求。下表比较了欧盟建筑产品法规和中国现行体系的主要特点，以突出监管协调和贸易便利化方面的机会：

表 4.7 欧盟建筑产品法规（CPR 2024）与中国建筑产品框架的比较

方面	欧盟消费者保护法规（2024 年修订版）	中国
法律依据	（欧盟）第 305/2011 号法规 + 2024 号更新	多个机构（如住房和城乡建设部、工业和信息化部）的行政法规
标准体系	协调欧洲标准 (hENs)，与 EN 15804 保持一致	国家 GB/T 标准、行业专用 JGJ、CJ 等
环境声明	EN 15804+A2 规定的强制性 EPD 和 EPBD 规定的 GWP 阈值	GB/T 32161 可选；无 GWP 限制；EPD 实施分散
认证机制	经第三方验证的 CE 标志	CCC 标志或本地质量认证（例如 CABR 测试）

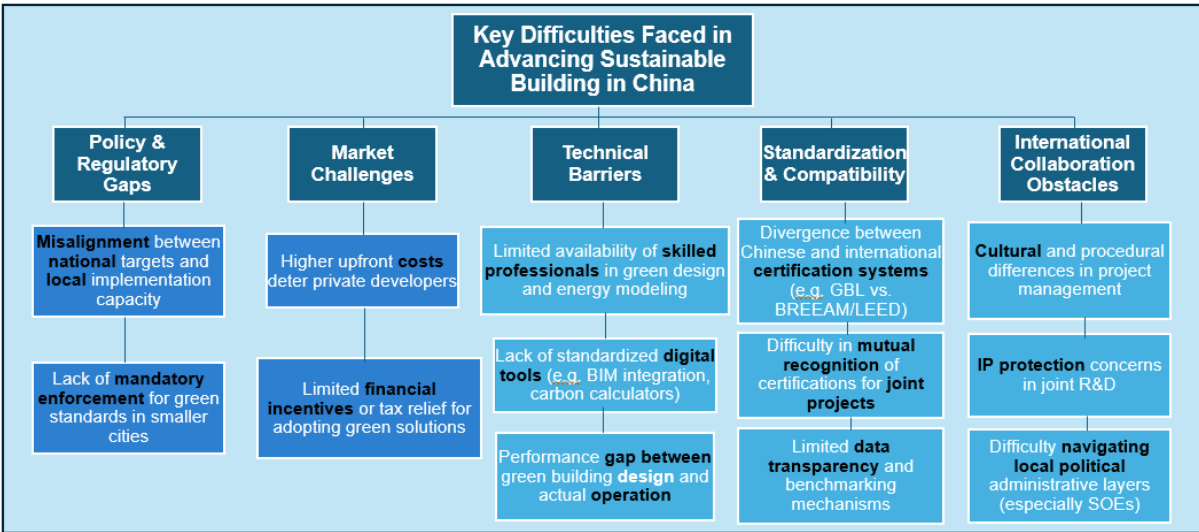
数字化集成	用于可追溯性和 LCA 数据的数字产品护照 (DPP)	通过产品数据库进行部分集成；没有统一的数字护照
市场准入与贸易	欧盟单一市场内的相互承认	进出口产品需双边认证
生命周期方法	通过 EPD 和建筑级 LCA（例如 MPG）完全嵌入	仍处于新兴阶段；与建筑性能评估的整合有限
相互协调的潜力	通过标准融合、数字系统联动、试点项目	需要改革数据格式、验证协议和平台统一

4.5 结论：迈向可扩展和协作的解决方案

本章介绍的案例研究展现了中国如何在材料、能源和水资源三个关键技术领域将可持续发展目标转化为实践。每个案例不仅体现了工程和设计的进步，也体现了数字化工具、认证体系和本地化政策创新日益增长的重要性。

雄安新区、深圳和重庆等试点地区取得了显著成就，但在全国范围内推广这些做法依然面临挑战，尤其是在机构或技术能力较弱的地区。这种差异既是警示，也是机遇：虽然进展不均衡，但转型的雄心显而易见，一些领先案例也为更广泛的应用提供了经过检验的模式。

图 4.2 中国可持续建筑环境——面临的困难



对于荷兰的利益相关者来说，这些发展凸显了具体的合作切入点：具有生命周期性能跟踪的绿色建筑材料；由数字能源管理支持的超低能耗建筑；以及针对城市韧性量身定制的模块化智能水系统。随着中国深化双碳转型并完善城市可持续发展框架，联合示范区、标准联合制定以及公私合作试点可以成为有效的双边合作机制。

5. 中国可持续建筑发展的国际伙伴关系

5.1 合作规模与模式

过去十年，中国参与可持续建筑国际合作的程度稳步提升，这既体现了发展的需要，也体现了全球化的压力。随着减缓气候变化的紧迫性日益增强以及实现碳中和的宏伟目标日益坚定，与全球伙伴的合作已成为中国推进技术创新、提升绿色标准、与国际最佳实践接轨战略的重要组成部分。

此类合作规模差异巨大，既有地方示范项目、双边或多边研究计划，也有大型跨国项目。这些合作涉及广泛的利益相关者，包括政府机构、研究机构、私营企业和国际组织。合作模式也多种多样，包括政府主导的框架、市场驱动的合资企业以及学术研究联盟。

本节概述了中国可持续建筑领域国际合作的关键驱动因素和组织形式。首先，本文探讨了国内市场需求和政府政策在塑造合作议程方面所发挥的作用。其次，本文探讨了此类合作的主要实施渠道，为后续章节对部分合作案例的深入分析奠定了基础。

5.1.1 市场驱动的国际合作催化剂

中国国内市场的快速发展已成为可持续建筑领域国际合作的关键驱动力。作为目前全球最大的建筑市场，以及预计到 2030 年仍将是全球最大的建筑市场（图 5.1），中国面临着环境压力和社会经济转型，对绿色解决方案、技术创新和国际专业知识的需求巨大。

图 5.1 2030 年建筑市场份额⁹⁵

⁹⁵Source: Oxford Economics/Haver Analytics, Future of Construction, Marsh & Guy Carpenter.



（1）扩大绿色建筑领域

过去十年，中国的绿色建筑市场经历了前所未有的增长。据住房和城乡建设部（MOHURD）的数据，到 2022 年，获得认证的绿色建筑总建筑面积将超过 110 亿平方米⁹⁶；到 2021 年至 2024 年，超过 90% 的新建城镇建筑⁹⁷将符合绿色建筑标准。这种增长刺激了对先进材料、节能技术和绿色设计策略的需求——其中许多是国际首创或标准化的。为此，中国开发商和工程公司越来越多地与外国设计咨询公司和技术提供商建立合作伙伴关系，以确保达到性能基准，获得 LEED 和 BREEAM 等认证，并整合全球最佳实践。

（2）城市中产消费者需求上升

庞大的城市中产阶级的崛起，尤其是在一二线城市，促使消费者的期望转向更健康、更智能、更环保的建筑环境。建筑使用者如今更加关注室内空气质量、热舒适度、节能和智能楼宇管理。这些不断变化的偏好促使开发商追求高端绿色住宅产品——通常与在被动式设计、生物气候建筑和 WELL 等健康建筑标准方面拥有丰富经验的外国合作伙伴合作。这一趋势也推动了国际设计规范的采用，并促进了高质量绿色空间建设的竞争。

（3）产业升级与低碳转型

中国建筑和建材行业低碳转型的压力进一步加速了国际合作。政府已宣布建筑运营产生的碳排放必须在 2030 年前达到峰值，这促使企业寻求新的材料、技术和系统。中国企业正越来越多地与国际公司合作，共同开发低碳产品，例如土工聚合物粘合剂、采用再生骨料的预制构件以及光伏一体化建筑系统。这些合资企业既服务于国内试点项目，也服务于符合碳中和目标的出口导向型产品开发。

⁹⁶国家统计局. [EB/OL]. [引用日期: 2025-11-06]. 可访问: https://www.stats.gov.cn/sj/sjjd/202409/t20240911_1956382.html

⁹⁷中华人民共和国中央人民政府网. [EB/OL]. [引用日期: 2025-07-11]. 可访问: https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202408/content_6968755.htm

（4）国际认证与市场准入

为了提升品牌竞争力并进入全球市场（尤其是在“一带一路”倡议框架内），许多中国开发商和承包商正在积极寻求国际认证。LEED、BREEAM 和 DGNB 等认证不仅在国内享有盛誉，也越来越多地用于海外项目。这些标准通常要求与获得认证的外国顾问合作，从而促进技术交流和战略合作伙伴关系。反过来，这种合作使中国企业能够成为绿色建筑价值链中的全球参与者。

（5）数字化和智能建筑趋势

建筑信息模型 (BIM)、碳核算平台和智能建筑技术的兴起正在重塑中国的建筑格局。这些技术通常源于或在国际背景下不断完善，中国企业渴望将其融入其中，以提高项目效率、监控和可持续性指标。受公共和私人项目对集成解决方案的需求推动，与欧洲和北美科技公司的战略合作——尤其是在数字孪生、生命周期碳评估和模块化建筑系统等领域——正在蓬勃发展。

5.1.2 中国政府的政策和战略激励措施

除了市场驱动之外，中国政府一直在努力通过一系列全面的政策、规划和体制机制，在塑造中国在可持续建筑领域的国际参与方面发挥关键作用。这些努力体现了中国致力于实现更广泛的环境治理目标、成为全球绿色发展领导者的雄心。

（1）国家绿色建筑和碳中和政策框架

正如本报告第二章和第三章所述，中央政府已将绿色建筑纳入其更广泛的气候和可持续发展议程。特别是，《建筑节能与绿色建筑发展“十四五”规划》（2022 年）明确要求扩大在低碳建筑材料、绿色建筑技术和节能系统等领域的国际合作。该规划还支持国际认证体系的整合，并鼓励参与多边平台。这些指令与中国的双碳目标相一致：到 2030 年实现碳排放峰值，到 2060 年实现碳中和。

此外，住房和城乡建设部《建筑领域碳减排工作方案》（2022 年）将“国际交流合作”列为三大重点任务之一，与加强节能标准、推广绿色建筑实践并列。这一态度体现了中国对国际合作的积极鼓励，具体表现为对国际合作项目给予加分和一定程度的政策放宽。

（2）双边平台与绿色外交

中国的外交政策日益将可持续性和绿色基础设施纳入外交和贸易关系之中。“一带一路”等倡议为可持续建筑合作开辟了新的空间，重点关注绿色发展、知识交流和伙伴国家的能力建设。“绿色一带一路”愿景促进了中国与联合国人居署、环境署等国际组织以及欧洲和东南亚国家机构的合作。

同时，中国外交部与住房和城乡建设部之间有系统性的工作协议，通过政策对话、技术示范、联合研究项目等方式搭建中国与其他国家之间的合作平台，通过可持续发展技术和经贸交流，推动中国与其他国家友好关系进一步深化。

（3）联合资助和机构机制

中国国家自然科学基金委员会（NSFC）等国家资助机构已与荷兰研究理事会（NWO）建立了国际合作伙伴关系⁹⁸、英国研究与创新署⁹⁹以及欧盟的“地平线欧洲”计划¹⁰⁰。这些平台资助气候适应力、可持续城市发展和低碳建筑技术方面的联合研究。住房和城乡建设部和科技部的机构支持确保了试点项目的长期实施。

（4）标准协调与监管国际化

中国正在努力将 GB/T 50378 等法规与 LEED 和 BREEAM 等全球框架接轨，目前这一进程正在加速。与此同时，中国正通过“一带一路”倡议向发展中国家输出其绿色建筑标准，促进双向协调和联合标准制定。

5.1.3 国际合作渠道与机制

中国可持续建筑领域的国际合作由一系列多元化的渠道和体制机制提供支持，促进政府机构、研究机构、私营企业和国际组织之间的协调。这些合作途径涵盖正式的政府间协议、非正式的学术网络以及基于项目的伙伴关系。

（1）政府间协议

正式的双边和多边协议是中国国际交往战略的基石。这些协议包括中国住房和城乡建设部（MOHURD）与欧洲、亚洲和北美相关部委签署的谅解备忘录、联合声明和战略框架。这些协议通常侧重于节能建筑、可持续城市发展和低碳基础设施等共同目标。

例如，在更广泛的中英战略伙伴关系框架下建立的中英绿色建筑研究与创新平台，促进了高层对话和试点项目。同样，住房和城乡建设部与德国联邦环境部也开展了建筑节能规范和改造策略方面的知识交流。

（2）研究与创新项目

科技合作在促进长期深入合作中发挥着核心作用。关键机制包括联合研究资助计划，例如国家自然科学基金委员会（NSFC）与荷兰科学研究组织（NWO）的合作、NSFC 与德国科学基金会（DFG）的合作，以及中国参与欧盟“地平线 2020”/“地平线欧洲”计划。这些平台支持跨境研究团队开展低碳材料、生命周期评估、智能建筑技术和绿色城市规划等主题的研究。中国

⁹⁸NWO. 《合作中国（国家自然科学基金委）| 美瑞安基金》[EB/OL]. [引用日期：2025-11-06]. 可访问：<https://www.nwo.nl/en/researchprogrammes/merian-fund/china-merian-fund/cooperation-china-nsfc-merian-fund>

⁹⁹国家自然科学基金委员会. 《NSFC-UKRI 跨学科研究研讨会成功举办》[EB/OL]. [引用日期：2025-11-06]. 可访问：https://www.nsfc.gov.cn/english/site_1/news/A1/2022/05-26/269.html

¹⁰⁰欧中桥项目. [EB/OL]. [引用日期：2025-11-06]. 可访问：<https://eu-china-bridge.eu/>

“一带一路”科技创新合作行动计划等国家级举措也促进了国际合作，该计划通过联合研究中心和示范项目促进可持续城市基础设施建设。

（3）企业合作与贸易平台

中外企业通过合资企业、技术转让协议以及共同开发绿色产品和解决方案等方式开展合作。在华运营的跨国公司，例如奥雅纳、西门子和圣戈班，经常在备受瞩目的绿色建筑项目中担任技术提供商或顾问。中国的建筑和材料公司则寻求外国专业知识，以满足不断发展的绿色标准和认证要求。中国国际绿色建筑与节能博览会（CIGBE）等国际展览和贸易平台为企业建立合作伙伴关系和展示创新提供了机会。

（4）学术网络 and 知识平台

学术机构是持续知识交流的重要中介。中国大学和科研机构通过联合实验室、博士生交流项目和暑期学校与荷兰、德国、英国及其他国家的同行保持着广泛的合作。中荷可持续建筑与城市发展网络和中欧绿色建筑论坛等倡议促进了政策和实践方面的多边合作。

（5）多边机构和国际非政府组织

中国还通过联合国人居署、联合国环境规划署、国际地方环境行动理事会（ICLEI）以及全球建筑联盟（GlobalABC）等全球平台开展合作。这些组织提供规范指导、基准工具和项目协调框架，帮助中国的绿色建筑实践与全球标准接轨。

中国合作模式的演变

随着时间的推移，中国可持续建筑领域的国际合作模式也发生了显著演变。最初，合作主要侧重于**技术引进和知识转移**，中国利益相关方学习既定的国际最佳实践。随着能力的增强，合作逐渐向**联合研究和创新发展**，共同开发适合中国特定城市和环境条件的新技术和系统。近年来，合作进一步转向**联合标准制定和政策协调**，特别是在绿色建筑认证、能效基准和碳核算框架等领域。这种逐步演变反映了一个日趋成熟的合作生态系统，中国不再是全球可持续建筑标准和创新的被动接受者，而是积极的贡献者。

5.2 国际合作典型案例

中国与全球合作伙伴在可持续建筑领域的国际合作不仅由政策驱动，也通过具体的合作举措得以实现。本节重点介绍几个代表性案例，展现了不同的合作形式——从联合研究项目、创新平台到双边科学委员会。这些案例展现了合作机制在实践中的运作方式，以及它们如何促进可持续建筑技术和实践的发展。

5.2.1 中英科研与创新桥

背景：

中英研究与创新桥项目旨在深化中英两国科技合作，特别是在可持续城市发展、低碳建筑技术和绿色基础设施等关键领域。该项目由英国研究与创新署（UKRI）和中国科技部（MOST）共同协调。

主要活动和成就：

- 联合呼吁对能源效率、低碳材料和智慧城市基础设施进行研究；
- 实施结合被动设计、可再生能源和可持续交通的示范项目；
- 建立永久性的知识共享平台（ukchinagreen.org），用于技术对话和培训。

意义：

桥梁项目在培育长期机构伙伴关系和促进中英两国科研及产业界相互学习方面发挥了关键作用，为两国绿色建筑实践的发展做出了重大贡献。

主要影响：

推进可持续建筑技术的联合研究和早期示范项目。

5.2.2 中英绿色建筑与生态城市平台

背景：

作为桥梁项目的延伸¹⁰¹，为中英合作提供了连续性，特别关注城市规模的建筑环境可持续性。

主要活动和成就：

- 为开发人员、政策制定者和研究人员举办年度会议和技术访问；
- 对被动式房屋、零碳建筑和智能电网集成等技术的双边支持；
- 通过白皮书、案例研究和能力建设研讨会进行知识转移。

意义：

该平台通过支持技术和政策层面的交流，加强了双方在绿色城市战略方面的协调。荷兰的利益相关方可以考虑类似的机构工具，以确保超越单个项目的连续性，尤其是在循环建筑等领域，荷兰在这些领域拥有公认的优势。

主要影响：

支持城市规模可持续发展的政策对话和知识交流。

¹⁰¹ Chatham House. 《Cooperating with China on Climate Action》[EB/OL]. [引用日期：2025-08-06]. 可访问：
<https://www.chathamhouse.org/2025/01/agenda-uk-china-climate-cooperation/cooperating-china-climate-action>

5.2.3 “地平线-欧洲-中国”合作

背景：

在“地平线欧洲”计划框架下，欧盟继续与中国开展合作研究，强调共同为全球可持续发展目标做出贡献。中国机构参与了关于能源正向建筑、韧性基础设施和城市脱碳等主题的专题研究。

主要活动和成就：

- 低碳材料、生命周期评估和人工智能驱动的城市系统联合项目；
- 结构化的传播机制，确保双方的知识转移；
- 将中国合作伙伴纳入碳中和城市联盟。

意义：

“地平线欧洲”项目促进了高标准的比较研究，并为荷兰机构提供了与中国同行合作的经过检验的模式，特别是在欧盟协调的专注于建筑环境创新的集群中。

主要影响：

实现跨大陆研究合作，重点关注碳中和城市和可持续技术。

5.2.4 中荷合作：国家自然科学基金委员会-荷兰新世界研究组织、中荷科学合作委员会、中荷苏州项目

背景：

中荷科研合作生态系统由国家自然科学基金委员会-荷兰新世界研究组织梅里安基金、中荷科研合作委员会的活动以及中荷苏州创新园等城市级务实项目支撑。这些举措促进了双边科研合作，重点关注全球社会挑战，并重点关注可持续性和城市发展。

主要活动和成就：

- 联合研究呼吁绿色材料、城市弹性和循环经济；
- 双边研讨会和科学交流，共同确定研究重点；
- 苏州试验区建设重点关注智慧建筑和水管理。

意义：

中荷合作展现了平衡务实的双边合作模式，将卓越的科研成果与实际应用相结合。它体现了有针对性的伙伴关系如何在推进绿色建筑和可持续城镇化战略方面取得切实成果。

主要影响：

促进绿色基础设施和智慧城市领域的双边研究和城市级示范项目。

5.2.5 中荷梅里安基金合作

背景：

梅里安基金是由荷兰科学研究组织（NWO）管理的一项荷兰资助计划，旨在促进与中国等新兴科技强国开展长期、平等的研究合作。在中国与中国科学院（CAS）梅里安基金合作框架下，该基金的重点是解决可持续性、气候变化和健康社会问题。

主要活动和成就：

- 为致力于低碳城市发展和健康城市的跨学科联盟提供资金；
- 强调研究议程的共同设计和联合管理；
- 输出包括政策简报、比较数据集和原型技术。

意义：

梅里安基金合作项目为真正的联合研究所有权和能力建设提供了一个典范。它不仅鼓励技术创新，也促进了欧洲和中国对可持续治理体系和城镇化动态的相互理解。

主要影响：

深化可持续城市系统的机构信任和联合创新能力。

概括

这些代表性案例展现了中国在可持续建筑领域国际合作的多样性、深度和战略意义，并凸显了双边平台、多边研究项目、城市层面的倡议和融资机制如何通过创新、相互学习和实际应用，共同塑造绿色城市发展的未来。

5.2.6 讨论：从知识交流到中国市场的战略定位

上述代表性案例表明，中国在可持续建筑领域的国际合作模式正在不断演变——从被动的技术吸收转向联合创新，并日益走向共同制定标准和协调监管。这一转变反映了中国日益成熟的能力及其塑造全球可持续发展议程的雄心壮志。

对荷兰而言，这一发展进程不仅在研究合作方面，也在中国高增长市场中实现战略定位方面，展现出独特的机遇。荷兰在循环建筑、水资源管理、数字孪生和综合能源系统方面的优势与中国的城市绿色转型目标高度契合。然而，要充分利用这些协同效应，需要的不仅仅是技术上的契合，还需要积极参与中国的制度框架和本地化举措。

首先，更加注重地方层面的合作（省际或市际合作）至关重要。在中国分散的行政体制下，地方政府往往是实施绿色建筑目标的首要责任主体。深圳、苏州和成都等城市拥有相当大的自主权，可以为国际合作伙伴提供额外的融资窗口、快速试点或监管支持。在荷兰各省与中国城市之间建立结构化合作关系，可以开辟宝贵的项目渠道，尤其是在绿色材料采购、智能基础设施或海绵城市改造等领域，同时也能降低中小企业的市场准入风险。

其次，尽管荷兰和欧盟对大型双边资助项目做出了重大贡献 联合研发项目（如“地平线欧洲”和“梅里安基金”）通常规模较大（百万级），资助频率不高（通常每年每次资助 3-4 个项目），门槛较高，酝酿期较长。相比之下，英国通过中英大学之间频繁的小规模联合资助，创造了更灵活的合作模式。这些举措可以加快项目启动速度，促进研究人员和从业人员之间的实践交流，并成为将学术成果转化为商业应用或工程试点的有效途径。当前的荷兰资助格局可以从整合类似机制中受益，以提高产学研合作的速度和连续性，特别是当目标是产生商业影响时。

总而言之，虽然中国的国家级框架对于制定方向至关重要，但对荷兰利益相关者而言，真正的切入点往往在于精准的地方合作，以及实现从学术研究到市场部署的更平稳过渡。对于旨在扩大影响力的荷兰企业和机构而言，积极参与城市试点、灵活的联合融资方案以及与中国实施机构的协调，将是实现可持续发展目标和长期经济回报的关键。

5.3 优点和局限性

可持续建筑领域的国际合作为中国及其全球合作伙伴带来了实实在在的利益。它加速了知识交流，促进了联合创新，并为可持续技术开辟了市场途径。然而，结构性和体制性挑战仍然制约着许多举措的效率和可扩展性。对这些动态进行平衡评估，对于完善未来的合作战略和确保国际伙伴关系的长期价值至关重要——尤其对于那些寻求将研究合作转化为商业成果的利益相关者而言。

5.3.1 互利共赢：知识、市场和政策学习

知识转移与技术协同

国际合作在提升中国绿色建筑技术能力方面发挥了关键作用。通过联合研究项目、示范项目和学术交流，中国机构获得了在节能建筑系统、生命周期碳评估、数字化建筑技术（例如 BIM 和数字孪生）以及可持续材料开发等领域的全球专业知识。对于外国合作伙伴而言，与中国的合作为他们打开了一扇了解全球最大建筑市场的窗口，并让他们有机会参与开创性的城市实验，尤其是在高密度环境和预制绿色基础设施领域。

市场扩张和商业准入

中外合作创造了共同的商业价值。国际公司通过提供技术服务、认证专业知识和高性能材料，进入了中国日益增长的绿色建筑和智慧城市市场。与此同时，中国企业也利用这些合作伙伴关系进入海外市场——尤其是通过“一带一路”倡议——并向全球环境绩效基准看齐。这种互惠的市场准入和共同发展，为构建具有韧性的跨国商业模式奠定了重要基础。

政策创新与制度学习

跨境合作也丰富了两国的政策体系。中国借鉴了欧洲和英国的监管框架，升级了其绿色建筑规范、能源性能标准和财政激励机制。反过来，外国政府和机构也观察到中国快速的政策迭代和自上而下的协调如何加速创新的规模化，例如装配式建筑或低碳示范区。这种相互的政策学习促进了全球对如何平衡标准化、创新和市场化进程有了更深入的理解。

5.3.2 障碍和限制：文化、技术和制度差距

尽管有这些好处，但一些系统性挑战仍然阻碍着国际合作的全面实现，特别是在从联合研究转向商业或大规模部署时。

文化和沟通障碍

机构文化、语言、项目时间表和协作方式的差异可能会造成摩擦。利益相关者角色的误解，或风险承受能力和决策流程的差异，都可能导致项目实施延迟。这种情况在联合研发或共同资助的试点项目中尤为明显，因为在这些项目中，各方对角色和期望的假设并不总是一致的。

标准和认证不一致

中国和国际认证框架之间的技术不兼容性（例如，GB/T 50378 与 LEED 或 BREEAM）使可持续建筑产品和技术的转移和互认变得复杂。这些差距影响着从材料选择、能源模型到竣工后性能验证的各个环节。尤其是荷兰企业，除非有明确的政策协调或本地化调整，否则在中国不断发展的标准下验证其循环建筑或数字能源解决方案时可能会面临障碍。

机构和资金差异

国际合作往往会因行政流程、融资周期和知识产权管理方面的差异而放缓。中国合作伙伴可能会发现欧洲融资工具（例如 Horizon 或 Merian Fund 的融资项目）官僚主义繁琐且周期不长，从而限制了持续的合作。相反，如果没有强有力的本地支持，欧洲合作伙伴可能会发现难以适应中国的监管环境。缺乏灵活的中型双边融资工具（尤其是在市级或省级层面），可能会阻碍快速合作，并限制中小企业的参与。

5.4 中外企业作用与贡献比较

可持续建筑领域的国际合作不仅依赖于政策框架和学术交流，更重要的是企业的积极参与。中外企业在塑造该行业的技术、运营和商业格局方面发挥着独特而又互补的作用。了解这种相互作用对于确定价值创造领域至关重要，尤其对于希望更深入地参与中国绿色建筑转型的荷兰企业而言。

5.4.1 中国企业的作用和贡献

项目实施与市场拓展

中国企业，尤其是大型国有建筑承包商（例如中国建筑总公司、中国铁建集团）和颇具影响力的民营开发商，是中国可持续建筑领域项目执行的中坚力量。这些公司在大规模交付、成本控制和政策协调方面展现出强大的能力，尤其是在政府委托项目和经济适用房项目方面。它们在国内绿色基础设施项目中的主导地位，既体现了机构信任，也体现了它们在紧张的时间和预算下执行复杂城市项目的能力。

技术的适应性和本地化

中国企业的核心优势在于能够将引进的技术应用于本土需求。无论是为高密度城市量身定制被动式设计，还是根据当地法规和成本结构调整材料，它们在连接全球创新与本土适用性方面发挥着至关重要的作用。这种适应性使得外国技术能够在复杂且快速变化的项目环境中快速部署。

产业化与政策协同

中国企业的一个重要特点是能够快速将成熟的可持续技术产业化。装配式绿色建筑、区域能源网络和海绵城市系统都受益于这种规模化发展能力。此外，中国企业通常与中央和地方政府密切合作，确保其与五年规划和城市发展政策相一致。

全球扩张与南南合作

中国建筑公司正越来越多地通过“一带一路”倡议和其他国际合作，将其绿色建筑实践拓展到海外。由于速度快、规模大，中国参与海外基础设施建设受到了许多发展中国家的欢迎。这些项目为包括荷兰企业在内的外国公司提供了越来越多的机会，通过合资企业和技术合作做出贡献，尤其是在需要国际专业知识或标准的领域。

5.4.2 建筑业组织结构及市场构成

中国建筑业的组织结构层级分明，由少数大型企业和庞大的小型企业网络主导。根据住房和城乡建设部的数据，该行业注册建筑企业超过 10 万家，其中 95% 以上为中小企业。

国有企业（SOE）——尽管数量不到所有企业总数的 1%——却贡献了建筑业总产值的 35% 至 40% 以上。这些由中央管理的巨头，例如中国建筑工程总公司（CSCEC）和中国铁建集团（CRCC），直接受国务院国有资产监督管理委员会（SASAC）监管。它们主导着公共基础设施、经济适用房和海外工程市场，主要通过总承包或设计-采购-施工（EPC）模式运营。

私营企业由大型全国性开发商和众多区域性公司组成。大型房地产开发商（包括万科、碧桂园和原恒大）历来在住宅和商业地产开发中扮演着核心角色，尤其是在高增长城市群中。在巅峰时期，仅恒大一家就管理着相当于全国 GDP 几个百分点的项目。然而，自 2021 年以来，金融去杠杆政策和监管收紧显著重塑了这一领域，削弱了高杠杆私营开发商的影响力。

中小企业（SME）占企业总数的绝大多数，主要作为专业分包商（例如暖通空调、装修工程或结构框架）或劳务提供者运营。这些中小企业嵌入多层级的项目交付链中，其中可能包含两到四级分包。虽然这些企业对当地就业和灵活性至关重要，但它们往往缺乏采用绿色建筑实践或先进质量保证体系的技术能力和财务稳定性。

跨市场业务活动的划分通常遵循以下模式：

- 公共基础设施和国家主导的城市发展被中央和省级国有企业垄断。
- 私营部门的住宅和商业开发主要由国家和地区私营公司进行。

- 工业和物流建设已成为快速增长的子行业，对预制、数字设计和低碳材料的需求日益受到供应链现代化的推动。

这种组织结构反映了项目分配、采购和合规方面强大的政策层级结构。国有企业通常试点国家标准和绿色建筑方案，而创新在中小企业之间的下游传播仍然有限。对于国际合作倡议而言，同时吸纳顶级国有企业和有能力的私营部门合作伙伴是确保政策支持和市场可扩展性的关键。

5.4.3 外国企业的作用和贡献

技术创新与知识转移

包括工程公司、建筑咨询公司和材料制造商在内的外国企业，往往是先进可持续建筑技术和设计方法的来源。它们带来了被动式房屋标准、节能建筑设计、生命周期碳评估和智能建筑技术等领域的专业知识。通过合资企业、咨询合同和试点项目，这些公司促进了向中国同行的知识转移。

认证、品牌推广和全球标准合规性

外国公司通常在中国牵头实施 LEED、BREEAM 和 WELL 等全球绿色认证框架，引导本土开发商与国际标准接轨。这些认证不仅提升了项目质量，还增强了品牌形象和投资者信心。

示范项目作为知识载体

备受瞩目的示范项目仍然是知识转移的重要模式。通过在低碳园区或绿色工业园区等旗舰项目上的合作，外国公司可以建立信誉，并促进更广泛的市场应用。荷兰在可持续水资源、能源和集成建筑系统方面的案例研究可以在这方面成为有影响力的典范。

5.4.4 比较视角

中国可持续建筑行业呈现出一种日益以“硬件本地化、软件/服务国际化”为特征的合作模式。中国企业提供规模、基础设施和政策协调；外国合作伙伴提供先进的设计方法、系统集成和高精度技术。这种合作模式在智慧园区、零能耗区和绿色城市规划等项目中尤为明显。

这种双轨模式与 Yao 和 Steemers（2009）早期的观察结果一致，他们强调了国际合作在促进中国可持续城市转型中的作用。

表 5.1 中外企业在中国绿色建筑市场的战略角色及合作启示

方面	中国企业	外商企业
项目执行	主导大型项目实施	为试点项目提供咨询和技术专长
技术创新	引进技术改造与优化	引领前沿技术（例如被动设计、智能建筑）
改编与本地化	针对不同城市条件的本地化技术	引入国际最佳实践

标准制定	国内标准与国际惯例接轨	推广 LEED、BREEAM、WELL 认证
市场扩张	扩大国内外可持续建筑实践	进入中国庞大的建筑市场并发展壮大
认证和品牌	通过与认证机构合作提高认可度	通过示范项目展示创新

表 5.2 中国可持续建筑国际合作代表企业

企业名称	国家	进入模式	代表项目	优势领域	合作模式
中建科技	中国	当地领导	深圳龙岗人才安居工程、雄安绿色示范区	预制建筑、生命周期管理、BIM 平台	自营+政府合作
远大住工	中国	当地领导	长沙绿色装配式住宅小区	PC 构件、绿色施工、集成现场系统	产业园区+地方政府 PPP
霍尼韦尔	美国	本地化运营（合资+投资）	上海总部大楼节能系统、广州智慧建筑项目	智能建筑系统、能源监控和控制	与开发商和政府的合作
德尔塔雷斯	荷兰	咨询服务+设计项目	上海浦东洪水预报	实时数据和预测模型	中荷水务合作谅解备忘录
西门子	德国	本地子公司+项目合作	北京亦庄绿色产业园能源中心	楼宇自动化、智慧能源、数字能源平台	EPC 总承包+合作开发
阿特金斯	英国	咨询服务+设计项目	重庆可持续城市规划、深圳前海低碳城市规划	可持续城市设计、绿色城市规划	城市规划咨询合同
中国节能环保集团公司（CECEP）	中国	国有企业经营	国家政府办公楼节能改造项目、学校绿化改造项目	能源改造、建筑优化、政策实施	政府投资+委托管理服务

其他战略考虑

在中国领导下开展国际项目定位 随着中国基础设施企业在全球舞台上日益活跃，尤其是在亚洲、非洲和拉丁美洲，一个新的机遇空间应运而生。这些国际项目通常涉及不同的利益相关者，并需要既符合环境目标又符合当地经济现实的可持续解决方案。荷兰企业可以通过以下方式进入这些供应链：

- 通过联合研发、试点项目和技术伙伴关系与中国大型企业（如中国建筑、中国铁建）建立长期合作关系；
- 推广荷兰在生命周期碳减排、综合水能系统和气候适应性设计方面的专业知识；
- 适应发展中经济体所需的成本效益平衡的区域特定解决方案，这可能与欧盟规范有所不同。

这种参与需要**双重策略**：

- 一方面，通过符合欧盟标准和绿色金融法规（荷兰公司的优势领域）来增强信誉；
- 另一方面，开发适合全球南方国家的具体环境敏感技术——平衡可负担性、耐用性和可持续性。

金融工具和绿色建筑保险

荷兰企业也能为可持续建筑的金融领域做出贡献。绿色建筑性能保险、碳信用额度以及与可持续性挂钩的贷款等创新工具在国内外都日益重要。与中国利益相关者合作开发金融产品，可以进一步提升荷兰的知名度和价值创造。

在中国可持续建筑领域，一种独特且日益具有战略意义的国际企业合作模式已经出现。该模式的特点是互补性分工：中国企业提供快速的实施能力、紧密的政策协调和广泛的市场覆盖，而外国企业则贡献先进的创新、严谨的方法论以及对全球标准的遵循。

这种协同效应在大型项目中尤为明显。在这些项目中，中国企业提供规模和基础设施支撑，而外国企业则通过专业技术和系统级解决方案提升价值。例如，中建科工和远大住建在建筑技术和预制系统部署方面发挥了主导作用，尤其是在政府支持的大型经济适用房项目中。这些公司受益于强有力的政府协调和具有成本效益的规模化战略。

相比之下，霍尼韦尔、西门子和阿特金斯等外国企业通常专注于技术密集型和服务导向领域。他们的贡献涵盖智能建筑系统、能源管理和可持续城市设计咨询——这些领域对精准的技术性能以及与国际实践的接轨至关重要。

智慧园区和绿色城区等项目体现了“硬件本地化、软件/服务国际化”的主流合作模式。中国企业主导建筑和实体基础设施建设，而外国公司则在系统集成、能源优化和可持续性咨询方面提供重要投入。这一趋势与 Yao 和 Steemers（2009）的见解相呼应¹⁰²，他们强调了国际合作在促进知识转移和推进中国可持续建筑实践方面的重要性。

对于荷兰利益相关者而言，这种合作模式提供了一个清晰且切实可行的机会：通过将利基技术专长融入中国主导的倡议（例如通过创新伙伴关系、试点区或技术联盟），他们可以有效地扩大影响力并获得更广泛的市场准入。关键成功因素包括：

- 与具有可靠实施能力的中国公司合作；
- 与市政发展重点和地方政策议程保持一致；
- 利用示范项目作为提高知名度和建立信任的平台。

展望未来，全球技术与中国执行力的深度融合，为共同开发下一代绿色建筑标准和可持续城市模式提供了肥沃的土壤。这些合作不仅支持中国国内的绿色转型，也为全球可持续发展转型做出贡献。

¹⁰²Zhang X, Shen L, Wu Y. Green strategy for gaining competitive advantage in housing development: A China study[J]. *Renewable Energy*, 2010, 35(6): 1287-1294. DOI: 10.1016/j.renene.2009.01.002.

5.4.5 国有建筑企业作用的探讨

在分析中国建筑行业时，荷兰利益相关者不应忽视中国国有企业独特的运营机制和相对主导地位。这种结构在中国政府的政策制定中占据着高度优先的地位，并显著地塑造着行业格局。

然而，这种机制并不一定被视为中荷建筑领域合作的障碍。本质上，中国的国有经济模式代表了一种优先考虑社会责任的所有制形式。与私营企业相比，中国国有企业通常表现出更强的长期战略眼光，并更加注重社会效益。此外，由于规模庞大，国有企业更有能力吸收成本并管理风险，而私营企业往往无法做到这一点。这些特点在可持续建筑领域具有特殊优势，因为该领域的项目需要大量投资，并且通常必须承受建筑长期可持续性表现可能无法完全达到最初预期的风险。因此，仅仅将国有企业视为企业合作伙伴，就忽视了它们在推进可持续建筑倡议方面发挥关键作用的潜力。

尽管益处巨大，荷兰企业在与中国国有企业合作时也应预见潜在的挑战。本节旨在识别可预见的问题，解释其根源，并提出切实可行的建议，以最大限度地降低合作期间发生冲突的风险。

第一个挑战在于中国国有企业的政治属性。国际合作伙伴经常观察到，国有企业表现出强烈的政治关联，其范围超越了纯粹的商业利益，尤其是在合作的早期阶段。这一特点源于中国国有企业被赋予履行各种社会职能的权力，类似于荷兰国家社会保障局（NS）等政府控制实体的职能。荷兰的 **Spoorwegen** 和 **Gasunie** 也参与了类似的活动。然而，政治监督对中国国有企业的影响往往更为强烈。中国国有企业不仅要对中央政府负责，还要对省市级政府负责。因此，与欧洲同行相比，中国国有企业领导层通常承担着更高的政治责任，而且在很多情况下，高管在企业领导角色和政治领导角色之间的转换更为频繁。

鉴于此，建议荷兰企业在设计合作项目时，兼顾经济和社会价值主张。展示项目的社会效益和经济效益，将有助于为相互理解和共同目标奠定更坚实的基础。此外，展示一个具有高知名度的项目——例如在中国或全球范围内“首创”的项目，或规模或技术创新前所未有的项目——可以极大地增强其对中国国有企业的吸引力。此类项目还可能获得地方甚至国家政府机构的额外支持，为中荷在建筑领域深化合作创造有利条件。

6. 中荷合作的机遇与挑战

6.1 荷兰在可持续建筑环境方面的优势（建筑和城市规划）

随着全球加速推进碳中和，荷兰在可持续建筑和城市发展领域脱颖而出，成为领导者。这一领导力深深植根于数十年来不断推进的环境政策、创新的城市规划以及强有力的公私合作伙伴关系。作为一个自然资源有限、城市密度高的国家，荷兰长期以来将高效土地利用、节能减排和气候适应性作为其建筑环境战略的优先事项。这些特点促使荷兰高度重视循环经济原则，并推动荷兰企业和机构走在可持续建筑技术和城市规划方法的前沿。因此，荷兰不仅是全球可持续发展的典范，也成为中国推进绿色建筑倡议的天然战略合作伙伴。这些优势可以概括为以下六个关键领域。



图 6.1 2020 年至 2024 年中国建筑市场价值^{*,**}

*数据来源：中国国家统计局

**：住宅建筑、商业和工业建筑、能源和公用事业以及市政规划约占 60-65%。

市政规划（如城市更新、公共设施建设等）：约 5%至 10%。

6.1.1 可持续建设领导力

荷兰设定了雄心勃勃的目标，即到 2050 年实现完全循环经济，并设定了到 2030 年将初级原材料消耗减少 50%的中期目标（荷兰基础设施和水资源管理部，2016 年）¹⁰³。建筑行业在这一转型中发挥着关键作用：截至 2022 年，荷兰超过 90%的建筑和拆除垃圾得到了回收利用

¹⁰³Dutch Ministry of Infrastructure and Water Management. *A Circular Economy in the Netherlands by 2050: Government-wide Programme*[R]. 2016.

（欧盟统计局，2023 年）¹⁰⁴，这一比例在欧洲名列前茅。这一成就体现了科学研究、技术创新以及在实际工程应用中推广循环经济实践的共同作用。

一个值得注意的实际应用示例是 **Madaster** 平台，该平台通过提供数字“材料护照”来记录和跟踪建筑组件的再利用潜力，从而促进循环建设（**Madaster** 基金会，2023 年）¹⁰⁵通过允许利益相关者上传建筑元素数据，**Madaster** 支持透明的生命周期管理。截至 2023 年，该平台已登记超过 1500 万平方米的建筑面积，帮助房地产开发商、投资者和市政当局系统地管理材料的再利用。

与这种数字化方法相辅相成的是一些先锋工程项目，它们在实践中体现了循环经济的原则。荷兰银行位于阿姆斯特丹的可持续展馆 **CIRCL** 采用可拆卸设计，并使用再生混凝土、再生木材和模块化组件建造而成。该建筑与 **Madaster** 系统相结合，展示了材料护照如何在结构的整个生命周期内支持循环性能。同样，乌得勒支的绿屋通过其完全可拆卸和预制的结构展示了可逆设计，其预期使用寿命为 15 年，但可完全移动，体现了灵活性和材料的长寿命。除了机构项目外，像 **Superuse Studios** 这样的设计团体也通过从现有城市环境中采购组件来拥抱“城市采矿”。他们的作品展现了材料再利用的创造性和本地化潜力，强化了更广泛的文化和设计向循环经济的转变。

在工程应用的同时，荷兰还建立了强大的研究基础设施，为其向循环建筑环境的转型奠定了基础。荷兰应用科学研究组织 (**TNO**) 等研究机构在开发先进的再生建筑材料方面发挥了关键作用。**TNO** 的工作包括将建筑和拆除废料 (**CDW**) 转化为工程产品，例如土工聚合物混凝土和再生骨料，并辅以性能预测模型和生命周期评估。作为 **CINDERELA** 等欧盟资助项目的合作伙伴，**TNO** 为整个欧洲的材料标准化和循环建筑指南做出了贡献。

在学术层面，几所顶尖大学做出了重要贡献。在埃因霍温理工大学 (**TU/e**)，**Jos Brouwers** 教授及其研究团队专注于研究源自工业副产品和建筑垃圾 (**CDW**) 的可持续建筑材料。他们的工作涵盖高性能土工聚合物、碳封存混凝土以及基于机械性能和环境性能优化混合料设计的先进材料建模技术的开发。该团队还为替代粘合剂的升级和隐含碳的量化做出了贡献，这使得他们的研究与学术界和行业驱动的循环建筑议程高度相关。

同样，代尔夫特理工大学 (**TU Delft**) 建立了循环建筑环境中心，整合了建筑设计、材料科学和数字化施工工具。代尔夫特理工大学的研究人员探索可逆建筑系统、数据驱动的设计优化以及将材料护照集成到建筑信息模型 (**BIM**) 中，从而促进新一代自适应、可追溯且低影响的建筑系统的发展。

与此同时，一些合作倡议也推进了循环利用的标准化评估方法。由代谢咨询公司 (**Metabolic**)、循环经济咨询公司 (**Circle Economy**) 和 **W/E** 咨询公司开发的“建筑循环指标 (**BCI**)”框架提供了一个量化工具，可以根据建筑的可重复使用性、材料回收和设计适应性来评估其循环潜力。同样，国家级项目“**CB'23** 循环建筑”汇集了公共和私人利益相关者，共同制定循环建筑实践的共享词汇、指标和采购标准。

¹⁰⁴Eurostat. *Waste Statistics – Recycling of Construction and Demolition Waste*[R]. 2023.

¹⁰⁵Madaster Foundation. *Madaster Annual Report 2023*[R]. 2023.

这些以研究为导向的努力构成了荷兰循环经济目标的科学支柱，促进了材料、设计和监管框架的创新，同时促进了以数据为依据的系统性建筑环境可持续发展方法。

6.1.2 卓越的节能建筑和智能建筑

荷兰在推广能源中性和能源正性建筑方面已确立领导地位，这得益于其强大的监管框架和公私合作创新。自 2021 年起，《荷兰建筑法令》规定，所有新建建筑必须符合欧盟《建筑能源性能指令》（EPBD）规定的近零能耗建筑（NZEB）标准（《荷兰建筑法令》，2021 年）。

2022 年，荷兰新建住宅中超过 96% 达到能源标签 A 或更高级别，其中很大一部分达到了近零能耗性能¹⁰⁶（CBS，2023 年）。与此同时，荷兰政府的“能源效率计划”（Planma）也正在实施。阿尔德加斯弗里耶 Wijken (PAW) 已资助超过 50 个试点社区在 2018 年至 2023 年期间逐步淘汰天然气（PAW 评估报告，2023 年）¹⁰⁷。以下列出了一些已完成的关键智能和节能建筑项目：

- **The Edge**（阿姆斯特丹）：常被誉为全球最具可持续性的办公楼。它通过屋顶光伏和地热系统产生的能源大于其消耗的能源。智能传感器实时监控照明、温度和占用情况，提供个性化的舒适体验，并可节省高达 70% 的能源¹⁰⁸（彭博社，2015 年）。
- **De Ceuveld**（阿姆斯特丹北部）：由一座前造船厂改造而成，利用翻新的船屋打造出一个实验性的圆形工作空间。建筑融合了被动式太阳能设计、堆肥厕所和现场灰水处理系统¹⁰⁹（Metabolic，2022）。
- **Paleiskwartier** 零能耗公寓（斯海尔托亨博斯）：这是一个采用 BIPV（建筑一体化光伏）、区域供热和智能家居能源系统的住宅综合体。246 套公寓实现了净零能耗¹¹⁰（埃因霍温理工大学建筑环境系，2021 年）。
- **Bajes Kwartier** 重建项目（阿姆斯特丹）：将一座前监狱进行大规模可持续改造，使其成为一个拥有 1300 多套住宅的二氧化碳中和社区，其中包括绿色屋顶、节能住宅和智能垃圾处理系统¹¹¹（Bajes Kwartier Ontwikkeling，2023）。

在荷兰，关键的技术和创新趋势包括在商业建筑中广泛采用建筑能源管理系统 (BEMS)。诸如“屋顶光伏系统”（Stroomversnelling）和“智能能源中心”（Smart Energy Hubs）等项目促进了屋顶光伏系统、热能存储和智能电表的整合。自 2019 年以来，实时监控和控制技术已在荷兰各市 300 多座公共建筑中试点（RVO 智能建筑报告，2022 年）。

除了技术和项目层面的成就外，荷兰还建立了完善的监管和监督生态系统，以促进零排放建筑（ZEB）的交付和验证。荷兰的 MPG（MilieuPrestatie）国家环境数据库(NMD) 提供了数千份

¹⁰⁶Statistics Netherlands (CBS). *Energy Label Statistics for Residential Buildings*[R]. 2023.

¹⁰⁷Programma Aardgasvrije Wijken. *Monitoringsrapport PAW 2023*[R]. 2023.

¹⁰⁸Bloomberg. *The World's Greenest Office Building*[R]. 2015.

¹⁰⁹Metabolic. *De Ceuveld Case Study: Circular Development in Practice*[R]. 2022.

¹¹⁰TU Eindhoven, Built Environment. *Zero Energy Housing in the Netherlands: The Paleiskwartier Project*[R]. 2021.

¹¹¹RVO. *Smart Energy in Public Buildings: Pilot Outcomes and Next Steps*[R]. 2022.

基于 EN 15804+A2 标准的环境产品声明 (EPD)，涵盖了各种经过认证的建筑材料。该数据库使建筑师、工程师和监管机构能够将碳影响纳入早期设计和采购阶段。

在欧盟层面，修订后的《建筑能源性能指令》（EPBD 2024）现在要求披露建筑物在至少 50 年的使用寿命内的全球变暖潜能值（GWP），进一步强化了荷兰已经实行的生命周期性能导向。

相比之下，中国的绿色建筑框架虽然在运营能耗目标方面雄心勃勃（例如 GB 55015-2021），但目前缺乏强制性的生命周期影响核算或综合的环保产品开发（EPD）基础设施。相关标准仍然主要以规范性、基于投入为主，碳排放披露协议也较为零散。

将荷兰零排放能源管理经验融入中国监管体系将涉及以下几个步骤：

- 在中国绿色建筑标签（GBL）体系内试行 MPG 等效生命周期基准；
- 建立与国际接轨的国家环保产品开发平台，以 NMD 为参考；
- 将 Trias Energetica 原则（需求减少、可再生能源、剩余效率）融入中国的绿色建筑设计规范；
- 在深圳或苏州等城市建立中荷双边零排放示范区，采用双重认证机制（例如 GBL+MPG）。

这些举措不仅将增强中国追踪建筑物整个生命周期内隐含碳排放的能力，而且还将支持认证材料和设计方法的相互认可，为更深层次的监管一体化和国际合作提供可扩展的途径。

如第 4.2.4 节所述，Trias Energetica 模型提供了一个结构化的能源规划原则，可以作为可持续建筑设计联合试点项目或监管对话的参考。其分阶段实施的方法与中国降低能源强度和促进可再生能源并网的双重目标高度契合，并可能为合作举措提供概念基础。

6.1.3 综合城市可持续发展规划

荷兰以其综合的城市可持续性规划方法赢得了国际认可，该方法将环境韧性、紧凑的土地利用、可持续的出行和强大的社区参与融为一体。这种规划模式既体现了必要性（因为该国易受海平面上升的影响），也体现了创新性，最终打造出宜居、气候适应性强、资源高效的城市环境。

在政策层面，阿姆斯特丹、鹿特丹和乌得勒支等城市已采取综合战略，将气候适应、循环经济原则和智能基础设施纳入当地发展框架。例如，《阿姆斯特丹循环战略 2020-2025》承诺到 2030 年将初级原材料的使用量减少 50%。该战略将建筑、消费品和食品系统整合到城市材料循环中，促进各部门的再利用和模块化（阿姆斯特丹市，2020 年）。¹¹²。

最受赞誉的国家项目之一——“河流空间”¹¹³——体现了荷兰从防御性城市规划向适应性城市规划的转变。该项目（2007-2019 年）并非简单地加高堤坝，而是重建了 30 多个城市和城郊景观，以实现安全防洪，同时改善了公共空间、生物多样性并提升了房地产价值。在鹿特丹，“水广场”倡议将城市洼地变成了双重用途的广场，在干旱时期用作休闲区，在暴风雨期间用作

¹¹²City of Amsterdam. *Amsterdam Circular Strategy 2020–2025*[R]. 2020.

¹¹³Rijkswaterstaat. *Room for the River: Final Evaluation Report*[R]. 2020.

洪泛区¹¹⁴。这些项目展示了如何在空间规划中共同解决水资源管理、城市设计和气候适应问题（荷兰国家水务局，2020 年；鹿特丹韧性战略，2016 年）。

乌得勒支将可持续出行和紧凑型城市规划列为优先事项。在综合交通枢纽和自行车高速公路的支持下，该市已实现超过 40% 的自行车出行分担率。乌得勒支的“健康城市生活”框架注重在不影响绿地可达性的情况下实现城市密度，并促进积极的交通运输和公共卫生（乌得勒支市政府，2022 年）¹¹⁵。

此外，荷兰城市可持续发展的努力以强有力的利益相关者治理为基础。阿姆斯特丹智慧城市和 Resilio 等项目展示了市政当局、研究机构、企业和市民如何共同创造韧性城市解决方案——例如蓝绿屋顶和数字孪生规划工具——并进行了实时测试，并在各区域推广（阿姆斯特丹智慧城市，2023 年）¹¹⁶。

中荷合作的政策相关性在于荷兰能够协调技术创新、空间设计和参与式治理。这些综合规划方法可以支持中国的生态城市项目、海绵城市试点和低碳区发展。中荷在该领域的合作可以侧重于共同开发社区规模的示范项目或针对特大城市城市改造的规划工具包¹¹⁷。

6.1.4 充满活力的公私创新生态系统

荷兰通过促进政府机构、研究机构、私营企业和民间社会之间的密切合作，构建了一个全球知名的可持续建筑创新生态系统。该生态系统不仅促进了技术发展，还促进了绿色建筑解决方案的监管试验和市场推广。

荷兰绿色建筑委员会 (DGBC) 是重要的机构参与者，致力于推动 BREEAM-NL 和其他可持续建筑认证的实施。截至 2023 年，荷兰已有超过 1800 个项目获得 BREEAM 评级，其中超过 60% 获得“优秀”或更高评分（DGBC 2023 年年度报告）¹¹⁸。DGBC 还协助成立专题工作组，将市政当局、房地产开发商和工程公司聚集在一起，共同制定循环建筑和碳中和建筑的性能基准。

荷兰应用科学研究组织 (TNO) 在连接学术界和产业界方面发挥着至关重要的作用。其可持续建筑和基础设施创新计划致力于开发气候适应性材料、模块化预制系统以及人工智能支持的建筑监测工具。TNO 的“生活实验室”计划已在 20 多个城市进行试点，加速了绿色技术的商业化（TNO，2023 年）¹¹⁹。

阿姆斯特丹智慧城市和埃因霍温智慧港等市政创新平台是可持续城市技术的试验田。这些平台开展了能源正向住宅、智能楼宇控制以及用于城市规模资源优化的数字孪生建模等项目。例如，由大学、能源公司和地方政府合作开展的“城市禅”项目在 2015 年至 2020 年间，在阿姆斯特丹和格勒诺布尔的 100 多户住宅和 10 座公共建筑中试行了智能电网和建筑改造，展示了可复制的气候中性区域模式（《城市禅最终报告》，2021 年）¹²⁰。

¹¹⁴Rotterdam Resilience Strategy. *City of Rotterdam Resilience Program*[R]. 2016.

¹¹⁵Municipality of Utrecht. *Healthy Urban Living Vision*[R]. 2022.

¹¹⁶Amsterdam Smart City. *Project Portfolio and Governance Reports*[R]. 2023.

¹¹⁷RESILIO Consortium. *Blue-Green Roofs for Urban Resilience: Final Report*[R]. 2022.

¹¹⁸Dutch Green Building Council (DGBC). *DGBC Annual Report 2023*[R]. 2023.

¹¹⁹TNO. *Living Lab Results and Innovation Programs for Sustainable Construction*[R]. 2023.

¹²⁰City-zen Project Consortium. *City-zen Final Results and Impact Report*[R]. 2021.

《绿色协议循环建筑》为循环设计、采购和再利用协议的试验提供了一个自愿框架。该框架使试点项目能够绕过传统的监管瓶颈，鼓励诸如可逆建造和通过材料护照追踪建筑拆卸等创新（《绿色协议评估》，2022年）¹²¹。

荷兰充满活力的公私合作生态系统为国际合作提供了宝贵的典范。在中荷合作背景下，这种生态系统模式可以支持专注于低碳改造、数字化建筑生命周期管理和绿色绩效监测的联合创新平台——这些领域在中国双碳政策框架中日益重要。

总而言之，荷兰在循环建筑、节能建筑设计、综合城市规划和公私合作创新生态系统方面的领先地位，为与中国的合作提供了重要的机遇。荷兰在可持续技术、系统思维和多利益相关方规划方面的优势，与中国的城市更新、碳中和和低碳产业发展目标高度契合。同时，中国凭借其强大的实施能力、广阔的城市市场和世界领先的工程人才库，为中荷合作贡献了巨大的价值，为互利合作创造了肥沃的土壤。

然而，要充分发挥中荷合作的潜力，需要清晰地理解塑造这一关系的战略动态——不仅包括协同领域，还包括竞争维度。下一节将深入探讨这些动态，重点介绍共同推进可持续建筑的挑战和机遇。

6.1.5 荷兰生物基建筑材料的进展及应用

作为循环建筑战略的一部分，荷兰已成为生物基建筑材料的开发和应用领域的领跑者。这些材料源自可再生生物资源，具有巨大的碳减排潜力。这些材料包括麻混凝土、亚麻和黄麻纤维保温材料、木结构体系、秸秆基板材料以及新兴的真菌（菌丝体）复合材料¹²²。

荷兰政府通过国家循环经济计划积极推动生物基材料的应用，该计划将建筑环境确定为生物基创新的优先领域¹²³。阿尔梅勒和格罗宁根等城市已经实施了使用麻石灰墙、生物基隔热材料和层压木框架的试点住房项目¹²⁴。

在监管层面，生物基材料含量现已部分纳入采购标准和环境绩效评分，例如 MPG 指标。国家环境数据库（NMD）等工具包含不断增长的生物基产品数据集，可与传统材料进行生命周期比较¹²⁵。同时，建筑平衡（Building Balance）和生物基建筑网络（Bio-Based Construction Network）等平台支持供应链开发以及建筑师、建筑商和生产商之间的知识交流¹²⁶。

荷兰的大学和研究机构也在这一领域发挥着核心作用。瓦赫宁根大学在生物材料开发方面处于领先地位，包括利用农业废弃物和生物树脂制成的纤维板；代尔夫特理工大学和埃因霍温理工大学则致力于探索建筑集成和结构优化¹²⁷。

对于中荷合作而言，生物基材料展现出巨大潜力，尤其是在中国的乡村振兴、生态旅游和低碳预制房屋领域。在标准化、不同气候条件下的耐久性以及混合材料体系方面的联合研究可以支

¹²¹Green Deal Circular Buildings. *Evaluation Report*[R]. 2022.

¹²²Dutch Green Building Council (DGBC). *Bio-based materials overview*[R]. 2022.

¹²³Dutch Ministry of Infrastructure and Water Management. *Circular Economy Implementation Program 2019–2023*[R]. 2019.

¹²⁴Gemeente Almere; Building Balance. *Bio-based Housing Pilots Report*[R]. 2021.

¹²⁵Nationale Milieudatabase (NMD). *Product Listings and Life Cycle Data*[R]. 2023.

¹²⁶Building Balance Platform. *Annual Update 2023*[R]. 2023.

¹²⁷Wageningen UR; TU Delft; TU/e. *Academic publications on bio-based construction materials (2020–2024)*[R]. 2024.

持更广泛的应用。低层或模块化公共建筑（例如学校、展馆）的示范项目可以作为切入点，测试其在中国政策和市场环境下的可行性¹²⁸。

中国生物基材料市场潜力巨大

虽然中国的生物基建筑行业仍处于早期发展阶段，但人们越来越意识到其潜力。竹子、稻草和其他农业副产品已被用于传统建筑，尤其是在农村地区。近年来，清华大学和中国林业科学研究院等研究机构开发了满足结构和保温要求的现代工程竹体系、稻草板和生物复合材料。浙江省和四川省已经出现了采用层压竹结构的试点建筑。

政策方面，虽然目前尚无全国性强制要求使用生物基材料，但一些地方政府（例如苏州、成都）已出台绿色采购指南，鼓励使用低碳和可再生建筑材料。《绿色建筑评价标准》（GB/T 50378-2019）纳入了可再生材料的积分，但缺乏量化目标。同时，“十四五”规划下的国家科研项目优先考虑材料创新，包括替代化石密集型建筑产品。

尽管取得了这些进展，但仍存在重大障碍：工业规模生产能力有限、缺乏经过认证的生命周期数据，以及与混凝土和钢基系统相比市场信心较低。与荷兰相比，MilieuPrestatie 尽管 MPG 框架创造了明确的激励措施，但中国对生物基材料的评估和定价机制仍然分散。

尽管如此，乡村振兴、碳中和目标和循环经济政策的结合，为生物基建筑创新创造了空间。荷兰企业和研究机构可以提供模块化设计专业知识、生命周期评价数据工具和工程纤维技术，支持低层农村住宅和预制城市模块的示范项目。

6.1.6 高性能建筑安装（MEP 系统）领域的领导者

荷兰在高性能机电系统（MEP）方面也展现出卓越的领导力。这些系统——包括供暖、通风、空调（HVAC）、照明和能源控制技术——约占建筑运营能耗和环境影响的 30%至 40%。尽管如此，在国际绿色建筑合作讨论中，MEP 系统往往缺乏重视。

荷兰在该领域的创新包括模块化预制暖通空调机组、低温区域供热解决方案、智能通风系统以及先进的建筑能源管理系统 (BEMS)。这些技术广泛应用于荷兰各地的公共和商业建筑，并日益融入数字孪生和实时监控框架。

重要的是，与结构材料不同，MEP 组件通常紧凑、标准化且价值高，使其更适合国际出口。Priva、Remeha 和 Kropman 等荷兰公司在提供智能、低碳和物联网支持的建筑服务解决方案方面享有盛誉。

在中荷合作的背景下，这些系统具有双重优势：它们有助于减少建筑相关排放，并代表着可扩展的商业机会。随着中国城市加大力度通过数字平台升级建筑性能和监管，荷兰的机电系统可以应用于试点项目，尤其是在模块化学校、养老院和商业建筑改造中。

联合示范项目可以展示荷兰 MEP 技术所支持的集成设计方法、生命周期跟踪和能源优化，将这一领域定位为出口导向型合作的新前沿。

¹²⁸Sino-Dutch Sustainable Housing Innovation White Paper[R]. 2023.

6.2 中国与荷兰之间的竞争与互补态势

尽管中荷两国都致力于推进可持续建筑实践，但两国合作的动力既受到竞争压力的影响，也受到战略互补领域的共同影响。深入了解这些因素对于找到深化合作的可行途径至关重要。

6.2.1 竞争领域

1. 智能建筑的技术领导力

HaskoningDHV 和 Arcadis 等荷兰公司已被公认为智能建筑设计、综合能源管理系统和智慧城市规划领域的领导者。然而，包括华为智慧城市部门、阿里云和广联达在内的新兴中国科技公司正在迅速拓展其国内外业务（Smart Cities Dive，2022 年）¹²⁹。到 2023 年，中国将占据全球智能建筑市场收入的 30% 以上（IDC，2023）¹³⁰，在亚洲、非洲和拉丁美洲等市场对荷兰公司构成直接竞争。

2. 不同的绿色标准和认证体系

欧洲标准（例如 BREEAM、WELL）和中国体系（例如 GB/T 50378、绿色建筑标签 (GBL)）在技术基准、评估方法和认证流程方面存在显著差异（世界绿色建筑委员会，2022 年）¹³¹。这些差异往往会使联合开发中的项目认证变得复杂，并可能在采用哪种标准方面产生摩擦。

3. 城市规划设计咨询服务

荷兰公司以其可持续城市规划享誉全球，在水资源管理、绿色交通和土地综合利用方面拥有专业知识。然而，中国建筑设计研究院（CADG）和同济大学城市规划设计院等中国大型设计院已成为强劲的竞争对手，尤其是在“一带一路”市场。

6.2.2 互补领域

尽管存在竞争，但显著的互补性为合作提供了坚实的基础：

1. 创新与规模

荷兰公司在技术创新、系统集成和可持续材料方面表现出色。

中国企业拥有无与伦比的大型项目实施能力、供应链管理和政策协调能力。

战略机遇： 通过将荷兰的尖端创新与中国强大的交付能力相结合，双方可以创造可扩展的高质量绿色建筑解决方案。

2. 循环经济专业知识与城市复兴需求

荷兰是循环经济实践的全球领导者，而中国则将城市更新列为“十四五”规划（2021-2025）的优先事项：计划改造超过 3900 万套住宅（中国“十四五”规划，2021 年）¹³²。荷兰在材料再利用、模块化建筑和生命周期设计方面的专业知识可以直接支持中国的目标。

¹²⁹Smart Cities Dive. *China's Growing Smart City Market*[R]. 2022.

¹³⁰IDC. *Worldwide Smart Building Market Forecast, 2023–2027*[R]. 2023.

¹³¹World Green Building Council. *Global Status Report for Buildings and Construction*[R]. 2022.

¹³²国家发展和改革委员会。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》R. 北京：国家发展和改革委员会，2021。

3. 联合拓展第三国市场

中荷伙伴关系日益瞄准新兴市场的绿色基础设施机遇：

荷兰的贡献：城市可持续发展规划、绿色建筑技术。

中国的贡献：建设能力、融资和当地合作伙伴关系。

例如，在越南，荷兰的规划专业知识（Deltares）和中国的融资已被联合应用于建设有韧性的城市（联合国人居署，2022 年）¹³³。

4. 标准协调潜力

两国都积极参与全球建筑联盟（GlobalABC）等全球论坛，为标准和实践的软融合提供平台。

6.2.3 战略意义

为了在管理竞争的同时实现利益最大化，中荷合作应重点关注以下几个方面：

- **联合试点项目：**共同开发融合荷兰技术与中国执行的可见旗舰项目。
- **双边研究项目：**投资针对碳中和材料、人工智能驱动的智能能源管理和循环建筑模式的联合研发。
- **认证协调举措：**推广双重认证试点（例如，BREEAM+GBL），以促进项目审批更加顺利。
- **战略第三国联盟：**组建联合团队，参与亚洲、非洲和拉丁美洲的主要可持续基础设施招标。

案例：深圳中荷低碳城（LCC）

深圳中荷低碳城（LCC）于 2012 年在龙岗区启动，旨在成为中荷可持续城市发展双边合作的旗舰示范项目。该项目旨在将荷兰在气候适应性规划和低碳设计方面的专业知识融入中国快速发展的城市环境，并为未来的合作项目提供典范。

LCC 项目引入了先进的荷兰规划理念，包括自然通风、被动式采光、紧凑的混合用途分区以及以行人为中心的公共空间。该项目促进了绿色公园网络、节能住宅区和多式联运交通走廊的建设。该项目展现了荷兰城市创新与中国实施能力相结合的潜力。

然而，此次合作也暴露出系统性协调方面的挑战。项目时间表、投资策略和可持续性绩效基准方面出现了一些不一致。荷兰合作伙伴强调综合规划和生命周期碳绩效，而中国利益相关者则往往受土地开发压力和快速交付时间表的驱动。缺乏明确的治理框架、统一的认证途径和共同问责机制，阻碍了项目目标的长期整合¹³⁴。

¹³³UN-Habitat. *Sustainable Urban Development in Southeast Asia*[R]. 2022.

¹³⁴De Jong M, Yu C, Chen X, et al. *Developing robust organizational frameworks for Sino-foreign eco-cities: comparing Sino-Dutch Shenzhen Low Carbon City with other initiatives*[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2013, 57: 209–220.

这些挑战凸显了一个关键的洞见：单靠技术互补不足以成功合作。未来的中荷合作项目必须从一开始就纳入联合决策机构、相互兼容的技术标准和透明的利益相关者管理协议。试点项目还应采用双重可持续性指标（例如，BREEAM 和 GBL），以协调预期并避免评估标准冲突。

深圳低碳城项目展现了跨国合作的机遇与误区。它不仅体现在基础设施建设上，还在治理设计、时间线协调以及早期战略协调方面积累了宝贵经验——这些经验对于拓展未来伙伴关系至关重要。

6.3 合作渠道及利益相关方分析

要充分发挥中荷在可持续建筑领域合作的潜力，需要构建结构化的合作模式、积极主动的监管协调，以及与关键利益相关者的战略性互动。本节概述了可行的合作机制、监管考量、利益相关者分析和针对性建议。

表 6.1 潜在的合作模式

合作模式	描述	例子	主要优势
联合创新中心	共同资助的研究中心专注于绿色建筑技术、循环建筑和智能城市系统。	拟在苏州设立中荷绿色建筑创新中心	促进技术共同开发并加速知识转移。
示范项目	展示综合能力的双边旗舰区（例如智能园区、零碳校园）。	深圳中荷低碳城	可见性、政策实验、公私合作。
技术许可和本地化	荷兰公司将技术（例如智能能源系统）授权给中国合作伙伴，以供其采用和大规模部署。	飞利浦智能照明联合项目	快速的市场扩张和本地整合。
合资企业和战略联盟	专门从事可持续建筑、咨询或数字平台的跨境合资企业。	Arcadis 与中国合资开展弹性城市基础设施咨询业务	共担投资风险并扩大市场范围。
第三国合作扩张	共同建设新兴市场的绿色基础设施。	中荷在越南水资源管理方面的合作	结合设计、财务和执行方面的优势。

6.3.1 社会住房作为可扩展的试点部分

中国的社会住房领域（包括公共租赁住房、人才住房和政策性租赁住房）近年来发展迅速。据住房和城乡建设部的数据，到 2022 年，将有超过 5900 万居民居住在社会住房中。“十四五”规划（2021-2025 年）要求在 40 个主要城市新建 650 万套经济适用住房。

这一政策举措的推动力源于特大城市的人口结构和负担能力压力，以及更广泛意义上的高质量城镇化趋势。关键政策工具包括：

- 住房和城乡建设部 2022 年政策指南要求地方政府在所有新建社会住房项目中纳入绿色建筑评估要求；
- 中央和地方共同融资计划和为公共住房提供者提供土地供应保障；
- 深圳、杭州、成都等试点城市对装配式建筑和数字化监管平台的青睐度日益提升。

一个被广泛引用的例子是北京冬奥村。它最初是一座近零能耗综合体，赛后被改造成拥有 2000 多套绿色认证人才公寓的综合体，采用三层玻璃幕墙、太阳能热水器和 BIM 设施管理。这证明了将高性能设计与社会政策目标相结合的可行性。

对于中荷合作而言，社会住房领域提供了一个可扩展、受政策保护、技术相关的切入点，特别是对于：

- 采用循环和生物基材料的模块化改造解决方案；
- 将荷兰 EPD 和生命周期计算框架融入低收入住房设计；
- 使用数据驱动的规划工具对老化宿舍楼和工厂住宅进行城市复兴。

6.4 中荷认证和监管协调的制度路径

加强中荷合作的关键途径在于弥合两国认证和监管体系之间的差距。尽管中荷两国都致力于推动可持续建筑，但其体系在结构、范围和实施逻辑上存在显著差异。

值得注意的是，BREEAM 和 LEED 是行业主导的自愿性认证体系，而 EPBD 和 CPR 则是对欧盟成员国均具有约束力的法律文书。因此，未来中欧标准协调应主要侧重于政策层面的监管融合，例如通过生命周期性能基准（EN 15978）、EPD 要求（EN 15804+A2）和采购规则的互认，而非依赖 BREEAM 或 LEED 等市场化机制。

在荷兰，监管环境强调基于绩效的指标，例如 MPG（MilieuPrestatie 国家环境数据库(NMD)提供的产品级生命周期数据支持，并符合 BENG 的能源性能要求（例如 Gebouwen 和 Gebouwen 的缩写）。相比之下，中国的绿色建筑认证（例如 GBL、GB 55015-2021）仍然更具规范性，通常使用清单和静态设计标准，且生命周期碳核算有限。

这些结构性差异造成了认证冲突，减缓了产品验收，并使双边示范项目变得复杂。为了解决这一问题，提出了三种战略机制：

- 建立双边认证协调工作组——由 DGBC、CABR、住房和城乡建设部和 RVO 等机构牵头，该工作组可以共同开发 BREEAM-NL 和 GBL 之间的桥接工具，促进 EPD 格式兼容性（EN 15804 与中国同等标准），并制定协调一致的性能基准。
- 试点双认证示范项目——利用苏州、深圳或雄安新区的示范区，测试双认证体系（例如 BREEAM+GBL），构建跨体系的监管工作流程，并通过实际项目联合验证监管程序。
- 通过全球论坛促进标准融合——两国均积极参与 ISO、CEN 和 GlobalABC 等倡议。共同参与技术委员会和联合国环境规划署（UNEP）的项目，可以逐步协调相关定义、环境指标和报告结构。

随着时间的推移，这些体制机制可以降低荷兰认证产品的进入门槛，支持中国绿色建筑向生命周期责任制发展，并提高监管过程的双边透明度和信任度。

6.4.1 监管和实际考虑

1. 标准协调

需要努力使中国绿色建筑认证（GBL、GB/T 50378）与 BREEAM 和 LEED 等欧洲标准接轨，以尽量减少认证障碍。

政策提示：

示范项目及早采用双重认证模式可以为更广泛的双边合作提供最佳实践参考。

2. 投资和所有权政策

明确建筑 and 智能基础设施领域的外商投资规则（尤其是在中国自由贸易区（FTZ）内），将促进合资企业的发展（商务部，2023 年）¹³⁵。

3. 知识产权保护

透明的 IP 共享框架和安全的数据管理协议对于建立长期信任至关重要，尤其是在技术密集型合作中（例如智能建筑系统、基于人工智能的能源平台）。

4. 荷兰（欧盟）与中国之间的产品认证和互认挑战

在中国推广荷兰认证建筑产品的一个关键实际障碍是两国认证体系之间缺乏互认。荷兰和欧盟广泛依赖 CE 标志、符合 EN 15804 标准的 EPD（环保产品声明）以及像 BREEAM-NL 这样自愿但被广泛采用的体系，而中国的体系则受强制性产品标准（GB、GB/T）、标准设计目录以及由地方政府和测试实验室主导、不断发展但较为分散的绿色建筑产品认证（GBPC）制度的约束。

这种不匹配给荷兰制造商带来了多重挑战：

- 不兼容的测试协议：欧盟验证的材料性能数据（例如热导率、耐火性、VOC 排放量）可能无法直接映射到中国 GB 标准要求，通常需要在中国重新进行测试。
- 对欧洲 EPD 的认可度有限：中国项目审查人员和政府客户通常不接受外国 EPD 格式，除非经过指定的中国机构翻译、本地化和重新验证。
- 地方审批渠道分散：在某些省份，即使是获得国家认证的绿色产品也必须经过地方认证程序才能获得公共采购或 GBL 积分。
- 设计目录惯性：中国大多数国有或公共资助项目严重依赖固定的施工设计目录。如果荷兰产品未预先列入中国标准或缺乏相应的中国标准参考，即使其技术上更胜一筹，也很难获得指定或批准使用。

这些系统性缺陷限制了荷兰产品的进入，尤其是高性能保温材料、再生材料、低碳水泥、智能外墙系统和预制模块。为了解决这些问题，建议采取以下几种途径：

- 双重认证试点：根据 GBL + BREEAM-NL 或 GBL + CE/EPD 联合认证的项目可以作为政策实验室，展示兼容性并建立监管机构之间的信心。
- EPD 翻译和桥接协议：在 EN 15804 EPD 和中国 GBPC 框架之间建立标准化交叉，可能在双边认证工作组（例如 DGBC + CABR）的指导下进行。

¹³⁵商务部.《自由贸易试验区外商投资指南》R. 北京：商务部, 2023.

- 相互参考目录：建立“中荷绿色产品库”，将荷兰认证的产品与中国相应的产品类别进行对应，简化标准设计目录中产品的审批流程。
- 机构准入联盟：荷兰供应商应与中国 EPC 承包商、国有企业或当地绿色建筑研究中心合作，以指导产品评估和采购渠道。

这些策略将降低荷兰产品进入市场的交易成本，增强市场对进口绿色解决方案的信任，并支持更广泛的标准协调目标。

6.4.2 关键利益相关者与治理模式

中荷在可持续建筑环境领域的有效合作，取决于多元化公共和私营部门的积极参与，以及协调一致的治理机制。鉴于可持续建筑涉及建筑材料、城市规划和基础设施部署等多方面因素，合作伙伴关系必须协调各部委、市政当局、企业和研究机构之间的合作。

1. 中国利益相关者

类别	示例	角色
政府部门	住房和城乡建设部（MOHURD）、国家发展和改革委员会（NDRC）、商务部（MOFCOM）	政策导向、试点区域指定和标准监管
地方政府	深圳、苏州、上海、成都	试点实施、项目用地提供、监管协调
国有企业	中国建筑股份有限公司（CSCEC）、中国交通建设股份有限公司（CCCC）、远大集团	基础设施交付、大型项目实施、PPP 联盟领导
研究与技术机构	中国建筑科学研究院、清华大学、同济大学	技术验证、材料研究、标准制定

2. 中国国有企业的作用

在中国的主要利益相关者中，中国建筑工程总公司（CSCEC）和中国交通建设集团（CCCC）等国有企业在塑造可持续建筑环境方面发挥着巨大作用。国有企业不仅负责交付大型城市基础设施项目，还充当着与国家和省级发展目标相符的机构代理。

主要优势包括：

- 与城市可持续发展政策重点高度一致；
- 有能力承担更高的项目风险并致力于长期投资；
- 能够在复杂的城市项目中调动跨部门协调的政治权力。

然而，国际合作伙伴应该认识到几个运营挑战：

- 多层次的决策过程往往会导致项目实施的延迟；

- 政治目标有时可能会凌驾于商业效率之上；
- 不同层级政府（中央、省、市）之间的协调需要利益相关者的细致引导。

对荷兰合作伙伴的影响：

- 项目应明确传达环境和社会价值（例如碳减排、包容性或知识转移），以符合国有企业的公共任务；
- 瞄准高知名度或首创的示范项目可以提高项目知名度并增加获得政府支持的可能性；
- 通过分阶段合作建立长期关系（例如，从咨询开始，然后转向共同开发）可以减少制度摩擦。

3.荷兰利益相关者

类别	示例	角色
国家机构	荷兰企业局（RVO）、荷兰外国投资局（NFIA）	国际推广、项目对接、中小企业扶持
行业平台	荷兰绿色建筑委员会 (DGBC)、荷兰循环热点、阿姆斯特丹智慧城市	认证推广（例如 BREEAM-NL）、循环经济能力建设
企业	凯谛思、皇家哈斯科宁 DHV、帝斯曼、飞利浦	项目设计、技术咨询、绿色技术解决方案
学术机构	代尔夫特理工大学、埃因霍温理工大学、瓦赫宁根大学	联合研究、能力建设、培训交流

这些参与者在项目生命周期中发挥着互补的作用：荷兰的大学和平台提供早期规划和创新，而公司则专注于绿色材料、工程和认证协调。

4.治理模式与合作机制

中荷合作的成功治理取决于明确的制度安排：

- 规划早期定义角色和职责；
- 平衡国家主导的协调（尤其是在中国）与私营部门的创新动力（正如荷兰所强调的）；
- 使双边指导委员会或联盟拥有联合决策权。

例如，深圳中荷低碳城等项目缺乏正式的联合治理协议，导致可持续性基准和投资重点不一致。这一经验凸显了从一开始就进行结构化、多层次的利益相关者协调的重要性。为了简化未来的伙伴关系，两国应探索以下机制：

- 由 RVO 和 MOHURD 支持的双边项目平台；
- 联合绿色认证委员会，促进相互认可（例如，GBL 和 BREEAM）；

- **城市间伙伴关系**与共同资助的技术秘书处促进跨文化规划对话。

6.4.3 对荷兰利益相关者的战略建议

基于前文对合作模式、制度框架和利益相关者生态系统的分析，本节概述了加强中荷在可持续建筑环境领域合作的战略建议。这些建议以荷兰政府机构、企业和研究机构为目标受众，并强调了深化双边合作的可行步骤。

图 6.2 荷兰从业者在中国拓展业务的机会



1. 荷兰政府和政策机构

- **支持参与中国绿色转型议程的试点**

谅解备忘录参与中国的低碳城市试点、海绵城市项目、绿色工业园区等国家举措。

- **建立双边绿色建筑认证工作组**

与住房和城乡建设部和中国标准机构建立联合平台，协调认证体系（例如，BREEAM-NL 与中国的 GBL），促进双重认可并降低市场准入门槛。

- **利用金融工具降低中小企业参与风险**

扩大出口信贷担保、创新补贴和绿色项目共同融资工具的可用性，使荷兰中小企业能够参与中国和第三国具有高影响力的示范项目。

2. 荷兰企业及行业平台

- **专注于具有全球可转移性的增值领域**

优先考虑循环建筑材料、智能能源系统、模块化改造和城市弹性分析等领域，荷兰的专业知识在这些领域得到全球认可和扩展。

- **与中国国有企业和本地平台建立战略联盟**

寻求利用荷兰设计和技术专长与中国实施和政策渠道的合作伙伴关系——例如，通过联合资助的试点区或 EPC+设计-建造企业。

- **开发长期存在模型**

超越交易性项目招标，转向嵌入式运营模式，例如与中国学术或工业合作伙伴设立本地合资企业、代表处或研发部门。

3. 针对荷兰大学和研究机构

- **建立联合创新和培训中心**

与中国大学（如清华大学、同济大学、中国建筑科学研究院）共同开发研究项目和培训中心，重点关注碳中和城市设计、绿色材料和数据驱动的建筑管理。

- **促进国际标准协调**

积极参与 ISO/IEC 技术委员会、联合国环境规划署主导的可持续建筑对话以及“一带一路”绿色发展框架下的中国对外标准合作。

- **启动双边博士和专业交流计划**

通过联合监督计划、短期研究驻留和从业人员交流建立人才渠道，特别是在建筑、土木工程、城市规划和环境经济学领域。

4. 跨领域战略重点

- **将合作融入第三国发展模式**

将荷兰的规划和可持续发展专业知识与中国的融资和项目交付实力相结合，促进中荷在东南亚、非洲和拉丁美洲的三边合作。

- **将旗舰示范区作为“政策实验室”**

在联合开发的城市区域试行双重认证标准、自适应治理结构和基于绩效的合同机制，以测试可持续城市的可扩展模型。

- **建立双边多利益相关方对话机制**

建立年度中荷可持续建筑环境论坛，跟踪进展、协调期望并制定 2030 年及以后的共同路线图。

图 6.3 荷兰利益相关者的实际措施和实施路径

 To Do	 Not To Do
Expand the number and diversity of Sino-Dutch R&D projects to complement high-value, low-volume funding models and drive innovation-led business collaboration	Avoid attempt to contract construction labor business in China
Encourage Dutch enterprises to proactively engage with Chinese government bodies and SOEs to enhance project visibility and trust	Underestimate the importance of narrative alignment and soft diplomacy in joint projects.
Promote subnational government collaboration to leverage Chinese local authorities' leadership in public building investments	Avoid imposing EU sustainability standards without adapting to Chinese regulatory context
Facilitate Chinese investment in Dutch sustainable building and smart infrastructure projects to build mutual economic interests	Don't treat Chinese SOEs as purely market-driven entities; recognize their strategic policy alignment role
Launch joint innovation and certification pilots on green building, BIM, and carbon accounting for technical alignment	Don't overlook IP and data protection frameworks, which are essential for secure technology collaboration
Pursue joint projects in third markets (e.g., ASEAN, Africa) to combine branding and delivery strengths	

结论

战略性、多层次的协调对于将互补能力转化为切实的长期合作至关重要。通过制度化双边合作、统一标准并共同投资于可扩展的解决方案，荷兰和中国能够成为建筑环境可持续转型领域的全球领导者。

7. 结论与建议

本章将总结研究的主要发现，并为政策制定者和行业利益相关者（如企业、学者和投资者）提供战略建议。同时，展望荷兰与中国在可持续建筑环境领域未来的合作、预期成果以及可能面临的挑战，以便未雨绸缪，通过建设合作深化两国合作关系，实现互利共赢，推动全球可持续发展产业的发展。相关建议已在各个章节中有所体现，但本章将集中阐述，并提出切实可行的行动建议。

7.1 主要发现总结

本报告从政策体系、产业实践、技术路径、市场趋势和国际合作模式等方面，对中国的可持续建筑环境进行了研究。主要发现包括：

- **政策驱动的动力：**中国的监管框架——由中央部委主导，并得到 GB 55015-2021 等技术标准的支持——为整个城市地区实施绿色建筑创造了强大的自上而下的动力。
- **多样化的可持续实践：**从绿色材料到智能能源系统和水资源管理，中国的可持续建筑行业展示了显著的技术整合和生命周期思维，并以本地适应为主要特征。
- **新兴市场机遇：**中国的绿色建筑市场正在迅速扩张，尤其是在公共基础设施、城市重建和预制房屋领域，为拥有专业技能的外国企业提供了有针对性的切入点。
- **协作生态系统不断发展：**该领域的国际合作已从政府交流发展到涉及企业、研究机构和地方试点区的多方参与，为荷兰更深入的参与创造了机会。

7.2 战略建议

为指导荷兰政策制定者、企业和研究机构参与中国的绿色建筑转型，我们提出以下实用建议：

（1）对于政府和政策制定者

- **建立常设对话机制：**依托现有平台（例如梅里安基金、欧洲地平线计划渠道、中荷可持续发展对话），建立专门针对可持续建筑的长期对话机制。作为欧盟-中国在“欧洲绿色协议”框架下更广泛的可持续发展议程的一部分，荷兰可以成为欧盟与中国在建筑环境领域开展合作的关键切入点和先行者。
- **通过大使馆和贸易办事处支持市场进入：**利用驻北京、上海和广州的外交使团和创新专员，为荷兰企业在技术标准、试点项目和政府招标方面提供实地支持。此类工作可与欧盟驻华代表团协调开展，以提升欧洲的整体影响力并促进资源共享。
- **实现绿色标准的双重认可：**促进双方就绿色建筑认证的相互认可或兼容性（例如，BREEAM、WELL 与中国绿色建筑标识）开展讨论，以降低技术准入门槛。这些举措也

有助于与欧盟正在进行的各项倡议（例如 Level(s) 和建筑产品法规 (CPR)）相协调，使荷兰成为欧盟与中国在可持续建筑领域开展协调合作的试验田。

（2）对于荷兰企业

- **目标战略利基：**专注于荷兰技术具有明显优势的高价值领域，例如气候适应性外墙、能源积极型建筑、绿色屋顶系统、水循环解决方案和数字孪生资产管理。
- **与中国领先的国有企业合作：**尽早与主导大型绿色基础设施和住房项目的国有重点建设集团（例如中国建筑、中国铁建、中国节能）合作。建立长期信任和联合示范项目是关键。
- **利用示范区：**优先参与鼓励创新且监管灵活的国家或区域示范区（例如雄安新区、苏州工业园区、长三角大湾区项目）。
- **促进第三方市场合作：**与中国合作伙伴共同开展国际基础设施项目，特别是在非洲、东南亚和拉丁美洲，中国主导的举措为荷兰绿色技术在全球范围内扩展提供了机会。

（3）研究机构及学术合作

- **启动联合绿色建筑实验室：**鼓励创建联合研究中心或生活实验室（例如，与清华大学、同济大学或东南大学合作），重点研究循环材料、零碳建筑或基于自然的城市化。
- **与资助机制相一致：**利用梅里安基金、国家自然科学基金委员会-荷兰科学与技术研究组织双边项目以及欧盟-中国联合资助计划等工具，支持具有实际工业应用的合作研究。建议建立**更多规模较小的双边资助计划**，专门针对可持续建筑环境领域的早期应用型项目。这些计划将作为灵活的创新孵化器，并降低中荷新伙伴关系的准入门槛。
- **融入学生和人才交流：**促进双边研究人员流动、博士交流项目以及融入示范项目的以可持续发展为重点的实习，以加强长期联系和创新连续性。

7.3 需要注意的事项

在与中国可持续建筑环境领域开展合作时，荷兰利益相关方应注意一些可能损害合作成效或增加运营风险的误区。这些误区包括：

- **避免尝试直接在中国从事建筑劳务承包：**中国的劳务分包生态系统受到严格监管，本地化程度高，且具有政治敏感性。强烈建议外国公司专注于技术咨询、系统集成或联合开发，而非专注于核心的建筑劳务管理。

- **不要低估叙事协调和软外交的重要性：**成功的伙伴关系往往不仅取决于技术，还取决于将项目叙事与中国的国家发展重点（如共同繁荣、生态文明和碳中和）相结合的能力。
- **避免在没有适应当地情况的情况下强加欧盟可持续性标准：**虽然欧盟框架提供了宝贵的基准，但在中国情况下僵化地应用它们——不符合当地法规、市场条件和成本结构——可能会导致效率低下或监管阻力。
- **不应将中国国有企业视为纯粹的市场驱动型实体：**中国国有企业肩负双重使命，既要履行商业绩效，又要承担政治责任。承认其在国家政策执行中的战略作用，对于建设性的长期合作至关重要。
- **不要忽视知识产权和数据治理框架：**对于涉及数字系统、智能传感器或人工智能平台的技术合作，明确的知识产权协议以及遵守中国网络安全和数据保护法规对于保障创新和确保法律确定性至关重要。

7.4 未来前景与合作展望

中荷在可持续建筑环境领域的合作，不仅有利于互利共赢，更能产生全球性影响。随着中国持续推进绿色转型和城市韧性建设的国家战略，荷兰在系统集成、适应性城市设计和可持续材料方面的专业知识能够提供高价值的投入。

同时，该领域的合作可以作为更广泛的双边合作的可复制模式，拓展至农业（例如循环温室）、智能制造、人工智能驱动的能量管理和生命科学基础设施等领域。在绿色建筑领域建立的共同经验和信任将为未来的跨领域创新提供制度基础。

7.5 挑战和缓解建议

然而，必须承认并应对几个可预见的挑战：

- **体制和监管的复杂性：**中国建筑业分散于各部委和地区。荷兰利益相关者应通过地方伙伴关系开展工作，并在参与模式上保持灵活性。正如第六章第四节所述，绿色建筑认证体系和监管框架的体制协调对于应对这些挑战并促进更深层次的双边合作至关重要。
- **项目执行中的文化和政治差异：**与中国国有企业合作需要了解其双重政治经济使命。具有社会价值的项目（例如经济适用房、韧性基础设施）更有可能获得支持。
- **标准差距和认证冲突：**欧盟绿色标准与中国法规之间的差异可能需要针对特定项目的技术翻译或共同制定适应的标准。

为了克服这些问题，建议采取双重战略：紧密配合欧盟的绿色优先事项，同时积极适应中国和新兴市场的需求和监管逻辑。

简而言之，中荷在可持续建筑环境领域的合作不仅能够释放建筑和环境绩效方面的共同利益，更有望成为未来产业合作的典范。通过联合创新、开放对话和战略对接，两国能够为全球可持续发展转型做出持久贡献。

附录 A：香港特别行政区绿色建筑政策及发展

A.1：概述

香港是“一国两制”的代表地区，有着与中国内地不同的法律、行政和经济制度。这些地区在可持续城市发展和绿色建筑政策方面形成了独特的方法，通常融合了国际最佳实践和本土创新。它们的经验可以为寻求进入中国更广阔绿色建筑市场的荷兰企业提供宝贵的参考和潜在的机遇。报告附录对这些地区进行了分析，重点介绍了差异化的政策环境，并展示了一些可能对中国大陆及其他地区实践有所启发的典型案例。

A.2：香港特别行政区的可持续建筑发展

A.2.1 历史发展和里程碑

香港可持续建筑的征程始于 20 世纪 90 年代，当时出台了开创性的法规和自愿举措。1995 年，政府出台了《建筑物（能源效益）规例》，旨在抑制建筑围护结构的热量增加，规定商业建筑和酒店的总热传递值 (OTTV) 必须达到最高值¹³⁶。早期对建筑围护结构的关注旨在减少城市亚热带气候下的空调负荷。一年后，即 1996 年，香港推出了首个绿色建筑评级系统，即香港建筑环境评估法 (HK-BEAM)，该系统以英国的 BREEAM 标准为蓝本¹³⁷。这项自愿评估计划标志着香港在建筑可持续性基准测试方面迈出了第一步。

在整个 21 世纪，业界和政府利益相关者为绿色建筑的发展注入了新的动力。专业绿色建筑委员会 (PGBC) 成立于 2002 年，是一个由专业机构组成的联盟，旨在推广可持续设计¹³⁸。与此同时，机电工程署 (EMSD) 于 1998 年推出了自愿性的建筑物能源效益注册计划，以鼓励遵守能源法规¹³⁹。到 2005 年，政府已发布公共工程指南，要求所有新项目采用节能设施和可再生能源，并在其自身建筑中树立了榜样。这些努力为更全面的行动奠定了基础。

香港绿色建筑议会 (HKGBC) 成立，标志着香港绿色建筑的发展迈向里程碑。该议会由政府与业界广泛合作，旨在“引领市场向可持续建筑环境转型”¹⁴⁰。2010 年，香港绿色建筑议会成立之际，香港建筑环境评估法 (HK-BEAM) 改版为 BEAM Plus，提供了更新、更全面的绿色建筑认证体系¹⁴¹。BEAM Plus 体系由香港绿色建筑议会和香港建筑环境评估协会联合运营，根据多项可持续性标准对新建和现有建筑进行评估，并授予从铜级到白金级的奖项。截至 2022 年，已有

¹³⁶Baker McKenzie. *Regulation – Hong Kong*. In *Global Sustainable Buildings Guide*[EB/OL]. 可访问: <https://resourcehub.bakermckenzie.com/en/resources/global-sustainable-buildings/asia-pacific/hong-kong/topics/regulation>

¹³⁷Baker McKenzie. *Green Certification – Hong Kong*. In *Global Sustainable Buildings Guide*[EB/OL]. 可访问: <https://resourcehub.bakermckenzie.com/en/resources/global-sustainable-buildings/asia-pacific/hong-kong/topics/green-certification>

¹³⁸Professional Green Building Council. *PGBC timeline*[EB/OL]. 可访问: <https://www.hkpgbc.org/timeline>

¹³⁹HKSAR Government. *Green Buildings* (GovHK)[EB/OL]. 2024. 可访问: <https://www.gov.hk/en/residents/environment/sustainable/greening/buildings.htm>

¹⁴⁰Yau R, Tong J, Ng T, Nugroho E. *Market Drivers on the Transformation of Green Buildings in Hong Kong – The Green Buildings Roadmap*[R]. Arup.

¹⁴¹Invest Hong Kong; Arcadis. *The City of Smart Green Buildings*[R]. Hong Kong: InvestHK, 2023.

1,000 多个项目接受了 BEAM/BEAM Plus 评估，到 2023 年底，已有 8,100 多栋建筑获得认证或正在申请认证，这一数字显著增长，反映出对绿色建筑认可的需求日益增长¹⁴²。

2010 年代，监管进程加快。政府于 2010 年颁布了《建筑物能源效益条例》（BEEO），该条例于 2012 年全面生效，强制执行关键的能源法规¹⁴³。BEEO 为建筑服务（涵盖照明、空调、电气以及升降机和自动扶梯装置）引入了最低能源效益标准，并要求对大型商业建筑进行定期能源审计。与此同时，当局收紧了围护结构标准：2000 年和 2011 年加强了商业建筑的 OTTV 限值，2014 年的新指南将类似的住宅热传递值 (RTTV) 控制扩展至公寓建筑。一个象征着这个时代的旗舰项目——九龙湾零碳公园，于 2012 年竣工，是香港首座零排放建筑。它由建造业议会开发，展示了创新的被动冷却和现场可再生能源，提高了公众对低碳设计的认识。香港的一些零碳建筑也已开始采用生命周期评估 (LCA) 方法，以计算材料和施工过程中的隐含碳排放。这些评估指导了低影响材料和模块化建筑策略的使用。此外，许多零碳建筑都已并网，允许将现场产生的剩余可再生电力（例如通过太阳能光伏系统）输送到公共电网。这不仅可以抵消运营碳排放，还能增强香港能源系统的韧性和灵活性。到 2010 年代末，香港已将绿色建筑实践牢牢融入其发展轨迹。

放眼 2030 年及以后，香港已将可持续建筑与其气候和城市发展目标结合起来。香港领导人承诺到 2050 年实现碳中和，因为他们认识到建筑物（消耗了香港 90% 以上的电力）是排放的“元凶”。2021 年，政府的《气候行动蓝图 2050》设定了目标，到 2050 年，商业建筑用电量比 2015 年减少 30-40%，住宅建筑用电量减少 20-30%（其中约一半的减量将在 2035 年实现）¹⁴⁴。这一长期愿景以早期的计划为基础，例如《香港气候行动蓝图 2030+》（2017 年）和可持续城市蓝图《香港 2030+》，确保香港建筑环境的发展与环境目标紧密相连。总而言之，过去三十年来，香港已从临时性的绿色建筑工作发展到结合法规、自愿标准和创新的整体战略，为下一波可持续建筑奠定了坚实的基础。

A.2.2 政策框架和政府战略

香港的可持续建筑政策框架以全面的战略和协调的机构设置为基础。总体规划战略《香港 2030+》（迈向跨越 2030 年的规划远景与策略）体现了香港对可持续发展的承诺。其“总体目标……是促进可持续发展，以满足我们当前和未来的社会、环境和经济需求”¹⁴⁵。从实际角度来看，《香港 2030+》的愿景是建设一个“智慧、绿色和富有韧性”的城市，整合土地利用、交通和环境规划，以提高宜居性。在这一愿景中，绿色建筑在减少碳排放、提高能源效率和支持高密度但宜居的城市形态方面发挥着关键作用。《气候行动蓝图 2030+》通过设定特定行业的碳减排路径强化了这一点，随后的《气候行动蓝图 2050》则提高了目标，以符合中国的国家

¹⁴²Xu W. *Constructing a green, sustainable future*[N]. *China Daily*, 2023-12-22. 可访问:

<https://epaper.chinadaily.com.cn/a/202312/22/WS6584d460a310b04771b9c375.html>

¹⁴³C40 Cities. *Hong Kong Ordinance Drives Energy Efficiency through Strict Codes of Practice and Audits*[EB/OL]. 可访问:

<https://www.c40.org/case-studies/hong-kong-ordinance-drives-energy-efficiency-through-strict-codes-of-practice-and-audits/>

¹⁴⁴Baker McKenzie. *CO₂ and Energy Targets – Hong Kong*. In *Global Sustainable Buildings Guide*[EB/OL]. 可访问:

<https://resourcehub.bakermckenzie.com/en/resources/global-sustainable-buildings/asia-pacific/hong-kong/topics/co2-and-energy-targets>

¹⁴⁵KPMG. *Future Hong Kong 2030*[R]. 2020. 可访问: <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/cn/pdf/en/2020/04/future-hong-kong-2030.pdf>

承诺，即到 2030 年排放达到峰值，到 2060 年实现碳中和。这些战略共同表明了政府高层致力于将建筑环境改造作为香港可持续发展议程的一部分。

多个政府机构共同负责实施可持续建筑政策，各机构职责各异。发展局负责提供建筑和规划方面的政策指导；它监督屋宇署以及各工程机构，确保可持续性融入开发项目中。屋宇署负责执行《建筑物条例》及其他规例——制定建筑标准、执行能源相关规范，并管理激励计划（例如绿色建筑的总楼面面积优惠）。例如，自 2011 年以来，屋宇署要求寻求额外楼面面积优惠的新开发项目注册 BEAM Plus 绿色建筑认证，从而有效地将激励措施与可持续性绩效挂钩。机电工程署是另一个关键角色，负责根据《建筑物能源效益条例》制定技术性实务守则。机电署负责注册能源评估师，并监督强制性《建筑物能源效益守则》和《能源审计守则》的遵守情况。此外，机电署还开展公共建筑节能项目，例如自愿节能约章和建筑物重新调试指南。

政策协调还涉及以环境为重点的机构。环境及生态局（原环境局）制定推动绿色建筑工作的气候和能源政策，例如通过设定上述建筑物节能目标和启动基金支持创新。2020 年，政府设立了 4 亿港币的绿色科技基金，用于资助脱碳和绿色建筑的研发，为每个本地公司或研究机构提供最高 3000 万港币的资助。此外，香港的两家电力公司（中华电力和港灯）通过监管安排参与提高效率——它们提供免费能源审计、无息能源改进贷款以及建筑改造和升级补贴计划等计划。这种公私合作方式延伸至建造业议会（CIC）和香港绿色建筑议会（HKGBC）等组织。建造业议会（CIC）是一家法定机构，倡导可持续建筑实践（例如，它运营零碳公园并管理绿色产品认证），而香港绿色建筑委员会则提供行业培训、建筑评估（BEAM Plus）和宣传的平台。本质上，香港可持续建筑的制度框架是多方面的——发展局和屋宇署负责制定和执行规则，机电工程署提供技术监督，环境部门负责协调绿色建筑与气候目标，行业委员会则促进市场转型。

许多绿色倡议和政策进一步巩固了这一框架。自 2000 年代中期以来，政府率先垂范，强制要求公共建筑遵守更高的标准——新建的政府建筑必须达到 BEAM Plus 的高评级（通常为金级或以上），并采用节能设计。政府已实现 2015 年至 2020 年期间将自有建筑用电量减少 5% 的目标，并设定了到 2024-25 年将公共场所能源消耗减少 6% 以上的目标。绿色采购政策确保公共项目的建筑材料和建筑服务符合可持续性标准。在私营部门方面，激励计划至关重要。总建筑面积（GFA）优惠计划鼓励开发商在建筑面积计算中纳入绿色设施（例如遮阳篷、集风器、绿色屋顶），但前提是项目必须获得 BEAM Plus 认证。政府还推出了加速税收减免政策，用于节能建筑设施和可再生能源系统的资本支出（允许第一年 100% 抵扣），以鼓励私人投资。同时，年度绿色建筑奖和香港绿色建筑周等外展活动提高了公众意识，并展示了最佳实践。这些政策工具——长期战略、专门机构和有针对性的激励措施——协同作用，推动香港的可持续建筑发展。

A.2.3 建筑法规和技术标准

香港拥有一套完善的建筑法规和标准，将可持续发展原则融入建筑的设计和运营之中。其中，《建筑物能源效益条例》（第 610 章）是其中的基石。自 2012 年起，该条例强制要求新建建筑和重大改造项目必须遵守能源法规。根据《建筑能源效益条例》，开发商必须遵守《建筑能源效益条例》（BEC），这是一套详细的实务守则，规范了主要建筑服务设施（空调、电气、照明以及升降机和自动扶梯系统）的最低能源效率。例如，BEC 对照明功率密度、空调性能系数（COP）、管道保温以及自动控制装置的使用设定了要求。注册能源评估师负责审核建筑设

计方案的合规性。此外，《建筑能源效益条例》还要求商业建筑定期进行能源审计：每 10 年，必须对中央建筑服务进行一次审计，并公开发布能源利用报告。这些审计有助于确保现有大型建筑在其整个生命周期内发现能效改进机会。BEEC 和 BEEO 下的审计要求共同创建了一个法律框架，推动商业建筑领域持续的能源性能监测和改进。

条例》相辅相成的是《建筑物条例》下长期存在的《建筑物（能源效益）规例》（第 123M 章），该规例侧重于建筑围护结构。该规例要求商业建筑和酒店的外墙和屋顶的设计必须具有可接受的总热传递值。《总热传递值实务守则》于 1995 年首次发布，并于 2000 年和 2011 年进一步收紧，规定了不同建筑配置的最大总热传递值（以瓦特/平方米为单位）。从本质上讲，建筑师必须结合使用隔热材料、窗户玻璃、遮阳装置和墙体材料，以使计算出的通过外墙的热传递保持在规定的阈值以下，从而减少冷却负荷。2015 年，香港将这一概念扩展到住宅领域，发布了住宅热传递值 (RTTV) 指南。虽然并非针对住宅的法定要求，但《建筑面积热传导率 (RTTV)》指南（通过规划审批和建筑面积减排程序强制执行）建议限制公寓和住宅建筑围护结构的热传递。例如，最初建议墙体热传导率 (RTTV) 不超过约 14 瓦/平方米，屋顶热传导率 (RTTV) 不超过约 4 瓦/平方米¹⁴⁶，后来的修订版甚至引入了更严格的目标，例如 12.5 瓦/平方米和 3.5 瓦/平方米），以推动采用更佳的隔热材料和低太阳辐射增益玻璃。通过规范建筑面积热传导率 (OTTV)/RTTV，香港解决了被动式设计性能问题，确保新建筑从根本上提高热效率。

技术标准也涵盖建筑物内的各种系统。机电工程署定期更新《屋宇设备能源效益实务守则》（通常简称为《建筑能源效益守则》），以提高性能基准以适应技术进步。该守则规定了暖通空调设备、照明装置、配电（如功率因数校正）和垂直运输的最低效率和控制要求。它还提供了基于性能的合规路径，允许设计人员在总体年度能耗满足基准模型情况下在不同系统之间进行权衡。同时，还有具体的指导方针，例如《照明守则》和《空调守则》（以前是单独的文件，现已整合到《建筑能源效益守则》中）以及如上所述的建筑围护结构热性能标准。因此，香港的监管制度涵盖了建筑设计的被动方面（建筑和材料）和主动方面（机电系统）。

除了强制性规范外，香港还推行绿色建筑认证，以推动最佳实践。BEAM Plus 评级系统是香港事实上的绿色建筑标准，涵盖一系列可持续性标准。BEAM Plus 由香港绿色建筑委员会 (HKGBC) 管理，提供涵盖新建筑、既有建筑、室内设计、社区甚至数据中心的工具，每个项目都有量身定制的标准。新建筑的评估依据是综合设计和施工管理、场地可持续性、材料和废弃物、能源使用、用水、室内环境质量和创新。既有建筑的评估基于类似的类别，重点关注持续性能和管理实践。获得 BEAM Plus 认证的项目可获得铜牌、银牌、金牌或铂金级认证，其中铂金级代表卓越绩效。虽然 BEAM Plus 是自愿性的，但在政府政策的推动下，它拥有强大的市场吸引力，投资者和居住者经常将其作为建筑质量的标志。该系统的影响显而易见：到 2023 年，已有数千座建筑获得认证或注册，其中包括所有新建的政府建筑和许多商业开发项目。香港的 BEAM Plus 也与国际趋势接轨；它最初以 BREEAM 为基础，与其他全球绿色建筑评级体系大致相同。除了 BEAM Plus，香港的一些项目也追求 LEED（美国绿色建筑委员会的体系）或中国的绿色建筑评价标识，但 BEAM Plus 仍然是香港的主要基准。总体而言，执法（通过条例

¹⁴⁶Buildings Department (HK). *Guidelines on Design and Construction Requirements for Energy Efficiency of Residential Buildings (DCREERB2014e)*[R]. 2014. 可访问: https://www.bd.gov.hk/doc/en/resources/codes-and-references/code-and-design-manuals/Guidelines_DCREERB2014e.pdf

和规范）与鼓励（通过自愿认证和激励措施）相结合，确保了香港可持续建筑的技术标准既全面又不断提高。

A.2.4 可持续建筑材料、能源系统和水管理

在香港，建设可持续建筑需要注重材料、能源系统和水资源管理，以适应该市密集的城市环境和亚热带气候。可持续建筑材料日益受到重视，以减少建筑对环境的影响。这包括使用低碳和再生材料，以及改善混凝土和钢材等传统材料的生命周期影响。例如，建造业议会引入了绿色产品认证制度，以审查和标记符合可持续性标准（例如再生材料或低挥发性有机化合物 (VOC) 排放）的建筑材料（从水泥到油漆再到木材）。人们对创新材料的兴趣日益浓厚：香港的可持续发展愿景将材料护照（建筑材料成分的数字文档，以便将来重复使用）和生物基材料等新兴概念视为即将到来的机遇¹⁴⁷。这些在荷兰等地率先采用的方法可以帮助香港从“一次性”建筑模式过渡到循环建筑模式，即建筑部件在使用寿命结束后可以被重复使用或回收利用。在实践中，香港的开发商已开始采用更环保的混凝土（使用粉煤灰或矿渣粉等工业副产品来减少水泥用量）并加入更多预制构件（DfMA——面向制造和装配的设计）以最大程度地减少浪费。由于结构原因，香港的高层建筑可能仍将以混凝土为主，但绿色建筑的内部和外墙正在使用可持续来源的木材等补充材料，并且已经部署了绿色屋顶系统（通常为轻质材料并采用再生基材）来增强隔热和雨水滞留能力。政府推动循环经济，这体现在废物收费计划和促进建筑及拆除废物回收利用上，进一步推动了可持续材料的使用。对于荷兰供应商和创新材料专家来说，香港市场已经准备好在先进复合材料、高性能绝缘材料和循环设计方法方面开展合作。

香港建筑的能源系统将被动式设计策略与主动式高效技术相结合，以实现低能耗。在被动式节能方面，建筑设计师如今更加注重朝向、建筑形式和立面细节，以减轻夏季烈日的灼热，并尽可能利用自然通风。外部遮阳装置、玻璃反光涂层以及优化窗墙比等技术被用于降低太阳辐射热增益，使其符合 OTTV/RTTV 标准。一些新建建筑采用了采光井、可开启窗户或通风井，以在凉爽季节促进自然气流，减少对空调的依赖。此外，绿色屋顶和垂直绿化也用于隔热屋顶和墙面，同时改善微气候。然而，鉴于香港人口密度高、气候炎热潮湿，主动系统在高效提供舒适环境方面承担着主要责任。现代商业大厦和住宅小区越来越多地配备变速冷水机组、节能 LED 照明、占用传感器和按需控制通风系统。楼宇管理系统 (BMS) 或智能自动化系统可优化这些活动组件 - 例如，根据实时占用情况和天气数据调整冷却输出，或在高峰需求期间减少非关键负载。

香港也已开始采用区域规模的建筑能源解决方案。一个显著的例子是启德区域供冷系统，这是政府为启德重建区开发的中央供冷网络。该系统使用海水冷却式冷水机组通过地下管网供应冷冻水，为众多建筑提供服务，比独立空调机组节能约 35%¹⁴⁸。区域供冷和其他共享能源基础设施（如社区太阳能发电场或储能系统）与香港的智慧城市规划相一致，并展示了综合规划如何显著提高效率。此外，可再生能源在建筑中的应用正在兴起——虽然空间限制限制了大型装置的安装，但许多商业屋顶和政府设施都增加了太阳能光伏板，这得益于上网电价计划（该计划为太阳能发电支付溢价）。甚至一些塔楼屋顶也出现了小型风力涡轮机作为试点项目。随着

¹⁴⁷Buildings Department (HK). *Guidelines on Design and Construction Requirements for Energy Efficiency of Residential Buildings (DCREERB2014e)*[R]. 2014. 可访问: https://www.bd.gov.hk/doc/en/resources/codes-and-references/code-and-design-manuals/Guidelines_DCREERB2014e.pdf

¹⁴⁸Arup. *Kai Tak district cooling system*[EB/OL]. 可访问: <https://www.arup.com/en-us/projects/kai-tak-district-cooling-system/>

香港电网和智慧城市基础设施的更新，储能和需求响应技术预计将得到发展，这将进一步改善建筑物使用能源的方式，甚至可能改善能源供应方式。总体而言，香港的建筑能源系统采用整体方法：首先加强被动设计，然后部署最先进的高效设备和控制装置，所有这些都以数据驱动的管理为基础，以实现持续的调试和优化。

由于香港降雨量大且注重节约用水，水资源管理是香港可持续建筑的另一个重要方面。香港在使用海水冲厕方面处于世界领先地位，约 80% 的香港人口使用海水冲厕网络，这大大减少了淡水消耗¹⁴⁹。在建筑物中，双管道系统将海水输送到厕所，这项创新已成为几十年来的标准，并且仍然是水资源可持续性的基石。现代绿色建筑更进一步，纳入了雨水收集和灰水回收系统。水务署已发布指导方针，以促进新开发项目中雨水和灰水的再利用¹⁵⁰，获得 BEAM Plus 认证的项目通常包括用于灌溉或冷却塔补充的雨水收集池等设施。一些商业建筑回收空调冷凝水或处理水槽/淋浴水用于景观美化，从而减轻了对淡水供应和雨水排放系统的需求。低流量水装置和器具也通过强制性的水效率标签计划得到推广，有助于在不影响功能的情况下减少室内用水量。

雨水管理和气候适应性已成为香港可持续建筑设计的重要组成部分。香港季节性强降雨需要强大的排水基础设施，而绿色建筑实践也日益强调场地渗透和雨水衰减。绿色屋顶、裙楼花园透水路面以及地下蓄水池等策略有助于减缓径流，并在暴雨高峰期减轻市政排水系统的压力。这些措施与正在香港地区日益普及的“海绵城市”理念相契合。

与此同时，智能建筑系统正在部署，以提高水务管理效率。先进的泄漏检测技术和通过智能水表进行的实时监控使设施管理人员能够及时发现异常情况并优化用水——这是高层建筑开发中必不可少的功能。其他节水策略包括水压优化系统，该系统可将管道压力保持在最低有效水平，以最大限度地减少过度消耗。水表计量和分表计量已在各个建筑区域广泛采用，以支持能耗基准测试和有针对性的绩效管理。

此外，灰水回收系统正日益融入新的开发项目中。这些系统收集并处理淋浴、水槽和空调冷凝水产生的废水，并将其用于冲厕和景观灌溉等非饮用水用途。这种集再利用、高效和智能技术于一体的整体方案，有助于香港实现更广泛的水资源安全和环境可持续性目标。它也为国际利益相关者提供了合作机会。尤其是荷兰公司，凭借其在水管理和循环设计方面的专业知识，能够贡献创新解决方案，例如无水卫生技术或先进的灰水回收系统。

A.2.5 与城市规划和智慧城市战略的融合

香港认识到，可持续建筑只有融入更广泛的城市规划和智慧城市计划中才能发挥最大效用。政府的《智慧城市蓝图 2.0》（2020 年更新版）明确将“智慧环境”列为重点领域，其中绿色智能建筑是重点。在实践中，这意味着新的开发项目将采用基础设施和数字框架进行规划，以增强区域或城市规模的建筑可持续性。例如，北方都会（深圳附近的未来城市群）和明日大屿愿景等大型项目被誉为从头开始创建可持续碳中和社区的机会。在这些项目中，规划人员打算将蓝

¹⁴⁹Li Y, Chen L, Li Y. *Multi-criteria optimization for the design of water supply systems in buildings: A case study*[J]. *Water Research*, 2015, 85: 165–175. DOI: 10.1016/j.watres.2015.08.030.

¹⁵⁰Water Supplies Department (WSD). *Recycled water*[EB/OL]. 可访问: <https://www.wsd.gov.hk/en/core-businesses/water-resources/recycled-water/index.html>

绿基础设施（如公园、修复湿地和抗洪水道）与能源智能建筑结合起来。通过这样做，城市结构本身可以降低建筑能耗（例如通过缓解城市热岛效应），并提供生态系统服务，如防洪和改善空气质量¹⁵¹。《香港 2030+》强调这种融合，呼吁“通过策略性规划，积极提升我们的发展和环境容量”，使香港更加宜居和可持续¹⁵²。

建筑层面的可持续性与城市规划之间的一个切实联系是区域公用设施的部署。早期的启德区域供冷系统案例展示了政府规划如何实现共享能源解决方案，使区域内所有建筑受益，从而实现规模经济和更高效率。同样，香港的规划指南现在通常要求对重大项目进行风环境评估，从而有效地确保新建筑的布局和造型能够保留区域层面的通廊和自然通风。老旧社区的城市更新方案将绿色建筑改造纳入区域全面升级的一部分，而不是孤立地对待建筑。这种综合方法延伸到交通规划：香港大力推行公共交通导向型发展，这意味着节能建筑通常位于公共交通的上方或附近，从而减少交通排放并补充建筑环境的可持续性。

在智能技术方面，香港正利用物联网 (IoT) 和数据分析技术来提升建筑性能，以此作为其智慧城市建设的一部分。政府已在新开发项目中推广“数字孪生”的概念——建筑和城市区域的虚拟模型，可以模拟能源使用、人流和环境条件。通过数字化规划，设计师可以在施工前优化建筑朝向或立面设计，以提高性能。建筑物投入使用后，5G 网络等覆盖全市的数字基础设施可以实现实时监控和管理。数百座政府建筑已安装智能传感器和计量装置，以跟踪能源和用水量，并将数据输入中央仪表盘，该仪表盘利用人工智能技术标记效率低下的区域。智慧城市蓝图还鼓励进行重新调试——系统地检查和调整现有建筑系统，并辅以数据分析，以确保建筑以最佳性能运行。另一项举措是在城市各处引入智能灯柱和环境传感器，这些数据可以收集微气候数据，并用于通知建筑管理系统，使其根据外部条件调整通风或制冷系统。

本质上，香港的可持续建筑并非孤立存在的元素，它们日益成为互联互通、智慧城市生态系统中的节点。城市规划、气候政策和智慧城市技术的融合，确保建筑层面的效益（例如节能、水循环利用等）能够通过社区层面的系统（例如区域供冷、公共交通、绿地）和城市层面的数字平台得到放大和支持。这种综合方法正是国际合作的有益领域——香港可以分享其高密度城市可持续发展的经验，同时向荷兰和其他智慧城市领导者学习，利用数据和设计打造循环、韧性十足的城市区域。最终目标是形成良性循环：更优质的建筑成就更绿色的城市，而智慧的规划则使建筑更容易实现可持续发展。

A.2.6 荷兰与香港合作的机遇

香港积极的可持续发展目标与荷兰在绿色建筑技术领域的专业知识相结合，为合作创造了良机。荷兰企业、研究机构和政府机构可以在多个优先领域与香港利益相关者找到共同目标，实现互利共赢。以下是荷兰与香港合作的关键机遇领域和建议：

- **高性能建筑材料和隔热材料：**荷兰公司以其创新材料（例如再生复合材料、低碳混凝土、先进的隔热解决方案）而闻名，这些材料可以帮助香港减少建筑的碳足迹。香港

¹⁵¹Netherlands Innovation Network. *Symposium for a Green and Resilient Northern Metropolis in Hong Kong* (2024-07-03)[EB/OL]. 可访问: <https://netherlandsinnovation.nl/sino-dutch-collaboration/symposium-for-a-green-and-resilient-northern-metropolis-in-hong-kong/>

¹⁵²University of Hong Kong, Faculty of Architecture. *Hong Kong 2030+*[EB/OL]. 可访问: <https://www.arch.hku.hk/gallery/upad/hong-kong-2030/>

市场正在寻求更环保的建筑方法——这体现在人们对材料护照和循环建筑模式的兴趣上——而荷兰在这方面处于领先地位。荷兰供应商有机会提供适合香港气候的高性能隔热和外墙系统（例如，带有集成遮阳功能的外墙板或双层系统以降低制冷负荷）。荷兰机构可以与香港建造业议会或大学合作，开展关于被动式房屋原理或使用可持续材料的模块化建筑的热带适应性研究。通过在试点项目中展示荷兰可持续材料的成功应用（例如在香港绿色建筑中使用超低能耗窗户或生物基复合材料），双方可以推动市场采用并树立新的标杆。

- **智能楼宇管理系统和能源技术：**荷兰强大的科技产业——从基于物联网的楼宇控制到能源管理软件——与香港在智能楼宇方面的努力高度契合。香港的开发商和物业管理公司对能够实时监控和优化能源、暖通空调、照明和安防的 *智能楼宇管理系统* 日益感兴趣。专注于楼宇自动化、能源效率数据分析或人工智能驱动设施管理的荷兰公司可以在香港找到热切的合作伙伴。在香港的商业大厦或医院部署荷兰智能楼宇平台的示范项目可以验证性能改进（例如，通过智能控制将能耗降低两位数百分比）。此外，随着香港探索区域能源和电网互动式建筑，荷兰在智能电网和需求响应方面的经验将非常宝贵。合作可能包括荷兰和香港的公用事业公司或科技初创公司共同开发将建筑能源管理与可再生能源和储能相结合的解决方案——使建筑不仅成为消费者，更成为智能能源网络的积极参与者。这些合作伙伴关系将利用香港的现实实验室环境（一个准备试验新技术的密集城市环境）和荷兰的先进研发能力，加速双方的创新。
- **绿色认证体系与知识共享：**香港的 BEAM Plus 和荷兰的可持续发展标准（如 BREEAM-NL 或循环建筑指标）提供了知识交流的平台。荷兰的绿色建筑认证、咨询和性能基准测试专家可以与香港绿色建筑委员会和香港开发商合作，完善认证体系并分享最佳实践。例如，荷兰的大学和咨询公司已经开发出入住后评估和建筑性能模拟的方法，可以改善香港的绿色评级转化为实际节能的效果。双方可以开展联合研讨会、培训项目和交流访问——荷兰绿色建筑专业人士可以在净零能耗建筑设计、建筑循环经济和区域级可持续性等领域为香港的业界提供帮助（荷兰的生态区模式可以为香港的新发展区提供启发）。反过来，随着欧洲城市的密度不断提高，香港在超密集高层绿色建筑方面的经验可以为荷兰的努力提供参考。在政策层面，荷兰和香港政府机构可以合作制定建筑物隐含碳排放标准，这一领域正日益受到关注。通过分享研究成果并建立合作试点项目（例如，成立一个香港-荷兰历史建筑可持续改造工作组），双方可以加速学习。这种知识交流不仅能带来商业机会（例如咨询服务、培训等），还能帮助协调国际可持续发展工作，因为气候变化和资源挑战是跨越国界的。

总而言之，香港可持续建筑的发展正步入成熟阶段，其特点是全面的政策支持、先进的标准以及与全市各项举措的融合。荷兰企业和机构具备优势，能够在此过程中贡献专业知识和创新解决方案——从尖端材料和智能系统，到绿色认证和循环设计方面的思想领导力。香港的城市可持续发展议程与荷兰在可持续建筑方面的优势高度契合，合作模式可以带来显著的经济和环境效益。通过开展项目合作、共享技术和研究成果以及借鉴彼此的经验，香港和荷兰可以共同推动可持续建筑的发展，在两个地区创造更健康、更高效、更具韧性的建筑环境。此类合作不仅开辟了新的商机，也加强了全球建设绿色城市和低碳未来的努力。

A.3: 结论和讨论

A.3.1 政策框架和认证体系

香港已建立起本土化、与国际接轨的绿色建筑政策生态系统，并以 **BEAM Plus**（建筑环境评估方法升级版）作为其主要认证体系。**BEAM Plus** 由香港绿色建筑议会 (HKGBC) 开发和管理，是一项自愿性但被广泛采用的工具，它参考了 **LEED** 和 **BREEAM** 等全球体系，同时适应了香港高密度城市和亚热带气候的环境。

BEAM Plus 系统从多个维度评估建筑，包括能源使用、室内环境质量、场地因素、材料、用水效率和创新。认证适用于新建建筑、既有建筑（包括改造）、室内设计以及社区规模的开发项目。

虽然并非强制性要求，但 **BEAM Plus** 参与将通过以下方式获得激励：

- 经认证项目的总建筑面积（GFA）优惠，
- 开发商的绿色债券发行资格，
- 政府绿色采购政策有利于认证设计。

参与实施的主要监管机构包括发展局、屋宇署和环境保护署，分别在政策支持、法规执行和环境监测方面发挥着作用。

A.3.2 市场趋势及项目应用

截至 2023 年，已有超过 2,000 个项目注册于 **BEAM Plus**。参与度较高的项目包括：

- 商业和混合用途开发项目，例如甲级办公楼和零售综合体；
- 公共房屋和机构建筑，香港房屋委员会（HKHA）积极融入绿色设计原则；
- 城市重建项目，其可持续性绩效支持土地溢价调整和公众接受。

BEAM Plus 认证建筑通常集成：

- 高效暖通空调和照明系统；
- 可再生能源技术，例如建筑一体化光伏技术；
- 智能建筑管理系统，用于实时跟踪能源使用情况；

- 被动设计策略，包括遮阳、采光和优化自然通风。

A.3.3 与荷兰的合作机会

荷兰利益相关者可以通过以下方式与香港的绿色建筑议程保持一致：

- 模拟的数字工程解决方案；
- 智能能源和室内气候控制系统，适应高层、高密度应用；
- 绿色材料和模块化改造系统，特别是在老化建筑中；
- 与香港绿色建筑委员会或学术合作伙伴共同提供循环设计和综合可持续发展规划的专业培训课程。

鉴于香港对国际标准的开放态度、健全的法律体系和金融部门的参与，它成为在亚洲试点先进的荷兰建筑技术和服务模式的强大门户。