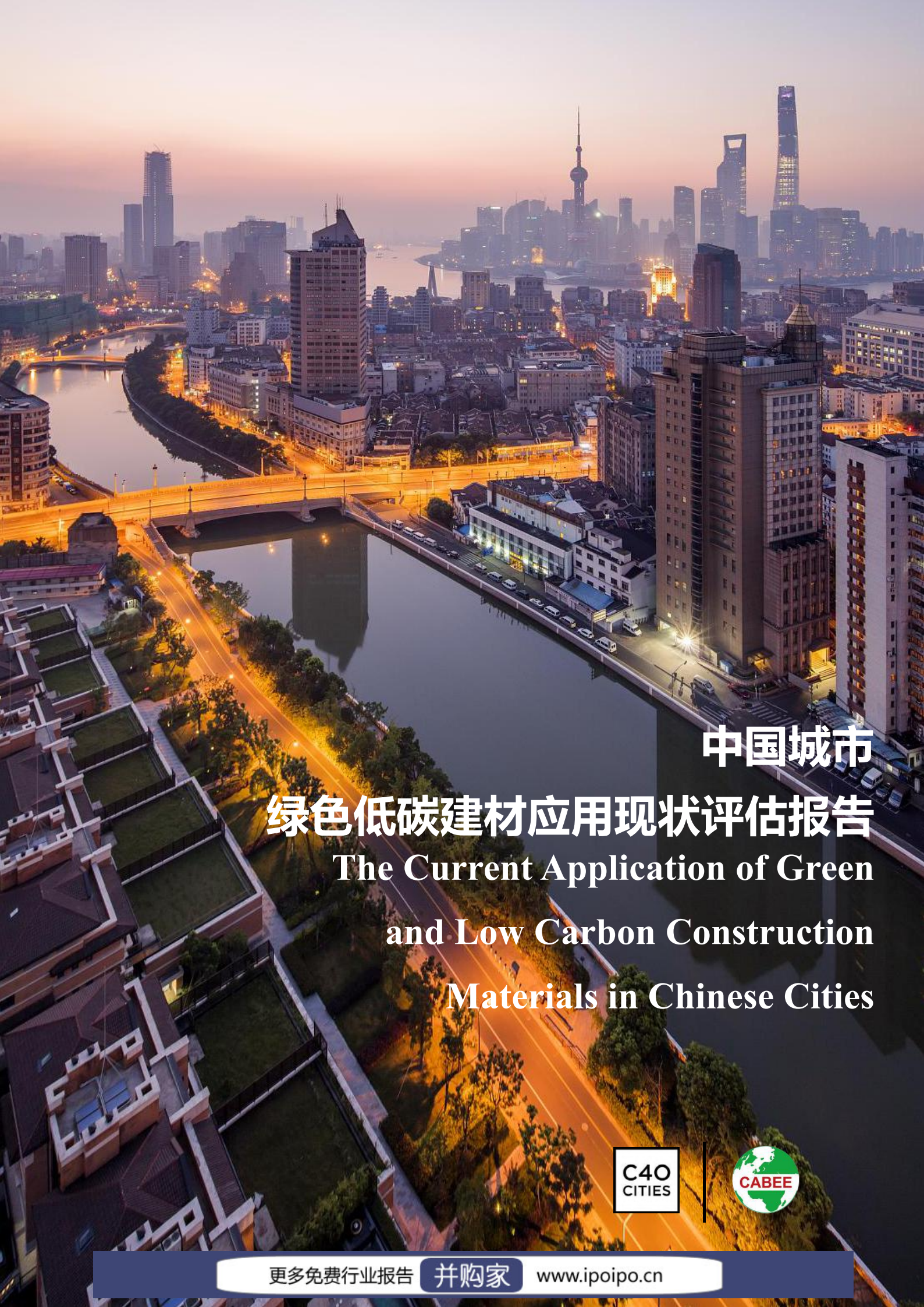




中国城市 绿色低碳建材应用现状评估报告

The Current Application of Green and Low Carbon Construction Materials in Chinese Cities



更多免费行业报告

并购家

www.ipopo.cn

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

摘要

建材工业作为建筑业发展的基本要素，是支撑我国城乡建设的重要行业，为改善人居环境、治理生态环境和发展循环经济提供重要支撑。党的“十八大”以来，党中央、国务院高度重视生态文明建设，将绿色发展纳入五大发展理念之一。而绿色建材是指在全生命周期内，可减少资源能源消耗、减轻生态环境影响，具有“节能、减排、安全、便利和可循环”特征的建材产品。推广绿色建材是落实中央深化生态文明建设的重要举措，也是实施城乡建设领域绿色发展的重要手段。

自2013年《绿色建筑行动方案》发布以来，多部门创新工作、协调联动、积极推进，促进了绿色建材产业的快速发展，绿色建材监管机制不断完善、标准体系逐渐明晰、产品供给日益丰富、推广应用渐成规模、信息化水平逐步提高，绿色建材低碳发展已成为社会的普遍共识。特别是在南京、青岛和北京等典型城市的实践过程中，从完善顶层制度，到强化过程管控，再到培育绿色建材产业链，探索形成了很多有益的经验，也取得了较好的推广效果。

本文在总结相关经验的同时，通过三地典型项目建筑材料应用统计分析，梳理得到了包括预拌混凝土在内的十类绿色建材的碳减排潜力计算核心清单，分析了这十类绿色建材产品在固废利用、原（燃）料低碳化和生产能耗约束等方面的减碳替代潜力。

但在工作推进的过程中也暴露出绿色建材的推广应用机制仍待有效探索、企业绿色认证积极性低、绿色建材激励政策机制尚需完善、项目应用绿色建材全过程监管机制仍需加强等亟需解决的问题，需要从政策、市场和技术等三个方面出台政策、强化保障，扩大绿色低碳建材应用规模，持续深入推广绿色低碳建材应用，助力我国城乡建设领域双碳目标实现，为人民群众住上“好房子”，获得更好的居住条件贡献力量。

目录

Contents

摘要.....	I
第一章 中国绿色建材发展现状.....	1
第二章 典型城市绿色建材应用基本情况.....	5
2.1 南京市.....	5
2.1.1 绿色建材推广路径.....	5
2.1.2 绿色建材应用情况.....	6
2.2 青岛市.....	8
2.2.1 绿色建材推广路径.....	8
2.2.2 绿色建材应用情况.....	10
2.3 北京市.....	12
2.3.1 绿色建材推广路径.....	12
2.3.2 绿色建材应用情况.....	13
2.4 小结.....	13
第三章 绿色建材应用减碳量评估分析.....	14
3.1 核心建材清单梳理确定.....	14
3.1.1 南京市.....	14
3.1.2 青岛市.....	14
3.1.3 清单汇总.....	15
3.2 核心清单产品减碳替代潜力.....	16
3.2.1 混凝土.....	16
3.2.2 预拌砂浆.....	18
3.2.3 保温材料.....	19
3.2.4 防水材料.....	21
3.2.5 钢材.....	21
3.2.6 水泥.....	22

3.2.7 建筑砌块.....	22
3.2.8 木材.....	24
3.2.9 陶瓷.....	24
3.2.10 玻璃.....	26
3.3 小结.....	27
第四章 结论建议.....	28
4.1 政策层面.....	28
4.2 市场层面.....	29
4.3 技术层面.....	29
附录1 南京市核心建材清单制定思路及流程.....	31
附录2 青岛市核心建材清单制定思路及流程.....	40

第一章 中国绿色建材发展现状

绿色建材是指在全生命周期内，可减少资源能源消耗、减轻生态环境影响，具有“节能、减排、安全、便利和可循环”特征的建材产品。¹推广绿色建材是落实中央深化生态文明建设的重要举措，也是实施城乡建设领域绿色发展的重要手段。自2013年《绿色建筑行动方案》²发布以来，住建部、工信部和市场监管总局等多部门创新工作、协调联动、积极推进，不断促进绿色建材行业的快速发展，绿色建材监管机制不断完善、标准体系逐渐明晰、产品供给日益丰富、推广应用渐成规模、信息化水平逐步提高，绿色建材低碳发展已成为社会的普遍共识³。

监管机制不断完善，形成了自上而下、多部门协同的组织管理机制。2019年，市场监管总局办公厅、住房和城乡建设部办公厅、工业和信息化部办公厅设立绿色建材产品标准、认证、标识推进工作组，建立了国家层面的工作协调机制，协调出台了一系列政策文件，做好绿色建材发展顶层设计，此外共同推进了政府采购支持绿色建材促进建筑品质提升试点和绿色建材下乡活动等一系列重点工作。在推进工作组的指导下，组建了绿色建材产品认证技术委员会，下设专业工作组，负责政策咨询和技术支撑。各省市按照国家相关部门工作部署积极推进，建立了本省的协调推进机制。大部分省份均成立了由省级市场、住建、工信部门组成的绿色建材产品认证推进工作组，负责指导协调本省绿色建材产品认证及推广应用工作。

标准体系逐渐明晰，建立了服务行业、多属性集成的标准规范体系。根据绿色建材行业发展情况，自2017年以来，住房和城乡建设部科技与产业化发展中心牵头确立了绿色建材标准体系，组织逾百家

¹ 刘敬疆,张澜沁.中国工程建设标准化协会绿色建材系列评价标准解读,工程建设标准化 2021 年第 2 期.

² 国务院办公厅关于转发发展改革委住房城乡建设部绿色建筑行动方案的通知 (mohurd.gov.cn)

³ 《绿色建筑行动方案》[J].住宅产业,2013,No.155(07):15-19.

单位先后分四批共计立项 185 项中国工程建设标准化协会（CECS）绿色建材评价系列标准。该系列标准依据《绿色建材产品目录框架》⁴，基于产品全生命期，充分挖掘节能、减排、安全、便利和可循环五大要素，综合考虑消费关注指标和行业高端引领指标，开创性地将资源、能源、环境和品质等四大属性赋予评价指标体系。在一级指标下设置可量化、可检测、可验证的二级指标，并提出去星级划分的阈值。其中，资源属性方面重点选取材料及水资源减量化、便于回收利用、包装物材料等指标，包括固体废弃物掺加量、低碳、低能耗原料选用等；能源属性方面重点选取产品在制造和使用过程中能源节约和能源效率等指标，包括单位产品综合能耗、清洁能源应用等；环境属性方面重点选取生产过程的污染物排放、使用过程的有毒有害物质释放等指标；品质属性方面重点选取消费者关注度高、影响高端品质的产品耐用性、健康安全等指标，包括导热系数、耐久性、运转效能等。此外，51 项绿色建材系列标准中，有 47 项将碳足迹指标纳入评价体系，实现了绿色建材认证产品从原材料生产、原材料运输、生产过程、产品运输和产品使用全生命周期内的碳排放情况识别和计算。

截至 2022 年底，发布实施的 87 项绿色建材产品评价标准中 51 项标准已作为技术依据在绿色建材产品认证中采信，为保证绿色建筑的建造品质，实现建材高质量发展，为产品认证合法合规开展提供重要的技术依据。在系列标准指标基础上，各地、各部门积极拓展绿色建材评价标准应用，形成了区域化技术规范。财政部、住房和城乡建设部、工业和信息化部三部门也在该系列标准的基础上修订完成了《绿色建筑和绿色建材政府采购需求标准》（2022 年版），进一步明确了政府采购领域 75 类绿色建材产品绿色低碳的采购要求⁵。

产品供给日益丰富，形成促进减碳、品类多样的绿色低碳建材产品。随着认证开展后评价范围的扩大和认证机构数量的增加，绿色建

⁴ 对政协十二届全国委员会第三次会议第 0260 号、1159 号、1382 号、1782 号、2363 号（城乡建设类 090 号）提案的答复 (mohurd.gov.cn)

⁵ 中国招标采购大事记 2022[J].中国招标,2023,No.1482(02):21-31.

材产品供给数量得到了快速增长。截至 2022 年 11 月底，已有 48 家绿色建材产品认证机构向 1723 家企业发出了 3705 张认证证书，覆盖绿色建材产品认证目录中 51 类产品中的 37 类。绿色建材评价认证实施过程中，将产品碳足迹分析、产品环境影响声明作为环境属性的关键评价指标，并将根据具体产品特点低碳原燃料选用，生产过程节能、使用寿命延长、产品效能提升等制定了相应的评价考核指标⁶。经测算，现有获证绿色建材产品可实现生产环节直接减碳 1653.57 万吨，通过低碳原料选用实现间接减碳 74.70 万吨，此外，绿色建材可带来 46.00 万吨/年的应用减碳量。

推广应用渐成规模，创建了政采引领、多举措激励的推广应用模式。通过将绿色建材选用要求纳入《绿色建筑评价标准》⁷和《绿色建筑建造技术导则（试行）》⁸等一系列政策标准，推进在绿色建筑、装配式建筑等工程建设项目优先使用绿色建材，并在政府投资工程率先采用绿色建材，提高城镇新建建筑中绿色建材应用比例。通过财政部、住建部联合开展政府采购支持绿色建材促进建筑品质提升试点工作，试点期间（截止到 2022 年 10 月），南京、青岛等 6 个试点城市推动了 209 个政府采购工程优先采购获证绿色建材，货值达 400 亿元，从采购源头入手，探索了政府采购工程中绿色建材推广应用模式，形成了从需求标准、设计要求、到项目落地、集中采购的工作推进经验，并对绿色建材发展的配套政策开展积极探索，为 2022 年 10 月进一步扩大政府采购支持绿色建材促进建筑品质提升的政策实施范围行动打下了坚实基础⁹。

信息化水平逐步提高，搭建了诚信监管、数据协同的管理信息平台。按照住房和城乡建设主管部门关于建立绿色建材采信应用数据库的要求，住房和城乡建设部科技与产业化发展中心搭建了基于诚信监

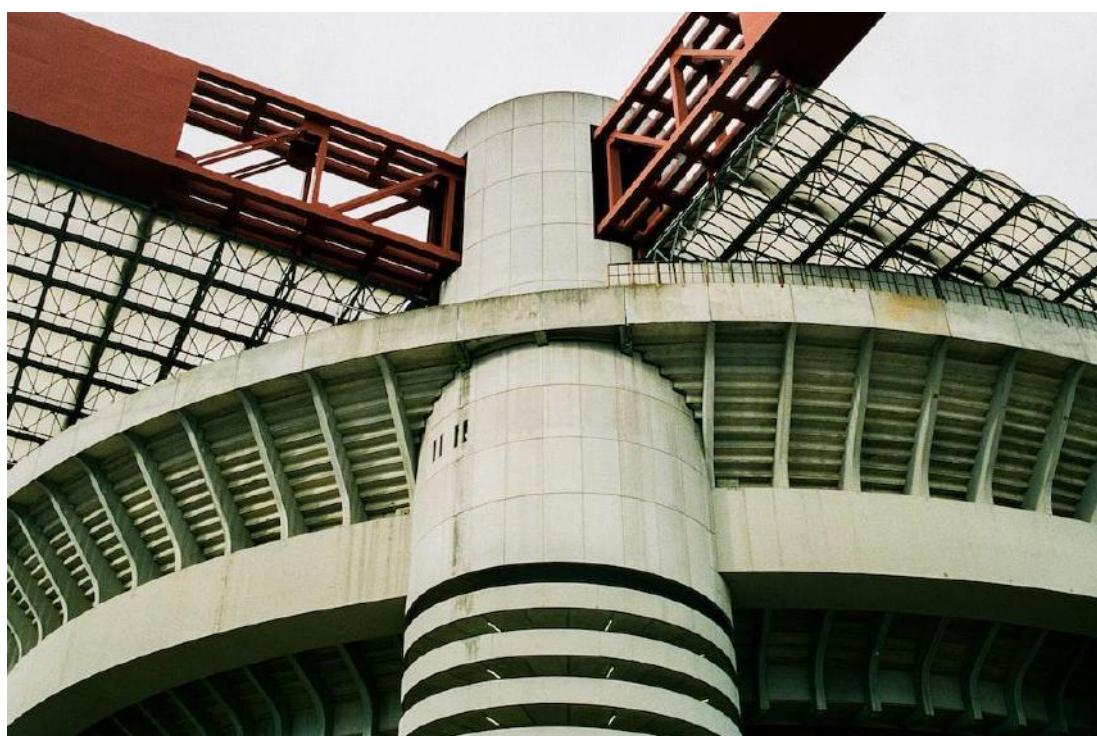
⁶ 刘敬疆,陈智丰,蒋荃等.将碳足迹纳入绿色建材评价指标体系的意义及可行性[J].建设科技,2016,No.311(08):22-23.DOI:10.16116/j.cnki.jskj.2016.08.003.

⁷ 住房和城乡建设部关于发布《绿色建筑 评价标准》工程建设标准英文版的公告 (mohurd.gov.cn)

⁸ 住房和城乡建设部印发绿色建造技术导则（试行） (mohurd.gov.cn)

⁹ 共建创新、低碳、宜居新时代——绿色建材十年来发展历程回顾 - 陕西省建筑节能协会 (sxjzjn.org)

管、数据协同化的全国绿色建材认证（评价）标识管理信息平台，将市场责任主体，包括绿色建材生产企业、经销企业、检测机构、认证机构、设计企业和采购单位、监理单位、建设施工企业等纳入统一平台，可实现全流程线上操作，保障绿色建材全生命周期管理、全数字化管控。同时，绍兴等部分城市探索搭建政府投资项目全流程管控平台，将政府投资项目的各环节工作整合至平台进行管控，实现批量集采、绿色认证、绿色金融等“一站式”服务¹⁰。



¹⁰ 多方联动凝聚合力 推动绿色建材发展行稳致远_工作_评价_应用 (sohu.com)

第二章 典型城市绿色建材应用基本情况

各地政府积极响应中共中央和国务院的号召，多个省市和地区相继出台推进绿色建材发展的相关政策文件，结合地方实际产业基础和经济发展情况，制定了相应的绿色建材鼓励和推广政策。例如，南京、青岛、绍兴、湖州、杭州和佛山等城市通过发挥政府采购政策功能，加快推广绿色建筑和绿色建材应用，促进建筑品质提升和新型建筑工业化发展，在政府采购工程中探索支持绿色建筑和绿色建材推广应用的有效模式，形成可复制、可推广的经验。北京市在城市副中心等重点工程所使用的预拌混凝土、预拌砂浆须获得三星级标识，并积极将绿色建材应用比例要求纳入高标准商品住宅政策工具箱，在绿色建材推广方面开展了一系列有益的探索¹¹，2022 年底，被财政部、住建部和工信部列入第二批政府采购支持绿色建材促进建筑品质提升试点范围¹²。

综合相关城市在利用政策工具，推进绿色建材应用方面取得的业绩，本文选择南京、青岛和北京三座城市，介绍其绿色建材应用基本情况。

2.1 南京市

2.1.1 绿色建材推广路径

南京市在绿色低碳建材应用领域布局起步较早，于 2010 年开始体系化推进绿色建材应用，并协同推进建筑行业的节能环保和绿色低碳转型发展。在 2020 年 10 月被确定为政府采购支持绿色建材促进建筑品质提升试点城市前后，南京市密集出台绿色低碳建材政策，围绕试点工作开展市内建设试点项目，并协同规范和推进绿色建材应用进程，形成“以试点项目为指引范式和以绿色建材的认定、评估和入库

¹¹ 盘点当前国家与地方绿色建材评价标识政策|混凝土协会|绿色建材|绿色标识-水泥网 (ccement.com)

¹² 财政部、住建部和工信部发布《关于扩大政府采购支持绿色建材促进建筑品质提升政策实施范围的通知》，自 2022 年 11 月起，在北... - 雪球 (xueqiu.com)

为推广体系”的双轴推进模式，全面推进绿色低碳建材应用。主要覆盖以下四项工作重点：一是开展市内建设试点项目。南京市在国内率先推进绿色建材建设试点项目，于 2021 年 3 月确定第一批市内建设试点项目，并逐步完善试点项目认定和推进流程。协同推进试点工作研究成果深化，致力于形成绿色建材现场抽检方法研究等研究报告，促进绿色建材长效发展。二是明确绿色建材范围。研究制定了《南京市政府采购绿色建材（第一批）技术要求》确定绿色建材产品种类、范围和采信标准，将绿色建材的概念具体化、指标化。三是注重设计把控，推进项目实施管理。制定《南京市政府采购绿色建材试点项目施工图设计与审查指南（试行）》等规范，推进绿色建材在项目上落地。发布《南京市政府采购支持绿色建材试点项目管理和引导扶持办法》，具化项目实施要求，注重政策激励¹³。发布《南京市政府采购支持绿色建材试点项目抽检办法》，规范绿色建材的指标化监督流程。四是把握应用比例核定。发布《南京市绿色建材应用比例评估计算方法（V1.0 版）》，明确绿色建材占比核定标准和测算依据¹⁴。

2.1.2 绿色建材应用情况

为深入推进政府采购支持绿色建材试点工作，探索建筑领域“碳达峰”路径，南京市登记并发布 205 家企业共 471 种绿色建材产品。本地企业 101 家 239 种产品，外地企业 104 家 232 种产品¹⁵。并确定了包括政府投资、企业自建项目在内的试点项目共计 39 个，总建筑面积 438 万平方米，总投资 367 亿元。截至 2022 年 11 月中旬，已完工试点项目有 9 个，接近完工的项目有 16 个。在 9 个已完工的政府采购支持绿色建材试点工程项目中，绿色建材应用比例最高为 60.69%，最低为 54.80%，平均应用比例为 58.32%，详见表 1。

¹³ 本刊采编部.南京市细化政府采购支持绿色建材试点项目管理和引导扶持工作[J].中国政府采购, 2021(12):13-14.

¹⁴ 绿色建材助力南京低碳发展 (baidu.com)

¹⁵ 先行示范，南京加速推进绿色建材应用 (weibo.com)

表 1 南京市绿色建材示范工程项目情况计算表

序号	项目名称	结构类型	建筑等级	建设地点	建筑面积 (万 m ²)	投资规模 (亿元)	绿色建材 应用占比 (%)	绿色建材 应用面积 (万 m ²)
1	百水工业园地块保障房一期 A 地块	混凝土结构	二星	南京市栖霞区	8.52	3.29	56.10 %	4.78
2	百水工业园保障性住房项目一期 (B 地块) 54 班小学	混凝土结构	二星	南京市栖霞区	4.03	14.20	57.20 %	2.31
3	百水工业园地块保障房一期 (C 地块)	混凝土结构	二星	南京市栖霞区	0.64	0.20	54.80 %	0.35
4	百水工业园地块保障房一期 (D 地块)	混凝土结构	二星	南京市栖霞区	19.60	15.00	57.30 %	11.23
5	地铁四号线孟北站地块保障房(二期商住地块) A 地块	混凝土结构	三星	南京市栖霞区	5.16	11.75	60.02 %	3.10
6	地铁四号线孟北站地块保障房(二期商住地块) B 地块	混凝土结构	三星	南京市栖霞区	5.24		55.02	2.88
7	瑾家珑熹台租赁社区	混凝土结构	三星	南京市江宁区	16.58	16.00	60.69%	10.06
8	江北新区人才公寓建设项目	混凝土结构	三星	南京市江北新区	9.35	9.50	60.00 %	5.61
9	南京市不动产档案馆项目	框架剪力墙 +带拉杆钢 框架	一级	南京市秦淮区	6.46	7.10	58.2 %	3.76
总建筑面积 (万 m ²)					75.58			
绿色建材应用面积 (万 m ²)					44.08			
绿色建材平均应用比例 (%)					58.32%			

通过整理以上 9 个已完工项目的绿色建材应用种类，从中筛选得出使用频率较高且对绿色建材应用比例贡献值较大的绿色建材，汇总如表 2 所示。

表 2 南京市示范项目主要应用绿色建材品类清单

序号	类别	绿色建材名称
1	主体结构	高强混凝土
2		普通混凝土
3		湿拌普通抹灰砂浆
4		湿拌防水砂浆
5	围护墙和内隔墙	预制外墙板
6		预制内墙板
7		预制楼梯
8		预制叠合板
9		烧结保温砖
10		ALC 砌块墙
11		ALC 板材
12	装修	铝单板
13		硅酸钙板饰面板
14		瓷质砖
15		陶瓷板
16		钢制防火门
17		铝合金窗
18	其他	建筑外墙外保温用岩棉板
19		聚羧酸高效减水剂
20		聚羧酸高性能减水剂
21		高分子防水卷材
22		改性沥青防水卷材
23		建筑用硅酮密封胶
24		单晶硅光伏组件

2.2 青岛市

2.2.1 绿色建材推广路径

在住房和城乡建设部大力支持下，2020 年 10 月青岛成功获批全国首批政府采购支持绿色建材促进建筑品质提升试点¹⁶。试点工作开展以来，青岛市认真贯彻试点工作要求，坚持以政府采购为主线，以

¹⁶ 山东省人民政府 政务联播 青岛 | 青岛获批全国首个“绿色城市”试点 (shandong.gov.cn)

政府项目为载体，以项目监管为抓手，以部门协同发力、密切配合、攻坚克难为助力，发布实施绿色建材政府采购需求标准，建立健全项目全过程建造管理体系，推动实现 30 个政府投资项目规模化应用绿色建材，走出一条政府采购支持绿色建材、绿色建材促进建筑品质提升的有效路径¹⁷。

工作推进机制确立完善。市政府办公厅印发试点工作方案，明确了工作目标和重点任务，逐一分解到市直各相关部门和区市政府部门，并明确责任和完成时限。建立“双牵头”工作推进机制，市住房城乡建设局、财政局共同牵头成立试点工作专班，统筹抓好试点工作。

政策技术体系逐步健全。发布《青岛市绿色建筑与超低能耗建筑发展专项规划》，提出绿色建材应用比例应大于等于 40% 等措施¹⁸。编制实施《青岛市绿色建材信息登记采信工作指南（试行）》《施工图设计专篇要点》《全过程实施指南》《评估（评价）技术导则》等技术文件，通过全过程工程咨询及认定、绿色建材随机抽检机制，有效落实青岛市绿色建材采购要求¹⁹。

采购需求标准持续完善。充分依托青岛自然禀赋、建材行业发展现状等，编制发布《青岛市绿色建筑和绿色建材政府采购需求标准》²⁰，相比国家《基本要求》新增建材品类 35 类，新增建材 82 种，绿色建材种类在全国首批政府采购支持绿色建材促进建筑品质提升六个试点城市中位列第一。

绿色金融支持取得突破。在国内率先形成金融支持政策文件，多部门印发《关于金融支持绿色城市建设发展试点的指导意见》，为绿色建材企业提供全面绿色金融支持；先后推动全国首张超低能耗建筑性能保单、首张“绿色建材保证保险”、首张“减碳保”建筑节能保

¹⁷ 坚持创新促转型 聚焦品质再提升 打造政府采购支持绿色建材试点新优势 - 知乎 (zhihu.com)

¹⁸ 青岛政采支持绿色建材试点工作再发力 | 中国政府采购新闻网 - 财政部指定政府采购信息发布媒体! (cgpnews.cn)

¹⁹ 坚持创新促转型 聚焦品质再提升 打造政府采购支持绿色建材试点新优势 - 知乎 (zhihu.com)

²⁰ 青岛市财政局 青岛市住房和城乡建设局 青岛市工业和信息化局关于扩大我市政府采购支持绿色建材促进建筑品质提升政策实施范围的通知_青岛政务网 (qingdao.gov.cn)

险保单在青岛落地²¹。

科技平台支撑作用显著。打造政府投资项目全生命周期管理、绿色建材政府采购交易、建材行业工业互联网三合一平台，实现绿色建材政府采购全生命周期管理、全数字化管控。目前，平台已通过了国家部委组织的专家评审，达到了国内领先水平。

绿色建材产业提质增效。推进德国弗莱建筑集团、德国被动房研究所等在青岛落地；培育装配式建筑产业基地 16 家，推进 500 万吨建筑垃圾资源化利用零碳工厂投产，在全国率先形成零垃圾、零废水、零废气、零废热、零能耗“5 零”生产循环体系；建设莱西绿色建筑产业园、平度绿色新型建材产业园等吸引超 60 亿元投资，逐步形成了全产业链协同推进的良好发展局面²²。

绿色建筑品质巩固提升。试点工作开展以来累计推行星级标识绿色建筑 508.3 万平方米，装配式建筑 1900 万平方米²³。规模化推进中德生态园超低能耗建筑等建筑品质提升案例入选 C40 全球《绿色与繁荣社区》导则先进案例，成为绿色建筑和绿色能源板块唯一入选的中国案例，并获全国绿色建筑创新奖一等奖。推动 BIM 等新型绿色建造技术工艺推广应用，国家建设工程“鲁班奖”、国家优质工程奖，詹天佑大奖等国家级奖项领先于全国同类城市。

2.2.2 绿色建材应用情况

青岛市试点项目全面覆盖医院、学校、办公楼、综合体等 4 种建筑类型，总建筑面积约 170 万平方米，财政总投资约 432 亿余元，累计采购各类绿色建材 15.37 亿元。试点项目的建设，有效推动了青岛市绿色全过程咨询、绿色设计以及建材产业结构调整。重点项目情况详见表 3。

²¹ 改善人居环境 建设绿色家园 (mohurd.gov.cn)

²² 坚持创新促转型 聚焦品质再提升 打造政府采购支持绿色建材试点新优势 - 知乎 (zhihu.com)

²³ 建设成效达到国内领先水平！绿色城市建设：“青岛探索”可复制可推广 (baidu.com)

表 3 青岛市绿色建材示范项目情况一览表

序号	项目名称	结构类型	绿色建筑星级（设计）	建筑面积（m ² ）	投资规模（亿元）	绿色建材应用占比（%）
1	香江路第二小学扩建工程	框架结构	二星级	12907	0.9	21.80%
2	山东省青岛第十七中学扩建学生食堂和宿舍楼工程	框架结构	二星级	10284.77	0.7176	29.43%
3	青岛大学附属医院国际医疗中心项目	框架剪力墙	二星级	66300	6.84	24.48%
4	海尔云谷幼儿园	框架结构	二星级	5994	0.433	/
5	海尔云谷学校	框架	二星级	40667	2.8	/
6	中国海洋大学附属学校	框架	二星级	67943	6	/
7	崂山特校扩建工程	钢结构	二星级	6268	0.7	/
8	汉河幼儿园	未定	二星级	4200	0.39	/
9	崂山区公共卫生中心	框架结构	三星级	50054	5	/
10	北宅卫生院迁建工程	/	/	3400	0.15	/
11	黄岛区第六人民医院建设	框架结构	/	53499.57	2.9777	/
12	香江路第二小学扩建工程	框架结构	二星级	12907	0.9	/
13	张家楼科研孵化项目一期	框架结构	一星级	9280	0.8923	/
14	育才小学（东校区）扩建	框架结构	二星级	12471	0.75	/

目前青岛市绿色建材试点项目的平均应用比例仅达到 25.24%，试点项目在推广应用绿色建材方面还存在较大的发展空间。青岛市需紧抓示范项目，逐步借鉴和推广优质项目的应用模式，充分释放绿色建材的替代潜力。

2.3 北京市

2.3.1 绿色建材推广路径

北京市高度重视绿色建材在北京市的生产和应用。北京市住建委 2016 年发布了《关于北京市绿色建材评价标识管理有关工作的通知》（京建发[2016]82 号），北京市住建委、经信委成立北京市绿色建材推广和应用协调组，设立北京市绿色建材推广应用办公室。其后，开展了预拌混凝土三星级、预拌砂浆一至三星级开展绿色建材的试评价工作，并规定北京城市副中心等重点工程所使用的预拌混凝土、预拌砂浆须获得三星级标识。这些举措极大地促进了预拌混凝土和预拌砂浆标识评价工作的开展²⁴。

自绿色建筑评价工作启动，北京市率先将获得绿色建材评价标识的产品纳入北京市地方标准《绿色建筑评价标准》DB11/T825-2016 中在创新项予以加分，成为我国首部实现绿色建材评价与绿色建筑评价有效衔接的标准²⁵。这一做法在《绿色建筑评价标准》GB/T50378-2019 中也进行了借鉴。此外，《北京工程造价信息》也增加了“建筑产品厂家价格参考信息”专栏，登载满足条件的绿色建材，供市场主体参考²⁶。

2021 年北京市贯彻落实党中央、国务院“房住不炒”的定位及“稳房价、稳地价、稳预期”决策部署，北京市土地公开出让开始采用“竞地价+竞政府持有商品住宅产权份额+竞高标准商品住宅建设方案”方式供地。其中，《高标准商品住宅建设方案评审内容和评分标准》中明确将绿色建材应用作为宜居技术应用的一项组成技术，纳

²⁴ 北京市全面启动绿色建材评价工作 (beijing.gov.cn)

²⁵ 新版北京市《绿色建筑评价标准》要求选用绿色建材标识产品_行业资讯_资讯_通风设备网 (tfsb.net)

²⁶ 关于《北京建设工程造价信息》征集厂家产品价格信息的通知 (bcebc.org.cn)

入评分范围²⁷。提出了“采用通过三星级绿色建材认证的预拌混凝土、预拌砂浆、保温材料、建筑门窗、防水卷材、防水涂料”，以及“住宅小区内道路、园林绿化等公共设施项目建设所用路面砖、植草砖、道路无机料、路缘石等 100%使用建筑垃圾再生产品”两方面的具体要求。

2.3.2 绿色建材应用情况

北京市本地生产企业现获得绿色建材产品认证证书共计 116 张，其中，以本地供应为主的预拌混凝土企业 60 张，预拌砂浆 12 张，预制构件 16 张，基本覆盖了全市主要预拌混凝土生产企业。墙体材料、保温材料和防水材料主要以河北为主，其相关产品的绿色建材证书获证总量也分别达到 7 张、30 张和 64 张。到 2020 年底，北京市绿色建筑面积占城镇民用建筑总面积比例达到 25%以上，绿色建材在新建建筑的应用比例达到 40%²⁸。

2.4 小结

相关城市结合自身特点，对促进绿色建材应用的路径展开探索，取得了较好的推广效果，同时积累了丰富的经验。一是完善顶层制度。组建多部门共同参与的工作专班组织，明确职能分工；设立专家库，提供智力支撑保障。二是强化过程管控。建立绿色建材应用从材料采购、到过程控制、再到竣工验收的标准化评价体系，并利用线上信息化平台、带量集中采购等方式对相关项目全过程绿色管控机制予以落实。三是培育绿色建材产业链。通过产业对接会、宣贯会等多种形式促进产需对接，建立政策资金扶持和绿色金融支撑，提高生产应用两端生产应用绿色建材的积极性。

通过一系列政策的出台实施，推进了绿色建材产品在各个城市的应用，南京、青岛和北京三市绿色建材应用比例分别提升到 58%、15% 和 40%。

²⁷ 浅谈北京市高标准商品住宅建设方案 (qq.com)

²⁸ 北京市将建 30 万平方米超低能耗示范建筑_地方政府_中国政府网 (www.gov.cn)

第三章 绿色建材应用减碳量评估分析

绿色建材具有资源和能源消耗少、环境污染小、碳排放强度低、产品质量品质高等优势，是建材工业在产业结构、能源消耗、生产过程、资源利用、产品供给、绿色制造等方面实施减碳的有效途径，也是城乡建设领域强化全生命周期节能降碳的重要抓手，做好绿色建材应用推广工作，有利于推动中国经济社会实现碳达峰碳中和目标实现。

为科学、准确评估分析绿色建材减碳量，课题组根据建材产品生产应用特点，优选建设工程项目中使用量大、生产制造碳排放量高的建材产品形成核心建材计算清单，并逐一分析其应用减碳量，进而汇总形成碳减排量评估分析结论。

3.1 核心建材清单梳理确定

课题组分别结合南京市和青岛市典型项目建筑材料的使用情况进行了统计分析，得出两地建设工程项目中使用量大、碳排放量高的核心建材清单。

3.1.1 南京市

课题组在南京市分别选取了住宅、办公楼、商业营业用房、其他类建设项目中的一个项目作为样本进行调查统计。通过计算 4 个样本项目主要建材产品应用数量、相应建材产品碳排放强度等情况，综合分析得出建设工程项目中使用量大、碳排放量高的核心建材清单详见表 4。（核心清单梳理过程详见附件 1）

3.1.2 青岛市

课题组在青岛市分别选取了 4 个居住建筑项目、6 个公共建筑项目、4 个装配式建筑项目共 14 个项目作为样本进行调查统计。通过计算 14 个样本项目主要建材产品应用数量、相应建材产品碳排放强度等情况，综合分析得出建设工程项目中使用量大、碳排放量高的核心建材清单详见表 5。（核心清单梳理过程详见附件 2）

表 4 南京市核心建材清单

排名	建材种类	碳排放量占比
1	混凝土	33.76%
2	钢材	31.19%
3	水泥	7.63%
4	砂浆	5.94%
5	砌块	5.85%
6	胶粘剂	4.41%
7	建筑塑料	3.02%
8	木材	2.91%
9	电线材料	1.98%
10	电焊材料	1.29%
11	陶瓷	——
12	玻璃	——
13	建筑保温材料	——
14	建筑防水材料	——

表 5 青岛市核心建材清单

排名	建材种类	占比
1	钢材	37.84%
2	混凝土	22.68%
3	水泥	15.34%
4	砂浆	10.13%
5	木材	7.96%
6	砖砌体	2.88%
7	建筑涂料	/
8	陶瓷	/
9	玻璃	/
10	建筑保温材料	/
11	建筑防水材料	/

3.1.3 清单汇总

根据南京市、青岛市的核心建材清单及北京市《高标准商品住宅建设方案评审内容和评分标准》中提出要求的绿色建材产品的出现次数、排名等因素，综合考虑汇总核心建材清单详见表 6。

表 6 核心建材清单汇总表

南京		青岛		北京		汇总	
排名	建材种类	排名	建材种类	排名	建材种类	排名	建材种类
1	混凝土	1	钢材	-	预拌混凝土	1	混凝土
2	钢材	2	混凝土	-	预拌砂浆	2	预拌砂浆
3	水泥	3	水泥	-	保温材料	3	保温材料
4	砂浆	4	砂浆	-	建筑门窗	4	防水材料
5	砌块	5	木材	-	防水卷材	5	钢材
6	胶粘剂	6	砖砌体	-	防水涂料	6	水泥
7	建筑塑料	7	建筑涂料			7	砌块
8	木材	8	陶瓷			8	木材
9	电线材料	9	玻璃			9	陶瓷
10	电焊材料	10	建筑保温材料			10	玻璃
11	陶瓷	11	建筑防水材料				
12	玻璃						
13	建筑保温材料						
14	建筑防水材料						

3.2 核心清单产品减碳替代潜力

3.2.1 混凝土

3.2.1.1 预拌混凝土

预拌混凝土是开展绿色建材评价工作较早的七类产品之一，在绿色建材评价阶段，共发出 1172 张证书，占绿色建材评价证书的一半。认证工作开始后，预拌混凝土产品也是发证数量最多的产品，已经发出绿色建材产品认证证书 261 张，其中一、二、三星级产品获证数量分别约占比 4%、36%和 60%。

预拌混凝土产品的绿色建材产品认证依据为《绿色建材评价 预拌混凝土》（T/CECS 10047-2019），认证产品范围涵盖了预拌混凝土的常规品和特制品。其生产过程的减碳主要考虑生产节能和原料固废利用两方面。

表 7 各星级预拌混凝土产品单位产品综合能耗一览表

产品分类	综合能耗 (kgce/m ³)		
	一星级	二星级	三星级
预拌混凝土	生产能耗≤0.70		生产能耗≤0.30
	运输能耗≤2.65		运输能耗≤1.85

同时，预拌混凝土产品原料在利用各类固体废弃物方面有较强的能力，在《绿色建材评价 预拌混凝土》（T/CECS 10047-2019）标准中提出了固废掺加量的相关要求（详见表 8）²⁹。

表 8 各星级预拌混凝土产品单位利废要求一览表

产品分类	固体废弃物掺加量 (%)		
	一星级	二星级	三星级
预拌混凝土	≥30		

从原料来源方面分析，预拌混凝土产品生产主要使用的废弃物品种一般为粉煤灰、矿粉和尾矿废石、建筑垃圾等，分别替代水泥作为活性掺合料和替代砂石作为混凝土集料。目前，在国内预拌混凝土的生产中粉煤灰、矿粉替代水泥作为活性掺合料已经被广泛使用，其使用占比约为混凝土质量的 4%，即需要有 26%，即 676kg/m³ 的尾矿废石或建筑垃圾等替代砂石，方可达到绿色建材标准要求。

据中国混凝土网的不完全统计，2020 年我国商品混凝土总产量为 28.99 亿 m³，超半数达到绿色建材相关要求³⁰。预拌混凝土生产制造行业主要使用的能源种类包括燃油、电力，其中生产能耗以电力为主，运输能耗以柴油为主³¹。综合分析，预拌混凝土生产制造行业能源消费结构。根据各燃料排放因子，及天然骨料的生产碳排放因子一二三星级比例按 4：36：60 测算（截止至 2022 年 12 月绿色建材产品评价或认证的证书发出情况作为计算依据。下同），可降低二氧化碳排放 479.3 万吨。

²⁹ 绿色建材评价 预拌混凝土:T/CECS 10047-2019[S]. 2019.

³⁰ 2020 年中国各省市商品混凝土产量及市场分析_企业 (sohu.com)

³¹ 何永嵩.预拌混凝土能源消耗现状及节能潜力研究[J].广东建材,2017,33(08):84-87.

3.2.1.2 预制构件

目前，预制构件产品已经发出绿色建材产品认证证书 82 张，其中一、三星级获证产品数量分别约占比 3%和 97%。预制构件按照生产过程原材料使用方面减碳效益测算，主要为固废利用的减碳量。依据 T/CECS 10025-2019《绿色建材评价 预制构件》³²，二星级和三星级绿色建材预制构件的固废使用率为 $\geq 5\%$ 。

2020 年，全国 31 个省、自治区、直辖市和新疆生产建设兵团新开工装配式混凝土结构建筑 4.3 亿 m²，按每平方米装配式建筑混凝土用量 0.6m³ 计算，预制率平均为 30%计算，全国预制构件生产量为 7740 万 m³，预制构件容重按 2600kg/m³ 计算，若半数达到绿色建材相关要求，一二三星级比例按 3: 0: 97 测算，可降低二氧化碳排放 1.1 万吨³³。

3.2.2 预拌砂浆

预拌砂浆是开展绿色建材评价工作较早的七类产品之一，在绿色建材评价阶段，共发出 249 张证书，占绿色建材评价证书的 10.6%。认证工作开始后，预拌砂浆产品也是发证数量较多的产品，已经发出绿色建材产品认证证书 62 张，其中一、二、三星级获证产品数量分别约占比 3%、36%和 61%。

预拌砂浆产品的绿色建材产品认证依据为《绿色建材评价 预拌砂浆》（T/CECS 10047-2019），认证产品范围涵盖了湿拌砂浆、干混砂浆产品。其生产过程的减碳主要考虑生产节能和原料固废利用两方面。

根据标准确定的相关指标，涉及在生产过程中的节能的相关指标详见表 9。

³² 绿色建材评价 预制构件:T/CECS 10025-2019[S]. 2019.

³³ 早报精华 2021.03.15 1、碳排放减少 25% 装配式建筑去年新开工面积同比增 5 成住建部通报 2020 年度全国装配式建筑发展情况。2020 年，全国 3... - 雪球 (xueqiu.com)

表 9 各星级预拌砂浆产品单位产品综合能耗一览表

产品分类		综合能耗		
		一星级	二星级	三星级
湿拌砂浆 (kgce/m ³)		生产能耗≤0.70		生产能耗≤0.30
		运输能耗≤2.65		运输能耗≤1.85
干混砂浆 (kgce/t)	无破碎制砂、烘砂工艺	≤1.45	≤1.20	≤0.85
	具有破碎制砂工艺	≤1.50	≤1.30	≤1.00
	具有烘砂工艺	≤9.50	≤8.00	≤6.50

预拌砂浆产品在利用各类固体废弃物方面有较强的作用，在《绿色建材评价预拌砂浆》（T/CECS 10048-2019）标准中提出了固废掺加量的相关要求（详见表 10）³⁴。

表 10 各星级预拌砂浆产品单位利废要求一览表

产品分类	固体废弃物掺加量 (%)		
	一星级	二星级	三星级
预拌砂浆	≥30		

据中国建材联合会预拌砂浆分会统计，根据砂浆行业能源消费结构，各燃料排放因子、天然骨料碳排放因子，若半数达到绿色建材相关要求，一二三星级比例按 3：36：61 测算，可降低二氧化碳排放 15.8 万吨。

3.2.3 保温材料

保温系统材料是开展绿色建材评价工作较早的七类产品之一，在绿色建材评价阶段，共发出 269 张证书，占绿色建材评价证书的 11.4%。认证工作开始后，保温系统材料已经发出绿色建材产品认证证书 22 张，其中一、二、三星级获证产品数量分别约占比 11%、8%和 81%。

保温系统材料的绿色建材产品认证依据为《绿色建材评价保温系统材料》（T/CECS 10032-2019）³⁵，认证产品范围涵盖了岩棉制品、

³⁴ 绿色建材评价-预拌砂浆:T/CECS 10048-2019[S]. 2019.

³⁵ 绿色建材评价-保温系统材料:T/CECS 10032-2019[S]. 2019.

玻璃棉制品、模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）、挤塑聚苯乙烯泡沫塑料（XPS）、柔性泡沫橡塑制品、泡沫玻璃制品、发泡陶瓷制品等产品。其生产过程的减碳主要考虑生产节能和原料固废利用两方面。根据标准确定的相关指标，涉及在生产过程中的节能的相关指标详见表 11。

表 11 各星级保温系统材料产品单位产品综合能耗一览表

产品分类		综合能耗		
		一星级	二星级	三星级
岩棉制品 (kgce/t)		≤490	≤450	≤400
玻璃棉制品 (kgce/t)		≤440	≤410	≤380
模塑聚苯乙烯泡沫塑料 (EPS)		——	——	——
挤塑聚苯乙烯泡沫塑料 (XPS)		——	——	——
柔性泡沫橡塑制品 (kgce/m ³)		≤15.0	≤10.0	≤6.0
泡沫玻璃制品 (kgce/t)	I 型	≤480	≤460	≤443
	其他	≤480	≤375	≤270
发泡陶瓷制品 (kgce/m ³)		≤20	≤15	≤10
硬质聚氨酯泡沫塑料 (kgce/m ³)		——	≤100	≤70

保温系统材料产品在利用各类固体废弃物方面有较强的作用，在保温系统材料标准中提出了固废掺加量的相关要求（详见表 12）。

表 12 各星级保温系统材料产品单位利废要求一览表

产品分类		固废利用率 (%)		
		一星级	二星级	三星级
岩棉制品		≥10	≥25	≥40
玻璃棉制品		≥80		
模塑聚苯乙烯泡沫塑料 (EPS)		——	——	——
挤塑聚苯乙烯泡沫塑料 (XPS)		——	——	——
柔性泡沫橡塑制品 (kgce/m ³)		——	——	——
泡沫玻璃制品 (kgce/t)	I 型	——	——	——
	其他	≥99		
发泡陶瓷制品 (kgce/m ³)		≥90		
硬质聚氨酯泡沫塑料 (kgce/m ³)		——	——	——

据中国绝热节能材料协会相关统计，2020 年我国岩棉、玻璃棉产量分别为 380 万吨和 80 万吨。根据保温系统材料行业能源消费结

构，若半数达到绿色建材相关要求，一二三星级比例按 11：8：81 测算，可分别降低二氧化碳排放 35.8 万吨和 6.0 万吨。

3.2.4 防水材料

防水材料（防水卷材）也是发证数量较多的产品，已经发出绿色建材产品认证证书 158 张，其中三星级获证产品数量 157 张。防水卷材的绿色建材产品认证依据为《绿色建材评价 防水卷材》（T/CECS 10038-2019）³⁶，认证产品范围涵盖了沥青基防水卷材、高分子防水卷材等产品。根据标准确定的相关指标，涉及在生产过程中的节能的相关指标，详见表 13。

表13 各星级防水卷材产品单位产品综合能耗一览表

产品分类	综合能耗（kgce/km ² ）		
	一星级	二星级	三星级
沥青基防水卷材（有胎改性类）	≤200	≤200	≤180
沥青基防水卷材（无胎改性类）	≤100	≤100	≤90
高分子防水卷材（硫化橡胶类）	≤450	≤420	≤400
高分子防水卷材（其他高分子类）	≤200	≤190	≤180

2020 年，我国沥青和改性沥青防水卷材产量为 22.52 亿平方米。根据沥青基防水卷材行业能源消费结构，各燃料排放因子，若半数达到三星级绿色建材相关要求测算，可降低二氧化碳排放 3.14 万吨。

3.2.5 钢材

参考《建筑碳排放计算标准》（GBT 51366-2019）附录 D 建材碳排放因子³⁷，钢材的平均碳排放因子约为 2350kgCO₂e/t，钢结构房屋用钢构件的绿色建材产品认证标准《绿色建材评价 钢结构房屋用钢构件》（T/CECS 10028-2019）³⁸中给出了不同星级钢构件使用的钢材的单位碳排放量（碳排放因子），见表 14。

表14 各星级钢材碳排放因子要求一览表

产品名称	碳排放因子（kgCO ₂ e/t）		
	一星级	二星级	三星级

³⁶ 绿色建材评价-防水卷材:T/CECS 10038-2019[S]. 2019.

³⁷ 建筑碳排放计算标准:GB/T 51366-2019[S]. 2019.

³⁸ 绿色建材评价 钢结构房屋用钢构件:T/CECS 10028-2019[S]. 2019.

钢材	≤2400	≤2100	≤2000
----	-------	-------	-------

相关统计，2020 年建筑钢构件产量分别为 2 万吨，若半数达到绿色建材相关要求，一二三星级产品比重为 1:1: 1，可降低二氧化碳排 476 吨。

3.2.6 水泥

水泥是最重要的基础性建筑材料之一，与钢材、木材并称为三大基础建筑材料³⁹。1978 年以来，中国经济建设对水泥的需求不断增长，特别是 2000 年以后，中国国内水泥和熟料产量长时间呈现稳定快速增长态势。从 2000 年产量不足 6 亿吨，熟料产量 4.4 亿吨，至 2014 年，水泥和熟料产量已高达 24.8 亿吨和 14.2 亿吨。2014 年后，中国水泥产量稳中有降，但熟料产量却持续逆势上涨，至 2020 年国内熟料产量已达 15.79 亿吨。

根据近年工信部发布的能效领跑者企业的水泥熟料可比综合能耗数据由 103.47kgce/t 下降到 93.82kgce/t。其中前 15 名领先企业水泥熟料产品能耗下降 9.32%，2020 年公告的 28 家水泥企业水泥熟料可比综合能耗均小于 100kgce/t。若通过推进将水泥或水泥熟料碳排放指标纳入绿色建材产品认证标准体系，将熟料单位产品综合能耗限值确定为 100kgce/t 或要求单位熟料产品能源消耗碳排放量不超过 0.269 吨二氧化碳/吨熟料，按 2020 年水泥生产规模，若全行业 30% 的企业达到这一水平，可实现碳减排约 3000 万吨。

3.2.7 建筑砌块

砌体材料是开展绿色建材评价工作较早的七类产品之一，在绿色建材评价阶段，共发出 488 张证书，占绿色建材评价证书的 20.7%。认证工作开始后，砌体材料也是发证数量较多的产品，已经发出绿色建材产品认证证书 80 张，其中一、二、三星级获证产品数量分别约占比 3%、17%和 80%。

砌体材料的绿色建材产品认证依据为《绿色建材评价砌体材料》

³⁹ 王园. 土工合成材料的应用与标准[C]. //第七届中国土工合成材料学术会议论文集. 2008:130-134.

(T/CECS 10031-2019)⁴⁰，认证产品范围涵盖了烧结类砌体材料、非烧结类砌体材料（常压养护）、非烧结类砌体材料（蒸压养护）、复合保温砌体材料等产品。其生产过程的减碳主要考虑生产节能和原料固废利用两方面。根据标准确定的相关指标，涉及在生产过程中的节能的相关指标详见表 15。

表15 各星级砌体材料产品单位产品综合能耗一览表

产品分类		综合能耗		
		一星级	二星级	三星级
烧结多孔砖和多孔砌块 (kgce/t)		≤48		≤46
烧结空心砖和空心砌块 (kgce/t)		≤50		≤47
烧结保温砖和保温砌块 (kgce/t)		≤52		≤50
烧结实心制品 (kgce/t)		≤46		≤44
蒸压加气混凝土砌块 (kgce/m ³)	蒸汽外供	≤21		
	自备锅炉、蒸汽自供	≤20		
复合保温砌体材料（烧结类） (kgce/t)		≤52		≤50

砌体材料产品在利用各类固体废弃物方面有较强的作用，在 T/CECS 10031-2019 标准中提出了固废掺加量的相关要求（详见表 16）。

据相关统计，2020 年我国烧结类墙体材料生产总量为 3691 亿块，加气混凝土砌块产量 1.83 亿 m³。根据行业能源消费结构，若半数达到绿色建材相关要求，一二三星级比例按 3：17：80 测算，可降低二氧化碳排放 1109.5 万吨。

表16 各星级砌体材料产品单位利废要求一览表

产品分类			固废掺加量（%）		
			一星级	二星级	三星级
烧结类 砌体材 料	单一固体 废弃物	煤矸石	≥50	≥60	≥80
		粉煤灰	≥30	≥40	≥50
	煤矸石加其他固体废弃 物（不含粉煤灰）		≥50	≥60	≥80
	其他固体废弃物（不含 煤矸石、粉煤灰）		≥30	≥30	≥30
非烧结类砌体材料（常压养护）			≥30	≥30	≥30

⁴⁰ 绿色建材评价-砌体材料:T/CECS 10031-2019[S]. 2019.

非烧结类砌体材料（蒸压养护）				≥50	≥60	≥70
复合保温砌体材料	烧结类	单一固体废弃物	煤矸石	≥50	≥60	≥80
			粉煤灰	≥30	≥40	≥50
		煤矸石加其他固体废弃物（不含粉煤灰）		≥50	≥60	≥80
		其他固体废弃物（不含煤矸石、粉煤灰）		≥30		
		非烧结类		≥30		

3.2.8 木材

现代木结构用材的绿色建材产品认证依据为《绿色建材评价现代木结构用材》（T/CECS 10030-2019）⁴¹，标准中给出了不同星级木结构用材单位产品基本能耗。目前，我国胶合木年产量约为 20 万-30 万 m³。目前国内 4 家单位完成了胶合木产品绿色建材认证，发出 9 张产品认证证书。若半数达到三星级绿色建材相关要求，可降低二氧化碳排放 1740 吨。

3.2.9 陶瓷

3.2.9.1 建筑陶瓷

建筑陶瓷是开展绿色建材评价工作较早的七类产品之一，在绿色建材评价阶段，共发出 114 张证书，占绿色建材评价证书的 4.8%。认证工作开始后，建筑陶瓷产品已经发出绿色建材产品认证证书 52 张，其中二、三星级获证产品数量分别约占比 4%和 96%。

建筑陶瓷的绿色建材产品认证依据为《绿色建材评价 建筑陶瓷》（T/CECS 10036-2019）⁴²，认证产品范围涵盖了吸水率 $E \leq 0.5\%$ 的陶瓷砖（板）、吸水率 $0.5\% < E \leq 10\%$ 的陶瓷砖（板）、吸水率 $E > 10\%$ 的陶瓷砖（板）产品。其生产过程的减碳潜力通过生产节能实现，根据标准确定的相关指标，涉及在生产过程中的节能的相关指标详见表 17。

⁴¹ 绿色建材评价 现代木结构用材:T/CECS 10030-2019[S]. 2019.

⁴² 绿色建材评价-建筑陶瓷:T/CECS 10036-2019[S]. 2019.

表17 各星级建筑陶瓷产品单位产品综合能耗一览表

产品分类	综合能耗 (kgce/m ²)		
	一星级	二星级	三星级
E≤0.5%的陶瓷砖(板)	≤7.0	≤7.0	≤6.4
吸水率 0.5%<E≤10%的陶瓷砖(板)	≤4.6	≤4.6	≤4.3
吸水率 E>10%的陶瓷砖(板)	≤4.5	≤4.5	≤4.2

相关统计，2020 年我国建筑陶瓷产量为 103.7 亿 m²。建筑陶瓷生产行业主要使用的能源种类包括燃煤（一般转化为水煤气）、柴油、天然气、电力等。较多企业烧成环节使用的能源是燃煤制水煤气，随着目前清洁能源的推广，企业逐步转型使用天然气替代燃煤作为窑炉烧成环节的主要能源。经分析，建筑陶瓷生产行业能源消费中，煤炭、天然气、电力和柴油的比例（折算为标煤的比例）约为 55:29.5:15:0.5。若半数达到绿色建材相关要求，按 E≤0.5%的陶瓷砖（板）减碳能力，二星级比例按 4:96 测算，可降低二氧化碳排放 2013.0 万吨。

3.2.9.2 卫生洁具

建筑陶瓷是开展绿色建材评价工作较早的七类产品之一，在绿色建材评价阶段，共发出 39 张证书，占绿色建材评价证书的 1.7%。认证工作开始后，卫生洁具产品已经发出绿色建材产品认证证书 17 张，三星级获证产品数量占比 100%。

卫生洁具的绿色建材产品认证依据为《绿色建材评价 卫生洁具》（T/CECS 10037-2019）⁴³，认证产品范围涵盖了坐便器、蹲便器、小便器等卫生陶瓷产品。其生产过程的减碳潜力通过生产节能实现，根据标准确定的相关指标，涉及在生产过程中的节能的相关指标详见表 18。

表18 各星级卫生洁具产品单位产品综合能耗一览表

产品分类	综合能耗 (kgce/t)		
	一星级	二星级	三星级
卫生洁具	≤630	≤630	≤500

⁴³ 绿色建材评价 卫生洁具:T/CECS 10037-2019[S]. 2019.

相关统计，2020 年我国卫生陶瓷产量分别为 8000 万件，卫生洁具生产行业主要使用的能源种类包括天然气、柴油、电力等。经分析，建筑陶瓷生产行业能源消费中，天然气、电力和柴油的比例（折算为标煤的比例）约为 75:24:1。若半数达到绿色建材三星级相关要求，可降低二氧化碳排 1060 吨。

3.2.10 玻璃

目前，建筑节能玻璃产品已经发出绿色建材产品认证证书 12 张，三星级获证产品数量占比 100%。

建筑节能玻璃的绿色建材产品认证依据为《绿色建材评价 建筑节能玻璃》（T/CECS 10034-2019）⁴⁴，认证产品范围涵盖了钢化玻璃、夹层玻璃、中空玻璃等产品。其生产过程的减碳主要考虑生产节能和原料选用两方面。

根据标准确定的相关指标，对钢化玻璃和夹层玻璃涉及在生产过程中的节能指标进行统计分析。根据标准确定的相关指标，涉及在生产过程中的节能的相关指标详见表 19。

表19 各星级钢化、夹层玻璃产品单位产品综合能耗一览表

产品分类	单位产品综合能耗（kW·h/m ² ）		
	一星级	二星级	三星级
平面普通钢化玻璃	≤4.00	≤3.60	≤3.22
平面低辐射镀膜钢化玻璃	≤5.00	≤4.50	≤3.99
曲面普通钢化玻璃	≤5.20	≤4.80	≤4.22
曲面低辐射镀膜钢化玻璃	≤6.00	≤5.60	≤5.22
夹层玻璃	≤5.0	≤4.5	≤4.0

相关统计，2020 年我国钢化玻璃、夹层玻璃产量分别为 5.3 亿 m² 和 1.1 亿 m²。⁴⁵建筑节能玻璃行业主要使用的能源种类包括重油、天然气、石油焦、煤气、煤焦油、外购电力和热力等。目前，大部分企业主要使用煤制气、石焦油、天然气、燃料油。综合分析，随着目前清洁能源的推广，建筑节能玻璃行业能源消费中，煤制气、石焦油、

⁴⁴ 绿色建材评价 建筑节能玻璃:T/CECS 10034-2019[S]. 2019.

⁴⁵ 2020 年中国夹层玻璃产量月度统计表「图表」各省市产量数据统计 (baidu.com)

天然气、燃料油、电力的比例约为 19:13:41:25:2。若半数达到绿色建材三星级要求，可分别降低二氧化碳排 8.2 万吨和 2.1 万吨。

3.3 小结

通过对南京、青岛和北京典型工程案例的梳理，结合产品应用数量及相应产品的碳排放强度，本报告梳理了包含混凝土、预拌砂浆、保温材料、防水材料、钢材、水泥、砌块、木材、陶瓷、玻璃等十类建筑材料在内的核心建材清单，并对清单中产品对建筑全生命周期碳减排量的影响进行了逐一分析。结果显示，绿色建材产品通过在其相应标准中对固废利用、原（燃）料低碳化和生产能耗约束等手段，可有效实现对建筑全生命周期碳减排的贡献。

第四章 结论建议

以南京、青岛、北京等城市为代表一批城市，积极利用财政、金融和政府采购等手段，促进绿色建材产品的生产应用，但在工作推进的过程中也暴露出一些亟需解决的问题。

一是绿色建材的推广应用机制仍有待探索。根据目前政策实施效果来看，政府采购工程项目仅限于财政直接出资的项目。为解决项目融资等需要，地方政府大量项目依托于各级政府平台公司投资建设，财政直接出资项目的数量和规模出现萎缩，无法形成持续项目支撑，绿色建材推广应用面临一定实际困难。

二是企业绿色认证积极性低。由于采用认证的形式，认证及检测费用少则几万多则十几万。对于部分中小型建材供应商存在较大的资金压力，造成这类企业对认证工作多持观望态度。

三是绿色建材激励政策机制需完善。建材企业生产绿色建材及项目应用绿色建材均会形成一定的增量成本，短期来说对企业发展及项目承建方都会形成推动阻力。

四是项目应用绿色建材全过程监管机制需加强。项目建设全过程应由项目土地出让、立项、规划、建设、验收等环节组成，需要形成闭环方可保证项目应用效果。而在试点项目监督检查过程中，对于不按试点项目要求使用绿色建材的行为，缺乏有效的监管措施，促进绿色生产仍缺乏“从被动到主动”的主推力。

基于上述问题，在政策、市场和技术三个方面提出建议如下：

4.1 政策层面

培育绿色建材全链条产业。多部门协同发力，对绿色建材全链条产业提高政策支撑力度，构建内控制度、带量采购、供需对接展示等绿色建材推广应用长效机制。

规范材料应用全过程管理。建立完善绿色建材入库登记管理系统，开发绿色建材采信应用与数据监管服务平台，规范试点项目申报确定、

实施监管、核验等各环节全过程管理。

开展绿色建材应用示范工程建设。以政府采购绿色建材促进建筑品质提升试点工作为切入点，推进绿色建材应用示范工程建设，研究建立管理制度、评价标准及推广模式，逐步将试点范围继续扩大到市政、住宅和工业建筑等领域，力争做到绿色建材应用的全覆盖，培育一批示范工程，带动建筑高质量发展。

积极丰富金融财政政策。现有资源综合利用的税收基础上，研究建立绿色建材税收、财政补贴、信贷等方面政策。对绿色建材应用超过一定比例的试点示范项目，分档给予财政引导扶持。同时，以推动绿色金融为抓手进一步推动绿色建材应用，调动建设单位使用绿色建材的积极性。

4.2 市场层面

提高工程造价预算。在现行建材产品造价定额中增加绿色建材产品定额或为绿色建材产品造价设置上浮区间。在土地出让条件中，鼓励优先选用绿色建材，对于应用绿色建材达到一定比例的建筑工程项目，允许提高单位面积建造成本或在房屋销售价格控制方面予以相应放宽。

推广绿色建材应用减碳效益计算。在建筑全生命周期碳足迹计算中，对于选用绿色建材的，在隐含碳计算时，允许按照绿色建材产品减碳效益替代潜力计算结果在总体碳足迹中予以扣减，鼓励设计师及开发企业选用绿色低碳建材产品。

加大宣传力度。扩大绿色建材产品认证宣传工作，增强绿色建材生产和应用示范效益。借助媒体和网络平台，多方位、多角度推广宣传绿色建材的重要性，在群众中、市场中推广绿色建材，使公众认识到绿色建材的使用对节约资源、创建高质量居住环境的重要意义。提高绿色建材的社会认可度和购买力，从消费端促进绿色建材行业的发展。

4.3 技术层面

完善绿色低碳建材标准体系。编制绿色建材基础标准、方法标准、产品标准、应用标准、管理标准，建立健全绿色建材设计、生产、评价、使用、回收及再利用标准体系。同时进一步融入可量化、可认证的低碳化指标，为下游绿色建筑的整体碳排放量计算与生命周期足迹的分析研究提供支撑。

积极研发新型绿色低碳建材体系和产品。政府牵头组织行业科技力量开展重大科技攻关，引导行业科技创新，加快提升建材行业科技创新质量和水平，突破一批卡脖子技术，支撑建材行业绿色低碳安全高质量发展。通过推广和经济激励引导相结合的手段，大力发展装配式建筑，新建建筑采用钢结构等低碳结构体系。

打造绿色建材创新平台。依托大型企业集团、科研院所、大专院校等单位，构建完善产学研用相结合的产业发展创新体系。创建一批以绿色建材为特色的技术中心、工程中心或重点实验室，完善产业发展所需公共研发、技术转化、检验认证等平台。加强建材生产与建筑设计、工程建造等上下游企业互动，组建绿色建材产业发展联盟。依托尾矿、建筑废弃物等资源建设新型墙体材料、机制砂石生产基地。加强绿色建材认证技术支持。组织开展绿色建材认证技术研究，进一步扩大绿色建材产品认证目录范围。做好绿色建材产品认证实施规则，加强认证机构专业从业人员培训。

强化信息化管理水平。实现现有绿色建材评价认证、绿色产品标识认证信息平台、采信应用数据库等数据的互联互通，为政府、行业、社会等提供权威、量大、面广、实用、及时、有效的信息服务。强化信用行为管理和诚信管理体系建设，形成公信力强、行业自发自觉、平稳运行的信息平台。

附录 1 南京市核心建材清单制定思路及流程

1. 样本项目选取

《江苏统计年鉴（2021）》按工程用途将南京市房地产分为了住宅、办公楼、商业营业用房、其他四类。为了对南京市建筑工程当中的核心建材进行了解，依据统计年鉴中的分类，分别选取南京市住宅、办公楼、商业营业用房、其他类建设项目中的一个项目作为样本进行调查统计。

为了保证样本的代表性，课题组选取了四个优质的工程项目进行统计：

附表 1-1 样本项目信息

类别	样本项目	合同金额 (万元)	奖项称号
住宅	某人才公租房项目	20831.6	省建筑施工标准化星级 (三星) 工地
办公楼	某科技大厦 1 号楼工程	3671.2	省建筑业新技术应用示 范工程
商业营业用房	某中心商业楼工程	10510.4	市 “优质结构工程”
其他	某医院感染门诊楼工程	5510.7	市标准化文明示范工地

根据某顾问有限公司提供的四个样本项目材料使用清单，对其材料使用清单进行分类整理，得出四个项目用量大的典型建材的用量清单及排序。

2. 碳排放因子选取

为了评估项目建设过程中建材的碳排放量的高低水平，利用国际上以及目前行业中常用的碳排放因子法进行定量计算，碳排放因子的收集方法应按数据优先级进行收集，获取来源见附表 1-2。

附表 1-2 碳排放因子获取来源

数据类型	解释	来源	优先级
------	----	----	-----

国家排放因子	基于国家特征获得的排放因子	《建筑碳排放计算》 GB/T51366-2019	高 —— 低
区域排放因子	基于区域特征获得的排放因子	东禾软件碳排放因子库	

3. 项目各建材碳排放量计算

分别计算住宅、办公楼、商业营业用房、其他建设项目的建材使用情况，通过碳排放因子法，通过“建材碳排放量=建材使用量×建材碳排放因子”，可以计算得出四个项目中各建材碳排放量。

（1）南京市建材碳排放量占比计算

据《江苏统计年鉴（2021）》分市房地产开发投资统计数据，它将南京市房地产开发投资按工程用途分为了四类，并公布了当年各类的投资数额。将四个样本项目的建材碳排放量占比统计结果，按南京市房地产开发投资比例进行拟合，可以得出南京市工程建设中建材碳排放量占比情况。

附表 1-3 2020 年南京市房地产开发投资统计

按工程用途分	住宅	办公楼	商业营业用房	其他	合计
数额（亿元）	1862.72	136.74	241.86	390.08	2631.4
占比	70.8%	5.2%	9.2%	14.8%	100.0%

4. 建立南京市核心建材清单

根据上面的计算结果，选取碳排放量前十的建材组成南京市核心建材清单。

（1）数据整理

将四个样本项目的材料清单中都涵盖且使用较多的建材进行整理，同一单位，整理得到了 17 类建材的用量。

附表 1-4 四个样本项目建材用量

序号	建材类别	住宅	办公楼	商业建筑	医院	单位
		建材用量				
1	钢材	1066792.63	5107161.33	475715.22	6250.10	kg
2	木材	1671315.34	2171647.31	2744032.81	36764.04	m ³
3	水泥	127853.31	229244.26	10488.05	5235.97	kg

4	混凝土	15016.78	14301.41	2478.18	442.65	m ³
5	电焊材料	6691.52	17826.09	3595.42	290.09	kg
6	建筑塑料	64828.06	98542.73	8224.33	820.41	kg
7	砂石	203539.06	660046.34	43404.10	122545.46	kg
8	砌块	109153624.55	2812460.19	754670.03	75669.00	m ³
9	铁材	25729.88	75720.83	7967.68	795.16	kg
10	铝材	26037.69	1109.40	200.90	0.00	kg
11	建筑用漆	29330.34	6676.91	2699.64	31.71	kg
12	胶粘剂	99889.57	71641.59	2885.26	1797.78	kg
13	电线材料	19502.22	6174.48	1891.88	1415.37	kg
14	涂抹材料	51190.26	43945.21	324273.44	3621.73	kg
15	砂浆	3837344.84	5001046.31	555260.76	131113.42	kg
16	陶瓷	11161.03	2219.68	861.03	0.00	kg
17	玻璃	332.66	0.00	0.00	0.00	kg

将上述建材进行排序，分别将四个样本项目建材按用量进行排序，得到下列结果。

可以发现陶瓷、玻璃还有铝材在四个项目中的用量都较低，故剔除这三项建材，最终留下的 14 类用量大的典型建材分别是钢材、木材、水泥、混凝土、电焊材料、建筑塑料、砌块、铁材、建筑用漆、胶粘剂、电线材料、涂抹材料、砂浆。

附表 1-5 四个样本项目建材用量排序结果

排名	住宅	办公楼	商业建筑	医院
1	砌块	钢材	木材	砂浆
2	砂浆	砂浆	砌块	砂石
3	木材	砌块	砂浆	砌块
4	钢材	木材	钢材	木材
5	砂石	砂石	涂抹材料	钢材
6	水泥	水泥	砂石	水泥
7	胶粘剂	建筑塑料	水泥	涂抹材料
8	建筑塑料	铁材	建筑塑料	胶粘剂
9	涂抹材料	胶粘剂	铁材	电线材料
10	建筑用漆	涂抹材料	电焊材料	建筑塑料
11	铝材	电焊材料	胶粘剂	铁材
12	铁材	混凝土	建筑用漆	混凝土

13	电线材料	建筑用漆	混凝土	电焊材料
14	混凝土	电线材料	电线材料	建筑用漆
15	陶瓷	陶瓷	陶瓷	陶瓷
16	电焊材料	铝材	铝材	铝材
17	玻璃	玻璃	玻璃	玻璃

(2) 碳排放因子选取

附表 1-6 建材碳排放

序号	建材种类	碳排放因子		
1	钢材	3.744	kgCO ₂ e/kg	《建筑碳排放计算标准》 GB/T51366-2019
2	木材	73.900	kgCO ₂ e/m ³	东禾建筑碳排放因子库
3	水泥	0.735	kgCO ₂ e/kg	《建筑碳排放计算标准》 GB/T51366-2019
4	混凝土	295	kgCO ₂ e/m ³	《建筑碳排放计算标准》 GB/T51366-2019
5	电焊材料	20.5	kgCO ₂ e/kg	东禾建筑碳排放因子库
6	建筑塑料	6.790	kgCO ₂ e/kg	东禾建筑碳排放因子库
7	砂石	0.002	kgCO ₂ e/kg	《建筑碳排放计算标准》 GB/T51366-2019
8	砌块	336	kgCO ₂ e/m ³	《建筑碳排放计算标准》 GB/T51366-2019
9	铁材	1.53	kgCO ₂ e/kg	《建筑碳排放计算标准》 GB/T51366-2019
10	建筑用漆	3.5	kgCO ₂ e/kg	《建筑碳排放计算标准》 GB/T51366-2019
11	胶粘剂	6.550	kgCO ₂ e/kg	东禾建筑碳排放因子库
12	电线材料	10.870	kgCO ₂ e/kg	东禾建筑碳排放因子库
13	涂抹材料	0.89	kgCO ₂ e/kg	东禾建筑碳排放因子库
14	砂浆	0.197	kgCO ₂ e/kg	《建筑碳排放计算标准》 GB/T51366-2019

(3) 项目建材碳排放量计算

附表 1-7 四个样本项目各建材碳排放量（单位：kgCO₂e）

项目类型 及比例		住宅 70.8%				办公楼 5.2%				商业营业用房 9.2%				其他 14.8%			
序号	建材种类	用量		碳排放量	用量		碳排放量	用量		碳排放量	用量		碳排放量				
1	钢材	1066792.63	kg	3994071.61	5107161.33	kg	19121212.03	475715.22	kg	1781077.78	6250.10	kg	23400.38				
2	木材	3714.03	m³	274467.12	4825.88	m³	356632.75	6097.85	m³	450631.17	81.70	m³	6037.47				
3	水泥	127853.31	kg	939721.85	229244.26	kg	1684945.30	10488.05	kg	77087.17	5235.97	kg	38484.39				
4	混凝土	15016.78	m³	4429950.72	14301.41	m³	4218916.68	2478.18	m³	731061.96	442.65	m³	130580.75				
5	电焊材料	6691.52	kg	137176.12	17826.09	kg	365434.88	3595.42	kg	73706.11	290.09	kg	5946.76				
6	建筑塑料	64828.06	kg	440182.54	98542.73	kg	669105.12	8224.33	kg	55843.18	820.41	kg	5570.60				
7	砂石	203539.06	kg	510.88	660046.34	kg	1656.72	43404.10	kg	108.94	122545.46	kg	307.59				
8	砌块	218307.25	m³	354704.05	5624.92	m³	1889973.25	1509.34	m³	507138.26	151.34	m³	50849.57				
9	铁材	25729.88	kg	39366.72	75720.83	kg	115852.87	7967.68	kg	12190.54	795.16	kg	1216.60				
10	建筑用漆	29330.34	kg	102656.20	6676.91	kg	24704.57	2699.64	kg	9988.66	31.71	kg	117.34				
11	胶粘剂	99889.57	kg	654276.68	71641.59	kg	469252.39	2885.26	kg	18898.42	1797.78	kg	11775.44				
12	电线材料	19502.22	kg	211989.16	6174.48	kg	67116.56	1891.88	kg	20564.73	1415.37	kg	15385.07				
13	涂抹材料	51190.26	kg	45559.33	43945.21	kg	39111.24	324273.44	kg	288603.36	3621.73	kg	3223.34				
14	砂浆	3837344.83	kg	755956.93	5001046.31	kg	985206.12	555260.75	kg	109386.37	131113.42	kg	25829.34				
	合计			12380589.93			30009120.49			4136286.66			318724.64				

5. 南京市建材碳排放量占比计算

附表 1-8 四个样本项目各建材碳排放量占比及整体占比

项目类型及比例		住宅 70.8%	办公楼 5.2%	商业营业用房 9.2%	其他 14.8%	全市占比
序号	建材种类	占比	占比	占比	占比	
1	钢材	0.3226	0.6372	0.4306	0.0734	0.3119
2	木材	0.0222	0.0119	0.1089	0.0189	0.0291
3	水泥	0.0759	0.0561	0.0186	0.1207	0.0763
4	混凝土	0.3578	0.1406	0.1767	0.4097	0.3376
5	电焊材料	0.0111	0.0122	0.0178	0.0187	0.0129
6	建筑塑料	0.0356	0.0223	0.0135	0.0175	0.0302
7	砂石	0.0000	0.0001	0.0000	0.0010	0.0002
8	砌块	0.0287	0.0630	0.1226	0.1595	0.0585
9	铁材	0.0032	0.0039	0.0029	0.0038	0.0033
10	建筑用漆	0.0083	0.0008	0.0024	0.0004	0.0062
11	胶粘剂	0.0528	0.0156	0.0046	0.0369	0.0441
12	电线材料	0.0171	0.0022	0.0050	0.0483	0.0198
13	涂抹材料	0.0037	0.0013	0.0698	0.0101	0.0106
14	砂浆	0.0611	0.0328	0.0264	0.0810	0.0594
	合计	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

6. 核心建材清单建立

对上表的结果进行排序和 ABC 分类，得下表。

附表 1-9 南京市各类建材碳排放量占比排名

排名	建材种类	占比	累计占比	ABC 分析
1	混凝土	33.76%	33.76%	A 类 (70%左右)
2	钢材	31.19%	64.95%	
3	水泥	7.63%	72.58%	
4	砂浆	5.94%	78.51%	B 类 (25%左右)
5	砌块	5.85%	84.36%	
6	胶粘剂	4.41%	88.77%	
7	建筑塑料	3.02%	91.79%	
8	木材	2.91%	94.70%	C 类 (5%左右)
9	电线材料	1.98%	96.69%	
10	电焊材料	1.29%	97.98%	
11	涂抹材料	1.06%	99.03%	
12	建筑用漆	0.62%	99.65%	
13	铁材	0.33%	99.98%	
14	砂石	0.02%	100.00%	

上表分析的结果表明，作为主体结构主要建材的混凝土、钢材、水泥三类建材的碳排放量累计占比就达到了 72.58%，其中混凝土、钢材碳排放占比甚至达到了 30%以上，按 ABC 分类法将碳排放量累计达到 70%的混凝土、钢材、水泥建材归为 A 类建材。砂浆、砌块、胶粘剂、建筑塑料、木材的累积占比在 25%左右，归为 B 类建材；电线材料、电焊材料、涂抹材料、建筑用漆、铁材、砂石的累积占比在 5%左右，归为 C 类建材。其中，A 类建材类目少，但碳排放量高，应重点管控；B 类建材类目居中，碳排放量较高，应适度控制；C 类建材类目多，但碳排放量少，可进行宽松控制。

原则上选取 A、B 类建材作为核心建材，但根据表 3-5 的数据，电线与电焊材料虽然不如钢材、水泥等主体结构建材用量大，电线材料的碳排放因子为 10.87 kgCO₂e/kg，电焊材料的碳排放因子为 20.5kgCO₂e/kg，钢材 3.744 kgCO₂ /kg、水泥 0.735 kgCO₂e/kg 的

好几倍，因此将电线材料与电焊材料也纳入了南京市核心建材清单。在进行材料清单统计时，发现建筑保温与防水材料包含的种类、名称繁杂，难以进行统计；因样本项目数据主要是施工材料清单，陶瓷、玻璃作为在装饰装修工程中用量大的建材，在统计中并没有突出。根据专家意见，将陶瓷、玻璃、建筑保温材料、建筑防水材料纳入南京市建材清单。

附表 1-10 南京市核心建材清单

排名	建材种类	碳排放量占比
1	混凝土	33.76%
2	钢材	31.19%
3	水泥	7.63%
4	砂浆	5.94%
5	砌块	5.85%
6	胶粘剂	4.41%
7	建筑塑料	3.02%
8	木材	2.91%
9	电线材料	1.98%
10	电焊材料	1.29%
11	陶瓷	——
12	玻璃	——
13	建筑保温材料	——
14	建筑防水材料	——

附录 2 青岛市核心建材清单制定思路及流程

1. 样本项目选取

为对青岛市建筑工程当中的核心建材进行了解，课题组选取了 4 个居住建筑项目、6 个公共建筑项目、4 个装配式建筑项目共 14 个项目作为样本进行调查统计。

附表 2-1 统计样本一览表

类别	样本项目	建筑面积 (m ²)	建筑结构	建筑规模	标号
居住建筑	某二类高层住宅项目	9360.39	剪力墙	地上 18 层	1
	某棚户区改造新建住宅项目	111600.87	框剪	/	2
	某产业园职工多层宿舍项目	11424.60	/	5 层	3
	某多层商业住宅项目	22833.17	/	/	4
公共建筑	某中学改建提升工程	5520	/	/	5
	某学校改扩建工程	6268.65	钢结构	/	6
	某消防站土建工程	4562.67	框架	4 层 (地下 1 层)	7
	某医院整体搬迁设计项目	38978.94	框剪	/	8
	某物流园建设 EPC 项目	49300.65	钢筋混凝土框架结构+钢结构	地上 1-6 层	9
	某办公楼项目	14202	/	9 层	10
装配式建筑	某高层住宅项目	标准层： 644.59	钢筋混凝土剪力墙结构	32 层	11
	某多层洋房住宅项目	标准层： 241.01	钢筋混凝土剪力墙结构	7 层	12
	某高层医院综合楼项目	标准层： 1813.06	钢筋混凝土框架结构	9 层	13
	某多层中小学教学楼项目	标准层： 1526.42	钢筋混凝土框架结构	7 层	14

2. 样本项目建材用量整理

根据调研收集到 14 个样本项目的人材机汇总表，对其使用的建筑材料进行分类整理，得出 14 个项目用量大的典型建材的用量清单及排序。

3. 碳排放因子选取

为了评估项目建设过程中建材的碳排放量的水平，课题组选用国际上以及目前行业中常用的碳排放因子法进行定量计算，碳排放因子的收集方法应按数据优先级进行收集，获取来源见附表 2-2。

附表 2-3 碳排放因子获取来源

数据类型	解释	来源	优先级
国家排放因子	基于国家特征获得的排放因子	《建筑碳排放计算》 GB/T51366-2019	高 —— 低
区域排放因子	基于区域特征获得的排放因子	文献及其他标准	

4. 项目各建材碳排放量计算

通过碳排放因子法，即“建材碳排放量=建材使用量×建材碳排放因子”，分级计算 14 个样本项目各建材碳排放量。

5. 青岛市建材碳排放量占比计算

根据《青岛市统计年鉴》，获取 2021 年青岛市建筑业房屋竣工面积为每年 4508 万 m²，其中住宅竣工面积为每年 2527 万 m²。估算可得，青岛市建筑业房屋竣工面积中居住建筑占比 56.1%，公共建筑占比 43.9%。将 14 个样本项目中居建项目和公建项目平均建材碳排放量占比统计结果，按照青岛市居建和公建比例进行拟合，可以得出青岛市工程建设中建材碳排放量占比情况。

6. 建立青岛市核心建材清单

根据上述计算结果，选取碳排放量前十的建材组成青岛市核心建材清单。

（1）项目建材用量整理

将 14 个样本项目的人材机汇总中消耗量的建材进行整理，得到了以下主要建材的用量。

附表 2-3 居住建筑项目

序号	建材类别	单位	1	2	3	4
			建材用量			
1	钢材	kg	9690805.41	1677765	451597.91	1357060.64
2	水泥	kg	494002.953	400669	610682.93	1472501.31
3	混凝土	m ³	79751.6371	68201.41	6257.3406	13954.7473
4	沙子	kg	1655663.61	16599744	2540553.4	3324362.5
5	碎石	kg	4726971.11	35513	722655	296942.9
6	砖砌体	千块	2800.44522	2401.904	466.359	977.1883
7	木材	kg	1790347.07	1512620	56207.45	/
8	地砖	m ²	2655.4338	11255.98	4904.434	/
9	面砖	m ²	/	26446.14	4027.681	/
10	防水卷材	m ²	127872.097	82576.54	3575.272	/
11	砂浆	kg	17923412.4	927646.7	/	3249.9962
12	混凝土砌块	kg	10500.0423	7225.06	/	/
13	铁件	kg	12218.238	6118.928	781.723	6706.2676
14	建筑涂料	kg	152514.306	77613.2	19463.549	/
15	建筑用漆	kg	501500.544	61430.72	1402.614	/
16	腻子	kg	280532.965	338431	/	/
17	木模板	m ²	95045.3462	/	4460.185	24495.5491
18	木质门	m ²	1507.49888	3495.051		/
19	钢制门	m ²	2158.04438	1959.634	119.374	/
20	铝合金门	m ²	709.370648	/	1126.501	/
21	铝合金玻璃门	m ²	11267.3716	/	390.46	/
22	铝合金玻璃窗	m ²	11734.2008	19661.88	1385.605	/
23	铝合金百叶窗	m ²	2798.169	/	/	/
24	石油沥青	kg	39245.4673	7205.334	2018.514	/
25	建筑胶	kg	82486.4367	/	/	/
26	建筑石膏	kg	10474.3265	/	/	/
27	聚合物砂浆	kg	1007036.55	/	/	/
28	镀锌铁丝 (综合)	kg	/	50856.28	/	/
29	保温板	m ³	/	4217.994	/	/
30	钢焊条	kg	34338.7319	/	/	/
31	铝合金型材	kg	/	/	/	8178.2195
32	玻璃	m ²	/	/	/	1345.8769

附表 2-4 公共建筑项目

序号	建材类别	单位	5	6	7	8	9	10
			建材用量					
1	钢材	kg	364720.0	941680.8	338173.3	2878809.6	3919019.5	1321810.0
2	水泥	kg	67390.0	84039.0	73079.1	235333.6	1072303.1	/
3	混凝土	m ³	3409.5	452.7	3530.8	19522.1	25953.4	8180.5
4	沙子	kg	/	690173.4	400244.6	22019.2	18996666.2	/
5	碎石	kg	1626525.0	499075.7	25198.5	/	28565980.5	/
6	砖砌体	千块	49.4	75.9	231.9	1547.9	414.2	777.2
7	木材	kg	/	/	54061.2	335332.3	241596.6	/
8	地砖	m ²	/	1654.6	/	21627.9	1879.4	/
9	面砖	m ²	5310.0	3536.2	/	10098.8	/	6664.1
10	防水卷材	m ²	4515.2	9946.5	8751.3	/	12699.1	/
11	砂浆	kg	13306800.0	14537900.0	/	479359.1	614227.8	1793480.0
12	混凝土砌块	kg	/	/	225.6	5995.7	4654.1	/
13	铁件	kg	3160.0	20021.7	76.5	10435.1	/	/
14	建筑涂料	kg	17061.6	/	310.3	/	181416.7	/
15	建筑用漆	kg	20065.3	/	652.9	/	84472.8	/
16	腻子	kg	5336.4	/	/	/	63723.1	/
17	木模板	m ²	/	/	3447.4	25770.1	186558.3	61495.0
18	木质门	m ²	/	/	/	/	254.5	/

19	钢制门	m ²	/	/	/	/	71.2	/
20	铝合金门	m ²	/	/	/	/	1510.4	/
21	铝合金玻璃窗	m ²	/	/	/	/	3438.6	/
22	石油沥青	kg	15835.2	/	704.7	/	6477.5	/
23	聚合物砂浆	kg	/	/	7794.6	/	/	/
24	石材	m ²	1873.7	/	/	9774.1	/	/
25	镀锌薄钢板	m ²	/	2415.2	/	/	/	/
26	水泥稳定碎石	m ³	/	1258.5	/	/	/	/
27	金属周转材料	kg	/	/	649.6	/	7511.3	/
28	镀铝锌板	m ²	/	/	/	/	13086.7	/
29	镀铝锌彩钢板	m ²	/	/	/	/	45144.1	/
30	保温板	m ²	/	/	/	/	/	4565.9
31	玻璃	m ²	/	/	/	/	/	1385.0

附表 2-5 装配式建筑项目 1

项目名称		某高层住宅项目				
				建材用量		
分类	分项指标	建材类别	单位	装配率 52.15%	装配率 65%	传统 式
面积	标准层	644.54	m ²	——	——	——
装 配 式	楼板、楼梯、阳 台板等平面构件	预制砼：C30	m ³	19.41	19.41	——
		钢筋	t	4.09	4.09	——
	柱、剪力墙	预制砼：C30	m ³	9.61	34.87	——
		钢筋	t	0.63	2.54	——
	围护墙	砌块	m ³	39.98	39.98	39.98
	内隔墙及其他	传统砌块	m ³	45.46	45.46	71.58
	内隔墙	蒸压加气混凝土条板	m ³	26.12	26.12	——
	砂浆	砌筑水泥砂浆	m ³	10.66	9.06	13.31
		20mm 抹灰水泥砂浆	m ³	——	——	44.70
		10mm 抹灰水泥砂浆	m ³	6.10	5.49	——
		10mm 抹灰石膏砂浆	m ³	16.25	14.63	——
	模板	铝膜	m ²	279.30	279.30	——
传 统 式	混凝土	混凝土	m ³	175.66	150.72	199.8 1
	钢筋	钢筋	t	18.50	16.69	22.56
	模板	铝膜	m ²	1437.80	1195.6 2	——
		木模板/木方	m ²	——	——	2062. 53

附表 2-6 装配式建筑项目 2

项目名称		某多层洋房住宅项目				
				建材用量		
分类	分项指标	建材类别	单位	装配率 52.15%	装配率 65%	传统式
建筑 面积	标准层	241.01	m ²	——	——	——
装 配 式	楼板、楼梯、阳 台板等平面构件	预制砼：C30	m ³	9.46	9.58	——
		钢筋	t	1.806	1.806	——
	柱、剪力墙	预制砼：C30	m ³	3.42	6.52	——
		钢筋	t	0.34	0.65	——
	围护墙	砌块	m ³	21.63	21.63	21.63
	内隔墙及其他	传统砌块	m ³	9.60	9.60	28.67
	内隔墙	蒸压加气混凝土条 板	m ³	19.07	19.07	——
	砂浆	砌筑水泥砂浆	m ³	3.79	3.22	6.00
		20mm 抹灰水泥砂浆	m ³	——	——	16.61
		10mm 抹灰水泥砂浆	m ³	2.38	2.14	——
		10mm 抹灰石膏砂浆	m ³	5.93	5.34	——
	模板	铝膜	m ²	68.04	68.04	——
传 统 式	混凝土	混凝土	m ³	56.47	53.36	67.70
	钢筋	钢筋	t	5.62	5.07	6.85
	模板	铝膜	m ²	422.49	390.46	——
		木模板/木方	m ²	——	——	651.23
	外立面门窗工程	铝合金门窗	m ²	67.30	67.30	67.30
	保温材料	——	kg	421.77	421.77	877.28

附表 2-7 装配式建筑项目 3

项目名称		某高层医院综合楼项目				
				建材用量		
分类	分项指标	建材类别	单位	装配率 52.15%	装配率 65%	传统式
面积	标准层	1813.06	m ²	——	——	——
装配式	楼板、楼梯、阳台板等平面构件	预制砼：C30	m ³	87.57	88.56	——
		钢筋	t	11.530	11.530	——
	柱、剪力墙	预制砼：C30	m ³	8.58	40.89	——
		钢筋	t	1.67	5.97	——
	围护墙	砌块	m ³	23.25	23.25	18.60
	内隔墙及其他	传统砌块	m ³	206.56	206.56	345.35
	内隔墙	蒸压加气混凝土条板	m ³	138.79	138.79	——
	砂浆	砌筑水泥砂浆	m ³	36.31	30.86	43.42
		20mm 抹灰水泥砂浆	m ³	——	——	120.95
		10mm 抹灰水泥砂浆	m ³	5.16	4.64	——
		10mm 抹灰石膏砂浆	m ³	55.36	49.82	——
	模板	铝膜	m ²	508.80	508.80	——
传统式	混凝土	混凝土	m ³	537.02	504.71	618.09
	钢筋	钢筋	t	80.89	75.63	89.18
	模板	铝膜	m ²	2968.88	2779.45	——
		木模板/木方	m ²	——	——	4175.44
	外立面门窗工程	铝合金门窗	m ²	2.88	2.88	2.88
	保温材料		kg	422.97	422.97	422.97

附表 2-8 装配式建筑项目 4

项目名称		某多层中小学教学楼项目				
				建材用量		
分类	分项指标	建材类别	单位	装配率 52.15%	装配率 65%	传统式
建筑 面积	标准层	1526.42	m ²	——	——	——
装 配 式	楼板、楼梯、阳 台板等平面构件	预制砼：C30	m ³	84.29	145.02	——
		钢筋	t	11.760	23.000	——
	柱、剪力墙	预制砼：C30	m ³	9.08	30.70	——
		钢筋	t	1.77	5.99	——
	围护墙	砌块	m ³	77.58	77.58	62.06
	内隔墙及其他	传统砌块	m ³	133.84	133.84	183.92
	内隔墙	聚苯颗粒水泥 夹芯复合条板 （按照蒸压加 气混凝土条板 考虑）	m ³	50.08	50.08	——
	砂浆	砌筑水泥砂浆	m ³	25.49	21.67	29.35
		20mm 抹灰水泥 砂浆	m ³	——	——	61.18
		10mm 抹灰水泥 砂浆	m ³	5.59	5.03	——
		10mm 抹灰石膏 砂浆	m ³	25.01	22.51	——
	模板	铝膜	m ²	416.28	416.28	——
传 统 式	混凝土	混凝土	m ³	318.08	236.37	401.65
	钢筋	钢筋	t	50.74	34.62	59.08
	模板	铝膜	m ²	1600.59	1043.12	——
		木模板/木方	m ²	——	——	2927.85
	外立面门窗工程	铝合金门窗	m ²	201.63	201.63	201.63
	保温材料	——	kg	2671.24	2671.24	5556.17

首先，筛选出上述 14 个样本项目中出现频率较高的建材种类，分别为钢材、木材、水泥、混凝土、砌块、铁材、建筑用漆、建筑涂料、砂子、碎石、砂浆、地砖、面砖、木质门、钢制门、铝合金门窗、

木模板、防水卷材、保温板、石油沥青。

然后，按照下列原则筛选出用量大的典型建材：

因门、窗的主要材料为木材、金属和玻璃，故剔除门窗、增加玻璃；

因地砖、面砖的主要成分为陶瓷，故剔除地面砖、增加陶瓷；

因建筑保温材料、建筑防水材料类型众多，前者包括保温板等，后者包括防水卷材、石油沥青等，故不进行具体单列、增加建筑保温材料和建筑防水材料大项；

因砂浆的组成成分包括砂子和碎石，故剔除砂子、碎石二项；

因木模板的主要成分为木材，故合并入木材项。

最后，确定青岛市 14 类用量大的典型建材，分别是钢材、木材、水泥、混凝土、砌块、铁材、建筑用漆、建筑涂料、砂浆、玻璃、陶瓷。

（2）碳排放因子选取

附表 2-9 建材碳排放因子

序号	建材种类	碳排放因子		
1	沙子	2.51	kgCO ₂ e/t	东禾建筑碳排放因子库
2	钢材	3.744	kgCO ₂ e/kg	《建筑碳排放计算标准》 GB/T51366-2019
3	木材	39.5	kgCO ₂ e/kg	东禾建筑碳排放因子库
4	砂浆	0.197	kgCO ₂ e/kg	《建筑碳排放计算标准》 GB/T51366-2019
5	水泥	0.735	kgCO ₂ e/kg	《建筑碳排放计算标准》 GB/T51366-2019
6	腻子	440	kgCO ₂ e/t	东禾建筑碳排放因子库
7	防水卷材	0.374	kgCO ₂ e/m ²	《沥青基防水卷材单位产品能源消耗限额》GB 30184-2013
8	建筑涂料	3600	kgCO ₂ e/t	东禾建筑碳排放因子库
9	混凝土	295	kgCO ₂ e/m ³	《建筑碳排放计算标准》 GB/T51366-2019
10	建筑用漆	3.5	kgCO ₂ e/kg	《建筑碳排放计算标准》 GB/T51366-2019
13	碎石	2.18	kgCO ₂ e/t	《建筑碳排放计算标准》 GB/T51366-2019
14	面砖	15.96	kgCO ₂ e/m ²	东禾建筑碳排放因子库
15	铝合金玻璃窗	254	kgCO ₂ e/m ²	《建筑碳排放计算标准》 GB/T51366-2019
16	地砖	15.96	kgCO ₂ e/m ²	东禾建筑碳排放因子库
17	混凝土砌块	297.8	kgCO ₂ e/m ³	东禾建筑碳排放因子库
18	石油沥青	3845.7	kgCO ₂ e/t	东禾建筑碳排放因子库
19	铁件（综合）	2190	kgCO ₂ e/t	《建筑全生命周期碳足迹》
20	保温板	202.95	kgCO ₂ e/m ³	东禾建筑碳排放因子库
21	木质门	48.3	kgCO ₂ e/m ²	东禾建筑碳排放因子库
22	砌块	0.835	kgCO ₂ e/块	东禾建筑碳排放因子库
23	钢质门	859.58	kgCO ₂ e/m ²	东禾建筑碳排放因子库

（3）项目建材碳排放量计算

分别计算 14 个样本项目中 6 个居建项目和 8 个公建项目（包括装配式建筑项目在内）各建材种类单位建筑面积用量的平均值，并乘上相应的碳排放因子，计算居建项目和公建项目各建材种类单位建筑面积碳排放量的平均值。

附表 2-10 居建和公建样本项目各建材平均碳排放量
(单位: kgCO₂e/m²)

项目类型			居建		公建	
序号	建材种类	消耗强度单位	平均单位建筑面积用量	平均单位建筑面积碳排放量	平均单位建筑面积用量	平均单位建筑面积碳排放量
1	钢材	kg/m ²	287.32	1075.74	89.47	334.98
2	木材	kg/m ²	305.04	224.20	97.19	71.43
3	混凝土	m ³ /m ²	2.57	758.90	0.51	150.79
4	沙子	kg/m ²	173.40	0.44	97.28	0.24
5	碎石	kg/m ²	145.39	0.32	159.87	0.35
6	砖砌体	千块/m ²	0.10	84.40	0.03	24.31
7	水泥	kg/m ²	9.24	364.86	4.23	166.90
8	地、面砖	m ² /m ²	0.47	7.47	0.52	8.28
9	防水卷材	m ² /m ²	4.90	1.83	1.15	0.43
10	砂浆	kg/m ²	641.09	126.29	813.47	160.25
11	铁件	kg/m ²	0.43	0.94	0.68	1.48
12	建筑涂料	kg/m ²	6.23	22.43	2.28	8.21
13	建筑用漆	kg/m ²	18.08	63.29	1.83	6.41

(4) 青岛市建材碳排放量占比计算

附表 2-11 居建和公建样本项目各建材平均碳排放量占比及整体占比

项目类型及比例		居建 (56.1%)	公建 (43.9%)	全市占比
序号	建材种类	占比	占比	
1	钢材	39.39%	35.86%	37.84%
2	木材	8.21%	7.65%	7.96%
3	混凝土	27.79%	16.14%	22.68%
4	沙子	0.02%	0.03%	0.02%
5	碎石	0.01%	0.04%	0.02%
6	砖砌体	3.09%	2.60%	2.88%
7	水泥	13.36%	17.87%	15.34%
8	地、面砖	0.27%	0.89%	0.54%
9	防水卷材	0.07%	0.05%	0.06%
10	砂浆	4.62%	17.16%	10.13%
11	铁件	0.03%	0.16%	0.09%
12	建筑涂料	0.82%	0.88%	0.85%
13	建筑用漆	2.32%	0.69%	1.60%
	合计	100.00%	100.00%	100.00%

7. 核心建材清单建立

对上述的结果进行排序，将砂子和碎石占比合并为砂石占比，计算可得。

附表 2-12 青岛市各类建材碳排放量占比排名

排名	建材种类	占比	累计占比	ABC 分析
1	钢材	37.84%	37.84%	A 类 (75%左右)
2	混凝土	22.68%	60.52%	
3	水泥	15.34%	75.86%	
4	砂浆	10.13%	85.99%	B 类 (20%左右)
5	木材	7.96%	93.95%	
6	砖砌体	2.88%	96.83%	
7	建筑用漆	1.60%	98.43%	C 类 (5%左右)
8	建筑涂料	0.85%	99.28%	
9	地、面砖	0.54%	99.82%	
10	铁件	0.09%	99.91%	
11	防水卷材	0.06%	99.97%	
12	砂石	0.03%	100.00%	

上表分析的结果表明，作为主体结构主要建材的钢材、混凝土、水泥三类建材的碳排放量累计占比达到 75.86%，其中混凝土、钢材碳排放占比甚至达到 20%以上，按 ABC 分类法将碳排放量累计达到 75% 的钢材、混凝土、水泥建材归为 A 类建材。砂浆、木材、砖砌体累积占比在 20%左右，归为 B 类建材；建筑用漆、建筑涂料、地面砖、铁件、防水卷材、砂石的累积占比在 5%左右，归为 C 类建材。其中，A 类建材类目少，但碳排放量高，应重点管控；C 类建材类目多，但碳排放量少，可进行宽松控制。

原则上选取 A、B 类建材作为核心建材，但在进行材料清单统计时，因为建筑保温材料、建筑防水材料、建筑涂料包含的种类、名称繁杂，难以统计完全；陶瓷、玻璃作为在装饰装修工程中用量大的建材，而获取到的样本项目基本均为土建项目，在统计中并没有突出。因此，将陶瓷、玻璃、建筑保温材料、建筑防水材料纳入青岛市建材

清单。

附表 2-13 青岛市核心建材清单

排名	建材种类	占比
1	钢材	37.84%
2	混凝土	22.68%
3	水泥	15.34%
4	砂浆	10.13%
5	木材	7.96%
6	砖砌体	2.88%
7	建筑涂料	/
8	陶瓷	/
9	玻璃	/
10	建筑保温材料	/
11	建筑防水材料	/

参与单位

C40 城市气候领导联盟

中国建筑节能协会

北京绿标建材产业技术联盟

青岛市建筑节能与绿色建筑协会

南京市绿色建筑与绿色建材发展中心

江苏建科鉴定咨询有限公司