



青岛市民用建筑领域能源消耗与 碳排放达峰路径研究

中建工程研究院有限公司

2020.01.20

项目信息

项目资助号: G-1809-28511

Grant Number: G-1809-28511

项目期: 10/1/2018- 12/31/2019

Grant period: 10/1/2018- 12/31/2019

所属领域: 低碳城市

Sector: Low-Carbon City

项目概述:本研究结合《山东省低碳发展指导意见（2017-2020 年）》、《青岛市控制温室气体排放指导意见》，以确定青岛市民用建筑领域能源消耗和碳排放达峰路径为目标，通过对青岛市民用建筑领域能源消费、碳排放总量控制和降速达峰的路径进行仿真和分析，制定符合青岛市实际情况和未来发展需求的《青岛市建筑领域能源消耗与碳排放达峰指导意见》（意见稿），将其归入青岛市“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划中，在用以指导全市民用建筑领域低碳发展。

Project Discription: Based on the Guidelines for Low Carbon Development in Shandong Province (2017-2020) and Guidelines for Qingdao Greenhouse Gas Emission Control, this research aims to determine Qingdao civil building's energy consumption and carbon emission peak roadmap. Guidelines for Qingdao Building Energy Consumption and Carbon Emission Peak (Draft) will be developed according to the simulation and analysis of Qingdao civil building's energy consumption, total carbon emission control and decelerating peak roadmap to meet current situation and future development needs of Qingdao City. It will also be included in Qingdao "14th Five-Year Plan" for building energy efficiency and green building development, to guide low carbon development of the civil buildings in Qingdao.

项目成员: 孙鹏程、仇齐齐、周辉、冯雅、齐月松、张起维、崔红社、周剑、魏庆芑

Project team: Pengcheng Sun, Qiqi Qiu, Hui Zhou, Ya Feng, Yuesong Qi, Qiwei Zhang, Hongshe Cui, Jian Zhou, Qingpeng Wei.

关键词：民用建筑领域、碳排放、达峰路径

Key Word: Civil building field, Carbon emission, Peak roadmap

本报告由能源基金会资助。

报告内容不代表能源基金会观点。

This report is funded by Energy Foundation.

It does not represent the views of Energy Foundation.

目 录

第一章 项目背景	2
1.1 项目背景及意义.....	2
1.1.1 研究背景.....	2
1.1.2 研究意义.....	3
1.2 研究范围及内容.....	3
1.2.1 研究范围.....	3
1.2.2 研究内容.....	4
1.3 研究方法及技术路线.....	5
1.3.1 研究方法.....	5
第二章 建筑碳排放达峰模型建立	6
2.1 研究理论及模型.....	6
2.1.1 情景分析法	6
2.1.2 能源系统分析模型	错误!未定义书签。
2.1.3 模型结构	错误!未定义书签。
2.1.4 模型计算方法	7
2.2 数据收集及验证.....	7
2.2.1 宏观数据	8
2.2.2 公共建筑调研	8
2.2.3 城镇居住建筑调研	9
2.2.4 农村居住建筑调研	9
2.3 基准模型建立及参数设置.....	9
2.3.1 模型框架	错误!未定义书签。
2.3.2 边界设计	9
2.3.3 LEAP 模型结构界面展示.....	10
2.3.4 模型校核	10
2.3.5 情景设置	10
第三章 数据分析	12
3.1 碳排放分析.....	12
3.2 能源消耗分析.....	15
3.3 小结.....	18
第四章 达峰建议	19
第五章 平台建设	22
参考资料.....	25

第一章 项目背景

1.1 项目背景及意义

1.1.1 研究背景

2014 年 11 月，中美两国元首发表《中美气候变化联合声明》，中国政府在声明中首次宣布：“2030 年左右二氧化碳排放达到峰值且将努力早日达峰”。城市是现代经济和社会活动的重要载体，是能源消费和二氧化碳排放的主要来源，也是易受气候变化灾害影响的地区之一，在实现碳排放达峰、推动绿色低碳发展的过程中扮演着关键的角色。建筑领域的绿色、低碳、循环发展是贯彻我国可持续发展战略的重要举措，是实现经济社会与环境协调发展的客观要求，是建设资源节约型、环境友好型社会的必然选择。

青岛市作为中国第二批低碳试点省市之一（也是山东省第一个国家低碳试点城市），青岛市政府高度重视青岛市碳排放峰值与低碳发展研究，承诺在 2020 年左右碳排放达峰，编制并发布了《青岛市控制温室气体排放指导意见》（青政字〔2018〕8 号）。建筑行业能源消耗节约和城市绿色低碳发展是青岛市兑现低碳达峰承诺与实现碳排放降低的重要途径和方向。

目前，青岛市建筑行业能源消耗节约和城市绿色低碳发展进入新的阶段，突出特点是新建建筑增速接近平稳、且既有建筑存量巨大，既有建筑运行能耗约占青岛市总能耗的 25%~35%。因此，作为城市终端耗能大户之一和城市温室气体特别是二氧化碳的重要排放源，建筑行业如何能够在兼顾能源需求、社会生活质量诉求的前提下，使其能源消耗及其碳排放尽快合理达峰、随后进入排放下行区间，如何影响青岛市未来低碳发展是重要的研究课题。

2008 年以来，青岛市前后被列入国家可再生能源建筑应用示范城市、公共建筑节能监管体系及能耗监测平台示范城市、公共建筑节能改造示范城市、中欧低碳生态城市合作项目专项试点城市等，积极开展公共建筑节能与可再生能源建筑利用研究示范与实践。经过近十年的努力，青岛市已具备丰富的建筑能耗数据资源，为预测民用建筑领域能源消耗及其碳排放达峰时间、合理规划排放降速达峰路径奠定了重要基础。

综上,基于青岛市民用建筑用能监管平台以及建筑能耗统计等丰富的用能数据基础,结合青岛市建筑节能低碳发展规划、以及青岛市宏观经济及人口发展趋势的最新预测,本研究构建符合青岛市建筑行业特点的碳排放达峰分析模型,并对不同政策、节能减碳技术影响下的青岛市碳排放达峰时间、峰值水平和峰值路径开展量化情景分析。这一青岛市民用建筑领域能源消耗与碳排放达峰路径研究的成果,不仅可加强青岛市民用建筑节能工作的顶层设计,指导全市建筑领域的低碳发展方向,而且对整个中国北方城市民用建筑领域碳排放实现总量控制、合理达峰具有重要借鉴和示范作用。

1.1.2 研究意义

本研究以青岛市民用建筑领域未来能源需求为研究对象,采用情景预测分析方法寻求降低建筑能耗的对策措施。利用情景分析法设置了四种情景:基准情景、低碳情景、强化低碳情景、达峰情景,并利用 LEAP(Long-range Energy Alternatives Planning system)模型分析预测不同情景下到 2050 年青青岛市民用建筑能耗量,由此对不同情景下的政策措施对民用建筑未来能源需求的影响进行分析,以期为实现建筑节能提供理论依据和参考,形成青岛市民用建筑领域能效提升及碳排放达峰指导意见,并将其归入青岛市“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划中,用以指导青岛市建筑领域低碳发展。

1.2 研究范围及内容

依据青岛市建筑用能特点,从直接碳排放的角度,针对性地收集建筑行业低碳达峰相关数据,并进行整理和分析,构建青岛市建筑碳排放达峰 LEAP 分析模型,预测未来青岛市民用建筑领域碳排放潜力及经济性。通过基准情景、达峰情景及等情景分析,提出青岛市民用建筑领域能效提升及碳排放达峰指导意见,并将其归入青岛市“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划中,用以指导青岛市建筑领域低碳发展。

1.2.1 研究范围

民用建筑即非生产性建筑,指供人们居住和进行公共活动的建筑的总称,按使用功能可分为住宅建筑和公共建筑两大类。住宅建筑主要是指供人们日常居住

生活使用的建筑物，包括了城镇住宅和农村住宅。公共建筑包括办公建筑（包括办公楼、写字楼等），商业建筑（如商场、金融业建筑等），旅游建筑（如宾馆饭店、娱乐场所等），科教文卫建筑（包括文化教育、科研、医疗卫生、体育建筑等），通信建筑（如邮电、通讯用房）以及交通运输用房（如飞机场、车站建筑等）。公共建筑也分成城镇公共建筑和农村公共建筑，但由于农村公共建筑数量极少，因此本文中忽略了农村公共建筑，将公共建筑定义为城镇公共建筑。

1.2.2 研究内容

（1）建筑及用能现状调研

依据青岛市建筑用能特点，协调相关部门，从直接碳排放角度，针对性地收集建筑行业低碳达峰相关数据，主要包括如下几个类别基础数据：

- ◆ 社会经济性指标及城市能源输入信息；
- ◆ 建筑规划数据；
- ◆ 居民建筑用能数据，包含用电、用气、集中供热；
- ◆ 公共建筑用能数据，包含用电、天然气、燃煤、集中供热；
- ◆ 近一个五年规划中建筑节能的主要推广技术和政策导向。

（2）建立青岛市民用建筑领域碳排放达峰模型

根据收集到的青岛市城市发展与建筑领域基础数据，构建青岛市民用建筑领域碳排放达峰 LEAP 分析模型，根据青岛市建筑分类特点进行不同建筑分类、不同用能种类的分析。同时，从青岛市建筑领域实际目标出发，设置不同的政策与技术导向情景，以估算逐年的民用建筑领域用能与碳排放，从而估算碳排放达峰年与达峰峰值。

（3）形成青岛市建筑领域碳排放达峰指导意见

根据青岛市建筑碳排放达峰 LEAP 分析模型分析结果，进一步细化建筑领域政策建议，综合衡量各项技术和政策的减排贡献等方面，制定《青岛市建筑领域能源消耗与碳排放达峰指导意见》（意见稿），明确了青岛市民用建筑领域碳排放的达峰年份和达峰峰值，并针对“十四五”时期，提出青岛市民用建筑领域低碳发展的具体目标和实施方案，并组织主管部门及专家完成研讨与审核工作，形成最终方案，并将其归入青岛市“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划中，用以指

导青岛市民用建筑领域低碳发展。

（4）协助建立青岛市民用建筑领域碳排放达峰可视化平台

在已有的青岛市民用建筑用能监管平台的基础上，协助青岛市城乡建设委员会建立青岛市建筑用能碳排放达峰可视化平台，将未来建筑领域的经济、城镇化发展和行业技术发展中的管理与政策因素对青岛市碳排放量的影响通过这一平台界面动态展示出来，从而直观、易懂地展示低碳减排的发展过程及成果，有助于高效跟踪政策实施过程、掌握实施成果，有助于后续政策的决议和跟进，并为北方其他城市的碳排放控制与管理、合理达峰提供重要借鉴依据。

1.3 研究方法及技术路线

1.3.1 研究方法

本报告研究方法主要包括：

（1）定性研究与定量研究相结合

研究过程中，首先通过定性分析的方法，分析探讨显著影响民用建筑能耗增长以及实现建筑节能的关键因素，研究各类因素对建筑能耗变化作用机理。在此基础上，运用模型工具等对各类因素影响程度进行量化分析，更为准确的评估技术影响因素对建筑能耗变化的作用大小，为制定建筑节能政策提供可量化的依据。

（2）现状研究与趋势研究相结合

本文梳理计算了青岛市民用建筑能耗历史数据，研究分析了建筑能耗及其影响因素的现状 & 变化规律。在此基础上，利用 LEAP 模型情景分析方法，设置不同的政策与技术导向情景，研究建筑能耗的变化趋势，估算逐年的民用建筑领域用能与碳排放，从而明确未来碳排放达峰年与达峰峰值，以及建筑节能的政策目标。

（3）比较分析法

采用情景分析法，通过对不同的政策与技术导向未来发展情景下青岛市民用建筑能源消耗的对比分析，找准民用建筑节能着力点，提出进一步推动建筑节能的对策建议。将其归入青岛市“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划中，用以指导青岛市民用建筑领域低碳发展。

第二章 建筑碳排放达峰模型建立

依据青岛市建筑用能特点，从直接碳排放的角度，针对性地收集建筑行业低碳达峰相关数据，并进行整理和分析，构建青岛市建筑碳排放达峰 LEAP 分析模型，预测未来青岛市民用建筑领域碳排放潜力。通过设置不同技术及低碳政策导向情景进行预测分析，提出青岛市民用建筑领域能效提升及碳排放达峰指导意见，并将其归入青岛市“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划中，用以指导青岛市建筑领域低碳发展。

2.1 研究理论及模型

2.1.1 情景分析法

情景分析法（Scenario Analysis），又名脚本法或者前景描述法，是假定某种现象或某种趋势将持续到未来的前提下，对预测对象可能出现的情况或引起的后果作出预测的方法。通常用来对预测对象的未来发展作出种种设想或预计，是一种直观的定性预测方法。简单来说，就是通过对整个环境的研究，区分出影响研究主体或主体发展的各外部因素，根据各外部因素可能发生的多种变化方案进行情景分析及预测。

LEAP 是一个基于情景分析的能源-环境模型工具，它可以用来进行能源的需求分析、环境影响分析和成本效益分析，同时它也可以用来开发地方的、国家的和地区的能源战略、进行温室气体减排评估和进行可持续能源分析。目前 LEAP 模型已经在 150 多个国家中得到了应用。

LEAP 模型优点：LEAP 模型直观透明，数据信息变化处理迅速，便于用来进行能源需求预测情景分析及能源政策的模拟分析。LEAP 模型软件的重要优点是拥有灵活的数据结构并且使用简单，使用者可以根据研究项目的分析目、类型及研究数据的可得性等来构造数据结构。LEAP 拥有技术与环境数据库，它给出了一系列环境技术的技术特点、成本和环境影响，有利于决策者进行政策分析。因此本文最终选取 LEAP 模型对青岛市民用建筑碳排放进行模拟研究。

2.1.2 模型计算方法

LEAP 模型采用的是自下而上的计算方法,使用者只需要建立合理的数据结构,输入相应的数据,模型就会用自带的计算工具计算出结果。LEAP 模型

$$Energy = \sum_S (A_s * \sum_i \delta_{S,i} \sum_j \varepsilon_{S,i,j} \alpha_{S,i,j} \frac{Q_{S,i}}{\mu_{S,i,j}}) \quad (2-1)$$

式中, S 为建筑类型,本研究分为城镇居住建筑、农村居住建筑、公共建筑; A 为建筑建造年代和改造情况,本研究分为既有未改造建筑、既有一般改造建筑、既有最佳改造建筑、新建一般建筑、新建最佳建筑; i 为用能类型,如采暖、制冷、生活热水、照明等; δ 为技术在用能类型中的渗透率; j 为用能类型中的技术设备; α 为技术设备在用能类型中的占比; ε 为技术使用的一次能源转换系数; Q 为能源消耗; μ 为效率。

$$P_e = E_e (\sum_{i,j} W_{i,j} P_{i,j}) \quad (2-2)$$

式中, P_e 为总电力碳排放量; E_e 为总耗电量; W 为电力来源组成; i 为各种电力来源占比,分为本市火力发电占比、外调电占比、可再生能源发电占比; j 为各电力来源碳排放因子,包括本市火力发电碳排放因子、外调电碳排放因子、可再生能源发电碳排放因子。

$$P_f = (\sum_i E_i P_i) \quad (2-3)$$

式中, P_f 为分散式能源总碳排放量; i 为各种分散燃料的碳排放因子,如天然气、液化石油气、散煤。

各类能源消耗的总碳排放量 P 为

$$P = P_e + P_f \quad (2-4)$$

2.2 数据收集及验证

根据青岛市建筑领域的实际情况,对青岛市的数据展开收集。收集数据的范围包括青岛市总体宏观发展数据、青岛市民用建筑能源消耗数据等,具体的数据类别列在图 2-1 中。

总人口、城镇人口、农村人口、第三产业人口	采暖、制冷、照明等能耗强度
GDP	采暖、制冷、照明等渗透率
城镇居住人均建筑面积、农村居住人均建筑面积、 公建人均面积	采暖、制冷、照明等中具体设备占比
拆除面积	采暖、制冷、照明等中具体设备效率
各种能源的碳排放因子	采暖、制冷、照明等中具体设备高效率占比

图 2-1 宏观参数和能源消费参数

2.2.1 宏观数据

（1）宏观基础数据

青岛市城市发展宏观数据包括人口、经济、人均面积、拆除面积、碳排放系数等参数。

（2）建筑库存模型

由于城镇化进程和城市更新，每年会有部分老旧建筑的拆除，但是目前每年建筑的拆除量没有明确统计数据。因此，本研究根据统计局历年的建筑存量和新增面积数据（1955-2015 年）来计算拆除量，采用正态分布公式。

$$f(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\left(\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)} \quad (2-5)$$

式中 x 为建筑年代； μ 为平均值； σ 为标准差。

（3）电力数据

本课题研究中的电力领域数据来源于青岛市碳排放研究大课题。其中分散燃料的数据来源于联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）公布的数据。其中，可再生能源的排放因子为 0；外调电的排放因子呈现下降趋势，主要是外调电中核电、可再生能源占比的提高导致排放因子下降。

2.2.2 公共建筑调研

公共建筑的能耗数据是 LEAP 模型的重要输入参数之一，而目前公开可获得的数据比较缺乏，因此该项目的公共建筑用能数据则主要来源于青岛市能耗监测平台和节能改造公司提供的数据。

2.2.3 城镇居住建筑调研

城镇居住建筑用能情况的调研采取了现场调查问卷调研的方式,选取了青岛市跨市南、市北、崂山和黄岛区的十余个小区进行调研(共计 173512m²)。在上述调研住宅小区的范围内,进一步筛选新建建筑、既有居住改造、既有居住未改造三类典型小区,收集供电、供热、供气的数据以及街道(人数、入住率等)等数据,并通过自查、互查、会议审查等步骤进行审核,以保证数据的准确性。

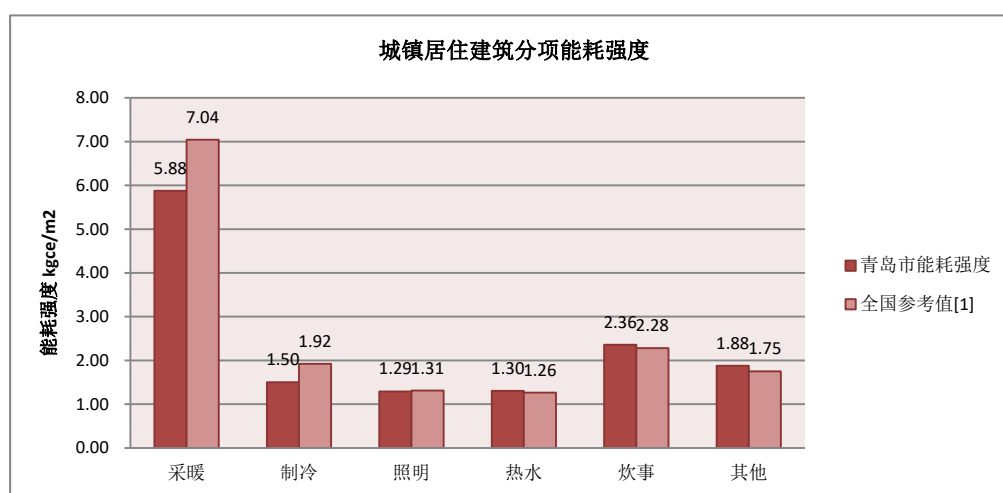


图 2-2 城镇居住建筑分项能耗强度

[1]全国参考值: 供暖能耗强度参考《民用建筑能耗标准 GBT51161-2016》, 山东省建筑供暖能耗指标约束值 $[kgce/(m^2 \cdot a)]$, 区域集中供暖 6.3, 小区集中供暖 11.1。其他能耗强度参考中国建筑节能年度发展研究报告-2017。

2.2.4 农村居住建筑调研

农村居住建筑用能情况的调研采取了现场实地考察的方式,课题组对青岛市 24 村 100 户典型农户的建筑用能情况进行调研。

2.3 基准模型建立及参数设置

2.3.1 边界设计

根据本项目研究范围制定模型的边界条件, 边界条件包括:

- 1.建筑能耗均指民用建筑运行能耗, 即直接能耗, 不含建设期间等涉及的间接能耗;
- 2.基准年为 2015 年-2018 年;

3.数据来源时间范围为 1955 年-2015 年；

4.模型分析时间步长为 1 年；

5.模型分析预测范围为 2015 年-2050 年。

2.3.2 模型校核

民用建筑领域的基础数据由于随着城市化的快速发展，存在着很大的不确定性，使得数据收集的难度大、有效性也很难保证。为了确保搭建 LEAP 碳排放模型的准确性，课题组将 2015 年-2018 年的模型预测能源消耗数据与 2015 年-2018 年青岛市能源平衡表数据进行校核。

本文采用蔡伟光老师在《基于能源平衡表的建筑能耗拆分模型及应用》中的能耗拆分方法。经校核，2015 年-2018 年建筑领域各能源消耗的模拟数据与青岛市能源平衡表数据基本吻合，说明调研数据以及 LEAP 预测模型具有较高的准确性、可靠性。

2.3.3 情景设置

本研究设定四种情景：基准情景、低碳情景、强化低碳情景、达峰情景。四种情景设定的主要划分的依据是节能政策执行力度的强弱、技术进步及推广程度。

（1）基准情景

在不再附加任何针对性政策的情况下，在照常经济社会发展趋势下所排放的温室气体。即新建建筑仍实行现有标准，不实行新建建筑标准，既有建筑实行一般改造。

（2）一般低碳情景

通过实施针对性政策《青岛市“十二五”时期建筑节能与绿色建筑发展》，使得未来的温室气体排放量能够相对基准情景有所下降。即新建建筑实行新建居住建筑 65 标准，新建公共建筑 50 标准，既有建筑实行一般改造

（3）强化低碳情景

在一般低碳情景基础上，按照《青岛市“十三五”建筑节能与绿色建筑发展规划》，部分新建建筑为超低能耗建筑（绿色建筑），比例逐年增加，采用高效能技术；增加可再生能源应用：提高应用地源热泵、光热的技术比例，加入光伏，

农村地区提高燃气壁挂炉、空气源热泵利用比例，农村地区清洁能源应用。新建建筑实行新建居住建筑 75 标准，新建公共建筑 65 标准，部分既有建筑深度改造。

（4）达峰情景

在强化低碳情景基础上，增加现有建筑深度改造比例，提高高效能技术占比，提高超低能耗建筑占比，增加可再生能源占比，农村地区清洁能源应用。新建建筑实行新建居住建筑 75 标准，新建公共建筑 65 标准，既有建筑实行深度改造

备注：既有建筑一般改造：居住建筑达到新建居住建筑 50+65 标准，公共建筑节能率不低于 20%；既有建筑深度改造：居住建筑达到新建居住建筑 75 标准以上，公共建筑节能率不低于 40%。

第三章 数据分析

根据收集到的青岛市城市发展与建筑领域基础数据，构建青岛市民用建筑领域碳排放达峰 LEAP 分析预测模型。从青岛市建筑领域实际目标出发，设置不同的政策与技术导向情景，以估算 2015 年到 2050 年间逐年的民用建筑领域用能需求与碳排放情况，从而估算碳排放达峰年与达峰峰值，并通过碳排放达峰路径对分析进行政策的优化选择，提出对青岛市民用建筑领域的低碳发展方案和对策措施。

3.1 碳排放分析

运用 LEAP 模型对各情景逐年民用建筑领域碳排放总量及碳排放达峰时间进行预测，结果如图 3-1 所示。

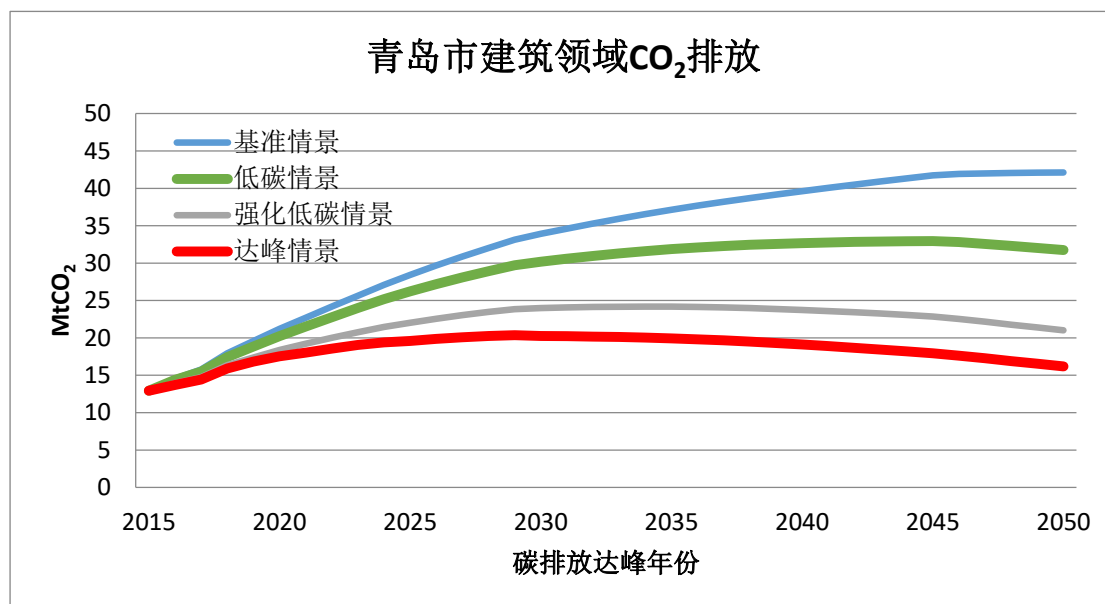


图 3-1 各情景下建筑碳排放达峰时间

如图 3-1 所示，在达峰情景下，到 2029 年，全市建筑领域碳排放量达到峰值，建筑领域碳排放量控制在 2035 万吨左右的水平，占全社会碳排放总量的 34%。强化低碳情景下达峰时间为 2034 年，峰值为 2418 万吨。低碳情景下达峰时间为 2045 年，峰值为 3296 万吨。

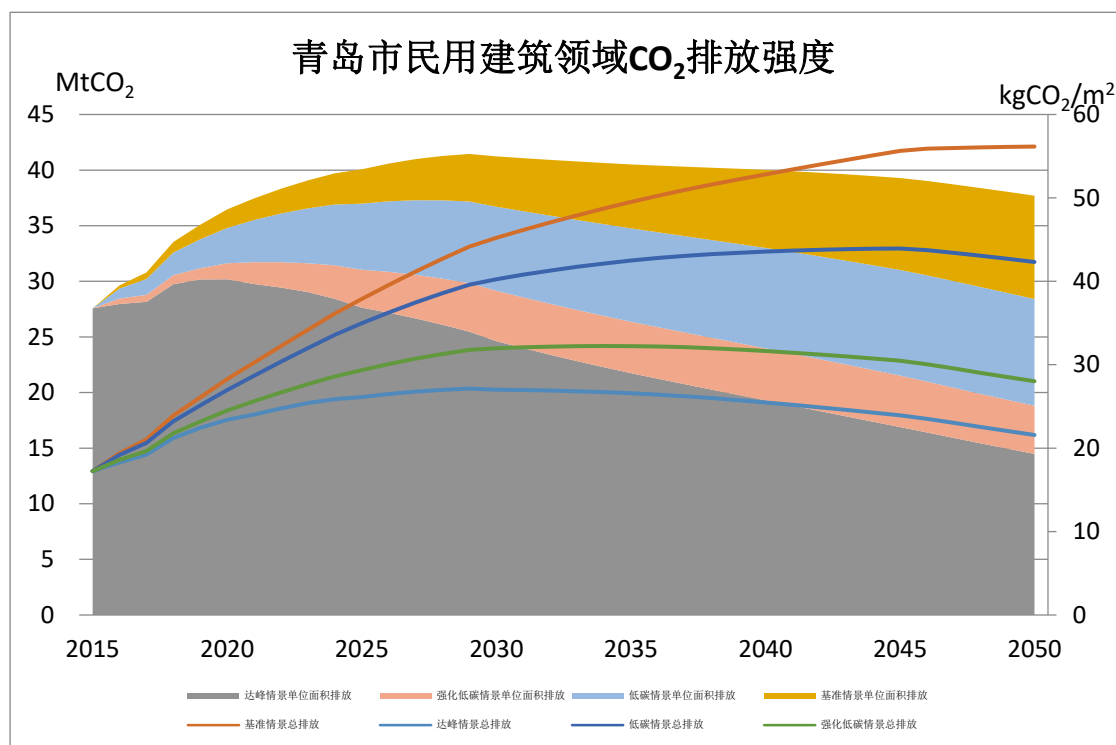


图 3-2 各情景下单位面积碳排放强度

如图 3-2 所示，左纵坐标为青岛市民用建筑领域的总 CO₂ 排放，右纵坐标为单位面积下的 CO₂ 排放。4 个情景下单位面积 CO₂ 排放量都在 2015-2050 年的时间范围内出现峰值，其中，达峰情景单位面积 CO₂ 排放的峰值出现时间为 2020 年，峰值为 40.25kg CO₂/m²；强化低碳情景单位面积 CO₂ 排放的峰值出现时间为 2021 年，峰值为 42.30kg CO₂/m²；低碳情景单位面积 CO₂ 排放的峰值出现时间为 2027 年，峰值为 49.73kg CO₂/m²；基准情景单位面积 CO₂ 排放的峰值出现时间为 2029 年，峰值为 55.27kg CO₂/m²。

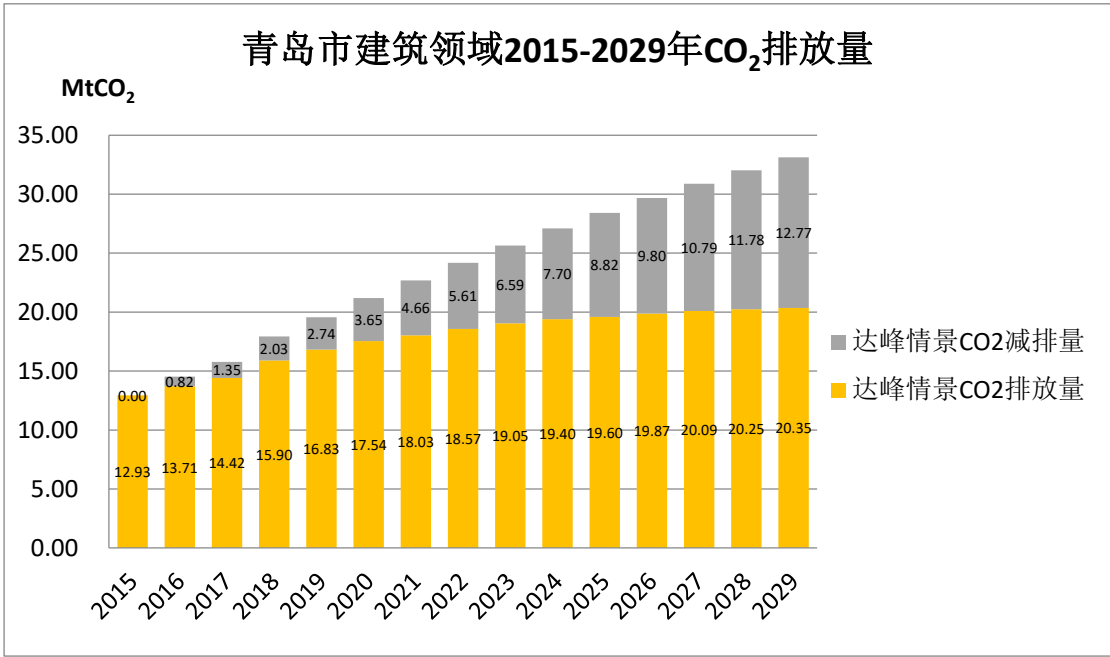


图 3-3 达峰与基准情景下青岛市建筑领域 CO₂ 排放图

如图 3-3 所示，为 2015 年-2029 年青青岛市民用建筑领域在基准情景和达峰情景下的 CO₂ 排放图，黄色部分表示达峰情景的逐年 CO₂ 排放图，灰色部分表示达峰情景相较于基准情景的逐年 CO₂ 减排图，随着各种节能政策的落实，减排量逐年增加。

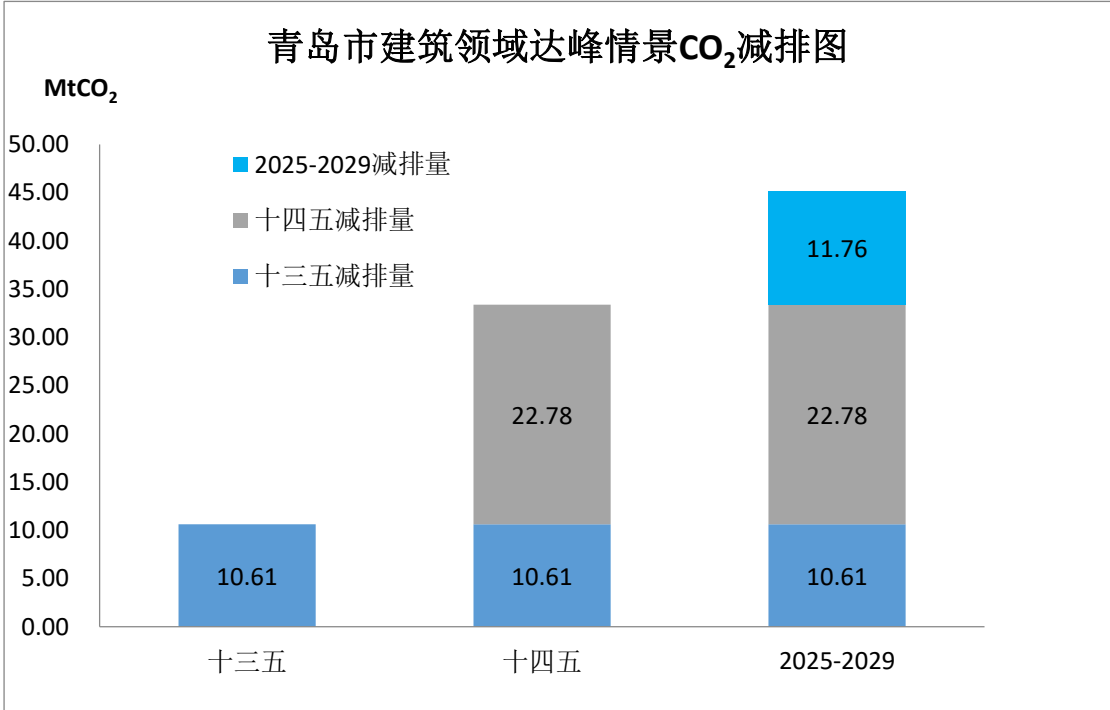


图 3-4 青岛市建筑领域达峰情景 CO₂ 减排图

如图 3-4 所示，为 2015 年-2029 年达峰情景相对于基准情景的 CO₂ 减排图。十三五期间达峰情景相对于基准情景，可减少 10.61MtCO₂ 排放；十四五期间达峰情景相对于基准情景，可减少 22.78MtCO₂ 排放；2525-2029 年间达峰情景相对于基准情景，可减少 11.76MtCO₂ 排放。

3.2 能源消耗分析

运用 LEAP 模型对各情景逐年能源消耗进行预测，预测结果如图 3-5 所示。

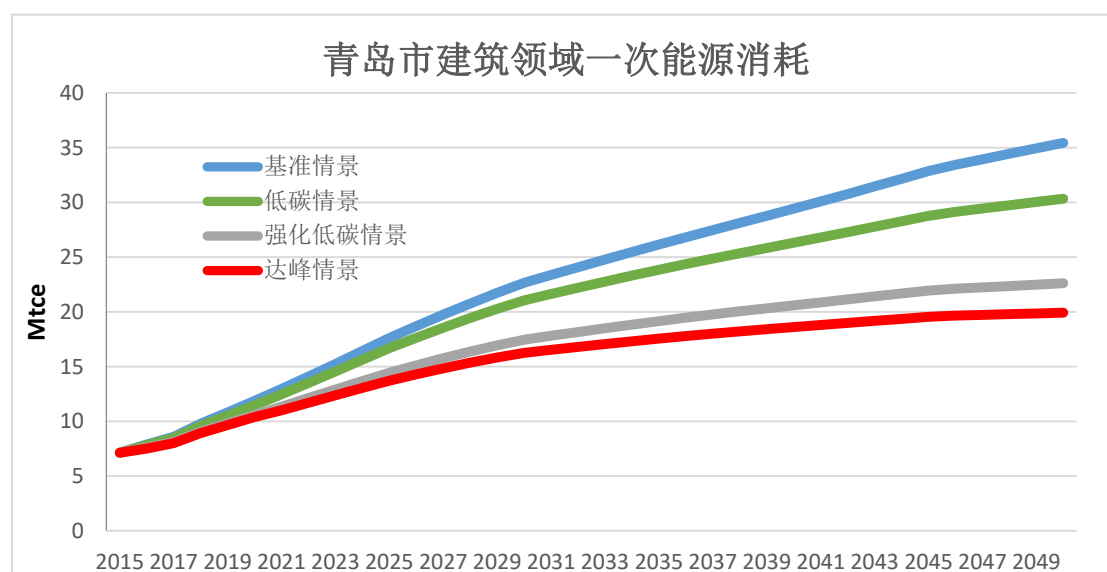


图 3-5 各情景下建筑领域一次能源消耗量发展趋势示意图

如图 3-5 所示，由于总建筑面积的不断增长，在 4 个情景的青岛市民用建筑领域一次能源消耗在 2015-2050 年的范围内均未出现峰值。

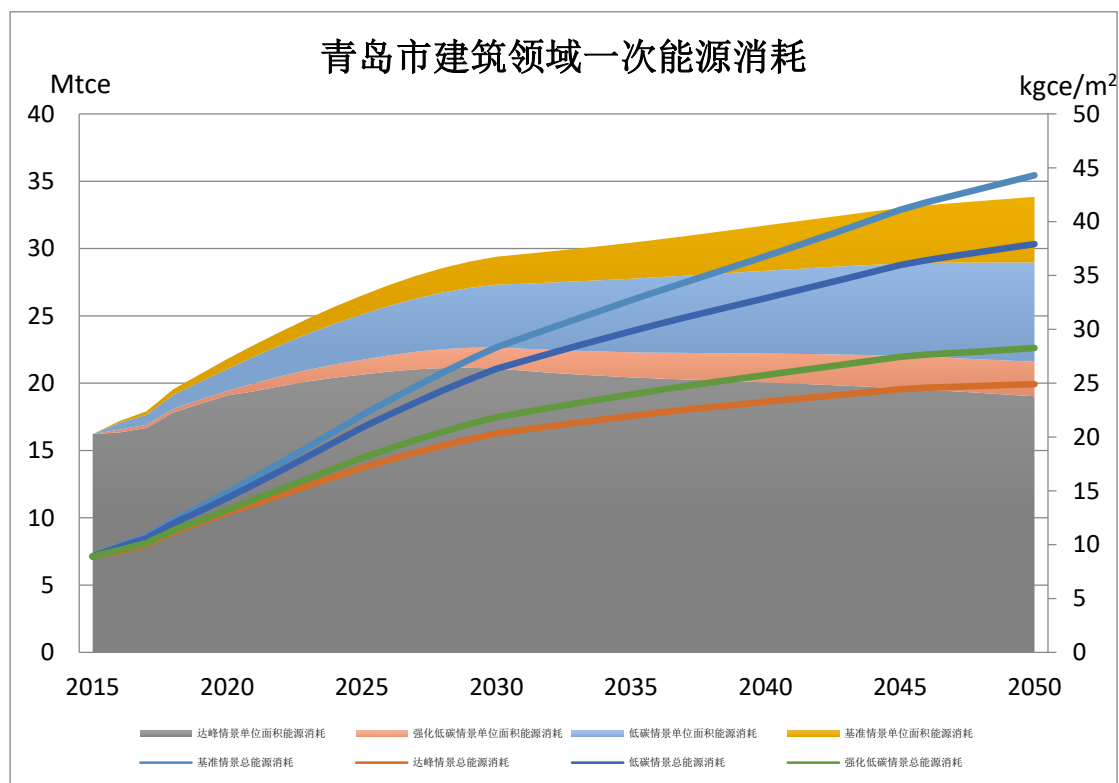


图 3-6 各情景下建筑领域单位面积一次能源消耗发展趋势示意图

如图 3-6 所示，左纵坐标为青岛市民用建筑领域的总一次能源消耗，右纵坐标为单位面积下的一次能源消耗。其中，达峰情景单位面积一次能源消耗的峰值出现时间为 2029 年，峰值为 26.42kgce/m^2 ；强化低碳情景单位面积一次能源消耗的峰值出现时间为 2030 年，峰值为 28.32kgce/m^2 ；低碳情景单位面积一次能源消耗的峰值出现时间为 2049 年，峰值为 36.21kgce/m^2 ；基准情景单位面积一次能源消耗的在 2015-2050 年的时间范围内未出现峰值。

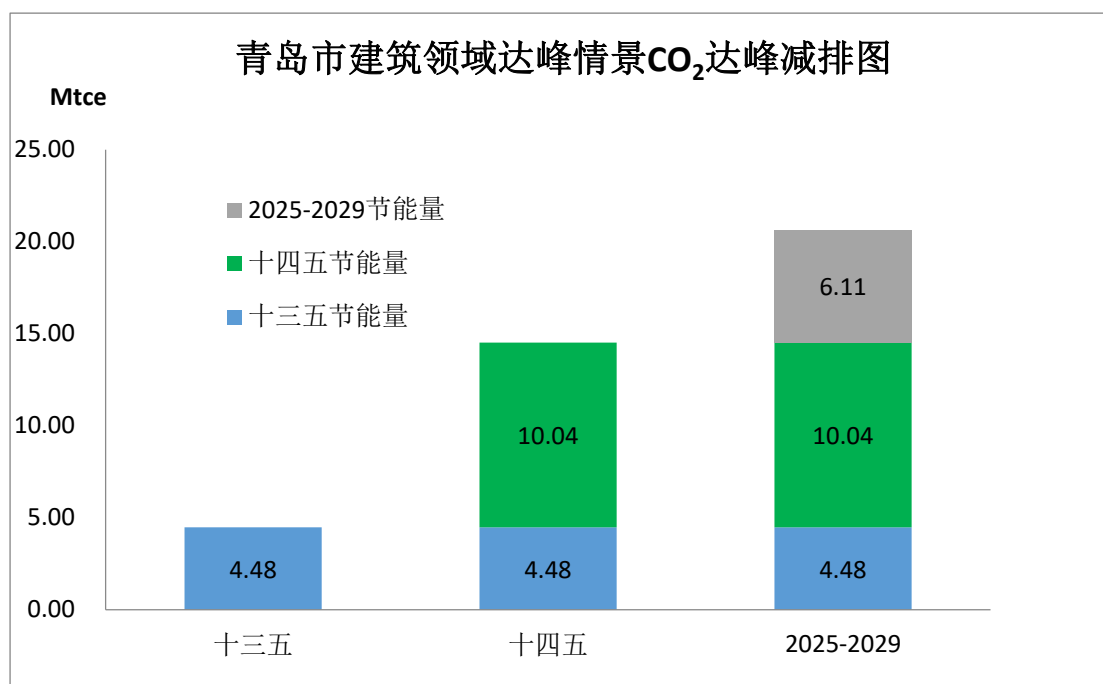


图 3-7 青岛市建筑领域达峰情景 CO₂ 减排图图

如图 3-7 所示，十三五期间达峰情景相对于基准情景，可减少一次能源消耗 4.48Mtce；十四五期间达峰情景相对于基准情景，可减少一次能源消耗 10.04Mtce 排放；2525-2029 年间达峰情景相对于基准情景，可减少一次能源消耗 6.11Mtce 排放。

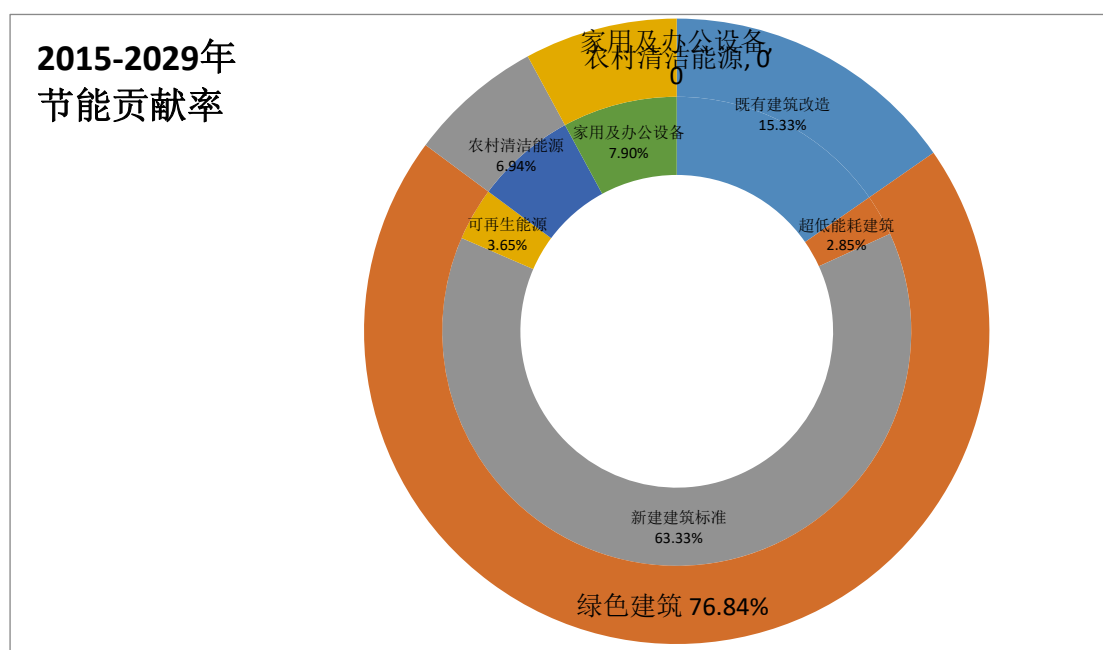


图 3-8 2015-2029 年各子情景减排贡献率

由图 3-8 可知，2015-2029 年期间强化低碳情景和达峰情景各子情景一次能源消耗贡献率和贡献量最大为新建建筑标准，其次为既有建筑节能改造，达峰情

景农村清洁能源的贡献率相对于强化低碳有明显提升。

3.3 小结

经青岛市民用建筑领域碳排放达峰 LEAP 预测模型分析，在达峰情景下，到 2029 年，全市建筑领域碳排放量达到峰值，建筑领域碳排放量控制在 2035 万吨左右的水平，占全社会碳排放总量的 34%；达峰情景单位面积一次能源消耗的峰值出现时间为 2029 年，峰值为 26.42kgce/m^2 ；在达峰情景及强化低碳情景中，对降低建筑能源消耗和碳排放达峰贡献率较大的路径与建筑节能措施为新建建筑标准、其次为既有建筑节能改造。

第四章 达峰建议

加快推进青岛市建筑领域的低碳发展，落实《青岛市控制温室气体排放工作方案》青政字〔2018〕8号，完成国家低碳城市试点任务，促进青岛市建筑领域的节能减排工作更有效的展开，根据《青岛市建筑领域能源消耗与碳排放达峰路径研究》课题研究成果，制定本指导意见（意见稿）。

一、达峰目标

（一）总体目标

到2029年，全市民用建筑领域碳排放量达到峰值，碳排放量控制在2035万吨左右，占全社会碳排放总量的34%。

（二）具体目标

1.“十四五”期末，新建建筑全面实行绿色建筑标准，新建民用建筑中绿色建筑所占比例达到100%。严格执行新建居住建筑节能75%标准，新建公共建筑节能65%标准，可减少碳排放量1409万吨。

2.“十四五”期末，加强被动式低能耗建筑技术试点示范，推广被动式超低能耗建筑，新增超低能耗建筑应用面积400万平方米，可减少碳排放量69万吨。

3.“十四五”期末，规模化推广绿色生态城区和低碳生态城区，创建10个低碳生态示范城区、20个绿色建筑集中示范区和150个高星级绿色建筑示范项目。

4.“十四五”期末，计划完成既有公共建筑节能改造1200万平方米，既有居住建筑节能改造4000万平方米，可减少碳排放量369万吨。

5.提高家用及办公设备的能效水平和市场占比。到十四五期末，高能效设备市场占比达到31%，可减少碳排放量125万吨。

6.“十四五”期末，新增可再生能源建筑应用面积达到1400万平方米。重点应用领域为：应用太阳能建筑一体化面积为800万平方米以上，应用热泵面积600万平方米以上，可减少碳排放量65万吨。

7.“十四五”期间，计划完成农村地区清洁能源应用面积1565万平方米，可减少碳排放量242万吨。

8.扩大公共建筑能耗监管平台覆盖范围，基本实现城区内5000平方米以上

既有公共建筑能耗的远程计量监控全覆盖。

二、实施路径

（一）大力发展绿色建筑，提高新建建筑能效水平

1.积极推进绿色建筑标准实施

全市城镇新建民用建筑 100%满足建筑节能强制性标准。新建居住建筑全面执行 75%的建筑节能标准，新建公共建筑全面执行 65%的建筑节能标准。“十四五”期间，每年执行 75%建筑节能标准的居住建筑 800 万平方米，每年执行 65%建筑节能标准的公共建筑 240 万平方米。新建建筑全面实行绿色建筑标准，新建民用建筑中绿色建筑所占比例达到 100%。“十四五”期间，计划每年完成绿色建筑 1200 万平方米，创建 150 个高星级绿色建筑示范项目。

2.优化发展可再生能源建筑应用

继续推进分布式太阳能、生物质能、和各种热泵在建筑中多元化、规模化应用。其中，水源热泵在居住建筑中的应用面积每年达到 15 万平方米，在公共建筑中的应用面积每年达到 105 万平方米；太阳能在居住建筑和公共建筑中的应用面积每年均达到 80 万平方米。不断提升太阳能光热和浅层地能应用的品质和效率。全面推进光伏建筑一体化技术与应用，鼓励城区工业厂房、商业建筑、大型公共建筑等建筑屋顶建设兆瓦级分布式光伏发电系统。提高绿色生态城区建设的可再生能源应用比例，实施可再生能源集中连片推广。鼓励城乡居民使用太阳能技术，推广太阳能热水器等节能产品。

（二）扎实推进既有建筑节能改造

1.居住建筑节能改造

继续推广实施既有建筑节能改造，深入开展既有居住建筑供热计量及节能改造，逐步扩大改造的范围和规模，增加深度改造的比例。“十四五”期间，计划每年完成居住建筑一般改造 770 万平方米，深度改造 30 万平方米。居住建筑节能改造要按照《山东省既有居住建筑供热计量及节能改造技术导则》等节能设计标准进行。积极寻求绿色金融等资金支持，探索居住建筑绿色化改造的长效机制。

注:既有建筑一般改造：居住建筑围护结构性能达到新建居住建筑节能 50%至 65%标准之间；公共建筑改造后节能率不低于 20%；既有建筑深度改造：居住建筑围护结构

性能达到新建居住建筑 75%标准及以上，公共建筑改造后节能率不低于 40%。

2. 公共建筑节能改造

继续深入开展公共建筑节能改造，实施建筑物围护结构、门窗、空调和照明系统的深度节能改造。继续推动高校、医院、科研院所等重点公共建筑和机构率先开展节能改造或绿色化改造示范。“十四五”期间，计划每年完成公共建筑一般改造 228 万平方米，深度改造 12 万平方米。

（三）继续推进农村地区清洁能源应用

继续推进农村地区清洁能源改造，加大农村清洁取暖建设工作力度，制定相应的财政补贴等激励政策。“十四五”期间，每年计划完成农村地区清洁能源应用面积 313 万平方米。

全方位推进太阳能热水，生物质发电、空气源热泵等新型能源产品的应用和实施。鼓励城乡居民使用太阳能技术，推广太阳能热水器等节能产品。逐步扩大农村地区清洁能源的应用规模和使用范围。

（四）提高家用及办公设备能效和市场占比

1. 高能效家用电器

加大科技研发投入，提升科技创新水平，进一步提高家用电器的能耗效率。引导城镇居民采用高能效家用电器（中国能效等级 3 级及其以上），逐步淘汰高能耗的家电产品。推广普及节能知识，提高居民的节约用能意识。利用市场机制，促进低能耗家电产品的研发，扩大节能电器的市场占比。**到十四五期末，高能效设备市场占比达到 31%。**

注:高能效家用电器：在我国产品家用电器能源效率市场平均水平（中国能效等级 3 级）的基础上，提高 7%以上（至少提高 1 个能效等级）。

2. 高能效办公设备

鼓励办公人员采购高效能办公设备，优先选用中国节能产品认证标志、美国能源之星认证标志和能效“领跑者”标志的办公设备。提高办公设备的使用效率，优化办公设备的运行时间，降低办公设备能耗。加强宣传教育力度，增进建筑节能共识。鼓励办公室行为节能，打造绿色办公环境，实现节能减排目标。**到十四五期末，高能效设备市场占比达到 31%。**

第五章 平台建设

本项目的研究任务之一是协助青岛市民用建筑领域碳排放达峰可视化平台建设，支持可视化平台搭建。可视化平台的研究是利用大数据手段和人工智能算法，针对居住建筑、公共建筑等民用建筑进行数据建模，识别范围内民用建筑基底数据，包括空间坐标、基底面积、建筑高度等数据；结合已有的建筑能耗数据，进行数据导入与归一化处理，将已有能耗数据和建筑基底数据进行匹配，建立建筑能耗信息数据库；结合公建管理提升，构建可视化三维展示平台。本研究基于大数据和人工智能算法的城市画像工具，整合多源城市大数据，结合空间分析算法，开创性的构建精细尺度的城市建筑能耗数据平台，数据可精确到建筑单体的尺度，并结合绿色建筑发展目标，支撑对远期情景方案进行量化评估。

经过课题组和平台搭建团队的共同努力，青岛市民用建筑领域碳排放达峰可视化平台功能逐渐完善，平台的功能模块架构如图 5-1 所示。

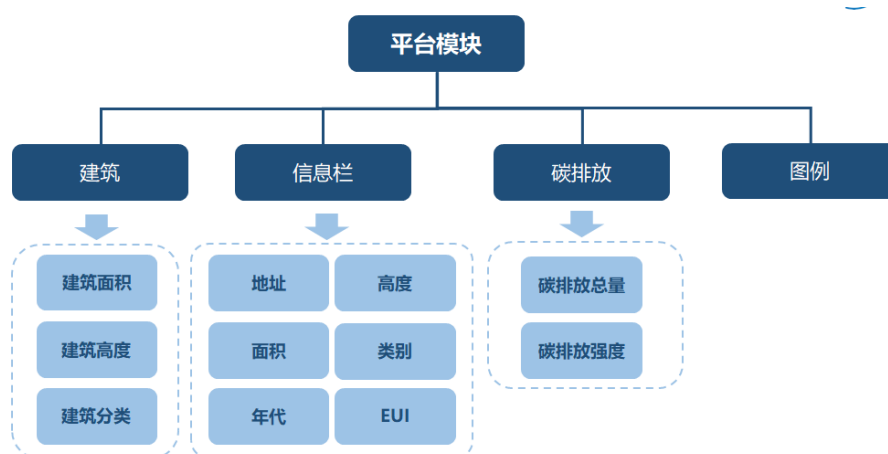


图 5-1 可视化平台的功能模块架构

目前，可视化平台的建筑信息和碳排放功能主要包括以下几个方面：

1. 建筑信息分类（如图 5-2 至 5-4 所示）
 - a) 按照建筑面积分类
 - b) 建筑高度分类
 - c) 建筑功能分类
2. 碳排放数据展示（如图 5-5 至 5-8 所示）
 - a) 各情景模式下的建筑能耗
 - b) 各情景模式下碳排放总量

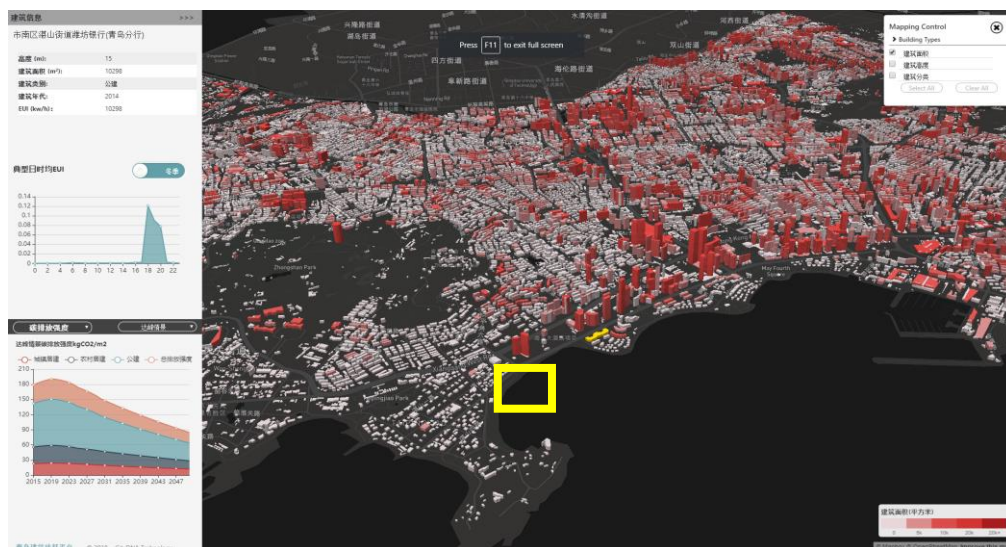


图 5-2 建筑信息界面展示 - 按面积分类



图 5-3 建筑信息界面展示 - 按高度分类

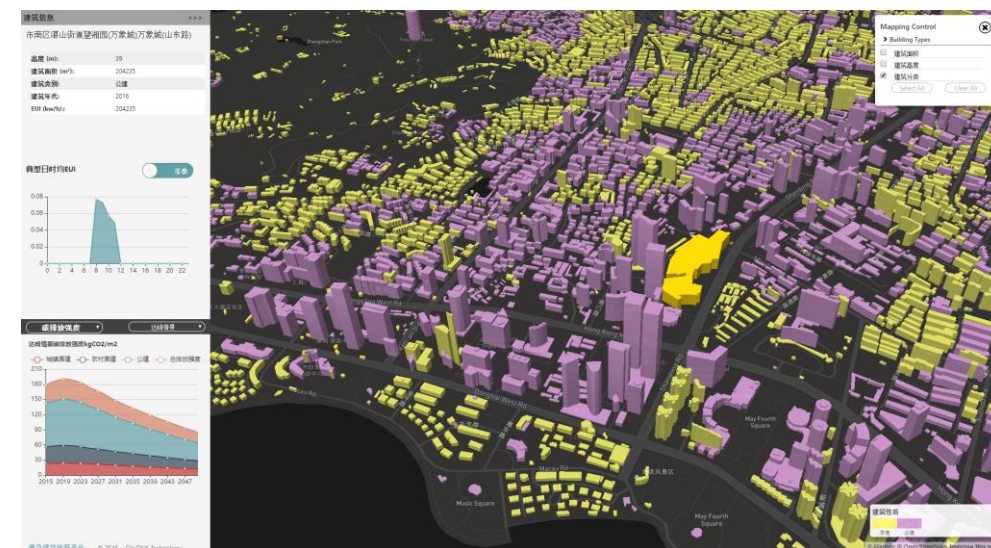


图 5-4 建筑信息界面展示 - 按建筑功能分类

碳排放数据展示 – 碳排放强度



碳排放数据展示 – 碳排放总量 – 基准情景



碳排放数据展示 – 碳排放总量 – 低碳情景



碳排放数据展示 – 碳排放总量 – 强化情景



参考资料

《中华人民共和国节约能源法》

《中华人民共和国可再生能源法》

《中华人民共和国城乡规划法》

《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十三个五年规划的建议》

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》

《中华人民共和国节能减排“十三五”规划》

《中华人民共和国“十三五”节能减排综合性工作方案》

《中华人民共和国“十三五”建筑节能与绿色建筑发展专项规划》

《中国应对气候变化的政策与行动 2015 年度报告》

《国家新型城镇化规划（2014—2020 年）》

《可再生能源中长期发展规划（2007-2020 年）》

《民用建筑节能条例》（2008 年 10 月 1 日起施行）

《绿色建筑行动方案》（国办发[2013]1 号）

《农村居住建筑节能设计标准》（GB/T 50824-2013）

《公共建筑节能设计标准》（GB50189—2005）

《公共建筑节能设计标准》（GB50189—2015）

《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》（JGJ26-2010）

《山东省民用建筑节能条例》（2013 年 3 月 1 日起施行）

《山东省公共建筑节能设计标准》（DBJ14—036—2006）

《山东省居住建筑节能设计标准》（DBJ14—037—2012）

《青岛市民用建筑节能条例》（2010 年 1 月 1 日起施行）

《青岛市城市总体规划（2011—2020 年）》（国函 2016[11]号）

《青岛市城市供热专项规划（2011—2020 年）》报批版

《青岛市新型城镇化规划(2014—2020 年)》

《青岛市“十二五”能源建设发展规划》

《青岛市“十二五”民用建筑节能专项规划》

《青岛市“十三五”房地产业发展规划》

《青岛市绿色建筑三年行动计划（2013—2015 年）》相关法律法规等。