中国建筑节能协会
CHINA ASSOCIATION OF BUILDING ENERGY EFFICIENCY

重庆大学
CHONGQING UNIVERSITY

2021中国建筑能耗与碳排放研究报告：省级建筑碳达峰形势评估成果发布

中国建筑节能协会

建筑能耗与碳排放数据专业委员会

2021-12-23

研究单位

重庆大学 北京建筑大学 中国建筑科学研究院 上海建筑科学研究院 深圳建筑科学研究院 四川建筑科学研究院 河南建筑科学研究院 陕西建筑科学研究院 [illegible]建筑科学研究院 [illegible]集团 [illegible]公司 [illegible]中心 中国建筑 天津市建筑节能推广培训中心

中国建筑节能协会能耗统计专委会

专委会简介

2016年3月成立，旨在整合行业力量，协同开展建筑能耗和建筑碳排放专项研究，通过数据共享夯实建筑节能数据基础。2021年，专委会正式更名为中国建筑节能协会建筑能耗与碳排放数据专委会（Professional Committee of Building Energy and Emissions, CABEE）

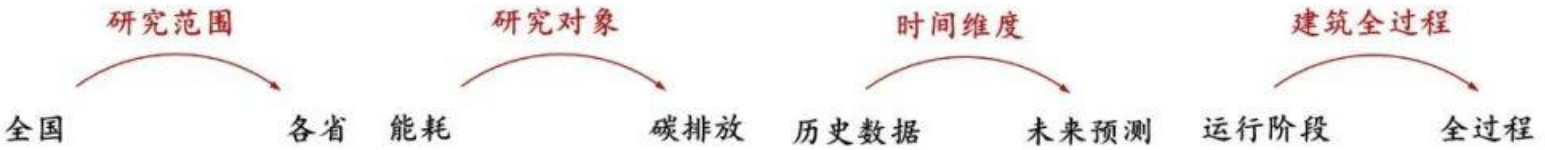
公益性　研究型　数据驱动



中国建筑节能协会能耗统计专委会

往年主要研究工作





- 通过五年的研究，逐步构建了建筑能耗与碳排放测算、建筑碳达峰碳中和情景预测方法体系。

中国建筑节能协会能耗统计专委会
CABEE

研究成果：方法体系



方法特点：

- ✓ 数据来源权威
- ✓ 数据获取方便
- ✓ 可测算完整时间序列数据
- ✓ 全面系统
- ✓ 计算简便
- ✓ 可比性强

中国建筑节能协会能耗统计专委会 CABEE

每年发布《中国建筑能耗研究报告》



2016
全国建筑能耗





2017
分省建筑能耗





2018
建筑碳排放测算





2019
建筑碳达峰预测





2020
建筑全过程碳排放
建筑碳中和情景预测



中国建筑节能协会能耗统计专委会
CABEE

宏观背景

国家双碳战略顶层设计

- 《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》
- 国务院《2030年前碳达峰行动方案》

中央文件要求

- ✓ 合理规划城镇建筑面积发展目标
- ✓ 开展建筑领域低碳发展绩效评估
- ✓ 建立统一规范的碳排放统计核算体系
- ✓ 上下联动制定地方达峰方案

研究报告主题

- ➢ **人口流动、建筑面积**对省级建筑碳排放影响
- ➢ **持续更新**全国建筑全过程碳排放、省级建筑运行碳排放数据
- ➢ **考虑跨省电力调度**计算各省电力排放因子
- ➢ **省级建筑碳排放形势评估**

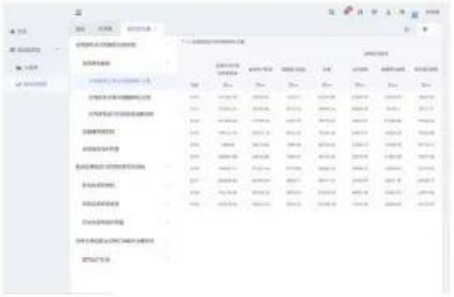
中国建筑节能协会能耗统计专委会 CABEE

本期研究成果

- 2021中国建筑能耗与碳排放研究报告



- 中国建筑能耗与碳排放数据库

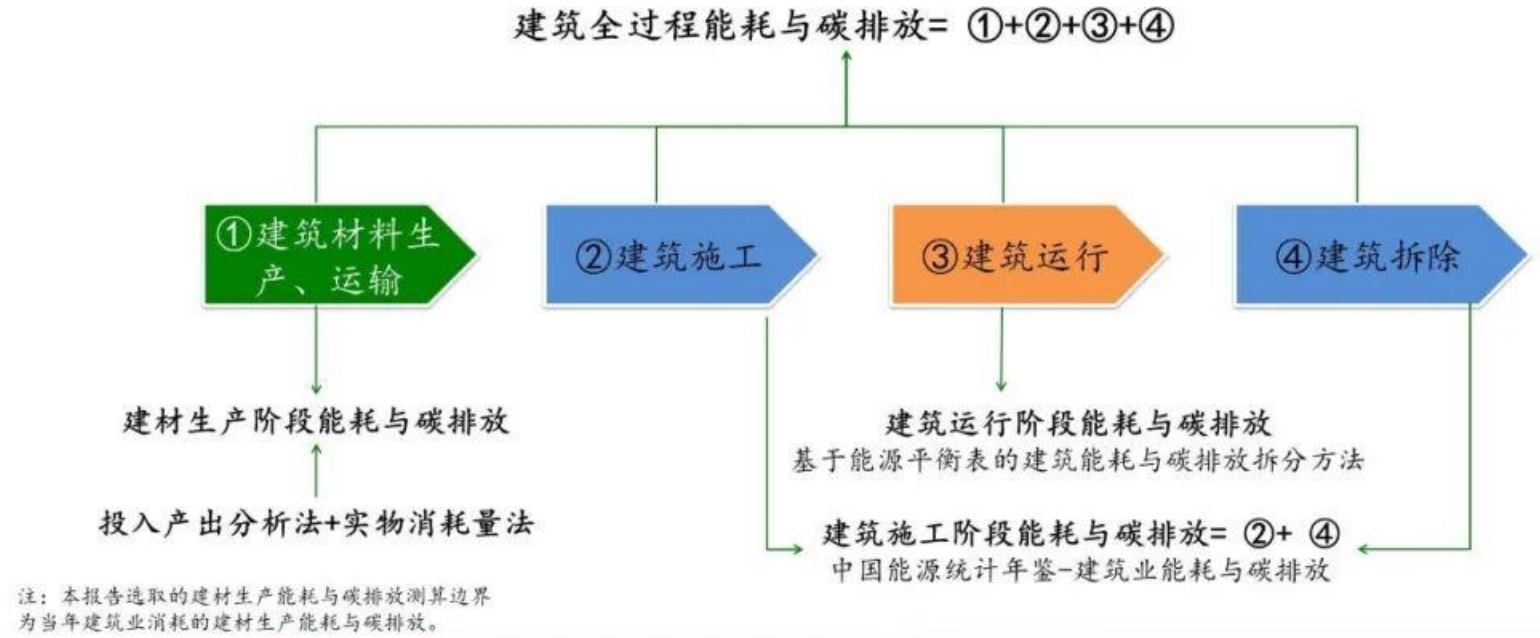


- 中国建筑能耗与碳排放可视化平台



中国建筑节能协会能耗统计专委会
CABEE

建筑全过程能耗与碳排放测算方法体系



注：本报告选取的建材生产能耗与碳排放测算边界为当年建筑业消耗的建材生产能耗与碳排放。

中国建筑节能协会能耗统计专委会 CABEE

2019年全国建筑全过程能耗与碳排放总量

研究发现：2019年全国建筑全过程**能耗**总量为22.33亿tce。

其中：

- 建材生产阶段能耗11.1亿tce，占全国能源消费总量的比重为22.8%。
- 建筑施工阶段能耗0.9亿tce，占全国能源消费总量的比重为1.9%。
- 建筑运行阶段能耗10.3亿tce，占全国能源消费总量的比重为21.2%。



2019年中国建筑全过程建筑能耗（单位：亿tce）

注：本报告能耗按发电煤耗计算；
本报告选取的建材生产能耗与碳排放测算边界为**当年建筑业消耗的建材生产能耗与碳排放。**

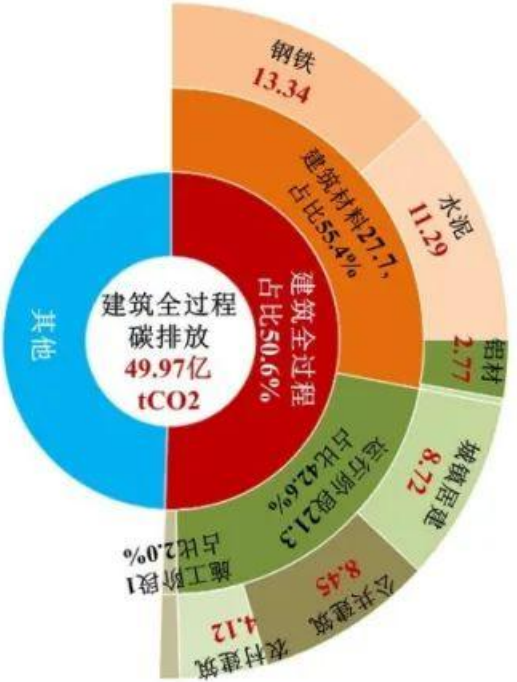
中国建筑节能协会能耗统计专委会
CABEE

2019年全国建筑全过程能耗与碳排放总量

研究发现：2019年全国建筑全过程**碳排放**总量为49.97亿tCO_2，占全国碳排放的比重为50.6%。其中：

- 建材生产阶段碳排放27.7亿tCO_2，占全国碳排放的比重为28.0%。
- 建筑施工阶段碳排放1.00亿tCO_2，占全国碳排放的比重为1.0%。
- 建筑运行阶段碳排放21.3亿tCO_2，占全国碳排放的比重为21.6%。

注：本报告中全国碳排放总量为98.77亿吨，引自IEA数据库；
本报告选取的建材生产能耗与碳排放测算边界为**当年建筑业消耗的建材生产能耗与碳排放**；
本报告测算的建材生产阶段的能耗与碳排放包括建材部门及上游部门的能耗与碳排放。



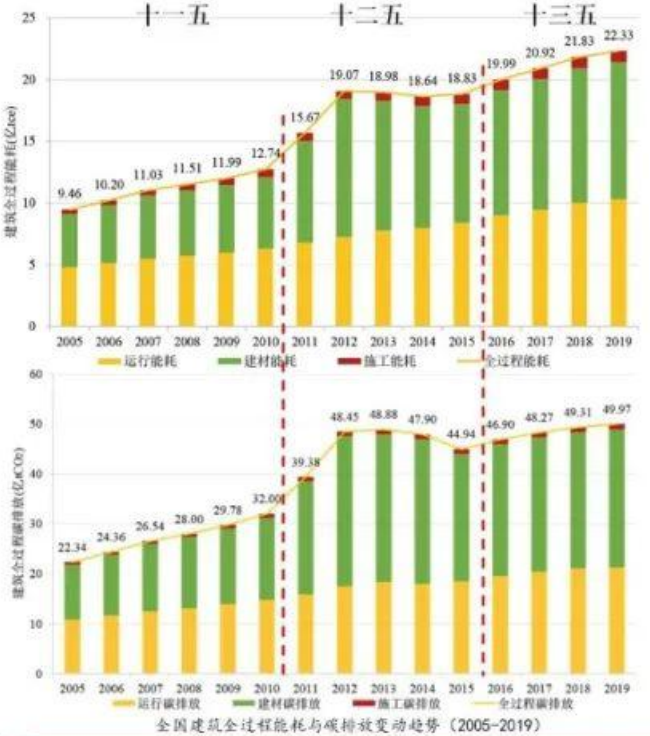
2019年中国建筑全过程碳排放（单位：亿tCO_2）

中国建筑节能协会能耗统计专委会
CABEE

全国建筑全过程能耗与碳排放总量变化趋势

建筑全过程能耗与碳排放变化的阶段性特点趋于一致：

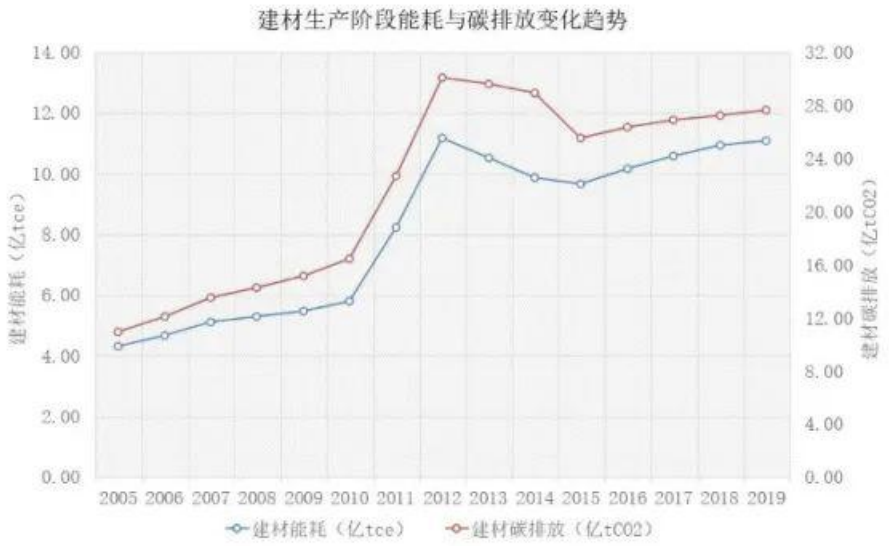
- **十一五期间**：建筑能耗年均增速**6.1%**；碳排放年均增速**7.4%**；
- **十二五期间**：建筑能耗2011和2012年出现异常值，异常值来源于建材能耗，年均增速**8.1%**；碳排放年均增速**7.0%**；
- **十三五期间**：增速明显放缓，建筑能耗年均增速**4.3%**；碳排放年均增速**2.7%**。



全国建筑全过程能耗与碳排放变动趋势（2005-2019）

中国建筑节能协会能耗统计专委会 CABEE

建材生产阶段能耗与碳排放变化情况

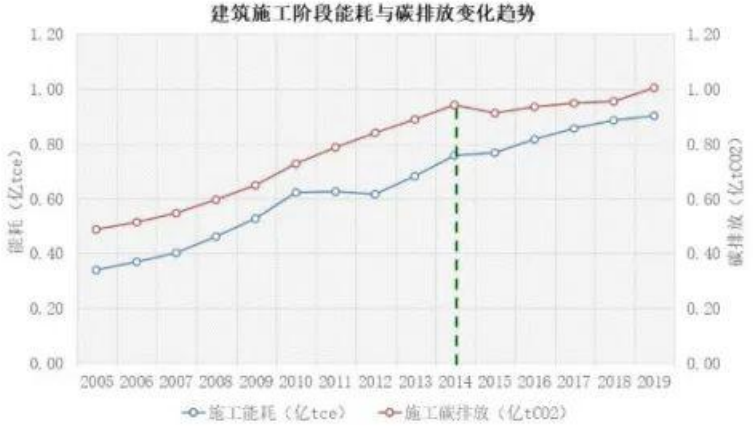


建材生产阶段能耗与碳排放变化的阶段性特点趋于一致：

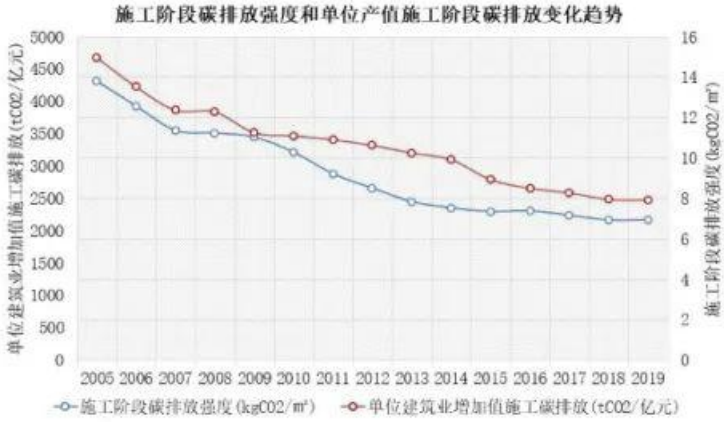
- 建材生产阶段能耗年均增速从“十一五”期间的6.07%下降到“十三五”期间的3.56%，下降近**41%；**
- 建材生产阶段碳排放年均增速从“十一五”期间的8.5%下降到“十三五”期间的2.04%，下降近**76%；**
- 十二五期间，建材生产能耗与碳排放出现较大波动，主要原因是2011、2012年建材统计年鉴中消耗量较大。其中，钢材消耗量2011、2012年增长了1.5、2倍；铝材消耗量2011、2012年增长了2.2、3.8倍（相较于2010年）。

中国建筑节能协会能耗统计专委会 CABEE

建筑施工阶段能耗与碳排放变化情况



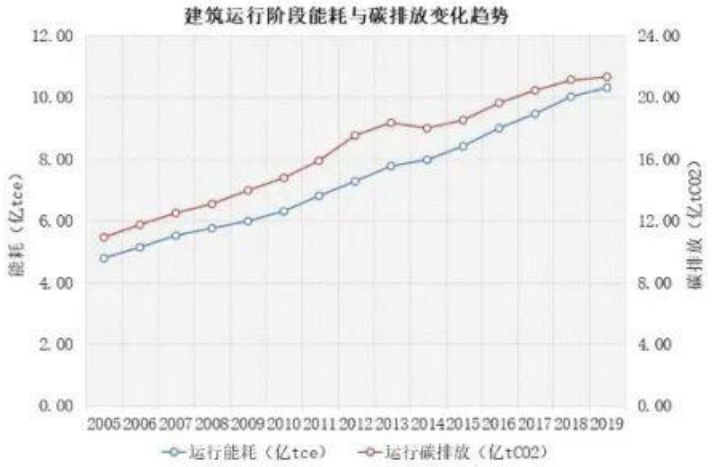
- 十三五期间建筑施工阶段能耗增速为4%，较十一五期间下降了68.7%；
- 建筑施工阶段碳排放增速在2014年出现转折，年均增速从此前的7.6%下降到此后的1.2%；



- 2019年建筑业单位增加值碳排放较2005年下降47%，与单位GDP碳排放下降速度相当；
- 施工阶段碳排放强度从2005年的13.8kgCO_2/m²下降至2019年的7kgCO_2/m²，下降50%。

中国建筑节能协会能耗统计专委会 CABEE

建筑运行阶段能耗与碳排放变化情况



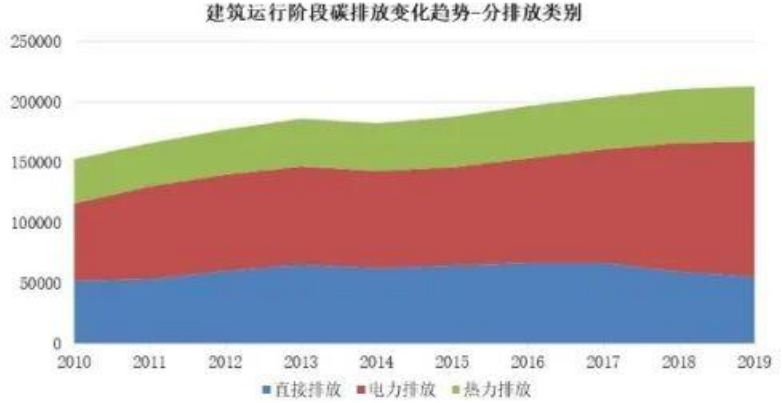


- 建筑运行能耗年均增速放缓：十一五、十二五、十三五期间建筑运行能耗年均增速分别为5.6%、5.9%、5%；
- 建筑运行碳排放年均增速明显放缓：“十一五”、“十二五”和“十三五”期间建筑运行碳排放年均增速分别为7.9%、5.8%和3.6%。

- 十三五以来，城镇居住建筑碳排放年均增速3.4%，公共建筑碳排放年均增速3.9%，农村建筑碳排放基本步入平台期。

中国建筑节能协会能耗统计专委会 CABEE

建筑运行阶段能耗与碳排放变化情况





- 建筑运行碳排放中：建筑直接碳排放约占26%，电力碳排放占53%，热力碳排放21%。建筑直接碳排放在2017年后呈现下降趋势，建筑电力碳排放近些年仍维持在8%的增速，热力碳排放近些年增速约为3%。
- 从建筑运行阶段碳排放构成看，建筑直接碳排放占比在2010-2017年维持在34%左右，在2019年下降到26%；电力碳排放则从42%上升到53%；热力碳排放比例维持在21%-24%之间。

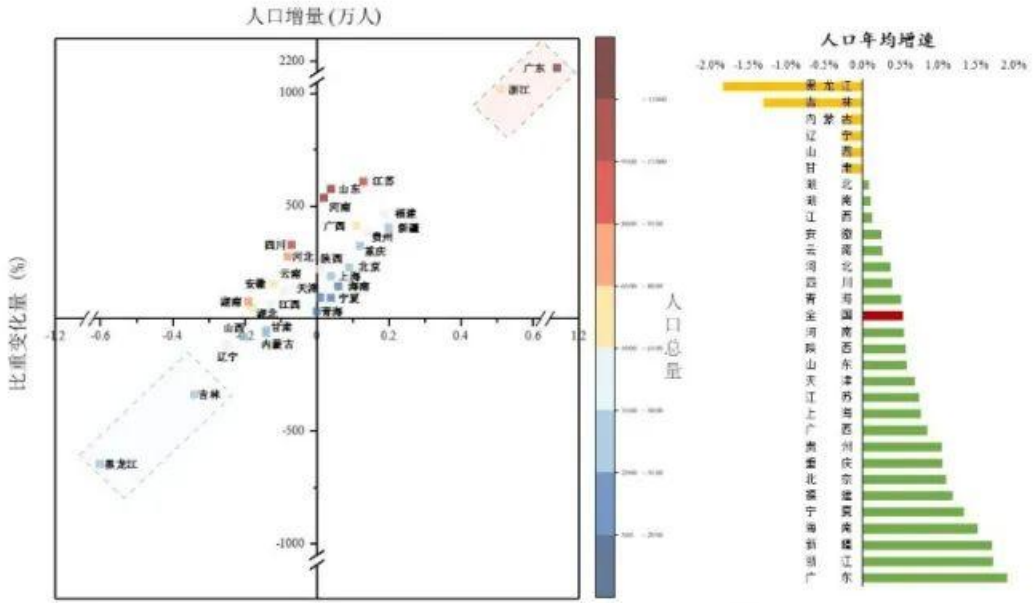
中国建筑节能协会能耗统计专委会
CABEE

省级建筑碳排放驱动因素差异分析



中国建筑节能协会能耗统计专委会 CABEE

人口流动带来建筑碳排放空间转移



数据来源：2020和2010年全国人口普查数据

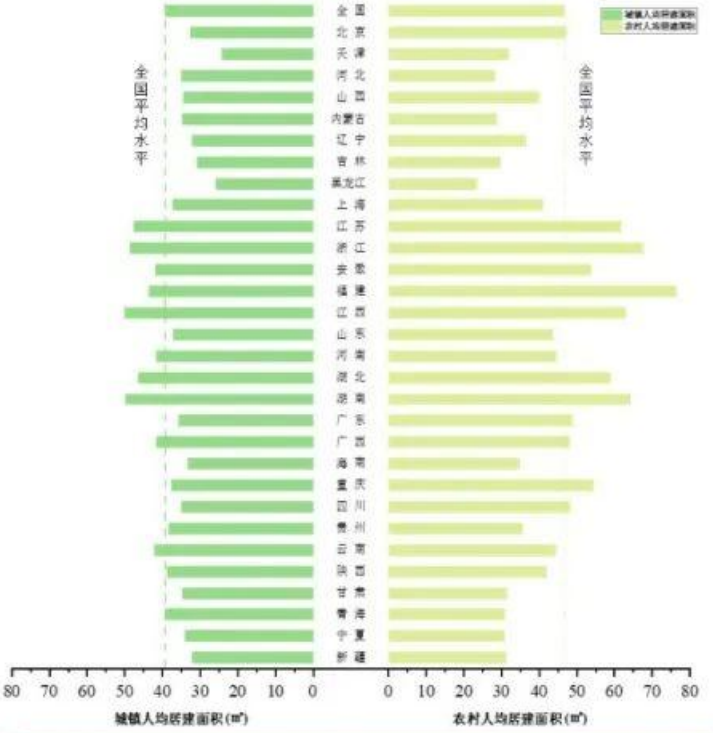
- 2020年广东流入人口2962.21万人，影响建筑碳排放3377万吨；
- 2020年河南流出人口1610万人，影响建筑碳排放2367万吨；
- 2020年黑龙江是全国人口总量下最多的省份（相较于2010年），下降了646万人，影响建筑碳排放1447万吨。

中国建筑节能协会能耗统计专委会 CABEE

建筑面积因素差异

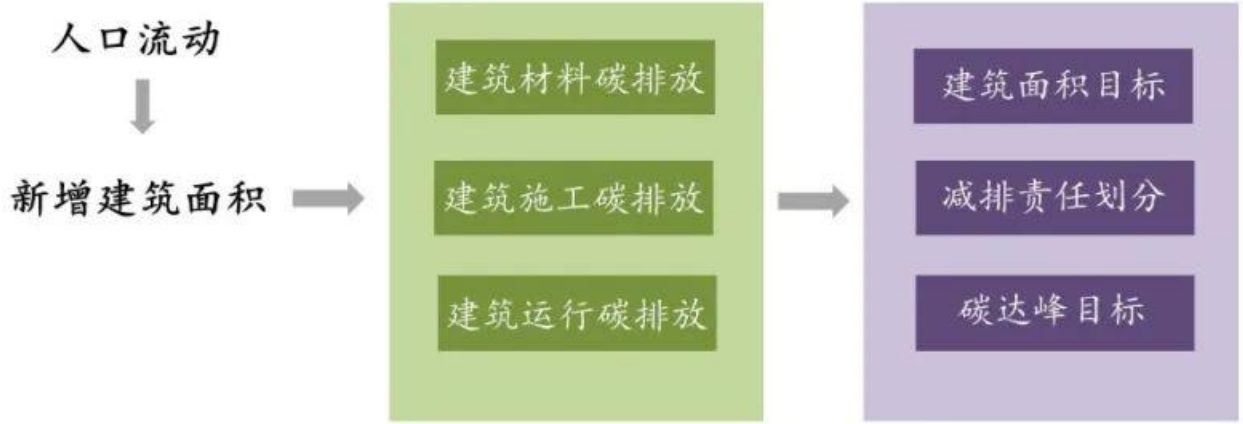
人均居住建筑面积区域化差异明显：

- 2019 年住建部公布数据，城镇居民人均住房建筑面积达 39.8 m²，农村居民人均住房建筑面积达 48.9 m²；
- 分省市人均建筑面积数据显示，2019 年江苏、浙江、江西、福建和湖南农村人均居住建筑面积较高，大于 60m²；湖南、浙江和江苏城镇人均居住建筑面积排名前三，接近 50 m²。



中国建筑节能协会能耗统计专委会
CABEE

人口流动问题加大省级建筑碳排放总量差异



合理规划建筑面积发展目标，制定建筑碳达峰目标，
划定建筑碳排放责任应充分考虑人口流动因素

中国建筑节能协会能耗统计专委会 CABEE

分省建筑电力排放差异分析——电气化率

建筑电气化率本质为建筑能耗比重，计算时按照以下公式：

$$建筑电气化率 = \frac{电力能耗}{建筑总能耗}$$

电力折算标准煤有两个方法：电热当量法（终端能源口径）和发电煤耗法（一次能源口径），两者带来的建筑电气化率差异如下图所示：



全国建筑运行电气化率变化趋势

建议：

- **计算电气化率时电力能耗、建筑能耗均按电热当量计算。**

理由：

- 建筑电气化率是从**住户终端用能角度**反应用能结构的指标，与电力生产端没有直接关系。电热当量法以终端能源为口径计算电力能耗，更加符合建筑电气化的含义。
- **发电煤耗法的计算结果受到发电效率的影响。**随着发电技术的进步，发电效率会逐步提高，从而使得利用该方式得到的计算结果可能无法反应现实用能情况的变化。
- 随着可再生能源的应用，电力清洁化程度越来越高，**发电煤耗法应用的意义被逐渐弱化。**

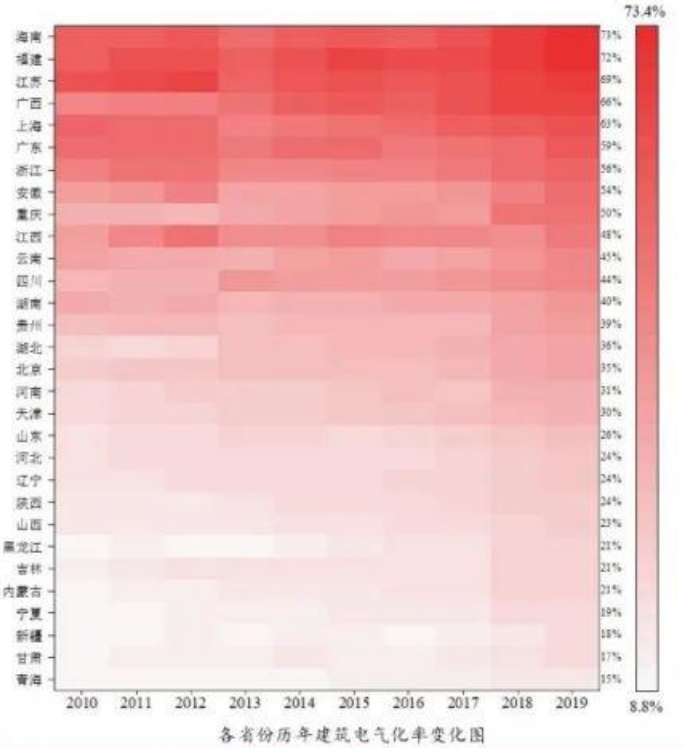
中国建筑节能协会能耗统计专委会 CABEE

分省建筑电力排放差异分析

（1）建筑电气化率逐年上升，对省级建筑碳排放的影响逐年递增：

- 2019年全国建筑电气化率为37.1%，电力碳排放11.75亿tCO_2，占全国建筑运行碳排放总量的55%；
- 不同建筑类型的电气化率差异较大，公共建筑电气化率52%，城镇居住建筑24%，农村居住建筑（不含非商品用能）37%；
- 2010~2019年之间北方地区建筑电气化率普遍低于南方地区，海南为电气化率最高的省份（73%），北京为电气化率最高的北方省市。

注：按电热当量计算，建筑运行阶段总能耗为6.74亿tce，其中建筑电力能耗2.5亿tce；



各省份历年建筑电气化率变化图

中国建筑节能协会能耗统计专委会 CABEE

分省建筑电力排放差异分析

■ 电力排放因子

计算分省电力所产生碳排放的重要参数

火电占比*火电排放因子

总用电量

单位：$kgCO_2/kWh$

计算方法

1 采用地区生产端电力排放因子

省内统一标准，未考虑电力调入调出

$$EF_{i,pro}=\frac{\sum C_i}{\sum(E_{i,f}+E_{i,c})}$$

$EF_{i,pro}$为某一省份的生产端电力排放因子，C_i为该省份的火力发电碳排放量，$E_{i,f}$和$E_{i,c}$分别为此省的火力发电量和一次能源清洁发电量。

测算结果有失公允

2 区域电网排放因子

区域整个电网的电厂总排放与电厂生产总电量比值

$$EF_i=\frac{\sum C_{ij}}{\sum(E_{ij,f}+E_{ij,c})}$$

EF_i为某一区域电网的电力排放因子，C_{ij}为此区域内第j个省的火力发电碳排放量，$E_{ij,f}$和$E_{ij,c}$分别为第j个省的火力发电量和一次能源清洁发电量。

易掩盖省份自身的资源禀赋状况

3 地区生产端电力同区域电网相结合

利用区域电网的碳排放因子计算外调电力的排放，与计算方式2的思路相同，但对各省的外调电力碳排放采用了简化的方法。

计算外调电力排放量时误差较大

4 考虑区域间电力输配送

区分调入调出电力和区分调入电种类（煤电、气电和清洁电力），发电过程碳排放和调出电力碳排放计算时采用各省生产端电力排放因子

$$C_e=C_0+C_i-C_0$$

$$EF=C_e/E$$

C_e为电力碳排放，C_0为发电过程碳排放，C_i、C_0分别为调入电力碳排放和调出电力碳排放。

计算较为精确，所需数据较多

为本报告所采用的计算方法

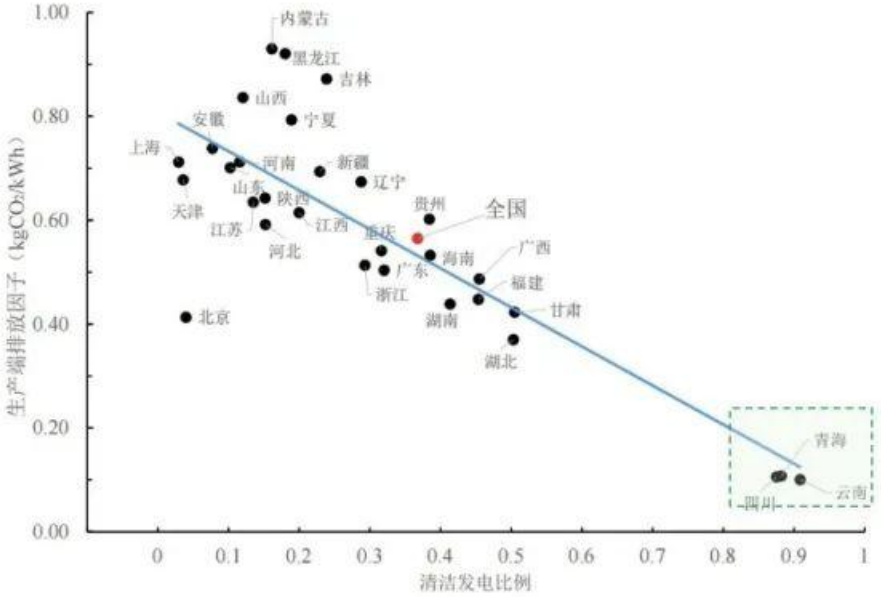
中国建筑节能协会能耗统计专委会 CABEE

分省建筑电力排放差异分析

计算方法1：生产端电力排放因子

（2）生产端电力排放因子的省市间差异显著，最高相差9倍：

- 2019年全国清洁能源发电比例为37% 和电力排放因子为0.56kgCO_2/kWh；
- 四川、云南和青海的清洁能源发电比例超过80%，电力碳排放因子低至0.1kgCO_2/kWh；
- 山西、内蒙古、黑龙江等以煤炭为主要发电能源的省份电力碳排放因子高达0.9kgCO_2/kWh。



中国建筑节能协会能耗统计专委会
CABEE

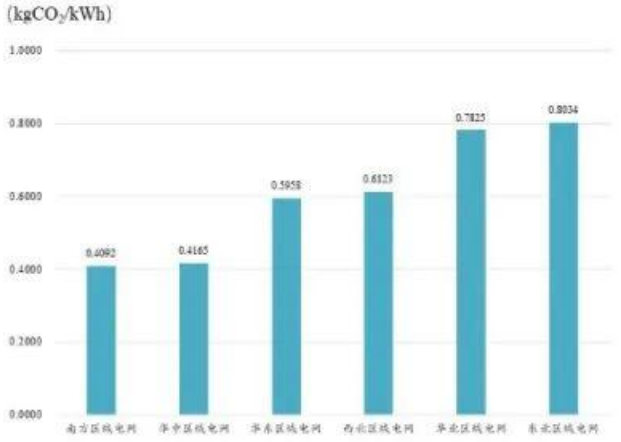
分省电力排放因子分析

计算方法2：区域电网排放因子

表 2019年区域电网平均碳排放因子

区域电网	覆盖省市	平均碳排放因子 ($kgCO_2/kWh$)
华北区域电网	北京、天津、河北、山西、山东、内蒙古	0.7825
东北区域电网	辽宁、吉林、黑龙江	0.8034
华东区域电网	上海、江苏、浙江、安徽、福建	0.5958
华中区域电网	河南、湖北、湖南、江西、四川、重庆	0.4165
西北区域电网	陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆	0.6123
南方区域电网	广东、广西、云南、贵州、海南	0.4092

注：本报告碳排放因子是基于能源平衡表测算的。

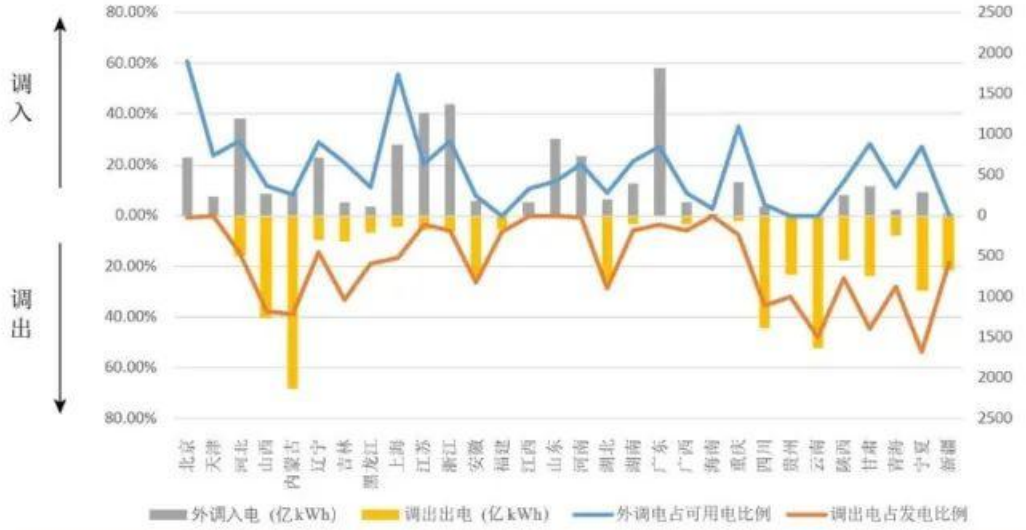


➢ 忽略具体省市本身资源禀赋，未考虑跨电网调配情况

中国建筑节能协会能耗统计专委会 CABEE

分省建筑电力排放差异分析

计算方法3：生产端电力同区域电网结合



计算方法4：考虑区域间电力输送

（3）跨区域电力调配涉及区域广，调配比例高

- 2019年，内蒙古为我国最大的电力调出省，调出电量为**2126亿kWh**，占本省发电量的**40%**；
- 广东省为我国最大的电力调入省，调入电量为**1822亿kWh**，占本省可用电量的**27%**；
- 北京和上海为调入电量占本地可用电量比例最高地区，分别为**60%**和**55%**。

中国建筑节能协会能耗统计专委会 CABEE

分省建筑电力排放差异分析

（3）跨区域电力调配涉及区域广，调配比例高



典型电力调入省



典型电力调出省

➢ 典型电力调配举例：上海的外调电力主要来自湖北四川的水电，电力排放因子较低，若忽略电力调配情况，会严重高估区域内电力排放。

中国建筑节能协会能耗统计专委会 CABEE

建筑电力排放因子计算方式辨析

典型省市电力排放因子计算结果差异表

单位：$kgCO_2/kWh$

地区	生产端电力排放因子（方法1）	电力排放因子		
		采用区域电网排放因子（方法2）	地区生产端电力同区域电网相结合（方法3）	考虑电力输配送（方法4）
北京	0.41	0.78	0.64	0.60
内蒙古	0.93	0.78	0.92	0.92
上海	0.71	0.60	0.65	0.47
湖南	0.44	0.42	0.43	0.44
广东	0.50	0.41	0.48	0.42
四川	0.11	0.42	0.12	0.12
陕西	0.64	0.61	0.64	0.62
青海	0.11	0.61	0.16	0.17

同属华北电网，二者差异较大，达28%

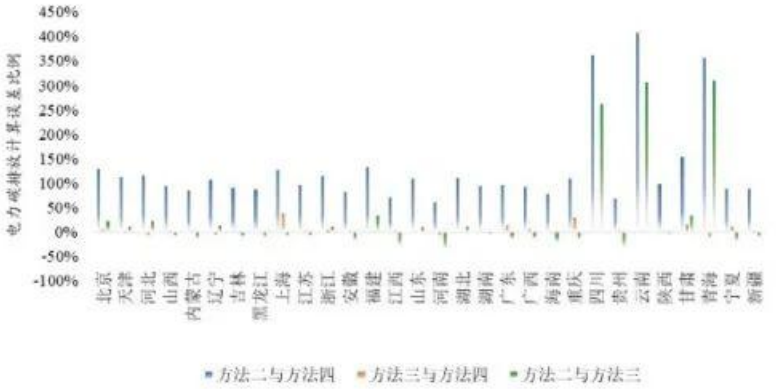
外调电力主要来自湖北和四川的清洁电力，不同计算方式相差18%

- 受省份自身生产端电力排放因子、调入电量及类型、调出电量等因素的影响，不同方法计算的各省电力排放因子存在较大差异。

中国建筑节能协会能耗统计专委会 CABEE

建筑电力排放因子计算方式辨析

➢ 运用不同的电力排放因子会导致极大的电力排放计算差异



云南省相差307%
青海省相差311%

省市	方法二：采用区域电网排放因子	方法三：地区生产端电力同区域电网相结合	方法四：考虑区域间电力输配送
北京	6173	5024	4766
上海	4370	4788	3424
河南	4493	7038	7440
广东	9497	11110	9807
四川	3700	1018	1023
云南	1877	461	461
青海	432	122	105

单位：万tCO_2

云南省相差407%
四川省相差362%

两种方法相对较小
上海市相差40%

中国建筑节能协会能耗统计专委会
CABEE

建筑电力排放因子计算方式辨析

	方法一	方法二	方法三	方法四
方法	采用地区生产端电力排放因子	采用区域电网排放因子	地区生产端电力同区域电网相结合	考虑区域间电力输配送
碳排放计算	未考虑各省际间的电力调配情况，电力调出地区需承担大量转移排放；调入地区却无需为消费的调入电力排放负责。碳排放测算结果有失公允。	未考虑各省的资源禀赋状况，对区域内各个省份进行平均计算，扩大了生产端电力排放因子较低省份的排放，降低了生产端电力排放因子较低省份的碳排放。	测算结果同方法四较为接近，但无法准确估计外调电力的排放量。	是根据各省的电力生产和调配情况计算所得，能较为准确的反应各省的真实情况。
碳减排核算	不利于从节约用电、提高用电效率的角度降低排放。	同一区域内采用相同电力排放因子，测算碳减排量时较为公平合理。	同方法四	不利于生产端电力排放因子较低的省份（如云南、四川、青海）进行碳减排核算。

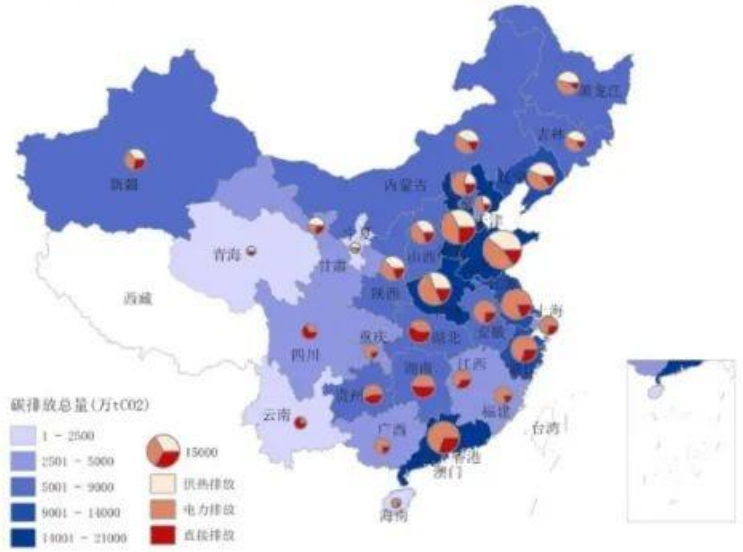
分省碳排放核算

分省碳减排量核算

- 在进行分省碳排放核算时，应采用考虑电力输配送的方式进行精确计算；
- 在核算各省份碳减排量时，应采用区域电网平均排放因子。

中国建筑节能协会能耗统计专委会 CABEE

建筑运行碳排放总量差异



分省建筑运行碳排放总量及直接、电力与供热碳排放比例(审图号GS(2019)1829号)

注：西藏、港澳台地区数据缺失，未包含在本报告研究范围内。

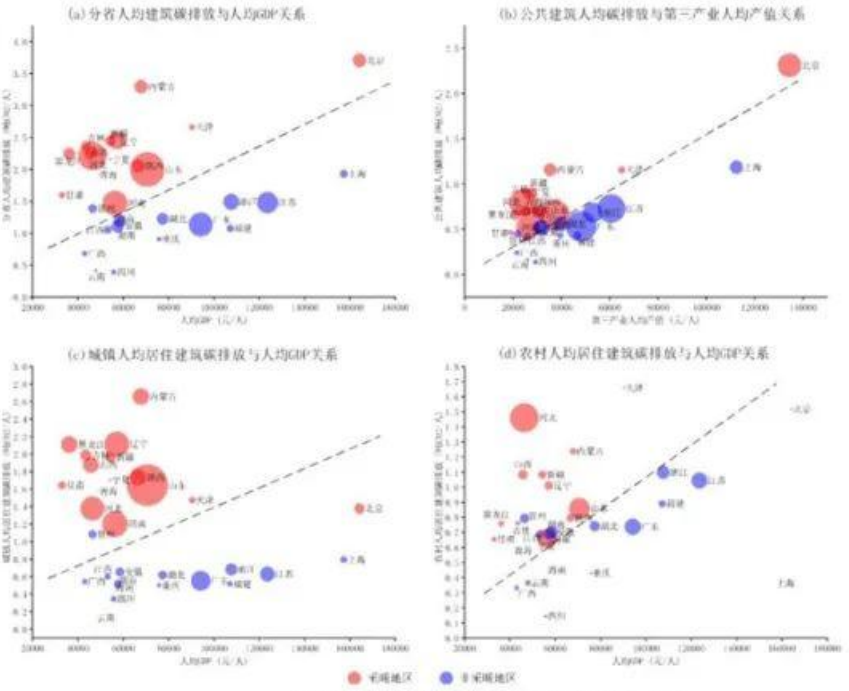
2019 省级建筑运行碳排放总量差异表现明显：

- 排名前五的省市建筑碳排放约占全国建筑碳排放总量的 **36%**。
- **北方采暖地区碳排放总量大于非采暖地区碳排放总量。**2019 年，北方采暖地区碳排放总量为 12.34 亿 tCO_2，是非采暖地区碳排放总量的 1.4 倍。
- **电力碳排放占比区域差异明显，**主要与分省用能结构和电力碳排因子有关。

中国建筑节能协会能耗统计专委会 CABEE

人均建筑运行碳排放与人均GDP关系

- 各省市人均建筑运行碳排放与建筑气候区关系密切。北方采暖地区各省市的人均建筑运行碳排放均值是 2.16 吨，约为非采暖区域（1.08 吨）的 2 倍；
- 各省市城镇人均建筑运行碳排放与城镇化率及人均 GDP 呈正相关关系。

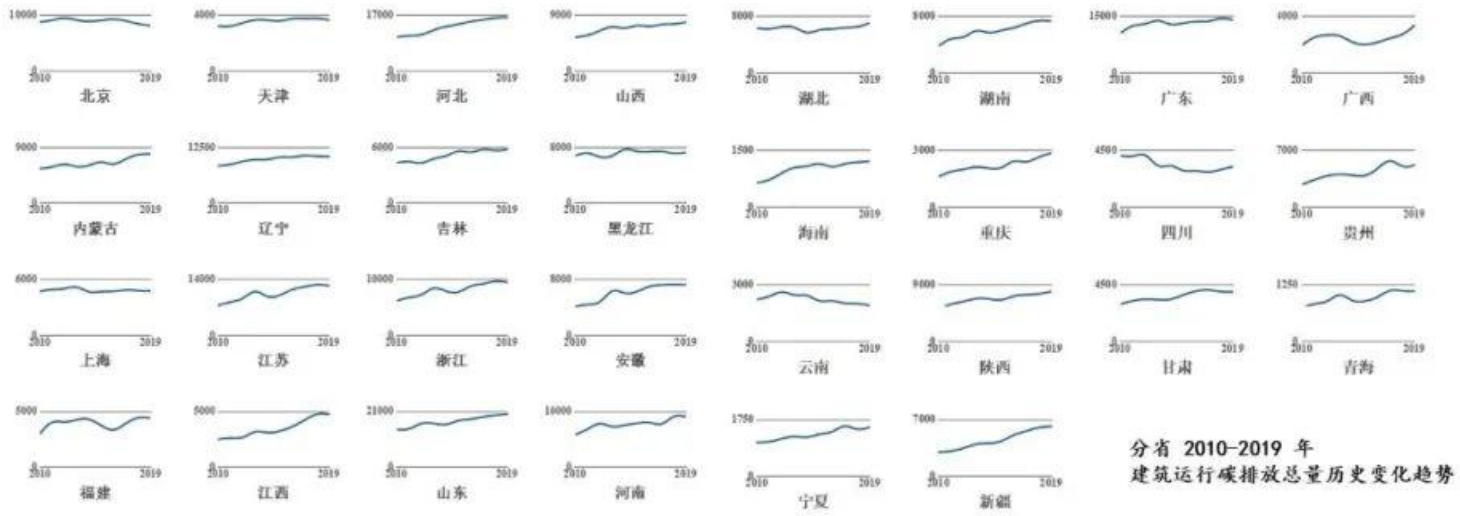


分省人均建筑运行碳排放与人均 GDP 关系

中国建筑节能协会能耗统计专委会
CABEE

省级建筑运行碳排放历史变化趋势分析

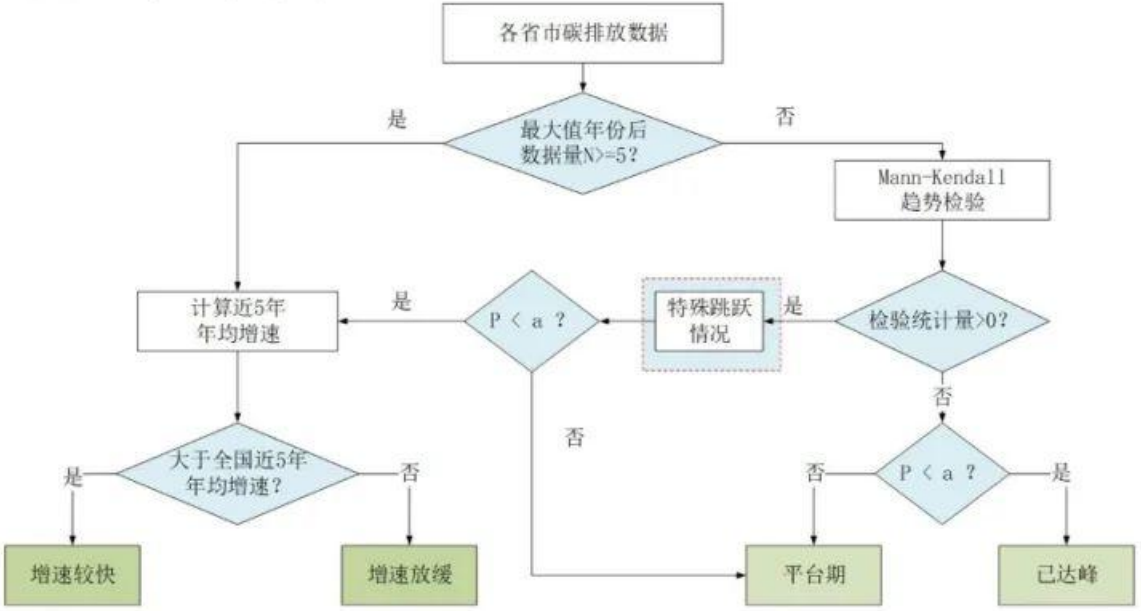
➢ 各省市建筑运行碳排放历史变化趋势存在明显的差异：



分省 2010-2019 年
建筑运行碳排放总量历史变化趋势

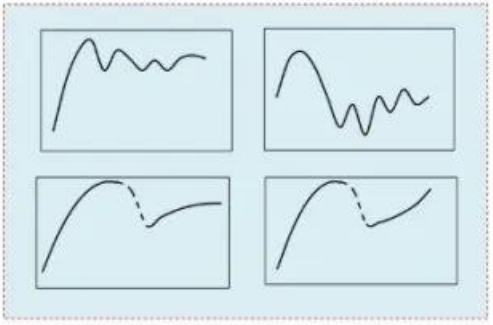
中国建筑节能协会能耗统计专委会
CABEE

碳排放形势评估方法



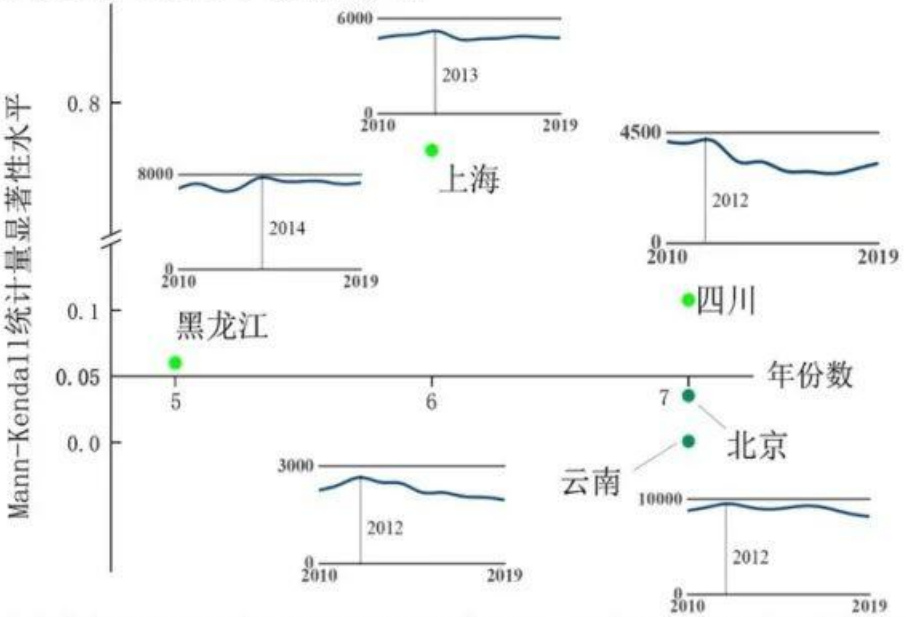
特殊情况

尽管峰值后有五个年份的数据量，但是峰值后的数据可能存在波动情况或保持增长，需进一步判断



中国建筑节能协会能耗统计专委会 CABEE

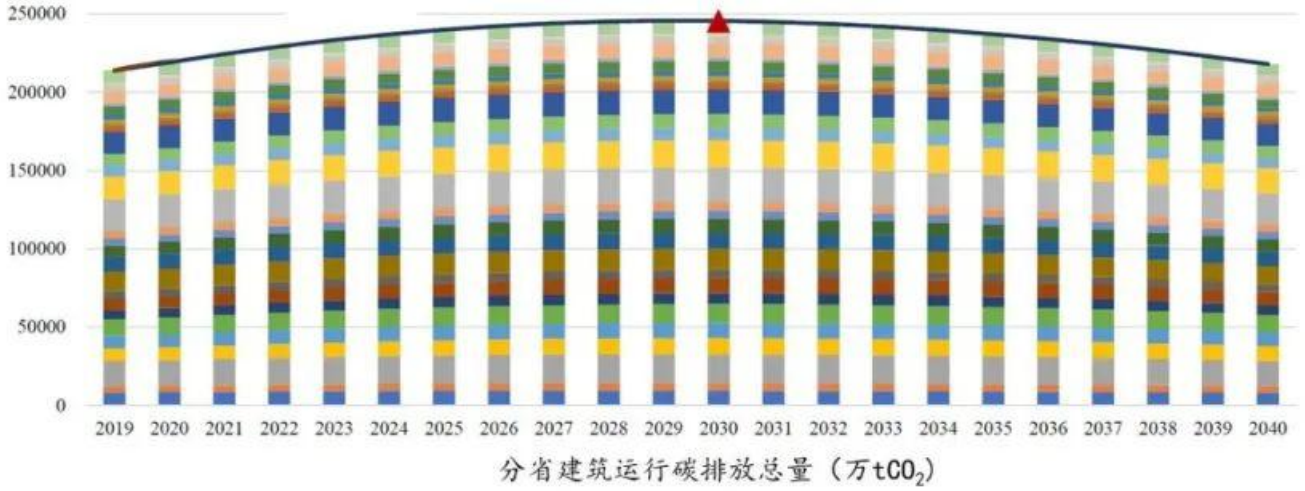
部分省市建筑运行碳达峰形势分析



注：本报告对全国30个省市分别进行了建筑运行碳达峰形势评估。如有需要，敬请联系本课题组。

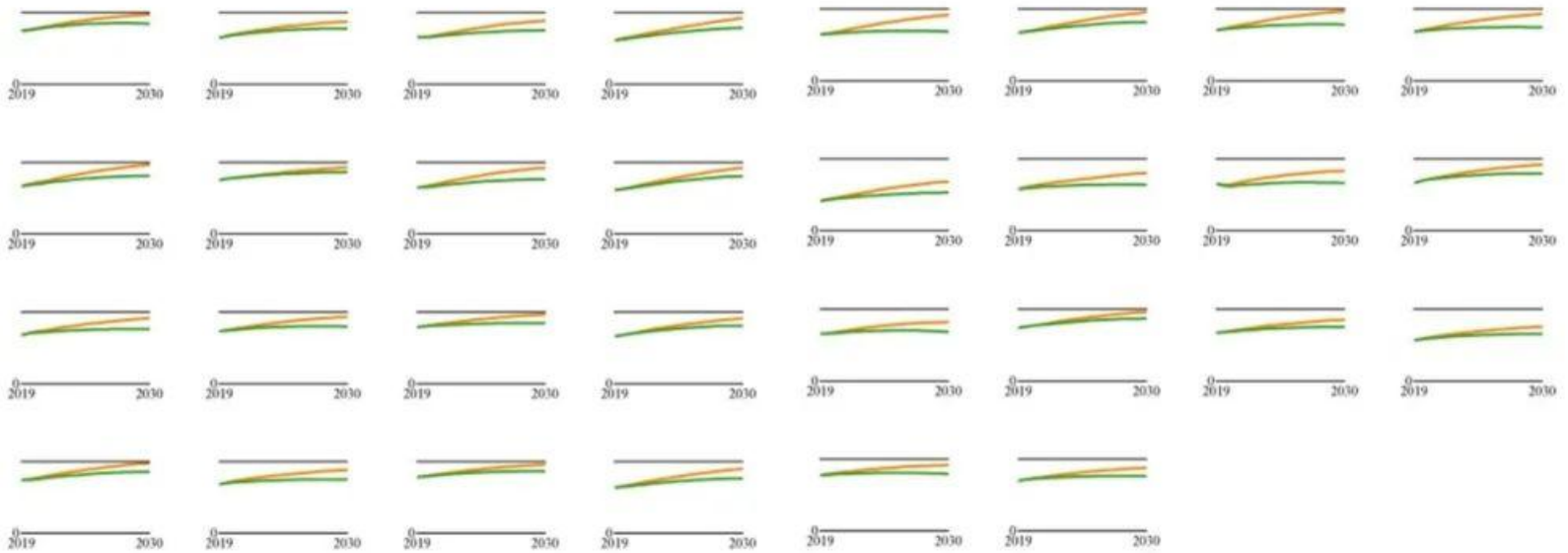
中国建筑节能协会能耗统计专委会 CABEE

全国2030达峰目标下各省市建筑运行碳排放预测



中国建筑节能协会能耗统计专委会 CABEE

全国2030达峰目标下各省市建筑运行碳排放预测



注：本报告对全国30个省市分别进行了未来建筑运行碳达峰预测分析。如有需要，敬请联系本课题组。

中国建筑节能协会能耗统计专委会
CABEE

全国建筑全过程能耗与碳排放
各地区建筑运行阶段能耗与碳排放
世界主要国家全过程阶段能耗与碳排放

专委会简介

中国建筑节能协会（CABEE）于2016 年3 月组织成立了能耗统计专业委员会，旨在整合行业力量，协同开展建筑能耗和建筑碳排放专项研究，夯实建筑节能数据基础。2021 年，专委会正式更名为中国建筑节能协会建筑能耗与碳排放数据专委会（Professional Committee of Building Energy and Emissions, CABEE）

专委会是广大致力于中国建筑能耗与碳排放数据核算、研究与应用的相关单位和专业人士自愿加入组成的社会团体，隶属于中国建筑节能协会的分支机构。专委会定位为公益性、研究型组织。

专委会的目的和宗旨在于：搭建中国建筑能耗和碳排放数据共享平台，为政府制定政策、标准、规划提供数据支撑，为建筑节能科学研究提供数据来源，为建筑节能行业企业提供数据增值服务，为我国建筑节能与绿色建筑事业发展做出贡献。

专委会现有成员单位14家，包括：重庆大学、北京建筑大学、中国建筑科学研究院、上海建筑科学研究院、深圳市建筑科学研究院、四川省建筑科学研究院、辽宁省建筑科学研究院、河南建筑科学研究院、陕西省建筑科学研究院、中国水电共建能源集团、同圆设计集团、云南建筑技术发展中心、天津市建筑节能推广培训中心、中国建筑集团技术中心，重庆大学为主任委员单位。

中国建筑节能协会建筑能耗碳排放专委会自2016 年起每年发布《中国建筑能耗研究报告》，历年报告主题分别为：

2016 年，全国建筑能耗测算；
2017 年，分省建筑能耗测算；
2018 年，建筑碳排放核算；
2019 年，建筑碳达峰情景预测；
2020 年，建筑全过程碳排放核算与碳中和情景预测；
2021 年，分省建筑碳排放达峰形势评估。

通过多年的研究与积累，专委会建立了涵盖区域建筑能耗、建筑面积、建筑碳排放核算方法体系，构建了区域建筑碳达峰碳形势与状态评估模型、碳达峰碳中[illegible]预测方法，开发了中国建筑能耗与碳排放数据库（www.cheed.cn），为中国建筑领域碳达峰碳中和战略提供支撑。

版权说明

中国建筑节能协会能耗统计专委会


中国建筑碳排放可视化平台
全国
2019年
建筑能耗与碳排放数据专委会
2021-12-23 周四 09: 46: 04
总量指标
公共建筑
城镇居建
农村居建
建筑能耗
建筑面积
建筑排放
强度指标
公共建筑
9.68
62.16
城镇居建
39.19
25.88
农村居建
46.59
16.25
0
10
20
30
40
50
60
70
数值
人均建筑面积
单位面积排放
电气化比例
公共建筑
52%
城镇居建
25%
农村居建
37%
地图数据
全国建筑碳排放
公共建筑
城镇居建
农村居建
电力排放因子
250,000
200,000
150,000
100,000
50,000
0
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
各省市建筑碳达峰形势跟踪
地区 当前排放量(万tCO2) 达峰状态
1 北京 8152.49
2 云南 1962.5
3 四川 3263.7
4 上海 4767.59
5 黑龙江 7288.01
6 广东 14083.7
7 海南 1229.68
8 甘肃 4008.64
9 吉林 5793.88
10 辽宁 10491.07
11 山西 7913.95
12 天津 3669.36
14 陕西 8080.26
中国建筑节能协会能耗统计专委会