



中国建筑节能协会

CHINA ASSOCIATION OF BUILDING ENERGY EFFICIENCY



中国建筑能耗研究报告（2018） 成果发布

中国建筑节能协会
能耗统计专业委员会
2018-11·上海

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



辽宁建筑科学
研究院



中国兴业太阳能技
术控股有限公司



山东同圆设计集
团有限公司



云南建筑技术
发展中心



CONTENTS

目录

Part 1

专委会工作简介

Part 2

建筑碳排放测算方法

Part 3

全国建筑碳排放数据分析（2000-2016）

Part 4

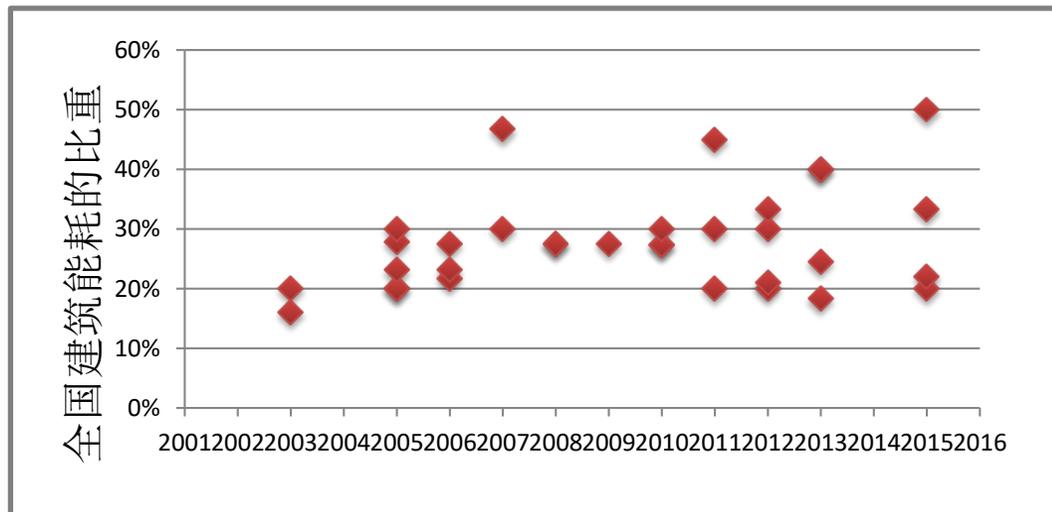
分省建筑碳排放数据分析（2016）



Part 1: 专委会工作简介

□ 专委会成立背景

建筑节能工作在数据量化方面存在明显短板



- 我国建筑能耗权威统计数据**缺乏**，不同机构的测算**数据差异巨大**；
- 建筑能耗比重的测算结果分布在15%-50%巨大区间内。

分省建筑能耗数据？ 建筑碳排放数据？

- 分省建筑能耗数据的研究**缺乏系统性**，尚无按照统一方法、统一数据来源的分省数据的测算，各省的数据**缺乏可比性**；
- 宏观层面的建筑碳排放测算更为薄弱。

□ 专委会运行概况

中国建筑节能协会能耗统计专业委员会



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



中国兴业太阳能技
术控股有限公司



河南建筑
科学研究院



陕西建筑
科学研究院



辽宁建筑
科学研究院



山东同圆设计集
团有限公司



云南建筑技
术发展中心

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。

□ 研究工作部署



- 通过三步走工作部署，逐步完善建筑能耗与碳排放方法体系，构建行业数据库，搭建数据共享平台。



Part 2: 建筑碳排放测算方法

□ 建筑碳排放=建筑消费的各类能源产生CO2的排放量之和

$$EB = \sum e_i f_i$$

$$= \sum \text{分类能源消费量} * \text{碳排放因子}$$

步骤二

步骤一

建筑能耗测算方法

- 全国建筑能耗测算方法
- 分省建筑能耗测算方法

煤/天然气/电力/热力

方法学关键

(1) 化石能源 (煤/油/天然气)碳排放因子

能源名称	平均低位发热量	折标准煤系数	单位热值含碳量 (吨碳/TJ)	碳氧化率	二氧化碳排放系数
原煤	20 908 kJ/kg	0.714 3 kgce/kg	26.37	0.94	1.900 3 kg-co2/kg
焦炭	28 435 kJ/kg	0.971 4 kgce/kg	29.5	0.93	2.860 4 kg-co2/kg
原油	41 816 kJ/kg	1.428 6 kgce/kg	20.1	0.98	3.020 2 kg-co2/kg
燃料油	41 816 kJ/kg	1.428 6 kgce/kg	21.1	0.98	3.170 5 kg-co2/kg
汽油	43 070 kJ/kg	1.471 4 kgce/kg	18.9	0.98	2.925 1 kg-co2/kg
煤油	43 070 kJ/kg	1.471 4 kgce/kg	19.5	0.98	3.017 9 kg-co2/kg
柴油	42 652 kJ/kg	1.457 1 kgce/kg	20.2	0.98	3.095 9 kg-co2/kg
液化石油气	50 179 kJ/kg	1.714 3 kgce/kg	17.2	0.98	3.101 3 kg-co2/kg
炼厂干气	46 055 kJ/kg	1.571 4 kgce/kg	18.2	0.98	3.011 9 kg-co2/kg
油田天然气	38 931 kJ/m3	1.330 0 kgce/m3	15.3	0.99	2.162 2 kg-co2/m3

(2) 二次能源(电力/热力)碳排放因子

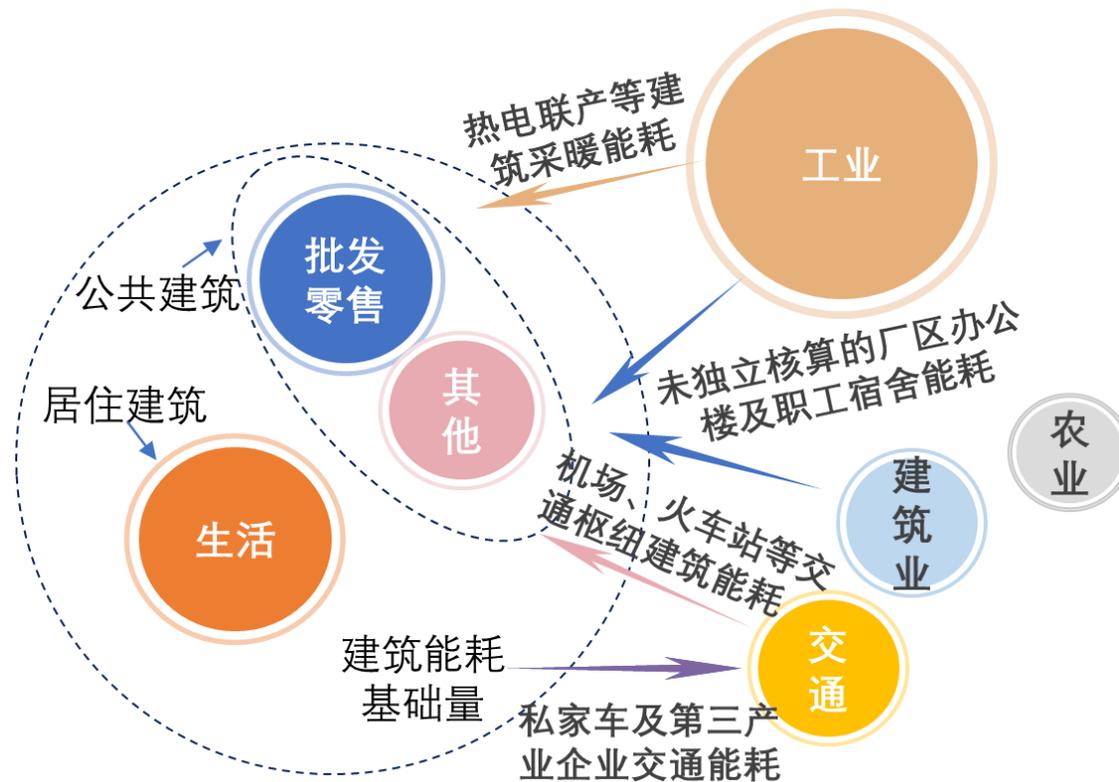
- 电力碳排放系数测算方法
- 热力碳排放系数测算方法

□ 步骤一：建筑能耗测算方法（全国）——能源平衡表拆分法

建筑能耗=①建筑能耗基础量-②交通能耗扣除量+③采暖能耗修正量+④其他部门建筑能耗

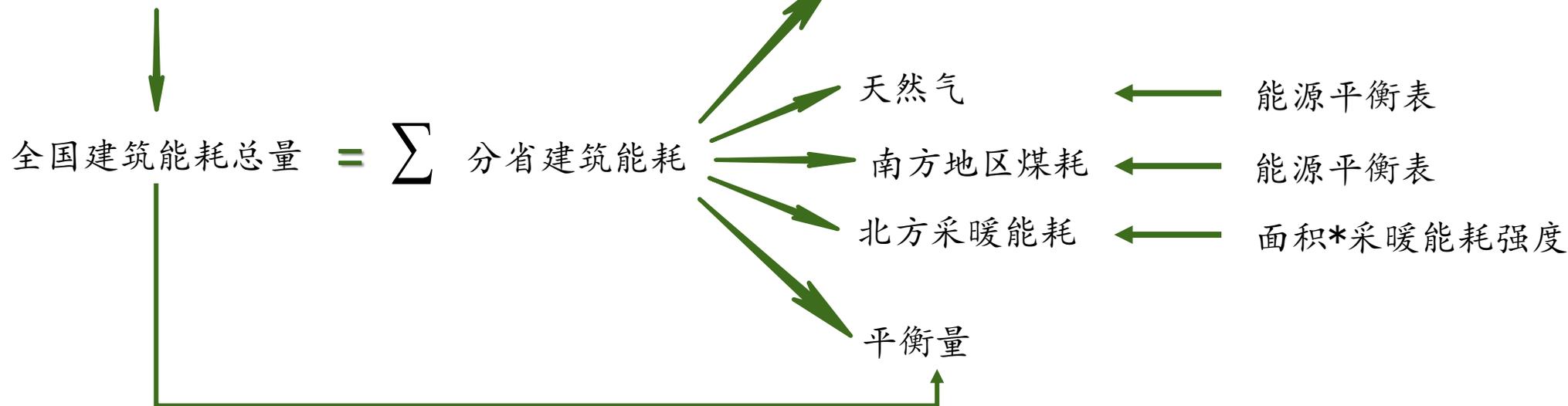
- 以能源平衡表中“批发零售餐饮业、其他、生活消费”三项测算，并做以下处理：

	问题	处理方法
多	交通运输能耗	扣除
少	其他部门建筑能耗	增加
少	集中采暖能耗	增加



□ 步骤一：建筑能耗测算方法（分省）

基于能源平衡表拆分法



- 电/天然气/南方地区煤耗：以能源平衡表数据为准
- 北方地区采暖能耗：根据能耗强度测算
- 平衡处理：要求各省建筑能耗汇总与全国建筑能耗测算数据相等

□ 步骤二：碳排放因子测算（电力：kg CO₂/kWh）

基本方法：区域电网碳排放系数=火力发电总碳排放量/（火力发电量+可再生能源发电量）

国家发改委基于对电网发电实际调查数据测算得到：

2005年中国区域电网平均碳排放因子

电网名称	覆盖省区市	二氧化碳排放 (Kg/kW.h)
华北区域	北京市、天津市、河北省、山西省、山东省、内蒙古西部地区	1.246
东北区域	辽宁省、吉林省、黑龙江省、内蒙古东部地区	1.096
华东区域	上海市、江苏省、浙江省、安徽省、福建省	0.928
华中区域	河南省、湖北省、湖南省、江西省、四川省、重庆市	0.801
西北区域	陕西省、甘肃省、青海省、宁夏、新疆	0.977
南方区域	广东省、广西壮族自治区、云南省、贵州省	0.714
海南	海南省	0.917

2011和2012年中国区域电网平均碳排放因子

	2011	2012
华北区域电网	0.8967	0.8843
东北区域电网	0.8189	0.7769
华东区域电网	0.7129	0.7035
华中区域电网	0.5955	0.5257
西北区域电网	0.6860	0.6671
南方区域电网	0.5748	0.5271

说明：上表来源于《省级温室气体清单编制指南》（发改办气候[2011]1041号）

易混淆的两个概念



中国区域电网平均碳排放与基准线排放因子比较

	区域电网 平均 碳排放因子 (2012)	区域电网 基准线 排放因子 (2015)	
		EF _{OM}	EF _{BM}
华北区域电网	0.8843	1.0416	0.4780
东北区域电网	0.7769	1.1291	0.4315
华东区域电网	0.7035	0.8112	0.5945
华中区域电网	0.5257	0.9515	0.3500
西北区域电网	0.6671	0.9457	0.3162
南方区域电网	0.5271	0.8959	0.3648

- **电量边际排放因子 (OM) :**
 - ✓ 电网饱和状态
 - ✓ 关闭既有的火电厂
- **容量边际排放因子 (BM) :** **如何获取每年的电网排放因子?**
 - ✓ 电网不饱和状态
 - ✓ 替代新建的电厂



□ 步骤二：碳排放因子测算（电力：kg CO₂/kWh）

能源平衡表法：电力碳排放因子=火力发电碳排放量/(火力发电量+可再生能源发电量)

项目	Item	煤合计 (万吨) Coal Total (10 ⁴ tons)	原煤 (万吨) Raw Coal (10 ⁴ tons)	洗精煤 (万吨) Cleaned Coal (10 ⁴ tons)	热力 (万万千焦) Heat (10 ¹⁰ kJ)	电力 (亿千瓦时) Electricity (10 ⁸ kW·h)	其他能源 (万吨标煤) Other Energy (10 ⁴ tce)
一. 可供本地区消费的能源量	Total Primary Energy Supply	378494.32	379078.01	-388.53		16926.96	6083.70
1. 一次能源生产量	Indigenous Production	341060.40	341060.40			17054.18	6083.70
水电	Hydro Power					11933.74	
核电	Nuclear Power					2132.87	
风电	Wind Power					2370.71	
2. 进口量	Import	25555.29	25549.71			61.85	
3. 境内轮船和飞机在境外的加油量	Domestic Airplanes&Ships Refueling in Abroad						
4. 出口量(-)	Export (-)	878.97	865.13			189.07	
5. 境外轮船和飞机在境内的加油量(-)	Oversea Airplanes&Ships Refueling in China (-)						
6. 库存增(-)、减(+)量	Stock Change	12757.60	13333.03	-388.53			
二. 加工转换投入(-)产出(+)量	Input(-) & Output(+) of Transformation	-286751.69	-305037.92	1183.66	431319.52	44370.68	-458.31
1. 火力发电	Thermal Power	-182665.65	-179635.55		-65382.64	44370.68	-1217.82
2. 供热	Heating Supply	-26577.33	-25803.92		430506.88		-273.45
3. 洗选煤	Coal Washing	-14239.63	-89989.61	54701.74			

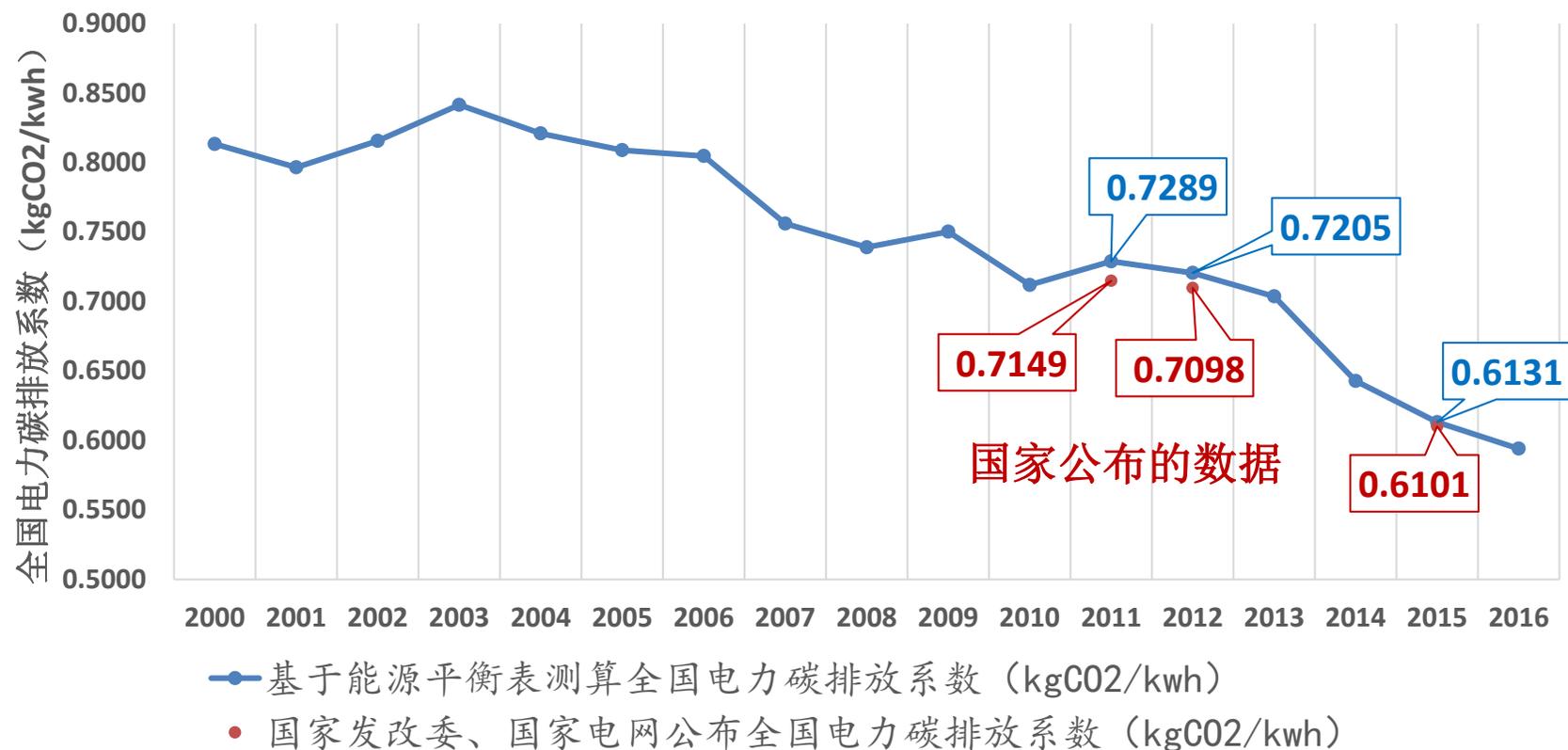
可再生能源发电量

各类能源消费量

火力发电量

□ 全国电力碳排放因子计算结果——基于能源平衡表法

本报告测算结果与国家公开数据对比差异很小，说明本报告具备较高的准确性和可参考性



□ 步骤二：碳排放因子测算（热力：kg CO₂/kgce）

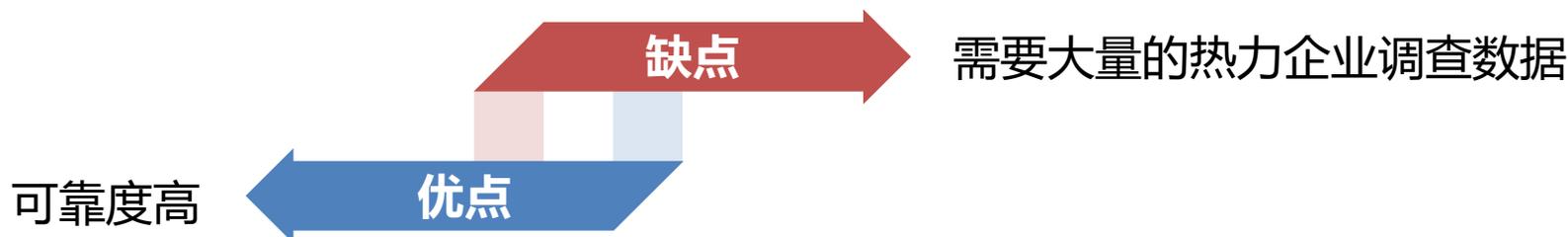
基本方法：基于热力企业调查数据测算

区域热网单位供热的CO₂排放 = 各热源总碳排放量/总供热量

$$EF_{heating} = \sum EF_{heating,i} / \sum EE_{heating,i}$$

$EF_{heating,i}$: 热源*i*的碳排放量

$EE_{heating,i}$: 热源*i*的供热量



Part 2

建筑碳排放测算方法

□ 步骤二：碳排放因子测算（热力：kg CO2/kgce）

方法1：能源平衡表法：热力碳排放因子=供热各类能源碳排放总量/热力生产总量

项目	Item	煤合计 (万吨) Coal Total (10 ⁴ tons)	原煤 (万吨) Raw Coal (10 ⁴ tons)	洗精煤 (万吨) Cleaned Coal (10 ⁴ tons)	热力 (万万千焦) Heat (10 ¹⁰ kJ)	电力 (亿千瓦时) Electricity (10 ⁸ kW·h)	其他能源 (万吨标煤) Other Energy (10 ⁴ tce)
一. 可供本地区消费的能源量	Total Primary Energy Supply	378494.32	379078.01	-388.53		16926.96	6083.70
1. 一次能源生产量	Indigenous Production	341060.40	341060.40			17054.18	6083.70
水电	Hydro Power					11933.74	
核电	Nuclear Power					2132.87	
风电	Wind Power					2370.71	
2. 进口量	Import	25555.29	25549.71			61.85	
3. 境内轮船和飞机在境外的加油量	Domestic Airplanes&Ships Refueling in Abroad						
4. 出口量(-)	Export (-)	878.97	865.13			189.07	
5. 境外轮船和飞机在境内的加油量(-)	Oversea Airplanes&Ships Refueling in China (-)						
6. 库存增(-)、减(+)量	Stock Change	12757.60	13333.03	-388.53			
二. 加工转换投入(-)产出(+)量	Input(-) & Output(+) of Transformation	-286751.69	-305037.92	1183.66	431319.52	44370.68	-458.31
1. 火力发电	Thermal Power	-182665.65	-179635.55		-65382.64	44370.68	-1217.82
2. 供热	Heating Supply	-26577.33	-25803.92		430506.88		-273.45
3. 洗选煤	Coal Washing	-14239.63	-89989.61	54701.74			

各类能源消费量

热力生产量

□ 步骤二：碳排放因子测算（热力：kg CO₂/kgce）

方法2：碳排放强度测算法：

热力碳排放因子 = 综合碳排放强度 (kg CO₂/m²) / 综合能耗强度 (kgce/m²)



$$EF'_{heating} = \sum ee_i / c_i * f_i * prop_i$$

ee_i ：技术类型*i*的能耗强度 (kgce/m²)

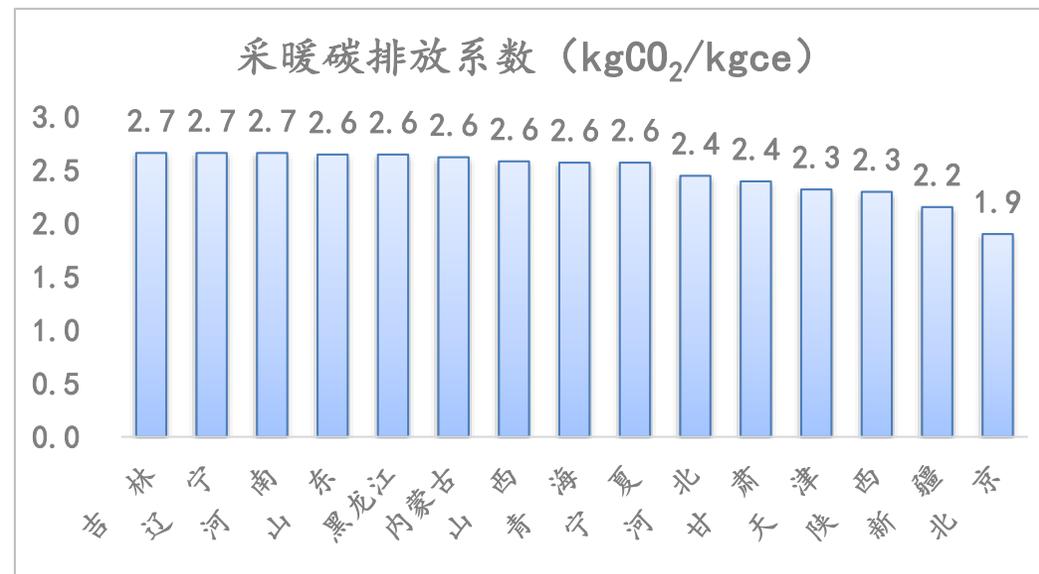
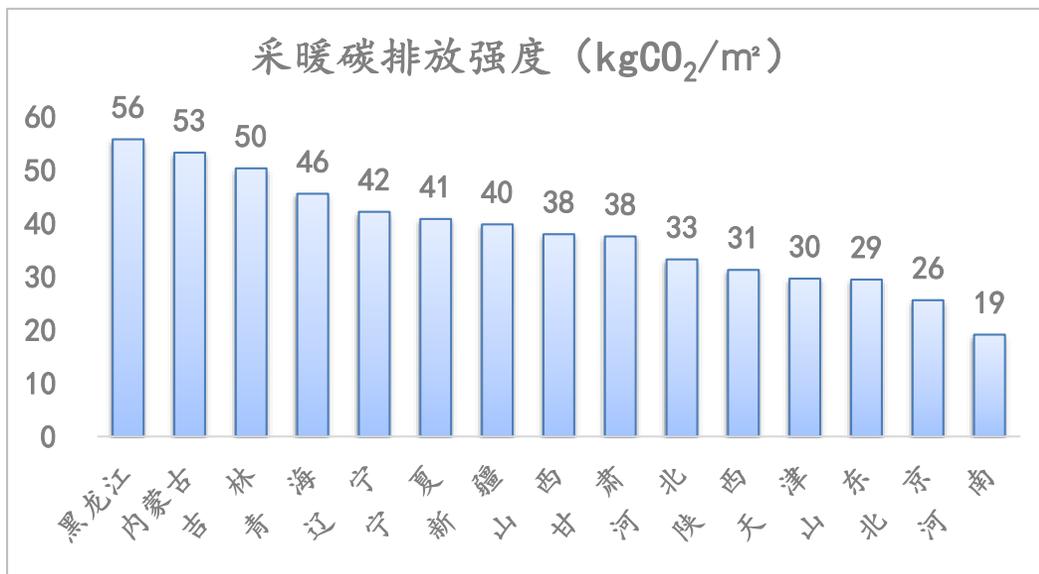
c_i ：能源*i*折标煤系数 (kgce/kg)

f_i ：能源*i*碳排放系数 (kg CO₂/kg)

$prop_i$ ：技术类型*i*供热面积占比

- 技术类型 *i*：热电联产/燃煤锅炉/燃气锅炉

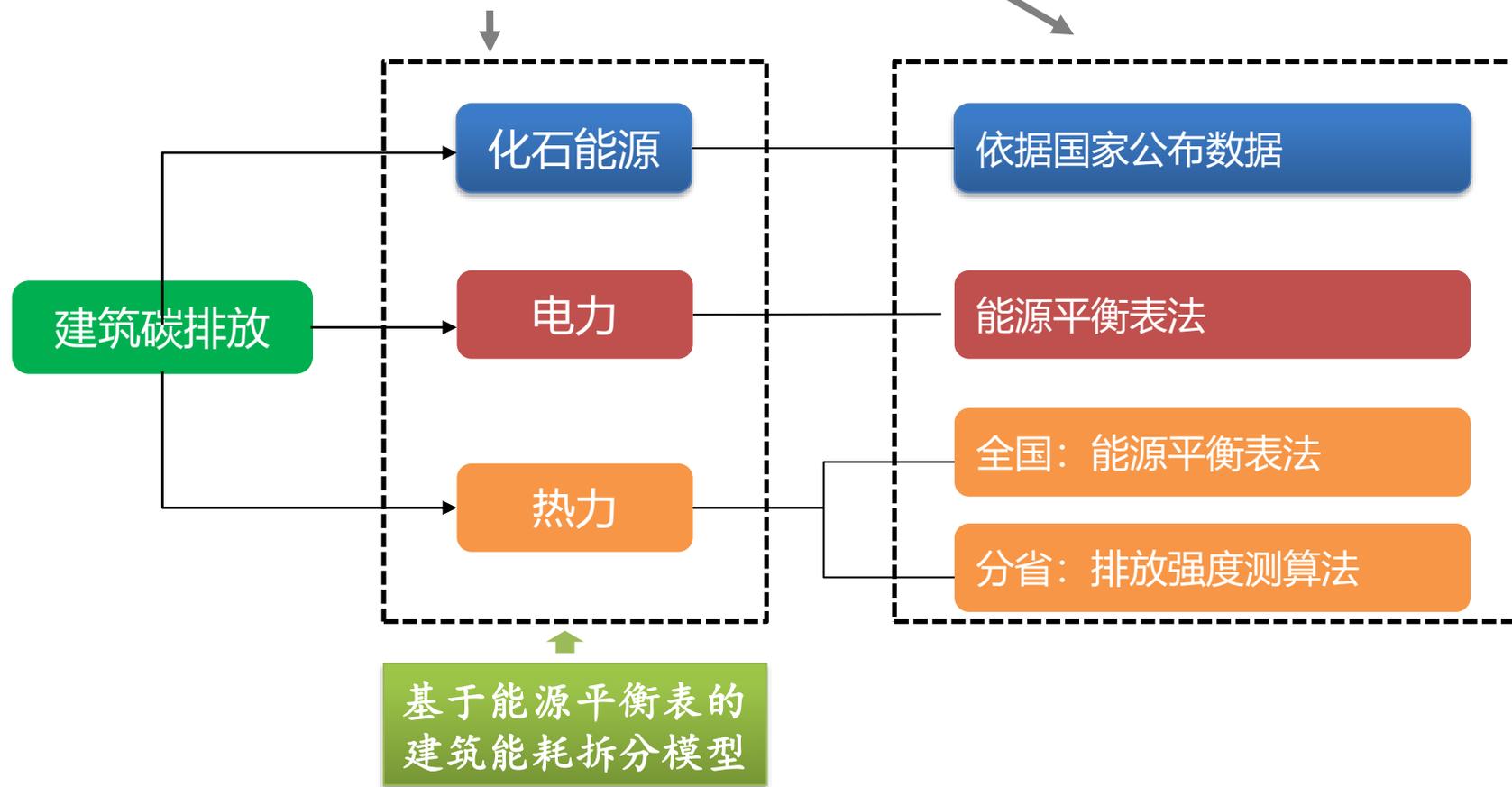
□ 热力碳排放因子测算结果 (kg CO₂/kgce)



- 北方地区采暖碳排放强度平均为38kgCO₂/m²，其中黑龙江数值较高，达到56kgCO₂/m²；
- 北方地区采暖碳排放系数除北京外，整体处于2.0kgCO₂/kgce以上水平，北方采暖地区各省份均指为2.47kgCO₂/kgce。

□ 建筑碳排放测算方法小结

建筑碳排放 = \sum 分类能源消费量 * 碳排放因子

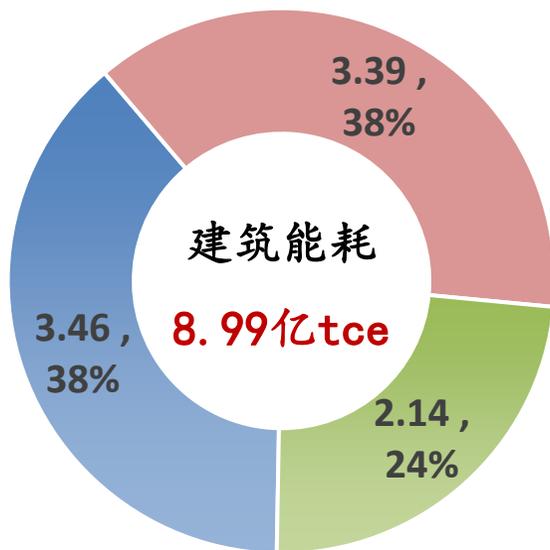




Part 3: 全国建筑碳排放数据分析

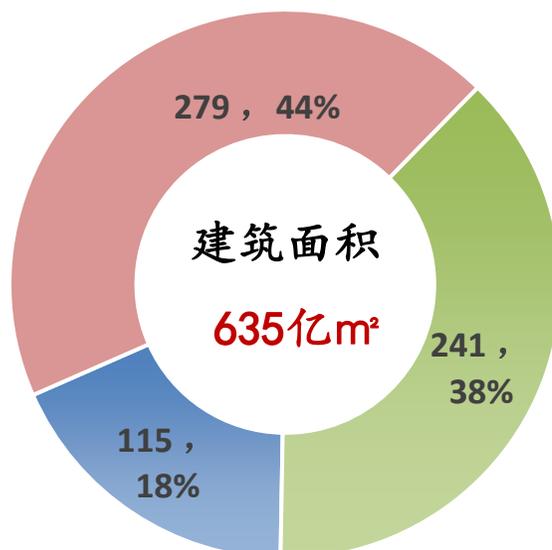
□ 全国数据总览

■ 公共建筑 ■ 城镇居建 ■ 农村居建



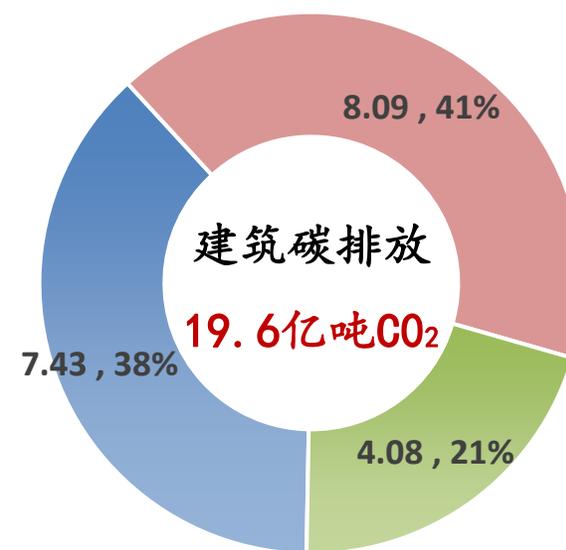
建筑能耗占全国能源消费比重

20.6%



全国城镇人均居住建筑面积

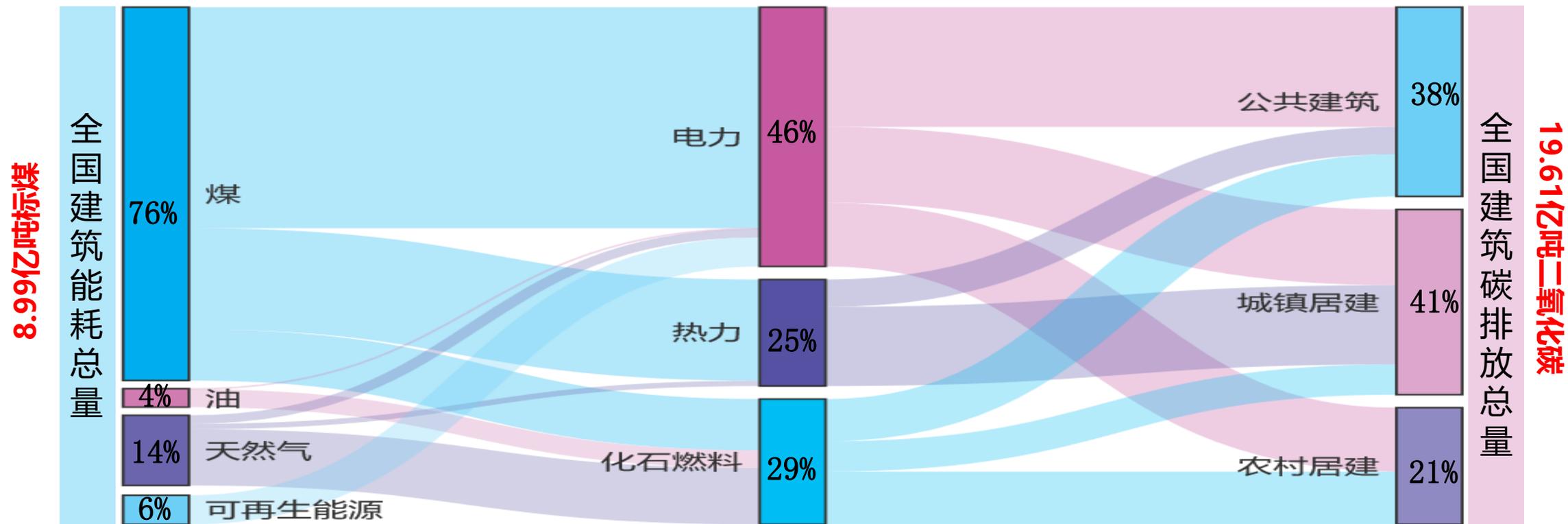
34.9m²



建筑碳排放占全国能源碳排放

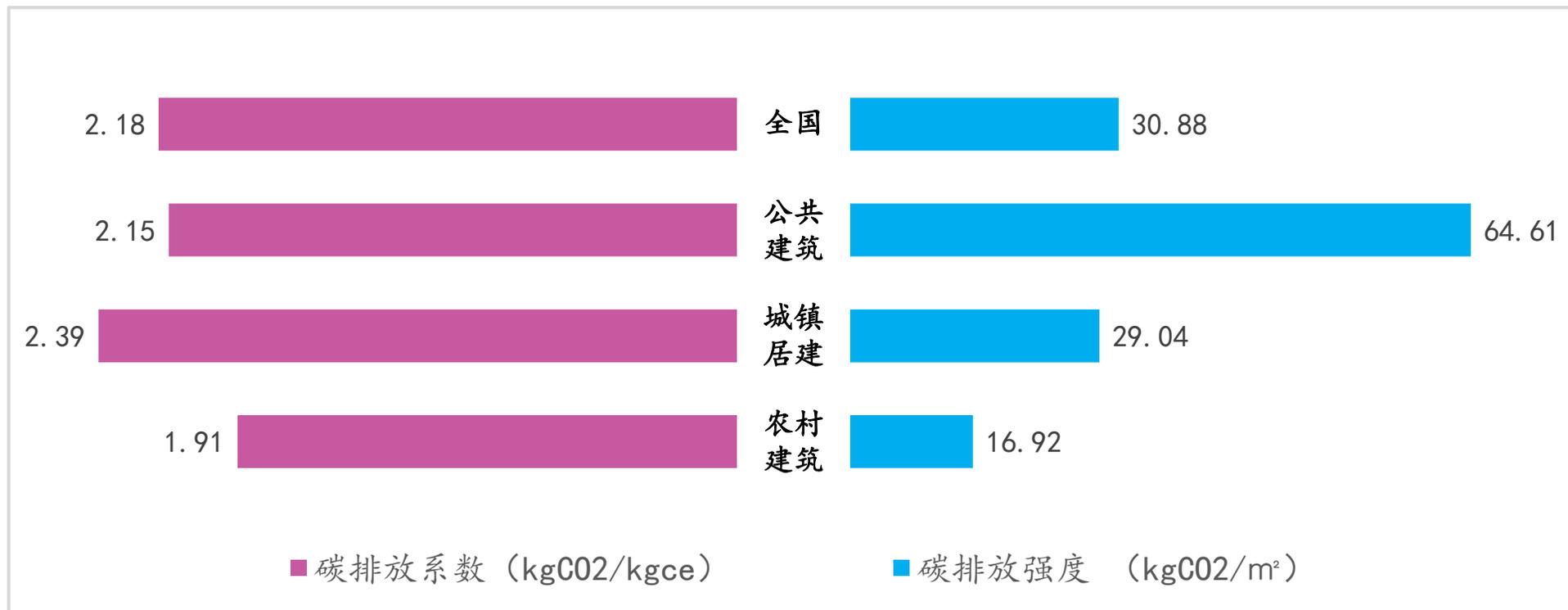
19.4%

□ 全国建筑能流分析



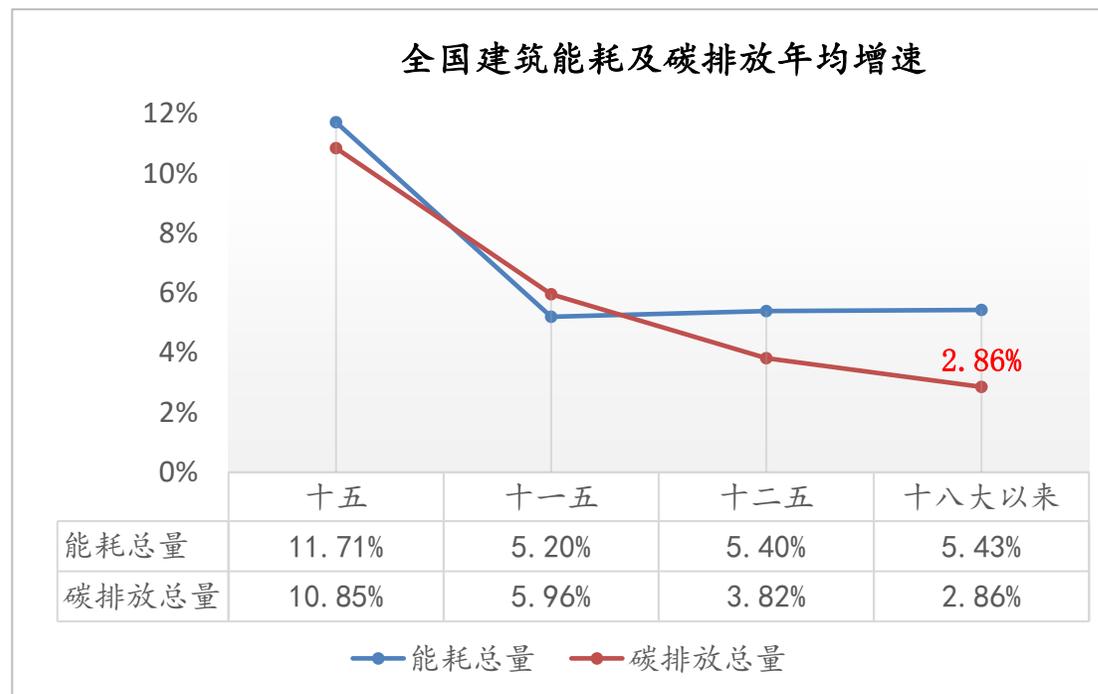
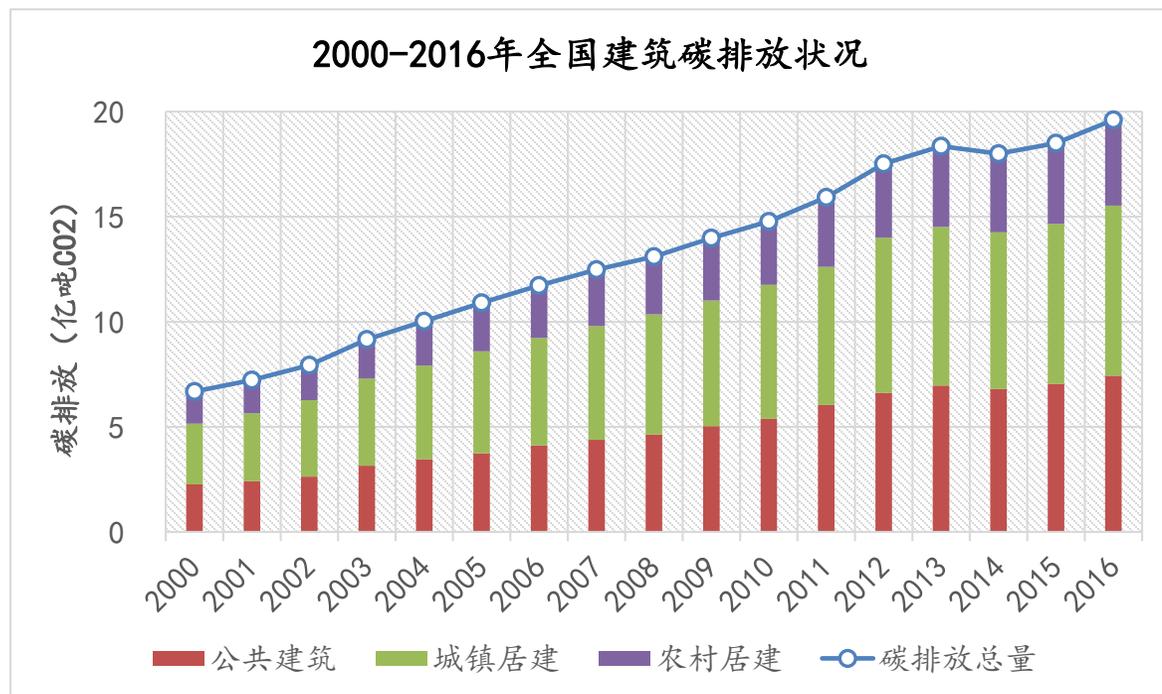
➤ 电力是建筑碳排放的主要来源，占比46%；北方采暖碳排放占比25%，煤和天然气碳等化石燃料排放占比28%

□ 分类型建筑碳排放强度及因子分析



- 公共建筑碳排放强度远远高于全国及其它居建强度水平，约是全国强度水平的2.09倍；
- 2016年全国综合碳排放因子为2.18kgCO₂/kgce，即平均每消耗1千克标准煤，释放2.18千克二氧化碳。

□ 全国建筑碳排放总量增速进一步放缓



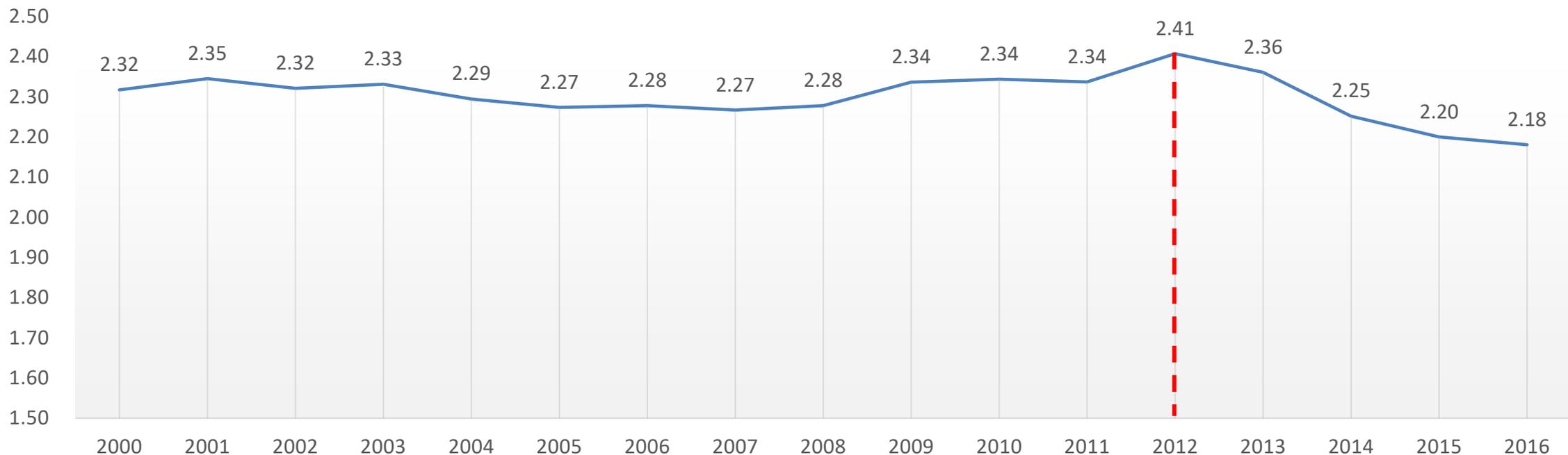
- 全国建筑碳排放总量整体呈现出持续增长趋势，2016年达到19.61亿吨，较2000年6.68亿吨增长了约3倍，年均增长6.96%；
- 相比“十五”期间，全国建筑能耗及碳排放增速在“十一五”和“十二五”期间显著下降，且**建筑碳排放年均增速相比建筑能耗又进一步放缓**，“十八大”以来较“十五”期间增速下降约74%。

□ 全国及分类型建筑碳排放强度分析



- 公共建筑和城镇居建碳排放强度均于**2012年达峰**，到2016年两者分别比峰值下降13.5%和20%。
- 农村居住建筑碳排放强度一直保持增长趋势；

□ 全国建筑碳排放综合因子分析（单位建筑能耗碳排放，kgCO₂/kgce）



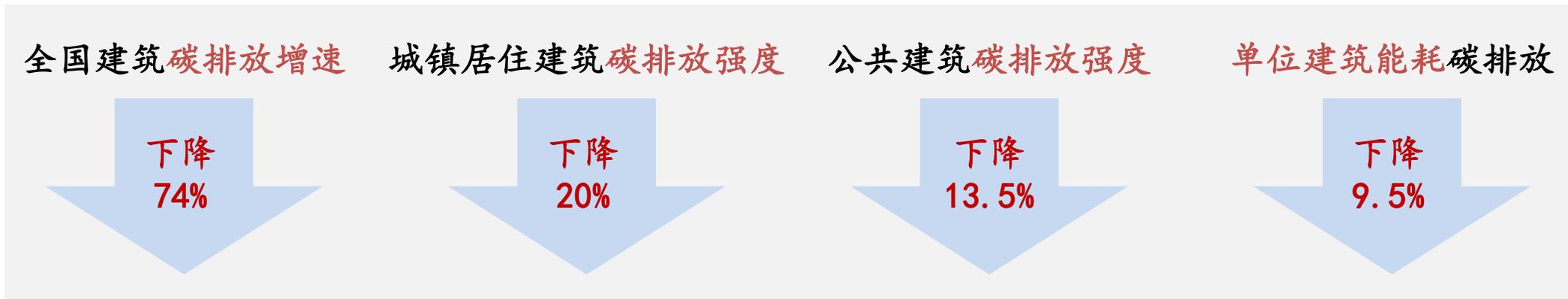
- 2000-2012年全国建筑综合碳排放因子**较为稳定**；
- 全国建筑综合碳排放因子于2012年出现拐点，此后年份出现明显下降趋势。2016年综合碳排放因子比2012年下降9.5%。

□ 我国建筑节能工作成效显著



2012年以来建筑碳排放多项指标出现下降趋势

助推

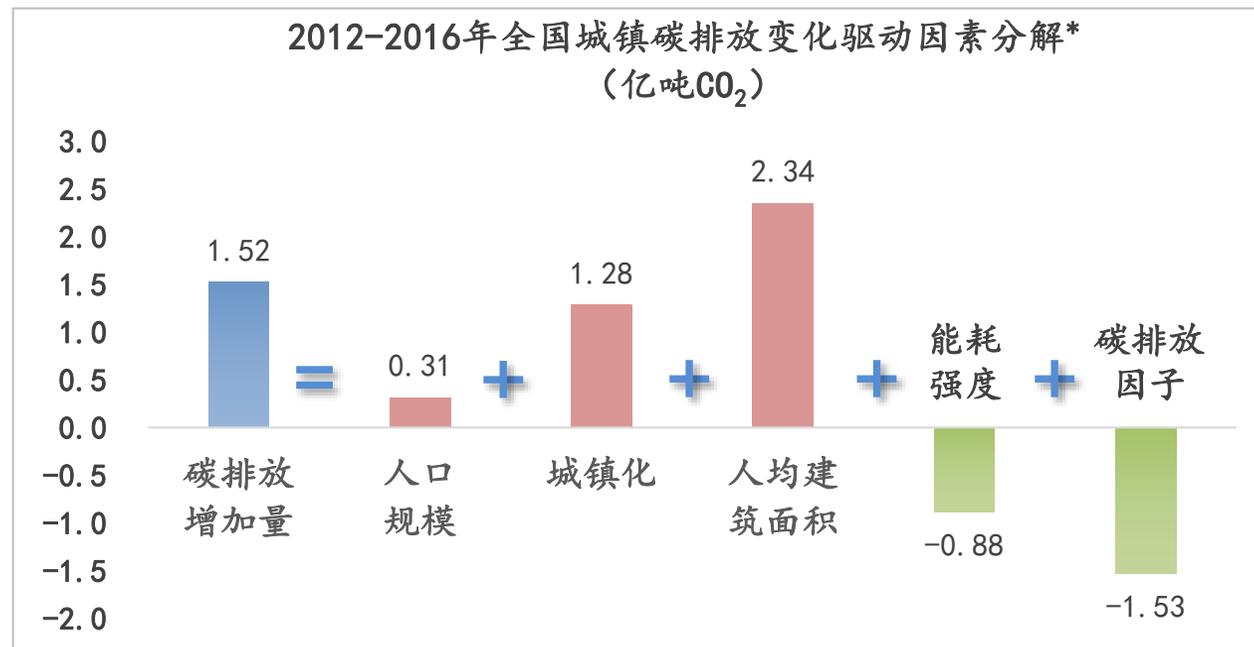


□ 建筑碳减排量测算

2012年以来，由于建筑碳排放因子和能耗强度下降实现CO₂减排量合计2.41亿吨

2012年-2016年，全国城镇建筑碳排放增加1.52亿吨，其中：

- 人均建筑面积增长带来2.34亿吨碳排放增加
- 城镇化水平提升带来1.28亿吨碳排放增加
- 碳排放因子下降带来**1.53**亿吨碳减排量
- 能耗强度下降带来**0.88**亿吨碳减排量

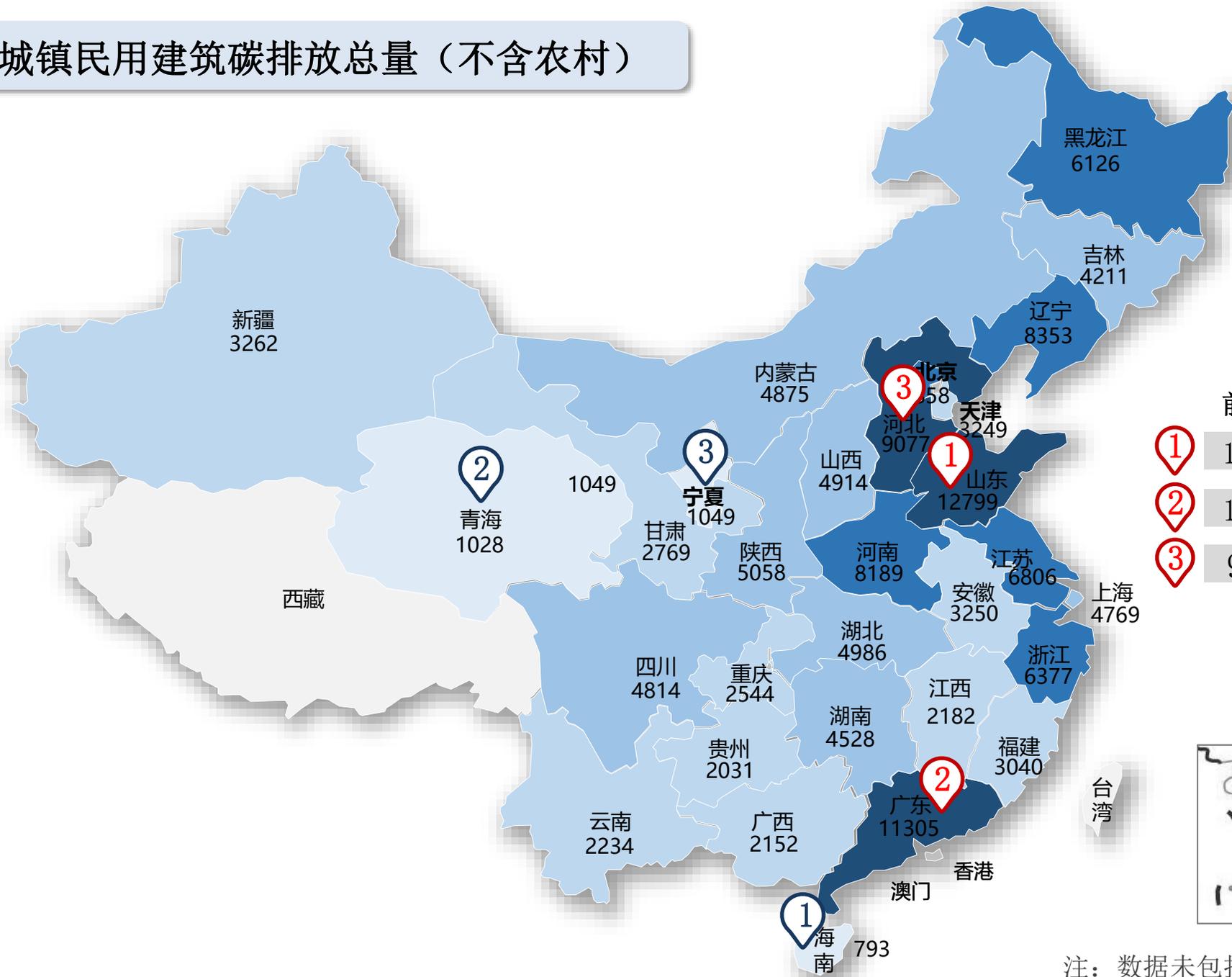


*基于KAYA公式和指数分解方法测算

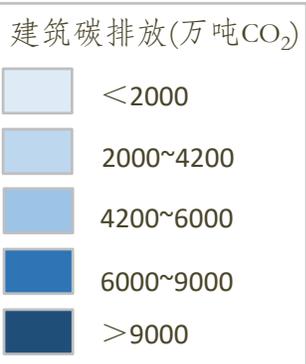


Part 4: 分省建筑碳排放数据分析 (2016)

2016年分省城镇民用建筑碳排放总量（不含农村）

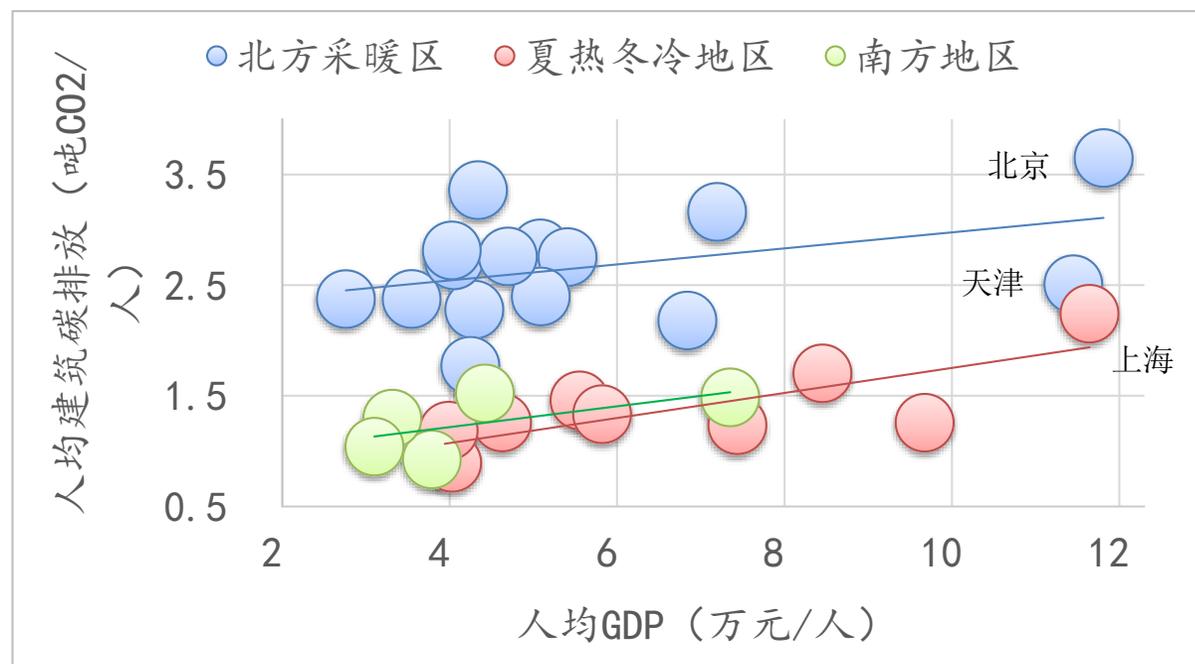
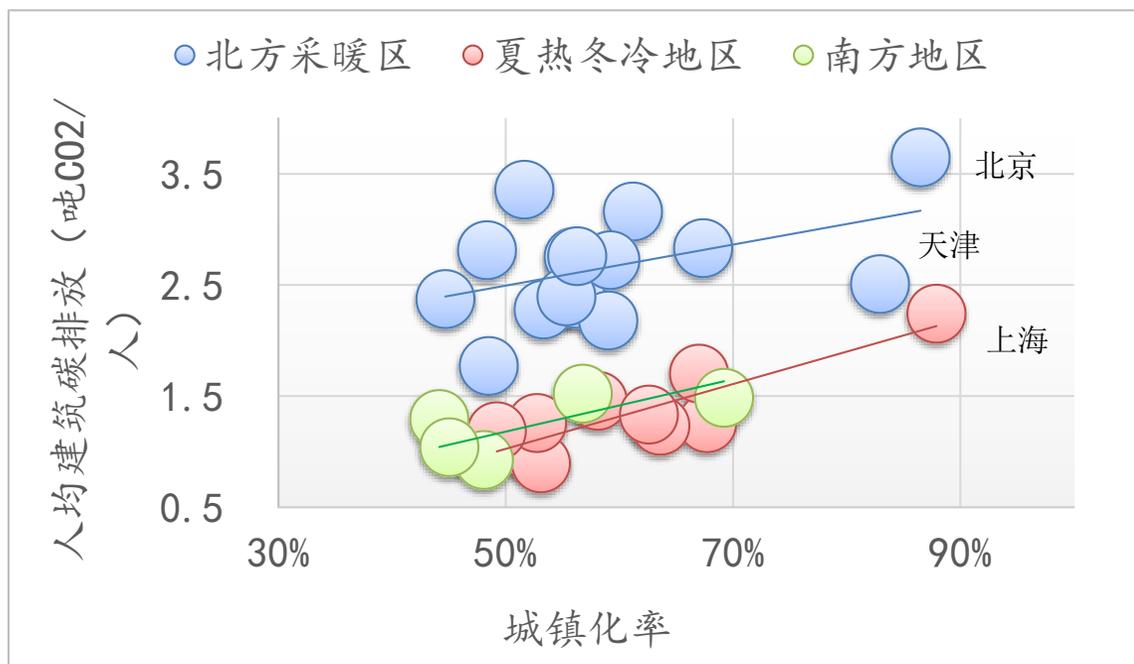


前三名		后三名	
①	12799	①	793
②	11305	②	1028
③	9077	③	1049



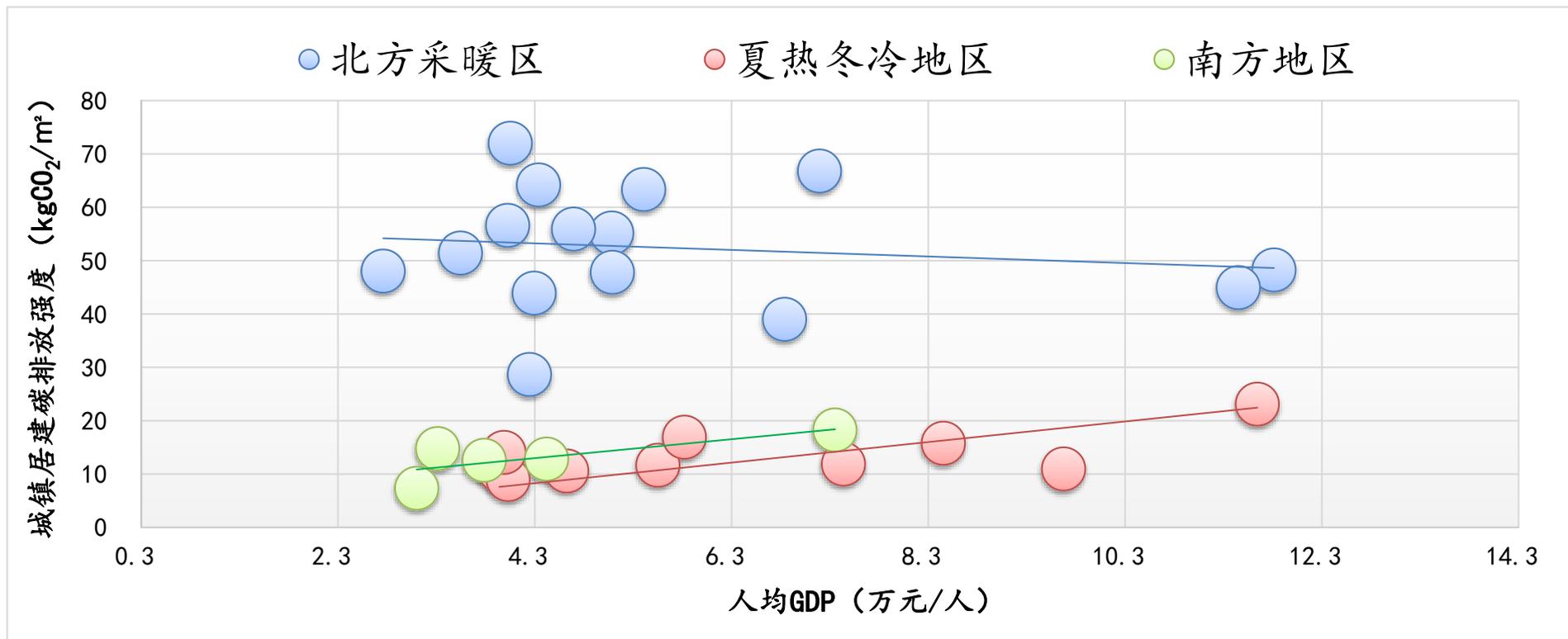
注：数据未包括西藏和港澳台地区

□ 城镇人均建筑碳排放与城镇化率和人均GDP比较



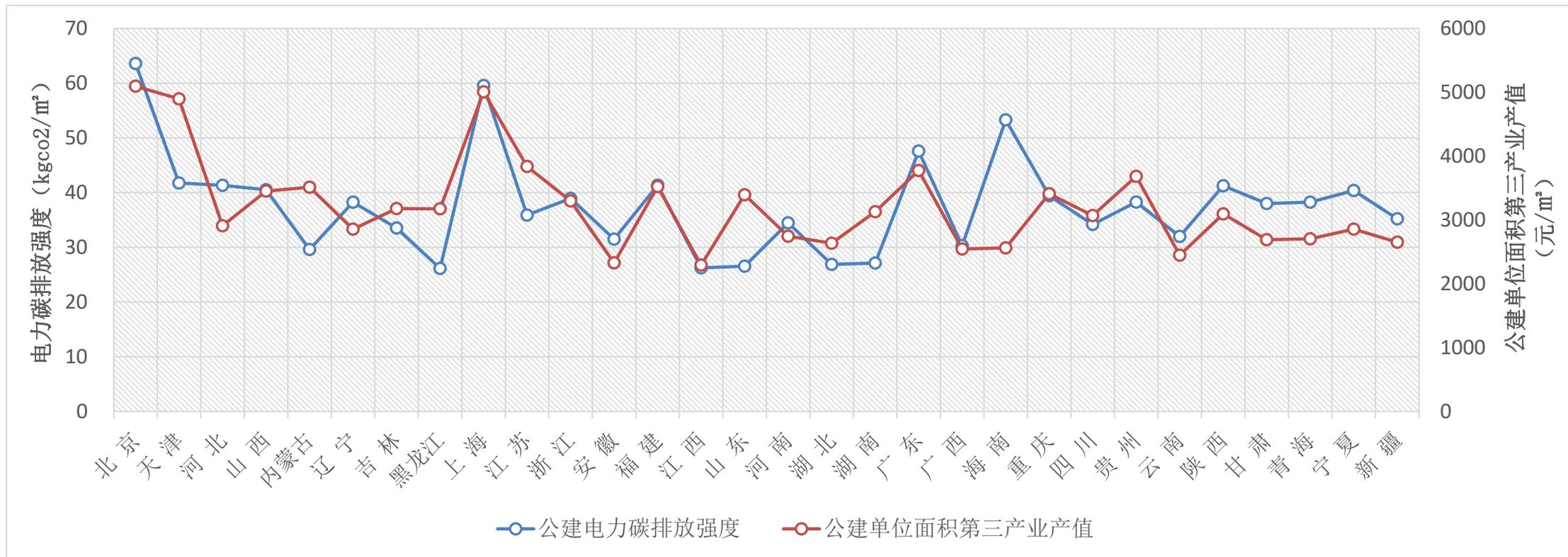
- 各省市城镇人均建筑碳排放与建筑气候区关系密切，**北方采暖地区**各省市的人均建筑碳排放平均值是2.66吨，约是**非采暖区域**平均值（1.32吨）的**2倍**；
- **各省市城镇人均建筑碳排放与城镇化率及人均GDP呈正相关关系**，其中人均GDP每增加1万元，CO₂多排放90kg。

□ 分省城镇居住建筑碳排放强度



分省城镇居建碳排放强度与建筑气候区密切相关，北方采暖地区省市的城镇居建单位面积碳排放强度平均值是**52.4**千克二氧化碳，是非采暖区域平均值（**13.4**千克二氧化碳）的**4**倍。

分省公共建筑电力碳排放强度



分省公建电力碳排放强度与公建经济活动强度（单位面积第三产业产值）呈显著的正相关，每平米产值每增加**1000元**，电力碳排放约增加**11.5kgCO₂**。

Part 4 分省建筑碳排放数据分析 (2016)

□ 单体公共建筑碳排放测算案例：珠海兴业新能源产业园研发楼

- *年总用电量87万kwh，其中太阳能发电15万kwh，占比**17%**。
- 电力消费强度**37kWh/m²**，是广东省2017年大型公共建筑能耗公示数据平均值(101 kWh/m²)的**36.6%**
- 碳排放强度**15.3kg CO₂/m²**，是广东省2017年大型公共建筑能耗公示数据平均值(50kg CO₂/m²)的**30.6%**



- LEED 铂金级认证
- 三星级绿色建筑设计标识

*2017年5月-2018年4月数据

建筑碳排放测算方法

- 分类能源消费量基于能源平衡表拆分方法；
- 电力和热力碳排放因子通过能源平衡表计算得到；
- 一次化石能源（煤、天然气等）碳排放因子依据国家公布的数据。

全国建筑碳排放

- 2016年建筑能源消费总量为8.99亿吨标准煤，占全国能源消费总量的20.6%；建筑碳排放总量为19.6亿吨CO₂，约占全国能源碳排放量的19.0%；
- 建筑能耗强度、碳排放因子等指标在2012年出现下降趋势，表明建筑节能工作成效显著。

2016年分省建筑碳排放

- 2016年分省城镇建筑排放量排名前三位的省市分别为山东、广东、河北，排名后三位的省市分别为海南、青海、宁夏；
- 人口、经济和气候是导致分省建筑碳排放相关指标差异的主要因素。



Thank You!

蔡伟光

中国建筑节能协会能耗统计专委会 秘书长

重庆大学建设管理与房地产学院 副教授

Email: wgcai@cqu.edu.cn