

2022中国城乡建设领域碳排放系列研究报告 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
2022-12

研究单位



重慶大學
CHONGQING UNIVERSITY



朗绿科技
LANDLEAF TECH



北京建筑大学



中国建筑科学研究院



四川建筑科学研究院



上海建筑科学研究院



辽宁建设科学研究院



深圳建筑科学研究院



水发兴业能源集团



河南建筑科学研究院



云南建筑技术发展中心



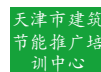
陕西建筑科学研究院



湖南省建筑设计院



中国建筑



天津市建筑节能推广培训中心



目录

CONTENTS

Part 1

背景介绍

Part 2

2022中国建筑能耗与碳排放研究报告

Part 3

2022中国城镇污水处理碳排放研究报告

Part 4

2022中国城市生活垃圾处理碳排放研究报告



Part 1: 背景介绍

□ 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）

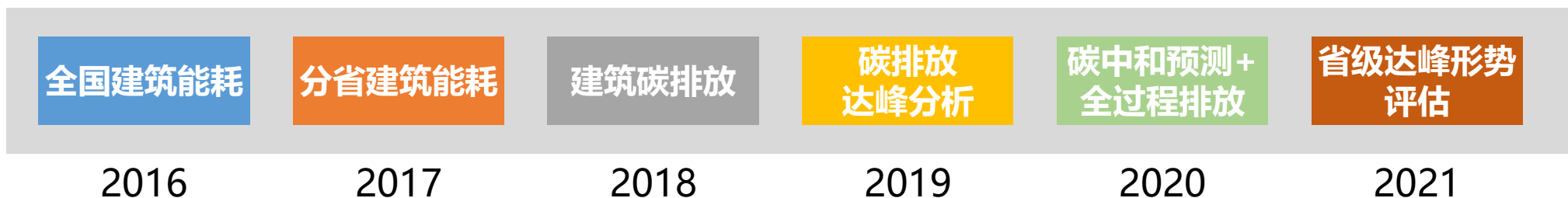
公益性

研究型

数据驱动



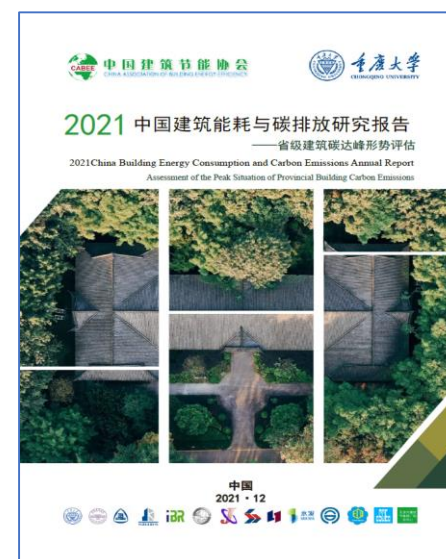
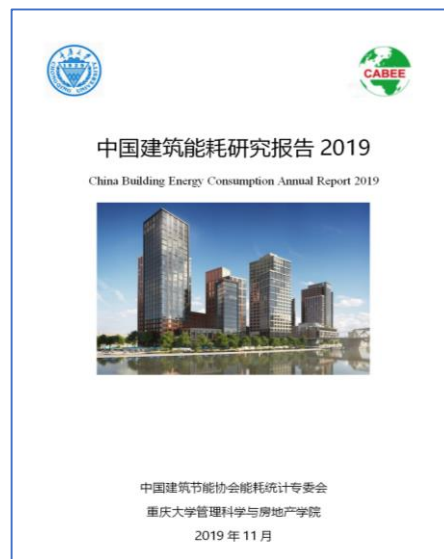
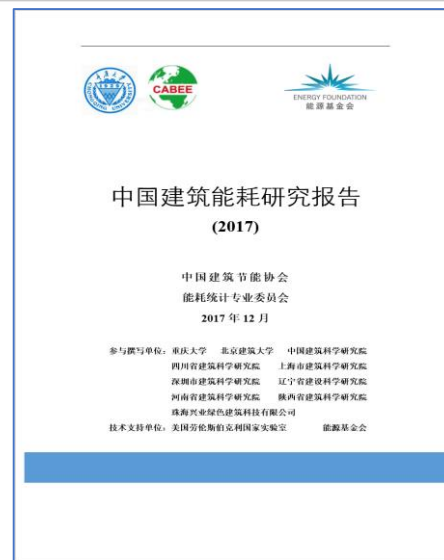
□ 主要研究工作



- 逐步构建了建筑能耗与碳排放核算、分析，建筑碳达峰碳中和情景预测方法体系。

发布年度报告

- 2016年，全国建筑能耗
- 2017年，分省建筑能耗
- 2018年，建筑碳排放测算
- 2019年，建筑碳达峰预测
- 2020年，建筑全过程碳排放
碳中和情景预测
- 2021年，省级建筑碳达峰评估



2022年研究报告主题

- 城市建筑碳排放核算



2022 中国建筑能耗与碳排放研究报告

2022 Research Report of China Building Energy Consumption and Carbon Emissions

国家 · 省级 · 城市



2022 · 12



- 城镇污水处理碳排放核算



2022 中国城镇污水处理碳排放研究报告

2022 Research Report of China Urban Wastewater Treatment Carbon Emissions



中国 重庆
2022 · 12

- 城市生活垃圾处理碳排放核算



2022 中国城市生活垃圾处理碳排放研究报告

2022 Research Report of China Urban Domestic Waste Treatment Carbon Emissions



中国 重庆
2022 · 12

2022 中国建筑能耗与碳排放研究报告

2022 Research Report of China Building Energy Consumption and Carbon Emissions

国家 · 省级 · 城市



Part 2: 2022中国建筑能耗与碳排放研究报告

国家 · 省级 · 城市

2022 · 12



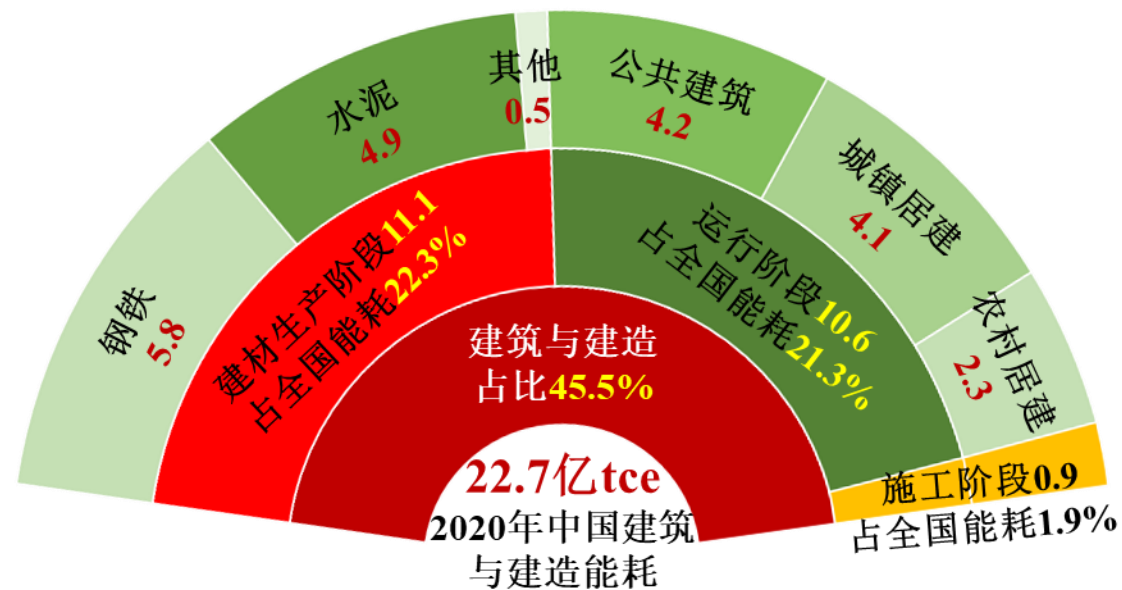
Part 2.1: 全国建筑与建造碳排放数据分析

Part 2.1 全国建筑与建造碳排放数据分析

□ 2020年全国建筑与建造能耗

2020年全国建筑与建造**能耗**总量为**22.7亿tce**，占全国能源消费总量比重为**45.5%**。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**22.3%**；
- 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**10.6亿tce**，占全国能源消费总量的比重为**21.3%**。



单位：亿tce

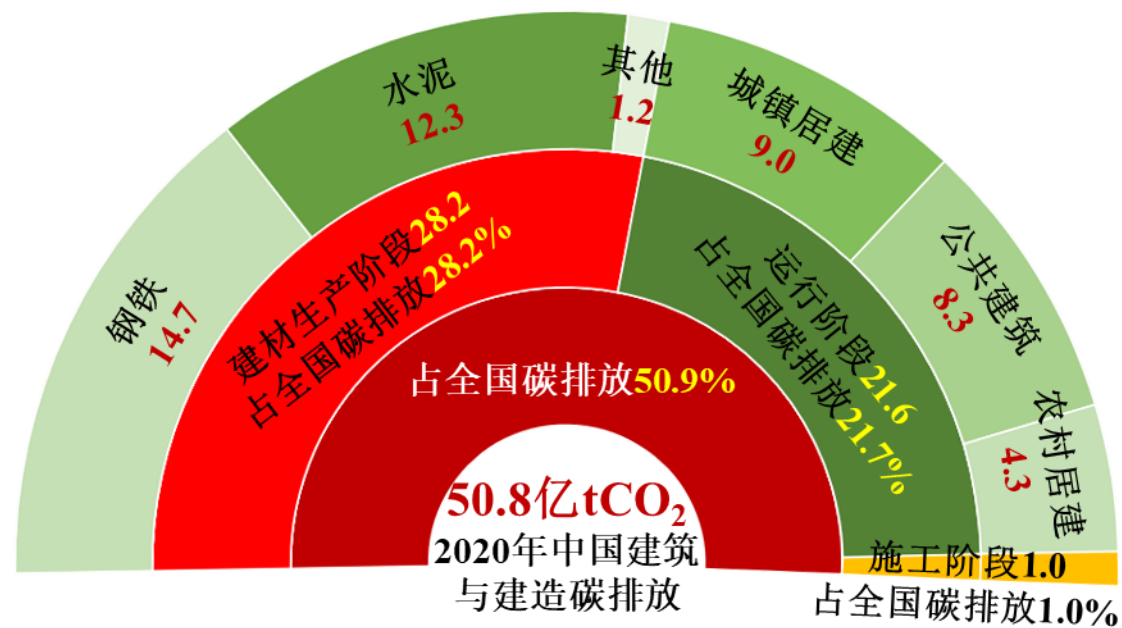
注 2020年全国能源消费总量为49.8亿tce，按发电煤耗计算；
： 选取的建材生产能耗和碳排放测算边界为当年建筑业消耗的建材生产能耗和碳排放；
本报告测算的建材生产阶段的能耗及碳排放包括建材部门及上游部门的能耗与碳排放。

Part 2.1 全国建筑与建造碳排放数据分析

□ 2020年全国建筑与建造碳排放

2020年全国建筑与建造**碳排放**总量为**50.8亿tCO₂**，占全国碳排放的比重为**50.9%**。其中：

- 建材生产阶段碳排放**28.2亿tCO₂**，占全国碳排放总量的比重为**28.2%**；
- 建筑施工阶段碳排放**1.0亿tCO₂**，占全国碳排放总量的比重为**1.0%**；
- 建筑运行阶段碳排放**21.6亿tCO₂**，占全国碳排放总量的比重为**21.7%**。



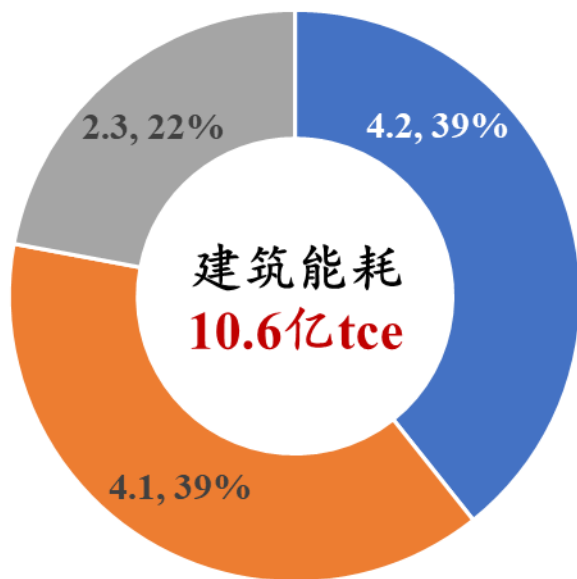
单位：亿tCO₂

注 2020年全国碳排放总量为99.74亿吨，引自BP数据库；
： 选取的建材生产能耗和碳排放测算边界为当年建筑业消耗的建材生产能耗和碳排放；
本报告测算的建材生产阶段的能耗及碳排放包括建材部门及上游部门的能耗与碳排放。

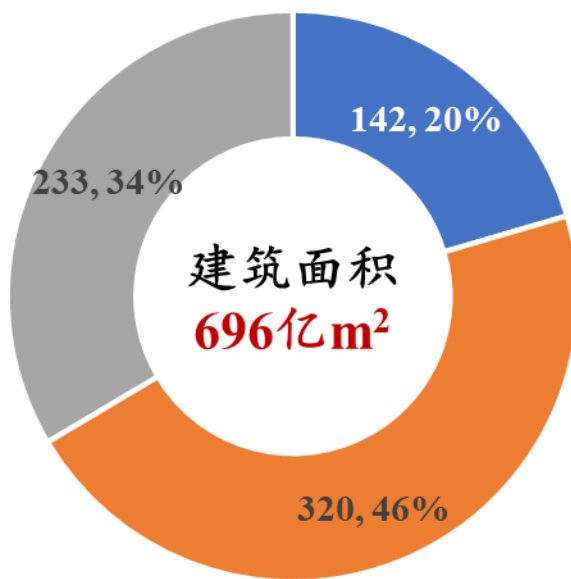
Part 2.1 全国建筑与建造碳排放数据分析

2020年全国建筑运行碳排放

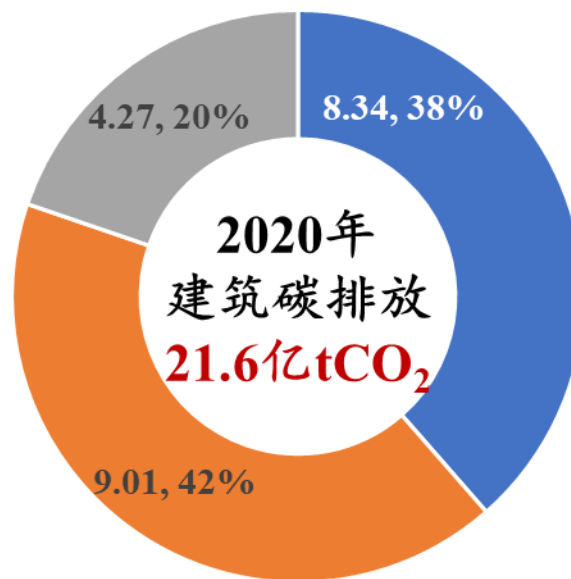
公共建筑 城镇居住建筑 农村居住建筑



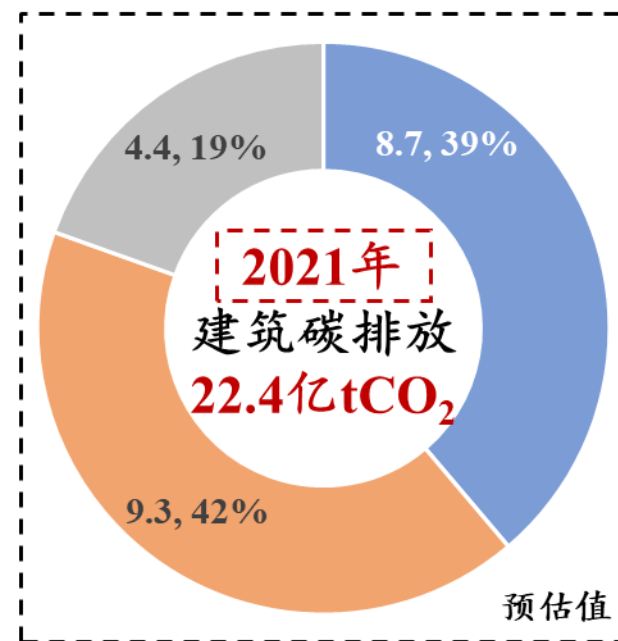
中国建筑运行能耗10.6亿吨标准煤，占全国能源消费比重
21.3%



城镇人均居住建筑面积
35.6m²
农村人均居住建筑面积
46.0m²



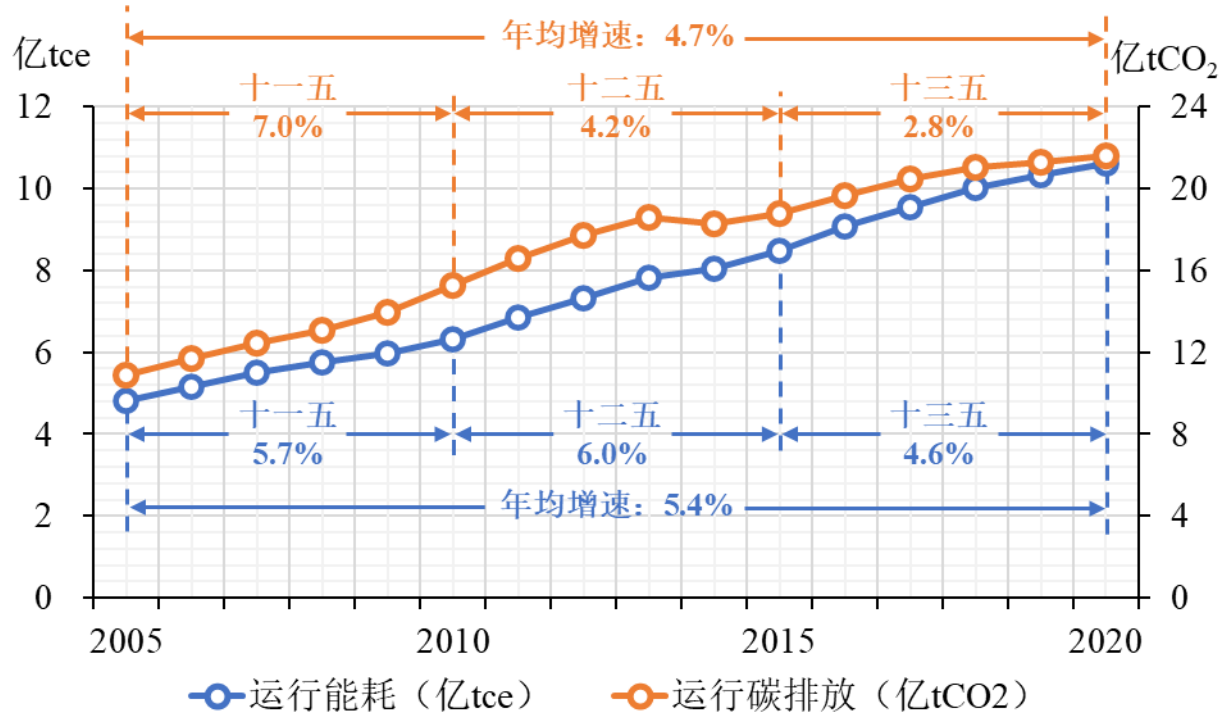
- 2020年建筑运行碳排放**21.6亿吨**，占全国碳排放**21.7%**
- 2021年建筑运行碳排放**22.4亿吨**



第七次全国人口普查数据中城镇和农村人均住房建筑面积分别为**38.6m²**和**46.8m²**，但该数据仅考虑了家庭户，**未统计集体户数据**。经研究测算，本报告所采用的实际城镇和农村人均住房建筑面积分别为**35.6m²**和**46.0m²**，略低于“七普”数据。

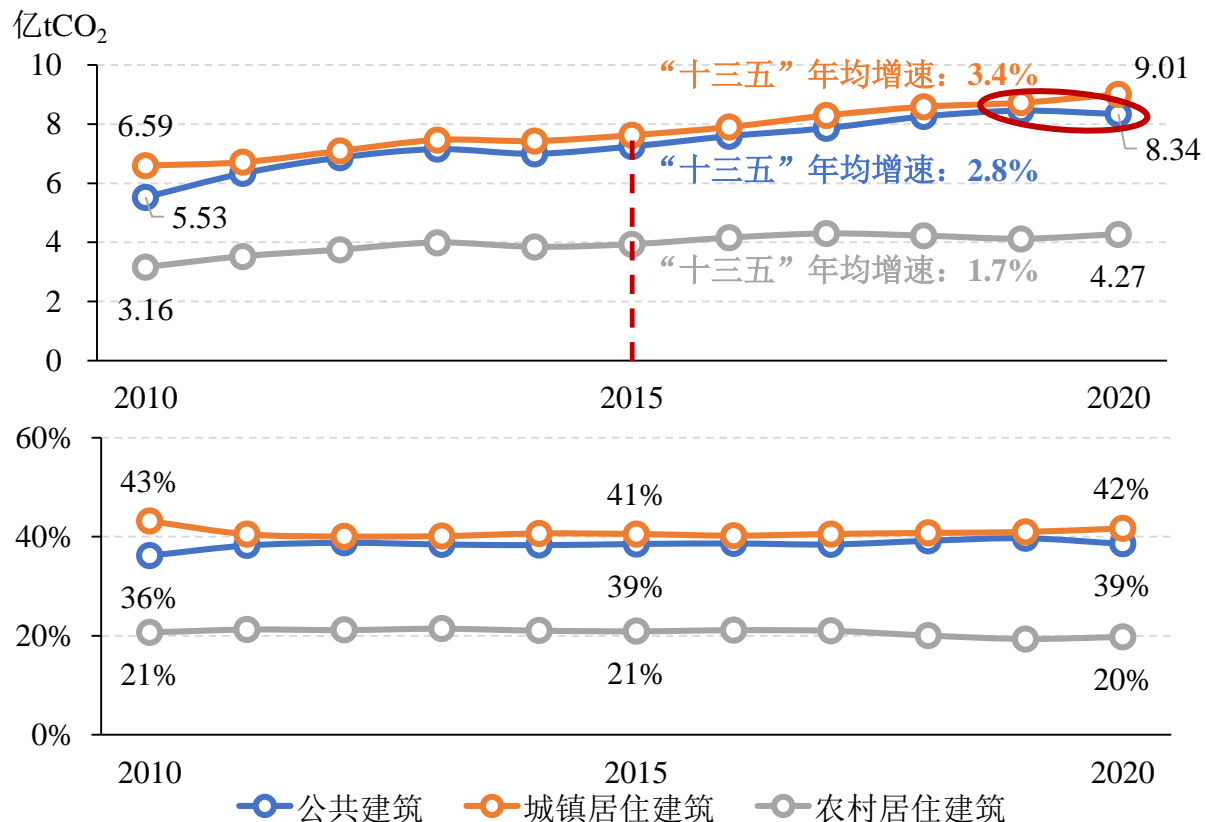
Part 2.1 全国建筑与建造碳排放数据分析

□ 全国建筑运行碳排放变化趋势



建筑运行阶段能耗与碳排放变化趋势

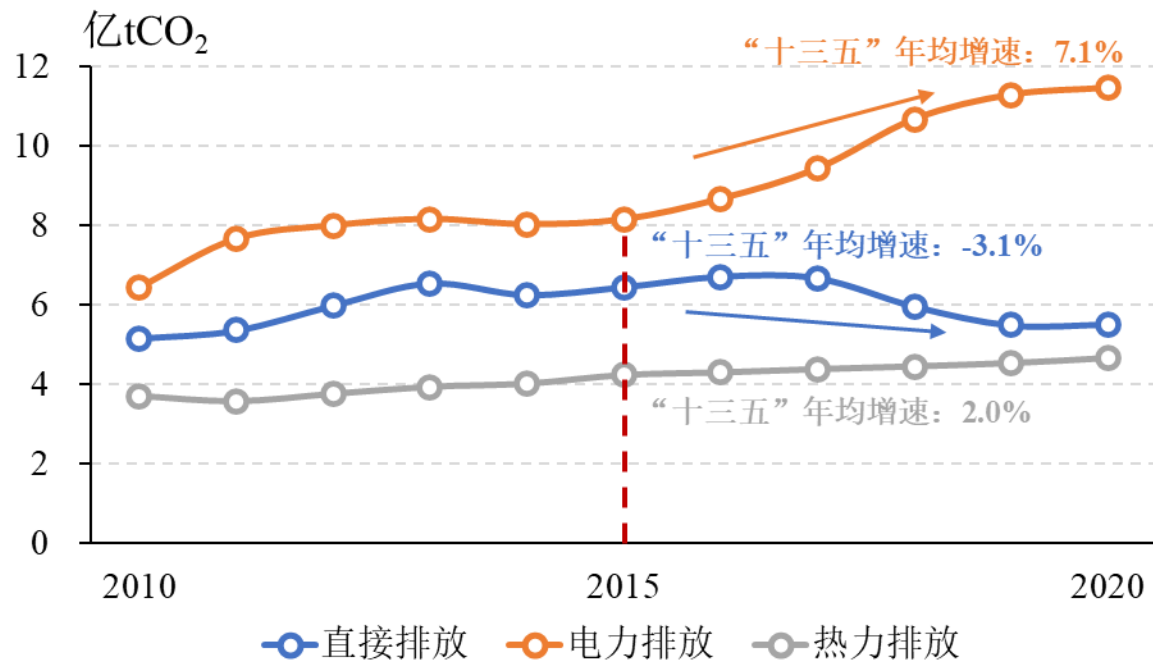
- 建筑运行碳排放增速低于能耗增速;
- “十一五”、“十二五”和“十三五”期间年均碳排放增速分别为7.0%、4.2%和2.8%



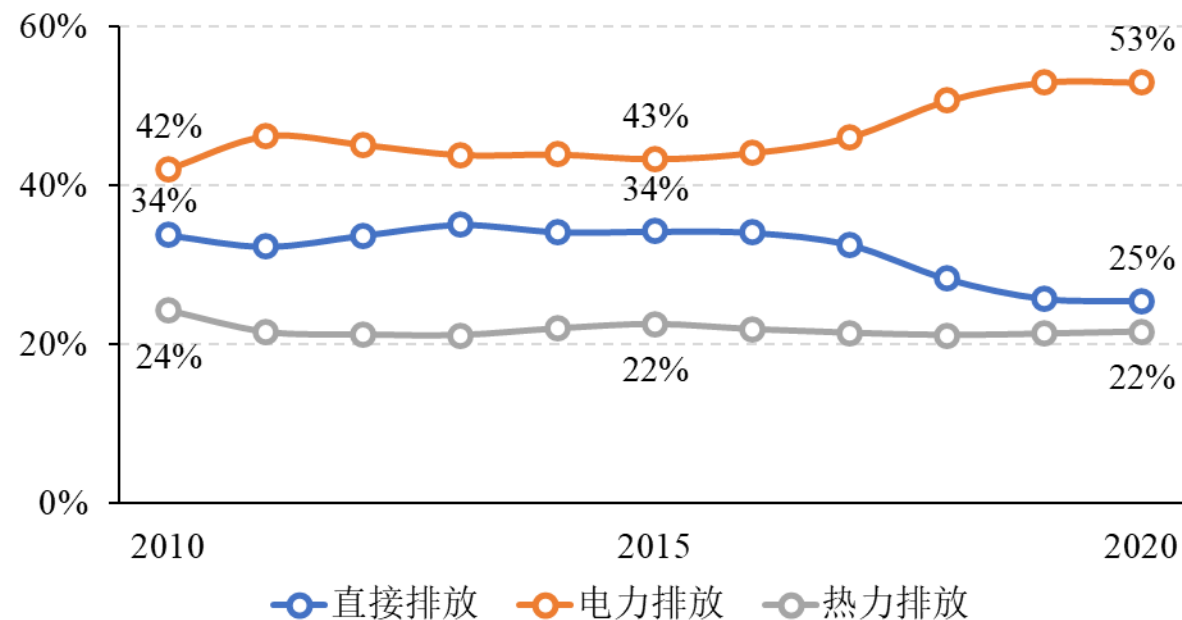
建筑运行阶段碳排放变化趋势——分建筑类型

- 三类建筑碳排放均保持一定增速。
- 公共建筑，城镇居住建筑和农村居住建筑碳排放比例基本稳定在4:4:2.

□ 全国建筑运行碳排放变化趋势



建筑运行阶段碳排放变化趋势——分排放类别



建筑运行阶段碳排放构成——分排放类别

- 建筑直接碳排放已于2016年达峰，此后出现明显下降趋势，十三五年均增速-3.1%；建筑电力碳排放保持较快增长，年均增速约7%；热力碳排放趋势趋缓，年均增速2%。
- 建筑直接碳排放占比在2010-2017年维持在34%左右，在2020年下降到25%；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。



Part 2.2: 省级建筑运行碳排放数据分析

Part 2.2 省级建筑运行碳排放数据分析

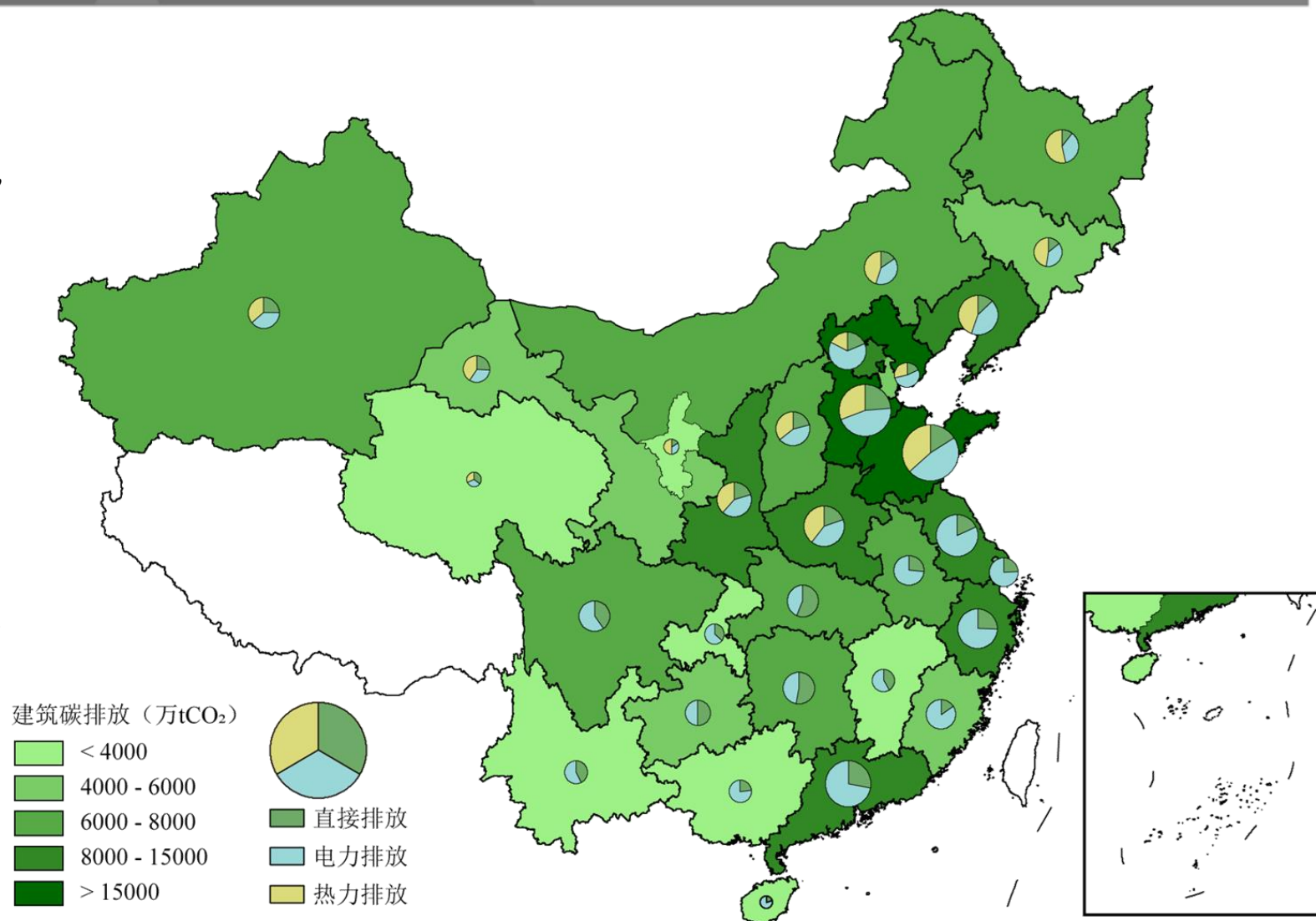
2020年分省建筑碳排放

➤ 省级建筑运行碳排放总量差异表现明显，总量排名前五的省份依次为：

- ① 山东
- ② 河北
- ③ 广东
- ④ 江苏
- ⑤ 河南

➤ 前5的省份排放占全国建筑碳排放总量的35%。

➤ 人口规模、用能结构差异和区域电网平均碳排放因子差异，是省际间排放差异的主要原因。

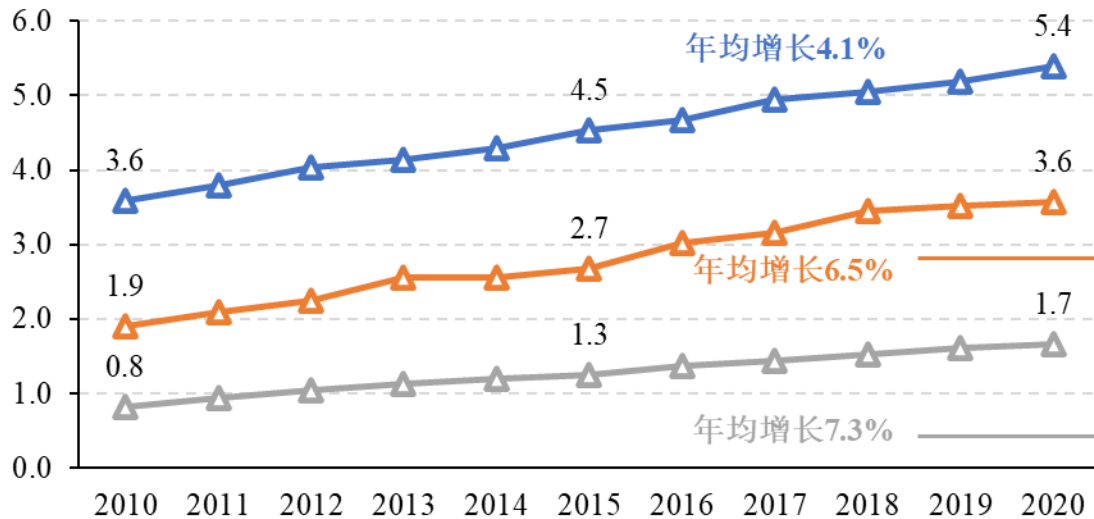


Part 2.2 省级建筑运行碳排放数据分析

2020年分气候区建筑碳排放

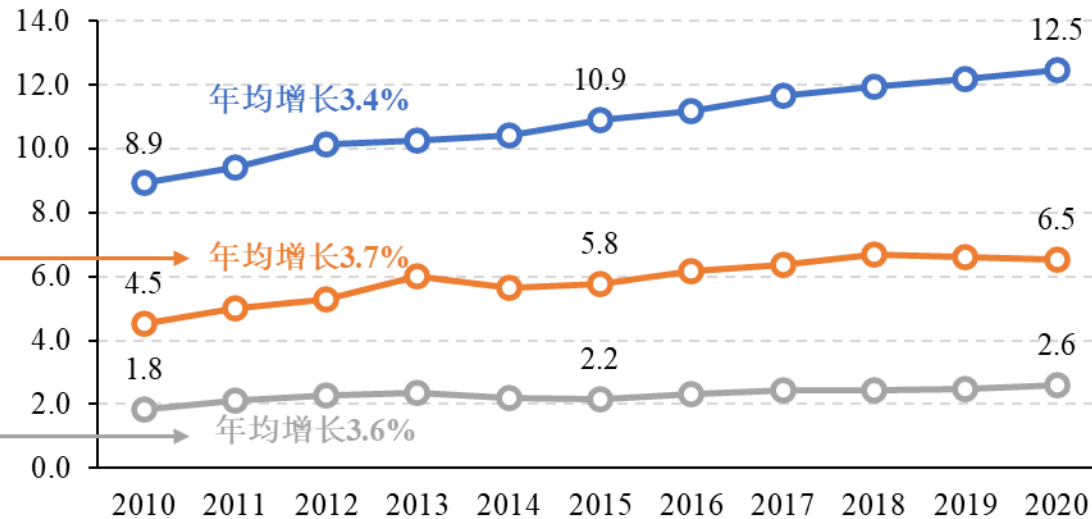
不同气候区建筑能耗 (亿tce)

北方采暖地区 夏热冬冷地区 南方地区



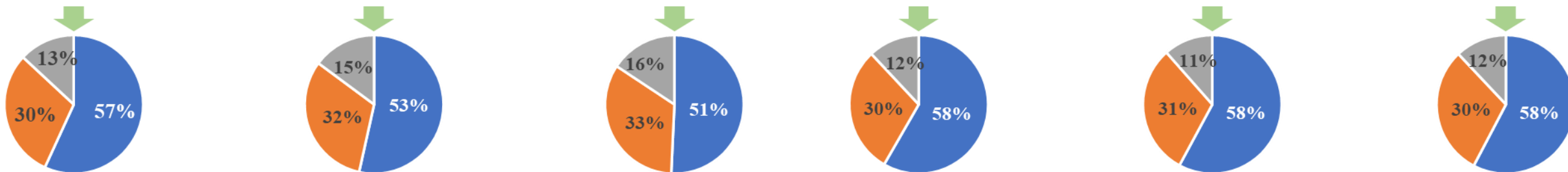
不同气候区建筑碳排放 (亿tCO₂)

北方采暖地区 夏热冬冷地区 南方地区



1.7倍

2.0倍



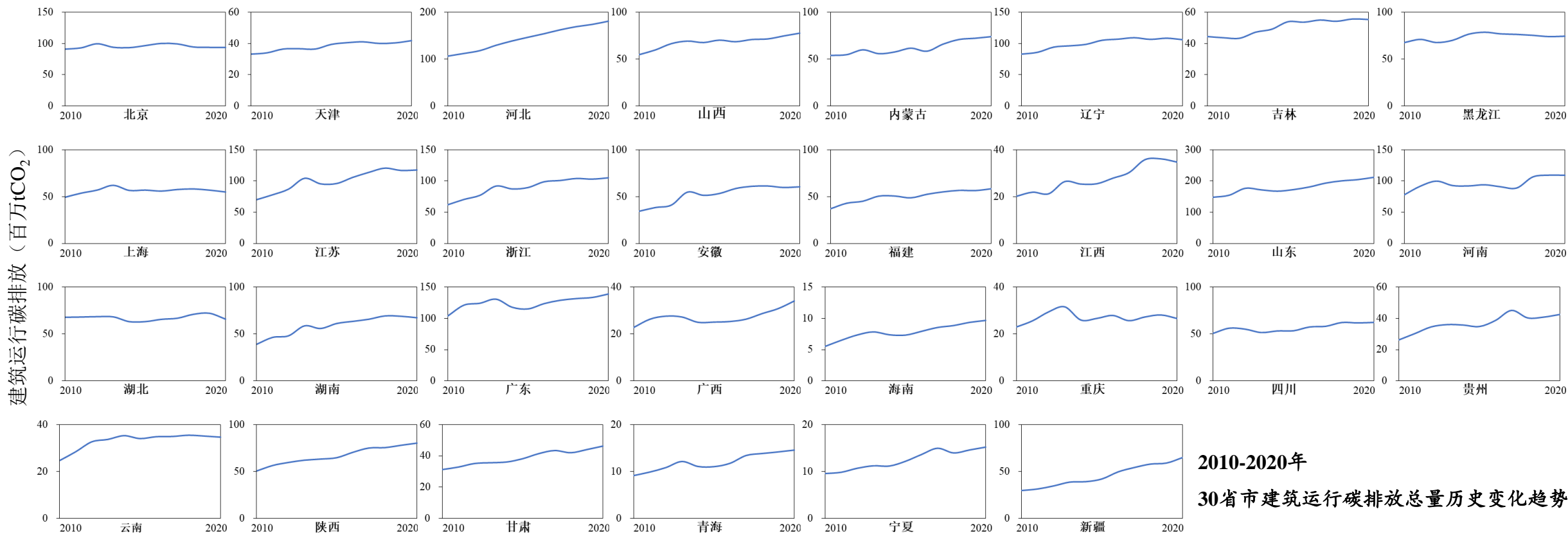
➤ 北方地区建筑能耗占比逐年下降，夏热冬冷地区和南方地区建筑能耗占比逐年上升；但碳排放分布比例变动较小。

➤ **非采暖地区**用能结构优化，清洁能源发电比例提升，电力排放因子显著下降，使得**碳排放增速低于能耗增速**。

Part 2.2 省级建筑运行碳排放数据分析

分省建筑运行碳排放变化趋势

- 各省市建筑碳排放历史变化趋势存在明显的差异；
- 北京、黑龙江、上海、湖北、四川、云南等省市进入平台期，多数省份表现为上升趋势。

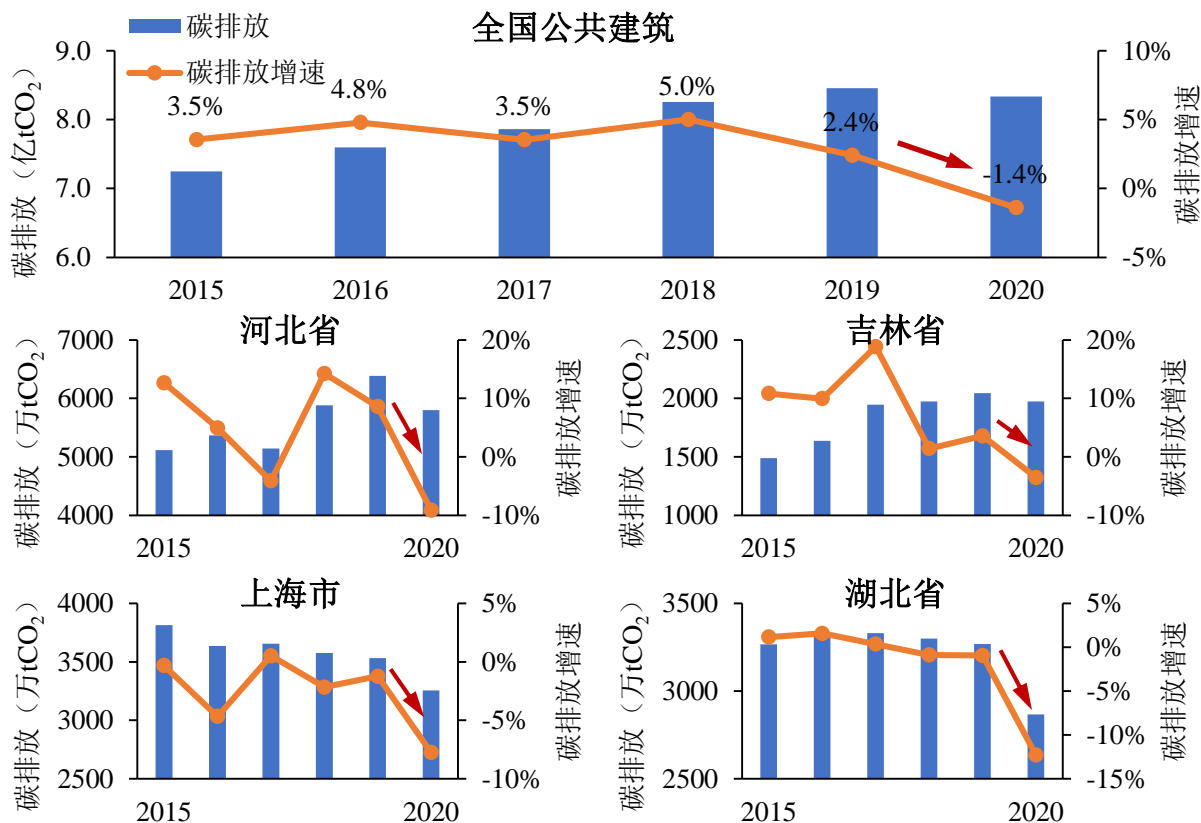


注：各省市电力碳排放因子取自区域电网平均碳排放因子。

Part 2.2 省级建筑运行碳排放数据分析

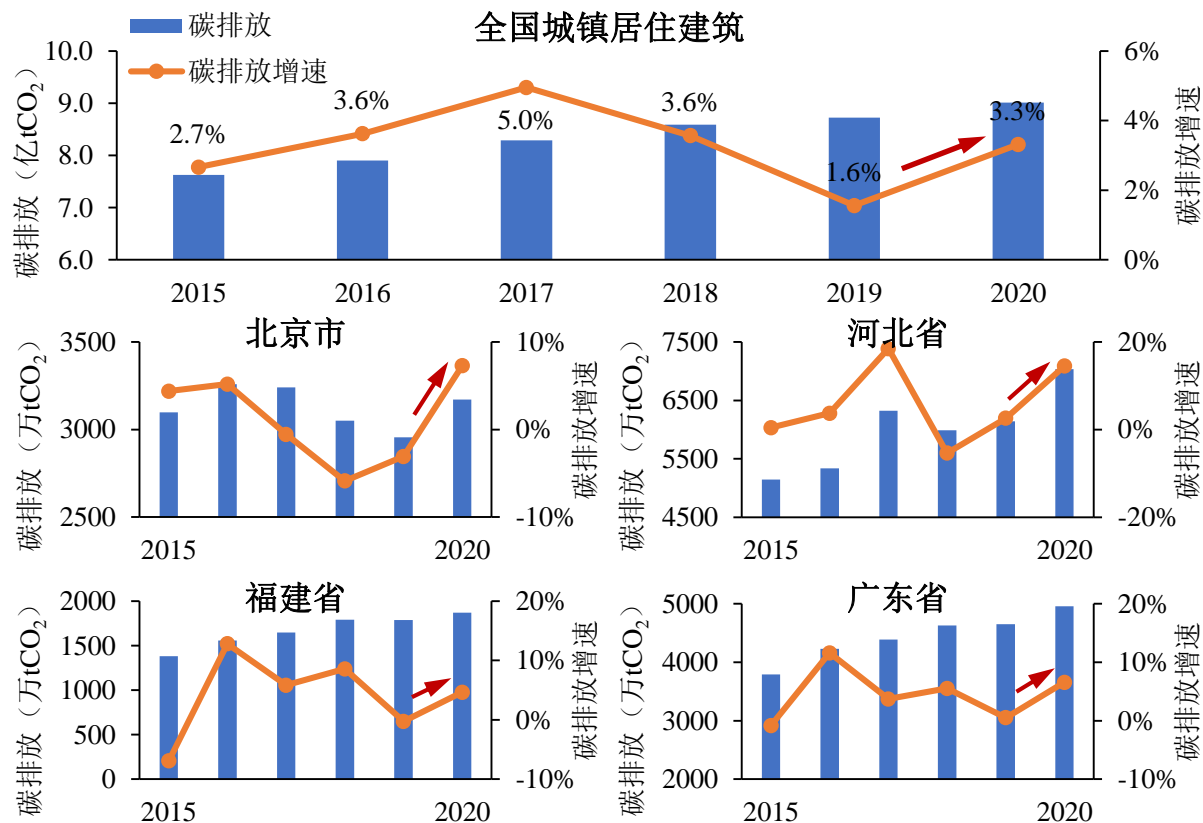
□ 新冠疫情对建筑碳排放影响

✓ 公共建筑碳排放减少



➤ 全国及多个省市2020年公共建筑碳排放总量出现下降现象，全国公共建筑碳排放下降1.4%。

✓ 居住建筑碳排放增加



➤ 2020年全国居住建筑碳排放增速（3.3%）约是2019年增速的2倍（1.6%）。



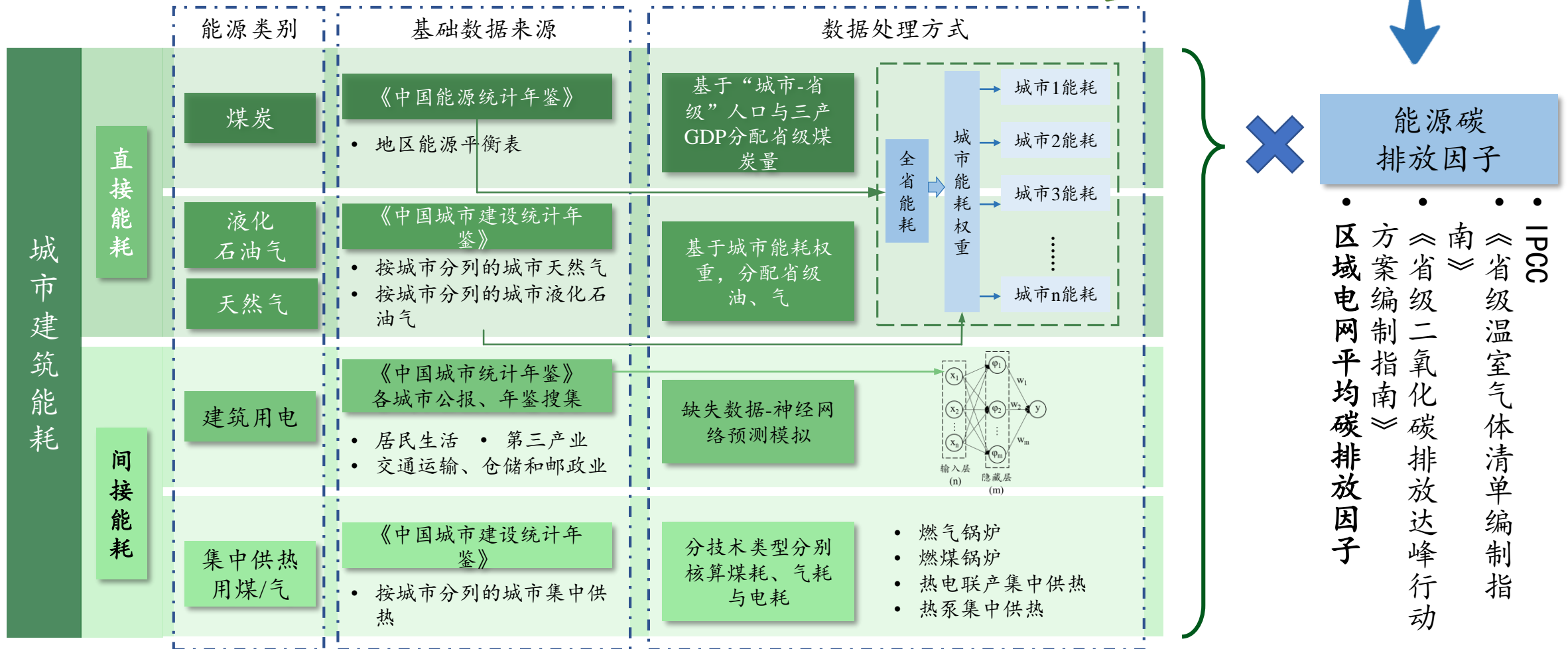
Part 2.3: 城市级建筑碳排放核算与分析

Part 2.3

城市级建筑碳排放核算与分析

城市建筑运行碳排放核算技术路线

$$\text{城市建筑碳排放} = \sum(\text{城市建筑能耗} \times \text{能源碳排放因子})$$



Part 2.3 城市级建筑碳排放核算与分析

城市建筑运行碳排放核算方法——数据说明

建筑类型	能源种类		统计范围及数据说明	数据来源及处理方式	覆盖范围
城镇居住建筑	化石燃料	天然气	单列于“销售气量-居民家庭”一项之中； 依省级消费总量进行调整； 依城乡人口比例进行拆分	《中国城市建设统计年鉴》 省级统计年鉴城市人口数据	全部地级市 与县级市
		液化石油气			
	城镇居民生活用电		单列于“全社会用电量-城镇居民生活用电”中	《中国城市统计年鉴》	全部地级市 与县级市
集中供热		各技术类型的供热总量，依供热面积拆分至住宅		《中国城市建设统计年鉴》	北方集中供热城市
农村居住建筑	化石燃料	天然气	单列于“销售气量-居民家庭”一项之中； 依省级消费总量进行调整； 依城乡人口比例进行拆分	《中国城市建设统计年鉴》 省级统计年鉴城市人口数据	全部地级市 与县级市
		液化石油气			
	农村居民生活用电		城乡居民生活用电合计-城镇居民生活用电		各城市统计年鉴、公报搜寻
公共建筑	化石燃料	天然气	单列于“销售气量-居民家庭”一项之中； 依省级能源平衡表中“公建-居建”能耗比例推算	《中国城市建设统计年鉴》 《中国能源统计年鉴》	全部地级市 与县级市
		液化石油气			
	电力	第三产业用电	包含“交通运输、仓储和邮政业”、“信息传输、软件和信息技术服务业”、“住宿和餐饮业”“金融业”、“房地产业”“租赁和商务服务业”等,对应能源平衡表中的“批发、零售业和住宿、餐饮业”和“其他”	各城市统计年鉴、公报搜寻 使用神经网络补全缺失数据	原始数据覆盖 55%的城市
		交通运输业用电	包含了部分建筑能耗，如火车站、汽车站、航站楼、邮政局电力消费，依比例扣除	各城市统计年鉴、公报搜寻	32%的城市
集中供热		各技术类型的供热总量，依供热面积拆分至公建		《中国城市建设统计年鉴》	北方集中供热城市
煤炭			基于省级建筑煤炭消耗，分建筑类型依城市人口与三产GDP拆分	《中国能源统计年鉴》 省级统计年鉴城市人口经济数据	全部城市

城市建筑运行碳排放核算方法——化石能源

基础数据来源：《中国城市建设统计年鉴》

2020年按城市分列的城市天然气

城市名称	供气总量(万立方米)					燃气损失量	用气户数(户)	居民家庭
	合计	销售气量	居民家庭	集中供热	燃气汽车			
全国	15637020	15302771	3815984	1559150	1087519	334226	180947860	176071871
北京	1854130	1779490	158446	561110	23215	74640	7244741	7155880
天津	601576	589363	93414	159628	29042	12213	6455018	5796394
河北	642810	623401	202957	66288	43433	19409	8425760	8073584
石家庄	144262	141741	32990	21925	8299	2521	1569480	1564623
晋州	10686	10587	365	3434	201	99	45266	45006
新乐	2435	2420	1280	240	150	15	31334	30334
辛集	22269	21874	1350	900	271	395	60091	59841
唐山	48530	44066	9522	671	4216	4465	868634	864638
滦州	4671	4573	599	139	2532	98	79315	79117
.....								

2020年按城市分列的城市液化石油气

城市名称	供气总量(吨)				燃气损失量	用气户数(户)	居民家庭	用气人口(万人)
	合计	销售气量	居民家庭	燃气汽车				
全国	8337109	8291148	4786679	250229	45961	40237196	36873103	10767
北京	318293	292445	106695		25848	1880554	1866158	441
天津	60576	59892	39143		684	335964	330565	63
河北	80268	79789	55681		479	679037	615871	179
石家庄	18278	18218	6410		59	139648	103272	10
晋州								
新乐	441	439	403		2	6200	4522	0
唐山	7650	7543	6585		107	30000	27000	10
滦州	1837	1829	1286		8	15980	14634	4
.....								

液化石油气和天然气

$$E'_{R,j,k'} = E_{R,j,k'} \times \sum P_{j,i} / P_j$$

$$E_{R,j,i,k} = E'_{R,j,k'} \times E'_{R,j,i,k'} / \sum E'_{R,j,i,k'}$$

$$E_{UR,j,i,k'} = E_{R,j,i,k'} \times E_{UR,j,k'} / E_{R,j,k'}$$

$$E_{RR,j,i,k'} = E_{R,j,i,k'} - E_{UR,j,i,k'}$$

$$E_{P,j,i,kk'} = E_{R,j,i,k'} \times E_{P,j,k'} / E_{R,j,kk'}$$

其中， i 为有数据的城市， j 为该城市所属省份； k' 为化石能源，包括液化石油气和天然气； $E_{R,j,k'}$ 、 $E_{UR,j,k'}$ 和 $E_{P,j,k'}$ 分别为省级能源平衡表中居民生活、城镇居民生活和公共建筑能耗； $E'_{R,j,k'}$ 为可用于城市分配的省级居民生活能耗总量； $P_{j,i}$ 和 P_j 分别为城市和省份人口； $E_{R,j,i,kk'}$ 为城市居民能耗； $E'_{R,j,i,k'}$ 为根据《年鉴》收集的城市居民家庭能耗； $E_{UR,j,i,k'}$ 、 $E_{RR,j,i,k'}$ 和 $E_{P,j,i,k'}$ 分别为城市城镇居住建筑、农村居住建筑和公共建筑的能耗量。

煤炭

依据省级《能源平衡表》中的建筑煤炭消费数据，利用城市相关社会经济指标的权重推算城市各类建筑的煤炭消费量。其中公共建筑采用城市第三产业GDP指标，居住建筑采用城市人口数量指标。

城市建筑运行碳排放核算方法——电力

当年城市建筑电力消费量 = 城镇居民生活用电量（城镇居住建筑） + 农村居民生活用电量（农村居住建筑） + 第三产业用电量 - 交通运输、仓储和邮政业中非建筑用电量

城市分行业用电数据搜集

通过翻阅城市统计年鉴、统计公报、咨询城市统计局等；

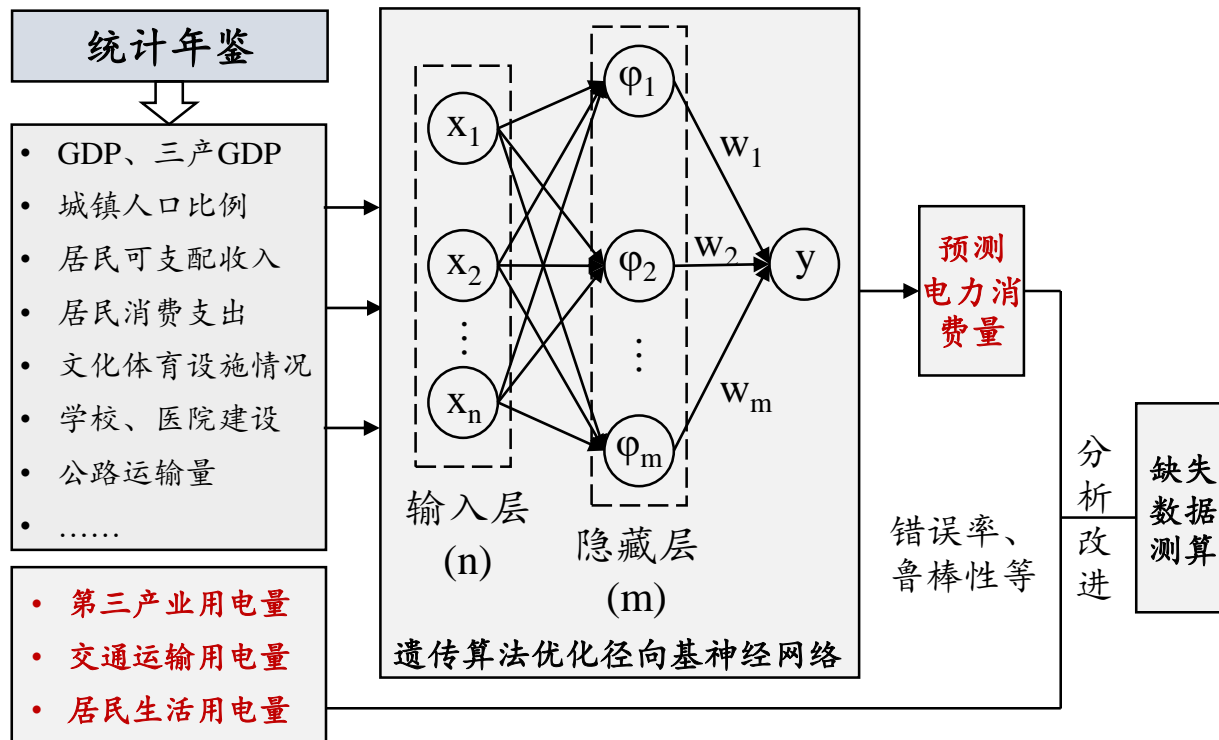
搜集**每年240余份**资料；

获取**每年近200份**数据原始文件，覆盖近**70%**地级市。

城市分类用电量数据搜集情况

年份	城镇居民生活用电量		乡村居民生活用电量		第三产业用电量		交通运输、仓储和邮政业用电量	
	城市数量	占比	城市数量	占比	城市数量	占比	城市数量	占比
2015	147	44%	148	44%	158	47%	108	32%
2016	154	46%	155	47%	178	53%	109	33%
2017	297	89%	194	58%	181	54%	108	32%
2018	293	88%	196	59%	180	54%	107	32%
2019	293	88%	204	61%	188	56%	114	34%
2020	168	50%	166	50%	183	55%	107	32%

电力消费缺失数据处理:采用神经网络弥补缺失数据



用电量缺失数据处理示意图

Part 2.3 城市级建筑碳排放核算与分析

城市建筑运行碳排放核算方法——集中供热

基础数据来源：《中国城市建设统计年鉴》-按城市分列的城市集中供热

2020年按城市分列的城市集中供热

城市名称	蒸汽			热水			供热面积 (万平方米)	住宅	公共建筑
	供热总量 (万吉焦)	热电厂 供热	锅炉房 供热	供热总量 (万吉焦)	热电厂 供热	锅炉房 供热			
全国	65054	57870	6512	345004	195412	120804	988209	742971	215577
北京				19189	5814	13375	65935	45486	20449
天津	1014	983	31	17125	6765	10360	55336	42826	12510
河北	6977	6869	170	28120	17466	5524	87793	69584	15909
石家庄	5205	5205	91	2993	422	1371	20819	16361	4434
晋州				127	70	56	413	385	29
新乐	270	270					423	390	33
唐山				4318	3909	359	8251	6816	1434
滦州				316			629	566	63
遵化				345	255		1020	914	106
迁安	115	115		986	530	6	1941	1439	444
秦皇岛	134	75		3061	2119		7871	5767	935
邯郸				1573	1462		6351	5334	1010
武安				444	444		1276	1036	240
邢台				1108			2889	2525	364
南宫	31		31	130			346	48	2
沙河				75			223	182	40
保定	295	295		1681	1488	194	5633	4799	825
.....									

➤ 锅炉房供热能耗

$$H_{Boiler,Gas} = E_{NG} \times \eta_{Boiler,Gas}$$

$$H_{Boiler,Coal} = H_{Boiler} - H_{Boiler,Gas}$$

$$E_{Boiler,Coal} = H_{Boiler,Coal} \times HCC_{Boiler,Coal}$$

其中， $H_{Boiler,Gas}$ 为燃气锅炉集中供热量； E_{NG} 为用于集中供热的天然气能耗； $\eta_{Boiler,Gas}$ 为燃气锅炉热效率，此处按95%计算； H_{Boiler} 为锅炉房供热总量； $H_{Boiler,Coal}$ 为燃煤锅炉供热总量； $E_{Boiler,Coal}$ 为燃煤锅炉的煤炭能耗； $HCC_{Boiler,Coal}$ 为燃煤锅炉的供热煤耗，此处按热效率80%计算，为42.7kgce/GJ。

➤ 热电联产供热能耗

$$E_{Cogeneration,Coal} = H_{Cogeneration} \times HCC_{Cogeneration,Coal}$$

其中， $E_{Cogeneration,Coal}$ 为用于热电联产集中供热的煤炭能耗； $H_{Cogeneration}$ 为热电厂集中供热量； $HCC_{Cogeneration,Coal}$ 为热电联产综合供热煤耗，取31.7kgce/GJ。

➤ 其他集中供热能耗（热泵）

$$H_{Other} = H_{Total} - (H_{Cogeneration} + H_{Boiler})$$

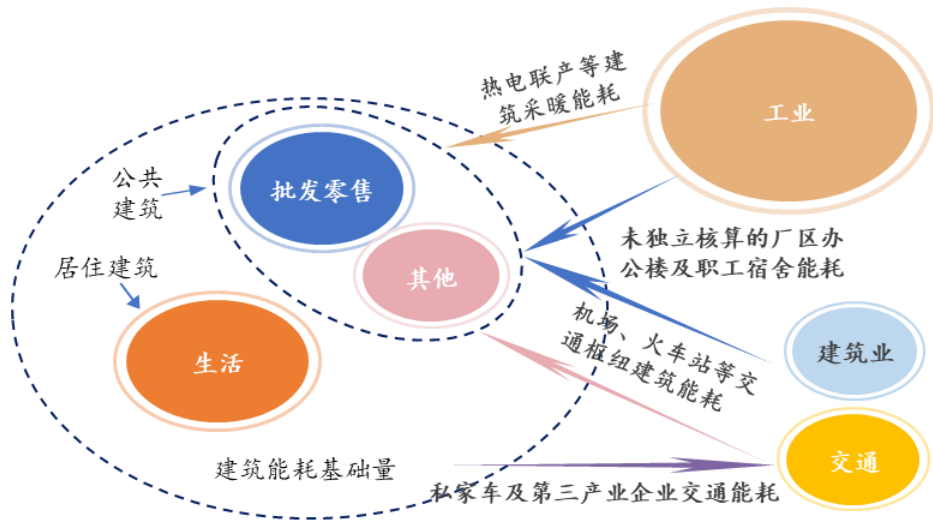
$$E_{Other} = H_{Other} \times HEC_{Other}$$

其中， H_{Total} 为城市总集中供热量； H_{Other} 为各类热泵集中供热量； E_{Other} 为各类热泵集中供热能耗； HEC_{Other} 为各类热泵集中供热综合供热能耗，取25.9kgce/GJ。

Part 2.3 城市级建筑碳排放核算与分析

□ 城市建筑运行碳排放数据校核

➤ 利用城市能源平衡表核算建筑运行碳排放



➤ **误差来源：**汽油、柴油量缺失

➤ 经济合作与发展组织国家的排放可能具有5% - 10%的不确定性，而非经合组织国家的不确定性可能为10% - 20%。

Shan et al. (2017) "Methodology and applications of city level CO₂ emission accounts in China. Journal of Cleaner Production"

城市建筑运行碳排放数据验证表

城市	数据年份	建筑碳排放 (万tCO ₂)		差异
		本报告核算	城市能源平衡表核算	
北京市	2020	8221	8780	-6.8%
天津市	2020	4251	4086	3.9%
上海市	2020	4799	5387	-12.3%
重庆市	2020	2341	2390	-2.1%
湛江市	2020	838	845	-0.9%
青岛市	2019	2611	2579	1.2%
沈阳市	2018	3374	3203	5.1%
阳泉市	2018	336	337	-0.4%
邢台市	2017	384	374	2.5%
郴州市	2017	440	474	-7.8%

注：①此处根据城市能源平衡表核算的城市建筑运行碳排放是依据相应拆分方法核算的原始碳排放，未做国家层面与省级层面的调平处理。

②受限于城市能源数据的可得性，邢台市核算的是公共建筑运行碳排放数据。

Part 2.3 城市级建筑碳排放核算与分析

城市建筑碳排放核算结果

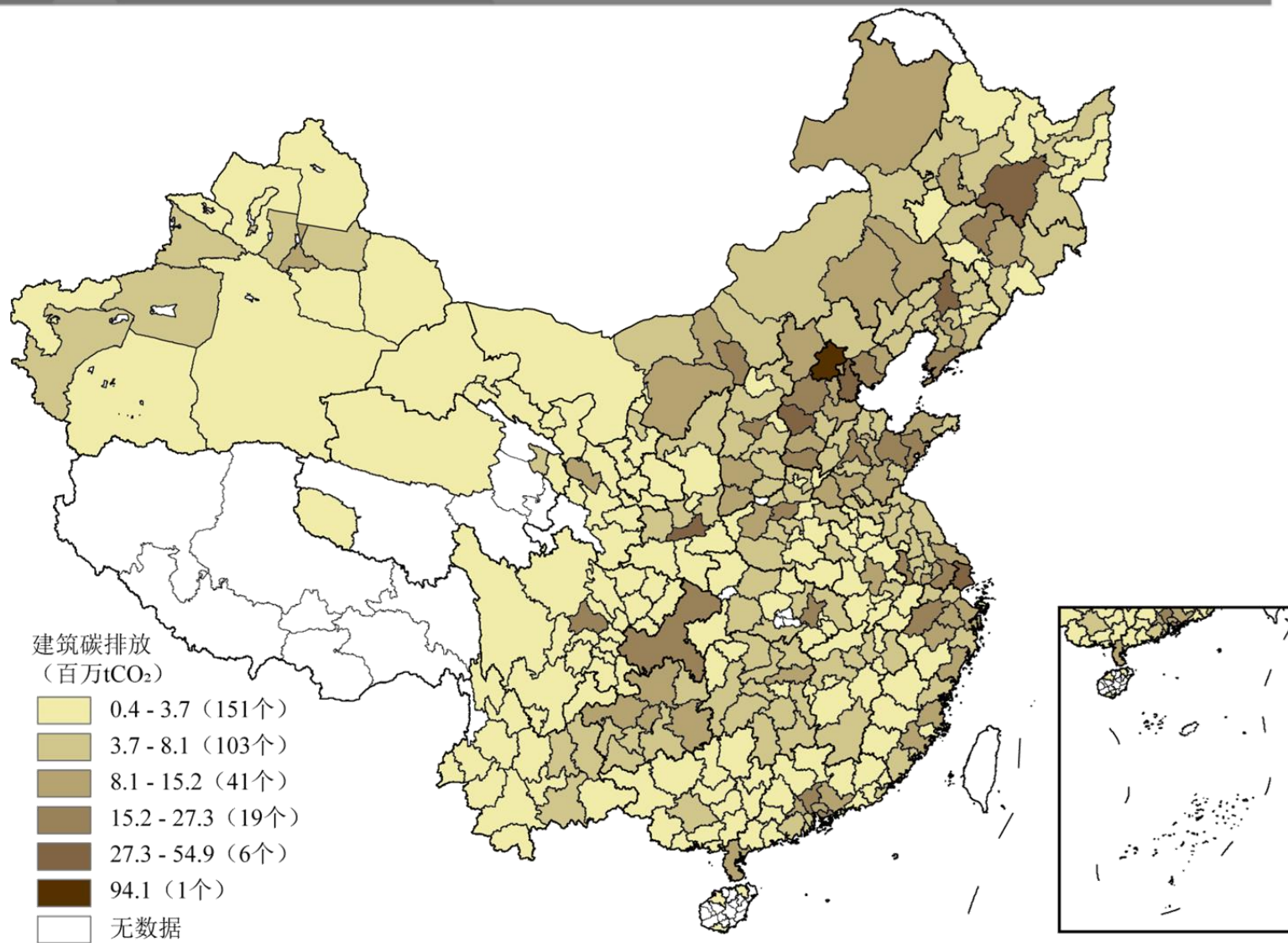
➤ 2015 - 2020年

➤ 覆盖范围:

- 4个直辖市
- 286个地级市
- 23个自治州
- 5个地区
- 3个盟
- 3个盟
- 总计317个地级行政区 (321个城市)
- 2020年覆盖了中国大陆98.6%的人口和99.2%的GDP

➤ 城市建筑碳排放汇总值: **20.6亿tCO₂**

以能源平衡表拆分法核算全国建筑碳排放为21.6亿tCO₂, 相差约1亿tCO₂, 差异源来自缺失城市(县), 建筑汽油、柴油消费, 以及集中供热排放。

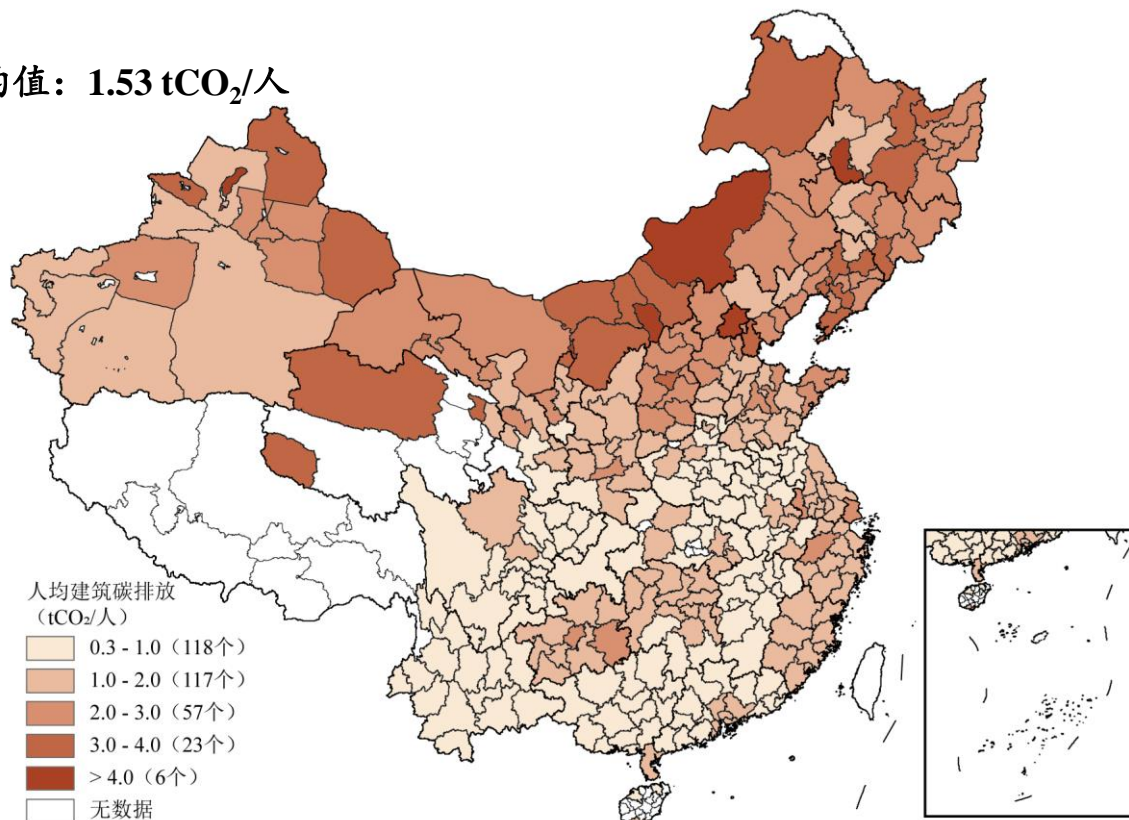


2020年城市建筑运行碳排

Part 2.3 城市级建筑碳排放核算与分析

城市建筑碳排放核算结果

均值: 1.53 tCO₂/人



2020年城市人均建筑运行碳排放

- 受供暖影响，北方城市指标值显著高于南方
- 最高 (> 4 t/人)：乌海、克拉玛依、呼和浩特、锡林郭勒、大庆等
- 最低 (< 0.4 t/人)：达州、周口、资阳、河池、广安、茂名等

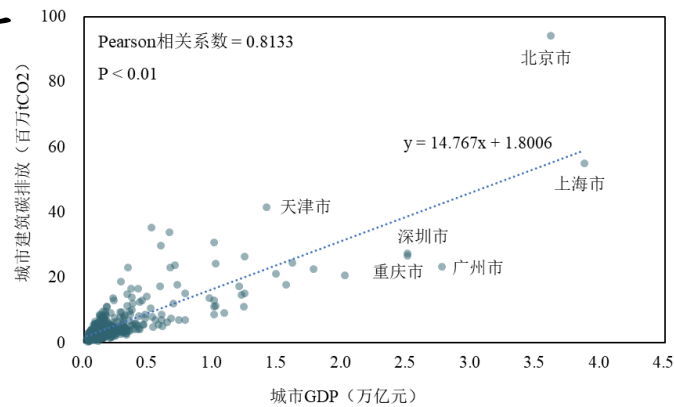
Part 2.3

城市级建筑碳排放核算与分析

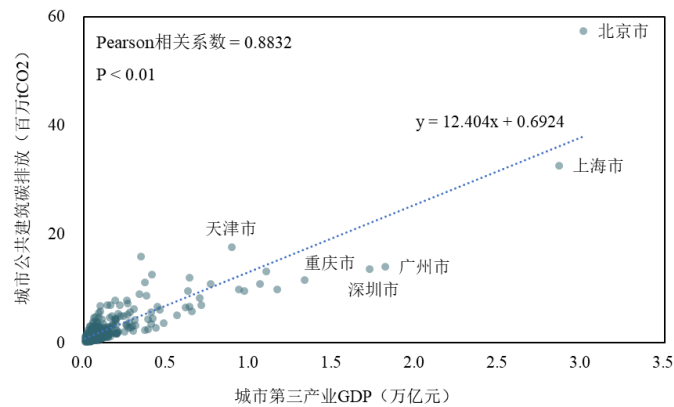
城市建筑碳排放与经济相关性分析

- 城市建筑碳排放与城市经济产出密切相关；
- 城市公共建筑碳排放与城市第三产业GDP相关性更强, 建筑碳排放更多是由消费驱动。
- 城镇化率和人均GDP越高的城市, 其人均建筑碳排放越高

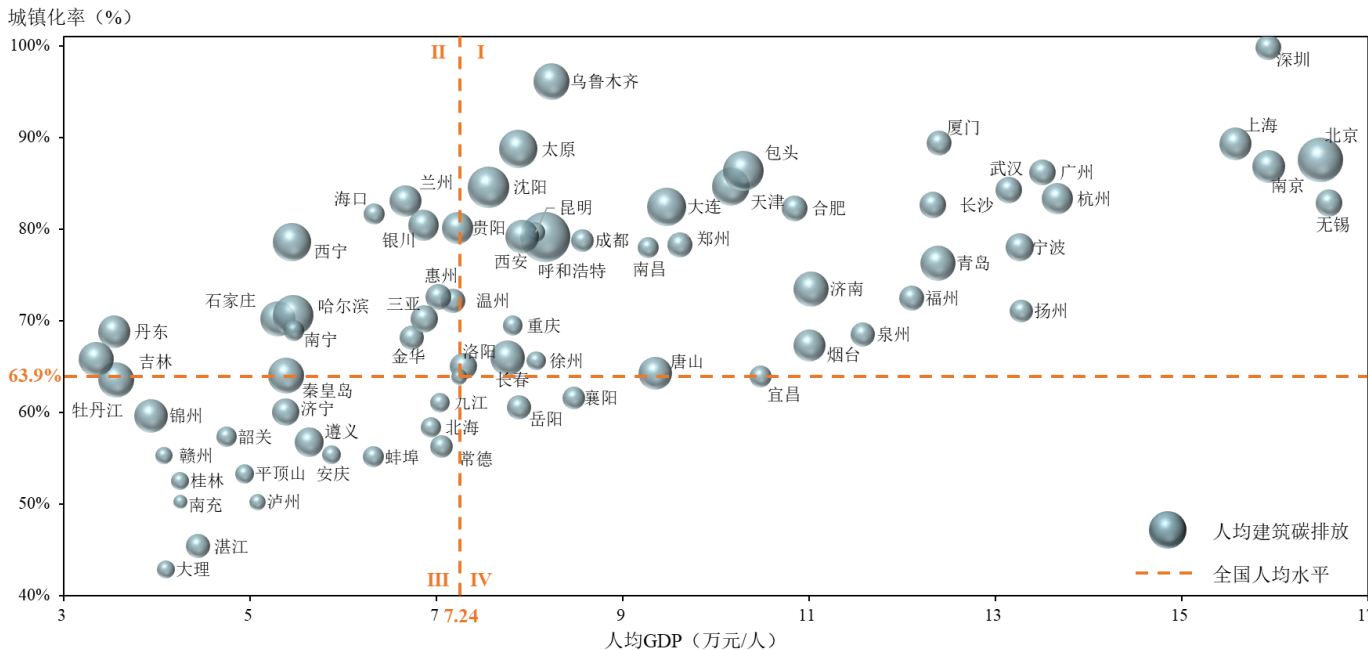
a. 城市建筑碳排放总量与生产总值相关性



b. 城市公共建筑碳排放与第三产业生产总值相关性



c. 70个大中城市人均GDP、城镇化率和人均建筑碳排放



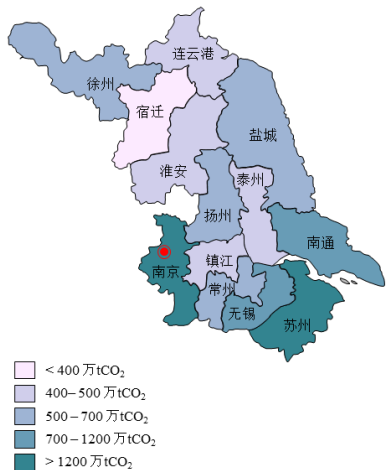
Part 2.3

城市级建筑碳排放核算与分析

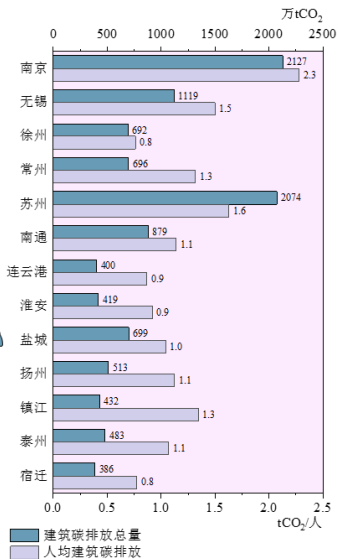
分地区各省份城市建筑碳排放——图集与数据集

华东地区2省份为例

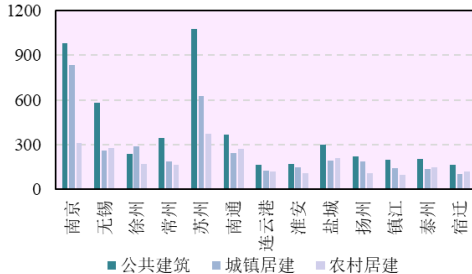
a. 建筑碳排放地图



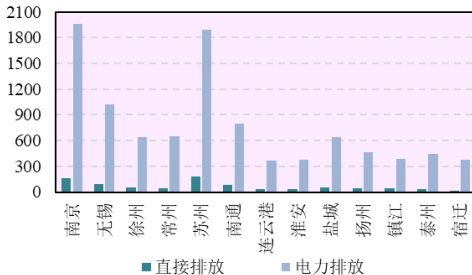
b. 城市建筑碳排放与人均排放



c. 城市建筑碳排放——分建筑类型 (万tCO₂)

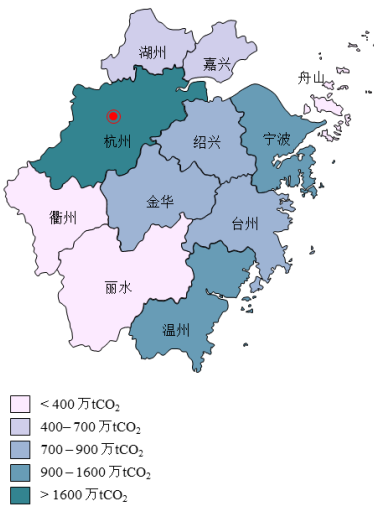


d. 城市建筑碳排放——分排放类别 (万tCO₂)

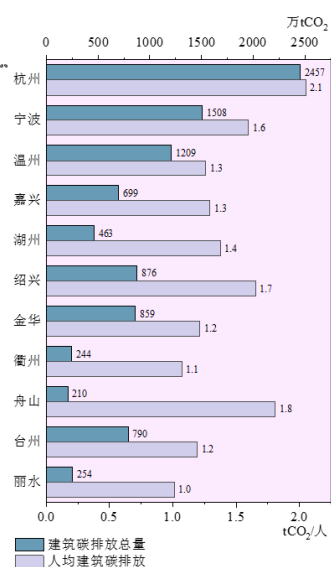


2020年江苏省各市建筑碳排放数据

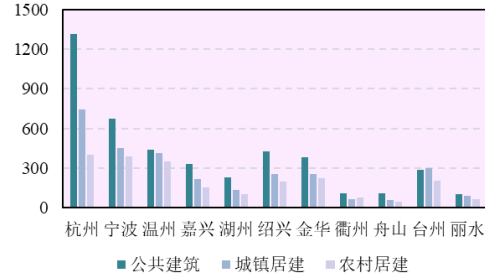
a. 建筑碳排放地图



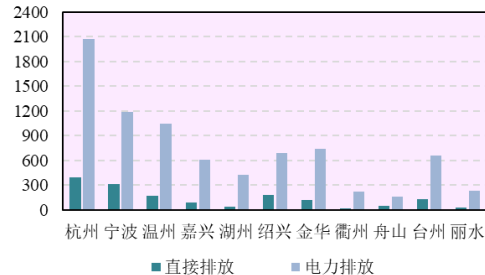
b. 城市建筑碳排放与人均排放



c. 城市建筑碳排放——分建筑类型 (万tCO₂)



d. 城市建筑碳排放——分排放类别 (万tCO₂)



2020年浙江省各市建筑碳排放数据

2022 中国城镇污水处理碳排放研究报告

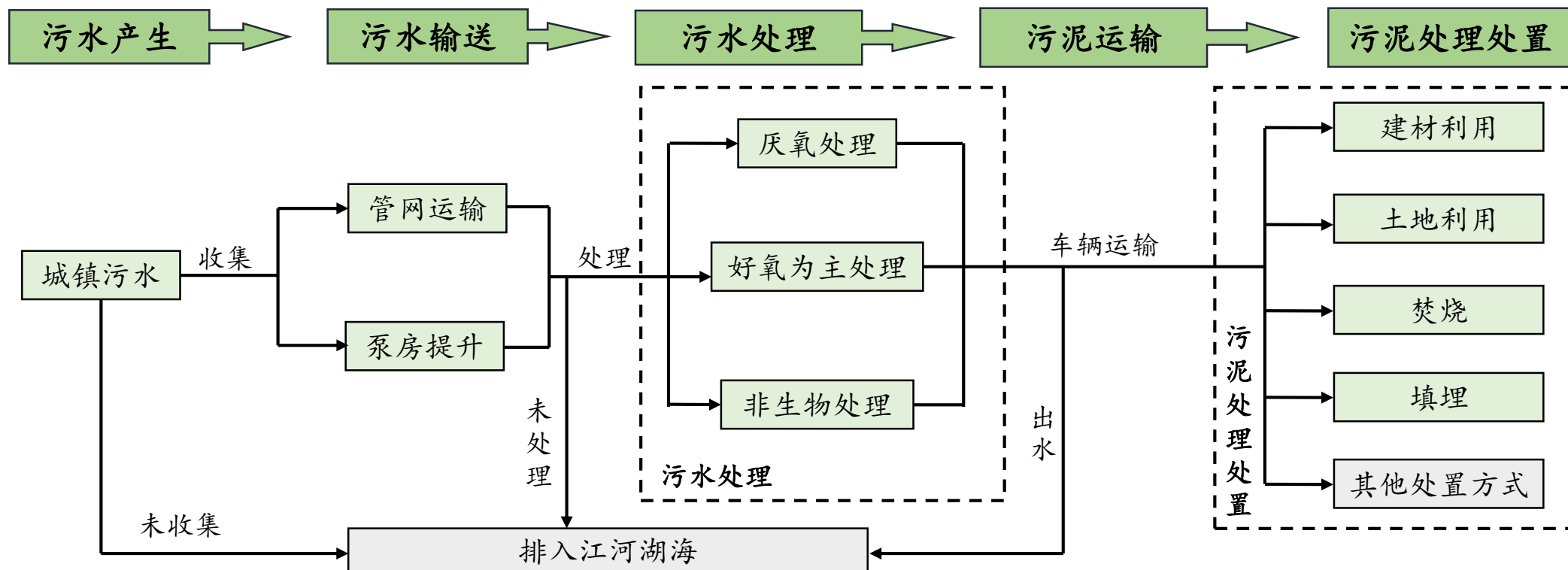
2022 Research Report of China Urban Wastewater Treatment Carbon Emissions



Part 3: 2022中国城镇污水处理 碳排放研究报告

城镇污水处理碳排放测算方法

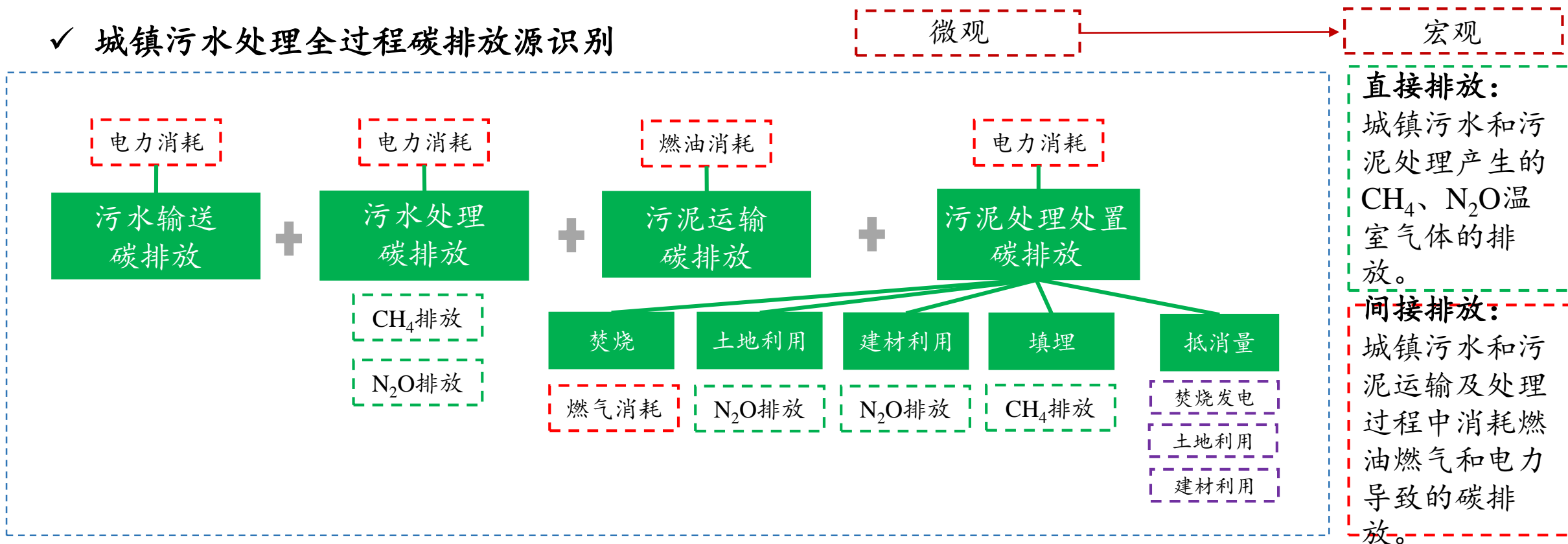
城镇污水处理碳排放核算边界



注：本报告核算边界为绿色标记部分，包括城镇污水收集与处理全过程的大部分环节；灰色标记部分代表未收集、未处理和出水涉及的污水排放以及采用其他处置方式的污泥排放，由于不可控性较强或占比较小，故未涵盖在核算范围内。

城镇污水处理碳排放测算方法

城镇污水处理全过程碳排放源识别

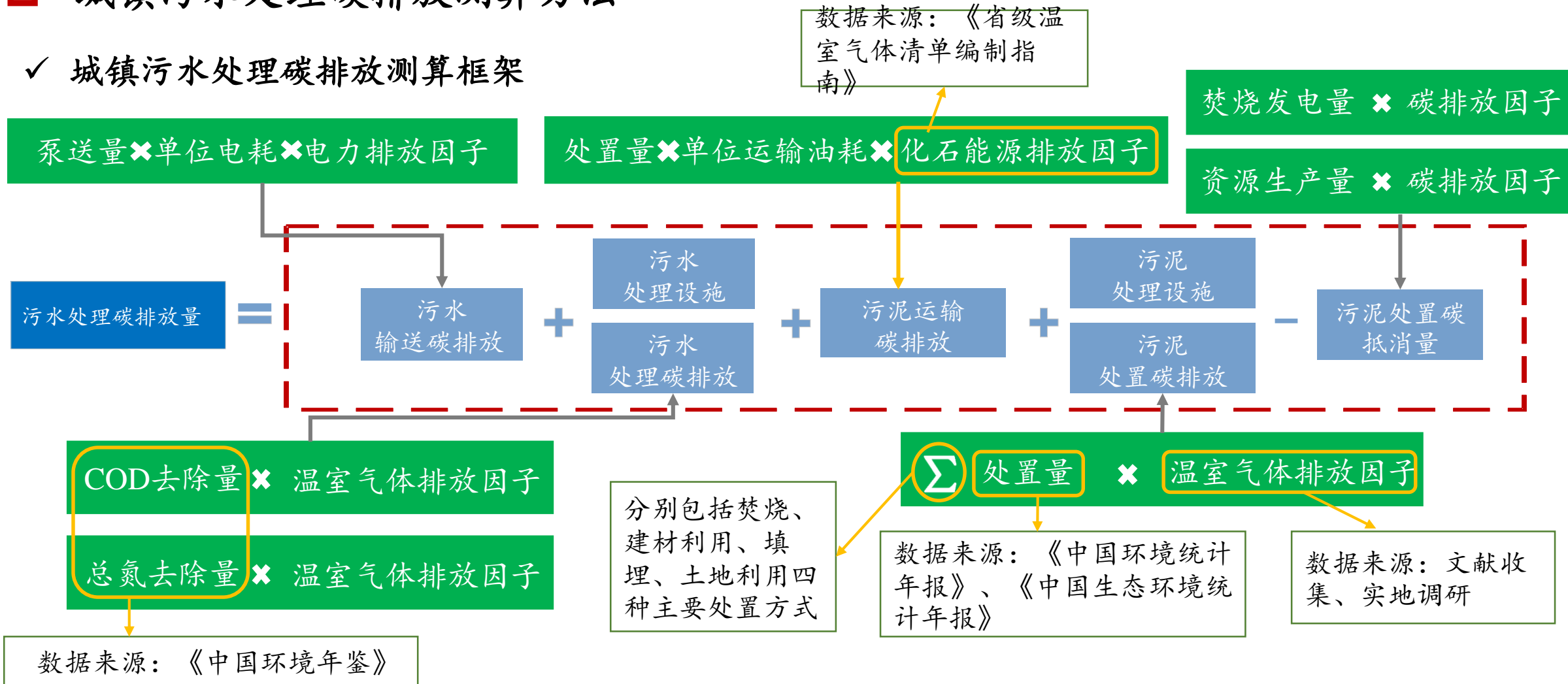


直接排放:
 间接排放:

注: 本报告核算的碳排放源, 只包括CH₄、N₂O和化石碳造成的CO₂排放, 由于生物源造成的CO₂排放并未造成大气中碳排放净增加, 故未涵盖在核算范围内。

城镇污水处理碳排放测算方法

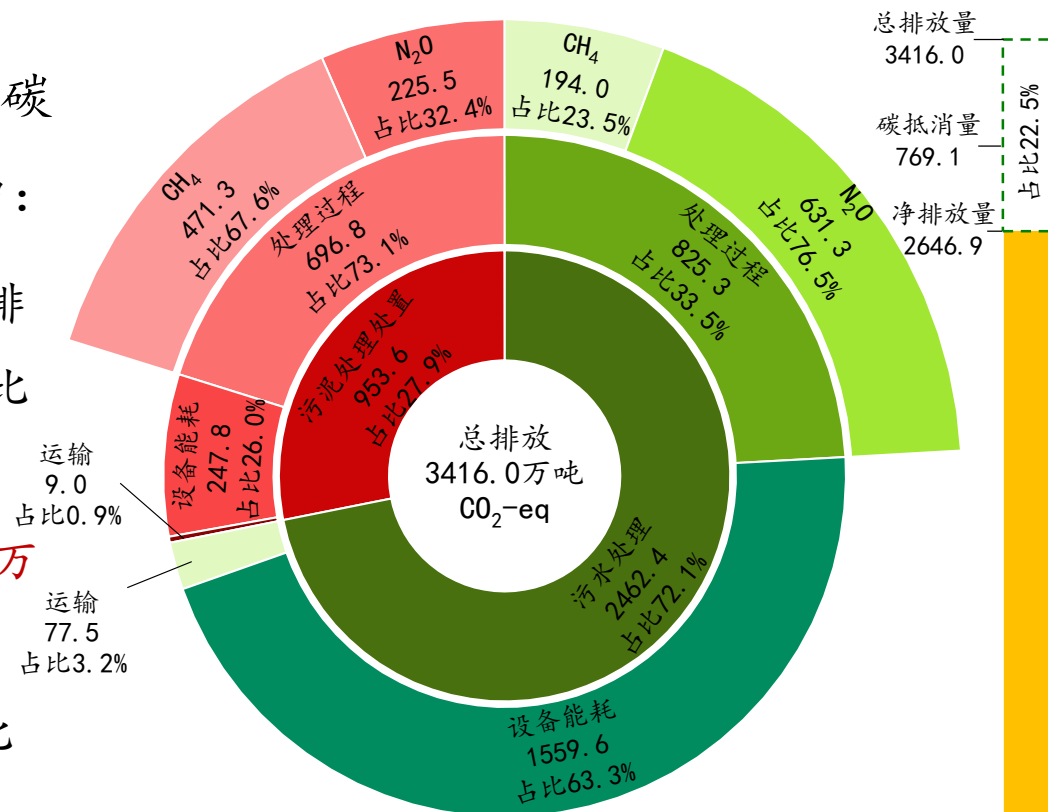
城镇污水处理碳排放测算框架



□ 2020年全国城镇污水处理全过程碳排放

2020年全国城镇污水处理全过程碳排放量**3416.0万tCO₂-eq**，碳抵消量**769.1万tCO₂-eq**，净排放量**2646.9万tCO₂-eq**，其中：

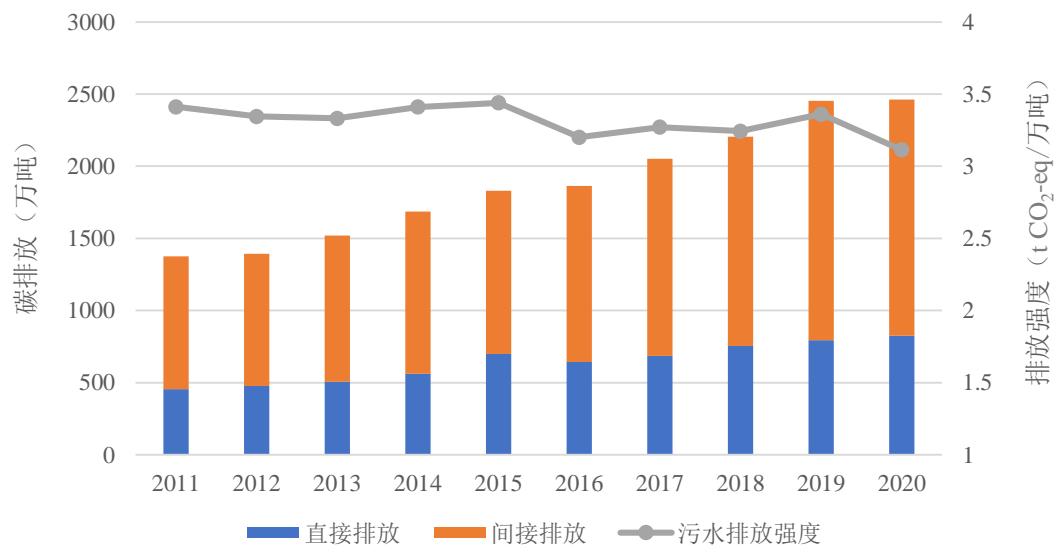
- 直接排放为**1522.1万tCO₂-eq**（CH₄排放**665.3万tCO₂-eq**，N₂O排放为**856.8万tCO₂-eq**），占比45%；间接排放为**1893.9万t**，占比55%。
- 污水处理排放为**2462.4万tCO₂-eq**，污泥处理处置排放为**953.6万tCO₂-eq**，大约比例为**7:3**。
- 按照处理过程、设备能耗和运输划分，污水处理三部分各占比为**33.5%**、**63.3%**和**3.2%**；污泥处理处置三部分各占比为**73.1%**、**26.0%**和**0.9%**。



2020年全国城镇污水处理全过程碳排放
(单位：万tCO₂-eq)

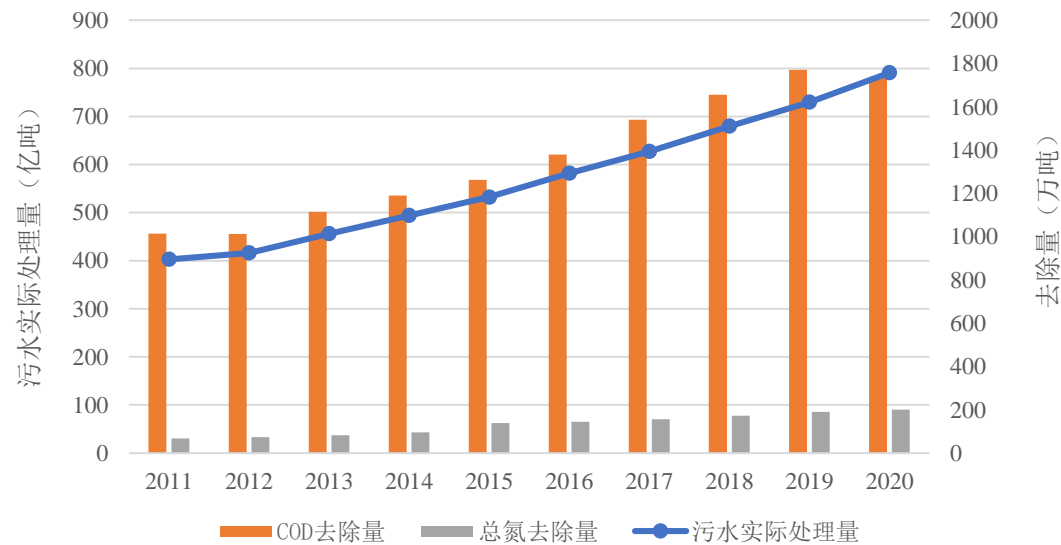
□ 全国城镇污水处理及碳排放变化趋势

- 全国城镇污水直接排放和间接排放总体均呈现增长趋势，2011-2020年均增速**6.69%**。
- 全国城镇污水排放强度呈波动变化，有轻微下降趋势。



全国城镇污水处理碳排放及强度变化趋势

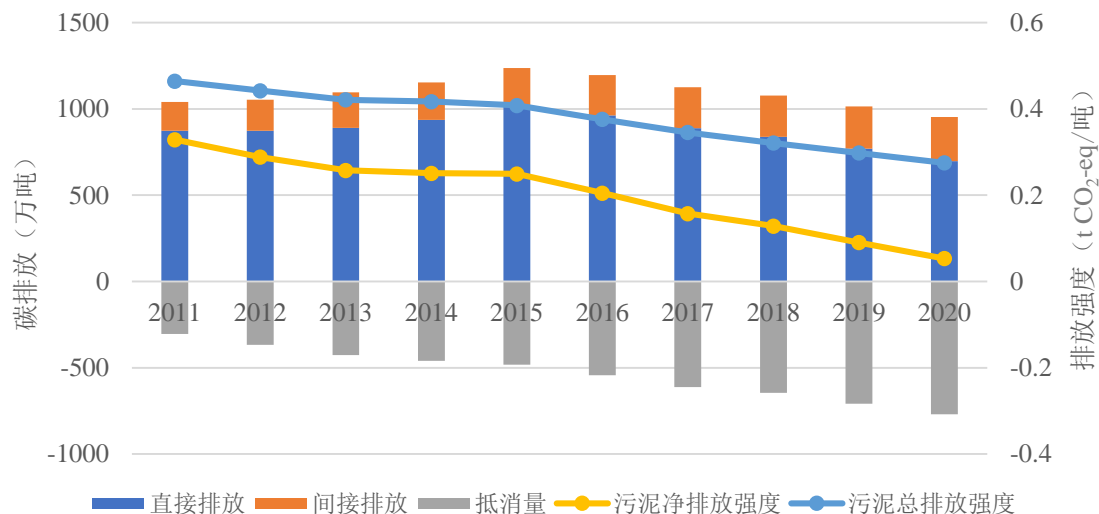
- 全国城镇污水实际处理量呈现逐年增加的上升趋势，2011-2020年均增速**7.78%**。
- COD去除量和总氮去除量与城镇污水处理量具有较强的正相关关系，但在2020年有所下降。



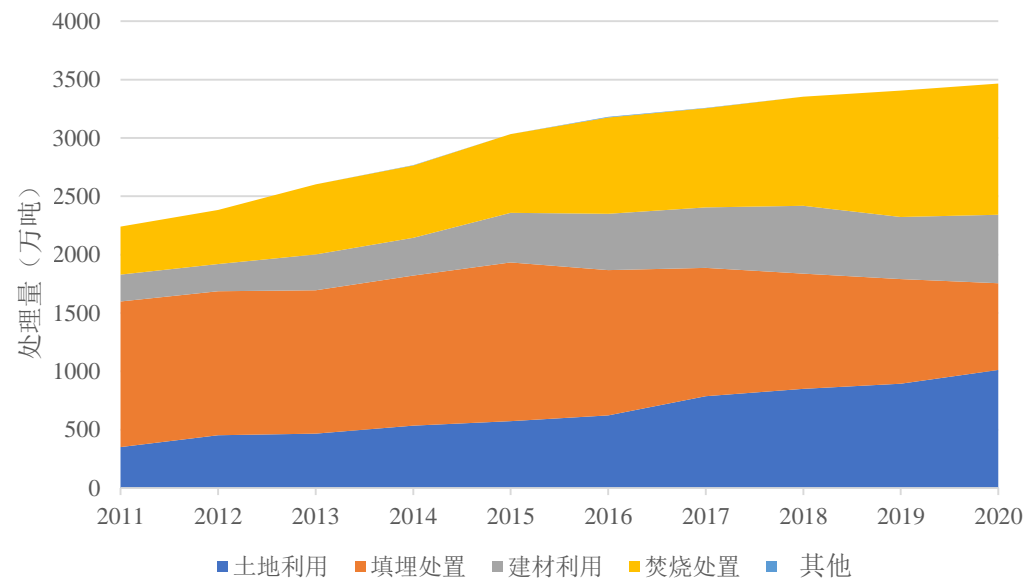
全国城镇污水处理及去除量变化趋势

□ 全国城镇污泥处理处置及碳排放变化趋势

- 全国城镇污泥处理处置总排放在2015年达到峰值，后呈现逐年下降趋势，同时抵消量呈现逐年增加。
- 由于处理结构优化，净排放强度和总排放强度均呈现下降。
- 全国城镇污泥处置量总体呈现上升趋势，近10年来年均增速4.96%。
- 2011-2020年，污泥填埋占比从56.03%下降到21.91%；相应地，污泥综合利用比例从43.9%提高到78.09%。

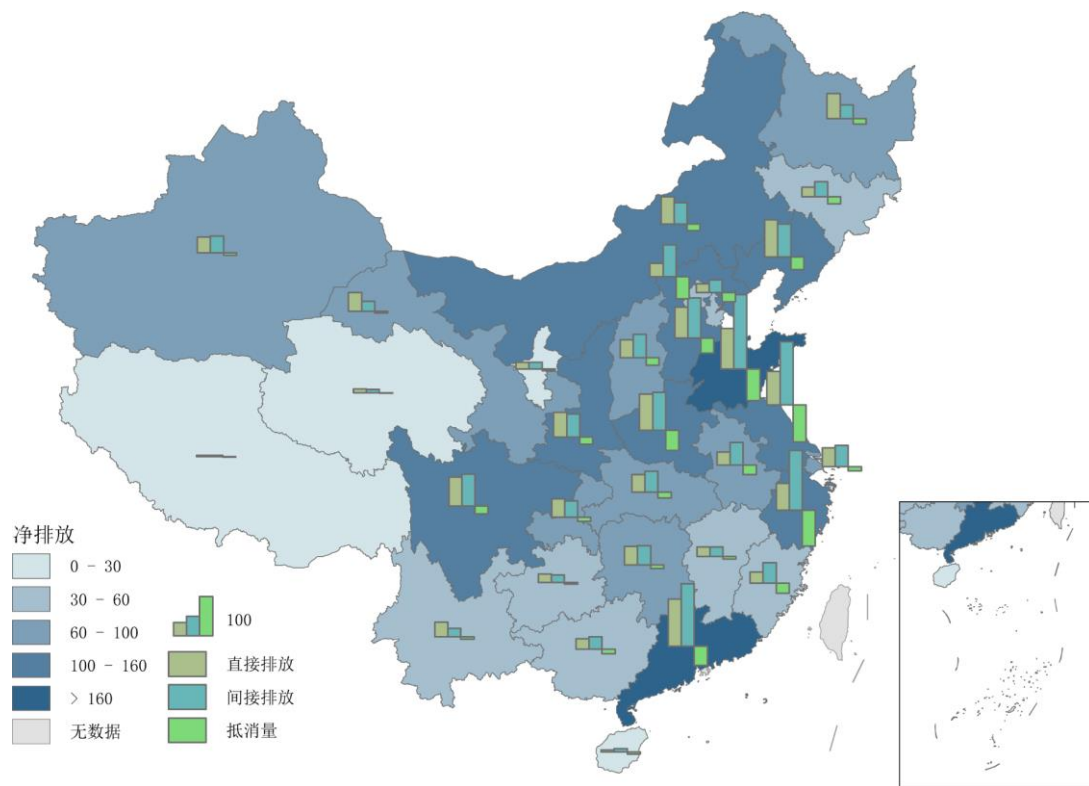


全国城镇污泥处理碳排放及强度变化趋势



全国城镇污泥处理处置变化趋势

□ 2020年分省城镇污水处理全过程碳排放现状



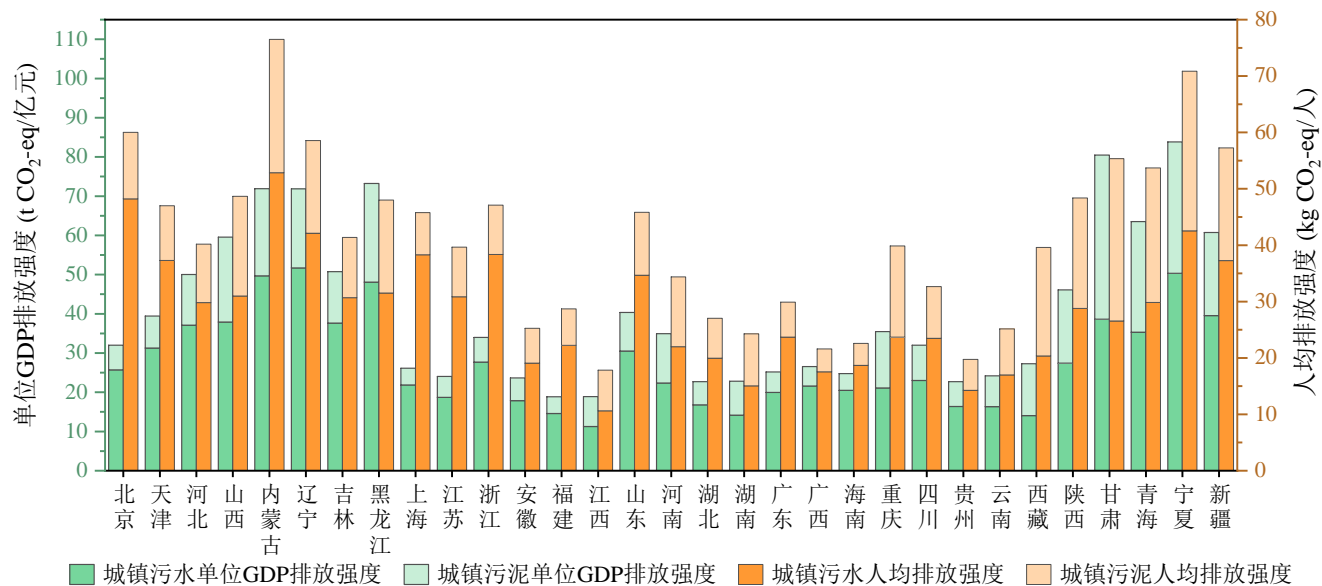
2020年分省城镇污水处理全过程碳排放（单位：万tCO₂-eq）

分省城镇污水处理全过程碳排放差异明显，主要是由于城镇污水和污泥处理量及处理方式造成：

- 净排放排名前五的省份依次为广东、山东、江苏、辽宁和河北，约占全国城镇污水处理全过程净排放总量的**33.5%**；排名后三的省份依次为西藏、海南和青海，其净排放量均不足20万tCO₂-eq。
- 碳抵消量贡献前三的省份依次为江苏、浙江、山东，均超过80万tCO₂-eq，这主要与污泥处理处置方式有关，上述地区多采取焚烧或土地利用的方式。

分省城镇污水处理全过程碳排放强度比较

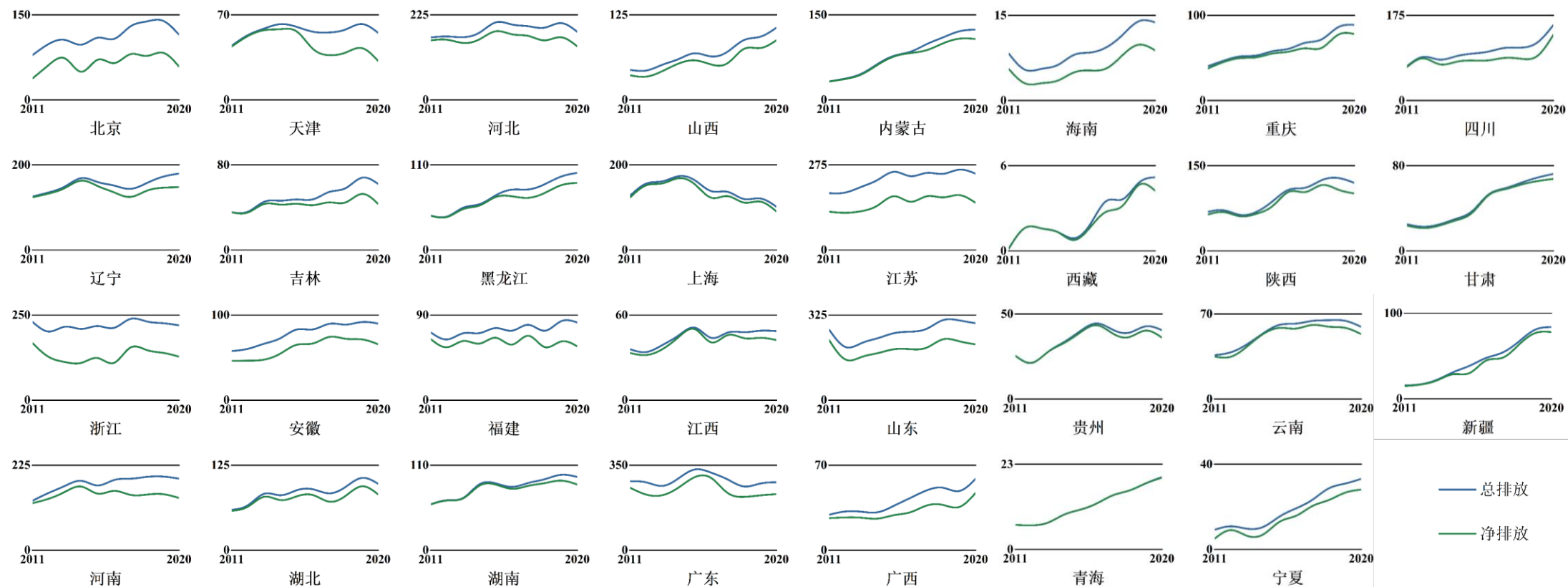
- 对于全国城镇污水处理全过程碳排放，单位GDP排放强度排名前三的地区依次为宁夏、甘肃和黑龙江，后三位的依次为福建、江西和贵州；人均排放强度排名前三的地区依次为内蒙古、宁夏和北京，后三位的依次为江西、贵州和广西，这主要受到城镇人口、经济规模以及污泥处理方式的影响。
- 无论是单位GDP排放强度还是人均排放强度，污水处理都要高于污泥处理处置。污水处理排放强度主要取决于采用的不同处理工艺，污泥处理处置排放强度取决于采用的不同处理处置方式。



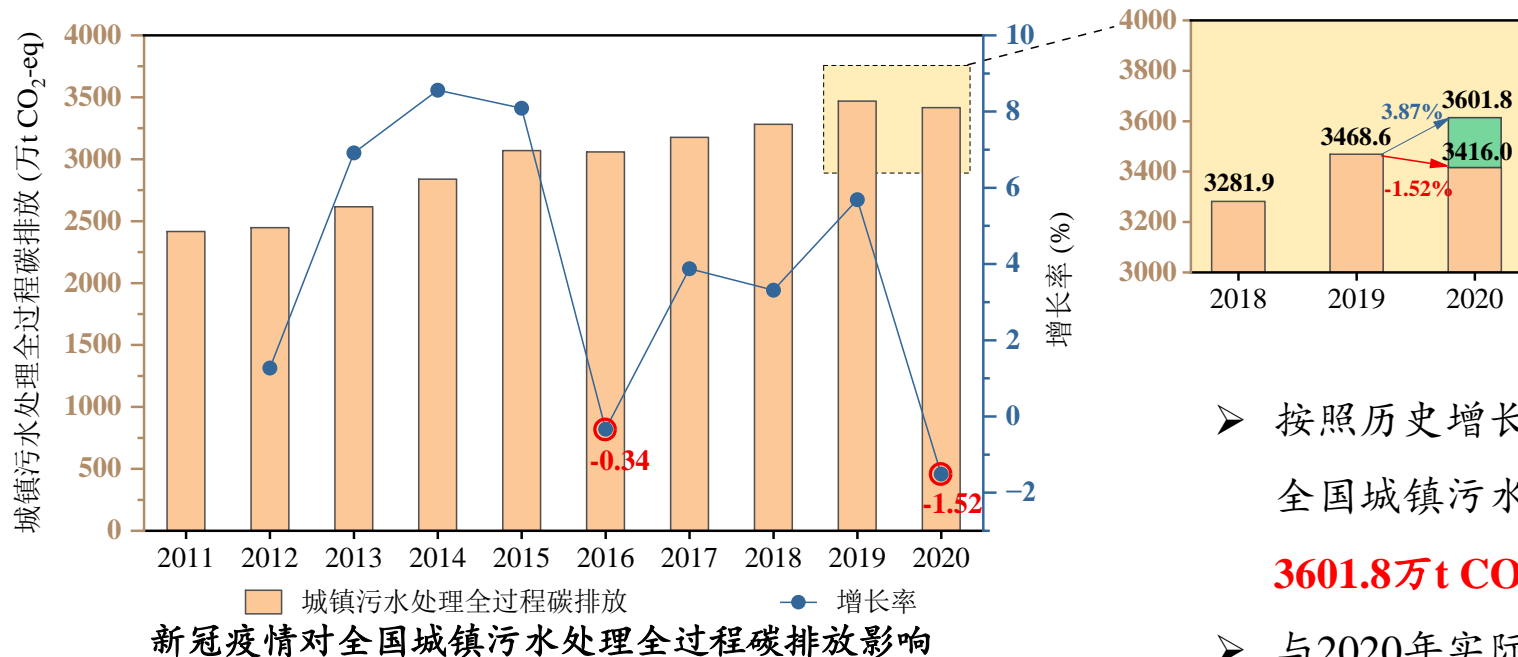
2020年分省城镇污水处理全过程碳排放强度比较

分省城镇污水处理全过程碳排放变化趋势

大部分省市总排放仍呈现上升趋势，受到新冠疫情影响大部分省市在2020年都有不同程度的下降。



□ 新冠疫情对2020年全国城镇污水处理全过程碳排放影响



- 全国城镇污水处理全过程碳排放总体上呈增长趋势，增长率基本维持在3%-8%左右。2020年，由于**新冠疫情**影响，出现较大程度下降，下降比例为**1.52%**。

- 按照历史增长趋势推算，**未发生新冠疫情情况下**，全国城镇污水处理全过程碳排在2020年预计达到**3601.8万t CO₂-eq**，较往年增长率为**3.87%**。
- 与2020年实际碳排放数据相比，差值为**133.2万t CO₂-eq**，占2020年实际碳排放的比例为**3.90%**。

2022 中国城市生活垃圾处理碳排放研究报告

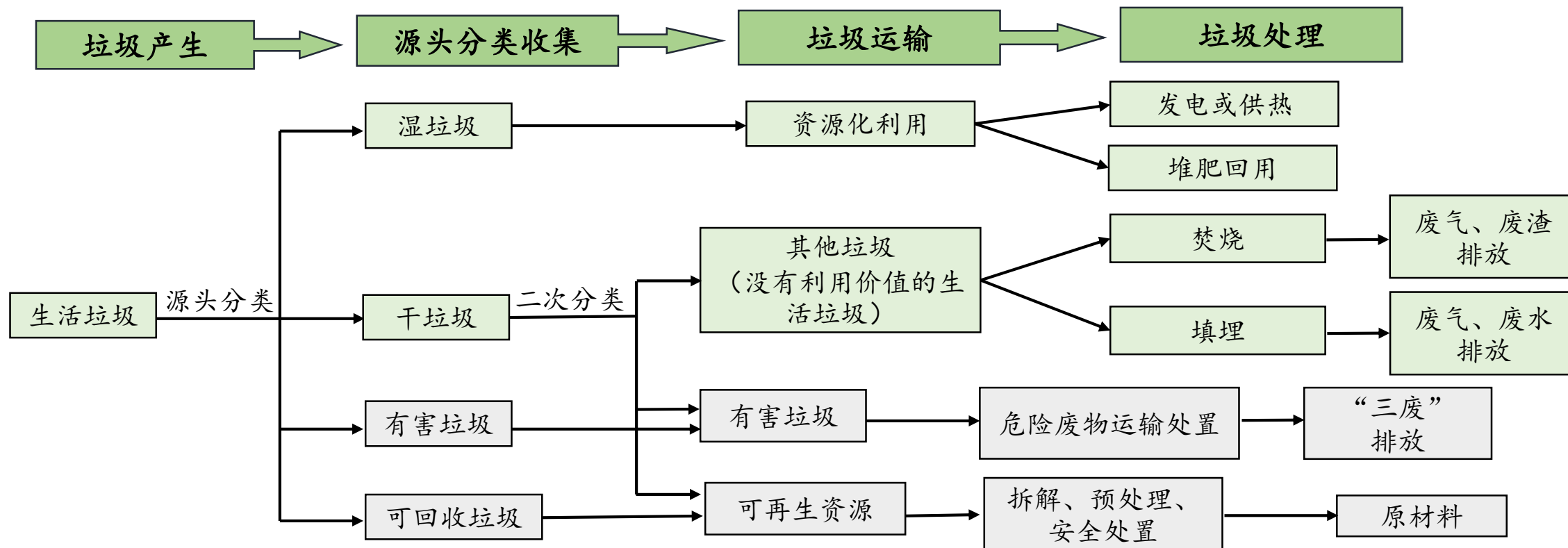
2022 Research Report of China Urban Domestic Waste Treatment Carbon Emissions



Part 4: 2022中国城市生活垃圾 处理碳排放研究报告

城市生活垃圾处理碳排放测算方法

城市生活垃圾处理碳排放核算边界



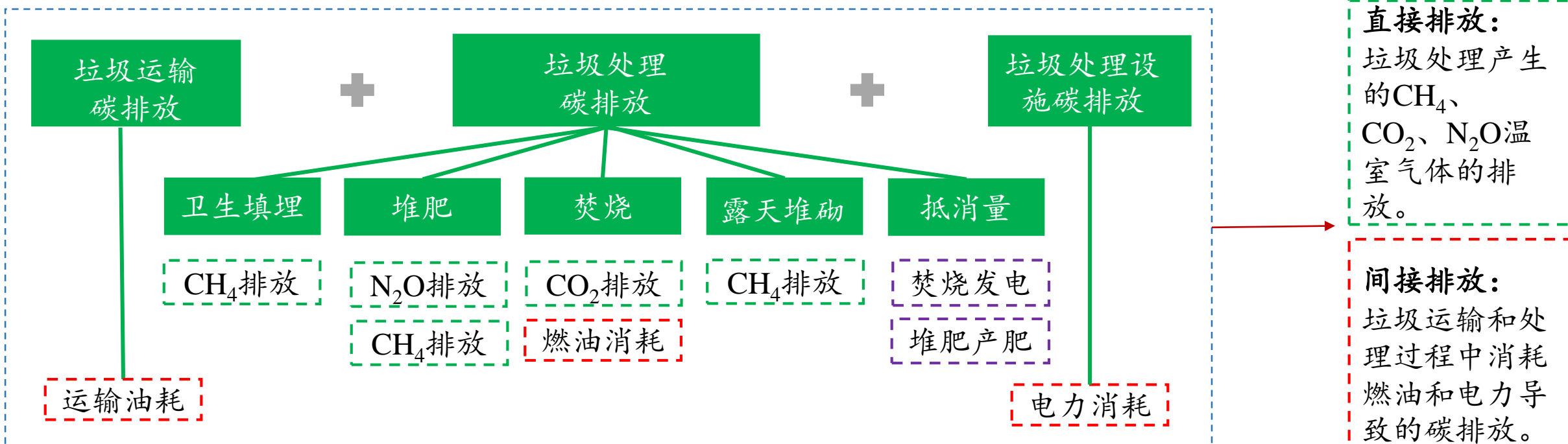
注：本报告核算边界为绿色标记部分，包括城市生活垃圾分类收集与处理全过程的大部分环节；灰色标记部分代表有害垃圾及可回收垃圾的处理，由于占比较少或缺乏统计数据的原因，故未涵盖在核算范围内。

城市生活垃圾处理碳排放测算方法

城市生活垃圾处理全过程排放源识别

微观

宏观



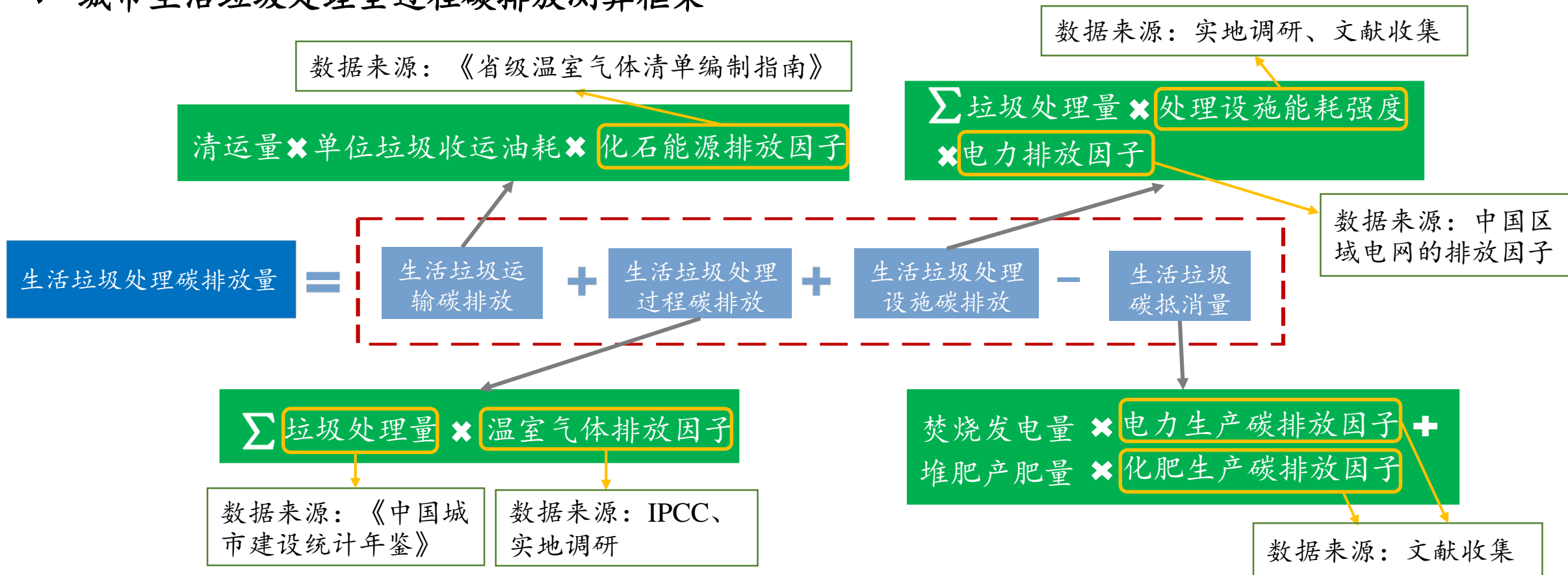
直接排放:

间接排放:

注：本报告核算的碳排放源，只包括CH₄、N₂O和化石碳造成的CO₂排放，由于生物源造成的CO₂排放并未造成大气中碳排放净增加，故未涵盖在核算范围内。

城市生活垃圾处理碳排放测算方法

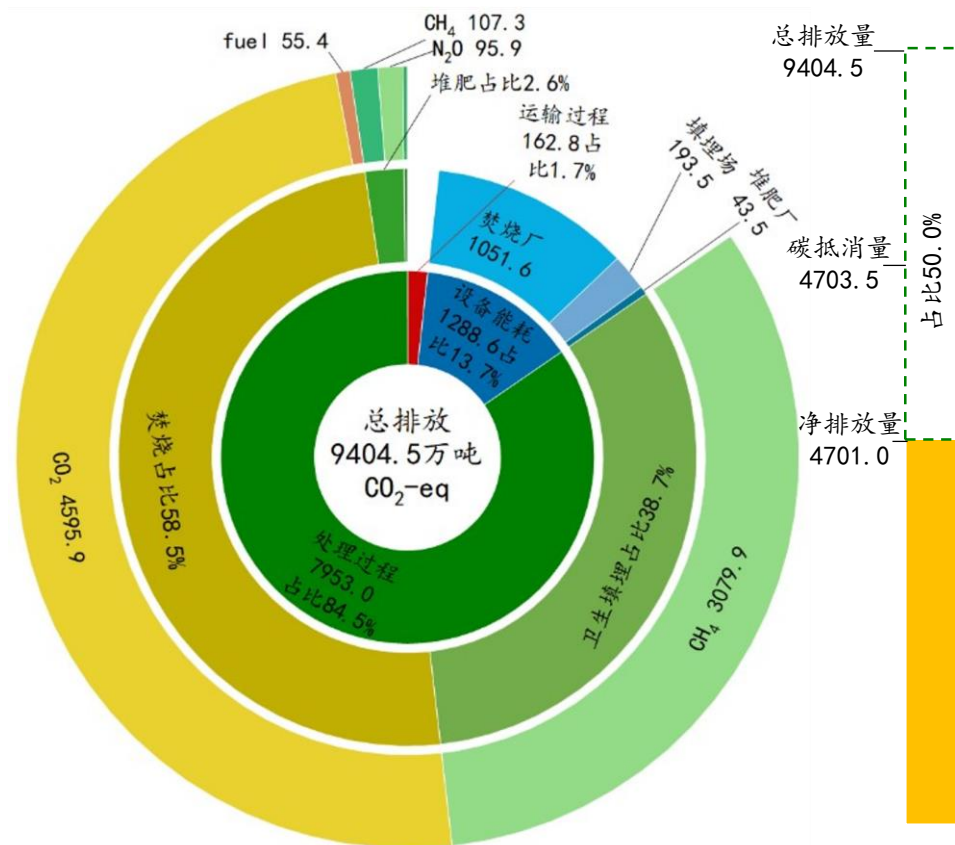
城市生活垃圾处理全过程碳排放测算框架



□ 2020年全国城市生活垃圾处理全过程碳排放现状

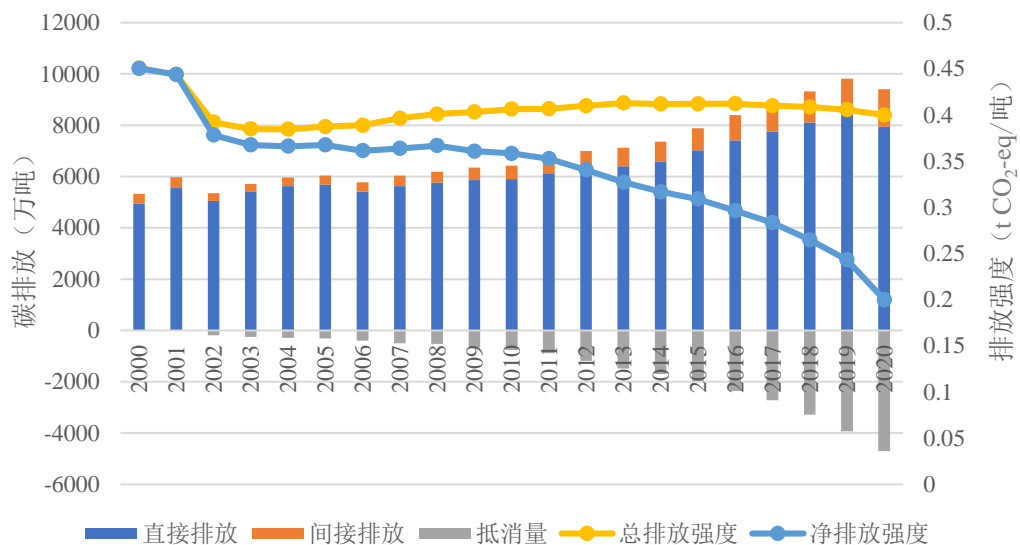
2020年全国城市生活垃圾处理全过程碳排放总量为**9404.5万**
tCO₂-eq，碳抵消量为**4703.5万tCO₂-eq**，净排放量为**4701.0**
万tCO₂-eq，其中：

- 直接排放为**7953.0万tCO₂-eq**（CO₂排放**4651.3万t**，CH₄排放**3205.8万tCO₂-eq**，N₂O排放为**95.9万tCO₂-eq**），约占85%，间接排放为**1451.4万t**，约占15%。
- 按照处理过程、设备能耗和运输划分，三部分各占比为**84.6%**、**13.7%**和**1.7%**；处理过程中卫生填埋、焚烧、堆肥、露天堆砌四部分各占比为**38.7%**、**58.5%**、**2.6%**和**0.2%**。



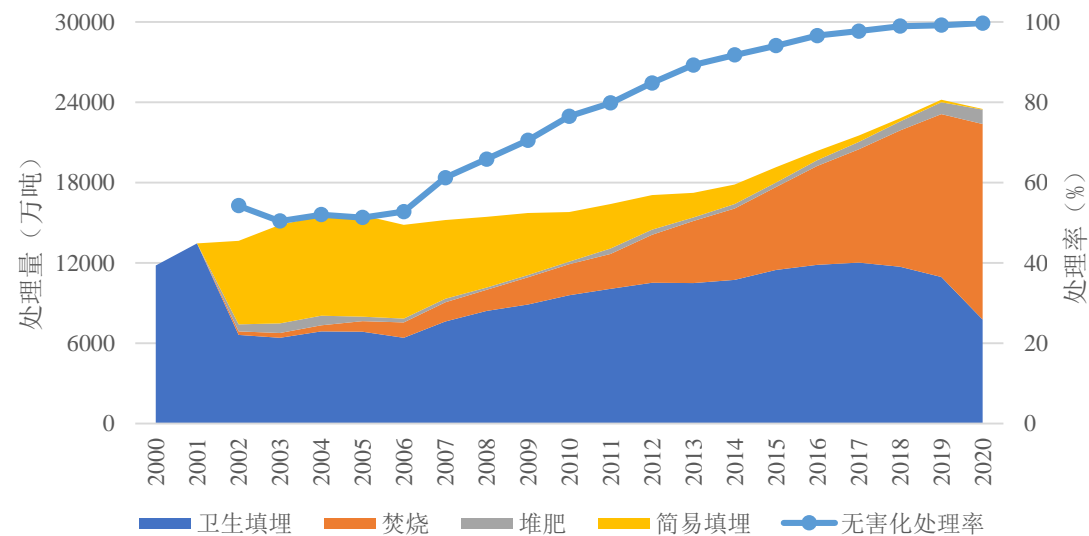
2020年全国城市生活垃圾处理全过程碳排放
(单位：万tCO₂-eq)

□ 全国城市生活垃圾处理及碳排放变化趋势



全国城市生活垃圾处理碳排放及强度变化趋势

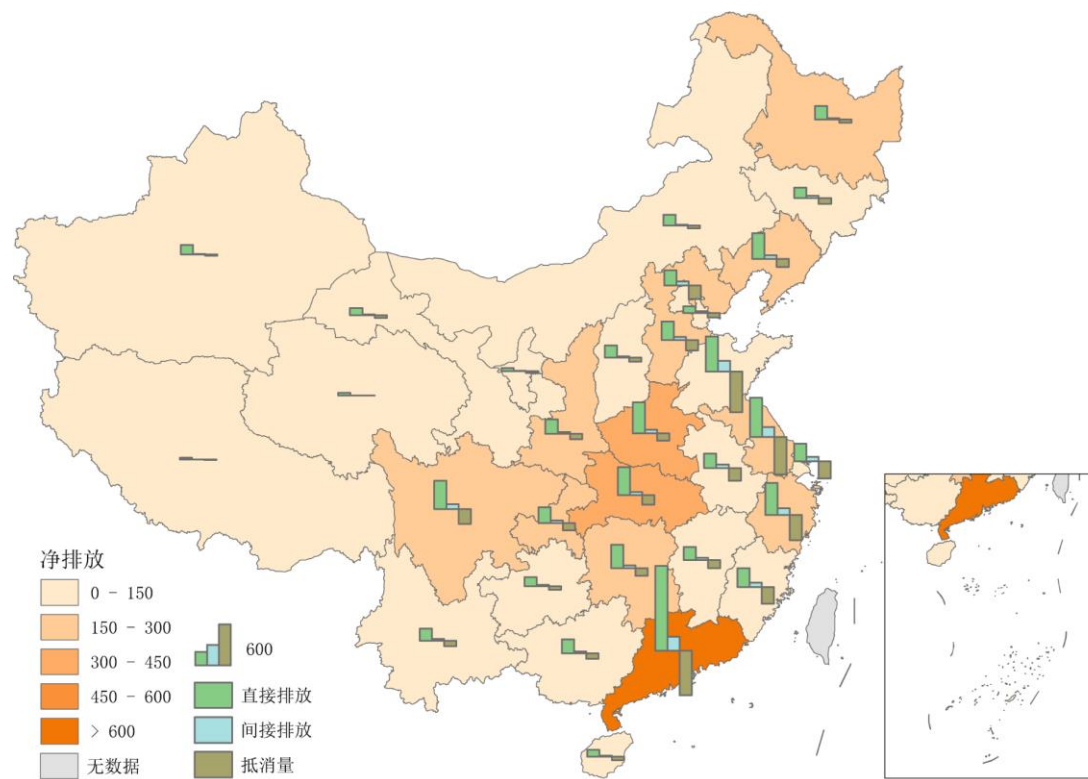
- 全国城市生活垃圾处理碳排放总体上呈现逐年增加趋势，增速在2%-6%左右。
- 总排放强度比较平稳，净排放强度呈现明显下降趋势，2010年以来下降了44%，主要是由于抵消量的贡献。



全国城市生活垃圾清运和处理变化趋势

- 全国城市生活垃圾清运量逐年增多，而在2020年有所下降，主要是由于疫情导致消费减弱的影响。
- 各种处理方式中，无害化处理方式占比逐年增加，其中焚烧处理增加最为明显，填埋处理占比呈先上升后下降趋势。

□ 2020年分省城市生活垃圾处理全过程碳排放现状



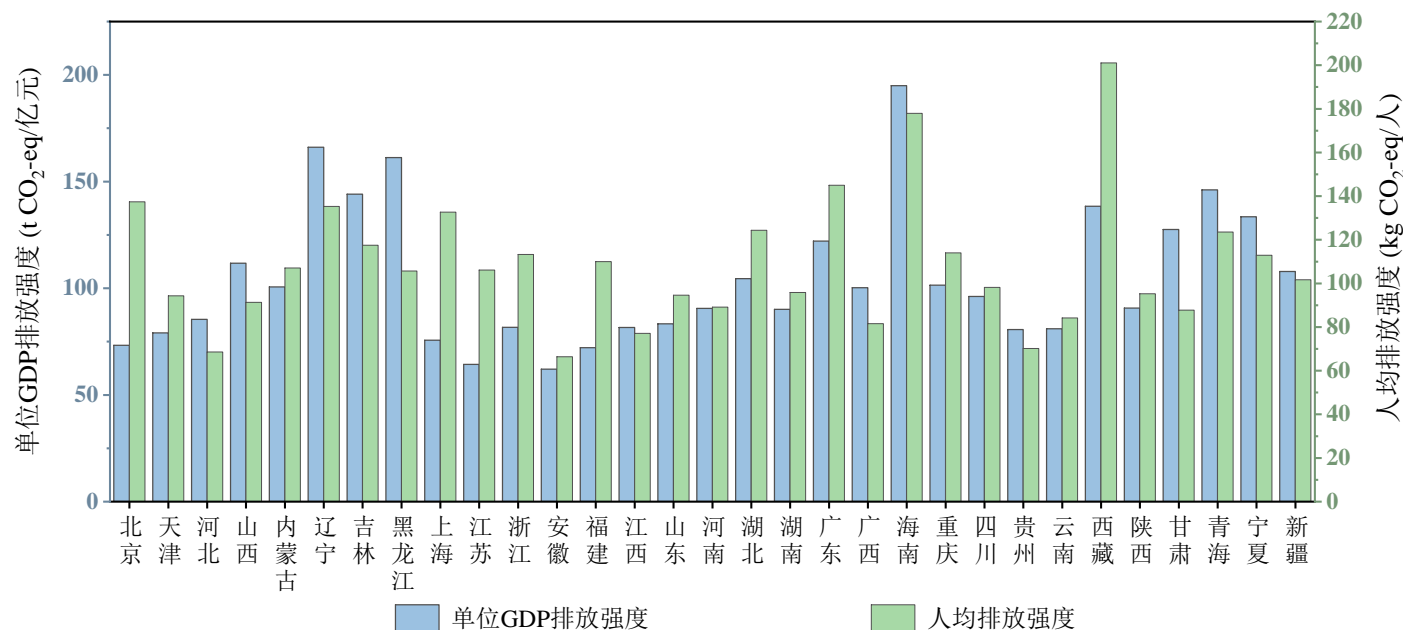
2020年分省城市生活垃圾处理全过程碳排放(单位: 万tCO₂-eq)

分省城市生活垃圾处理全过程碳排放差异明显，主要是由于城市生活垃圾产生量及处理方式造成：

- 净排放排名前五的省份依次为广东、河南、湖北、辽宁、湖南，约占全国生活垃圾温室气体净排放总量的42.1%，排名后三的省份依次为西藏、山东和宁夏，其净排放量不足30万tCO₂-eq。
- 碳抵消量贡献前三的省份依次广东、山东、江苏，均超过500万tCO₂-eq，这主要与这些地区垃圾产生量大，并较多采用焚烧和堆肥的处理方式有关。

分省城市生活垃圾处理全过程碳排放强度比较

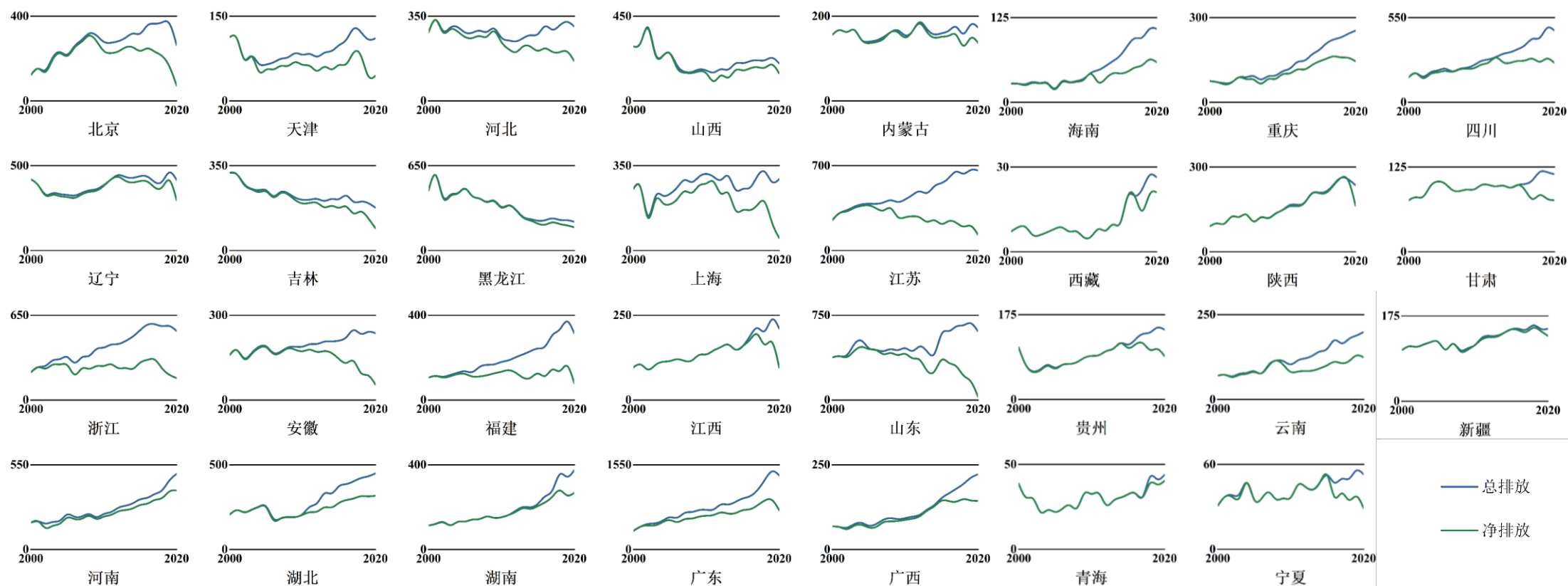
- 单位GDP排放强度最高的三个省份依次是海南、辽宁和黑龙江，这主要是由于这些省份的单位GDP的垃圾产生量显著高于其他省份；最低的两个省份依次是安徽、江苏和福建，这主要得益于这些省份处理结构中较高的焚烧占比。
- 人均排放强度排名前三的省份依次是西藏、海南、广东，这主要是由于这些省份的人均垃圾产生量较高；最低的两个省份依次是安徽、河北、贵州，这主要是由于这些省份的人均垃圾产生量显著低于其他省份。



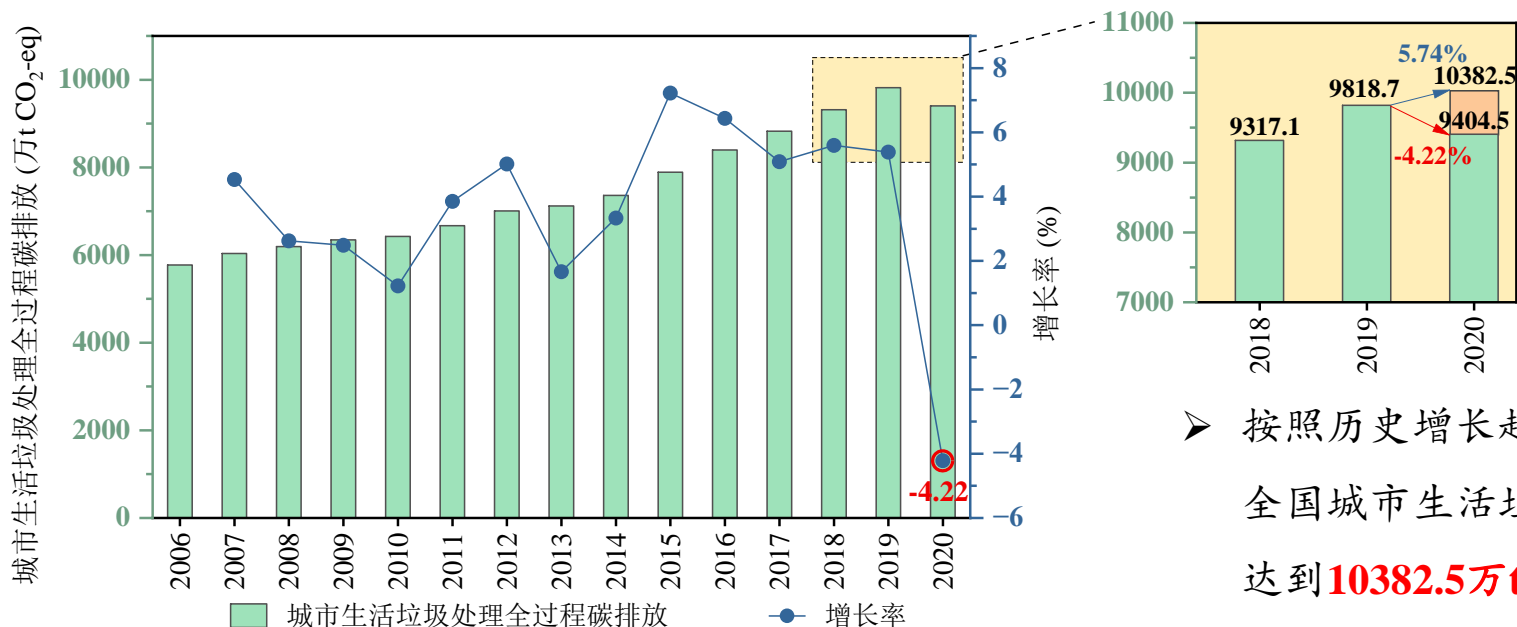
2020年分省城市生活垃圾处理全过程碳排放强度比较

分省城市生活垃圾处理全过程碳排放变化趋势

大部分省市总排放仍呈现上升趋势，吉林、黑龙江等部分省市出现下降；由于疫情影响，2020年大部分省市出现下降。



□ 新冠疫情对2020年城市生活垃圾处理全过程碳排放影响分析



新冠疫情对全国城市生活垃圾处理全过程碳排放影响

- 全国城市生活垃圾处理全过程碳排放总体上呈增长趋势，增长率基本维持在2%-6%左右。在2020年，由于**新冠疫情**影响，出现大幅度下降，下降比例高达**4.22%**。

- 按照历史增长趋势推算，**未发生新冠疫情情况下**，全国城市生活垃圾处理全过程碳排在2020年预计达到**10382.5万t CO₂-eq**，较往年增长率为**5.74%**。
- 与2020年实际碳排放数据相比，差值为**978.0万t CO₂-eq**，占2020年实际碳排放的比例为**10.4%**。



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



重庆大学
CHONGQING UNIVERSITY

Thank You!

蔡伟光

中国建筑节能协会建筑能耗与碳排放数据专委会 秘书长

重庆大学管理科学与房地产学院 教授

Email: wgcai@cqu.edu.cn