



武汉市建筑领域碳排放达峰路径研究

Research on carbon emission peak path of building field in Wuhan

中信建筑设计研究总院有限公司

劳伦斯伯克利国家实验室

武汉市建筑节能办公室

武汉科技大学

2018年6月11日

目录

CATALOG

一、研究背景与目标

**二、武汉建筑碳排放达峰LEAP模型
(LBNL提供)**

**三、武汉市建筑行业碳排放达峰行
动方案 (初稿)**

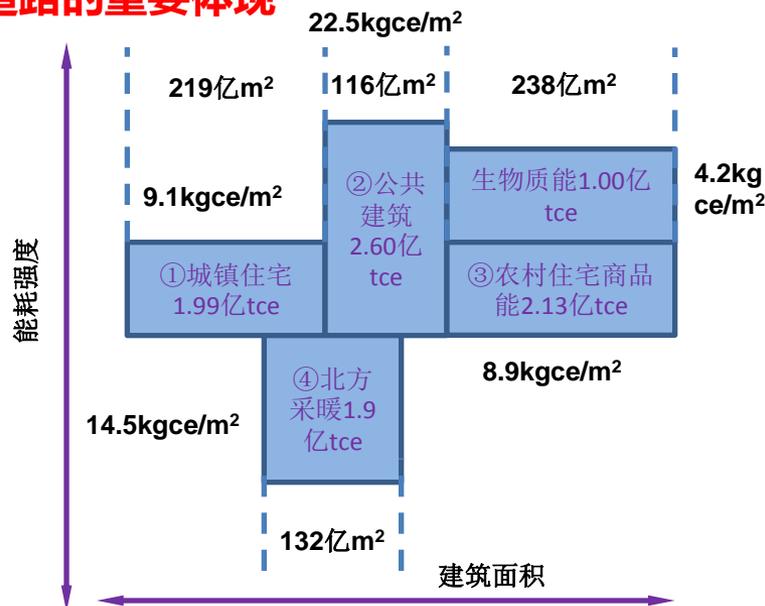
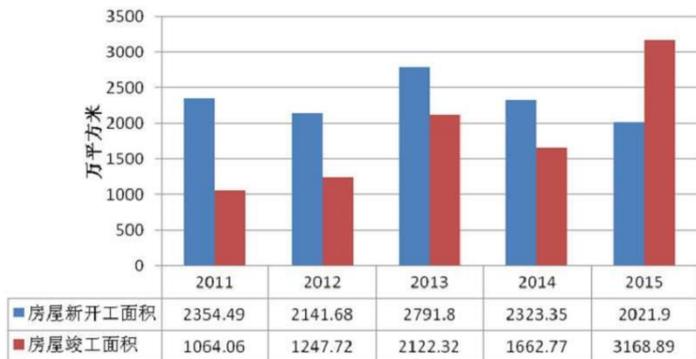
四、下一步工作

1 研究背景与目标

1.1 研究背景——人民日益增长的美好生活需要的实现会使得建筑用能逐年增加，推进建筑节能和能效提升是加快生态文明建设、走新型城镇化道路的重要体现



武汉市“十二·五”房屋工程建设情况



建筑运行能耗特点：

- ❑ 2015年建筑总商品能耗为8.65亿tce，约占全国能源消费总量的五分之一
- ❑ 建筑用能基本呈“四分天下”的局势（建筑用能可分为北方城镇供暖用能、城镇住宅用能（不包括北方地区供暖）、公共建筑用能（不包括北方地区供暖）以及农村住宅用能共4类）
- ❑ 各类建筑用能总量均有明显增长，城镇住宅用能、公共建筑用能强度也持续增大，但北方城镇供暖用能强度和生物质能使用量下降

1 研究背景与目标

1.1 研究背景——建筑用能增加导致碳排放均量逐年增长，不采取有效措施将面临更为艰巨的环境和发展压力

省份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
北京市	6270	7035	7613	8268	8736	9334	10179	10312	10930	11693
天津市	2698	2922	3266	3612	3928	4054	4513	4715	4955	5577
河北省	4250	4434	5546	6039	7085	7483	8133	8413	9564	16027
山西省	2405	2704	3672	4301	5215	5628	6221	6234	6500	8405
内蒙古自治区	3744	4220	5218	6175	8445	10043	8549	10339	11028	11440
山东省	6252	7005	9681	10394	11663	12424	13981	12160	12350	17315
辽宁省	6536	7795	8640	8836	8212	8656	9392	9960	10219	12021
吉林省	3087	3139	4006	4279	4639	4746	4684	4119	4037	5304
上海市	3071	3379	3796	4183	4576	4772	5096	5562	5299	6209
江苏省	3578	3681	4303	4791	5601	6018	6630	7571	7434	10587
浙江省	3967	4756	5249	5780	6295	6933	7374	7386	7593	10593
安徽省	1907	2101	2123	2397	2560	2973	3263	3613	3555	5729
福建省	1895	2151	2281	2456	2715	3001	3181	3261	3606	5451
江西省	854	928	1055	1199	1361	1537	1643	1867	2050	3195
河南省	2867	2966	3182	3269	3547	4482	5365	5303	6166	6425
湖北省	2239	2483	2965	3662	4313	5112	5026	4719	4800	6787
湖南省	1881	2132	2660	3123	2854	3264	3576	4458	4804	7476
重庆市	1027	1064	1181	1409	1561	1745	2204	2346	2334	2661
四川省	1962	2482	2678	2906	3276	3782	4406	3601	4362	6862
陕西省	2932	2314	2730	3060	3591	3894	4301	4503	4888	6185
甘肃省	1060	1124	1245	1347	1503	1665	1705	1746	1879	3027
青海省	601	552	548	592	736	708	981	726	775	1103
宁夏回族自治区	427	477	620	718	842	888	1036	999	959	1276
新疆维吾尔自治区	2155	2257	2789	3323	3761	4276	4538	5452	5644	6850
广东省	5702	6482	6710	7489	7766	8697	9487	9700	10307	14374
广西壮族自治区	947	1107	1285	1459	1649	1827	2011	1926	2017	3159
贵州省	943	1468	2761	3067	3230	3700	3911	5180	5511	7821
云南省	803	828	1022	1248	1403	1404	1721	1759	2217	3651

1 研究背景与目标

1.1 研究背景——系列政策法规和技术标准推动建筑节能减排，强化低碳发展

法律法规：

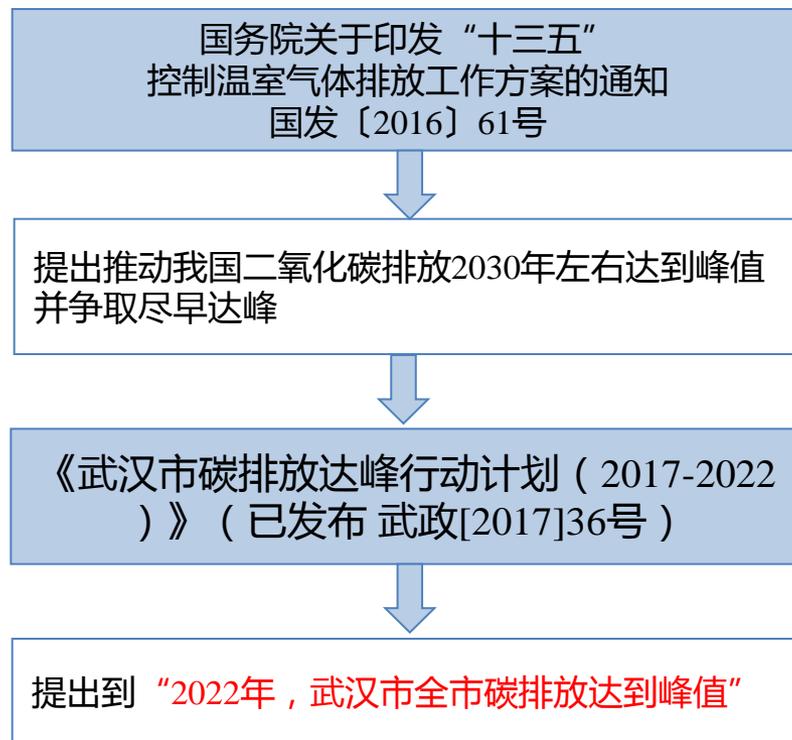
中国政府制定了关于建筑领域节能减排的专门法律法规和纲领性文件，主要涉及到能源与建筑节能的相关内容：

- 《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》
- 《民用建筑节能管理规定》
- 《节能减排补助资金管理暂行办法》
- 《“十三五”全民节能行动计划》
- 《地热能开发利用“十三五”规划》
- 《建筑节能与绿色建筑发展“十三五”规划》
- 《可再生能源发展“十三五”规划》
- 《国家应对气候变化规划（2014-2020年）》

技术标准：

- 《公共建筑节能设计标准》
- 《绿色建筑评价标准》
- 《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》
- 《民用建筑能耗标准》
- 《公共建筑节能改造技术规范》
- 《既有居住建筑节能改造技术规范》

截至目前，我国已发布实施能效强制性标准 73 项、能耗限额强制性标准 104 项、节能推荐性国家标准 150 余项。



1 研究背景与目标

1.1 研究背景——武汉市建筑领域碳排放达峰方案缺乏详细行动计划和实施框架

武汉市建筑领域碳排放达峰方案（必要性+可行性??）

政策管理：

- ❑ 缺乏系统化有效的管理抓手
- ❑ 建筑领域各项节能减排措施相对独立，无法形成统一的体系
- ❑ 现有各种经济激励政策也亟需进一步梳理、落实，进一步优化并改进激励政策

技术标准：

- ❑ 建筑领域在节能减排方面通过长期实践和创新，得到了快速发展，部分相关标准体系配套不全
- ❑ 与建筑节能减排相关的标准规范较多，但多为设计阶段，缺乏对建筑全寿命期的标准体系建设

1 研究背景与目标

1.2 研究目标与技术路线

目标

总体目标：

- 为武汉市制定“武汉市建筑行业碳排放达峰行动方案”提供具体的实施方案

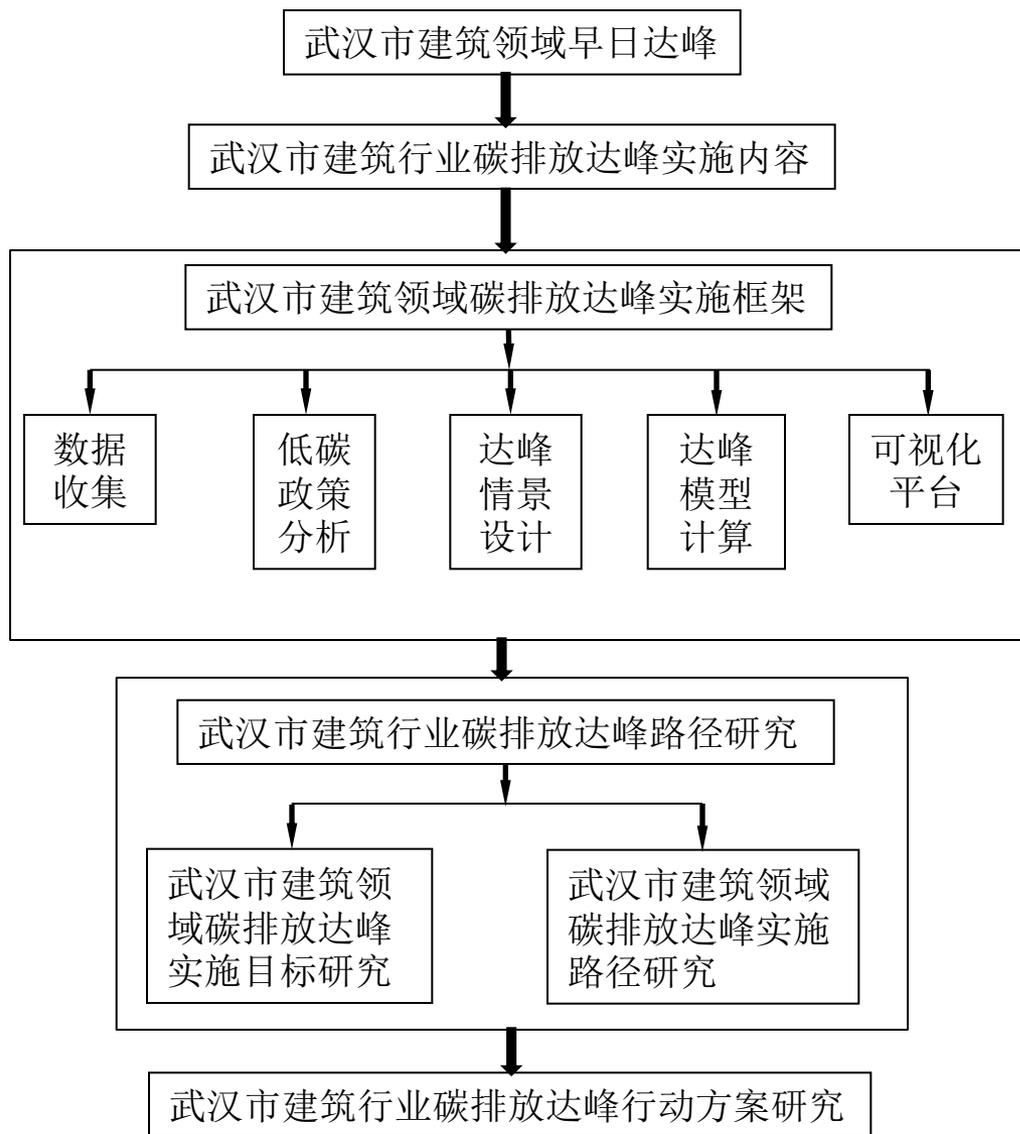
具体目标：

- 提出符合武汉市现实情况和未来发展要求的武汉建筑行业碳排放达峰方案
- 协助建立武汉市建筑行业碳排放达峰决策可视化平台
- 与全市碳排放达峰行动方案相协调

实施
框架

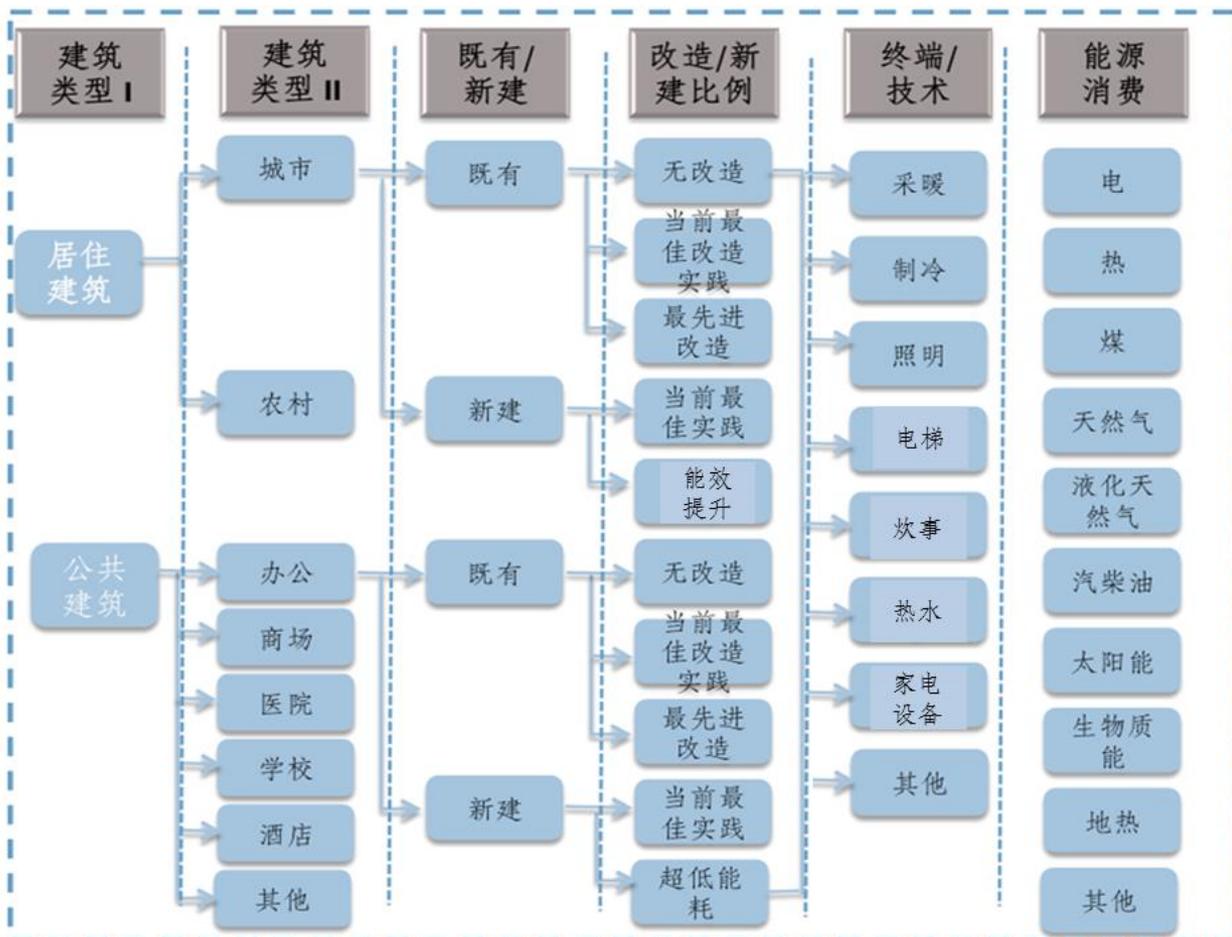
实施
路径

实施
方案



2 武汉建筑碳排放达峰LEAP模型

2.1 建筑用能数据信息



2 武汉建筑碳排放达峰LEAP模型

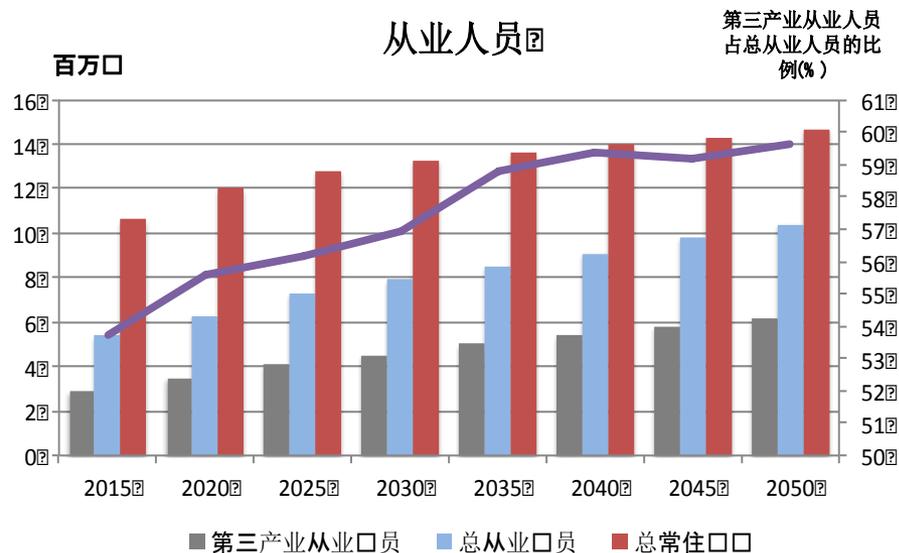
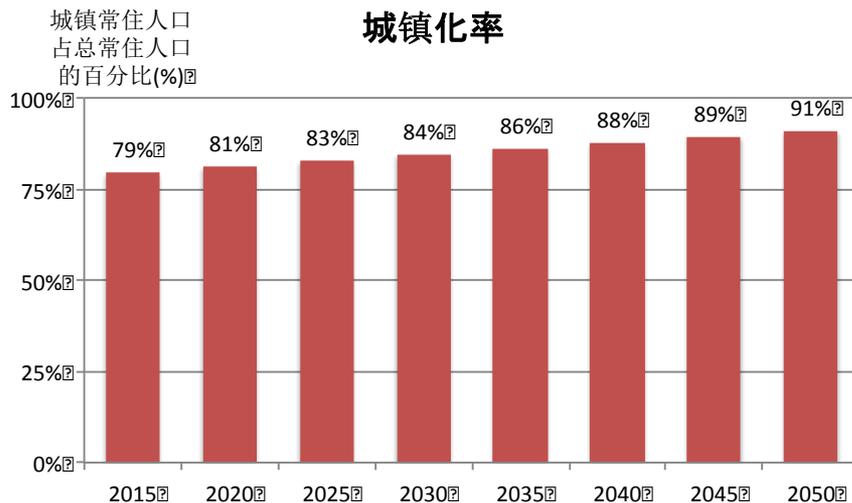
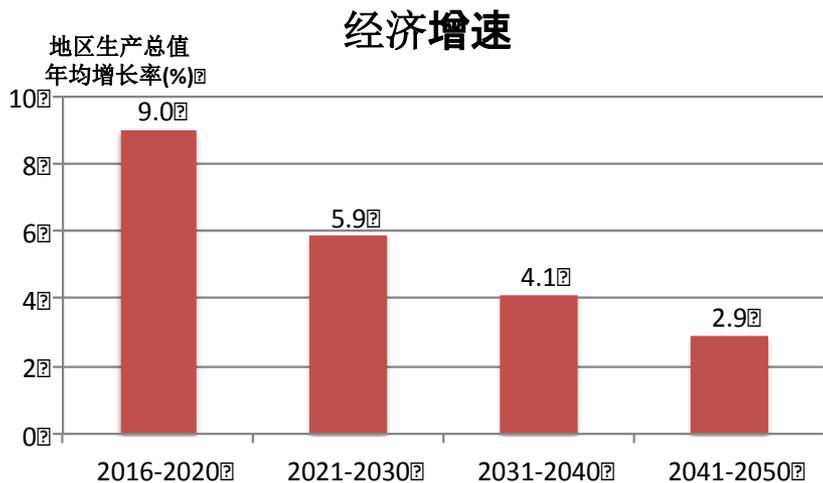
2.2 LEAP模型宏观架构

The image displays three screenshots of the LEAP software interface, illustrating the macro architecture of the Wuhan Building Sector 1024 model. The interface is divided into several main sections:

- Left Panel (Views):** Contains icons for Analysis, Results, Diagram, Energy Balance, Summaries, Overviews, Technology Database, and Notes.
- Tree View (Left):** Shows the hierarchical structure of the model, including Key Assumptions, Input, Demand, Residential (Urban, Existing Buildings, Without Retrofits, Current BP Retrofits, Best Possible Retrofits, New Buildings, Current Best Practice, Ultra Low Energy Buildings), Rural (Non NZEB, NZEB), Commercial, Office (Existing Buildings, Without Retrofits, Current BP Retrofits, Best Possible Retrofits, New Buildings, Current Best Practice, Ultra Low Energy Buildings), Retail, Hospital, School, Hotel, and Other.
- Tree View (Middle):** Focuses on the Residential Urban Existing Buildings Without Retrofits Heating section, listing various heating technologies such as Coal District Heating, Gas District Heating, Electric Heater, Distributed Coal Boiler, Distributed Gas Boiler, Air Source Heat Pump, Ground Source Heat Pump, Coal Stove, and Gas Stove. It also includes Cooling (AC) and Lighting (Incandescent, Fluorescent, CFL, LED) technologies.
- Tree View (Right):** Focuses on the Residential Urban Non NZEB Heating section, listing various heating technologies such as Biomass, Electric Heater, Coal Stove, Air Source Heat Pump, Solar Thermal, Coal Boiler, Gas Boiler, Cooling (AC), Lighting (Incandescent, Fluorescent, CFL, LED), Cooking (Electric Cooker, LPG Cooker, Coal Stove, Biomass, Biogas), Water Heating (Solar WH, Electric WH, Coal Stove, Biomass, Biogas, LPG Heater), and Appliances (Clothes Washer, Color TV, Refrigerator, Stand By).

2 武汉建筑碳排放达峰LEAP模型

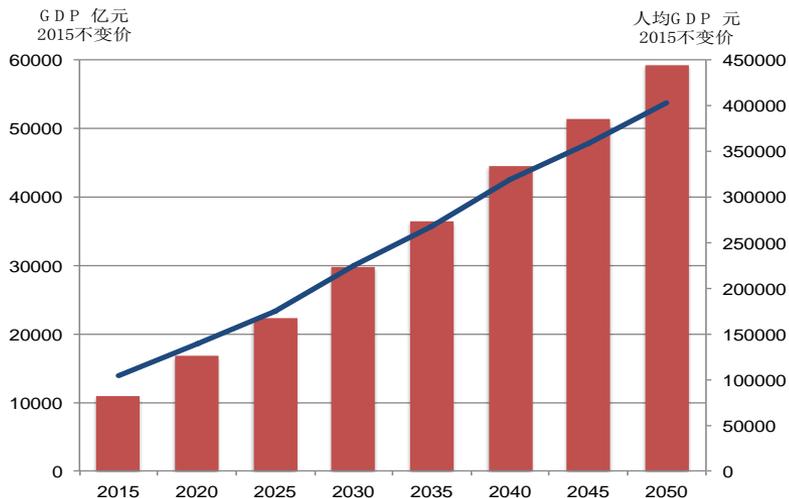
2.2 LEAP模型基本条件假设



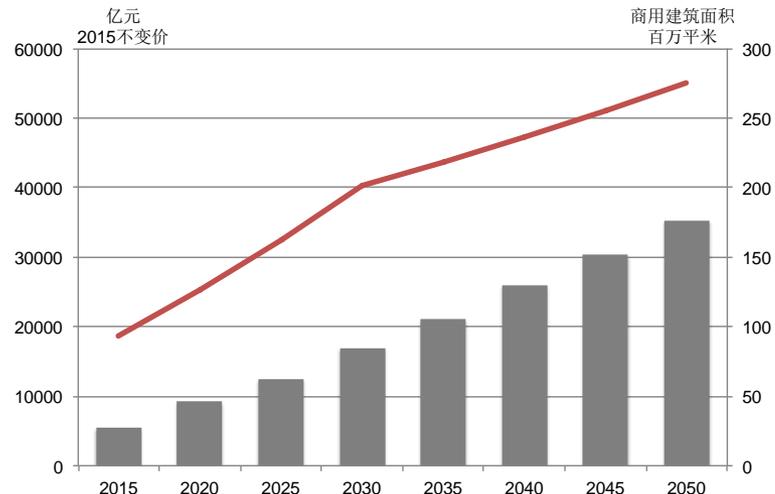
2 武汉建筑碳排放达峰LEAP模型

2.2 LEAP模型基本条件假设

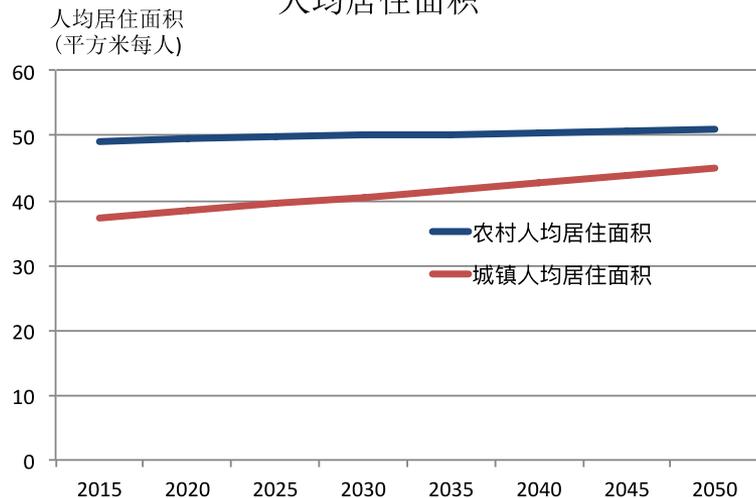
GDP和人均GDP



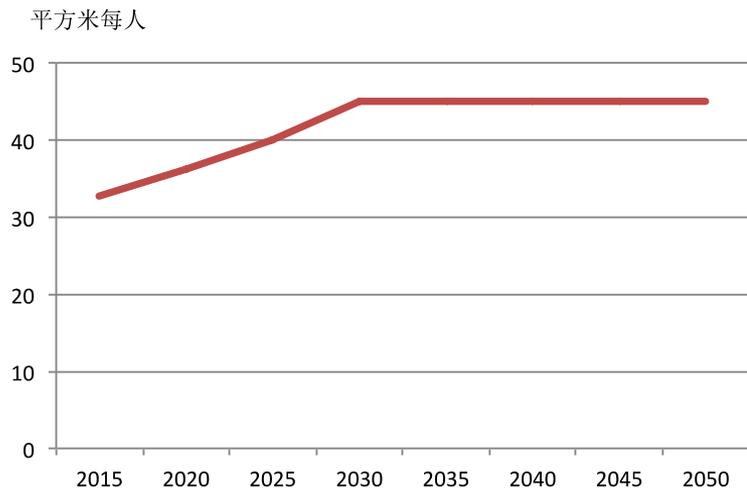
第三产业增加值和商用建筑面积



人均居住面积



单位雇员办公面积



2 武汉建筑碳排放达峰LEAP模型

2.2 LEAP模型基本条件假设

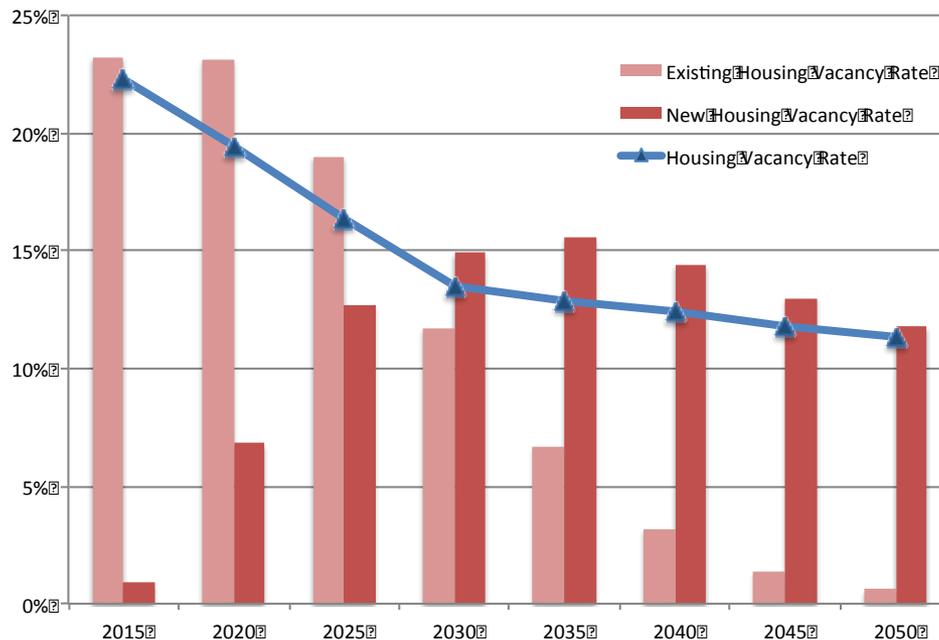
武汉市城镇住宅空置率2013年：23.5% 【1】

美国2015年城镇空置率平均值：11.3% 【2】

日本2013年空置率：13.5% 【3】

假设：武汉2030达日本2013年水平，2050年达美国2015年水平

按照新旧建筑面积的比例分配空置率



来源:

[1] 西南财经大学中国家庭金融调查与研究中心2014年的调查：城镇住房空置率与住房市场发展趋势

[2] U.S. Government Census website <https://www.census.gov/housing/hvs/data/ann15ind.html>

[3] <http://japanpropertycentral.com/2014/08/japans-nationwide-residential-vacancy-rate-hits-record-high-of-13-5/>

2 武汉建筑碳排放达峰LEAP模型

2.2 LEAP模型基本条件假设

技术效率对比

效率(%)

450

400

350

300

250

200

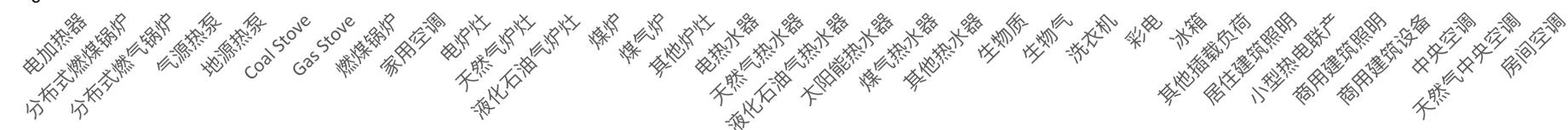
150

100

50

0

高效率技术占比（红色）	2015年	2050年
冻结情景、基准情景	0	40%
达峰情景	0	100%



■ 现使用技术效率 (%)

■ 高效率技术效率 (%)

2 武汉建筑碳排放达峰LEAP模型

2.3 LEAP模型情景设计

- 冻结情景：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
- 基准情景：新建建筑实行新建建筑标准，既有建筑实行一般改造
- 达峰情景：以下三项政策实施后的效果
 - 既有建筑改造：在基准情景基础上，部分既有建筑进行深度改造，采用高效能技术
 - 新建超低能耗建筑：在基准情景基础上，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：在基准情景基础上，提高应用地源热泵、光热的技术比例，加入光伏，农村地区提高生物质燃料利用比例，采用高效能技术

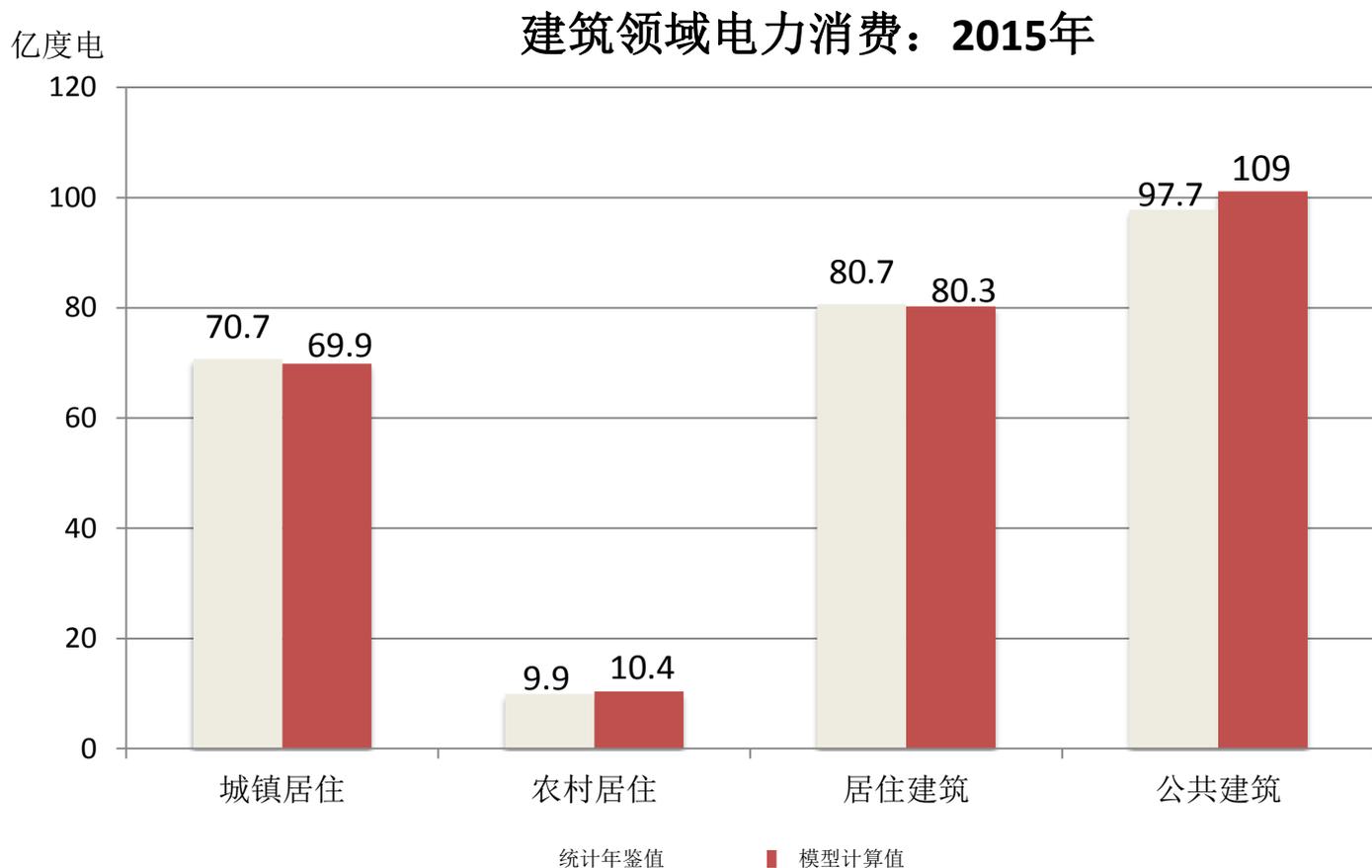
2 武汉建筑碳排放达峰LEAP模型

2.3 LEAP模型情景设计

- 达峰子情景-增加可再生能源应用：在基准情景基础上，提高应用电力、光热的技术比例，**加入光伏**，农村地区提高生物质燃料利用比例
- 主要是改变供热、制冷、烹饪、热水、照明、家电/设备所应用技术的类型

2 武汉建筑碳排放达峰LEAP模型

2.4 LEAP模型基准年数据校准



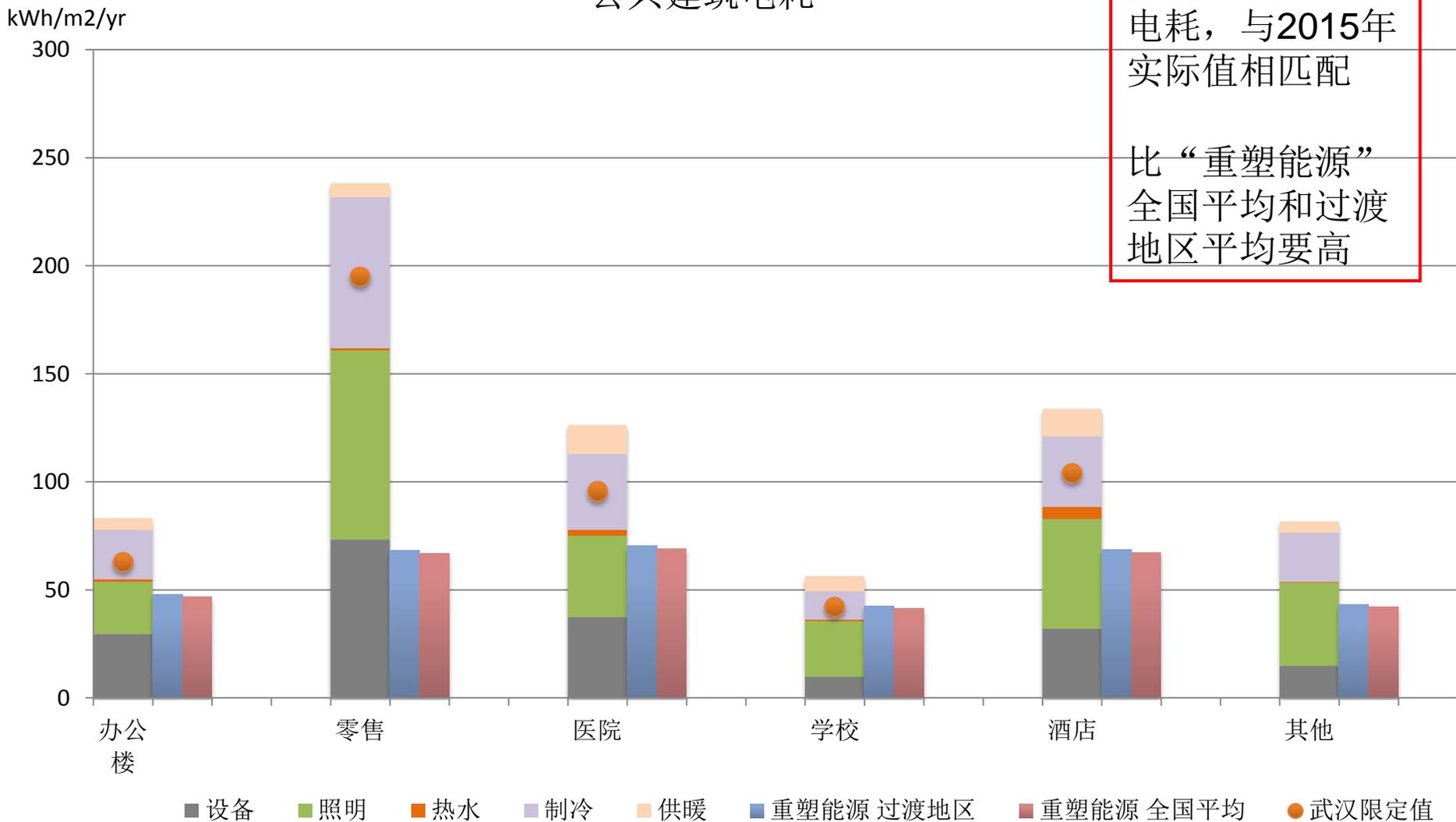
城镇居住、农村居住和公共建筑的模型电耗量与2015年实际值相匹配

2015年实际值来自武汉2016年统计年鉴

2 武汉建筑碳排放达峰LEAP模型

2.4 LEAP模型基准年数据校准

公共建筑电耗



通过提高电耗强度增加公共建筑电耗，与2015年实际值相匹配

比“重塑能源”全国平均和过渡地区平均要高

2 武汉建筑碳排放达峰LEAP模型

2.4 LEAP模型基准年数据校准

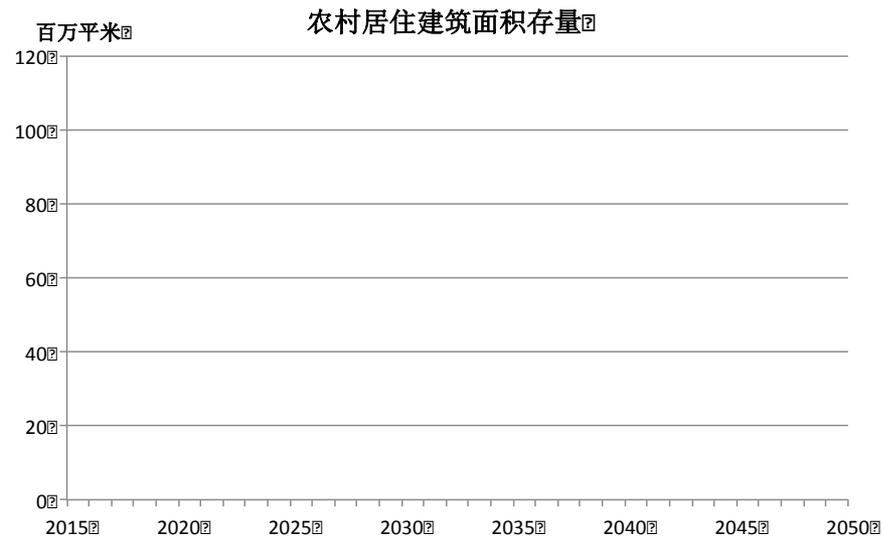
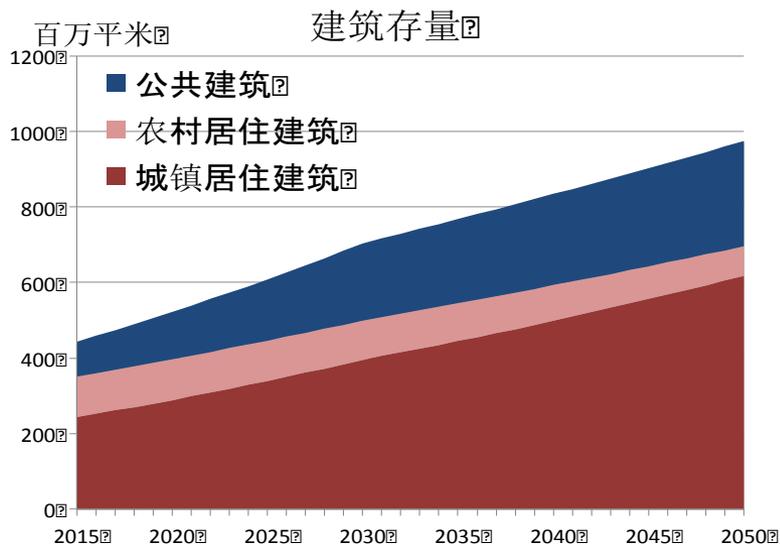
武汉市公共建筑能耗占城镇民用建筑能耗的比例略低于全国最高水平（上海）。公共建筑人均能耗略低于上海。居住建筑能耗强度稍高于上海水平。居住建筑和公共建筑人均能耗均高于湖北省平均水平，与“重塑能源”夏热冬冷地区平均水平相当。

地区	城镇民用建筑总能耗 (万tce)	城镇民用建筑能耗比重	公共建筑总能耗 (万tce)	城镇居住建筑总能耗 (万tce)	公共建筑占城镇民用建筑能耗比重	公共建筑人均能耗 (kgce/pp1)	城镇居住建筑人均能耗 (kgce/pp1)	
北京	3242.53	47.14%	1944.53	1298	60%	1035	691	
天津	1721.54	20.75%	914.57	806.97	53%	713	629	
河北	3788.7	12.82%	1628.34	2160.36	43%	396	526	
山西	2092.58	10.74%	918.53	1174.05	44%	446	570	
内蒙古	2358.99	12.40%	1061.62	1297.37	45%	691	844	
辽宁	3711.94	17.05%	1717.72	1994.22	46%	582	676	
吉林	1938.45	23.68%	859.37	1079.08	44%	556	698	
黑龙江	2805.45	23.01%	1141.55	1663.91	41%	505	736	
上海	2219.27	19.43%	1560.56	658.71	70%	738	311	
江苏	4317.66	14.23%	2547.44	1770.22	59%	475	330	
浙江	3127.06	15.89%	1884.55	1242.51	60%	508	335	
安徽	1500.33	12.12%	878.24	622.1	59%	275	195	
福建	1521.79	12.45%	896.49	625.3	59%	367	256	
江西	1012.21	11.94%	535.66	476.55	53%	221	197	
山东	6182.19	16.21%	2739.42	3442.77	44%	472	593	
河南	3553.07	15.26%	1566.96	1986.11	44%	341	432	
湖北	1859.16	11.29%	1128.39	730.78	61%	332	215	
湖南	1743.31	11.23%	1064.48	678.83	61%	298	190	
广东	5573.33	18.42%	3296.48	2276.85	59%	439	303	
广西	1131.09	11.54%	599.14	531.95	53%	260	231	
海南	325.95	16.77%	211.63	114.33	65%	409	221	
重庆	1065.22	11.87%	589.63	475.58	55%	312	252	
四川	2138.55							
贵州	708.55		公共建筑总能耗 (万吨标煤)	城镇居住建筑总能耗 (万吨标煤)	公共建筑占城镇民用建筑能耗比重	公共建筑人均能耗 (kgce/人)	城镇居住建筑人均能耗 (kgce/人)	
云南	882.48							
陕西	2165.01							
甘肃	1089.47							
青海	401.51	9.66%						
宁夏	430.05	7.91%						
新疆	1438.58	9.14%						
			武汉	398	296	57%	472	352
						“重塑能源”全国平均 (kgce/人)	492	450
						“重塑能源”夏热冬冷平均 (kgce/人)	501	320

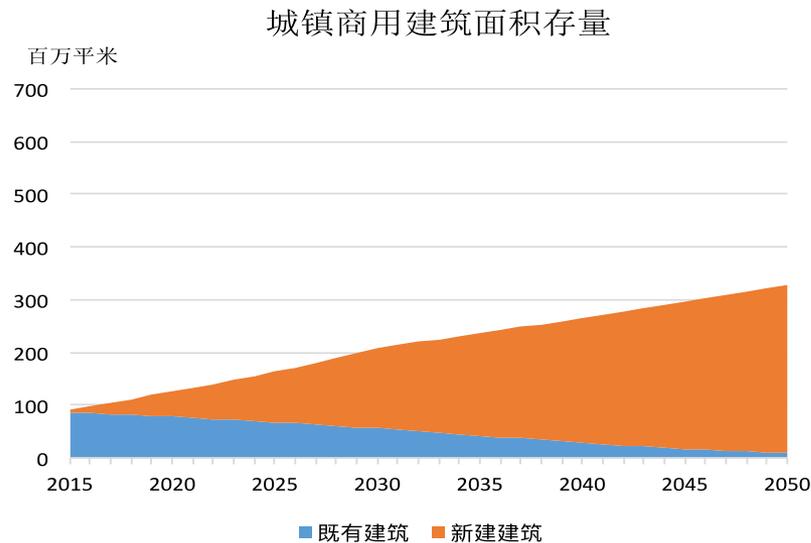
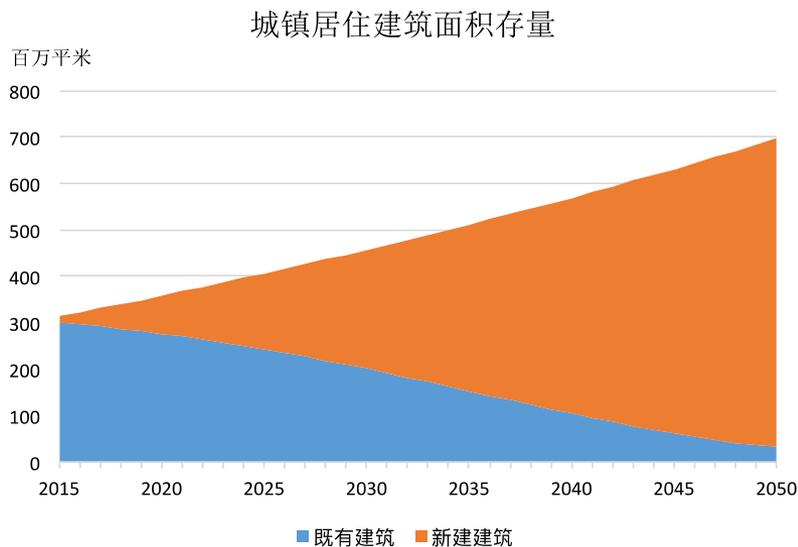
2 武汉建筑碳排放达峰LEAP模型

2.5 LEAP模型结果分析

考虑
城镇住房
空置率后



不考
虑城
镇住
房空
置率



2 武汉建筑碳排放达峰LEAP模型

2.5 LEAP模型结果分析

一次能源消费

(Mtce)



排放因子(IPCC):

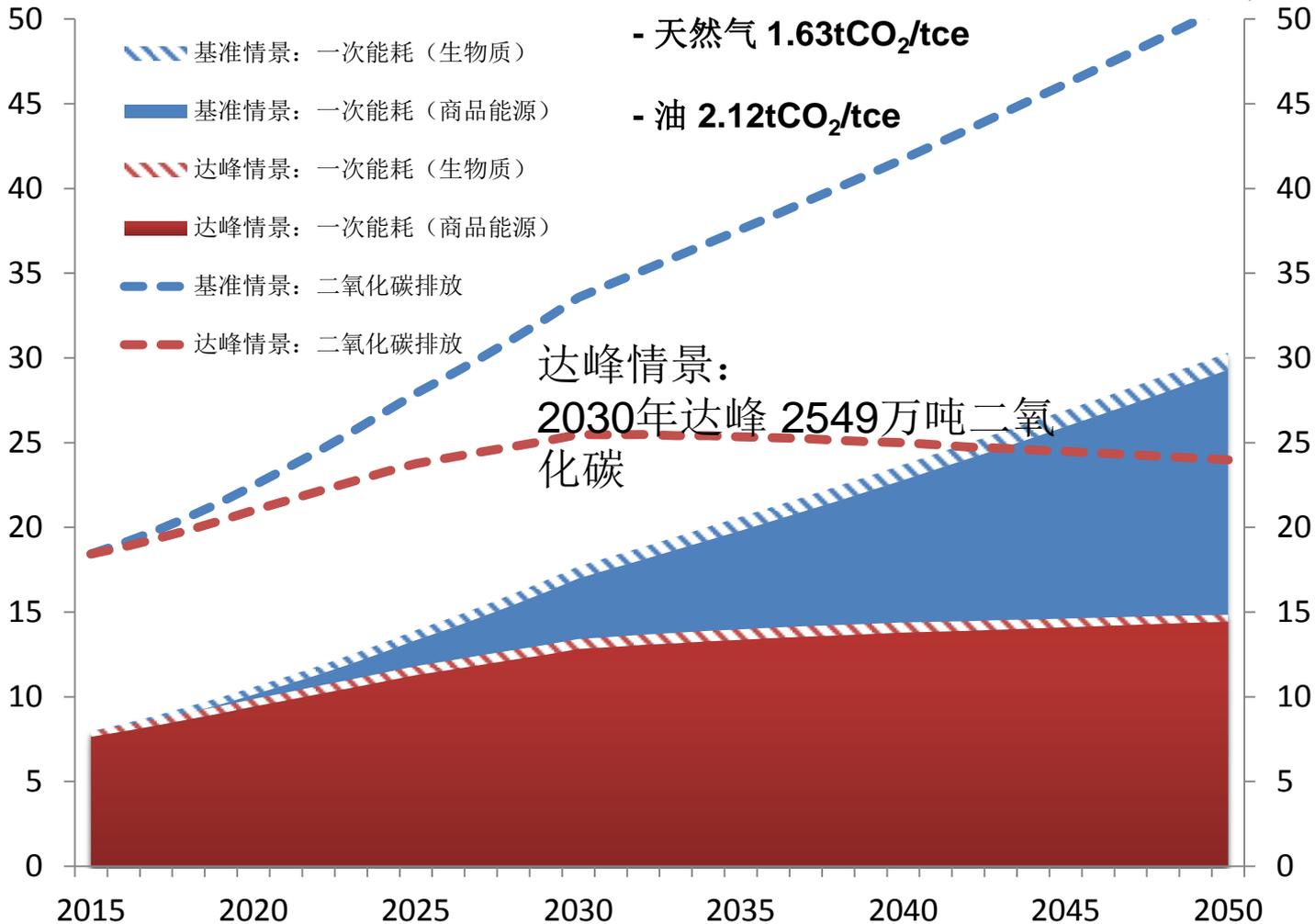
- 煤炭 2.71tCO₂/tce

- 天然气 1.63tCO₂/tce

- 油 2.12tCO₂/tce

二氧化碳排放

(Mt CO₂)



2 武汉建筑碳排放达峰LEAP模型

2.5 LEAP模型结果分析

2015年建筑二氧化碳排放：1842 万吨二氧化碳 （该结果不含居民和公建的燃油排放，居民公建各类燃油共计1161万吨标煤，产生排放2461万吨二氧化碳）

2022年建筑二氧化碳排放：

基准情景：2346 万吨二氧化碳

达峰情景：2156 万吨二氧化碳

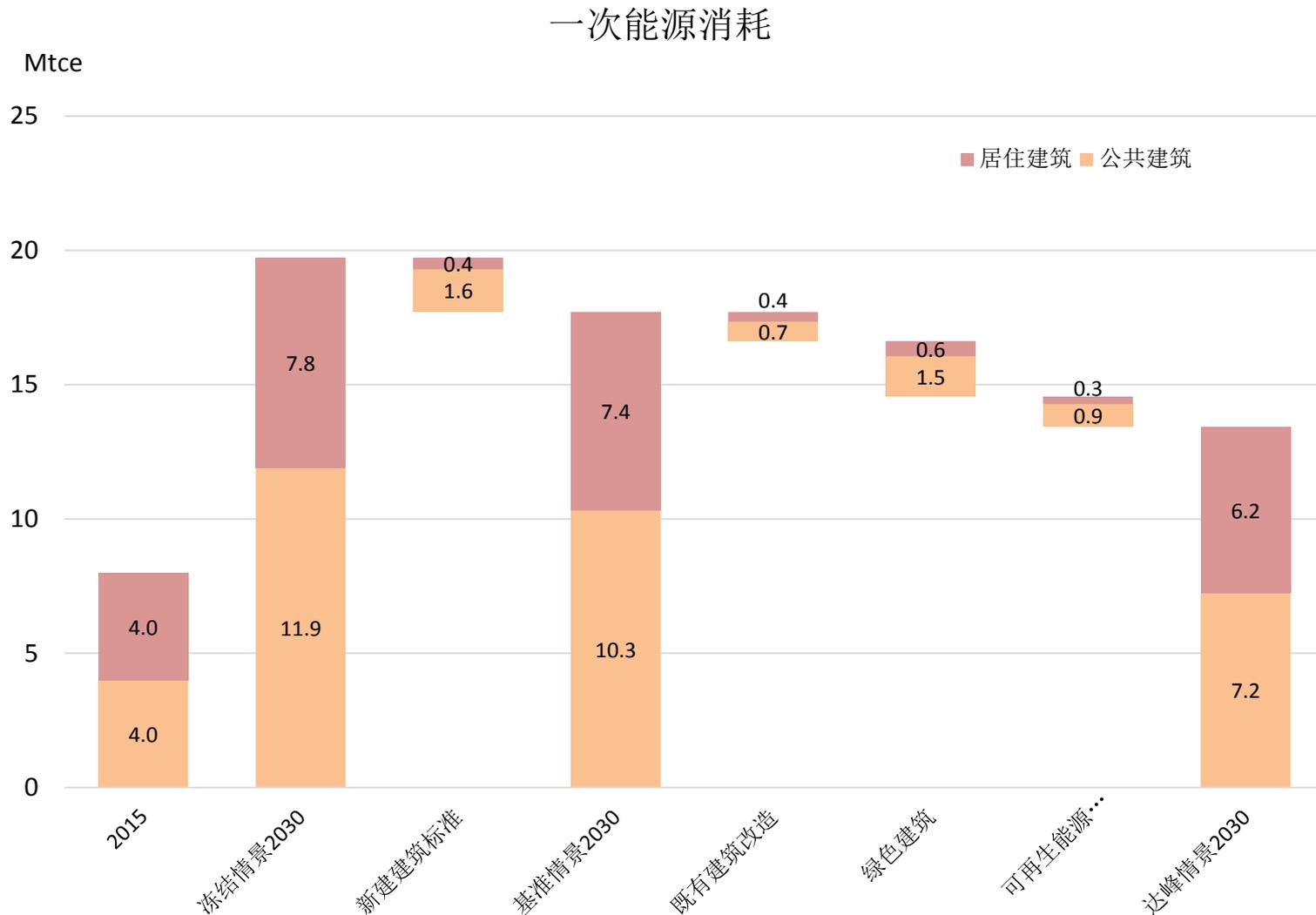
武汉市碳排放达峰行动计划（2017-2022）

2015年建筑领域4000万吨二氧化碳

2022年建筑领域5680万吨二氧化碳

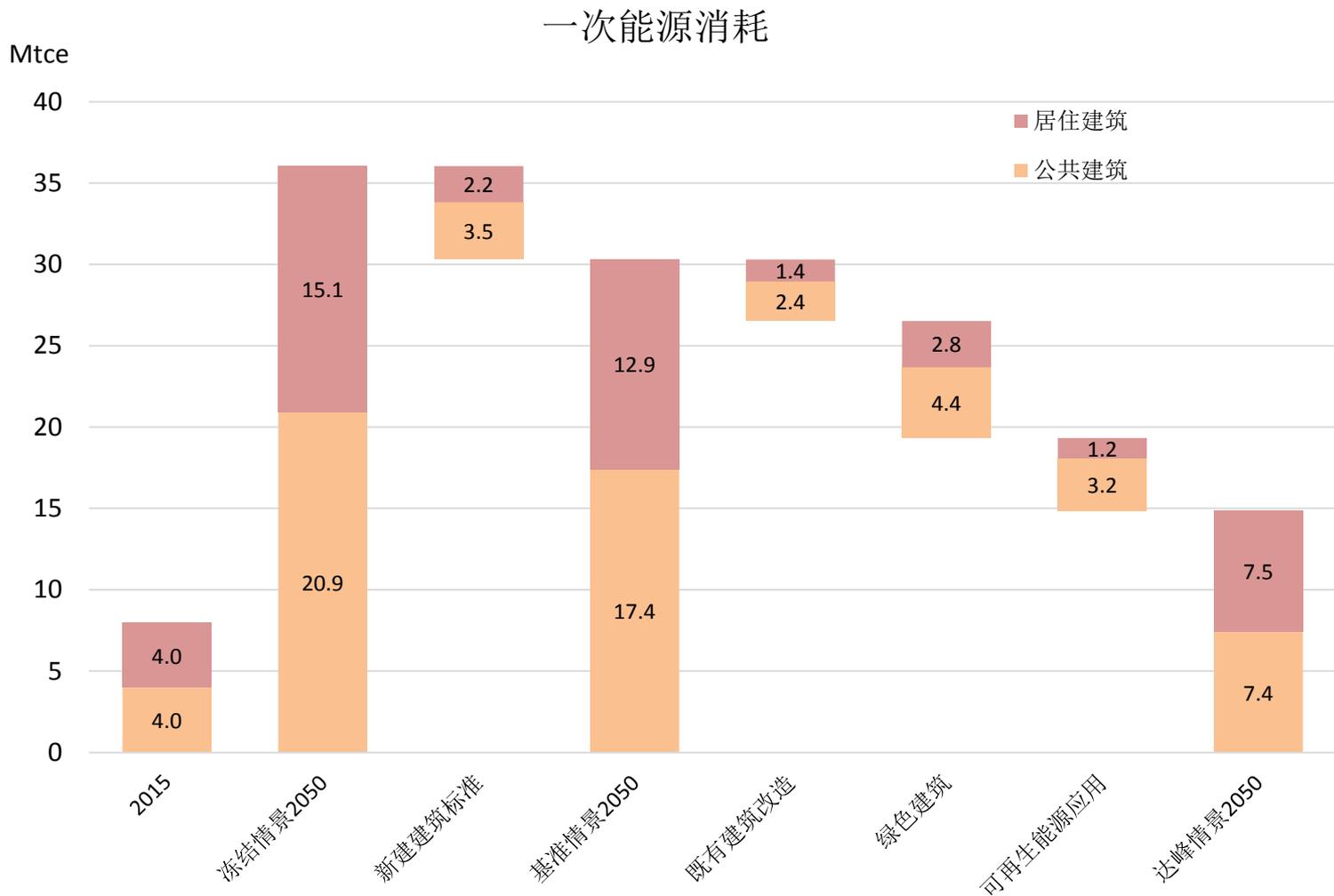
2 武汉建筑碳排放达峰LEAP模型

2.5 LEAP模型结果分析



2 武汉建筑碳排放达峰LEAP模型

2.5 LEAP模型结果分析



3 武汉市建筑行业碳排放达峰行动方案（初稿）

目

录

CONTENTS

一、总体目标

二、主要任务

三、保障措施

3 武汉市建筑行业碳排放达峰行动方案（初稿）

3.1 总体目标

总体目标

到2030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**2600万吨**左右的水平，占全社会碳排放总量的**15%**。

具体目标： 4累计+2占比

严格执行低能耗建筑节能设计标准，标准执行率达到**100%**。

新建建筑全面实行绿色建筑标准，绿色建筑占总新建建筑面积比重达**66%**。

累计建成绿色建筑**2.72亿平方米**以上，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。

累计完成既有公共建筑绿色改造**1375万平方米**，既有居住建筑绿色改造**5000万平方米**。

累计建成可再生能源建筑应用面积**2.11亿平方米**以上。

推进装配式建筑发展，装配式建筑占当年新建建筑面积的比例不低于**60%**，累计建成装配式建筑**1.4亿平方米**。

3 武汉市建筑行业碳排放达峰行动方案（初稿）

3.2 主要任务

（一）加快提升建筑能效水平

（二）全面推进绿色建筑发展

（三）深入实施既有建筑节能改造

（四）大力发展可再生能源建筑应用

（五）逐步构建低碳数据服务体系

3 武汉市建筑行业碳排放达峰行动方案（初稿）

3.3 保障措施

健全实施工作机制

创新体制机制

绿色低碳管理

强化政策保障

4 下一步工作

- 针对建筑碳排放达峰路径的指标和经济技术政策措施，进一步与武汉建筑碳排放达峰模型进行协调。
- 《武汉市建筑行业碳排放达峰行动方案》（初稿）中相关指标和措施进一步核实和调整。

The image features a large, central water droplet that serves as a frame for a landscape scene. Inside the droplet, there is a vibrant green field with a path leading towards a cluster of trees under a clear blue sky. The background of the entire image is a light blue gradient, decorated with several smaller, translucent bubbles. In the top-left corner, there are fresh green leaves. The overall composition is clean and fresh, symbolizing nature and purity.

谢谢大家！