



区域能源规划

同济大学 龙惟定

主要内容 Contents

1

2

3

4

5

什么是城区需求侧能源规划？

一次能源

煤炭、石油、天然气、水力、核能、太阳能、地热能、生物质能、风能、潮汐能、海洋能、一次电

二次能源

电力、城市煤气、各种石油制品、蒸汽、氢燃料、沼气、各种低品位热源（未利用能源Untapped Energy）、城市供冷供热

可再生能源

太阳能；
风能；
地热能；
现代生物质能；
海洋能；
小水电。



不可再生能源

煤炭；
石油；
天然气；
核能。



能源基本概念 (3)

- 从环境保护的角度出发，可以把能源分为**清洁能源**和**非清洁能源**。清洁能源是对环境无污染或污染很小的能源，如太阳能、小水电等，而在化石能源中，天然气也可以归于清洁能源。非清洁能源是对环境污染较大的能源，最常用的化石能源，如煤和石油，都是非清洁能源。
- 从能源生成历史来看，还可以把能源分成**化石能源**和**非化石能源**。化石能源是一种碳氢化合物或其衍生物。化石能源是指远古时期动植物的遗骸在地层下经过上万年的演变所形成的能源。如煤是由植物化石转化而来，石油和天然气是由动物体转化而来。



能源计量单位

- 在进行能源数量、质量的比较以及能源统计时，经常用到标准能量单位，国际上通用的是“吨石油当量 (toe)”，我国沿用的是“吨煤当量 (tce)”，又称为“吨标准煤”。

1吨石油当量(toe) = 42 GJ (净热值) = 10034 Mcal;

1吨煤当量(tce) = 29.3 GJ (净热值) = 7000 Mcal。

- 在国际石油、天然气交易中，我们还会经常看见用“桶”等单位：

1桶 (barrel) = 42 美国加仑 (US gallons) \approx 159升 (litres)

- 基本能量单位之间的换算关系如下：

1 joule (焦耳，又称焦，J) = 0.2388 cal;

1 calorie (卡路里，又称卡，cal) = 4.1868 J;

1 British thermal unit (英制热量单位，Btu) = 1.055 kJ = 0.252 kcal。

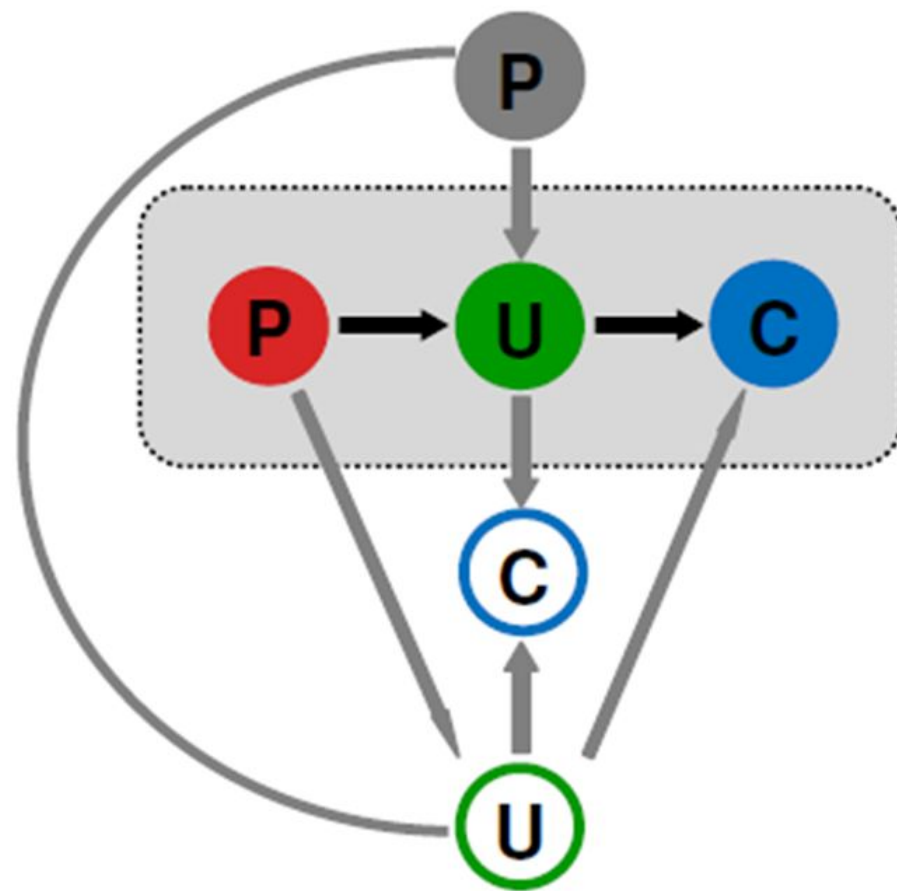
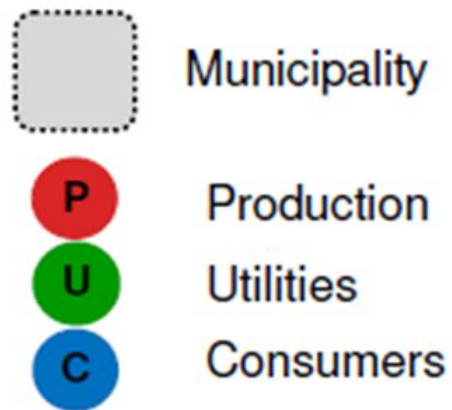
遵循自然规律

- “量”的规律：能量守恒定律
- “质”的规律：从高温到低温

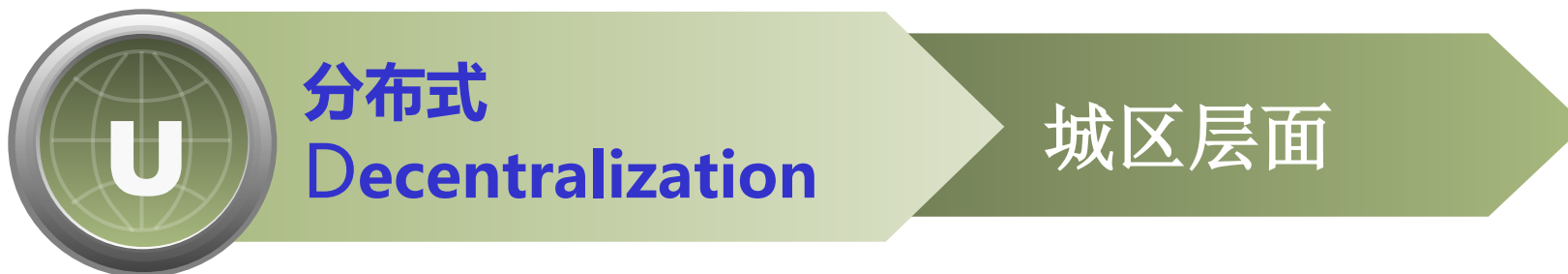


城市能源系统的三个环节（生产/转换/用户）

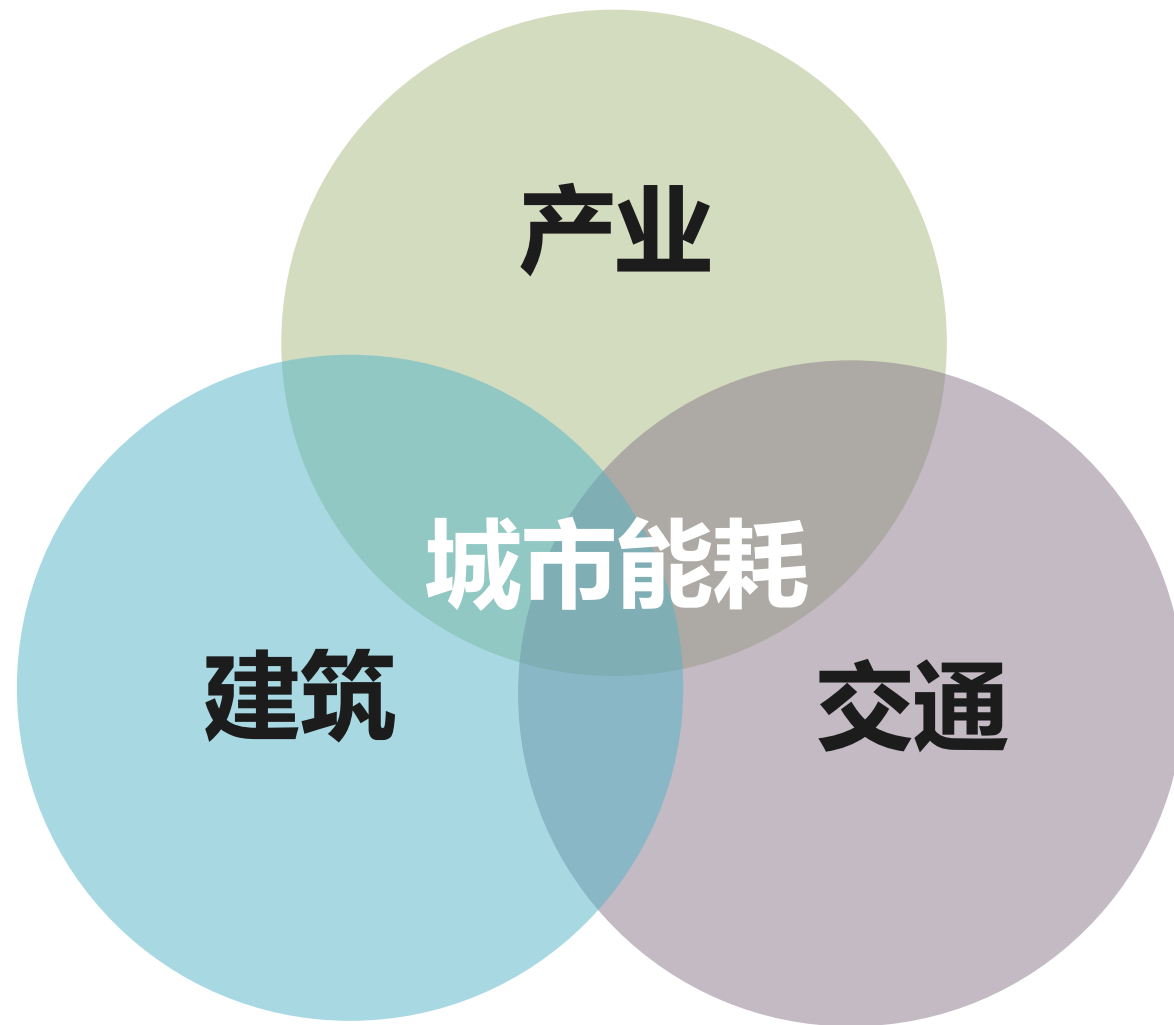
Production, Utility, Customers: The three parts of urban energy system



三个层面城市能源的3D目标



城市能耗的三大领域 Three sectors of urban energy usage



城市能源消费的三种类型 Three kinds of urban energy consumers

1 生产性能耗 Productive energy

- 包括产业、国际城际交通、物流、工业建筑、商用建筑、非公益性公共建筑的能耗。
- 城市的所有社会产出，都需要有劳动力和资本的投入。能源作为一种自然资本的投入，有产品和服务的产出，并创造价值。
- 直接创造价值，可以用单位GDP能耗等效率指标来衡量。
- 通过产业结构调整、提高产品附加值、先进工艺和规模化生产、提高劳动生产率等实现节能减排。

2 消费性能耗 Customer energy

- 包括公益性建筑、行政建筑、住宅建筑、城市公交、公交车和私家车的能耗。
- 人们通过消耗能源，满足生产过程之外的生活功能，间接创造价值。
- 不直接创造价值，可以用量化的平均值等强度指标来衡量。
- 对于用财政支出的公益性和行政建筑以及公车消费，应加以限制。
- 对于住宅和私车消费，应加以引导。

3 保障民生能耗 Customer energy

- 保持健康的住宅和公建的室内环境。
- 室内环境品质的立法
- 通勤的公共交通能耗。
- 本着“以人为本”的宗旨，解决能源消费中的民生问题。

三种类型的能源规划

Three kinds of energy planning

1 战略规划

Strategy planning

在资源、生产和消费的基础上, 根据经济和社会发展目标对能源的需求, 以及资源和环境的制约条件制订能源发展和节能的长远规划 (5年, 或10~20年)。

2 供应侧规划

Supply Side

电力、燃气和城市集中供热

Power, gas and district heating

3 需求侧规划

Demand Side

城区综合能源规划 (绿色经济)

Comprehensive energy planning (green economy)

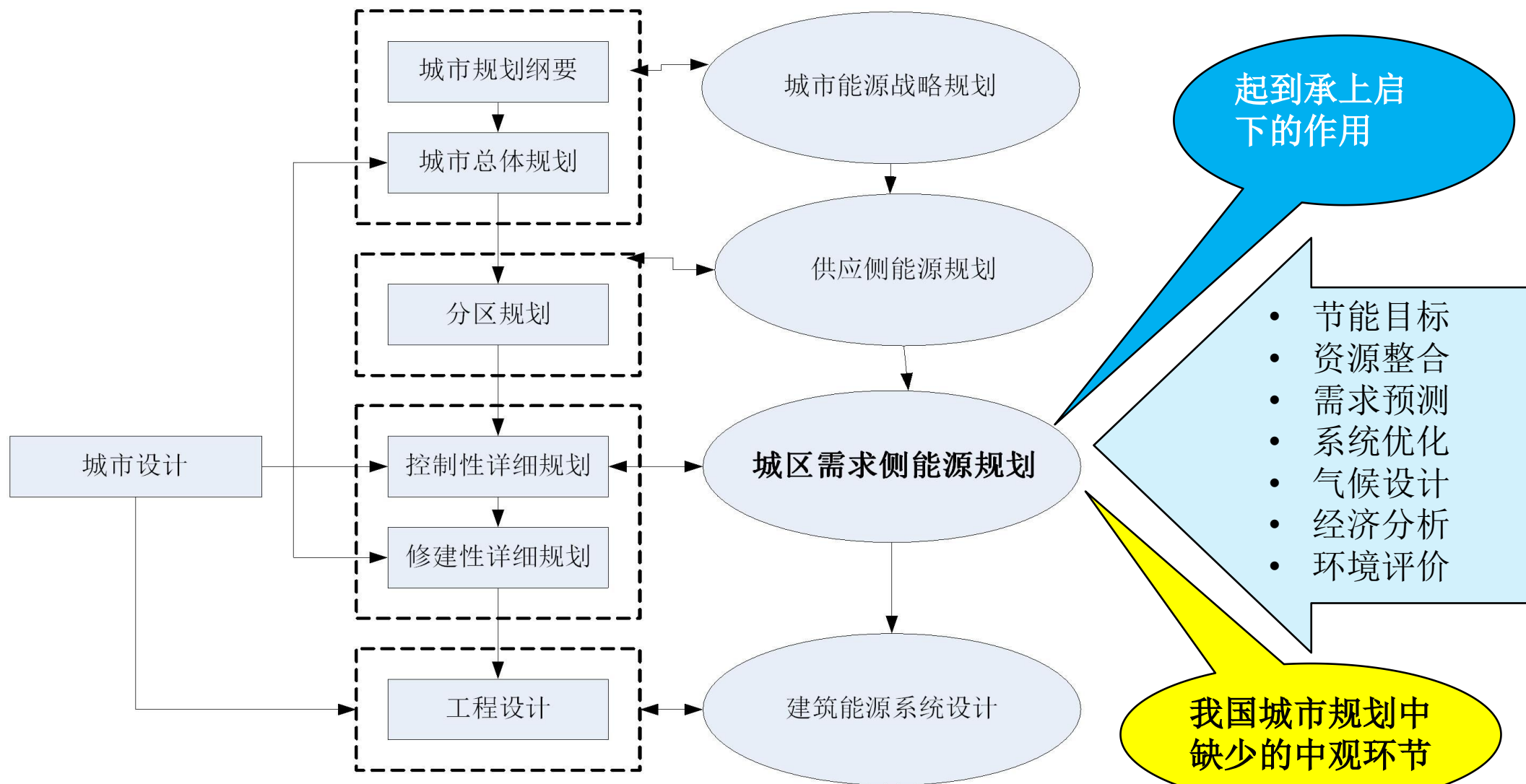
城区建筑能源规划 (绿色建筑)

Building energy planning (green building)

城区能源系统规划 (绿色能源)

Community energy system planning (green energy)

城区能源规划在城市规划中的地位和作用



城区综合能源规划（绿色经济）

Integrated (Green economy)

- 生产性能耗/消费性能耗/民生保障性能耗； Productive, consumer & livelihood energy consumption
- 包括产业、交通、建筑； Including industry, transportation & building
- 能耗、碳排和污染物的总量控制和分解； Total amount control
- 建立能源绩效评价指标体系； To establish the KPI's
- 建立城市能源管理体系； To establish urban energy management system
- 建立产业的能耗门槛和基准线； To establish energy threshold and baseline for industries
- 制订建筑和交通节能技术路线图； Roadmap of energy efficiency for buildings and transportation
- 经济技术环境分析。 Economical, technological and environmental analysis

城区建筑能源规划（绿色建筑）

Building (Green building)

- 建筑能效提升 Building energy performance promoting ;
- 可再生能源建筑一体化 Integrated RE and building ;
- 城市形态节能分析及气候设计 Urban form analysis and climate design ;
- 负荷预测 Load prediction
- 与规划和建筑的协同 Synergy, BIM, Charrette... with UP and Ach.
- 可利用的资源分析; Available resources analysis
- 建立建筑能效基准; Building energy benchmark system
- 建筑能源系统方案及可行性研究。 Feasibility analysis of energy system

城区能源系统规划（绿色能源）

Energy system (Green energy)

- 综合能源系统，各种资源有效整合， Resources integrate
- 节能作为一种无碳资源（第6种能源） Energy saving as a alternative resource free of carbon
- 多源产能，多级应用，多元经营； Multi-resources, cascade use, diversified running
- 分布式能源，用户既用能也产能； distributed system
- 互联网思维实现能源互联互通； Internet thinking
- 智能能源管理系统 Intelligent energy management system
- 多赢的商业模式设计 Multi-win business mode design
- 系统技术经济环境分析 Economical, technological and environmental analysis

为什么需要需求侧能源规划？

新型城镇化的能源利用特点

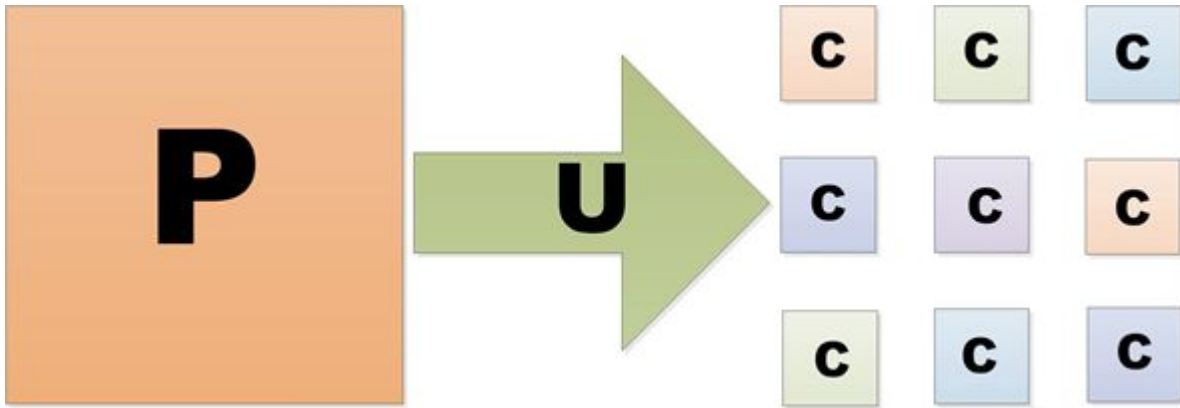
能源利用特点带来的十大挑战

- (1) 能耗总量控制需要有量化的可测量、可报告、可核查的能耗目标和能耗基准线；
- (2) 重化工业工艺过程能耗的稳定需求变为建筑能源利用的不稳定需求；
- (3) 大集中系统和远距离输送带来的能量损失和烟损失；
- (4) 高密度城镇空间布局与低密度可再生能源生产之间的矛盾；
- (5) 可再生能源生产的波动性与负荷变动的不同步；
- (6) 可再生能源资源的空间分布与用户空间分布的不一致性；
- (7) 城市空间布局对微环境的重大影响；
- (8) 个性化应用与集中式供应之间的矛盾；
- (9) 能源领域的市场化进程与高度集中的能源供应机制之间的矛盾；
- (10) 巨大的需求与资源环境容量之间的矛盾。

互联网机制下P-U-C供求关系的变化

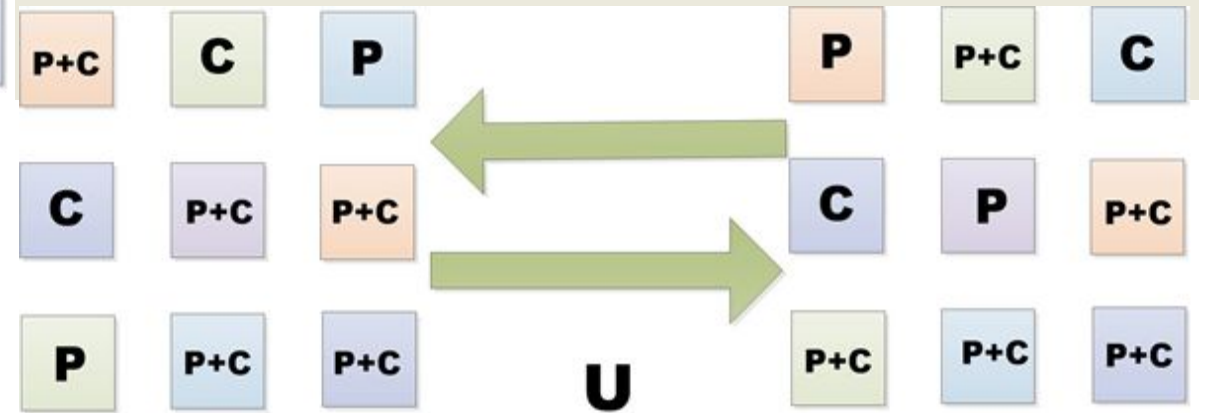
Changes in energy supply and demand of P-U-C

旧能源供求关系下的分布式能源结构



一个城区的能源生产者（P）是单一的，站在用户的立场，无可选择；单一的能源中心（热电厂模式和冷热电三联供模式）。所谓分布式能源，只是相对传统大电厂或大锅炉房而言。对用户来说，中间环节（U）电网和管网是绕不开的。这是一种垂直化的管理模式。

建筑既是能源的使用者，也是能源的生产者。而电网和热网成了平台的提供者。就像电商平台，无数买家和卖家通过平台直接进行交易。这就是互联网思维下的扁平化管理模式。



互联网机制下的分布式能源结构

需求侧能源规划与供应侧能源规划之区别

规划原则的区别是根本性的区别

综合资源规划（IRP, integrated resources planning）方法

- 20世纪80年代，正值石油危机和中东战争之后，美国学者提出了电力部门的需求侧管理（DSM, demand side management）理论。其中心思想是通过用户端的节能和提高能效，降低电力负荷和电力消耗量，从而减少供应端新建电厂的容量，节约投资。
- 将需求侧管理的思想与能源规划结合，就产生了全新的综合资源规划（IRP, integrated resources planning）方法。
- IRP方法的核心是，改变过去单纯以增加资源供给来满足日益增长的需求的思维定势，将提高需求侧的能源利用率从而节约的资源统一作为一种替代资源看待，并给予像其它传统资源供给方式同等的重视，在比较需求和供应两方面的资源供给费用和效益的基础上选择一种资源组合方案作为城区能源利用的最终方案。

供应侧与需求侧能源规划的区别（1）

供应侧能源规划

需求侧能源规划

供应侧与需求侧能源规划的区别（2）

供应侧能源规划

需求侧能源规划

供应侧与需求侧能源管理模式的区别

供应侧能源管理

需求侧能源管理

城区能源规划的关键技术

能源规划的6个关键步骤

Six key steps of energy planning



Step 6 经济性/能效/碳足迹分析
Economic/energy/carbon footprint analysis

Step 4 气候设计，规划节能
Energy saving through climate design & urban form

Step 2 可利用的资源分析
Available resources analysis

Step 5 构建能源微网
Establish micro energy net

Step 3 负荷和需求预测
Forecasting of thermal load & energy demands

Step 1 规划目标和关键性能指标
Target setting and KPI

目标设定

能源规划目标设定的SMART原则

SMART principles for goal-setting of energy planning

S

Special

规划目标要符合当时当地的特定情况。

The planning goals should to meet the specific local situation

M

Measureable

KPI指标要量化，是可测量、可报告和可核查的。The key performance indicators should be quantified, and should be measurable, reportable and verifiable.

A

Achievable

目标是可实现的。The goals should be realizable and achievable.

R

Relevant

能源规划目标应与总体规划、生态规划和其它专项规划相协调。The goals of energy planning should be coordinated with master plan, ecological plan and other special plans.

T

Timely

明确目标的时间节点，可以有近期、中期和远期的目标；注重目标的与时俱进。To define milestone of the goals; to advance with time.

综合目标

- 能耗的总量控制：能耗限额的门槛值；各领域的分配
- 能源效率的控制：以产业为依托。单位产值能耗至少要低于当地平均水平。
- 碳排放和污染排放的总量控制：“少添乱”
- 产业定位、土地利用、人口导入、生态保护

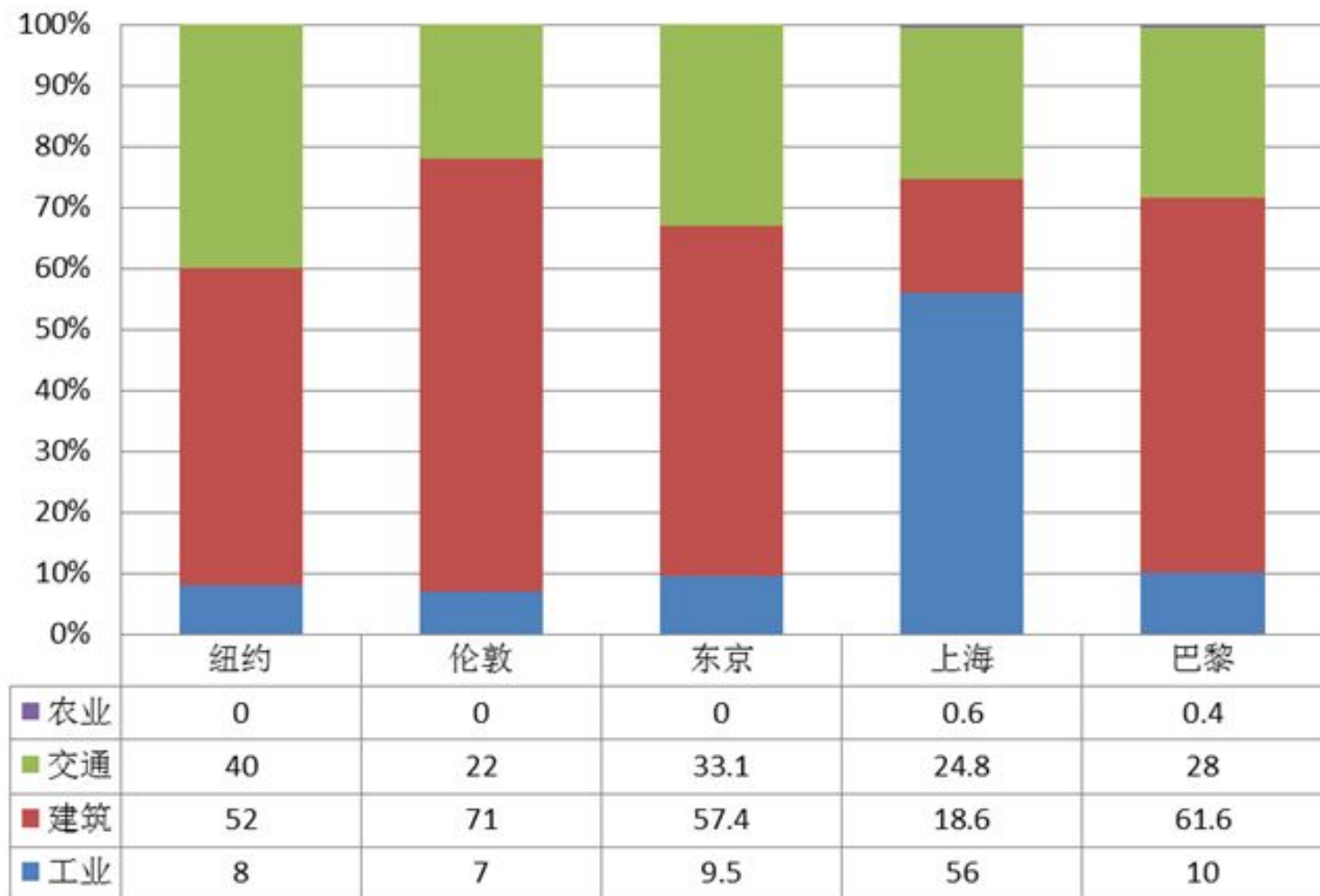


国家和地区层面的城市化率、经济发展水平与建筑能耗占比关系

国家或地区	各部分能耗比例 (%)			三次产业在GDP中的比例 (%)			城市化率 (%)	人均GDP 购买力平价美元 (2011)
	产业	交通	建筑	工业	农业	服务业		
美国(2011)	31.8	27.7	40.5	19.2	1.2	78.6	82	48300
欧盟	28.4	31.7	39.9	27.3	2.1	70.5	76	34100
德国	26.2	26.7	47.1	28.2	0.8	71	74	38100
日本	43.9	22.9	33.2	24	1.4	74.6	66	34700
中国(2011)	68.4	14.2	17.4	51.6	4.6	43.7	51	8400

城市能源消费结构比较

- 建筑能耗占比是经济发展水平的晴雨表，建筑能耗占比高，说明服务业发展水平高、人民生活水平高。
- 中国建筑能耗如能达到日本的水平（30%左右）是比较合理的。
- 控制总量，同时要调整经济结构，调整能耗比例。



生产性能耗的关键性能指标

KPI of productive energy consumption



单位工业产值能耗（tce/万元）

Per value of industrial output energy consumption

产业绿色指数

Green index of industry

单位工业产值水耗（t/万元）

Per value of industrial output water consumption

地均相对能耗

Relative energy consumption per unit of land

产业绿色发展指数

- 产业绿色发展指数 = $\frac{\text{产业人均总产值}}{\text{产业单位产值资源消耗}}$
- 产业单位产值资源消耗 = (产业单位产值地耗 + 产业单位产值能耗 + 产业单位产值水耗) / 3
- 产业绿色发展指数用来反映产业的绿色化水平，该指标值越大，说明该产业以较低的资源消耗代价换来了较高的经济效益，代表了该产业的绿色发展程度。

地均能耗弹性系数

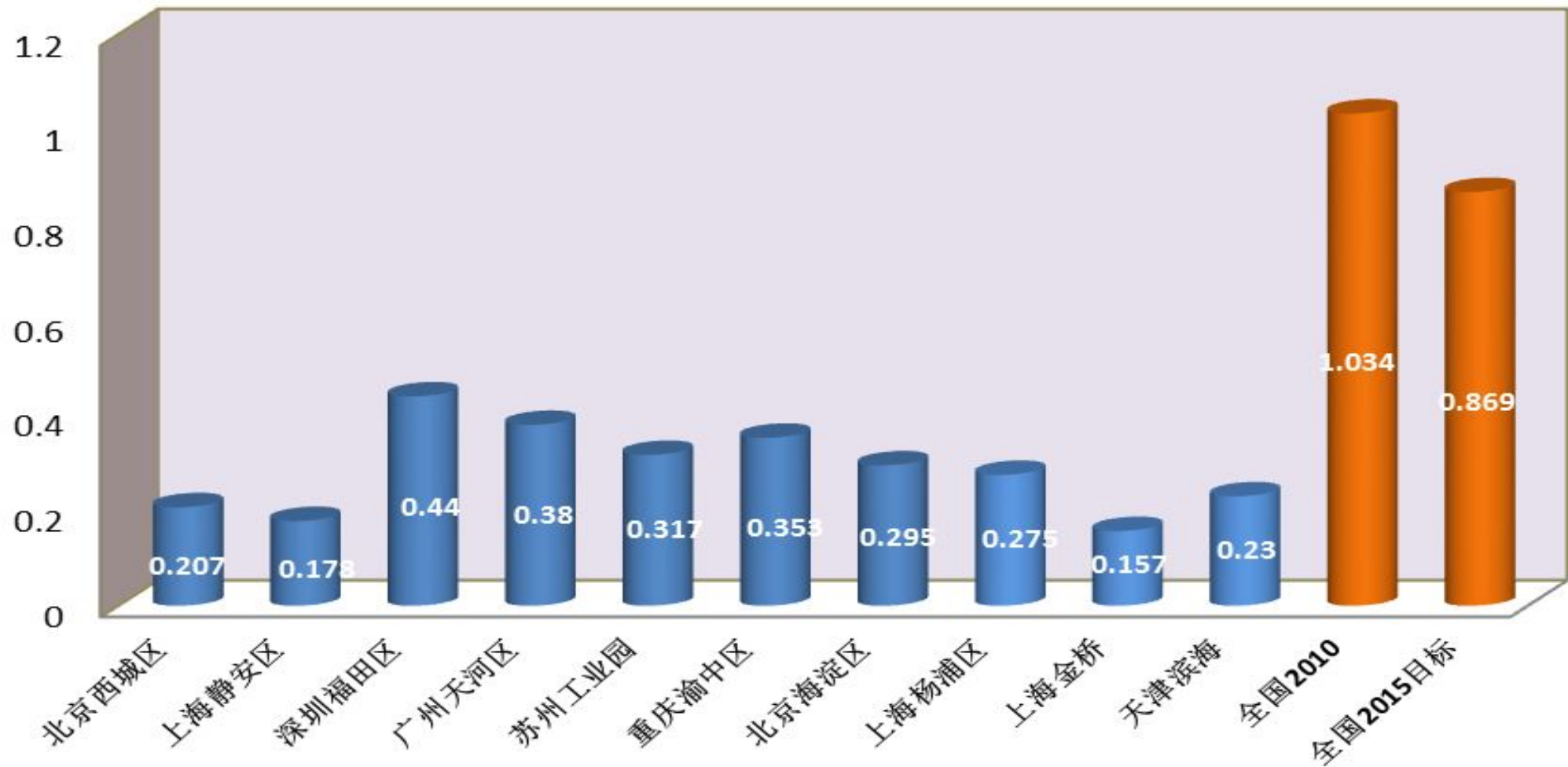
$$CE = \frac{E_c/E}{P_c/P}$$

- 所处城市当年单位土地面积能耗为 E (tce/km²)
- 所处城市单位土地面积产值为 P (亿元/km²)
- 规划城区单位土地面积能耗为 E_c (tce/km²)
- 规划城区单位土地面积产值为 P_c (亿元/km²)
- 如果 $E_c \geq E$ ，而 $P_c \leq P$ ，则 $CE > 1$ 。所以地均能耗弹性系数应小于1，且越小越好。

国内几个城区的地均产值和地均能耗指标

	土地面积/km ²	地均产值/ (亿元km ²)	地均能耗/ (tce/km ²)	CE指标	年份
北京中关村科技园区	131.84 (建成区)	23.2			2011
上海陆家嘴金融贸易区	6.8 (规划区)	237			2011
上海漕河泾新兴技术开发区	14.28	82.5	16500	0.034	2011
上海静安区	7.62	22.8	42636	0.32	2010
上海金桥出口加工区	27.38	76.6	120262	0.24	2010
天津滨海新区	304.44 (建成区)	16.52	34692		2010
苏州工业园区	60 (建成区)	26.5	84005		2011

全国主要城区的万元GDP能耗（t标准煤/万元）



消费性能耗的关键性能指标

人均日生活能耗 (kgce/cap.day)

公共建筑能耗的基准线

所有新建建筑达到绿色建筑一星级标准

建筑设计满足绿色建筑评价标准中的能源优选项

公交出行比例大于60%

城市生活能耗的碳排放指数

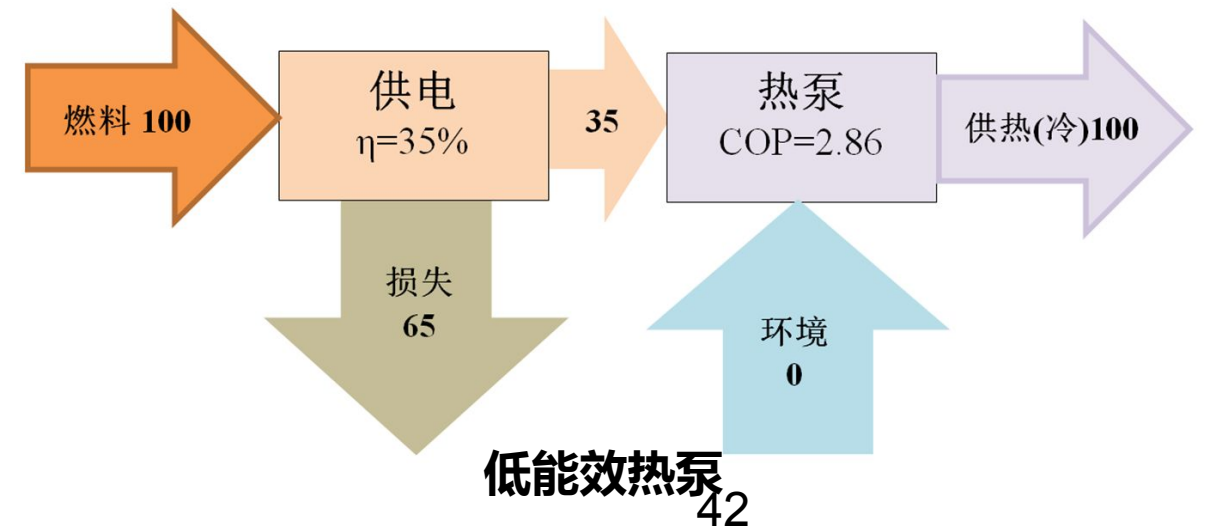
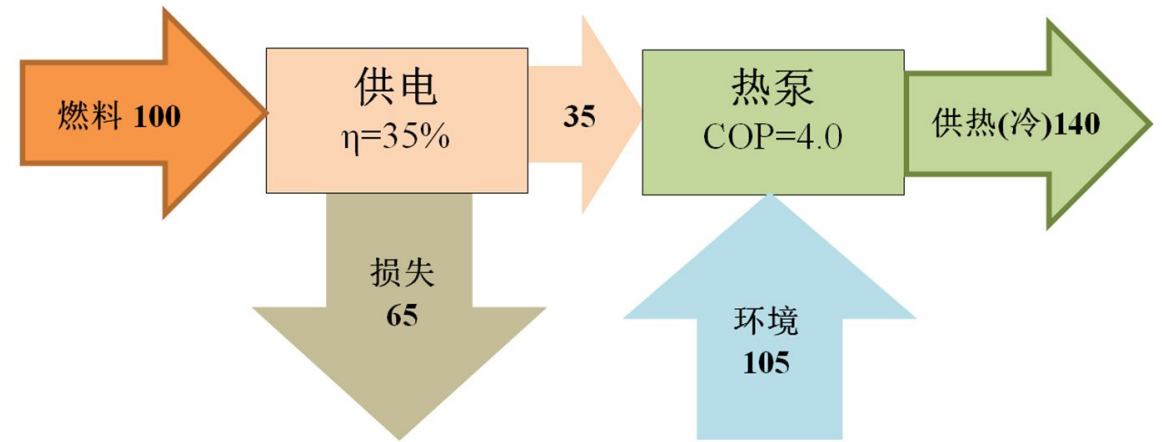
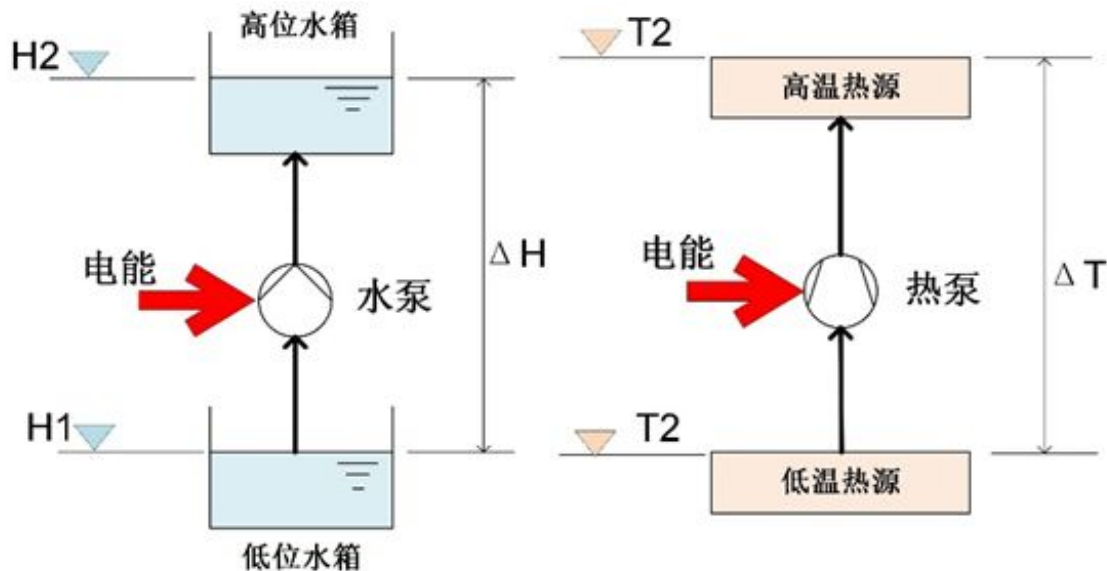
建筑使用过程中的人均碳排放指标

人均日常生活能耗指标

- 瑞士联邦政府曾设定节能目标为，2020年包括衣食住行在内的人均能源负荷为2 kW，称为“2 kW行动”，即一个瑞士居民一天的能耗为48 kW·h，相当于6 kg标准煤/d。
- 2013年，上海市的人均生活能耗为515 kgce/a，设到2020年的7年间年均增速为6%，可估算出人均生活能耗将达到770 kgce/a，约合**2.1 kg标准煤/d**，是瑞士人均日能耗的35%。
- 这些能耗可以达到什么样的生活水平呢？
 - 人均居住建筑面积35 m²；居住建筑单位面积能耗17.5 kg标准煤/（m²·a）；即人均居住建筑能耗612.5 kg标准煤/a，1.68 kg标准煤/d。
 - 人均日出行距离为15 km，出行方式中私家车使用比例20%，其余为公交、地铁、自行车、步行，平均能耗0.43kg标准煤/d。

热泵利用可再生热源计算中的问题

- 假定—COP=4的热泵，即1kWh电力产生4kWh冷热量
- 有三种方法：
 - ✓ 当量法计算：1kWh=860kCal=3596kJ，所以利用可再生热源是4kWh-1kWh=3kWh，利用率75%。
 - ✓ 等价法计算：按当年火电发电标准煤耗计算，例如1kWh电力=0.35kgce，而4kWh冷热量=0.49kgce，则可再生热源利用是0.49/0.35=1.4kgce，利用率28.6%。
 - ✓ 按能效计算：供电效率设为35%，则 $100 \times 0.35 \times 4 = 140$ ； $(140 - 100) / 140 = 28.6\%$



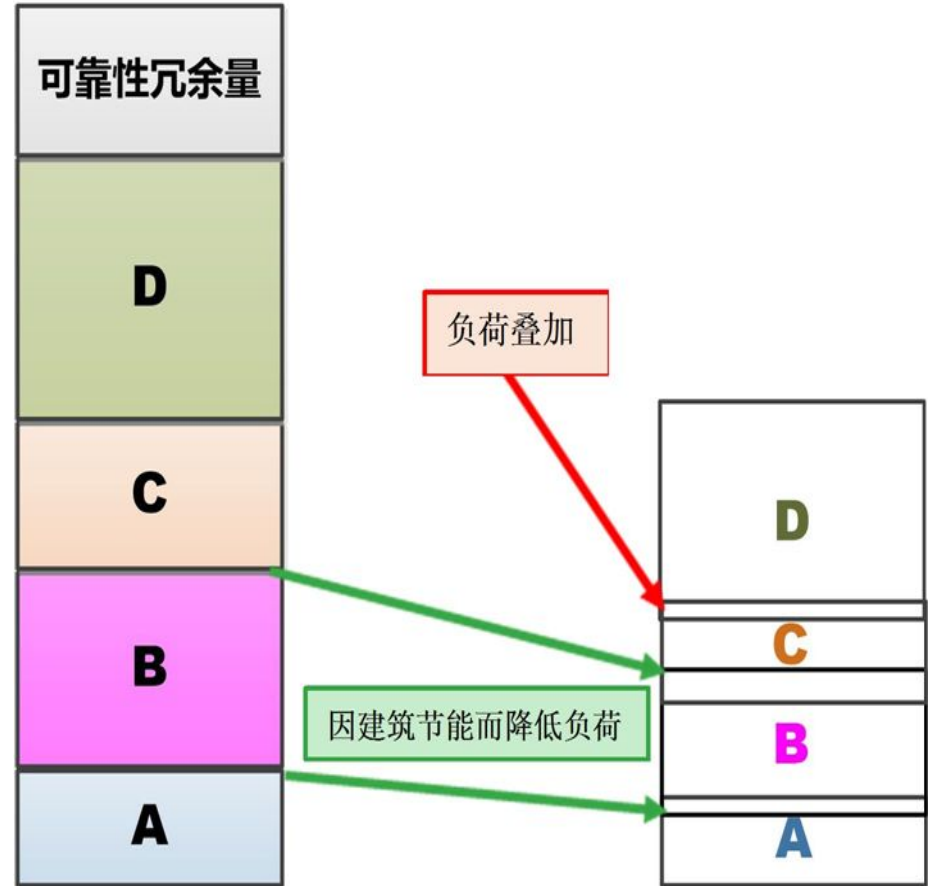
负荷预测

能源规划的负荷和需求预测的重要性

- 负荷预测偏大是国内多个区域能源系统低效率低效益的主要原因之一。
- 一半左右的公共建筑，空调运行装机量只有设计装机量的50%以下。
- 负荷分布的不均匀性使能源站远离负荷中心，增加了供能损失。
- 90%以上的时间段处于部分负荷下运行，需要估算典型部分负荷，决定运行策略。
- 可再生能源和“未利用能源(Untapped Energy)”的产能与建筑用能负荷的不匹配，需要通过蓄能措施来平衡。
- 由于园区建设的长期性和功能的复杂性，需要对未来各种影响因素做充分估计。

负荷预测的精细化、节能的资源化

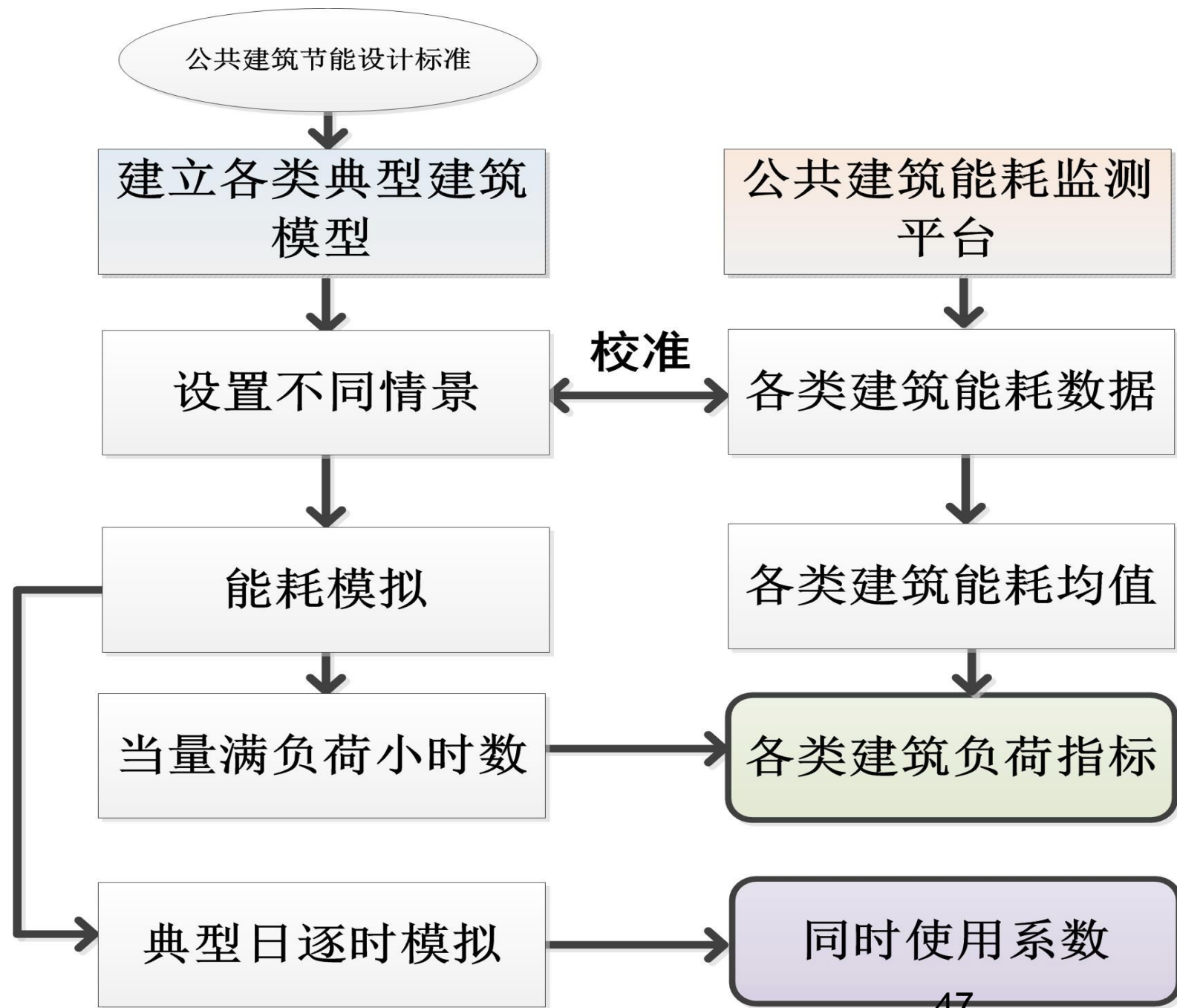
- 利用城区内各功能建筑负荷出现的同时性，使城区系统总负荷低于各单体建筑负荷之和，从而减小系统设备容量。
- 利用城区内各建筑负荷高峰出现的错时，可以有效地削减城区能源负荷高峰，同时利用蓄热技术填补负荷低谷，实现“负荷平准化”，使设备始终处于高效率状态下运行。
- 充分考虑各单体建筑的节能措施，降低负荷。
- 实现多能源与负荷的最佳匹配，使城区能源系统效益最大化。
- 优化建筑空间布局，使城区负荷均衡化。
- 确定不同运行工况下的热电分配。
- 确定蓄冷蓄热容量。



负荷预测方法：基准负荷+影响因素

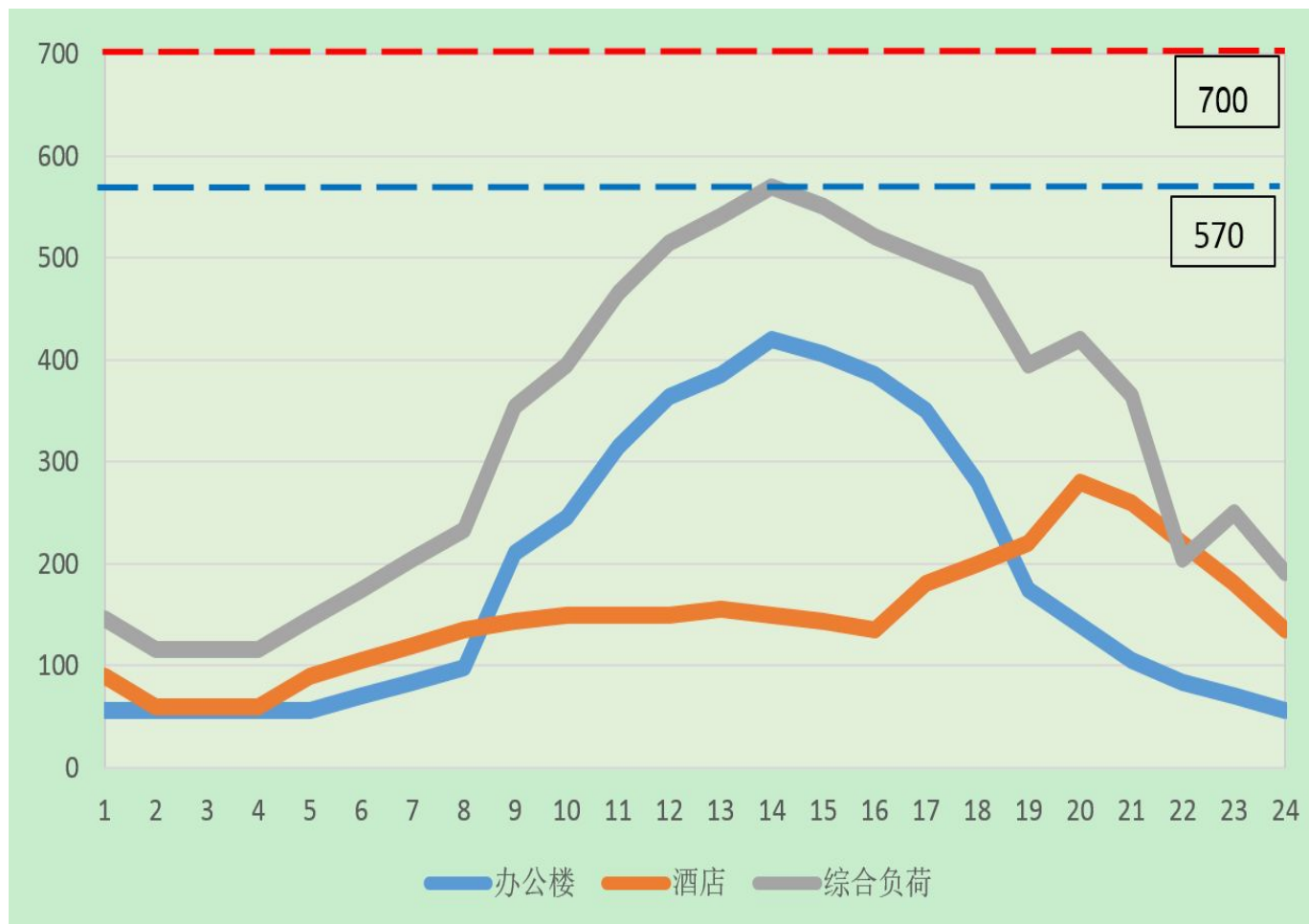
- 或称为“固定负荷+变动负荷”
- 选择典型建筑
- 基准（固定）负荷：建筑形态、围护结构、气象参数
- 影响因素（变动负荷）：人员密度、照明设备强度
- 确定几组固定负荷参数，用正交法确定模拟次数
- 确定几组变动负荷参数，





负荷叠加：需要城市规划配合，布局混合社区

- 同样面积10幢楼
- 3间酒店，7座办公楼
- 酒店负荷95W/m²
- 办公负荷60W/m²
- 酒店总计280W/m²
- 办公总计420W/m²
- 逐时负荷叠加，最大570W/m²
- 总计负荷叠加，最大700W/m²
- 按前者选冷机，装机量只要 $(0.57 \times \text{面积})\text{kW}$
- 70%以上运行时段超过10小时
- 按后者选冷机，装机量为 $(0.95 \times \text{酒店面积} + 0.60 \times \text{办公面积}) = (0.70 \times \text{面积})\text{kW}$
- 全天负荷率在57%以下
- 资源能源的浪费
- 经济效益的降低



资源评估

区域建筑可利用能源资源评价的必要性

- 可再生能源和未利用能源能量密度低、时间和空间上分布不连续，应用受到很大局限，因此，能源资源的“可利用性”对规划目标制定的科学性、技术路线的可行性和能源结构的合理性至关重要：

研究可再生能源和未利用能源应用与城市规划、与建筑设计的协调；

研究区域内能源资源供应的可持续性；

从寿命周期的角度研究区域内能源资源的CO₂减排性；

研究可再生能源和未利用能源的应用价值。

- 工业余热废热的利用，实现能源的梯级利用、对位利用、互补利用、协调利用。
- **实现建筑节能的资源化，节能作为第六大能源。**

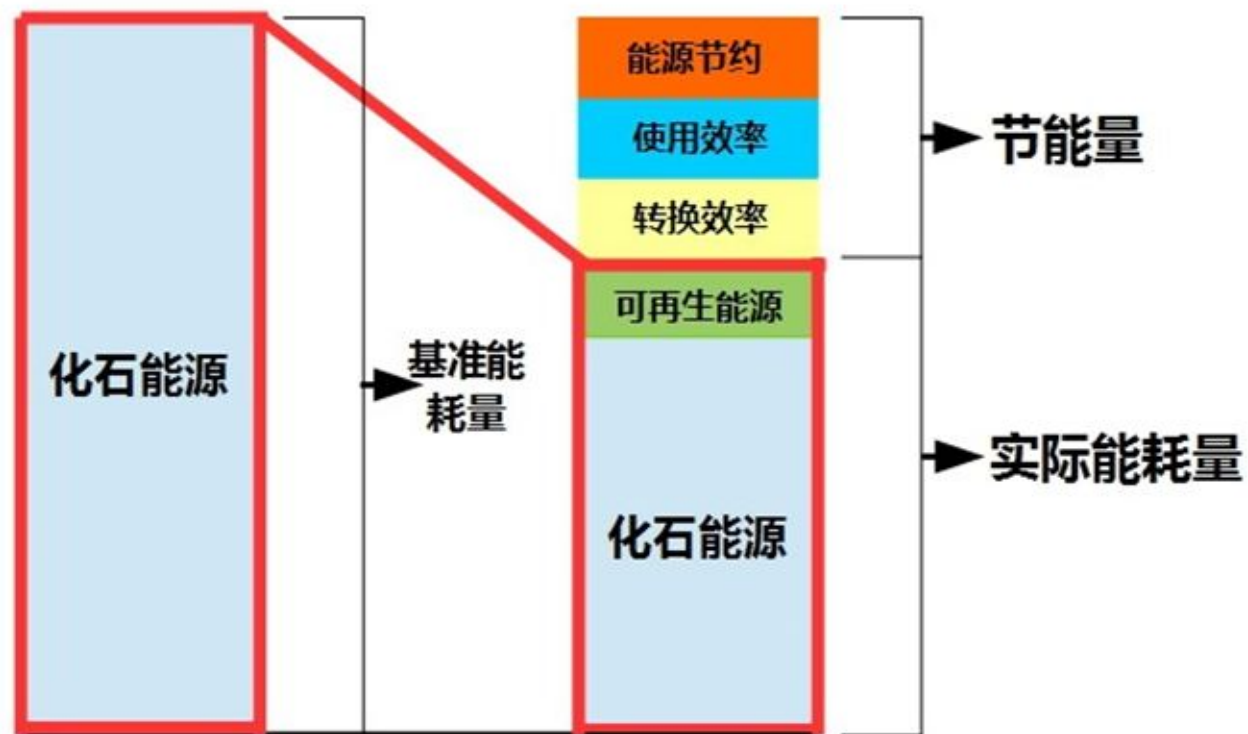
IRP的经济效益

●需求侧资源：

- 行为节能和科学管理降低的能耗
- 提高设备系统的使用效率（热泵）
- 提高一次能源到二次能源的转换效率（热电联产）
- 利用可再生能源

●节约的能源相当于一个虚拟发电厂所发的电。这一虚拟发电厂就称之为“能效电厂（Efficiency Power Plant, 简称EPP）”。与实际新建电厂相比，ERP不再额外占用土地、消耗资源。

●在需求侧能源规划中要将实体能源供应与ERP共同考虑。



公共建筑节能措施约可有20%的节能潜力

建筑节能措施

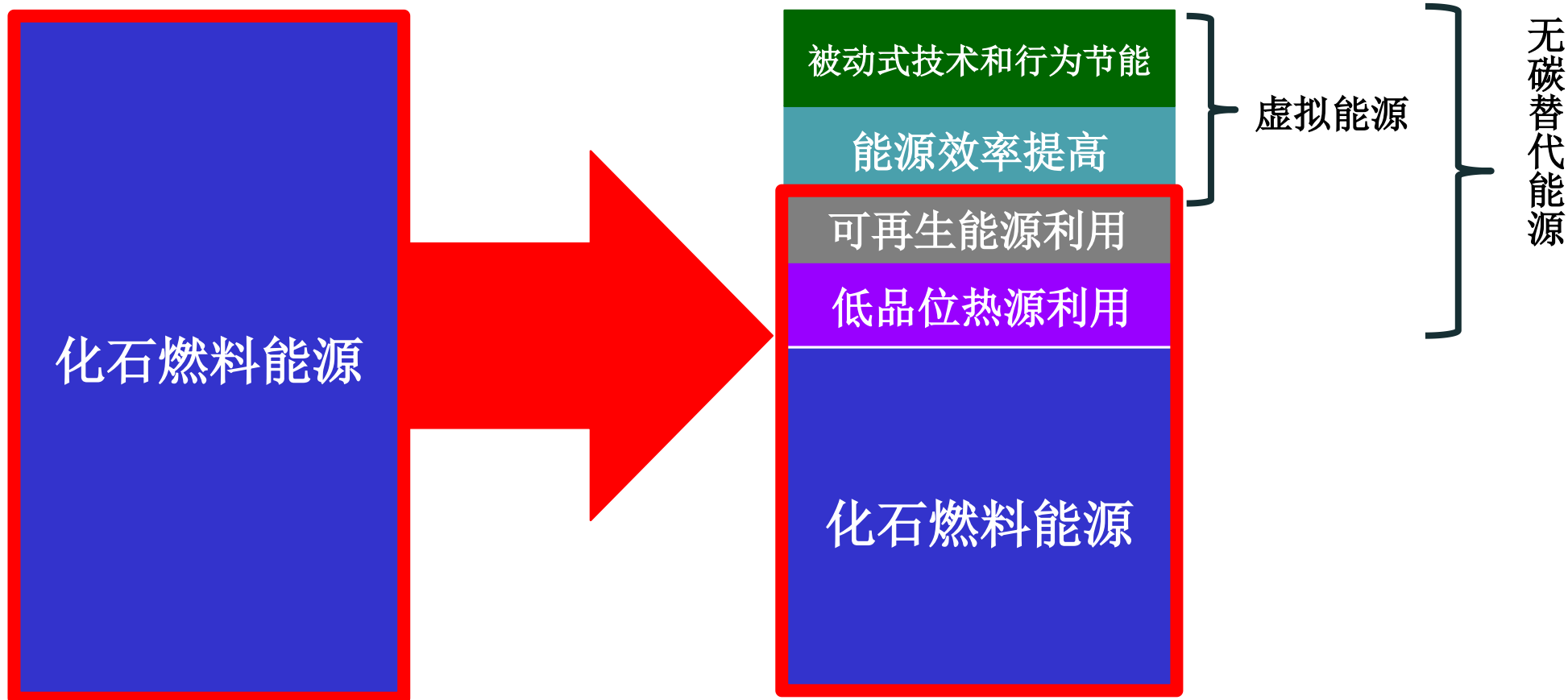
建筑节能潜力 (%)

围护结构传热系数达到65%节能标准	5
窗墙比控制在50%以下	5
设定温度夏季提高1℃，冬季降低1℃	3-4
照明控制在节能目标值	16

上海市公共建筑能耗限额中的先进值

公共建筑类型		单位建筑面积综合能耗 [kgce/(m ² •a)]
医院		≤60
酒店	五星级饭店	≤55
	四星级饭店	≤48
	一至三星级饭店	≤41
商业建筑	百货店及购物中心商业建筑	≤65
	超市及仓储店商业建筑	≤75
	家电专业店商业建筑	≤35
	餐饮店商业建筑	≤150
	浴场商业建筑	≤110
高校		≤15
		或生均350kgce/cap•a
党政机关办公建筑	建筑面积≤2万m ² ，用分体空调	≤32
	建筑面积≤2万m ² ，用集中空调	≤34
	建筑面积>2万m ² ，用分体空调	≤36
	建筑面积>2万m ² ，用集中空调	≤38

节能作为虚拟资源



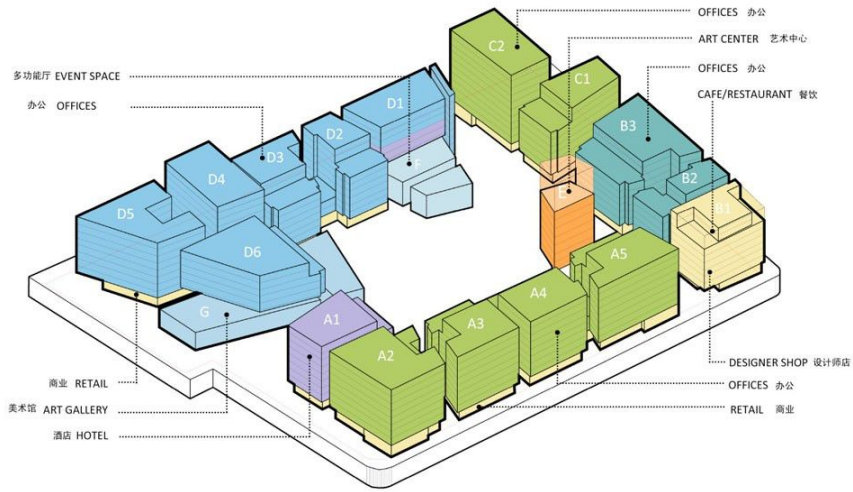
规划节能

Morphology

- 国外研究更倾向于庭院式的、容积率5-6的、覆盖率60%、小高层（6-8层）的城市形态。
- 国外更多研究的是供暖能耗。
- 中国是不是适合？能不能大范围采用？



围合式建筑：杭州江南布衣总部 法国建筑师Renzo piano



慧展科技（杭州）有限公司商业商务应用项目
Renzo Piano Building Workshop & GOA 大象建筑设计有限公司

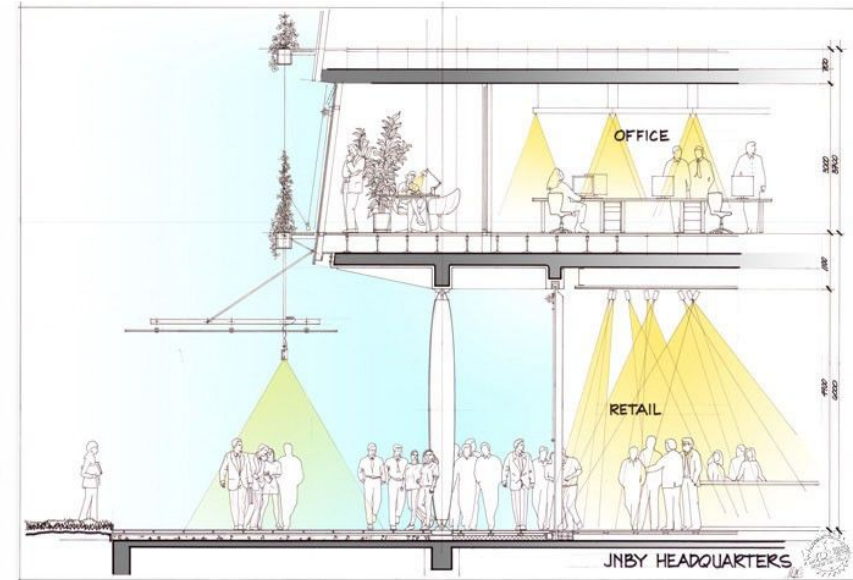
15

Program Distribution

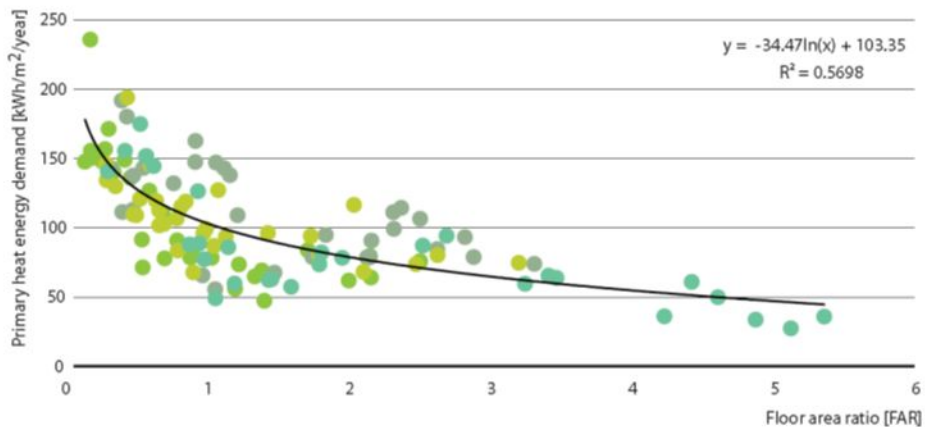


JNBY Headquarters - Hangzhou (China)
Renzo Piano Building Workshop

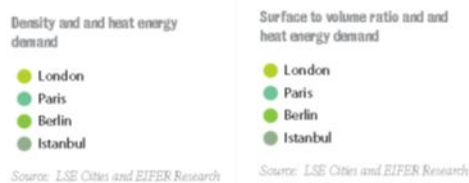
Ground Floor Level - 1:300
July 2013



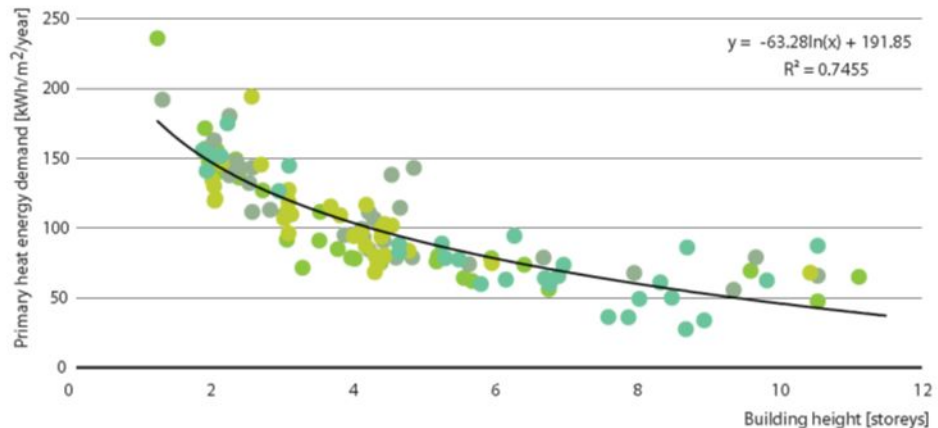
规划节能——伦敦政治经济学院和欧洲能源研究所的研究成果



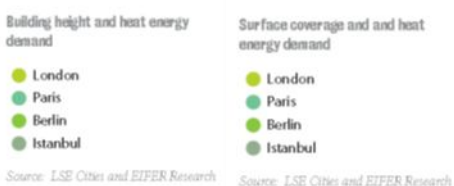
容积率



体形系数

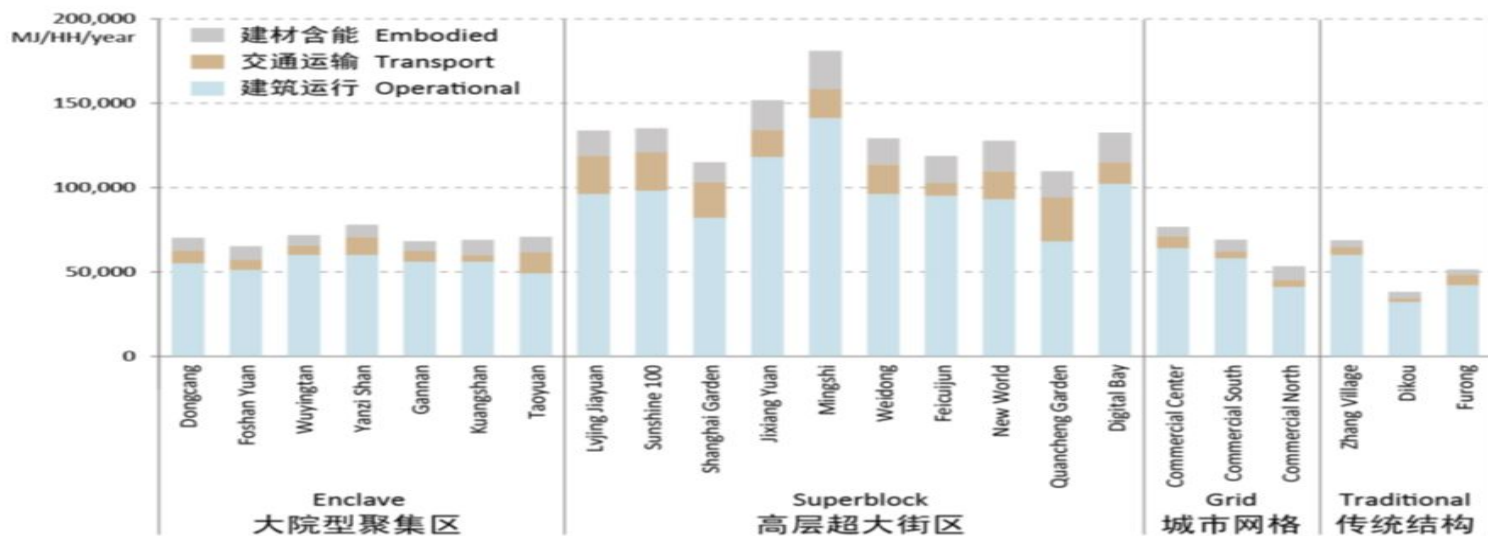


高度（层数）

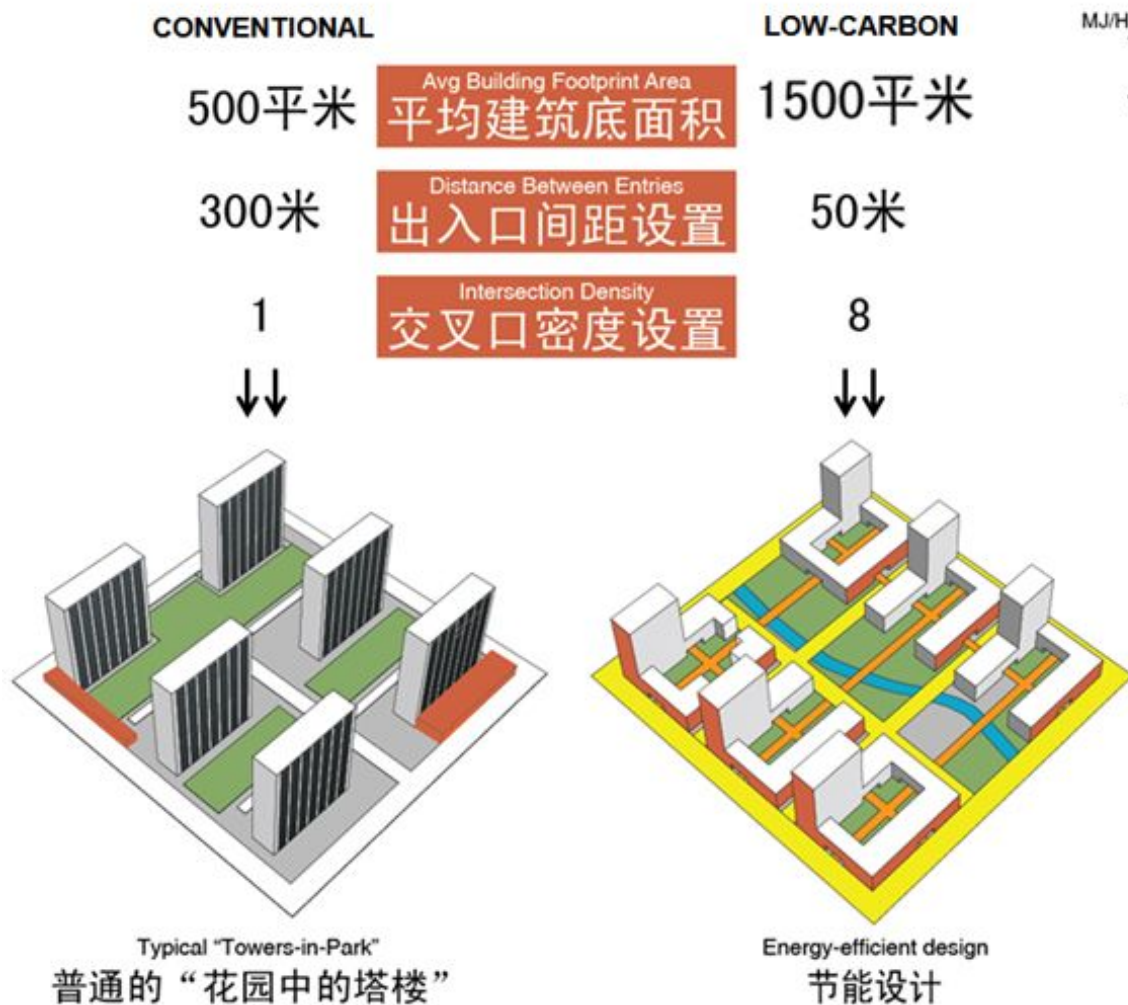


密度（覆盖率）

规划节能——美国麻省理工学院 (MIT) 的研究成果



MIT的研究成果




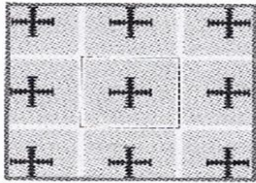
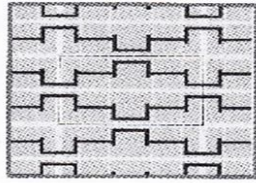

多伦多大学的研究：高密度社区与低密度社区的能耗比较

	单位土地面积能耗 (MJ/km ² .a)		人均能耗 (MJ/p.a)	
	低密度社区	高密度社区	低密度社区	高密度社区
建筑材料隐含能耗 (50年寿命)	91.5	109.3	7365	4678
建筑运行能耗	619	643	49800	27500
私人汽车能耗	341	175	27500	7490
公共交通能耗	16.5	9.1	1300	390

资料来源: J. Norman, etc., Comparing High and Low Residential Density: Life-Cycle Analysis of Energy Use and Greenhouse Gas Emissions,

- 高密度社区的人均建筑能耗是低密度社区的55% ;
- 高密度社区人均交通能耗只有低密度社区的27%。

法国建筑科学技术中心 (CSTB) 城市形态实验室Serge Salat博士的研究成果

	奥斯曼式 巴黎建筑 	摩天大楼 	外墙折线 缩进式建筑 	格式 单元楼 
平均U值 2.93W/(m ² K) 供暖需求 kWh/(m ² a)	129	141	129	285
平均U值 0.87W/(m ² K) 供暖需求 kWh/(m ² a)	39	51	43	50
体形系数S/V	0.17	0.16	0.16	0.37
形态因子 S/V ^{2/3}	9.32	19.66	15.59	24.13
太阳能利用系数	0.42	0.36	0.38	0.38

加拿大Concordia大学研究成果：能源利用与建筑密度之间的关系

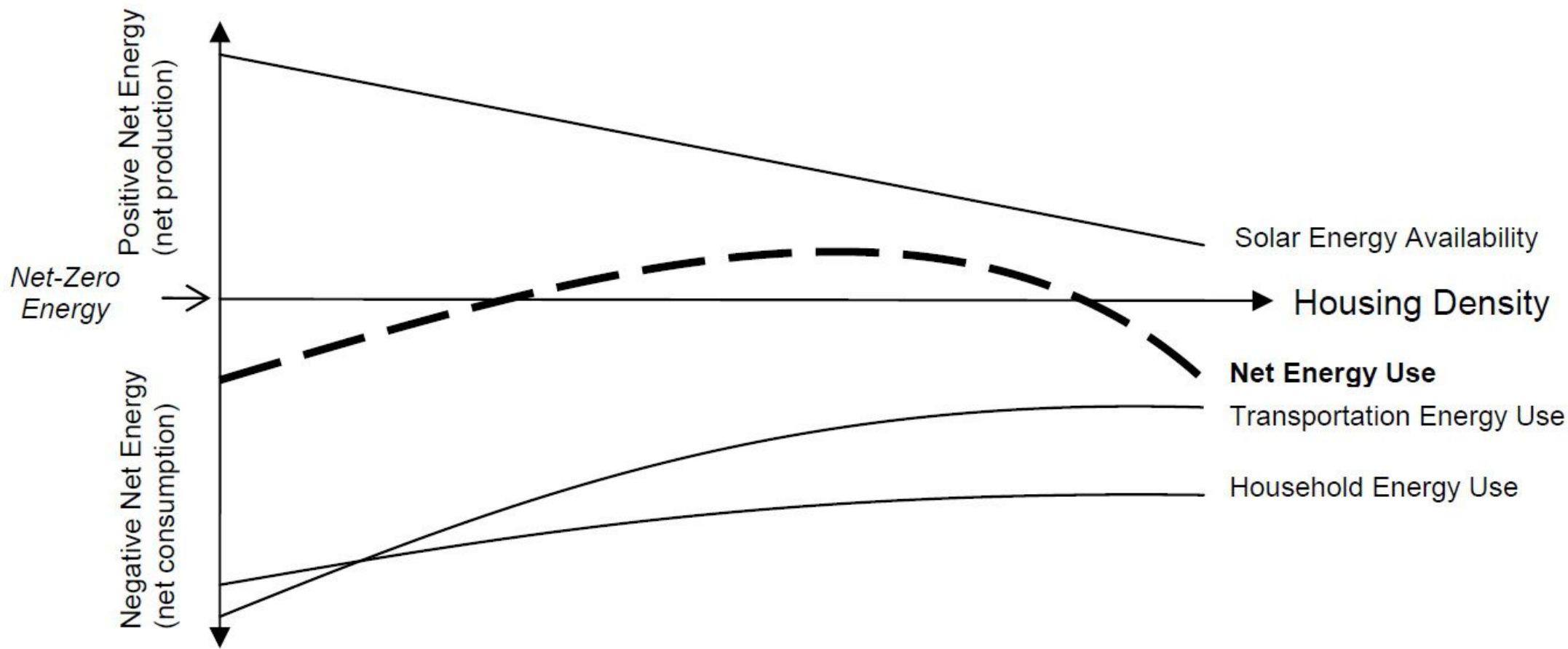
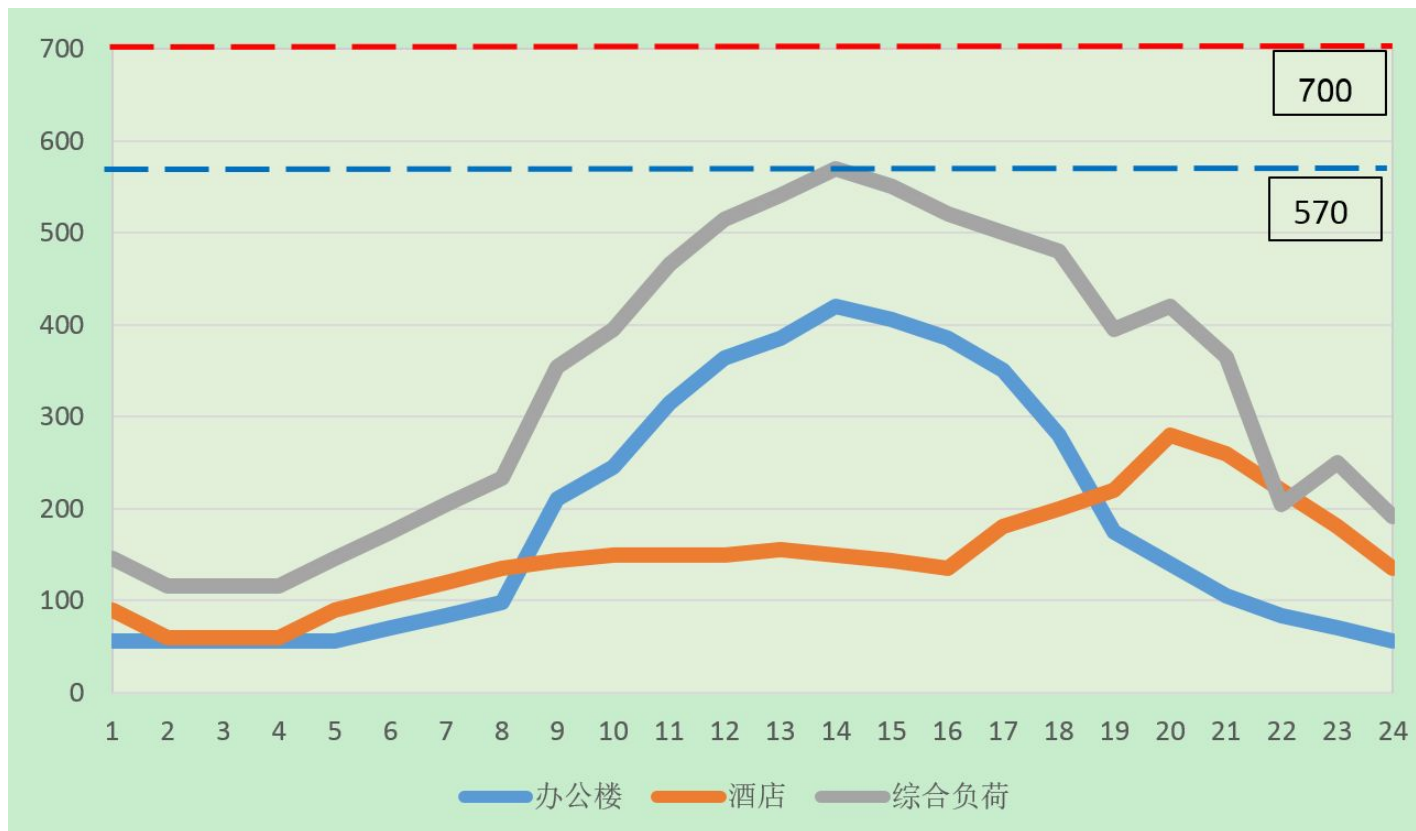


Figure 1. Trends in energy use (or solar availability) versus housing density

混合社区使负荷平准化

- 同样面积10幢楼
- 3间酒店, 7座办公楼
- 酒店负荷95W/m²
- 办公负荷60W/m²
- 酒店总计280W/m²
- 办公总计420W/m²
- 逐时负荷叠加, 最大570W/m²
- 总计负荷叠加, 最大700W/m²
- 按前者选冷机, 装机量只要(0.57×面积)kW
- 70%以上运行时段超过10小时
- 按后者选冷机, 装机量为(0.95×酒店面积+0.60×办公面积)=(0.70×面积)kW
- 全天负荷率在57%以下
- 资源能源的浪费
- 经济效益的降低



城镇格局优化技术研究——同济大学对上海住宅形态的能耗分析



6层公寓



14层公寓



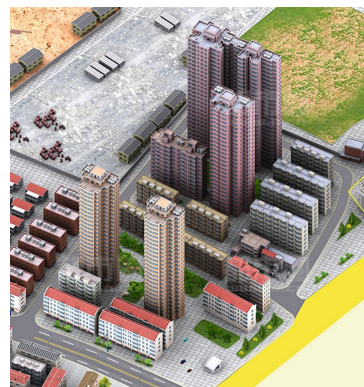
28层公寓



花园洋房



里弄



板楼/高层住宅混合



高层/超高层混合

200m×150m范围内的总能耗与容积率关系

	容积率	单位面积能耗KWh/sq.m	总能耗 10000*KWH
花园洋房	0.44	38.48	51.02
6层公寓	1.1	18.98	62.78
14层公寓	2.09	19.97	125.48
28层公寓	5.71	19.91	341.18
里弄	3.23	20.7	200.68
板楼高层混合	2.91	27.13	237.44
高层超高层混合	3.49	27.19	284.73

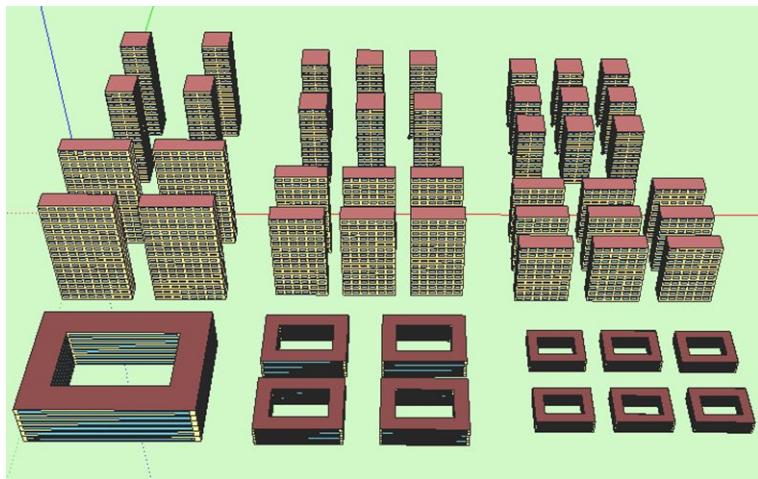
分项能耗对比kWh/m²

	空调	照明	设备	电梯	单位面积能耗
6层公寓	5.88	4.91	8.19	0.57	19.55
花园洋房	25.50	4.76	8.22	0.00	38.48
14层公寓	5.70	4.83	7.92	1.51	19.97
28层公寓	5.75	4.90	8.04	1.22	19.91
里弄	7.72	4.84	8.14	0.00	20.70
板楼高层混合	13.04	4.04	8.17	1.88	27.13
高层超高层混合	13.28	3.88	8.17	1.70	27.19

被动式技术的节能效果

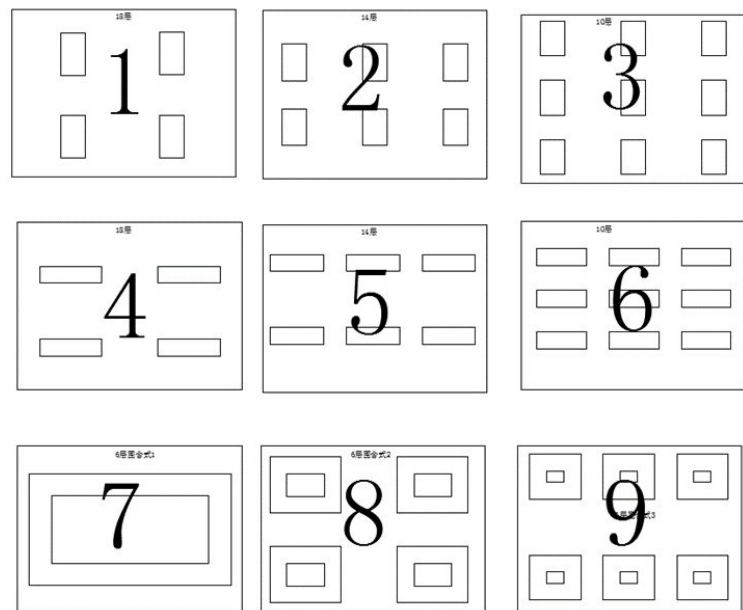
	基础能耗 KWh/m2	采光节能 KWh/m2	自然通风节能 KWh/m2	单位面积能耗 KWh/m2
6层	21.18	-0.14	-1.49	19.55
花园洋房	53.77	-10.50	-4.79	38.48
14层	21.35	-0.52	-0.86	19.97
28层	21.02	-0.19	-0.92	19.91
里弄	22.19	-0.19	-1.30	20.70
板楼高层混合	29.91	-2.76	-1.90	27.13
高层超高层混合	29.70	-2.65	-1.56	27.19

行列式、散点式、围合式建筑在上海地区的能耗研究



供冷能耗比较

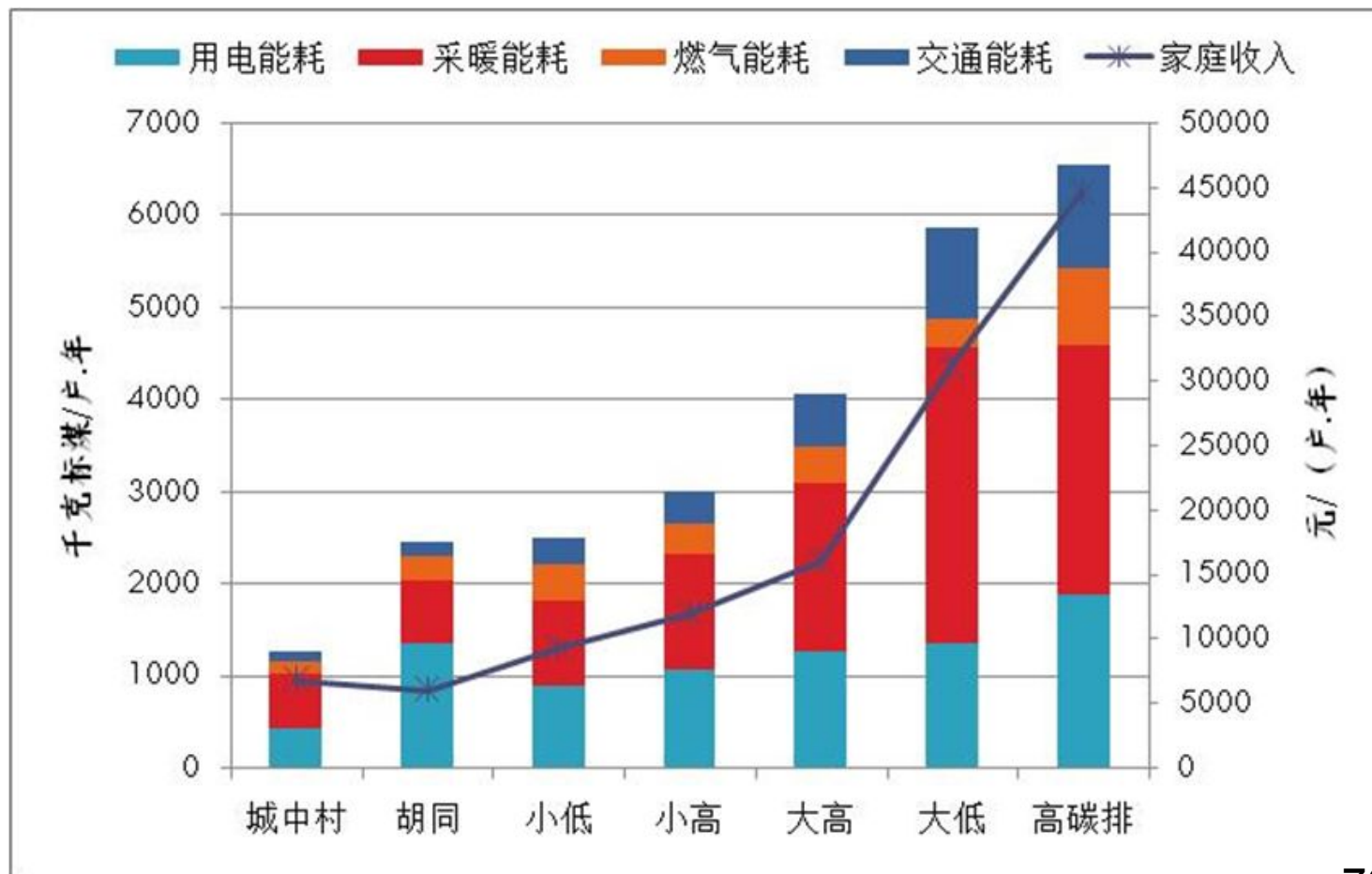
供暖能耗比较



北京市规划院的研究成果——住宅区能耗

Results from Beijing Institute of City Planning and Design

- 全部调查样本（826户家庭）平均家庭总能耗为**3029**千克标煤/年
- 分城中村、胡同、小街区中低密度、小街区高密度、大街区中高密度、大街区中高密度、高碳排放住宅。
- 与家庭收入挂钩。



规划节能的节能潜力

行为节能要进入规划

- 不是研究如何限制用能，而是探讨如何科学用能。
- 需要大数据的支撑。
- 通过大数据研究什么样的措施能推进行为节能。
- 综合的、科学的、以人为本的规划可以促进行为节能。
- 有和无、优和劣。
- 节能量成为资源。



“互联网+”时代的能源微网

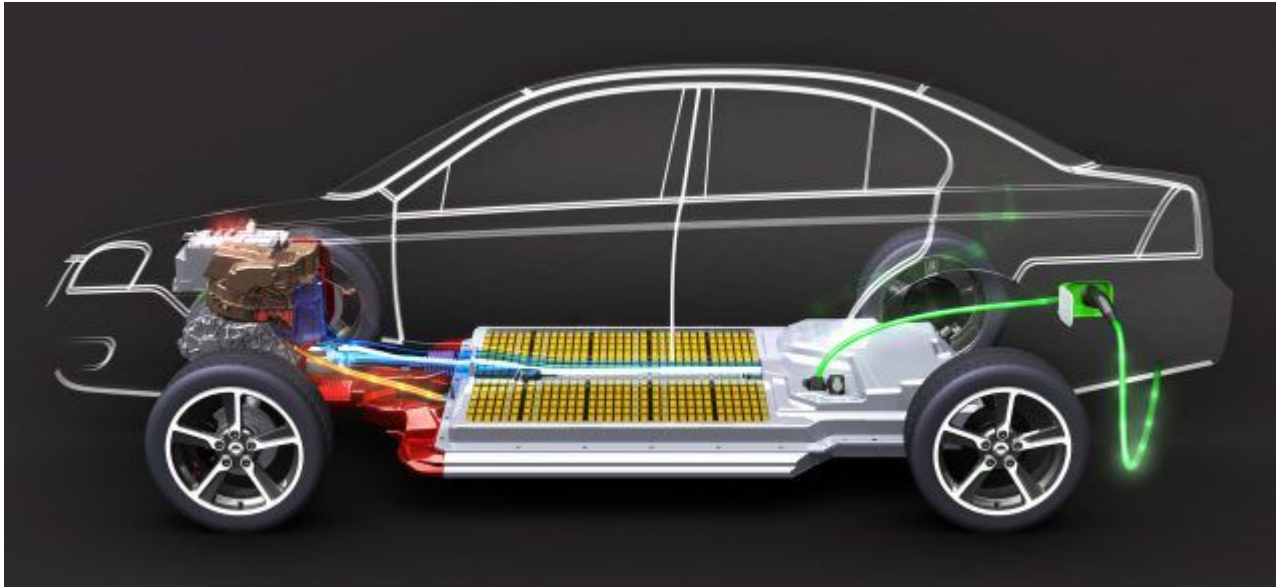
能源互联网典型案例——Tesla电动汽车

(Model S和Roadster)



特斯拉最大特色是用了分布式能源和互联网技术

- Model-S用了8,142节笔记本电脑用的18650钴酸锂电池，电池容量85kWh，作为底盘。
- Roadster用了6,831节18650电池。
- 非常先进的BMS电池管理系统，优化电池组的联接路由和充放电过程，使快速充电时间达到5分钟，已经与燃油汽车加满油的时间相当；一次充电的续航里程达到500km。



第三次工业革命的五大支柱

杰里米·里夫金(Jeremy Rifkin)

- 可再生能源；
- 建筑成为微型发电厂；
- 在建筑及基础设施中使用储能技术；
- 利用能源互联网技术将分散的能源系统转化为共享网络；
- 运输工具转向插电式以及燃料电池动力车。



三代分布式能源

●根据国际分布式能源发展历程，可以把分布式能源分为三代，

第一代是传统的热电联产：单一燃料（煤或天然气）输入、热电输出、单一中心能源站（**热电厂模式**），发电机规模300MW以下，电力上网，蒸汽或高温水输出，**靠近用户**；

第二代是区域或楼宇的冷热电多联产：即清洁燃料（天然气）输入、多种形式能源（热、电、冷、热水）输出、单一中心能源站（**冷热电三联供模式**），由于需要供冷，发电机规模在50MW以下，电力并网或上网，热水和冷水输出。在中国受制于消防、建筑和投资的因素，多数新建冷热电三联供都是区域级的，**接近用户**。

第三代是分布式多能源品种（可再生能源和清洁能源）发电，多种形式能源（热、电、冷、热水）输出，每一幢建筑既产能也用能，形成多个产能节点，通过能源互联网共享资源（**能源微网模式**），**贴近用户**。

第三代分布式能源的主要技术

●美国咨询机构Navigant Research将分布式能源系统的主要技术归结为：

- ① 小于1MW的太阳能光伏；
- ② 小于500kW的小型风力发电；
- ③ 固定式燃料电池；
- ④ 小于6MW的天然气发电机组；
- ⑤ 小于6MW的柴油发电机组。

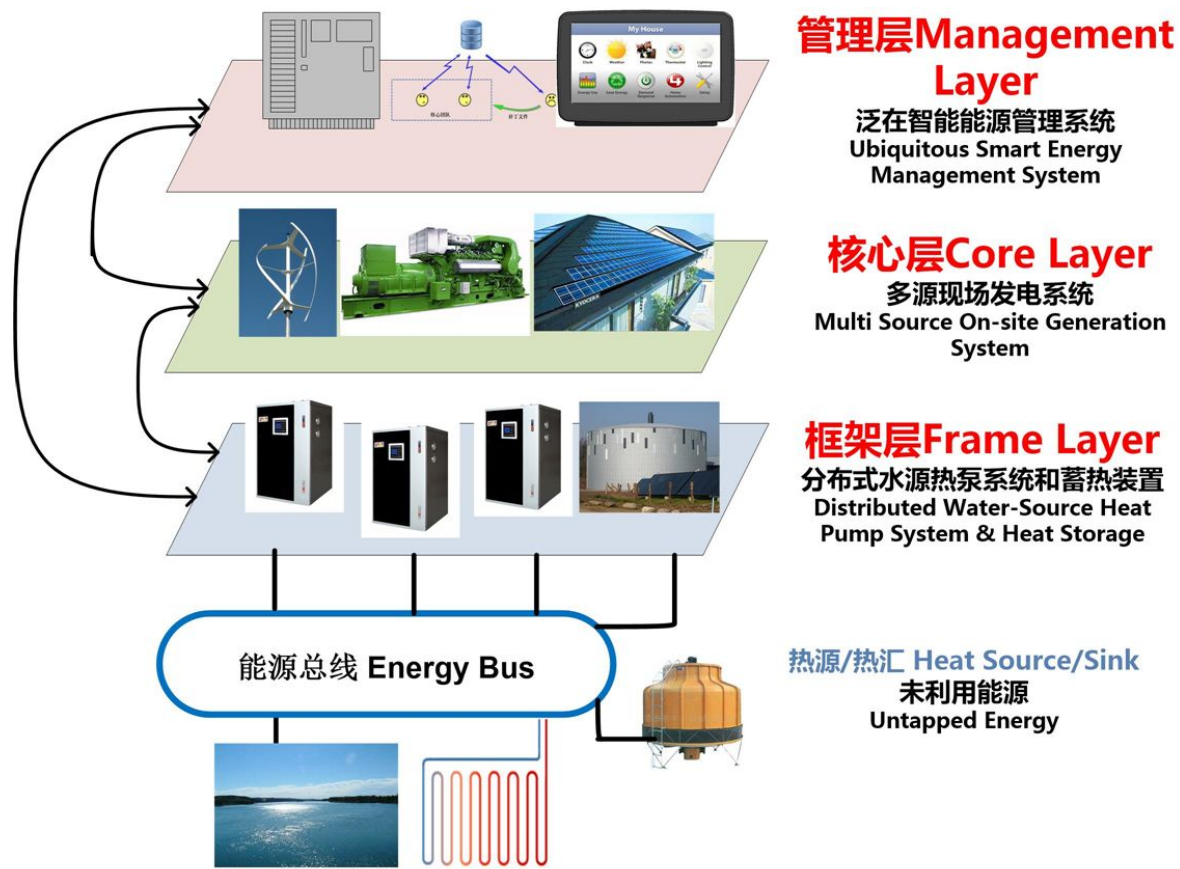
由于发电设备的紧凑性和高度自动化的特点，能源机房可以设在建筑物内，减少了对土地的占有。

基于能源互联网。

第三代分布式能源的主要特点

- 分散在千家万户的小型、微型现场发电系统（以光伏/小风电/燃料电池为主）
- 既是消费者（Consumer）又是生产者（Producer），所以是Prosumer。
- 多种能源集成应用，需要有储能装置调节。热泵供冷供热和蓄冷蓄热就是最好的间接蓄电方式。
- 通过能源互联网实现资源共享
- 通过降低负荷和降低需求实现低能量密度的可再生能源和未利用能源的高效利用。
- 与城市规划密切结合。
- 集散式和分布式的能源微网和能源总线作为网络和Hub。

城区能源微网的3个层次



在统一平台上实现双向控制功能

Ubiquitous Green Community Control Network

- 核心层可再生能源和分布式能源的电力调度；
- 热泵蓄能控制；
- 用户端电力能源“产销合一”控制、计量、计费 and 交易；
- 用户端冷热用能的计量和计费；
- 能源总线源/汇的协调控制；
- 能源总线管网控制；
- 能源中心和能源站的运行管理；
- 城区能耗监测、统计和分析；
- 系统运行状态诊断与调适；
- 能源系统运行状态和能效的实时演示。



趨勢

近期发展

- 开展科学研究。
- 需求侧能源规划应融合到城市规划体系之中。
- 编制规划标准、规范和导则，出版专业书籍。
- 能源微网作为城镇基础设施，在城市规划中统筹。
- 示范工程。
- 开放城镇分布式能源市场，鼓励民间资本进入城镇能源领域。
- 对城区能源系统开展能效监测和能效对标。

需要研究和探讨的问题

- 用什么指标评价服务业能耗？
- 如何统筹考虑产业/交通/建筑三大领域能耗？
- 如何利用大数据做负荷预测？
- 如何变分散利用资源集中供能为集成利用资源分布式供能？
- 能源微网如何优化运行？
- 城区能源系统的多赢的商业化经营模式。
- 环境和社会影响的负面清单。

未来城市——混合社区的基本邻里单元（约700×700m）



Any Questions?

