

区域能源规划实践与问题思考

江苏省住房和城乡建设厅科技发展中心 王登云

2015年11月 上海

Part_1 政策背景

Part_2 思路方法

Part_3 实践成效

Part_4 问题思考



省政府办公厅关于印发《江苏省“十二五”能源发展规划》的通知（苏政办发〔2012〕71号）

- **变革供能方式**：以分布式能源、热电联产、智能电网为重点，全面推动供能方式变革，努力提高电力、天然气、可再生能源等清洁能源比重，提高能源使用效率。
- **分布式能源**：按照“统筹规划、分散布局，区别对待、就近利用，多能协同、系统集成”的思路，发展分布式能源。以天然气、企业废弃能源和地热等为主，结合建筑光伏应用，发展楼宇型、区域型分布式能源系统。
- **热电联产**：按照“以热为主、依热定电，规划先行、布局合理”的原则，有序发展热电联产。在热负荷强度高的主城核心区发展天然气为燃料的热电联产。鼓励发展余热余压、废弃能源为主要燃料的小型热电联产。
-



省政府办公厅关于印发《江苏省绿色建筑行动实施方案》的通知（苏政办发〔2013〕103号）

- 进一步推动太阳能、浅层地能、生物质能等可再生能源在建筑中的应用，合理开发利用浅层地能等其他可再生能源，开展可再生能源资源评估工作，确立地源、水源、污水源热泵应用适宜地区
- 鼓励各地编制区域能源规划，并做好与城乡建设规划的有机衔接。

Part_1 政策背景



《江苏省绿色建筑发展条例》已由江苏省第十二届人民代表大会常务委员会第十五次会议于2015年3月27日通过，自2015年7月1日起已正式施行。

- 编制城市、镇总体规划应当遵循绿色生态发展理念，落实生态环保、**可再生能源利用**、水资源综合利用、土地节约集约利用等要求。
- 县级以上地方人民政府应当组织编制本行政区域绿色建筑、**能源综合利用**、水资源综合利用、固体废弃物综合利用、绿色交通等专项规划，按照规定报批后实施。将专项规划的相关要求纳入控制性详细规划。

Part_1 政策背景



Part_1 政策背景

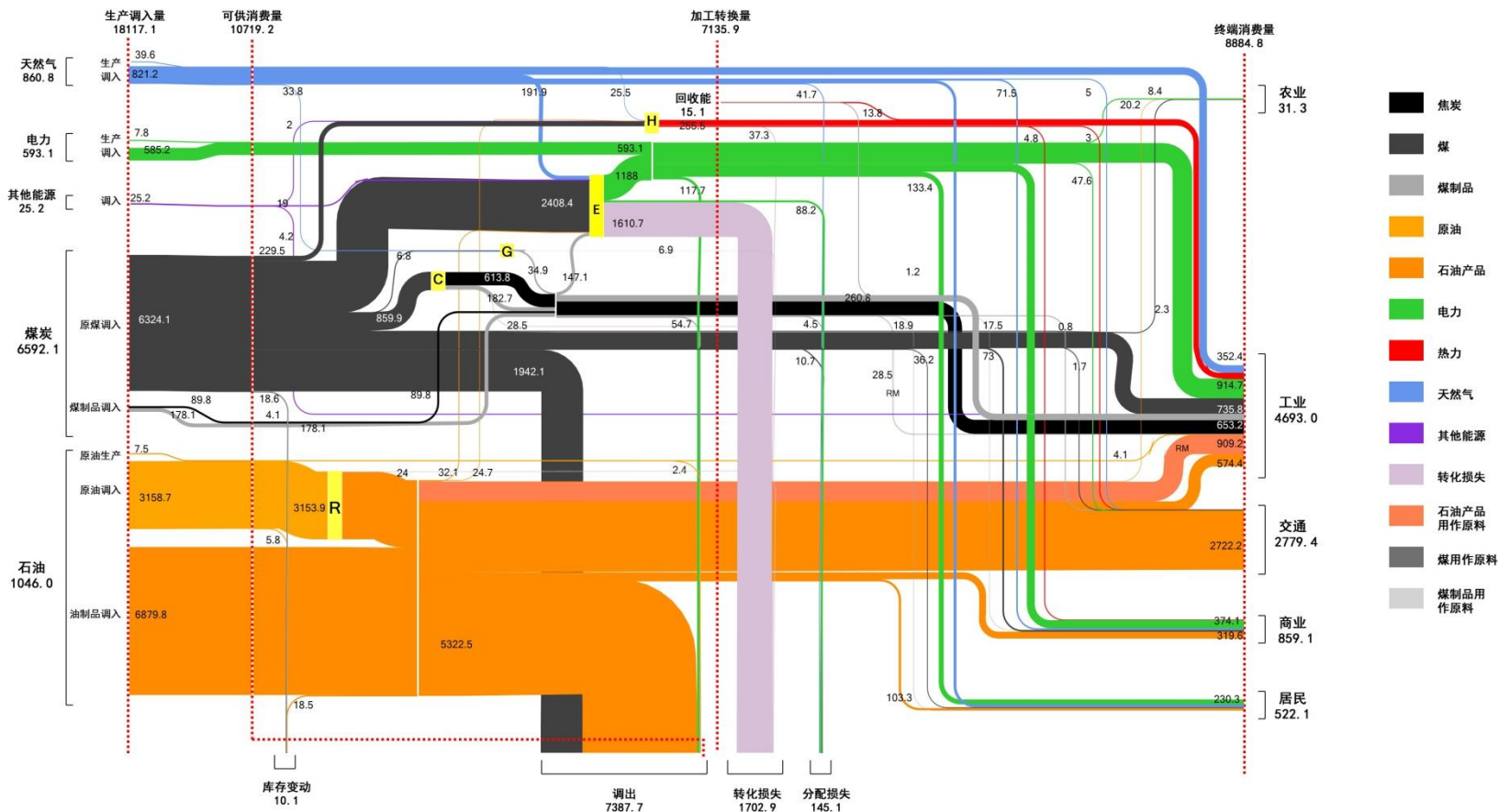


Part_1 政策背景



Part_1 政策背景

正在编制的江苏“十三五”能源发展规划：



注：黄色矩形表示能源加工转换过程。H表示制热，E表示发电，O表示炼焦，G表示制气，R表示炼油。
来源：复旦大学能源流向与碳排放因子数据库
<http://202.120.227.3/dvn/dv/FDED>

版权所有©复旦能源

发展目标

- 能源结构进一步优化调整；
- 大幅提高**可再生能源**比重；
- ✓ **集中与分布**并重、**集中送出与就地消纳**相结合；
- ✓ **风能、太阳能、地热能**等；

Part_1 政策背景

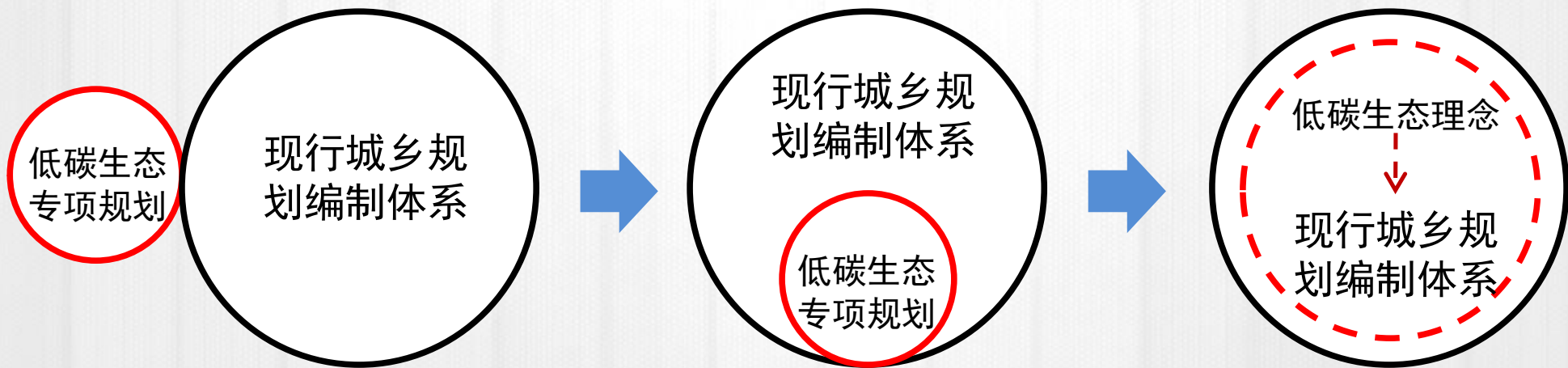
Part_2 思路方法

Part_3 实践成效

Part_4 问题思考

Part_2 思路方法

- 绿色生态专项规划（包括能源规划）形式演变经历以下三个阶段：



第一阶段：

位于现行规划体系以外的绿色生态专项规划

第二阶段：

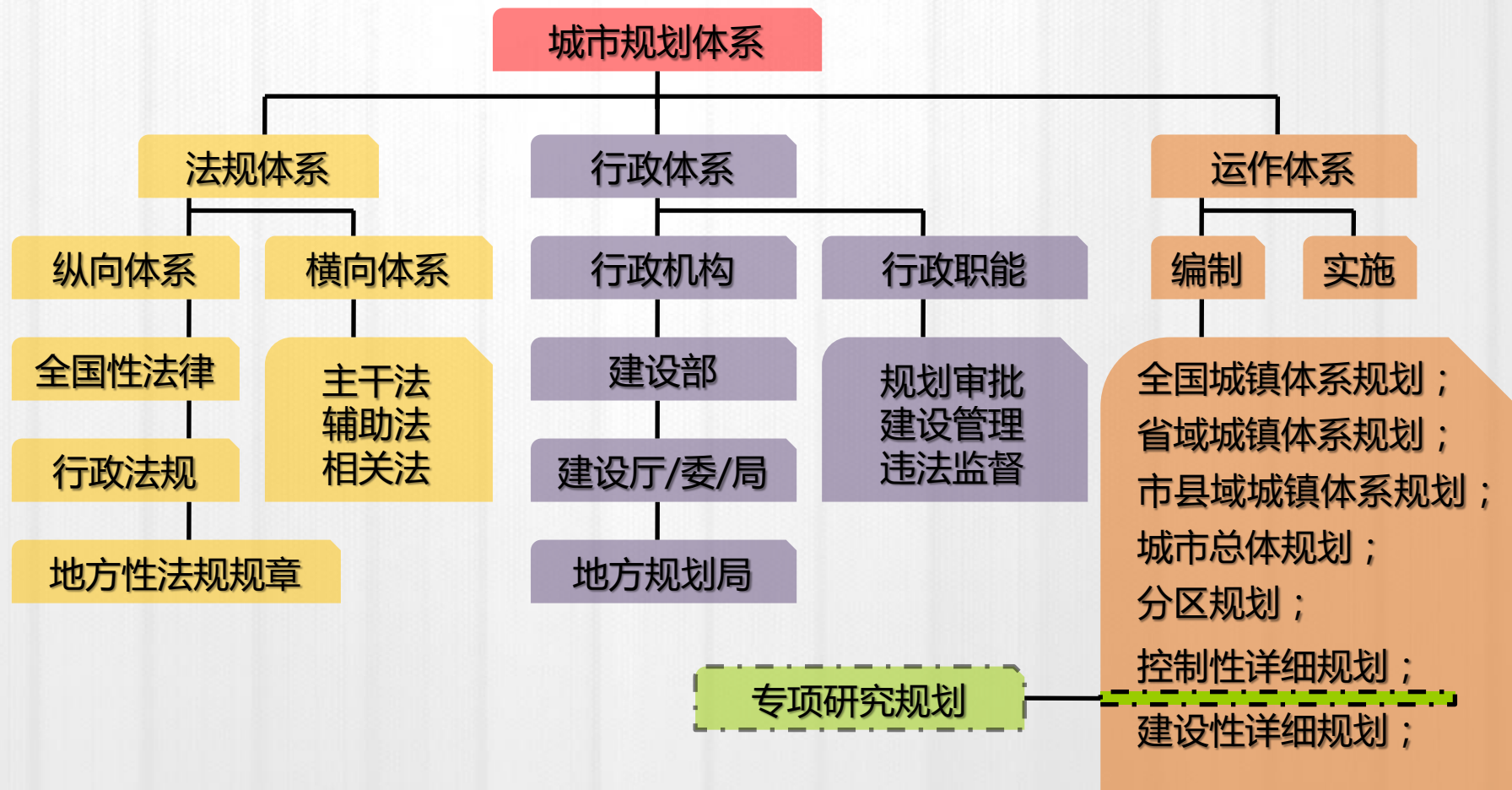
纳入现行规划体系的绿色生态专项

第三阶段：

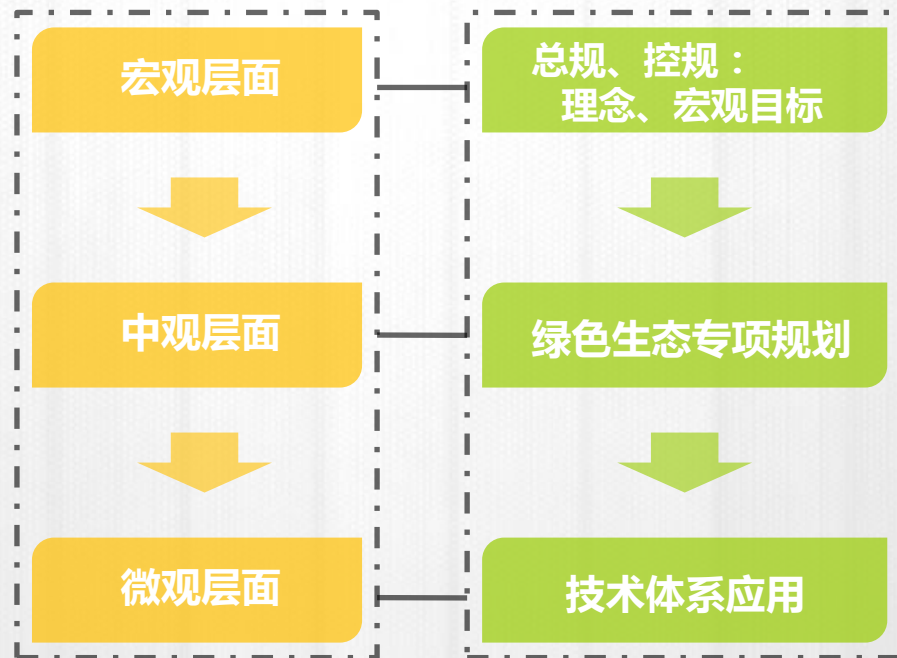
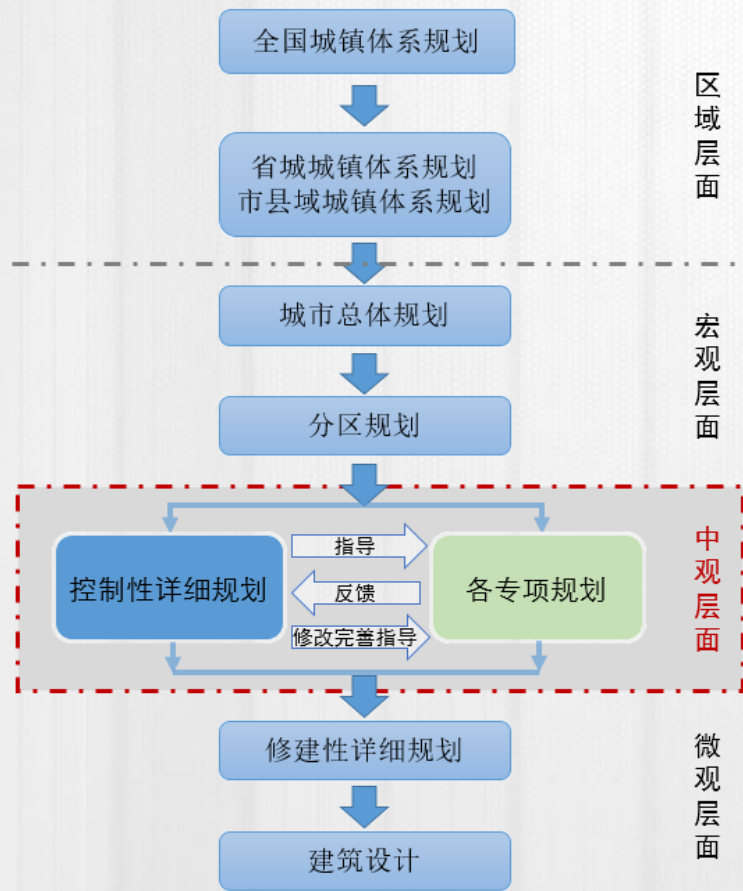
融入低碳理念的现行规划体系

Part_2 思路方法

□ 专项规划研究定位:



Part_2 思路方法



加强宏观层面的规划原则和目标体系与微观层面的技术应用之间的**衔接**

Part_2 思路方法

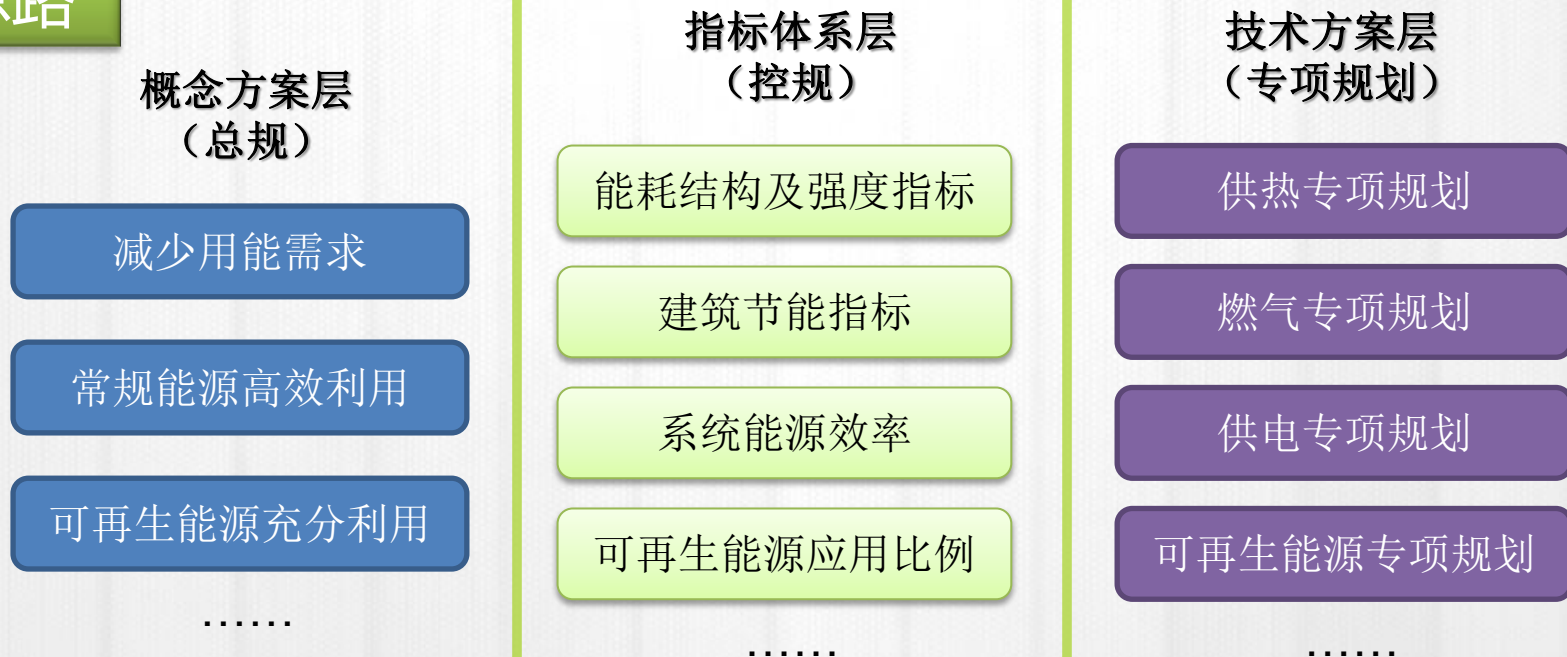
能源规划的原则

- 1 能源的选择要因地制宜地遵循低碳能源、可再生能源最大化
- 2 能源规划与市政设施规划相结合，基础设施功能最大化
- 3 能源梯级利用，品质对口，节能效率最大化
- 4 能源系统规划和建筑用能系统的匹配优化，经济效益最大化



Part_2 思路方法

能源规划的思路



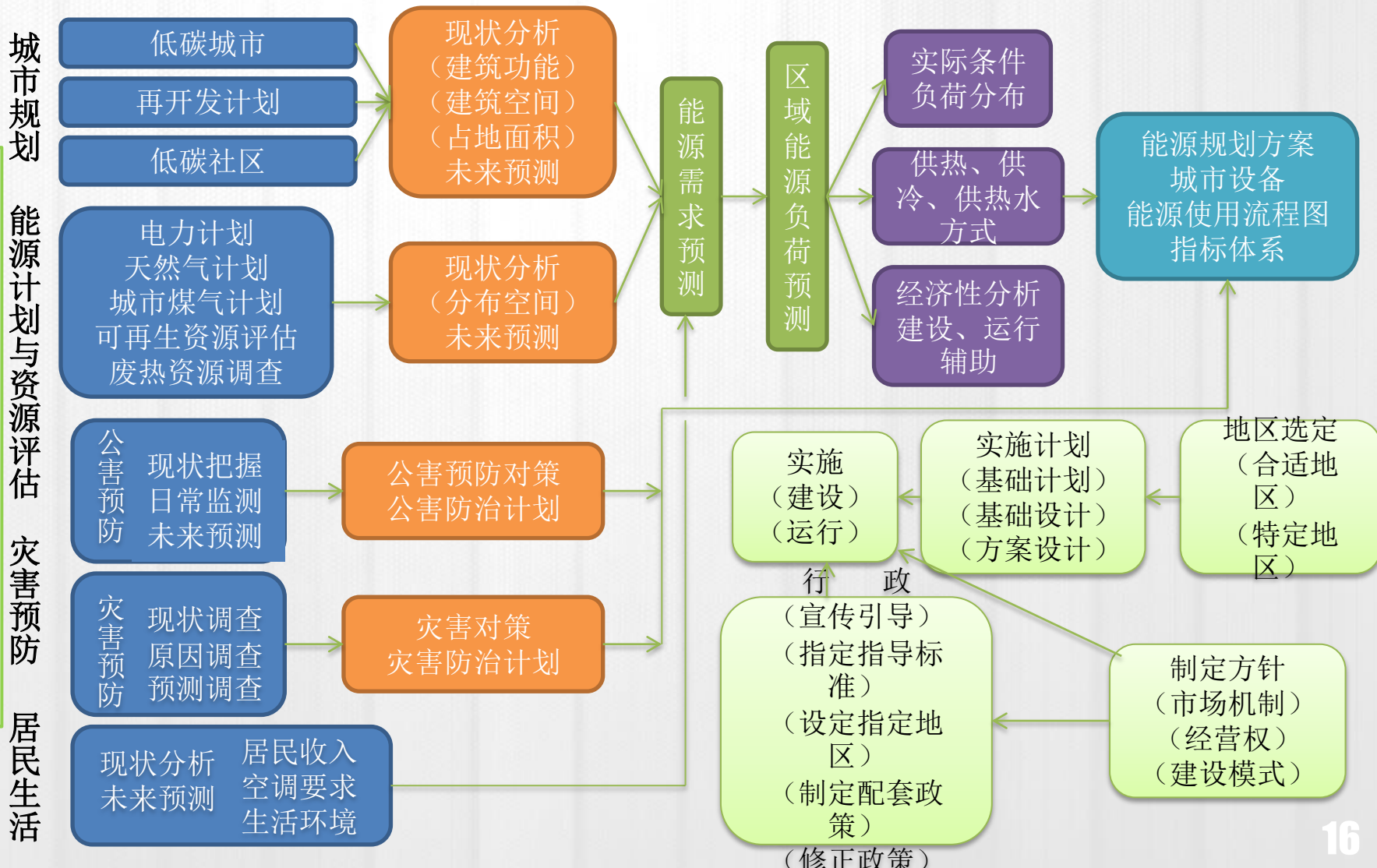
建筑区域能源系统是一个多元、复杂的系统工程，难以建立完整的系统模型来描述区域能源问题。因此，首先应逐步建立城市建筑供热、空调、燃气和电力需求的各能源系统模型，然后对城市能源系统的不同方案进行模拟计算，引入情景分析法进行比较和分析，得到最佳的规划方案。

Part_2 思路方法

能源规划流程

将**城市规划**、**能源计划**与**资源量评估**、**灾害预防**和**居民生活**四个方面有机结合，从实际出发进行规划和设计。

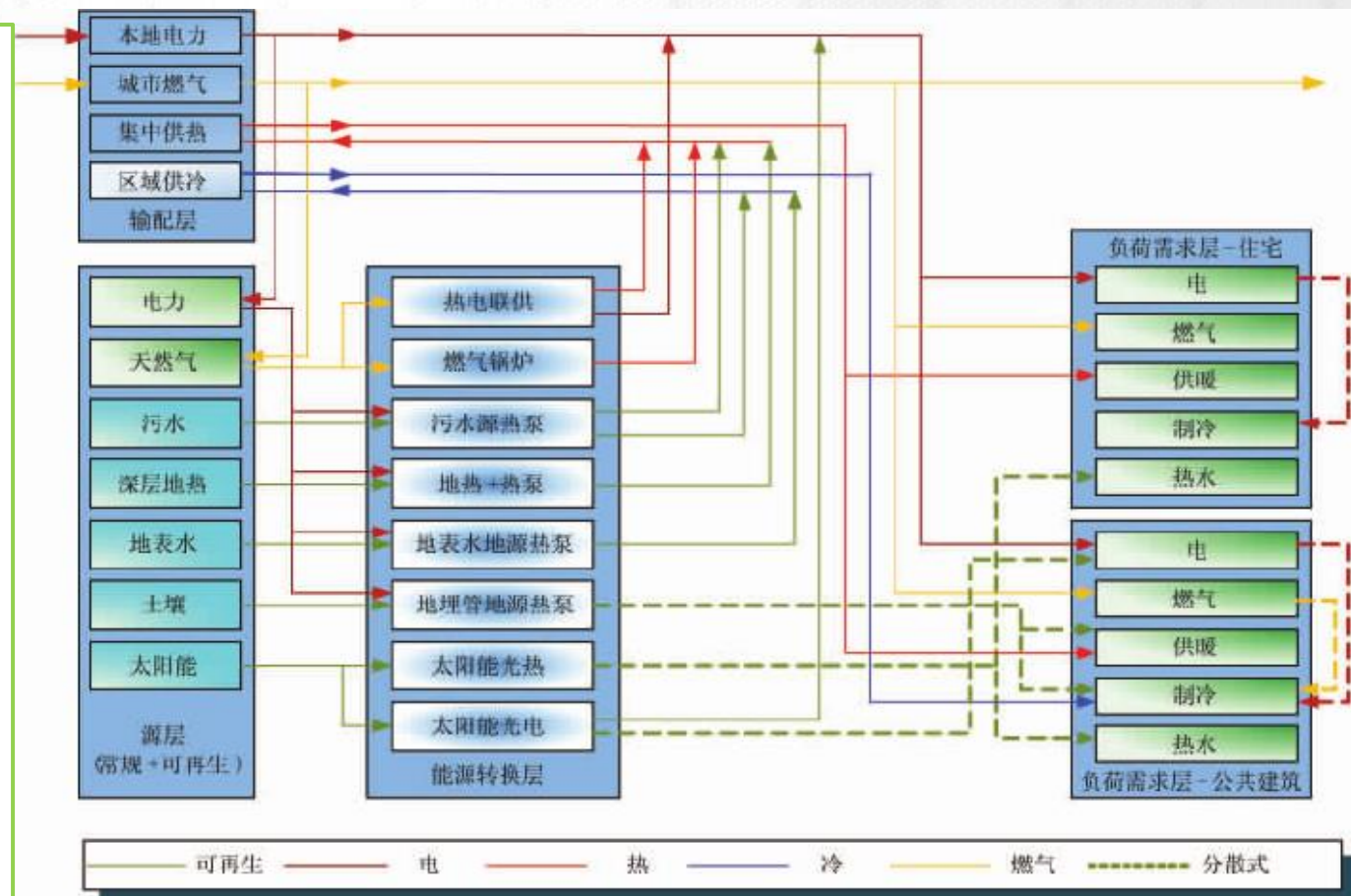
将四个方面的系统建立起来后结合建筑功能和布局进行**用能预测**。



Part_2 思路方法

能源供应系统

从能源预测（包括能源需求预测和能源资源量预测）着手，探讨适合规划区域内的能源系统技术利用，在指标体系的引导下合理调整能源结构，得到规划区域的总体建筑能源战略，根据规划区域各个地块的性质及用能情况，通过分析、计算将以上的能源量化指标细化到每一个小地块上，得到分地块能源分配，最后规划区域整体的能源供应系统。

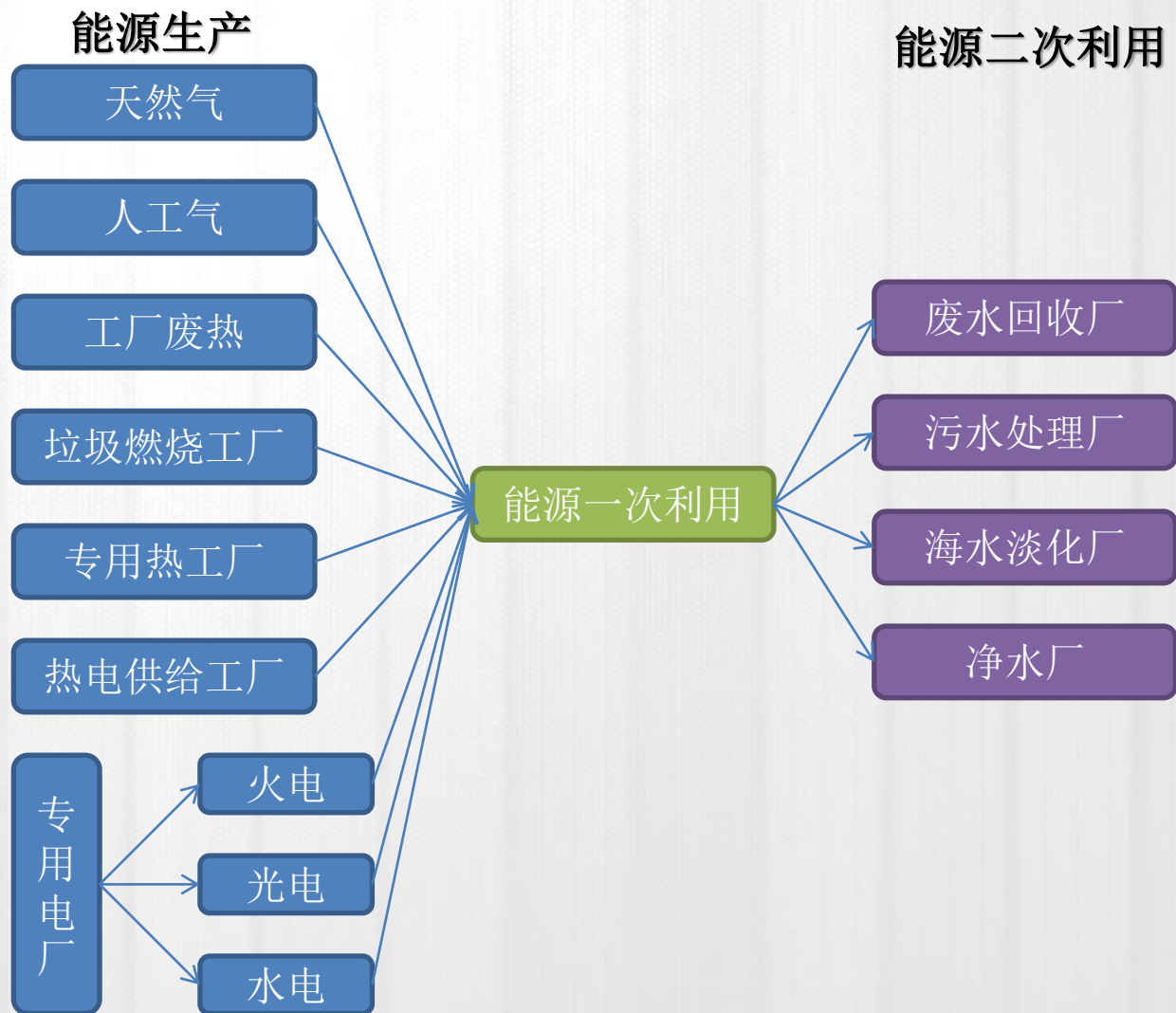


Part_2 思路方法

城市设备

城市设备是城市能源规划中重要的组成因素，包括热力厂、电厂、水厂、垃圾处理站等。在进行低碳城市建筑区域能源设备设计时，应依据建筑物的规模以及使用目的，在城市规划之初决定其大概性质。但与此相矛盾的是城市设备规划与建筑物的规划不同。由于城市规划是从中心向周边地区慢慢扩大，因而随着城市的扩大，城市设备的规划变得极为困难。

城市设备的规划必须对将来其建筑物可能的城市化进行先行研究。也就是说，**在城市规划中，包含城市设备的城市能源规划必须进行优先考虑。**



能源规划注意项

1

低碳城市进行建筑区域能源规划，需改变传统规划中各专业“各自为战”的传统做法，将城市供水、供热、供电、供气等涉及能源的**各项规划统一考虑**；

2

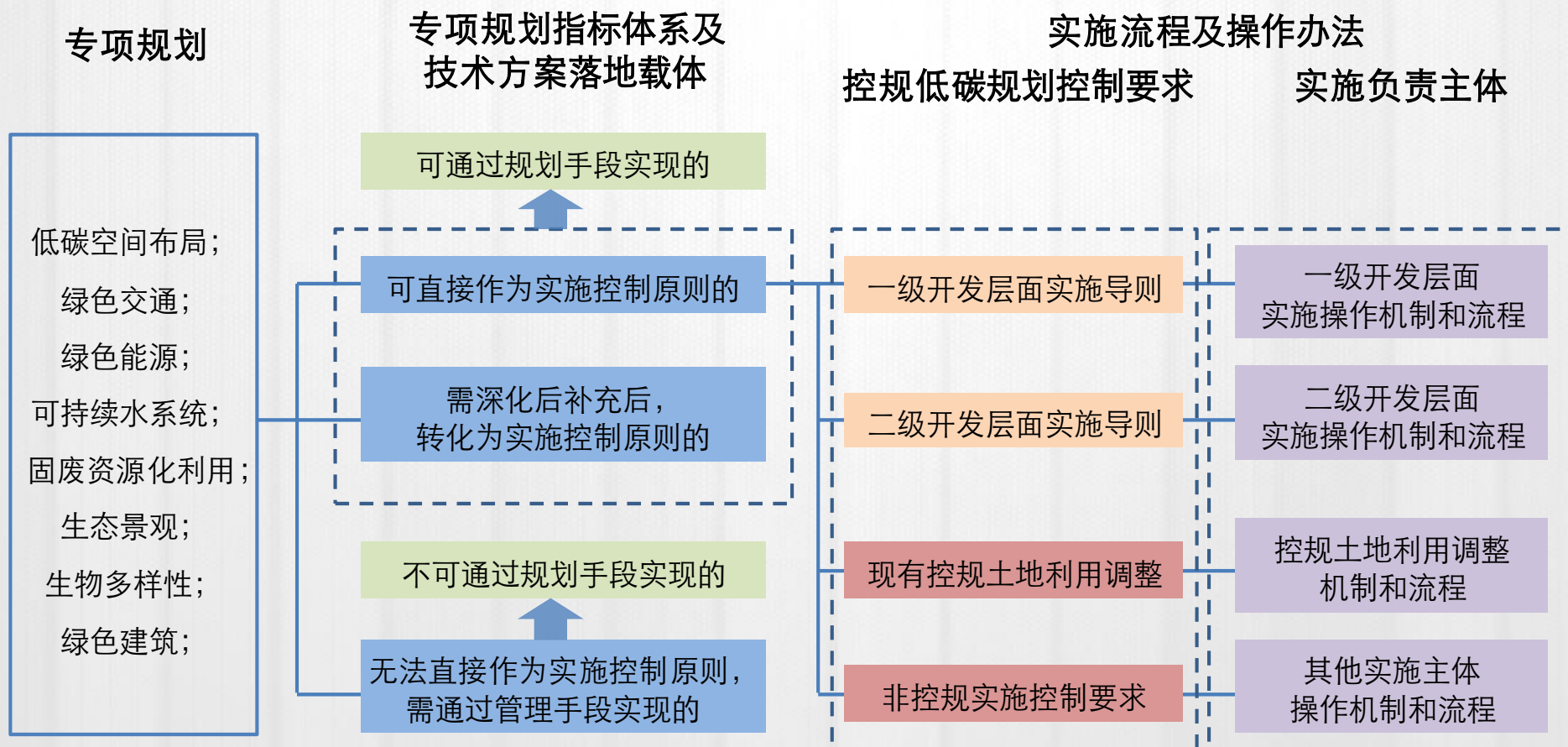
建筑区域能源规划是一项多元、复杂的系统工程，规划时需结合城市规划、能源计划与状况、灾害预防、居民生活等因素**综合分析**；

3

选择建筑区域能源时，需考虑能源的**多元性、可替代性和低碳性**。

Part_2 思路方法

区域能源规划与区域其它专项规划是并列关系，各专项规划实施流程如下图所示。



Part_1 政策背景

Part_2 思路方法

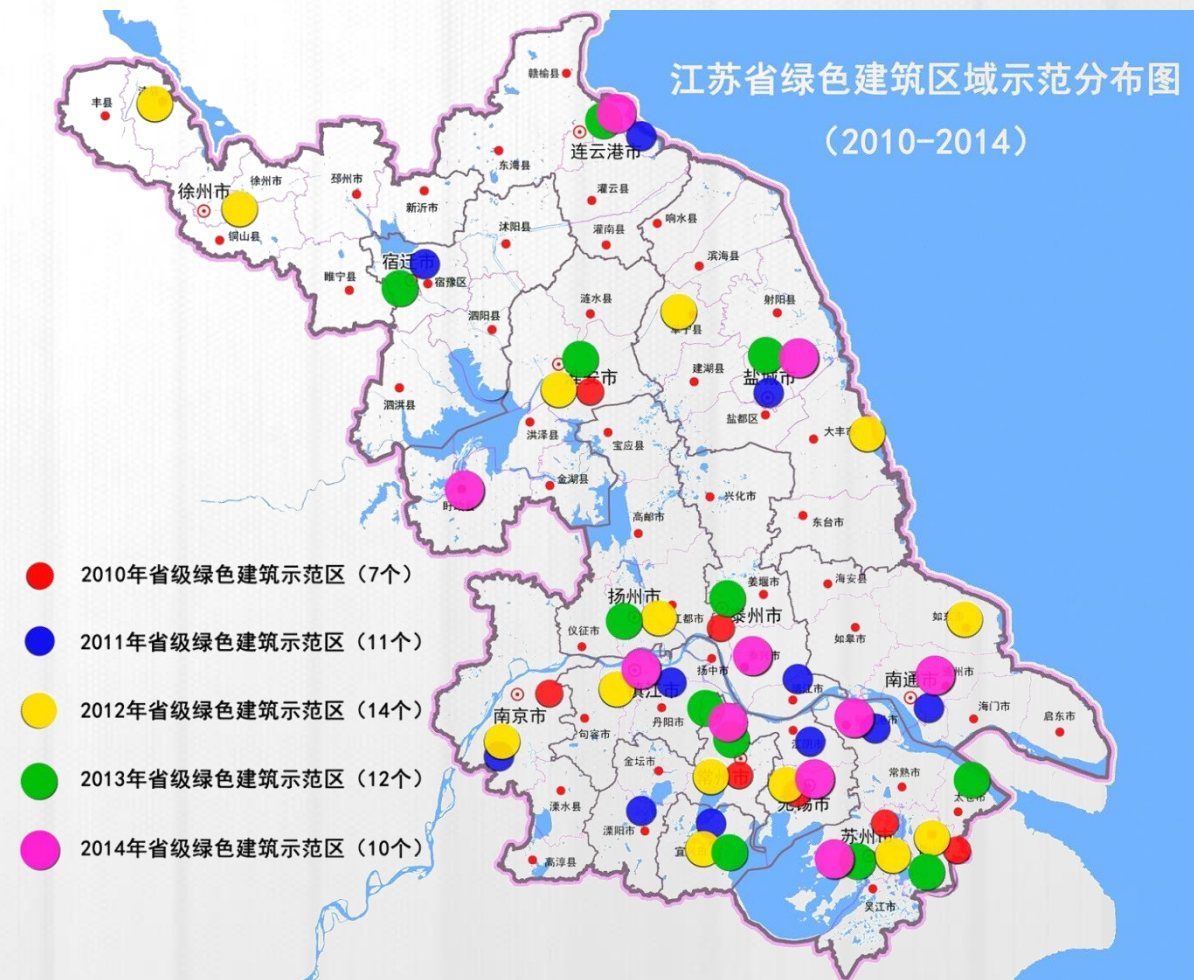
Part_3 实践成效

Part_4 问题思考

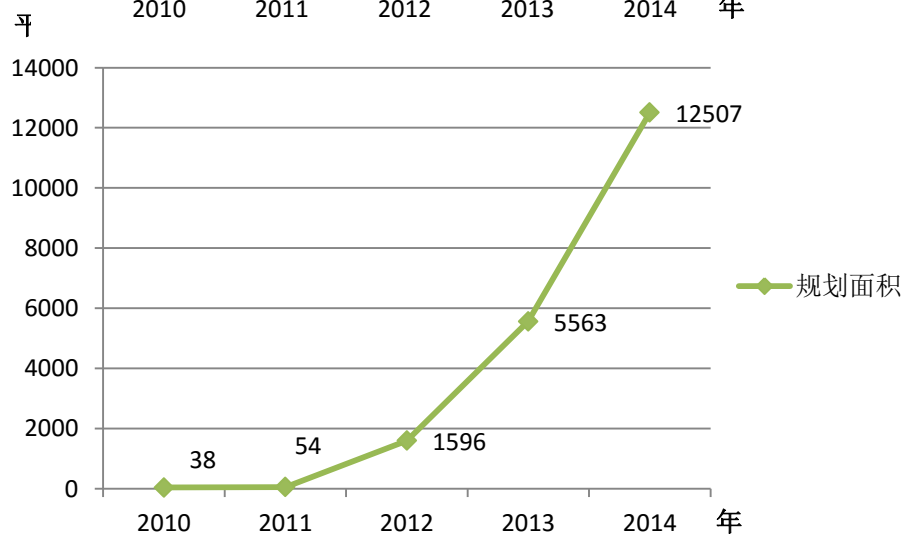
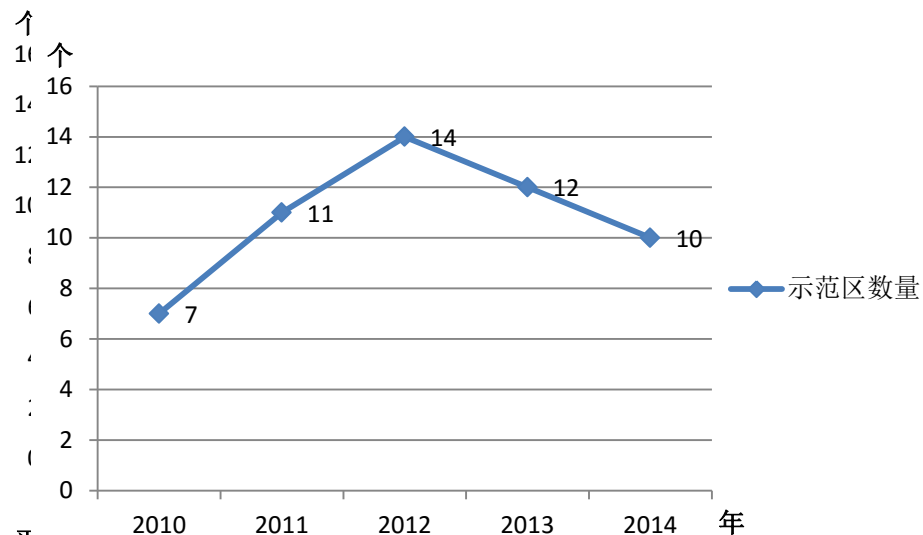
Part_3 实践成效

- 江苏省绿色生态城区通过近五年实践探索，逐步形成了具有地方特色的绿色生态城区技术路线和工作推进机制。**城区建设前期注重城市规划的绿色生态专项系统设计**，明确规划目标，对城区建设提出技术要求。
- 截至2014年底，全省示范区积极开展绿色生态专项规划，共开展了约**200多项**基于绿色生态理念的专项规划编制，其中**区域能源规划40多项**。
- 明确专项规划编制程序**，整合宏观层面的理念目标与微观层面的技术应用。

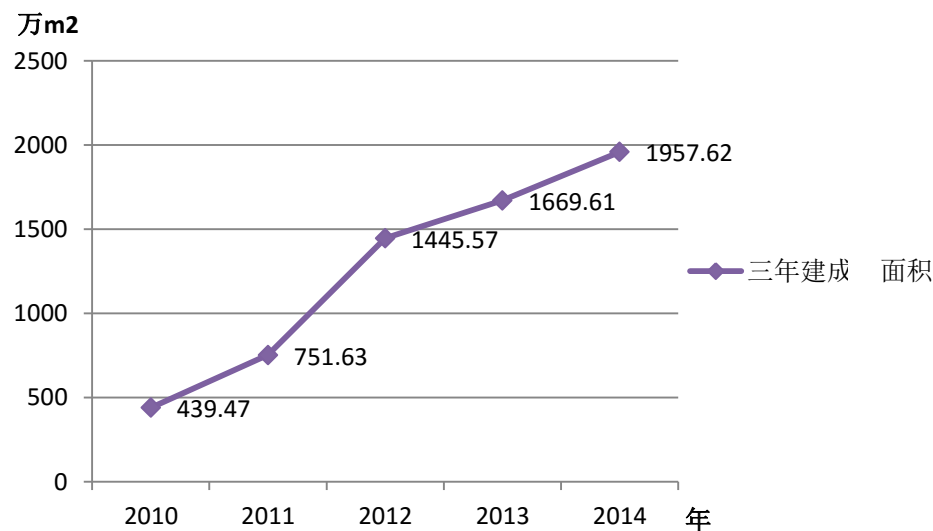
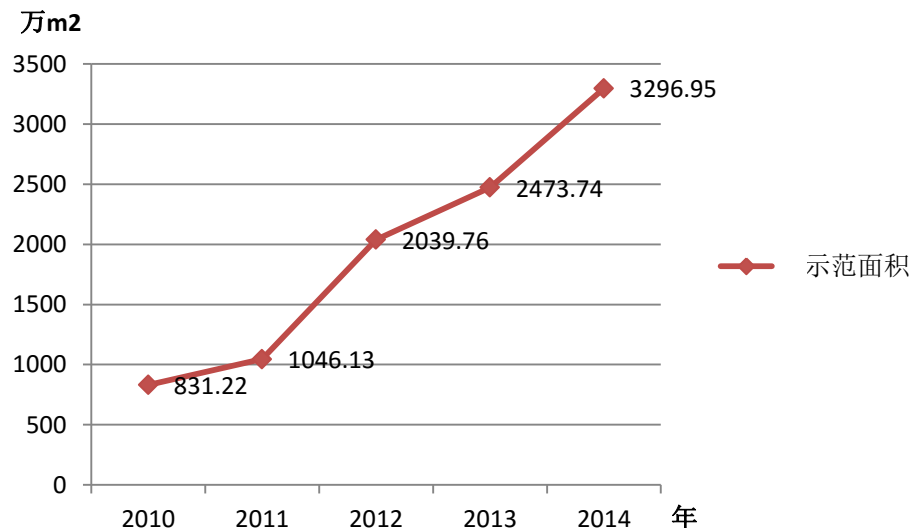
江苏省绿色建筑区域示范建设成效



Part_3 实践成效



江苏省绿色建筑区域示范建设成效



江苏省区域示范建设面积逐年显著增加

截至2014年示范区建设成果			
示范区数量	54（个）	全装修保障房	32（个）
			322（万m²）
规划面积	19758（平方公里）	全装修商品房	31（个）
			424（万m²）
总示范面积	9687.5（万m²）	市政综合管廊	40（公里）
三年建成总面积（万m²）	6263.9（万m²）	节能灯具总量	21.9（万盏）
地下空间	1898（万m²）	雨水回收项目	270（个）
村庄改造	103（个）	再生水回用量	65.3（万吨/年）
可再生能源项目	339（个）	透水地面面积	50（平方公里）
	2864（万m²）		
能源站	15（个）	大型城市垃圾资源化利用工程	15（个）

Part_3 实践成效

泰州医药高新技术产业开发区

“智慧化、多元化、规模化、商业化”的能源网络

智慧化。搭建智慧能源管理平台，实时监控能源站运行情况，对供能区域进行建筑能耗的优化和管理。

多元化。多元化利用地表水热能、土壤浅层地热能、天然气、蒸汽等多种形式的可再生能源和常规清洁能源

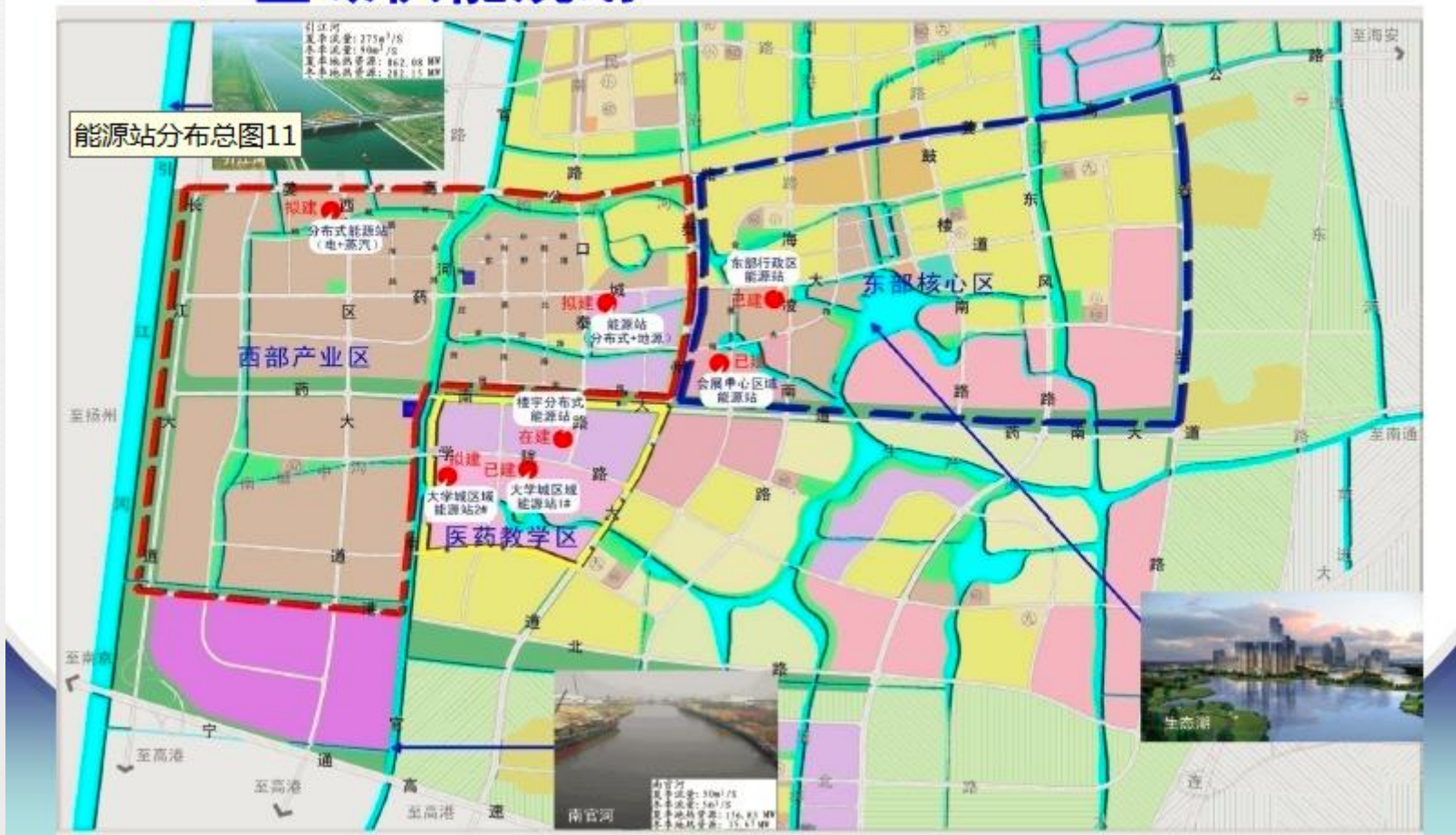
规模化。分区规划建设5个区域能源站，总供能面积为200万 m²，区域能源站建设的数量及规模居全省前列。

商业化。积极探索区域能源站商业化运作模式，由政府出资成立运营主体引导市场化发展方向，通过合资等方式扶持民营资本进入，实现商业化市场化运作

泰州医药城区域能源站



3、区域供能规划



3.1、规划区域供能

- 1、依据“资源高效、环境友好、生态宜居”的发展理念；实现区域供能网络化发展模式，走智慧能源发展之路；
- 2、科学开展能源规模化利用、集约化管理、高效化运行；
- 3、针对区域的能源资源情况和不同的用能需求，利用建筑物用能特性的互补性，合理调整用能结构；坚持低₂，实现温度对口、梯级利用；满足节能省地型要求；
- 4、因地制宜，坚持能源多样化，统筹能源资源配置、积极采用蓄能技术，科学规划区域供能系统；合理的输水距离是关键；
- 5、大力推广可再生能源应用技术、提高能源综合利用效率。

3.2、设计区域供能

- 1、力求区域供能设计的精细化、人性化、规范化、科学化；
- 2、发挥区域供能的优势，采用成熟技术，合理的性价比和盈亏平衡点，降低输配水系统的能耗，提升输水管道保温性能；
- 3、因地制宜，集中建筑连片区，适宜的供能半径；
- 4、操控性能、稳定性好的智能化系统，适宜的需量决定供量的逻辑对应关系；室外环境温度和供能温度的对应关系；
- 5、科学、合理、高效利用可再生能源，提高能源综合利用效率，采用蓄能技术，错峰运行、降低运行成本，建设能效电厂。

3.3、建设区域能源站

- 1、针对不同的用能特性，分区规划建设数个区域供能站。
- 2、医药教学区规划建设大学城能源站二座、分布式能源站一座。
- 3、东部核心区规划建设东部行政区能源站、会展中心能源站以及数个区域能源站。
- 4、西部产业区规划建设**150MW**分布式能源站，楼宇分布式能源系统和水、地源热泵系统能源站。

3、东部行政区能源站

- 1) 供能范围：为高新区行政中心、公检法、海关以及周边商业约35万M²的建筑，提供空调冷暖水、生活热水。
- 2) 投资规模：能源站总投资额为4000万元，为全地下建筑，面积约1200平方米。
- 3) 建设主体：由园区华裕公司建设，并负责运行、管理、服务。



4) 供能容量:
供冷负荷20MW,
供热负荷14MW,
6MW水蓄能装置。
采用地源热泵系
统、水源热泵系
统夏季并联/冬
季串联;光热集
成应用系统,实
现区域供能。



机房内设置4台离心式热泵机组与1台全热回收螺
杆式热泵机组。2011年11月试运行。



机房图



能源管理控制平台

能源站操控平台与管理中心

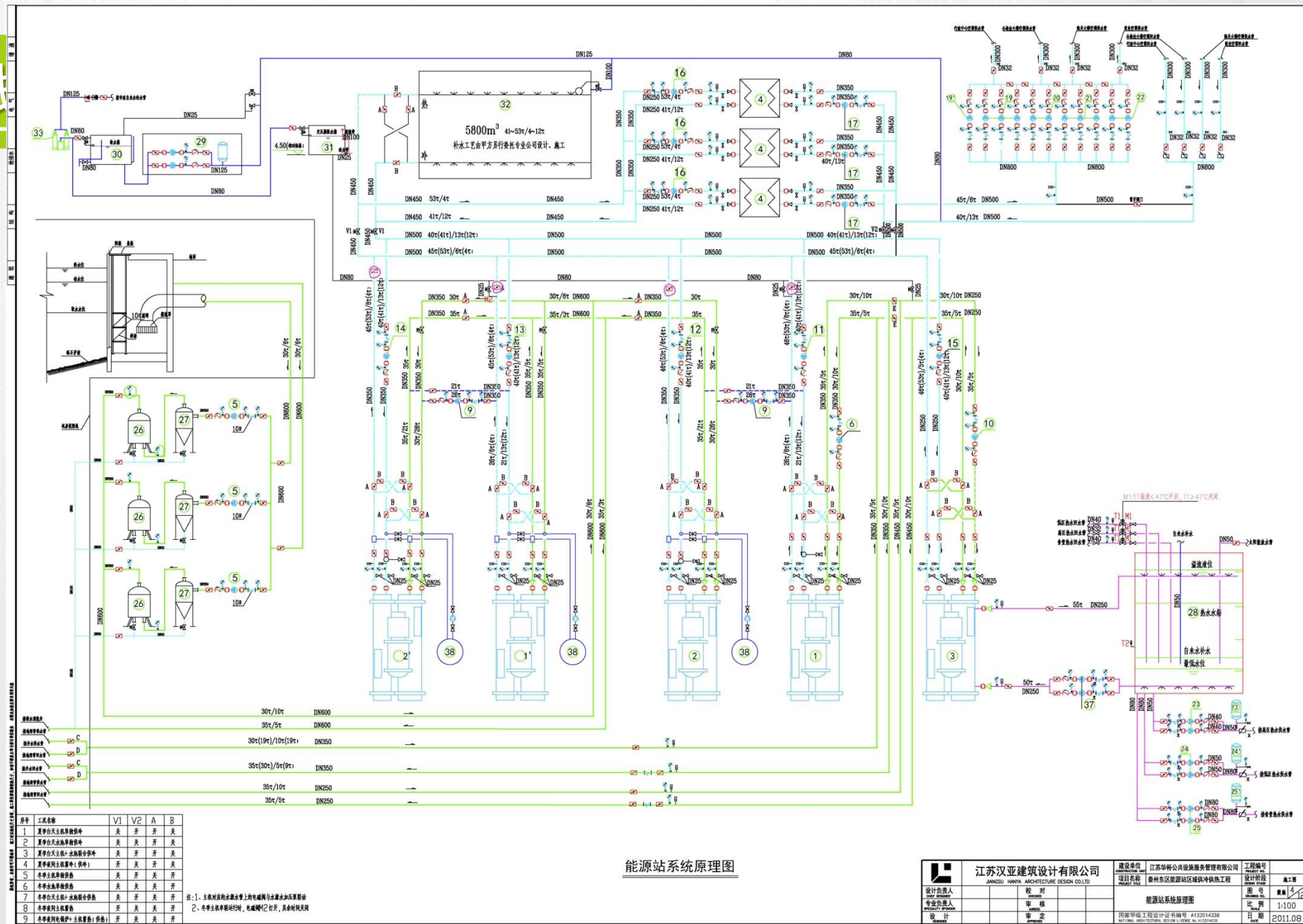


4、运作方式-东部行政区能源站

- 1) 建设主体：江苏华裕公共设施管理服务有限公司。
- 2) 商业模式：为周边建筑群提供空调冷暖水和卫生热水服务，收取能源接入费(按设计负荷0.8元/w)和能源使用费(0.4元/kwh, 按用户平均COP=2.17的标准收取)，力求用户、节能服务公司、政府三个层面的多赢。
- 3) 运行管理：华裕公司负责服务好用户，运行好、管理好能源站。
- 4) 技术支撑：与南京工业大学、河海新能源、知名厂商广泛开展科研合作，力争精细化，不断完善能源站工艺技术路径。

Part_3 实践

东部能源站系统原理图



Part_3 实践成效

能源站运行概况

泰州医药城东部能源站，目前为4栋办公楼共计**18.9万m²**办公建筑进行集中供冷，最远输配管道为476米，根据能源站提供数据，目前4栋楼的入驻率各为80%，50%，50%和90%。目前设计的冷负荷峰值为37W/ m²，和设计值相比，**实际冷负荷水平偏低。**

泰州医药城区域能源站运行效果实测

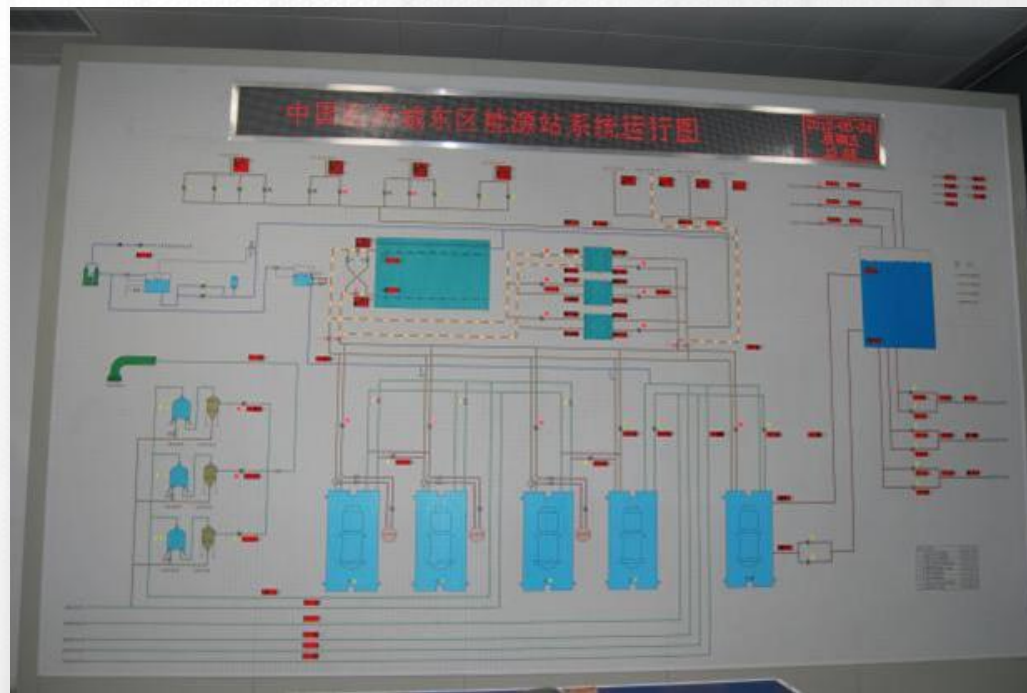


Part_3 实践成效

泰州医药城区域能源站运行效果实测

冷站系统

- 冷站的主要运行时间夜间0:00~8:00期间开启冷机，在供冷的同时，利用5800m³的蓄水池进行水蓄冷，白天通过根据回水温度改变板换数量的方式，充分利用所蓄冷量，在非常热的工作日，下午3:00左右再开启冷机补充供给。
- 水泵在白天8:00-18:00运行在40~45Hz，夜间降频至30~35Hz。
- 冷源侧的调节包括了台数与开启时间。在负荷较小的供冷季初期，隔天蓄冷，并且缩减夜间开启冷机的小时数。在负荷较大的供冷季中期，夜间开启两台冷机共同蓄冷。



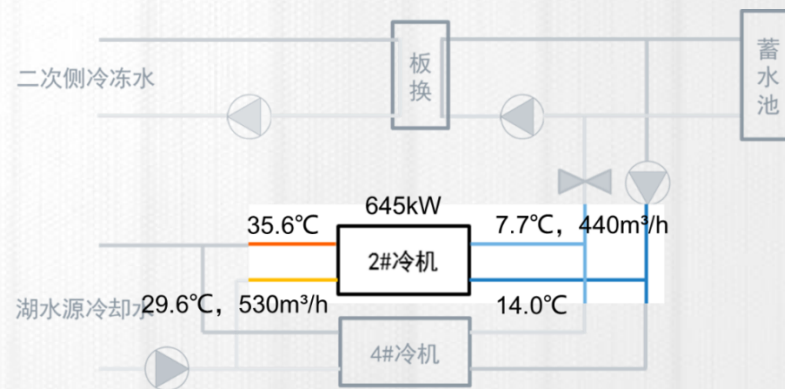
冷站系统控制面板

Part_3 实践成效

泰州医药城区域能源站运行效果实测

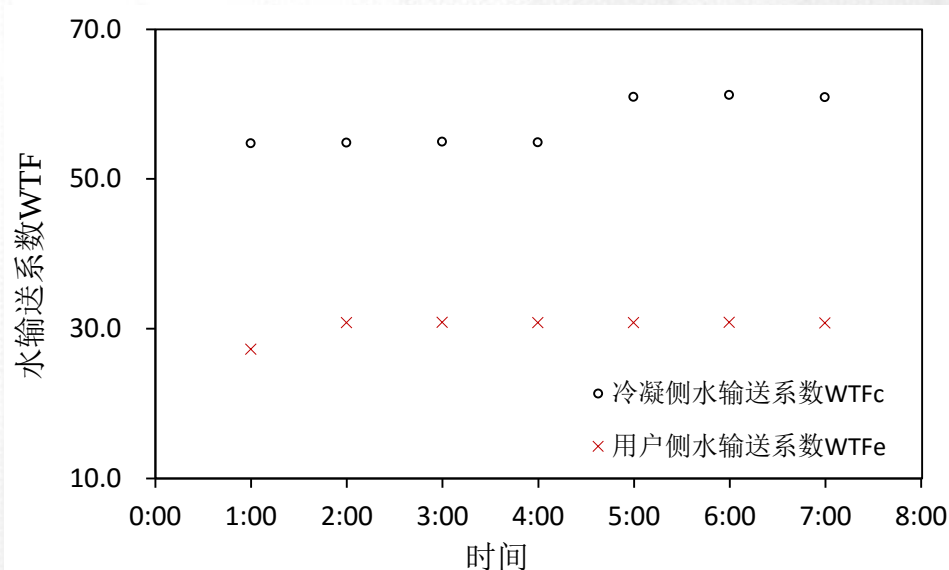
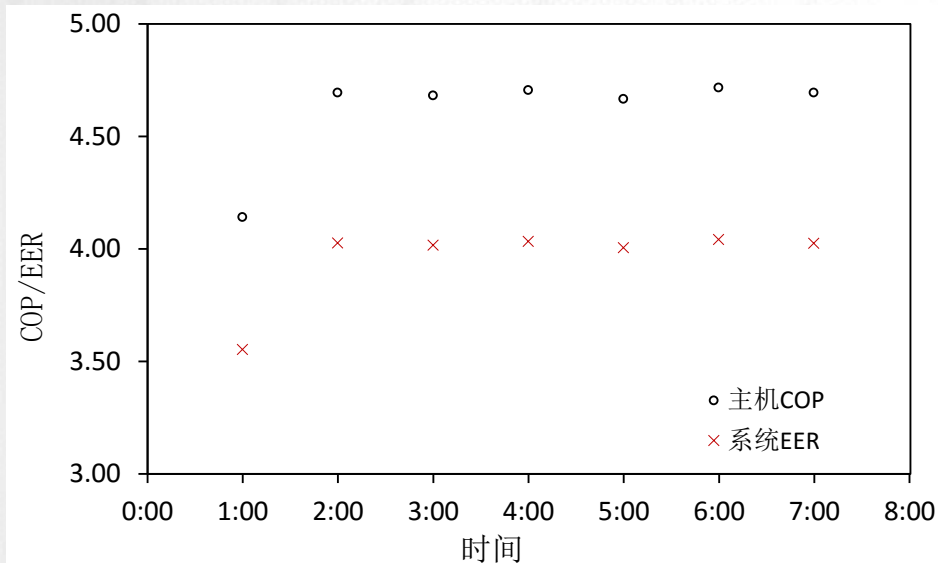
冷机瞬时测试结果

➤ 测试时间为8月20日1:00，冷机开启一小时，**COP=5.02**；4#主机的**COP=5.37**。两台冷机的负荷均均达到90%以上，对比冷机的**额定COP为6.2**（额定制冷量4MW）。



Part_3 实践成效

泰州医药城区域能源站运行效果实测

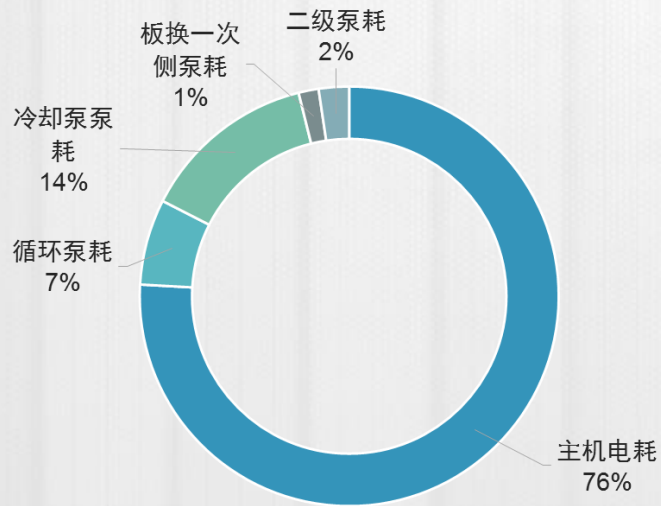


- 测试日稳定工况下，主机**COP约为4.7**，系统**EER约为4.0**。
- 分析水泵输送所占能耗，冷凝侧水输送系数**WTFc约为5.8**，用户侧水输送系数**WTFe约为3.2**。

Part_3 实践成效

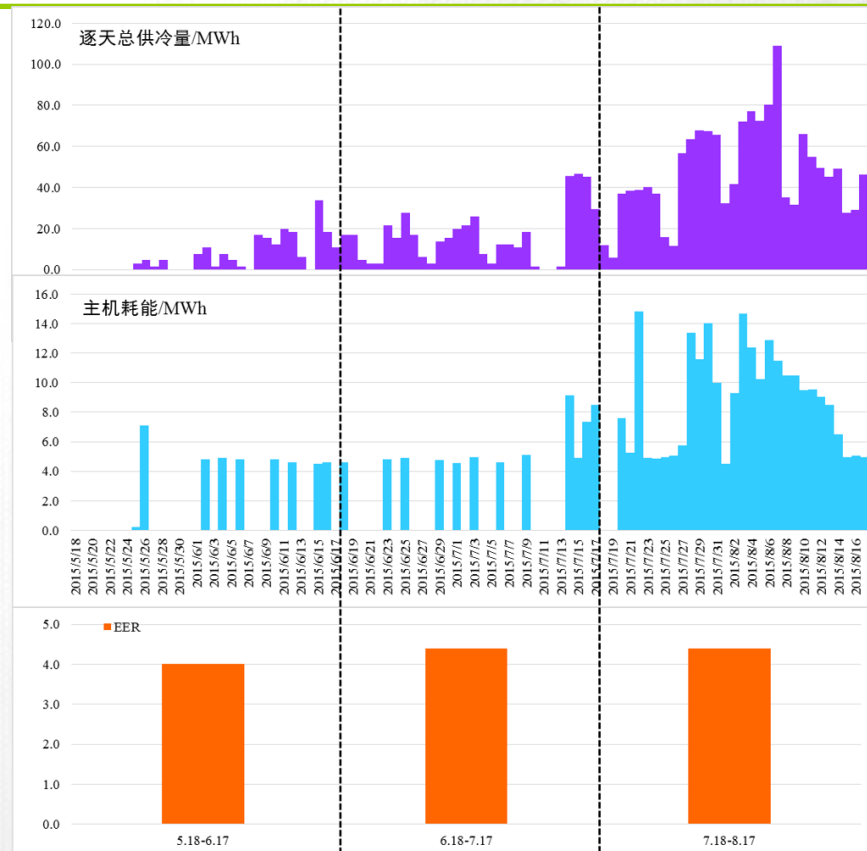
冷站长期运行情况

➤ 以上数据根据7月18日至8月17日冷站自控系统记录数据计算，系统EER（ $EER = \text{供冷量} / (\text{冷机电耗} + \text{水泵电耗})$ ）为**4.4**。



冷站能耗拆分

泰州医药城区域能源站运行效果实测



➤ 从2015年供冷季前三个月的情况来看，蓄冷确实能够做到台数和运行时间的调节，并且在**供冷季全时间内都能够维持较高的COP水平 (>4.9)**，同时**三个月平均EER可以达到4.3**，蓄冷的方式很大程度上优化了系统的运行状态，并且此集中供冷范围 (<476m) 使得输配能耗在冷站运行电耗中占比小，两点结合来看，**冷站长期运行处于较好状态。**

Part_3 实践成效

蓄冷效果评估

➤ 从整体来看，**蓄冷的损失在10%左右**，低负荷时由于蓄冷水池放冷时间更长，损失略大，但是考虑到经济效益（电价：峰0.87元/kWh，谷0.39元/kWh），**蓄冷可以说是经济的选择。**

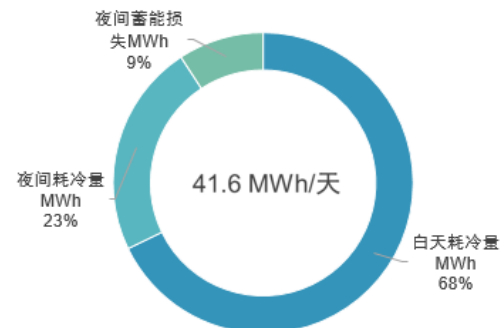
泰州医药城区域能源站运行效果实测

8月12日-8月18日（高负荷）

一周之内

夜间制冷量 321.0MWh
白天耗冷量 217.7MWh
夜间耗冷量 73.7MWh

夜间蓄能损失 **29.6MWh**
夜间蓄能损失 **9%**

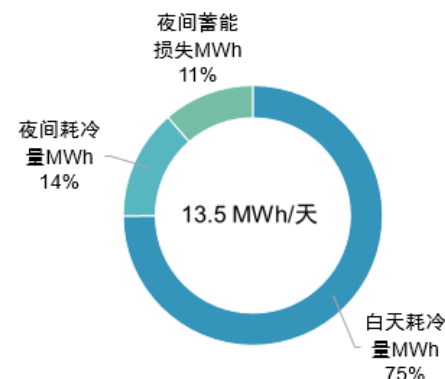


7月1日-7月8日（低负荷）

一周之内

夜间制冷量 122.2MWh
白天耗冷量 91.5MWh
夜间耗冷量 16.8MWh

夜间蓄能损失 **13.9MWh**
夜间蓄能损失 **11%**



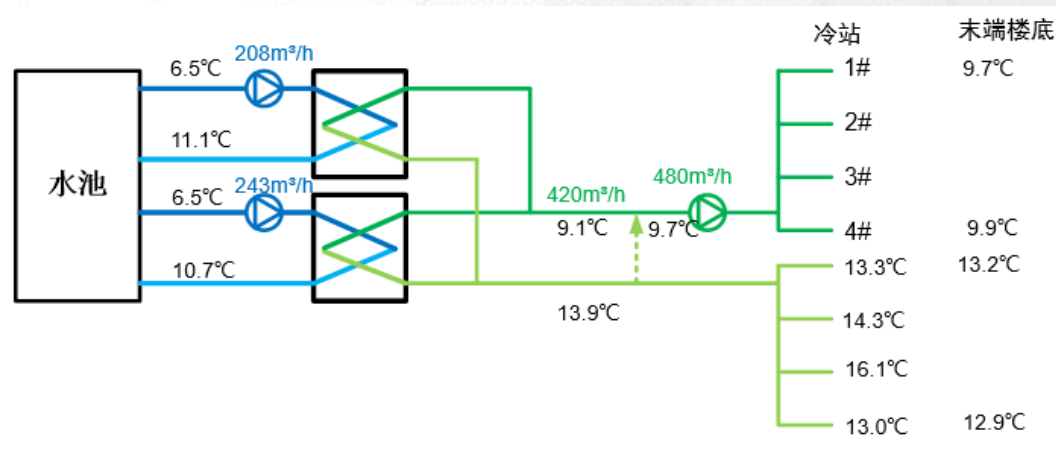
Part_3 实践成效

泰州医药城区域能源站运行效果实测

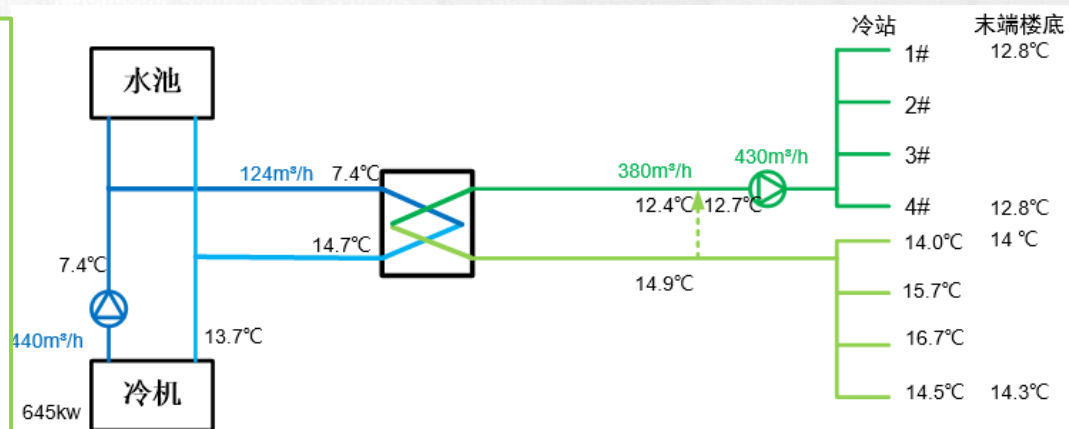
冷冻水瞬时情况

➤ 从图中可以看出，一次冷冻水平均供回水温差为 4.4°C ，二次冷冻水侧供回水温差为 4.8°C 。其中，二次冷冻水在二级泵前存在约 $60\text{m}^3/\text{h}$ 的旁通（由二次回水进入二次供水）

➤ 冷机此刻制冷量为 3234kW ，功耗 645kW ，制冷COP为5.0。板换一次侧冷冻水平均供回水温差为 7.3°C ，二次侧冷冻水供回水温差为 2.5°C 。其中，二次冷冻水在二级泵前存在约 $50\text{m}^3/\text{h}$ 的旁通（由二次回水进入二次供水）



日间供冷各阶段水温、流量情况



夜间供冷、蓄冷各阶段水温、流量情况

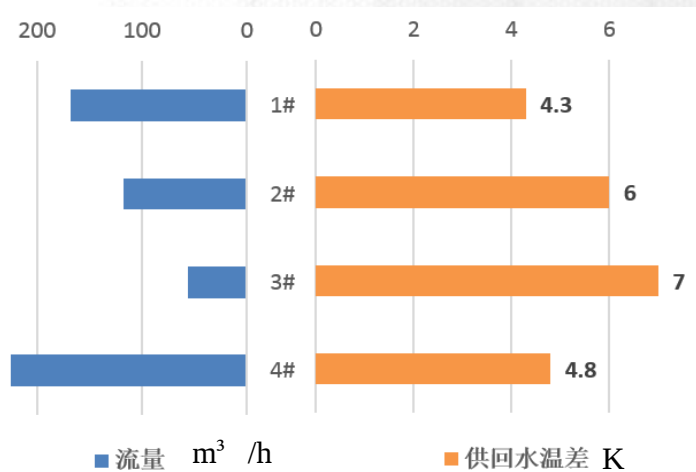
Part_3 实践成效

日夜水力分配

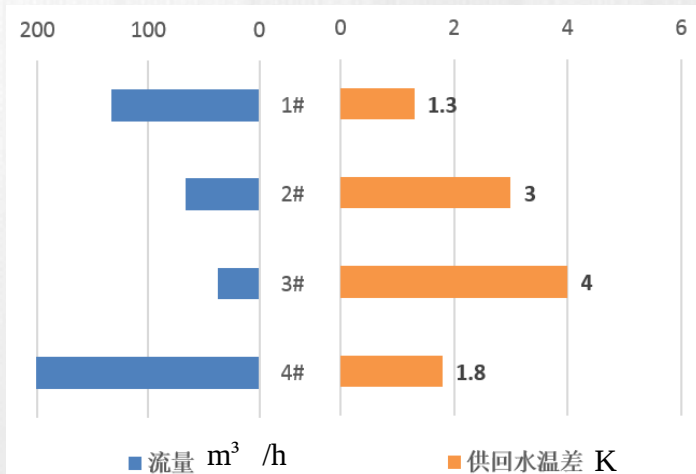
➤ 从整体来看，较设计供回水温差 7°C （二次网 6°C 供， 13°C 回）而言，**日夜均呈现“大流量小温差”**，夜间尤为明显，这主要是由于当前各区使用率不均，负荷变化不确定，偏离设计造成的。而在夜间，水泵变频范围有限，不能够无限制变小，调节到 30Hz 依然流量偏大明显。

➤ 从右图可以看出，日间各区二次冷冻水流量略大于夜间。而从各区供回水温差来看，日间供回水温差明显低于夜间，日间平均供回水温差为 5.1°C ，夜间平均供回水温差为 2.0°C ，这与夜间冷负荷明显低于日间相符合。对于各区供回水温差的最大差异，日夜均为 2.7°C 。

泰州医药城区域能源站运行效果实测



(a) 日间供冷水力分配及供回水温差



(b) 夜间供冷水力分配及供回水温差

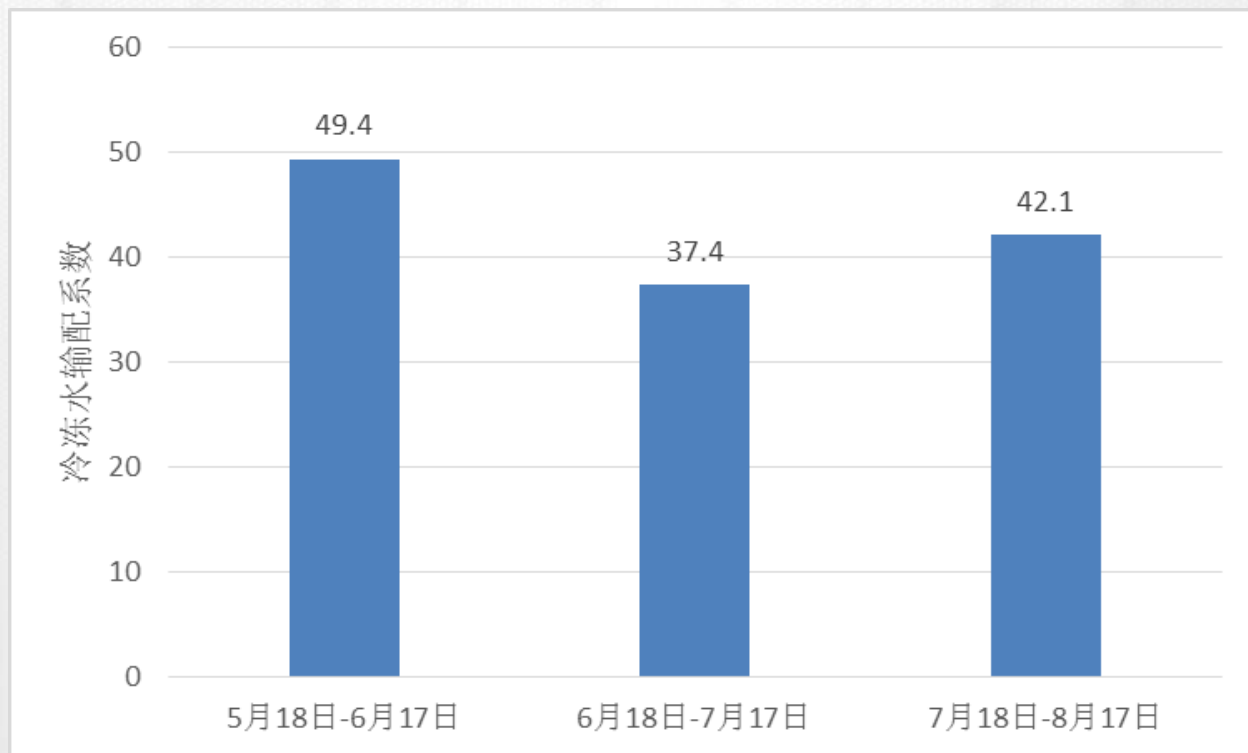
Part_3 实践成效

泰州医药城区域能源站运行效果实测

长期运行效果

- 供冷季以来冷冻水输配均值为42，与部分符合工况一次水系统冷冻水输配系数参考值21相比，**冷冻水输配情况较好**，但夜间仍存在流量偏大的现象。

供冷季前三个月冷冻水输配系数



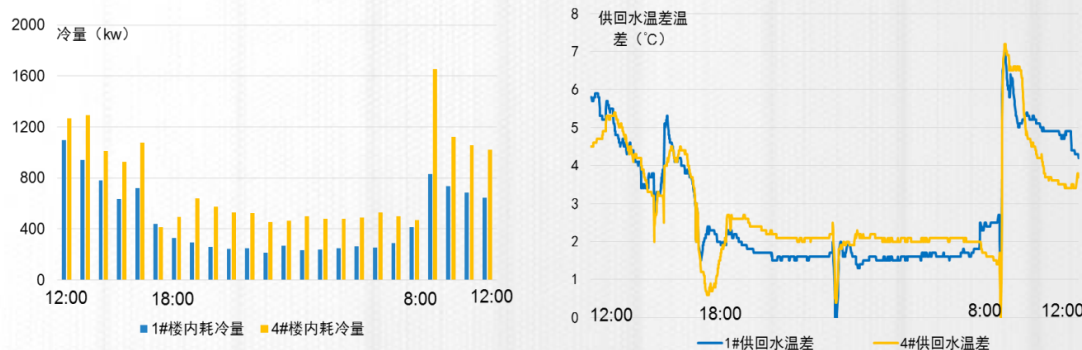
Part_3 实践成效

管网输配损失

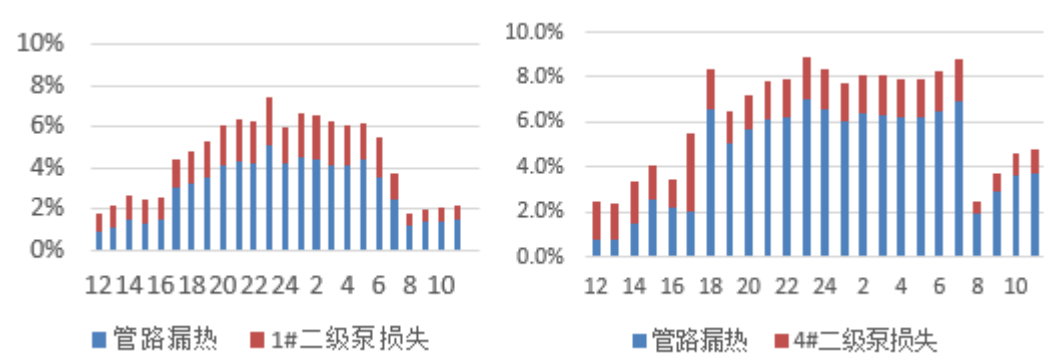
➤ 从图中可以看出，相同时段1#、4#的耗冷量变化趋势相近、供回水温差变化趋势相近，日间供回水温差明显高于夜间，其中，日间（8:00-17:00）平均供回水温差为 4.6°C ，夜间平均供回水温差为 1.9°C

➤ 4#（远距离）沿程损失占比略大于2#（近距离）；比较同一幅图的不同时刻可以看出，夜间供冷量少时输配损失占比大。

泰州医药城区域能源站运行效果实测

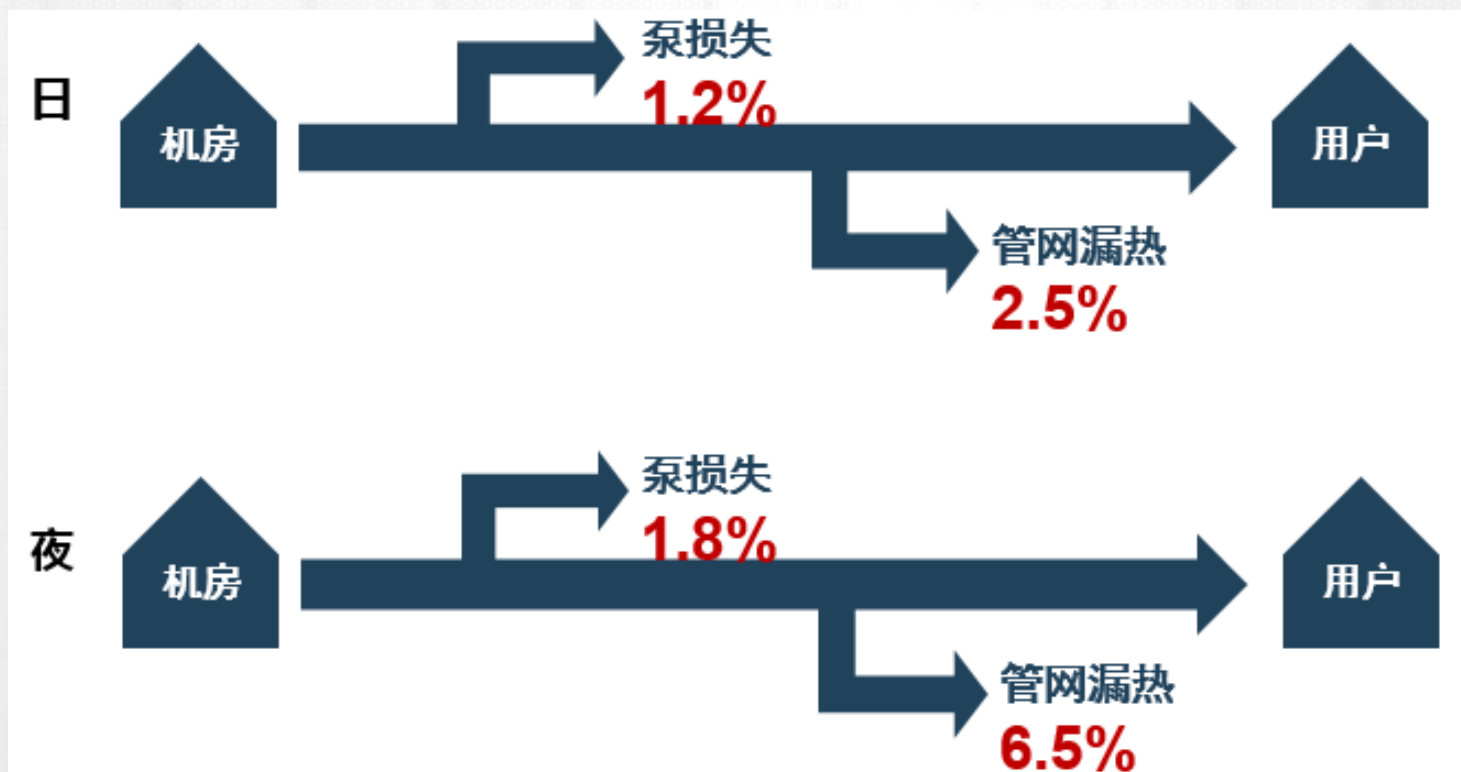


1#、4#楼内冷量及供回水温差



1#、4#楼内冷量输配损失

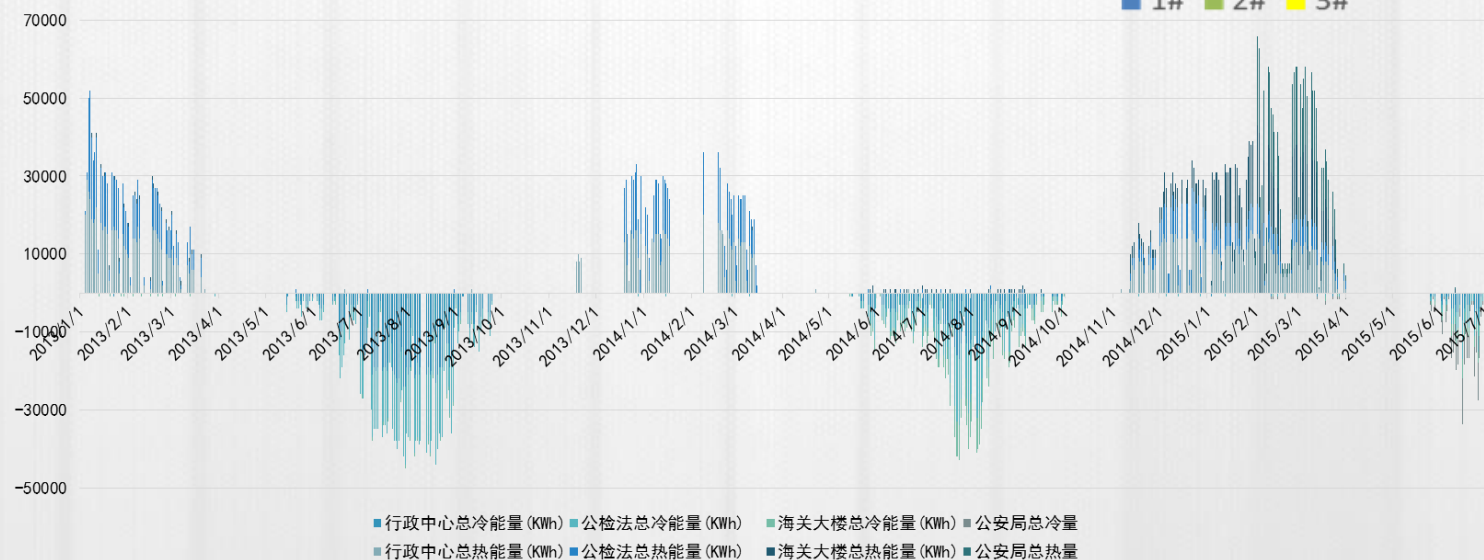
- 日间输配泵造成总供冷量的1.2%的损失，沿程管路造成总供冷量的2.5%的损失；夜间输配泵造成总供冷量的1.8%的损失，沿程管路造成总供冷量的6.5%的损失。夜间，在冷负荷较低的情况下，冷量损失占比大于日间



二次冷冻水日夜冷量输配损失构成

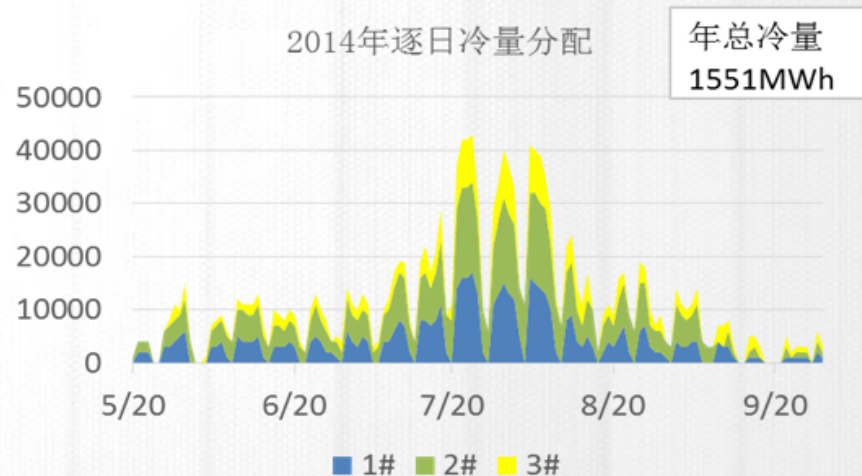
Part_3 实践成效

末端负荷特点——历史冷负荷



2013.1-2015.7逐天负荷

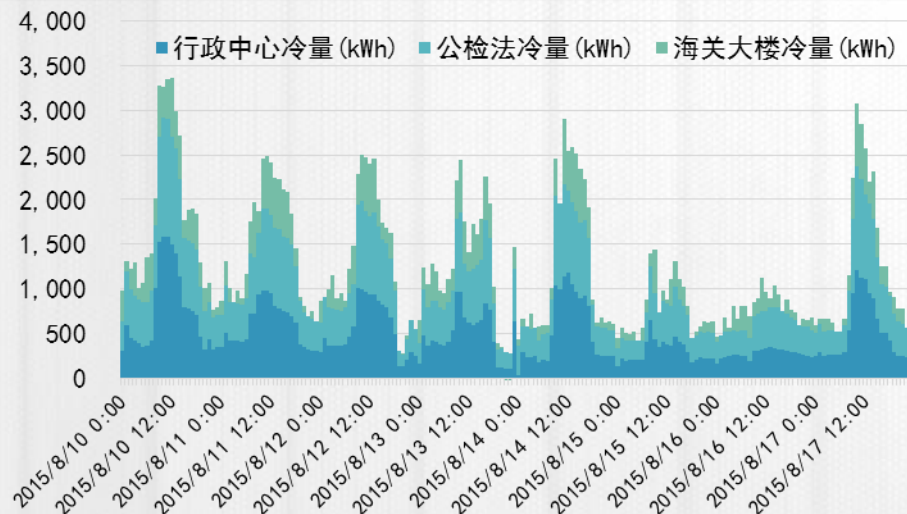
泰州医药城区域能源站运行效果实测



2014年逐日冷负荷

Part_3 实践成效

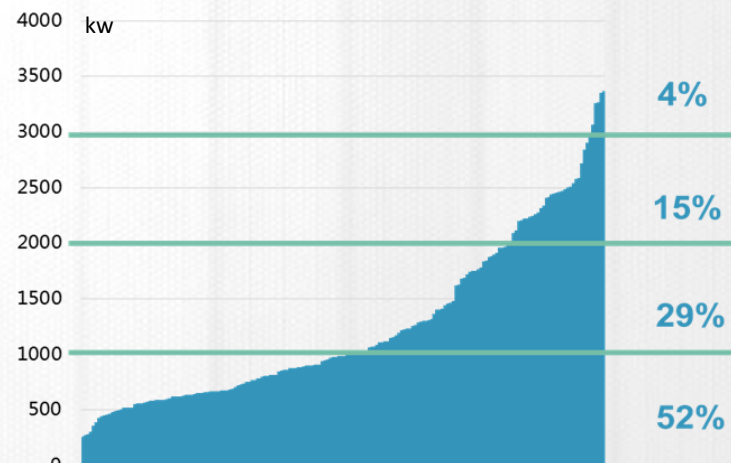
末端负荷特点——负荷日变化



2015.8.10-8.18 BA系统1-3#逐时耗冷量

- 一周内的1#、2#、3#的冷量消耗情况，从图中可以看出，三个分区的逐时冷量消耗变化较为剧烈，昼夜负荷差异大，日间负荷约为夜间的2.5倍

泰州医药城区域能源站运行效果实测



总冷量消耗延时图

- 三区总冷量有52%的时段小于1000kw，29%的时段在1000kw到2000kw之间，15%的时段在2000kw到3000kw之间，仅有4%的时段大于3000kw。但是大于3000kw的冷量消耗多集中在中午偏下午的时间，为楼内人员聚集时间，处理好该小部分的冷量供应时段也较为重要

Part_1 政策背景

Part_2 思路方法

Part_3 实践成效

Part_4 问题思考

Part_4 问题思考

能源专项规划理论方面

- 理论创新、与现有法定规划体系的融合亟需解决

规划编制导则方面

- 应包含哪些内容、规划思路、方法亟需建立和完善

规划技术路线和产业

- 需要深入研究能源互联网、复合能源系统技术，智能控制技术等技术 and 产业需要进步。

Part_4 问题思考

政策支持

- 资金支持：区域能源站相比传统空调系统建设增量投资较大，单靠能源收费来平衡投资，回收期太长（约8-10年），应予以扶持，支持节能服务产业的发展。
- 税费优惠：合同能源管理税费优惠政策目前仅限于节能分享型项目；对大投资、大节约的节能保证型和能源托管型项目应予以税费优惠政策，否则会造成节能企业负担过重，不利于节能服务业产业的发展。

提高区域供能安全性

- 建设地下综合管廊，提高地下管网系统的安全性。实行统筹管理、统一规划、统一施工、统一运行以及好的商业运营模式，建设地下综合管廊则需要更多的政策支撑。

Part_4 问题思考

气价优惠有利于发展分布式能源站

- 利用天然气发展分布式能源系统实现冷热电三联产，是科学、合理利用天然气的最有效途径之一，是城市第二代能源系统的发展之路。给予气价优惠有利于能源多元化和发展清洁能源。实现温度对口、梯级利用，提高能源综合利用效率

支持广义的合同能源管理模式

- 鼓励合同能源管理模式中的能源托管型、能源保证型项目，通过采用新能源和可再生能源技术，建设区域能源站，集中提供电力、空调和蒸汽服务，实现节能、环保、低碳、生态的能源供应系统。

谢 谢！