



华南理工大学
South China University of Technology

能源互联网前沿技术与市场前景

陈皓勇

华南理工大学电力学院
博慎能源智库·广东

版权归作者所有，勿转发



博慎智库
U & P Think Tank

陈皓勇教授简历



职称及荣誉:

教授（三级）、博士生导师、IEEE高级会员
国家优秀青年科学基金获得者
教育部新世纪优秀人才

从事专业及所属学科:

电力系统及其自动化、电气工程学科

行政职务/社会兼职:

风电控制与并网技术国家地方联合工程实验室/广东省绿色能源技术重点实验室/广东省风电控制与并网工程实验室常务副主任兼首席专家
华南理工大学电力经济与电力市场研究所所长
国家科技奖励评审专家等

教育经历:

1995年 9月-2000年 6月

西安交通大学，电气工程硕博连读（导师: 王锡凡院士）

1990年 9月-1995年 7月

西安交通大学，电气工程本科（导师: 王锡凡院士）

工作经历:

2006年12月- 至今

华南理工大学，电力学院，教授

2000年 6月-2006年12月

西安交通大学，电力工程系，讲师、副教授

2015年 3月-2016年 6月

美国圣路易斯华盛顿大学，Olin商学院，访问学者

2012年12月-2013年 1月

美国哥伦比亚大学，电气工程系，访问教授

2008年 7月-2008年 8月

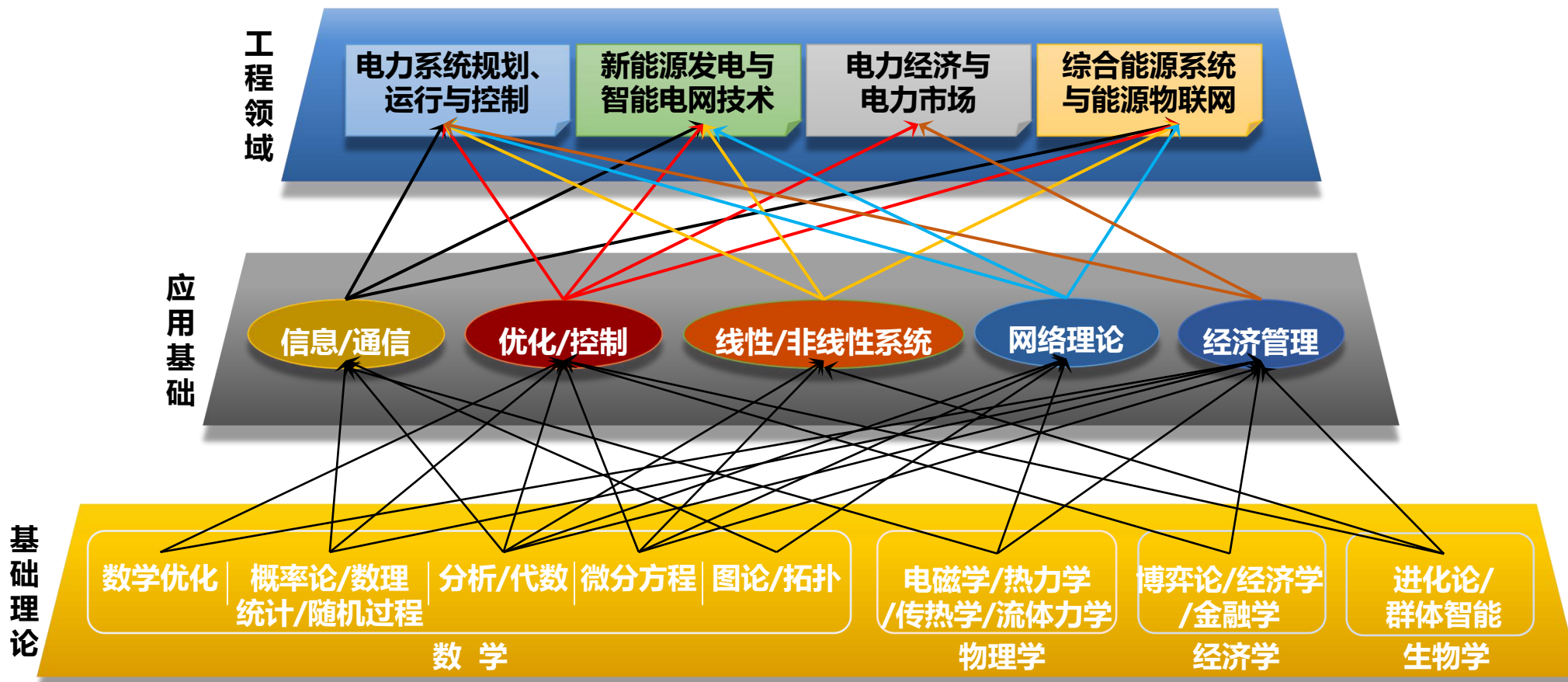
澳大利亚昆士兰大学，访问教授

2007年 2月-2007年 5月

香港理工大学，电机工程学系，访问教授

研究方向

复杂（大规模、随机性、混杂性、分布式、网络化）电力&能源系统建模、分析、优化与控制



前瞻引领，基础突破，学科交叉，广泛合作

主要内容

- ▶ 发展背景及动向
- ▶ 综合能源系统建模与分析
- ▶ 综合能源系统效益评估与优化规划
- ▶ 综合能源市场前景



主要内容

- ▶ 发展背景及动向
- ▶ 综合能源系统建模与分析
- ▶ 综合能源系统效益评估与优化规划
- ▶ 综合能源市场前景





发展背景

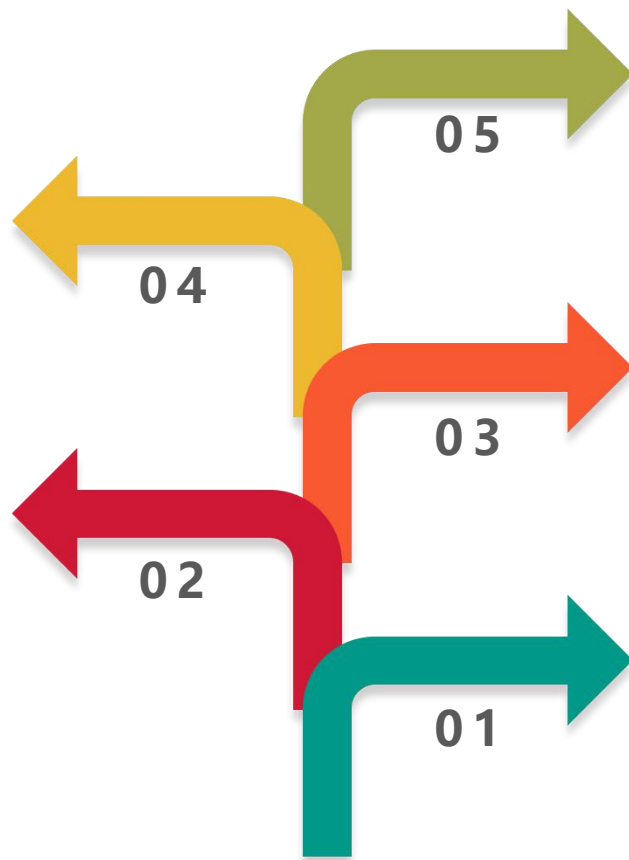
当前能源形势

能源整体效率低下

电力、热力、燃气等不同供能系统集成互补、梯级利用程度不高。

可再生能源发展瓶颈

电力系统调峰能力不足，可再生能源消纳水平低下，部分地区弃风、弃水、弃光问题严重。



资源区域配置不均

能源送受地区之间利益矛盾日益加剧，部分跨省区能源输送通道面临低效运行甚至闲置的风险。

天然气市场亟待开拓

天然气消费水平明显偏低，基础设施不完善，管网密度低，储气调峰设施严重不足。

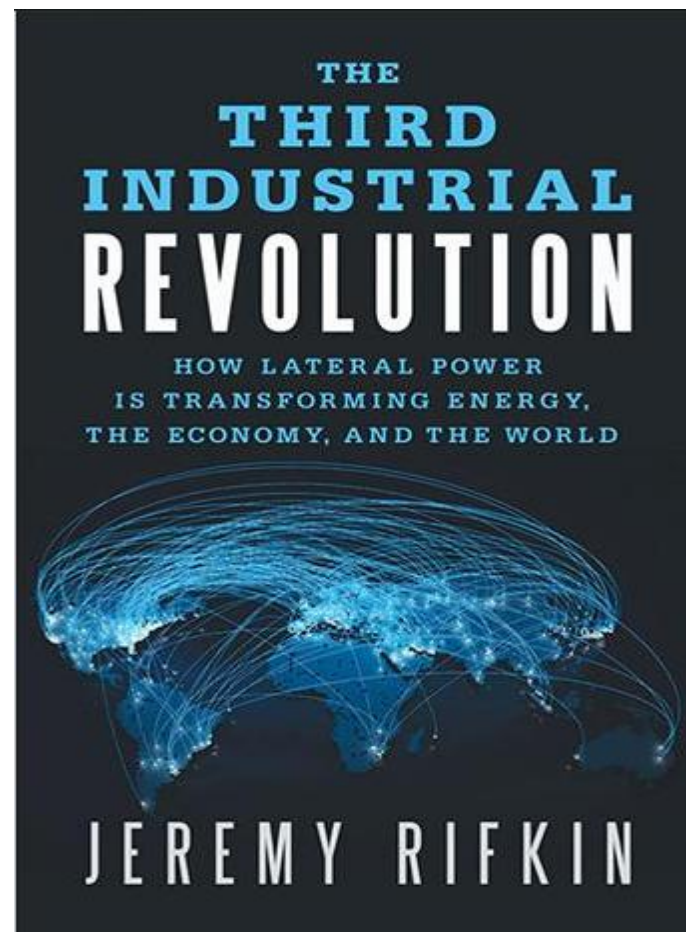
传统能源产能过剩

煤炭产能过剩，供求关系严重失衡。煤电机组平均利用小时数明显偏低。



美国著名学者里夫金在《第三次工业革命》中，首先提出了能源互联网的愿景，并认为能源互联网应具有以下四大特征：

- (1) 以**可再生能源**为主要一次能源；
- (2) 支持超大规模**分布式发电系统与分布式储能系统**接入；
- (3) 基于互联网技术实现**广域能源共享**；
- (4) 支持**交通系统的电气化**；



《第三次工业革命》

实现能源互联网的关键是，在现有的可再生能源发电与智能电网技术的基础上，进一步建立物理互联、信息互联与商业（价值）互联。

（本人“电力系统自动化”微信公众号2015年11月13日文章）



（一）现有技术基础

- 可再生能源发电
- 智能电网技术

（二）未来发展趋势

- 信息通信技术（ICT）
- 多种能源形式互联与综合利用的理论与技术
- 电力（能源）市场机制与共享经济模式

 电力系统自动化 

【我看能源互联网】华南理工大学电力学院陈皓勇, 等: 能源互联网——能源电力领域的共享经济模式

2015-11-13 电力系统自动化

HOT 提示: 点击“电力系统自动化”+关注本刊微信

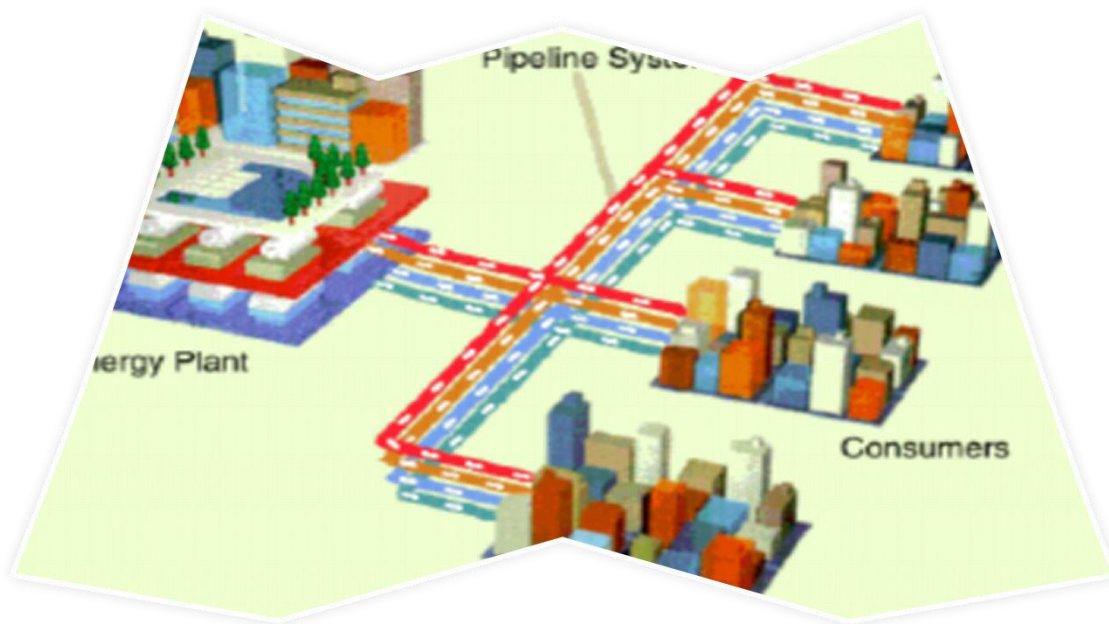
《电力系统自动化》微信号开通以来, 引起了高校、科研院所、电网运行管理和生产制造单位有关专家、学者和工程技术人员的广泛关注, 一些热点话题的讨论如火如荼, 使高端学术研究动态和科技信息得到更加迅速和广泛地传播。欢迎国内外各高校和研究单位的专家学者踊跃联系、不吝赐稿。

今天带给大家的是华南理工大学电力学院陈皓勇,

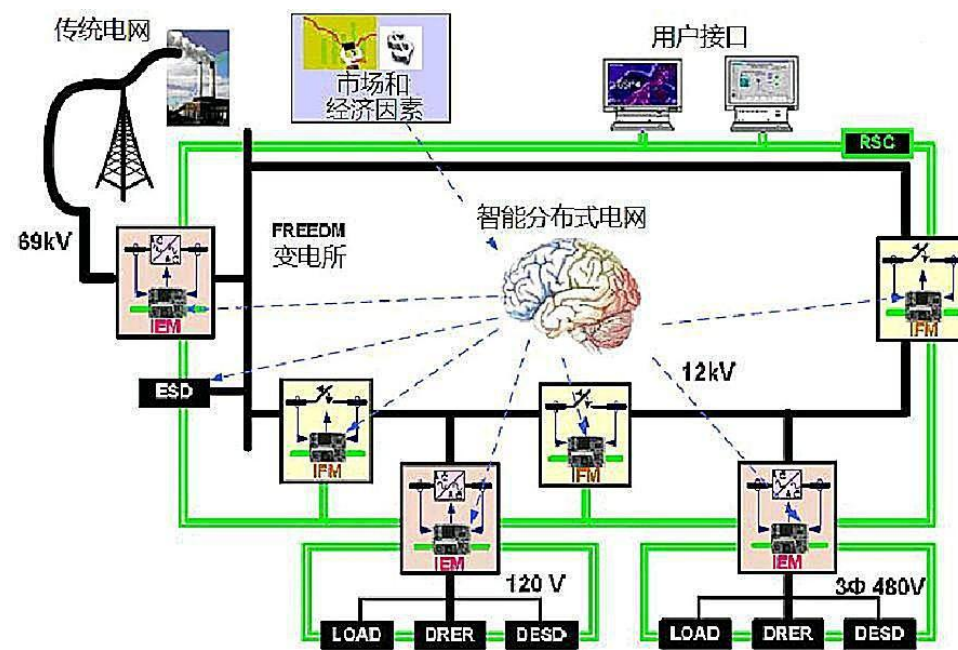
国内外研究现状



- 瑞士联邦理工学院的“能源网络未来展望”项目提出**能源集线器 (Energy Hub)** 的概念
- 美国国家科学基金会提出建设未来**可再生电能传输和管理 (FREEDM)** 网络



Energy Hub



FREEDM



- 佛山供电局、广州大学城冷热电联产项目



佛山供电局冷热电联产项目



广州大学城冷热电联产项目

- 江苏同里能源互联示范区建设



主要内容

- ▶ 发展背景及动向
- ▶ **综合能源系统建模与分析**
- ▶ 综合能源系统效益评估与优化规划
- ▶ 综合能源市场前景

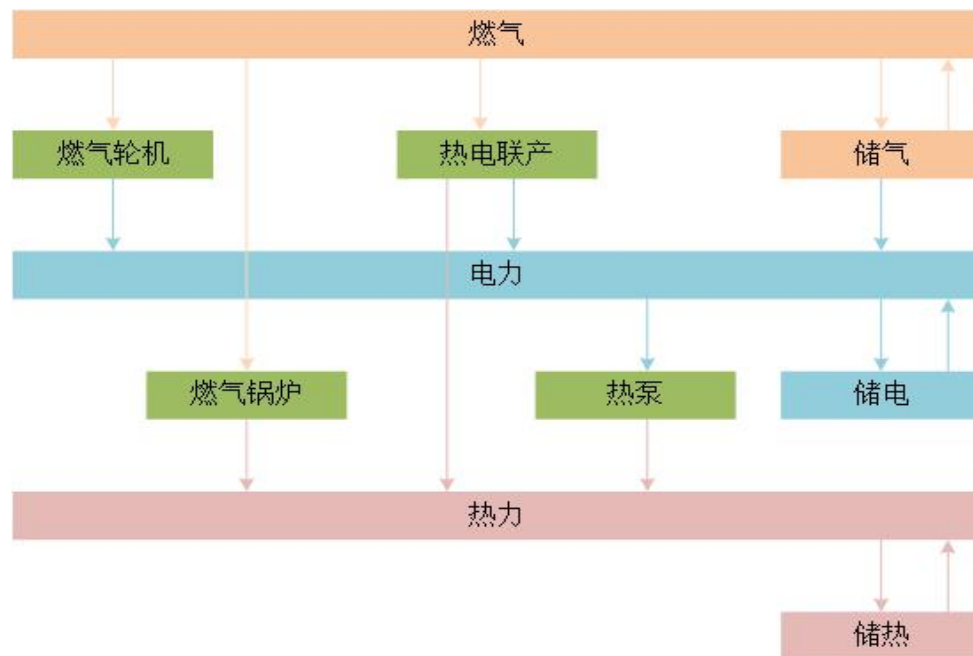


综合能源系统定义

- 含有多种类型的能量，并且存在电、热、气等能量的相互耦合、转换和传输的系统。（狭义）
- 综合能源系统是指一定区域内利用先进的物理信息技术和创新管理模式，整合区域内煤炭、石油、天然气、电能、热能等多种能源，实现多种异质能源子系统之间的协调规划、优化运行，协同管理、交互响应和互补互济。在满足系统内多元化用能需求的同时，要有效地提升能源利用效率，促进能源可持续发展的新型一体化的能源系统。（广义）

与能源互联网的关系

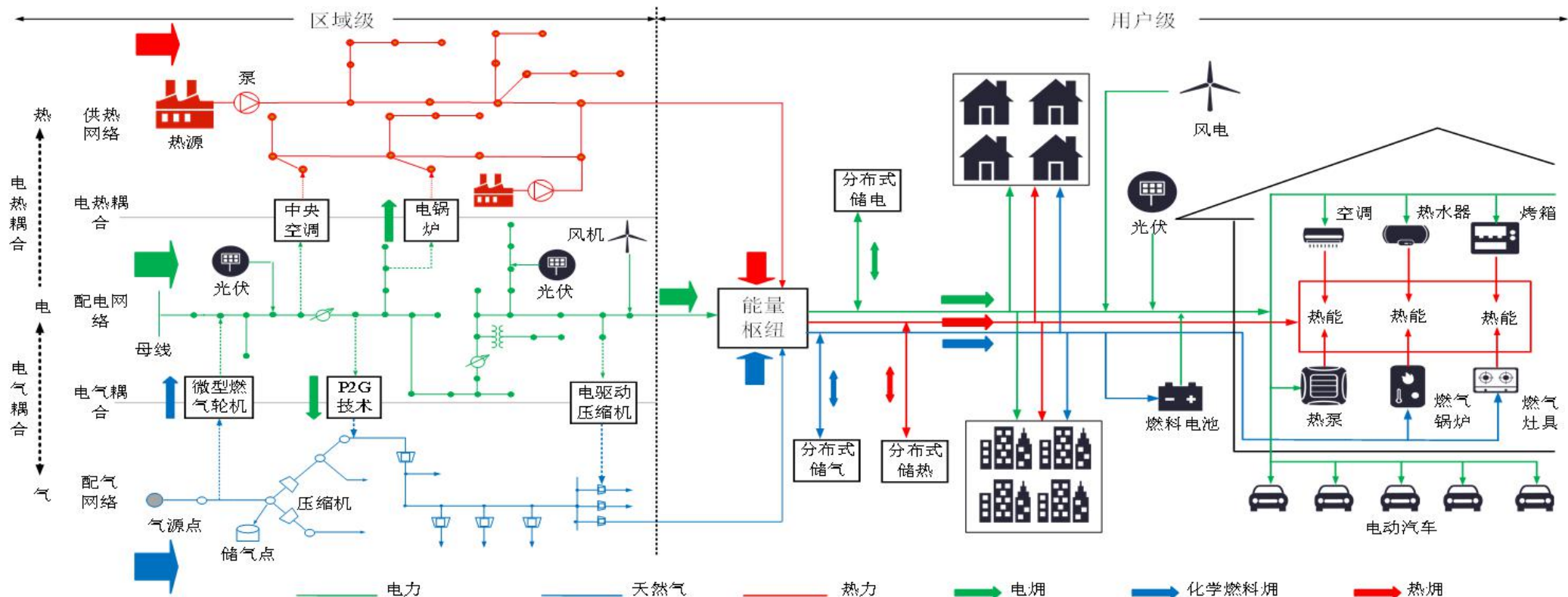
多能互补是能源互联网的核心特征之一，是能源互联网区别于智能电网的关键特征，表示多类能量相互转换、耦合和作用。

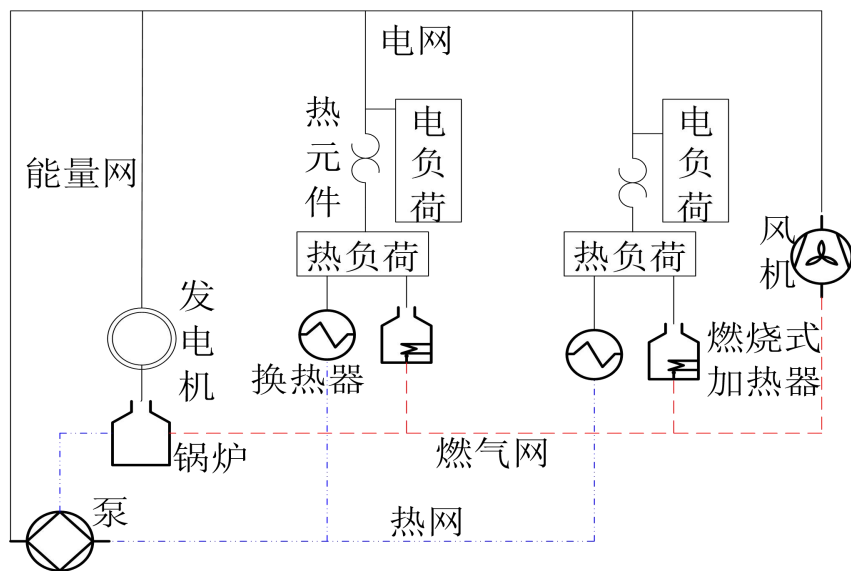


多能耦合互补示意图

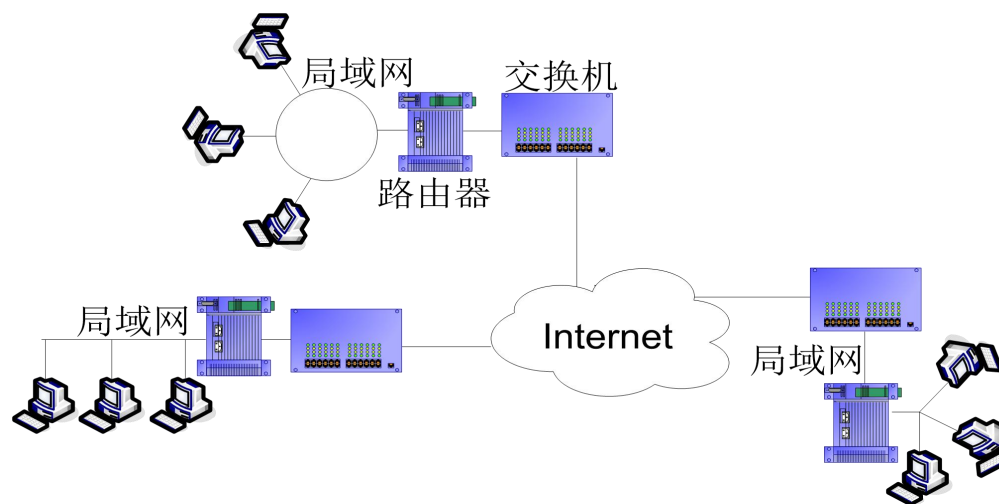
分布式综合能源系统

- 小规模、小容量地**分布在用户端**，将**发电系统**与**供冷**、**供热**等供能系统整合在一起，通过能源梯级利用的方式，如利用天然气、太阳能等清洁能源，满足用户各种类型负荷需求的供能方式。



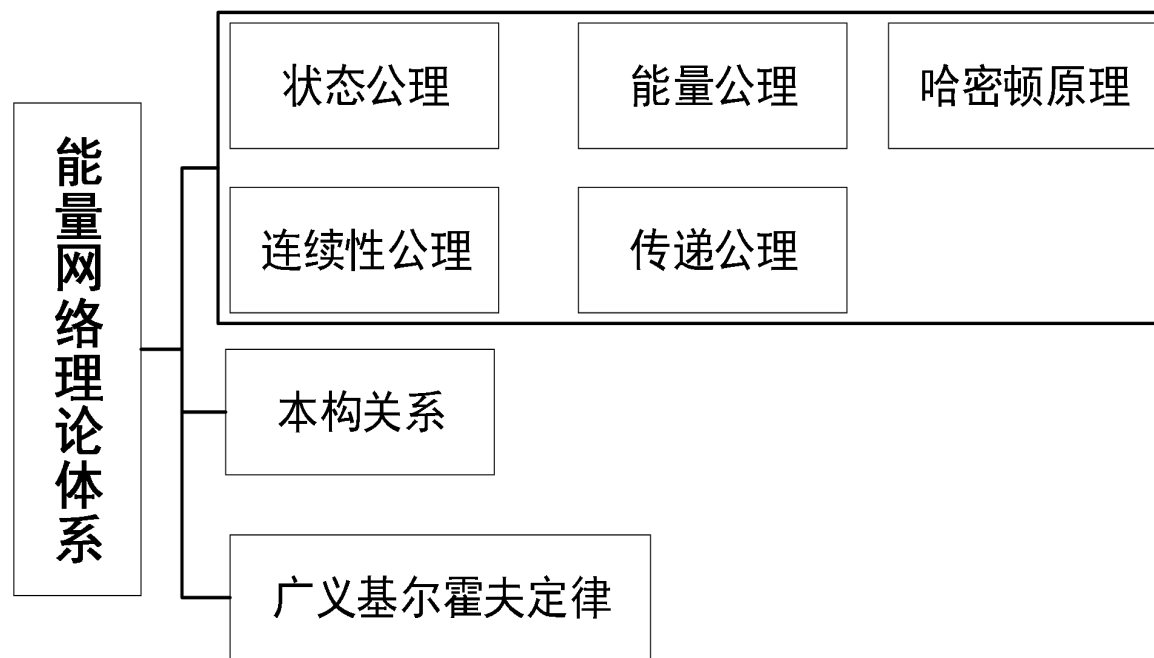


能量网络示意图



互联网示意图

在工程实践中，主要通过各种类型的网络为用户提供能量，包括电网、热网、燃气网等。**由于本质上这些网络传递的都是能量，只是表现形式不同，所以均能将其统称为能量网络。**能量网络包含不同类型能源的子网（电网、热网、燃气网等），而各种子网之间又通过能量转换设备（比如发电机、泵、换热器和空调负荷等）相连。能量网与其子网的关系可类比为信息层网与组成它的局域网的关系，互联网的各个局域网是通过网关相连的。**能量网中各子网之间的能量传递类似于互联网中各局域网之间的信息传递。**



能量网络理论框架图

能量网络理论融合了包括分析力学，电网络理论，热动力学等在内的多门学科的研究成果，其基础理论体系由5个公理（状态公理、能量公理、连续性公理、传递公理、哈密顿原理）、1个公设（本构关系）和1个推论（广义基尔霍夫定律）等7个理论共同推导而出。

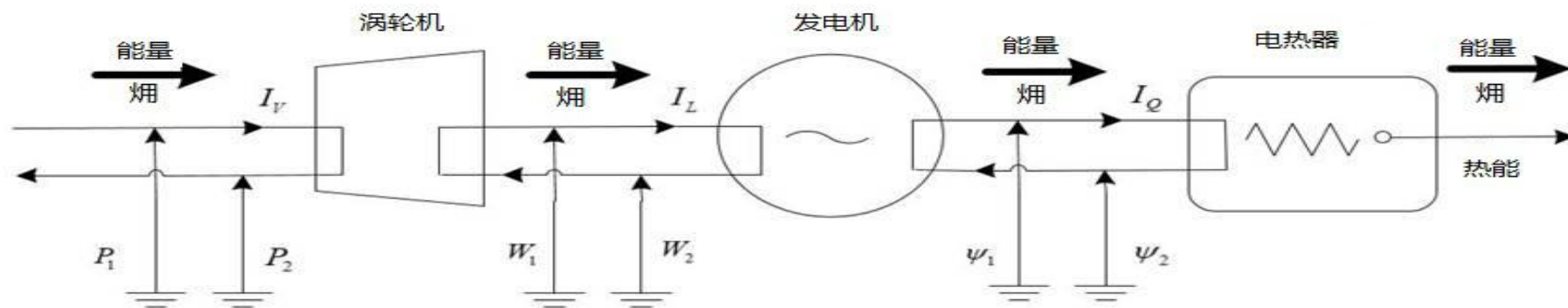
能量网络理论

状态公理

一切热力学的状态都可以用以体系的状态参量（如体积 V 、熵 S 等）为变量的态函数来表示，如内能 $U(V, S)$ 。对一给定的热力学体系来说，其确定态函数的独立状态参量等于相关功数量加一。

强度量 X_i 与物质的量无关，不具有加和性的量，如温度、压强，电势

广延量 x_i 与物质的量有关，作为能量的载体的具有加和性的量，如熵、体积、电荷



自然界的一个基本物理现象是，虽然电作为物质不能转化为蒸汽或热，但能量可以由电转移到其他物质，反之亦然。上图中水能推动涡轮机转动，发电机将机械能转换为电能，电热器将电能转换为热能。

为描述能量的惯性、储存效应，引入广义动量 P 和广义位移 Q

广义动量 P ：强度量对时间的积分； 广义位移 Q ：广延量流对时间的积分；





能量网络理论

能量公理

热力学体系的状态实质上是一能位态，能量是只与始末状态有关的状态量；任何形式的能量微分都可以表示成一个基本强度量乘以共轭基本广延量的微分。

$$dE_i = X_i dx_i$$

连续性公理

连续性公理是用经典场论建立统一描述宏观世界方式的基本前提。当物质以速度 u 宏观流动时，其空间形式为欧拉方程：

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot J = 0, \text{ 其中 } J = \rho u$$

传递公理

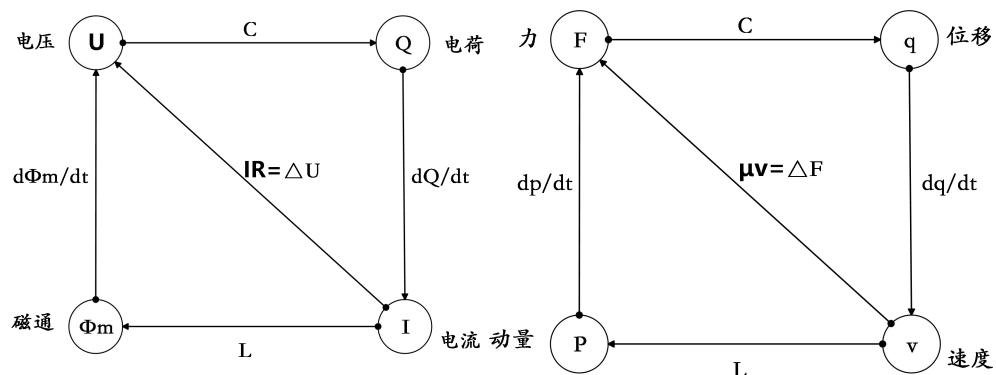
任何形式的传递过程都是在相应基本强度量差推动下，基本广延量的流动过程；基本广延量的传递过程也同时是与之对应的能和焓的传递过程。描述不可逆过程时，有如下关系：

$$\text{基本广延量流 } J_{xi} = K_i F_i = -K_i \nabla X_i \quad \text{能流 } J_{eni} = -X_i K_i \nabla X_i = -\lambda_i \nabla X_i \quad \text{焓流 } J_{exi} = -\lambda_i \left(1 - \frac{X_{i0}}{X_i}\right) \nabla X_i$$

J_{xi} 是基本广延量流， F_i 是驱动力， K_i 是基本广延量的传递系数。 J_{eni} 和 J_{exi} 分别为能量流和焓流， λ_i 是能量的转换系数， X_{i0} 是强度量的寂态值。

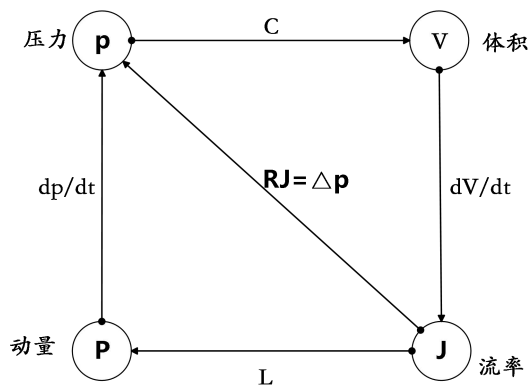


本构关系

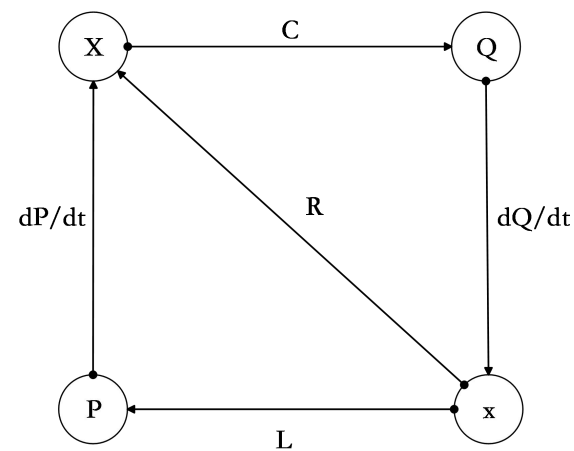


电磁转换

机械运动



液压运动



基本变量关系图

在机械运动、液压运动中也存在类似的关系，故可将其作为公设，反映物质的本构关系。1971年，蔡少棠根据电路中广延量流（电流）、强度量（电势）、广义位移（电荷）和广义动量（磁通量）之间的关系，从逻辑和公理的观点指出忆阻器的存在。

广义基尔霍夫定律

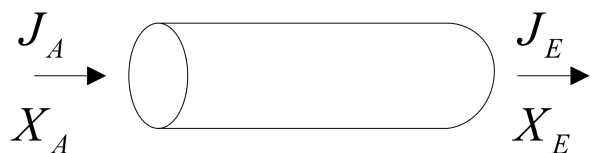
- 基尔霍夫强度量定律(KIL): 在能量网络中的任何一个回路中，各段线（管）路强度量变化量之和为0。反映能量守恒定律。
- 基尔霍夫广延量定律(KEL): 对于能量网络中的任何一个节点，流入该节点的广延量等于流出该节点的广延量。反映连续性公理。



能量网络理论

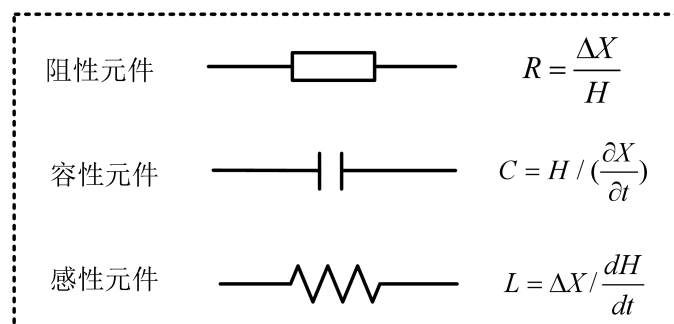
基于能量公理的能量网络理论

- 从**能源的本质角度**，不同形式能量在线（管）路中传递的统一数学表达式
- 传递过程中能量发生的耗散、储存、惯性等效应用**阻性元件**、**容性元件**、**感性元件**等基本元件表示出来



$$\frac{dE}{dt} = X_A H_A - X_B H_B + \int_A^B H dX + \int_A^B X dx_g$$

- ① 左侧是单位时间**总能量**的变化量
- ② 右侧第一、第二项是单位时间内经**边界流入**能量
- ③ 右侧的第三项代表与强度量下降相联系的**能量减少量**
- ④ 右侧第四项代表随着基本广延量的增加而**增加的能量**



图中 ΔX 为能量传递线（管）两端强度量的差值，
 H 为流过传递线（管）的广延量。

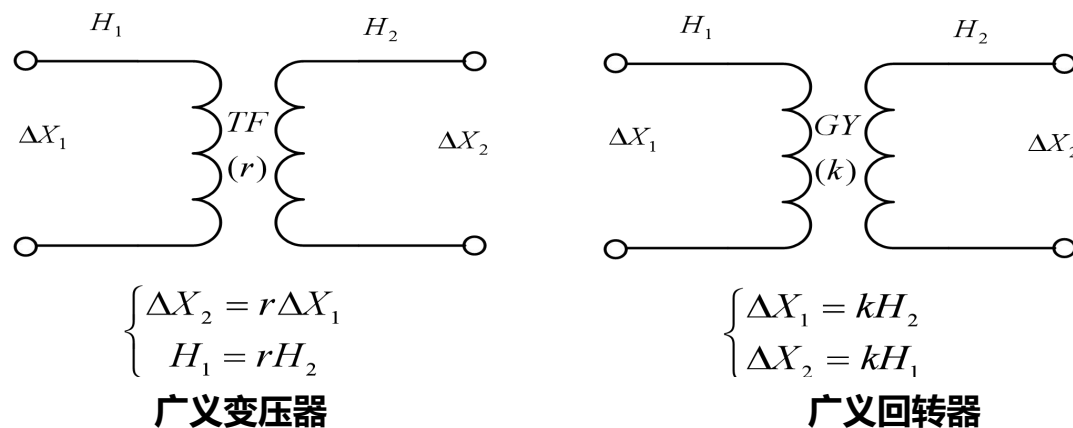


能量网络理论

将传递过程中能量发生的**耗散**、**弹性（容性）**、**惯性（感性）**等效应用阻性元件、容性元件、感性元件等基本元件表示出来，它们的定义式及各学科对应概念如下表所示。

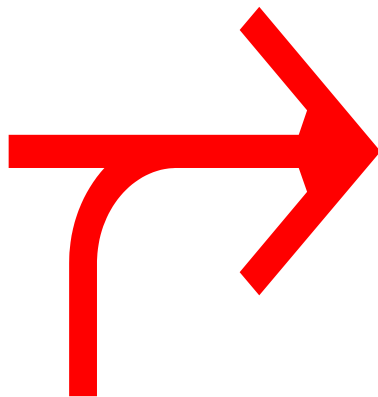
元件	定义式	电学对应概念	流体力学对应概念	热学对应概念
阻性元件	$R = \frac{\Delta X}{H}$	电阻	流阻	热阻
容性元件	$C = \frac{df_C(X)}{dt}$	电容	流容（可压缩）	热容
感性元件	$L = \frac{df_L(H)}{dt}$	电感	流感（惯性）	

为简单合理地表示不同形式能量的转换，引入广义变压器（TF）、广义回转器(GY)，其图形与数学描述如下：



广义基尔霍夫定律列写的方程

$$\begin{cases} AH = 0 \\ B_f \Delta X = 0 \end{cases}$$



能量网络方程

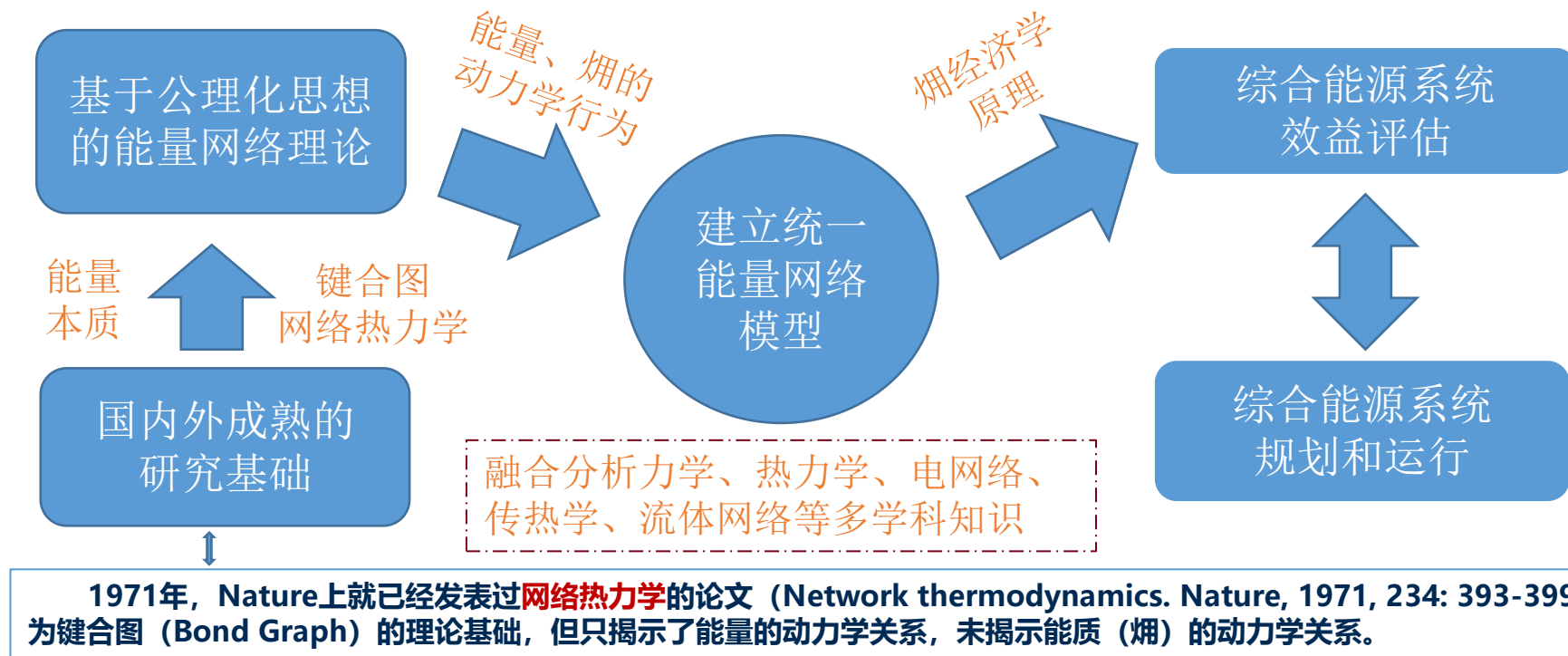
能量在线（管）路中的等效传递方程

$$\begin{cases} H_i = \frac{X_{1i} - X_{2i}}{R_i}, R_i = \frac{L_i}{K_i A_i} \quad (\text{时不变}) \\ C \frac{dX}{dt} = H_1 - H_2, R = \frac{\Delta X_R}{H_R}, L = \Delta X_L / \left(\frac{dH_L}{dt} \right), C = H_C / \left(\frac{\partial X_C}{\partial t} \right) \quad (\text{时变}) \end{cases}$$

A节点-支路关联矩阵，H支路广延量；B回路-支路关联矩阵， ΔX 支路的强度量差



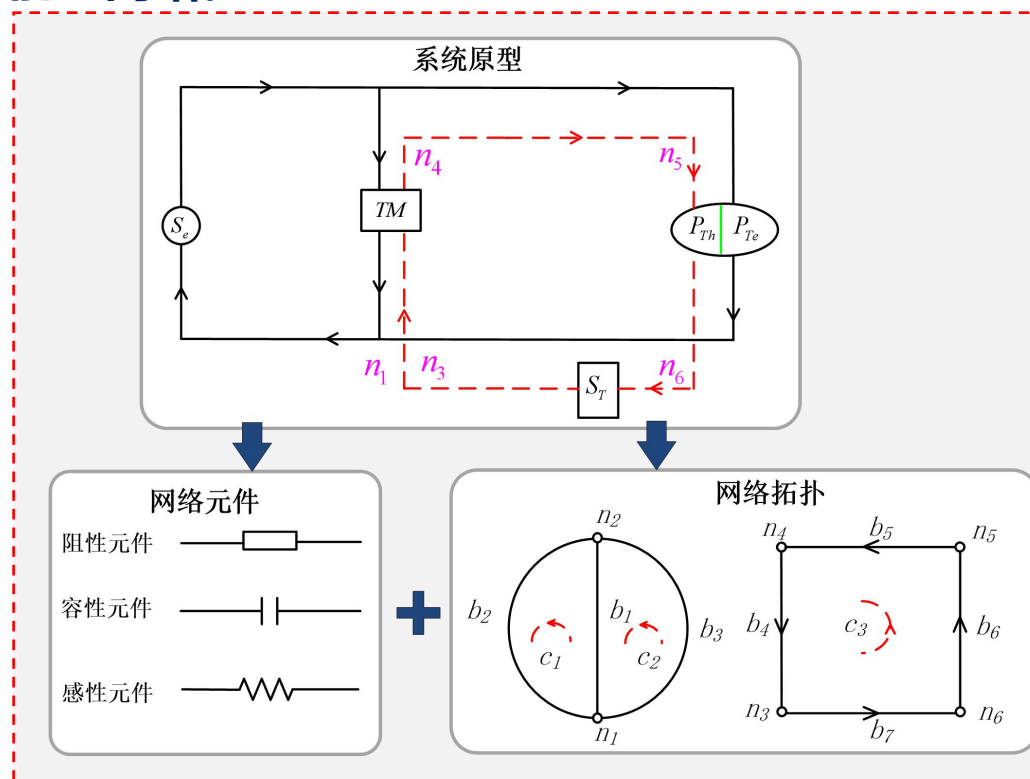
- 利用能量网络理论建立统一模型获得综合能源系统的焓流分布情况，从焓经济学的角度加以分析，建立综合能源效益评估体系，指导综合能源系统规划和运行，实现能源利用和经济效益的综合优化



基于能量公理的能量网络理论

- 因能量网络理论将不同子网络支路统一用由电阻、电容及电感推广的**阻、容及感**等元件描述，故可借鉴电力系统分析与求解的方法应用于能量网络。

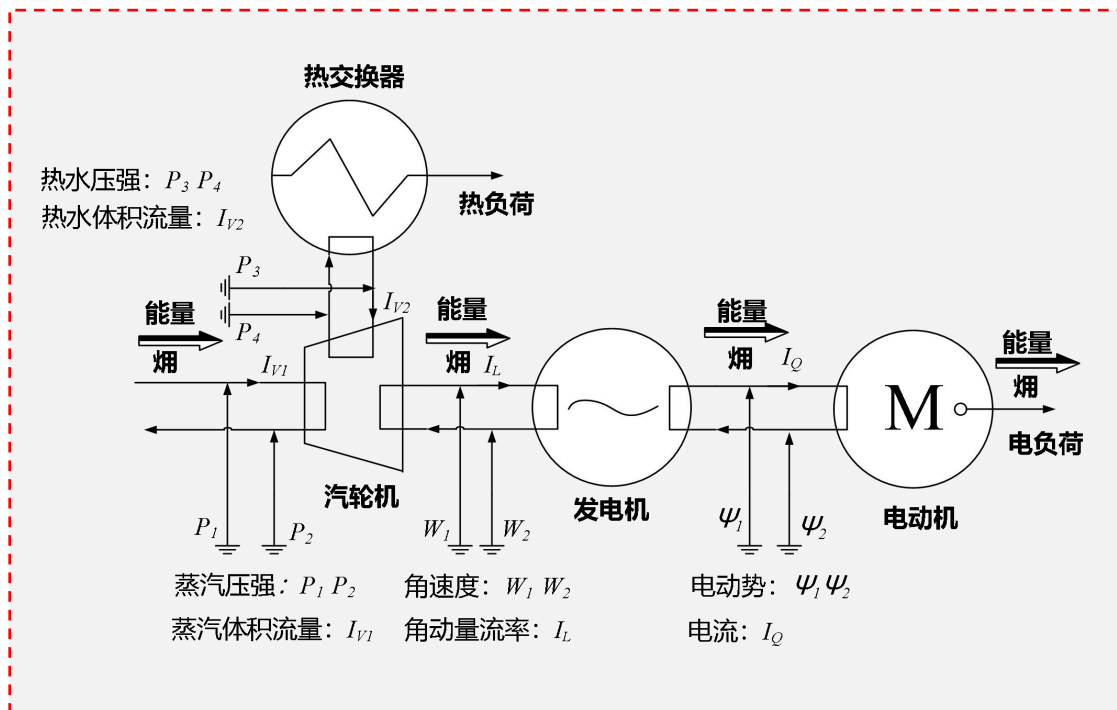
- 形成多能流系统的能量网络模型拓扑图
- 列写**广义基尔霍夫定律**方程组：
$$\begin{cases} AH = 0 \\ B_f \Delta X = 0 \end{cases}$$
- 列写**支路特性**方程组
- 完成能量网络方程组求解与后续计算



简单热电耦合系统建模流程



综合能源系统分析



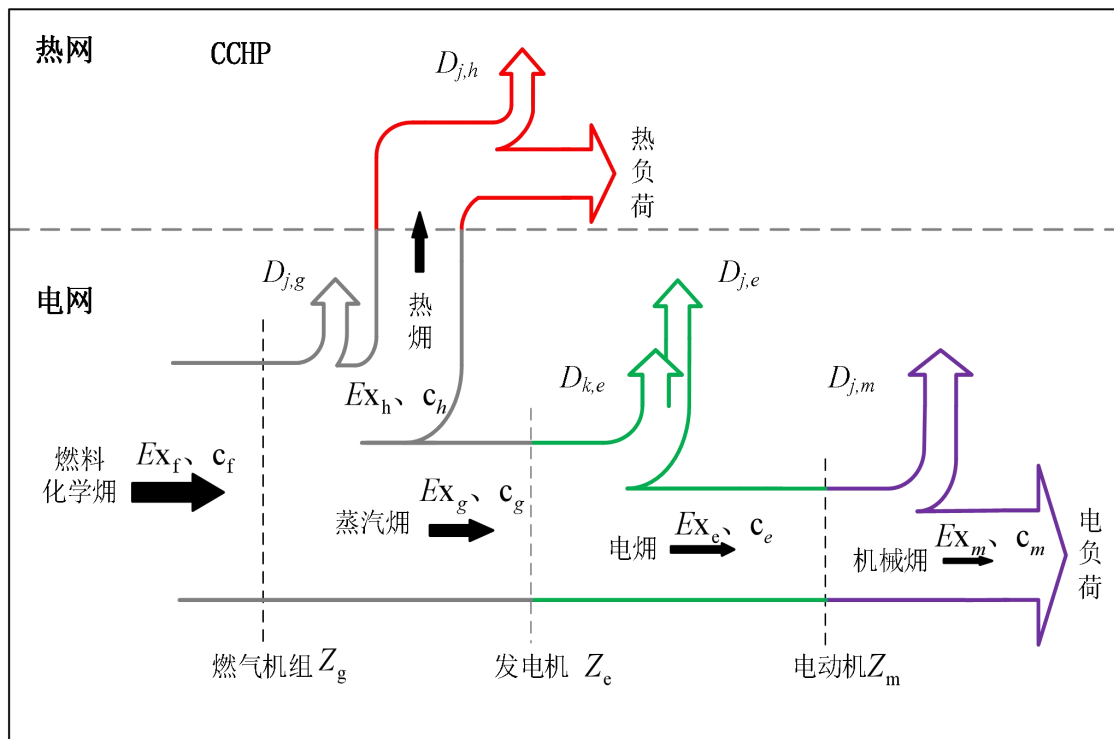
能量与烟传递过程示意图

- 图中汽轮机将蒸汽的流动能转换为原动机的机械能，蒸汽的部分热能通过热交换器传递给用户，发电机将机械能转换为电能，电动机将电能转换为机械能。
- 以热力学第一定律（能量守恒定律）为基础的能耗计算中，我们只关注到能量传递、转换过程中数量的变化，而忽略了能量品质的变化。

能量的不等价性

- 显然，蒸汽的流动能、电能和热能对外界做功的能力是不同的，因而也具备了不同的价值，从而引出了烟以及能级的概念。
- 能量是系统状态的一种度量手段，而烟是能量中可被人利用的部分，反映能量的质，不同形式能量对应不同形式的烟，用能的本质就是用烟。





烟演化过程示意图

- 烟在不可逆传递转换过程中不守恒，进入体系中**能级**较高的能量（电、燃料化学能）在一系列传递和转换中因烟的损耗而降质，最后以能级较低的能量排出体系，需对其时空特征进行分析；
- 基于热力学第二定律，根据能量中烟的多少（**能级高低**）可反映其在不同工艺过程中的**使用价值**。

➤ **热力学角度分析：**单纯从烟流数量改变的角度进行分析。以燃气机组为例得到烟平衡方程：

$$Ex_f = Ex_g + Ex_h + D_{j,g}$$

Ex 代表烟， D 代表排弃烟，下标 f, g, h 分别代表燃料、蒸汽和热烟

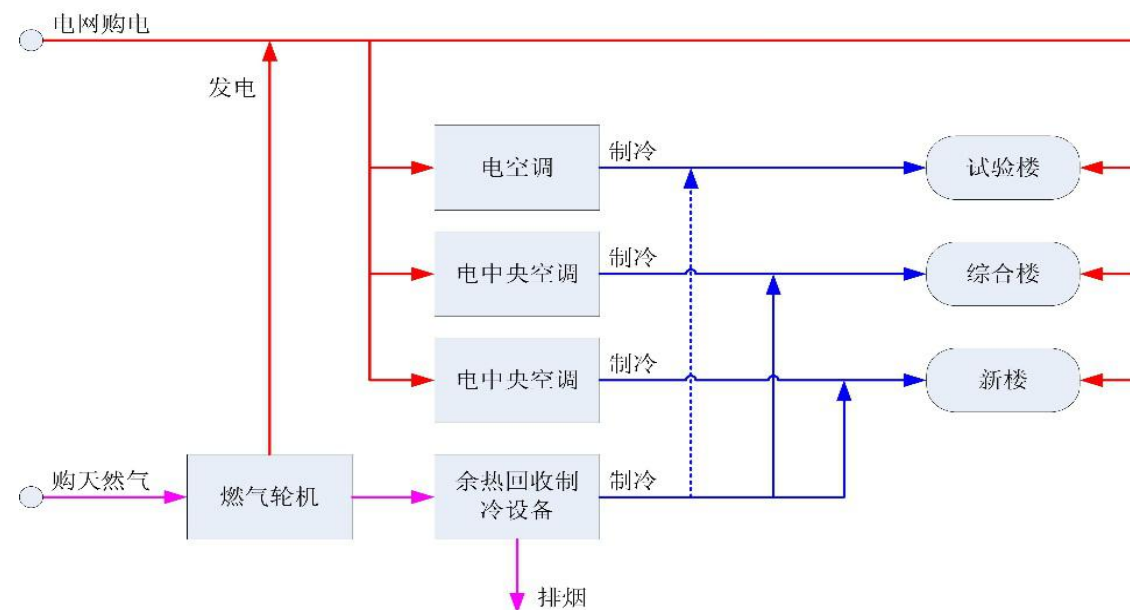
◆ 由烟平衡方程，可以推知系统中某环节的烟损耗情况，但不进行烟经济分析无法找出系统节能潜力所在。



应用实例

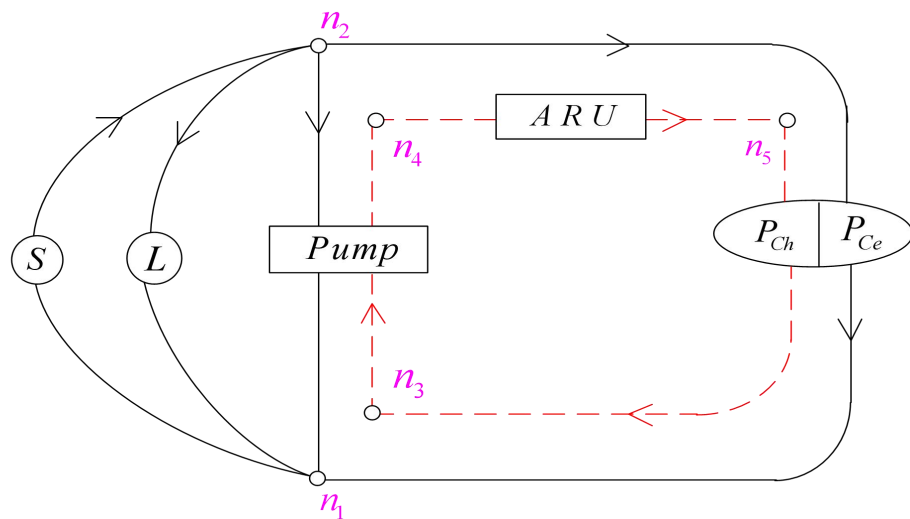


佛山供电局冷热电联产项目

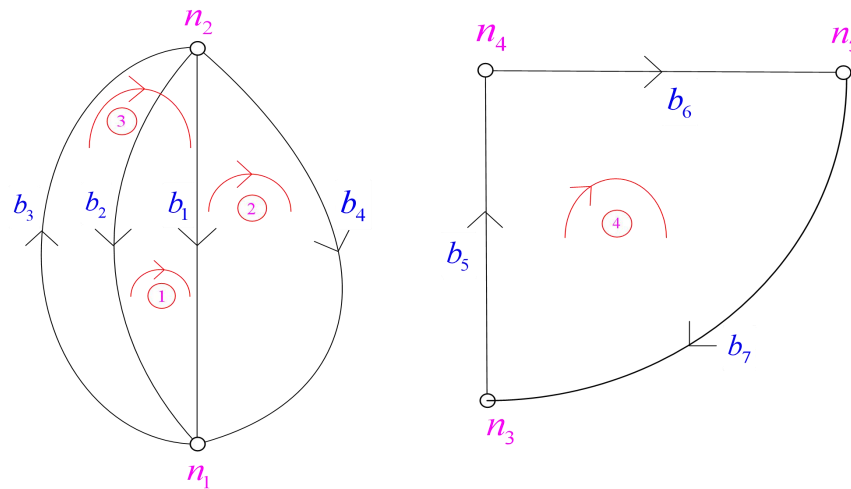


系统配置简图

应用实例



能量网络示意图



能量网络支路、节点以及基本回路编号图

图中实线代表电力线路，虚线代表冷水管路，电能与冷量通过水泵与冷负荷耦合在一起。

其中 S 为电源， L 为新楼中除去电制冷空调的其它电负荷， ARU 为吸收式制冷机组， P_{ch} 代表吸收式制冷机提供的冷量， P_{ce} 代表电空调提供的冷量。整个系统运行状态时由 P_{ch} 和 P_{ce} 的比值决定的。

在已知电源出口电压、总热负荷、和线路参数的情况下，
通过建立能量网络方程，求解即可得该系统的能量分布。

应用实例

运行参数对比

选取该系统在2010年9月2日12时0分0秒时刻的数据进行计算，计算所得数据与实际数据进行对比

计算值

$$\Delta X = [230.23 \quad 230.23 \quad -230.23 \quad 230.23 \quad -199860 \quad 79944 \quad 119916]$$

$$H = [55.608 \quad 107.091 \quad 749.656 \quad 586.957 \quad 0.03331 \quad 0.03331 \quad 0.03331]$$

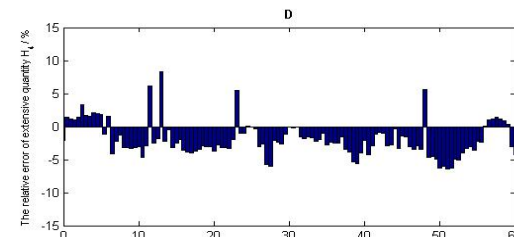
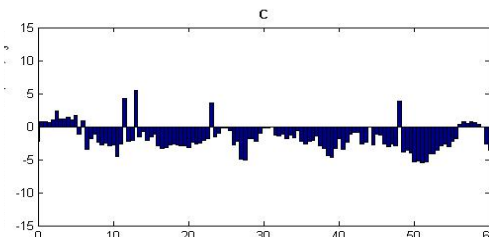
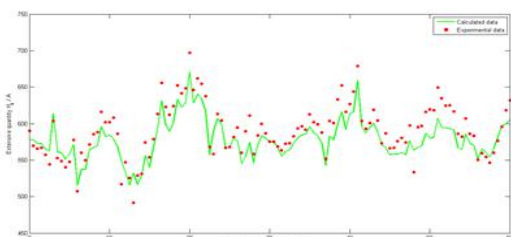
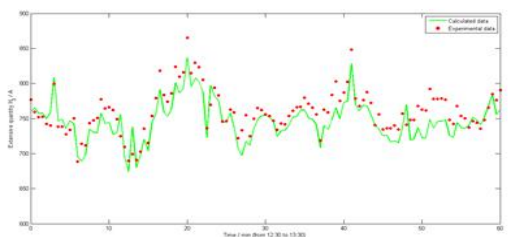
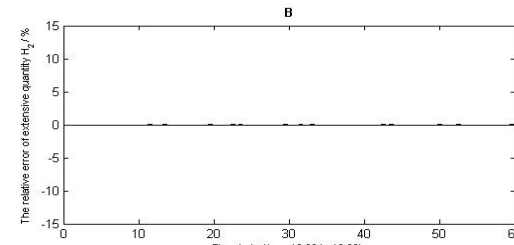
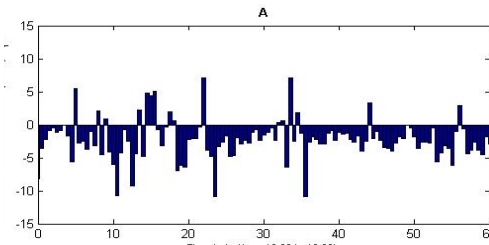
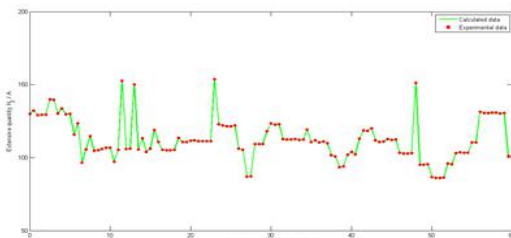
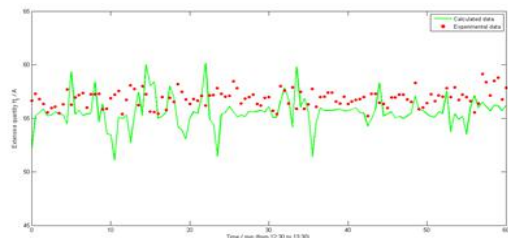
实际值

$$\Delta X_a = [230.19 \quad 230.19 \quad -230.19 \quad 230.19 \quad -200000 \quad 80000 \quad 120000]$$

$$H_a = [58.26 \quad 107.087 \quad 770.565 \quad 605.2 \quad 0.03322 \quad 0.03322 \quad 0.03322]$$

运行参数	实际数据	计算所得	误差
ΔX_1	230.19	230.23	0.02%
ΔX_2	230.19	230.23	0.02%
ΔX_3	-230.19	-230.23	0.02%
ΔX_4	230.19	230.23	0.02%
ΔX_5	-200000	-199860	-0.07%
ΔX_6	80000	79944	-0.07%
ΔX_7	120000	119916	-0.07%
H_1	58.26	55.608	-4.55%
H_2	107.087	107.091	0.004%
H_3	770.565	749.656	-2.71%
H_4	605.2	586.957	-3.01%
H_5	0.03322	0.03331	0.27%
H_6	0.03322	0.03331	0.27%
H_7	0.03322	0.03331	0.27%

应用实例

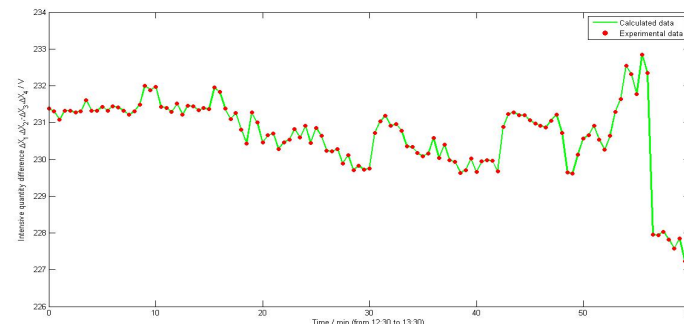


电力网络支路b1~b4处基本广延量（电流）变化曲线

电力网络支路b1~b4处基本广延量（电流）的相对误差

对该系统2010年9月2日12:30至13:30的运行参数进行计算及分析，在该时间段内系统参数每30s采集一次。

图中红色散点代表系统运行参数的实际值，绿色曲线代表能量网络方程求得的运行参数的计算值。



电力网络支路b1~b4处强度量差（电压差）变化曲线

主要内容

- ▶ 发展背景及动向
- ▶ 综合能源系统建模与分析
- ▶ 综合能源系统效益评估与优化规划
- ▶ 综合能源市场前景



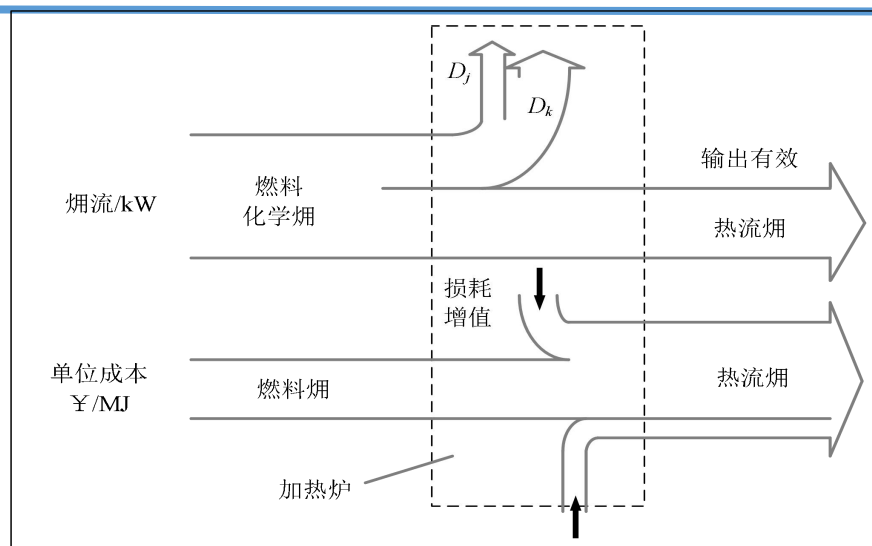
三种分析方法的对比		能量分析法	焓分析法	焓经济分析法
	理论基础	热力学第一定律	热力学第一、第二定律	综合运用热力学分析原理与经济学理论
	评价准则	能量利用率	焓效率	焓成本、焓经济成本
	实质	考虑能量在数量上的平衡	同时考虑能量的量和质，追求能量品位的最佳匹配	综合运用热力学原理和经济学准则，追求节能和经济的统一

- 传统的能量分析法**只注重能量的量，忽略能量的质**，无法确定不同品味能量的价值，因此无法指导用能，无法指出系统节能潜力所在。
- 焓分析法着重分析了能量系统的问题，**同时考虑了能量的量和质**，可以帮助系统实现“能质匹配”，但未必是最经济的运行方式。
- 焓经济分析法**综合运用热力学原理和经济学准则**，可以实现节能和经济的统一。

焓经济学：在焓经济分析法基础上发展出来的科学，是**热力学和经济学**学科交叉发展的科学，追求**能源利用和经济效益**的综合最优



基于焓经济学的效益评估



热流焓在转换过程中焓流减少和成本增加示意图

- 能量中焓的多少可以反映其**使用价值**，但并无法代表它在**经济学上的价值**
- 能量传递、转换过程的**不可逆性**使焓流的量不断减小，但燃料焓的价值和成本已经全部**转移**到热流焓中；再计及设备折旧费用、管理费用等**非能量成本**，单位热流焓的价值将**成倍高于**燃料的化学焓，即体现了**焓的经济学不等价性**

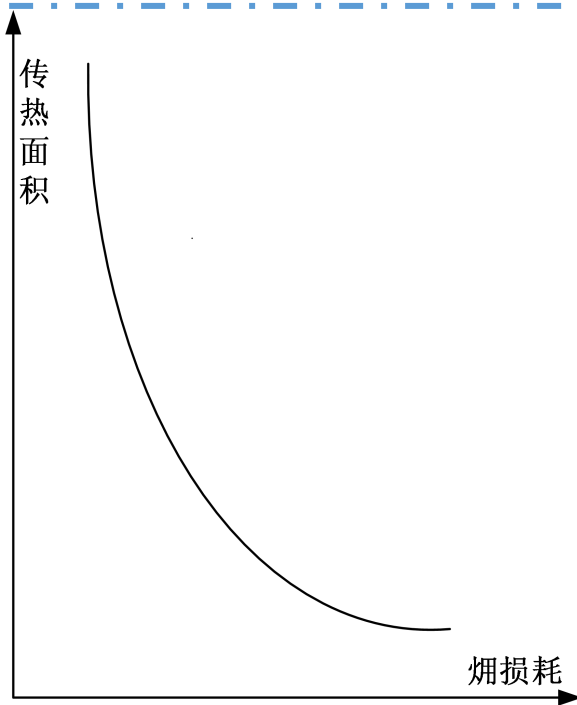
➤ **经济学角度分析：**计及非能量成本（设备成本、人工费等）从焓的经济价值角度进行分析：

$$c_f \cdot Ex_f + Z_g = c_g \cdot Ex_g + c_h \cdot Ex_h$$

c 代表焓价（焓经济成本）， Z_g 代表燃气机组运行的非能量成本

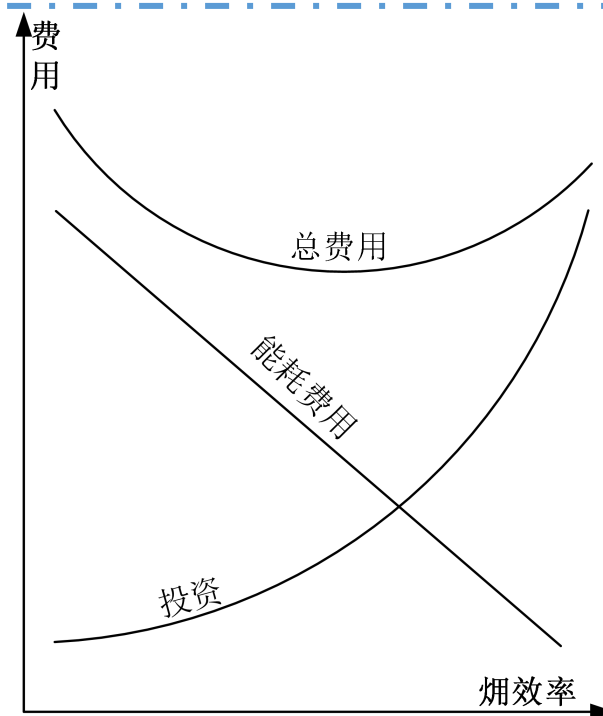
- ◆ 上式为**焓成本平衡方程**，输入的燃料成本和非能量成本的**总和**即为产品的焓经济成本，由于焓传递和转换过程的不可逆性造成的焓损以及后一级的产品**承担**了前一级非能量成本，焓流成本在传递过程逐级攀升。
- ◆ 而对于不同产品（如蒸汽焓和热焓）的定价有不同的**成本分摊方法**，也是焓经济学的重点。
- ※ 上述焓成本平衡方程将排弃焓成本全部**转移**到了另两种产品中，如果增设设备对这部分焓回收利用，应将其加入计价，综合考虑设备成本和节约的能耗成本，进行**经济性分析**，也是**焓经济学优化**的关注点。

基于焓经济学的效益优化



换热器传热面积（设备投资）与焓损耗关系

- 设备投资费用与产生焓损的制约关系，近似成**反比例规律**。焓损降低到一定程度后，继续降低将导致投资费用**几何倍数**的增长。
- 即“**节能越深入越难，所花的投资代价越高**”。

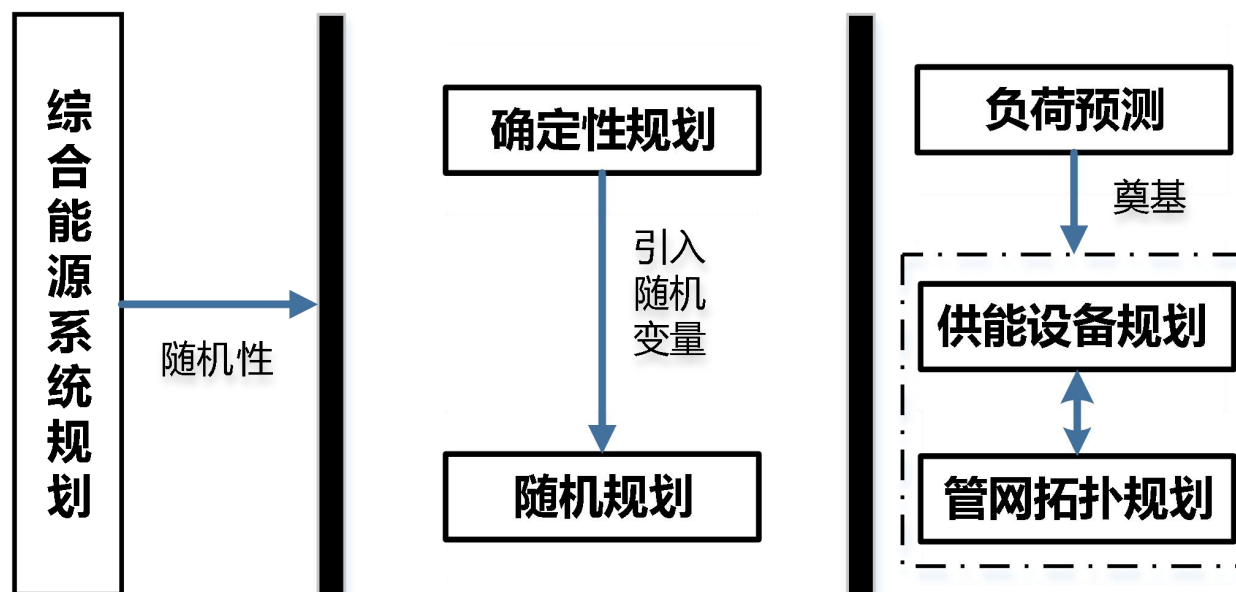


系统总费用构成与焓效率关系

- 适度加大对综合能源系统的投资可以**降低焓损耗**，从而提升焓效率，从而降低总费用。但片面地追求焓效率的提升，反而导致总费用的**激增**，不符合**经济性要求**。
- 焓经济学的基本思想是使系统**总费用**降至最低，并维持系统的**焓效率**在高位上，追求**能源利用和经济效益**的综合最优。

综合能源系统规划模型

- 综合能源系统规划通过优化不同类型供能装置(热电联产机组, 热泵等)的**选址定容**, 系统**管网拓扑的确定**等过程, 可以实现各种**能源资源的最优配置**。其目标函数一般情况下考虑为系统运行成本最低, 能源利用效率最高以及环境保护程度最大等。
- 以是否考虑分布式可再生能源接入带来的随机性影响, 将区域综合能源系统规划模型分为**确定性规划模型**以及**随机规划模型**等。

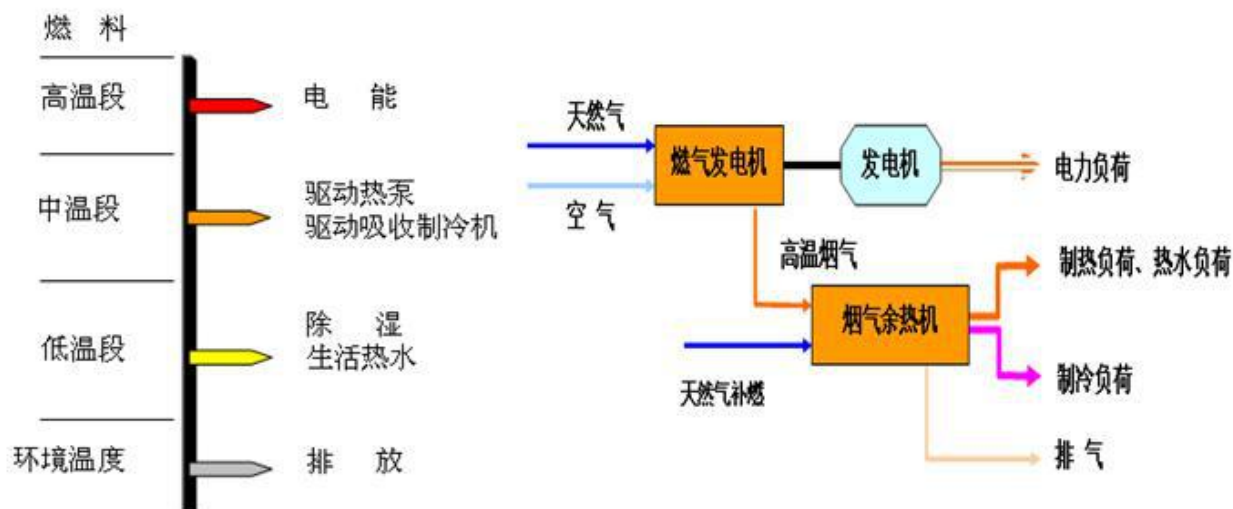


供能设备规划

- 综合能源系统中的供能设备规划，重点在于解决在**何时，何地搭建何种类型，何种规模**的供能单元的问题，在满足负荷侧需求，以及各种约束的条件下，实现系统投资最低，**烟损耗最低或烟经济损失最低**等目标。

供能设备

- 综合能源系统中的供能设备包括**传统能源设备**如热电联产机组，热泵，电热锅炉；**新能源设备**如风力发电机以及光伏发电机组等；以及各种**储能设备**，如燃料电池，蓄热罐等。



典型的燃气冷热电联供循环





综合能源系统优化规划

综合能源网架规划

- 综合能源系统中的能源网架规划，重点在于解决在**何时**，**何地**搭建**何种类型**，**何种规模**的线路及其回数，在达到规划所需的输能能力的前提下，实现系统投资最低，**损耗最低**等目标。



综合能源网架模型

电网模型

热网模型

气网模型

传统模型

电网采用传统潮流模型，气网采用偏微分方程模型，热网在建立流体传输模型基础建立热传输模型。

能量网络模型

基于能量网络理论，建立统一形式的综合能源系统网络模型。



主要内容

- ▶ 发展背景及动向
- ▶ 综合能源系统建模与分析
- ▶ 综合能源系统效益评估与优化规划
- ▶ 综合能源市场前景



综合能源服务

- 综合能源服务最本质的特点是以电力系统为核心，在规划、设计、建设和运行的过程中，对各类能源的分配、转化、存储、消费等环节进行**有机协调与优化**，充分利用可再生能源的新型区域能源供应系统。
- 综合能源服务的出现促进售电市场能源供应模式多元化，使得各种能源形式**优化配置**、**互联互通**，也催生出更多的消费模式和商业模式。

关键业务：供电、供气、供热、供冷、节能服务、分布式能源、储能、电气化交通等

服务类型：能源供应服务、技术设备服务、管理服务、工程服务、投融资服务、其他衍生服务

能源供应服务 供气、供热、供水、供氢、供电等

技术设备服务 智能配电网、储能设备、物联网等技术及设备

能源管理服务 节能、需求侧管理、大数据云计算等

能源工程服务 能源规划设计、工程建设、系统运维、节能改造等

投融资服务 BOT模式、BOO模式、PPP模式、BT模式

其他增值服务 智能家居产品、购售电一体化平台等



BOT模式：建设—经营—转让

BOO模式：建设—拥有一经营

PPP模式：公私合营

BT模式：建设—转让



综合能源服务

节能服务

- 由专业的第三方机构（能源管理机构）帮助自身机构解决**节能运营改造**的技术和执行问题的服务。
关键业务：减少能源消耗、提高能源使用效率、降低污染排放。

商业模式

合同能源管理
(EPC)

节能效益分享型

能源服务公司(EMCO)提供资金以及全过程服务，在客户配合下实施节能项目，在合同期间与客户按照合同约定比例**分享节能收益**

节能效益保证型

客户**提供节能项目资金并配合项目实施**，EMCO提供全过程服务并保证节能效果，客户向EMCO支付服务费用，如果项目没有达到承诺的节能量，EMCO按照合同约定赔约未达到节能量的经济损失。

能源费用托管型

客户**委托EMCO进行能源系统的节能改造和运行管理**，并承包能源费用。如果EMCO不能达到合同中规定的能源服务质量，应按合同给予赔偿。





能源行业综合能源服务标准化技术委员会筹建方案

拟筹建行业专业标准化 技术委员会名称	拟负责制修订行业标准 领域	行业标准化 管理机构	秘书处 拟承担单位	国家能源局 联系部门
能源行业综合能源服务 标准化技术委员会	拟负责节能检测、供能质 量控制、能源托管和运营 等综合能源服务领域的 标准化工作，同时在综合 能源供应、综合能源技术 装备、综合能源建设运营 和综合能源“互联网+” 等与综合能源服务有交 集领域开展标准化工 作。	中国电力企业 联合会	中国南方电网有限 责任公司	国家能源局能源节约 和科技装备司





美的32兆瓦光伏发电示范项目

商业模式：合同能源管理模式

美的：提供闲置屋顶

南网能源：负责光伏项目的投资、报批、建设和运营维护

双方节能效益分享期限：25年

项目发电量：合同期预计总发电量约**7.64亿kWh**，每年平均发电约3054万千瓦时，光伏发电量可占厂区用电量的**近1/3**

项目发电量：每年可为国家节约标准煤**约1.04万吨**（按标煤煤耗为340克/千瓦时），减排二氧化碳**约2.6万吨**、二氧化硫**约0.08万吨**

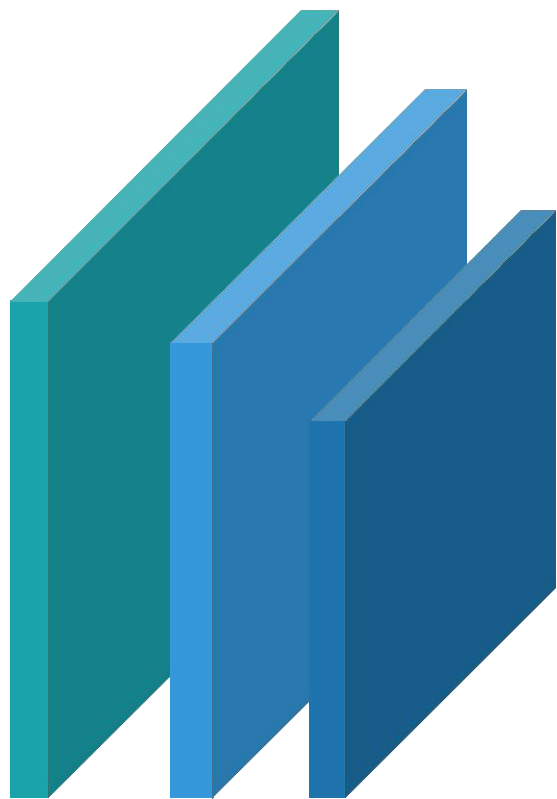
发电量以工厂自身消纳为主，少量富余电量送入电网



美的项目为屋顶光伏项目

来源：2014年7月，南方电网综合能源有限公司报告





● “物联网+”电力（自动化科学视角）

物联网技术（LPWAN、5G等）在电力行业的应用，作为传统电力信息化、自动化的延伸，其主要作用是获取尚未覆盖的边缘数据，并应用于电力系统规划、运行与控制。

● “电力+”物联网（数据科学视角）

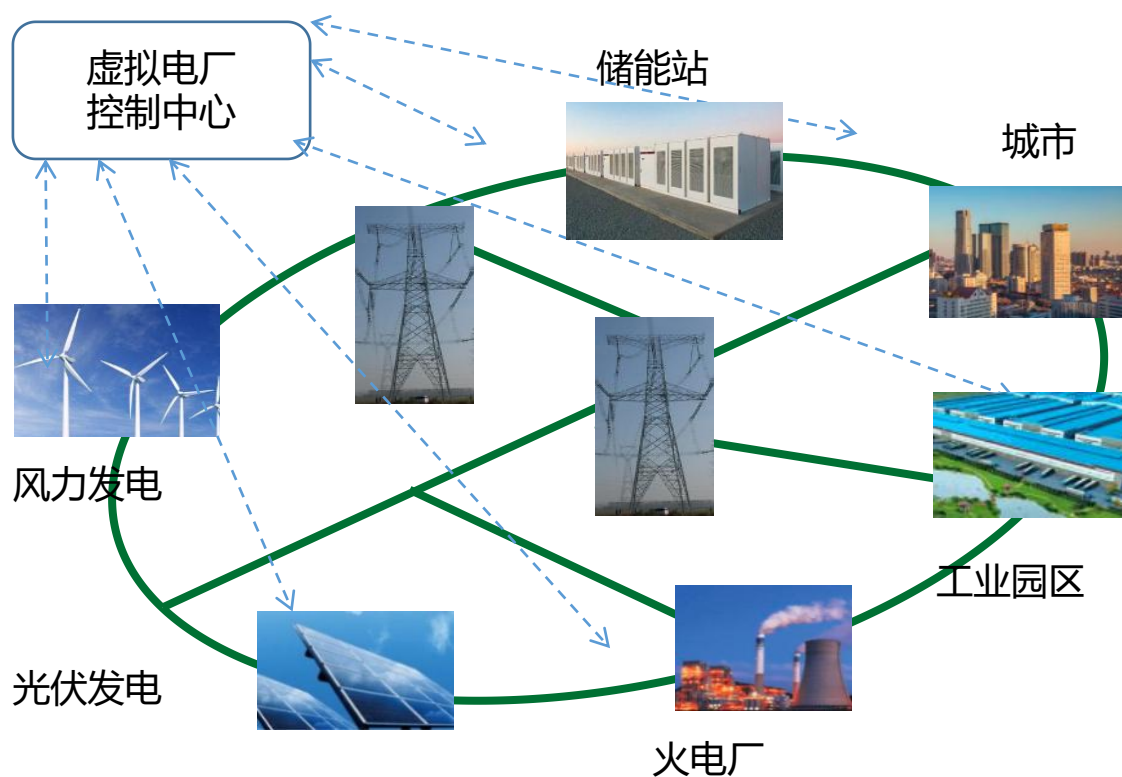
通过物联网技术获取电力用户用电数据，通过数据科学方法可以处理用电数据中所包含的大量有价值的社会经济信息，并为各行各业提供决策支撑。

● “电网即物联网”（通信科学视角）

即基于电力线通信（PLC）的物联网技术，利用电力线作为通信介质(如宽带电力线载波HPLC)，网随电通，可传输其他非电气量数据(如水、电、气、热四表合一集抄)。

电力物联网及其商业模式

虚拟电厂



- **以价值为驱动**，在现有电网、热网的架构上，通过虚拟控制中心聚合优化各类分布式电源、可控负荷、储能系统与电力交易平台、调度系统对接，促进冷热电协调控制、智能计量和源荷预测，整合各类柔性资源
- **参与电力批发市场各类交易**，达到热电解耦最优化及供应效益最大化，实现发电侧的多能互补和用户侧的灵活互动，为电网运营提供容量和辅助服务，提高电力系统的经济性和可靠性，并促进可再生能源的高效优化整合。

P2P能源交易



- ❑ 搭建综合能源服务云平台（实现各类能源供应与用户用能的良性互动），用户可通过能源互联网实现与能源公司的自由交易，用户可从能源公司买电，亦可把电卖给能源公司。云平台从中抽取一定的费用，来实现盈利和维护物联网平台的基础设施。
- ❑ 包含广泛的清洁能源发电，如分布式光伏、分布式风力发电、分散型风/光互补小型发电系统。
- ❑ 一个用户也可以成为一个小型的售电单位，在平台上实现个人对个人的能源交易。

数据促进能源行业跨界融合

冷

热

气

电

- 由石油、天然气、热力、电力供应商与互联网运营商合作组成综合能源服务解决方案供应商或成立商业联盟，实现对各类能源的综合供应、调控。基于电力物联网，冷热气等行业可以进行生产活动的调节优化，制定个性化的生产流程、用户服务流程，实现更好的社会服务和更高企业盈利。



华南理工大学
South China University of Technology

A decorative graphic on the left side of the slide, consisting of a large triangle filled with a grid of smaller triangles. The background of the grid is a night cityscape with lights reflecting on water.

谢谢各位领导和专家!

版权归作者所有，勿转发



博慎智库

U & P Think Tank