



数据创造能源价值 ——天然气分布式能源的大数据

李先瑞

中国城市燃气协会分布式能源专委会

2015.11



目录

CONTENTS

- 数据在天然气分布式能源中的作用
- 数据分类
- 数据创造能源价值
- 性能数据检测和评价
- 专家诊断系统
- 优化控制系统
- 天然气分布式能源全系统最优化
- 互联网+天然气分布式能源示范项目

数据在天然气分布式能源中的作用

1. 对新建天然气分布式能源项目的作用

项目	内容	数据和主要参数	目标
优化设计	优化配置	装机比例：余热供冷（热）负荷/总供冷（热）负荷 供冷（热）量比例：余热供冷（热）/总供冷（热）比例	余热利用最大化规模合适
	系统优化	余热利用率 与可再生能源的耦合 蓄冷（热）设备	年综合利用率最大化 余热利用率最大化
	因地制宜	不同主机的热电比 科技园区，生态园区，商贸区的热电比，工业园区的热电比 热电比对主机选型的影响	主机系统和主要设备的效率最优化
优化经济性	国产化	降低投资 减少维护费	主机国产化
	直供电力	向用户直接供电	电价合理
	直购天然气	与天然气公司直接签订购气合同	燃气价格优惠
	优化设计、优化运行	年利用小时数 \propto 延时小时数	余热利用最大化
优化运行模式	优化原则	兼顾系统能源综合利用效率和系统经济性的综合优化原则	能效、成本综合最优
	优化运行模式	经济性最优化运行模式	运行成本最低
		能源综合利用最优运行模式	能源综合利用效率最高
		以冷热定电运行模式	满足用户冷热负荷要求
	以电定冷热运行模式	孤网运行	

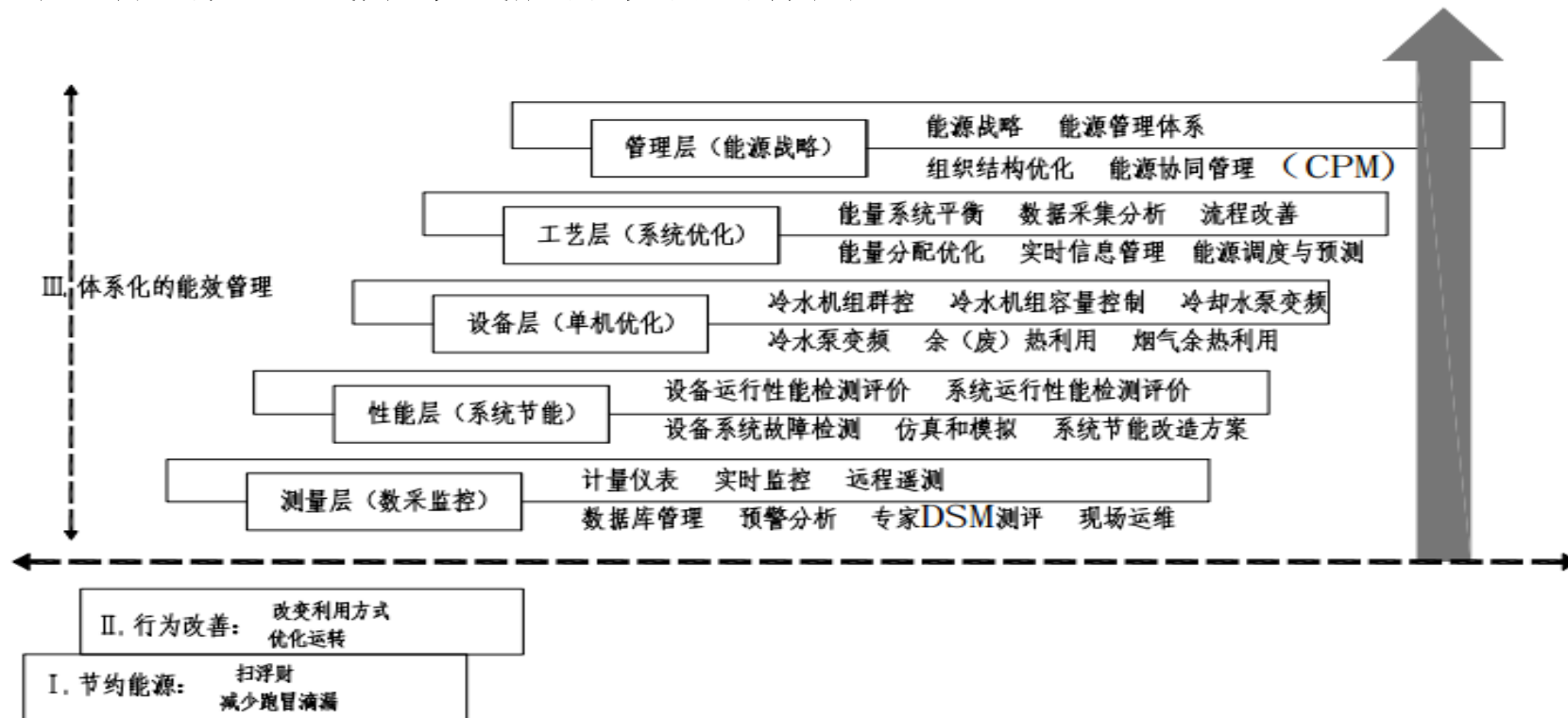
数据在天然气分布式能源中的作用

项目	内容	数据和主要参数	目标
优化商业模式	优化商业模式	业主投资及管理模式	适合初投资小，维护简单，电量可直接上网
		能源服务公司模式	适合规模较大，技术复杂，需专业运行人员
		合同能源管理的商业合作模式	全新的市场经营模式
	PPP商业模式	特许经营者投资、建设、运营	全生命周期设计、施工、运行、专业队伍管理
优化管理	城市、区域天然气分布式能源发展规划	从规划层面制定总体能源规划、引导天然气分布式能源健康有序发展	有序健康发展
	在线监测和后评估	后评估主要包括年平均能源综合利用率、年利用小时数、年节能量和减排量	节能性、经济型的保证
	激励政策	包括并网、设备补贴、电价、气价优惠和税收补贴等	促进天然气分布式能源的发展

从上表可知，天然气分布式能源在线监测的数据和数据思维是今后天然气分布式能源项目优化设计、优化运行、高效低耗低排放的依据，是今后天然气分布式能源发展的未来。
缺乏数据资源，就无以谈企业；缺乏数据思维，就无以谈未来。

数据在天然气分布式能源中的作用

2. 对运行的天然气分布式能源项目的作用



由上图可知，以天然气分布式能源的数据和数据思维为基础，进行项目性能检测和评估；通过专家系统实现高效运行；采用硬件和软件的科学组合等实现全系统的优化，实现了数据创造能源价值的目的。数据库系统是系统平台的组成部分，也是上层的应用系统的基础，也是业务处理系统的核心。数据库系统包含以下子数据库：建筑基本情况数据库、分类分项能耗数据库、设计安装数据库、计量表原始数值数据库。整个节能监控系统数据库建设中包含了数个关键技术设计。

数据在天然气分布式能源中的作用

3. 在互联网能源中的作用

天然气分布式能源项目之间，项目和能源局在线监测之间均通过互联能源网的信息网相通，网上流动的是信息的采集、交换和控制，流动的是能源消费数据，能源消费需求预测和优化能源管理信息。

天然气分布式能源项目用户终端之间的网是能量网，流动和交互的是冷热电等能量，互联网能源具有智慧、自学习和进化的功能，能实现需求侧管理，能跟踪负荷的变化，实现高效低耗的运行。

开发利用1000个示范项目数以几亿、几十亿大数据资源的能力，就能获得大数据的话语权，就能获得参与互联网、能源网的条件和权利。

数据在天然气分布式能源中的作用

4. 在促进天然气分布式能源科技进步中的作用

在编制天然气分布式能源设计、施工、调试、运行等标准、规范中的作用。

在开发天然气分布式能源项目检测方法（实时模拟、模拟、物理分析模型等）的作用。

在开发天然气分布式能源项目智能控制方法（机组和系统的智能控制、联合控制、智能电网技术等）的作用。

在开发数据采集技术、数据分析软件等技术中的作用。

数据的开发和利用是一项十分艰辛的工作，要成就大事，必须从小事做起。抛开数据的收集、归纳和分析等小事，就无天然气分布式能源的伟业可言。

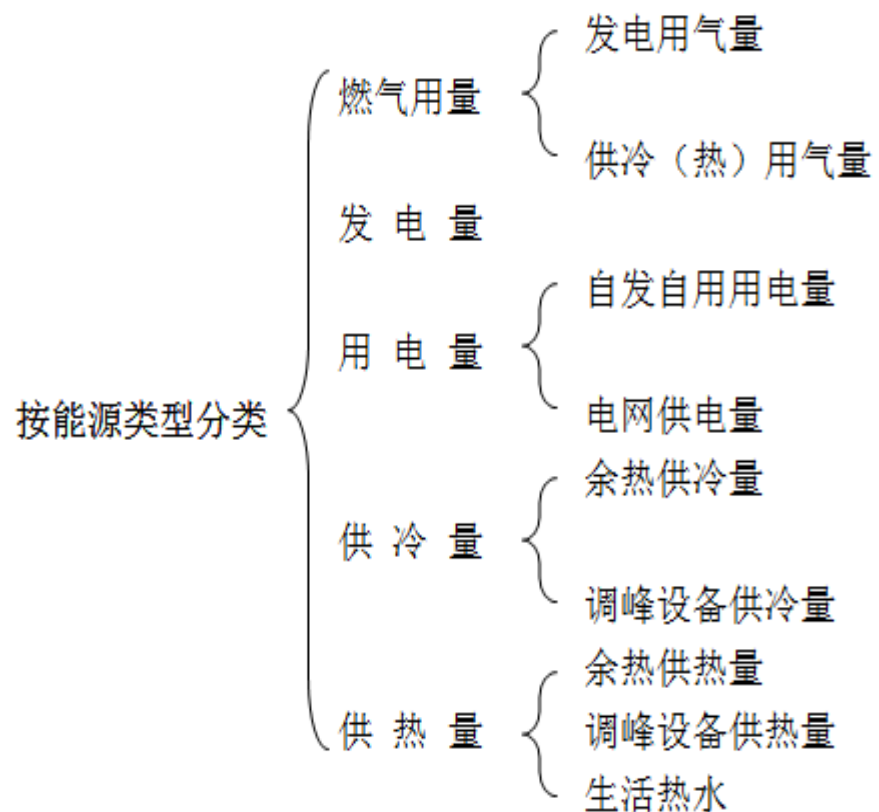


目录

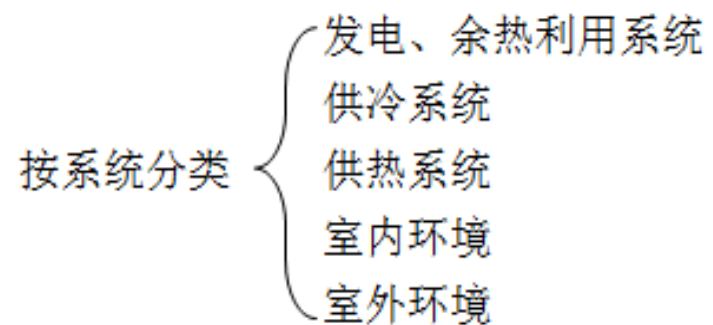
CONTENTS

- 数据在天然气分布式能源中的作用
- 数据分类
- 数据创造能源价值
- 性能数据检测和评价
- 专家诊断系统
- 优化控制系统
- 天然气分布式能源全系统最优化
- 互联网+天然气分布式能源示范项目

1. 按能源类型分类

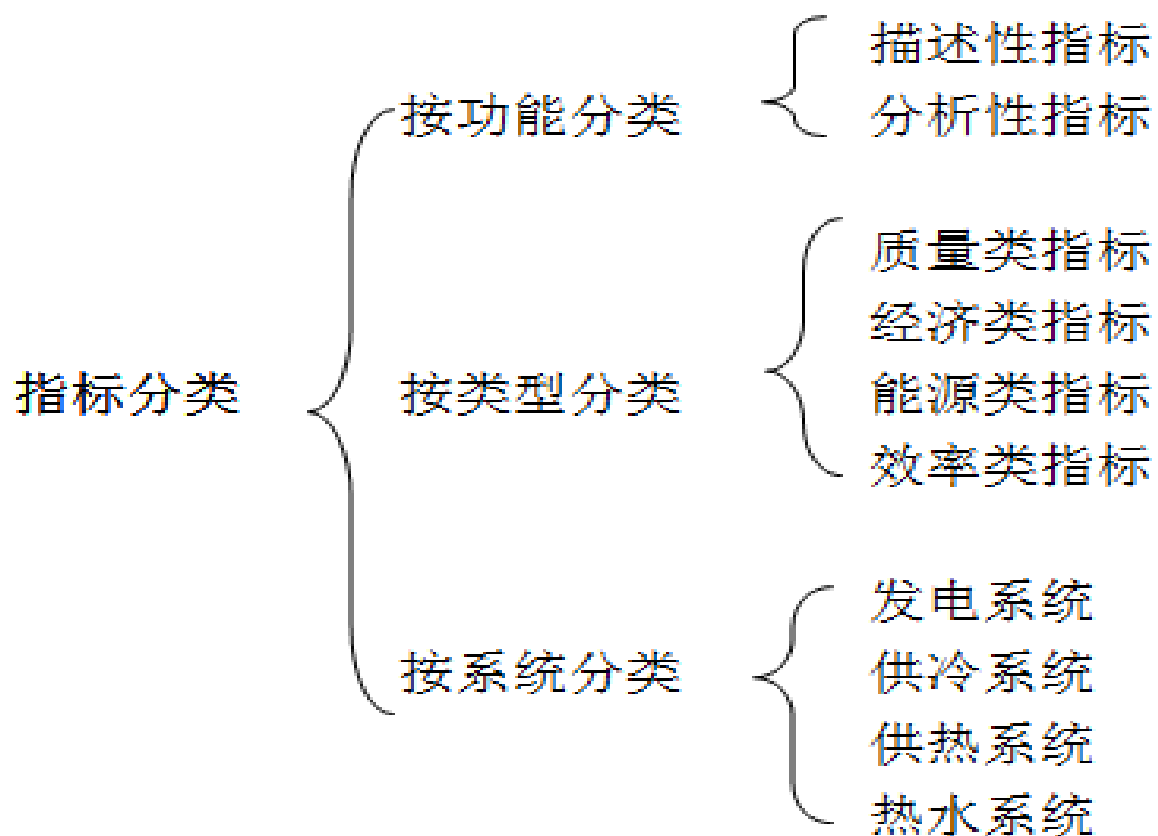


2. 按系统分类

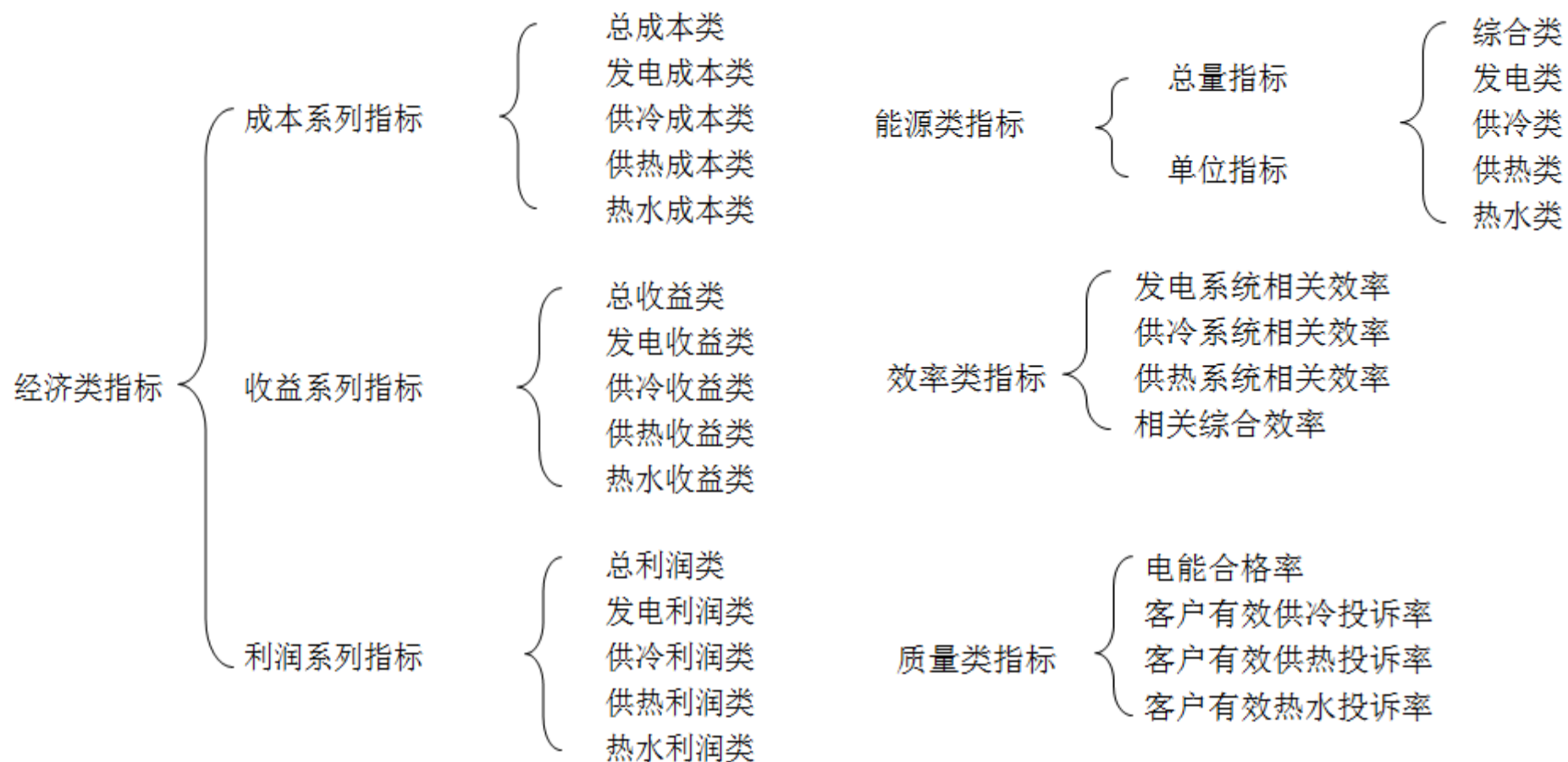


3. 按指标分类

□

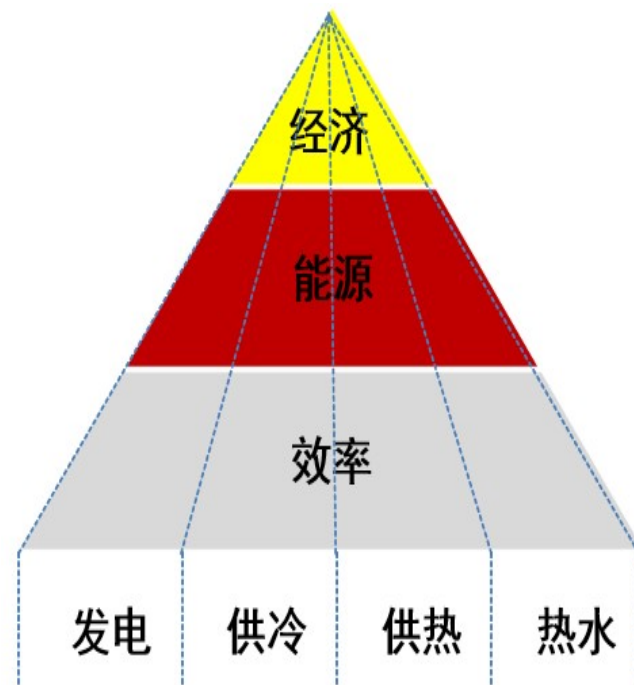


3.1. 按类型分类指标分类



3.2. 指标体系的搭建

	质量类	经济类	能源类	效率类
发电	电压 频率 相位	成本 收益 利润	水、电、气	发电效率 余热利用率
供冷	温度 流量 压力	成本 收益 利润	水、电、气 冷	系统效率 冷机效率 吸收机效率 水泵效率 塔效率
供热	温度 流量 压力	成本 收益 利润	水、电、气 热	系统效率 锅炉效率 吸收机效率 水泵效率 换热器效率
热水	温度 流量 压力	成本 收益 利润	水、电、气 热	锅炉效率 吸收机效率 水泵效率 换热器效率





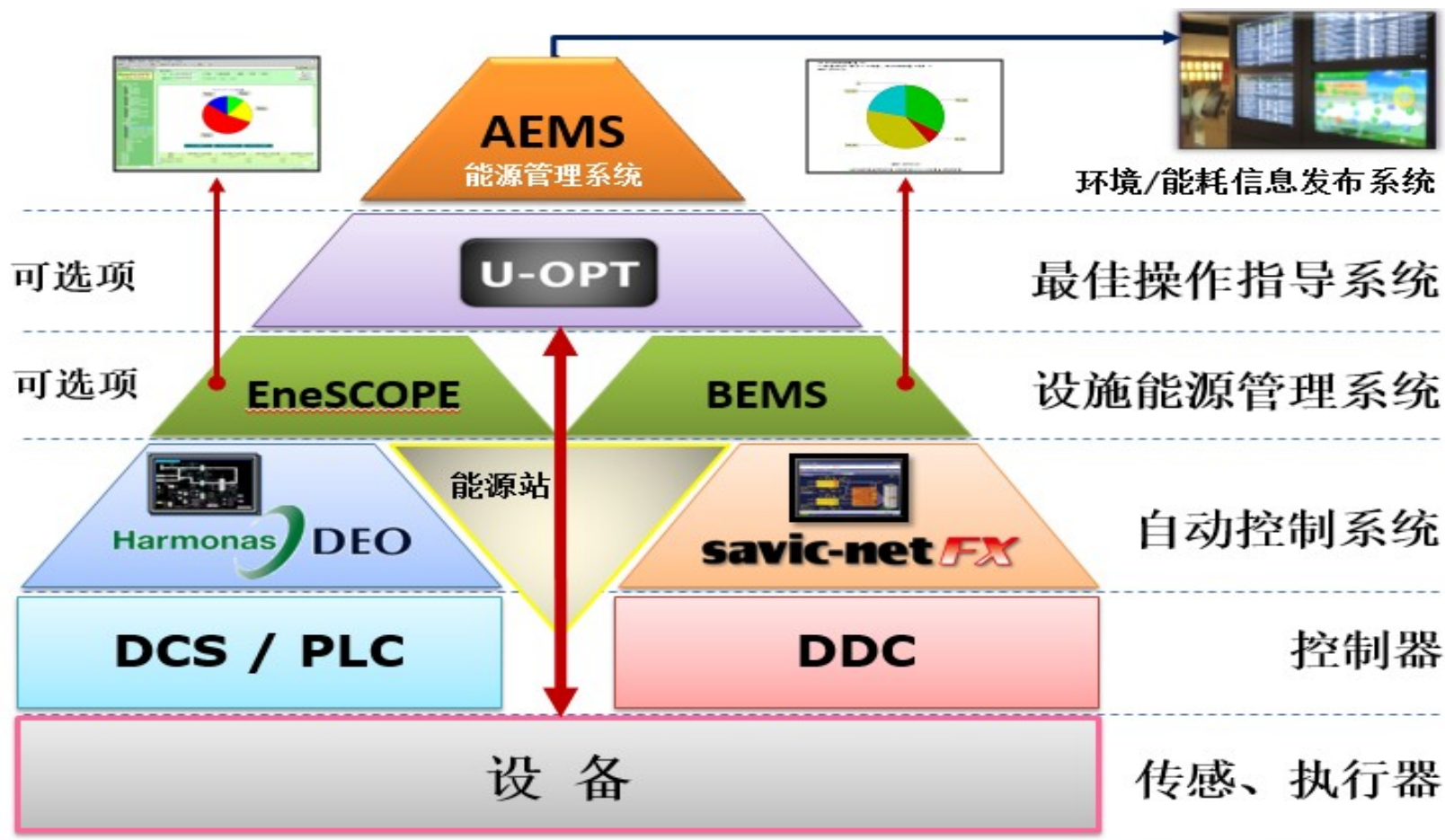
目录

CONTENTS

- 数据在天然气分布式能源中的作用
- 数据分类
- **数据创造能源价值**
- 性能数据检测和评价
- 专家诊断系统
- 优化控制系统
- 天然气分布式能源全系统最优化
- 互联网+天然气分布式能源示范项目

数据创造价值

1. 以数据为基础的能源管理系统



2. 性能数据是评价系统和设备的能耗和能效等级的重要依据

- ①、天然气分布式能源的年平均能源利用率 $>70\%$ 、余热利用率 $>60\%$ ，节能率 $>15\%$ 。
- ②、空调系统、供热系统和设备的能效和能效等级等应满足“公共建筑节能设计标准”等规定。
- ③、运营监测系统的性能数据应达到设计要求。
- ④、全系统的运行性能数据应实现能耗最小、能效最高的目标。

数据创造价值

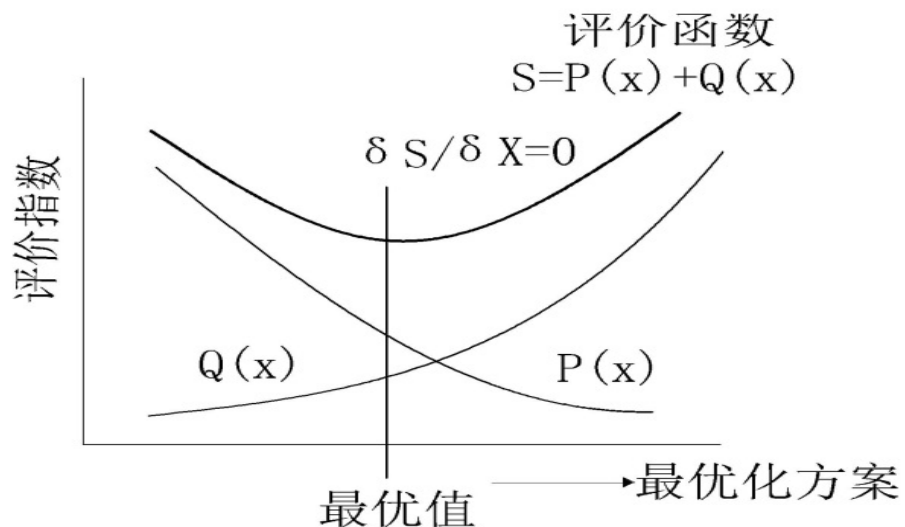
3. 最优化控制指的是不同供能方案的能耗因素组合不同，以能耗的和为评价函数并使能耗最小化

冷（热）源设备最优化控制指的是在消耗必要的能耗将冷（热）负荷输送至末端装置以维持室内的环境条件，供能方案不同能耗因素组合也不同，以能耗的和为评价函数并使能耗最小化。

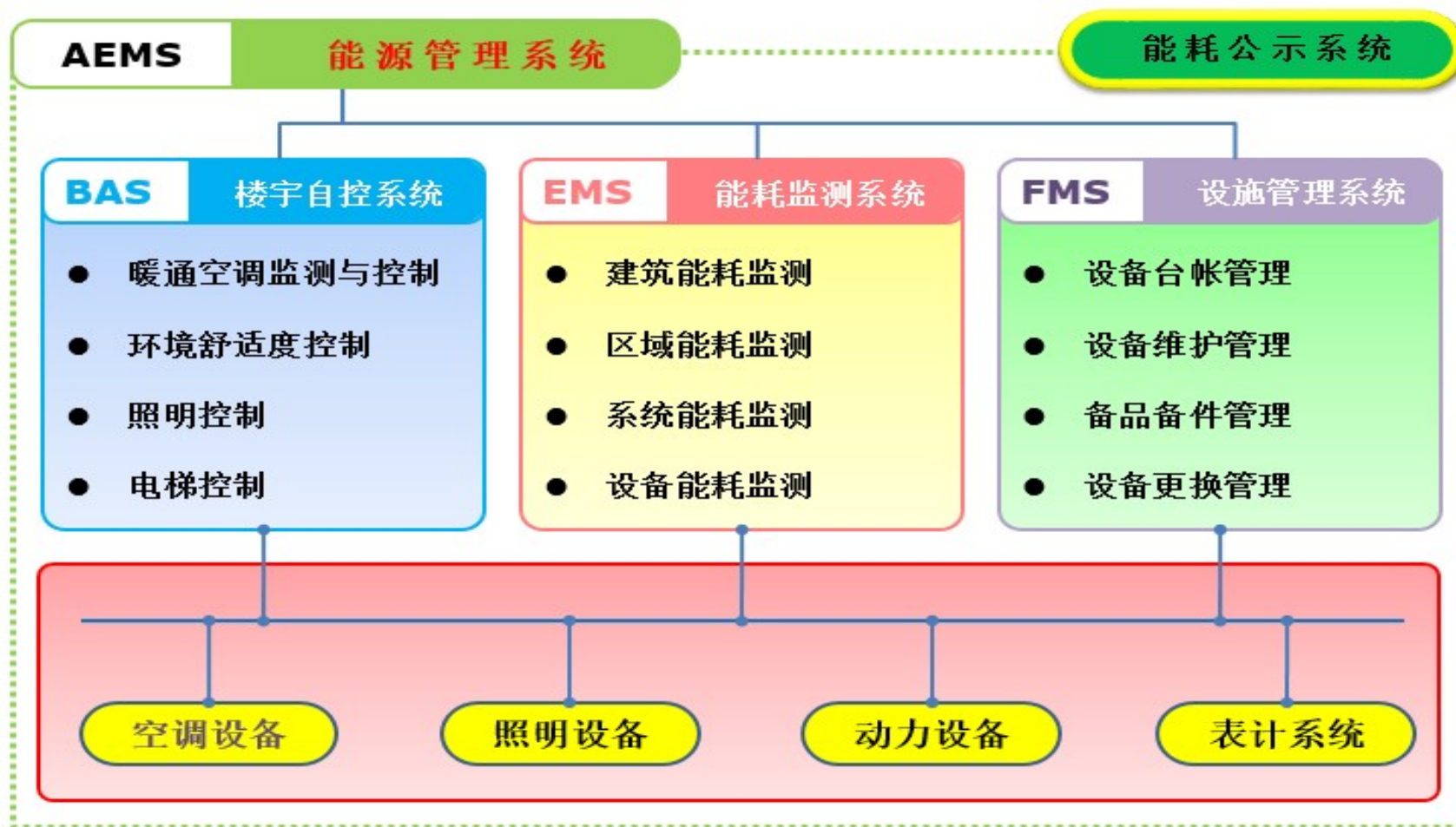
评价函数 $S=P(X)+Q(X)$

一般最优化问题使 $\partial S/\partial X=0$

下图表示的即是以上叙述的问题，实际上，确定该评价函数就是最优化问题的中心课题。



5. 能源优化管理系统





目录

CONTENTS

- 数据在天然气分布式能源中的作用
- 数据分类
- 数据创造能源价值
- 性能数据检测和评价
- 专家诊断系统
- 优化控制系统
- 天然气分布式能源全系统最优化
- 互联网+天然气分布式能源示范项目

性能数据检测和评价

1. 空调系统运行评价项目及评估指标

项目	单位	计算公式	评价方法	评价指标
单位面积空调能耗	Kwh/m ² ·a	$ECA = \frac{\sum W_i}{A}$	评价系统能耗水平	
单位空调面积耗冷量	W/m ² GT/m ² ·a	$CCA = \frac{1000Q}{A}$ $CCA = \frac{Q}{A}$	评价系统提供的服务	
空调系统能耗比		$EER_S = \frac{Q}{\sum W_i}$	评价系统整体运行效率	≤2.9
制冷系统能效比		$EER_r = \frac{Q}{\sum W_j}$	评价制冷系统的经济运行	≤4.0 (水冷) ≤额定值90% (风冷)
冷水输送系数		$WTF_{ch} = \frac{Q}{W_{chp}}$	评价冷水系统的经济运行	≤35
末端能效比		$EER_t = \frac{Q}{\sum W_k}$	评价空调末端的经济运行	全空气系统≤15 风机盘管≤30
冷水机组能效比		$cop = \frac{Q}{W_{ch}}$	评价冷水机组的经济运行	≤冷水机组额定值cop的95%
冷却水输送系数		$WTF_c = \frac{Q_c}{W_{cp}}$	评价冷却水系统的经济运行	≤35

性能数据检测和评价

2. 供热系统运行评价项目及评估指标

项目	单位	计算公式	评价方法	评价指标
锅炉房单位供热量 燃料消耗量	Kg/GJ m ³ /GJ	$B_Q=G/Q$	评价热源系统的经济运行	燃煤锅炉<48.7 燃气锅炉<31.2 燃油锅炉<26.3
锅炉房、热力站单位面积 燃料消耗量、耗电量	GJ/m ² Kg/m ² m ³ /m ²	$B_A=G_0/A$	评价热源的能耗水平	热电厂0.25~0.38（寒冷地区） 0.40~0.55（严寒地区） 燃煤锅炉12~18（寒冷地区） 19~26（严寒地区） 燃气锅炉8~12（寒冷地区） 12~17（严寒地区）
	Kwh/m ²	$E_A=E_0/A$	评价热源的能耗水平	燃煤锅炉2.0~3.0（寒冷地区） 2.5~3.7（严寒地区） 燃气锅炉1.5~2.0（寒冷地区） 1.8~2.5（严寒地区） 热力站0.8~1.2（寒冷地区） 1.0~1.5（严寒地区）
单位面积耗热量	GJ/m ³	$Q_{yA}=Q_{y0}/A_y$	评价系统提供的服务	0.23~0.35（寒冷地区） 0.37~0.50（严寒地区）
单位面积补水量	L/m ² Kg/m ²	$W_A=1000W_0/A$	评价系统的经济运行	一级管网<15（寒冷地区） <18（严寒地区） 二级管网<30（寒冷地区） <35（严寒地区）

2. 供热系统运行评价项目及评估指标

项目	单位	计算公式	评价方法	评价指标
锅炉运行热效率	%	$\eta_g = Q_g / g_{gc} \times G_g$	评价热源的经济运行	见附表
水泵运行效率	%	$\eta_b = G_b \times H_b / 3.6N_b$	评价输送的经济运行	≤ 额定工况的90%
换热设备换热性能	%	$KF = Q_1 / \Delta t_p \times \tau$	评价热力站得经济运行	≤ 额定工况的90%
换热设备运行阻力	MPa	$\Delta h = h_1 - h_2$	评价热力站的经济运行	≥ 0.1MPa
管网输送效率	%	一级管网 $\eta_1 = \sum Q_1 / Q$ 二级管网 $\eta_2 = \sum Q_y / Q_2$	评价输送的经济运行	≤ 95% ≤ 92%
沿程温降	°C/Km	$\Delta t_L = (t_{L1} - t_{L2}) / L$	评价输送的经济运行	热水 地下 ≤ 0.1 地上 ≤ 0.2 蒸汽 ≤ 1.0
管网水力平衡度		$\eta_0 = \eta_{max} / \eta_{min}$	评价输送的经济运行	0.9~1.2
热力入口的流量		$\eta = g_y / g_{yi}$	评价输送的经济运行	0.9~1.2
室内温度	°C	$t_{y\ min} > t_j - 2$ $t_{y\ max} \leq t_j + 1$	评价系统提供的服务	

性能数据检测和评价

3. 天然气分布式能源评价项目及评价指标

项目	单位	计算公式	评价方法	评价指标
年平均能源利用率	%	$v = \frac{3.6W + Q_1 + Q_2}{B \times Q_L}$	评价系统的节能性	>70%
余热利用率	%	$v = \frac{q_1 + q_2}{q_3 + q_4}$	评价系统的经济运行	>60%
年利用小时数	h	$\eta = \frac{W_{\text{year}}}{\text{cop}_e}$	评价系统的经济运行	>2000
节能率	%	$\gamma = 1 - \frac{\eta_{eo} \times \text{cop}_0}{\eta_e \times \text{cop}_0 + \eta_t \times \eta_{to}}$ (η_e —联供系统发电效率; η_t —联供系统余热利用率; η_{to} —常规供电方式的供电效率)	评价系统的节能性	>15%
节能量	吨标煤/Kw		评价系统的节能性	0.25~1.0
余热供冷(热)量	%	$\alpha = \frac{\text{余热供冷(热)量}}{\text{全系统供冷(热)量}}$	评价系统的经济性	

性能数据检测和评价

4. 全系统的监测数据和评价指标

$$\eta_o = \eta_G \times \eta_T \times \eta_U$$

其中：

η_G ——年发热效率取决于锅炉设计、锅炉房技术以及工作参数，如过量空气系数、烟气温度、备用损失与控制维护质量等。

η_T ——输配效率取决于管网设计与技术、管道与设备保温质量、管网温度和压力、失水率，以及控制与维护质量等。

η_U ——最终使用效率是一项复杂参数，取决于建筑设计（影响热量损失与建筑的结构、形状与方向，以及围护结构质量），使用的采暖设备（热力站、内部管网、阀门与控制设备）、控制与维护质量。最终使用效率可以分为控制效率（考虑调节内部温度的可能性，是否需要调节内外条件）、热利用效率（考虑内部管网布局，例如非预保温管道内壁热损失，或冷空间热损失以及穿墙散热器损失等）。

	hG	hT	hU	ho	备注
坏系统	50%	75%	75%	28.1 %	小型集中供热系统
坏系统	60%	80%	75%	36.0 %	大中型集中供热系统
好系统	85%	85%	85%	61.4 %	采取了节能措施
节能系统	90%	93%	95%	79.5 %	



目录

CONTENTS

- 数据在天然气分布式能源中的作用
- 数据分类
- 数据创造能源价值
- 性能数据检测和评价
- **专家诊断系统**
- 优化控制系统
- 天然气分布式能源全系统最优化
- 互联网+天然气分布式能源示范项目

1. 专家系统的作用

专家系统的定义，指的是通过诊断作为对象的系统的性能，并以处方的形式对运营管理者提出意见的系统。供能系统存在的不合理运行状况有突发的、明显的也有潜在的，潜在的重大的问题大多是效率问题。

供能系统的诊断和生病的人找医生的状况一致，通过对运营管理者的问诊和比较容易得到的数据诊断系统性能，对于有重大问题的情况，则要依赖专家的详细的诊断。建立像主治医师那样的诊断水平的专家顾问系统是合理的供能系统的管理方式。

2. 专家系统的性能

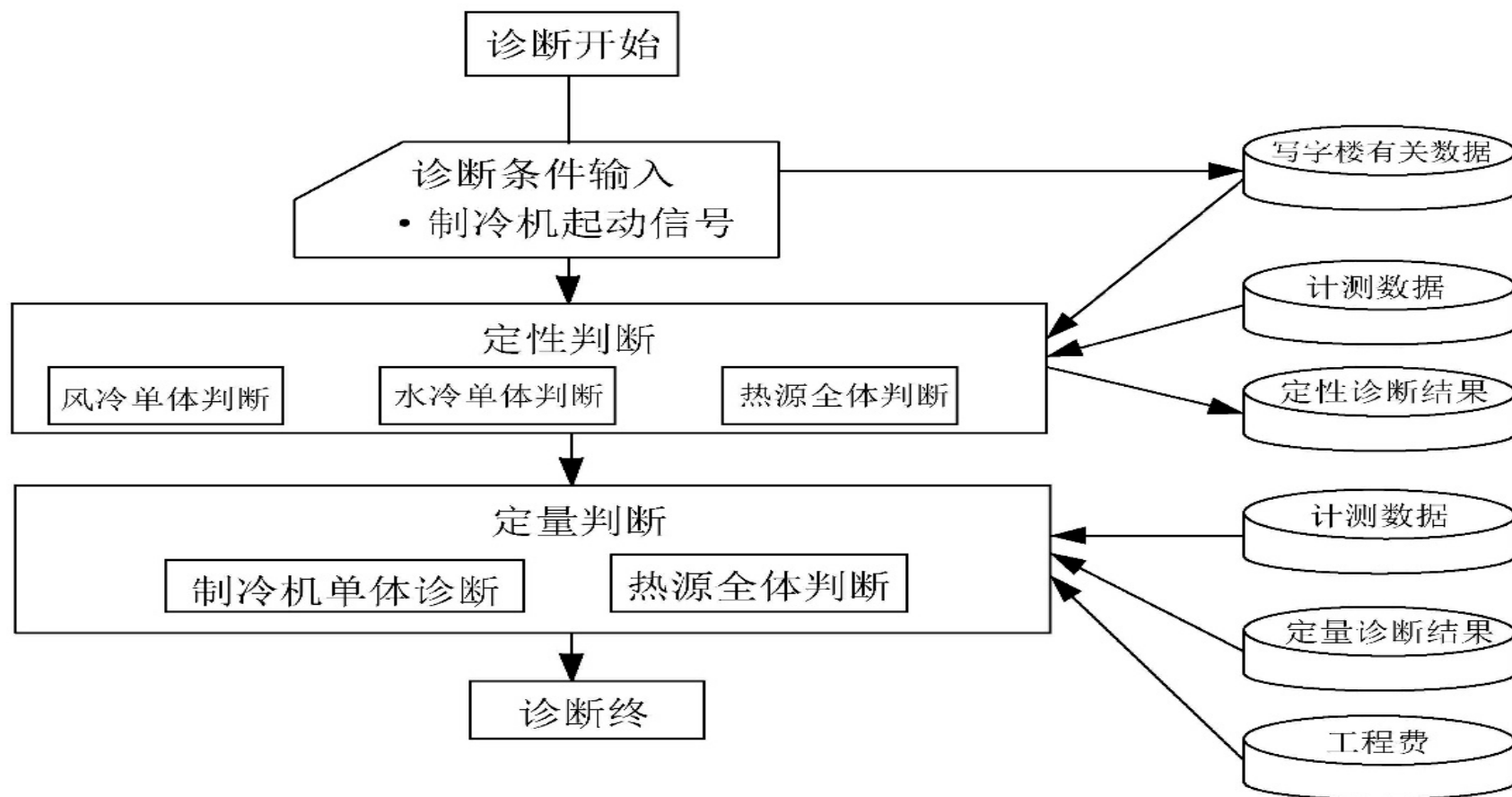
专家顾问系统的必要的性能如下所示：

信息收集：定期的收集诊断对象系统的信息。

信息诊断：根据收集的信息对系统性能进行评论，发现不合理的状态并分析造成的原因。

顾问：采用清楚的简易的表示方法将系统性能评价结果和改善意见传递给运营管理者。

3. 专家系统的诊断流程





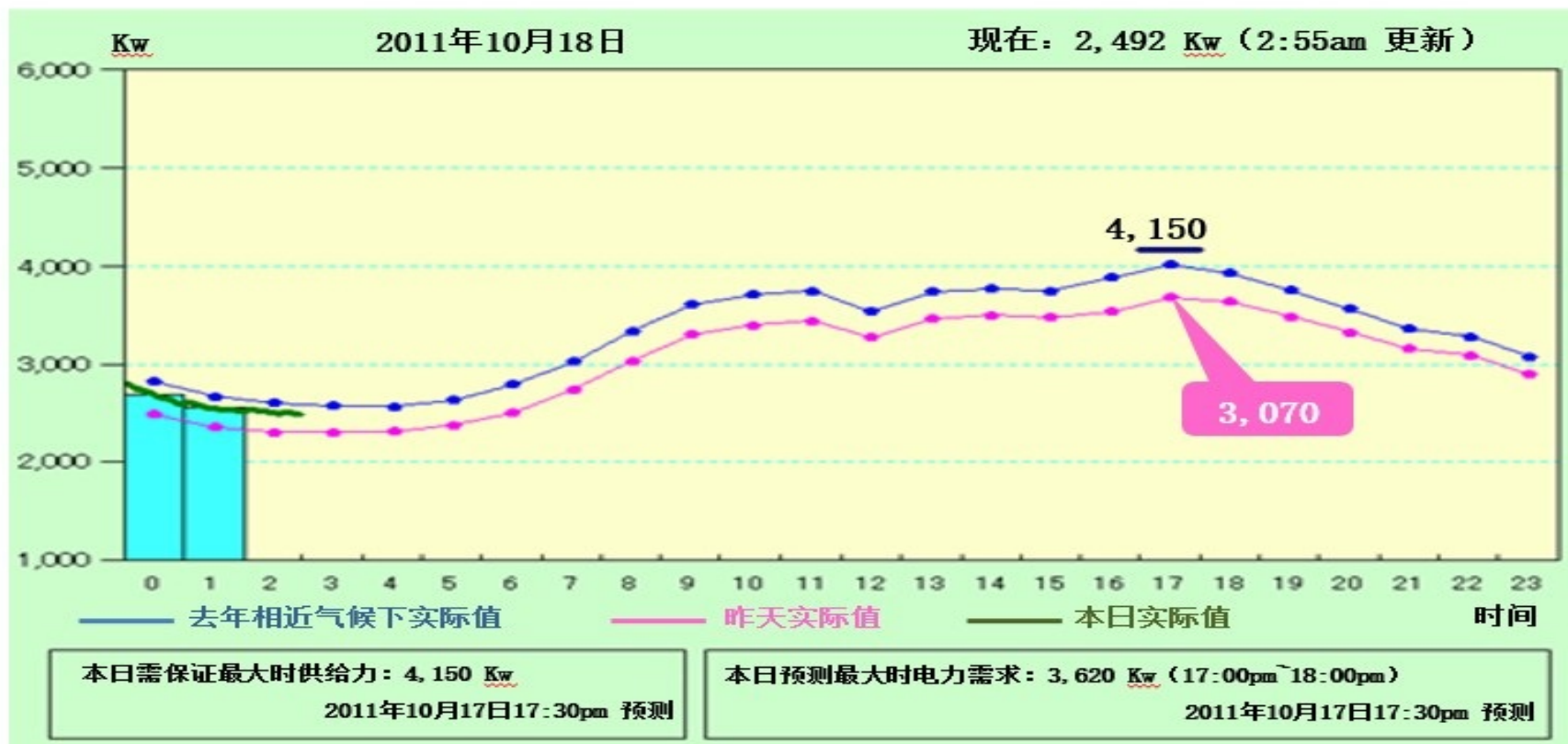
目录

CONTENTS

- 数据在天然气分布式能源中的作用
- 数据分类
- 数据创造能源价值
- 性能数据检测和评价
- 专家诊断系统
- **优化控制系统**
- 天然气分布式能源全系统最优化
- 互联网+天然气分布式能源示范项目

1. 优化控制系统的功能

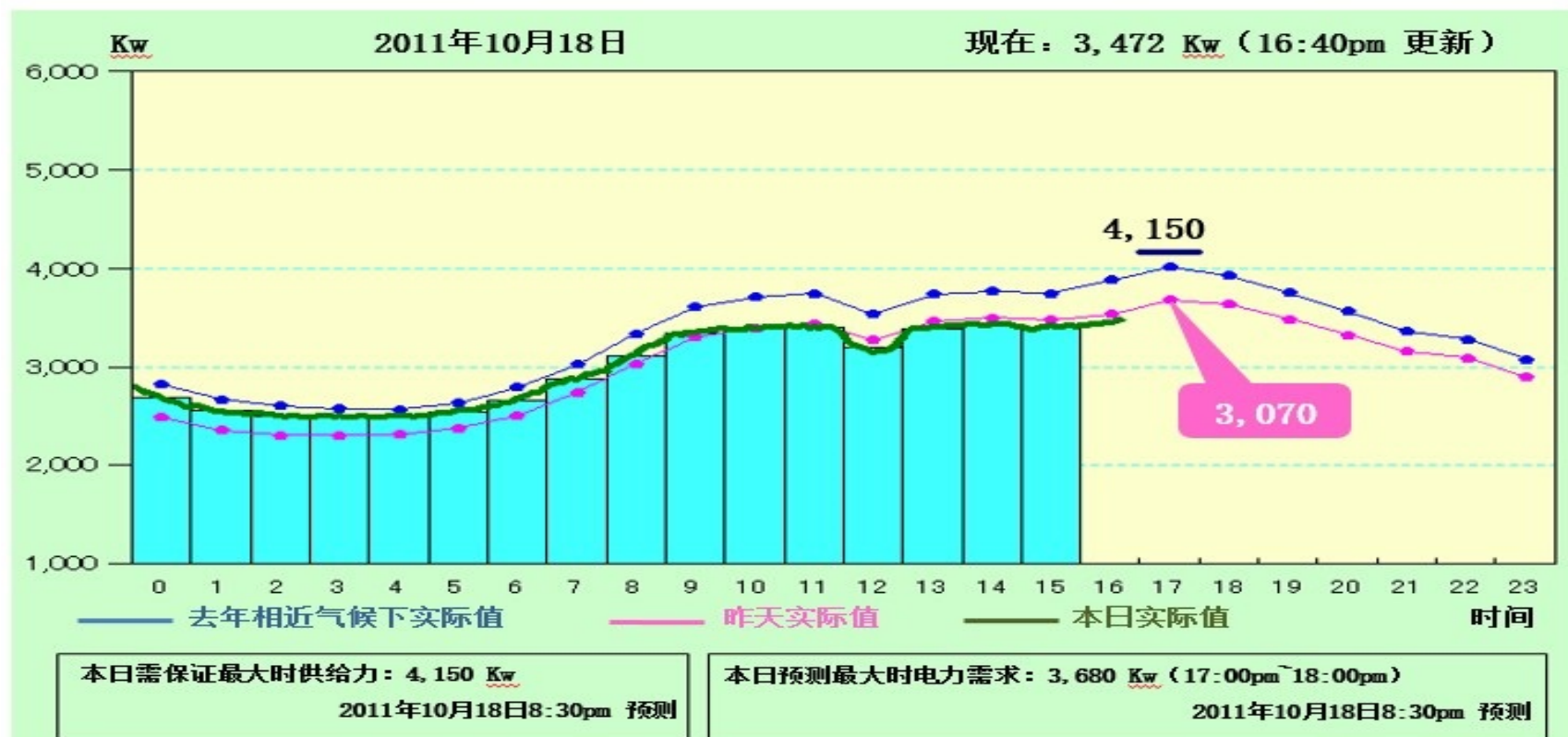
◆ 需求负荷预测功能

U-OPT 系统预测界面 (2011/10/18 2:55am)

1. 优化控制系统的功能

◆ 运行最优化功能

U-OPT 系统预测界面 (2011/10/18 16:40pm)



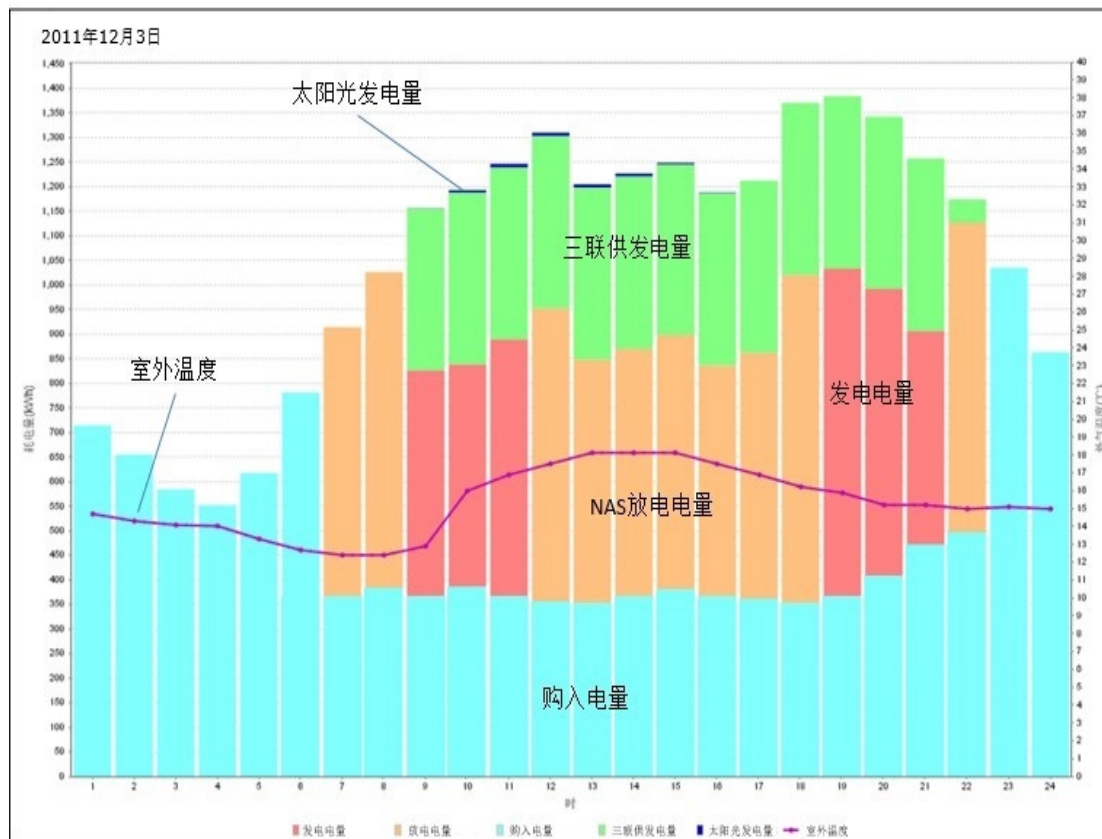
1. 优化控制系统的功能

◆ 能源优化管理

楼宇能源优化管理流程



楼宇电力结构



2. 冷（热）源运行最优化

- ◆ 冷（热）源设备的经济运行
- ◆ 冷（热）源水系统的经济运行
- ◆ 冷却塔的最优化控制

3. 水系统的最优化

- ◆ 变流量方式（VWV）的采用
- ◆ 合理的泵系统的设计
- ◆ 供回水方式、管道压力分布和扬程控制

4. 智能控制与群控

- ◆ 分布式能源机组和系统自身的智能化控制
- ◆ 分布式能源与载体的信息互动
- ◆ 分布式能源机组的联合控制
- ◆ 远程遥控
- ◆ 群控优化
- ◆ 智能电网技术
- ◆ 信息化计量与结算系统
- ◆ 自动信息发布系统



目录

CONTENTS

- 数据在天然气分布式能源中的作用
- 数据分类
- 数据创造能源价值
- 性能数据检测和评价
- 专家诊断系统
- 优化控制系统
- 天然气分布式能源全系统最优化
- 互联网+天然气分布式能源示范项目

1. 最优化定义

运行最优化指的是采用各种在线开关机或离线的方法从能耗和室内环境两方面来看均能使用户达到最佳的状态，在优化过程中包括了反馈控制、前馈控制在内的学习过程，也包括了离线的分析和根据操作系统进行的操作。

2. 最优化方法

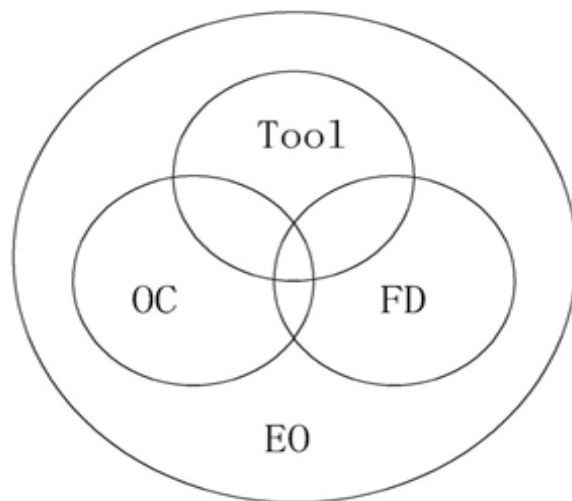
根据运行最优化的定义，可将最优化分为设计和运行控制两方面。最优化的设计指的是通过静态或动态系统分析计算出冷（热）负荷后，采用与最优设计时相同的评价函数、约束条件和对使用的设备采用最优运行控制，二者之间没有严格的分界面。但从总的方面来看实现最优化是很困难的，实际上要实现最优化，必须从设计、运行的各方面，包括建筑围护结构的设计、冷（热）负荷的计算、设备的设计、系统分析及竣工后的运行等全方位来进行。

3. EO的前提

在能源中心系统的各种设备必须处于正常状态，各子系统也必须处于在最优化状态的条件下，实施故障检测FD和最优化控制OC后才能使能源中心实现最优化。

EO指的是在各子系统的最佳状态组合后才能实现整个能源中心的最优化，也就是总系统的最佳化（见图7-1）。

若设备出现故障或某子系统不能处于最佳状态，则能源中心最佳控制的结果就不能达到最优点，能源中心也不能实现最佳状态。



EO (Energy station Optimization): 能源中心运行最优化

OC (Optimization Control): 最优化控制

FD (Fault Detection and Diagnosis): 故障检测和诊断

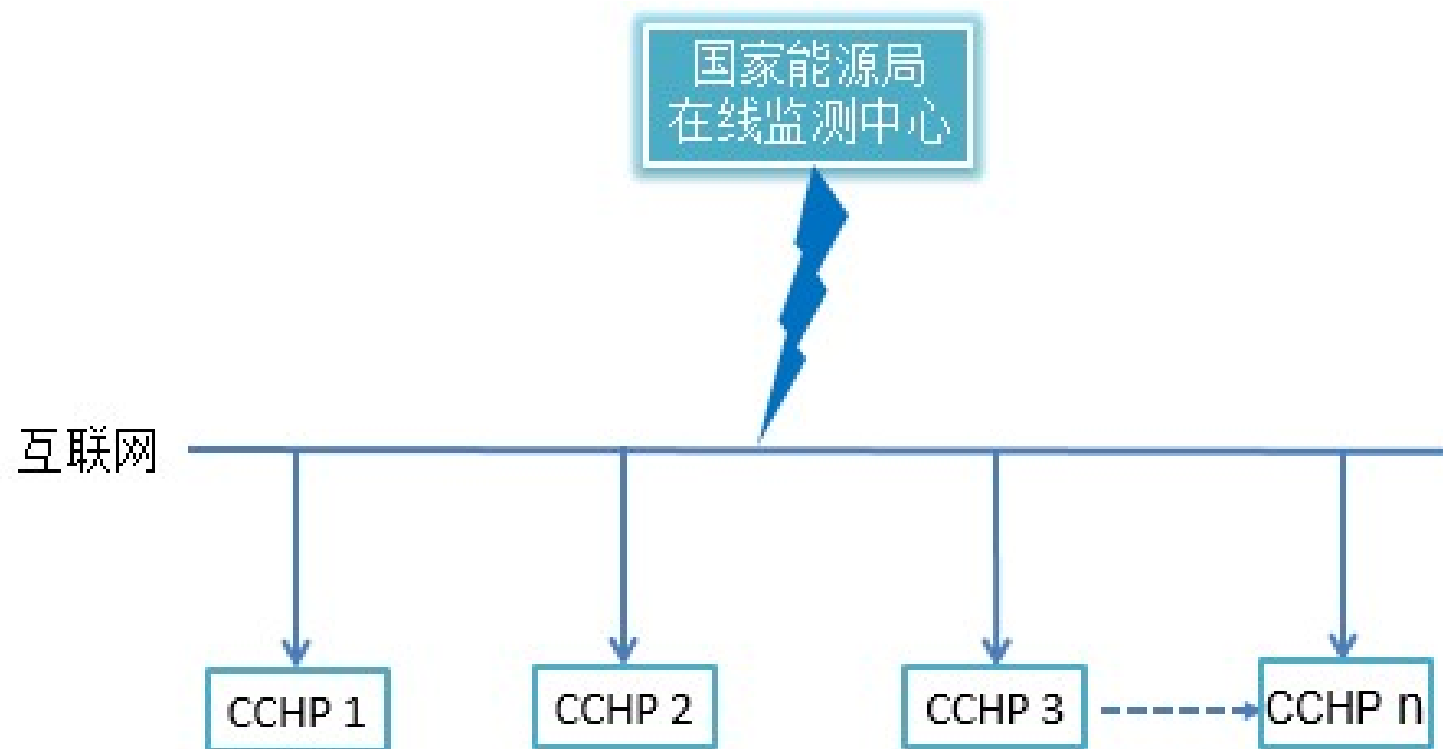


目录

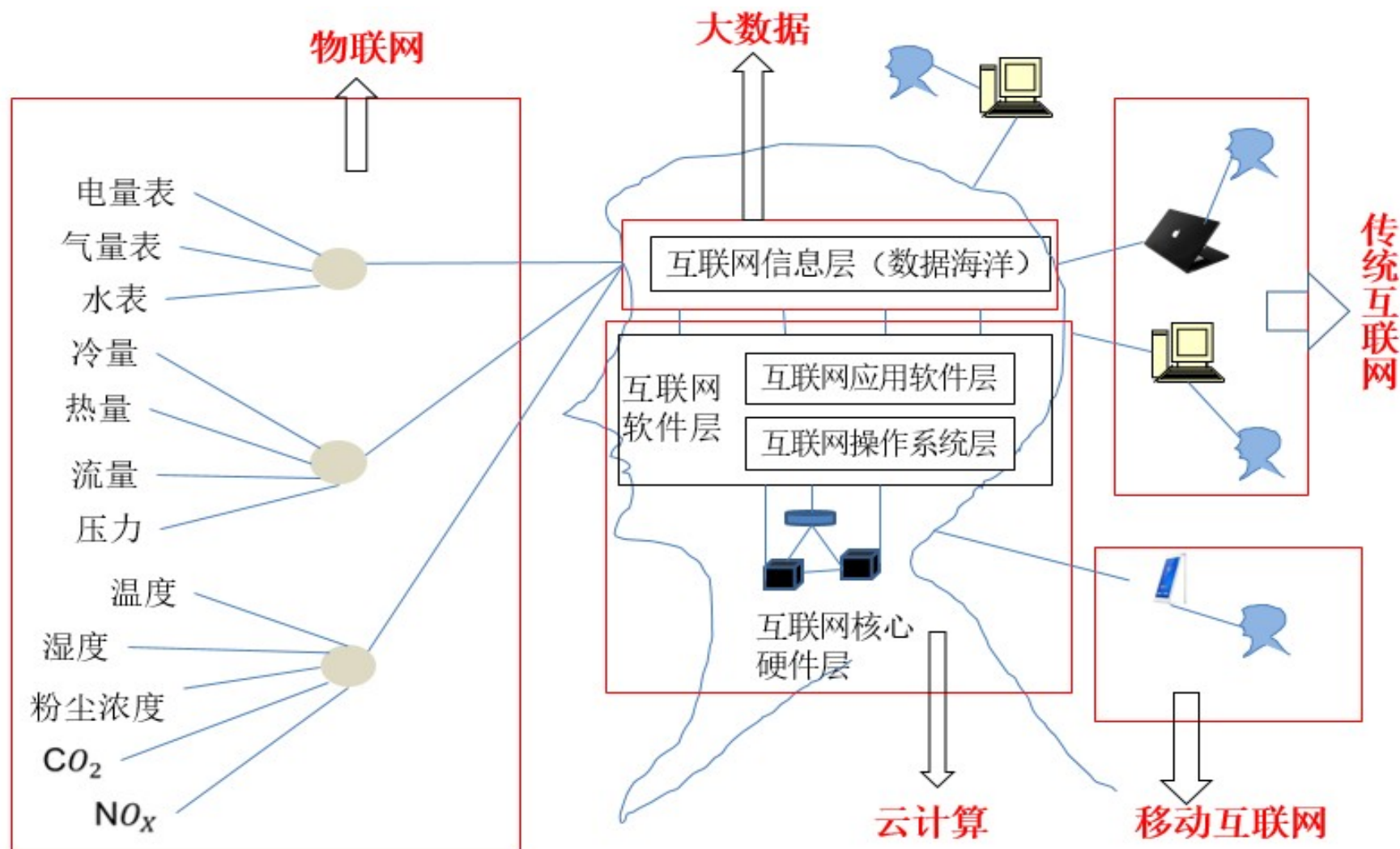
CONTENTS

- 数据在天然气分布式能源中的作用
- 数据分类
- 数据创造能源价值
- 性能数据检测和评价
- 专家诊断系统
- 优化控制系统
- 天然气分布式能源全系统最优化
- 互联网+天然气分布式能源示范项目

1. 系统构成



2. 各部件的作用



3. 在线监测项目和对检测仪器装置的要求

◆ 在线监测项目

①、上海市天然气分布式供能系统后评估实施细则规定：应按照《燃气冷热电三联供技术规程》等规程的规定配备必要的能量计量设备，单独计量分布式供能系统发电机组的燃气耗量、输出电量、余热产热（冷）量和余热利用设备补燃用燃气耗量等。

②、《北京市固定污染源自动监控管理办法》规定：使用功率25兆瓦及以上固定燃气轮机的监控项目至少要求包含氮氧化物、含氧量、烟气流速（流量）、温度、排气静压和湿度等。使用固定式内燃机组的监控项目至少包含氮氧化物、含氧量、烟气流量、温度、排气静压和湿度等。

◆ 对检测装置的要求

上海市天然气分布式供能后评估实施细则规定：配备的能量计量设备应符合《用能单位能源计量器具配备和管理通则》等的规定，经计量检测部分检定并处于有效期内。

互联网+天然气分布式能源示范项目

◆ 互联网+天然气分布式能源示范项目的结构

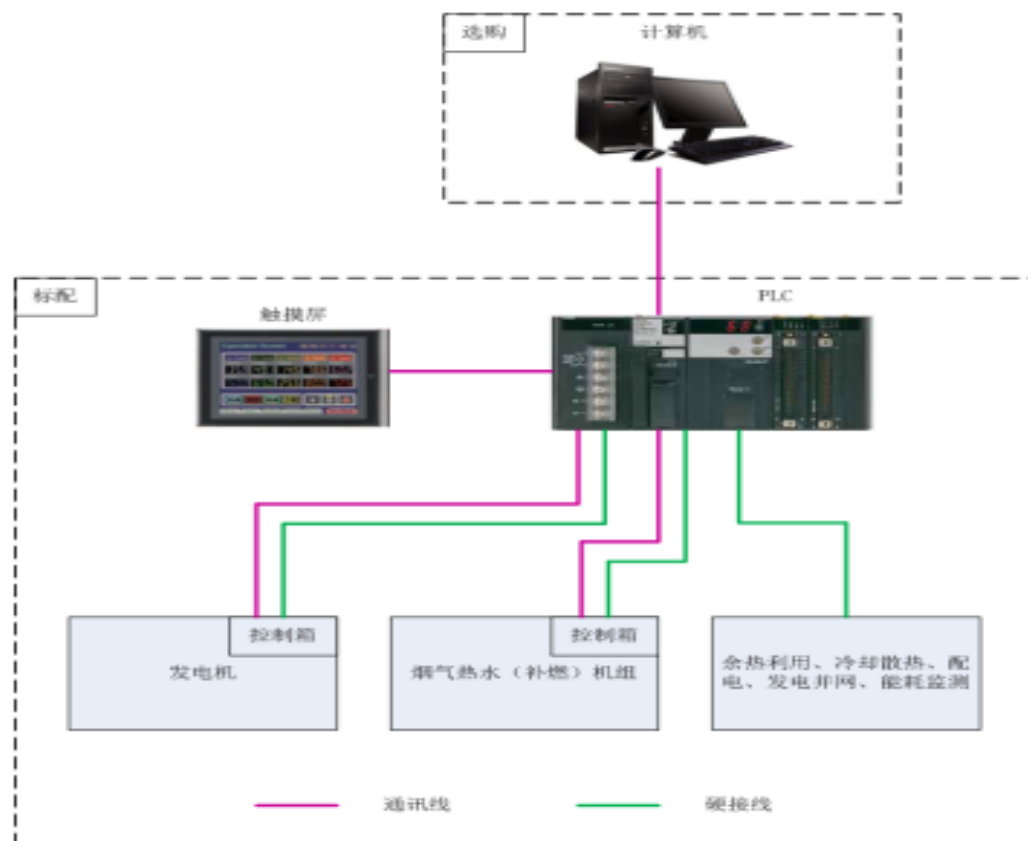


图8-1 天然气冷热电联供监控系统网络结构

◆ 互联网+天然气分布式能源示范项目的结构

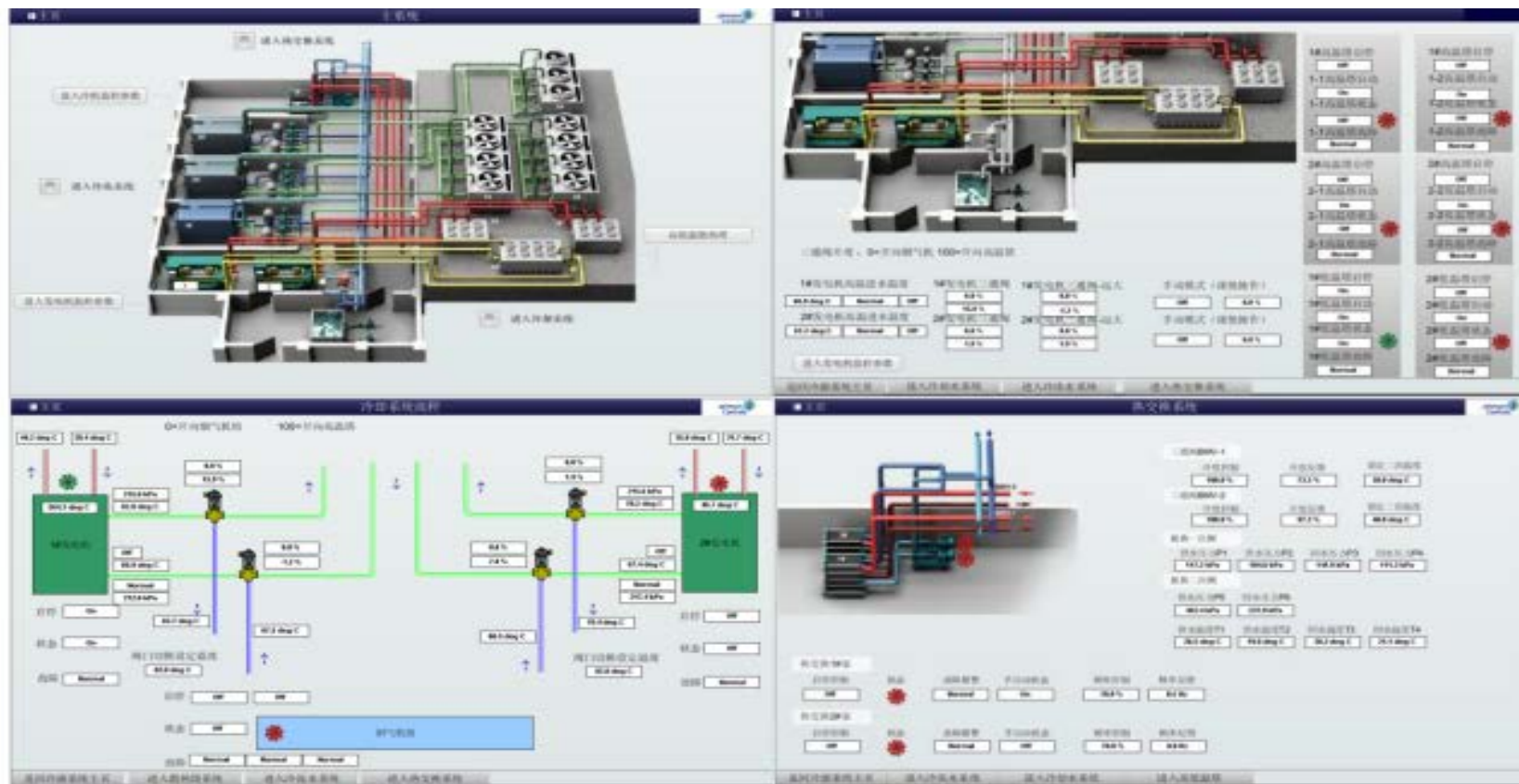
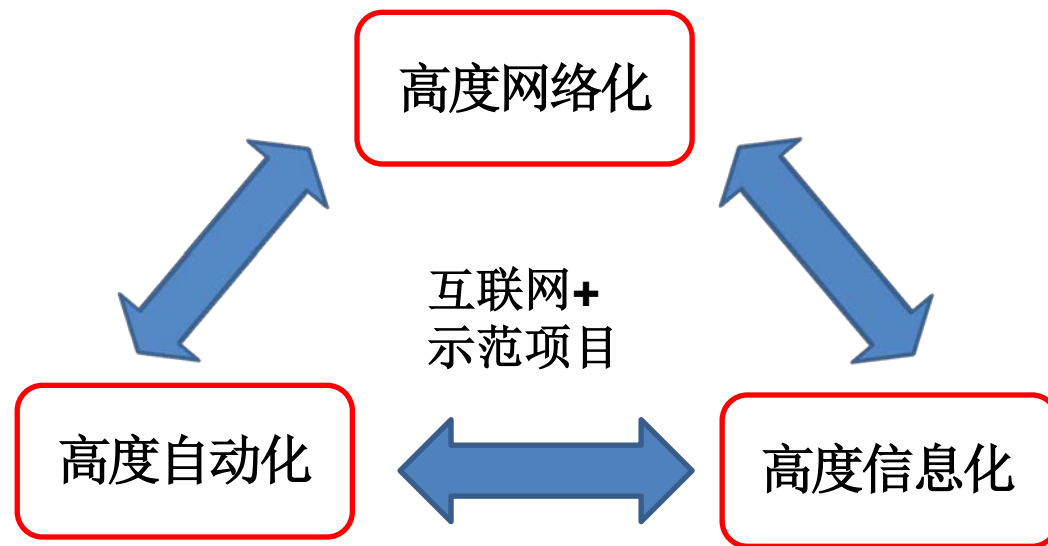


图8-2 天然气冷热电联供监控系统典型画面

互联网+天然气分布式能源示范项目

◆ 互联网+天然气分布式能源示范项目的特征



高度自动化、高度信息化、高度网络化是互联网+天然气分布式能源的特征，是天然气分布式能源发展的驱动力。通过互联网+示范项目，节约了能源资源，提高了能效，实现了余热利用最大化，降低了运营成本，创造了能源价值，价值创造了观念，服务化实现了价值的提升。



谢谢！