



绿色生态城区的智能能源微网

同济大学 龙惟定

Contents

1

绿色生态城区的能源规划

2

能源微网概念

3

能源微网的三个层次

绿色生态城区能源规划

- 与燃气、电力等供应侧规划不同，城区能源规划是一种需求侧规划。
- 如果没有如下内涵，就没有必要做城区能源规划：
 - 有明确的发展愿景和产业功能定位。
 - 设定城区节能减排的战略目标和关键性能指标。
 - 集成应用低密度的可再生能源和低品位的可再生热源。
 - 将虚拟能源（即用户端的节能）作为无碳的替代资源。
 - 高效利用低碳的分布式能源热电联产DCHP。
 - 实现化石能源资源的梯级利用和热回收。
 - 预测建筑能源需求，利用布局调整、负荷参差率和同时系数使负荷平准化。
 - 实现城区能源投资的多元化、能源管理的市场化，以及清洁发展机制CDM。

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；
- 建筑转化为微型发电厂；
- 在建筑及基础设施中使用氢和其他储存技术；
- 利用能源互联网技术将分散的电力网转化为能源共享网络；
- 运输工具转向插电式以及燃料电池动力车。



低碳生态城区能源系统的技术路线

- 发挥**终端节能的规模效益**。
- 通过规划布局的调整，平衡供需，实现**负荷平准化和降低需求**。
- 充分利用可再生能源、未利用能源（可再生热源）和清洁能源。
- 建立城市微网，城市每个建筑都成为**产能、供能、蓄能、节能、用能**的网络节点（**PSSSU**）。
- **电力网、热力网、信息网**三网融合。分布式的电力微网、热力微网和能源信息微网，园区能源信息网起到提纲挈领、整合三网的作用。
- **分散用能和分布式产能**互相连通、实现资源共享。

城区能源微网的3个层次

-
- **核心层**：以光伏、小型风电、燃料电池、利用天然气或生物质气的小微型热电联产系统等现场发电（ On Site Generation ）系统为核心。
 - **框架层**：以分布式热泵、集成各种低品位热源/热汇的能量总线（ Energy Bus ），以及蓄冷蓄热设施为框架。核心层、框架层和用户之间，热泵作为重要的联系纽带。
 - **管理层**：以网络技术、物联网技术、云技术等信息通信技术为支撑，对城区能源系统进行双向管理，这种管理本质上是提供能源服务。

现场发电的特点及智能电网的蓄能问题

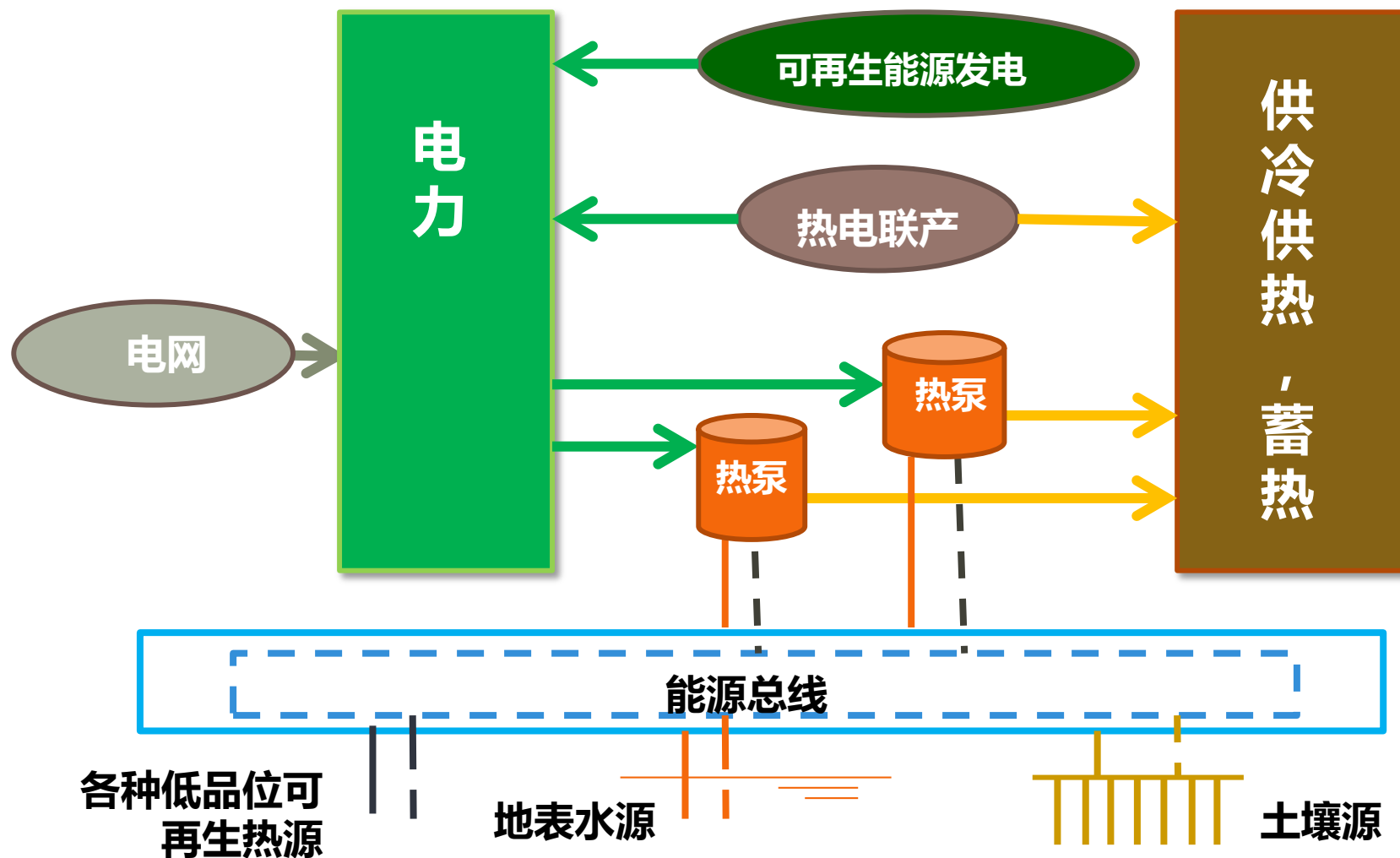
- 现场发电的最大特点是不稳定性，特别是供应（发电）与需求（负荷）的不匹配，表现在时间上的不匹配与功率上的不匹配。
- 热电联产系统，还有一个热与电的不匹配问题，在以民用建筑为主的城区范围内，不可能将电力和供热同步用掉。发电设备都有一定的热电比范围，如果发出电力用不掉，就会影响产热，致使系统无法运行。
- 通过蓄能使负荷平准化、协调供应和需求，是智能电网技术中的关键。
- 可以立即实现的是**利用电力驱动热泵蓄热，从而间接蓄电**，称为“**智能电网备份热泵（ Smart Grid-Ready Heat Pump ）**”技术。

智能电网蓄能成本比较

蓄能技术	成本	
	美元/kWh	美元/kW
电网交互式蓄热 (GETS)	30-60	100-200
地面压缩空气蓄能 (CAES)	200-250	700-800
锌溴电池	280-450	425-1300
铅酸电池	330-480	420-660
钠硫电池	350-400	450-550
飞轮	1340-1570	3360-3920

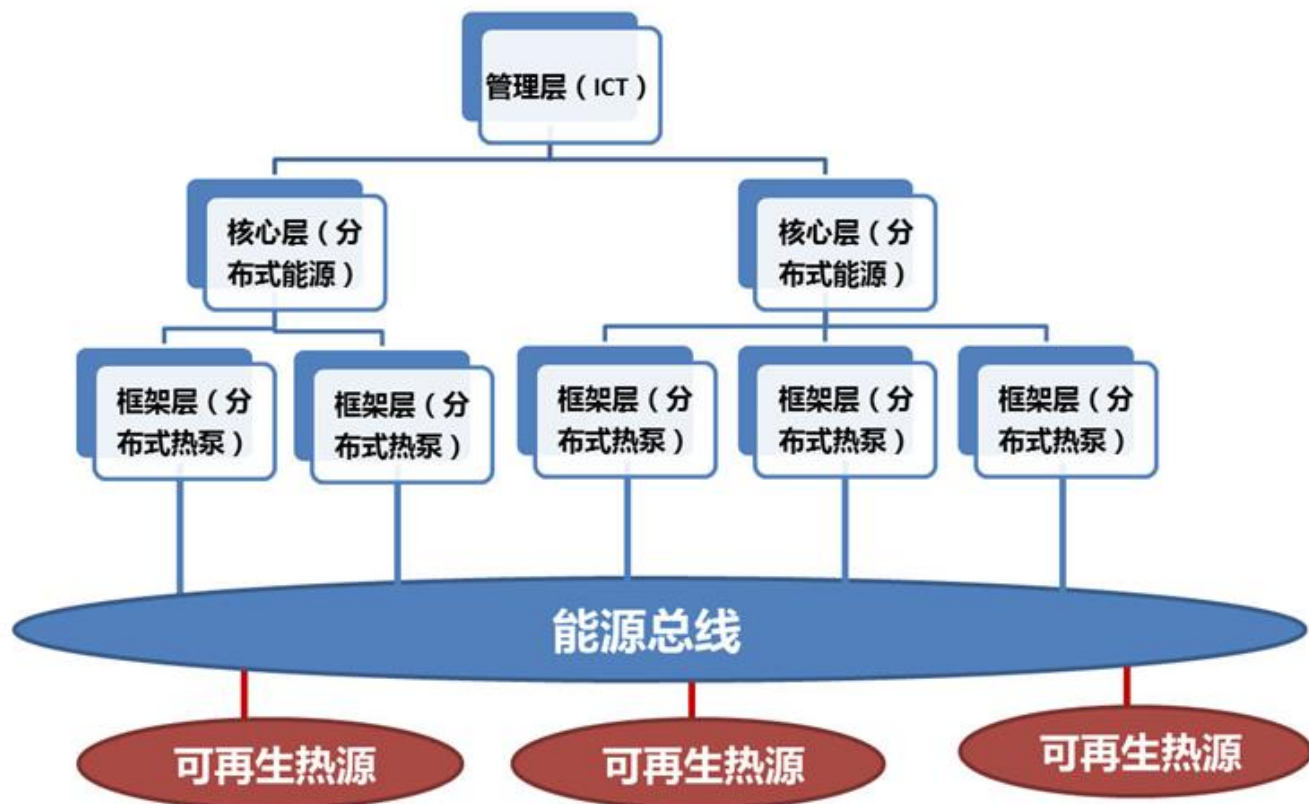
- 将发电高峰用热低谷时的电力，驱动热泵蓄热，在发电低谷用热高峰时使用，是成本最低的间接蓄电技术，称为“电网交互式蓄热 (Grid-interactive Electric Thermal Storage) ”。
- 热泵蓄热成为智能电网的重要组成部分。它可以是集中在能源中心的大型热泵和蓄热水池，也可以是分散到各个用户的小型热泵或热泵热水器。

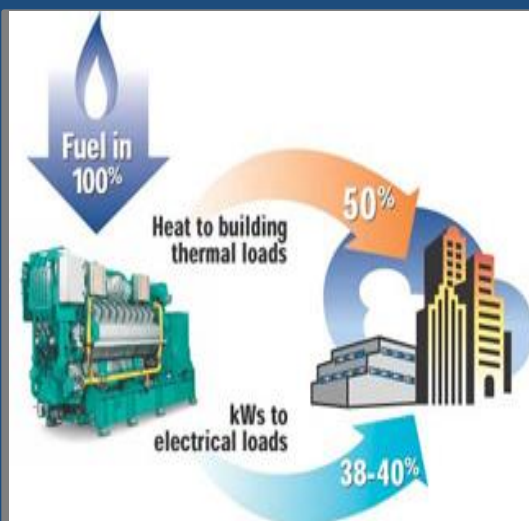
Smart Grid-Ready Heat Pump



低碳生态城区能源微网的结构

- 能源微网完全颠覆了传统大集中、大一统、大规模的供能用能模式和单向管理架构，是一种分布式供能和分散式用能的模式，而且是分层次和交互式的管理架构。

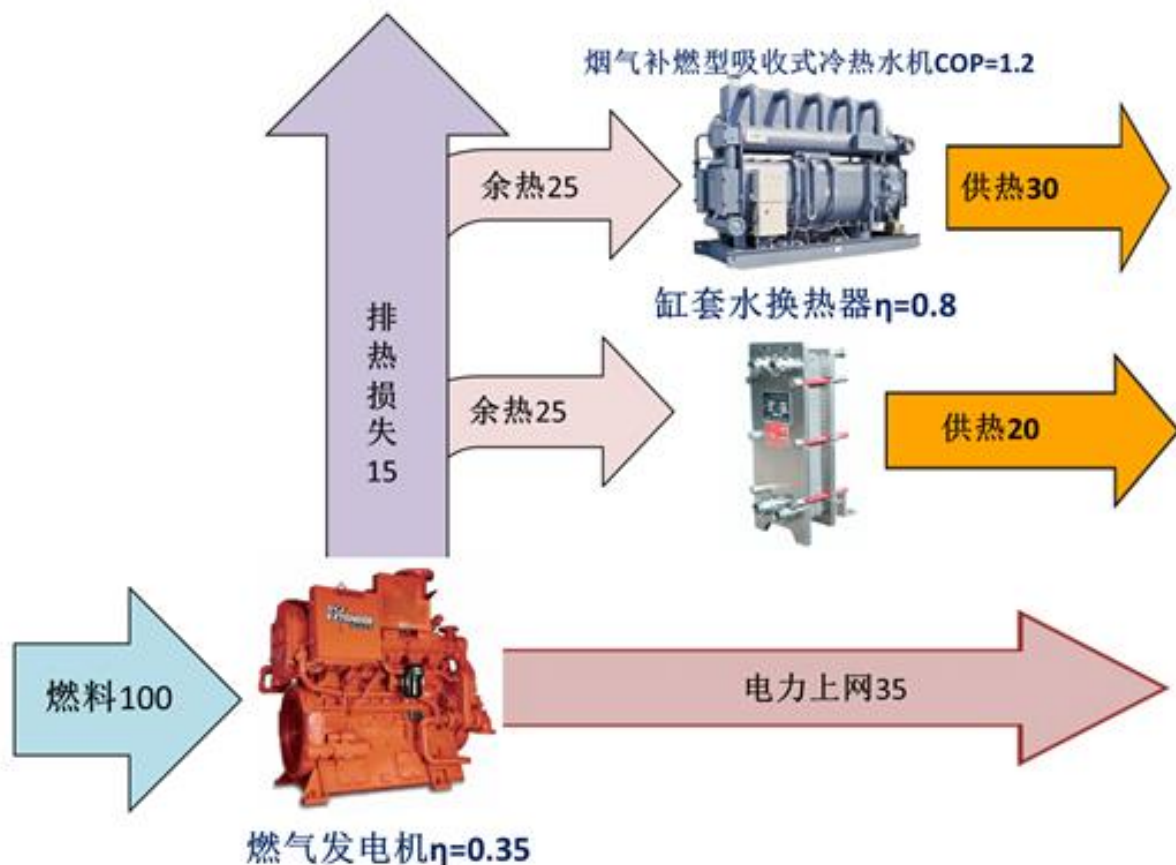




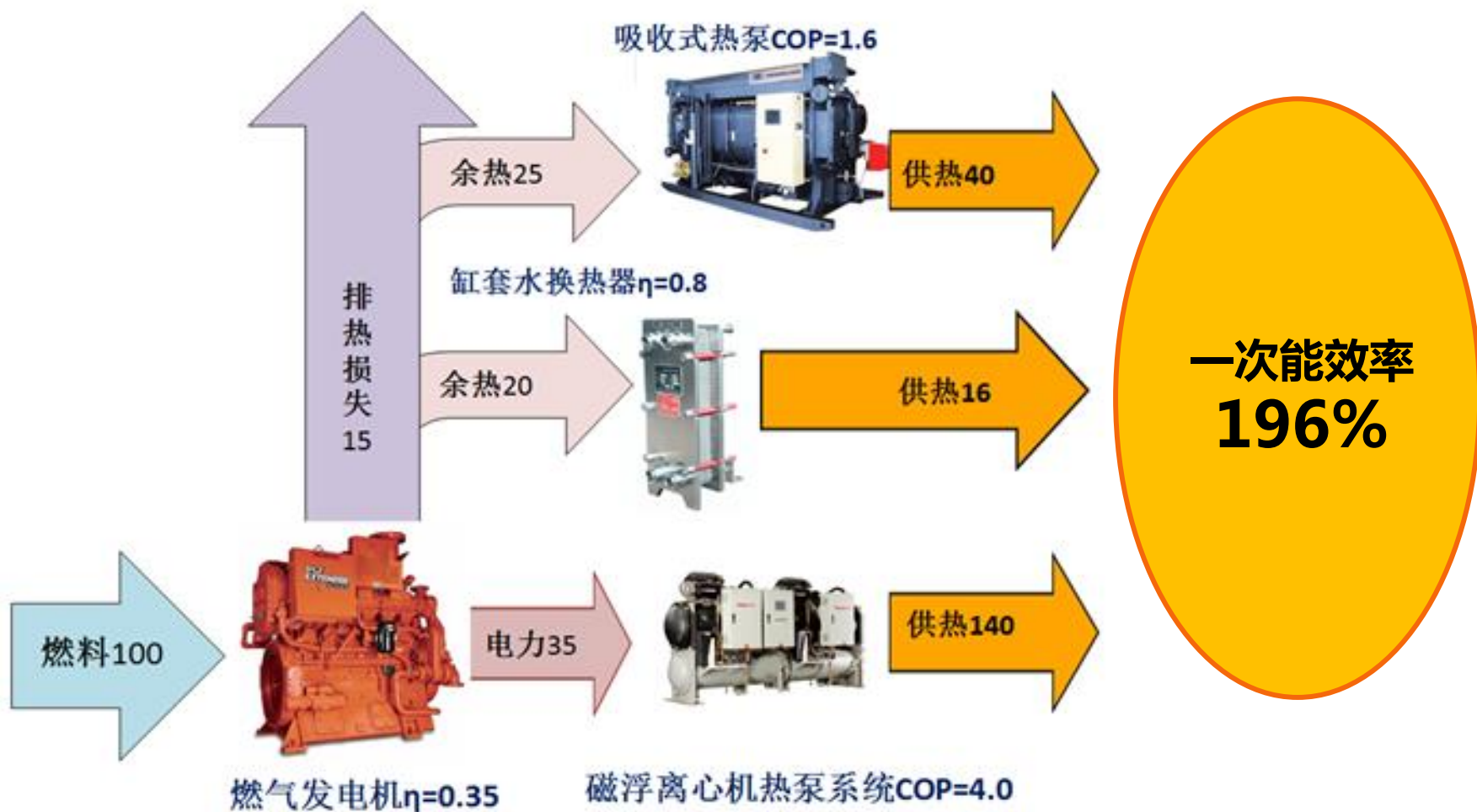
能源微网核心层：分布式能源 热电联产和可再生能源发电

分布式能源热电联产供热模式的常规配置

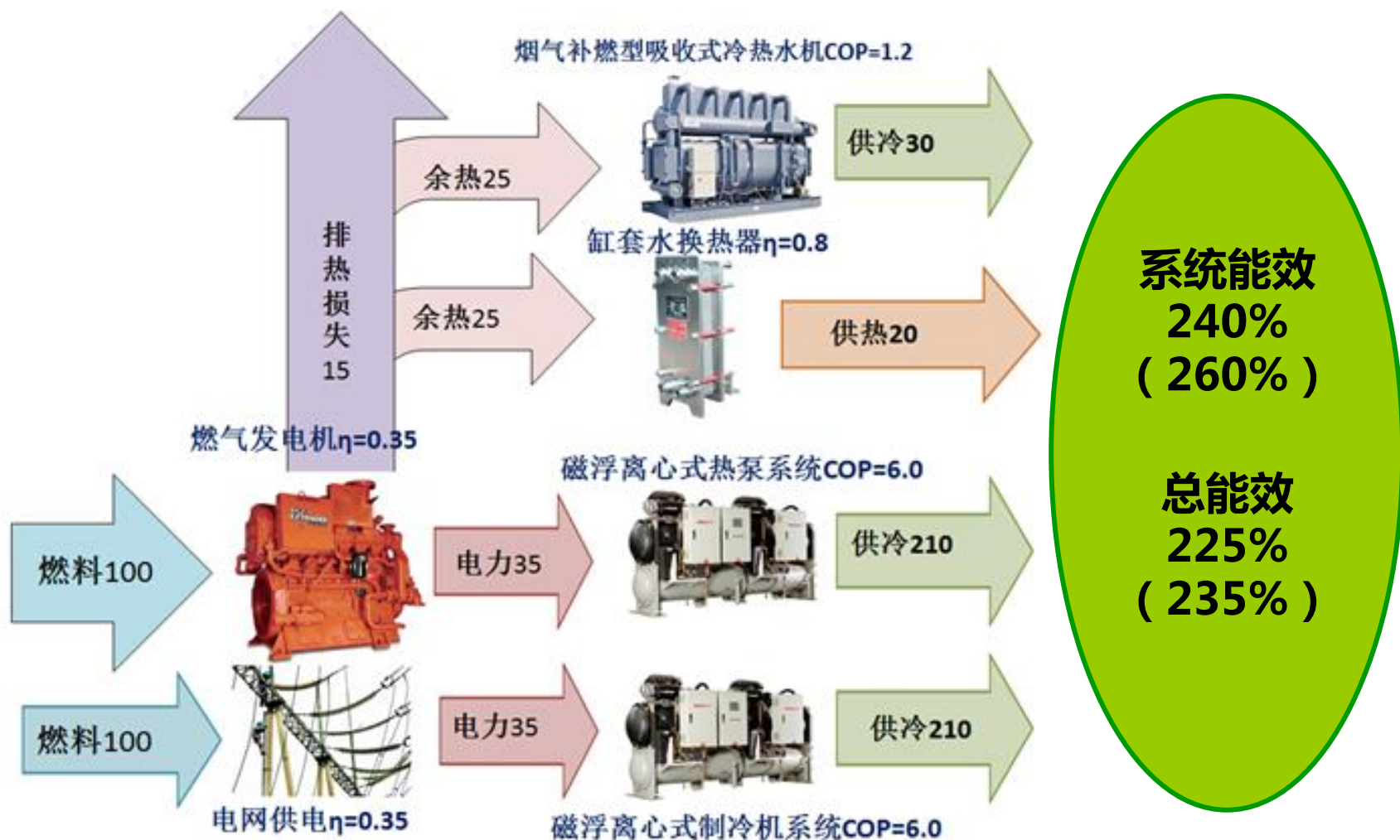
- 常规模式下不考虑电力用途，分布式能源的最理想热效率达到85%。
- 一次能效率最高的供热技术是冷凝锅炉（90%以上），而一次能效率最高的供电技术是天然气联合循环发电（50%以上）。所有的热电联产技术的综合热效率和发电效率都不可能高于上述两项技术。
- 应尽可能提高对所发电力的利用效率，体现电力的应用价值，同时充分利用发电余热和乏热。



热电联产+热泵（CHP+HP）的供热模式



热电联产+热泵 (CHP+HP) 的供冷模式



根据以热定电的原则确定负荷和机组配置

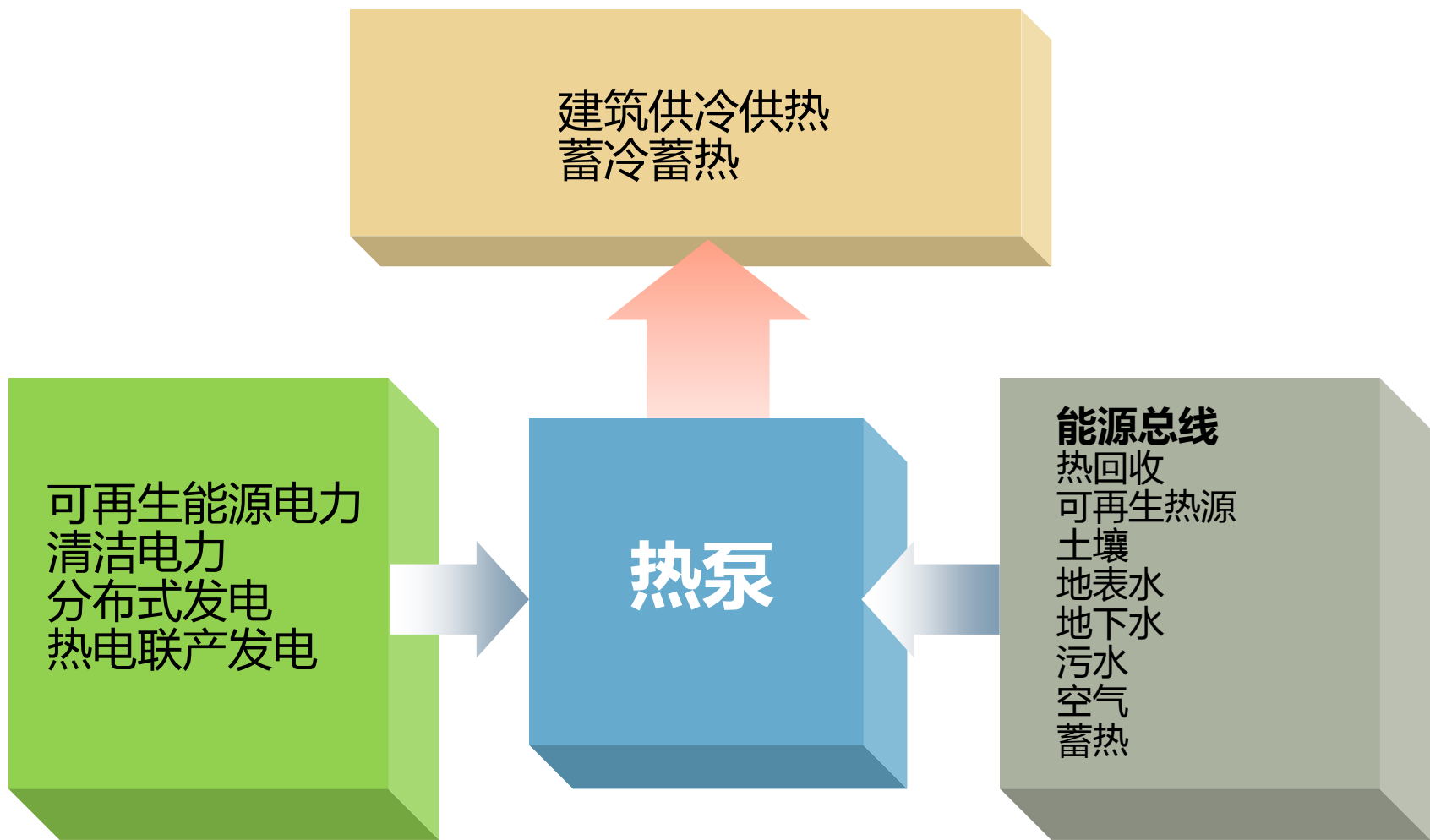
- 确定原动机类型和热泵的类型，绘出系统能流图，得出系统综合热效率；
- 根据建筑供暖负荷（热需求）和综合效率，确定天然气所需提供的热量；
- 根据原动机的热效率，确定系统的发电功率。





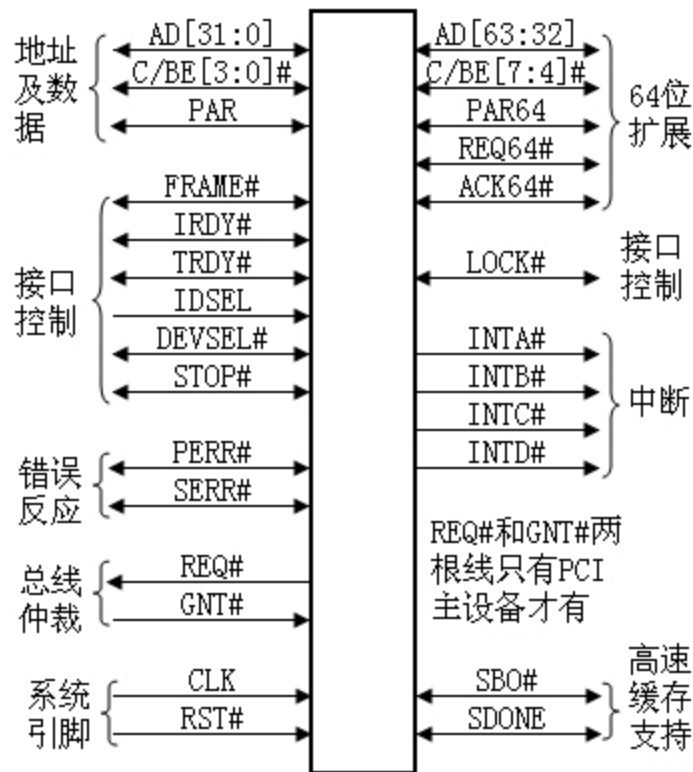
能源微网框架层：基于分布式热泵的能源总线系统

热泵在能源微网中发挥关键作用

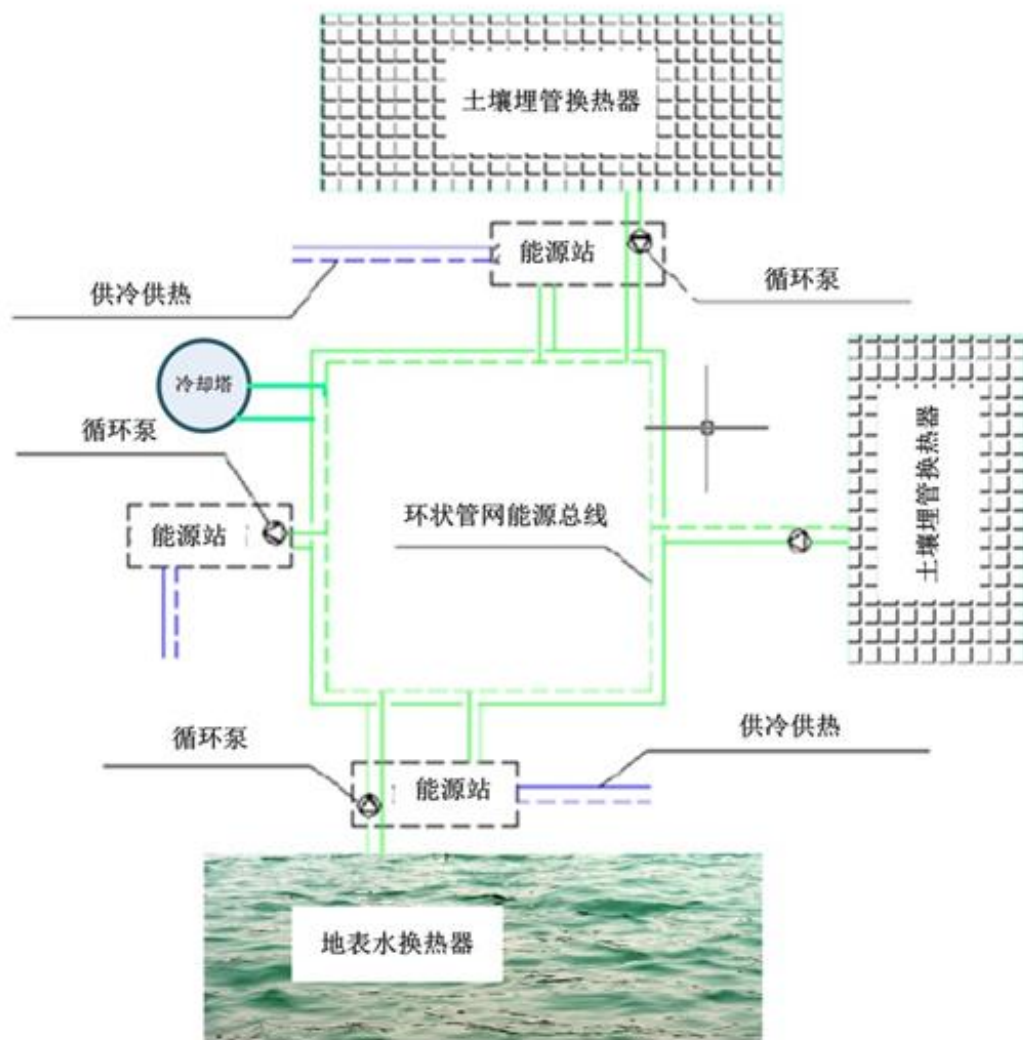


什么是能源总线？

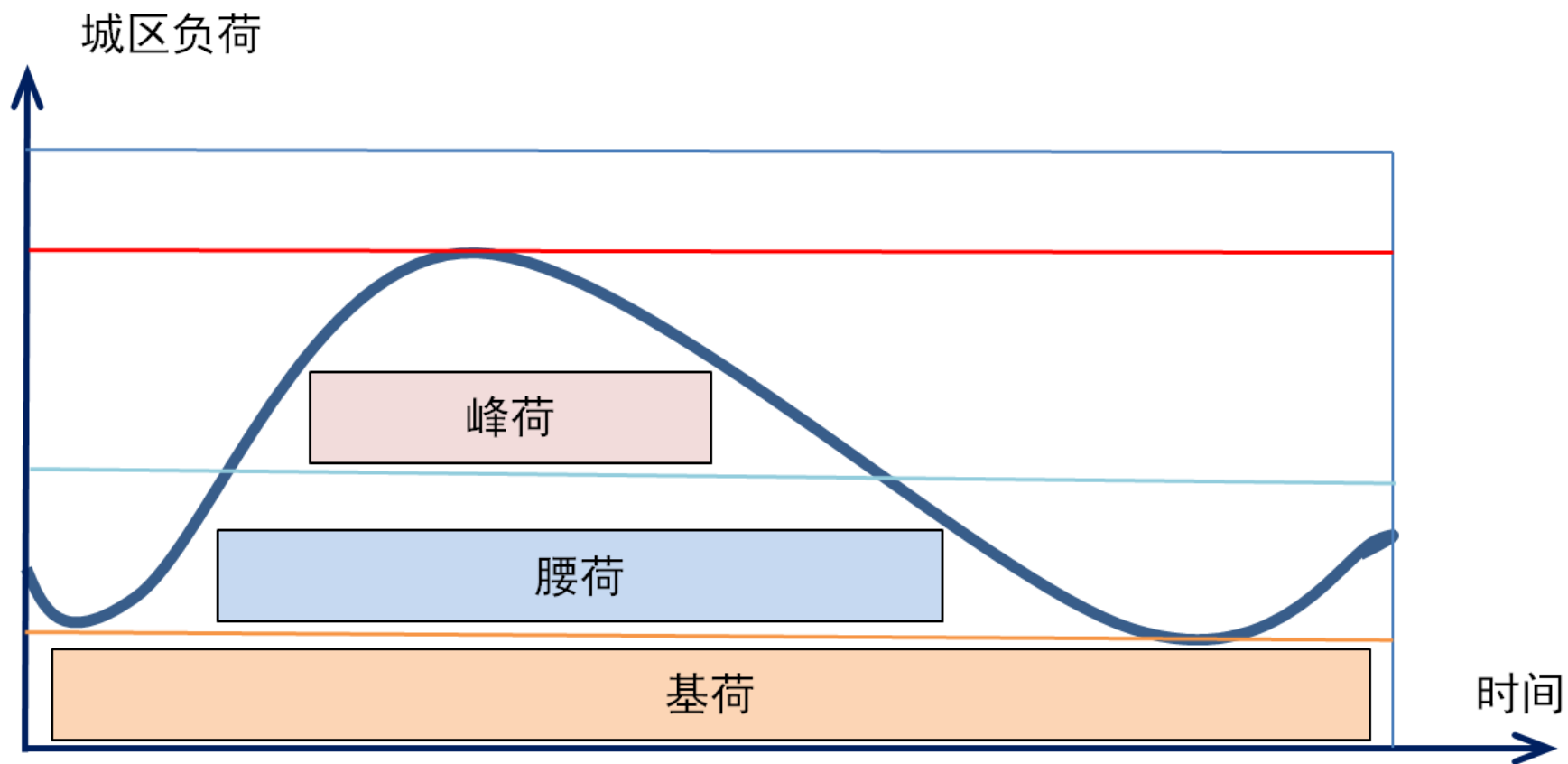
- 在计算机科学中，总线（bus）是一种计算机的内部结构，它是CPU、内存、输入、输出设备传递信息的公用通道。
- 将来自于可再生能源或未利用能源的热源/热汇水，通过管网输送到用户。在用户端，总线来的水作为水源热泵的热源/热汇，经换热后回到源头。在用户端，总线来的水作为水源热泵的热源/热汇，经换热后回到源头，或排放（地表水）、或循环再次换热（通过换热器与各种“源”和“汇”耦合）、或回灌（地下水）。
- 根据当地资源条件，能源总线的“源”和“汇”可以不止一个；用户可以是建筑、可以是建筑物的每一层楼（例如美国纽约在世贸遗址上重建的“自由塔”大厦）、可以是每户住宅套房（每户一套的水源变冷媒流量VRF机组）、甚至可以是每间房间（酒店，用水环热泵系统）。
- 可以成为城市基础设施，形成城市级的分布式水环热泵系统，将大江大海作为热源/汇。

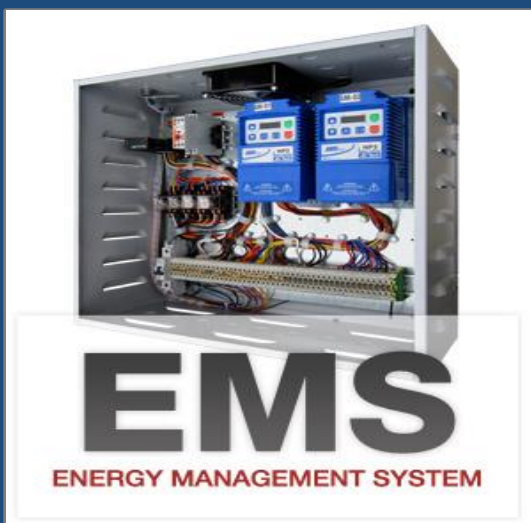


环状能源总线示意



根据负荷分布调节热源/热汇



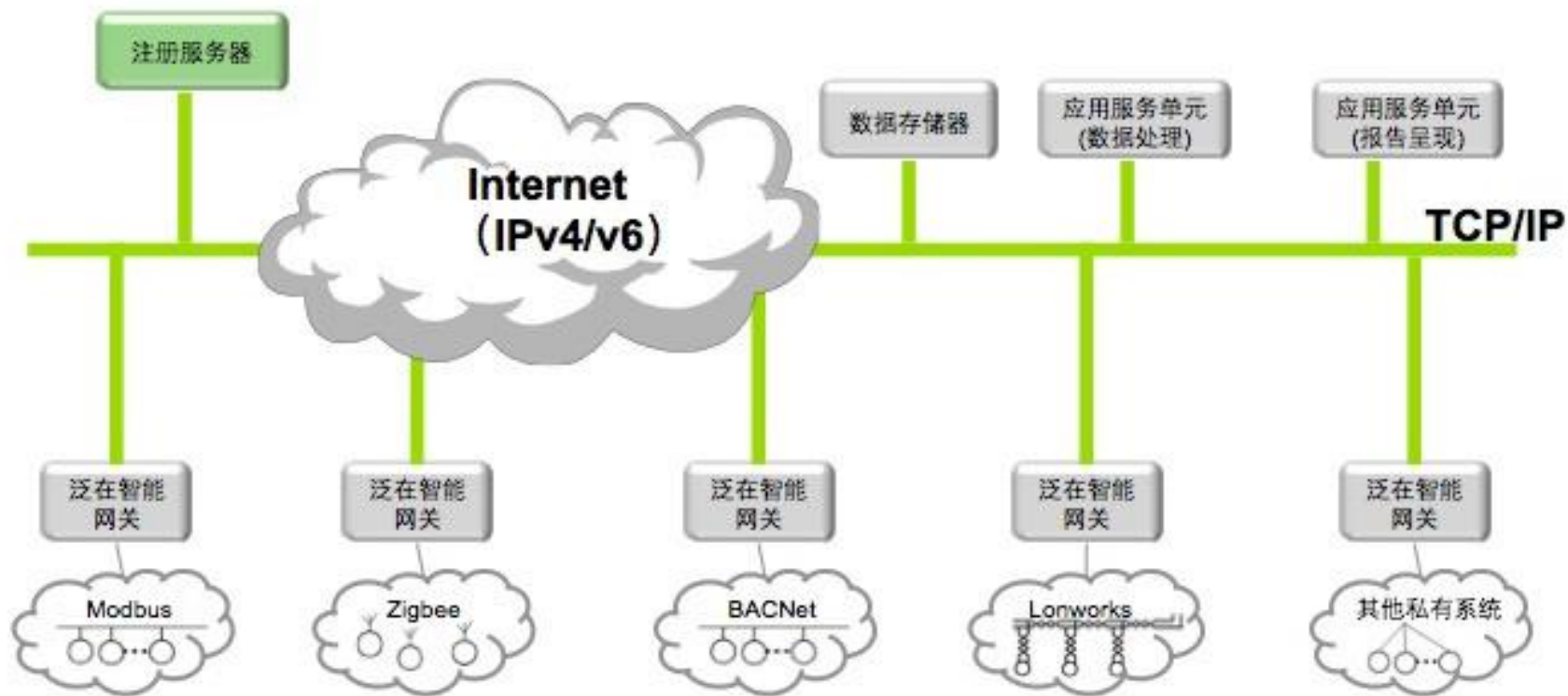


能源微网管理层：基于“泛在”
控制网络协议的能源管理系统

IEEE 1888 标准

- Ubiquitous Green Community Control Network Protocol , 泛在绿色城区控制网络协议
- 以实现绿色节能为目的功能性网络体系架构
- 基于互联网技术 (TCP/IPv6) , 通过远程网络和传感器物联网, 实现对城区范围内的耗能设施进行统一管理和智能控制, 达到节能和合理用能的目的。
- 兼容BACnet、LonWorks和ModBus等工业控制协议, 支持对可再生能源和分布式能源的远程分布式管理, 支持WiFi等无线网络技术, 采用广域IPv4/IPv6网络进行传输, 在统一的平台上对各种用能设备进行控制

IEEE 1888标准：协议体系架构



资料来源：北京天地互连公司网站

在统一平台上实现控制功能

- 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、计量与计费；
- 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；
- 用户端热（冷）能计量与计费；
- 城区能耗监测、统计与分析；
- 系统诊断；
- 能源系统运行状态和能效的实时演示。



能源微网的能源管理系统（EMS）

- 综合信息和通信技术（ICT），整合可再生资源和终端节能的虚拟资源，提高系统效率和能源微网的可靠性。
- 集成面向服务的网络技术、分布式实时控制技术、跨平台控制技术、物联网检测计量技术。
- 产销合一（Prosumer），实现净零能耗（net-zero energy）。
- 负荷预测和负荷平准化，产能、供能、蓄能、用能、节能之间的协同控制和优化控制。





Thank you for listening.

weidinglong@vip.126.com