

建筑能源管理新技术前瞻

同济大学 龙惟定



目 录

CONTENTS

01

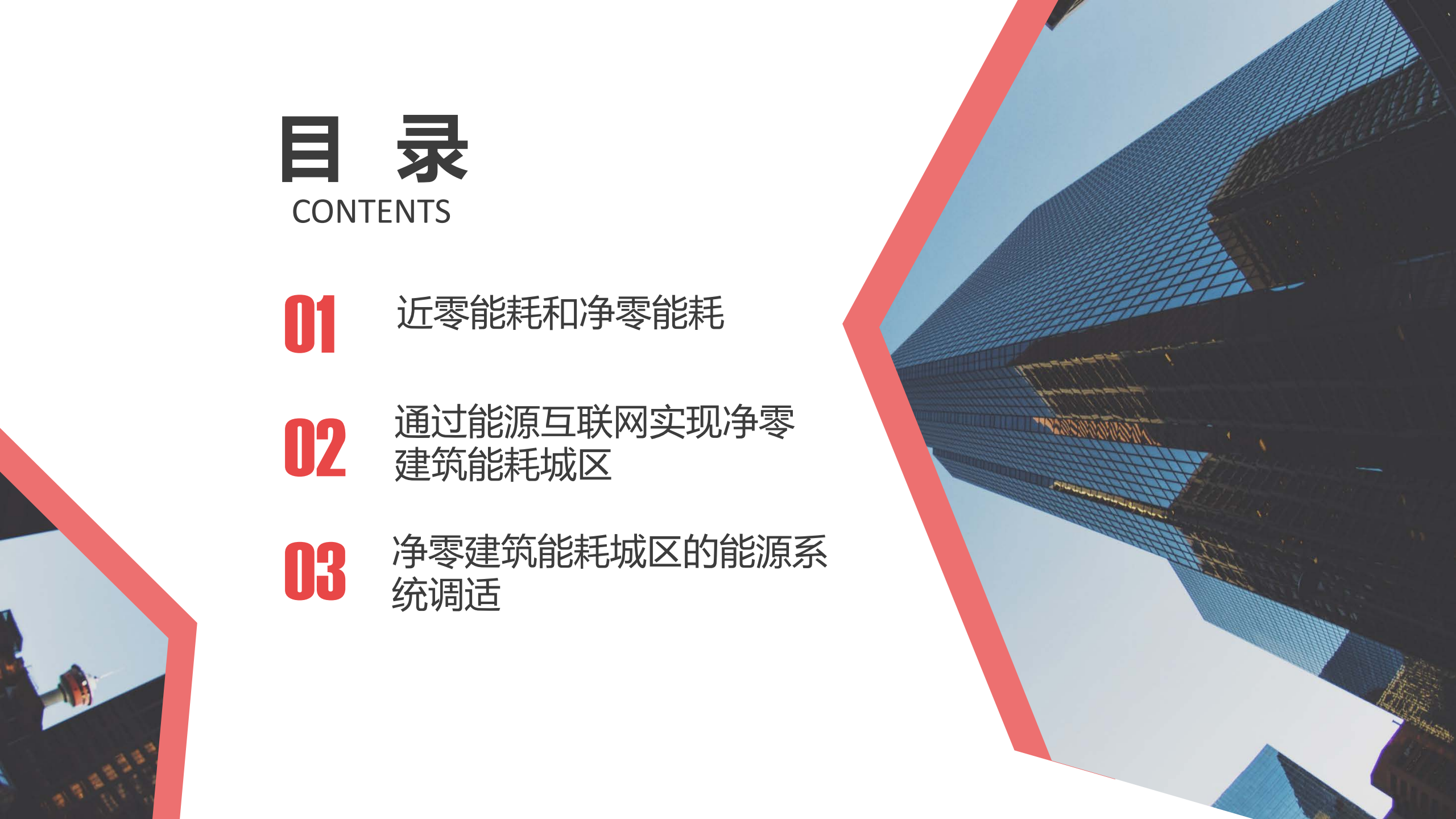
近零能耗和净零能耗

02

通过能源互联网实现净零
建筑能耗城区

03

净零建筑能耗城区的能源系
统调适



近零能耗和净零能耗

01



2030年实现三个30%的建筑节能目标



30%新建建筑达到近零能耗



既有建筑改造30%达到近零能耗



可再生能源满足新建建筑30%能耗

近零和净零



近零能耗

- 所谓近零能耗建筑（nearly zero energy building），顾名思义就是耗能极少的建筑。考虑到气候差异和生活习惯，它并没有量化的能耗标准。也有称为超低能耗建筑。其总体目标是在各国（地区）的建筑节能标准的基础上，再有相当程度的节能。



净零能耗

- 所谓净零能耗建筑（net zero energy building），是指建筑的全年总能耗量近似等于在现场或在其它地方所生产的可再生能源。



增能和超低能耗

- 把全年生产的可再生能源量大于全年总能耗量的建筑叫做“增能建筑（energy plus building）”；而把全年生产的可再生能源量小于总能耗量的建筑称为“近零能耗建筑”或“超低能耗建筑（ultra low energy）”

实现净零能耗的原则

首先是超低能耗建筑

被动式技术

高效设备和系统

利用可再生能源

建筑红线内和建筑场地内On-site

非现场资源在现场产能和绿色采购



单体建筑实现超低能耗的4个难点



新风需求



内部负荷



太阳辐射



自然通风

净零能耗单体建筑利用可再生能源的困难



单体建筑红线内的空间资源有限.



建筑立面和建筑结构的要求



采集能力的弱化



产能与负荷的不匹配

净零建筑能耗城区

- 在城区范围内全年生产的能源等于或大于全年所消耗的能源。
- 广义的理解，包括产业、交通、建筑和基础设施在内的城区内所有能耗；
- 狭义的理解，只包括城区内的建筑能耗。
- 净零现场能耗，即城区边界内的现场可再生能源产能至少等于城区内建筑的全年现场能耗；
- 净零一次能源能耗，即城区边界内的现场可再生能源产能至少等于城区内建筑全年一次能源能耗。
- 城区的净零能耗是建筑群的平均能耗。所以，并不是城区内所有单体建筑都是净零能耗建筑或超低能耗建筑。

净零能耗城区示意图

$$E_{source} = \sum_i(E_{del,i}r_{del,i}) - \sum_i(E_{exp,i}r_{exp,i})$$

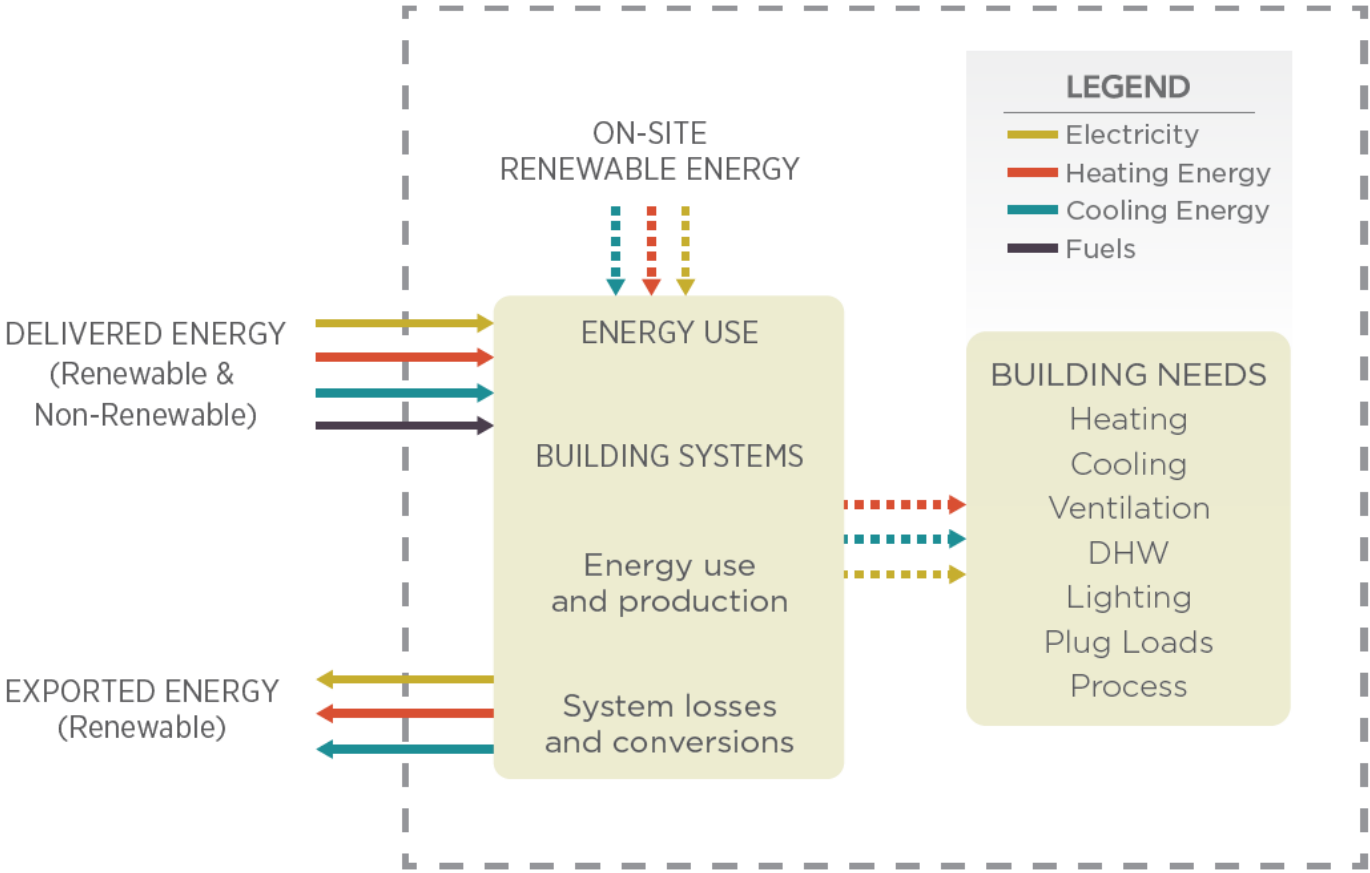
Where

$E_{del,i}$ is the delivered energy for energy type i ;

$E_{exp,i}$ is the exported on-site renewable energy for energy type i ;

$r_{del,i}$ is the source energy conversion factor for the delivered energy type i ;

$r_{exp,i}$ is the source energy conversion factor for the exported energy type i ;



净零建筑能耗城区的优点

净零建筑能耗城区



城区建筑群当做一个系统进行综合能源管理，从而实现资源共享，在城区尺度和平均意义上实现净零能耗，较之单体建筑更容易达到净零能耗目标



可以在城区范围内共享可再生能源的资源 and 可利用的空间



单体建筑需要在低层低密度小规模的建筑形态条件下实现净零能耗目标，而净零能耗城区可以保持紧凑型的城市形态，可以有较高的楼层、较大的容积率和一定的建筑规模。



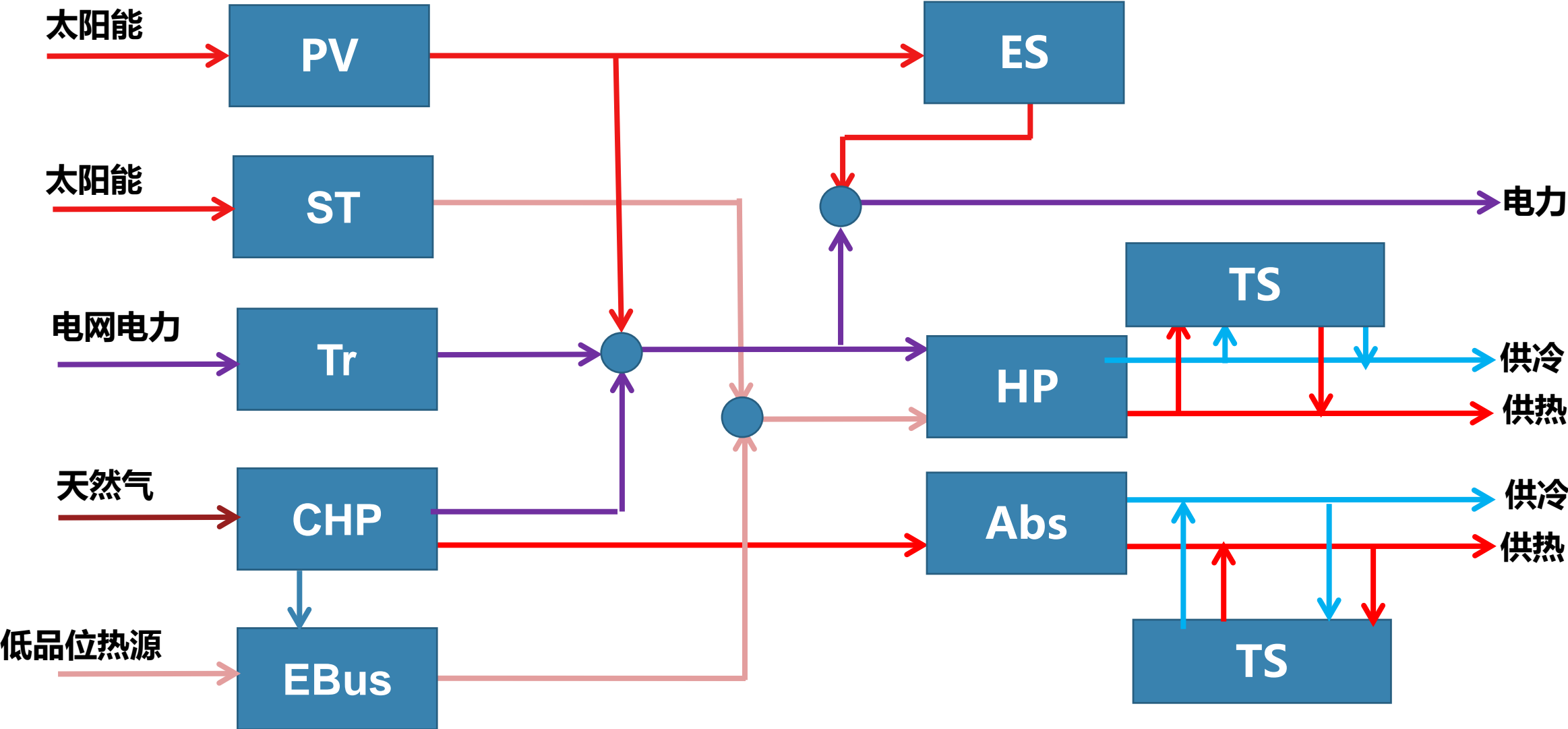
可以利用城区建筑群负荷的多样性和参差率，利用电网和共享蓄热装置，实现负荷平准化，平衡可再生能源的供给与负荷需求

通过能源互联网实现
净零建筑能耗城区

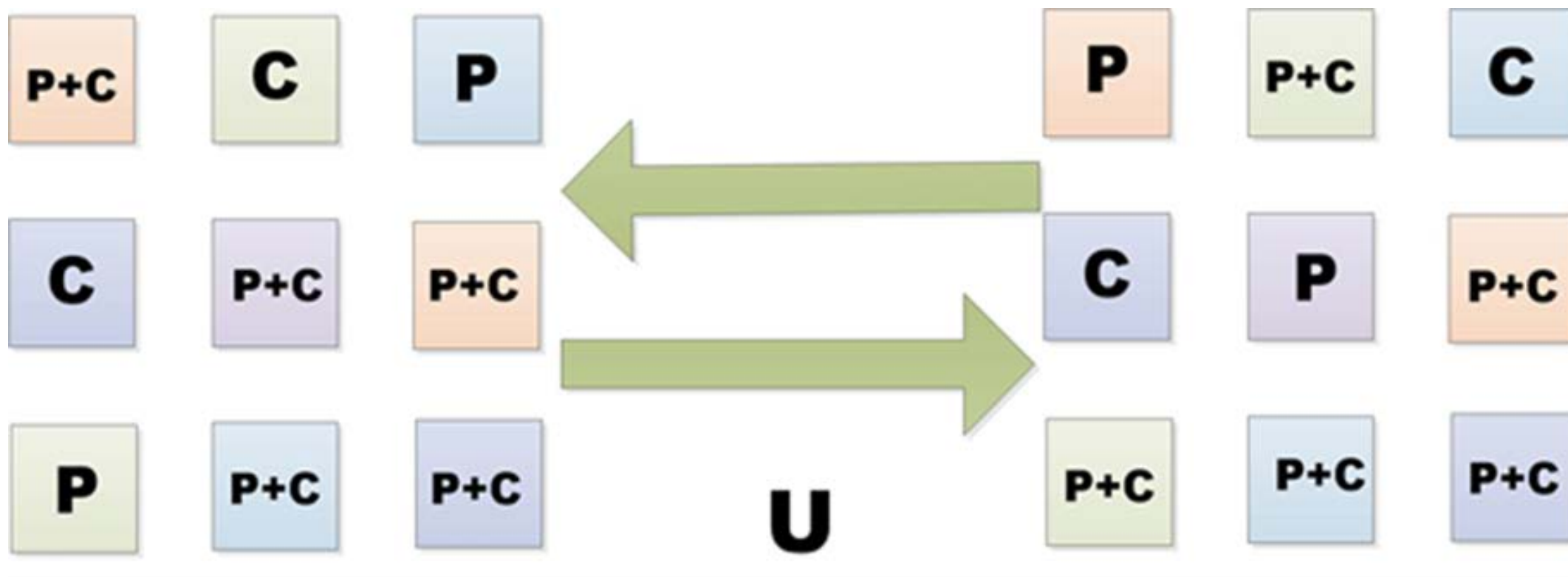
02



多能源输入的能源互联网



净零建筑能耗城区能源系统的P-U-C结构



实现净零建筑能耗城区的要点

建筑的超低能耗

- 城市和建筑形态与被动式节能
- 系统效率提升
- 供应与负荷的匹配

利用可再生能源

- 多能源供应的效率
- 多能源供应的经济性（Scheduling）
- 空间资源共享
- 热电冷的匹配
- 源网荷储的优化

需要有兼顾需求侧和供应侧的精细化的城区能源规划

需要有实施和运行中的调适

净零建筑能耗城区的 能源系统调适

03



调适的主要任务

每一幢单体建筑达到低能耗或超低能耗的设计要求

城区能源系统供能与负荷的匹配

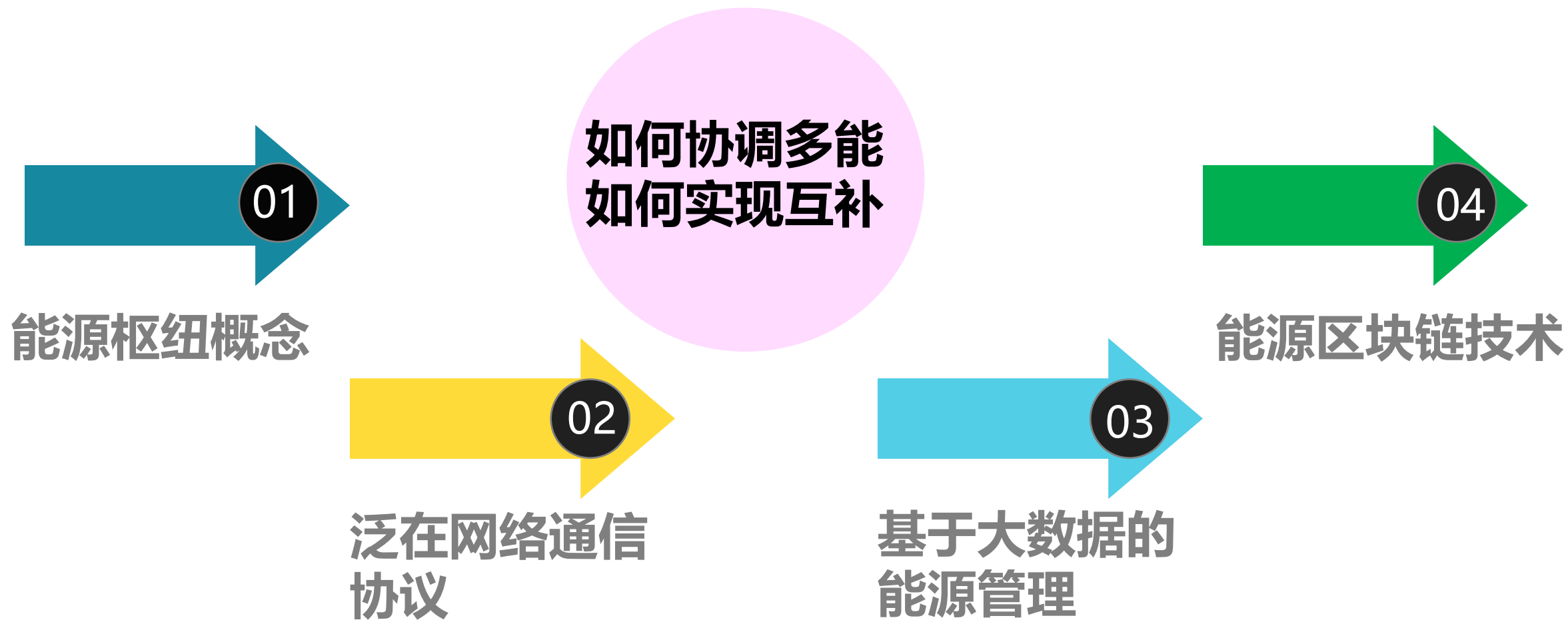
多能源系统的优化运行策略

储能系统的优化运行策略

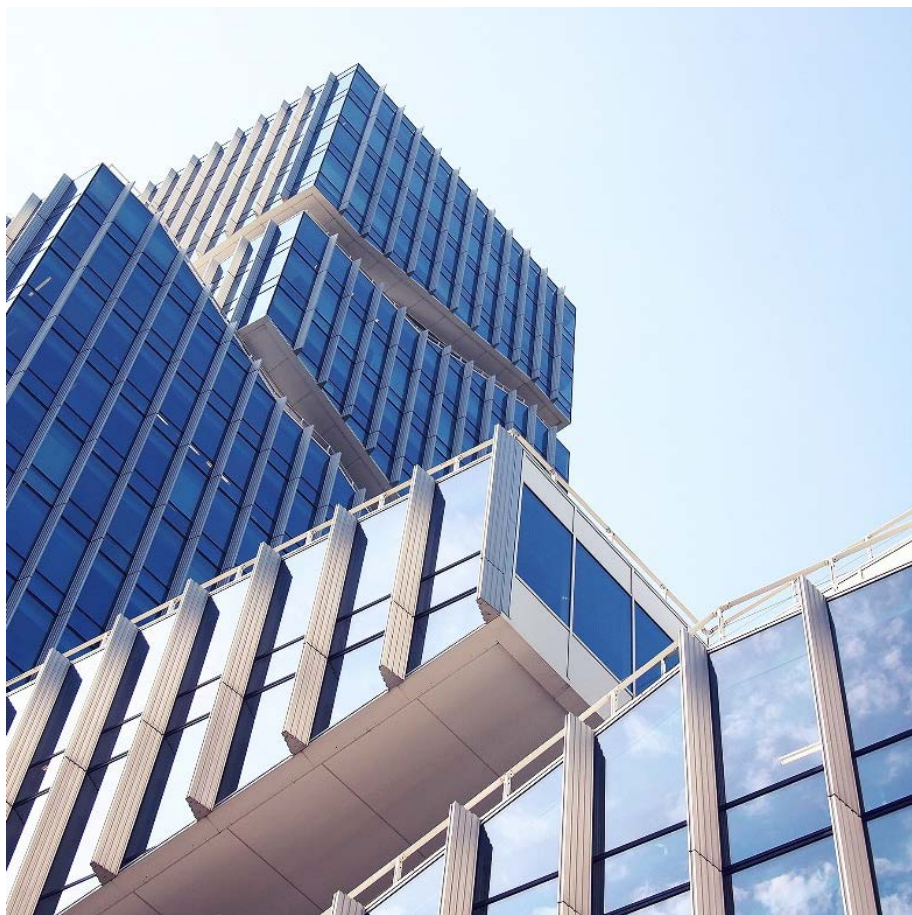
可再生能源的优化运行策略

城区建筑能耗达到净零能耗目标

净零建筑能耗城区能源系统规划/调适/运行的新概念新技术

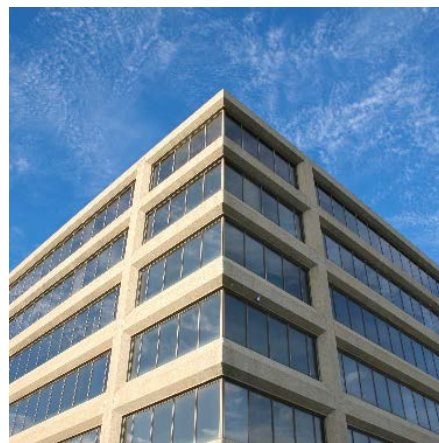
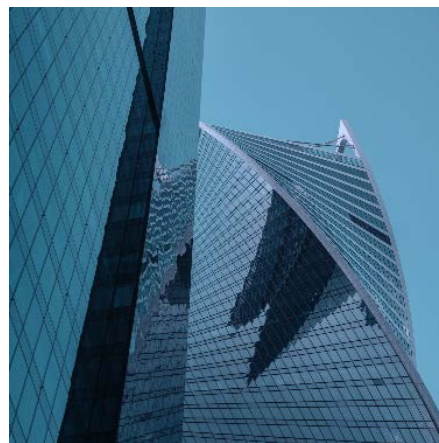


能源枢纽技术Energy Hubs



建立了城区
多能源输入
和多能源输出
之间的关系

反映出能源供需
间的转换、调节、
储存和耦合，相
当于单变量系统
中的传递函数



能源枢纽包含了所有的能源转换技术，如冷热电联供、变压器、吸收式热泵、电力驱动式热泵、锅炉、换热器、制冷压缩机、蓄热装置、蓄电池、燃料电池等。相当于互联网中的集线器或路由器，是能源互联网中的重要节点。

Energy Hubs 的表达形式

$$L=DCP$$

$$\begin{bmatrix} L_1 \\ L_2 \\ \vdots \\ L_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_{11} & \cdots & d_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{m1} & \cdots & d_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_{11} & \cdots & C_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{m1} & \cdots & C_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_n \end{bmatrix}$$

设定优化目标为投资成本最小和运行成本最小。利用优化算法，可以将能源枢纽优化设计问题分解为能源枢纽系统设备配置和系统能量分配的双层优化问题进行求解。在净零建筑能耗城区中，还要考虑到能耗最小和化石能源与可再生能源之间能耗的匹配。

L，负荷矩阵。城区的 m 个负荷需求。

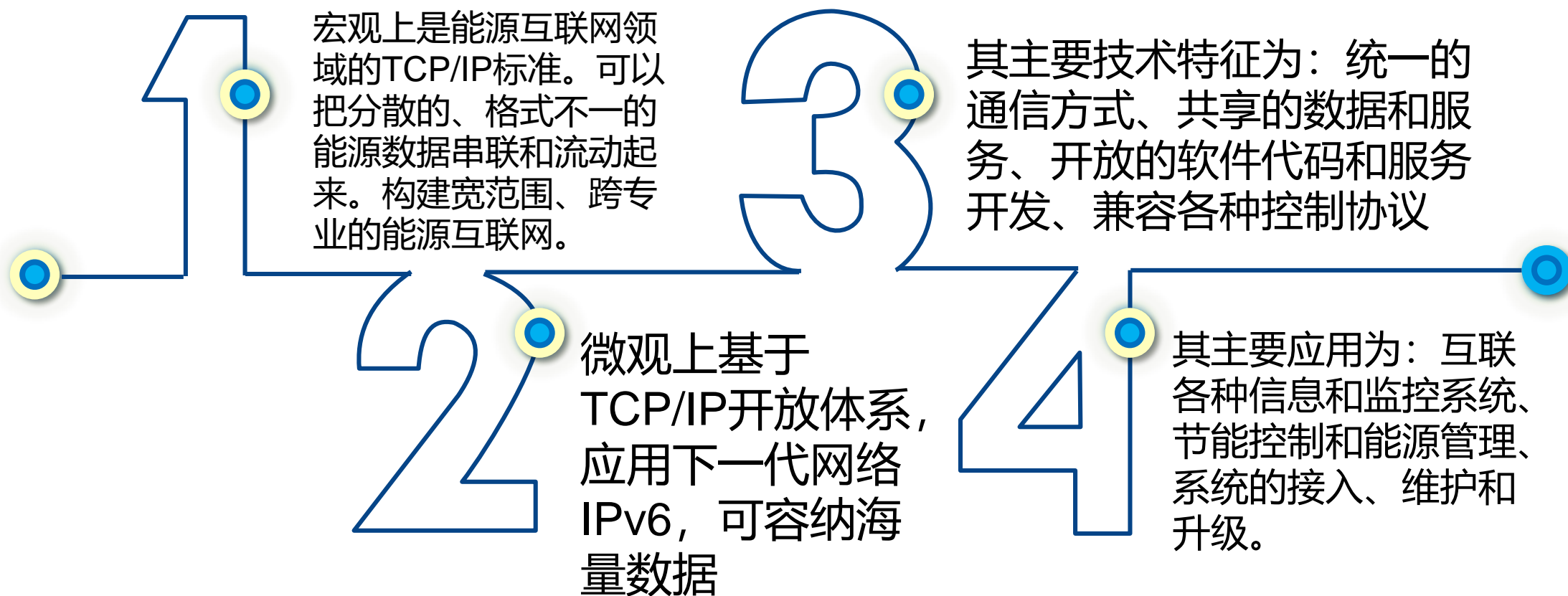
P，输入矩阵。 n 种输入能源载体。

C，耦合矩阵。反映城区中能源输入和输出之间的转换、储存和传输过程及其效率。根据所采用的技术，耦合矩阵也可能有两个，表示城区规模上的二次转换。

D，分配矩阵。第 j 个负荷（ $j = 1, 2, \dots, m$ ）利用多少第 i 种能源（ $i = 1, 2, \dots, n$ ）。 $0 \leq d_{ij} \leq 1$ 。不同时间， d_{ij} 应根据优化结果有不同赋值。也可以视为优化运行的时间表（scheduling）。分配矩阵也可与耦合矩阵合二为一。

泛在绿色社区控制网络协议IEEE 1888 (ISO18880)

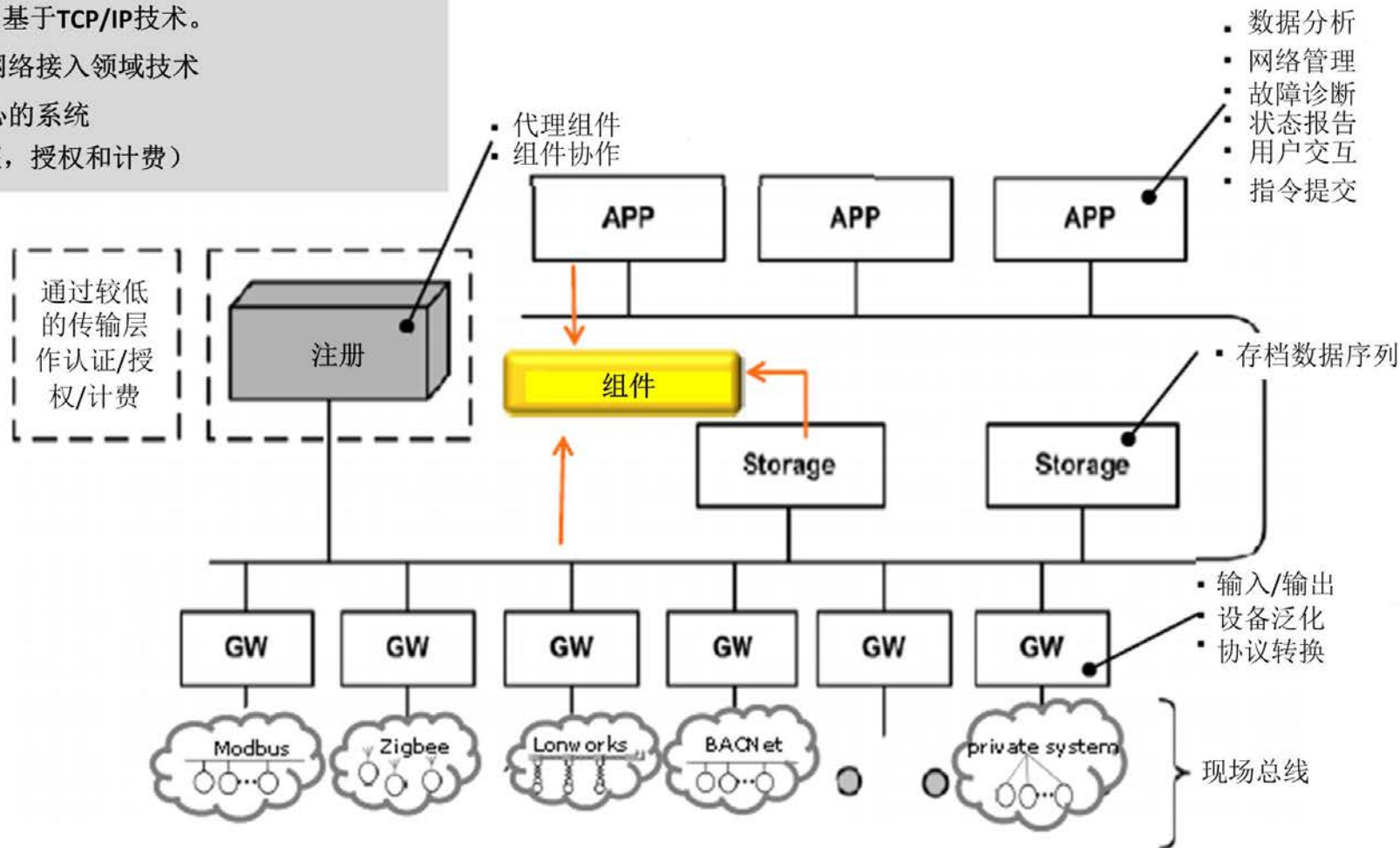
Standard for Ubiquitous Green Community Control Network Protocol



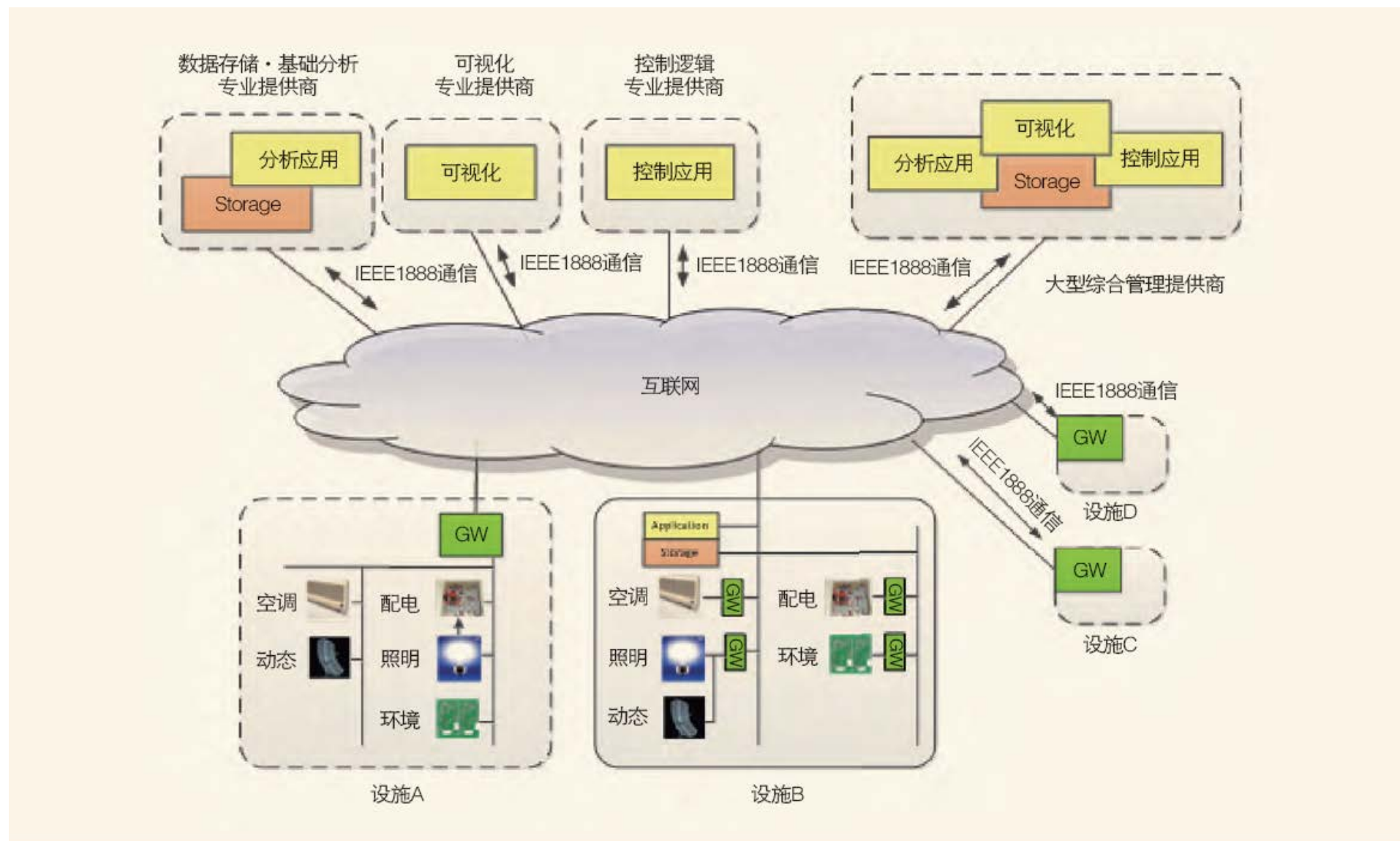
泛在社区网络架构

■ 创新

- 全IP开放结构，基于TCP/IP技术。
- 集成了现有的网络接入领域技术
- 以数据库为中心的系统
- 统一AAA（认证，授权和计费）



能源互联网应用



区块链技术Blockchain

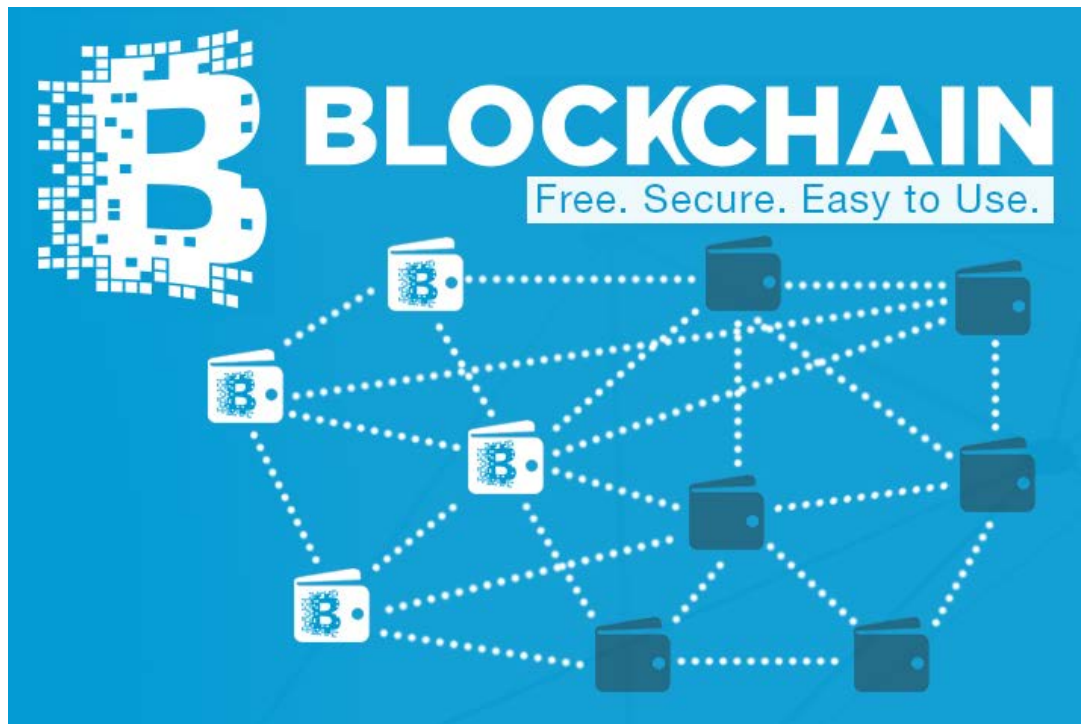
区块链本质上是一种基于非对称加密算法的分布式账本技术，该分布式账本上产生的每一笔交易都必须经过全部节点的共识机制检验通过后才能被记录。

是一种去中心化的点对点交易体系，除被加密的隐私信息外对任何参与者公开数据，用一系列算法保证数据安全，因此它不需要信用担保。

区块链由众多节点共同组成一个点对点的网络，不存在中心化的设备和管理机构。

区块链技术被认为是继大型计算机、个人计算机、互联网、移动互联网之后的第5次信息技术革命。

影响最大的应用是比特币（bitcoin），即以区块链作为底层技术的数字货币之一。



区块链技术适合能源互联网

城区能源 互联网

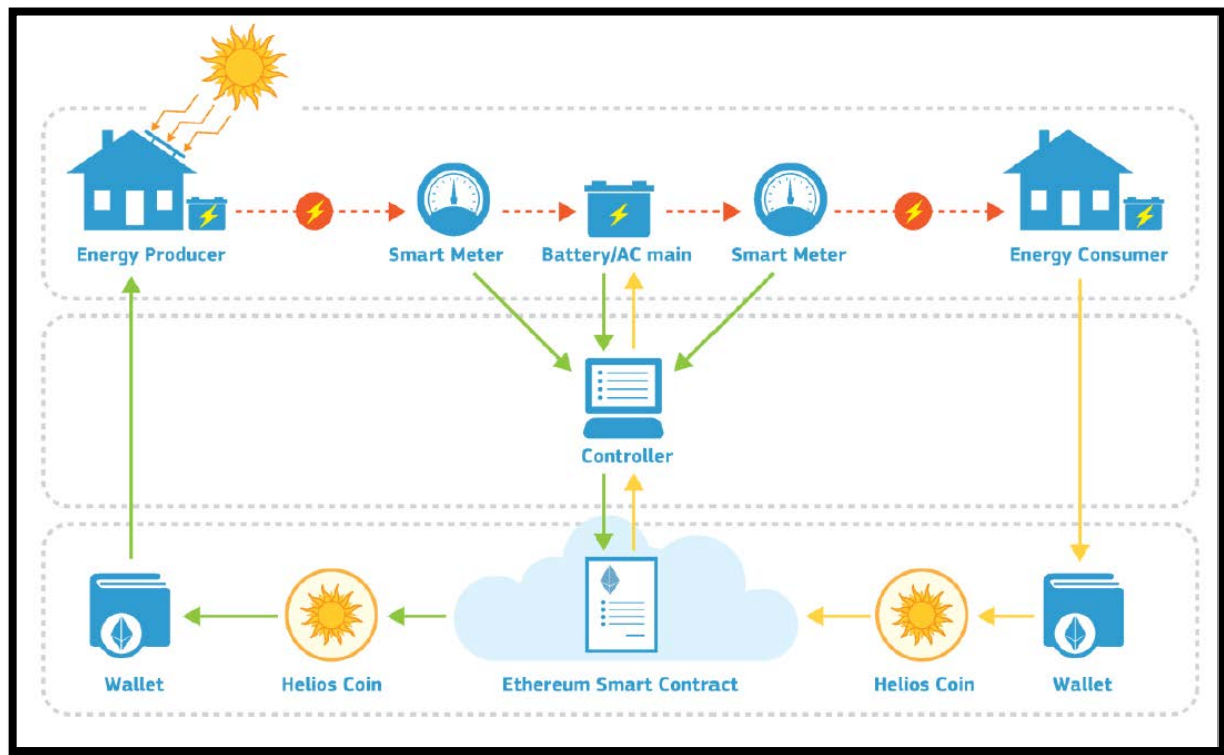
区块链是去中心化的对等网络，其运行方式是分布式集体运作。这一网络结构形态和运行方式与城区分布式能源系统在能源互联网形态下的协同自治运营模式有相似之处。

净零建筑能耗城区中屋顶光伏这样的可再生能源系统是分散安装的，但屋顶是分属不同业主的。如果要由一个能源中心集中管理，需要很复杂的租赁谈判，往往做不成。

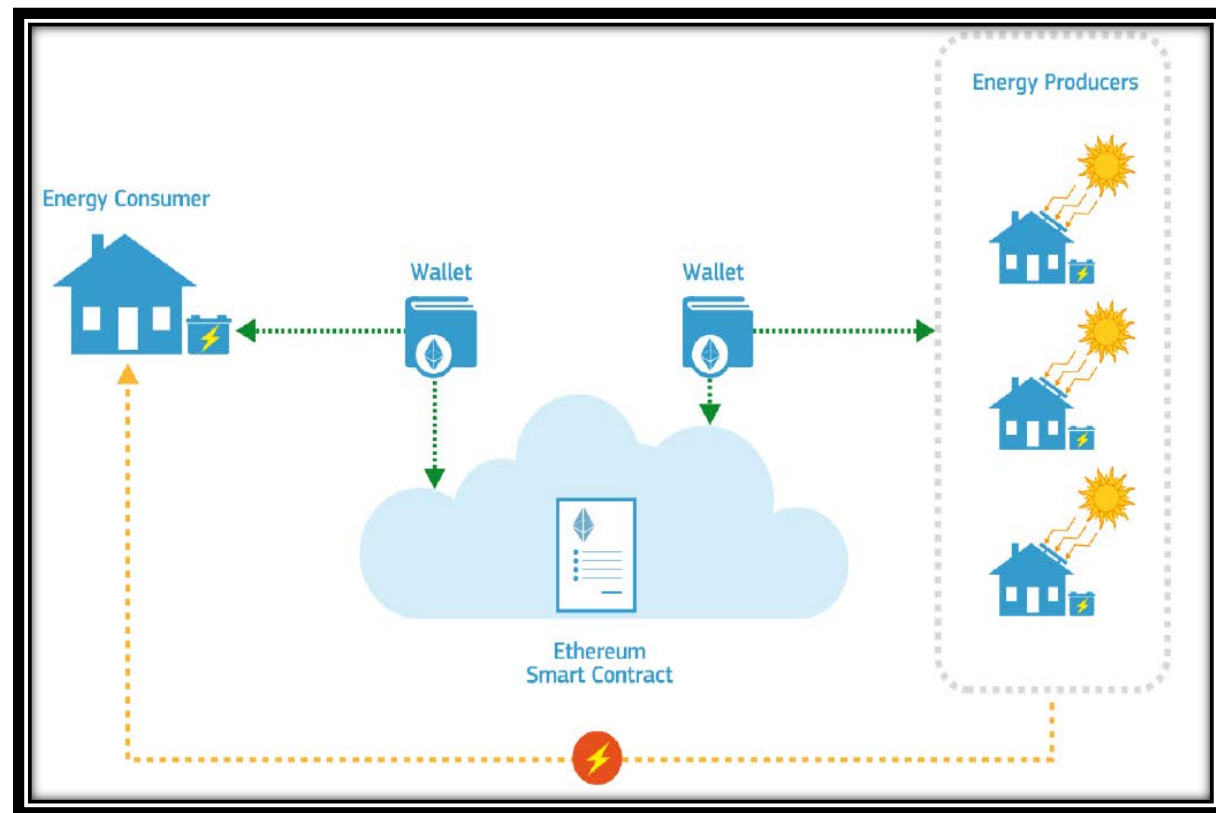
如果屋顶光伏分别归属于各幢单体建筑的业主。这些建筑既产能又用能（Prosumer），则在城区层面上难以实现中心化的调度和优化的运行管理。

在净零建筑能耗城区中需要通过去中心化的协同实现可再生能源利用的最大化。在城区层面实现能耗数据公开透明、能源管理协同自治、点对点的能源交易，同时照顾到各方利益。这些都与区块链技术的理念相吻合。

区块链技术在能源交易中的应用



有中间商



没有中间商赚差价

第四范式

第一范式：实验科学

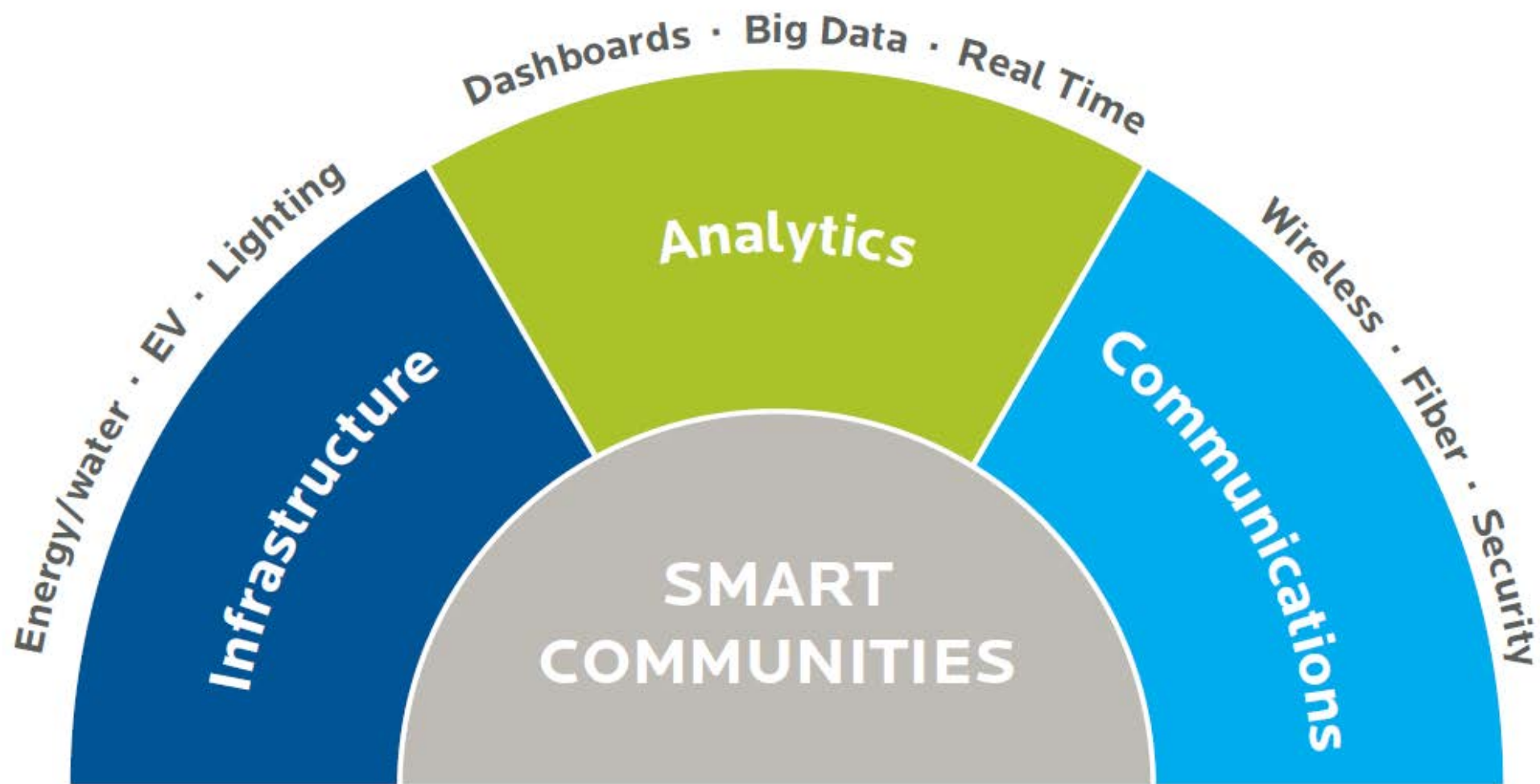
第二范式：理论科学

第三范式：计算机模拟

第四范式：大数据



大数据应用是智慧城区的重要组成部分



城区能源管理中的大数据

大数据的特征：

- 数据体量巨大
(Volume)
- 数据类型多样
(Variety)
- 处理速度快
(Velocity)
- 价值密度低
(Valuation)

城区能源管理条件：

- 智能计量表
- 传感器网
- 物联网 (IoT)
- 泛在绿色社区控制网络
- 云存储
- 数据分析

城区能源管理形式：

- 平行批数据处理
- 建模和决策支持
- 数据驱动的检测
- 实时大数据处理

可实现的管理：

- 能源系统实时运行管理
- 多能源优化管理
- 用户行为影响
- 能耗对标管理
(backcasting)
- 能耗预测
(forecasting)
- 故障诊断

HVAC系统的大数据

一台冷水机组有30
个运行参数

每15分钟采样一次,
全年单台机组就有
100万个记录

一幢中等规模建筑,
其BA系统约有600
个HVAC数据点

每15分钟采样一次,
全年该楼就有
2100万个记录

5000幢类似建筑,
全年就有1050亿
个记录, 4.2兆兆
字节 (terabytes)
数据

对这些数据加以分
析, 有利于改善设
计、系统调适、提
升运行效率、预防
维修、改进主业工
艺

M&V 2.0

用短的时间间隔采集的数据，用先进的分析方法来确定建筑或建筑系统的实际节能量

数据来源：

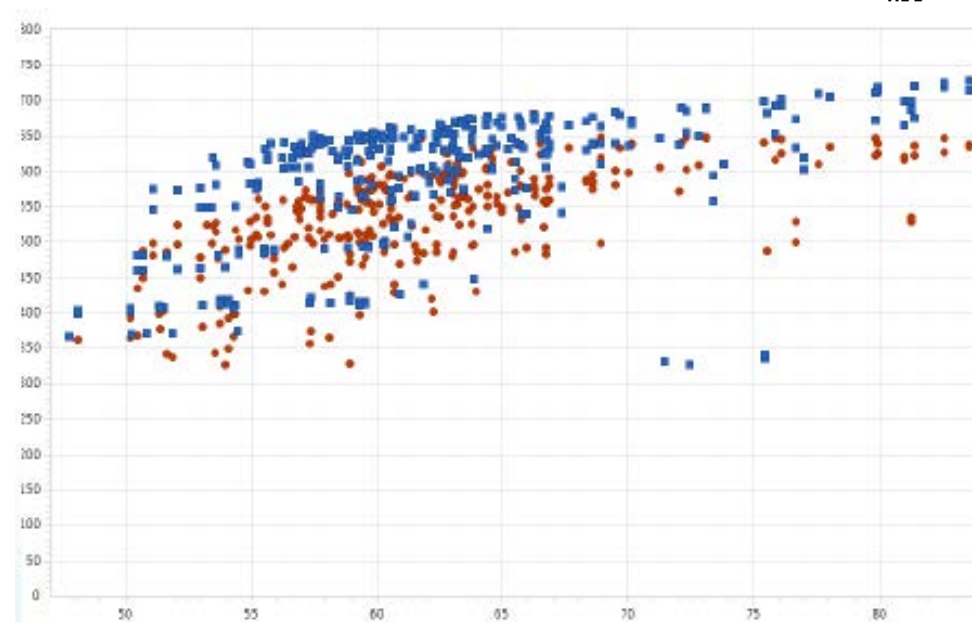
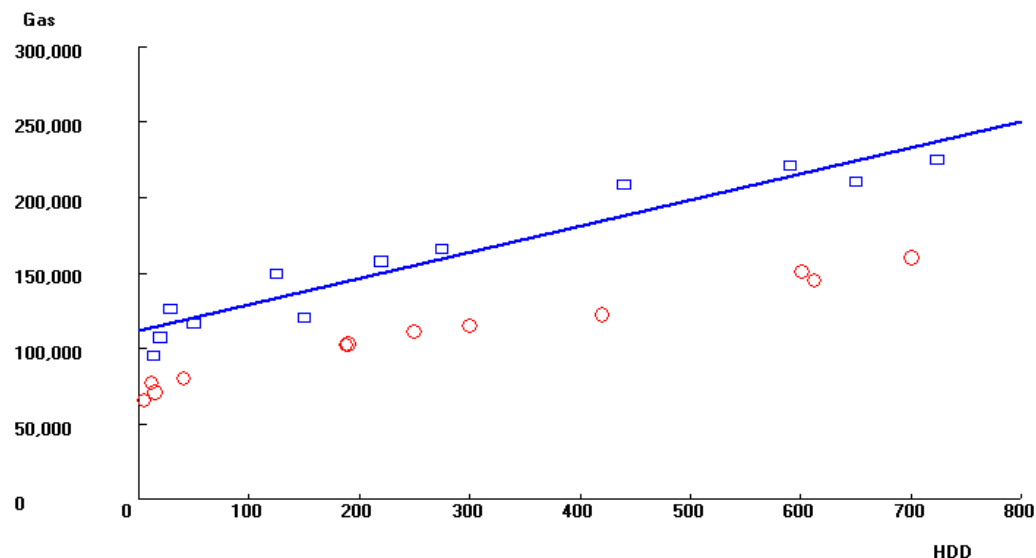
- 分时计价电表
- 智能电表
- 气象参数

时间间隔：5-15min

分析方法：

- 包含时间变量的多元回归
- 神经网络
- BIN方法
- 最近邻体法

缩短测量时间，从1年减少到3-6个月





Thanks.

