



净零建筑能耗城区的区域 能源技术

同济大学 龙惟定

目录

净零建筑能耗城区

01

02

区域能源新技术

01

净零建筑能耗城区

在城区范围内全年生产的
可再生能源等于或大于全
年所消耗的能源。



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

然后利用可再
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

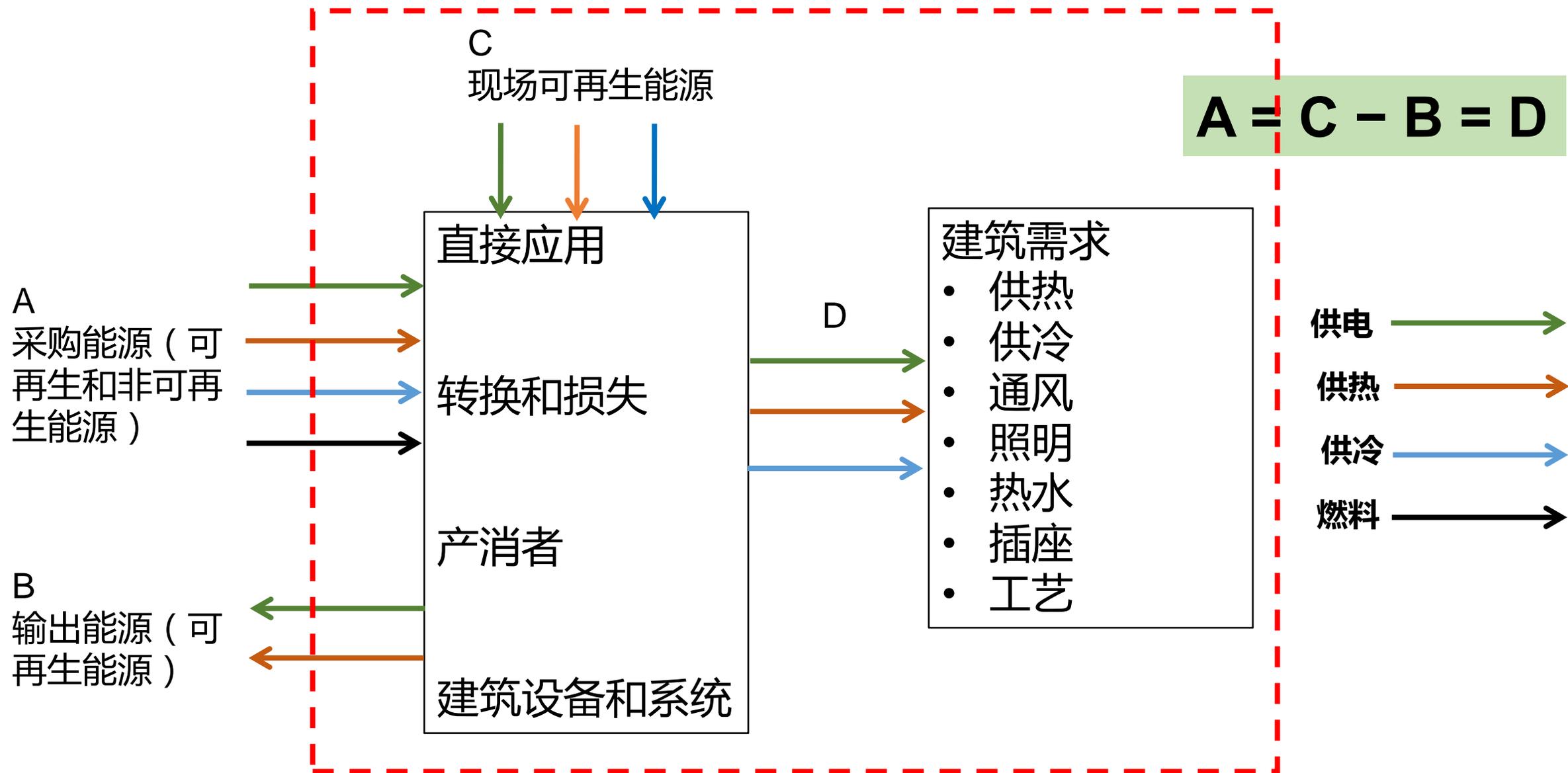


采集能力的弱化



产能与负荷的不匹配

净零能耗城区示意图



克服难点，发展净零建筑能耗城区

将城区或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。

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。

单体建筑只能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、适当的容积率和一定的规模。

可以通过城市设计，优化城区的日照环境和风环境，为被动式建筑技术应用创造条件。

可以减小城区基础设施设备系统的规模，降低投资和运行成本，从而吸引有实力的投资者。

净零能耗建筑技术遵循的基本原则



1 净零能耗是运行目标

不应仅仅达到建筑节能设计标准，而要优于民用建筑能耗标准中的引导值或各地建筑能耗限额标准中的先进值。



2 适宜的超低能耗建筑技术

- ① 被动式技术和高效设备系统
- ② **能效**，指的是**绩效**和**效果**（energy performance）
- ③ 通过实际运行中的能耗检测来证实。



3 利用可再生能源

- ① 现场可再生能源（On-Site）
- ② 非现场可再生能源（Off-Site）

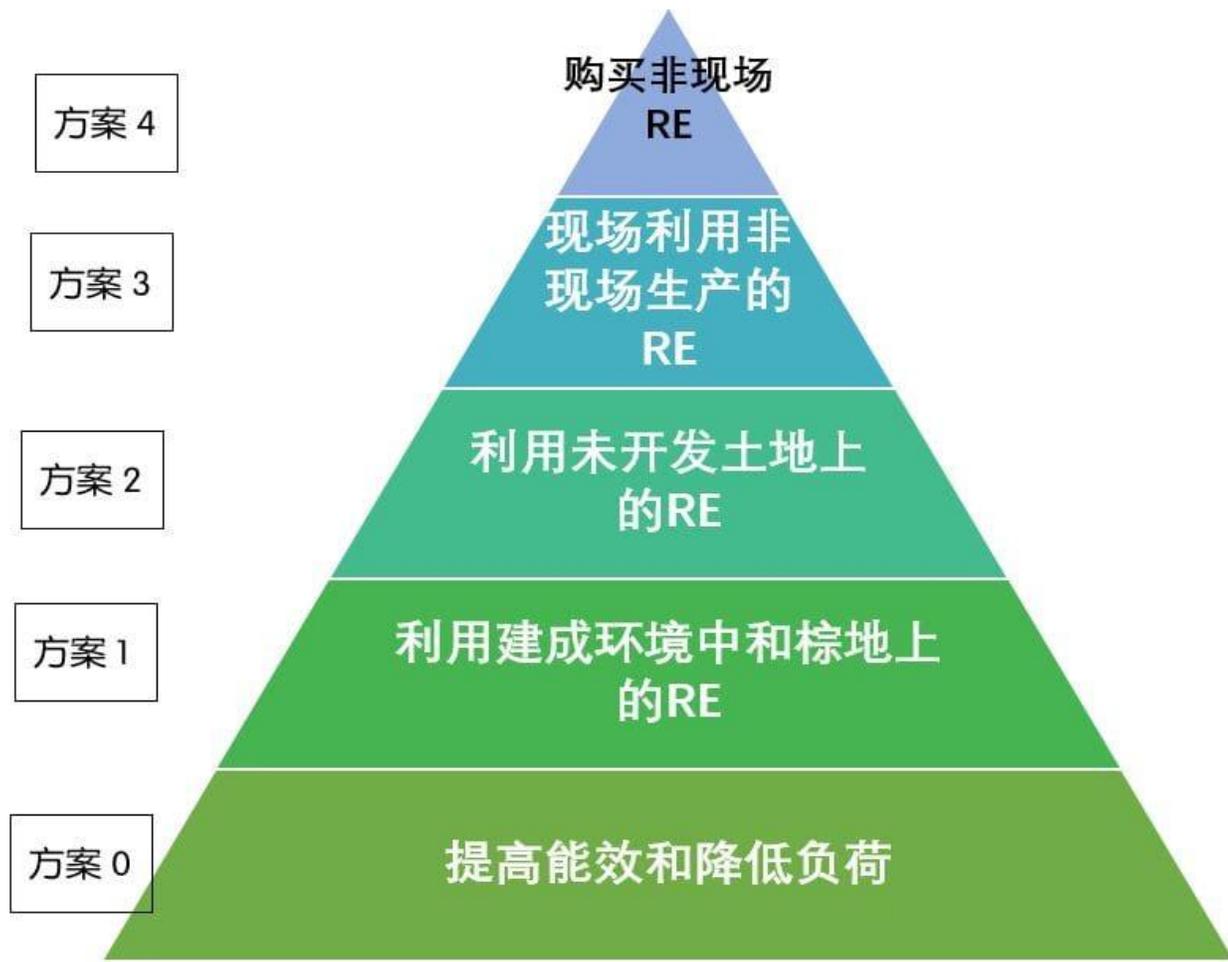
所有建筑都必须实质性节能，不能仅仅满足节能设计标准

能耗水平都应优于民用建筑能耗标准中的引导值或各地建筑能耗限额标准中的先进值

个别建筑因为功能需要而无法满足超低能耗标准，必须通过权衡计算，在城区层面上加以补偿

在所有技术措施中，提高能效和降低负荷是优先选项，然后才是利用可再生能源。

在可再生能源利用中，优先利用现场资源，最后才是通过交易利用别人家的资源



能源系统运行管理的指导思想

运行管理要综合考虑园区内所有建筑的能耗特性和运行状态，实时控制能源系统供应侧和需求侧的平衡，以最小代价达到净零目标。



02

区域能源管理新技术

第三代分布式能源

分布式热泵系统的能源总线

能源枢纽

区域能源管理系统的泛在网络

基于大数据的能源管理

能源区块链



根据国际分布式能源发展历程，可以把分布式能源分为三代。



第一代是传统的热电联产：单一燃料（煤或天然气）输入、热电输出、单一中心能源站（热电厂模式），发电机规模500MW以下，电力上网，蒸汽或高温水输出，管网半径10-20km。靠近用户；



第二代是区域或楼宇的冷热电多联产：即清洁燃料（天然气）输入、多种形式能源（热、电、冷、热水）输出、单一中心能源站（冷热电三联供模式），由于需要供冷，管网半径1km以下（有3km以上），发电机规模在50MW以下，电力不出机房，并网或上网，热水和冷水输出。接近用户。



第三代是分布式多能源品种（可再生能源和清洁能源）发电，多种形式能源（热、电、冷、热水）输出，每一幢建筑既产能也用能，形成多个产能节点，通过能源互联网共享资源（能源微网模式），贴近用户。

第一、二代分布式能源与第三代的区别

单一能源：日益稀缺的化石燃料

城市和工业供电供热（供冷是副产品）

电力上网、只利用低品位热能

锅炉起关键作用

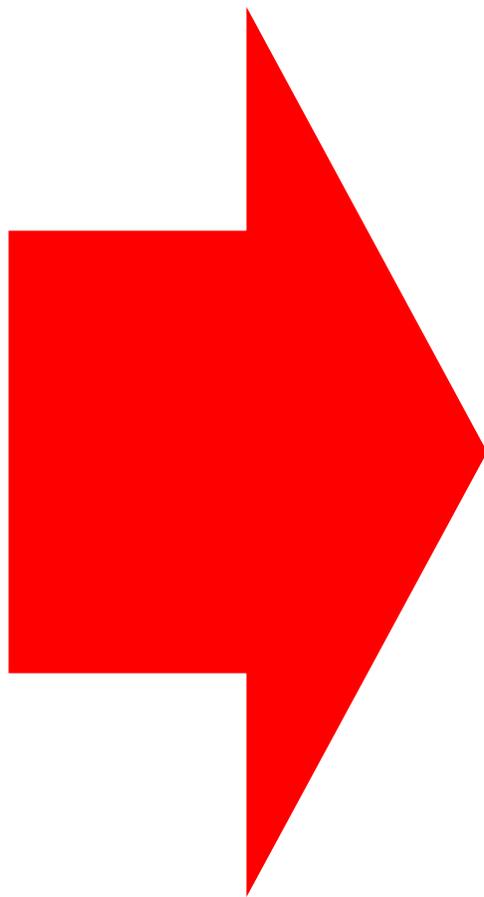
能源中心集中供能，电力不出机房

放大热力传输的劣势

关注供应侧：利益单一化，需求统一化

可靠性原则

垂直化管理



多能源：可再生能源和自然界未利用能

城市和建筑供电供冷供热

充分利用高品位电能，梯级利用热能

热泵起关键作用

多点能源站，集中供电，分布式供热

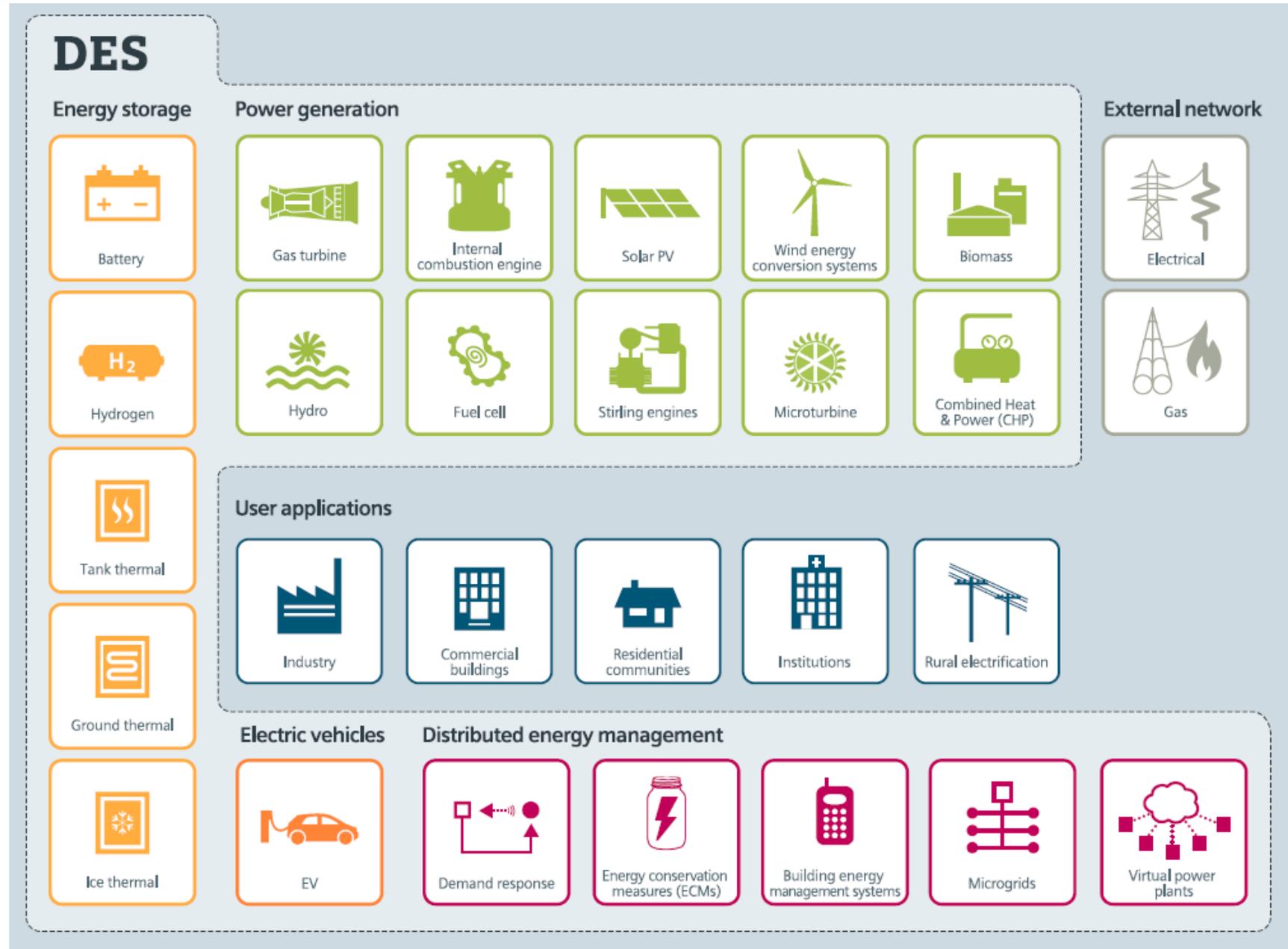
发挥电力传输和热力储存的优势

关注需求侧：利益多元化，需求多样化

综合资源规划（IRP）原则

扁平化管理

DES



分布式能源系统中的热泵

1

分布式发电的最大缺点是不稳定性，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、功率上的不匹配以及热需求与电需求的不匹配。

2

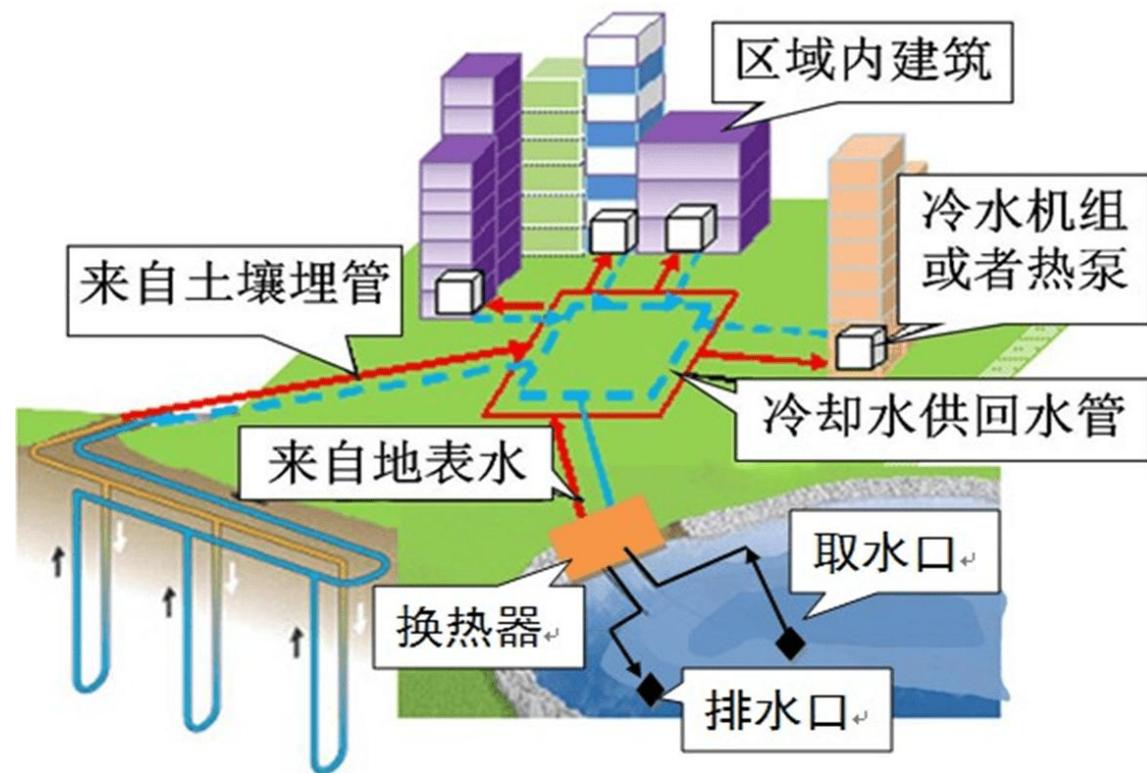
智能电网备份（Smart Grid Ready）技术有很多种，例如用燃料电池、用电动汽车、用各种蓄电池、乃至用飞轮等，但可以立即实现的是利用热泵蓄热从而间接蓄电，称为“智能电网备份热泵（Smart Grid-Ready Heat Pump）”技术。

3

系统中应用的热泵，
（1）有尽可能高的热效率；
（2）有尽可能高的供热温度（60°C以上）；
（3）由于负荷的多变要有较高的综合部分负荷效率（IPLV）；
（4）有稳定可靠的热泵热源/热汇。

多源集成的能源总线

- 整合城区中不同空间分布的可再生热源。
- 让城区各单体建筑都能够突破建筑红线的限制，分享可再生热源资源。
- 将可再生热源的资源作为公共基础设施，才有可能使整个城区分享可再生热源的资源。
- 能源总线为分布式水源热泵提供热源/热汇。
- 分布式高效水源热泵安装在贴近用户的位置或建筑群中间，减少了对城区能源系统能效影响最大的供冷供热管道长度



能源总线体现资源共享的理念

具有多个冷/热源，是一种“M对N（即M个源对N个用户，或M种源对N个用户）”模式。

以集中的热泵技术和季节性蓄热技术为主，辅之以太阳能加热或空气源冷却。

城区管网输送冷却水或热媒水。系统流量、地源井的数量减少、管网保温隔热的要求降低，管道可直埋。

利用广泛存在于土壤、太阳能、水、空气、工业废热之中的低品位热源。

同时供冷供热时，可以实现建筑余热回收利用。

主干管网作为基础设施，根据开发进度逐步投入，用户及源/汇的取水点可以分期接入，有利于经济性和投资回收。

末端机组可以根据用户需求进行末端调节，公共部分的能耗仅为总循环水泵、冷热源循环水泵。能源总线系统在低负荷率情况下的经济运行和节能管理有更大的优势。

分布式水源热泵系统

分布式水源热泵系统适合采用小容量的、安装灵活的模块化机组。如部分负荷效率很高的磁浮离心机。

可以做成集装箱式，在露天公共用地中安装，用快速接管与空调楼内水系统联接，即插即用，无人值守，成为类似移动通信基站或箱式变压器那样的公共设施。



Energy Hubs 的表达形式

$$L=DCP$$

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

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。

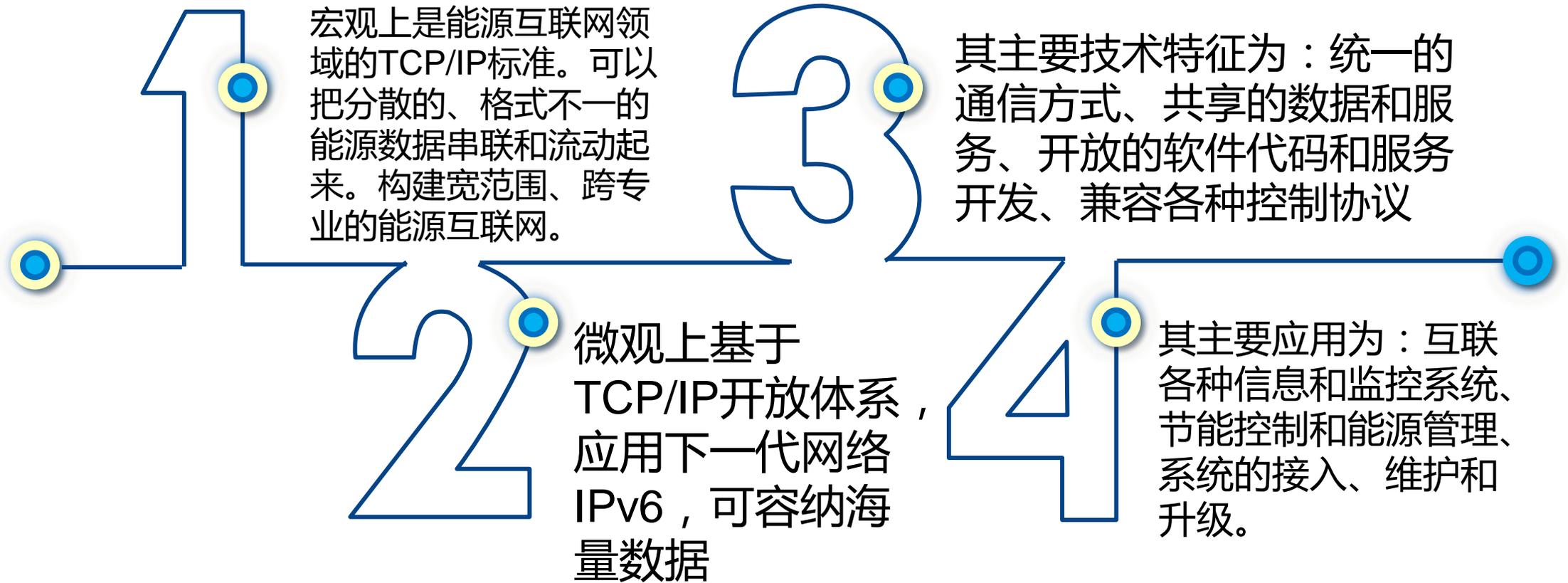
C, 耦合矩阵。反映城区中能源输入和输出之间的转换、储存和传输过程及其效率。根据所采用的技术, 耦合矩阵也可能有两个, 表示城区规模上的二次转换。

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。

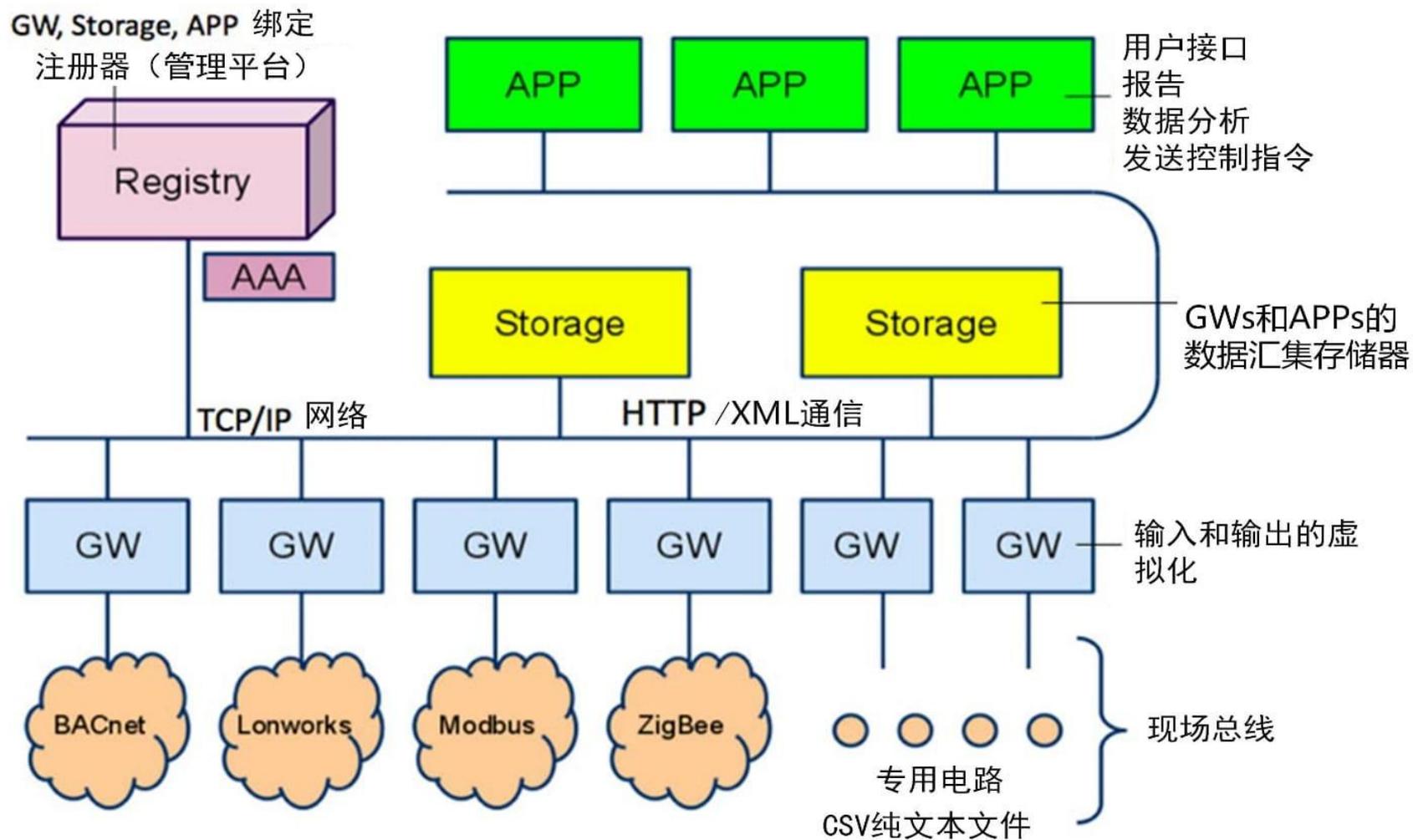
设定优化目标为投资成本最小和运行成本最小。利用优化算法, 可以将能源枢纽优化设计问题分解为能源枢纽系统设备配置和系统能量分配的双层优化问题进行求解。在净零建筑能耗城区中, 还要考虑到能耗最小和化石能源与可再生能源之间能耗的匹配。

泛在绿色社区控制网络协议IEEE 1888 (ISO18880)

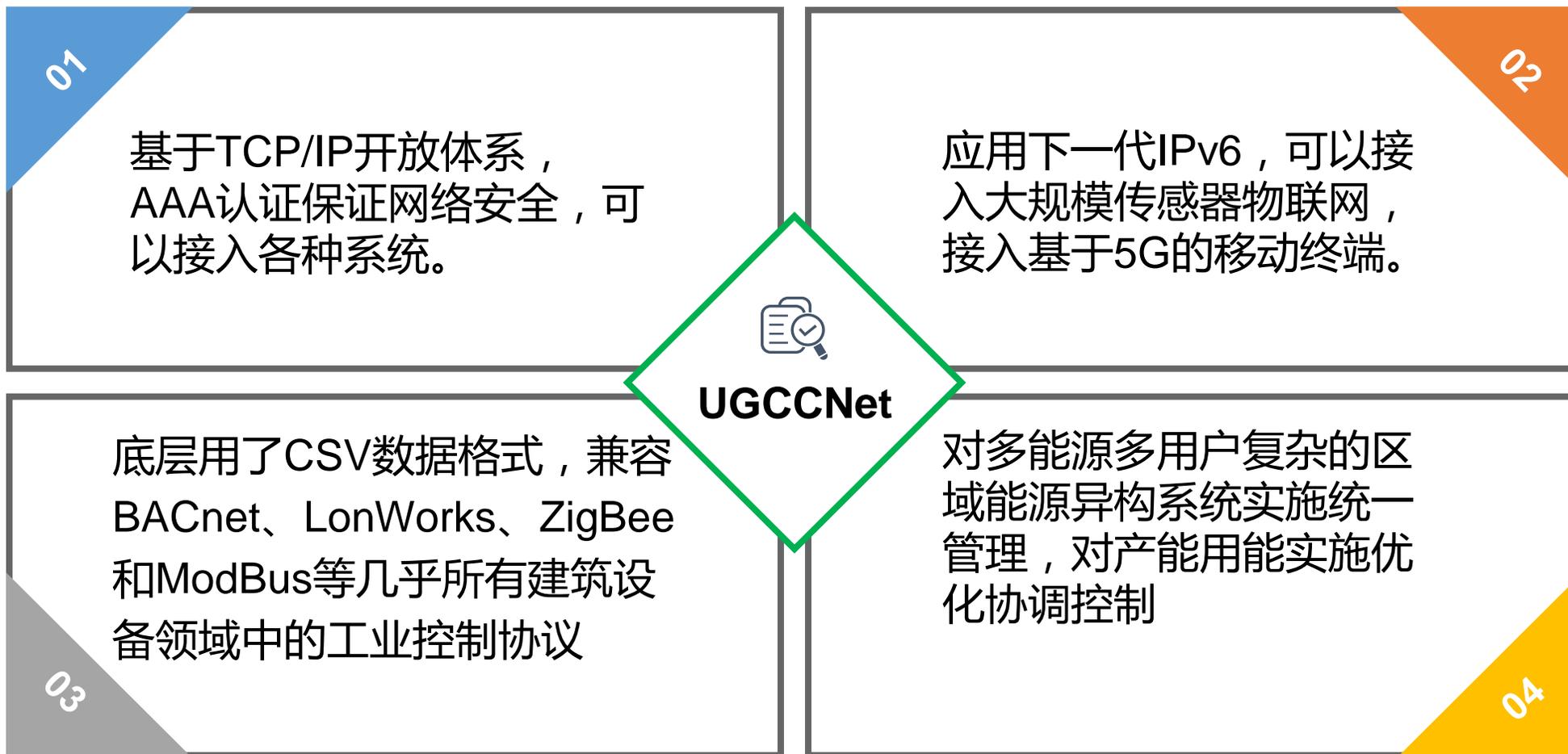
Standard for Ubiquitous Green Community Control Network Protocol



泛在社区网络架构 UGCCNet



UGCCNet的优点



区块链技术Blockchain

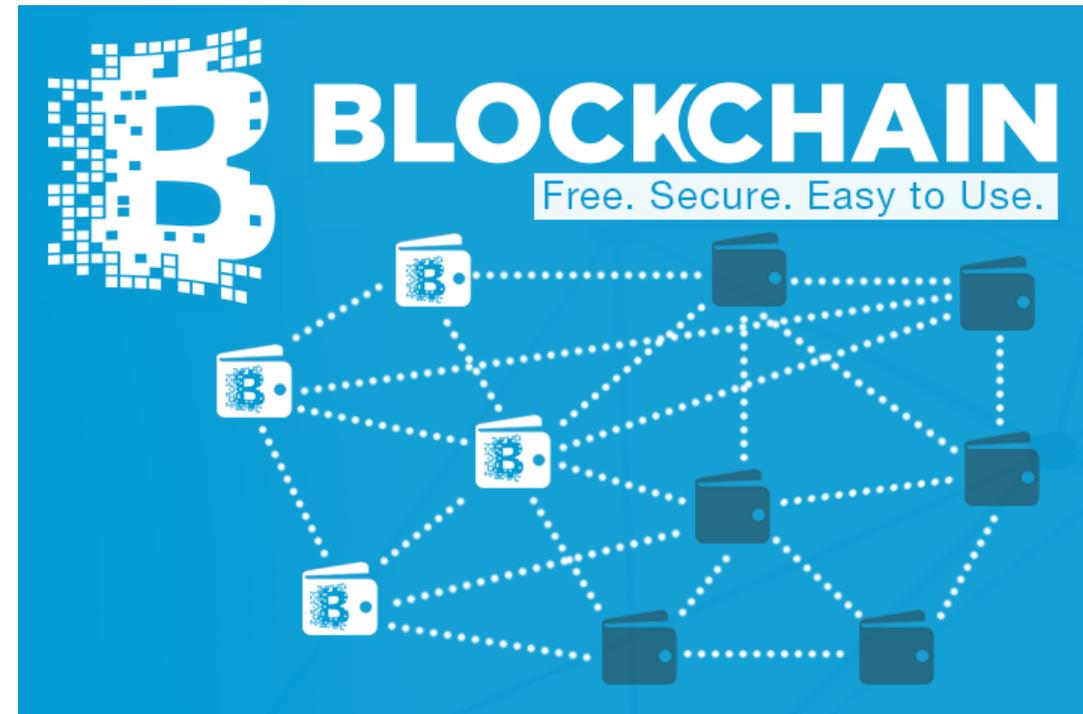
区块链本质上是一种基于非对称加密算法的分布式账本技术，该分布式账本上产生的每一笔交易都必须经过全部节点的共识机制检验通过后才能被记录。

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。

区块链技术可以实现能源管理协同自治、自主能源审计和能效对标、能耗数据公开透明、可再生能源利用最大化、点对点的能源交易、照顾到各方利益。