

基于大数据的 智慧城市能源

同济大学 龙惟定



CONTENTS

1. 未来城市能源
2. 智慧能源是智慧城市的核心
3. 基于大数据的智慧能源
4. 智慧能源的挑战





/01

未来城市能源

发展趋势

01

人口增长

2050年世界人口将达97亿
将长时间稳定在100亿以上

2050年世界城市化率66%
每月建造一个新加坡

城市化

02

03

气候变化

联合国气候变化巴黎协议要求“努力将气温升幅限制在工业化前水平以上1.5°C之内”

环境依赖性产业
数据中心
交通电气化
供暖供冷电气化

需求变革

04

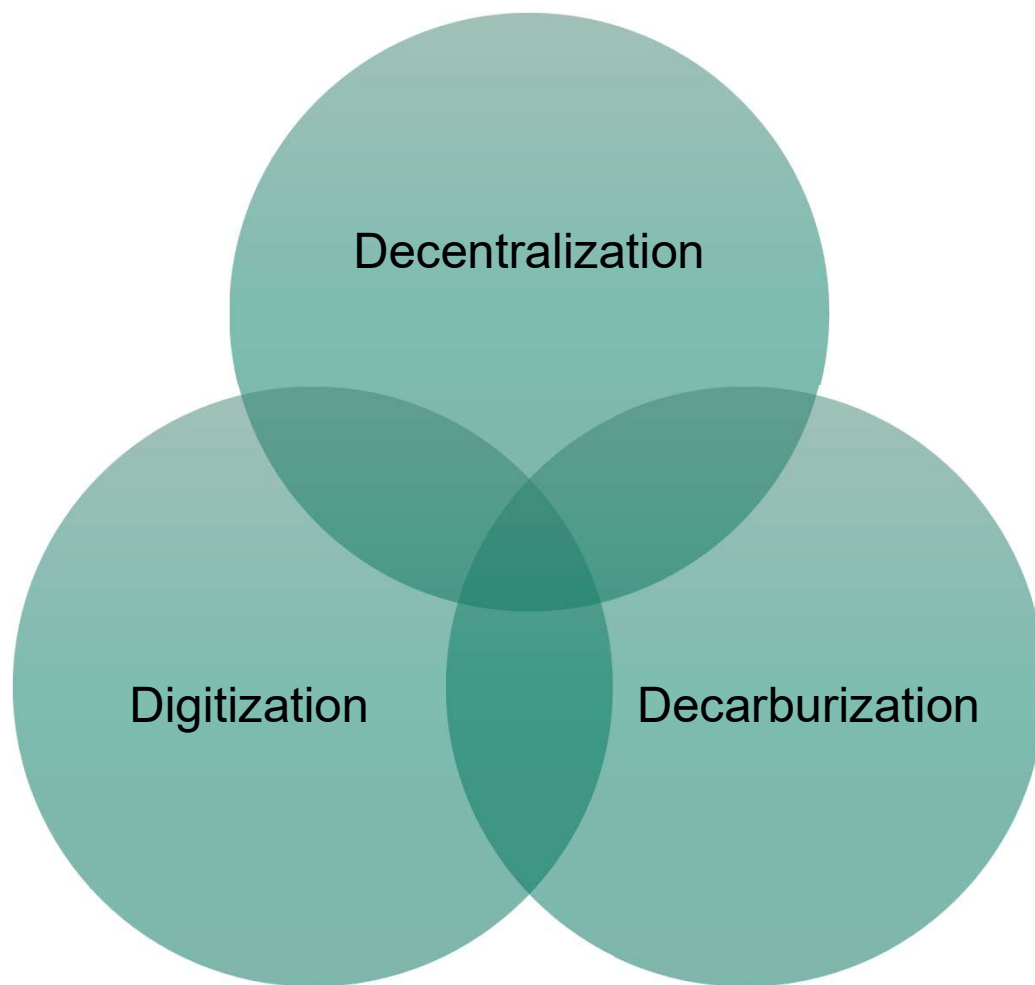
下一个100年

展望未来，全球人口可能稳定在100亿以上。城市人口的上限可能超过85亿。如果人类达到35亿城市居民花了100个世纪，那么只需要1个世纪来为另外50亿人腾出空间。城市人口每年增加约6000~7000万人。

发达国家的城市化项目已接近完成。剩余的城市增长几乎完全在发展中国家发挥作用。2010年，发展中国家的城市人口为25亿。在100年中，这个数字可能会增加近三倍。而同时，发展中城市的城市密度很容易下降一半。

发展中国家可以通过多种方式适应城市人口增长和城市密度下降。一个是现有城市的平均人口增加三倍，平均建筑面积增加六倍。另一个将使现有城市的建筑面积保持不变的将是开发625个新的1000万人口的城市，其中500个新城市满足城市人口的净增长，另外125个城市将容纳因为平均密度下降了一半而必须离开现有城市的12.5亿人口。

城市能源系统的3D未来



未来智慧城市能源的主要特点





/02

智慧能源是智慧城市的核心

什么是“智慧城市”？

智慧城市的定义

- 智慧城市定义为现有城市未来的更好的状态，包括有形资产（例如交通基础设施，能源分配网络和自然资源）和无形资产（例如人力资本）的使用和利用、优化城市的智力资本和公共行政机构的组织资本。
- 城市的智慧是城市系统收集、传输、阐释和采用有关其状态的信息和数据、活动现象、能量流和物流、活动强度等的的能力。换句话说，“智慧”不仅与城市收集和存储数据的能力有关，而且实际上与制定和使用这些数据（大数据）以激活系统本身的新组织的可能性有关，并最小化熵。这种熵的最小化使城市变得更加聪明。

城市系统中的两种熵

进化熵 **entropy of evolution**

由于系统本身的运行以及子系统之间的相互作用。

当系统以正确的方式使用能量，避免能量浪费时，这意味着系统的内部能量循环是闭合的。相反，当在不同的子系统出现差异时，循环被破坏，一部分能量消散，能源被浪费。

智慧城市的核心是智慧能源

如果城市通过使用能源，使它的各个子系统更加有序，而不是出现一系列的失常，那么这样的城市才是“智慧”城市。

发展熵 **entropy of development**

系统需要消耗能源，在一定时间内沿着它的发展趋势前进。

两个熵是强相关的，当进化熵值很低时，系统以正确的方式利用资源，节省了大部分能量，这部分能量可以用于开发过程，使系统持续运行

智慧城市的内涵

01.智慧移动

交通管理，自行车/汽车/厢式车共享，多式联运，道路状态监控，停车系统，路线规划，电动汽车辅助服务

02.智能电网/智慧能源

发电/配电/存储，能源管理，智能计量，街道照明优化

03.公共安全

视频/雷达/卫星监视，环境和地域监测，儿童保护。例如，更安全的儿童家庭学校交通，应急解决方案，废物管理，智能空气质量，天气数据

04.明智的治理

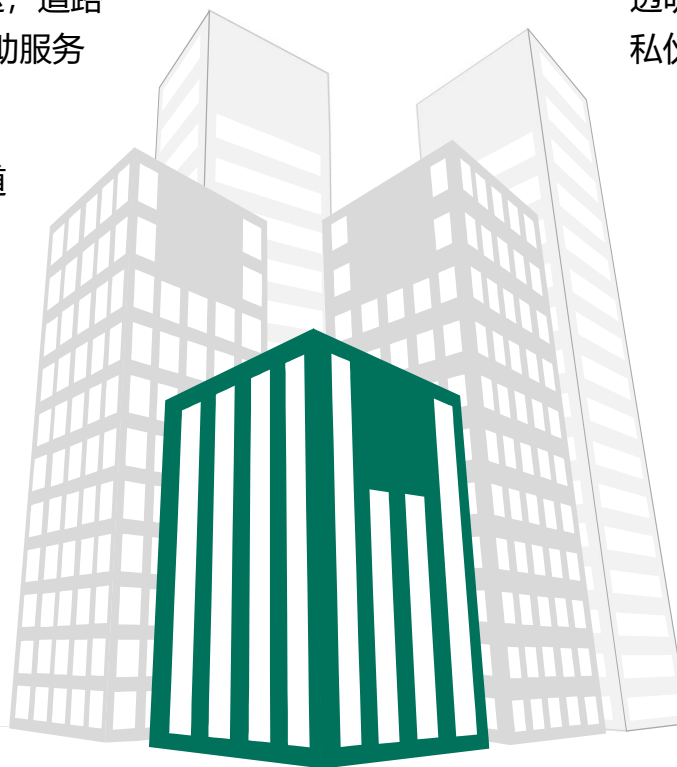
透明的决策过程，公民更多地参与立法举措，公私伙伴关系，在线税收制度

05.智慧经济

高水平的工作，竞争力，企业家精神，创新和研究领域

06.精明的生活

文化和教育设施，有意义的活动，娱乐和导游，参观文化景点和历史古迹，健康的良好条件





/03

基于大数据的智慧能源

同济大学建筑节能学术日

大数据？我们有BA系统和建筑能耗监测系统就足够了

BA系统的短板

- 以闭环控制为目的
- 按照一定控制逻辑动作
- 一台冷水机组有30个运行参数，假定每15分钟采样一次，全年运行300天，每天16小时，则单台机组全年数据量大约只有20MB。
- 数据量不够
- 缺乏调适环节，很多BA没有开通
- 但检测数据在大数据分析中还是很有用的

能耗监测系统的短板

- 以能耗对标为目的
- 只记录总电耗，缺失其它能源品种数据，缺失集中供暖数据
- 分项计量不细，尤其是空调末端、照明、插座能耗不分
- 没有环境的监控，失去对标的基础
- 数据多样性不够
- 缺乏维护

智慧城市能源系统是一个复杂系统



建筑能源管理技术的演进

气动控制

- 没有能力获得系统信息
- 有限的智慧决策

DDC

- 智能控制：程序化、时序化和趋势化
- 用户界面：图形和报告
- 有能源管理功能
- 以闭环控制为目的

集成控制

- 单一的信息和控制平台
- 连接多平台系统和设备
- 通过协调控制减少能源成本
- 兼有设施管理和运行维护功能
- 以降低运行成本为目的

数据分析

- 数据、人和流程
- 需要用户的合作和授权
- 用户通过APP参与管理
- 以满足用户需求为目的
- 全面的能源管理功能
- 主动式服务
- 提高系统的可持续性

城市能源系统的大数据特点



Volume

城区范围，100万台智能电表，15min采样一次，一年产生的数据量2920TB

Variety

来自传感器、智能手机或社会网络的视频、音频、图像、文本、数据记录等不同形式结构化、半结构化、非结构化数据；跨行业 and 行业外数据，增加了数据应用的复杂性

Value

只收集不利用，大数据就毫无意义

Veracity

来自不同平台数据
大量传感器的校准

Velocity

与传统后处理和数据挖掘不同，能源大数据采集和处理需要惊人的速度；为支持近实时的决策，数据采集和处理速度在亚秒级，5-15min间隔。

建筑EMS和基于大数据的能源管理系统的比较





/04

智慧能源的挑战

以人为核心的环境控制

基于大数据的再研究

- 舒适性研究
- 人的行为研究
- 温湿度的解耦
- 制冷机的冷却塔+冷凝器+蒸发器
- HVAC系统的运行优化
- 室内环境控制
- 多能源运行的Scheduling

大数据的来源

隐私问题

人的行为和感觉的量化

室内环境检测

传感器的校准

5G无线网的利用

人工智能AI的应用

设备和系统创新

设备和系统的创新

- 源的放大
 - 可再生能源供冷供热
 - 天空辐射的利用
 - 干热岩技术的应用
 - 海底冷能利用
 - 生物质裂解
 - 受控核聚变

设备和系统的创新

- 端的缩小
 - 背景空调+个性化空调
 - 可穿戴个性化空调
 - 毛细管换热（建筑和人体）
 - 皮肤热量为动力
- 智能控制
 - 生理指标？
 - 体验指标？

大数据应用中的信息安全

城市管理者与物联网工程师之间的数字鸿沟

黑客对互联网的攻击会对信息的机密性、完整性和可访问性造成损害，但物联网中的类似行为甚至可能导致人命丧失。

互联网中的隐形通信和设备的自主行为会以一种难以预测的方式影响我们的生活。

应用程序基于不同的架构、标准和复杂的软件平台，所有的设备、技术和固件都受到商业机密的保护，形成所谓的技术孤岛。

系统的各个区域由不同的组织控制，会有很个性化的需求。

在智慧城市中，每个居民都应该得到有效的技术、经济、法律和社会行动的保护。

物联网中连接的传感器检索到的数据的所有者是谁？

谢谢!

