



中国电机工程学会
CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING

《能源互联网专业发展报告》发布与解读

中国电机工程学会能源互联网专委会

2020.11

目录

Contents

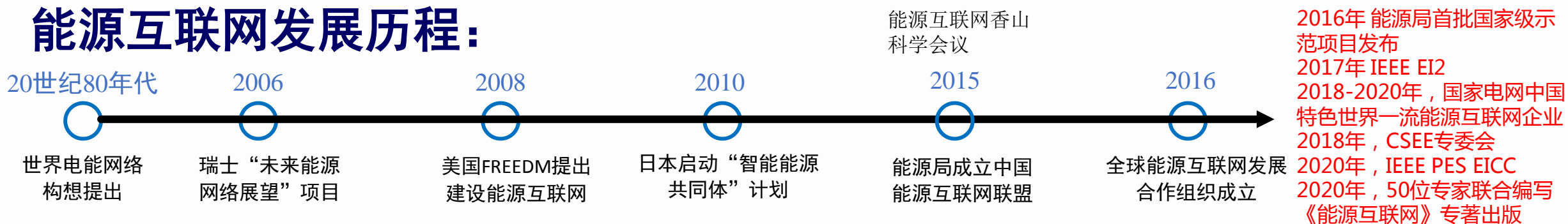
- 1 / 引言
- 2 / 最新研究进展
- 3 / 发展趋势分析与展望
- 4 / 创新发展机制分析与建议
- 5 / 总结



能源互联网基本概念（技术内涵 + 社会价值）

➤ 能源互联网是能源系统与互联网思维和技术深度融合的产物，以电力为枢纽，多能互补、源网荷储协同、集中式与分布式并举，大众广泛参与，目标是形成清洁低碳、安全高效的能源生态系统。智能电网是基础，具备**跨界、交叉、融合**等特征。

能源互联网发展历程：



能源互联网技术体系

- (1) 多能协同能源网络
- (2) 信息物理能源系统
- (3) 创新模式能源运营



中国电机工程学会
CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING

(一) 综合能源系统规划与运行技术

“源网荷储”互补特性

国内已经对涵盖多种能量形式的分布式综合能源局域网进行了研究，最典型的是电-热和电-气的耦合运行问题。国外在多能流领域的研究和示范较为领先，国内已经快速跟进。

系统规划方法及建模技术

国外综合能源规划工具大部分对分布式电源覆盖的比较全面，对传统能源也有细致的建模，使得混搭组合系统的可选方案比较多样。国内综合能源规划研究较晚，主要缺失点在于设备类型不够丰富。

综合能源系统规划与运行技术方向

系统运行调度与控制技术

国内外在综合能源系统的运行环节具备了一定的研究基础，虽然国外对数字孪生技术的理论层面和应用层面研究比较早，但通过近年来的努力和工业界的舞台支持，国内在多能流统一建模和分析理论的构建上有了初步突破，在多能流能量管理系统研制和应用方面，逐步开始领跑。

系统效益评价体系

国内外已对综合能源系统效益评价指标体系展开研究，但能够应用于实际工程评价的指标体系及其评价标准尚未完全建立，对系统能够带来的经济、环境和社会效益还停留在概念设想阶段。

(二) 能源互联网设备（与平台）技术

(1) 特高压输电设备

- 特高压交流关键设备
- 特高压直流关键设备

智能电网技术与装备

- 交流输变电设备
- 直流电网装备
- 配用电设备
- 互联网通信设备
- 智能用电与多能高效转换装备

清洁能源技术

- 清洁能源发电技术
- 大规模储能技术

能源互联网管理平台

- 云大物移智链应用
- 互联电网仿真平台
- 电力交易技术支持系统
- 基于AI电网调度决策支持系统
- 信息技术/操作技术集成平台
- 多能流综合能量管理系统



(三) 能源互联网商业模式与市场技术

研究方向：参与能源互联网的**市场主体**实现盈利的**商业逻辑**和其间的**交互关系**，以及引导各主体在能源互联网中，通过市场竞争**配置资源的方式**。

综合能源运营管理	平台和共享型	数据信息增值	用户侧互动和服务	市场机制
多能协同 微电网合作投资	虚拟电厂 退役电池梯次利用 多站融合 共享铁塔 共享用户渠道 能源交通融合	用户肖像 大数据管理决策 经济社会服务	需求响应 能源交易代理 能效与节能服务	综合能源市场 以电为中心的市场 出清、结算技术 分布式交易

国内外共性研究热点
 国外研究热点
 国内研究热点

研究比较：市场化配置资源的机制基本建立，**综合能源市场有待完善**
 商业模式不断涌现，**与国际先进模式保持同步**

(四) 信息物理能源系统技术

能源系统中的信息安全

目前国内外对于能源系统的信息安全研究共性在于两者均涉及面广，内容丰富。从信息安全算法研究，到架构设计到应用分析，国内外均有大量相关研究，区别在于国内外在上述方面各有侧重，整体而言国外研究偏重信息安全算法与架构研究，国内研究偏重架构和应用研究。

信息物理融合的决策优化

针对信息物理融合的决策优化，国外的研究更加侧重于嵌入式系统和机器人等智能设备和应用案例研究，例如德国面向制造业提出的“工业4.0”。国内的研究更加注重于宏观的耦合系统理论分析，信息侧和物理侧在系统级层面的联合优化与决策

信息物理耦合建模与联合仿真

国内外对能源信息物理系统在基于事件驱动方法、混合自动机方法的信息物理耦合建模与联合仿真已有广泛的研究。目前此类方法较多关注于元件层面，难以分析复杂的信息网络和物理电网的交互过程。此外联合仿真方法较多注重于物理电网的仿真对信息

系统模拟仍然不足。

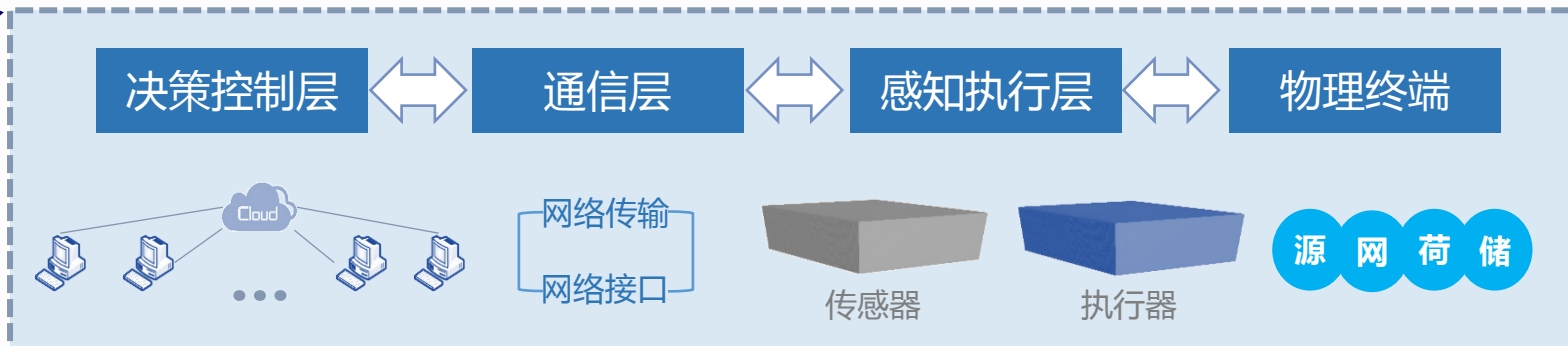
能源信息物理系统

能源领域的信息物理社会系统

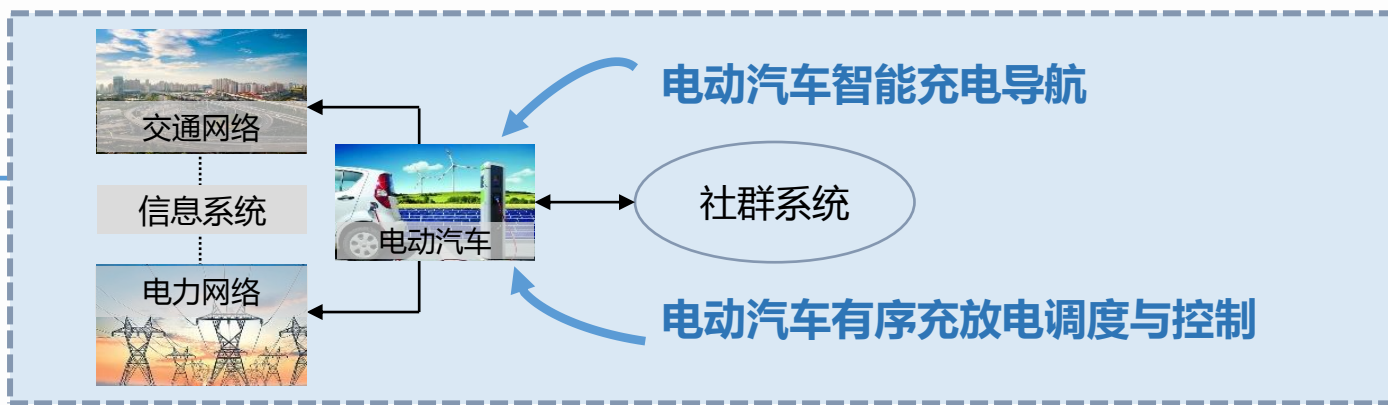
相比于信息物理系统，我国在信息-物理-社会系统(CPSS)的概念的研究起步较早，且著述数量(WOS核心集论文数)在世界排名第一，发展较快。具体到能源领域，我国学者率先形成CPSS的概念引入能源领域，而国外关于信息物理社会系统的研究仍主要集中在电力领域，未考虑综合能源的场景。

(五) 能源-交通协同技术

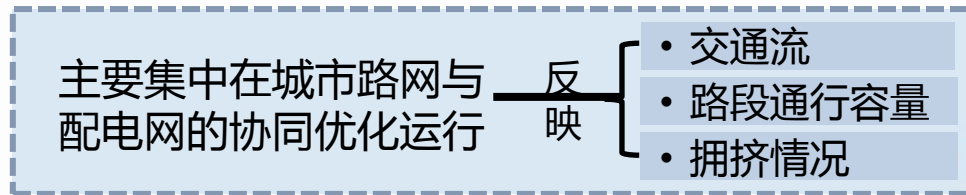
1 交通能源融合的信息物理系统



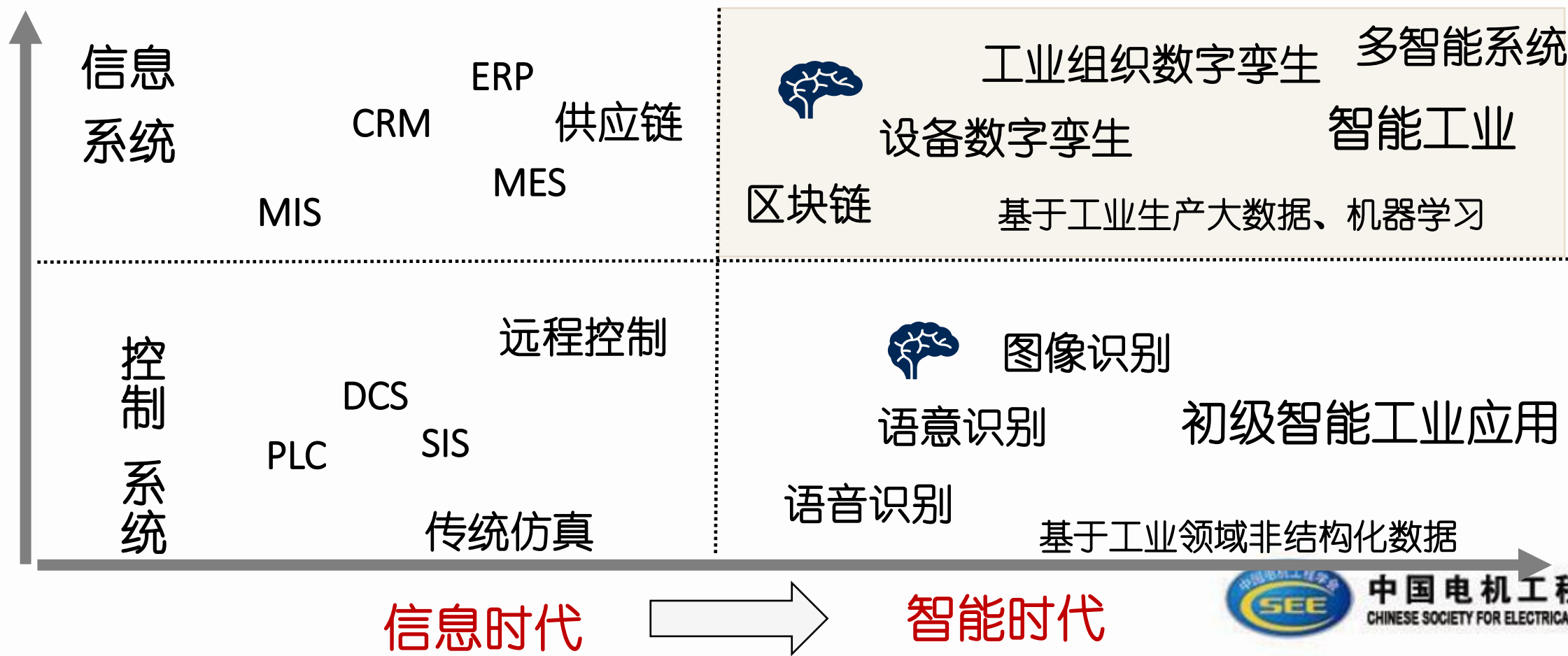
2 交通电力融合协同优化



3 交通电力融合协同运行控制



(六) 能源工业互联网技术



(一) 综合能源系统规划与运行技术

综合能源项目评估应用工具研发

目前国内外进入实用阶段的综合能源评估工具主要缺失点是设备类型不够丰富，缺乏与实际工程技经测算相结合的国内经济性财务指标评估功能。考虑到综合能源项目的复杂性和项目的多样性，实际项目中的综合能源优化规划需要基于可用资源与负荷情况进行针对性分析。

多能协同建模技术

多能协同系统类型多，结构复杂，对系统建模技术带来了困难。后期通过多能协同系统耦合和潮流建模、多能流混合状态估计、量测异常嫌疑辨识、超短期不确定性预测和自主运营能源系统功率交换能力感知等研究分析，再利用实际算例对模型进行应用和验证。

系统运行调度与控制技术

未来基本思路为“系统拓扑与基础模型构建→在线综合安全分析评估方法→综合优化模型构建及算法实现→系统研制和应用”，由“小规模→大规模”，由“稳态”→“动态”。

(二) 能源互联网设备（与平台）技术

1、能源互联网关键设备—能源路由器

未来的能源路由器将支持用户个性化需求，要求路由器具有针对性解决方案，对于特定设备，如电动汽车，为其提供包括供电管理、电流水平和能源价格等用电策略。

2、基于人工智能技术的能源互联网安全设备

智能机器人和无人机技术设备是人工智能代替人类完成高危、复杂工作的典型案例。电网系统控制、局部巡检、故障检测与实操培训，人工智能都提供安全完善的解决方案。



3、基于区块链技术的能源互联网交易设备

能源互联网与分布式能源紧密相关，区块链技术作为当今互联网最炙手可热的分布式应用，基于区块链技术的能源互联网交易平台的设计与实现是能源互联网设备与平台的发展的重要方向。

4、能源互联网设备与平台标准化

目前亟待形成能够支撑能源互联网产业发展和应用需要的设备及平台标准体系，以全面支撑能源互联网项目建设和技术推广应用。

(三) 能源互联网商业模式与市场技术

发展需求：分散化的用户、差异化的能源、多元化的商业主体、即时化的交互
能源产消者界限模糊，能源各环节的可观、可测和可控，消费行为感知

综合能源运营管理

多能协同、跨投资主体的联合运营和大规模托管

平台和共享型

基于市场的虚拟电厂、云储能、场站设施资源共享、“互联网+”用户渠道共享

数据信息增值

智能传感、物联网、5G等通信技术，人工智能、边缘计算、区块链等信息技术，数据价值挖掘

用户侧互动和服务

综合能源需求响应、能源消费套餐、一站式能源服务、能源金融服务

市场机制

综合能源联合交易、信息加密和可信交易技术、交易技术支持系统

发展趋势：综合化、开放化、数字化、便利化、市场化

（四）信息物理能源系统技术

1. 信息-物理融合分析

关注信息物理融合带来的风险叠加，通过信息-物理融合分析，探究能源互联网的信息物理风险传播机理，可从能源互联网信息物理融合态势感知与稳态计算，能源信息物理系统的综合安全评估等方面切入；

2. 信息-物理系统的耦合优化

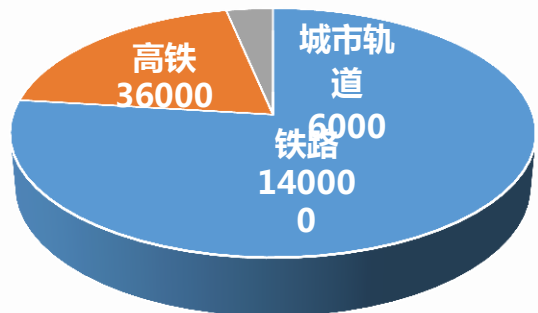
关注信息物理融合带来的能力提升，通过信息-物理融合技术的突破，提升能源互联网的感知、优化和决策能力。在信息物理融合的背景下，合理优化信息网络中的信息流能有效提高整体信息物理系统的韧性；

3. 能源领域的信息物理社会系统

进一步在能源信息物理系统框架中加入社会元素，综合考虑人类复杂的感知、分析、决策行为，以充分发掘社会系统对能源互联网的调控潜力；

3 发展趋势分析与展望

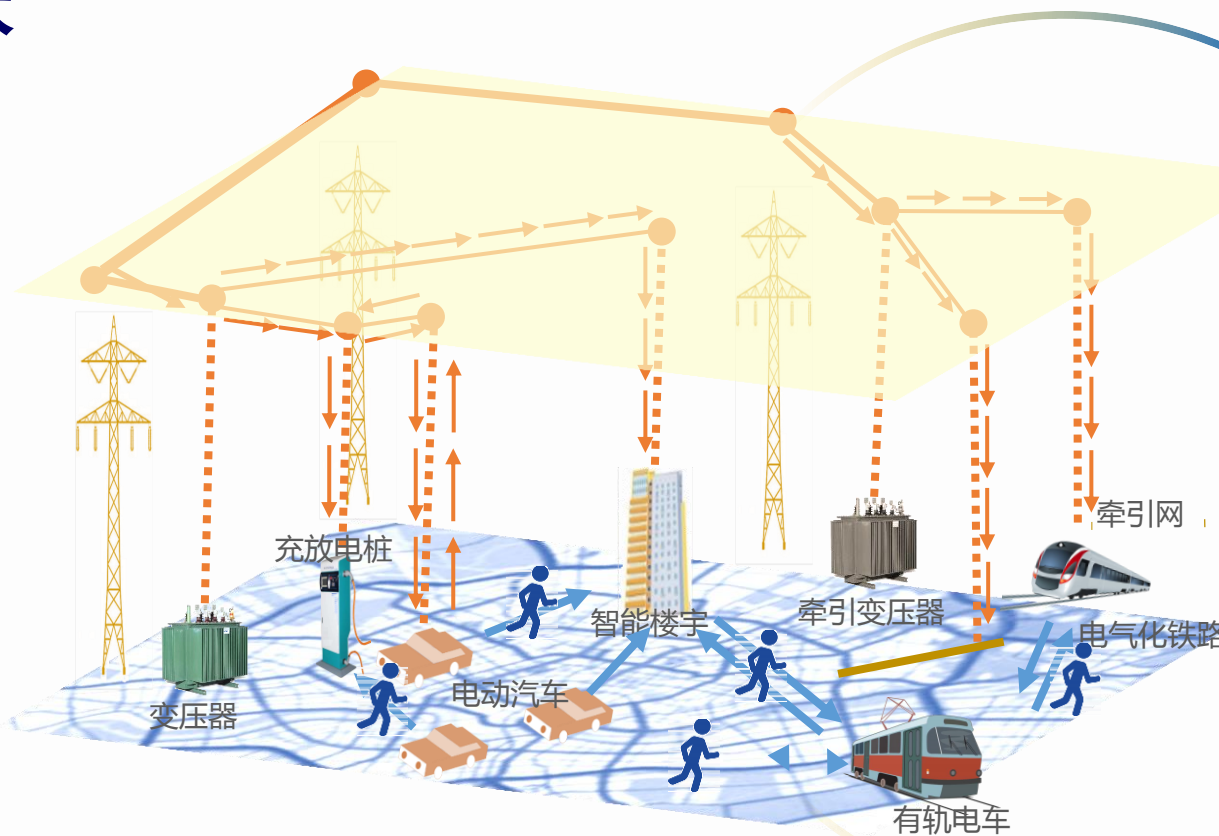
(五) 能源-交通协同技术



运营总里程 (公里)

发展现状

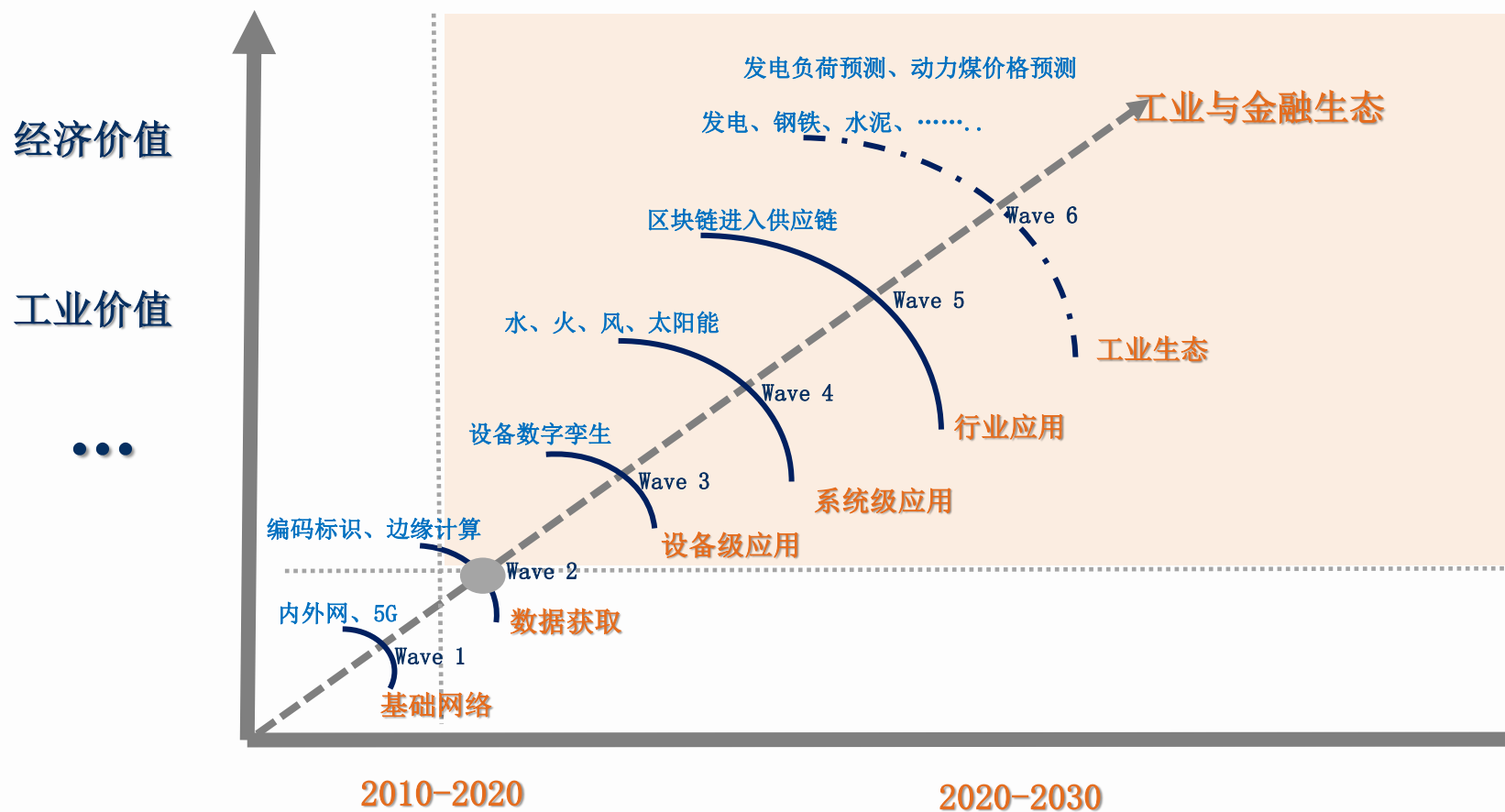
电气化交通正在飞速发展



- 广泛互联
 - 智能协同
 - 绿色节能
 - 全景感知
 - 安全可控
 - 弹性灵活
 - 可持续发展
- 现代交通能源融合发展体系

发展趋势

(六) 能源工业互联网技术



能源工业开始进入4.0



发展驱动力

- 政策环境驱动力
- 经济发展驱动力
- 科技进步驱动力

发展影响因素

- 国家地方政策与电力市场建设
- 企业间的经营壁垒与业务定位
- 技术安全性及推广应用问题



发展战略与建议

- (1) 营造开放能源生态环境
- (2) 保障市场关键作用
- (3) 鼓励新技术、新模式试点
- (4) 建立监管约束机制
- (5) 建立统一标准体系



《能源互联网专业发展报告》凝练地归纳了能源互联网的基本概念、发展理念以及关键技术体系，对于六个主要技术方向的最新研究进展和未来发展趋势作了详尽的分析总结，并结合机制分析给出了我国能源互联网创新发展应采取的主要战略与措施建议。





中国电机工程学会
CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING

汇报完毕，感谢聆听！

中国电机工程学会能源互联网专委会

2020.11