



国家电网
STATE GRID



北京 2022 年冬奥会官方合作伙伴
Official Partner of the Olympic Winter Games Beijing 2022

国网冀北电力有限公司

虚拟电厂的研究、设计、建设 与运营

王宣元

冀北电力交易中心有限公司

2020年9月18日

目录

Contents

01

背景

02

技术研究

03

架构设计

04

工程建设

05

运营实践

06

展望

背景

国网冀北电力有限公司

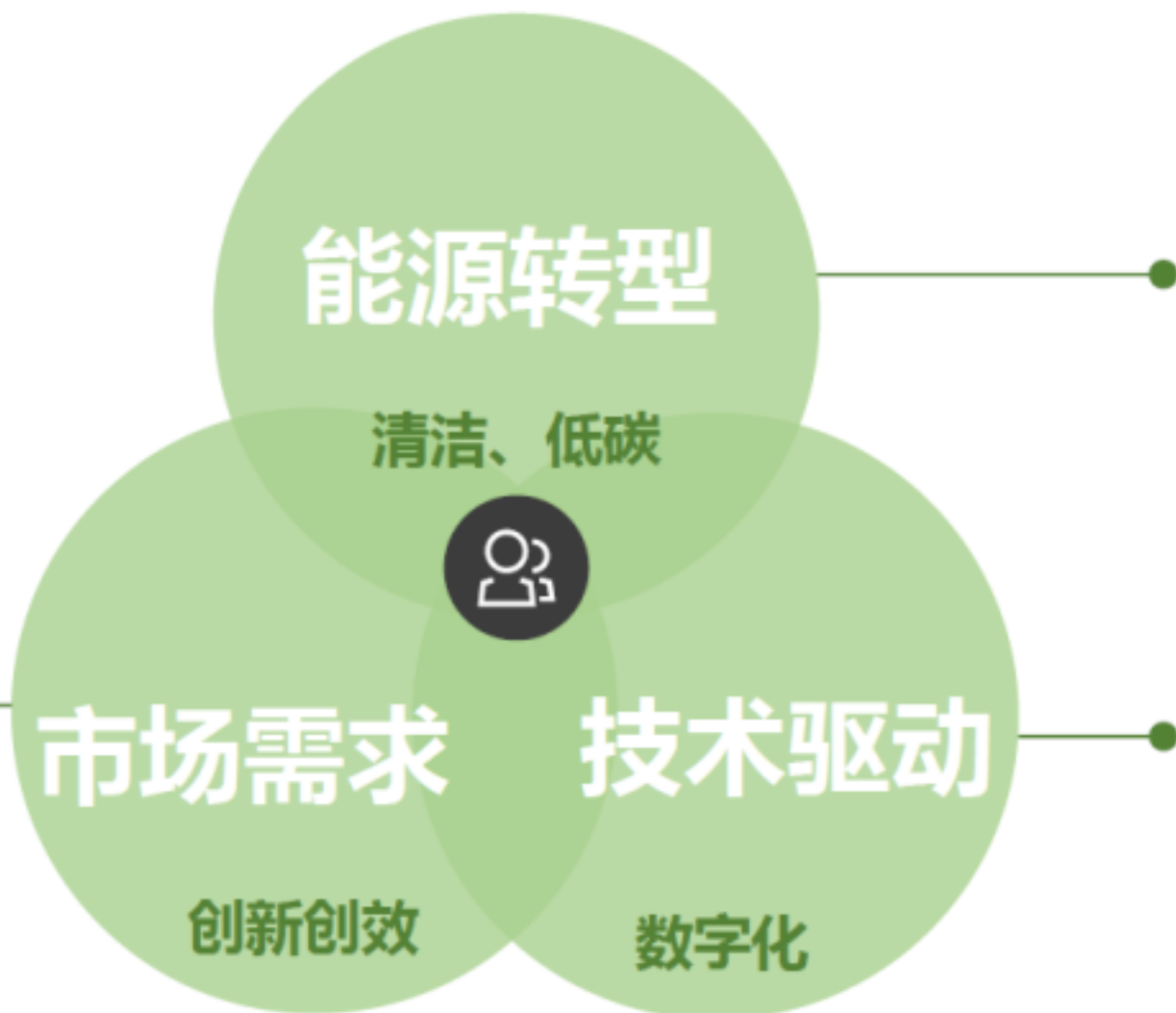
虚拟电厂

机制创新

- 发挥市场功能，推进电力市场建设，解决电力系统的实际问题

商业模式

- 通过商业模式创新增强企业活力和价值创造能力，促进市场主体的协同共赢发展



发电企业

- 为**新能源**机组提供新增调峰辅助服务能力，降低调峰市场**总成本费用**，促进**新能源消纳**
- 缓解传统**火电**深调压力，提升存量机组利用效率
- 降低系统对**新建电源的投资需求**

电网公司

- 提高分散在配电网中可调资源的可观性、可控性和实时响应能力，**提升电网安全稳定运行水平**
- 提高设备使用效率，**减少电网的投资与建设**

电力用户

- 分布式光伏、充电汽车、用户侧储能等**产销结合新型用户提供“售电”的途径**
- 蓄热式电锅炉、智能楼宇、工商业用户可根据价格信号主动选择用电行为，**降低用能成本**

数字技术

- “**大云物移智链**”等数字技术快速发展

网络技术

- **无线通讯技术、5G**等网络技术高速迭代

能源技术

- 智能电网优化控制、源网荷储协同互动、多能转化等技术研究深化

虚拟电厂

聚合优化“网源荷”清洁发展的新一代智能控制技术和互动商业模式。该技术模式，能够在传统电网物理架构上，**依托互联网和现代信息通讯技术，把分布式电源、储能、负荷等分散在电网的各类资源相聚合**，进行协同优化运行控制和市场交易，实现电源侧的多能互补、负荷侧的灵活互动，对电网提供调峰、调频、备用等辅助服务。

A party or system that realizes aggregation, optimization and control of decentralized generations, energy storage devices and controllable loads.(Source: IEC TC8 SC8B WG4)

重要保障

IEC虚拟电厂**首批国际标准**获批立项。

《虚拟电厂：用例(Virtual Power Plants: Use Cases)》《虚拟电厂：架构与功能要求 (Virtual Power Plants: Architecture and Functional Requirements)》

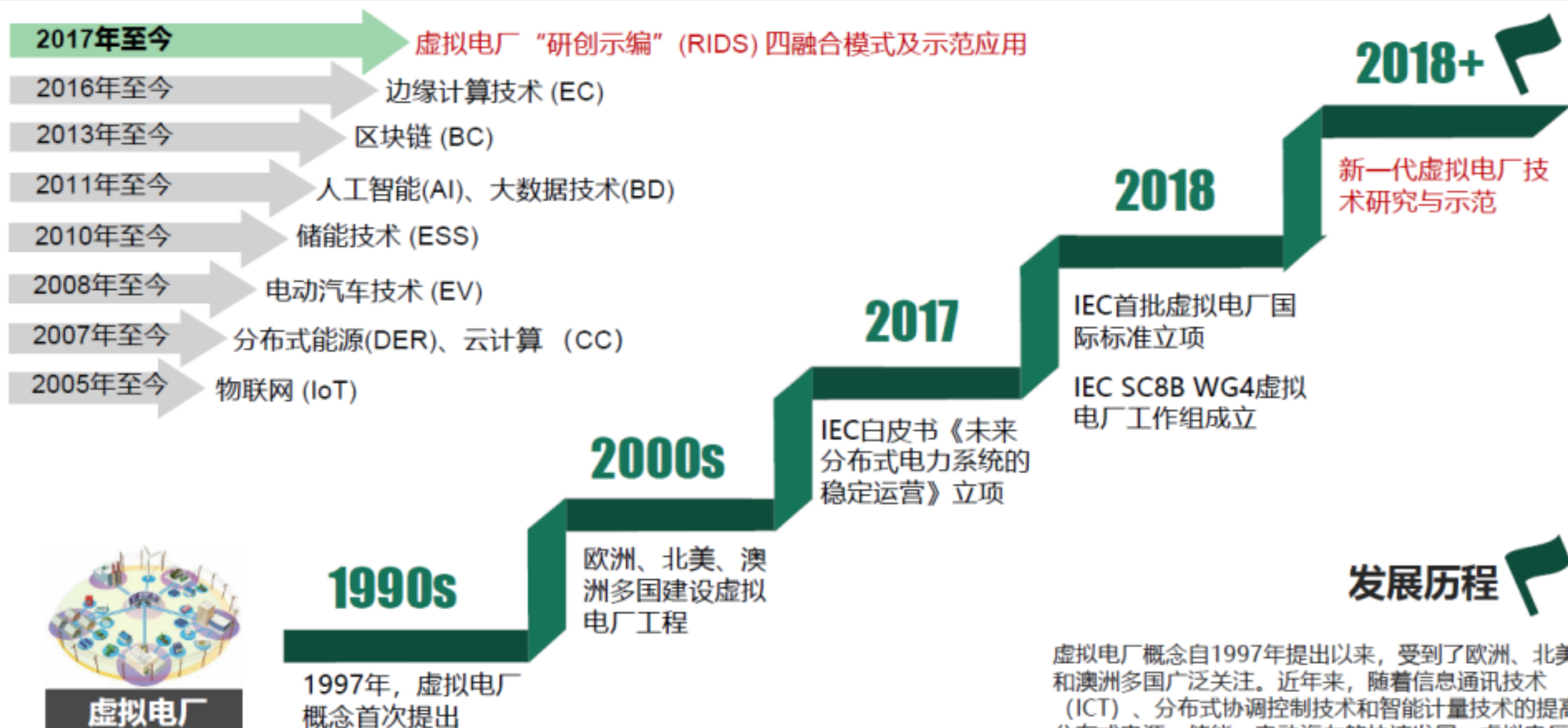
IEC**白皮书**《未来分布式电力系统的稳定运营》发布。

Stable Grid Operation in a Future of Distributed Electric Power



发展历程

国网冀北电力有限公司



虚拟电厂概念自1997年提出以来, 受到了欧洲、北美和澳洲多国广泛关注。近年来, 随着信息通讯技术 (ICT)、分布式协调控制技术和智能计量技术的提高, 分布式电源、储能、电动汽车的快速发展, 虚拟电厂正在迸发出新的生命与活力。

目录

Contents

01

背景

02

技术研究

03

架构设计

04

工程建设

05

运营实践

06

展望

架构研究

国网冀北电力有限公司

三级架构



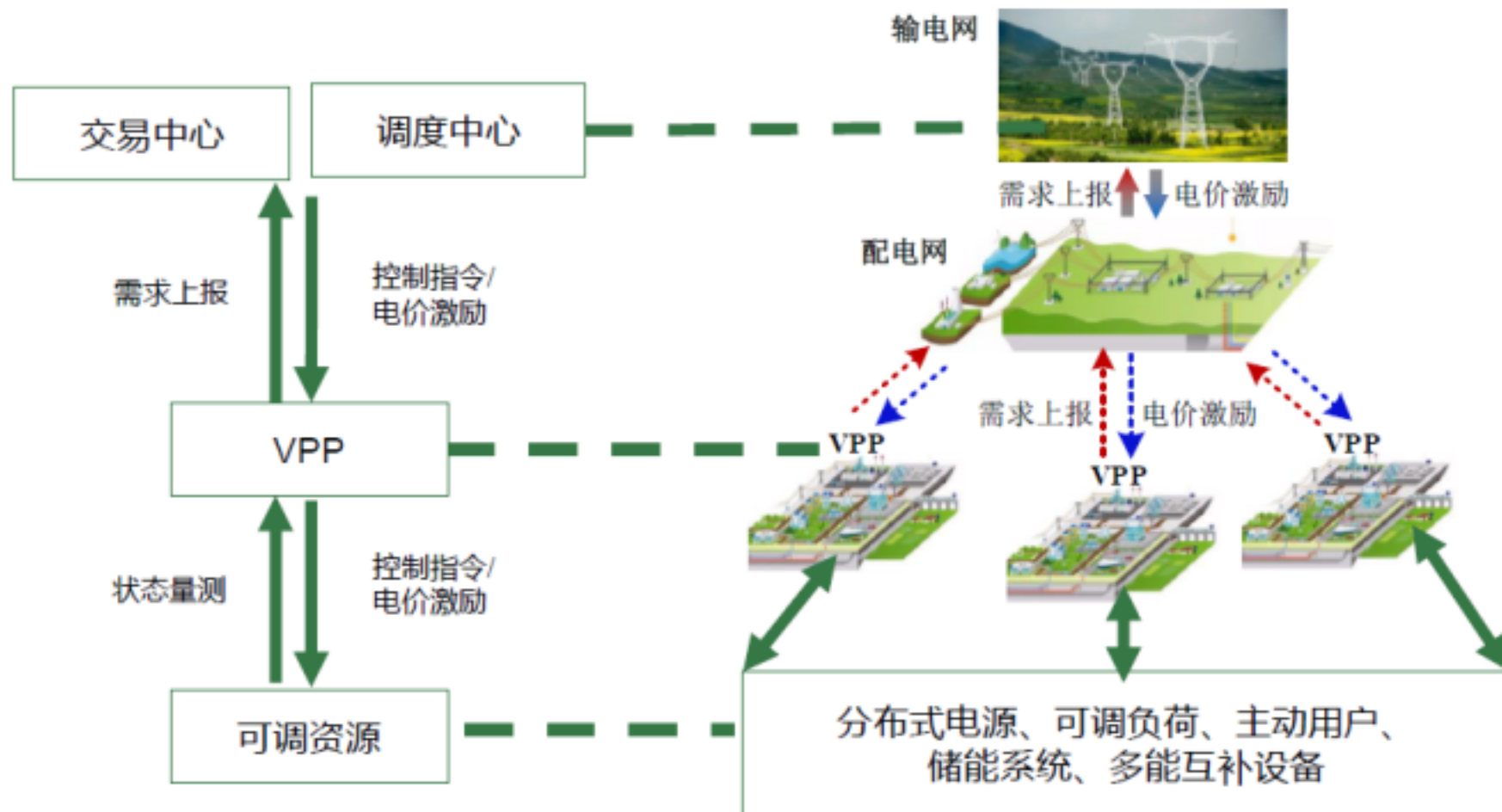
电力系统

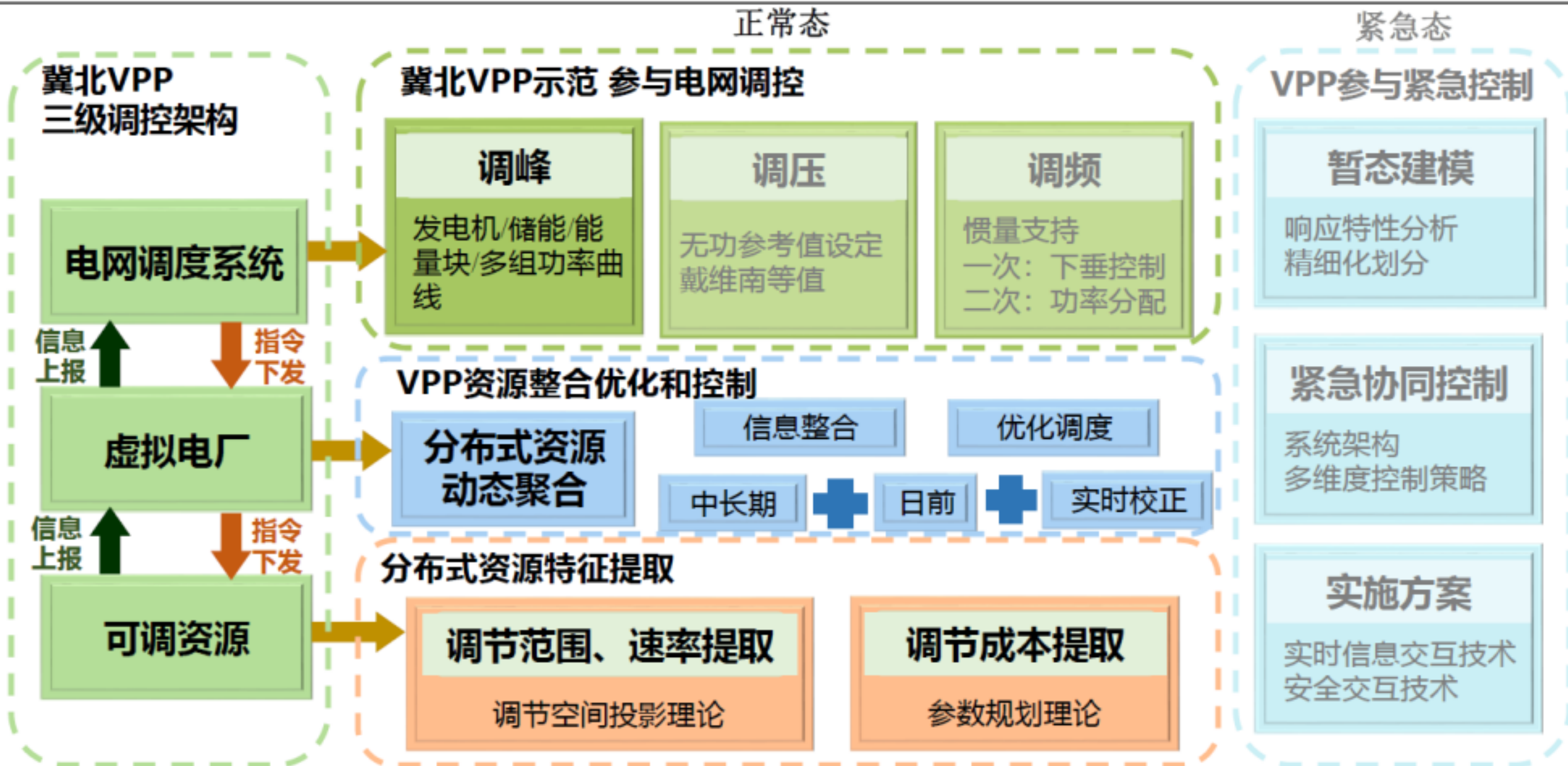


虚拟电厂



电力用户





目录

Contents

01

背景

02

技术研究

03

架构设计

04

工程建设

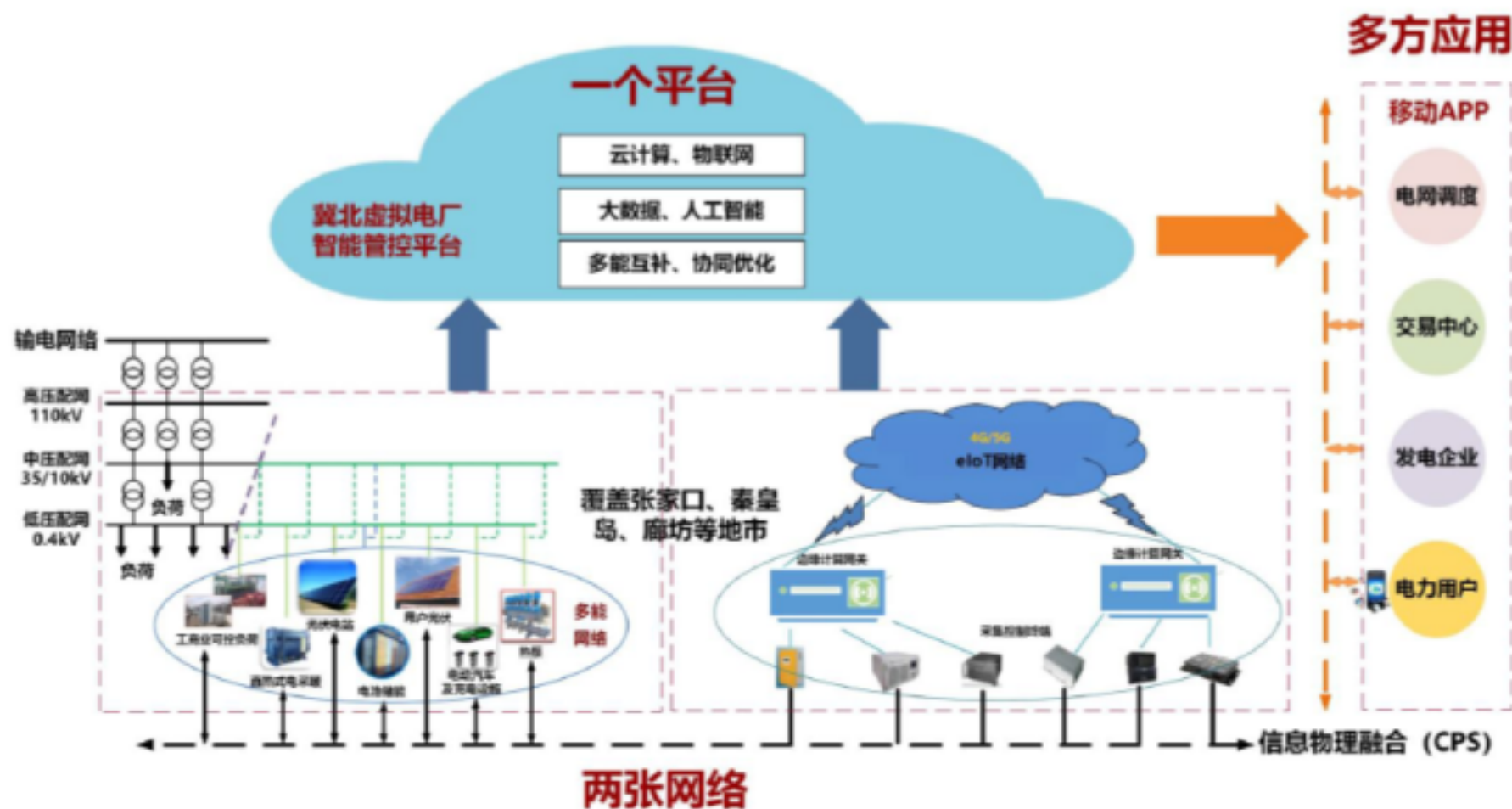
05

运营实践

06

展望

冀北虚拟电厂示范工程架构图



1 一个平台

冀北虚拟电厂智能管控平台，可实现设备数据和互动信息的计算、存储，集成能源运行管理、交易、服务功能，整合优化各类可调资源与电力系统实时交互。

两张网络

包括以冀北智能配电网为核心的多能流网络与以“云管边端”架构为核心的电力物联网络，发挥电能冷/热/气等多能源汇集传输和转换利用中的枢纽作用。

多方应用

对电力系统，提升系统灵活调节和接纳新能源能力。对电力用户，提供便捷参与的技术手段、市场化参与的渠道和可持续的商业模式。对电网公司，提高资源可观可控性，提升电网安全稳定运行水平。对发电企业，提升存量机组利用效率，促进新能源消纳。对新兴市场主体，拓展业务模式，形成商业新业态。

目录

Contents

01

背景

02

技术研究

03

架构设计

04

工程建设

05

运营实践

06

展望

工程一期：新能源消纳

国网冀北电力有限公司



建设影响

全国首个经国家能源局批复以市场化方式运营的虚拟电厂示范工程，得到国务院参事室、“十四五”国家能源规划委员会、国家能源局等单位充分肯定。

能源互联网平台

采用“能源+数字+工业物联网+消费互联网”技术打造了**虚拟电厂智能管控平台**，带动能源消费体验和服务升级。

市场运营机制

协助国家能源局、华北能监局出台**首个虚拟电厂参与调峰市场机制**，以市场化方式保障虚拟电厂可持续发展。

通信网络

国网冀北电力有限公司

通信网络

- 采用**第四代 (4G)**、**第五代 (5G)****移动通信**网络，兼容支持多种传输方式
- 承载**控制、运行、状态**等信息
- 实现大并发量、低时延的海量数据**快速双向安全**传输。



边端建设

国网冀北电力有限公司

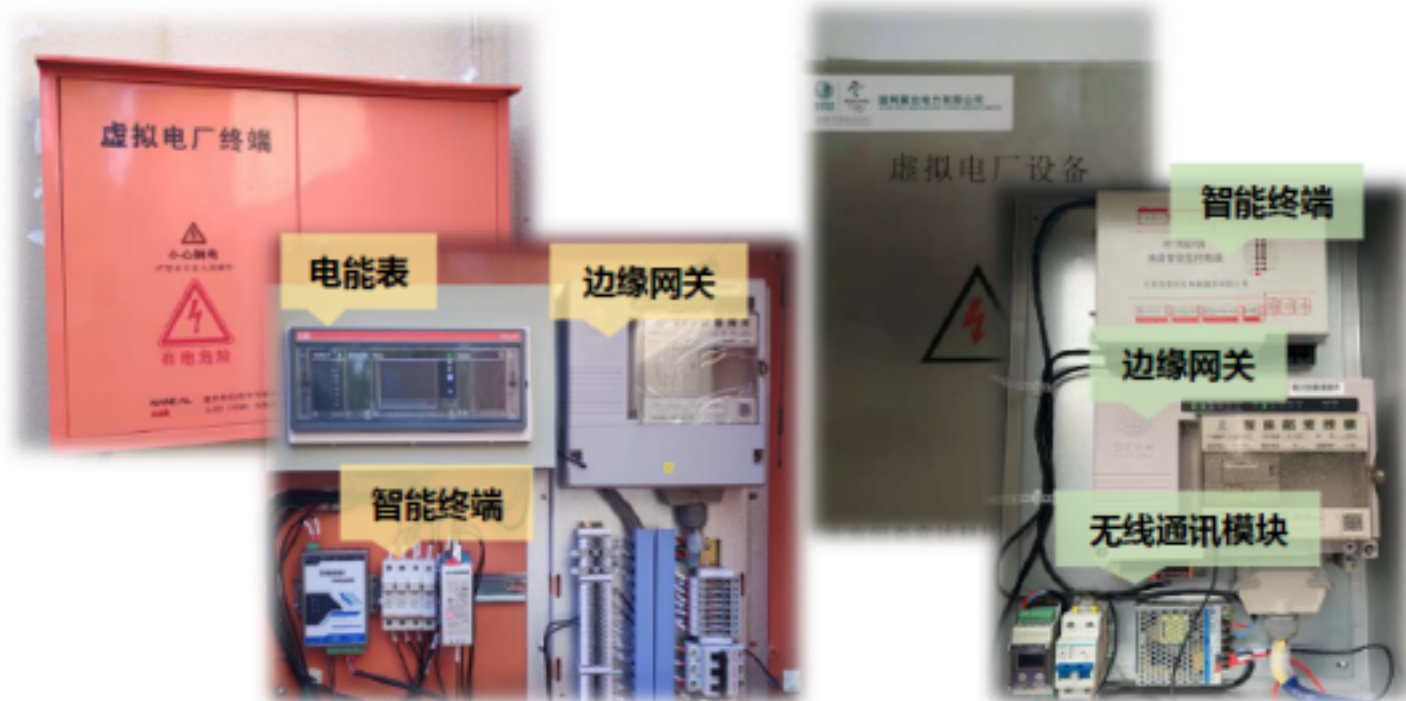


智能终端

- 用户侧无缝连接。
- 采用工业高速CPU、智能传感器及微功率无线自组网等技术。
- 实现资源**状态感知、柔性控制**。

边缘网关

- 即插即用。
- 采用云边协同、边缘计算和多场景业务、多网络模式自适应等技术。
- 将用户侧可调资源通过**物联网标准协议**接入虚拟电厂智能管控平台。



互动渠道

国网冀北电力有限公司



冀北虚拟电厂平台管理

- 资源接入市场信息监控
- 虚拟电厂业务运营商管理
- 市场动态分析

冀北虚拟电厂业务运营商

- 用户资源管理
- 用户交互、代理决策
- 市场交易
- 运营效果评估

电力用户

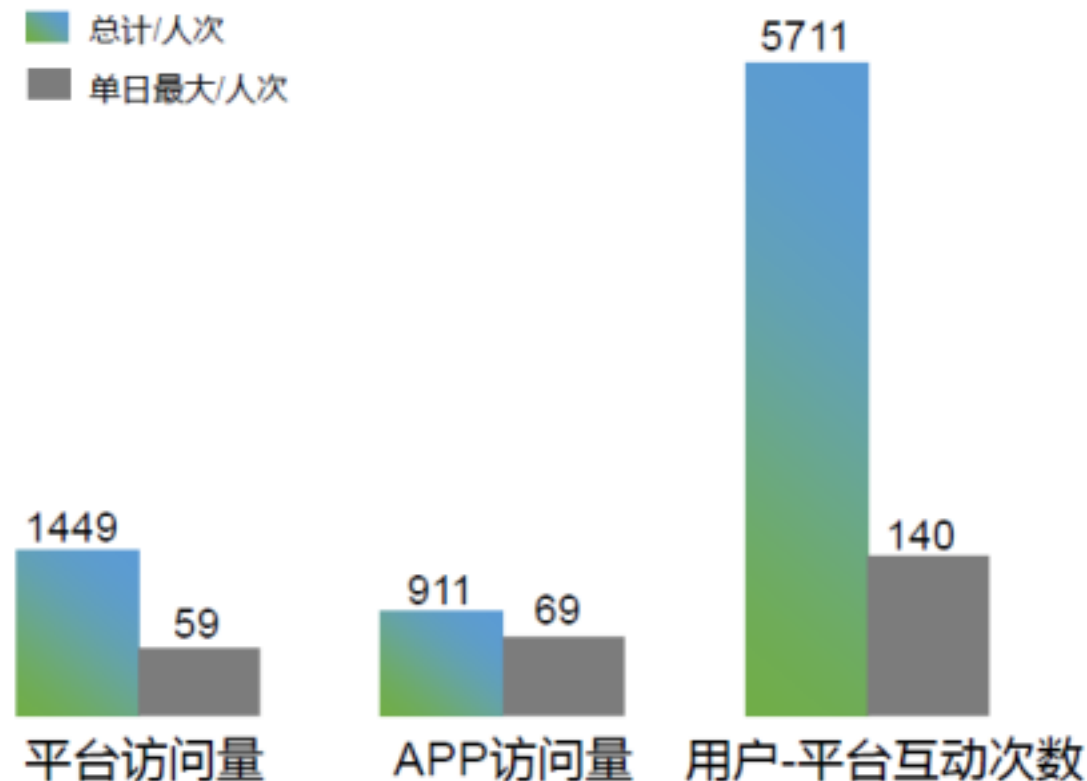
- 远程控制
- 注册申报
- 收益分析
- 生态共享

信息交互

国网冀北电力有限公司

建立虚拟电厂24小时运营保障值班制度，可随时发现并处理恢复数据中断、错漏等异常情况，保障示范工程可靠运行。

■ 总计/人次
■ 单日最大/人次



目录

Contents

01

背景

02

技术研究

03

架构设计

04

工程建设

05

运营实践

06

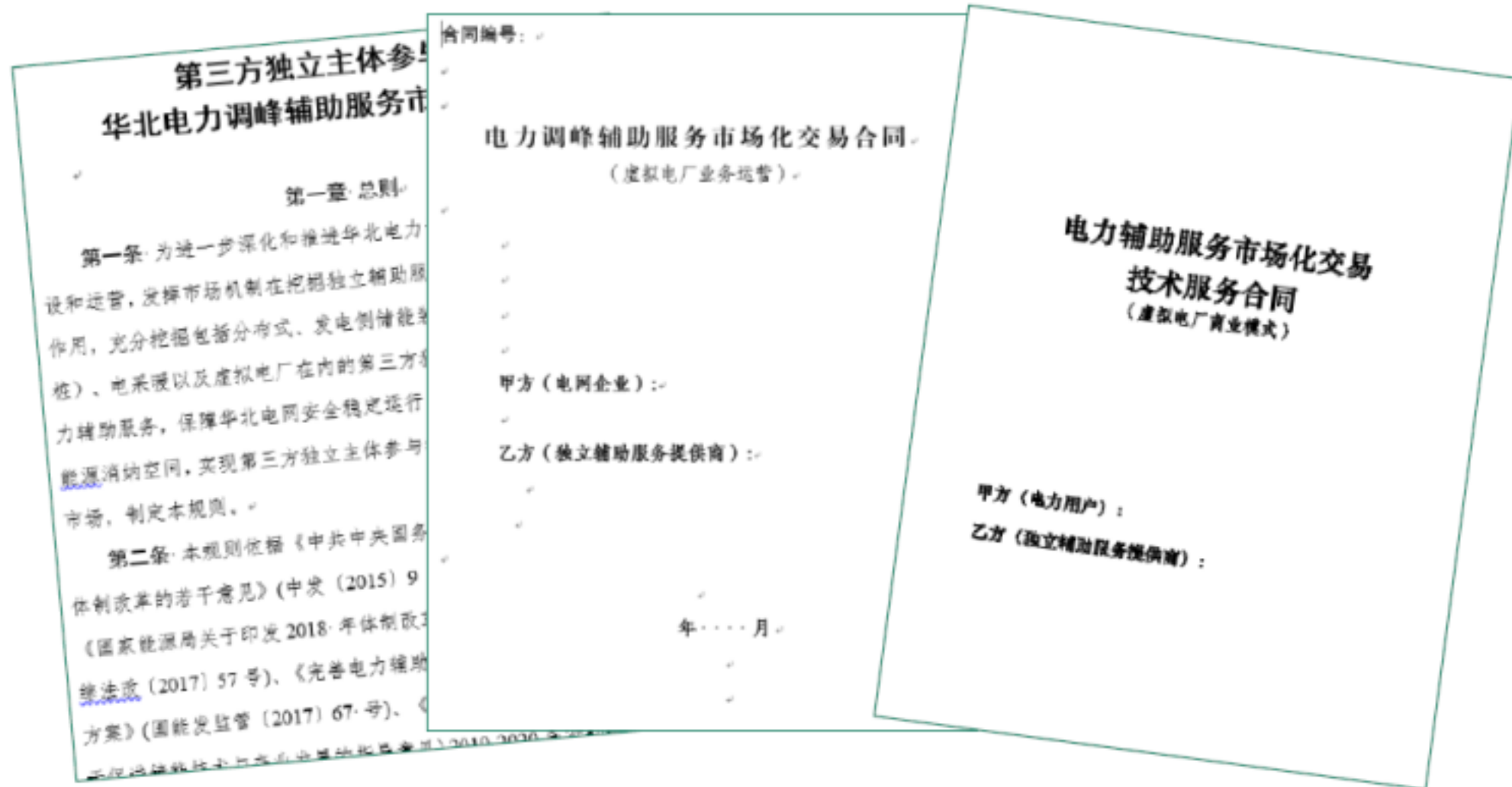
展望

市场机制与商业模式

国网冀北电力有限公司

市场机制：《第三方独立主体参与华北电力调峰辅助服务市场规则》

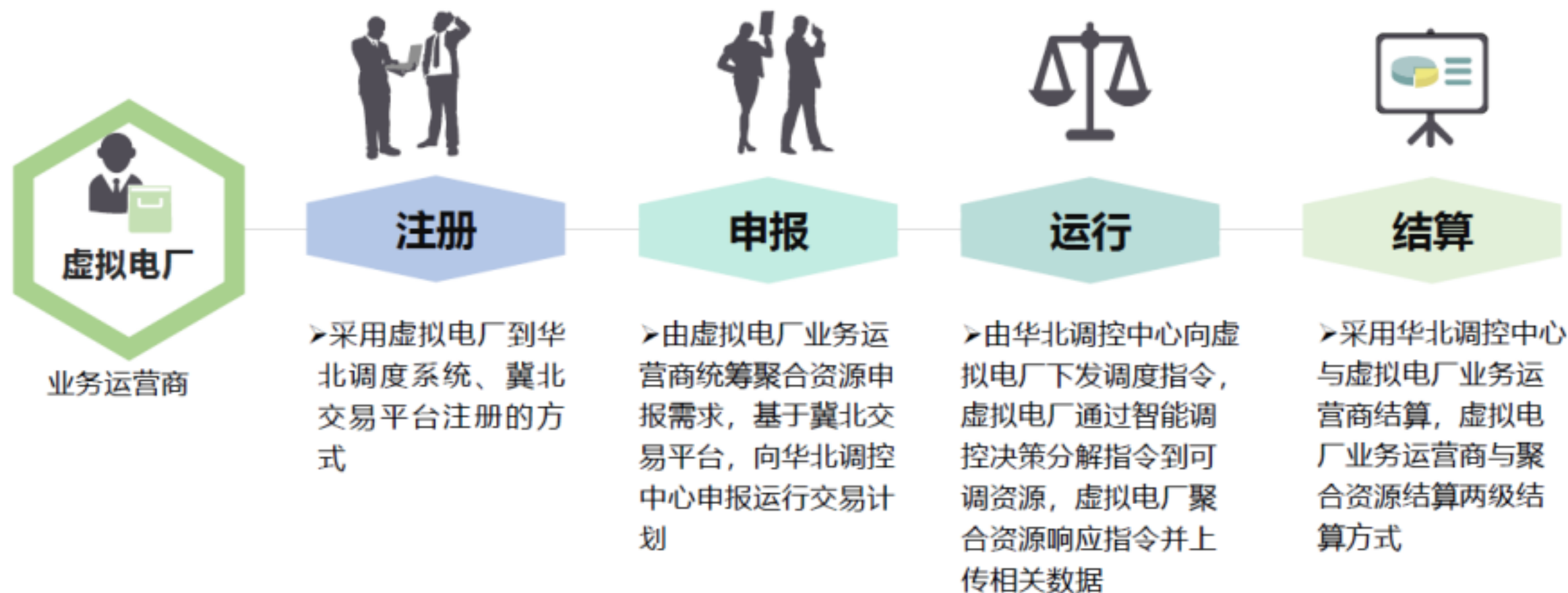
商业运营：虚拟电厂参与调峰辅助服务市场化辅助服务交易合同、并网调度协议等文本



运营流程

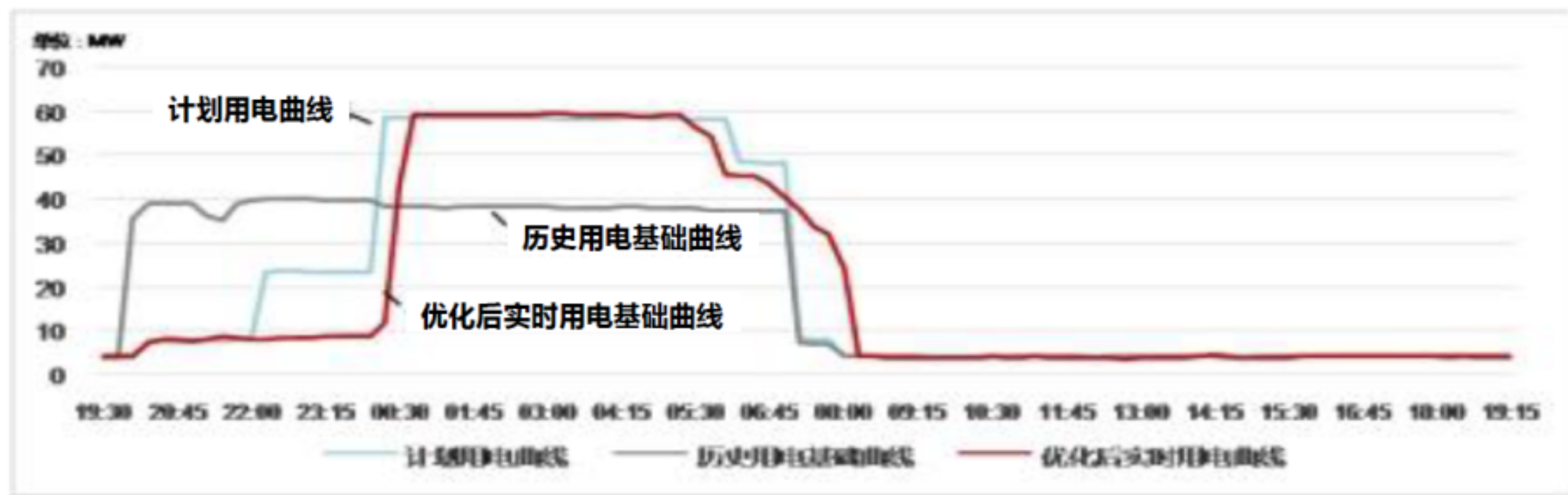
国网冀北电力有限公司

全国首创虚拟电厂参与华北调峰辅助服务市场机制



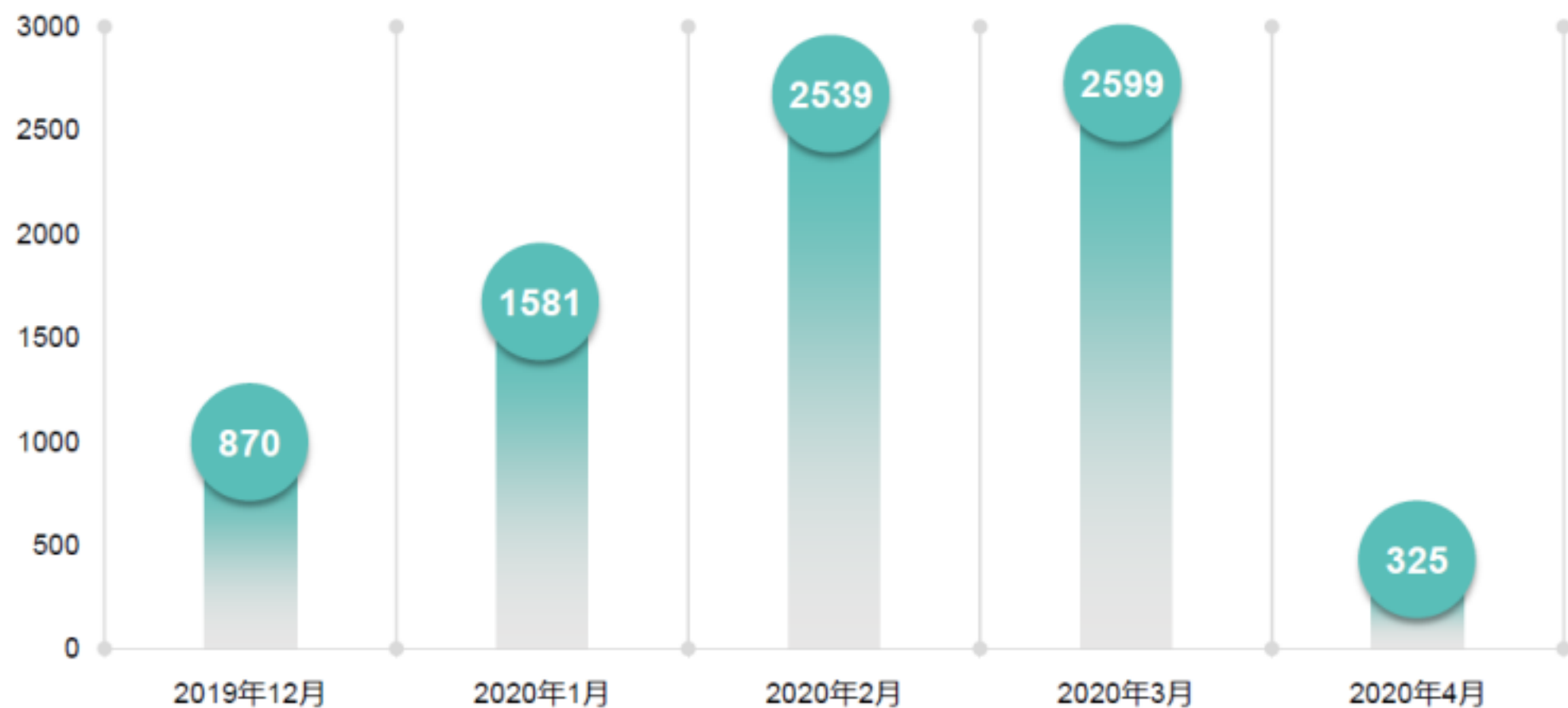
促进了新能源消纳

从整体运营效果看，虚拟电厂积极响应电网调度实时指令，在电网晚高峰时期将用电后延，到电网后夜低谷调峰困难时期，抬升了低谷用电负荷。



调节里程

国网冀北电力有限公司



7853.30

累计调节里程/MWh

1570.66

月均调节里程/MWh

2599.67

月最大调节里程/MWh

运营效益

国网冀北电力有限公司

虚拟电厂运营情况(注: 2019年12月12日-2020年4月30日)

总收益: **160.40万元**

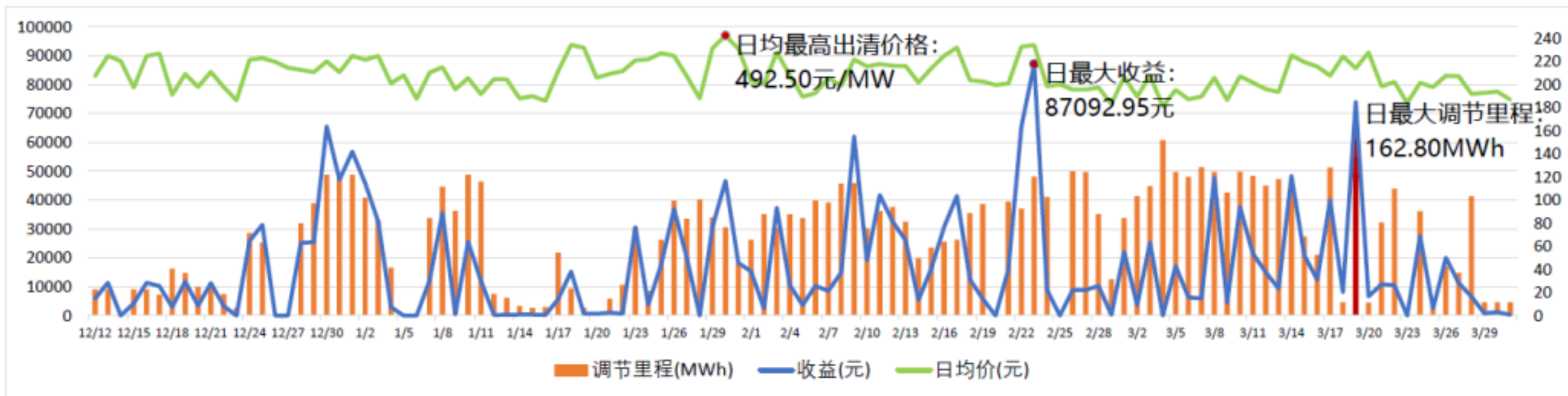
总调节里程: **785万千瓦时**

平均出清价格: **179.82元/MW**

日最大收益: **87092.95元**(2月23日)

日最大调节里程: **16.28万千瓦时**(3月19日)

日均最高出清价格: **492.50元/MW**(1月29日)





White Paper

Stable grid operations in a future of
distributed electric power



➤2017年，冀北公司积极参与IEC《面向未来分布式电力系统的运营》白皮书编制，**首次将虚拟电厂概念定义纳入白皮书。**

虚拟电厂《用例》国际标准/IEC TS 63189-2: Virtual Power Plants Part 2: Use Cases



- 工作组/Working Group
IEC TC 8/SC 8B/WG 4
- 召集人/Convenor
王宣元/Xuanyuan Wang
苏剑/Jian Su
- 成员/Member
中国、澳大利亚、德国、加拿大、日本、美国等

1	Role	Name	NC
2	Member	Mr Alex Batch	AU
3	Member	Mr Ray Brown	AU
4	Member	Mr Rongmin Chen	CN
5	Member	Ms Meng Cheng	CN
6	Member	Mr Huijie Ding	CN
7	Member	Mr Ajay Gang	CA
8	Member	Mr Sheng He	CN
9	Member	Mr Fengshun Jiao	CN
10	Member	Mr Gunnar KAESTLE	DE
11	Member	Mr Lingfeng Kou	CN
12	Member	Mr Rafael La Faudi	CH
13	Member	Mr Pierre-Jean LÉvesque	FR
14	Member	Mr Hucheng Li	CN
15	Member	Mr Michael Lutz	DE
16	Member	Mr Tingyan Lv	CN
17	Member	Mr Thongchai - Meenual	TH
18	Member	Mr Juan Carlos Mejia	DE
19	Member	Mr zheyi pei	CN
20	Member	Mr Richard Plum	DE
21	Member	Ms Xiaoyan Qu	CN
22	Member	Mr Norihiko SHIMIZU	JP
23	Member	Mr David Spillert	GB
24	Convenor	Mr Jian Su	CN
25	Member	Mr Junping Sun	CN
26	Convenor	Ms Xuanyuan Wang	CN
27	Member	Mr Xing Wang	US
28	Member	Mr Di Wang	CN
29	Member	Mr Peng Wei	CN
30	Member	Mr Yumeng Yang	CN
31	Member	Mrs Chengyan Yue	CN
32	Member	Mr Xian Zhang	CN
33	Member	Ms Yunhao Kayla Zhang	CA
34	Member	Mr Jizhong Zhu	CN

开放创新 共商共建共赢

国网冀北电力有限公司

标准体系

- 国际电工委员会 (IEC)
- 电气和电子工程师协会 (IEEE)

国内团队

- 清华大学
- 天津大学
- 华北电力大学
- 北京邮电大学
- 华为技术有限公司
- ABB 公司
- 中国电科院
- 南瑞集团

国外团队

- 普若康能源咨询公司 (Procom)
- 思爱普公司 (SAP)
- 法国国家电力集团 (EDF)
- 森特理克公司 (Centrica)
- 澳洲能源市场运营商 (AEMO)
- 加州独立系统调度运行商 (CAISO)
- 德州农工大学 (Texas A&M University)
- 加州大学伯克利分校 (UC Berkeley)
- 德克萨斯大学 (University of Texas)
- 柏林工业大学 (TU Berlin)

能力开放

- 发电企业
- 电力用户
- 综合能源服务商
- 负荷集成商
- 辅助服务供应商

攻关团队

- 清华大学
- 华北电力大学
- 北京邮电大学
- 华为技术有限公司
- ABB公司
- 中国电科院



目录

Contents

01

背景

02

技术研究

03

架构设计

04

工程建设

05

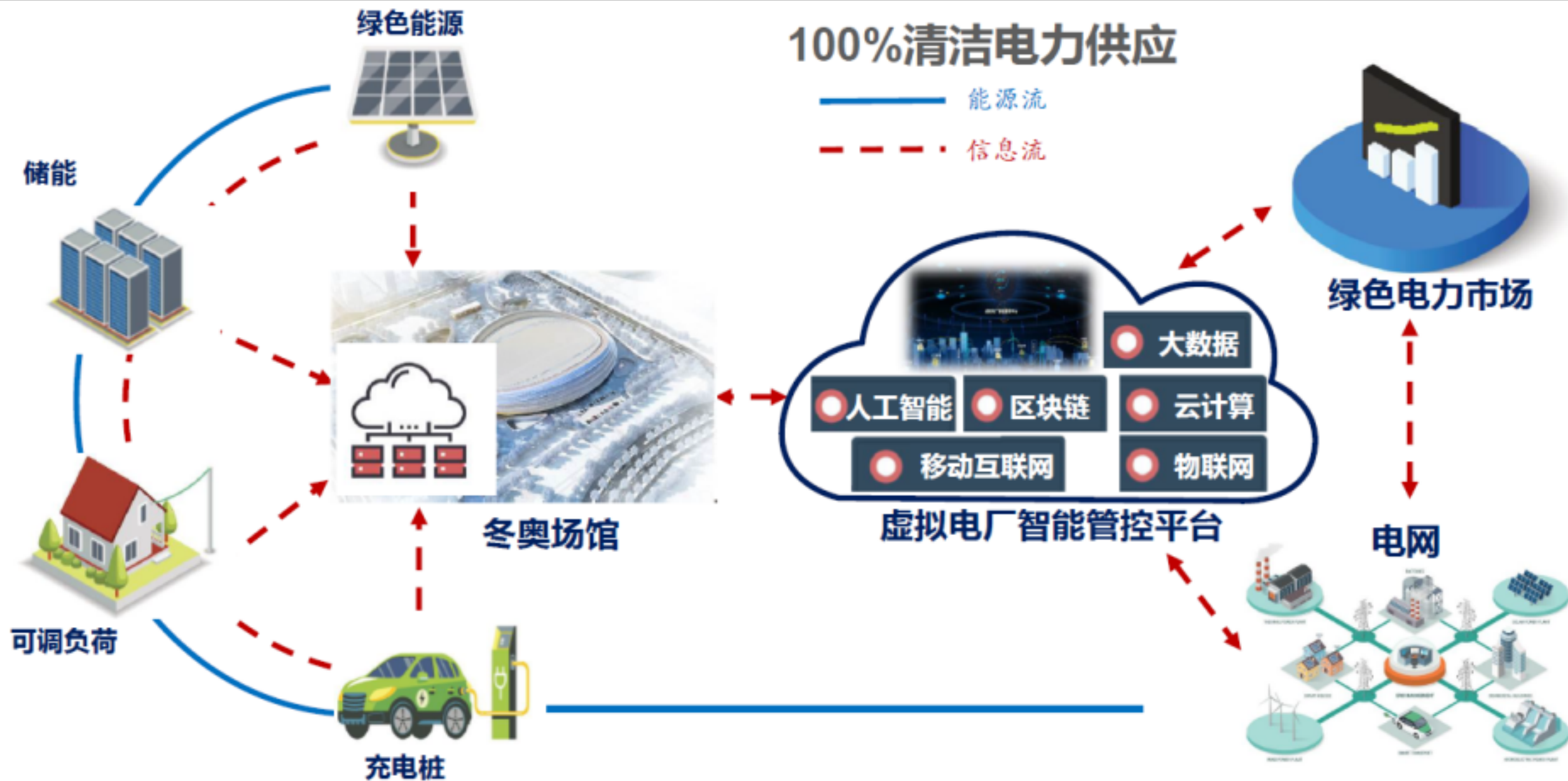
运营实践

06

展望

服务绿色冬奥

国网冀北电力有限公司





北京 2022 年冬奥会官方合作伙伴
Official Partner of the Olympic Winter Games Beijing 2022

国网冀北电力有限公司

谢谢!