

NEW ELECTRICITY SYSTEM

学习汇报 | 交流探讨 | 总结思考

新型电力系统学习与思考

日期：2025年01月

报告人：夏永俊



目录

CONTENTS

现状与挑战

内涵特征

发展路径

重点任务

总结思考

- < 01 现状与挑战
- < 02 内涵特征
- < 03 发展路径
- < 04 重点任务
- < 05 总结与思考

01.

现状与挑战

CURRENT SITUATION AND CHALLENGES

POWER

电力供应保障能力稳步夯实

2023年全国发电量9.46万亿千瓦时，最高负荷13.45亿千瓦，各类总装机29.2亿千瓦。六大区域电网有效互联，**电力资源优化配置能力稳步提升**。

电力绿色低碳转型不断加速

2023年，水电4.2亿、火电13.9亿、核电0.56亿、风电4.4亿、光伏6.1亿。煤电装机占比**降至39.9%**。新能源发电量增量占总发电量增量的46.1%。

电力系统调节能力持续增强

2023年，**煤电**灵活性改造累计完成3亿千瓦以上，**抽水蓄能**已投运规模达到5094万千瓦，**新型储能**累计装机规模达3139万千瓦/6687万千瓦时。

电力技术创新水平持续提升

清洁能源装备制造**产业链基本完备**。大型水轮机、华龙一号、大型风机、特高压交直流、新型储能、多领域电气化水平快速提升。**国际合作、一带一路**。

电力体制改革攻坚成效显著

具有中国特色的电力中长期、辅助服务市场全面建立，现货试点。分时电价、阶梯电价机制逐步健全，配售电业务加快放开，用电营商环境持续优化。

电力可靠性持续保持世界领先水平

目前我国电力系统发电装机总容量、非化石能源发电装机容量、远距离输电能力、电网规模等指标均稳居**世界第一**，电力**装备制造、规划设计及施工建设、科研与标准化、系统调控运行**等方面均建立了较为**完备的业态体系**，为服务国民经济快速发展和促进人民生活水平不断提高提供了有力支撑，为全社会清洁低碳发展奠定了坚实基础。



ISSUES AND CHALLENGES

一. 电力安全保供 面临突出挑战

1. 国际形势依然复杂多变；
2. 能源大宗商品价格大幅波动；
3. 极端天气突发频发造成负荷大幅攀升，也影响可再生能源出力；
4. 我国电力需求仍维持稳步增长；
5. 尖峰负荷特征日益凸显，规模持续增加，但累计时间短、出现频次低，所占电量小，增加了投资成本与保供难度；
6. 新能源装机比重持续增加，但未形成可靠替代能力。构建适应大规模新能源发展的源网荷储多元保障体系。

二. 新能源消纳形 势依然严峻

1. 新能源快速消耗电力系统灵活性调节资源；
2. 缺乏同步电源支撑的大型新能源基地，安全可靠外送受到影响；
3. 调节性资源建设面临诸多约束，区域性新能源高比例消纳难度剧增。（火电受双碳、抽蓄受地形、煤电灵活性政策力度不够、气电气价太高、新型储能政策不明确）

三. 系统安全稳定 面临风险挑战

1. 系统低惯量、低阻尼、弱电压支撑等特征明显，送受端电网之间、高低压层级电网之间协调难度大，故障后易引发连锁反应。
 2. 各种电力技术的快速发展和应用，系统主体多元化、电网形态复杂化、运行方式多样化。
- 送受端：价格存在分歧、送端惜售和受端拒购并存；
- 高低压层级：新能源缺乏监测和预测能力。

ISSUES AND CHALLENGES

四. 电力调控和网络安全亟待升级

1. 系统可控对象从源扩展到源网荷储各环节，控制**规模指数级增长**；
2. **调控系统**管理体系不足以**适应**新形势发展要求，需要不断深化电力体制改革和电力市场建设；
3. 电网控制功能由调控中心向配电、负荷控制以及第三方平台前移，电网的攻击暴露面大幅增加，电力系统**网络安全**防护形势更加复杂严峻。

五. 电力关键核心技术尚存短板

1. 我国能源电力领域已形成具有较强国际竞争力的完整产业链、供应链和价值链，电力科技整体水平实现从跟跑向并行、领跑的战略性转变，但个别技术领域同世界能源电力科技强国相比仍有差距；（**靠自主创新**）
2. 需要加强政策引导，激发创新潜力，打造新型电力系统**多维技术路线**，推动能源电力全产业链融通发展。（**规模化新型储能**大多属于研究性质，目前不具商业价值，寄望换道超车。）

六. 体制机制亟待完善

1. 电力体制改革进入“深水区”，深层次**矛盾不断凸显**；
2. 适应新能源低边际成本、高系统成本、大规模高比例发展的市场设计亟待创新；
3. 各类调节性、支撑性资源的成本疏导机制尚需健全；
4. 输配电价、上网电价、销售电价改革有待进一步深化；
5. 电力监管机制需要创新**改革**，电力企业治理效能亟待持续提升。

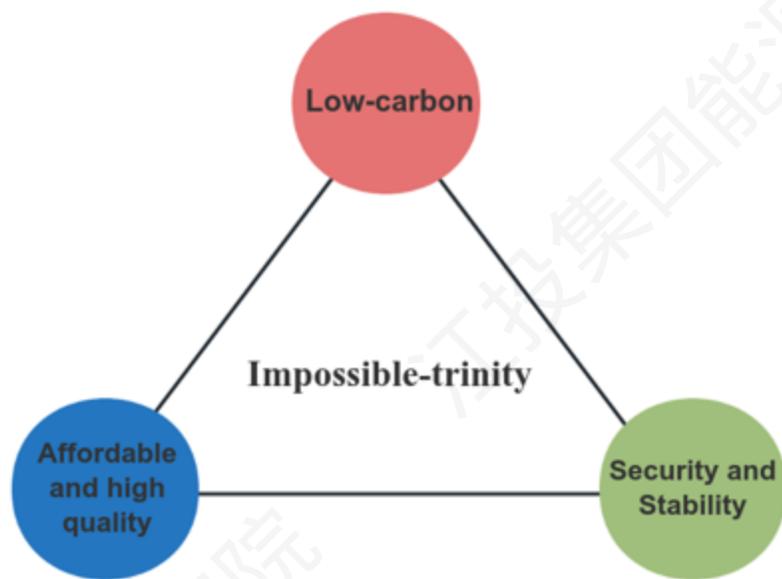
02.

内涵与特征

CONNOTATIVE FEATURES

POWER

能源不可能三角



新型电力系统是破解“低碳、安全、低价”能源不可能三角的钥匙，新能源是核心，安全低价是首要目标。

建设新型电力系统的核心诉求

1 保障能源安全供应

2 获得高质量廉价电力

新型电力系统的建设目标：实现高比例大规模新能源的安全可靠供给消纳，**破解**能源“不可能三角”！

电力系统须主动实现“四个转变”

电力系统功能定位转变

由**服务**经济社会发展向**保障**经济社会发展和**引领产业升级**转变。

压力小、风险小

服务经济发展

在以火电为主的电力系统中，通过增加装机和电网规模满足电力需求。系统**安全稳定性好**，但**高碳、高价**。

压力大、风险大

保障经济发展

高碳高价电力能源不能满足新发展阶段的要求，破解难题的过程中电力系统的安全风险骤增。保**安全**成为**首要目标**。

电力产业

引领产业升级

通过源网荷储各环节的关键核心技术创新和重大装备攻关，推动全产业结构提档升级。（高铁、电车、海外煤电、新型电力系统标准体系、核电、新能源）

非电力产业

引领产业升级

电力系统发展逐渐向跨行业、跨领域协同转变，各产业用能方式向全面低碳化转型。（电碳市场、低价电力绑定大宗商品-电解铝、钢铁、冶金、AI）

战略考量：劳动密集型向科技密集型转型不畅（国际合作），通过能源密集型过渡（小切口），影响全球产业转移和资源贸易（高科技产业、人工智能），最终实现经济和科技的全面领先！

电力供给结构转变

电力供给结构以化石能源发电为**主体**向新能源提供可靠电力**支撑**转变。

煤电

重要支撑

煤电**清洁低碳化**发展和**灵活调节**能力提升，推动化石能源发电逐步向基础保障性和系统调节性电源并重转型。

水电

增速放缓

受站址资源约束增速放缓，增长**潜力不大**，后期以抽水蓄能的发展为重点。

核电

技术过渡

核电建设逐步向新一代先进核电技术过渡，在新一代先进技术成熟前**不具备**大规模发展的条件。

新能源

绿色电力主力军

提升**功率预测**、**合理配置**调节能力、实施智慧化调度，提高新能源发电**事先可感知**、**事中可调节**的能力，建立系统友好型电站。

煤电在未来相当长一段时间内仍是我国电力供应安全的重要支撑，在水电增速放缓、新一代先进核电不成熟的情况下，新能源**应当逐步成为**绿色电力供应的主力军。（国情差异，欧美气电核电）

电力系统形态转变

系统形态由“源网荷”三要素向“源网荷储”四要素转变，电网多种新型技术形态并存。

源

不稳定性凸出

重点解决新能源发电随机性、波动性、季节不均衡性带来的系统平衡问题。

网

交直流互联

为支撑高比例新能源接入和外送消纳，未来电力系统仍以交直流区域互联为基本形态。

荷

就地就近消纳

西北新能源基地捆绑高耗能企业，中东南部依托分布式智能配电网，就地就近消纳新能源。

储

多时间尺度

多时间尺度储能技术规模化应用。抽水蓄能最佳、电化学安全性、其余均未规模化，氢储能最具前景。

新型储能目前质疑声越来越大。

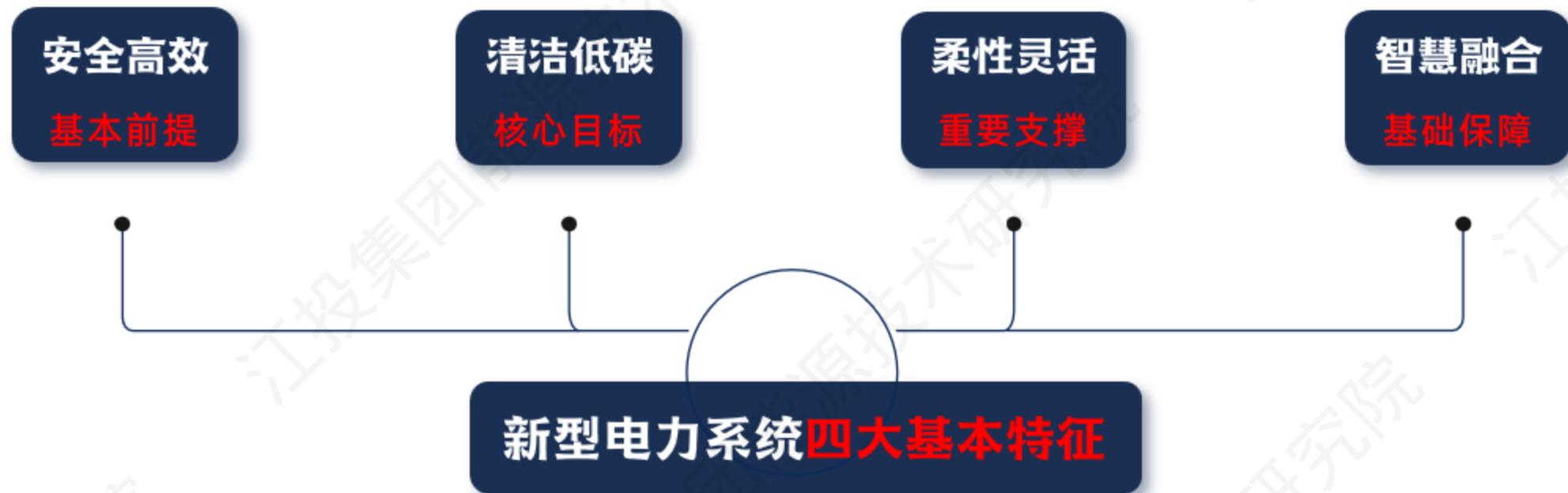
“源”的特征发生了根本性变化，“网”的规模更加庞大、形态更加复杂，“荷”越发唯利是图，“储”的本质是为了降低电力系统冗余投资。

电力系统调控运行模式转变

电力系统调控运行模式由源随荷动向源网荷储多元智能互动转变。

以数字传感+大数据分析为核心

新型能源体系下，伴随大规模新能源和分布式能源接入，电力系统调度运行与新能源功率预测、气象条件等外界因素结合更加紧密，源网荷储各环节数据信息海量发展，实时状态采集、感知和处理能力逐渐增强，调度层级多元化扩展，由单个元件向多个元件构成的调控单元延伸，调度模式需由源荷单向调度向适应源网荷储多元互动的智能调控转变。



新型电力系统是以确保能源电力安全为**基本前提**，以满足经济社会高质量发展为**首要目标**，以高比例新能源**供给消纳体系（2022.1.24）**建设为**主线任务**，以源网荷储多向协同、灵活互动为坚强支撑，以坚强、智能、柔性电网为枢纽平台，以技术创新和体制机制创新为基础保障的新时代电力系统，是新型能源体系的重要组成和实现**“双碳”目标**的关键载体。

安全高效是构建新型电力系统的基本前提

新型电力系统中，新能源通过提升**可靠支撑能力**逐步向系统主体电源转变。

煤电

压舱石

煤电仍是电力安全保障的“压舱石”，承担基础保障的“重担”。

储能

多时间尺度

多时间尺度储能协同运行，支撑电力系统实现动态平衡。

电网

大网与分布式

“大电源、大电网”与分布式”兼容并举、多种电网形态并存，共同支撑系统安全稳定和高效运行。

电碳市场

电碳高度耦合

适应高比例新能源的电力市场与碳市场、能源市场高度耦合共同促进能源电力体系的高效运转。

大电网与大电源成熟稳定可靠，分布式电网、储能、电碳市场均是为了更好的消纳新能源，但在新能源的可靠支撑能力未建立之前，新能源承担不了主体电源的角色！

2025年非常关键，2024年新能源电量系统占比**超过了15%**这一标志性的“**魔鬼临界点**”。

清洁低碳是构建新型电力系统的核心目标

新型电力系统中，非化石能源发电将逐步转变为装机主体和电量主体，在新型低碳零碳负碳技术的引领下，电力系统碳排放总量逐步达到“双碳”目标要求。

煤电

低碳化

煤电低碳化改造是必然趋势，用绿氢/氨发电的机组也是清洁电力。

电能替代

公共领域

电能替代在工业、交通、建筑等领域得到较为充分的发展。

电能替代

终端消费

电能逐步成为终端能源消费的主体，助力终端能源消费的低碳化转型。

绿电绿证

激励约束

绿电消费激励约束机制逐步完善，绿电、绿证交易规模持续扩大，发现绿色电力的环境价值。

清洁低碳在中国的能源国情下只能依赖新能源，可同时实现电力能源的低碳和低价！

高比例大规模的新能源发展现阶段也带来了安全问题？

柔性灵活是构建新型电力系统的重要支撑

新型电力系统中，不同类型机组的灵活发电、不同时间尺度与规模的灵活储能、柔性交直流等技术，支撑高比例新能源接入系统和外送消纳。

用户主体

双重属性

用户侧主体兼具发电和用电双重属性。

终端负荷

柔性调节

终端负荷由传统的刚性、纯消费型，向柔性、生产与消费兼具型转变。

需求侧响应

不断提升

源网荷储灵活互动和需求侧响应能力不断提升，支撑新型电力系统安全稳定运行。

电力市场

持续完善

辅助服务市场、现货市场、容量市场等多类型市场持续完善，体现调节资源的市场价值。

用价格削弱尖峰的需求、用补贴唤醒分散的调节资源！

智慧融合是构建新型电力系统的必然要求

新型电力系统以数字信息技术为重要驱动，呈现数字、物理和社会系统深度融合特点。

“云大物移智链边”等先进数字信息技术在电力系统各环节广泛应用。

电力系统高度数字化、智慧化和网络化，支撑系统复杂运行状态的精准感知和调节，推动以电力为核心的能源体系实现多种能源的高效转化和利用。

03.

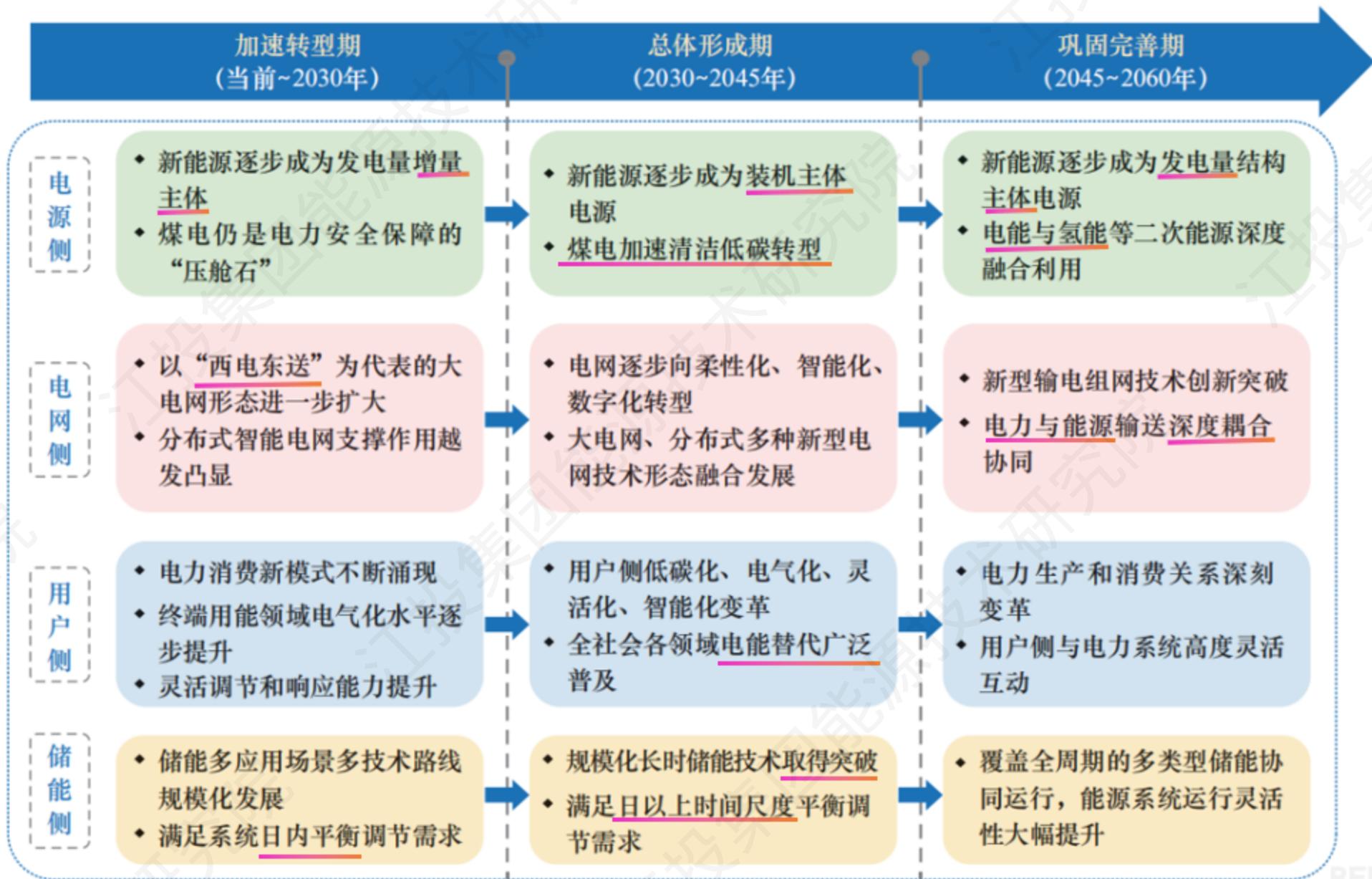
发展路径

DEVELOPMENT APPROACH

POWER

新型电力系统建设「三步走」发展路径

演变路径



2060年煤电不见了？利用氢能保供，归为储能

电网新技术的突破和革新比电源更难风险更大

(一) 加速转型期（当前至2030年）

现状与挑战

内涵特征

发展路径

重点任务

总结思考

二

立足我国能源资源禀赋，坚持先立后破，有计划分步骤实施碳达峰。

推动各产业用能形式向低碳化发展，非化石能源消费比重达到**25%**。新能源开发实现集中式与分布式并举，引导**产业（高耗能绿色灰色）由东部向中西部转移**。新型电力系统发展以支撑实现**碳达峰为主要目标**，加速推进清洁低碳化转型。

> 01

终端用能领域电气化水平逐步提升

用户侧灵活调节和响应能力提升至 5% 以上，促进新能源**就近就地**开发利用和**高效消纳**。终端用能电气化水平提升至 35% 左右（2023年-28%）。

> 02

新能源逐步成为发电量增量主体

坚持生态优先、确保安全的前提下，结合资源潜力持续积极建设陆上和海上风电、光伏发电（**适合江西**）、重点流域水电（**可能会按流域整合**）、沿海核电等非化石能源。新能源装机占比超过 40%，发电量占比超过 20%。

> 03

煤电向基础保障性和系统调节性电源并重转型

2030 年前煤电装机和发电量仍将**适度增长**，并重点围绕**送端大型新能源基地、主要负荷中心、电网重要节点**等区域统筹优化布局。

> 04

电力资源配置能力进一步提升

进一步扩大以**西电东送**为代表的**跨省跨区通道规模**，电力系统仍将以**交流电技术**为基础，保持**交流同步电网实时平衡**的技术形态，全国电网将维持以**区域内同步电网为主体、区域间异步**互联的电网络局。

(一) 加速转型期（当前至2030年）

现状与挑战

内涵特征

发展路径

重点任务

总结思考

立足我国能源资源禀赋，坚持先立后破，有计划分步骤实施碳达峰。

推动各产业用能形式向低碳化发展，非化石能源消费比重达到**25%**。新能源开发实现集中式与分布式并举，引导**产业（高耗能绿色灰色）由东部向中西部转移**。新型电力系统发展以支撑实现**碳达峰**为主要目标，加速推进清洁低碳化转型。

> 05

储能重点满足系统日内平衡调节需求

作为提升系统调节能力的**重要举措**，2030年**抽水蓄能**装机规模达到1.2亿千瓦以上。其他类型储能满足系统**日内调节**需求（**无奈之举，抽蓄大规模投运要2030**）。

> 06

数字化、智能化技术助力源网荷储智慧融合发展

推动传统电力发输配用向全面感知、双向互动、智能高效转变，以数字化转型促进新型电力系统高质量发展。

> 07

全国统一电力市场体系基本形成

统一开放、竞争有序、安全高效、治理完善的全国统一电力市场体系基本建成，各市场主体在**安全保供、成本疏导**等方面形成**责任共担**机制，促进源网荷储挖潜增效。

各省区能源禀赋互补则益、互斥则损，央地利益冲突、省间（地方）利益冲突。江西能源资源禀赋差，能源市场竞争中弱势，能源资源丰富省份可以影响产业转移，江西在产业升级未完成前会有强烈的压迫感，江西大力发展新能源更迫切。全国统一市场有利于全国范围的资源配置，但一定有省份受损（财政转移支付）。

(二) 总体形成期 (2030年至2045年)

现状与挑战 内涵特征

发展路径

重点任务

总结思考

二

碳中和目标推动电力系统清洁低碳化转型提速，新型电力系统总体形成。

全国用电需求在 2045 年前后达到饱和。随着水电、新能源等大型清洁能源基地的开发完成，跨省跨区电力流规模进入峰值平台期。新能源发展重点转向增强安全可靠替代能力和积极推进就地就近消纳利用。(分布式是未来新能源发展的主力)

01

全社会各领域电/氢替代广泛普及

电力需求响应市场环境逐步完善，虚拟电厂、电动汽车、可中断负荷等用户侧优质调节资源参与电力需求响应市场化交易，用户侧调节能力大幅提升。

02

新能源成为装机主体电源、煤电低碳化转型加速

核电装机规模和应用领域进一步拓展，新能源成为系统装机主体电源。依托燃煤耦合生物质发电、CCUS和提质降碳燃烧等清洁低碳技术的创新突破，加快煤电清洁低碳转型步伐。

03

多种新型电网技术形态融合发展

跨省跨区电力流达到或接近峰值水平，“大电网”与“分布式智能电网”的多种电网形态兼容并蓄，满足分布式发电、储能、多元化负荷发展需求。

04

规模化长时储能技术取得重大突破

新型储能技术路线多元化发展，满足系统电力供应保障和大规模新能源消纳需求。实现日以上时间尺度的平衡调节，推动局部系统平衡模式向动态平衡过渡。

新型电力系统进入成熟期，具有全新形态的电力系统全面建成。

随着支撑新型电力系统构建的**重大关键技术**取得创新突破，以**新能源为电量供给主体**的电力资源与其他**二次能源（以氢能为代表）**融合利用，助力新型能源体系持续成熟完善。实现全社会绿色转型和智慧升级是本阶段新型电力系统的核心功能定位。

> 01

电氢替代助力全社会碳中和

电氢等二次能源融合利用，助力构建多种能源与电能互联互通的能源体系。共同构建**以电氢协同为主**的终端用能形态，助力全社会实现深度脱碳。

> 02

新能源逐步成为发电量结构主体电源

新能源具备可靠电力支撑、系统调节等重要功能，成为**发电量结构主体电源**和**基础保障性电源**。**煤电**等传统电源转型为**系统调节性电源（类储能）**，新一代先进核电技术（热堆—快堆）实现规模化应用。

> 03

新型输电组网技术创新突破

电力系统的灵活性、可控性和韧性显著提升。**能源与电力输送协同发展**，有望打造出输电—输气一体化的“超导能源管道”。

> 04

多类型储能协同运行、能源系统运行灵活性大幅提升

解决新能源季节出力不均衡情况下系统**长时间尺度平衡**调节问题，支撑电力系统实现**跨季节的动态平衡**，能源系统运行的灵活性和效率大幅提升。

04. 重点任务

M A J O R T A S K S

POWER



新型电力系统总体架构

“锚定一个基本目标，聚焦一条主线引领，加强四大体系建设，强化三维创新支撑”

一个目标：建设新型能源体系

一条主线：构建新型电力系统

四大体系

1. 电力供应保障支撑体系
2. 新能源开发利用体系
3. 储能规模化布局应用体系
4. 电力系统智慧运行体系

三维创新

1. 适应新型电力系统的标准规范创新
2. 核心技术与重大装备创新
3. 体制机制创新

统筹绿色与安全

推动保障性支撑电源建设，积极发展常规水电、核电，在落实气源的前提下因地制宜建设天然气调峰电站，推动煤电清洁低碳发展、优化发展布局，依托技术创新提升新能源可靠替代能力，构建多元化电力供应体系，推进电力安全应急监督管理体系建设。

一. 电力供应保障性支撑体系

▶ 01

统筹水电开发和生态保护，积极**安全有序发展核电**，大力推动新能源开发建设，**合理布局清洁高效火电**，因地制宜发展生物质能发电。

▶ 02

稳住煤电电力供应基本盘，新增煤电重点围绕送端大型**新能源基地**、**主要负荷中心**、**电网重要节点**，在受端地区适当布局一批煤炭储配保障基地。

▶ 03

加快提升**新能源安全可靠替代能力**，推进新能源与**调节性电源（水火）**互补。强化长时间尺度**新能源功率预测**技术，提升新能源**主动支撑**能力。

▶ 04

坚持“**就地平衡、就近平衡，跨区平衡互济**”，西部、北部地区着力提升新能源就近消纳利用规模。东、中部地区加强受端交流网架建设，结合产业布局，促进新能源就近就地高效消纳。

因地制宜开发利用

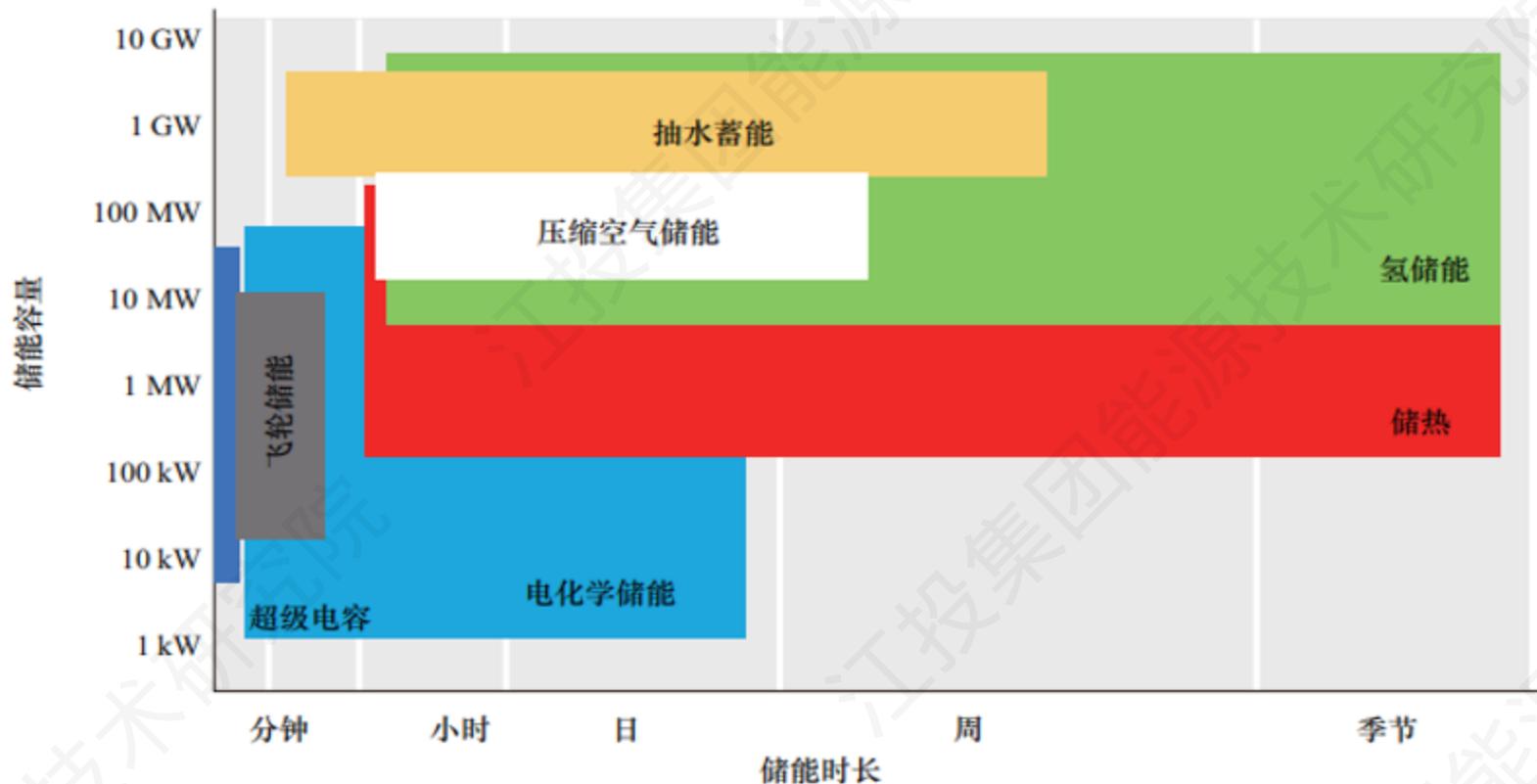
加大力度规划建设以大型风电光伏基地为基础¹、以其周边清洁高效先进节能的煤电为支撑²、以稳定安全可靠的特高压输变电线路为载体³的**新能源供给消纳体系**。（西部、北部）

推动新能源集中与分布并举¹、陆上与海上并举²、就地利用与远距离外送并举³，构建新能源多元化开发利用**新格局**。（中东南部）

二. 新能源高效开发利用体系

- ▶ **01** 推动沙漠戈壁荒漠地区新能源**基地化**、主要流域可再生能源**一体化**、海上风电**集约化**开发。（主要流域、深远海可能借鉴西北火电分省主导模式）
- ▶ **02** 兼顾全国大范围资源优化配置和电网合理分区，加强跨省跨区输电通道建设，原则上以输送**清洁能源电量为主**。
- ▶ **03** 加快推动中东部和南方地区**分散式风电**、**分布式光伏发电**开发，以就地利用为主要目的拓展分布式新能源开发应用场景。（江西）
- ▶ **04** 推动分布式智能电网由示范建设到广泛应用，促进分布式新能源并网消纳。（江西尤为迫切）

三. 储能规模化布局应用体系



主要储能形式的储能容量和储能时长

2024年新型储能发电量占新能源总发电量的1%，消纳率稍微提升一下就能抵消。

01

推动抽水蓄能多元化发展和应用，因地制宜开展中小型抽水蓄能电站建设。（抽蓄考虑省间资源配置）

02

推进源网荷各侧新型储能多应用场景快速发展。（电源侧、电网侧、用户侧）

03

重点解决中远期新能源出力与电力负荷季节性不匹配导致的跨季平衡调节问题。（储氢储热最佳，应用场景不同）

能源数字化平台

依托数字技术的创新升级，建设新型智慧化调度运行体系，推动电网向能源互联网升级。

四. 电力系统智慧化运行体系

- ▶ 01 依托大电网资源配置能力和各地区错峰效应，实现基于电力市场交易的新能源**远程集控**和多能互补，支撑新能源快速发展和高效利用。
- ▶ 02 推动电网智能升级，强化新型电力系统网络安全保障能力。
- ▶ 03 打造新型数字基础设施，提高能源电力全环节全息感知能力，提升分布式能源、电动汽车和微电网接入互动能力。
- ▶ 04 构建能源电力数字经济平台，推进数字流与能源电力流深度融合，全方位支撑经济社会发展。

三维创新

- ▶ **01** 新型电力系统标准与规范创新
- ▶ **02** 核心技术与重大装备应用创新
- ▶ **03** 配套政策与体制机制创新

- 1.开展新型电力系统**国际标准**框架体系建设;
- 2.开展**电力市场与碳市场**标准体系协同研究;
- 3.开展**核电**关键技术和新一代核电研发应用;
- 4.加快发展煤基**超临界 CO₂ 发电**、整体煤气化燃料电池发电 (IGFC)、碳捕集利用与封存 (CCUS)、煤与氢 / 氨发电系统集成;
- 5.支持**氢 (氨)** 燃气轮机技术、燃气轮机机组大比例掺氢燃烧技术研发;
- 6.充分发挥**大型国有企业**技术创新龙头作用;
- 7.各市场主体在安全保供、成本疏导等方面形成**责任共担**机制。

THANK YOU FOR WATCHING

学习汇报 | 交流探讨 | 总结思考

敬请批评指正