



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

# “十四五” 电力科技重大技术方向 及关键技术研究

郭剑波

2020年11月



# 目录

- 一、项目背景**
- 二、电力科技发展形势**
- 三、“十四五”电力科技重大方向及关键技术**
- 四、结语**



## 项目背景

当前，多个国家把**能源电力技术**视为新一轮**科技革命和产业革命的突破口**，我国电力发展也**迫切需要**开展**电力科技规划**和**创新研究部署**，为我国电力行业科学发展**提供重大技术方向上的引导**，为开启全面建设社会主义现代化国家新征程**提供支撑**。

**中国电机工程学会**深入分析我国电力科技领域发展现状与国内外发展形势，适时开展了**“十四五”电力科技重大技术方向研究**工作。学会**成立了编审委员会**，邀请电网、火电、水电、核电及可再生能源等**相关领域的院士和专家参与或指导**规划编制，**国网能源研究院**全程参与报告编制及汇总工作，**国家电网公司、华能公司、三峡集团、国家电投、中广核、西电集团、清华大学、电力规划设计总院、中国电科院、南网电科院、华能经济研究院、华能热工院、中科院电工所、南瑞集团**等多家单位的专家承担**专题研究及报告编制**工作。



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

## 项目背景

编制过程中，学会通过**专题研究、问卷调查、专题访问、专题研讨会**等形式，**广泛收集专家意见**；在此基础上，**组织核心专家集中攻关**，小范围反复征询意见，屡次修订报告，稳步有序推进研究工作，**力求报告内容全面、系统、准确**，并**具有一定的前瞻性**及**可行性**。历时5个月，完成研究报告编制。

研究报告总体分为两大部分：**第一部分**梳理了“十三五”期间我国**电力科技发展现状**，分析了当前国内外**电力科技发展形势**；**第二部分**系统地论述并提出“十四五”期间**需重点研究的8个电力科技重大技术方向**及其**62项关键技术**，逐项分析了**关键技术的现状及存在问题**，提出了“十四五”期间**主要研究内容及目标**。





# 目录

一、项目背景

二、**电力科技发展形势**

三、“十四五”电力科技重大方向及关键技术

四、结语



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

## （一）电力科技发展国际形势

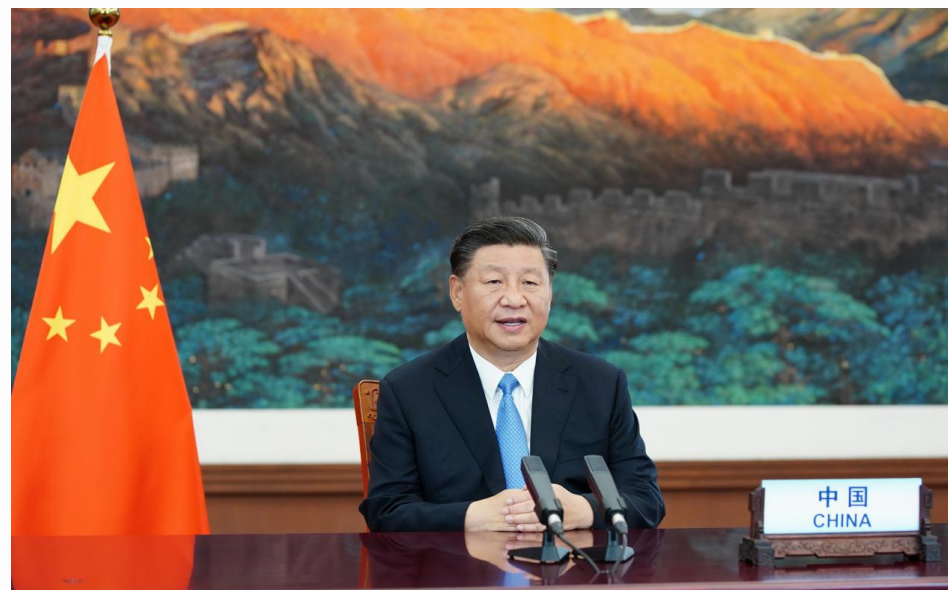
能源电力作为国家经济社会发展的命脉，世界多国通过制定政策抢占能源电力科技制高点，尤其注重**在基础科技领域作出大的创新、在关键核心技术领域取得大的突破**，进而争夺国际能源电力产业主导权，增强国家竞争力。随着全球应对气候变化行动加速及资源环境制约不断加强，全球能源电力体系总体向**清洁化、低碳化**转型，并重点运用**智慧化、数字化**手段为转型提供支撑。





## （二）电力科技发展国内形势

“十四五”时期将是我国经济实现质变的关键时期，须加快形成以创新为引领的经济体系和发展模式。我国电力发展，应坚持**以国家战略需求为导向**，践行**创新、协调、绿色、开放、共享**的发展理念，贯彻落实“**四个革命、一个合作**”能源安全新战略，充分发挥电力技术创新在建设**清洁低碳、安全高效**能源体系以及驱动经济社会**绿色发展**中的引领和支撑作用，实现我国**从能源生产消费大国向能源技术强国转变**。



**习近平总书记**在第75届联大一般性辩论上的讲话中指出：中国将采取更加有力的政策和措施**二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值**，努力争取**2060年前实现碳中和**。

## (二) 电力科技发展国内形势

### 我国电力科技发展面临的新形势：

- 一、经济社会高质量发展要求依托创新**协调电力“不可能三角”**（一定技术经济条件下，难以同时实现安全、经济和环保三项目标）。
- 二、**保能源安全与碳减排**要求推动能源生产与消费变革。
- 三、双循环发展新格局要求提高我国**共性、基础性、前瞻性**电力技术的**自主研发能力**。
- 四、新型基础设施建设为电力技术**跨越式发展**带来可能。
- 五、制造强国战略要求推动**电力装备制造技术**全面领先。



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





# 目录

- 一、项目背景
- 二、电力科技发展形势
- 三、“十四五”电力科技重大方向及关键技术
- 四、结语



# “十四五” 电力科技重大方向及关键技术

“十四五” 期间，为落实国家能源安全新战略，建设清洁低碳、安全高效能源体系，服务经济社会高质量发展，有必要重点加强以下8个重大技术方向的规划部署。

- 1 **重大技术方向一：智能电网技术**
- 2 **重大技术方向二：能源互联网技术**
- 3 **重大技术方向三：高效清洁低碳火力发电技术**
- 4 **重大技术方向四：新能源发电及利用技术**
- 5 **重大技术方向五：新一代核能发电技术**
- 6 **重大技术方向六：水力发电技术**
- 7 **重大技术方向七：电力装备制造技术**
- 8 **重大技术方向八：共性、基础性、前瞻性技术**

## （一）重大技术方向一：智能电网技术

当前，第四次工业革命正向经济社会各领域全面渗透，引领生产方式和经营管理模式快速变革。**智能电网已经成为全球电网发展和科技进步的大趋势**，欧美等发达国家已将其上升为国家战略。

2001年，美国电力科学研究院提出了“智能电网”（IntelliGrid）的观念；2003年，提出了《智能电网研究框架》；美国能源部发布了Grid2030计划。2005年，欧洲推出了《欧洲智能电网技术框架》，提出了超级智能电网（Super Smart Grid）概念；欧盟计划到2020年将智能电表覆盖率提高到80%；英国在2009年8月提出了打造智能电网的计划，争取早日达到34%的二氧化碳减排目标。



## （一）重大技术方向一：智能电网技术

**打造安全、可靠、绿色、高效的智能电网，是落实“四个革命、一个合作”能源安全发展新战略的重要组成部分。**我国在智能电网关键技术、装备和示范应用方面具有良好的发展基础和国际竞争力。进一步加快**智能电网技术发展与应用**，对于推进**电网数字化转型、智能化提升**，构建**清洁低碳、安全高效的能源体系**，推动**经济高质量发展**，具有重大战略意义。

未来，需以**可再生能源在发电中高占比、电力在终端能源中高占比**为核心场景，开展智能电网技术方向的关键技术规划部署，打造安全、可靠、绿色、高效的电力系统。



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

## (一) 重大技术方向一：智能电网技术

### 智能电 网技术

#### 建议重点研究的关键技术：

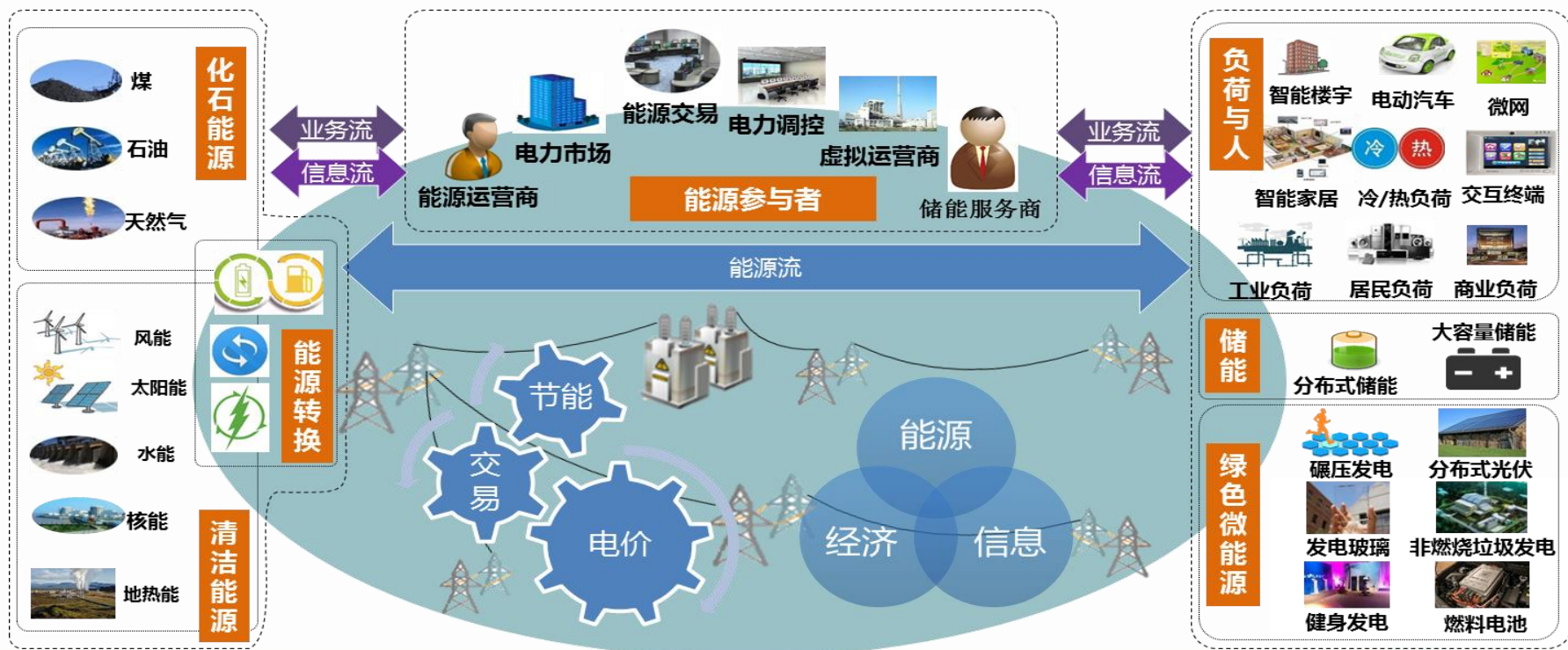
1. 新一代电力系统的演化、规划与控制的基础理论
2. 弹性电网及生命线工程关键技术
3. 新一代电力系统建模及仿真关键技术与安全稳定分析的基础理论
4. 源网荷储协同互动的电力系统运行机理和调度控制技术
5. 新一代电力系统的电力市场技术
6. 智能传感与量测技术
7. 配电网与分布式能源





## (二) 重大技术方向二：能源互联网技术

能源互联网是能源和互联网深度融合的产物，能源互联网是以电为中心，将先进信息通信技术、控制技术与先进能源技术深度融合应用的智慧能源系统，具有清洁低碳、安全可靠、泛在互联、高效互动、智能开放等特征。



## （二）重大技术方向二：能源互联网技术

**能源互联网的发展将通过多能互补融合和梯级利用，显著提高能源综合利用效率，促进高渗透率可再生能源的发展，实现能源绿色转型，提高能源行业资产的利用率和能源供给的灵活性，提高能源生产、传输、消费、管理、交易、金融的便捷性。**在国家能源革命、“互联网+”、创新驱动战略行动下，能源互联网具有巨大的发展潜力，将带动大批相关产业的发展，成为推动我国能源转型、提高能源利用率、实现节能减排和可持续发展的重要途径，深远影响其他行业和整个社会。

未来需着眼于**以电为中心、多种能源相互支持**的能源发展趋势，开展能源互联网技术方向的关键技术规划部署，打造能源产业发展新形态。



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

## (二) 重大技术方向二：能源互联网技术

### 能源互联网技术

#### 建议重点研究的关键技术：

1. 多能高效转换与多元用户供需互动技术
2. 综合能源系统规划、运行及控制技术
3. 电力物联网技术
4. 电力人工智能和先进计算技术
5. 电力区块链技术
6. 电力系统数字孪生技术
7. 电力大数据科学与工程
8. 信息通信新技术应用
9. 能源互联网商业模式与市场机制



### （三）重大技术方向三：高效清洁低碳火力发电技术

近年来，国际上受到碳排放与环保政策约束，欧洲主要国家相继提出“煤炭退出计划”，我国也制定了逐步采用非化石能源替代化石能源的能源发展战略目标。但目前煤炭在我国能源生产消费中仍占据核心主体地位；在当前我国原油、天然气对外依存度逐年升高，能源安全形势十分严峻的情况下，今后一定时间内煤炭仍然承担着保障我国能源安全的重要作用。发展高效、清洁、低碳的火力发电技术既是保障国家能源安全的重要途径，也是实现煤炭技术变革的中心任务。

当前我国火力发电技术仍存在治理过程产生二次污染、重金属控制标准偏低、CO<sub>2</sub>排放量逐年增加，以及燃煤机组灵活性及调峰能力无法满足可再生能源大比例接入等突出问题。未来需立足于以煤炭为主的能源结构将长期存在的客观情况，开展关键技术的规划部署，推动煤炭资源节约、污染物及二氧化碳减排。

## （三）重大技术方向三：高效清洁低碳火力发电技术

### 建议重点研究的关键技术：

1. 燃煤电厂烟气多污染物高效一体化协同治理技术
2. 火力发电厂碳捕集与利用技术
3. 智慧火力发电技术
4. 新一代高参数超超临界发电关键技术
5. 煤基联合循环发电及多联产技术
6. 煤炭与生物质、污泥及垃圾耦合高效发电技术
7. 燃煤机组灵活性改造技术

高效清洁  
低碳火力  
发电技术



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



## （四）重大技术方向四：新能源发电及利用技术

**新能源是世界各国科技创新部署的重点，是未来能源电力技术发展的方向。**

**我国新能源以风电、光伏为主**，是全球风电和光伏发电发展最快的国家。截至2019年底，我国风电、光伏发电装机容量分别为210GW和204GW，**约占我国电源总容量的20.6%**，新能源已成为我国第二大电源。**分布式光伏发电**在中东部地区发展迅速，截至2019年底全国总装机容量超过60GW；**光热发电**处于技术研发与集成示范的产业化导入时期；**海上风电**装机容量逐年提升，2019年新增装机容量超过2.3GW，已进入快速发展和产业形成阶段。

未来，需着眼于“十四五”期间**我国新能源发电装机规模及发电量将大幅增长**的发展前景，推动新能源的低成本、大规模、高效率开发利用。



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

## （四）重大技术方向四：新能源发电及利用技术研究内容及目标

### 新能源发电及利用技术

#### 建议重点研究的关键技术：

1. 海上风电规模化开发和智能运维技术
2. 新能源发电并网主动支撑控制技术
3. 海量分布式新能源自主运行与智能控制技术
4. 先进太阳能热发电技术



## （五）重大技术方向五：新一代核能发电技术

**核电清洁高效、安全稳定、经济性好，是目前世界和我国能源转型发展的重要部分，是战略性的高技术基础产业，对保障我国能源安全、实现2030年非化石能源占比20%具有举足轻重的作用。“十四五”和未来相当长一段时期，核能发电和综合利用将成为我国能源结构调整的重要组成部分，同时也是全面提升装备制造业水平和整体研发实力的重要引擎。**

**当前我国已成为全球新一代核电技术发展中心，在国内外有较为广阔的市场发展空间。然而，为全面掌握新一代核电技术，加强核电批量化建设，确保安全的前提下保障经济性，并在国际市场获得一定份额，需要在核电设计计算、关键设备研制、建安工艺技术上形成一整套的自主化研发体系和制造体系，在关键“卡脖子”问题上加大研发力度，勇争世界一流。**

## （五）重大技术方向五：新一代核能发电技术

### 新一代 核能发 电技术

#### 建议重点研究的关键技术：

1. 核岛先进主泵关键技术
2. 核电站数字化仪控系统及相关芯片研究
3. 多用途、高效能小型先进反应堆技术
4. 大型核电基地核能综合利用关键技术
5. 乏燃料循环后处理、中低放废物处置技术
6. 可控核聚变关键技术
7. 事故容错（ATF）核燃料技术
8. 核电“智慧工地”建设智能化应用技术
9. 高温气冷堆核电关键技术





## （六）重大技术方向六：水力发电技术

经过多年发展和实践，我国建成以三峡工程为代表的多个世界级水电站，取得了一系列代表性成就，标志着我国从“水电大国”迈入“水电强国”。2020年6月28日金沙江乌东德水电站首批机组投产发电，习近平总书记作出重要指示，**坚持新发展理念，勇攀科技新高峰，高标准高质量完成后续工程建设任务**，努力把乌东德水电站打造成精品工程。习近平总书记的重要指示为我国水电发展提出了新的目标和要求。





## （六）重大技术方向六：水力发电技术

十三五期间，我国持续推进多个水电站建设。装机容量中国第三、世界第七的金沙江乌东德水电站投产发电，安装12台单机容量85万千瓦的水轮发电机组；装机容量世界第二的白鹤滩水电站于2020年首批机组投产发电，将安装16台单机容量100万千瓦水轮发电机组，标志**我国水电装备进入世界水电“无人区”**。同时，我国在地质条件复杂的西南山区相继建成若干千万千瓦级巨型水电工程，围绕**高地震区建设高坝、复杂地质坝基处理和大坝防渗**形成了一系列关键技术成果，取得突出建设成就。

未来，基于我国水力发电技术现状，需要重点开展关键技术研究 and 应用部署，解决水电开发带来的运维困难及生态环境保护等问题。



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

## (六) 重大技术方向六：水力发电技术

### 水力发电 技术

#### 建议重点研究的关键技术：

1. 高地震区、超厚覆盖层筑坝防渗技术
2. 深埋地下长大隧洞和超大型地下洞室群建设技术
3. 环境保护与生态修复技术
4. 高水头大容量水机组技术
5. 水电建设运维数字化、智能化技术
6. 流域梯级水电站群多目标调度与运维技术
7. 水电工程健康诊断、评估与修复技术
8. 高海拔严寒地区复杂条件下高适应性筑坝材料技术



## （七）重大技术方向七：电力装备制造技术

电力装备制造业是国民经济的支柱产业，经过多年发展，我国电力装备制造技术突飞猛进，取得了巨大成果，整体已处于国际先进水平，部分技术方向达到国际领先水平。**特高压已经逐渐成为我国继高铁、5G之后第三张“中国制造”的名片，特高压输变电成套装备、智能电网成套保护控制装备等核心自主创新关键技术支撑我国建成了全世界最大的交直流混合大电网。**



## （七）重大技术方向七：电力装备制造技术

我国电力装备制造技术虽然在**规模化成本、部分技术参数指标**等方面较国外具有一定优势，但在若干**关键核心部件、高性能材料、芯片**等方面，仍存在“卡脖子”和“受制于人”的技术短板；在可持续发展方面，仍需要加大对**可再生能源消纳能力、绿色环保水平**方面的技术投入，助力国家确保能源安全的同时，实现社会清洁低碳、可持续发展的能源消费模式。

“十四五”期间，电力装备制造技术领域需要开展全自主可控技术、大容量/远距离输电技术、环保技术等方面的关键技术研究，支撑我国从“电力装备制造大国”向“**电力装备制造强国**”迈进。



## (七) 重大技术方向七：电力装备制造技术

### 建议重点研究的关键技术：

1. 基于全自主可控的二次控保设备设计及制造技术
2. 高压大容量油浸式电力设备主动保护技术
3. 可抵御换相失败的特高压常规直流输电技术
4. 紧凑型、低损耗、高可靠性的特高压柔性直流输电技术
5. 超特高压变压器分接开关研制
6. 超高压大容量开关技术
7. 大容量发电机保护断路器研制
8. 特高压交直流套管可靠性评价技术
9.  $\pm 660\text{kV}$  柔性直流海缆技术前期研究
10.  $\text{SF}_6$  替代气体及其开关设备的研究
11. 高电压等级真空断路器研制

电力装备  
制造技术



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



## （八）重大技术方向八：共性、基础性、前瞻性技术研究

当前，社会发展正在经历一场重大的能源变革，**可再生能源将在一次能源中占主导地位，电力将在终端能源中占主导地位。**可再生能源资源特点与人类对能源需求的不匹配、电力系统安全高效要求与现有技术水平的不匹配，对现代材料技术、信息技术、控制技术等提出了新的需求。

“十四五”期间，我国应重点在上述**共性、基础性技术**和引领电力技术发展的**重大前瞻性技术**领域加强布局，着力提升我国能源电力科技的**自主研发与创新能力**，支撑**可再生能源电力比重的不断提高**、保障我国**电网的安全性和可靠性**，全面提升我国电网的**数字化、信息化和智能化**水平。



## (八) 重大技术方向八：共性、基础性、前瞻性技术研究

### 建议重点研究的关键技术：

#### 1. 先进电工材料及其制备技术

1. 导电材料
2. 磁性材料
3. 绝缘材料和电介质材料
4. 压敏材料
5. 其它电工材料

#### 2. 半导体材料及新型电力电子器件技术

#### 3. 能源互联网智能动态网络安全技术

#### 4. 新型储能技术

1. 新型电化学储能
2. 新型机械式电力储能
3. 新型电磁储能技术
4. 可再生能源制氢与制备清洁燃料
5. 复合动态电池技术及混合储能
6. 大规模储热技术

#### 5. 电力工控芯片关键技术

#### 6. 新型低能耗高精度电力传感器

#### 7. 电力气象技术

共性、基  
础性、前  
瞻性技术



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



# 目录

- 一、项目背景
- 二、电力科技发展形势
- 三、“十四五”电力科技重大方向及关键技术
- 四、结语



本次汇报从《“十四五”电力科技重大技术方向研究报告》中摘取了部分关键信息与大家进行分享。

该报告的编制得到了行业专家及有关单位的大力支持，编写和修改过程中也得到了编审委员提出的宝贵意见和建议，在此，向所有人表示最诚挚的谢意。报告编制过程中尽管已征求多方意见，但由于时间和篇幅所限，若有疏漏和不妥之处敬请批评指正。

希望有关专家学者和广大电力科技工作者对“十四五”电力技术发展方向提出更多意见和建议，使“十四五”电力科技规划在实施过程中能够得到进一步补充完善。中国电机工程学会愿意同有关部门、企业、高校、科研院所以及广大电力科技工作者加强联系，搭建平台，协同创新，为推动我国电力事业创新发展贡献力量。

**敬请各位专家指导**  
**谢谢！**