全球视角下，海上风电技术的最新发展及其在海洋能源结构中的作用

目录

[1、引言 2](#_Toc156823583)

[1.1可再生能源的需求与海上风电技术的发展 2](#_Toc156823584)

[1.2浮动海上风电技术的兴起及其在深水区域的应用潜力 2](#_Toc156823585)

[1.3技术创新系统（TIS）理论在海上风电技术发展中的应用 3](#_Toc156823586)

[2. 海上风电技术的历史与现状 4](#_Toc156823587)

[2.1固定式海上风电技术的发展历程 4](#_Toc156823588)

[2.2浮动式海上风电技术的特点与优势 4](#_Toc156823589)

[2.3海上风电技术的商业化进程与挑战 5](#_Toc156823590)

[3. 技术创新系统的构建 6](#_Toc156823591)

[3.1 技术创新系统的结构与功能 6](#_Toc156823592)

[3.2 海上风电技术创新系统的关键创新活动 6](#_Toc156823593)

[4. 浮动海上风电的发展路径 7](#_Toc156823594)

[4.1 浮动海上风电技术的发展现象与系统方法 7](#_Toc156823595)

[4.2 浮动海上风电技术升级的挑战与策略 8](#_Toc156823596)

[5. 讨论与结论 9](#_Toc156823597)

[5.1 浮动海上风电技术的潜力与发展方向 9](#_Toc156823598)

## 1、引言

### 1.1可再生能源的需求与海上风电技术的发展

在全球范围内，对可再生能源的需求正随着对候变化的关注和对可持续发展目标的追求而不断增长。各国ZF正采取行动减少对化石燃料的依赖，以应对资源枯竭和环境污染问题。在这一背景下，海上风电作为一种清洁、高效的可再生能源技术，成为了全球能源转型的关键组成部分。

海上风电技术因其较陆地风电更高的风速和更稳定的风力资源而备受青睐。此外，海上风电场的建设不占用陆地资源，对生态环境的干扰也相对较小。然而，传统的固定底座海上风电技术受到水深的限制，主要适用于近海浅水区域。为了充分利用远离海岸、水深较大的风力资源，浮动海上风电技术应运而生，它通过浮动平台和锚定系统在深水区域实现风电开发。

全球范围内，政策支持和市场需求的增长为浮动海上风电技术的发展提供了强有力的推动。例如，欧洲国家如英国和挪威在海上风电领域拥有先进的技术和丰富的经验，同时也制定了一系列支持政策来促进海上风电的发展。美国海洋能源管理局（BOEM）的区域环境分析和程序性环境影响声明的准备，为浮动海上风电的开发提供了政策指导和环境评估基础。

在中国，随着国家对清洁能源和低碳发展的重视，海上风电技术也得到了迅速发展。中国ZF制定了一系列政策措施，如可再生能源法、风电上网电价政策和海上风电发展规划，以支持海上风电产业的成长。中国的海上风电市场正处于快速扩张阶段，不仅在技术研发和工程建设方面取得了显著进展，也在浮动海上风电技术的探索和应用上展现出巨大潜力。

总体而言，全球对可再生能源的需求不断增长，海上风电技术作为其中的重要组成部分，正受到各国ZF和市场的高度重视。特别是在中国，海上风电技术的发展不仅得到了政策的大力支持，也在市场上展现出强劲的增长势头。随着技术的不断进步和政策环境的优化，预计未来海上风电将在全球能源结构中占据更加重要的地位，为实现可持续发展目标做出重要贡献。

### 1.2浮动海上风电技术的兴起及其在深水区域的应用潜力

浮动海上风电技术是海上风电领域的一项革命性创新，它突破了传统固定底座风电技术的限制，使得风电开发可以在更深的水域进行。这一技术的兴起源于对更广阔海域风能资源的开发需求，特别是在那些风力资源丰富但水深较大的区域。

与固定底座风电相比，浮动风电技术具有独特的优势。首先，浮动风电平台可以在水深超过50米的深水区域部署，这大大扩展了可开发的海域范围。其次，浮动平台的灵活性使得风电机组可以在岸上进行组装和调试，然后拖曳至指定位置，这样可以降低安装成本和风险。此外，浮动风电平台的可移动性也为未来的维护和升级提供了便利。

浮动海上风电技术的发展受到了多方面因素的推动。技术进步是关键驱动力之一，包括浮动平台设计的创新、锚定系统的可靠性提升以及动力电缆的耐久性改进。此外，随着海上风电项目规模的增大，规模经济效应开始显现，进一步推动了浮动风电技术的商业化进程。

在深水区域的应用潜力方面，浮动海上风电技术为全球许多国家提供了新的能源开发机遇。例如，地中海、北海和太平洋等地区的深水区域拥有巨大的未开发风能资源。浮动风电技术的应用不仅可以增加这些区域的能源供应，还可以促进当地经济发展和就业。

中国在浮动海上风电技术的研发和应用方面也展现出强烈的兴趣和潜力。随着技术的成熟和成本的降低，预计中国将在未来几年内启动更多的浮动风电项目，特别是在南海等深水区域。这些项目不仅将提高中国的可再生能源比例，还将推动国内海上风电技术和产业链的发展。

总之，浮动海上风电技术的兴起为全球深水区域的可再生能源开发带来了新的机遇。随着技术的不断进步和成本的进一步降低，预计浮动海上风电将在全球能源市场中扮演越来越重要的角色，特别是在深水区域的应用将成为未来发展的重点。

### 1.3技术创新系统（TIS）理论在海上风电技术发展中的应用

技术创新系统（TIS）理论是分析和理解技术创新过程的一个框架，它强调了创新活动中各种参与者、机构和政策之间的相互作用。在海上风电技术的发展中，TIS理论提供了一个有用的视角，用于识别和评估影响技术进步和市场渗透的关键因素。

TIS理论将创新系统分为七个核心过程，包括知识发展与扩散、影响方向性的指导、市场形成、立法环境的形成、资源动员、创新活动的合作与竞争以及技术的合法化。在海上风电技术的发展中，这些过程相互作用，共同推动了技术的成熟和市场的扩展。

1. **知识发展与扩散**：海上风电技术的发展依赖于持续的研究与开发（R&D）活动，这些活动涉及到从基础科学研究到工程设计和试验的各个方面。知识的积累和共享是推动技术进步的关键。

2. **影响方向性的指导**：ZF政策和行业标准为海上风电技术的发展提供了方向性的指导。例如，可再生能源补贴和碳排放交易制度等政策措施，引导了市场和技术的发展方向。

3. **市场形成**：海上风电市场的形成受到政策支持和技术成本降低的双重影响。市场的成熟为技术提供了商业化的机会，并吸引了更多的投资。

4. **立法环境的形成**：合适的法律和监管框架为海上风电项目的开发提供了必要的条件。这包括海域使用权的分配、环境影响评估和电网接入规则等。

5. **资源动员**：资金、人才和物质资源的动员是技术创新的基础。在海上风电领域，这包括对风电机组制造、安装和维护的投资，以及专业人才的培养。

6. **创新活动的合作与竞争**：企业、研究机构和ZF之间的合作促进了技术知识的交流和创新活动的协同。同时，市场上的竞争也激励了技术的改进和成本的降低。

7. **技术的合法化**：社会对海上风电技术的接受度和认可度对技术的推广至关重要。公众参与、环境影响评价和透明的决策过程有助于提高技术的社会合法性。

通过应用TIS理论，可以更好地理解海上风电技术发展的复杂性和多维度特征。这一理论框架有助于识别技术创新过程中的瓶颈和机遇，为政策制定者和行业参与者提供指导，以促进海上风电技术的健康发展和市场渗透。

## 2. 海上风电技术的历史与现状

### 2.1固定式海上风电技术的发展历程

固定式海上风电技术，作为海上风电领域的先驱技术，其发展历程标志着人类对海洋风能资源利用的深入和创新。自20世纪末期，第一座海上风电场在丹麦的Vindeby成功运行以来，固定式海上风电技术便开始了其蓬勃发展的历程。

**初期探索与技术验证（1990年代）**

固定式海上风电技术的发展起始于对陆地风电场的空间扩展需求。由于陆地风电场受到地理位置和环境影响的限制，工程师和科学家们开始将目光投向海洋。1991年，Vindeby海上风电场的建成，标志着固定式海上风电技术的商业化探索的开始。这一时期的风电场多采用单桩基础，风机容量较小，且主要集中在近岸浅水区域。

**技术成熟与规模扩张（2000年代）**

进入21世纪，随着风力发电技术的成熟和海上工程技术的进步，固定式海上风电技术迎来了快速发展期。风电机组的容量逐渐增大，单桩基础逐渐向重力式基础、夹层基础等多样化发展。例如，英国的北海区域成为了固定式海上风电技术的重要发展区域，伦敦阵列（London Array）等大型海上风电场的建设，不仅提升了风电技术的装机容量，也推动了海上风电场向远离海岸、水深较大的区域发展。

**成本降低与技术创新（2010年代至今）**

随着固定式海上风电技术的广泛应用，行业内开始聚焦于成本控制和技术创新。通过规模化生产、供应链优化和运维技术的提升，固定式海上风电的成本逐年下降，竞争力不断增强。同时，为了适应更深水域的风电开发，固定式海上风电技术也在基础设计、安装方法和材料应用等方面进行了一系列创新。例如，采用先进的风力预测系统和智能维护策略，提高了风电场的运行效率和可靠性。

总体来看，固定式海上风电技术的发展历程是一个不断探索、创新和成熟的过程。从最初的近岸小规模应用，到如今的远离海岸、大规模商业化运营，固定式海上风电技术已经成为全球可再生能源领域的重要组成部分。未来，随着技术的进一步进步和成本的持续降低，固定式海上风电技术有望在全球能源结构转型中发挥更加关键的作用。

### 2.2浮动式海上风电技术的特点与优势

浮动式海上风电技术作为海上风电领域的一项创新，其独特的特点和显著的优势使其成为了深水区域可再生能源开发的重要选择。以下是浮动式海上风电技术的主要特点与优势：

**特点：**

1. **适用于深水区域**：浮动式海上风电技术的最大特点是其能够在深水区域进行风电开发，这一点是固定式风电技术难以实现的。浮动式风电平台不受水深的限制，可以在50米甚至更深的水域中部署。

2. **灵活性高**：浮动式风电平台具有较高的灵活性，可以根据风场资源和海洋环境的变化进行相应的调整和移动。这种灵活性也使得风电机组可以在岸上进行组装和调试，然后拖曳至指定位置，从而降低安装成本和风险。

3. **创新的锚定系统**：浮动式风电技术采用了创新的锚定系统，如拖缆锚定、重物锚定等，确保风电平台在海上的稳定性，同时也便于调整和维护。

**优势：**

1. **开发潜力巨大**：由于浮动式风电技术不受水深限制，因此可以利用全球大部分未开发的海洋风能资源，尤其是远离海岸线的深水区域，这些区域通常具有更高的风速和更好的风力资源。

2. **环境影响小**：与固定式风电相比，浮动式风电在安装和维护过程中对海底环境的干扰较小，有利于保护海洋生态系统。

3. **成本逐渐降低**：随着技术的成熟和规模化生产，浮动式海上风电的成本正在逐渐降低。此外，由于可以在岸上进行大部分组装工作，减少了海上作业的复杂性和成本。

4. **市场潜力巨大**：浮动式海上风电技术为那些缺乏适合固定式风电开发的浅水区域的国家和地区提供了新的机遇，尤其是对于岛国和沿海地区，浮动式风电技术的应用将极大地促进其可再生能源的发展。

总结来说，浮动式海上风电技术以其独特的特点和显著的优势，为全球海上风电的发展开辟了新的道路。随着技术的不断进步和成本的进一步降低，预计浮动式海上风电将在未来的能源结构中扮演越来越重要的角色。

### 2.3海上风电技术的商业化进程与挑战

海上风电技术的商业化进程是一个充满挑战的过程，涉及技术创新、成本控制、政策支持、市场需求、环境影响评估等多个方面。以下是海上风电技术商业化进程的详细内容和面临的挑战：

**商业化进程的详细内容**

1. **技术成熟与规模化**：海上风电技术经历了从早期的小规模试验项目到今天的大规模商业运营的转变。技术的成熟和规模化生产使得海上风电成本逐年下降，提高了其市场竞争力。例如，中国的海南万宁海上漂浮式项目作为首个百万千瓦级漂浮式海上风电项目，预计总装机容量为1吉瓦，标志着漂浮式风电发展的重要节点。该项目的成功推进，预示着漂浮式风电技术在商业化道路上迈出了坚实的一步。

2. **政策支持与市场需求**：政府的政策支持和市场需求的增长是推动海上风电技术商业化的关键因素。在中国，“十四五”期间的可再生能源发展规划明确提出推动深远海海上风电平价示范，力争开工建设首个漂浮式商业化海上风电项目。政策的利好和市场的高涨需求为漂浮式海上风电市场的发展提供了强有力的推动。

3. **新机型与技术创新**：为了适应不同的海洋环境和提高效率，风电整机制造商不断推出新款漂浮式风电样机，容量均在15兆瓦及以上。技术创新包括漂浮式机组系统设计、运行工况下的振动稳定性、整机系统高可靠运行低成本运维等。这些技术的突破为海上风电技术的商业化提供了坚实的技术基础。

**面临的挑战的详细内容**

1. **成本问题**：尽管海上风电技术的成本已经有所下降，但漂浮式风电的经济性仍有所欠缺。例如，漂浮式风机单位千瓦造价约在4万元左右，远高于传统固定式海上风电水平。风机成本和平台成本分别占到了整体成本的43%和36%，这对于商业化进程构成了较大的压力。

2. **技术难题**：漂浮式风电发展还存在技术难题，如升压站缺乏测试、运维成本较高等。这些挑战需要行业共同克服。例如，漂浮式风电机组的稳定性和耐久性在恶劣海洋环境中的表现，以及如何有效地进行远海运维，都是亟待解决的问题。

3. **环境与社会接受度**：海上风电项目的环境影响和社会接受度也是商业化进程中需要考虑的因素。项目需要进行环境影响评估，并与当地社区进行沟通，以确保项目的顺利进行。例如，海上风电场的建设可能会对海洋生态系统造成干扰，需要采取相应的保护措施。

4. **供应链风险**：随着海上风电项目规模的增大，对供应链的依赖也增加。风电行业需要加强控制供应链风险，确保项目的稳定运行。例如，原材料价格波动、运输成本上升、国际贸易政策变化等都可能影响到海上风电项目的成本和进度。

总结来说，海上风电技术的商业化进程虽然取得了显著进展，但仍面临成本、技术、环境和供应链等多方面的挑战。未来，随着技术的不断进步和成本的进一步降低，海上风电技术有望实现更广泛的商业化应用，为全球的可持续能源供应做出重要贡献。同时，行业内的持续创新和政策的有力支持将是推动海上风电技术商业化的关键。

## 3. 技术创新系统的构建

### 3.1 技术创新系统的结构与功能

技术创新系统（Technology Innovation System，TIS）是由一系列相互作用的机构和政策网络组成，旨在促进新技术的发展、扩散和使用。TIS的核心结构包括三个主要部分：创新主体、创新网络以及制度框架。创新主体是指直接参与技术创新过程的组织和个人，如研究机构、企业、政府部门等。创新网络则是指创新主体之间的合作与交流关系，这些网络可以是正式的合作伙伴关系，也可以是非正式的知识共享和技术交流。制度框架则包括法律、政策、文化和社会规范等，它们为技术创新提供了基本的运行规则和激励机制。

在海上风电技术的创新系统中，结构与功能的设计至关重要。首先，需要建立一个由科研机构、风电设备制造商、工程服务公司、政府监管机构和金融投资者组成的多元化创新主体群体。这些主体不仅在技术研发和应用推广方面发挥作用，还需要在政策制定、市场监管和资金支持等方面进行协同合作。其次，创新网络的构建需要促进知识和资源的流动，加强各创新主体之间的沟通和协作，以及与国际先进技术的连接和学习。最后，制度框架的建立应当鼓励技术创新和风险投资，同时确保环境保护和社会责任，为海上风电技术的可持续发展提供坚实的基础。

海上风电技术创新系统的功能主要体现在促进技术进步和市场应用。这包括技术研发和演示、生产和市场化、政策制定和标准化、资金支持和风险管理等方面。通过这些功能的有效运作，可以加速海上风电技术的成熟和规模化应用，降低成本，提高竞争力，最终实现商业化和产业化的目标。

### 3.2 海上风电技术创新系统的关键创新活动

海上风电技术创新系统（TIS）的有效运作依赖于一系列关键的创新活动。这些活动不仅推动技术的发展和完善，也促进了技术在市场中的应用和扩散。以下是海上风电技术创新系统中的关键创新活动：

1. **研发与设计创新**：海上风电技术的核心在于其持续的研发和设计创新。这包括对风力发电机组的性能优化、对海上安装和维护技术的改进，以及对风电场布局和管理系统的创新。研发活动通常需要高水平的资金投入和专业人才支持，是技术创新系统中最为关键的部分。

2. **试验与示范项目**：通过建立试验和示范项目，可以验证新技术的可行性和效益。这些项目为技术从实验室到市场的转化提供了重要平台，同时也为技术标准的制定和改进提供了实践基础。

3. **制度创新与政策支持**：制度创新和政策支持为海上风电技术的发展提供了必要的外部环境。这包括对可再生能源的补贴政策、税收优惠、绿色信贷以及对海上风电项目的优先电网接入等政策措施。

4. **市场开发与商业模式创新**：随着技术的成熟，市场开发和商业模式创新成为推动技术商业化的关键。这包括开发新的市场渠道、建立合作伙伴关系、创新融资模式和风险管理策略等。

5. **人才培养与知识传播**：人才是技术创新的重要资源。通过高等教育、职业培训和国际交流，可以培养和吸引专业人才，同时通过学术会议和出版物等渠道传播知识，促进技术的进步和应用。

6. **国际合作与标准制定**：在全球化的背景下，国际合作对于技术创新尤为重要。通过参与国际项目、标准制定和技术交流，可以加速技术的全球化进程，提升技术的国际竞争力。

7. **社会接受度与环境影响评估**：社会对新技术的接受度和环境影响评估对技术的推广至关重要。通过公众参与、透明的决策过程和环境保护措施，可以提高技术的社会合法性和市场接受度。

这些关键创新活动相互关联，共同构成了海上风电技术创新系统的动态运作机制。通过有效地组织和协调这些活动，可以加速海上风电技术的发展，推动技术从研发到市场的全过程，最终实现技术的商业化和产业化。在此过程中，政策制定者和行业参与者需要密切合作，共同克服挑战，抓住机遇，为海上风电技术的健康发展和市场渗透提供支持。

## 4. 浮动海上风电的发展路径

### 4.1 浮动海上风电技术的发展现象与系统方法

随着全球对可再生能源需求的不断增长，浮动海上风电技术作为一种新兴的海上风电形式，其发展现象引起了广泛关注。浮动海上风电技术允许风力发电机安装在深水区域，这为风电技术的应用开辟了新的空间，尤其是在那些固定式海上风电技术难以触及的区域。

#### 4.1.1 发展现象

浮动海上风电技术的发展现象可以从以下几个最新研究成果中得到体现：

1. **技术创新**：最新研究表明，我国海上风电行业的前沿技术正在向“由浅到深,由固定式向浮动式”的趋势发展。浮动式风电技术的研发正在集中于提高浮体稳定性、降低成本和提升能量转换效率，以适应深水区域的特殊环境[1]。

2. **项目实施**：欧洲海上风电发展现状及前景的研究指出，设计成本低、易于连接和操作、坚固可靠的电缆系统对于新型的海上浮动式风电场至关重要。这表明了浮动式风电技术在实际应用中的关键技术需求[2]。

3. **政策支持**：国际上，许多国家已经开始制定支持浮动式海上风电的发展政策措施，这些政策措施涵盖了产业技术发展现状及其发展瓶颈，为浮动式海上风电的商业化提供了政策环境[4]。

4. **市场潜力**：研究表明，浮动式技术的发展也推动了风机与波浪能的结合，这一新兴的技术组合可能为海上风电技术的发展带来新的市场机遇[5]。

#### 4.1.2 系统方法

在系统方法方面，以下是基于最新研究成果的补充：

1. **系统分析**：对浮动海上风电技术的系统分析需要考虑到新型基础结构的经济可行性，包括材料市场价格浮动、施工窗口期变化等不确定因素的影响[9]。

2. **功能识别**：在识别技术创新系统的关键功能时，需要特别关注海上风电场设施技术规范的制定，这对于确保浮动海上风电技术的安全性和可靠性至关重要[3]。

3. **创新网络构建**：构建创新网络时，应考虑到海上风电场构建海洋水文同步实时现场观测系统的可能性，这将有助于监测和评估浮动海上风电技术的环境影响[10]。

4. **持续监测**：持续监测浮动海上风电技术的发展，应包括对全球能源格局变化及能源科技发展新特点的关注，以便及时调整技术创新系统的策略[6]。

### 4.2 浮动海上风电技术升级的挑战与策略

随着浮动海上风电技术的快速发展，其升级过程中面临的挑战日益凸显。这些挑战不仅涉及技术层面，还包括政策、市场和环境等多个方面。为了克服这些挑战，需要制定相应的策略，以确保浮动海上风电技术的持续进步和可持续发展。

#### 4.2.1 技术升级挑战

1. **并网问题**：浮动海上风电场的并网是一个技术挑战，特别是在偏远地区。需要设计成本低、易于连接和操作、坚固可靠的电缆系统，以确保电力的稳定传输[1]。

2. **环境适应性**：浮动海上风电技术需要适应多变的海洋环境，包括强风、大浪和海流等。这要求风电机组和浮体结构具有更高的稳定性和耐久性。

3. **成本控制**：尽管浮动海上风电技术具有巨大的潜力，但其建设和维护成本仍然较高。降低成本是实现商业化的关键挑战之一。

#### 4.2.2 应对策略

**1. 技术创新与优化**：

**1) 结构优化**：研究和开发新型浮动平台结构，如单桩基础地基加固技术，以提高结构的稳定性和耐久性，降低维护成本[3]。

2) **控制系统升级**：利用先进的控制系统，如基于TMD（调谐质量阻尼器）的结构振动控制技术，减少风浪扰动对海上风电机组的影响，提高输出功率的稳定性[5]。

**2. 政策与市场机制**：

1) **政策支持**：制定和实施支持性政策，如优惠的税收政策和电力市场机制，确保与其他行业市场电价上下浮动的范围不超过20%，以促进海上风电技术的发展[10]。

2) **国际合作**：加强国际合作，特别是在能源政策方面，以应对全球能源供应不足的挑战，推动海上风电技术的发展[7]。

**3. 环境与生态保护**：

1) **生态风险管理**：评估和管理自然灾害对海上风电设施造成的风险，制定相应的应对策略，以吸引海外资金和投资[9]。

2) **环境监测**：建立环境监测系统，对海上风电场的生态影响进行长期监测，确保环境保护与技术发展的平衡。

4. **经济可行性与成本控制**：

1) **成本效益分析**：进行全面的经济可行性评估，包括成本效益分析和市场潜力评估，以确定最佳的投资和运营策略。

2) **资金投入与激励**：政府和私营部门应提供资金支持和激励措施，以降低初期投资成本，加速技术创新和商业化进程。

## 5. 讨论与结论

### 5.1 浮动海上风电技术的潜力与发展方向

浮动海上风电技术作为一种新兴的可再生能源技术，因其在深水区域的应用潜力而受到广泛关注。随着技术的不断进步和成本的逐渐降低，浮动海上风电有望成为未来能源结构转型的重要组成部分。

#### 5.1.1 技术潜力

1. **资源丰富**：全球海上风能资源丰富，尤其是在深水区域，浮动海上风电技术的开发潜力巨大，预计我国海上风电的发展前景广阔，开发潜力约5亿kW[1]。

2. **技术进步**：浮动海上风电技术的发展趋势是“由浅到深，由固定式向浮动式”，这将推动风电场建设的新趋势。同时，新型基础技术的创新正在蓬勃发展，具备大规模商业化推广的潜力[7]。

3. **成本下降**：随着技术的成熟和规模化生产，浮动海上风电的成本正在逐步降低，使其更具经济性，为其广泛应用提供了可能[5]。

#### 5.1.2 发展方向

1. **技术创新**：未来的技术发展方向包括电缆制造技术的改进、风电机组大型化研究、以及风机与波浪能的结合等。这些技术创新将进一步提高浮动海上风电的效率和可靠性[2][4]。

2. **模块化设计**：浮动混合能源平台模块化技术的突破，将推动浮动海上风电技术的商业化推广。模块化设计有助于降低建设和维护成本，提高系统的灵活性[6]。

3. **政策支持**：政府的政策支持是推动浮动海上风电技术发展的关键因素。合理的政策引导和市场激励机制将促进技术创新和产业发展[8]。

4. **国际合作**：加强国际合作，共享研发资源，参与国际标准的制定，以提升技术水平和市场竞争力。国际合作也有助于解决大型风电场并网问题，推动技术的全球化发展[4]。