

刘琳 / 著

# 风力发电 发展预测与 评价



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

014004699

F426. 61  
58

# 风力发电 发展预测与 评价

刘琳 / 著



F426.61  
58



北航

C1691596



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

我国高度重视风电产业发展,明确“十二五”新能源产业发展重点是加快提高风电在能源供应中的比重。而风电产业从起步到大规模发展呈跳跃式前进,其开发利用过程也呈现多学科交叉的特点。本书紧扣“新能源风电、风电发展预测、技术进步评价、人才供需预测与结构分析”等主题,以理论研究为主,结合实证研究经验和数据,就新能源风电发展中相关预测与评价进行了研究,提出了风电装机容量、发电负荷、技术人才供给、需求预测及结构分析方法与结论,以及技术贡献率、技术进步程度评价方法。

本书主要研究结论可为促进新能源风电产业及其他新能源领域有序发展提供政策参考;本书提出的研究方法可为新能源预测与评价提供研究帮助。

图书在版编目(CIP)数据

风力发电发展预测与评价 / 刘琳著. -- 北京 : 中国水利水电出版社, 2013.9  
ISBN 978-7-5170-1279-5

I. ①风… II. ①刘… III. ①风力发电—产业发展—研究—中国 IV. ①F426.61

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第228072号

|      |                                                                                                          |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 书 名  | 风力发电发展预测与评价                                                                                              |
| 作 者  | 刘琳 著                                                                                                     |
| 出版发行 | 中国水利水电出版社<br>(北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038)<br>网址: www.waterpub.com.cn<br>E-mail: sales@waterpub.com.cn        |
| 经 售  | 电话: (010) 68367658 (发行部)<br>北京科水图书销售中心(零售)<br>电话: (010) 88383994、63202643、68545874<br>全国各地新华书店和相关出版物销售网点 |
| 排 版  | 中国水利水电出版社微机排版中心                                                                                          |
| 印 刷  | 北京瑞斯通印务发展有限公司                                                                                            |
| 规 格  | 145mm×210mm 32开本 5.375印张 145千字                                                                           |
| 版 次  | 2013年9月第1版 2013年9月第1次印刷                                                                                  |
| 印 数  | 0001—1500册                                                                                               |
| 定 价  | 28.00元                                                                                                   |

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

# 前言

进入 21 世纪，能源安全和环境保护已成为全球化的问题。我国政府高度重视发展可再生能源，将其作为缓解能源供应矛盾、优化能源结构、减少温室气体排放和应对气候变化的重要措施，提出明确的发展目标和相应的激励政策，鼓励新能源的发展。因此，近几年关于新能源相关的研究备受理论与实践界的关注。

对于新能源风电研究源于 2008 年作者参与的一项国家新能源领域人才发展战略研究课题，开始关注新能源风电发展现状及趋势。我国新能源风电产业从起步到大规模发展呈跳跃式前进，其开发利用过程也呈现多学科交叉的特点，核心技术多依赖于国外，风电产业持续发展面临着巨大的考验。2010 年，作者参与了一项电力专项人才发展规划研究，得以从电网角度观察风力发电侧与电网侧的影响关系。一方面风电产业的跨越式发展、风电输出特性等对电网建设、调度等带来了巨大挑战；另一方面，由于电网建设与风电电源点建设不匹配，电网技术和管理现状导致风电上网难，消纳能力不足等问题，制约了风电的发展。因此，如何实现风电产业的有序健康发展成为研究重点。

因而，在对影响风电产业持续稳定发展众多因素分析的基础上，作者重点对影响产业发展相关的技术、人才等关键因素进行研究。因为风电产业发展对技术进步提出了更高的要求，而技术进步与创新最终需要强有力的技术人才支撑。另一方面技术人才的技术水平不断提升，也会促进产业技术进步。因此，根据新能源风电产业发展的要求，进行新能源风电装机容量、发电负荷、技术人才需求、技术贡献率、技术进步程度等预测与评价研究，是新能源风电产业发展重要支撑点。

本书就新能源风电发展中相关预测与评价进行了理论研究和实证分析，主要内容如下：

(1) 在对风电发展和技术进步现状与趋势分析的基础上，提出了基于生产函数法新能源产业技术进步贡献率评价模型；基于要素投入分析方法构建了技术人才技术进步贡献率模型；结合技术人才发展规律，基于因子分析方法提出了新能源技术人才技术进步程度评价模型，以促进技术进步。

(2) 在对时间序列分析、灰色理论等相关预测理论分析和我国新能源产业发展规律研究的基础上，提出基于灰色理论风电装机容量预测。在此基础上，考虑技术进步因素，提出基于灰色理论风电人均装机容量预测，并以欧盟风能发展数据和就业人数对模型进行了验证。

(3) 研究了新能源产业风电发展环境下的电力负荷预测模型，建立了基于优选组合的风电负荷预测模型，将时间序列预测模型、马尔可夫预测模型和灰色预测模型分别进行风电负荷的预测，用最优权组合模型将三种方法得到的预测结果进行组合，得到了很好的预测结果。

并且对于其他新能源的负荷预测具有重要的参考性。

(4) 根据新能源风电产业开发利用过程技术呈现的多学科交叉特点,在传统人才结构的基础上,增加了技术人才载体类型、专业细分研究方向,提出了技术人才结构模型。并以专业细分研究方向为切入点,提出了技术人才结构聚类分析模型;基于贝叶斯网络分类器构建了新数据归类模型,在此基础上采取多维度复合方法对新能源产业技术人才结构进行分析。

(5) 在对新能源产业发展中技术人才供给因素分析的基础上,提出了基于马尔可夫链和神经网络优化的技术人才供给预测模型,为新能源技术人才供给预测提供了理论方法支撑。

(6) 根据风电装机容量和电力负荷预测结果,提出了一系列发电发展政策建议;根据风电技术人才供需预测分析,提出了风电技术人才培养数量建议,并从人才发展角度提出了一系列的培养与发展建议,为新能源风电的持续健康发展提供政策参考。

由于本书研究过程中可参考的资料和数据不多,对于新能源产业风电技术人才信息数据不多,在数据收集方面还有待加强,无法获取新能源风电产业工业总值、实际就业人数等基本信息,新能源产业技术进步贡献率模型有待进一步实证验证。因而只对所建模型的合理性和可行性进行了分析与论证,但在分析和计算的过程中可能还存在未考虑周全的因素或方面,期待同行和专家学者予以改进建议。

在本书编写过程中,得到了华北电力大学经济与管理学院许多老师的帮助,从小父母就教导作者“做人要

诚实，要懂得感恩”，这么多年来作者一直铭记在心，也努力践行这些朴素的原则，相信真诚无敌，心怀感恩地生活与工作，但很多时候感激之情却不是一句感谢的话、一个鞠躬能够完全表达的，时常感到语言是那么的苍白无力，唯有默默刻记在心中。

借此机会，衷心感谢我的导师余顺坤老师，他渊博的知识、严谨务实的作风、乐观宽容的态度都是我学习的榜样，更从老师身上感受到了“师者父母心”的情怀，使学生受益终生；感谢余恩海老师这些年来对我教学工作的支持与帮助；感谢王永利，对本书提出了很多宝贵建议！感谢我的家人对我的支持与鼓励，尤其是我的开心果李家逸，从她的牙牙学语、蹒跚学步、一颦一笑……伴随着我写作，带给我无限的欢乐和源源不断的工作动力。衷心感谢中国水利水电出版社的凌永玉老师和相关工作人员，他们认真、严谨、高效的工作，让我敬佩！

刘琳

2013年8月

# 目 录

## 前言

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| <b>第 1 章 绪 论</b> .....            | 1  |
| 1.1 新能源相关概念界定 .....               | 1  |
| 1.1.1 常规能源和新能源 .....              | 1  |
| 1.1.2 新能源与可再生能源 .....             | 1  |
| 1.2 研究背景 .....                    | 3  |
| 1.3 国内外研究动态 .....                 | 8  |
| 1.3.1 国外研究现状 .....                | 8  |
| 1.3.2 国内研究现状 .....                | 14 |
| 1.4 本书研究内容 .....                  | 18 |
| <b>第 2 章 新能源风电发展和技术进步评价</b> ..... | 20 |
| 2.1 我国新能源风电产业发展分析 .....           | 20 |
| 2.1.1 风电装机容量现状分析 .....            | 21 |
| 2.1.2 风电并网现状分析 .....              | 26 |
| 2.1.3 风电设备制造业现状分析 .....           | 30 |
| 2.1.4 风电产业发展趋势分析 .....            | 32 |
| 2.2 新能源风电技术进步分析 .....             | 35 |
| 2.2.1 风电技术现存问题分析 .....            | 35 |
| 2.2.2 风电技术进步趋势分析 .....            | 36 |
| 2.2.3 风电技术进步对技术人才技术要素分析 .....     | 40 |
| 2.3 新能源风电发展技术进步评价模型 .....         | 49 |

|            |                                 |           |
|------------|---------------------------------|-----------|
| 2.3.1      | 风电发展技术进步贡献率评价研究 .....           | 49        |
| 2.3.2      | 基于要素投入的技术人才技术进步贡献率研究 .....      | 50        |
| 2.3.3      | 新能源风电技术进步程度评价模型构建 .....         | 52        |
| 2.3.4      | 实证研究 .....                      | 57        |
| <b>第3章</b> | <b>基于灰色理论风电装机容量预测 .....</b>     | <b>60</b> |
| 3.1        | 基于 DGM (2, 1) 风电装机容量预测模型 .....  | 61        |
| 3.1.1      | 时间序列与灰色理论预测方法比较 .....           | 61        |
| 3.1.2      | 预测方法选择 .....                    | 62        |
| 3.1.3      | 基于 DGM (2, 1) 风电装机容量预测模型 .....  | 67        |
| 3.2        | 基于 GM (1, 1) 风电人均装机容量预测模型 ..... | 68        |
| 3.2.1      | 基于 GM (1, 1) 风电人均装机容量预测模型 ..... | 68        |
| 3.2.2      | 风电产业发展中的技术人才需求预测 .....          | 70        |
| 3.3        | 实证研究 .....                      | 73        |
| <b>第4章</b> | <b>基于优选组合的风力发电负荷预测 .....</b>    | <b>77</b> |
| 4.1        | 电力负荷预测方法研究 .....                | 78        |
| 4.1.1      | 时间序列预测模型 .....                  | 78        |
| 4.1.2      | 马尔可夫预测模型 .....                  | 79        |
| 4.1.3      | 灰色预测模型 .....                    | 81        |
| 4.2        | 基于优选组合的风电负荷预测模型研究 .....         | 82        |
| 4.2.1      | 最优加权组合模型 .....                  | 82        |
| 4.2.2      | 实证分析 .....                      | 84        |
| <b>第5章</b> | <b>新能源风电技术人才结构分析方法 .....</b>    | <b>89</b> |
| 5.1        | 新能源风电技术人才结构模型 .....             | 89        |
| 5.1.1      | 技术人才结构模型构建 .....                | 90        |
| 5.1.2      | 技术人才结构模型特点 .....                | 91        |
| 5.2        | 技术人才信息调查与获取 .....               | 93        |
| 5.3        | 技术人才结构聚类分析模型 .....              | 97        |
| 5.3.1      | 技术人才分类模型 .....                  | 97        |
| 5.3.2      | 技术人才分类算法 .....                  | 100       |
| 5.3.3      | 技术人才聚类统计分析模型 .....              | 101       |

|              |                                |            |
|--------------|--------------------------------|------------|
| 5.3.4        | 技术人才聚类算例分析 .....               | 107        |
| 5.4          | 基于贝叶斯网络分类器新数据分类模型 .....        | 108        |
| 5.4.1        | 基于 K2 算法的贝叶斯网络分类器模型构建 .....    | 110        |
| 5.4.2        | 算例分析 .....                     | 110        |
| 5.5          | 复合结构分析方法 .....                 | 113        |
| 5.5.1        | 二维复合分析方法 .....                 | 113        |
| 5.5.2        | 多维复合分析方法 .....                 | 114        |
| 5.5.3        | 案例分析 .....                     | 114        |
| <b>第 6 章</b> | <b>新能源风电发展技术人才供给预测模型 .....</b> | <b>118</b> |
| 6.1          | 技术人才供给因素分析 .....               | 118        |
| 6.2          | 技术人才供给渠道分析 .....               | 121        |
| 6.3          | 技术人才供给现状分析 .....               | 122        |
| 6.4          | 基于马尔可夫链风电技术人才供给预测模型 .....      | 123        |
| 6.4.1        | 马尔可夫链模型构建 .....                | 123        |
| 6.4.2        | 神经网络优化供给预测算法过程 .....           | 126        |
| 6.4.3        | 算例分析 .....                     | 127        |
| <b>第 7 章</b> | <b>新能源风电发展政策建议 .....</b>       | <b>129</b> |
| 7.1          | 新能源风电发展政策建议 .....              | 130        |
| 7.1.1        | 加强规划计划管理 .....                 | 130        |
| 7.1.2        | 完善新能源发展的国家政策支持体系 .....         | 131        |
| 7.1.3        | 完善新能源领域的科技创新体制 .....           | 132        |
| 7.1.4        | 推进电力体制改革 .....                 | 133        |
| 7.2          | 新能源风电技术进步建议 .....              | 134        |
| 7.3          | 新能源风电技术人才培养数量建议 .....          | 136        |
| 7.4          | 新能源风电技术人才培养政策建议 .....          | 137        |
| 7.4.1        | 完善人才培养的政策环境 .....              | 140        |
| 7.4.2        | 完善高校新能源专业培养体系 .....            | 141        |
| 7.4.3        | 新能源风电人才培养重点任务 .....            | 142        |
| 7.4.4        | 完善企业技术人才管理机制 .....             | 144        |
|              | <b>参考文献 .....</b>              | <b>152</b> |

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 新能源相关概念界定

### 1.1.1 常规能源和新能源

常规能源是指已经被长期广泛利用的能源，如煤炭、石油、天然气、水能、电能等。

新能源又称为非常规能源，是指传统能源之外的各种能源形式，指刚开始被开发利用或正在积极研究、有待推广的能源，如风能、太阳能、地热能、海洋能、生物质能和核聚变能等可再生能源，以及由可再生能源衍生出来的生物燃料和氢能等技术。

### 1.1.2 新能源与可再生能源

一般情况下，新能源与可再生能源两者总是相伴出现，人们对于新能源与可再生能源认知上是等同的，对于进入新能源或可再生能源行业的许多企业名称也是既有新能源、也有可再生能源，企业业务领域也未有明显区别。但从理论角度，新能源与可再生能源是两个不同概念，既有联系，也有区别。

根据新能源与可再生能源的定义，两者同属于一次能源，两者在一次能源分类的位置如图 1-1 所示。

由图 1-1 可以看出，新能源包括部分可再生能源和不可再生能源。且两者存在共同的特点：一是能量密度低，高度分散；二是资源丰富，可再生；三是清洁干净，使用过程中不排放损害生态环境的污染物；四是太阳能、风能、潮汐能等资源具有间歇性和随机性；五是开发利用技术难度大。

新能源与可再生能源的区别在于：

(1) 内涵不同。根据能源相关概念综述，新能源与可再生能

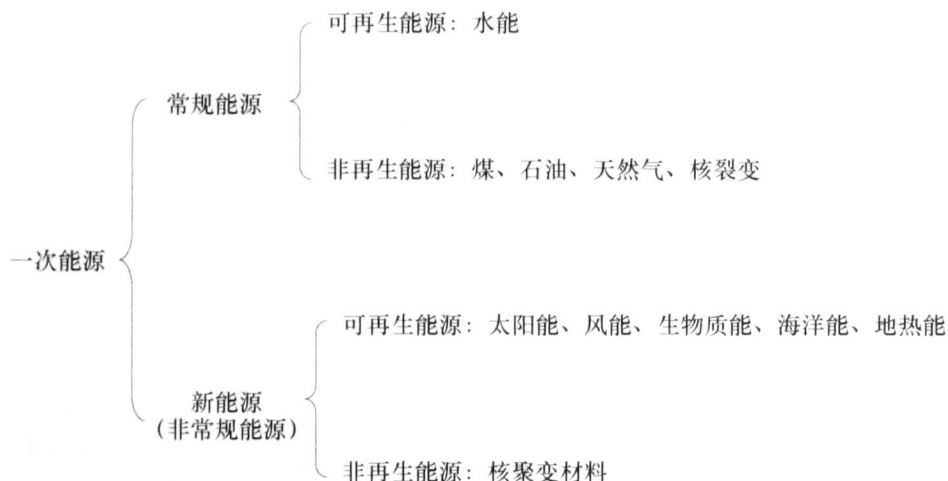


图 1-1 新能源与可再生能源在一次能源中的位置

Fig. 1-1 Position of new energy and renewable energy in primary energy

源是涵义不同的两个概念。

可再生能源主要包括：一是具有自我恢复原有特性，并可持续利用的一次能源；如太阳能、水能、生物质能、氢能、风能、波浪能以及海洋表面与深层之间的热循环、地热能；二是在自然界中可以不断再生并有规律地得到补充或重复利用的能源。新能源是指传统能源之外的各种形式能源，指刚开始被开发利用或正在积极研究、有待推广的能源，以及由可再生能源衍生出来的生物燃料和氢能等技术。

(2) 分类依据不同。可再生能源相对于化石能源而言，能够被周而复始的利用，具有资源潜力大、环境污染低、可永续利用的特点，是有利于人与自然和谐发展的重要能源。例如太阳能、水能等。新能源则是相对于常规能源而言，如氢能、水合物（埋藏在深海的天然气）等。常规能源和新能源是按照目前开发与利用状况来区分的。

(3) 新能源范围的界定是动态的。

新能源与常规能源的划分在一定时期内是相对固定的，但长远来看并不是一成不变的，而是相对的、动态的，今天的新能源

可能是未来的常规能源。新能源范围的界定受到所处历史时期和所在国家技术发展水平及开发利用程度影响。在经济、技术水平较先进的发达国家，一般将煤、石油、天然气、核能以及大中型水电看作常规能源，而把小水电划入新能源范围。而在我国由于水能开发利用较早，目前小水电装机容量再生占据世界总装机容量的一半，所以小水电在我国不属于新能源。

在我国，水能因普遍应用也划归常规能源，生物质能虽然从古代的柴草时期到后来的煤炭时期，生物质能运用就很广泛。但现在其利用形式不再是简单地直接燃烧，而被转换为现代利用的电力、液体或气体燃料，因此部分纳入了新能源范畴。核能国际上已经发展几十年，不纳入新能源，但在中国发展不够充分，技术主要靠引进，应用还处于起步阶段，所以也被视为新能源。

## 1.2 研究背景

20 世纪 70 年代以来，受石油危机和气候变化等因素的综合作用，能源可持续发展思想逐步成为国际社会的共识，可再生能源的开发利用也日益受到世界各国的高度重视。进入 21 世纪，能源安全和环境保护问题日益突出，许多国家将开发利用可再生能源作为能源战略的重要组成部分，将其作为缓解能源供应矛盾、减少温室气体排放和应对气候变化的重要技术措施，纷纷制定发展战略，提出明确的发展目标和相应的激励政策，引导、鼓励可再生能源的发展。全球已有 35 个发达国家和 100 多个发展中国家制定了全国性的可再生能源的发展目标，出台了促进可持续能源发展的相关政策、法律法规或行动计划，支持、扶持可再生能源产业的发展。

经过多年的持续努力，可再生能源发展已取得了明显成效，成本持续下降，市场规模继续扩大。尤其是光伏发电，保持自 2000 年以来年增长超过 60% 的势头；风电成为继火电、水电和核电之后的主要发电电源；太阳能和地热能建筑领域被广泛应

用；太阳能发电、地热发电、海洋能发电、生物质能发电和液体燃料技术应用也在稳步上升。

到 2010 年底，全球风力发电装机已突破 199523MW，生物质发电约 62000MW，太阳能发电 39777.8MW，地热发电 10906MW，生物液体燃料如乙醇的年产量已达到了 59261 千 t。可再生能源已开始从补充能源向替代能源过渡。其发展趋势如下：

(1) 风电向着大型化、规模化方向发展。随着政府的政策支持和科研开发的加强，风力发电的竞争力随着技术的提高、相关成本的降低和规模化的发展在不断加强。

(2) 太阳能发电从边远农村地区走向城市，向着并网发电方向发展。德国并网的屋顶系统和规模化的大型电站发展较快；欧、美、日把太阳能发电作为未来主要的替代能源，预计 2030 年前后太阳能发电可以发挥出重要的作用。

(3) 生物燃料技术发展将以非粮食作物和农林废弃物（如以纤维素和木质）为原料。

(4) 可再生能源的发展从关注高科技向实用化方向转变。尤其是欧美国家，在大力发展风力发电、太阳能发电的基础上开始关注技术含量相对较低、成本较低廉的太阳能利用、地热利用及分布式能源等。

(5) 可再生能源储能技术研究成为重点。由于可再生能源最大的不足是不稳定、波动性较大。因此，储能技术的研究成为重点。

我国也已将可再生能源发展作为改善能源结构、保障能源供应安全、减少环境污染和实现可持续发展的重要措施。自 20 世纪 80 年代以来，我国在可再生能源的开发利用方面已经取得了显著成果，风能、太阳能和生物质能等技术稳步发展，太阳能热水器和小型风电等新能源技术和产业的发展已经走在世界前列。

“十五”期间，我国新能源产业进入了快速发展的时期，颁布实施了《可再生能源法》，制定了《可再生能源中长期发展规

划》，提出了明确的发展目标和政策措施，特别是通过采取特许权招标等措施，大力推进风电的规模化发展；以送电到乡和解决无电人口生活用电为契机，积极支持太阳能光伏发电的应用，推动了太阳能光伏发电技术的进步；围绕改善农村环境卫生条件和增加农民收入，积极发展农村户用沼气；以市场推动为主，推广普及太阳能热水器；以技术研发和试点示范为先导，积极推动生物质能发电和生物液体燃料的发展。我国的可再生能源市场已经进入快速发展时期，可再生能源建设投资显著增加，可再生能源装备制造业发展迅速，正朝着规模化方向发展。

总体来看，近 20 年来，可再生能源技术获得了快速发展，产业规模、经济性以及市场化程度大大提高。专家预计 2010—2020 年，大多数可再生能源技术可具有市场竞争力，在 2020 年以后将会有更快的发展，并逐步成为主导能源。

风电作为相对成熟的新能源产业，装机容量持续增长，正逐步进入平衡发展的轨道，成为我国能源战略的重要补充部分。我国风电发展趋势将是稳步推进风电基地的发展，积极开展分布式风电，将大规模集中开发和分布式发展模式有机结合，因地制宜的发展。

2011 年 10 月 19 日，我国首部《中国风电发展路线图 2050》正式发布，提出我国风电到 2020 年、2030 年、2050 年装机容量分别达到 2 亿 kW、4 亿 kW 和 10 亿 kW，成为中国的主要电源之一。2020 年前，陆上风电为主，近海风电示范，以建立具有自主知识产权的风电产业体系为主要目标，风电的成本比较接近其他常规能源发电技术，开始具有成本优势。2030 年左右，陆上风电、近海风电并重发展，开展远海风电示范，积极发展风电互补与蓄能等技术，加大风电的分布式开发利用等，以建立具有国际竞争力的产业体系为核心目标，风电产业开始走向国际市场，风电的成本低于煤电，国内现行的风力发电补贴政策将逐步取消、退出。在 2050 年左右，陆、近、远海风电全面稳步成熟发展阶段，风电成为我国的主力电源之一，预测我国电力消费届

时可达到 13 万亿 kWh, 风电可以为全国提供 17% 左右的电力需求。

在自然资源条件满足的情况下, 新能源风电产业持续快速发展取决于技术和人才。随着近年来新能源产业的快速发展, 全球性的人才短缺现象已经越来越明显, 人才竞争的激烈程度已经超过资本、成本、资源, 甚至政策环境方面的挑战, 成为行业发展面临的首要难题。

能源是经济和社会发展的重要物质基础。稳定、经济、清洁能源持续供应体系是关系我国经济和社会发展的关键问题。随着我国工业化进程、城镇化步伐的加快和城乡居民生活水平的不断提升, 能源消费需求剧增, 煤炭、石油、天然气等化石能源资源消耗迅速, 生态环境和可持续发展问题突显。因此, 增加能源供应、保障能源安全、保护生态环境、促进经济和社会的可持续发展, 是我国经济和社会发展的一项重大战略任务。开发利用新能源和可再生能源是实现我国社会经济和能源发展战略目标的客观要求。

而风能主要开发应用于发电、制冷和制热等。其中风力发电是主要的利用方式, 也是新能源中发展最快、技术较成熟、最具有规模开发和商业化的产业, 也是未来的主流电源之一。经过多年的努力, 我国风电取得了举世瞩目的发展。目前我国已经成为世界风电装机大国, 海上风电开发利用发展空间巨大, 风机制造水平得到了较大提升, 有两家风机制造企业排名世界前五名, 风机已经实现了出口。但从行业竞争角度与国际先进水平相比, 同样面临着一系列问题与挑战, 主要体现在:

(1) 风电上网难。我国风电装机容量迅速增加, 但由于风电波动性和随机性等输出特性、机组运行和技术水平、电网建设不匹配等, 致使风电并网难, 约 1/3 的装机容量无法上网。

(2) 风机核心技术水平问题。目前国内还缺乏客观、科学的风机检测和入网标准, 核心技术水平和自主创新能力有待提高。我国还没有建立国家级的风电技术研发平台, 缺乏持续深入的基

基础研究，未形成有效的产、学、研相结合的技术研发体系。目前我国商业化的风电机组基本上都是在技术引进和消化吸收的基础上，通过企业外部采购零部件整装所实现的批量化生产，自主创新程度不够，仅体现在局部工艺改进上。行业缺乏总体发展战略、深度协作和资源整合机制，产业整体效率有待提高。目前，风电技术研究和开发队伍相对分散，公共技术服务体系不健全，缺乏对风电产业和技术系统性的发展战略、整体方向引导，缺乏充分的行业协作和资源整合。

(3) 风电制造业发展迅速，有些机组产品急于投入规模化生产，产品质量和运行的可靠性有待提高。而风电机组的质量优良和可靠性高是风力发电的根本保障。我国亟待建立健全风电技术标准和检测体系，坚持循序渐进的技术产品研发和产业化道路以保障产品质量和可靠性。

(4) 人才培养问题。专业的风电人才将成为保障产业顺利发展的基础。在我国，真正掌握装备制造、风能资源评价、风电场管理、检测认证等风电发展领域核心技术的人才不多，尤其是装备系统设计、集成技术和关键零部件研发和设计技术人才仍然短缺。新能源风电产业持续稳定发展，对技术进步提出了更高的要求，而技术进步与创新最终需要强有力的技术人才支撑。同时，技术人才的技术水平不断提升，也会促进产业技术进步。而新能源未来 40 年的发展目标，隐含提出了未来对新能源技术、技术人才数量、结构和技术要素等方面更高的要求，而按照新兴产业的发展规律，人才培养和聚集至少需要 20~30 年的时间。新能源技术人才的需求是建立在一定的新能源生产技术和组织条件下的。因此，要想实现新能源风电的发展目标，必须进一步明晰这些要求，满足新能源产业近期发展需要和健康可持续发展的人才支撑，成为国家及企业人力资源管理的重点。

因此，根据新能源风电产业发展的要求，在对新能源风电发展现状和技术进步趋势分析的基础上，进行技术贡献率、技术进步程度等相关评价，对新能源风电装机容量和负荷等进行预测，