

# 可再生能源技术的发展 ——基于太阳能和风能的分析

## Development of Renewable Energy Technologies

### —Analysis Based on Solar Energy and Wind Energy

张筱 李天豪\*

Xiao Zhang Tianhao Li\*

山东科技大学 中国·山东 青岛 266590

Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong, 266590, China

**摘要:** 中国作为世界上最大的温室气体排放国和能源消费国,一直存在着环境污染和能源供给问题。为了实现社会的可持续发展,增加能源供应,保护生态环境,中国政府相继出台了多项政策指导可再生能源的发展。在此背景下,论文介绍了当下中国所面临的能源形势,总结并梳理了太阳能和风能应用在中国和其他国家的发展现状以及相关利用技术的研究进展,并结合国家能源战略及政策制定,分析了未来两种可再生能源技术的发展趋势。

**Abstract:** As the world's largest greenhouse gas emitter and energy consumer, China has always had problems with environmental pollution and energy supply. In order to achieve sustainable social development, increase energy supply, and protect the ecological environment, the Chinese government has successively issued a number of policies Guide the development of renewable energy. In this context, this paper introduces the current energy situation in China, summarizes and sorts out the development status of solar and wind energy applications in China and other countries and the research progress of related utilization technologies, combined with the national energy strategy and policy formulation, the development trend of the two renewable energy technologies in the future is analyzed.

**关键词:** 可再生能源; 太阳能利用技术; 风能利用技术

**Keywords:** renewable energy; solar energy utilization technology; wind energy utilization technology

**DOI:** 10.12346/etr.v4i7.6620

## 1 引言

人类社会的发展离不开传统能源,传统能源具有能量密度高、基础储量大、开采成本低、便于运输等特点。但是,大规模使用传统能源所导致的环境污染和全球变暖问题已经让人类的生存环境受到了严重的威胁,因此越来越多的民众和研究者开始重视这个问题,并呼吁各国政府及时做出应对。

中国是世界第二大经济体,在过去几十年内,能源消耗量经历了爆炸式的增长<sup>[1]</sup>。自改革开放以来,中国的一次能源消耗量从1978年的5.71亿吨标准煤增加到2017年的

4490亿吨标准煤,平均每年增长5.4%。在能源消耗增长的背后,是日益严重的环境污染和大量的二氧化碳排放,为了减少对一次能源的依赖,保护生态环境,中国于“十四五”规划中明确提出要推动绿色低碳发展,大力扶持可再生能源技术,承诺在2030年将非化石能源占能源消费总量比重提高到25%左右。这就意味着更多的可再生能源份额将被整合到中国的能源发展战略中去,尤其是风能和太阳能。根据国家发改委能源研究所的报告,预计到2050年,中国将安装24亿kW·h的风电项目和27亿kW·h的光电项目,年发电量可达9.66万亿kW·h,可占中国总发电量的64%。

【作者简介】张筱(1999-),女,中国山东济南人,本科,从事可再生能源技术研究。

【通讯作者】李天豪(1998-),男,中国江西南昌人,本科,从事可再生能源技术研究。

因此,未来风能和太阳能将成为绿色电力的主要来源<sup>[2]</sup>。

## 2 太阳能利用技术在中国和其他国家的研究及发展现状

中国拥有丰富的太阳能资源,据统计,全国地区平均太阳能总辐射量大致在  $930\sim 2330\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{年}$ ,并且绝大部分地区的年均日辐射都在  $4\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$  以上。为了达成 2030 年碳达峰,2060 年前碳中和的目标,国家发改委在“十四五电力规划”中指出,政府将持续优化太阳能发电的发展布局,在继续推进集中式基地建设的同时,全力支持分布式光伏发展等。

### 2.1 太阳能利用技术

太阳能的利用方式主要有光—热转换和光—电转换。光—热转换也称为太阳能热利用技术,其原理是利用太阳能的热辐射效应,来直接加热工质,或者通过收集太阳能辐射,将太阳能转换为热能进行多次利用。根据不同的温度区间,光—热转换技术可分为三种<sup>[3]</sup>:太阳能低温热利用技术、太阳能中温热利用技术、太阳能高温热利用技术。低温利用技术是利用换热器来收集热量进行使用,目前中国和其他国家主流的换热器是平板集热器和真空管集热器。平板集热器是由吸热板、集热板、保温材料等几部分组成,且其易与建筑物结合,故应用范围十分广泛,而真空管集热器是一种在平板集热器基础上发展起来的新型集热装置,真空管集热器可以有效减少辐射热损失和对流损失,增强换热效率。中温热利用技术与低温利用技术一样,也是通过换热器来进行光—热交换,二者的不同点在于,中温热利用系统采用了更加高效的集热器,可以进一步提高太阳能利用的综合效率和经济性。中温利用一般用于海水淡化、太阳能蒸馏系统与太阳能制冷空调<sup>[4]</sup>。高温利用技术也称光—热发电,也就是利用大型太阳能发电系统收集太阳能的热辐射来加热工质或热源,以此推动机组进行发电,由于技术问题,目前高温利用领域的相关应用推广较少。

光—电转换也称光伏发电,它利用太阳能电池将太阳辐射能直接转化为电能,是一种清洁可持续太阳能利用方法。目前,中国太阳能的主要利用形式也是光伏发电,截至 2020 年底,中国并网太阳能光伏发电总量为  $2661\text{kW}\cdot\text{h}$ ,同比增长 16.6%。光伏发电具有悠久的研发历史,早在 20 世纪 50 年代,贝尔研究所研制出了硅电池,这也是人类第一次成功地将光转化为电<sup>[5]</sup>,在早期,电池都是以单晶硅为活性材料,价格高昂。1996 年,有机双层异质结的概念被成功引入了电池研发<sup>[6]</sup>,为有机太阳能电池的发展提供了新的思路。如今,随着科技的进步,太阳能电池衍生出了许多不同的种类,例如多晶硅电池、非晶硅电池、化合物电池等等。就总体而言,晶硅太阳能电池的优点十分明显,如光电转换率高、技术工艺成熟、产业链完整等,所以它可以广泛应用于多个产品领域和应用场合。

### 2.2 光伏发电面临的挑战

虽然中国的太阳能产业发展迅速,但目前应用最广的还是光伏发电技术,热利用与光化学的相关应用在中国推广较少,故本节主要分析光伏发电发展中遇到的一系列问题。

首先是政策问题,由于中国各省份的能源结构差异、能源政策的执行程度<sup>[7]</sup>、余电上网的电力调配问题,这些因素都会导致投资者对太阳能利用前景的信心不足,从而影响到未来的整体产业发展。

其次是资金问题,虽然目前大部分光伏产业都有一定的政策补贴,但对于大规模建设光伏发电场来说却远远不够,在没有新能源公司和银行的资金投入下,光伏设备的推广进度会变得异常缓慢<sup>[8]</sup>。此外,对于建设后设备的维护问题,地方政府并没有分配额外的预算和资金,如果光伏设备长期得不到维护,发电设备的效率就会下降,减少电厂整体收益率。

最后,弃光率是光伏增长的关键障碍<sup>[9]</sup>。由于灵活性有限、输出波动不稳定、输电拥塞和供需不匹配等问题,电网有时会限制光伏发电的输送,这就使得多余的电能被遗弃。虽然研究人员已经考虑了许多方案来缓解太阳能弃电,但是,这些解决方案要么昂贵,要么不成熟,因此光伏系统的未来部署必须追求质量而不是数量,盲目增加产能,会加剧电力供需不匹配。

### 2.3 总结

近几十年来,太阳能的广泛利用为中国带来了巨大的环境效益和经济效益,许多太阳能应用也在中国的能源转型及脱贫攻坚过程中起到了不小的作用。本节主要介绍了太阳能应用在中国和其他国家的发展现状,总结了太阳能利用技术的研究进展,并对未来中国太阳能产业所面临的挑战进行了分析,可以预见,未来中国政府会持续加大对太阳能产业的扶持,鼓励国际合作,推动技术交流和进步。在光伏技术成熟,成本不断降低的背景下,太阳能应用会在中国能源市场占有相当大的份额,成为未来能源供应的主要来源。

## 3 风能利用技术在中国和其他国家的研究及发展现状

风能具有清洁无污染、可持续利用、分布广、蕴藏量大等特点,它不仅可以作为机械能直接使用,也可以通过机械装置将风能转换成电能来间接使用。在众多风能应用中,风力发电是风能利用的最主要途径,本节就风力发电做主要内容。

风力发电分为海上风力发电和陆上风力发电。在 19 世纪 80 年代,第一批陆上风电场于在加利福尼亚被建造出来<sup>[10]</sup>,截至 2018 年年底,全球风电总装机量超过了 0.5 太瓦<sup>[11]</sup>。中国现代风力发电技术的研究起源较晚,但发展速度却十分迅速,经过了多个阶段的应用和研究,中国已经成为全球风电领先者,进入稳步发展阶段。

为了实现国家经济社会发展战略目标,加快调整能源结构,更好地发挥中国风能储量丰富的特点<sup>[12]</sup>,中国政府在五年计划(FYP)中提出要把包括风电在内的新能源列入七大“国家战略性新兴产业”<sup>[13]</sup>,还实施了免税和上网电价在内的优惠措施,以加快风电部署。在相关政策的大力支持下,中国的风电发展取得了较大进展,至2020年12月底,全国风电新增装机7167万kW,同比增长178.4%,全国并网风电装机2.81亿kW,同比增长33.1%。

### 3.1 风能利用技术

风力发电系统中最重要的部分是风力涡轮机,它能利用空气升力来产生扭矩带动涡轮机叶片旋转来进行能量转换,将风能转换为各种应用的机械能<sup>[14]</sup>。世界上第一台用于发电的风力涡轮机于20世纪初被开发出来,经过研究人员不断地改进以及相关技术的发展,目前涡轮机及其组件的集成优化效果得到了显著改善。现如今,为了在低成本的条件下去最大限度地捕获风力<sup>[15]</sup>,设计人员通常将涡轮机叶片的尺寸设更大,以此来获得更大的扫风面积,提供更多的能量输出。

现代风力涡轮机的构造比较简单,通常由转子、机舱、齿轮箱、发电机和塔架组成。转子是由类似飞机机翼的叶片组成,主要作用就是收集风能后将其转换为机械能。机舱位于涡轮机塔顶,它依附在转子上,通过轴承连接到塔架上,机舱内部包含转子轴、齿轮箱和发电机等主要技术部件,其中,齿轮箱的作用是将低转子速度转换为高转子速度,随后带动发电机将机械能转换为电能。

依照转子轴的方向的不同可将涡轮机分为水平轴风力涡轮机(HAWT)和垂直轴风力涡轮机(VAWT)。与HAWT相比,VAWT由于安装后靠近地面,受风影响小,捕风能力差,进而导致效率降低,为了达到更高的输出电量,就势必需要增大涡轮机尺寸,这也导致成本随之上升。而在相同条件下,HAWT拥有更高的能量传输效率,因此HAWT在风电行业一直处于主导地位<sup>[16]</sup>。虽然VAWT的缺点不少,但在一些特定条件下,该系统有着独特的优势。例如,运行速度要求较低,可以在低风速条件下可以进行生产,噪声小,捕获角度大<sup>[17]</sup>,所以VAWT常用于屋顶及小型场所应用。目前,风力发电普遍使用的涡轮机有基于鼠笼式感应发电机(SCIG)的直接并网定速风力涡轮机、基于双馈感应发电机(DFIG)的变速风力涡轮机和带有永磁同步发电机的直接驱动变速风力涡轮机(PMSG)<sup>[18]</sup>,其中,以(PMSG)为主的多相风力发电技术运用效果最好。

想要大规模利用风力进行发电,就必须建造风电场,在风电场建造设计阶段开始之前,设计人员需要对建造区域的风能资源、风能潜力、海洋水文、工程地质等要点进行评估,而且根据建设地点的不同,侧重考虑不同的要素。在后期的电能输出阶段,根据实际发电量的大小及发电规模用户可以选择不同类型的连接系统。如果风电场拥有非常大的发电规

模与发电容量可以选择并网系统,选择并网系统后,多余的电量可以传输到上行电网,经过统筹调配来进行电力消纳。此外,由于风力发电的不稳定性,想要选择并网系统,风电系统就必须满足多项参数的稳定,才能保证风电场建成后的正常运行<sup>[19]</sup>。相反,如果发电场所的规模较小,且不考虑上传余电,就可以选择离网系统,也称独立风力发电系统。该系统结构简单、技术成熟、成本较低,适用于电力传输及分配效率不高的偏远地区,尤其是发展中国家的农村地区,独立的风力发电系统可以为家庭、学校及办公室提供不间断的电力。

除了风电应用外,风能还被用作其他一些方面,如风力抽水,传统的电力抽水需要大量的基础设施建设及高昂的电力成本,这对于农村地区极为不利,而使用风力水泵则可以节省大量资源,促进相关地区的经济发展。除此之外,还有小型涡轮机发电、风能—太阳能电动汽车充电站、风力驱动的道路照明系统,这些应用设施都合理利用了风能的特点,实现了节约能源的目的。另外,在技术条件允许的情况下,风能还可以与太阳能、生物质能、地热能及其他分布式能源等可再生能源集成,这种多能源的混合模式不仅可以提高发电量,还可以缓解高峰时的用电需求。

### 3.2 风力发电面临的挑战

虽然风电技术已经趋向于成熟,运用广泛,但在许多方面仍然存在着不少问题。

首先是经济挑战。风电的启动成本高,在建设风能项目过程中,涡轮机的制造、地基和道路的建设及运输过程需要大量的投资,除去前期大规模的资本投入,建成后风力发电的收益及回报周期问题也让许多投资者望而止步。

其次是技术挑战。在整个风力发电过程中,工作人员在保障电力安全的同时还要确保风电系统的效率、稳定性、电能的质量以及可靠性<sup>[20]</sup>。由于风的不受控制、间隙性的特点,目前并没有很好的办法去解决这个问题,另外在长时间的工作后,风机设备需要进行停机维护和保养也是保障安全和设备稳定性的一项必要工作,如果不能保证电网的稳定,那么在发电过程中,整体的输电路线就会存在较大的损耗。

最后就是社会及环境挑战。大型的风力发电机组会产生噪声污染<sup>[21]</sup>,虽然涡轮机产生的噪声小于高速公路的交通噪声,但在特殊情况下,涡轮机噪声可以传播得更远,持续的噪声也会导致一系列健康问题。并且,野生动物的生存状态也是建设风电系统之前所需考虑的因素。

### 3.3 小结

本节从中国政策、风力发电原理、电力输出技术等几个方面出发,对风能的中国和其他国家发展现状及风能利用技术进行了归纳,并总结了未来风能发电技术所面临的多种挑战。

现阶段,风能技术的发展较为迅速,利用技术比较成熟,在能源需求不断增长的趋势下,大规模部署基于风能的发电

设备已成为必然。要想大规模运用风能资源,就必须建设一个长期的可再生能源发展模式,同时还需要先进的技术支持、合适的平台承载系统、大规模商业投资、国家补贴和长期规划。未来风能消费的增长取决于可再生能源份额的持续增长,受 COVID-19 的影响,一些国家可能会降低燃料标准用以刺激经济,这会减缓可再生能源技术的消费和发展。但在中国完善的疫情控制制度、大力推动新能源发展的政策背景以及碳中和碳循环的发展规划下,风能发电仍具有相当理想的市场前景和经济效益。

#### 4 结语

论文主要介绍了目前的国际形势和国际能源现状,对太阳能与风能的利用技术进行了分类整理,论文预测了二者未来的发展前景,指出了太阳能与风能在未来的发展过程中会遇到的挑战,针对这些问题提出了一些解决方法。

近几十年来,水力发电是中国可再生能源的支柱产业,由于目前中国的水电容量已接近上限,未来水电难以大幅增加,政府正在迫切推广其他清洁能源,虽然中国对于可再生能源技术的研究从未放缓,但大多数可再生能源技术并不能马上应用于实际生活中,有些甚至还处处受到限制。

因此,风能和太阳能的实际需求量会在未来几十年大幅增加,它们技术成熟,潜力巨大。特别是在分布式形式下,太阳能和风能的收集和电力转化过程都可以在用户的终端位置产生,这样不仅可以降低输电投资成本,还可以减少电力传输过程中的损失,缓解中国能源禀赋的地域失衡。

#### 参考文献

- [1] Jlac D, Jhbde F. The expansion of China's solar energy: Challenges and policy options[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 132.
- [2] Liu L, Wang Z, Wang Y, et al. Optimizing wind/solar combinations at finer scales to mitigate renewable energy variability in China[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2020, 132:110151.
- [3] 莫一波,杨灵,黄柳燕,等.各种太阳能发电技术研究综述[J].*东方电气评论*,2018,32(1):78-82.
- [4] 郑瑞澄.太阳能利用技术[M].北京:中国电力出版社,2018.
- [5] Chapin D M, Fuller C S, Pearson G L. A New Silicon p - n Junction Photocell for Converting Solar Radiation into Electrical Power[J]. *Journal of Applied Physics*, 1954,25(5):676-677.
- [6] Cheng L K, Bosenberg W R, Tang C L. Broadly tunable optical parametric oscillation in  $\beta$ -BaB<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Appl. Phys. Lett. 53 175-177[J]. *Applied Physics Letters*, 1988,53(3):175-177.
- [7] Li Z S, Zhang G Q, Li D M, et al. Application and development of solar energy in building industry and its prospects in China[J]. *ENERGY POLICY*, 2007.
- [8] Ahmad L, Khordehgah N, Malinauskaite J, et al. Recent advances and applications of solar photovoltaics and thermal technologies[J]. *Energy*, 2020:118254.
- [9] Jiang M, Li J, Wei W, et al. Using existing infrastructure to realize low-cost and flexible photovoltaic power generation in areas with high power demand in China[J]. *iScience*, 2020, 23(12):101867.
- [10] Parada L, Herrera C, Flores P, et al. Assessing the energy benefit of using a wind turbine micro-siting model[J]. *Renewable Energy*, 2018, 118(APR.):591-601.
- [11] Wallasch A K, Luers S, Vidican G, et al. The Socio-economic Benefits of Solar and Wind Energy,2014.
- [12] 李伟,涂乐,林勇刚.风力发电中液压技术的应用研究[J].*液压与气动*,2013(3):1-9.
- [13] MZA B, QCB Ye, NH A. Low-carbon energy transition from the commanding heights: How state-owned enterprises drive China's wind power "miracle".
- [14] Kaldellis J K, Zafirakis D. The wind energy (r)evolution: A short review of a long history[J]. *Renewable Energy*, 2011, 36(7):1887-1901.
- [15] Snitchler G, Gamble B, King C, et al. 10MW Class Superconductor Wind Turbine Generators[J]. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, 2011, 21(3):1089-1092.
- [16] Kumar Y, Ringenberg J, Depuru S S, et al. Wind energy: Trends and enabling technologies[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,2016, 53(1):209-224.
- [17] Liserre M, Cardenas R, Molinas M, et al. Overview of Multi-MW Wind Turbines and Wind Parks[J]. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 2011, 58(4):1081-1095.
- [18] Muller S, Deicke M, Doncker R D. Doubly fed induction generator systems for wind turbines[J]. *IEEE Iam*, 2002,8(3):26-33.
- [19] Singh B, Singh S N. Wind Power Interconnection into the Power System: A Review of Grid Code Requirements[J]. *Electricity Journal*, 2009,22(5):54-63.
- [20] Ibrahim H, Ghandour M, Dimitrova M, et al. Integration of Wind Energy into Electricity Systems: Technical Challenges and Actual Solutions[J]. *Energy Procedia*, 2011,6(1):815-824.
- [21] R, Saidur, et al. Environmental impact of wind energy[J]. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2011.