

## Topic Insights

### 清洁电力技术

Robin J. Batterham

Kernot Professor of Engineering, University of Melbourne, Australia

*Engineering* 期刊就清洁能源主题适时出版了一期专题论文。本专题中的研究论文和观点述评涵盖了一个非常多样化且有争议的领域。关于清洁能源主题的观点十分多样，从主张采取紧急行动防止人类灭绝到否认气候变化的存在，可谓包罗万象。在排除任何群体之前，对工程师和技术人员来说，留意图1所示的对气候变化的不同态度呈现相当均匀的分布是很有意义的[1]。

因此，我们应该注意到，在世界不同地区如何使用清洁能源的问题上，需要有一系列的论证和选择。在本期清洁电力专题中，我们将“清洁能源”定义为以经济、可靠和环境可持续的方式输送能源，来满足大众的需求并得到他们的支持。抛开个人态度不谈，怎样才被认为满足这些标准，这在世界各地存在着巨大的差异。

让我们思考一下欧洲、中国和北美洲三个“超级”清洁能源地区的做法。欧洲被认为是清洁能源发展的先行者。在各国政府（尤其是德国）的大力支持下，20多

年来，欧洲一直鼓励对太阳能和风能进行投资，并且取得了很大成就。事实上，这期专题包括了两篇关于下一代太阳能光伏技术前沿的研究论文（Yang等及Ramirez Quiroz等），该技术的基础是 $\text{Cu}(\text{In}_x\text{Ga}_{1-x})\text{Se}_2$  (CIGS)，如铜、镉、镓、硒化，而不是硅。尽管做出了这些努力，不过现在欧洲大多数政府仍然认为，要实现2050年的宏伟目标，负排放是绝对必要的。实际上，最近一项以欧盟为基础的Meta研究[2]表明，生物能源与造林/再造林和土壤封存一起，是实现大规模负排放的唯一经济途径。相比之下，直接收集空气在经济上是不可行的。因此，在本期专题中刊登的由刘伟等撰写的关于生物质发电和氢转化的文章既及时又相关。低温生物质流动燃料电池的概念是新颖的，因为这是利用生物质作为电子供体来减少电解水所需能量的方法。

然而，在中国，我们看到了不同的方法。尽管中国拥有最大容量的风力发电装机（中国：0.211 GW；美国：0.096 GW；德国：0.059 GW）[3]，但正如王树民在

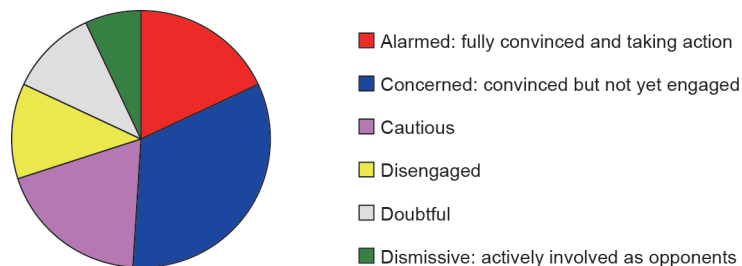


图1. 对气候变化的态度。

本期专题中指出的那样，煤炭仍然是其主要的动力来源（600 GW），并且在可预见的将来可能会保持这种状态。因此，中国面临的挑战是应对汞、硫氧化物、氮氧化物和颗粒物的排放。这一问题已被后处理净化技术灵活而有效地加以解决，那些污染物的排放量已超过美国燃气发电厂要求的标准，即接近于零。而如何减少煤炭的排放量以符合最近宣布的2060年的零排放要求，还有待观察。

美国近年来变化最大的是许多燃煤电厂的停用，代之以更为廉价的天然气。当然，这种转变既能减排，也能降低成本，两方面都有益处。虽然各州的方法明显不同，但很显然的是，北美洲的电力深度脱碳既需要负排放，也需要大量采用低排放技术和更多的存储空间——后者还有待证明是否具有规模经济效应。Greig在本期专题中描述了“Rapid Switch”项目[4]中的一些活动，我们对其结果非常感兴趣，但如果看到低排放技术所需的产能过剩至少是峰值需求的5倍（这是一个相当大的挑战），我不会感到惊讶。电网互连也必须相应地增加。至于这种转变所带来的经济效益，只有时间才能证明。

关于哪些技术将会发展和繁荣，为全球提供所需的清洁能源，笔者在以前就曾指出[5]，预测技术比赛的赢家既是无效的也是不明智的，尽管这对各个政府、公司和企业具有吸引力。因为技术的发展本来就是不可预测的，它在过去发生变化，将来也会继续变化。因此，为了提高我们所使用清洁能源的地位，我们应该采取各种可能的解决方案。

碳捕集、利用和封存（CCUS）被许多人认为是未来清洁能源的重要组成部分，但目前过于昂贵。正如Singh等[6]所指明的，当考虑整个发电站时，其经济性很低，而CCUS的部署有望远远低于文献中经常出现的平均成本。也就是说，降低成本对CCUS来说相当重要。Alivand等在本期专题中详细介绍了改进胺吸收的技术。只有通过这样的发展，才能真正有机会大规模采用CCUS。

我们还看到了很多令人激动的进展，这些进展正在推动CIGS光伏元件的发展。尽管基于硅技术的地位相当稳固，但仍有竞争空间。

最后，在考虑清洁能源时，应适当考虑能源利用的总体情况，特别是金属等工业材料的运输和生产情况。Hartley和Au在本期专题中的观点述评文章中指出，未来以氢为中心的话题可能变成热点。关于氢和电在使用

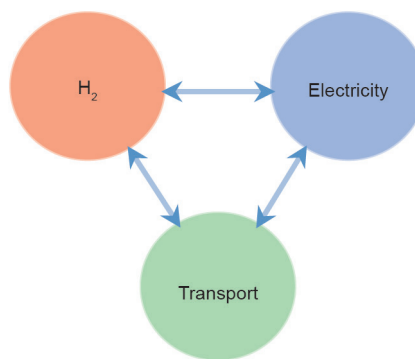


图2. 氢和互换性尚未得到很好的探索。

方面的互换性，特别是在运输方面，目前还没有太多讨论。氢可以由电产生，也可以产生电。氢气可以储存，也可以用于运输。电能也可以用于运输，电动汽车还可以在智能电网上提供存储和负荷管理，如图2所示。这些双重功能和互换性还有待探索，但氢能运输和美国国内应用的长期市场目前可能被低估。至于阻碍氢能发展的因素，成本是一个挑战，尤其是基础设施供应方面的成本。

扩大氢能市场需要强大的动力。其中一个动力可能是将10%的氢气注入天然气供应系统。尽管天然气-氢气混合物可以用于100%使用天然气的应用，但也有可能从天然气-氢气混合物中提取氢气，以单一地使用氢气。胡国平等在本期专题中探讨了将置换的风能转化为氢气，通过天然气管道输送，然后在存在氢气需求的地方进行提取的可能性。这种可能性也提醒我们，虽然低排放的能源并不缺乏，但其中很多能源距离投入市场使用还任重道远。

总而言之，预测2050年的清洁能源技术会发展到哪一步是不太容易的。然而，在本期专题中，我们收获了一些有益于清洁能源发展的见解，这些发展可能有助于提供经济、可靠和环境可持续发展的清洁能源，满足公众的需要并得到其支持。

## References

- [1] Renewing democracy in a time of environmental crisis [Internet]. Melbourne: The University of Melbourne; 2019 Nov 18 [cited 2020 Mar 26]. Available from: <https://pursuit.unimelb.edu.au/podcasts/renewing-democracy-in-a-time-of-environmental-crisis>.
- [2] Fuss S, Lamb WF, Callaghan MW, Hilaire J, Creutzig F, Amann T, et al. Negative emissions—Part 2: costs, potentials and side effects. *Environ Res Lett* 2018;13(6):063002.
- [3] GWEC Global wind report 2018 [Internet]. Brussels: Global Wind Energy Council; 2019 Apr [cited 2020 Mar 26]. Available from: <http://gvec.net/globalwind-report-2018/>.
- [4] Rapid Switch project to assess practicality and pace of global climate strategies [Internet]. Princeton: Princeton University; 2019 Jun [cited 2020

- Mar 26]. Available from: <https://www.princeton.edu/news/2019/06/24/rapid-switchproject-assess-practicality-and-pace-global-climate-strategies>.
- [5] Williamson RC, Ragnnail MN, Douglas K, Sanchez D. Technology and Australia's future: new technologies and their role in our security, cultural, democratic, social and economic systems, final report [Internet]. Melbourne: Australian Council of Learned Academies; 2015 [cited 2020 Mar 26]. Available from: <https://apo.org.au/sites/default/files/resource-files/2015-09/apo-nid57474>.
- [6] Singh SP, Hao P, Liu X, Wei C, Xu WQ, Wei N, et al. Large-scale affordable CO<sub>2</sub> capture is possible by 2030. *Joule* 2019;3(9):2154–64.