

【精彩论文】德国新能源发电发展和运行研究

原创 中国电力 中国电力 6月8日



戳蓝字“中国电力”关注我们哦！

王跃峰

水电水利规划设计总院

引文信息

王跃峰. 德国新能源发电发展和运行研究[J]. 中国电力, 2020, 53(5): 112-121.
WANG Yuefeng. Research on development and operation of renewable energy generation in german[J]. Electric Power, 2020, 53(5): 112-121.



研究背景

中国的新能源发展取得了举世瞩目的成绩，但受制于电源结构、电网网架等因素，新能源运行和消纳问题突出，且部分地区已经由于消纳问题开始限制新能源发展。德国2019年风、光发电量占全部发电量的33.4%，是中国该数值的（8.6%）近4倍。本文通过对德国相关数据的收集和整理，研究德国新能源和常规电源发展历程，总结德国新能源发展经验和启示，研究德国电力系统应对新能源功率波动性的措施，为我国未来新能源健康发展提供参考。

论文所解决的问题及意义

德国新能源发展和消纳工作成绩突出，国内学者对德国新能源消纳经验做了大量分析，但大多只是对德国新能源发展和运行进行了概略性的研究，基本没有详实的数据统计和分析。

本文通过对欧洲能源及大宗商品交易中心数据、欧洲电网电力进出口信息、欧洲电力现货交易所电力生产和价格数据和德国Fraunhofer太阳能研究院数据的收集和整理，研究德国各类电源装机、发电量、发电小时数变化，以及德国近十年来能源转型历程。研究德国负荷用电量以及与周边国家联络线电量和电价变化情况，分析新能源发展给德国电价带来的影响，总结德国新能源发展经验和启示。通过典型周电力系统运行数据，分析德国电力系统应对新能源功率波动性的措施。

论文重点内容

从装机变化看，德国开始能源转型后，风电、太阳能发电装机容量逐年增长，2006—2018年，风电、太阳能发电装机容量年均增长率分别达到9%和26%。德国近年来最大负荷一般在80GW左右。由于受自然因素限制，风电、太阳能发电在负荷高峰时段均可能出现低功率现象，不能提供安全可靠的电力供应。因此，为保障供电可靠性，德国近年来可控电源装机容量除核电外，未有明显减少，基本维持在100GW左右，可以满足国内最大负荷需求，如图1所示。

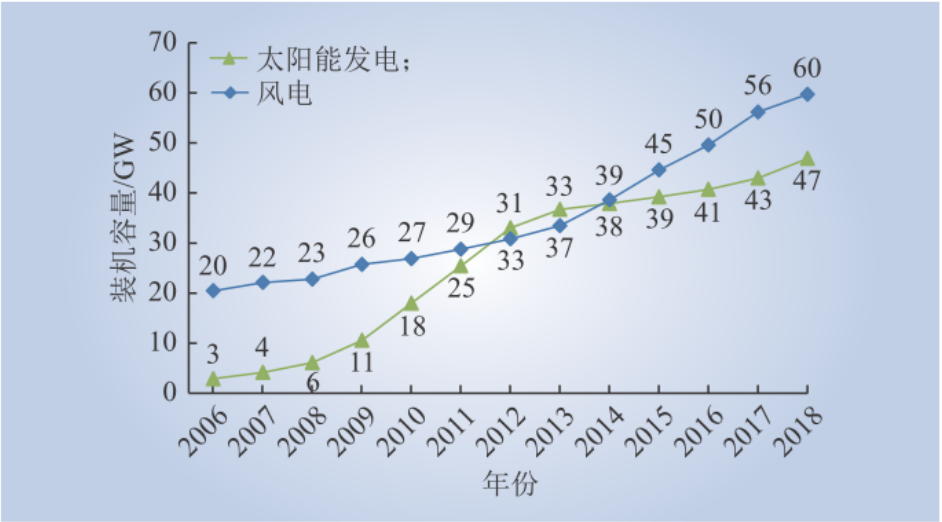


图1 德国国风电、太阳能发电装机容量变化

从各类电源年发电量变化看，褐煤、水电、燃油机组发电量未有明显变化；核电受装机容量减小影响，发电量减小；风电、太阳能发电、生物质发电受装机容量增大影响，发电量迅速增长；硬煤发电量逐年减小，但幅度下降不大；燃气发电虽然装机容量增长较快，但发电量有所降低。各类电源年发电量占比的变化情况如图2所示，可以看出，风电、太阳能发电、生物质发电发电量占比不断增加，替代了部分核电、硬煤发电和燃气发电量。

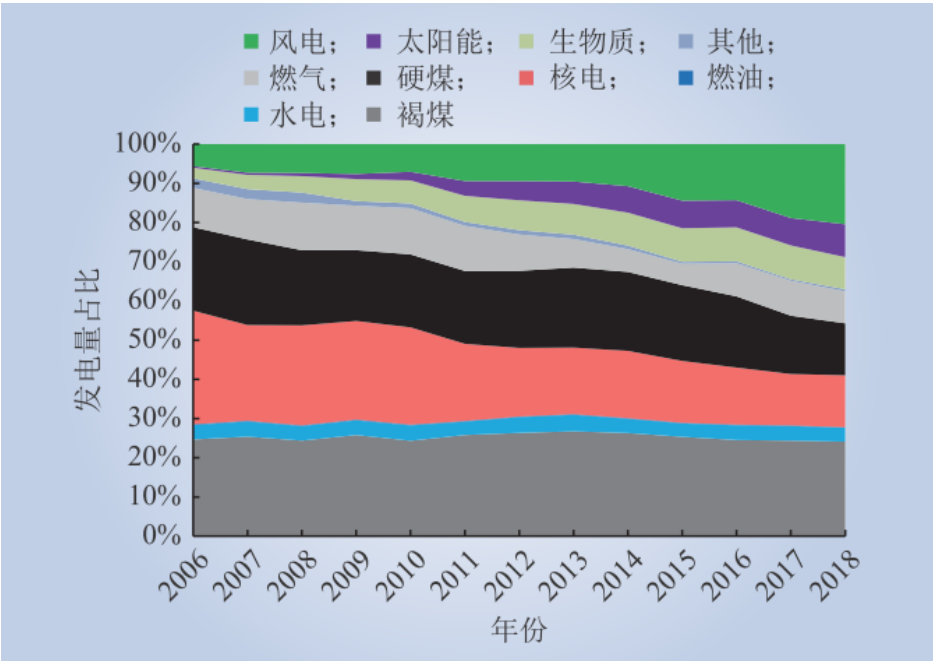


图2 德国各类电源发电量占比变化

从新能源发展对常规电源影响来看，2006—2018年德国燃油发电主要用途为电网高峰负荷备用、应急备用或距离电网较远地区的供电，年平均小时数比较固定，仅203h。

燃气发电虽然装机容量逐渐增加，但由于需要配合风电和光伏发电开展每日的电力平衡，发电小时数逐渐下降，年平均1969h。核电、褐煤发电也基本不参与电力平衡调节，仅在市场价格为负电价时采取降出力或关机调节，核电2006—2018年平均小时数为7311h（2011年因装机容量变化较大，未计入），褐煤发电年平均小时数为6475h。配合风、光波动开展调节的主要是硬煤发电，导致硬煤发电小时数逐渐下降，从2006年的4317h降低到2018年的3050h。

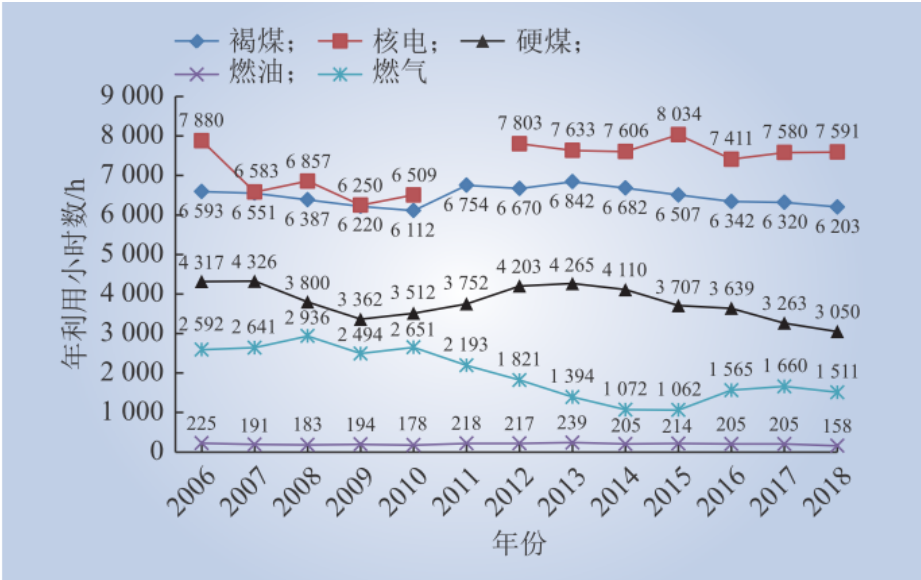


图3 德国核电和化石能源发电小时数变化

从联络线送受电量来看，由于德国新能源装机容量较大，风、光出力波动明显，除了依靠本国硬煤发电、燃气发电调节外，还依靠跨国联络线开展电力平衡，利用他国资源平衡本国风光波动。当本国来风、来光较小时，本国电源不能及时开机以保证供电，市场出清价格较高，从国外购入电力；当本国风电、太阳能发电出力较大时，市场出清价格较低甚至是负电价，向国外低价售出电力。德国跨国联络线交换电量逐年增加，从2006年的55TW·h上升到2017年的107TW·h，增长将近一倍，2018年有所下降，至93TW·h，如图4所示。

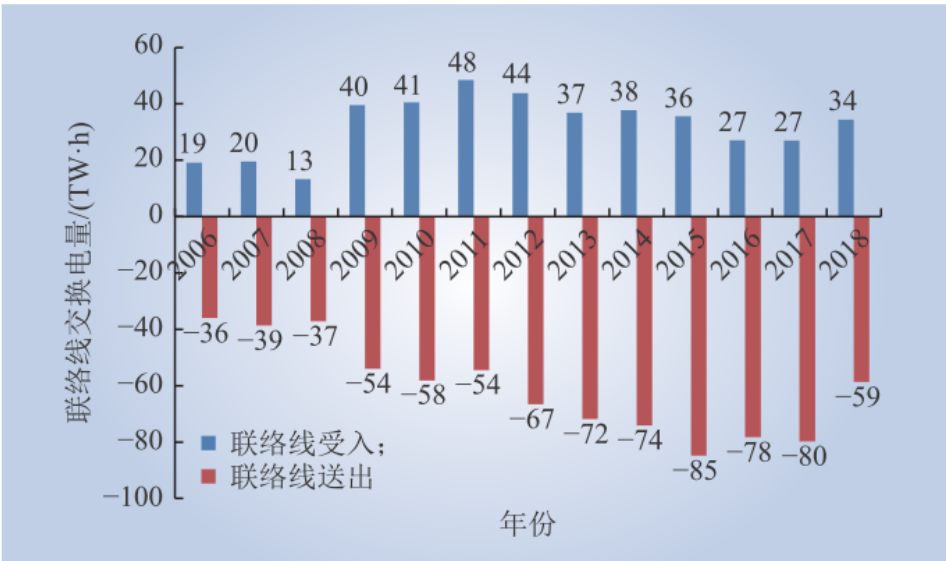


图4 德国跨国联络线交换电量情况

从实际运行来看，新能源按照0电价参与电力市场竞价（实际结算电价还包括政府补贴），以保障优先上网。当新能源出力高时，电力市场的出清电价下降，甚至出现负电价，受电价影响，火电、燃油燃气发电等尽可能降低出力，国外电力市场同样从德国买入电力；当新能源出力低时，电力市场出清价大幅上涨，刺激各类灵活电源包括国外电源提高发出电力。

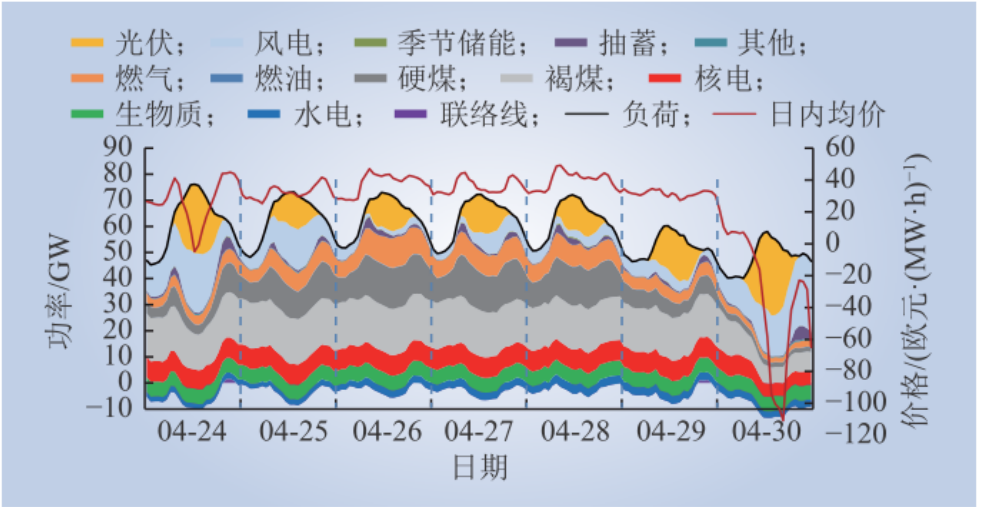


图5 2017年第17周德国各类电源运行情况

从对电价的影响来看，过去十年中，由于可再生能源分摊费快速增长，德国居民电价持续走高。德国居民在享受高可再生能源的同时，还承受着高额的国内用电电价（2019年为30.43欧分/kW·h，较2000年最低的13.94欧分/kW·h上涨了1.1倍，如图6所示）。

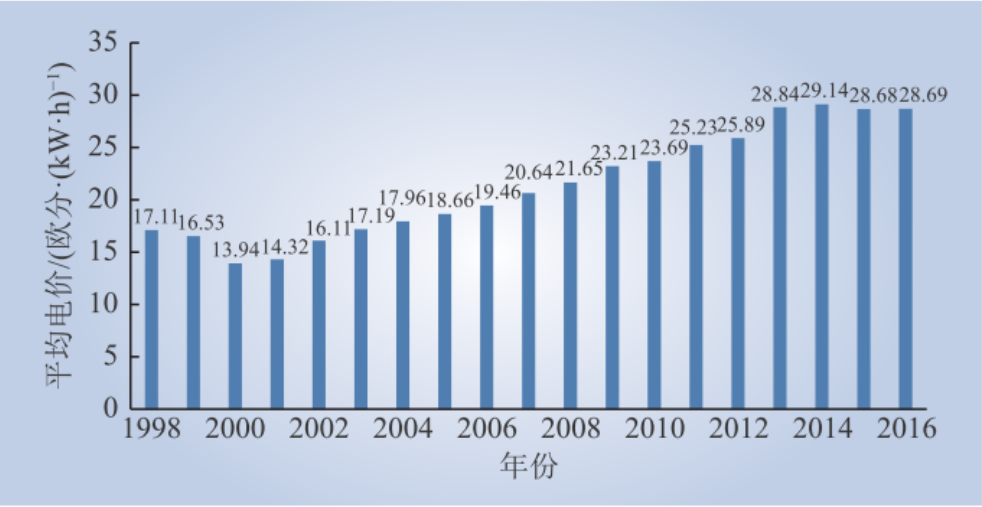


图6 近20年德国居民用电电价变化情况

研究结论

发展风电、光伏发电等新能源是中国能源战略的重要组成部分，但发展新能源是一个必须由全社会参与的系统性工作，电源结构优化、电力系统灵活性提升、体制改革、技术进步等缺一不可。中国应充分学习国外新能源发达国家经验和教训，立足本国经济和电力发展实际情况，走出一条满足中国实际需求、促进中国新能源可持续发展的新路。

主要作者介绍

作者：王跃峰，男，高级工程师，从事新能源并网和规划研究。

E-mail: 3917798@qq.com。



往期回顾

- ◀ 《中国电力》2020年第6期目录
- ◀ 【精彩论文】考虑信息-物理组合预想故障筛选的配电网CPS安全性评估
- ◀ 【精彩论文】考虑用户满意度的电动汽车时空双尺度有序充电引导策略
- ◀ 【精彩论文】考虑分布式电源接入的区域配电网规划投资决策方法
- ◀ 【精彩论文】考虑攻击损益的电网CPS场站级跨空间连锁故障早期预警方法
- ◀ 【征稿启事】“电力市场建设及运行机制研究”专题征稿
- ◀ 【征稿启事】“能源安全新战略路径设计与规划推演关键技术”专栏征稿启事
- ◀ 【征稿启事】“电力传感技术及应用”专题征稿启事
- ◀ 【征稿启事】“电力信息通信新技术在能源互联网中的研究与应用”专题征稿启事

编辑：杨彪

审核：许晓艳

声明

根据国家版权局最新规定，纸媒、网站、微博、微信公众号转载、摘编《中国电力》编辑部的作品，转载时要包含本微信号名称、二维码等关键信息，在文首注明《中国电力》原创。个人请按本微信原文转发、分享。欢迎大家转载分享。

关于我们

联系电话：010-66603802（编辑）

010-66603801（发行）

010-66603587（传真）

邮箱：zgdl@sgeri.sgcc.com.cn

网址：www.chinapower.org



官方微信号：ELECTRIC-POWER
主办单位：国网能源研究院有限公司
中国电机工程学会
全球能源互联网研究院有限公司