

基于双碳目标的福建省清洁能源发展的路径探讨

王秋洪

(中核集团(福建)市场开发部, 福建 福州 350003)

摘要: 碳达峰、碳中和作为生态文明建设的重要组成部分,对于福建省高质量发展具有重要的意义。基于国家碳达峰、碳中和目标和福建省能源行业现状,分析了福建省发展核电、海上风电等清洁能源的可行性,并对清洁能源发展的路径进行探讨,提出积极有序发展核电、大力发展海上风电、按需配套储能电站的发展思路。

关键词: 清洁能源;碳达峰;碳中和;福建

中图分类号: F426

文献标识码: A

DOI: 10.19358/j.issn.2096-5133.2022.05.014

引用格式: 王秋洪. 基于双碳目标的福建省清洁能源发展的路径探讨[J]. 信息技术与网络安全, 2022, 41(5): 87-91.

Discussion on the path of clean energy development in Fujian province based on “carbon peak and carbon neutralization” goal

Wang Qiuhong

(CNNC Market Development Department(Fujian), Fuzhou 350003, China)

Abstract: As an important part of the construction of ecological civilization, carbon peaking and carbon neutralization are of great significance to the high-quality development of Fujian Province. Based on the national carbon peak, carbon neutralization goals and the current situation of energy industry in Fujian Province, this paper analyzes the feasibility of developing clean energy such as nuclear power and offshore wind power in Fujian Province, discusses the path of clean energy development, and puts forward the development ideas of actively and orderly developing nuclear power, vigorously developing offshore wind power and supporting energy storage power stations on demand.

Key words: clean energy; carbon peak; carbon neutralization; Fujian

0 引言

2021年10月24日,《中共中央、国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》发布,系统谋划和总体部署碳达峰碳中和这项关系生态文明建设的重大工作,指出要坚定不移走生态优先、绿色低碳的高质量发展道路,确保如期实现碳达峰、碳中和^[1]。意见明确提出碳达峰、碳中和目标:一是到2030年,单位GDP(国内生产总值)二氧化碳排放比2005年下降65%以上;非化石能源(主要包括水能、风能、太阳能等可再生能源及核能等新能源)消费比重达到25%左右。二是到2060年,全面建立清洁低碳安全高效的能源体系,非化石能源消费比重达到

80%以上。

福建省作为习近平生态文明思想的孕育地、首个国家生态文明试验区,正持之以恒践行习近平生态文明思想、推进生态省和国家生态文明试验区建设,为全方位推进高质量发展提供生态环境支撑,先行实现绿色循环低碳发展。随着经济的发展,福建省的能源需求快速增长,经济、能源和环境三者之间的矛盾也将更加突出,如何率先建立清洁低碳安全高效的能源体系,是福建省当前面临的一项课题。因此,加大能源结构调整力度,加快发展清洁能源势在必行。本文基于国家碳达峰、碳中和目标和福建省能源行业现状,探讨福建省发展清洁能源发展的路径。

1 福建省能源行业现状

(1) 能源消费情况

2020 年福建省地区生产总值 43 903.9 亿元,能源消费总量为 13 905 万吨标准煤,其中煤炭为 6 716 万吨标准煤,石油为 3 282 万吨标准煤,天然气为 653 万吨标准煤,非化石能源 3 254 万吨标准煤^[2]。有关研究显示,预期福建省人均能源消费量峰值为 5.22~5.46 吨标准煤,远景能源消费总量基本保持在 2.2 亿吨标准煤范围内^[3]。按消费比重达到 80% 计算,非化石能源消费缺口达 1.4 亿吨标准煤以上。2020 年福建省能源消费占比如图 1 所示。

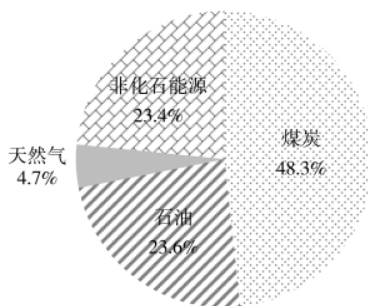


图 1 2020 年福建能源消费占比

(2) 电力装机情况

福建省能源消费结构仍以煤炭、石油、天然气等产生碳排放的化石能源为主。为减轻经济社会发展对化石能源的依赖以实现降低碳排放总量的目标,优化能源结构势在必行。要逐步实现能源清洁低碳化,必须大力发展非化石能源,提高非化石能源比例^[4]。

截至 2020 年底,福建省电力装机容量为 6 488 万千瓦,其中煤电 2 862 万千瓦,气电 391 万千瓦,水电 1 211 万千瓦,核电 987 万千瓦,风电 486 万千瓦,光伏 202 万千瓦,储能 123 万千瓦^[2]。2020 年福建省电力装机占比如图 2 所示。

2020 年福建省电力生产量为 2 636.49 亿千瓦时,其中火电为 1 550.52 亿千瓦时,占 58.8%,水电、风电、核电等其它非化石能源发电为 1 085.97 亿千瓦时,占 41.2%^[2]。2020 年福建省发电量占比如图 3 所示。

2 福建清洁能源发展可行性分析

清洁能源即绿色能源,主要包括核能和水能、风能、太阳能、生物能、地热能、氢能等可再生能源。福建省水电已呈现过度开发,局部已出现严重

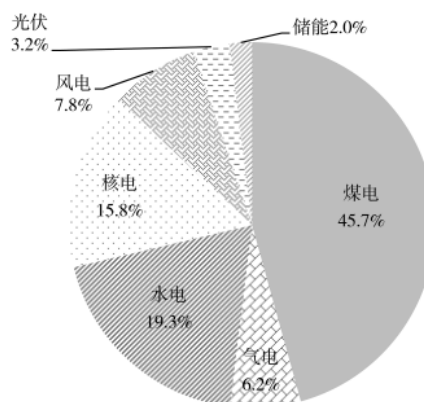


图 2 2020 年福建省电力装机占比

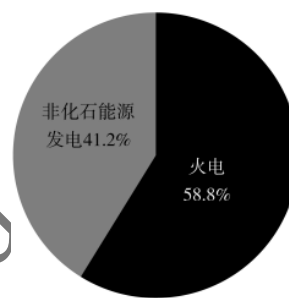


图 3 2020 年福建省发电量占比

生态问题;陆上风电开放受林地生态影响制约;光伏发电受光照不足、土地资源制约,不存在大规模开发的潜力;生物能、地热能、氢能等利用技术尚不成熟。有关研究表明,与可再生能源发电技术相比,核电具有负荷因子高、受自然条件约束少、高效、可靠的优势^[5];开发海上风电对缓解沿海地区用电紧张局面,调整能源结构,有效应对气候变化具有十分重要的意义^[6]。长期以来,核能和可再生能源都为减少二氧化碳的排放作出了贡献,是中国未来电力能源消费低碳转型、最终实现碳中和目标的两项关键技术^[7]。因此,未来清洁能源发展的重点应是核电、海上风电等。

2.1 发展核电可行性分析

在资源条件方面,福建省具有得天独厚的优势,绵长的海岸线蕴藏着丰富的核电厂址资源,除已列入核电中长期发展规划的项目外,可开发的核电厂址装机规模预计超过 2 500 万千瓦,为进一步开发利用核能奠定了坚实的基础。

在环境方面,核电作为一种清洁、高效、安全的能源,也是目前唯一能大规模替代火电的选项,既不会造成空气污染,也不会产生碳排放。2020 年,我国

核能总装机容量为 4 988 万千瓦,发电量为 3 662.43 亿千瓦时。与燃煤发电相比,2020 年我国核能发电相当于减少燃烧标准煤 10 474.19 万吨^[8]。相当于每新增 1 万千瓦核电装机,可弥补能源消费缺口约 2 万吨标准煤。

在经济方面,核电在创造生态效益的同时,经济效益显著。核电项目一次性投资金额大,建设周期长达 5~6 年,推动并促进国民经济的发展。根据国务院经济发展研究中心产业经济部部长王金照博士的研究成果,以漳州核电一期工程为例,项目规划建设两台机组,总投资超过 400 亿元,项目建设期间可以带动国内生产总值增加超过 412 亿元,增加社会总产出超过 1 216 亿元,助力福建省高质量发展。

此外,公众可接受性是核电项目持续发展的关键因素。在我国,公众对于核电的可接受性普遍较高。近年来,宁德核电、福清核电等核电企业在确保安全生产的同时,持之以恒做好公众沟通和科普宣传工作,邀请学生、专家学者、社区公众、政府官员等群体走进核电、了解核电,推动公众对核电的接受度持续提升,为后续核电项目的开发提供了有利条件。

2.2 发展海上风电可行性分析

在海上风电资源条件方面,福建省海域面积 13.6 万平方千米,陆地海岸线长达 3 752 千米,居全国第二,先天条件优良。福建省与台湾省之间的台湾海峡,地形“狭管效应”明显,并处于东亚季风区前沿,大气风动条件使得福建沿海及岛屿的风速加大,可利用风速持续时间加长,是我国海上风能资源最好的地区之一,位于海峡一侧的福建省海上风能资源极具开发潜力。

在风电配套产业方面,位于福州江阴港城经济区的福建三峡海上风电国际产业园,吸引东方电气、金风科技、美国 GE 公司、丹麦 LM 风能公司、中车电机、西安风电等一批龙头企业入驻,达产后年产 5 兆瓦以上,风电机组总容量 150 万千瓦以上。此外,漳州市政府已与十二家能源开发、建设、设备制造头部企业等签订漳州大风电基地开发协议,共同推进开发 5 000 万千瓦装机规模的海上风电大基地。

3 福建大力发展清洁能源的路径及对策

3.1 积极有序发展核电

福建省大力发展清洁能源的重点在于核电、海

上风电为主,并根据核电、海上风电布局发展情况建设抽水蓄能电站、电化学储能电站等储能项目。以法国为例,法国缺油少气少煤,水能资源也比较有限,自 20 世纪 70 年代第一次石油危机爆发后,法国政府制订了长达 15 年的核电发展计划,并通过 30 年的核电建设,使法国成为世界上最大的电力净出口国之一。截至 2020 年,法国在运核电机组数 56 台,装机容量 6 137 万千瓦,核电发电量占到总发电量的 70.6%。

福建省缺油缺气少煤,资源禀赋与法国类似,并面临“碳达峰、碳中和”目标的约束,可以借鉴法国发展核电的经验。有序推进已核准项目建设,加快推进列入国家核电中长期发展规划核电厂址前期工作。同时,有序推进新的核电项目前期工作争取列入新一轮国家核电中长期发展规划。“十四五”期间有序推进霞浦厂址 1-2 号机组、漳州厂址 1-2 号机组建设,加快推动漳州厂址 3-6 号机组、宁德厂址 5-6 号机组、霞浦厂址 3-7 号机组等前期工作;积极开展宁德、福清、漳州等厂址扩建论证工作,储备一批核电厂址并做好厂址保护,根据福建省电力发展需要适时开展项目建设工作,争取 2060 年前新增核电装机 3 500 万千瓦以上,为弥补非化石能源消费缺口奠定坚实的基础。此外,还要进一步做好核电科普宣传和公众沟通工作,为核电发展营造和谐的氛围。

3.2 大力发展海上风电

当前,发展风电已成为许多国家推进能源产业转型升级、应对气候变化的重要举措。近年来海上风电更被视为新能源发展的主要方向之一^[9]。

从表 1 可以看出,我国风电发电量占比较发达国家还有较大的差距,风电发展仍然有巨大的空间。结合福建省的资源禀赋,大力发展海上风电,对于福建省能源转型、经济发展具有重大战略意义。“十四五”期间积极有序推进列入《福建省海上风电规划》项目的建设,进一步挖掘具备开发条件的场址并及时修编海上风电场址规划,加快开展漳州深远海海上风电大基地前期工作,推动连片规模化开发,积极推动海上风电产业发展。坚持以资源开发带动产业发展。2060 年前新增海上风电装机规模 5 000 万千瓦以上,按机组年利用 4 000 小时计算,预计可弥补非化石能源消费缺口约 6 000 万吨标准煤。

表 1 各主要国家风电发电装机容量、发电量及占比情况

地区/国家	2020 年底风电累计装机/GW	2020 年风电发电量/(GkWh)	2020 年风电在总发电量中占比/%
全球	743	1 532 000	6.4
中国	281	466 500	6.2
美国	122	337 500	8.4
德国	63	131 900	27.0
英国	24	75 700	24.2
瑞典	10	28 200	16.0
丹麦	6.2	16 350	48.0
巴西	18	51 000	9.8
澳大利亚	7.3	22 600	9.9

数据来源:国际能源署、全球风能协会,2021。

3.3 按需配套储能电站

随着核电以及海上风电的快速发展,福建省电网调峰压力也将不断增大,对调节电源的需求更加迫切。储能技术可有效缓解可再生能源发电的间歇性和随机波动性问题,提高电能质量、强化电网的调配性与韧性^[10]。通过配套建设储能电站,可提高核电机组运行效率,有效减少海上风电场并网运行对电网的冲击,提高电网运行的安全性和稳定性。

常规的储能方式除了抽水蓄能外,还包括压缩空气储能、飞轮储能、熔融盐储热和电化学(电池)储能。根据国内最早的专注于储能领域的中关村储能产业技术联盟统计,截至 2020 年底,全球已投运储能项目累计装机规模 191.1 GW。其中,抽水储能为 172.5 GW;电化学储能为 14.2 GW(其中锂离子电池为 13.1 GW)。由此可见,抽水储能和电化学储能是目前最为重要的两种储能方式。

抽水蓄能电站是目前电力系统中技术最成熟、可靠性最高、寿命周期最长、装机规模最大、应用最广泛的储能设施,但是其对地理资源的要求较高。福建省多山地的地理条件正好适合于发展抽水蓄能,因此有着丰富的站址资源,可以在用电负荷中心、能源基地等周边区域优先选址布局,作为储能骨干支撑。

鉴于抽水蓄能电站地理条件的限制,需要时可以辅以电化学储能设施作为补充。电化学储能设施具有技术成熟、建设周期短,受地形等因素影响小,配置灵活等特点,可应用于发电侧、电网侧与用户侧等多种场合。此外,宁德时代、巨电新能源等企业在福建省布局锂离子电池生产线,发展电化学储能,也可以进一步带动福建省储能动力电池产业的

发展,培育储能行业龙头企业,促进产业升级。

4 结论

碳达峰、碳中和是福建省生态文明建设的重大工作。为实现这一目标,福建省必须加快发展清洁能源,全面建立清洁低碳安全高效的能源体系推动绿色循环低碳发展。福建省核电和海上风电资源条件好并具备良好的发展基础,是未来清洁能源发展的重点。通过积极有序发展核电、大力发展海上风电、按需配套储能电站等措施,在满足福建省的能源需求的同时,也可以将福建省建设成为能源基地,为华东地区以及台海地区的未来提供能源保障。福建省发展清洁能源时还需关注以下一些问题:一是核安全是核电发展的生命线,必须加大安全监督管理力度,确保核安全万无一失;二是要进一步推动海上风电产业链发展,降低工程造价,实现平价上网;三是继续深化电力市场改革,探索储能电站市场化运营方式。

参考文献

- [1] 中华人民共和国中央人民政府门户网站.中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见[EB/OL].(2021-09-22)[2021-10-24].http://www.gov.cn/zhengce/2021-10/24/content_5644613.htm.
- [2] 福建省统计局,国家统计局福建调查总队.福建统计年鉴—2021[M].北京:中国统计出版社,2021.
- [3] 姚德全,张艳艳,刘峻,等.基于碳排放控制的福建省中长期煤电发展规模研究[J].能源与环境(研究与探讨),2021(1):1-4.
- [4] 张生玲,李强.低碳约束下中国核电发展及其规模分析[J].中国人口·资源与环境,2015,25(6):47-52.

- [5] 王建强,戴志敏,徐洪杰.核能综合利用研究现状与展望[J].中国科学院院刊,2019,34(4):460-468.
- [6] 许莉,李锋,彭洪兵.中国海上风电发展与环境问题研究[J].中国人口·资源与环境,2015,25(5增):135-138.
- [7] 王宇,朱沈超,陈芳斌,等.中国核电与可再生能源发电协调发展初探[J].可再生能源,2021,39(8):1069-1077.
- [8] 张廷克,李闽榕,尹卫平.核能发展蓝皮书:中国核能发展报告 2021[M].北京:社会科学文献出版社,

2021.

- [9] 郑钊颖,冯奕敏.广东海上风电产业发展路径与对策研究[J].南方能源建设,2020,7(4):18-25.
- [10] 吴皓文,王军,龚迎莉,等.储能技术发展现状及应用前景分析[J].电力学报,2021,36(5):434-443.

(收稿日期:2022-03-01)

作者简介:

王秋洪(1963-),通信作者,男,在职研究生,高级经济师、高级工程师,主要研究方向:经济管理。
E-mail:13808595918@139.com。

(上接第 86 页)

- [3] 编辑部.“和睦系统”——中国自主核级数字化仪控平台[J].中国核电,2017,10(3):305.
- [4] 廖勇,袁圆.进口元器件自主可控的风险分析及对策建议[J].电子元件与材料,2020,39(6):14-18.
- [5] IEEE standard criteria for digital computers in safety systems of nuclear power generating stations:IEEE 7-4.3.2-2010[S].2010.
- [6] 核电厂安全系统中数字计算机的适用准则:GB/T 13629-2008[S].北京:人民出版社,2008.
- [7] 核电厂安全级电气设备和电路独立性准则:GB/T 13286-2008[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [8] Functional safety of electrical electronic programmable electronic safety-related systems:IEC 61508-2010[S].2010.
- [9] Criteria for safety systems for nuclear power generating stations:IEEE 603-2009[S].2009.
- [10] Nuclear power plants-instrumentation and control important to safety-general requirements for systems:IEC 61513-2001[S].2001.
- [11] 李明利,李刚,张杰.核安全级 DCS 通信网络残差

率设计研究[J].自动化博览,2020,37(9):56-59.

- [12] 郑伟智,李相建,朱毅明,等.核电站安全级数字化仪控系统的设计标准分析研究[C]//第一届中国(国际)核电仪控技术大会论文集,2011:876-882.

[13] Nuclear power plants-instrumentation and control systems important to safety-software aspects for computer-based systems performing category a functions:IEC 60880-2006[S].2006.

- [14] 核电厂安全重要仪表和控制系统执行 A 类功能的计算机软件:NB/T 20054-2011[S].2011.

[15] 核动力厂基于计算机的安全重要系统的软件:HAD 102/16-2004[S].2004.

(收稿日期:2022-01-11)

作者简介:

马朝阳(1978-),通信作者,男,硕士,高级工程师,主要研究方向:核电站安全级仪控平台。E-mail:mayangpony@126.com。

王勇(1975-),男,硕士,工程师,主要研究方向:核电站安全级仪控平台。

程康(1983-),男,硕士,高级工程师,主要研究方向:核电站安全级仪控平台。

版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《信息技术与网络安全》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《信息技术与网络安全》编辑部
中国电子信息产业集团有限公司第六研究所