

台湾的电力短缺: 基于电力供需形势的分析

杨芳^{1,2}, 何晓萍³

(1.两岸关系和平发展协同创新中心, 福建 厦门 361005; 2.厦门大学台湾研究中心, 福建 厦门 361005;
3.厦门大学中国能源经济研究中心, 福建 厦门 361005)

摘要: 2017年8月15日,台湾岛内发生18年以来最严重的停电事故,其背后的实际原因是电力短缺。本文在研究台湾电力供需现状的基础上,通过构建电力需求的非线性模型预测未来的电力需求,分析台湾未来可能面临的电力供需矛盾。在此基础上,结合台湾的电力短缺事故分析当前台湾能源政策对电力短缺的影响。结果表明,台湾未来将面临严峻的电力供需形势,且电力供需缺口将持续至2026年。因此,制定能源政策应考虑“电力先行”的发展战略,并遵循专业科学的原则统筹规划,以保证稳定性和持续性。

关键词: 电力短缺; 电力需求预测; 能源转型

中图分类号: F426.61

文献标识码: A

文章编号: 1002-1590(2019)03-040-12

DOI:10.14157/j.cnki.twrq.2019.03.005

一、引言

2017年8月15日,台湾岛内发生近18年来最严重的停电事故。由于台湾北部地区最大的发电厂——桃园大潭燃气电站6台机组(共438万千瓦)全部跳闸脱网,导致台湾地区17个县市(共99个乡镇区)陆续实施紧急分区轮流停电,波及逾600万用电户,涉及地域约占台湾岛面积的3/4以上。事故发生后,官方解释是由于负责供气的“中油公司”工作人员操作失当造成“断气”引起的事故,认为主要原因是供电系统过于脆弱,并强调“台湾目前并不缺电”。那么,台湾到底缺不缺电?事实上,此次停电正是由于电力供应紧张(电力短缺)所致,同时也反映蔡当局上台后的能源转型政策存在重大隐忧。

根据能源经济学理论,电力短缺现象主要表现为限电、频率和电压降低、频率或电压发生急剧波动、供电完全中断。这些现象将增加企业生产、人民生活乃至经济发展的成本。例如,Kuei-Yen Wu等(2018)^[1]估算了台湾在能源转型过程中的电力短缺成本为8.98元新台币/千瓦时,即每减少1千瓦时的供应,将导致GDP减少8.98元(如无特别说明,均指新台币)。因此,对于台湾未

基金项目: 国家自然科学基金项目“包容性增长视角下的‘一带一路’能源基础设施投资研究: 宏观经济影响及动态优化布局”(71704148); 国家自然科学基金项目“居民家庭绿色低碳行为研究”(71573217); 中国博士后科学基金特别资助“低碳约束下能源基础设施的宏观经济影响及区域布局研究”(2018T110641)

作者简介: 杨芳,女,两岸关系和平发展协同创新中心成员,厦门大学台湾研究中心、台湾研究院助理教授;
何晓萍,女,厦门大学中国能源经济研究中心教授。

来的经济发展,如何保障充足的电力供给是一个重要问题。为避免电力短缺,应对高温等气候异常,及电塔倒塌、操作错误等不可测因素,科学合理的电力需求预测至关重要。本文研析台湾的电力供需平衡,通过预测未来电力需求,分析未来可能面临的电力供需矛盾及缺口,探讨台湾当前的能源政策对电力短缺的影响及其对大陆的启示。

二、台湾的电力供需现状分析

电力是经济发展不可或缺的要害之一。伴随着经济的增长,台湾的电力需求量由 1986 年的 594 亿千瓦时增加到 2016 年的 2,554 亿千瓦时,增长了 3.3 倍;电力装机也相应地从 1986 年的 1,660 万千瓦增加到 2016 年的 4,991 万千瓦。目前的装机结构以火电为主,占 81.99% (燃煤 45.42%、燃油 4.16%、燃气 32.41%)。核电和可再生能源则分别占 11.99% 和 4.77%。^[2]

自 2011 年日本福岛核电站事故后,台湾“反核”浪潮高涨,台湾当局被迫于 2014 年作出“核四厂暂时封存停工”的决定。2016 年 5 月,民进党上台后,为了政治利益,重申“2025 年完成非核家园”决心,启动所谓的“能源转型”,并于 2017 年 1 月通过“电业法”修订,明确所有核电厂于 2025 年全面停止运转,同时强调不会让民众只能在“缺电”与“核电”之间二选一。然而,在快速废核的过程中,由于电力供应无法满足电力需求的增长,近年来台湾面临着严重的电力短缺:电力的尖峰负载量年年创新高,自 2012 年的 3,308 万千瓦增加到 2016 年的 3,586 万千瓦,2017 年高达 3,645 万千瓦,为史上最高,而电力的备用容量率^[3] (Percent Reserve Margin) 则急剧下降。如图 1 所示,自 2014 年开始,备用容量率已在安全线(15%) 以下,2015 年备用容量率下降为 11.5%,2016 年更下降到 10.4%;而且,若扣除核一厂 1 号机组和核二厂 2 号机组^[4] 的因素,则 2016 年的实际备用容量率仅为 8.1%。

同时,近年来台湾的电力备转容量率^[5] (Percent Operating Reserve) 也持续走低,并在低于 6% 的“供电警戒”(桔灯) 线上^[6] 徘徊。2017 年入夏后,由于持续高温导致用电量剧增,备转容量率更是在 3%—5% 之间波动,远远低于电力系统安全稳定运行的需要,电厂事故频发。2017 年 7 月 29 日,台风尼莎登陆导致花莲和平电厂输电塔倒塌,供电减少 130 万千瓦,备转容量率不到 3%,逾 50 万户停电。8 月 8 日,岛内最高负荷达 3,626.6 万千瓦,创历史新高,备转容量仅剩 62.4 万千瓦,距离黑灯只差 12.4 万千瓦。在如此严重的供需矛盾下,桃园大潭燃气电站 6 台机组的跳闸瞬间引发了严重的 815 大停电事故。然而,事故爆发后,民进党当局仍然坚称台湾不缺电,未来核电仍然不是选项。那么,台湾当前的能源政策是否存在缺陷? 本文以下部分将通过预测台湾的电力供需形势,探讨台湾未来是否面临电力短缺。

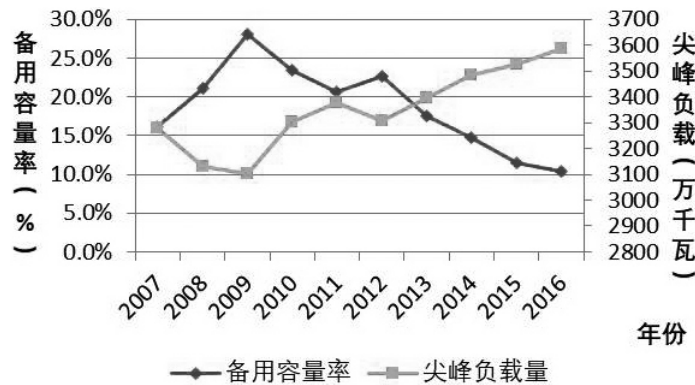


图 1 台湾 2007—2016 年电力系统的尖峰负载和备用容量率

三、台湾的电力供需形势预测

(一) 电力需求预测

1. 方法论探讨

预测电力需求,首先需要分析经济增长和电力消费之间的关系。从方法上来看,学术界对电力需求预测的定量研究基本上分为两大类:一是以电力消费弹性系数等统计指标为基础对电力与经济关系进行研究,并采用自回归法(AR)、移动平均法(MR)、一般指数平滑法等方法。这种方法的不足之处在于统计指标只是一个相对概念,无法反映电力消费和经济增长之间错综复杂的关系。二是利用计量经济分析方法考察电力消费与经济增长之间的长期均衡和短期波动关系,采用的模型主要有Granger因果检验模型、误差修正模型ECM等。此方法的不足之处在于大部分模型将电力消费的收入弹性作为常数处理,即采用对数线性方程进行估计。但是,对经济增长同能源消费之间究竟是否表现为线性关系,值得讨论。经济中生产和消费活动的结构变化可能会改变经济增长影响能源消费的方式和大小,而线性方程很难反映这些结构变化问题。

事实上,一些文献的研究表明经济增长和能源消费之间可能存在类似环境Kuznets曲线的非线性关系:Kenneth(2001)^[7]的研究发现,在人均收入达到一定水平后,能源强度越过拐点开始下降,人均能源消费增长速度随人均收入提高而逐渐放缓;何晓萍(2009)^[8]采用Kenneth(2001)方法也验证了大陆电力消费与人均收入水平之间存在非线性的关系。与一般的线性模型相比,Kenneth(2001)模型的优点在于预测中长期电力需求时,不再假定需求的收入弹性为常数,而是采用分布滞后模型来反映能源需求的增长方式随经济发展水平而改变。因此,本文将借鉴Kenneth(2001)的方法,建立人均电力消费和人均收入水平之间的非线性模型,预测未来台湾的电力需求。

2. 模型选择

Kenneth(2001)模型从消费函数推导而来。与一般线性模型不同,该模型假设能源需求的收入弹性是人均收入水平的函数,这意味着能源需求的增长方式随经济发展水平而改变。在一定的能源价格以及人均收入水平下,能源需求的长期均衡水平可由式(1)表示:

$$\ln Q_t^* = a_i + b_1 \ln P_t + b_2 \ln y_t + b_3 (\ln y_t)^2 \quad (1)$$

其中, Q_t 、 P_t 、 y_t 分别表示人均能源消费量、能源价格和人均收入水平,*表示长期均衡水平。显然,预期水平 $\ln(Q_t)^*$ 是不可观测的。故有如下的局部调整假设:

$$\ln Q_t - \ln Q_{t-1} = (1 - \lambda) (\ln Q_t^* - \ln Q_{t-1}) \quad (2)$$

其中, λ 为调整系数。将式(2)代入式(1),可得到如下的短期动态模型:

$$\ln Q_t = a_i' + \lambda \ln Q_{t-1} + \beta_1 \ln P_t + \beta_2 \ln y_t + \beta_3 (\ln y_t)^2 + \varepsilon_t \quad (3)$$

其中, $a_i' = a_i(1 - \lambda)$, $\beta_k = b_k(1 - \lambda)$ $k = 1, 2, 3$

方程(3)只包含收入水平和价格两个解释变量,这意味着经济中影响能源消费的其他因素,包括产业结构、技术进步等都体现在收入水平与能源需求的非线性关系中。为了更清楚地考察产业结构和技术进步对电力消费的影响,本文在方程(3)的基础上加以扩展,将工业化水平和电力使用效率作为控制变量同时引入方程。因此,人均电力消费的长期均衡方程和短期动态方程分别为:

$$\ln Q_t^* = a_i + b_1 \ln P_t + b_2 \ln y_t + b_3 (\ln y_t)^2 + b_4 \ln GYH_t + b_5 \ln E_t \quad (4)$$

$$\ln Q_t = a_i' + \lambda \ln Q_{t-1} + \beta_1 \ln P_t + \beta_2 \ln y_t + \beta_3 (\ln y_t)^2 + \beta_4 \ln GYH_t + \beta_5 \ln E_t + \varepsilon_t \quad (5)$$

其中, Q_t 表示人均电力消费量, y_t 表示人均收入, P_t 表示电价水平, GYH_t 和 E_t 分别表示工业化水

平和电力使用效率, β_1 、 β_4 、 β_5 分别表示电价、工业化水平、电力使用效率对人均电力需求的短期弹性, 相应地, b_1 、 b_4 、 b_5 则分别表示这三种因素的长期弹性。

利用方程(5), 可得到长期电力需求的收入弹性 $b_2 + 2b_3 \ln y_t$ 和单位产值电力消费(电力强度)的收入弹性 $(b_2 - 1) + 2b_3 \ln y_t$ 。若 $b_2 > 1$, $b_3 < 0$, 则两个弹性将随收入水平的提高先增后降, 其间经过一个拐点, 使电力消费和收入水平呈倒 U 形关系。当人均电力消费和电力强度达到极大值点, 所对应的人均收入分别为 $y_t = \exp\left(\frac{-b_2}{2b_3}\right)$ 和 $y_t = \exp\left(\frac{1-b_2}{2b_3}\right)$ 。

3. 实证分析

模型的因变量以人均电力消费量(电力消费量除以人口规模)表示, 自变量以人均 GDP 作为衡量收入水平的指标, 以消除人口规模对收入水平的影响; 工业化水平以工业增加值占 GDP 的比重来表示, 电力使用效率 E 采用工业增加值与工业耗电量之比来表示。电力消费和电力价格指数^[9]的数据来源于台湾当局“经济部能源局”^[10], 其它数据均来自于“行政院主计总处”^[11], 样本区间为 1986—2016 年, GDP、电力价格指数和工业增加值均折算为 2011 年不变价格水平。方程中各变量均取对数。

由于方程中自变量含有被解释变量的滞后项, 对于序列相关问题, 首先进行 Breush-Godfrey LM 检验, 原假设是不存在一阶自相关, 从表 1 中 F 统计量和 $T^* R^2$ 统计量的检验结果表明接受了原假设。此外, 由于方程同时把人均电力消费及其一期滞后项作为因变量和解释变量, 可能引起多重共线性和变量内生性问题, 因此, 对其采用两阶段最小二乘法(2SLS)估计, 以全部解释变量的当期值及其一期滞后值作为工具变量。模型的估计结果详见表 2。

表 1 回归方程扰动项序列相关的 LM 检验

统计量	值	P 值
F 统计量	0.3116	0.7356
$T^* R^2$ 统计量	0.8646	0.6490

从表 2 中模型的拟合结果来看, 调整的 R^2 值很高, 说明模型的估计结果对于台湾的电力消费具有比较好的解释力。各系数符号与预期值一致, 工业比重的系数为正, 价格变量及电力效率的系数为负, 人均收入的一次项系数为正, 二次项系数为负。价格变量的系数估计值较小, 表明电力价格对人均用电量的影响较小。主要原因是台湾的电价机制并未完全市场化, 电价整体偏低, 无法充分反映市场的供需情况。从产业结构的影响来看, 工业增加值占 GDP 的比例每增加 1 个百分点, 人均电力消费将增加 0.6 个百分点, 工业比重的提高促进了用电需求的增长。

表 2 模型估计结果

	短期方程		长期方程
	参数	t 值	参数
P	-0.116**	-2.293	-0.158
Y	9.267***	3.863	12.591
Y^2	-0.330***	-3.549	-0.448
E	-0.406***	-3.289	-0.552
GYH	0.619***	3.525	0.841
$Q(-1)$	0.264*	1.963	

续表

	短期方程		长期方程
	参数	t 值	参数
Adjusted R ²	0.99		
电力强度的收入拐点	415 ,145		
人均用电量的收入拐点	1 ,267 ,371		
曲线形状	倒 U 形		

注: ***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的显著性水平。

收入变量的一次项系数符号为正,平方项系数符号为负,表明人均电力消费是收入水平的非线性函数,并且二者之间呈现倒 U 型关系。由估计系数可计算人均电力消费和电力强度峰值所对应的人均收入水平。计算出的人均用电峰值对应的人均 GDP 水平为 1,267,371 元新台币,而 2016 年台湾的人均 GDP 仅为 675,136 元新台币(2011 年为不变价),二者相差几近一倍。这说明:第一,未来台湾的人均电力消费还将在一段时期保持上升态势,因此,电力消费总量将有较大的增长空间;第二,人均电力消费和收入水平之间存在非线性关系,在收入水平较高的阶段,人均电力消费的增长速度会降低,这与大多数发达经济体的经验是一致的。

4. 预测

模型中各解释变量的情形设定如下: GDP 的增长率结合台湾当局“国发会”的预测^[12]和近年来台湾地区经济发展情势,选取低、中、高速三种增长方案,以求更全面地分析经济增长对用电需求的影响。^[13]工业增加值比例和电价的变动则根据整体变化趋势并结合“经济部能源局”^[14]的预测,假设未来台湾地区工业增加值占 GDP 的比重将以年均 0.1 个百分点的速率上升,并以 2016 年的实质电价为基准,将未来台湾地区电价调整设定为零增长^[15];电力效率则根据过去 30 年电力效率的变化趋势预测 2017—2023 年台湾地区工业用电效率以年均 2% 的速度增长,之后的 6 年以 0.5 个百分点的速度递减,如表 3 所示。

表 3 主要解释变量的增长率设定

单位: %

年份	2017—2023	2024—2030	增速
GDP	3	2.5	高
	2.5	2	中
	2	1.5	低
POP	0.14	0.11	高
	-0.14	-0.23	中
	-0.41	-0.55	低
E	2	1.5	-

注: POP 的数值是人口规模的年均增长率,数据来自台湾当局“国发会”《2017 至 2020 年四年计划暨 2017 年计划》。

根据非线性方程的模拟结果及上述假设,可得到人均用电量的预测结果。相应的电力消费量则根据人均用电量和人口规模计算,结果如表 4 所示。高中低三种增速情形下,预计 2025 年台湾的人均电力消费量将分别达到 12,636、12,466、12,295 千瓦时,而电力消费总量将分别达到 3,008、2,959、2,900 亿千瓦时。

表 4 基于分布滞后模型的电力消费量预测值

年份	人均用电量(千瓦时)			电力消费量(亿千瓦时)		
	高速	中速	低速	高速	中速	低速
2020	11,029	10,944	10,860	2,617	2,594	2,569
2025	12,636	12,466	12,295	3,008	2,959	2,900
2030	14,132	13,927	13,705	3,355	3,285	3,192

根据所预测的电力消费量,可以预测 2020—2030 年所需的供电量(SQ),如下式所示:

$$SQ = \frac{Q+K}{1-EL} \quad (6)$$

其中, Q 表示电力消费量, K 表示电业自用电量^[16], 包括台电公司厂用电量、事业用电量^[17]、抽水蓄能用电量及汽电共生厂用电量, EL 表示线损率^[18]。按照中速增长的情形预测未来台湾地区的发电装机容量(平均负载)如表 5 所示。到 2025 年和 2030 年,台湾地区人均电力消费水平分别为 12,466、13,927 千瓦时,是 2016 年人均电力消费水平(10,863 千瓦时)的 1.15 倍和 1.28 倍;电力消费量则分别为 2,959、3,285 亿千瓦时,是 2016 年电力消费量(2,553 亿千瓦时)的 1.16 倍和 1.29 倍;尖峰负载将分别达到 5,016.7 万千瓦和 5,532.7 万千瓦(详见表 5)。那么,以备用容量率 15% 的目标计算,所需的系统供电能力的装机容量将是 5,769.2 万千瓦和 6,509 万千瓦,比 2016 年的发电装机容量(4,990.6 万千瓦)增长 15.6% 和 30.4%。

为进行稳健性检验,本文将预测结果与相关文献进行比较, Yang(2018)^[19] 的预测结果为 2025 年的电力消费 2,866 亿千瓦时,台湾当局“经济部能源局”(2013)^[20] 的预测则为 2,979 亿千瓦时,三个预测结果的上下浮动范围不超过 4%,这一误差水平可以接受。此外,比较电力需求的年均增长率,本文的预测结果为年均增长 1.65%,高于台湾当局目前的预测,与梁启源(2018)^[21] 的结果一致,即研究结果均认为台湾当局目前的电力需求预测值偏低。

表 5 中速增长情形下的预测结果

年份	人均 GDP (新台币)	人均用电量 (千瓦时)	电力消费 (亿千瓦时)	发电装机容量 平均负载 (万千瓦)	发电装机容量 尖峰负载 (万千瓦)
2020	739,334	10,944	2,594	3,320.2	4,426.9
2025	835,199	12,466	2,959	3,762.5	5,016.7
2030	927,897	13,927	3,285	4,149.5	5,532.7

注: 根据台湾当局“经济部能源局”的数据,平均负载大致为尖峰负载的 75% 左右。

(二) 电力供给预测

根据台湾当局“经济部能源局”的中长期电源开发规划,^[22]除必须满足未来电力成长需求外,还需要弥补既有老旧电厂届龄退役后所造成的电源不足缺口。依据台电公司机组除役运转寿龄规划^[23],现有三座核电厂将在 2025 年前陆续退役,装机容量为 514.4 万千瓦;其次,2017—2028 年间陆续退役的火电厂装机容量达 962.2 万千瓦,其中,燃油、燃气、燃煤电厂退役的装机容量分别为 326 万千瓦、426.2 万千瓦、210 万千瓦。因此,预计 2017—2028 年间台湾地区电力系统届龄退役的总装机容量约为 1,476.6 万千瓦(详见文末附表)。

依据《台湾电力公司2017年长期电源开发方案(10605案)》^[24],2017—2028年的新增发电装机容量为2 419.2万千瓦,扣除这段时期退役的总装机容量,则实际仅新增942.6万千瓦的装机容量。那么,以2016年的装机容量为4 990.6万千瓦计算,按照此规划至2025年,总发电装机容量为5 677.7万千瓦,其中,气电、煤电、油电装机容量分别为2 646.1万千瓦、2 041.6万千瓦、99万千瓦,分别占46.6%、36.0%、1.7%;其它能源(含惯常水电、抽水蓄能及可再生能源等)为891万千瓦,占15.7%。值得注意的是,由于核电机组的陆续退役,总发电装机容量在2017年、2019年、2021年、2024年等年份均有所下降。若仅统计至2019年,则除役容量为428.6万千瓦,新增容量为516.4万千瓦,净增容量仅87.8万千瓦。

表6 台湾地区2017—2028年的电力供应预测

	发电装机容量(万千瓦)						增长率 (%)
	煤电	油电	气电	核电	其它	合计	
2016	1 761.6	399.5	1 584.1	514.4	731	4 990.6	
2017	1 841.6	324.5	1 567.7	514.4	731	4 979.2	-0.2
2018	2 001.6	324.5	1 657	450.8	734.6	5 168.5	3.8
2019	2 081.6	226.7	1 607	387.2	775.9	5 078.4	-1.7
2020	2 081.6	213	1 708.3	387.2	791.1	5 181.2	2.0
2021	2 081.6	213	1 738.3	288.7	792.8	5 114.4	-1.3
2022	2 081.6	213	1 738.3	288.7	793.5	5 115.1	0.0
2023	2 081.6	213	1 933.9	190.2	823.2	5 241.9	2.5
2024	1 981.6	113	2 050.5	95.1	866.2	5 106.4	-2.6
2025	2 041.6	99	2 646.1	0	891.0	5 677.7	11.2
2026	2 101.6	99	2 512.5	0	933.2	5 646.3	-0.6
2027	1 991.6	99	2 752.5	0	933.2	5 776.3	2.3
2028	1 991.6	76	2 862.5	0	1 003.1	5 933.2	2.7

注:2016年为实际值。其它包括惯常水电、抽水蓄能、风电、太阳能及其它可再生能源(包括汽电共生之垃圾及沼气)。

资料来源:数据来源于《台湾电力公司2017年长期电源开发方案(10605案)》。

四、台湾的电力短缺趋势分析

未来台湾地区的电力供应是否会出现缺口?首先,根据上文的电力供给预测分析未来的电力装机容量净增长情况,从短期来看,至2019年,除役容量为428.6万千瓦,新增容量为516.4万千瓦,即实际新增容量仅为87.8万千瓦,比2016年增长1.8%;从中期来看,扣除2025—2026年间大量完工运转的新建燃气机组及深澳燃煤机组后,若仅统计至2024年,则除役容量为1 100.9万千瓦,新增容量为1 216.7万千瓦,实际新增容量仅115.8万千瓦,比2016年增长2.3%(详见图2)。

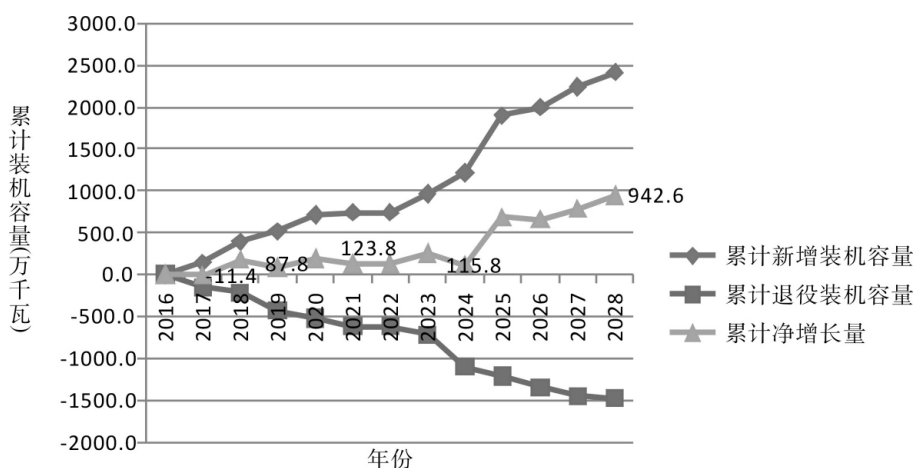


图2 台湾地区 2017—2028 年规划累计发电装机容量净增长情况

其次,从电力需求预测来看,未来的用电需求增长幅度远大于电力供给。2019年、2024年的电力需求分别比2016年增长6.3%和15.5%,而电力供给却仅比2016年分别增长1.8%和2.3%,电力供需的增长率在2019—2024年间将进一步拉开差距(见图3)。

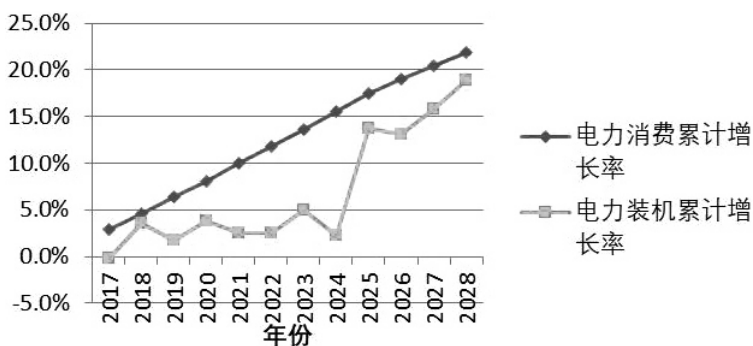


图3 2017—2028 年台湾地区的电力供需增长预测

因此,根据上文对台湾地区电力供需趋势的预测,未来的尖峰负载将由2018年的4,548.5万千瓦逐年递增至2028年的5,259.7万千瓦,年均增长1.5%;而同一时期预计新增容量为764.7万千瓦,即使这些规划容量全部顺利投产,^[25]到2024年,可用装机也仅为5,106.4万千瓦,届时的备用容量率将仅为2.1%。这意味着,未来台湾地区的电力供需将在2019年至2020年间出现严重缺口,该缺口将进一步扩大并持续至2024年,缺口值大约在210万-650万千瓦之间;备用容量率将由2018年的13.6%下降到2024年的2.1%,且2019—2024年的备用容量率低于10%(详见表7);^[26]而且,若2025—2026年间不能如期完成782.6万千瓦的电力装机容量,那么,电力缺口将持续至2026年。

此外,在电力需求占40%以上的台湾北部地区,^[27]随着基隆协和电厂、核二厂将于2023年前陆续退役(装机容量共400万千瓦),台湾的北东供电区^[28]仅剩下位于花莲的民营和平电厂(装机容量仅130万千瓦),未来的供电缺口将超过中北超高压输电线路的可靠输电容量(200万-300万千瓦),供电缺口将更为扩大。事实上,2018年3月20日深澳火力发电厂通过环评引起民众争议的事件也进一步说明北部地区的供电紧张。

表7 2018—2028年台湾地区电力供需预测

年份	电力需求 (尖峰负载,万千瓦)	电力供应 (万千瓦)	备用容量率 (%)	备用容量率为15% 时所需的供电能力 (万千瓦)	备用容量率为15% 时的供需缺口 (万千瓦)
2018	4,548.5	5,168.5	13.6	5,230.8	-62.3
2019	4,616.8	5,078.4	10.0	5,309.3	-230.9
2020	4,690.3	5,181.2	10.5	5,393.9	-212.7
2021	4,769	5,114.4	7.2	5,484.4	-370
2022	4,848.4	5,115.1	5.5	5,575.6	-460.5
2023	4,924.4	5,241.9	6.4	5,663	-421.1
2024	5,001.2	5,106.4	2.1	5,751.4	-645
2025	5,083.6	5,677.7	11.7	5,846.2	-168.5
2026	5,139.8	5,646.3	9.9	5,910.8	-264.5
2027	5,197.2	5,776.3	11.1	5,976.7	-200.4
2028	5,259.7	5,933.2	12.8	6,048.7	-115.5

注:电力需求尖峰负载的预测来自于上述模型的预测,电力供应的预测来自于前文的估算,备用容量率为系统供电能力与系统年尖峰负载的差额占系统年尖峰负载的比例。

五、结论与启示

(一) 结论

本文通过预测台湾地区的电力供需形势,探讨台湾未来面临的电力短缺趋势,主要结论如下:首先,通过对电力需求的预测,到2025年,台湾地区人均电力消费水平大约12,500千瓦时,比2016年增长15.1%;电力需求总量大约3,000亿千瓦时,比2016年增长17.5%。这意味着未来随着台湾地区经济增长,电力消费还有一个增长时期。其次,台湾地区未来将面临严峻的电力供需形势:1.电力供需将在2019年与2020年间出现严重缺口,该缺口将进一步扩大并持续至2024年,缺口值大约在210万-650万千瓦之间;并且,若不能如期完成规划的装机容量,电力缺口将持续至2026年;2.备用容量率将由2018年的13.6%下降到2024年的2.1%,且2019—2024年的备用容量率低于10%;3.在电力需求占40%以上的台湾北部地区,供电形势将更为严峻。

(二) 启示

1. 制定能源规划应考虑“电力先行”(Power First)的发展战略

2017年台湾815大停电事故的发生,表面上看是工作人员的误操作,但背后的实际原因是台湾地区电力的备用容量率不足,即电力短缺问题。台湾地狭人稠,在邻避效应^[29]的影响下,电厂从规划到建设完成最后商转发电至少需要耗费8年时间。而在电力需求持续增长和既有老旧发电机组陆续退役的情况下,以台湾当局目前的能源规划,未来电力系统的备用容量率将呈下降趋势,这将对未来的能源供应安全乃至经济发展有不可逆的负面影响。作为重要的公共基础设施,电力关系到生产和生活,电力规划应根据经济增长与电力需求之间的长期关系制定。从保障经济增长的

角度出发, 电力短缺的成本远大于过剩的成本,^[30] 因此, 能源规划应考虑“电力先行”, 即保持一定的过剩能力以满足电力需求的意外增长。

2. 能源战略的制定需要统筹规划, 并保持稳定性和持续性

台湾目前的电力短缺问题反映出台湾当局能源政策的不切实际和混乱无序。首先, 台湾地区能源匮乏, 能源进口依存度达 95% 以上。台湾当局一方面试图在短期内实现“非核家园”, 另一方面又想保持电力的充足供应、电价的稳定以及低碳环保, 看似完美的能源转型战略实则自相矛盾, 脱离了台湾地区的实际情况。其次, 回顾台湾地区的能源政策, 10 年前台湾核电占总发电量的比例为 18%, 该比例主要依照美国约 20% 的核电占比而制定的。日本福岛核灾后, 美国当前的核电仍占 20%, 日本曾经提出“废核”, 但因为无法实现目标又重启核电, 目前的能源政策是 2030 年核电占比 20% 左右。而台湾当局却提出 2025 年完全废核的能源政策, 显然缺乏稳定性与持续性, 从而因能源政策无序导致缺电、空气污染和涨电价等一系列问题。因此, 制定能源战略需要基于能源供应的安全可靠、能源结构优化以及替代能源的发展等问题进行全盘考虑, 并保持稳定性与持续性, 以平衡经济发展、能源安全和环境可持续性(3E) 的目标。

3. 制定能源政策应遵循专业科学的原则

能源政策攸关经济社会的生产、生活。台湾地区的选举政治与政党政治, 导致其能源政策是由社会中众多利益主体以及台湾当局相互博弈形成的。台湾所谓的民主程序使得专业领域的决策也采取一人一票或“全民公投”的方式。然而, 一般民众往往不具备专业知识, 无法从技术、经济和环境等角度出发看待台湾的能源问题; 并且, 由于能源政策的特殊性, 台湾当局在制定能源政策的过程中往往还要考虑对未来选票的影响, 导致专业技术问题政治化, 最终无法保证决策结果的科学性和专业性。这是台湾能源政策的混乱之源。^[31] 以台湾的能源转型为例, 目前的核电要过渡到其他能源, 若缺乏专业科学且操之可行的替代计划以确保供电的可靠性及供电成本的竞争力与可负担性, 则后果将是电力供应的长期紧张, 对经济发展和民众生活造成直接的负面影响。因此, 能源政策的制定应由专业人士主导, 强调科学性和专业性。

附表 2017—2028 年台电公司电源新增及除役规划

年份	新增(万千瓦)					除役(万千瓦)					合计
	煤电	油电	气电	核电	其它	煤电	油电	气电	核电	其它	
2017	80.0		60.0				75.0	76.4			-11.4
2018	160.0		89.3		3.6				63.6		189.3
2019	80.0	2.2			41.3		100.0	50.0	63.6		-90.2
2020		0.3	178.5		15.2		14.0	77.2			102.5
2021			30.0		1.7				98.5		-66.8
2022					0.7						0.7
2023			195.6		29.7				98.5		126.8
2024			205.6		43.0	100.0	100.0	89.0	95.1		-135.5
2025	60.0		595.6		24.8		14.0		95.1		571.3
2017— 2025 合计	380	2.5	1 354.6		160	100	303	292.6	514.4		686.7

续表

年份	新增(万千瓦)					除役(万千瓦)					合计
	煤电	油电	气电	核电	其它	煤电	油电	气电	核电	其它	
2026	60.0				42.2			133.6			-31.4
2027			240.0			110.0					130
2028			110.0		69.9		23				156.9
2017— 2028 合计	440.0	2.5	1,704.6		272.1	210.0	326.0	426.2	514.4		942.6

注:其它包括惯常水电、抽水蓄能、风电、太阳能及其它可再生能源(包括汽电共生之垃圾及沼气)。

资料来源:作者根据《台湾电力公司2017年长期电源开发方案(10605案)》计算整理。

注释:

- [1] Kuei-Yen Wu, Yun-Hsun Huang, Jung-Hua Wu. "Impact of Electricity Shortages during Energy Transitions in Taiwan" *Energy* 2018, 151: 622-632.
- [2] [10]台湾当局“经济部能源局”网站 <https://www.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/home/Home.aspx>。
- [3] 备用容量率是衡量电力系统发电端供电可靠性的指标,为每年的备用容量占尖峰负载的百分比。备用容量是指电力系统在各发电机组正常发电情况下可提供的最大发电容量(即系统总供电能力)超过全年最高用电量(即系统年尖峰负载)的发电容量。为确保电力稳定供应,台湾当局“经济部”核定备用容量率的目标值是15%。
- [4] 核一厂1号机组和核二厂2号机组分别自2014年和2016年大修完成后,尚未并入电网运转,但仍计入备用容量率的计算。
- [5] 备转容量率是衡量系统每日供电可靠性的指标,指当天实际可调度的发电容量盈余程度,按照台湾电网系统的规模,该值应在7%以上。
- [6] 从供电充裕到限电准备分级,共有绿、黄、桔、红、黑五个讯号。大于等于10%为供电充裕绿灯,6%-10%为供电紧张黄灯,小于等于6%为供电警戒桔灯,90万千瓦为限电警戒红灯,50万千瓦以下为限电准备黑灯。
- [7] Kenneth B. Medlock III, Ronald Soligo. "Economic Development and End-Use Energy Demand" *Energy Journal*, 2001, 22(2): 77-105.
- [8] 何晓萍、刘希颖、林艳苹《中国城市化进程中的电力需求预测》,《经济研究》2009年第1期,第108-116页。
- [9] 台湾地区电价分为电灯用电和电力用电两大类,考虑到电力用电占主要比重,本文采用电力价格指数来反映电价的变动。
- [11] 台湾当局“行政院主计处”网站 <https://www.dgbas.gov.tw/mp.asp?mp=1>。
- [12] 台湾当局“国发会”网站《2017至2020年四年计划暨2017年计划》。
- [13] 台湾未来的人口增长预测数据来源于台湾当局“国发会”《人口推估》报告,将所预测的GDP除以人口数,可得人均GDP。
- [14] [16][18][20][22]台湾当局“经济部能源局”:《“全国”长期负载预测与电源开发规划》,2013年12月。
- [15] 零增长代表未来名义电价将随物价波动而进行调整,采用实质电价零增长有利于简化电价调整的不确定因素。
- [17] 台电公司事业用电量为台电公司的工程、事业、变电所内用电、停机时厂外受电等。
- [19] Fang Yang, Chuanwang Sun, Huang Guangxiao. "Study on Cross-strait Energy Cooperation under the New Circumstance" *Journal of Cleaner Production* 2018, 180: 97-106.
- [21] 梁启源指出,目前台湾当局在电力需求预测方面,假设2017—2025年平均增长率为1.37%,但由近两年实绩来看,预测实属偏低。相关论述详见梁启源《台湾能源政策的四大问题》,《经济日报》(台北)2018年10月25日。
- [23] 汽力惯常火力电厂的运转寿龄以40年计,复循环机组运转寿龄以30年计,气涡轮机组运转寿龄以20年计,有关核能机组部分,则按运转寿龄40年后除役。
- [24] 《台湾电力公司2017年长期电源开发方案(10605案)》参见台湾电力公司网站: <http://www.taipower.com.tw>。
- [25] 由于部分煤电机组可能面临争议,台湾地区的天然气接收站容量也接近极限,全部顺利投产具有一定的难度。

- [26] 根据以往经验,当备用容量率低于 10%时,就可能有缺电风险;低于 7.4%时,则限电几乎无法避免。1990—1996 年间,台湾地区电力备用容量率皆在 7.4%以下,总计限电次数 43 次,其中 1994 年高达 16 次。2017 年夏天的大停电事故也是因为短期备用容量率不足的原因造成。
- [27] 包括台北、新北、基隆、宜兰、桃园、新竹等县市。
- [28] 台湾的北部地区以阳明山、淡水河、大汉溪分为北东、北西两供电区,其中,台北市位于北东供电区。北东供电区目前有核二、协和及和平三个电厂。
- [29] 指居民或当地单位因担心建设项目(如垃圾场、核电厂等邻避设施)对身体健康、环境质量和资产价值等带来诸多负面影响,而滋生“不要建在我家附近”的心理。
- [30] 电力短缺的成本不仅包括 GDP 的损失,还包括对投资环境和社会稳定的影响,这些损失大大高于解决电力短缺所需的投资。相关论述请参考林伯强《结构变化、效率改进与能源需求预测——以中国电力行业为例》,《经济研究》2003 年第 5 期,第 57-67 页。
- [31] 陈峥《透视台湾大停电:民粹取代了科学,民愿替代了专业》,《中国能源报》2017 年 9 月 2 日。

(责任编辑:石正方)

Power Shortage in Taiwan

—Base on the Analysis of Their Power Supply and Demand

Yang Fang, He Xiaoping

Abstract: On August 15, 2017, the most serious power failure in recent 18 years occurred in Taiwan due to the power shortage. Based on the analysis of current situation of power supply and demand in Taiwan, this paper makes a forecast of its future electricity demand and analyses the contradiction between power supply and demand that it might face as well in the future by constructing nonlinear model of power demand. On this basis, the paper also makes a detailed analysis of the influence of Taiwan current energy policies on power shortage and its enlightenment in view of the accidents that occurred due to its power shortage. The findings show that Taiwan will be faced with a serious situation of power supply and demand, which may last till 2026. Therefore, the development strategy of the “electric power first” should be the first consideration in formulating their energy program, and at the same time, the overall planning be made by following the principle of professional science so as to ensure their stability and continuity.

Key Words: power shortage, power demand forecast, energy transition