

· 电网技术 ·

伦敦城市发展变迁与电网发展历程及对我国的启示

杨卫红¹, 何永秀¹, 吴良器¹, 杨丽芳¹, 李芙蓉²

(1. 华北电力大学, 北京市, 102206; 2. 英国巴斯大学, Bath, BA2 7AY, UK)

[摘要] 伦敦电力负荷已基本饱和, 电网发展及建设比较成熟, 积累了大量的经验。文章分析了伦敦城市经济及电网发展变迁的过程, 对伦敦电网的发展与其社会经济发展的协调进行了评价总结。最后, 为我国城市电网发展的科学决策提出了合理化建议。

[关键词] 伦敦; 经济发展; 电网发展; 协调; 启示

中图分类号: TM73, F123.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7229 (2009) 05-0009-04

0 引言

中国城市经济发展迅速, 其发展受城市电网发展的制约。发达国家城市经济与电网发展已饱和, 其发展过程的经验可为我国城市经济与电网的协调可持续发展提供借鉴。

目前, 对城市规划、经济发展水平与电网规划建设的协调发展问题的研究大多停留在定性分析阶段, 未对两者的关系作定量及经济的分析。如参考文献[1]分析了经济因素对输电网规划的影响, 没有涉及到城市配电网规划问题, 而且考虑的经济因素也不全面; 参考文献[2]对目前在城市电网规划建设中的电网规划建设用地困难、城市电网建设与城市其他基础设施建设的矛盾、以及城市电网对环境的影响等问题进行了深入分析, 阐述了产生这些问题的根源, 并强调指出城市电网规划应该完全纳入城市建设的总体规划中; 参考文献[3]提出将电网规划真正纳入城市规划当中, 使之既满足电网供电的需要, 又不与城市规划发展产生较大的矛盾, 是电网规划真正具有可操作性的最有效手段; 参考文献[4]通过广州电网规划与城市规划紧密结合的经验, 探讨了两相结合的关键及需要解决的主要内容; 参考文献[5]就电网规划建设中的土地资源问题作了相关的研究, 提出了具体的建议和方案。

如何将电网规划同城市的不同经济发展水平、阶段以及发展规划结合起来是一个待解决的问题, 而且是研究的难点及热点问题。本文将对伦敦经济与电网的协调发展问题进行分析与评价, 并对中国

经济与电网的协调发展提出合理化建议。

1 伦敦城市经济发展历程

伦敦是英国的首都和世界金融中心之一。20世纪以前, 伦敦城市人口增长迅速, 公元1500年, 伦敦的人口不过5万, 1600年增至20万, 1700年增至70万。伦敦的人口在1939年达到顶峰的860万人, 然后经历了一段持续的人口流失, 直到1983年的低点676.5万人, 之后就进入了渐进但稳定的上升期, 2001年为732万左右, 2007年人口达到755万人。预计2021年为770万左右。

伦敦GDP占整个英国的14%左右, 整体而言, 伦敦占全国的GDP份额在下降。伦敦各年GDP的发展情况如图1所示, 1978年以来伦敦的GDP保持了平稳的发展态势, 增长速度稳定在2%左右^[6]。

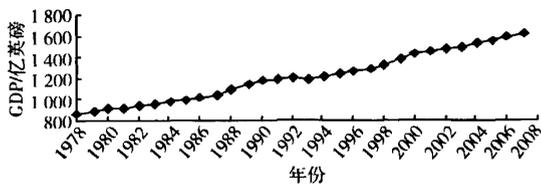


图1 1978-2007年伦敦GDP发展状况

2 伦敦电网的发展历程

2.1 电网发展简史

19世纪后期, 伦敦的电力主要用于照明。最初, 私人公司或个人自行安装发电机, 以提供他们自己的工厂或其住家的电力需求^[7]。

基金资助项目: 教育部人文社科基金(07JA790092); 国家自然科学基金资助项目(70671042, 70771039)。

收稿日期: 2009-01-04

作者简介: 杨卫红(1972—), 女, 博士, 高级工程师, 从事电力技术经济、电网规划和输变电工程后评价研究。

1947 年,政府决定将电力供应业国有化,超过 600 家电力公司合并为 12 个地方委员会。1948 年,伦敦电力委员会(LEB)开始负责伦敦市的所有电力供应,并迅速开始着手实行英国电力供应最高安全标准。1990 年 10 月 LEB 被伦敦电力股份有限公司取而代之,随后被美国 Entergy 公司收购,继而手卖给法国电力公司(EDF)。目前 EDF 拥有 3 家毗邻的电力供应公司:前东部电力公司、伦敦电力公司和南部电力公司。

战后,伦敦电网的关键演变历程如图 2 所示,图中 MSS 为主变电站的代号。

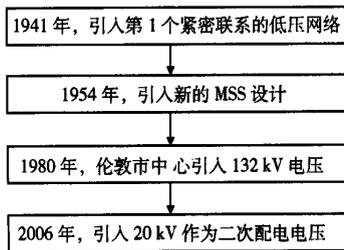


图 2 伦敦电网关键演变历程

2.2 中低压配电系统演变

伦敦中低压配电系统的演变如图 3 所示:

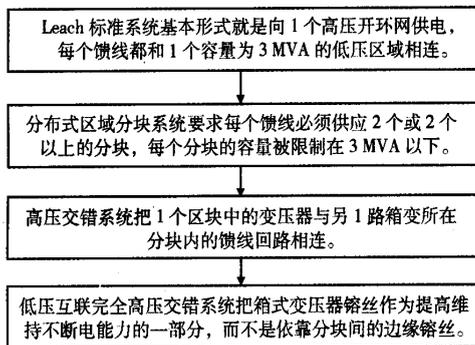


图 3 伦敦中低压配电系统的演变

1941 年起,紧密相连的“Leach”标准低压网络系统成为伦敦电网的模板,能够满足有弹性的低压电网不断增长的负荷要求。随着城市负荷密度的增长,从 20 世纪 50 年代开始,LEB 为提高 11 kV 中低压网络的性能,确定新设计中要强调额外的分块,同时,每个馈线必须供应 2 个或 2 个以上的分块,每个分块的容量被限制在 3 MVA 以下。在分块上有很大的灵活性,有些分块实际上地理覆盖区很小,以适应某些地区负荷密集度高的事实。当负荷密度达到一定程度时,分块的概念开始遇到困难,于是高压交错系统应运而生,相邻的箱式变压器可以互

相支持。1974 年出台的一部法案要求所有从箱式变压器出来的低压馈线都必须安装熔丝,这使得低压保护的协调更加复杂。面对新的挑战,低压网络被设置成了变压器容量最大为 7 MVA 的分区域。

2.3 高压配电系统演变

伦敦高压配电系统演变如表 1 所示。

表 1 伦敦高压配电系统演变历史

时间	演变历史
20 世纪 20 年代早期	在伦敦东北部安装了 1 个 33 kV 系统 (实际降压为 22 kV)
20 世纪 20 年代末至 30 年代初	伦敦具有了 1 个由 22 kV 配电的 66 kV 分支输电系统
1927 年	伦敦引入 132 kV 电压等级
20 世纪 30 年代中期到末期	中央电力委员会将电站进行互联,在伦敦西部采用 132 kV 电压,而在东部采用 66 kV 电压
20 世纪 40 年代末期	已经在伦敦东南建立起了 66 kV 系统
20 世纪 60 年代期间	275 kV 电缆被引入伦敦,在这个阶段,伦敦电力采用了将 132 kV 直接变压到 33 kV 和 11 kV 的形式
20 世纪 70 年代末期	伦敦引入了 400 kV 电压等级
20 世纪 80 年代早期至今	伦敦逐渐实现了 132 kV 以上电网的互联

2.4 主变电站设计演变

过去的 40 年中,伦敦 MSS 设计取得了巨大的进展^[9],具体过程如图 4 和表 2 所示。

1954 年,LEB 在原有 4×12 MVA,22/6.6 kV 方案基础上提出了新的标准 MSS 设计方案,该方案由 4×15 MVA,66 kV 或 33/11 kV 线变组接线,双变压器并列运行,在 1 个馈线变压器断电的情况下仍然能够维持这种供电能力。20 世纪 70 年代中期,伦敦引入 4×22.5 MVA,33/11 kV 馈线变压器组使每 kW 的购买和安装成本更低,而且 11 kV 侧的可靠容量增至 87.8 MVA。20 世纪 80 年代,随着整个伦敦用电负荷密度的不断增加和新 MSS 空间获取难度的不断加大,LEB 第一次决定使用直径为 2 m 的隧道

表 2 伦敦 MSS 设计演变历史

年份	电压 /kV	变压器 /MVA	安装容量 /MVA	馈线数			
				3 MVA	5 MVA	6 MVA	10 MVA
1945	6.6	4×12	48	16			
1954	11	4×15	60	20			
70	11	4×22.5	90	30	18		
1981	11	3×30/30	180	52	30		
2006	20	2×45/45	180			20	12

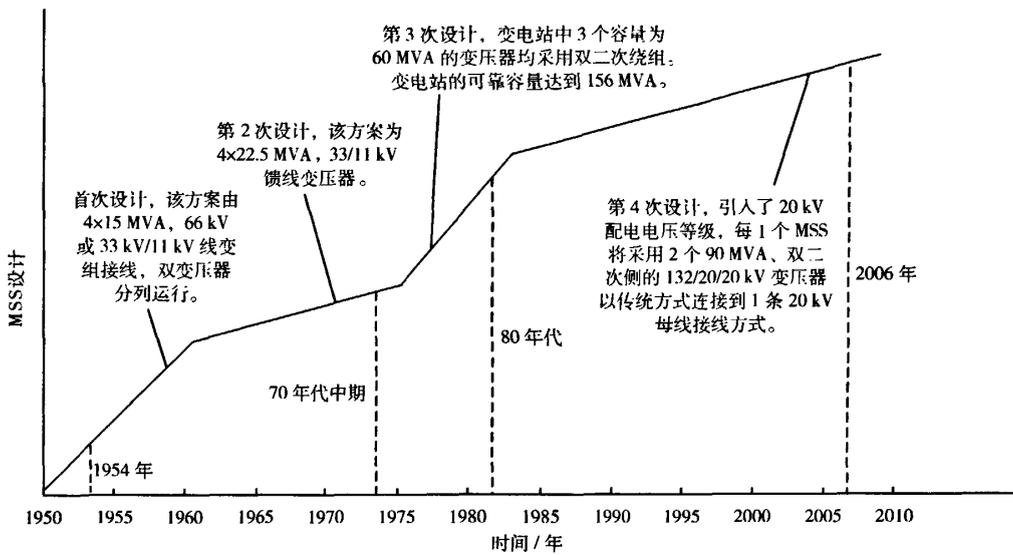


图4 伦敦电网 MSS 设计演变历程

将132 kV 配送电压输入伦敦市中心，由132 kV 直接变为11 kV。变电站的可靠容量增至173.2 MVA。随着负荷密度的进一步提高，伦敦于2006年引入了20 kV 配电电压等级，每个MSS将采用2个90 MVA, 132/20 kV 变压器以传统方式连接到1条20 kV 母线接线方式。

2.5 伦敦电网现状

伦敦电网有直供、环网和手拉手等多种连接形式。环网系统中每个主站有12个环，采用断路器，不用负荷开关。伦敦城网电压序列包括400, 275, 132, 66, 33, 22, 11 kV。伦敦电网计划改造后的电压等级序列为400, 225, 132, 20, 0.4 kV。伦敦电网从1977年起，电缆化率达到了100%^[10]。目前，伦敦电网覆盖约666 km²的区域，其电缆长度超过30 160 km。伦敦城市电网在城外形成400 kV 环形接线，从四周向城市供电，形成多点供电的275 kV 电缆网络，高压电网为环形接线，供电网络是辐射型的，每个电源点都有2~3路进线。

2.6 伦敦电网负荷发展情况

二战后到20世纪70年代中期，伦敦电力消费保持平稳增长。1972年到20世纪80年代末期，英国经济发展受阻，出现负增长，英国及伦敦用电增长都较为缓慢，有些年份甚至出现负增长，人均用电量也停滞不前。20世纪90年代初到现在，经济始终低速平稳发展，电力消费保持低速增长，人均用电量也小幅上升，其变化与英国电力消费特征一致，其电力增长特点为：电力消费增速变化与经济增速变化关联较大，除个别年份外，与经济基本呈相同变化趋

势；电力增速总体呈波动下降趋势，经济发展前期年均增速较高，波动幅度较大，后期波动幅度较小，增速相对平稳。随经济的发展，人均用电量不断上升。

3 伦敦电网与经济协调性分析

伦敦电网配电容量在20世纪80年代中前期增长缓慢，自20世纪80年代后期增长加快，进入21世纪，增长又趋于平稳。对比同一时期的经济发展情况不难看出：配电容量的增长与GDP的增长速度基本保持一致；20世纪80年代前期，英国的经济发展一度陷入低迷，伦敦的城市人口逐年减少，这时期的电网规模变化缓慢；1985年之后伦敦人口逐步增加，经济发展速度加快，电网的规模也得到了相应的扩张；20世纪90年代末期，伦敦的经济发展又陷入低迷，伦敦的总负荷也增长缓慢，伦敦电网的重点是提高电力供应的可靠性及经济性，电网规模趋于饱和。伦敦市经济、人口及电网发展速度如图5所示。可以看出电网规模增长速度与经济发展基本保持一致，经济及人口的发展的变化对电网的发展有一定的内在影响。

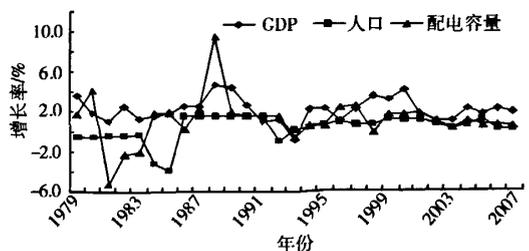


图5 伦敦 GDP、人口及配电容量发展对比

通过以上分析可以看出,伦敦电网的发展是随着社会经济的发展而发展,目前随着电力需求的饱和,电网的发展速度减缓。其电网建设能适应经济的发展,而经济的发展给伦敦城市电网的建设提供了有力的支持。

4 伦敦电网发展对中国的启示

伦敦市的经验对我国城市电网的发展有一定的借鉴意义:

(1) 城市电网的外部条件决定了其发展模式。纵观发达城市的电网发展模式都各有特色,没有统一的标准和范式。因此我国城市的电网建设应在现有的基础上研究适合本地区经济社会发展的电网建设模式。

(2) 要充分认清具体城市电网的发展阶段,以制定相应的电网规划方案。纵观伦敦市的电网发展历程,20世纪50年代至70年代为负荷快速增长的时期,此时伦敦的电网建设注重于电网规模的扩张;电压等级的提升、电网接线模式的改进以及变电站主变容量的增加。20世纪80年代至今,伦敦的经济发展及负荷增长逐渐减缓,此时的电网规划重点为供电可靠性及电网运行的经济性提升。目前,我国应结合负荷高速发展的现状,注重电网规模的扩张,并努力提高电网的可靠性及经济性。

(3) 要进行电压等级序列合理配置的研究。几十年来,伦敦的电压等级处在不断的标准化及简化之中。伦敦及其他发达国家城市的配电网的主要特点为:变电层次少;中压配电网形成多方向的互联环网结构;大部分城市将20 kV作为中压配电电压。我国城市应充分借鉴伦敦等城市的经验,结合本地的实际情况,建立合理的电压等级序列配置,并进行标准化设计。

(4) 伦敦乃至英国有一套完整的发、输、配、用电

之间的协调管理和数据交换制度,从而有利于城市电网的规划、运行及管理。为改进我国目前条块分割的管理状况,应建立和完善一整套科学的规范、规程和技术导则,并从城市乃至地区发展战略的高度,制定我国城市电网的长期规划,并提出一套完整、系统的电网管理规范。

(5) 在过去50年中,伦敦电网的发展是极富创新性的,并且其不断改进的标准化设计始终是供电技术发展的前沿。因此,尽管伦敦在过去50年中用于电力建设的投资高于其他大部分系统,但是因为伦敦在世界范围内的重要性,这些投资被证明是合理的。

5 参考文献

- [1] Sohtaoglu, N.H. The effects of economic parameters on power transmission planning [J]. Electro technical Conference, 1998 (2): 941-945.
- [2] 万国成,吴日升,樊亚亮.城市电网规划建设与城市规划的关系探讨[J].广东电力,2006,5(19):28-31.
- [3] 陈绍杰.电网规划与城市规划的关系 [J]. 农村电气化,2006(5): 18-19.
- [4] 樊亚亮,王昌照,廖立基,等.电网规划与城市规划相结合的探讨 [J].广东输电与变电技术,2005,4(3):5-8.
- [5] 邝以云,朱然,何海辉.电网规划与建设中土地资源问题的分析 [J].广东电力,2006,12(19):31-34.
- [6] The Office for National Statistics. The official yearbook of the United Kingdom (2000-2007) [D].
- [7] http://en.wikipedia.org/wiki/London_Electricity_Board.
- [8] <http://www.localhistory.scit.wlv.ac.uk/articles/electricity/history1.htm>.
- [9] British Power International. Urban Network Development.2006.
- [10] 范明天.中国配电网发展战略相关问题研究[M].中国电力出版社,2008.

Evolution of London and Its Grid Development and Its Enlightenment to Us

YANG Wei-hong¹, HE Yong-xiu¹, WU Liang-qi¹, YANG Li-fang¹, LI Fu-rong²

(1.North China Electric Power University, Beijing 102206, China;2.University of Bath, Bath, BA2 7AY, UK)

[Abstract] The London's electric load is basically saturated, and its grid development is also matured, accumulating many experiences. First, the evolution of London's economy and grid is analyzed. Then, coordination between grid development and social economy development is evaluated, and lessons as well as experiences are also summarized. Finally, recommendations for scientific decision making of our nation's city grids are presented.

[Keywords] London; economic development; grid development; coordination; enlightenment

(责任编辑:蒋毅恒)