

# 探讨英国基础设施规划的体系和挑战——以电力网络部门为例

吕律

(曼彻斯特大学 The University of Manchester)

**摘要:** 本文首先简要概述了英国基础设施规划体系的概况并提出了其面对四个不同方面的挑战。然后以其中具体的组成部分——电力网络部门为实例具体分析。结合到英国的实际国情,在面向发展电网基础设施规划期间所面临的挑战,本文也简述了一些电网未来发展的可能趋向。

**关键词:** 基础设施规划体系、挑战、电力网络系统、电网

## 引言

基础设施系统是由多个相互关联的基础设施部门组成的一个网络。其中的基础设施——例如,交通、电力、水和电信系统——是经济活动的基础,催化了增长和发展。规划系统在通过地方领导、计划制定和发展管理提供基础设施方面发挥着关键作用。各国正在认真对待基础设施问题。尤其是对于最大类型的基础设施,例如交通和能源。本文着重以电力网络基础设施部门为例探讨英国的基础设施发展的情况与挑战,并分析一些未来的发展可能性。

## 英国的基础设施规划系统概述

国家基础设施政策制定会影响到国家的财政、监管和空间规划。它可以被认为是一个连续体,过去三十年的变化驱动力将规划整体推向国家控制减少化和主导地位变化。这个转变,两个最重要的驱动力被认为是政治经济以及国家形式的变化(Marshall, 2014)。而英国是西欧国家中最早将新自由主义纳入其关键国家项目的国家,而且是实施效果最好的国家,这一主义在基础设施行业之中尤其明显。英国的大多数基础设施在20世纪90年代中期就已经私有化了,但道路仍然是一个例外,并且像许多其他部门坚定遵循市场化制度。在英国国内的不同地区,基础设施的自由化和私有化的动态在不同的时间和部门都是不平衡的,也是变化的。英国的国家基础设施计划,不是普遍意义上的城市规划的计划,它是一种处理基础设施政策的方法,符合英国私营但受管制的基础设施行业的模式。它还可以应对对于说服基础设施供应商投资于新的或更新的系统所面临的挑战。

与其他欧洲地区的规划体系所采用的方法相比,英国明显更注重空间或“精简规划”,其规划体系受到新自由化因素的影响更为深刻(Marshall, 2011)。对城市化所需的更“次要”形式的基础设施规划的研究,到目前为止,被认为是地方层次上的规划的主要问题,主要集中在地方筹资机制上。基础设施规划在很大程度上被认为是围绕着英国空间规划叙事的争议背景下的一个切线问题(Holt, 2013)。空间规划在提供基础设施规划方面的作用并不明确,只是现如今才作为新系统的主要特征之一出现。在英国,国家基础设施规划和交付的发展计划是通过不同的国家政策声明出现的,其中会包括一些位置上的指示,但总体上来说不是由空间驱动的。除此之外,英国的基础设施要求的地点和类型的确定是通过中央政府部门的单独政策来选择的(Morphet, 2009)。

## 改善基础设施规划协调的挑战

基础设施系统是一个各部门互相联系的网络,目的是为了高宜居性,促进繁荣和增长,需要提高基础设施网络的强度和协调性。对于基础设施体系的不断发展的要求,除了改善目前的现状,基础设施还必须为未来的挑战做好准备。在发展基础设施规划时,可能会面临以下四个显著的挑战。

第一个挑战是基础设施的数字化转型。大多数国家基础设施的开发都是为了应对不同数量的具体挑战或政策举措。结果是衍生很多碎片化、许多孤岛、冗余、重新发明和不再适合目的的系统(Hovenga and Grain, 2022)。因此,为了实现可持续性转型,特别是在基础设施等高惯性系统中,建模是很重要的,并且可能是获取转型通俗化表现的重要手段。然而,模型通常具有技术经济特征,并且本质上侧重于可量化的元素。在使用技术经济模型的情况下,例如为决策提供系统概览,这可以带来很多好处(Lovell, Watson and Hiteva, 2022)。然而,存在的一个关键难点是如何将社会技术和转型理解与技术经济方法联系起来,以进行建模以及政策和系统决策。

还可能面临的挑战是节能减排,促进零碳目标的实践目标。作为应对全球气候变化努力的一份子,英国制定了到2050年实现净零排放的目标。因此英国政府发布了阐述实现2050年净零排放的承诺《净零战略》。该战略以英国“绿色工业革命十点计划”为基础,制定了全面的计划以降低所有经济部门的排放,同时利用温室气体去除技术减少剩余

排放,支持英国向清洁能源和绿色技术转型,逐步实现净零排放目标。

第三个挑战是提升基础设施弹性,增强抗灾力。基础设施系统的性能受气候环境影响,目前气候环境正经历由气候变化引起的转变。由于气候变化,关键基础设施系统面临着新的挑战。为了确保它们在未来的持续和可靠的表现,它们的复原力需要提高,对气候变化的适应是其中的一个基本要素(Val et al., 2019)。关键基础设施(CIs)的弹性已成为危机管理和CIs保护的关键问题。然而,各种威胁/危害可能会导致关键设施(CI)恢复能力的破坏和失败,这不可避免地会对人类和国民经济产生负面影响(Osei-Kyei et al., 2021)。

最后一个可能面临的挑战是基础设施财政分布不。继2010年成立保守党-自由民主党联合政府以及随后在2015年选举保守党政府后,英国遭受了广泛的经济削减(Mell, 2017)。这一议程影响了英国各地的地方规划当局(LPA),他们见证了其核心资金的大幅减少。政府提出的精简地方政府成本的建议旨在重新平衡新工党领导下的公共部门扩张费用(1997-2010年)(Lord and Tewdwr-Jones, 2012)。集中资金的减少和对创收的持续限制(即议会税收增加)阻碍了基础设施可持续融资机制的发展,作为这一状况的应对举措,英国各地正在对地方规划当局(LPA)可用的替代融资方案进行更深入的评估,以支持资本和收入投资,以限制政府削减的影响(Wilson and Hughes, 2011)。

## 英国电力网络系统

所有基础设施系统,如交通、能源、废物和数字部门,都是复杂的独立但相互依存的。由于需求不断增加,它们变得越来越紧张,需要不断更新和升级,以避免过时或最终达到寿命结束(Oughton et al., 2018)。基础设施结构系统可能具有的依赖关系类型非常重要。首先,存在单向和双向依赖,前者意味着一个基础设施使用另一个基础设施的产品或服务;双向相互依赖是指两个或多个基础设施系统的相互依赖。根据Rinaldi等人(2001)的观点,相互依赖可以分为四种:物理层面的、网络形式的、地理维度的和逻辑性的。

电网规划传统上是独立进行的,电网规划与未来电力需求和发电厂的退役/增加密切相关。因为电网系统是能源基础设施的重要组成部分,英国的主要能源网络是天然气和电力系统。天然气和电力网络非常相似。这两个网络的设计目的都是将能源从偏远地区输送到需求中心,通常相距相当远。正是这种地理上的分离,使得输电业务在全国具有如此高的重要性。一般来说,燃气和电力能源系统可以分为以下类别(Hall et al., 2016):

- 燃料来源(煤、天然气、油、铀等)和发电
- 传输(高压电力网;高压燃气网)
- 配电(中/低压电力网;中/低压天然气网)
- 消费者(电力/天然气需求)

在英国,大规模的集中式技术系统用于将电力从发电场所通过输电网络输送到城市和其他使用场所。该电力网络由相互连接的电缆、铁塔、变电站和变压器组成。但英国的国家电力基础设施系统被认为效率低下,应用方法过时。政府承保的成本也越来越高。解决方案是将它们分解并将零件出售给私营部门公司。为实现这一目标,国家垄断企业首先被拆分为独立的输电、配电和发电公司。输电系统是一种自然垄断,需要成立一个受监管的单一公司来拥有和管理它。分销网络同样被划分为受监管的区域垄断企业,这些垄断企业被单独出售(Breeze, 2021)。最终,形成了电网私有化现象。

这类市场的一个关键特征是,参与者(现在是在寻求盈利的私营公司)在制定战略决策(例如建造发电厂的类型)时通常受到严格的经济考虑的驱动。从国家战略角度来看,制定的战略决策往往显得较为短视,但政府只能通过引入额外的激励措施来鼓励公司采取战略行。国家(和次国家)能源监管机构负责对输电公司进行经济监管。这种经济调控通常最关心的是为网络公司设定总体收入和批准收取收入的收费方法。与

能源系统的其他方面一样。电力网络的政策目标的组合实现脱碳,维护能源安全以及交付的可负担性。这三个政策代表了能源政策的“三难困境”,三个目标中的两个的实现必然会使第三个目标难以实现(Finger and Jaag, 2020)。

而能源基础设施资金是通过客户账单支付的。客户的能源账单包含了生产或购买能源的成本;运输;以及提供这些服务所需的零售服务——也就是说,客户最终将支付私营公司在这一过程中每一步所产生的所有成本。能源基础设施的大部分投资是通过私人投资获得的。这包括建设新的资产和更新现有的资产,其中一些已经使用了几十年。政府也通过对新技术的研究和开发资金或通过具体的投资计划来支持新技术,对能源基础设施进行投资。公司发行债务或筹集股权为投资融资。

#### 面对挑战的未来发展方式

面对基础设施普遍会遇到的挑战,英国电力系统采取了一些相应的规划举措。首先是发展更加智能的电力系统。随着供热和交通的电气化发展,电力需求的形式也将更加多变。而智能电网被普遍认为是现代电力系统的未来发展方向。智能电网的发展包括现有电网的现代化发展、现有电网运营方式的改变、促进能源用户的行为改变、新服务设施的供给、以及向可持续低碳经济转变的服务支持(Jenkins, Long and Wu, 2015)。第二个方面是零碳,在能源领域,电力系统脱碳相对明确的方向——2035年,电力系统接近零排放。其中在减少排放方面,发电有了明显进展,而输电和配电网络需要做好准备,以支持这些新的发电来源,并在其他行业降低碳排放的同时,适应不断增长的需求。关于弹性化的电力网络构建,电池储能被要求启动。国家电网呼吁运营商调度电池储能能力,以满足 Electricity System Operator (ESO) 的需求。随着越来越多的可再生能源发电投入使用,新能源发电的波动性可能面对严重的系统性风险。这些风险只有通过在全国范围内大规模推广电网储能系统才能降低,以提高供电的灵活性(news.bjx.com.cn, 2019)。最后,财政投资方面,Ofgem 已对将于 2023 年 4 月开始的下一轮地方电网 (DNO) 价格控制适用的财务方案提出了工作假设。DNO 的新价格控制措施有利于创建更灵活的地方电网,通过连接更多小规模可再生能源和存储,更有效地平衡电力需求和供应。并且新的 Ofgem 战略创新基金,通过与英国创新组织的合作,正在寻求创新的方式来改造能源网络,用于开启天然气和电力网络的创新。

综合考虑负荷分布、电源规划、新能源规划等因素,依据不同地域的不同发展定位和需求,英国输电网规划研究和制定整体电网发展策略和目标网架,立足于解决现有电网存在的问题,优化电网结构,提高供电能力和适应性,充分评估电网规划的可实施性。在保障电网可靠运行和供电质量的前提下,实现电网供电能力上的合理储备、空间上的合理布局以及时间上的合理过渡。

#### 分布式发电

分布式发电形式在成本和能源、效率方面都有很大优势,它是指在电网外围而不是在中心生产电力,使电力来源更接近消费者。屋顶太阳能电池板是此类发电的完美示例。当住宅存在屋顶安装太阳能时,这些发电设备直接向家庭供电,而不需要通过电网,因此消除了任何电网损耗(Breeze, 2021)。

#### 智能电网

随着供热和交通的电气化发展,电力需求的形式也将更加多变。因此,电力供需平衡需要更加智能的电力系统,智能电网被认为是现代电力系统的未来发展方向。智能电网的发展包括现有电网的现代化发展、现有电网运营方式的改变、促进能源用户的行为改变、新服务设施的供给、以及向可持续低碳经济转变的服务支持(Sun et al., 2010)。英国在智能电网布局方面成绩显著,并在智能电网研究和示范项目方面进行了大量投资。此外,英国还全面展开了智能电表安装计划。这不仅能改进电网管理,还可帮助减少电力需求,促进供需体系的转变(Jenkins, Long and Wu, 2015)。

#### 微电网

分布式发电与智能电网相结合产生的新概念之一是微电网。微电网是一个小型、自给自足的电网,包括一组定义的消费者以及为他们提供所需的所有电力的发电设施。微电网不是孤立的;它是更大配电网的一个部分,既可以从该网络获取电力,也可以将电力输送回其中。但它作为一个独立单元进行管理,并且使用本地智能电网技术管理整个微电网的电力输送。最重要的是,如果主配电网出现故障,微电网能够作为隔离电网运行。这种弹性是该概念的关键部分(Breeze, 2021)。

#### 结论

基础设施规划政策对国家发展至关重要。本文发现了英国的基础设施规划系统受新自由化因素影响,有其独特特征。在未来的发展中也可能面临数字化,节能减排,弹性力及财政支持等多方面的挑战。电力

网络基础设施作为能源基础设施体系内的一个重要组成部分,它的重要性不可忽视。面对发展中面临的挑战,未来在保障电网可靠运行和供电质量的前提下,实现电网供电能力上的合理储备、空间上的合理布局以及时间上的合理过渡,提高电力网络部门的协调性,使整个电网系统更加完善。

#### 参考文献:

- [1]Breeze, P. (2021). The cost of electricity. Amsterdam, Netherlands ; Cambridge, Ma: Elsevier.
- [2]Hall, J.W., Tran, M., Hickford, A.J. and Nicholls, R.J. (2016). The Future of National Infrastructure A System-of-Systems Approach. Cambridge University Press.
- [3]Finger, M.P. and Jaag, C. (2020). The Routledge companion to network industries. London ; New York Routledge, Taylor Et Francis Group.
- [4]Holt, V. (2013). Infrastructure Planning in England: A Study of Local Practice. [online].
- [5]Hovenga, E. and Grain, H. (2022). Global and national infrastructures supporting digital health ecosystems. Roadmap to Successful Digital Health Ecosystems, pp.17 - 33.
- [6]Jenkins, N., Long, C. and Wu, J. (2015). An Overview of the Smart Grid in Great Britain. Engineering, [online] 1(4), pp.413 - 421.
- [7]Lovell, K., Watson, J. and Hiteva, R. (2022). Infrastructure decision-making: Opening up governance futures within techno-economic modelling. Technological Forecasting and Social Change, 174, p.121208.
- [8]Marshall, T. (2011). Reforming the process for infrastructure planning in the UK/England 1990 - 2010. Town Planning Review, 82(4), pp.441 - 467.
- [9]Marshall, T. (2014). Infrastructure futures and spatial planning: Lessons from France, the Netherlands, Spain and the UK. Progress in Planning, 89, pp.1 - 38.
- [10]Mell, I. (2017). Financing the future of green infrastructure planning: alternatives and opportunities in the UK. Landscape Research, 43(6), pp.751 - 768.
- [11]Morphet, J. (2009). Local integrated spatial planning - the changing role in England. Town Planning Review, 80(4-5), pp.393 - 414.
- [12]news.bjx.com.cn. (2019). A full rundown of the UK blackout: how much of a role did energy storage systems play? [online].
- [13]Osei-Kyei, R., Tam, V., Ma, M. and Mashiri, F. (2021). Critical review of the threats affecting the building of critical infrastructure resilience. International Journal of Disaster Risk Reduction, 60, p.102316.
- [14]Oughton, E.J., Usher, W., Tyler, P. and Hall, J.W. (2018). Infrastructure as a Complex Adaptive System. Complexity, 2018, pp.1 - 11.
- [15]Rinaldi, S.M., Peerenboom, J.P. and Kelly, T.K. (2001). Identifying, understanding, and analyzing critical infrastructure interdependencies. IEEE Control Systems, [online] 21(6), pp.11 - 25.
- [16]Sun, Q., Wu, J., Zhang, Y., Jenkins, N. and Ekanayake, J. (2010). Comparison of the development of Smart Grids in China and the United Kingdom. 2010 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT Europe).
- [17]Val, D.V., Yurchenko, D., Nogal, M. and O' Connor, A. (2019). Climate Change-Related Risks and Adaptation of Interdependent Infrastructure-Related Systems. Climate Adaptation Engineering, pp.207 - 242.
- [18]Wilson, O. and Hughes, O. (2011). Urban Green Space Policy and Discourse in England under New Labour from 1997 to 2010. Planning Practice and Research, 26(2), pp.207 - 228.
- [19]Zhu, J., Zhou, X., Zeng, P., Zhang, X. and Wang, C. (2020). Great Britain's Transmission Grid Planning Method and Its Enlightenment to China's Grid Planning. Journal of Global Energy Interconnection, 3(1), pp.59 - 69.