

基于现状负荷成熟度校验的负荷密度指标选取方法研究

冯 磊¹, 杜佩仁², 林韶生³, 徐 兴³

(1. 云南电网有限责任公司, 云南 昆明 650000;

2. 浙江大学, 浙江 杭州 310027;

3. 杭州鸿晟电力设计咨询有限公司, 浙江 杭州 311121)

摘 要:传统的基于用地仿真法的空间负荷预测方法对各种环境因素的考虑并不完善,而且对于这些环境因素,评价的指标越多,模糊规则也就越多、越复杂,已经不能够满足电力规划实际需求。本文提出了一种规范化的可以直接考虑各种实际地块建设状态要素的饱和负荷密度指标选取新方法。该方法提出了“负荷成熟度”、“负荷达成率”及“建成投产率”的概念,考虑城市发展和改造的不确定性,把区域负荷指标与区域发展定位及市政建设进度情况相结合,指标选取紧密关联现状实际情况。据此,进一步形成负荷指标的评价优选模型,以模型方法对城市地块饱和负荷指标值进行迭代计算,并对异常指标进行负荷指标修正,最终得到最符合全区实际发展远景的饱和负荷预测指标值。

关键词:空间负荷预测指标;建成投产率;负荷成熟度;负荷达成率;区间匹配

文章编号:2096-4633(2018)04-0012-06 **中图分类号:**TM714 **文献标志码:**B

传统负荷预测方法主要是对未来负荷数值进行确定,但不能够给出合理范围设定。伴随着电力系统精益化管理,传统负荷预测方法已经不能够满足电力规划实际需求。

空间负荷预测的概念最早是由 Willis 提出并完善的^[1]。如今空间负荷预测已经成为城市配电网规划的重要基础,主要是对于一定范围内的电力负荷数值及方位进行判断。按照预测结果对于某范围内电力负荷安装位置及容量进行确定,能够有效提高电力系统经济效益及稳定性能。

在过去的几十年中,相关人员提出了许多空间负荷预测模型(SLF)。其中,用地仿真法是目前精度最高、同时可满足短期和中长期配电网规划要求的一种基于城市发展仿真的 SLF 模型。传统的基于用地仿真法的空间负荷预测方法对各种环境因素的考虑并不完善,比如对于居民生活用地,它只以附近 1 个小区或 2 个小区的居民面积和商业面积作为评价指标,并没有考虑附近工业、市政等用地类型的影响,而且对于每种用地类型,评价指标越多,模糊规则也越多、越复杂^[2]。

并且,城市的发展通常是两种方式并存:平稳发展和跳跃发展。平稳发展主要是由于经济的持续增

长、人口的缓慢增长和生活水平的不断提高等因素引起的,而跳跃式发展通常是由外部的刺激和大项目的新建所引起。这些大项目一旦实施,对空间负荷分布的影响很大,必须予以考虑。另外,由于城市发展是一个发展和改造并存的过程,在空间负荷预测中还需要考虑城市改造的不确定性。

针对上述实际问题,本文首先提出了“负荷成熟度”、“负荷达成率”及“建成投产率”的概念。在城市饱和负荷预测过程中,把区域负荷指标与区域发展定位及市政建设进度情况相结合,指标选取紧密关联现状实际情况。据此,进一步形成负荷指标的评价优选模型,以模型方法对城市地块饱和负荷指标值进行迭代计算,最终得到最符合全区实际发展远景的饱和负荷预测指标值。

1 基本概念

1.1 负荷成熟度

规划年最大负荷与区域饱和最大负荷的比值,是对区域负荷当前发展水平(或成长空间)的预判。负荷成熟度总是小于 1,可根据该区域地块的建成率、开工率、入住率、现状负荷密度等指标作综合评价。

1.2 负荷达成率

区域内已建成投产地块(用户)现状负荷与规划设计的最大负荷的比值,反映该地块上在建的当前用户的负荷成熟度。

1.3 建成投产率

区域内已建成投产的用地面积与区域建设总面积的比值,反映了区域市政建设进度情况。

1.4 负荷密度指标

负荷密度:负荷密度是表征负荷分布密集程度的量化参数,是最大负荷与用地面积的比值;

负荷指标:最大负荷与建筑面积的比值。

2 负荷密度指标评价优选模型

模型整体框架分为3个模块,数据预处理模块、指标计算模块、迭代计算模块。数据处理模块主要包含识别地块用地性质、识别地块建设状态以及初始(修正)负荷指标选取;指标计算模块主要包含区域负荷总量计算、建成投产率计算、负荷达成率计算、负荷成熟度计算;迭代修正模块主要包含指标区间匹配、匹配异常网络分析以及负荷指标修正。具体模型如图1所示。

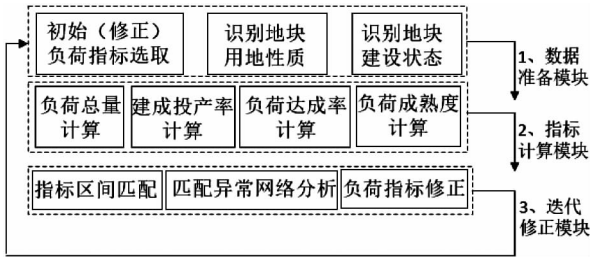


图1 负荷密度指标评价优选模型

Fig.1 Optimization model for evaluation of load density index

2.1 数据准备模块

2.1.1 选取初始(修正)指标

根据研究对象所处于地区的整体负荷密度水平,针对各地块用地性质,选取较为适中的指标值作为初始指标。

2.1.2 识别地块用地性质

这一步主要是通过收集最新的城市区域控制性详细规划等上位市政规划资料,摘取其中对研究对象的远景规划用地性质作为研究对象的用地性质属性,这里单一地块有且只有一个用地性质。

2.1.3 识别区域建设状态

这一步对所有地块建设进度进行识别分类,统

计为包括成熟、出让、意向、拆迁以及已建、在建、未建在内的七个建设状态,前四个建设状态的地块信息均可以由规划局提供基础数据,后三个建设状态主要适用于未做计划的其余地块,可以根据谷歌卫星地图判定建设状态。

2.2 指标计算模块

2.2.1 规划区远景负荷总量(P_1)计算

根据所选择的各类地块初始负荷指标(Z_1)及片区建设总面积(S_1)计算区域初始建筑负荷总值。

$$P_1 = S_1 \times Z_1 \quad (1)$$

2.2.2 区域远景负荷总量(P_2)计算

根据所选择的各类地块初始负荷指标(Z_1)及已建成区域建设面积(S_2)计算区域初始建筑负荷总值。

$$P_2 = S_2 \times Z_1 \quad (2)$$

2.2.3 建成投产率(K)计算

建成投产率:已建成区域建设面积 S_2 与分区建设用地总面积 S_1 (不含绿化用地)的比值。

$$K = S_2 / S_1 \quad (3)$$

2.2.4 负荷成熟度(A_1)计算

负荷成熟度(A_1) = 建成地块现状最大负荷(P_3) / 区域最大负荷(P_1)。

$$A_1 = P_3 / P_1 \quad (4)$$

2.2.5 负荷达成率(A_2)计算

负荷达成率(A_2) = (建成地块现状最大负荷(P_3) / 建成地块饱和最大负荷(P_2)) × 建成投产率(K)。

$$A_2 = (P_3 / P_2) * K \quad (5)$$

2.3 迭代修正模块

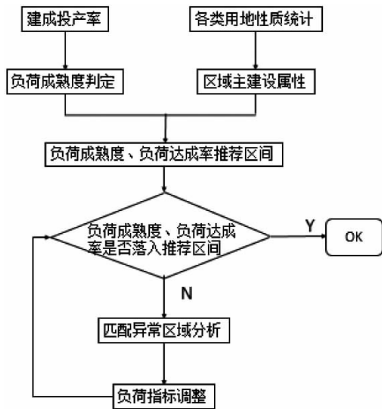


图2 负荷指标评价修正流程图

Fig.2 Revision flow chart of load index evaluation

负荷指标评价修正主要分为了三个步骤:指标区间匹配、匹配异常区域分析以及负荷指标修正。

2.3.1 指标区间匹配

根据建成投产率的差异,将区域划分为 A、B、C、D 四个层级,并结合不同的区域主要建设属性给出其负荷成熟度和负荷达成率的推荐区间。将模块二中计算得到的对象负荷达成率和负荷成熟度分别与推荐区间进行匹配。

表 1 不同建成投产率区间下的分类市政区域负荷达成率及负荷成熟度参考值区间

Tab. 1 The reference value interval of classified municipal areas load achievement rate and load maturity under different production rates

发展成熟度 (建成投产率、 负荷成熟度)	建成 投产率 /%	居住类 1(成熟快)		工业类		商业综合服务类	
		负荷达成率 (建成区)/%	负荷成熟度 (全区)/%	负荷达成率 (建成区)/%	负荷成熟度 (全区)/%	负荷达成率 (建成区)/%	负荷成熟度 (全区)/%
A	> =80	85 ~ 90	65 ~ 90	80 ~ 95	70 ~ 95	80 ~ 95	70 ~ 95
B	> =60	65 ~ 85	35 ~ 65	70 ~ 90	45 ~ 70	70 ~ 90	45 ~ 70
C	> =15	45 ~ 65	5 ~ 35	60 ~ 80	15 ~ 45	60 ~ 80	10 ~ 45
D	< 15	0 ~ 45	0 ~ 5	0 ~ 60	0 ~ 15	0 ~ 60	0 ~ 10

3 算例分析

西山区属昆明市四个主城区之一,位于市区西南部,总面积 881.32 平方公里。该地区经济发达,第三产业占区域发展主导地位,2015 年国民生产总

2.3.2 匹配异常区域分析

针对部分极端片区,负荷达成率与负荷成熟度差异过大,导致评估失败,则需要进行人工干预判断。

2.3.3 负荷指标修正

根据指标调整方向对初始负荷指标值进行调整,并重新代入数据准备模块进行下一轮指标选择。

值 455.53 亿元,人口 77.9 万人,人均 GDP2015 年的 5.85 万元。西山区内共有包含两个商业综合服务类、一个居住 2 类片区在内的三个市政片区。针对西山区行政定位及经济发展情况,分别对三个市政片区选取初始负荷指标如表 2 所示。

表 2 西区三大片区初始负荷指标取值表

Tab. 2 The initial load index table for the three largest section of the western region

用地性质				负荷密度/MW/km ²			负荷指标/W/m ²			规划选取	
				低	中	高	低	中	高	负荷指标/W/m ²	同时率
R	居住用地 (以小区 为单位)	R ₁	一类居住	/	/	/	25	30	35	27	0.7
		R ₂	二类居住	/	/	/	15	20	25	20	0.7
		R ₃	三类居住	/	/	/	10	12	15	10	0.7
A	公共管理 与公共服务 用地 (以用户 为单位)	A ₁	行政办公	/	/	/	35	45	55	40	0.42
		A ₂	文化设施	/	/	/	40	50	55	45	0.42
		A ₃	教育	/	/	/	20	30	40	27	0.42
		A ₄	体育	/	/	/	20	30	40	27	0.42
		A ₅	医疗卫生	/	/	/	40	45	50	40	0.42
		A ₆	社会福利	/	/	/	25	35	45	32	0.42
		A ₇	文物古迹	/	/	/	25	35	45	32	0.42
		A ₈	外事	/	/	/	25	35	45	32	0.42
		A ₉	宗教	/	/	/	25	35	45	32	0.42
B	商业设施 用地 (以用户 为单位)	B ₁	商业	/	/	/	50	70	85	65	0.49
		B ₂	商务	/	/	/	50	70	85	65	0.49
		B ₃	娱乐康体	/	/	/	50	70	85	65	0.49
		B ₄	公用设施营业网点	/	/	/	25	35	45	32	0.49
		B ₉	其他服务	/	/	/	25	35	45	32	0.49

用地性质				负荷密度/MW/km ²			负荷指标/W/m ²			规划选取	
				低	中	高	低	中	高	负荷指标/W/m ²	同时率
M	工业用地 (以用户为单位)	M ₁	一类工业	45	55	70	/	/	/	50	0.49
		M ₂	二类工业	40	50	60	/	/	/	45	0.49
		M ₃	三类工业	40	50	60	/	/	/	45	0.49
W	仓储用地 (以用户为单位)	W ₁	一类物流仓储	5	12	20	/	/	/	10	0.36
		W ₂	二类物流仓储	5	12	20	/	/	/	10	0.36
		W ₃	三类物流仓储	10	15	20	/	/	/	13	0.36
S	交通设施用地	S ₁	城市道路	2	3	5	/	/	/	3	0.56
		S ₂	轨道交通	2	2	2	/	/	/	2	0.56
		S ₃	综合交通枢纽用	40	50	60	/	/	/	45	0.56
		S ₄	交通场站	2	5	8	/	/	/	5	0.56
		S ₉	其他交通	2	2	2	/	/	/	2	0.56
U	公用设施用地	U ₁	供应设施	30	35	40	/	/	/	35	0.48
		U ₂	环境设施	30	35	40	/	/	/	35	0.48
		U ₃	安全设施	30	35	40	/	/	/	35	0.48
		U ₉	其他公用设施	30	35	40	/	/	/	35	0.48
G	绿地	G ₁	公共绿地	1	1	1	/	/	/	1	0.64
		G ₂	防护绿地	1	1	1	/	/	/	1	0.64
		G ₃	广场用地	2	3	5	/	/	/	3	0.64

针对上述初始指标进行空间负荷预测之后,根据评价优选模型可以得到针对各分区负荷指标评价的结果表如下所示,由下表可以看出 HG-01 区域的负荷达成率略高于经验区间,负荷成熟度落在了经验区间范围内,所以其负荷指标基本合理;HG-02 区域的负荷达成率落在了经验区间范围以下水

平,负荷成熟度落在区域范围之内,由于此地区为新开发建成地段,商户入住率低,随着商户的入驻,负荷成熟度随之增加,所以初步判断其饱和负荷指标选取偏高;HG-03 区域的负荷达成率及负荷成熟度都落在了经验区间范围内水平,初步判断其饱和负荷指标选取适合(中)。

表3 西区三大片区负荷指标评价表

Tab.3 The evaluation table of the load index of the three major section of the western region

区域 代号	建设 面积 /M ²	建成 投产 率 /%	饱和 负荷 /MW	现状 负荷 /MW	区域负荷特征分析							
					市政功能 特征描述	主导 产业 占比	参考 产业 定义	负荷 达成率 /%	负荷 成熟度 /%	负荷达成 率(参考 范围)/%	负荷成熟 度(参考 范围)/%	指标评 价(高/ 中/低)
HG-01	7.27	86.8	139.82	59.06	由突出休闲度假为主题、开放性社区空间为主的两个综合生态社区构成	商业综合 服务类 47	商业综合 服务类	48.73	46	60~80	10~45	商业综合 中
HG-02	5.15	93.5	54.3	19.9	由地域特色民俗文化特色产业构成的观光产业园区	商业综合 服务类 58	商业综合 服务类	44.73	37	60~80	10~45	商业综合 高
HG-03	5.15	76.1	74.02	24.41	公园周边住宅区域以及公共配套服务设施	居住类 2:58	居住类2 (成熟慢)	42	24	40~60	4~25	居住类2 中

4 结论

本文提出一种基于现状负荷成熟度校验的负荷

密度指标选取的方法,通过对于各省市地区的大量实例,形成负荷密度指标的参考区间,进而对初始选取的负荷密度指标进行评价^[17]。并通过对云南昆

明的一个行政区的工程实例分析,证明了本文提出方法的可行性有效性。

参考文献:

- [1] 江新琴,李喜兰. 基于空间饱和负荷密度的城市远景饱和负荷预测[J]. 福州大学学报,2008,36(04):532-536.
JIANG Xinqin, LI Xilan. City future saturated load forecasting based model of saturated load density[J]. Journal of Fuzhou University,2008,36(04):532-536.
- [2] 肖白,周潮,穆钢. 空间电力负荷预测方法综述与展望[J]. 中国电机工程学报,2013,33(25):78-92.
XIAO Bai, ZHOU Chao, MU Gang. Review and prospect of the spatial load forecasting methods[J]. Proceedings of the CSEE, 2013,33(25):78-92.
- [3] 赖晓文,钟海旺,杨军峰,等. 全网统筹电力电量平衡协调优化方法[J]. 电力系统自动化,2015,39(07):97-104.
LAI Xiaowen, ZHONG Haiwan, YANG Junfeng, et al. A coordinated optimization method for system-wide power supply-demand balancing[J]. Automation of Electric Power Systems, 2015,39(07):97-104.
- [4] 姚愉芳,陈杰,胡娱欧,等. 用电增量与经济发展关系分析[J]. 中国电力,2016(s1):123-127.
YAO Yufang, CHEN Jie, HU Yuou, et al. Analysis on the relationship between electricity consumption increment and economic development[J]. Electric Power,2016(S1):123-127.
- [5] 尹桂玲,张焰. 基于用地仿真法的配电系统空间负荷预测[J]. 电力自动化设备,2004,24(02):20-23.
YIN Guiling, ZHANG Yan. Land usage-based spatial load forecasting in distribution system[J]. Electric Power Automation Equipment,2004,24(02):20-23.
- [6] 鲍振洪,李朝奎. 城市建筑容积率研究进展[J]. 地理科学进展,2010,29(04):396-402.
BAO Zhenhong, LI Zhaokui. Progress on the study of urban architecture FAR[J]. Progress in Geography,2010,29(04):396-402.
- [7] 孙旭,任震. 空间负荷预测在城市电网规划中的应用[J]. 继电器,2005,33(14):79-81.
SUN Xu, REN Zhen. Application of spatial load forecasting in urban power network planning[J]. Relay,2005,33(14):79-81.
- [8] 王赛一,华月申,吴正骅,等. 基于网格化理念的城市中心区配电网规划策略[J]. 陕西电力,2016,44(06):47-51.
WANG Saiyi, HUA Yueshen, WU Zhenghua, et al. Distribution network planning strategy of urban central area based on grid concept[J]. Shaanxi Electric Power,2016,44(06):47-51.
- [9] 李健,马彬,张植华,等. 基于网格的城市配电网优化规划方法研究[J]. 南方能源建设,2015,(03):38-42.
LI Jian, MA Bin, ZHANG Zhihua, et al. Research on a grid-based optimal planning method for urban distribution system[J]. South Energy Construction,2015,(03):38-42.
- [10] 肖白,杨修宇,穆钢,等. 基于元胞历史负荷数据的负荷密度指标法[J]. 电网技术,2014,38(04):1014-1019.
XIAO Bai, YANG Xiuyu, MU Gang, et al. A load density index method based on historical data of cell load[J]. Power System Technology,2014,38(04):1014-1019.
- [11] 赵晖. 用样条插值法模拟典型日负荷曲线[J]. 电网技术,1998,22(05):39-41.
ZHAO Hui. Simulation of typical daily load curve with spline interpolation[J]. Power System Technology,1998,22(05):39-41.
- [12] 姚刚,仲立军,张代红. 复杂城市配电网网格化供电组网方式优化研究及实践[J]. 电网技术,2014,38(05):1297-1301.
YAO Gang, ZHONG Lijun, ZHANG Daihong. Research and practice of mesh-networking optimization for power supply by complex urban distribution network[J]. Power System Technology,2014,38(05):1297-1301.
- [13] 李海涛,孙波,王轩. 配电网网格化规划方法及其应用[J]. 电力系统及其自动化学报,2015(s1):33-37.
LI Haitao, SUN Bo, WANG Xuan. Power grid planning method and its application[J]. Proceedings of the CSU-EPSA, 2015,(S1):33-37.
- [14] 卫泽晨,赵凤展,王佳慧,等. 网格化中低压智能配电网评价指标体系与方法[J]. 电网技术,2016,40(01):249-255.
WEI Zechen, ZHAO Fengzhan, WANG Jiahui, et al. Gridding evaluation index system and method of MV and LV intelligent distribution network[J]. Power System Technology, 2016,40(01):249-255.
- [15] 姚刚,杨明,帅浩,等. 基于“网格化”管理的配电网可靠性分布研究[J]. 华东电力,2014,42(09):1802-1806.
YAO Gang, YANG Ming, SHUAI Hao, et al. Distribution network reliability rate based on the "grid" management[J]. East China electric power,2014,42(09):1802-1806.
- [16] 孟亚园. 城市配电网高可靠性供电应用研究[J]. 贵州电力技术,2016,19(05):72-74.
MENG Yayuan. Study on the power supply reliability of urban distribution network[J]. Guizhou Electric Power Technology, 2016,19(05):72-74.
- [17] 张凌云,肖惠仁,等. 电力系统负荷预测综述[J]. 电力大数据 2018,20(01):52-56.
ZHANG Lingyun, XIAO Hui ren, et al. Review of power system load forecasting[J]. Power Systems and Big Data. 2018,20(01):52-56.

收稿日期:2017-12-23

作者简介:



冯磊(1983),男,本科,高级工程师,主要从事智能配电网,新能源和微电网方面的研究。

(本文责任编辑:范斌)

**Study on the selection method of load density index based on
current load maturity Verification**

FENG Lei¹, DU Peiren², LIN Shaosheng³, XU Xing³

(1. Yunnan Power Grid Co. ,Ltd. ,Kunming 650000Yunnan, China;

2. Zhejiang University, Hangzhou 310027 Zhejiang, China;

3. Hangzhou Hongsheng Electric Power Design Co. , Ltd. , Hangzhou 311121Zhejiang, China)

Abstract: The traditional method of space load forecasting based on land simulation method is not perfect for all kinds of environmental factors. Moreover, for those environmental factors, the more indicators are evaluated, the more fuzzy rules are, and the more complex it is, which has been unable to meet the actual demand of electric power planning. In this paper, a new method is proposed to normalize the saturated load density index, which can directly consider the factors of the construction state of various actual plots. The method of "load maturity", "a load rate" and "completion rate" concept, Considering the uncertainty of urban development and transformation, the regional load index and regional development orientation and municipal construction progress are combined ,and the index selection is closely related to the actual situation. Accordingly, an evaluation and optimization model for the load index is further formed, The iterative calculation of the urban land saturation load index value is performed by the model method, and the load index of the anomaly index is corrected. Finally, the most consistent with the actual development prospect forecast index of saturated load is obtained.

Key words: space load forecasting index; built in production rate; current load maturity; load reaching rate; interval matching