[电力规划]

工业园电力规划设计中负荷预测方法探讨

文/汉江师范学院　吕江涛　王汉斌

工业园电力规划中，负荷预测是规划工作的前提与基础。由于工业园在规划年内的发展程度难以确定，常规的负荷预测方法难以满足电网规划的要求。以某区的电网规划为例，将负荷预测分为近期和远期两个阶段，分别采用自然增长率+大用户报装法、空间负荷密度法，对远期负荷预测作出评价和校验，结果表明预测方法可以达到预期效果。

工业园电力规划是城市电力规划的重要内容，负荷预测是电力规划工作的前提与基础，负荷预测的合理性与否，直接影响着规划的质量和后期工程建设的可行性。但是工业园在规划年限内的发展程度难以确定，另外还有很多因素影响负荷预测的准确性，比如气象因素、节假日工作时间、大用户突发报装、大用户用电缺乏计划和有序性以及新建企业没有历史负荷数据等。如何采用较为准确的负荷预测方法预测近期和远期的电力负荷，为后续建设提供可靠的依据，保证电网建设规模及管线路径的合理经济利用，并满足园区经济发展，是规划工作的难题。

选取某工业园区作为研究对象，分别采用不同的方法对近期、远期负荷进行预测，再利用现有工业园的用电数据，用单位人均法进行校验，以检验负荷预测结果的合理性，为后续电网建设提供依据。

电力负荷预测方法

1. 常用预测方法

电力负荷的常见预测方法主要有基于小波分解（WT）、改进粒子群算法（IPSO）和BP神经网络的组合预测模型，基于特性指标分析、时间序列分析、相关系数和回归分析法以及Hadoop架构下基于模式匹配的短期电力负荷预测方法等。BP神经网络的组合预测模型、相关系数、回归分析法和短期电力负荷预测方法虽然预测能力强，但历年的负荷数据收集起来特别困难。基于特性指标分析和时间序列分析是以居民区为研究对象，工业园和居民区的负荷变化趋势差异大，不适用本文。这些方法从时间角度可以满足规划年电力总量发展需求；但对突发事件反映能力差，无法在空间层面把握总量的分布。

虽然负荷预测的方法有多种，但是历年运行的负荷数据收集起来并不容易，并且预测模型也存在不适应性。而将传统的负荷预测方法与空间负荷预测方法相结合，可以使规划结果更加贴近规划范围的区域特点与发展定位。

2. 某工业园区负荷预测方法

电力弹性系数法主要适用于远期负荷预测，单耗法主要适用于工业比重较大的系统等。每一个方法都有其优缺点和适用性。由于某工业园区的经济发展情况是与企业入驻及生产情况密切相关的，其产值及GDP增长具备不确定性和偶然性，因此无法使用电力弹性系数法和单耗法，而只使用单一的预测方法是不能满足该工业园区长久的实际负荷

基金项目：汉江师范学院2020年省级大学生创新创业训练计划项目（S202010518033）。

变化的。因此，将该工业园区的负荷预测分为近期（2020—2024年）预测和远期（2025—2035年）预测，分别采用不同的预测方法。

近期负荷预测思路

常见的预测方法有根据大量历史数据进行的趋势外推预测和根据政府经济发展规划进行的类比预测，但都没有关注到供电局每年的用电报装情况。而大用户的入驻具有突发性和不确定性，因此每年的用电报装对地区负荷的发展有很大影响，如果忽略用电报装情况进行近期负荷预测，可能会产生较大的负荷预测误差。

所以，选择以用户报装法进行近期负荷预测。本预测方法将近期负荷发展分为基础负荷的自然增长负荷和新报装用户的逐年负荷两大部分。其中基础负荷的自然增长负荷采用自然增长率法求得，新报装用户的逐年负荷根据每年的企业用电报装总容量求得。

远期负荷预测思路

一般工业园是在农田的基础上发展起来的，分批建设、分批投入，园区入驻企业有无序性和突然性的特点，难以获得历史负荷数据，因此不能用回归模型预测等趋势法来进行预测，而用空间负荷预测的方法弥补趋势法的不足。而且常规负荷预测方法很难考虑到小区用地类型发生变化时的负荷发展情况，而负荷密度法可以做到。有关部门提供了比较详细的用地规划、地块性质和建筑面积等信息，为负荷密度法进行预测提供了有利条件。为解决不确定因素对园区电网的不利影响，可利用负荷密度法对园区电网进行负荷预测。远期负荷预测采用大用户报装与负荷密度指标法，通过指标结果对比，校验预测结果的准确性。考虑园区建设时序，目前将已入驻及已有用户报装地块的负荷视为近期负荷，其余地块负荷为远期负荷。

负荷密度法的数学模型

负荷密度法是把土地按性质分成若干地块，再把地块性质转化为地块用电负荷。从数学角度来讲，负荷密度法预测及其计算存在三种映射：

$$F(x,y)\xrightarrow{f_1}L(x,y)\xrightarrow{f_2}S(x,y)\xrightarrow{f_3}S_t \qquad (1)$$

式中，f_1将规划区特征F（x,y）映射成土地使用面积L（x,y）；f_2将L（x,y）映射成规划区负荷S（x,y）。

f_2映射可表示为

$$S(x,y)=\sum_{i=1}^{m}L^i(x,y)\,L_{ci}=\sum_{i=1}^{m}S^i(x,y) \qquad (2)$$

式中，m为土地使用类的个数；L_{ci}为第i类的负荷密度；L^i（x,y）和S^i（x,y）分别表示规划区（x,y）的第i类土地使用面积和负荷。

映射f_3将规划区负荷累加成系统负荷，即

$$S_3=f_3(x,y)=\sum_{(x,y)}S(x,y) \qquad (3)$$

f_2和f_3是式（2）和式（3）所表示的两个简单映射。而映射f_1是非线性、随机的，与时间、空间都有关系，受主客观因素影响，难以找到准确的数学关系。实质上，f_1就是土地使用决策过程。对一般地区，由于规划的不完整性和多变性，取得详细且数十年不变的规划比负荷预测本身还要困难。由于规划区有详细的用地规划，并且在执行过程中有法律和行政手段保证，f_1的映射就清楚了。

近期负荷预测

1. 新增大用户报装情况

某塘片区2019年最大负荷为36.1 MW，该片区发展较快，根据新增大用户用电报装情况，2020年新增报装大用户有华为（30 MW）、中兴（20 MW），另外2020年、2021年其他新增大用户报装共有120 MW。

2. 近期负荷预测结果

考虑到该片区房地产占比较大，根据该地房地产小区的负荷增长规律以及增长特点，负荷自然增长率取10%，以2019年实际负荷为基准值，根据以上负荷预测算法，对后5年负荷进行预测，该片区近期负荷预测见表1，表中电力负荷=自然负荷+新增容量。

表1　秧塘片区近期负荷预测结果表

（单位：MW）

序号	项目	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年	2024年
1	电力负荷	36.1	46.2	77.2	96.4	112.9	135.4
2	自然负荷	36.1	39.7	43.7	48.0	52.9	58.1
3	新增容量		6.5	33.5	48.4	60.0	77.3

2024年的负荷增长至135.4 MW，考虑最大负荷利用小时数为3 850 h，则2024年的用电量为52 129万kW·h。

远期负荷预测

利用负荷密度法并结合该区用地规划，将园区划分为A~J9大分区，对于每个分区再进行细化，以A大分区为例，划分成10个中区（分别为A-1~A-10）。中区的划分主要依据规划区主干街道、绿地自然形成的区块情况进行，使中区的划分与地理条件基本相符。每个中区再细化，按照不同性质用地分类，在规划区范围内按照街块以及用地性质远景划分为若干个用地小区（如居住用地、工业用地等）。每个用地小区中只包含一种性质的用地，且只属于一个中区，并对每个小区进行详细的编号（如A-1-1、A-1-3）。

1. 负荷指标确定

（1）容积率R_i的确定

各片区已做控规的地块，主要类型用地的容积率控制参考《桂林市城市规划管理技术规定》及各个园区控制性详细规划中对容积率的控制指标，合理进行选取。未做控规的地块，结合桂林经开区总规中的用地性质，并参考上述容积率的确定方法加以预测。

（2）负荷密度P_i的确定

根据该区的规划定位，参照该市现有建成区类似功能的城区负荷密度并考虑一定的发展裕度确定。参考Q/CSG 10012—2005《中国南方电网城市配电网技术导则》、DB45/T 562—2008《广西壮族自治区地方标准—居住区供配电设施建设规范》，确定该区电力规划用地负荷密度指标，见表2。

表2　电力规划用地负荷密度指标表

用地性质		建筑面积指标/W/m^2	容积率	需用系数
居住用地		30	1.5	0.3~0.5
工业用地		35	1	0.7~0.9
公共设施	商业用地	40	1.5	0.6~0.8
	行政办公	30	1	0.5~0.8
	医疗卫生	25	1	0.5~0.9
	教育科研	25	1	0.5~0.7
	文化娱乐	30	1	0.7~0.9
	体育用地	20	0.5	0.4~0.6
仓储用地		10	1	0.3~0.5
特殊用地		15	0.7	0.4~0.6
市政设施		-	0.5	-
交通广场		-	0.1	-
公园绿地		-	0.1	-

2. 地块负荷计算

负荷密度法是按用地性质把每个地区划分为若干个地块，根据各个地块的详细资料得出每个地块与规划相适应的远期负荷预测值

$$L_i = S_i R_i P_i \tag{4}$$

式中，L_i为第i个地块的远期负荷预测值；S_i为第i个地块的用地面积。

S_i和R_i都可以直接在分区资料中取得，根据这个地块的用地性质取值，不同的地块对应不同的远期负荷密度值。对于每一种类型的负荷，参考该市现有工业园的实际用电数据，取密度区间的中间数值，代入式（4）可得到该地块的远期负荷预测结果，其他分区也可以用同样方法得到预测值。

3. 负荷预测结果

对已有控规的地块参照原有控规计算地块用地负荷，未有控规的根据用地性质参照前述计算地块用地负荷。

该区远期负荷预测结果见表3所示。

表3　远期负荷预测结果总表

单位：MW/h·a

项目	规划面积	负荷	考虑同时率0.5后负荷
一期	852.56	138.24	69.12
二期	263.88	88.84	44.42
三期	431.33	191.40	95.70
其他区域	434.22	87.56	43.78
合计	1 981.99	506.04	253.02

同时率和最大负荷利用小时数参考桂林市现有工业园的实际情况分别取0.5和4 000 h，经计算桂林经开区远期负荷为253.02 MW，电量为1 012 080万kW·h。

电力需求预测结果及校核

至2035年经开区秧塘片区劳动就业人口约为11.4万人。根据《桂林市经济技术开发区总体规划》及秧塘片区的发展规划目标，经开区年人均综合用电量高、低方案分别取8 000 kW·h、7 500 kW·h。规划经开区最大负荷利用小时数取4 000 h，算得规划负荷分别为213.75 MW、228.00 MW。负荷预测结果对比情况见表4。

由表4可知，年人均综合电量法预测结果与负荷密度法预测结果相接近。考虑到该区在发展过程中受到国民经济发展、投资环境、招商引资力度和国内外市场等诸多不定因素的影响，各地块有具体的用地性质，取负荷密度法的负荷水平为规划负荷水平，即253.02 MW，电量达到101 208万kW·h。

（下转第93页）

物联网技术在测井仪器管理中应用的必要性

1）通过引入物联网技术，可实现对仪器设备的快速、准确识别，并以标签记录的信息为依据实现对设备使用时间、使用状况等的管理，对于提高仪器的管理准确度和使用效率具有重要的促进作用。

2）实现仪器的实时可视化管理。通过物联网技术，在各个仪器上设置物联网标签，从而能够较好地对仪器的运行状况进行感知，并将仪器使用情况反映至设备管理平台进而实现仪器管理的可视化，提高仪器的管理效率。

3）提高仪器管理的智能化水平。在实际使用中，设定好仪器的保养周期和前一次保养时间，在仪器临近保养前半个月通知到仪器管理人员和仪器使用者，提前做好保养计划。刻度也是一样，这样可以提高工作效率，有效避免漏保漏刻现象发生。

物联网技术在测井仪器管理中的应用

1. 仪器交接管理

（1）仪器入库管理

仪器入库，为每一支仪器赋予唯一的、不可更改的标识，即电子标签，电子标签中的芯片带有该仪器的专属IP地址，也就是属于该仪器的身份。通过统一ID，将仪器管理数字化、智能化，通过读取电子标签，将信息录入到设备管理数据库中，系统自动对其存放的库房编号、具体位置进行记录，便于日后及时定位该仪器，为仪器管理人员和每个小队配备专用扫描工具，可以实现随时查询网络。这样可以节约很多人力物力，为以后的仪器使用和管理奠定了良好的基础。

（2）仪器出库管理

每次仪器发出时，仪器领用人员通过专用扫描工具登录该队小队长或者操作员的账号填写自己的相关信息，这样可以解决领取人手动签字问题，方便仪器管理责任落实。同时，领用人员也可以读取仪器参数、刻度和保养等相关信息，了解仪器状态。在领取人将仪器领走以后，数据库自动将仪器状态由在库变成使用中。

2. 仪器定期保养管理

为了保障仪器使用寿命和使用效率，需要对仪器进行定期维护保养，物联网技术应用以后，根据仪器相关信息，在到仪器保养期限前半个月，系统会自动报警提示仪器管理人员和所属班队人员做好仪器保养准备，有效避免因为工作原因延误仪器保养时间等问题。

3. 仪器刻度管理

仪器每次刻度以后，将相关刻度信息录入系统，或者刻度完毕通过网络将刻度报告直接上传至仪器管理系统，根据仪器刻度周期，在仪器下一次刻度到期前半个月，自动将提示信息发送至仪器管理人员和使用人员手机上，同时每天在系统上报警提示，直至刻度完成为止，有效避免刻度遗漏问题。

结束语

目前，物联网已成为信息技术领域未来竞争的制高点和产业升级的核心驱动力，对于石油企业设备管理而言，当前正是借助物联网大力革新的最佳契机，利用物联网技术，加快完善企业设备管理的智能化建设，有利于提高企业的管理水平，优化企业资源，增强企业核心竞争力，提高工作效率和经济效益。EA

（收稿日期：2021-04-21）

（上接第91页）

表4　电量负荷预测结果对比情况表

项目	负荷密度法规划负荷	人均综合用电量法远期规划负荷		相对误差（%）	
		低/MW	高/MW	低/MW	高/MW
总体负荷	253.02	213.75	228.00	15.52	9.89

根据《中国南方电网城市配电网技术导则》城市级别的划分标准，该市属于一级城市，该区供电区属于B类，即中远期用电负荷密度应控制在6～15 MW/ km^2，本规划预测的负荷水平为8.98 MW/km^2，符合该技术导则要求。

结束语

以某工业园电力规划为例，根据片区的发展情况，将负荷预测分为近期和远期两个阶段。结果表明预测方法可以达到满意效果，对工程实践有较强的指导意义。EA

(收稿日期：2021-05-08)