

低碳发展战略目标下的配电网布局规划设计

□ 兰建辉

[摘要] 配电网布局规划设计是城市规划与电网建设之间的接力棒,对引导电力行业的发展起着举足轻重的作用。本文通过实际规划案例,明确规划区发展定位,分析配电网当前存在的问题,进行科学的电力负荷预测、制定合理的配电网布局规划,阐述规划方案如何适应资源节约、低碳环保的发展。

[关键词] 低碳发展; 负荷预测; 配电网布局规划

2020年9月,中国政府在第七十五届联合国大会上提出:“中国将提高国家自主贡献力度,采取更加有力的政策和措施,二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和。”践行低碳发展战略,能源是主战场,电力是主力军。随着经济的高速发展,电能的需求范围也越来越广。“十四五”期间,我国将加强需求侧响应,加快电动汽车、电力储能、可中断负荷规模化发展,持续加大清洁取暖、港口岸电、工业电锅炉等多种形式的电能替代。科学发展,规划为先,配电网布局规划需更具先进性和灵活性,才能在经济、可靠的方式下满足日益增长的负荷需求,从电能的需求环节上促进能源低碳发展。

1 配电网布局规划要点

城市配电网规划是城市规划的重要组成部分,配电网布局规划的目标主要是为满足未来年负荷增长和电网发展需求,兼顾资源节约、低碳节能,确定何时何地建设何种类型的变电站、线路等电力设施^[1]。

1.1 调查区域情况

对规划区域的城市定位、规划区经济的发展情况、地区能源资源分布、能源结构进行分析,同时要结合规划区域内与电网投资建设相关的其他市政设施的规划,例如城市道路、大型给排水泵站、燃气站、机场、新建功能区、交通枢纽、综合管道等。配电网规划与其他相关规划间密切配合、统筹实施,才能保证电力规划的顺利实施。

1.2 电网现状资料收集与分析

电网现状资料收集与分析是配电网规划后续工作开展的基础,包含区域电网运行指标、电源情况、电网网络图、地理接线图,用电负荷情况。对收集的数据资料

进行全面分析,包括电压等级分析、输电供电线路超负荷分析、配电网短路情况下的校验和电网“N-1”校验等各项指标,以确定如下几个问题。

(1) 配电网供电能力是否满足当前电力负荷的需求,当前配电网是否能够适应区域电力负荷的不断增长。

(2) 当前配电网的供电可靠性能否满足电力用户的需求,电网正常运行时的电压波动和供电线路损耗是否都在允许的范围之内。

(3) 目前的配电网架结构和供配电设备是否陈旧老化,是否需要更换和改进。

(4) 随着城市发展的进行,当前电力设施、电力线路走廊是否与城市建设扩张相矛盾,是否会阻碍城市规划的实施。

对形成以上问题的原因进行整理与分析,提出建设与改造的思路。

1.3 电力负荷预测

电力负荷预测是配电网规划设计的依据,目的是确定规划区域的供用电量、最大负荷以及规划地区总的负荷发展水平。通过对规划区域的历史用电情况、总体经济发展规划、规划人口数量等与电力需求相关的因素进行全面细致的分析研究,确定以下选取原则^[2]。

(1) 城市电力总体规划阶段负荷预测方法宜选用:电力弹性系数法、回归分析法、增长率法、人均用电指标法、横向比较法、单位建设用地负荷指标法、单耗法等。

(2) 城市电力详细规划阶段的负荷预测方法宜选用:一般负荷宜选用单位建筑面积负荷指标法等;点负荷宜选用单耗法,或由有关部门、设计单位提供负荷、

[作者简介] 兰建辉, 中科同恒环境科技有限公司, 工程师。

电量资料。

负荷预测结果的准确性直接影响配电网规划设计的合理性。

1.4 配电网规划设计

本阶段为配电网规划设计的最主要内容。根据所收集的电网现状资料、存在的问题和电力负荷预测结果，结合所属地区高压配电网的上位规划及城市总体规划，制定出中低压配电网建设与改造方案，包括以下几点。

(1) 新建或改造增容变电站的容量需符合电力负荷预测的要求，满足“N-1”原则及电网容载比范围的要求；变电站站址选择尽可能靠近负荷中心，原则上不占用农田保护区，远离易燃易爆等高危场所，满足防洪要求，协调对周边环境及其他设施的影响。

(2) 一是电力线路走廊路径规划应综合考虑线路长度、地形交通、施工运行及区域总体规划的要求；二是避开军事设施、大型工矿企业及不良地质地带；三是尽量避开原始森林、自然保护区和风景名胜區；四是与建筑物、公路、铁路、机场等保证合理的安全距离。在城镇中心区、重点风景区等地段，合理利用电缆埋地敷设方案，与市政道路规划并行设计。

(3) 末端开闭所、低压配电房等终端配电设施，应合理利用建设用地资源布置，尽量靠近用电负荷中心，采用节能环保型配电设施。在有分布式电源、电动车充电设施及电储能设施的区域，应充分利用负荷侧的电网反馈特性，将其纳入片区配电网规划中，合理参与电力平衡，以节约电能、减少投资。

2 配电网布局规划设计案例

城市配电网规划设计应符合国家级地方相关规范要求及区域总体规划的目标要求，重点放在节能减排、资源循环利用方面，提升城镇、乡村品位和宜居环境上促进品质化发展。本文以福建省长汀县策武工业园区配电网布局规划设计为案例，阐述配电网布局规划的方法及意义。

2.1 规划目标

长汀县位于福建省西南部，是闽、粤、赣三省的边陲要冲，是福建的边远山区，随着经济快速发展，区位优势明显，水、电、路、通讯等基础设施日趋完善。策武工业园区位于长汀县城中心南部，规划用地面积约1282.04hm²，规划期至2030年。作为长汀县的工业重镇，园区规划目标为充分借助区域交通及经济环境、整合区域资源和功能，进一步改善园区生态环境、构筑合理便捷的交通联系及科学合理的用地功能布局，坚持

“减量化、再利用、资源化”的原则，提升资源利用率，打造建设成为对外交通联系便捷、与区域协调发展的高效生态产业园区和资源消耗低、环境污染少、经济效益好的绿色生态园区。

2.2 规划区配电网现状及存在的问题

2018年长汀县供电人口约55.14万，全社会年用电量11.70亿kWh，区域水利资源丰富，小型水电站数量众多；电网共有220kV变电站2座，其中1座为公用变电站，1座为铁路牵引站；110kV变电站8座。策武工业园区范围内有1座110kV麻陂变电站（2×50MVA），位于规划区中部，变电站进出线主要以架空线为主，如图1所示。

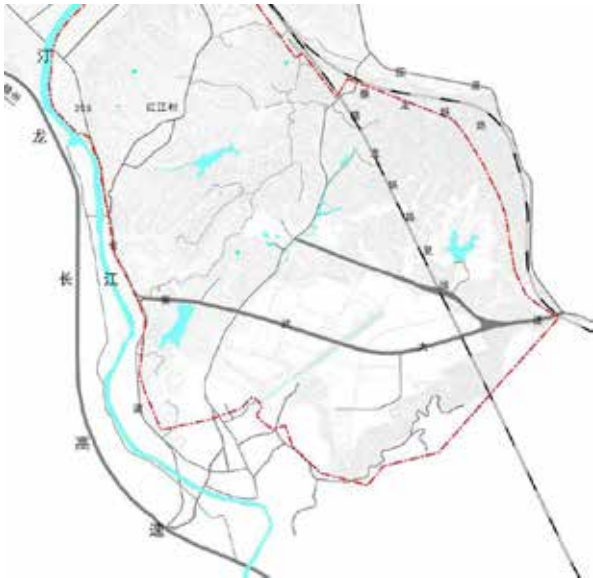


图1 长汀县策武工业园区现状地形图

规划区内配电网存在如下问题。

(1) 110kV变电站仅有1座，电源单一，容载比低，且站内存在部分老旧设备，电网可靠性不高。

(2) 变电站周围环山，且山体起伏较大，进站道路外侧主路仅一条，进出线极为不便，线路走廊空间紧张，又无法充分利用现有的市政道路设施。

(3) 电力规划滞后于城市总体规划，新建架空线路走廊用地时常无法得到保证；园区中心地下电力通道建设不能与城市道路建设同步，城市道路建设当中没有预留足够的地下电力管道，造成市政工程二次开挖施工，增加投资，影响交通。

(4) 中压配电网络薄弱，供电半径大于15km的10kV线路仍有不少，部分线路存在线径过小、设备老旧等问

题，造成部分地区电能损失较大，供电可靠性较差。

(5) 一是低压用户端电网发展滞后，老旧住宅区用电线路错综复杂，与其他市政管线交叉拥挤，造成供电安全事故增多；二是负荷端分布不均，存在远距离用户分散且数量少的特点；三是改造工程易受居民阻扰、道路开挖等外部影响，在负荷密集区、商住集中区、老城区布点困难。

(6) 电动汽车逐步普及，但由于低压配电网络薄弱，负荷分配不均，加上建设用地紧张、充电设施选址困难，影响了充电基础设施建设，无法促进园区内的节能减排。

2.3 规划区电力负荷预测

依据所搜集的资料进行分析对比，本项目采用建设用地负荷密度法、人均用电指标法进行负荷预测。

(1) 建设用地负荷密度法：依据2030年规划用地平衡表，参考国内其他同类城市和地区的负荷密度资料，结合规划区实际情况，按不同用地性质设置规划区2030年用电负荷指标，并进行负荷预测如表1所示。

表1 2030年长汀县策武工业区电力负荷预测

序号	用地名称	面积 (hm ²)	用电指标 (kW/hm ²)	用电负荷 (MW)
1	二类居住用地	123.69	200	24.74
2	混合居住用地	38.05	150	5.71
3	行政办公用地	2.94	400	1.18
4	文化设施用地	6.14	400	2.46
5	教育科研用地	19.73	400	7.89
6	体育用地	2.93	400	1.17
7	医疗卫生用地	3.87	400	1.55
8	商业服务业设施用地	27.98	600	16.79
9	一类工业用地	214.18	200	42.84
10	二类工业用地	187.74	250	46.94
11	三类工业用地	9.76	250	2.44
12	一类物流仓储用地	15.74	40	0.63
13	公用设施	29.02	150	4.35
14	绿地与广场用地	123.29	15	1.85
15	道路与交通设施用地	199.77	20	4.00
16	合计	1004.83	—	164.52

根据以上用电负荷结果164.52MW，取同时系数0.65，计算得出负荷预测结果为106.94MW，平均负荷密度为106.43kW/hm²。

(2) 人均用电指标法：人均用电量法主要是根据地区人口和人均年用电量来推算年用电量。根据规划区

产业发展状况，人均综合用电量按用电水平中上城市选取，2030年取7000kWh/（人·a），年最大负荷利用小时数预计为4800h，2030年策武工业园区规划人口约7万人，计算可得规划区负荷预测结果为102.08MW。

以上两种方法预测结果相对吻合，最终结果取平均值104.51MW。

2.4 配电网规划布局设计

策武工业园区总体规划综合考虑人文、地形、交通、自然环境等因素，用电负荷大的工业用地布置在规划区的东南方向，且布置集中，占地面积大；而西北方向主要为住宅用地、少量商业用地、配套服务设施、公用设施、绿地及广场用地等，布置分散，用电负荷比重较低。

因此在园区现有的1座110kV麻陂变电站（2×50MVA）的基础上，于园区东南方向规划新建1座110kV变电站（2×50MVA）。新规划两路110kV高压线路，一路引接110kV麻陂变电站，路径沿两座变电站之间的主干路周边架空敷设，另一路引接规划区东南方向的220kV变电站，路径沿园区外围的电力走廊架空敷设。变电站布点如图2所示。



图2 长汀县策武工业园区变电站规划布点示意图

新建110kV变电站选址位置靠近工业用地等用电负荷高密度区，供电半径小，供电可靠性高；且靠近园区主干路，地势平坦，电力线路走廊空间充裕，便于进出线，交通运输方便，对周围自然环境影响小，符合“十四五”规划中关于统筹主体功能区、土地利用、生态环境保护等规划协调发展的战略方针。

至2030年，园区共有2座110kV变电站，总容量

200MVA,根据用电负荷预测值104.51MW,得出110kV电网容载比为1.91,满足规范要求。并且两座变电站高压线路手拉手互联,解决了110kV电网电源单一的问题。新建的110kV变电站站址周边留有发展备用地,为后期配电网远景规划做好扩建预留。

规划区现状暂无35kV变电站,但有少量用户是由规划区外围的35kV变电站提供电源,影响园区总体规划的实施。新规划中心城区内原则上不再增加35kV变电站,规划区周边现有35kV变电站将逐步规划退出电网运行,现有35kV变电站所供负荷由110kV站直降10kV转供,减少投资,且供电可靠性增加。

10kV配电网采用环网接线方式布置,并依据110kV变电站的位置、地区负荷密度和运行管理的需要,分成若干个相对独立的分区。分区内设计10kV开闭所,开闭所转供容量一般控制在8000kVA~12000kVA,相邻开闭所互联,每座开闭所保证有两路独立可靠的电源接入。开闭所位置根据各分区详细规划确定,为节约用地,可与建筑物合建,但应考虑设备运输便利,并留有消防通道,满足防火、防潮、通风等技术要求。

10kV配电所的布置应靠近负荷中心,并结合建筑物合理布置,采用节能环保型配电设施。对规划区内高损耗的配电变压器进行有序的更换。合理选择配电变压器的容量,保证变压器负载率维持在合理的运行水平。针对不同的用电负荷性质,合理增加无功补偿装置,提高运行功率因数。

为配合电动汽车充电设施的建设发展,结合详细用地规划,在大型停车场、住宅小区停车区、工业厂区停车区、交通枢纽带等区域,根据《福建省电动汽车充电基础设施建设技术规程》(DBJ 13—278—2017)的相

关技术要求,配合充电设施负荷同时系数低的特点,在原设计配电容量的基础上适当增加一定比例的专供配电变压器,可满足园区范围电动汽车的使用,促进园区的节能减排。

园区中心区域规划建筑物较为密集,为解决低压架空线路与建筑物安全间距不足、阻碍绿化树木生长、线路杆塔占用建设用地等问题,保证城区环境的美观,园区中心配电线路规划沿地下电缆排管敷设,结合园区市政道路规划、道路周边用地负荷密度指标进行电力管道规划设计^[3]。变电站进出线所处主干路段,设计排管15~18根;一般主干路段,设计排管12~18根;城市次干路设计排管9~12根;城市支路设计排管6~9根。园区排管布置于人行道或绿化带,与给排水、通信、燃气管道保持合理的安全间距,管线较多、布置困难时可沿非机动车道或慢行道布置,排管数可根据各分区用地详细规划适当调整。

3 结语

低碳发展战略是我国“十四五”规划的一个综合性发展战略。配电网布局规划应当以国家发展战略为导向,以区域总体规划为基础,利用科学、合理的统计方法,因地制宜、分步实施,才能引导城市电网建设健康有序地发展。

[参考文献]

- [1]国家能源局.配电网规划设计技术导则:DL/T 5729—2016[S].北京:中国电力出版社,2016.
- [2]中华人民共和国住房和城乡建设部.城市电力规划规范:GB/T 50293—2014[S].北京:中国建筑工业出版社,2014.
- [3]中华人民共和国住房和城乡建设部.城市工程管线综合规划规范:GB 50289—2016[S].北京:中国建筑工业出版社,2016.