

# 基于“三级网格”的配电网规划方法研究及应用

张魁<sup>1</sup>, 王亚明<sup>1</sup>, 伏祥运<sup>1</sup>, 李红<sup>1</sup>, 王靖<sup>1</sup>, 王岩<sup>2</sup>

(1. 国网连云港供电公司, 江苏 连云港 222004; 2. 北京中恒博瑞数字电力科技有限公司, 北京 100085)

**摘要:**在江苏已推广的单元制规划的方法基础上结合自身实际总结形成了包括配电网格、功能网格、用电网格三个层次的网格化规划方法,并通过实例应用验证基于“三级网格”的配电网规划方法的可操作性和合理性。结果表明基于“三级网格”的配电网规划方法切实可行,符合连云港地区配电网实际,实用性较强。

**关键词:**三级网格;配电网;网格化规划

**中图分类号:** TM715

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1009-0665(2016)04-0051-05

网格化规划作为配电网规划的一种新的理念及方法,对于强化电网公司对电网的管控,创新电网公司管理电网的技术和手段,具有非常重大的价值。近两年,北京、深圳、苏州等地供电公司运用网格化规划理念方法做了许多有益的探索及实践,积累了丰富的经验<sup>[1]</sup>。江苏结合自身实际总结提出了单元制规划理念,所谓配电网单元制规划是指以目标网架为基础,以地块用电需求为导向,将中压配电网按区块合理规划划分为若干供电单元,每个供电单元可独立承担该区块的正常供电任务,满足区块内的用电可靠性要求,并预留有备用容量以满足日后的负荷增长需求。

## 1 “三级网格”定义和划分原则

### 1.1 “三级网格”定义

“三级网格”为配电网格、功能网格、用电网格三个层级的供电区域划分,在三级网格划分中一个用电网格仅属于一个功能网格,一个功能网格又仅属于一个配电网格。如图1所示。

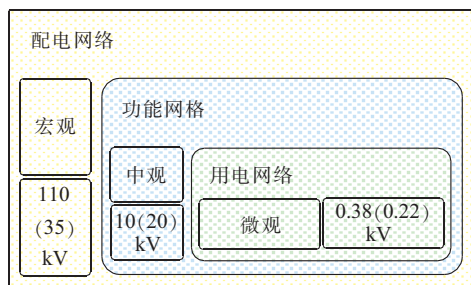


图1 三级网格层次结构定义

(1) 配电网格。在网架结构上,配电网格是一个中压网架相对独立的供电区;在供电安全水平上,配电网格内发生高压电网“N-1”故障后,仍可自给自足,满足供电安全水平要求。配电网格也是一个可作为独立区域来进行配电网专项规划的规划单元<sup>[2]</sup>。

(2) 功能网格。功能网格是由具有共同发展目标的、大小适度的、地理空间连续的供电区域组成的

能区,一般功能网格内接线由1组至3组中压网标准接线组成。最终体现了电力用户对供电可靠性的差异化要求,是可独立设定规划目标(供电可靠性)的最小供(用)电单元。

(3) 用电网格。在地理分布上,用电网格是由若干个相邻的、供电区域分类等级相同或接近的、用电性质或对供电可靠性要求一致的地块组合,在网架结构上,用电网格的网架为一组中压网标准接线。用电网格的划分体现了区域内低压用户的用电特性,是可根据低压配变的供电范围进行低压电网管理的供电单元。

### 1.2 “三级网格”划分

规划区应根据区域行政级别、供区分类、市政规划、现状电网情况、规划年负荷预测等指标进行“三级网格”划分。

(1) 配电网格划分。配电网格划分的目的是强化配电网格内的“自治自愈”管理能力,以此简化从配电网规划设计到调度运行的管理难度,提高管理效益。划分应围绕其“中压网架独立性”、“自治自愈”特征进行,并考虑供电公司管理和数据收集统计的方便。原则上,配电网格间的联络只能通过变电站/开关站母线间母联开关进行,即中压线路在配电网格之间无直接的联络关系(若条件不允许,则要求配电网格间设置有固定的运行(联络)方式)。

在实际划分配电网格时,应结合功能区域定位、开发深度、电网现状及上级电源规划等综合考虑,可适度合并几个“供电区域(功能分区)”而形成一个配电网格,以避免大规模的电网改造或过大的新线路投资;同时,一个配电网格内应至少包含一座35 kV及以上变电站,以此满足“配电网格内高压电网‘N-1’故障后,仍可自给自足,满足供电安全水平要求”的条件,并作为配电网格内负荷需求的一个基本判据。

(2) 功能网格划分。功能网格划分主要考虑用户对供电可靠性的差异化要求,即以用电可靠性为准则,将同一配电网格中的、地理位置相邻的用户进行归类,

形成功能网格划分结果,一个功能网格具有的特征:① 具有一种主要的用地性质,各用地性质相互作用形成具有某类特点的功能区;② 具有1组至3组独立的中压网接线;③ 用户供电可靠性要求相近。

(3) 用电网格划分。用电网格划分则以功能网格内的一组中压网标准接线为准则,按照其供电范围进行划分。

## 2 网格编码原则

### 2.1 网格编码组成

每个网格应实行统一编码管理,网格的编码应惟一,并便于识别,且电网建设需依据网格特征进行,所以网格编码包括2部分,一部分为网格编号,一部分为网格特征编码。

(1) 网格编号。网格编号原则上根据地市拼音缩写—县(区)拼音缩写—镇(街道、开发区)拼音缩写—网格序号进行编号;网格序号在一个分区内按地图上从左到右(从西到东),从上到下(从北到南)的顺序进行编号。

(2) 网格等级特征编码。经分析,体现网格等级的特征包括供电等级、景观要求、饱和负荷密度、发展预期的可观察度(负荷成熟度)4个方面,由此形成网格等级特征编码。如图2所示。

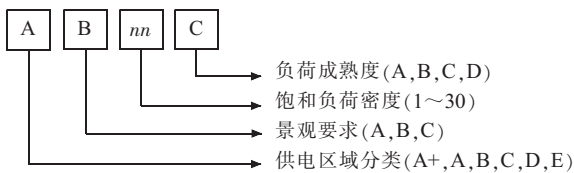


图2 网格特征编码构成

### 2.2 网格编码原则

在深入挖掘配电网络、功能网格、用电网络三级网格特性的基础上,根据网格编号原则及网格等级特征编码原则,制定“三级网格”编码原则,编码包括地市、县区、县镇名称、网格编号、供区分类、区域发展类型、目标网架接线和功能性质,如表1所示。

## 3 基于“三级网格”的配电网规划方法

### 3.1 配电网现状分析

#### 3.1.1 配电网分析

配电网分析包括高压配电网和中低压配电网2

方面,通过对电网结构、电网设备、运行水平等方面的分析对配电网现状进行评估<sup>[3]</sup>。配电网分析如图3所示。

(1) 高压配电网方面:对电网结构、变电站容量配置、变电站负载率、无功补偿、间隔利用率、高压变电站及线路“N-1”、负荷组校验、区域容载比等进行分析。

(2) 中低压配电网方面:对中压线路供电半径、中压网接线方式、中压线路分段情况等;中压网装备技术水平包括中压线路、环网单元、开关站、配电室、箱式变电站、柱上变压器、柱上开关的规模、运行年限等;中压电网运行水平包括中压线路负载率、线路“N-1”校验、负荷组校验、自动化建设水平等进行分析。

#### 3.1.2 功能网格分析

作为“三级网格”的第二级网格,功能网格的现状分析应结合市政规划进行,并体现最终电力用户对供电可靠性的差异化要求,在一级网格分析的基础上进行合理分析,更好的满足电网规划管理要求。功能网格分析如图4所示。

(1) 功能分区。应与城市规划中功能分区一致,对功能分区进行简要分析,并对规划路网、现状电力通道进行对比分析。

(2) 供电可靠性要求。通过用户用电性质的分析,对不同用电性质的功能网格的可靠性要求进行分析。

#### 3.1.3 用电网格分析

作为“三级网格”的第三级网格,用电网格主要体现低压用户用电的差异性。用电网格分析如图5所示。

(1) 用地性质。分析用电网格的用地性质,从而得知用户用电特性及用户的重要程度。

(2) 低压用户用电性质。分析用电网格内低压用户的用电特性,得知低压用户供电可靠性的差异性。

## 3.2 网格负荷预测

负荷预测应以配电网为基本单元,根据其发展类型及供电负荷情况,选用适合其未来发展的负荷预测方法。各种类型配电网近中期、远期适用的负荷预测方法<sup>[4,5]</sup>如表2所示。

## 3.3 网格配网建设要求

以“三级网格”为出发点,对现有的配网建设规划技术原则进行梳理,形成基于“三级网格”的配网建设技术要求。

表1 网格编码原则

单元编号			区域发展类型				目标网架接线					功能区												
地 市 名 称	县 区 名 称	乡 镇 名 称	配 电 网 格	功 能 网 格	用 电 网 格	供 区 分 类	成 熟 区	基 本 成 熟 区	规 划 建 设 区	自 然 增 长 区	架 空 四 分 段 单 联 络	架 空 四 分 段 两 联 络	架 空 电 缆 混 合	电 缆 单 环 网	电 缆 双 环 网	电 缆 两 供 一 备	居 住	商 业	工 业	医 疗 卫 生	…			
																						A	B	C
LYG	HZ	XP	4	1	1	A	B	C	D	11	12	2	3	J1	J2	H	D1	D2	D3	1	2	3	4	…

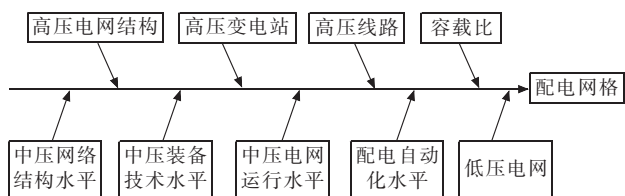


图3 配电网分析

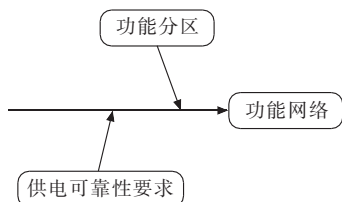


图4 功能网格分析

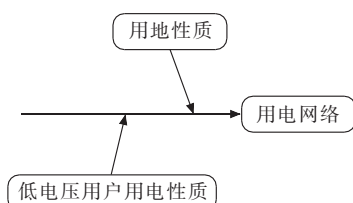


图5 用电网格分析

表2 配电网格负荷预测方法适用表

负荷预测方法	规划建成区		规划建设区		自然发展区	
	近中期	远期	近中期	远期	近中期	远期
趋势分析法	√	—	√	—	√	—
增长率法	√	—	√	—	√	—
增长率法+大用户报装	—	—	√	—	—	—
综合用电水平法	√	—	√	—	√	—
单耗法	√	—	√	—	√	—
电力弹性系数法	√	—	√	—	√	—
负荷密度指标法	—	√	—	√	—	√
户均容量法	—	√	—	√	—	√
配变利用饱和预测法	—	√	—	—	—	—

3.3.1 配电网格建设要求

(1) 110(35)kV 结构。接线模式包括双辐射、双环网、单链、双链、三链 5 种,可根据发展情况选取适当的过渡接线。

(2) 110(35)kV 变电站建设要求包括变电站最大供电能力、供区分类、建设原则、变电站型式、变压器规模、变压器容量以及变电站扩建主变原则。

(3) 110(35)kV 线路。应满足江苏配电网实施细

则的要求。

配电网格高压建设要求如表 3 所示。

3.3.2 功能网格建设要求

(1) 10 kV 网络结构。对于 A,B 类供电区中饱和负荷密度较高的居住区、商业区、行政区、文教区推荐选用电缆双环网、单环网、两供一备接线模式;对于 C 类供电区中饱和负荷密度较高的居住区、商业区、行政区、文教区推荐选用电缆单环网接线模式,供电可靠性要求较高的特殊区域也可选用电缆双环网、两供一备;D 类供电区采用架空接线,根据规划区域负荷密度情况,选用四分段两两联络接线或四分段单联络接线模式<sup>[6]</sup>。模式过渡如图 6 所示。

(2) 10 kV 配电设备。10 kV 配电设备选型应实现标准化、序列化、简约化。连云港地区的开关站主要采用环网型和终端型 2 种;环网柜一般采取 2 进 4 出现规模<sup>[7]</sup>。

3.3.3 用电网络建设要求

用电网络是体现城市管理与电网管理相协调的最小单元。主要包括配变容载比、低压网架、低压供电半径、低压线路选型 4 个方面。按照不同负荷密度的要求,给出了不同用电网络的建设要求。

3.4 网格管理

网格管理包括一般性管理和变化管理。

(1) 网格一般性管理包括网格管理、项目库管理。网格管理主要对已经划分好的网格进行管理,可以以三级网格为单元进行网格接线图、设备类型规模、负荷水平、项目呈现等方面进行查询展示,通过网格惟一特征编码为检索,实现网格特征信息录入、修改、删除,网格接线模式绘制等功能。网格信息包括网格特征编号、网格接线模式、网格可靠性指标等;项目库管理包括项目查询和项目排列组合。前者通过查询了解项目建设必要性、建设规模、建设时间、前置条件等。后者根据给定的约束条件(如投资限定),对项目进行排序调整,并生成单独的项目包。

(2) 网格划分变化管理指网格划分出现变化,由此形成的对网格的额外管理。网格划分变化管理包括网格合并管理及网格拆分管理。前者指当地区政策有较大变化或网格内负荷骤然减少时才进行合并,如总

表3 配电网格高压建设要求

供区分类	编码			变电站最大供电能力 /MW			建设原则	变电站型式	变压器规模 /MV·A	变压器容量 /MV·A	变电站扩建主变原则
	区域发展类型	景观要求	功能区	单主变	双主变	三主变					
A	—	—	—	30			土建一次建成,变压器分期建设	全户内 GIS	3×63	63	单主变>60%
B	—	—	—	30							
C	—	—	—	20	60~80	100~120		全户内 GIS/ 户外 GIS	3×63	63,50	单主变>40%
D	—	—	—	20							

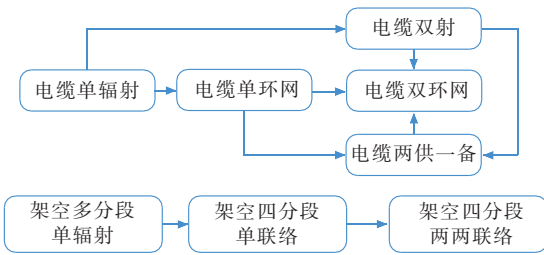


图6 目标网架过渡接线

规用地性质结构发生重大变化、网格内众多大用户迁出等;后者指由于电网建设初期,地区负荷较小且没有快速增长的迹象,一般先将该类区域作为一个网格进行管理,等到负荷增长后再进行细致的网格划分,此时便涉及到网格的拆分,网格拆分主要涉及网格编号、网格项目编号的变化。

### 4 规划实践

根据“三级网格”规划体系,按照省公司“一流配电网”建设、苏中苏北电网“两步走”的发展战略及差异化规划、标准化建设的基本原则,对连云港地区进行网格化“一流配电网”规划。

#### 4.1 网格划分及编码

连云港全市范围总共划分了69个配电网格,功能网格215个,其中连云港市区划分为42个配电网格,功能网格116个;东海县划分为12个配电网格,功能网格40个;灌云县划分为7个配电网格,功能网格30个;灌南县划分为8个配电网格,功能网格29个。网格编码示意如表4所示。

表4 连云港三级网格编码示意

所属区(县)	配电网格编码	功能网格编码	用电网格编码
连云港	LYGLYLY 001B01D		LY00101021712D201
			LY00101031912D201
			LY00102011212D201
			LY00102011212D201
			LY001021412D201
			LY00102021412D201
			LY00102031612D201

#### 4.2 某配电网格规划成果

##### 4.2.1 现状分析

基于三级网格的现状电网分析分为高压、中压、低压三部分,如表5—7所示。

表5 配电网格现状分析(高压)

配电网格	网络结构	装备技术水平	电网运行水平			
			主变负载率	主变N-1校验	线路负载率	线路N-1校验
LYGLYLY 001B01D	110kV为链式接线,35kV为链式、辐射混合接线	高压线路导线截面均符合要求	1座35kV变电站重负载	2座35kV变电站不足N-1校验	合理	2回35kV线路不满足N-1校验

表6 配电网格现状分析(中压)

配电网格	网络结构	装备技术水平			电网运行水平		
		电缆化率	绝缘化率	线路装接变	线路负载率	配变平均负载率	线路N-1校验
LYGLYLY 001B01D (中压)	单辐射共26回,占37%;有联络线路共44回,占63%	10kV线路电缆化率为83%,相对较高	10kV线路绝缘化率为17%,相对较低	26回装接容量在8000~12000kV·A,其他均小于8000kV·A	32回轻载;5回线路重载,其他较为合理	49回线路配变轻载运行,占70%;8回线路配变重载;其他较为合理	44回线路能通过N-1校验,占63%

表7 配电网格现状分析(低压)

配电网格	网络结构	装备技术水平			电网运行水平		
		电缆化率	绝缘化率	线路截面	线路老旧化率	线路负载率	电压偏低情况
LYGLYLY 001B01D (低压)	低压网均采用放射式	电缆化率为100%	低压网绝缘化率为100%	部分导线截面偏小,占12%	—	2回低压线路负载率偏高	4回低压线路存在电压偏低情况

##### 4.2.2 负荷预测

以配电网格为基本单元对连云港地区69个配电网格的远景、中期和近期负荷进行预测,最终得到每个配电网格的总负荷及分布负荷。某配电网格负荷预测结果如表8所示,且2012~2015年增长率为6.32%。

表8 某配电网格负荷预测结果

年份	负荷/MW
2013年	39.04
2014年	42.57
2015年	46.92
2030年	145.83

##### 4.2.3 目标网架及过渡

根据推荐的中压网接线模式,确定每个功能网格的目标网架,每个功能网格中压网标准接线为1至3组,部分功能网格目标网架接线如表9所示。

表9 功能网格目标网架示意

配电网格编码	功能网格编码	负荷水平/MW	远景网架
	LY001011712D01	17.3	1组双环网,2组单环网
LYGLYLY 001B01D	LY001021412D01	14.2	1组双环网,2组单环网
	LY001031411D01	14.5	1组双环网,2组单环网
	LY001041411D01	14.8	2组单环网

##### 3.2.4 规划项目库

分别以配电网格、功能网格、用电网格三级网格为单元,建立高压、中压、低压项目库,并对项目库进行编码,部分项目明细如表10所示。

表 10 规划项目库示意

网格类型	网格编码	项目编码	项目名称	建设性质
配电网格	LYGLYLY 001B01D	LY001110131 X1012020	110 kV 云台变 输变电工程	新建
功能网格	LY00101171 2D01	LY0010102111 5G22012015	西北线环网 改造工程	改造
用电网格	LY00101011 612D201	LY0010101115 01125X212015	西北线新建 125 号台区工程	新建

## 5 结束语

连云港供电公司通过三级网格规划方法,以各级目标网架为抓手、实现纵向标准化贯通、横向合理有机衔接,并将实践成果反哺相关标准,形成从实践到理论、从技术到管理、从管理粗放到精细化的跨越,更好地服务于连云港“一流配电网”建设。

### 参考文献:

- [1] 李冬,田强.中压配电网网格化规划方法研究[J].电工电气,2014(7):5-7,12.  
 [2] Q/GDW 1738—2012 配电网规划设计技术导则[S].  
 [3] 张植华,李健,林毓,等.网格化城市配电网目标网架动态构

建方法[J].陕西电力,2015(2):23-29.

- [4] 梁超友.10 kV 配电网“网格化”规划研究[J].山东工业技术,2014(19):117.  
 [5] 叶剑斌,黄堃,刘琼,等.面向电网削峰的商业楼宇空调负荷调控实证研究[J].江苏电机工程,2014,33(1):30-34.  
 [6] 王峰,李颖,王春宁.配电网线路最优分段数算法研究及应用[J].江苏电机工程,2014,33(4):5-7.  
 [7] 刘瑞生.中低压配电网网格化规划探讨[J].电工文摘,2015(1):40-43.

### 作者简介:

- 张魁(1969),男,安徽全椒人,高级工程师,从事电力系统规划设计管理等方面的工作;  
 王亚明(1980),男,江苏连云港人,高级工程师,从事配电网规划工作;  
 伏祥运(1977),男,江苏连云港人,高级工程师,从事电力系统规划设计管理、调度运行管理等方面的工作;  
 李红(1980),女,江苏连云港人,高级工程师,从事电网规划管理、设计及分析等相关工作;  
 王靖(1980),女,江苏连云港人,高级工程师,从事配电网信息管理工作;  
 王岩(1977),男,天津人,工程师,从事配电网规划工作。

## Research and Application of Distribution Network Planning Method Based on “Three Level Grid”

ZHANG Kui<sup>1</sup>, WANG Yaming<sup>1</sup>, FU Xiangyun<sup>1</sup>, LI Hong<sup>1</sup>, WANG Jing<sup>1</sup>, WANG Yan<sup>2</sup>

(1.State Grid Lianyungang Power Supply Company, Lianyungang 222004, China;

2.Beijing Joinbright Digital Power Technology Co. Ltd., Beijing 100085, China)

**Abstract:** This paper introduces the definition of “three-level grid”, dividing method and encoding principle. The whole process of distribution network is sorted with “three-level grid”. The “three-level grid” management ideas have been proposed. Finally, an application example is carried out to verify the operability of the distribution network planning method based on “three-level grid”. The results show that the method of distribution network planning based on “three level grid” is feasible, and it accords with the actual situation of distribution network in Lianyungang area that has strong practicability.

**Key words:** Three level grid; Distribution network; Grid planning

(上接第 50 页)

## The Integration Optimal Scheduling Model of Battery Switching Network Considering Distribution Routing Problem

DONG Zhenbin<sup>1</sup>, ZHANG Liang<sup>2</sup>, GAO Ciwei<sup>3</sup>

(1.State Grid Demand Side Management Supervision Centre, Nanjing 210024, China;

2.State Grid Tianjin Power Company, Tianjin 300201, China;

3. Electrical Engineering School of Southeast University, Nanjing 210096, China)

**Abstract:** Battery switching is one of the most important developing modes of electric vehicle. Currently the planning and construction of battery switching network have been carried out in most of the provinces of China. Typical battery switching network should include centralized charging stations for centralized charging and distribution stations for battery switching. In the reference of logistics' relevant contents, the routing problem of logistics team is solved, then according to the needs of distribution stations, on the basis of detailed analysis input and output of distribution stations, logistics teams and large-scale centralized charging station, the integration optimal scheduling model is built.

**Key words:** battery switching network; integration scheduling; distribution routing problem; charging strategy; large-scale centralized charging stations