

DSMT 配电网格模型及其配电网规划 体系设计研究

杜佩仁¹,董祥飞²,林韶生²,张翼²,王小磊²

(1. 浙江大学,浙江 杭州 310027;

2. 杭州鸿晟电力设计咨询有限公司,浙江 杭州 311121)

摘要:目前业界对“网格”及“网格化”规划的理解尚未形成真正的共识,对网格的定义、划分原则及基于网格的规划体系也均未给出明确的阐述。据此,在吸收国内外主流观点的基础上,通过规划实践,形成了包括电力需求侧、电力供给侧及运行管理三个视角的配电网格化模型;按照配电网格化规划的新理念,采用“先分区”,“后全域”,“再分区”的基本步骤,以先“自下而上”分析,再“自上而下”规划的工作模式,提出科学合理的、可用于实际操作的配电网格化布局规划新方法,呈现实用化规划成果;同时,在对网格特征进行规范化分析的基础上,按照“同类型网格标准化”,“不同类型网格差异化”的原则,实现“标准化”及“差异化”规划目标的融合。给出了基于网格的配电网统筹规划体系,此规划体系对现行的配电网规划实务产生积极的指导作用。

关键词: 网格; 网格划分; 网格特征; 网格化规划; 配电网

文章编号: 2096-4633(2018)03-0001-06 **中图分类号:** TM715 **文献标志码:** B

根据国务院“关于进一步深化电力体制改革的若干意见(中发[2015]9号)”文件的相关精神,“优化电源和电网布局,加强电网统筹规划”将成为未来电网规划设计的工作目标;同时,可以预见的是,电网公司配电业务与地方政府的协调性及与社会企业的竞争性将进一步加强。

经对当前配电网管理存在问题的初步诊断,认为,在加大配电网投资、面向“供电可靠性”、体现“差异化”目标、提倡“标准化”设计的新形势下,目前在配电网管理方面存在的主要问题及风险包括:

(1)配电网规划理念及方法落后,规划实用性差,对配电网建设改造及用电接入缺乏实际的指导意义,难于体现面向“供电可靠性”及满足“差异化”目标和“标准化”设计的要求;

(2)配电网管理协同效率低,工作有序性差,难于满足配电网建设改造规模爆发式增长的管理需要,配电网建设改造投资效果难于控制;

(3)配电自动化缺乏顶层设计,高渗透率分布式电源接入环境下的配电自动化控制方式不清晰,配电自动化实用化程度低。

1 供电区域划分的一般方法^[1-5]

网格(Grid)是一个区域(Area),配电网格即是一个供电区域。参照现有规范,供电分区划分涉及到行政级别、城市规模、规划布局、人口密度、负荷密度、负荷性质、电源布点、经济发达程度、用户重要程度、用电水平、GDP等行政、经济、用户及电力相关的多种因素,但,对于供电区域的命名则尚未给出确切的定义,对其划分原则也是模糊不清的。

从总体上看,市政与电网企业对供电区域的划分原则略有不同,各有侧重。通过对现有相关标准及规划应用进行归纳分析,对于供电区域划分,常用的有以下几种方法(见表1)。

下述方法中:“供电关系”是电网的固有属性,是在电网建设过程中自然形成的;“区域功能”与市政规划的用地性质基本一致,相对稳定,同时也能很好地反映区域用电负荷的基本特征及负荷的发展趋势,能较好地反映区域的用电需求;“行政分区”、“供电面积”、“供电负荷总量”、“负荷密度”等几种方法则过于单一,除“供电面积”外,其它特征也是不稳定的,因此,这些属性作为供电分区划分的单一标准并不完全。

表 1 供电区域划分常用方法^[6-10]

Tab. 1 Common methods for division of power supply area

序号	方法名称	方法描述	优缺点
1	按供电关系划分	将同一电源、变电站或同一条线路供电的区域划分独立的区域。	优点:供电关系清晰;缺点:不同分区的供电面积、用户特性及负荷密度差异大。
2	按行政区划划分	将行政区划性质作为分区标准,如直辖市、省会城市、地市及区县的城市中心区、市区、城镇、农村等。	优点:标准统一,容易操作;缺点:不反映供电关系,不同地区的同一行政级别分区的供电需求及特性差异大。
3	按区域功能划分	将区域功能作为分区标准,如商业区、文化区、居民生活区、经济开发区等。	优点:分区功能明确,用户特性同质,便于确定标准及制定方案;缺点:同类分区可能存在面积差异大的问题,同时不反映供电关系。
4	按供电面积划分	将区域地理面积划分为均一大小的网格。	优点:分类方法简单,各分区面积相同,有利于横向比较;缺点:同一类型的不同分区的用户特性、负荷密度差异大,不反映供电关系。
5	按供电负荷总量划分	将区域的用户作为一组负荷,将一定总量的供电负荷所占据的面积作为一个分区。	优点:分区标准明确,容易操作,便于与上一级电网协调;缺点:同一类供电分区供电面积、负荷特性差异大。
6	按负荷密度划分	将区域的负荷密度作为分区标准,将一定面积的同一负荷密度的地区作为同一级分区。	优点:分区标准明确,反映区域经济发展及电力需求情况;缺点:不反映供电关系,同一类分区用户及负荷特性可能差异大。

2 DSMT 配电网格化(层级)模型^[11-13]

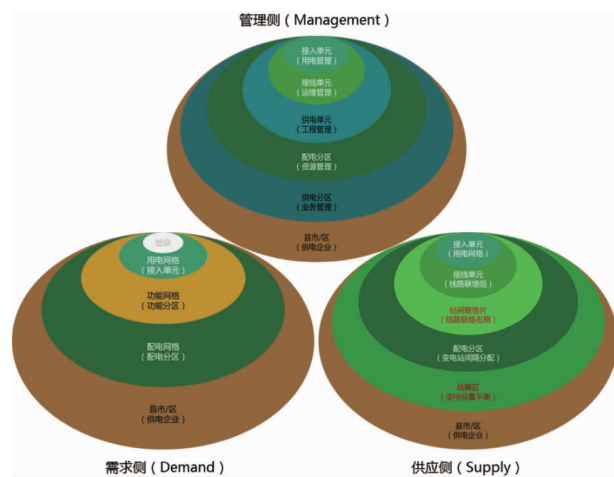


图 1 DSMT 配电网格化(层级)模型

Fig. 1 DSMT distribution grid (hierarchical) model

按业务要求,配电网格(分区)划分应基本稳定,具有远近期的适应性,并能充分体现网格(分区)的差异化用电需求,以满足配电网从规划设计、投资计划、工程建设到运行维护等全过程管理的需要,因此,配电网格划分应从用地规划(需求侧)、网架结构(供给侧)、运行维护(管理侧)三个视角进行系统性的考虑。

经充分研究实践,我们提出了一个按照配电网分层分区管理原则,协同电力需求侧(Demand)(基于地块用地性质的用电网格划分)、电力供给侧

(Supply)(基于电网电气边界的网络布局)及运行管理(Management)(基于业务管理现状的分层分区管理)三个视角的配电网格化规划全模型(Total),即“DSMT 配电网格化(层级)模型”,其结构及基本定义如下。

2.1 DSMT 网络模型结构定义

(1)用电网格层级模型(需求侧,Demand side):用电需求侧根据市政用地规划(基于地块用地性质的负荷分布),采用“配电网格、功能网格、用电网格”三层网格定义。其中配电网格和用电网格分别与电力供给侧配电分区(配电网格)、接入单元(用电网格)的对应。

(2)网络布局层级模型(供给侧,Supply side):电力供给侧根据电网电气关系,采用“统筹区、配电分区、站间联络片、接线单元、接入单元”五层结构定义,并以此形成与电力需求侧配电网格(配电分区)、用电网格(接入单元)的对应。

(3)分层分区层级模型(管理侧,Management side):组织管理根据电网分层分区管理原则,采用“供电分区、配电分区、供电单元、接线单元、接入单元”五层结构定义,并以此形成与电力需求侧及供给侧的统一。

2.2 DSMT 网络模型层级统一定义

(1)县市/区(企业单位):是全社会用电情况及电网电力电量平衡的最小统计单位,直接与县市/区

供电企业(分/子公司)相对应,是配电网规划管理中最高的层级单位,也是进行配电网“布局”规划的基本单元。

(2)供电分区(业务单位):供电分区是从配电网业务管理角度划分的运维最小管理单位。根据现行电网管理体系,配电网业务管理可分为配电工区集中管理(中心城区)及供电所独立管理(乡镇)两种方式;在配电增量业务放开的情况下,还包括独立的配售电公司。

(3)配电分区(配电网格):为简化配电网规划及调度运行管理,配电分区(配电网格)是一个中压网架相对独立的配电分区,也是一个可作为独立区域来进行配电网“专项”规划的、规模适度的供电区域。

(4)功能分区(功能网格):功能分区(功能网格)是一个介于配电分区(配电网格)与接入单元(用电网格)之间的中间网格,是一个辅助分布负荷预测及网架结构布局规划而设立的、具有某类共同特征(或用途)的、大小适度的、地理空间连续的、可给予恰当命名的供电区域。通常情况下,功能网格与城市规划中的功能分区对应。

(5)用电网格(接入单元):在地理分布上,用电网格是若干个相邻的、供电等级相同或接近的、对供电可靠性要求基本一致的地块(或用户)组合。用电网格体现最终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。一个用电网格可包含多个台区。

(6)站间联络片(单元):根据变电站远景规划布点(位置、规模)及远景空间负荷预测结果(地块、负荷),按“站间单联络”为规划目标而建立的变电站间线路联络关系(变电站名称、线路数量、供电区域边界)。为便于线路优化布局,当一个联络片规模较大时,可把一个联络片拆分为几个联络单元。

(7)接线单元(线路组):是一个有电气联络的线路组合(通常指一组标准接线),挂接若干个用电网格(接入单元)的电力负荷。

(8)供电单元(供电网格):是远景独立,但当前存在电气联络,且在一个相当长的时间内仍难于实现完全切割的几个接线单元的组合。供电单元以配电网工程管理为主要目的,适合于在一张图上管理(边界清晰),规模不宜超过 3 组标准接线(规模适度,总数不超过 12 条)。供电单元本质上讲是一个

中压层面的关联电网,即是一个因某个(批)规划项目的建设,供电负荷、网损、供电可靠性、电能质量等指标受到显著影响的变电站(开关站、配变)和线路的集合。

3 DSMT 网格用电需求特征编码设计

为便于识别网格特征,并对网格(供电分区)“差异化”及“标准化”建设提供支持,有必要对网格关键特征进行分类编码。

经分析,与电网建设相关最大的配电网分区(单元)特征包括供电等级、景观要求、饱和负荷密度、发展成熟度(负荷成熟度)四个方面;其次,用地性质、重要用户数量、防灾要求三个方面也相关密切,由此形成由 7 个属性组成的 8 位编码结构“ABnnC[—D[m][E]]”,其中前 4 个属性为基本属性,后 3 个属性为扩展(可选属性)。各属性含义如图 2 所示。

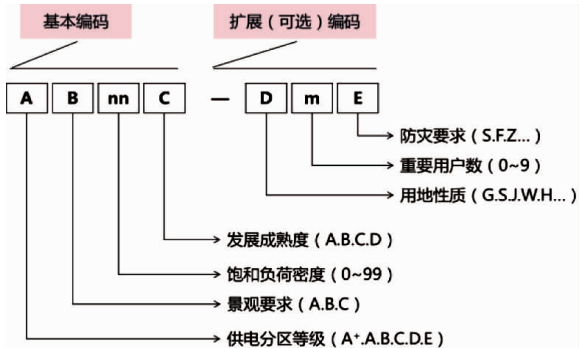


图 2 网格用电需求特征编码结构

Fig. 2 Electric demand feature coding structure for grid

第一编码段(A):一位字母,供电区域分类(供电分区等级),六类,按国网及南网标准,分为 A +、A、B、C、D、E。

第二编码段(B):一位字母,景观要求,三级。A:高(全电缆)、B:中(电缆为主)、C:低(架空线为主)。

第三编码段(nn):二位数字,饱和负荷密度(MW/km²)。取两位整数表示。

第四编码段(C):一位字母,发展成熟度(建成投产率,负荷成熟度),四级。A:成熟(稳定区)、B:基本成熟(建成区)、C:快速发展(半建成区)、D:不确定区(新建区)。

第五编码字段(—):一位,“基本属性”与“扩展属性”之间的“分隔符”。

第六编码段(D):一位字母,用地性质,是城市用地规划性质的合并简化,包括 G:工业、B:办公、S:商业、H:(商住)混合、W:文体、X:学校、J:军事、Z:城镇、N:农村村落等。

第七编码段(m):一位数字,重要用户数量,0~9。

第八编码段(E):一位字母,防灾要求,即地块易发自然灾害类型,包括 F:台风、S:水涝、Y:盐雾、Z:地震,等。

按上述规则,“A + A99A”为最高等级供电分区(网格、单元),“EC00D”为最低等级供电分区(网格、单元)。

4 配电网规划设计体系设计

在配电网增量业务逐步放开的大背景下,对配电网进行统筹规划的必要性及紧迫性也日益明显。配电网规划具有全社会属性,因此,根据电网企业所处的行业地位及其承担的保底供电责任,供电公司应进一步加强与地方政府的合作与沟通,明确电网公司在配电网规划建设及运行维护全过程中的地位及责任,充分发挥利用供电公司现有的人才及技术优势,协助地方政府做好配电网规划的编制工作,以促进配电网增量业务的有序开放及健康发展,保障电网的安全稳定可靠运行,实现社会效益及企业利益的最大化^[14-15]。

在配电网增量业务市场化环境下的,全社会(包括地方政府、电网公司及其它社会企业)应更加重视并强调配电网资源的统筹规划,由此,确定以“配电网资源统筹”及“电力设施布局”为核心的“配电网网格化规划”方法,其基本结构如图 3 所示。

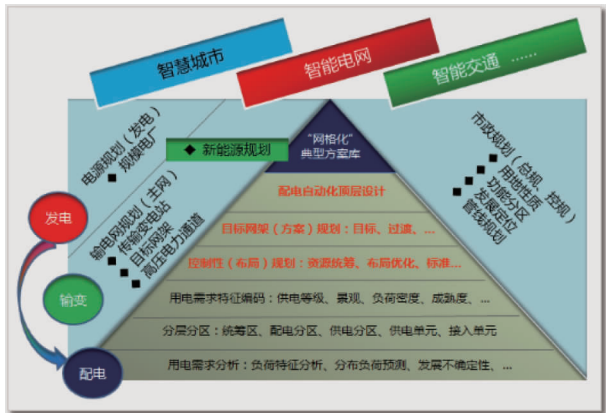


图 3 配电网规划设计体系结构(示意图)

Fig. 3 Distribution network planning and design architecture (schematic diagram)

如上图,根据现行电力系统管理体制,“发、输、变、配、用”五个环节被划分为发电(发电集团)、输变(电网公司)、配电(供电公司)三个层次,从规划角度看,分别对应电源规划、主网规划、配网规划三大部分,其中,配网规划分解为控制性(布局)规划、目标网架(方案)规划、配电网顶层设计三个部分,由此,配电网规划体系结构可调整为:

(1)用电需求分析:以市政发展规划(总规、控规)为依据,以地块(或功能分区)为单元,对各地块(或功能分区)用电需求(地点、负荷数量、负荷时间特征、景观要求、供电可靠性需求、发展不确定性等)进行分析预测;

(2)分层分区:以配电网现状(中压网架独立性)、主网规划(电源分布)、地块(或功能分区)用电需求为基础,按配电分区层级模型定义,在全区域范围内,统筹考虑,统一划分统筹区、配电分区、供电分区、供电单元及接入单元,并对分区(单元)进行统一编号;

(3)用电需求特征编码:根据用电需求分析、分区(单元)划分结果,按供电区域分类、饱和负荷密度、负荷成熟度等属性,对各分区(单元)用电需求特征进行编码;

(4)控制性(布局)规划:以配电分区划分为基础,以“优化电源和电网布局”为目标,以预期确定性、资源控制性、工作协同性为准则,全域范围的配电网控制性(布局)规划。核心内容包括:网格划分、分布负荷预测、变电容量统筹及电力平衡、电源增补及建设时序建议、线路联络布局(供电分区划分)、间隔资源分配、差异化规划目标及标准化建设型式设置、分阶段建设/改造重点规划等;

(5)目标网架(方案)规划:在全域(布局)规划所规定的资源配置、差异化规划目标及标准化建设型式的约束下,以配电分区为编制单元,以接入单元“差异化”用电需求为导向,以电源实际建设时序及通道现实条件为基础,编制形成能满足用户远、近期用电可靠性需求的供电方案。核心内容包括:接入单元划分及特征编码、供电单元划分及特征编码、站所布点规划、通道布局规划、配电建设改造项目需求分析、中压网架建设方案(目标网架、过渡方案、近期方案、年度工程)等;

(6)配电自动化顶层设计:以接入单元、供电单元为对象,以用电需求特征分类及供电可靠性要求

为基础,采用“顶层设计”理念,形成“顶层决定性”、“整体关联性”、“实际可操作性”并举的科学完整的配电自动化顶层设计,为配电自动化实施提供可操作的现实指导方案;

(7)“单元化”典型方案库:以接入单元及供电单元为设计对象,以单元用电需求特征分类为索引(适用范围),形成差异化及标准化的典型设计方案,为配电网标准化建设改造提供有效支撑。

5 结语

基于“网格”及“特征编码”的配电网分层分区管理是实现配电网“差异化”规划及“标准化”设计的有效手段。在本文所述的配电“网格化”模型及统筹规划体系中:“配电网格”是可作为独立区域来进行配电网“专项”规划的基本单元;“用电网格”是可独立设定规划目标的最小供(用)电单元;“网格特征编码”是最适合于作为典型设计方案适用性表达的方式;“供电单元”是配电网工程的“关联电网”,是评价工程投资价值的有效单位;“统筹区”是对变电站资源进行统筹规划布局的合理区域。同时,从智能电网的角度来看,作为电网的最小网格单元,“用电网格”还可作为“智能网格”来定义,规划设计可进一步发展到包含“自动化、信息化、互动化”的全部内容^[16]。

最后,作者衷心地期望:本文所述的 DSMT 配电网网格模型、用电需求特征编码及基于“网格化”的配电网统筹规划体系能对现行的配电网规划实务产生积极的指导作用,并同时恳切地盼望业界能对配电“网格化”规划的方法体系作出进一步的理论及应用研究。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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-EPSS, 2015(S1):33-37.
- [3] 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(1):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(1):249-255.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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 Yayan. Study on the power supply reliability of urban distribution network [J]. Guizhou Electric Power Technology, 2016,19(05):72-74.
- [7] 姚愉芳,陈杰,胡娱欧,董烨,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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 王赛一,华月中,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.
- [11] 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.
- [12] 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,2015,2(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, 2(03): 38-42.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 王赛一, 吴正骅, 华月申, 等. 基于网格化理念的配电网规划评价模型[J]. 广东电力, 2016, 29(07): 49-52+58.
WANG Saiyi, WU Zhenghua, HUA Yueshen, et al. Evaluation model for power distribution network planning based on grid concept[J]. Guangdong Electric Power, 2016, 29(07): 49-52+58.

收稿日期: 2018-01-09

作者简介:



杜佩仁(1965), 男, 硕士, 高级工程师, 长期从事电力系统自动化、信息化系统的设计开发及其规划、设计方案的研究。

(本文责任编辑: 范 斌)

Research on grid model of DSMT and design of planning structure for distribution power system

DU Peiren¹, DONG Xiangfei², LIN Shaosheng², ZHANG Yi², WANG Xiaolei²

(1. Zhejiang University, Hangzhou 310027 Zhejiang, China;

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

Abstract: The current understanding of the industry "grid" and "grid planning real consensus has not yet formed, the grid definition, division principle and planning system based on grid were not explicitly stated. Accordingly, basis on absorbing the domestic and international mainstream views, through the planning practice, formed a distribution model of grid power demand side, including the power supply side of operation and management of three aspects; according to the new concept of power grid planning, the "first division", "global", "basic steps to partition" the first "bottom-up" and "top-down" analysis, planning work mode, and put forward the scientific and reasonable method for the actual operation of the power distribution grid layout planning, presents the practical planning results; at the same time, based on the standardized analysis of grid characteristics, in accordance with the same type of grid standardization, "different grid types differentiated" principle, integration of "standardization" and "differences" of the planning objectives. Based on this, a grid based integrated planning system for distribution network is given. This planning system has a positive guiding role in the current distribution network planning practice.

Key words: grid; grid division; grid feature; grid planning; distribution network