

南京苏南现代化电网指标体系研究

李 晨, 肖 晶, 王自桢, 周恒俊, 李 雪, 饶 莹

(南京供电公司, 江苏 南京 210019)

摘 要: 为服务南京苏南现代化示范区规划建设, 满足社会“五位一体”发展提出的新要求, 本文提出了通过构建苏南现代化电网评价指标体系来回答“什么样的电网是苏南现代化电网, 现状电网与现代化电网的差距在哪, 怎么系统的、分步骤的构建苏南现代化电网”等关键问题的思路和方法, 并分别通过构建“全系统、分步骤、可操作”的电网版指标体系和“可感知、可参与、可评价”的社会版指标体系, 来寻找电网现代化与城市现代化的内在联系, 诠释苏南现代化电网的内涵和外延。搭建电网现代化为城市现代化服务的支撑桥梁和联系纽带。通过苏南现代化指标体系的构建, 清晰的绘制了南京苏南现代化电网的实施路线图, 也为全国全省电网现代化建设开辟一条新的途径。

关键词: 苏南; 现代化; 电网; 指标体系

0 引言

2013 年 4 月底,《苏南现代化建设示范区规划》(简称《苏南规划》,下同)获国务院批复,成为我国首个以现代化建设为主题的区域规划。2013 年 7 月,南京市委下发了《中共南京市委关于在苏南现代化建设示范区中带好头建成现代化国际性人文绿度的决定》,明确提出南京在苏南现代化建设示范区中带好头,为全国全省实现社会主义现代化积累经验、提供示范。结合南京省会电网的实际,以国家电网公司建设“世界一流电网”目标为指引,南京供电公司提出了南京电网现代化发展目标:立足为全国全省电网现代化建设提供示范,将南京电网规划建设成为“世界一流”现代化电网,走出一条符合南京电网特质、体现时代特征的电网现代化发展之路。

为了实现上述目标,必须回答“什么样的电网是苏南现代化电网,现状电网与现代化电网的差距在哪,怎么系统的、分步骤的构建苏南现代化电网”等关键问题。本文在南京开展城市饱和负荷研究、基于可靠性的电网规划、智能高效运行评估指标体系等研究的基础上,提出了通过构建现代化电网评估指标体系来回答苏南现代化电网关键问题的思路和方法,为全国全省实现电网现代化提供借鉴。

1 构建苏南现代化电网指标体系的重要意义

苏南现代化示范区建设规划是在全国改革开放进一步深化的框架内,进行全方位现代化建设的探索实践,作为与社会经济及广大人民息息相关的电网建设首当其冲,因此,如何满足苏南现代化全方位的发展要求,助力苏南现代化规划实践,实现电网社会价值的最大化成为现代化电网规划建设的关键问题。

鉴于此,构建科学、合理、系统的南京苏南现代化电网的评估指标体系势在必行。通过构建指标体系,一是结合苏南现代化经济社会“五位一体”发展规划,科学评价电网现代化发展水平;二是分规划阶段量化各指标的具体目标值,实现定性发展目标的定量化,并有针对性的制定规划落实措施和实施途径,系统引领、分步指导、加快推进现代化电网规划建设;三是形成可资与先进国家或地区电网对比的量化指标体系,促进与先进国家或地区的对比找差;四是形成可推广的现代化电网评价标准,为示范引领全国全省电网现代化建设创造条件。

2 苏南现代化电网的界定

2.1 苏南现代化对电网的新要求

1) 适应支撑能源结构优化调整

苏南传统的能源开发利用结构受到环境容量、运输能力严重制约，能源保障供需平衡的难度很大。苏南现代化示范区规划提出了以新能源为示范的能源结构优化调整规划，在增加清洁能源占比的同时加快推进燃煤机组的升级改造，这客观上要求电网进一步提高安全稳定运行水平，增强对分布式光伏等新能源的适应能力，提升电网资源优化配置能力。

2) 有力助推社会经济转型升级

社会经济转型升级是实现苏南现代化的必由之路，是社会和经济现代化的重点任务。社会经济转型升级必然带来用电结构、模式等多方面的转变，要求电网进一步提高电网的供电能力，主动满足社会经济现代化发展重要载体快速增长的用电需求，同时进一步提高电网的供电可靠性水平和供电质量，满足现代化服务业，新兴制造业发展对电网新的需求，支撑相关产业转型升级。

3) 有机融入城乡一体发展

城乡现代化建设充分发挥城乡规划统筹协调作用，形成体制接轨、发展互动、服务共享的城乡发展一体化格局，是实现城乡共同繁荣的重要途径。城乡一体发展要求电网在注重差异化发展的基础上，更加注重发展的系统性和协调性，有机融合城乡电网，全面提升电网的发展水平。

4) 主动服务生态民生改善

苏南现代化规划指出在经济繁荣发展的同时必须走生态环境良好、人与自然和谐相处的发展道路，推进资源节约型和环境友好型社会建设。这要求电网更加注重与周边环境的和谐统一，更加主动的服务社会和民生改善，以更优质的服务、更先进的技术让民众得实惠，让社会更美丽。

2.2 苏南现代化电网内涵和外延

1) 苏南现代化电网的内涵

分析苏南现代化对电网的新要求，与传统配电网相比较，“现代化”电网应朝着具备安全、可靠的电网网架结构，优质的电能质量和供电服务水平，成本和效益均衡，信息化、自动化和互动化兼备，让社会和民众更加满意的总体方向和总体目标发展，主要表现为电网的“安全性、可靠性、优质性、经济性、智能性”5大方面。

安全性：是指电网在元件退出、负荷不正常波动情况下维持连续供电的能力，是电网保障城市经济社会发展的基础。供电安全性需要靠容量裕度和网络冗余度来保证。电网中的设备和网络在运行时预留的裕度越大，电网的供电安全性越高。

可靠性：是指供电系统对用户持续供电的能力。经济转型发展和人民生活水平的不断提高，对供电可靠性提出了更高的要求。作为电网运行的基本约束条件，可靠性越高越能体现电网服务城市的水平和质量。

经济性：是指在保障电网运行安全可靠的前提下，所产生的直接经济效益或因减少损耗、降低成本、精益管理等带来的间接效益，主要以综合线损率等指标进行表征。电网经济性不仅体现了电网安全可靠与降低成本、增加效益之间的相互协调，还从一定程度上支撑了全社会效益的最大化。

优质性：主要考虑的是为电力用户提供优质的电力供应，如稳定的电压输出，较少的谐波污染等，一般以电压合格率、谐波合格率、三相不平衡度等电能质量指标进行描述。优质性在满足用户基本电力需求的基础上体现了电网满足城市转型发展带来的更多方面和更高层次需求的能力。

智能性：主要衡量的是智能配电网的建设实施效果，是否能够满足现代化城市发展对于电网信息化、自动化和互动化的需求以及与社会资源能源环境发展的协调性。

2) 苏南现代化电网的外延

苏南现代化电网的外延是从社会和民众的需求角度出发，从社会和民众最关心的电网发展目标给出现代化电网对于城市的表现形式。主要表现为：配网发展方向，是否顺应社会和科学技术发展方向，与政府、企事业单位、民众等社会元素的愿景一致；配网内部提升，能否解决社会最关心的问题，能否能

促进社会进步、惠及大众、反哺于社会。

3 苏南现代化指标体系构建

3.1 核心理念

为寻找电网现代化与城市现代化的内在联系，搭建电网现代化为城市现代化服务的支撑桥梁和联系纽带，本文提出了构建电网版和社会版两套指标体系。

电网版指标体系反映现代化电网的内涵，旨在从电网专业技术角度出发，以满足城市现代化“五位一体”发展需求为导向，系统、全面、深入的构建以“可靠性为核心、智能化为导向、全生命周期为经济校核”指标体系，全面指引电网现代化发展。

社会版指标体系反映现代化电网的外延，由电网版指标体系转化而来，旨在从城市和民众的直接感知度出发，由电网关键指标入手，构建以“可感知、可评价、可参与”的现代化指标体系，全面支撑苏南现代化示范区建设。

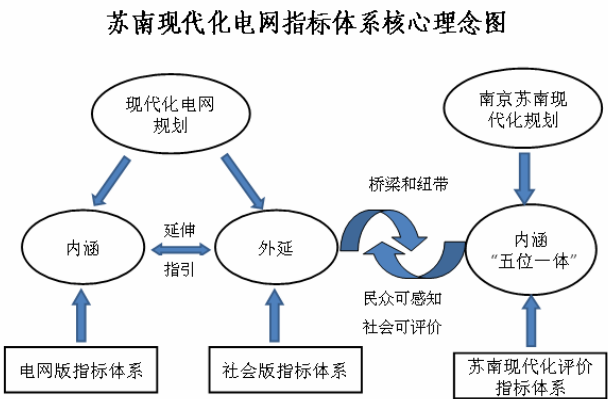


图 1 苏南现代化电网指标体系核心理念图

3.2 电网版指标评价体系

3.2.1 构建原则

从 SMART 准则的基本要求出发，结合南京苏南现代化电网的界定，确定南京苏南现代化电网指标体系的基本构建原则：

1) 客观性：（真实、准确、一致）

评估指标应能够真实地反映特定的考察对象，可客观的了解和掌握南京电网的实际运行状态，揭示其实际情况；评估指标的内涵与外延界定准确，统计口径无歧义，指标数据具有高度的一致性。

2) 系统性：（全面、重点、规范）

指标体系的建立应将南京电网运行看作一个整体，在突出重点、把握问题主要方面的前提下，其体系结构应覆盖南京电网运行的各个关键环节；评估指标的分类、计量单位、计算方法、调查表式等应有统一的规范性要求，以便于在实际工作中推广应用。

3) 实用性：（方便、可靠、可比）

评价指标应以方便计算为基础，所需数据应能和电网目前的统计指标相衔接；评估指标要有可靠的数据渠道，具有可操作性；评估指标应方便不同地区之间和同一地区不同时间断面下配电网运行情况的对比，突出导向性效果。

4) 科学性：（无交叉、无重复）

评价指标体系应建立在充分认识、系统研究的科学基础上，具体指标的概念应该明确，各项评估指标之间的关联程度要合理，尽可能避免指标间的相互交叉，以免造成重复计算和综合评估误差。对某些难以完全避免交叉的指标，应遵从避轻就重的原则确定其归属，将其划分到最能反映该指标特性的类别

之中。

3.2.2 指标体系和评估方法

依据指标体系的构建原则，构建指标体系如表 1 所示，整个指标体系包含四级指标，其中一级指标即苏南现代化电网，包含安全性、可靠性、经济性、优质性和智能性五个二级指标，在二级指标的基础上，衍生出 15 个三级指标，三级指标又进一步细化为 47 个四级指标。南京苏南现代化电网指标体系采用层次分析法、模糊综合评价法和德尔菲法相结合的综合评价方法。

表 1 南京苏南现代化电网版指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标
苏南现代化电网（47）	A. 安全性（6）	A1.供电能力(2 个)	A1-1.容载比
			A1-2.重载设备占比
		A2.转供能力（2 个）	A2-1.输电网 N-1 通过率
			A2-2.中压配电线路 N-1 通过率
		A3.适应能力（2 个）	A3-1.分布式电源消纳率
			A3-2.微网接入能力
	B. 可靠性（6）	B1.系统可靠性（2）	B1-1.用户平均停电次数
			B1-2.供电可靠率
		B2.设备可靠性（2）	B2-1.输变电系统可用系数
			B2-2.设备故障停电率
		B3.管理与技术可靠性（2）	B3-1.不停电作业占比
			B3-2.状态检修覆盖率
	C. 经济性（10）	C1.综合经济性（4）	C1-1.综合线损率
			C1-2.电网峰谷差率
			C1-3.最大负荷（大于 80%）持续时间占比
			C1-4.万元产值综合能耗下降率
		C2.建设经济性（2）	C2-1.单位资产年售电量
			C2-2.单位资产年最大供电负荷
		C3.运行经济性（4）	C3-1.配电网轻载设备占比
			C3-2.配电网主变负载不均衡度
			C3-3.配电网线路负载率与经济运行负载率的偏差
			C3-4.每万元电网投资年运行维护费用
	D. 优质性（9）	D1.电能质量（3）	D-1.综合电压合格率
			D-2.谐波合格率
			D-3.三相电压不平衡度
		D2.优质服务（3）	D2-1.故障抢修时间达标率
			D2-2.客户业扩服务时限达标率
			D2-3.第三方客户满意率
		D3.发展协调性（3）	D3-1.单位变电容量占地面积
			D3-2.单位输电容量通道宽度
			D3-3.市场占有率
	E. 智能性（16）	E1.信息化水平（6）	E1-1.智能化变电站占比
			E1-2.用电信息采集率
			E1-3.输变电设备在线监测覆盖率
			E1-4.自动化终端覆盖率
			E1-5.智能电表覆盖率
			E1-6.营配调数据集成清理准确率
		E2.自动化水平（5）	E2-1.智能调度技术支持能力
			E2-2.配电网故障正确动作率
			E2-3.自动电压控制系统（AVC）可调无功容量占比
			E2-4.配网信息自动统计率
			E2-5.停电信息自动发布率
		E3.互动化水平（5）	E3-1.可控分布式电源容量占比
			E3-2.可调电源容量占比
			E3-3.动态电价用户占比
			E3-4.可控负荷的容量占比
			E3-5.电网信息互动用户占比

3.2.3 多指标综合评估方法

南京苏南现代化电网指标体系中包含许多崭新的电网评价指标，如可控分布式电源容量占比、电网信息互动用户占比等，现有的评估方法已不能满足该指标体系对评估方法的适用性和可操作性的要求，

本文在南京苏南现代化电网指标体系建立的基础上，采用层次分析法、模糊综合评价法和德尔菲法相结合的综合评估方法作出一个全局性、整体性的判断。即选用鲁棒性较强的层次分析法对递阶层次结构的各级指标权重进行设置，采用模糊综合评价法对单个评估指标进行状态判断，采用概率统计方法与德尔菲法相结合的方法来确定评估指标的判据，具体步骤如下所述：

1) 设置评估指标的权重。

a). 根据对各层指标两两之间重要程度的分析形成判断矩阵；

b). 计算判断矩阵的最大特征根及其对应的特征向量；

c). 将判断矩阵最大特征根对应的特征向量归一化，得到各单层指标相对与其直接上级指标的单排序权重值；

d). 进行单排序一致性校验，如通过校验则继续步骤 e)，如未通过一致性校验则返回步骤 a)；

e). 进行层次总排序一致性校验，如通过校验则继续步骤 f)，如未通过一致性校验则返回步骤 a)；

f). 基于单排序权重的计算结果求得各单项指标的层次总排序权重 α_i 。

2) 设定指标的评分标准。

对于定量指标，为表征指标评分随指标值变化的走势，需设定指标评分曲线，设定方法如下：首先是确定关键评分点以及关键评分点所对应的评分值，对于可取得较大数据样本的评估指标可采用概率统计方法或者概率统计与德尔菲法相结合的方法来获得评分值，其它指标则可采用德尔菲法，利用专家经验确定关键评分点的评分值；其次确定评估指标关键评分点在平面直角坐标系（x 轴为指标值，y 轴为评分值）中的坐标值，以此为基础可绘制得到该指标的评分曲线，此即为模糊综合评价方法中的隶属度函数曲线；最后基于评分点坐标值，利用分段线性插值的方法可得到相邻两个评分点之间的分段函数。

对于定性指标，将指标的性能级别（优、良、中、较差、差）分别对应关键评分点，可由性能级别和评分的对应关系得到该指标的评分值。

5) 计算分析评估对象的各项指标，依据步骤 4) 相关标准对指标评分。

对评估对象的电网进行详细的调研和分析，计算定量指标的指标值 r_i ，分析定性指标所处的性能级别，依据步骤 4) 中的评分标准得到各项指标的评分 r_i^* 。

6) 综合评分。

基于步骤 3) 得到的权重和步骤 5) 得到的指标评分值，计算评估对象的综合评价值 S，计算方法如下式所示，式中 n 为低层指标总个数。

$$S = \sum_{i=1}^n r_i^* \alpha_i$$

3.2.4 评估结果分析

通过上述多指标综合评估方法对 2012 年南京、北京、上海电网进行评估，将南京电网评估结果与北京、上海电网评估结果做一个横向对比，可以发现南京离北京、上海电网仍有一定的距离。在各分项指标上，南京与北京、上海的安全性评估指标、优质性评估指标差距较小，在可靠性指标、经济性指标上有一定的差距，而在智能性评估指标上的差距较大，如图 2 所示。

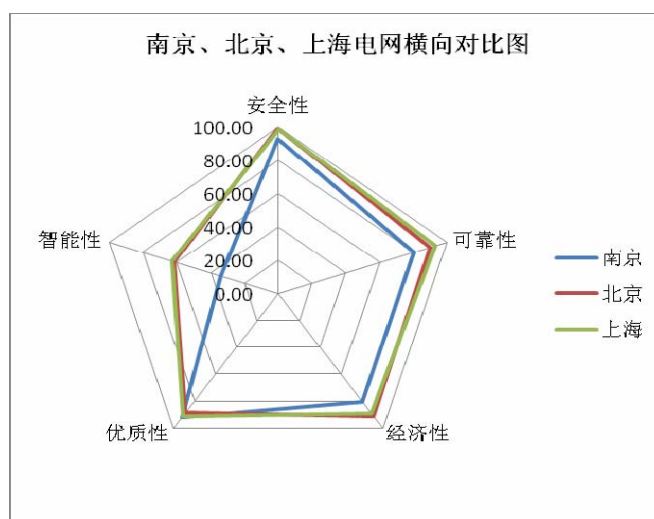


图2 南京、北京、上海电网横向对比图

3.2.3 分阶段设定实施目标

根据南京电网实际以及苏南现代化示范区建设要求，为指引现代化电网目标实现，通过与北京、上海等先进电网的横向对比，设定关键的发展阶段评分：指标体系总评分在90分至95分之间为基本建成“世界一流”的现代化电网。指标体系总评分在95分至100分之间为全面实现电网现代化，并在此基础上提出了南京电网“三步走”战略：第一步，到2015年，全面推进现代化电网规划建设，对应指标体系评分在85分至90分之间；第二步，到2020年，基本建成“世界一流”的现代化电网，对应指标体系评分在90分至95分之间；第三步，到2030年，全面实现电网现代化，对应指标体系评分在95分至100分之间。

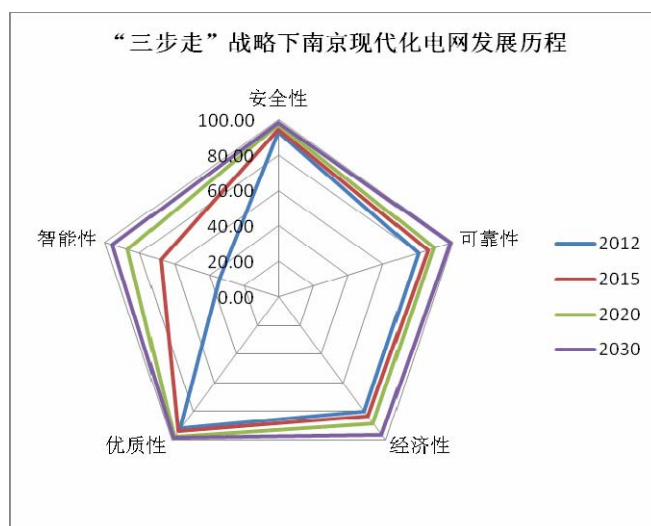


图3 “三步走”战略下南京电网现代化发展历程

3.3 社会版指标评价体系

3.3.1 构建原则

1) 注重目标导向，与苏南现代化“五位一体”建设内容及指标体系相对应，搭建电网现代化与苏南现代化的桥梁。

2) 按照民众“可感知、可参与、可评价”的原则构建，对配网内涵性指标体系进行了翻译和简化，反映了电网发展服务于社会的根本目的。

3) 指标体系由政府、社会、大众关心的电网关键指标组成,可以使城市和电网的决策者、参与者关注与现代化相关的关键问题和发展方面,从而形成共同的发展理念,实现相互支撑、相互支持。

3.3.2 指标体系

依据构建原则,提出社会版指标体系,其中第一层级是电网发展的总体目标,即实现电网最大社会价值,第二层级是电网外部表现 5 大发展方向,包含可靠电力“放心”、优质电力“贴心”、和谐电力“惠心”、智能电力“省心”、绿色电力“安心”(简称“五心”电网),第三层,在“五心”电网要求基础上,进一步衍生出 15 个基层指标,详细情况见表 2 所示:

表 2 南京苏南现代化电网社会版指标体系

一级指标	二级指标 (“五心”电网)	基层指标
实现社会价值最大化	可靠电力放“心”	用户平均停电时间
		用户平均停电次数
		综合电压合格率
	优质电力贴“心”	故障抢修响应时间
		客户业扩服务时限达标率
		居民户均用电容量
	和谐电力惠“心”	单位 GDP 电能消耗
		接入电网半径
		电动汽车充电桩密度
		智能用电覆盖率
	智能电力省“心”	智能电表覆盖率
		电网信息互动用户占比
		清洁能源发电容量占比
	绿色电力安“心”	清洁能源并网消纳率
		电力环保达标率

社会版指标体系应注重为政府、社会、大众提供一个较为形象的指标评价描述方法,指标评价计算可以采用加权方法进行,具体权重设定应广泛征询政府主管部门、企事业单位、居民代表等相关方意见,并采用德菲尔等方法进行系统分析后确定。

4 结论与建议

苏南现代化指标体系从苏南现代化“五位一体”的发展要求出发,构建了“全系统、分步骤、可操作”的电网版指标体系和“可感知、可参与、可评价”的社会版指标体系两套互为一体的指标体系,深入的剖析了电网现代化的内涵和外延,全面回答了“什么样的电网是苏南现代化电网,现状电网与现代化电网的差距在哪,怎么系统的、分步骤的构建苏南现代化电网”等关键问题。

在指标体系的指引下,南京电网将以实现社会价值最大化为各环节工作导向,以“智能化”作为快速提升途径,在确保“安全性”、“可靠性”基础上,兼顾“经济性”,提升自身运营管理、电能产品及供电服务的“优质性”,推进电网现代化进程。

参考文献:

[1] 何光宇,孙英云,梅生伟,等.多指标自趋优的智能电网[J].电力系统自动化,2009,33(17):1-5.

[2] 倪敬敏,何光宇,沈沉,等.美国智能电网评估综述[J].电力系统自动化,2010,34(8):9-13.

[3] 谭伟,何光宇,刘锋,等.智能电网低碳指标体系初探[J].电力系统自动化,2010,34(17):1-5.

[4] 王彬,何光宇,等.智能电网评估指标体系的构建方法[J].电力系统自动化,2011,35(23):1-5.

[5] 孙强,葛旭波,刘林,等.国内外智能电网评估体系对比分析[J].电力系统及其自动化学报,2011,23(6):105-110.

[6] 肖峻,高海霞,葛少云,等.城市中压配电网评估方法与实例研究[J].电网技术.2005,29(20):77-81

[7] 肖峻,崔艳妍,王建民,等.配电网规划的综合评价指标体系与方法[J].电力系统自动化.2008,32(15):36-40

[8] 刘璐洁,胡荣,符杨,等.基于节约理念的配电网规划方案综合评价[J].电网技术.2008,32(16):66-70

黎灿兵, 梁锦照. 电网差异化规划新方法[J]. 电力系统自动化, 2009 (24): 36-40

[9] 顾基发. 评价方法综述[A]. 科学决策与系统工程[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1990, 22-26.

[10]何永秀,等. 电力综合评价方法及应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2011.

作者简介:

李 晨 (1980—), 男, 江苏溧阳人, 高级工程师, 从事电网规划设计工作;

肖 晶 (1981—), 女, 江苏徐州人, 高级工程师, 从事电网规划设计工作;

王自桢 (1982—), 男, 江苏江阴人, 工程师, 从事配电网规划设计工作;

周恒俊 (1984—), 男, 江苏扬中人, 工程师, 从事电网规划设计工作;

李 雪 (1979—), 女, 江苏淮安人, 高级工程师, 从事电网规划设计工作;

饶 莹 (1982—), 女, 江苏如皋人, 高级工程师, 从事电网规划设计工作。