



一种电力通信网规划成效评价方法

周 静, 刘国军

(国家电网公司智能电网研究院 北京 102200)

摘 要: 电力通信网是电网发展的重要支撑平台, 电力通信网的发展速度与电网发展水平密切相关。提出一种评价电力通信网与电网发展适应性的量化评估方法, 该方法以通信网和电网的历年统计数据为基础, 采用灰色关联度分析方法, 系统分析各地区通信网建设规模与电网发展水平之间的相互作用关系, 从而得出通信网与电网发展的内在关联规律, 指导电力通信网发展规划以及投资具有理论和实际意义。

关键词: 电力通信网; 电网; 灰色关联分析; 评估指标

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2015083

An Effective Method to Evaluate the Planning Achievements of Electric Power Communication Network

Zhou Jing, Liu Guojun

(State Grid Smart Grid Research Institute, Beijing 102200, China)

Abstract: Electric power communication network is an important support platform of electric power grid, and its development level is closely with the latter. An evaluation method of the adaptability of electric power communication network and the power grid was put forward. With grey relational analysis method and based on the statistical data, the rule between each area communication network construction scale and grid development level was revealed. It is a meaningful research on evaluating the development of electric power communication network and its investment.

Key words: electric power communication network, electrical grid, grey relational analysis, evaluation index

1 引言

电力通信网作为公司的第二张实体网络, 承载着电网运行和企业管理的核心业务, 是电网安全、稳定、经济运行的重要保障。“十二五”期间, 公司通信网已迈入全程全网服务型网络发展阶段, 建成了世界上规模最大的企业通信专网, 其中公司大容量骨干光传输网、数据通信骨干网、一体化电视电话会议系统等工程取得了跨越式发展, 为智能

电网和“三集五大”建设提供了坚强支撑。

截至目前, 国家电网公司通信网“十二五”规划主要是从投资完成情况、资产及网络规模变化情况、网络运行情况等方面对规划执行情况以及执行效果进行描述分析。其中, 建设规模是分析通信网规划合理性、可行性和科学性的一个重要判据^[1]。骨干网由于规划建设较为成熟, 其建设规模不难把握, 但是地区接入网建设规模和地区配电网建设一样, 受地区环境、地域经济和技术体制等多种因素影

收稿日期: 2014-09-15; 修回日期: 2015-03-11

论文引用格式: 周静, 刘国军. 一种电力通信网规划成效评价方法. 电信科学, 2015059

Zhou J, Liu G J. An Effective Method to Evaluate the Planning Achievements of Electric Power Communication Network. Telecommunications Science, 2015059



响,其建设规模难以把握。如何科学评价地区电力通信网建设的规模,进而指导资金合理部署,促进通信网与电网、通信网各网络层级的协调发展,发挥电力通信网建设的最大综合投资效益,是目前通信规划管理部门面临的一个重要课题。

规划评估方法很多^[2-8],比如层次分析法、模糊综合评价方法、专家评估方法等,这些方法可以从不同方面反映电力通信网的某些发展状况,但是也存在很多问题,比如对电力通信网规划缺乏整体性认识,致使评判结果不全面;对规划方案优劣没有明确的量化标准,评估结果存在偏差;评价方法侧重于对现状电力通信网评价,使评价结果落后于实际发展需求等。本文提出一种评价电力通信网与电网发展适应性的量化评估方法,该方法以年度通信网和电网的历年统计数据为基础,采用灰色关联度分析方法,系统分析各地区通信网建设规模指标(规模因子)与电网发展水平指标(影响因子)之间的相互作用关系,从而得出通信网与电网发展的内在关联规律,为系统化、差异化分析各地区电力通信网建设水平提供量化依据。

2 电力通信网规划评价指标现状

电力通信网由骨干通信网、终端通信接入网组成。其中,骨干通信网包含省际骨干通信网、省级骨干通信网、地市骨干通信网3个层级,涵盖35 kV及以上电网厂站以及公司系统各类生产办公场所。终端通信接入网由10 kV通信接入网和0.4 kV通信接入两部分组成,涵盖10(20.6)kV和0.4 kV电网。

电力通信网规划设计的总体目标是全面覆盖公司各级厂站、各类办公场所,满足电网安全生产和公司经营管理各类业务对通信连接需求以及可靠性的要求,支撑电网智能化发展以及企业信息化、现代化。因此,当前电力通信网规划指标主要分为覆盖率和可靠性两大类,如图1所示。

当前,电力通信网规划成效评价方式还是以定性描述为主,缺少定量评价指标。此外,通信网建设发展水平应该综合考虑地区电网建设发展水平、经济性等因素,而不仅仅依据“覆盖率”等单一指标来评价通信网的发展现状。电力通信网建设规模的大小及发展的影响因素(主要考虑电网的影响),以及二者之间的关系不能凭主观臆测,需要用科学的方法予以量化分析。

3 要解决的问题及基本分析思路

电力通信网是电网发展的重要支撑平台,电力通信网的发展速度与电网发展水平密切相关。本文定义 ΔC 为电

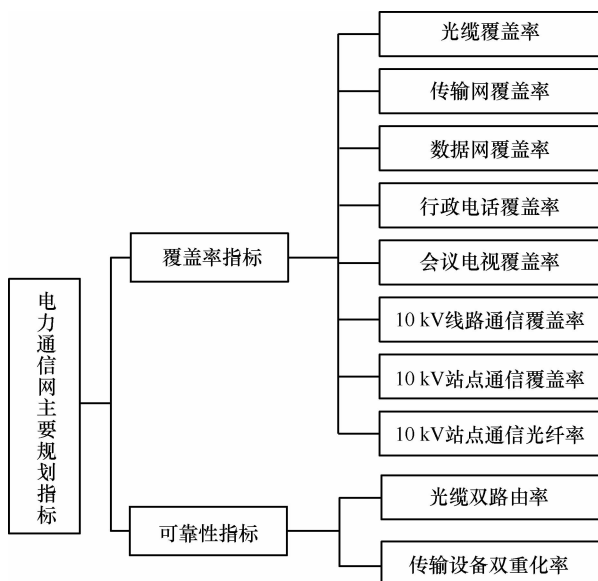


图1 电力通信网规划指标现状

力通信网发展裕度指标, v_1 表示电力通信网实际发展速度, v_2 表示电力通信网理论发展速度,且满足如下关系:

$$\Delta C = v_1 - v_2 \quad (1)$$

ΔC 可用于综合反映各阶段、各地区、各层级通信网的综合发展水平。不同地区的电力通信网发展裕度评估结果可以直接反映通信网发展水平的差异以及满足电网发展需求的程度。如果 ΔC 为负,则说明该地区通信网支撑电网发展存在一定的压力,通信网对电网发展的适应性较差,其通信网建设必须加强;反之则可以说明其建设规模过度,存在一定的投资浪费。

基本分析思路是: v_1 可以通过参考文献[1]提供的计算方法,由历史数据直接求得;需要建立能够直接反映电力通信网发展水平的指标体系(规模因子 S)和电网对通信网发展水平产生影响的指标体系(影响因子 F);通过建立灰色关联度分析模型,科学地揭示各相关指标之间的内在客观关联规律,从而推导出电力通信网发展速度的理论值 v_2 ;通过计算裕度指标 ΔC 评估各地区通信网综合发展建设水平。

4 基本方法与应用步骤

(1)建立电力通信网规模因子集

公司电力通信网由骨干通信网、终端通信接入网组成。骨干通信网的建设投资主要取决于光缆线路(OPGW、ADSS)、传输设备(SDH、OTN、PTN等)、业务网设备(路由器、交换机、会议电视系统、软交换系统)。终端通信接入网

的建设投资又分为 10 kV 通信接入网和 0.4 kV 通信接入网两部分。通信接入网建设投资取决于接入网光缆线路(ADSS、沟道光缆、光纤复合低压电缆等)、接入网光通信设备(EPON、工业以太网交换机)等。本文列出了 12 项通信网规模因子(S),见表 1。

表 1 电力通信网规模因子

目标层	准则层	指标层	单位
电力通信网规模因子(S)	骨干网建设规模	S1 骨干网光缆长度	km
		S2 骨干光纤覆盖站点数	台(套)
		S3 光传输设备总数	个
		S4 调度交换网覆盖骨干网站点数	个
		S5 会议电视覆盖骨干网站点数	个
		S6 综合数据网覆盖骨干网站点数	个
	接入网建设规模	S7 接入网光缆长度	km
		S8 接入网通信设备总数	台(套)
		S9 接入光纤覆盖站点数	个
		S10 调度交换网覆盖接入网站点数	个
		S11 会议电视覆盖接入网站点数	个
		S12 综合数据网覆盖接入网站点数	个

(2) 建立电网对通信网发展水平的影响因素集

电力通信网建设的根本目的是满足电网安全生产和公司经营管理的业务需求,并保持适度超前。因此,电网的建设发展直接影响通信网的建设发展水平。其中,变电站数量、输电线路长度和营业网点数量将直接影响通信网建设规模,而公司售电量、营业收入、供电可靠性等指标作为电网影响通信网发展的经济因素和可靠性因素。本文列出了 13 项电网对通信网发展水平的影响因子(F),见表 2。

表 2 电网发展对通信网建设规模的影响因素及关联层次

目标层	指标层	单位	关联层次	
			骨干网	接入网
电网发展对通信网建设规模的影响因子(F)	F1 35 kV 及以上变电站数	个	√	
	F2 20/10 kV 站点数	个		√
	F3 营业网点数	个		√
	F4 售电量	kW·h	√	√
	F5 输电线路长度	km	√	
	F6 变电站设备容量	万千伏安	√	
	F7 营业收入	亿元	√	√
	F8 资产总额	亿元	√	√
	F9 城市供电可靠率	%	√	
	F10 农村供电可靠率	%		√
	F11 线损率	%	√	√
	F12 110 kV 及以上高压线路长度	km	√	
	F13 10 kV 线路长度	km		√

在表 2 中,骨干网光缆长度指 10 kV 以上的所有光缆的总长度;接入网光缆长度指 10 kV 光缆的总长度。骨干网站点具体包含:1 000/800 kV 变电站、750/500 kV 变电站、330/220 kV 变电站、110 kV 变电站、66 kV 变电站、35 kV 变电站、地(市)供电公司、县级供电公司、直属单位、营业网点和本级直调电厂。接入网站点是指 20/10 kV 站点(包括开闭站、环网柜、箱式变电站、杆上变压器、柱上开关等)。“√”表示某一影响因子指标直接或者间接地对骨干网或者接入网的规模因子有影响。如 35kV 及以上变电站数(F1)和 110 kV 及以上高压线路长度(F12)是直接影响骨干网建设规模的主要因素;而 20/10 kV 站点数(F2)和 10 kV 线路长度(F13)是直接影响接入网建设规模的主要因素。

(3) 影响因子与规模因子的灰色关联分析模型

本文以 2011 年、2012 年、2013 年的通信网和电网的基础数据为依据,具体步骤和分析方法如下。

第 1 步 数据规范化处理。

$$B_{F_i}(t_k) = F_i(t_k) / F_i(2013) \quad (2)$$

$$B_{S_j}(t_k) = S_j(t_k) / S_j(2013) \quad (3)$$

t_k 表示 2011 年、2012 年、2013 年, $F_i(t_k)$ 、 $S_j(t_k)$ 表示影响因子集和规模因子集。

第 2 步 计算各个规模因子与影响因子的关联系数矩阵。

各个规模因子受影响因子集影响,所以关联系数矩阵是由每个规模因子与影响因子集组成的关联系数矩阵,计算过程如下:

$$\varepsilon_{ij}(t_k) = (\rho \cdot \max_i \max_k \Delta_{ji}(t_k) + \min_i \min_k \Delta_{ji}(t_k)) / (\Delta_{ji}(t_k) + \rho \cdot \max_i \max_k \Delta_{ji}(t_k)) \quad (4)$$

其中:

$$\Delta_{ji}(t_k) = |B_{S_j}(t_k) - B_{F_i}(t_k)| \quad (5)$$

ρ 为分辨系数, $\rho \in [0, 1]$, 引入它是为了减少极值对计算的影响。

第 3 步 计算关联度。

由关联系数矩阵可以计算出影响因子与对应规模因子的灰色关联度。计算式如下:

$$r_{ij} = \int \varepsilon_{ij} d_t / t_p = \sum_{k=1}^p \varepsilon_{ij}(t_k) \Delta_t / t_p \quad (6)$$

其中, $t_p=3$, $p=3$, $\Delta_t=1$ 。

第 4 步 计算平均发展速度。

采用综合法^[3]分别计算影响因子集和规模因子集中各



个指标的平均发展速度。

$$\overline{v_{F_i}} = \sqrt[3]{\frac{F_i(2012)}{F_i(2011)} \times \frac{F_i(2013)}{F_i(2011)}} \quad (7)$$

$$\overline{v_{S_j}} = \sqrt[3]{\frac{S_j(2012)}{S_j(2011)} \times \frac{S_j(2013)}{S_j(2011)}} \quad (8)$$

第5步 计算规模裕度。

v_1 指电力通信网实际综合平均发展速度, v_2 指电力通信网理论综合平均发展速度, 计算式如下:

$$v_1 = \sqrt{\sum_{j=1}^{12} g_j (\overline{v_{S_j}})^2} \quad (9)$$

$$v_2 = \sqrt{\sum_{j=1}^{12} g_j (\overline{v'_{F_j}})^2} \quad (10)$$

其中:

$$\overline{v'_{F_j}} = \sum_{i=1}^M q_{ij} \cdot \overline{v_{F_j}} \cdot r_{ij} \quad (11)$$

g_j 为各因子的发展速度对综合平均发展速度的权重系数, 在此 $g_j=1$; q_{ij} 是影响因子对规模因子的影响权重, 计算式如下:

$$q_{ij} = \frac{M+1-p_{ij}}{\sum_{i=1}^M p_{ij}} \quad (12)$$

其中 M 是影响因子的数量, p_{ij} 是影响因子的关联度排序, 取值为正整数, 范围为 1~10。将式(11)、式(12)代入式(1), 即可求出电力通信网平均发展裕度指标 ΔC 。

5 实例计算与结果分析

以某省公司为例, 以下说明通信网与电网发展适应性的量化评估方法。

首先由《国家电网公司“十二五”通信网规划执行月

报》中提取 2011~2013 年的通信网建设规模基础数据, 建立通信网规模因子集 $S=\{S1, S2, S3, \dots, S12\}$, 以国家电网公司近 3 年的社会责任报告中提取电网的发展数据, 建立电网影响因素集合 $F=\{F1, F2, \dots, F11\}$, 详见表 3。

其次, 经过数据归一化处理, 计算通信网规模因子和电网影响因子之间的关联度, 计算结果见表 4。

由表 4 可以看出关联度值均大于 0.7, 说明所选因子集间指标关联度较大, 所选指标比较合理。表中还可以看出, 同一影响因子对不同规模因子的影响程度是不一样的。

其次, 根据关联度排序可以得到关联度权重, 关联度权重反映了影响因子对规模因子影响的程度。以骨干光缆长度(S1)指标为例, 对湖南和北京两个不同地区的骨干通信网光缆长度的影响因素的关联程度不一。对于湖南省电力公司, 变电站设备容量(F6)、售电量(F4)、资产总额(F8)是影响骨干网光缆规模的主要因素, 而对于北京电力公司, 35 kV 及以上变电站数量(F1)、线损率(F11)、资产总额(F8)和城市供电可靠率(F9)是影响骨干网光缆规模的主要因素。而公司资产总额(F8)和输电线路长度(F5)对两个地区的骨干网光缆建设规模的影响程度是一致的。

最后, 通过计算发展裕度指标, 反映电力通信网的整体发展状况以及各个指标的协调发展情况, “+”表示通信网建设规模超前电网发展水平; “-”表示通信网建设规模滞后于电网发展水平。如图 2 所示, 由于该省电力公司“十二五”期间大力建设终端通信接入网, 因此, 通信网络接入光纤覆盖站点数(S9)发展较为超前, 其发展裕度值为 1.9; 此外会议电视覆盖骨干网站数(S5)和综合数据网覆盖骨干网站数(S6)均较其他指标值超前发展, 分别为 0.38 和 0.29, 这与该公司近几年部署会议电视系统、加强综合数据网覆盖面的技术政策密切相关, 因此计算结果符合当前电力通信网建设现状。此外, 还可以对各地区、各省公司综合发展情况进

表 3 某省公司 2011~2013 年规模因子与影响因子相关数据

统计年份	规模因子											
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
2011	25 867.29	1 562	1 969	1 276	103	1 346	165.21	320	58	1	0	1
2012	28 223.771	1 818	1 728	1 479	91	1 657	165.21	320	389	8	1	5
2013	32 055.9	2 372	2 210	1 809	139	2 144	330.21	549	544	8	1	158
统计年份	影响因子											
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	
2011	1 203	256	457	22 748	561 456	188 654	12 580	18 419	99.903	99.615	6.12	/
2012	1 325	39 860	557	26 891	6 188 837	213 193	15 318	20 775	99.906	99.636	5.98	/
2013	1 672	34 766	747	30 925	655 131	239 162	16 760	22 093	99.921	99.665	6.53	/

表 4 通信网规模因子与电网影响因子之间的关联度矩阵

γ_{ij}	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11
S1	0.986 6	0.928 06	0.975 3	0.993 69	0.773 9	0.997 74	0.993 08	0.993 33	0.976 59	/	0.987 43
S2	0.993 3	0.929 67	0.994 8	0.986 44	0.763 1	0.980 95	0.982 11	0.974 22	0.958 68	/	0.968 79
S3	0.986 4	0.917 65	0.977 0	0.981 84	0.775 1	0.984 1	0.979 67	0.983 89	0.975 86	/	0.986 48
S4	0.996 9	0.929 97	0.987 4	0.993 71	0.766 4	0.988 07	0.989 25	0.981 14	0.965 19	/	0.975 58
S5	0.988 2	0.918 78	0.983 7	0.984 05	0.769 2	0.979 38	0.980 70	0.972 77	0.957 19	/	0.967 07
S6	0.991 5	0.931 84	0.996 6	0.984 64	0.761 0	0.979 2	0.980 31	0.972 49	0.957 08	/	0.967 16
S7	0.963 9	0.924 83	0.974 5	0.957 92	0.753 1	0.953	0.954 12	0.947 02	/	0.933 06	0.942 01
S8	0.974 9	0.924 07	0.986 0	0.968 64	0.758 3	0.963 5	0.964 67	0.957 26	/	0.942 70	0.952 03
S9	0.953 1	0.962 61	0.963 1	0.946 63	0.728 8	0.942 01	0.942 62	0.936 05	/	0.923 00	0.932 06
S10	0.943 2	0.979 79	0.946 6	0.947 90	0.728 5	0.946 37	0.950 33	0.947 45	/	0.942 79	0.939 71
S11	0.933 4	0.877 00	0.929 2	0.930 50	0.767 9	0.932 81	0.929 23	0.933 32	/	0.941 73	0.941 49
S12	0.909 7	0.936 10	0.918 1	0.904 92	0.726 7	0.901 01	0.901 87	0.896 23	/	0.885 07	0.892 26

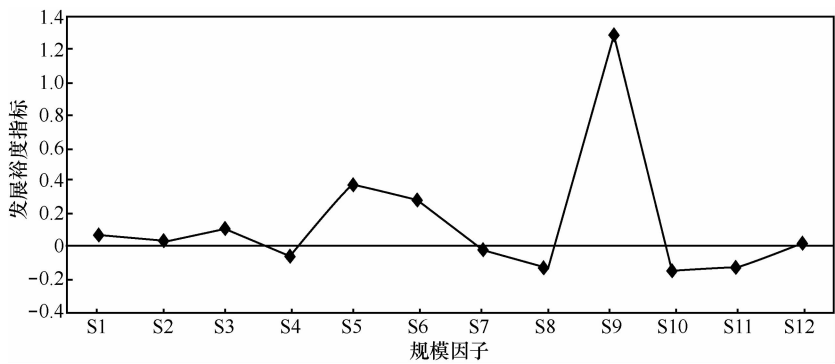


图 2 某省公司电力通信网发展裕度计算结果

行横向比较,以指导公司总部掌握所辖各区域的网络的差异化发展现状,为通信网规划决策提供指导依据。

6 结束语

电力通信网规划成效评价方法对提高国家电网公司通信网规划工作的科学性、指导性和可操作性具有十分重要的现实意义,一方面通过引导建立指标数据库,逐步积累覆盖公司业务和管理的指标数据,能够为电力通信网规划提供条件;另一方面及时对规划实施效果进行检验,能够为电力通信网建设改造提供依据。

本文针对电力通信专网的特点,提出一种通信网与电网发展适应性的量化评价方法,该方法首先建立通信网发展规模指标体系和电网影响因素指标体系,然后通过建立灰色关联度分析模型,提取两者的关联关系,进而求得发展裕度指标。通过计算发展裕度指标,管理部门可以系统掌握电力通信网的整体发展状况以及各个指标的协调发展情况。最后,以某典型省公司近 3 年的基础数据为例,说

明了该方法的合理性和实用性。

参考文献

1 李欣然,刘杨华,朱湘有等. 高压配电网建设规模的评估指标体系及其应用研究. 中国电机工程学报, 2006, 26(17): 18~24
Li X R, Liu Y H, Zhu X Y, et al. Research on high-voltage distribution grid construction scale evaluation system and application. Proceedings of the CSEE, 2006, 26 (17): 18~24

2 杜栋,庞庆华,吴炎. 现代综合评价方法与案例精选. 北京:清华大学出版社, 2012
Du D, Pang Q H, Wu Y. Modern Comprehensive Evaluation Methods and Case Studies. Beijing: Tsinghua University Press, 2012

3 林峰,葛新权. 经济统计分析方法. 北京:社会科学文献出版社, 2003
Lin F, Ge X Q. Economic Statistical Analysis Methods. Beijing: Social Sciences Academic Press, 2003

4 孟玲玲,陈宁宁,王江等. 基于改进 TOPSIS 的配用电通信网性能评估方法. 电信科学, 2014, 30(4): 167~172

(2015083-6 接排在 2015066-5 后)