

DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2018.03.021

基于提升设备利用效益的配电网规划方案优选

黄伟¹, 杨娟²

(1. 广东电网有限责任公司佛山供电局, 佛山 528000; 2. 国电华研电力科技有限公司, 广州 510000)

摘要: [目的]传统配电网规划工作在关注电网存在问题及发展需求的基础上, 往往只注重对电网建设改造必要性的论证, 而弱化对项目产生的运行成本、可靠性及报废成本的研究, 即没有全面考虑到其他的综合效益, 不利于供电企业的高效运营。[方法]提出了设备利用效益的概念, 在此基础上提出了基于提升设备利用效益的配电网规划方案评估模型和优选策略。[结果]算例结果表明: 该评估模型对不同规划方案全生命周期成本、安全、效能和收益等方面进行综合定量分析, 使得规划方案优选结果更加科学合理。[结论]该优选策略具有可行性和优越性, 为实际配电网规划工作提供了重要的依据。

关键词: 配电网规划; 设备利用效益; 全生命周期成本

中图分类号: TM715

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2018)03-0127-06

Research on Optimal Strategy of Distribution Network Planning Based on Lifting the Equipment Utilization Benefit

HUANG Wei¹, YANG Juan²

(1. Foshan Power Supply Bureau of Guangdong Power Grid Co., Ltd., Foshan 528000, China;

2. Guodian Huayan Electric Power Technology Co., Ltd., Guangzhou 510000, China)

Abstract: [Introduction] The traditional distribution network planning focuses on the necessity of power grid construction based on the operation problems and development demand of power grid, and the operation cost and reliability are ignored. It's not conducive to the efficient operation of power supply enterprises. [Method] The concept of equipment utilization benefit was put forward, and on this basis, the evaluation model and optimal strategy of distribution network planning scheme based on lifting equipment utilization benefit were proposed. [Result] The results of example show that the evaluation model makes a comprehensive quantitative analysis of life cycle cost, safety, efficiency and benefits of different planning schemes, which makes the optimization results of planning schemes more scientific and reasonable. [Conclusion] This optimal strategy has the feasibility and the superiority, has provided the important basis for the actual distribution network planning work.

Key words: distribution network planning; equipment utilization benefit; life cycle cost

随着目前配电网的快速发展和资产规模的日益扩大, 以及电力行业竞争机制的逐步引入, 供电企业迫切需要抓好配电网投资建设, 而配电网规划工作是投资建设的基础。传统配电网规划工作一般是在关注电网存在问题及发展需求的基础上论证电网建设必要性, 而弱化对项目产生的运维成本、可靠性及报废成本的研究, 即在考虑成本时往往只考虑

了建设成本, 对配电网项目建成后的运维成本、报废成本等考虑很粗略。当前的配电网规划模式没有全面考虑到其他的综合效益, 已难以适应“集约化发展、精益化管理”的要求, 不利于供电企业的高效运营。因此, 迫切需要以新的理念和技术进行精益化的配电网规划, 实现配电网投资决策的量化、科学化, 促进配电网投资决策向精益化发展。精益化的配电网规划需要贯彻以提升设备利用效益为中心的配电网规划概念, 而设备利用效益则是以配电网的经济效益和安全效能效益为核心^[1-3]。本

文在传统配电网规划方法的基础上,提出了设备利用效益的概念,研究了以提升设备利用效益为中心的配电网规划方案优选策略,并通过算例验证了该优选策略的可行性和优越性。

1 配电网设备利用效益

由于配电网系统具有系统性和长期性的特点,从配电网规划方案的全寿命周期角度出发,在计及资金时间价值的基础上,综合考虑配电网规划期内各阶段发生的所有成本、收益等经济指标,同时考虑安全性、可靠性、设备利用率等安全效能指标并量化计入设备利用效益,得出全寿命周期经济指标和安全效能指标相协调的基于提升设备利用效益的配电网规划方案评估模型^[4-5]。

1.1 年度设备利用效益评估模型

配电网规划方案设备利用效益评估模型主要由安全指标、效能指标和可反映经济性的周期成本指标和收益指标构成。年度设备利用效益 EUB 是用以反映规划方案在安全、成本、效能、收益四方面的整体表现,单位为万元,即年度内规划方案的设备利用效益(等年值)^[6-7]。因此,规划方案综合年度设备利用效益 EUB 评估模型的函数表达式为:

$$EUB = B - C \times f_s \times f_e \quad (1)$$

式中: EUB 为年度设备利用效益, B 为规划方案供电收益等年值; C 为规划方案年度全寿命周期成本等年值; f_s 为安全指标因子,采用幂函数方法,评价规划方案的供电安全水平对 EUB 指标的综合影响; f_e 为效能指标因子,采用指数函数方法,评价规划方案的效能水平对 EUB 指标的综合影响。

1.2 周期成本指标

周期成本指标 C 是指规划方案的全寿命周期成本,包括规划方案的年度平均投资 CI、年度检修运维成本 CMO、年度故障损失成本 CF 和年度报废处置成本 CD 四部分^[8-10]。规划方案全寿命周期成本的计算如式(2)所示:

$$C = CI + CMO + CF + CD \quad (2)$$

CI 是指规划方案资产的初始全部投资,其计算如式(3)所示:

$$CI = V_0 \frac{i(1+i)^L}{(1+i)^L - 1} \quad (3)$$

式中: V_0 为规划方案资产的初始一次性投资; i 为社会折现率; L 为设备期望运行的年限。

CMO 包含年度检修运维消耗成本 CMO_1 、年度运行损耗成本 CMO_2 、年度检修运维人工成本 CMO_3 。年度检修运维成本 CMO 计算如式(4)所示:

$$CMO = CMO_1 + CMO_2 + CMO_3 \quad (4)$$

CMO_1 是配电网资产大修、抢修、日常检修和运行所产生的材料费和修理费等消耗成本,不包含人工成本,其计算如式(5)所示:

$$CMO_1 = \sum_{i \in M} \sum_{j \in N} S_{ij} RC_{ij} \quad (5)$$

式中: S_{ij} 为对应 j 电压等级的第 i 类设备规模(如变电站座数、变电容量或线路长度); RC_{ij} 为对应 j 电压等级的第 i 类设备单座变电站、单位变电容量或单位长度的年均检修运维消耗成本标准。

CMO_2 是指规划方案的设备运行损耗费用。其计算如式(6)所示:

$$CMO_2 = \Delta W_z \times p_g \quad (6)$$

式中: ΔW_z 为理论线损; p_g 为平均购电价。

CMO_3 可根据设备定员标准和社会平均工资水平测算。其计算如式(7)所示:

$$CMO_3 = \sum_{i \in M} \sum_{j \in N} p_{ij} W \quad (7)$$

式中: p_{ij} 为对应 j 电压等级的第 i 类设备定员; W 为社会平均工资水平。

CF 由两部分组成:一是因非计划停电引起的供电企业售电收入损失 CF_1 ,二是非计划停电造成的社会损失成本 CF_2 。其计算如式(8)所示:

$$CF = CF_1 + CF_2 \quad (8)$$

不管是计算供电企业的售电收入损失还是计算非计划停电造成的社会成本,都要求出事故后的电量损失 ENS。事故后电量损失计算如式(9)所示:

$$ENS = \sum_{j=1}^{LP} \sum_{i=1}^{T_j} ENS_{jt} \quad (9)$$

式中: LP 为负荷点总数; T_j 为第 j 个负荷点有 T_j 个停电持续时间; ENS_{jt} 为负荷点 j 第 t 次停电持续时间对应的电量损失。

CF_1 计算如式(10)所示:

$$CF_1 = ENS \times p_s \quad (10)$$

式中: p_s 为平均售电价; EMS 为事故后的电量损失。

CF_2 计算采用产电比法。产电比计算如式(11):

$$R_i = \frac{GDP_i}{ENS_i} \quad (11)$$

式中: R_i 为某一供电区域产电比; GDP_i 为某一供电区域内,以当年价格表示的国内生产总值; ENS_i 为某一供电区域内总用电量。

CF_2 计算如式(12)所示:

$$CF_2 = ENS \times R_i \quad (12)$$

式中: R_i 为某一供电区域产电比; ENS 为事故后的电量损失。

CD 计算如式(13)所示:

$$CD = CD_1 - CD_2 \quad (13)$$

式中: CD_1 为资产报废处置过程成本; CD_2 为报废资产处置收入。

1.3 安全指标因子

安全指标因子采用幂函数方法,综合评估配电网规划方案的供电安全水平。计算如式(14)所示:

$$f_s = \prod_{i=1}^5 f_{si} \quad (14)$$

式中: $i=1 \sim 5$ 依次对应 A+类供电分区、A类供电分区、B类供电分区、C类供电分区、D类供电分区; f_{si} 为各类供电分区安全指标因子,其计算如式(15)所示:

$$f_{si} = 1 + \frac{2^{s_i}}{k_{si}} \quad (15)$$

式中: s_i 为相应各类供电分区的安全指标; k_{si} 为相应各类供电分区安全指标对应的调整系数。

为使安全指标具备配电网供电安全要求的特点,以《配电网规划设计技术导则》的供电安全准则作为衡量规划方案的安全指标。

当规划方案满足所对应的供电分区 $N-1$ 安全准则时,则规划方案所对应的供电分区安全指标 s_i 记为 0,不满足则记为 1,若规划方案不属于该类供电分区,该类供电分区的安全指标则直接记为 0。当各类安全指标 s_i 为 0 时,相应的各类安全指标因子 f_{si} 取标准值为 1。

中压配电网的各类安全指标调整系数依据各类供电分区 $N-1$ 安全准则不同程度的要求,以及对各类供电分区若出现不满足 $N-1$ 安全准则造成的经济损失进行分析,调整系数暂取值为: $k_{s1}=10$, $k_{s2}=20$, $k_{s3}=30$, $k_{s4}=40$ 。各类安全指标调整系数在实际中可根据历史数据进行修正。对于中压配电网 D 类供电分区的安全指标 s_5 不作要求,直接取为 0,则中压配电网 D 类安全指标因子 f_{s5} 取为 1,无中压配电网 D 类安全指标调整系数 k_{s5} 。

1.4 效能指标因子

效能指标因子使得在规划方案决策时,综合评估规划方案的设备利用效率和电网运行质量,其计算如式(16)所示:

$$f_E = \prod_{i=1}^4 f_{E_i} \quad (16)$$

式中: E_1 为供电可靠性指标; E_2 为电压合格率指标; E_3 为频率合格率指标; E_4 为设备利用率指标; f_{E_i} 为相应效能因子。其计算如式(17)所示:

$$f_{E_i} = \frac{k_{E_i} - \ln(100 - 100 \times E_{is})}{k_{E_i} - \ln(100 - 100 \times E_i)} \quad (17)$$

式中: E_{is} 为相应指标 E_i 的考核值; k_{E_i} 为相应指标 E_i 调整因数。根据电网公司目前情况,质量因子调整系数 k_{E_1} 、 k_{E_2} 、 k_{E_3} 、 k_{E_4} 均暂取值为 10。

1.5 收益指标

收益指标是指规划方案使得电网供电能力提高而增供电量所产生的收益。规划方案供电收益 B 的计算如式(18)所示:

$$B = k_j \times (p_s - p_g) \times W_{zd} \quad (18)$$

式中: k_j 为规划方案所属 j 电压等级电网设备供电收益分摊比例; p_s 为平均售电价; p_g 为平均购电价; W_{zd} 为增供电量等年值。 W_{zd} 的计算如式(19)所示:

$$W_{zd} = \sum_{n=1}^L \left[\frac{\Delta P_i \times T_{\max}}{(1+i)^n} \right] \times \frac{i(1+i)^L}{(1+i)^L - 1} \quad (19)$$

式中: ΔP_i 为第 i 年的增供负荷; T_{\max} 为最大负荷利用小时数; L 为设备期望运行的年限; i 为社会折现率; n 为项目运行年份; $\frac{i(1+i)^L}{(1+i)^L - 1}$ 为现值求得等年值的系数。

规划方案所属 j 电压等级电网设备供电收益分摊比例 k_j 的计算如式(20)所示:

$$k_j = \frac{B_j}{B_t} = \frac{A_j}{A_t} \times 0.7 + \frac{S_j}{S_t} \times 0.3 \quad (20)$$

式中: B_j 为规划方案所属 j 电压等级电网设备供电收益; B_t 为规划方案所供电量的供电局电网设备供电收益; A_j 为对应 j 电压等级电网资产总额(原值); A_t 为供电局电网资产总额(原值)。 S_j 为对应 j 电压等级电网变电容量; S_t 为供电局电网变电容量。

2 基于提升设备利用效益的配电网规划优选基本思路

基于提升设备利用效益的配电网规划,是在传

统现状分析的基础上加入了一些新的要素,引入设备利用效益评估模型,是一种贯彻全寿命周期理念,以提升设备利用效益为目标的规划策略,而设备利用效益则需综合考虑经济指标和安全效能指标的平衡。需要指出的是基于提升设备利用效益的配电网规划与传统配电网规划不是相互孤立的,传统配电网规划中的现状分析以及负荷预测所对应的电网问题及发展需求是作为规划项目立项的重要依据,但当有多个规划方案需要优选时,不同规划方案之间没有一个量化的工具来比较不同规划方案的优劣程度进而优选。因此,在这里引入设备利用效益评估模型,作为对配电网规划方案综合状况的量化工具,涵盖了经济指标和安全效能指标。含设备利用效益评估的配电网规划方案就是在传统配电网规划的基础上,以设备利用效益评估模型为工具,提出的一种新的配电网规划优选策略,传统配电网规划方法与设备利用效益评估模型的相互关系如图1所示。

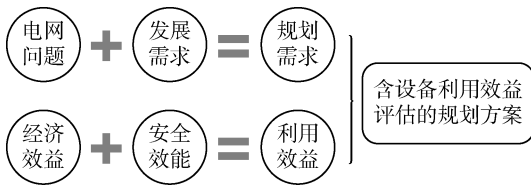


图1 传统配电网规划方法与设备利用效益评估模型关系示意图

Fig. 1 Diagram of relationship between traditional distribution network planning method and equipment utilization benefit evaluation model

该规划策略首先是在传统配电网规划的基础上,利用传统配电网规划方法,以传统的配电网现状分析和负荷预测为导向,对配电网的现状问题与发展需求进行剖析,并以此为依据提出规划方案用以解决电网问题及发展需求。然后依据设备利用效益评估模型对配电网规划方案进行评估,并优选出设备利用效益最佳的规划方案。

综上所述,在建立设备利用效益评估模型之后,将该模型与传统电网规划中的现状分析及负荷预测相结合,形成一种新的基于提升设备利用效益的配电网规划优选策略,具体规划思路如图2所示。

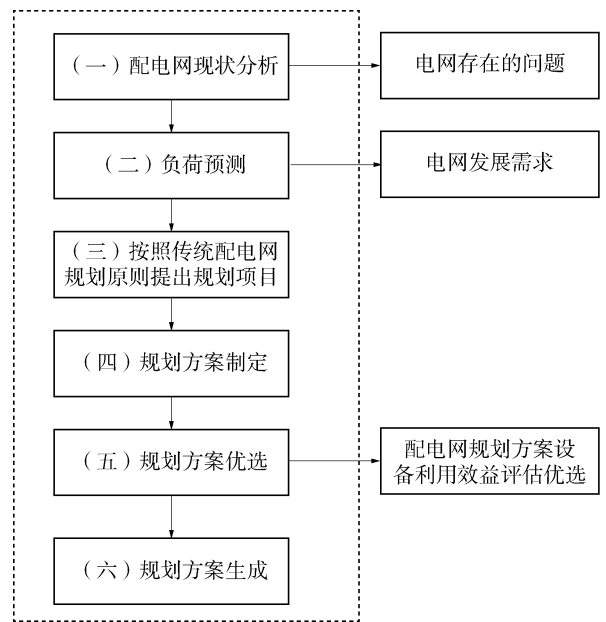


图2 基于提升设备利用效益配电网规划优选策略

Fig. 2 Optimal strategy of distribution network planning based on lifting the equipment utilization benefit

3 算例

3.1 算例概述

为了分析不同规划方案 EUB 的差别,本文就同一发展需求,采用两种中压配电网规划方案,两种方案接线方式不同,方案一为单辐射,方案二为单联络,方案二相对于方案一增加了一段联络线路及一个联络开关,两种规划设计图如图3所示。两种规划方案的工程建设信息如表1所示。

表1 工程建设信息

工程建设信息	方案一	方案二
供电分区	C	C
电压等级/kV	10	10
架空主干线路型号/mm ²	LGJ-185	LGJ-240
架空主干线长度/km	3.7	4.2
架空主干线造价/(万元·km ⁻¹)	20	24
电缆线路型号/mm ²	YJV22-3×240	YJV22-3×300
电缆主干线长度/km	0.8	0.8
电缆造价/(万元·km ⁻¹)	77	93
架空支线型号/mm ²	LGJ-95	LGJ-95
架空支线长度/km	1.9	1.9
架空支线造价/(万元·km ⁻¹)	15	15

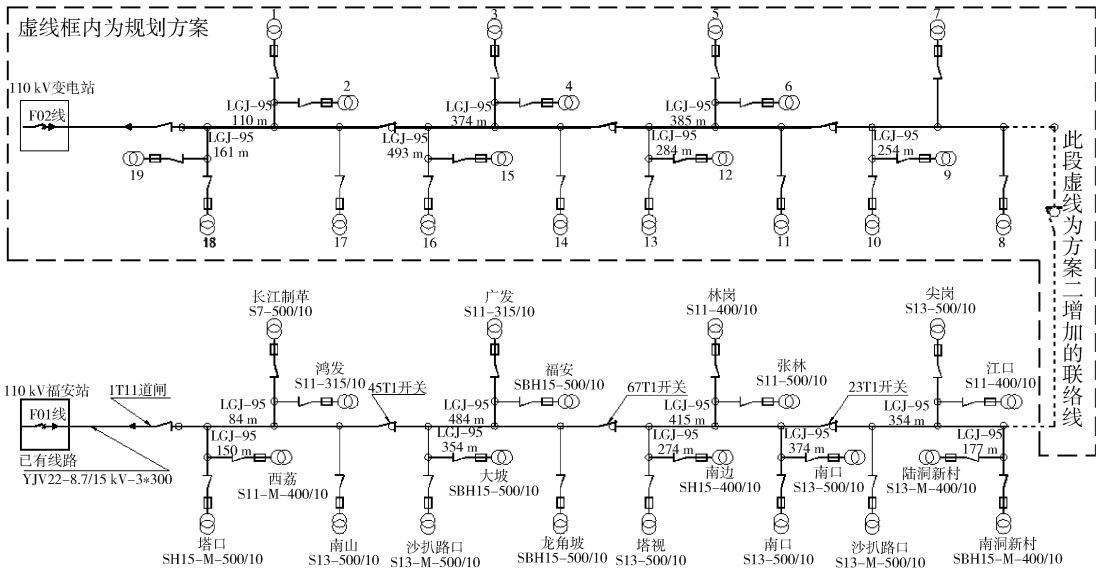


图3 规划方案接线图

Fig. 3 Wiring diagram of planning scheme

表1(续) 工程建设信息

Tab. 1(Cont.) Engineering construction information

工程建设信息	方案一	方案二
线路总长度/km	6.4	6.9
变压器型号	S13-500/10	S13-500/10
变压器数量/台	19	19
变压器造价/(万元·台 ⁻¹)	12	12
隔离开关型号	HGW9-10/630	HGW9-10/630
隔离开关数量/台	20	20
隔离开关造价/(万元·台 ⁻¹)	0.052	0.052
负荷开关型号	FZW32-12/630	FZW32-12/630
负荷开关数量/台	3	4
负荷开关造价/(万元·台 ⁻¹)	4.2	4.2
熔断器型号	RW1110F/200	RW11-10F/200
熔断器数量/台	19	19
熔断器造价/(万元·台 ⁻¹)	0.11	0.11
初始投资/万元	407.9	451.7

10kV 配电设备基础参数如表2所示。

表2 配电设备基础参数

Tab. 2 Basic distribution equipment parameters

设备参数名称	方案一	方案二
架空主干线线路电阻 $r_0/(\Omega \cdot \text{km}^{-1})$	0.17	0.12
架空分支线线路电阻 $r_0/(\Omega \cdot \text{km}^{-1})$	0.30	0.30
电缆线路电阻 $r_0/(\Omega \cdot \text{km}^{-1})$	0.09	0.06
设备期望寿命 $L/\text{年}$	25	25

10kV 配电设备可靠性数据如表3所示。

表3 可靠性数据

Tab. 3 Reliability data

设备名称	故障概率 λ	故障停电持续时间/h
电缆线路	2.38 次·百公里 ⁻¹ ·年 ⁻¹	3.0
架空线路	11.29 次·百公里 ⁻¹ ·年 ⁻¹	3.4
变压器	0.32 次·百台 ⁻¹ ·年 ⁻¹	2.6

两种规划方案的负荷情况如表4所示。

表4 负荷数据

Tab. 4 Load data

负荷点数/个	负荷点/个	平均负荷/MW	最大负荷/MW
19	1~19	0.09	0.28
合计	—	1.71	5.32

两种规划方案的售电价取为 0.674 元/kWh, 购电价取为 0.450 元/kWh; 产电比取为 8 元/kWh。

3.2 传统方法进行规划方案优选

采用传统方法进行配电网规划方案优选时, 通常采用对规划方案各方面差异进行定性对比分析的方法。就本算例而言, 两种规划方案若从经济性方面对比, 方案一的初始投资较方案二低, 而且方案一和方案二均能满足该区域负荷发展需求, 因此从经济性方面对比, 方案一较方案二更优。两种规划方案若从安全性方面对比, 方案一线路为单辐射线

路, 不满足“ $N-1$ 安全准则”, 供电安全水平不高; 方案二线路为单联络, 满足“ $N-1$ 安全准则”, 供电安全水平较高, 因此从安全性方面对比, 方案二较方案一更优。两种规划方案若按这种传统方法对比分析, 则各有优劣, 通常按规划人员的经验定性分析出该规划项目经济性或安全性的侧重, 以此来优选出最终的规划方案, 缺乏对于规划方案各方面差异的综合定量分析以及统一的评判标准, 传统优选方法的科学性及其说服力相对较弱, 而且传统方法考虑经济指标时仅考虑了初始投资, 弱化了运维成本等, 并且未考虑全生命周期的成本, 对于经济指标的分析也不够全面细致。

3.3 基于设备利用效益评估的方案优选

方案一为单辐射线路不满足所属供电分区“ $N-1$ 安全准则”, 故安全指标 S_4 为 1, 方案二为单联络线路满足“ $N-1$ 安全准则”, 故安全指标 S_4 为 0, 分别将方案一和方案二的安全指标 S_4 代入式 (15) 计算得到安全指标因子 f_s 。两种规划方案的安全效能指标计算结果如表 5 所示。

表 5 规划方案的安全效能指标

Tab. 5 Safety and efficiency performance indicators of the planning scheme

指标	方案一	方案二
安全指标因子	1.133	1.000
效能指标因子	0.996	1.006

规划方案的设备利用效益 EUB 评估结果如表 6 所示。

表 6 规划方案的设备利用效益

Tab. 6 The equipment utilization benefit of the planning scheme

指标	方案一/万元	方案二/万元
年度平均投资	38.21	42.31
年度检修运维消耗成本	4.08	4.52
年度运行损耗成本	15.68	13.11
年度检修运维人工费用	2.04	2.26
年度检修运维成本	21.80	19.89
年度故障损失成本	2.33	1.45
年度报废处置成本	-1.15	-1.27
全生命周期成本	61.19	62.38
增供电量收益	145.75	145.75
设备利用效益	76.64	82.98

方案一和方案二的评估结果对比可以看出, 由

于方案二采用了单联络的接线方式, 虽然增加了初始投资, 使得方案二的年度平均投资较高, 但是年度运行损耗成本、年度故障损失成本都有所降低, 而且由于方案一单辐射线路不满足“ $N-1$ 安全准则”, 方案一安全指标因子较方案二单联络线路的高, 因此造成方案一的设备利用效益低于方案二, 方案二为更优方案。

基于设备利用效益评估模型进行规划方案优选决策时, 对于规划方案全生命周期成本、安全、效能和收益等方面的差异进行全方位综合定量分析, 由此得到各规划方案的设备利用效益作为规划方案优选的依据, 与传统规划方法相比, 使得规划方案优选结果更加科学合理。

4 结论

基于提升设备利用效益的配电网规划策略不仅考虑了传统配电网规划的电网建设必要性问题, 还以设备利用效益为载体, 综合考虑了经济成本指标和安全效能指标。本文在建立年度设备利用效益评估模型后, 提出了基于提升设备利用效益的配电网规划基本思路, 并通过实际配电网规划方案优选, 验证了基于提升设备利用效益的配电网规划策略的可行性和优越性, 为实际配电网规划工作提供了重要的依据。

参考文献:

- [1] 潘巍巍, 方旭初, 吴国威, 等. 电网资产全生命周期过程性管理及应用 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2013.
- [2] 郭晨黎, 徐笑, 唐晟. 基于 AHP 和熵权法的中压配电网项目投资效益综合评价方法 [J]. 南方能源建设, 2016, 3(增刊 1): 9-13.
GUO C J, XU X, TANG S. Comprehensive evaluation for medium-voltage distribution system construction based on AHP and entropy weight method [J]. Southern Energy Construction, 2016, 3(Supp. 1): 9-13.
- [3] LUO F Z, XIAO J, WANG C S, et al. An interval economic evaluation method for projects of power system planning considering electricity price fluctuation [J]. Power System Technology, 2005, 29(8): 20-24.
- [4] 周磊. 资产安全效能成本管理在电网企业中的研究及应用 [D]. 保定: 华北电力大学, 2012.
ZHOU L. Research and application of the assets of the cost of safety performance management in the power grid enterprises [D]. Baoding: North China Electric Power University, 2012.

(下转第 139 页 Continued on Page 139)

- 巡检中的应用 [J]. 测绘通报, 2017(增刊1): 176-178.
- CHEN L M, ZHANG W, YU H, et al. Application of UAV-based LiDAR system for power line surveys [J]. Bulletin of Surveying, 2017(S1): 176-178.
- [3] 陈驰, 彭向阳, 宋爽, 等. 大型无人机电力巡检 LiDAR 点云安全距离诊断方法 [J]. 电网技术, 2017, 41(8): 2723-2730.
- CHEN C, PENG X Y, SONG S, et al. Safety distance diagnosis of large scale transmission line corridor inspection based on lidar point cloud collected with UAV [J]. Power System Technology, 2017, 41(8): 2723-2730.
- [4] 林祥国, 张继贤. 架空输电线路机载激光雷达点云电力线三维重建 [J]. 测绘学报, 2016, 45(3): 347-353.
- LIN X G, ZHANG J X. 3D power line reconstruction from airborne lidar point cloud of overhead electric power transmission corridors [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2016, 45(3): 347-353.
- [5] 尹磊, 鲁贵文. 机载激光雷达在电力线路设计中的应用 [J]. 科技创新导报, 2013(17): 65-66.
- YIN L, LU G W. Application of airborne lidar in power line design [J]. Science and Technology Innovation Herald, 2013(17): 65-66.
- [6] 李庭坚, 张建刚, 徐云鹏, 等. 机载 LiDAR 在数字电网中的适用性分析 [J]. 测绘地理信息, 2018, 43(1): 86-88.
- LI T J, ZHANG J G, XU Y P, et al. Analysis of airborne lidar applicability in digital power grid [J]. Journal of Geomatics, 2018, 43(1): 86-88.
- [7] 李庭坚, 张建刚, 张钊. 电力巡检轻小型激光雷达系统的特点及若干注意事项 [J]. 测绘通报, 2018(5): 108-111.
- LI T J, ZHANG J G, ZHANG Z. Characteristics and application guideline of light-weight lidar system [J]. Bulletin of Sur-
- veying, 2018(5): 108-111.
- [8] 易琳, 秦晓科, 王刚, 等. 基于改进蚁群算法的电力巡检路径规划 [J]. 广东电力, 2018, 31(3): 115-120.
- [9] 蓝增荣, 胡庆武, 隆华平. 基于机载 LiDAR 的数字电网巡线应用研究 [J]. 大众科技, 2013, 15(1): 57-59 +54.
- LAN Z R, HU Q W, LONG H P. Research on digital power line inspection based on airborne lidar [J]. Popular Science & Technology, 2013, 15(1): 57-59 +54.
-
- 作者简介:
- 孙全(通信作者)
1985-, 男, 吉林省吉林市人, 广东电网有限责任公司肇庆供电局输电管理所主任助理, 硕士, 主要从事输电管理工作 (e-mail) tryrear@126.com.
- 薛菲
1993-, 女, 广东广州人, 广东科诺勘测工程有限公司地理信息分析员, 硕士, 主要从事地理信息系统数据处理与软件开发工作 (e-mail) xuefei@gedi.com.cn.
- (责任编辑 高春萌)
-
- (上接第 132 页 Continued from Page 132)
- [5] 茹昉聪. 基于全寿命周期管理的输变电资产综合评价应用研究 [D]. 保定: 华北电力大学, 2013.
- RU F C. Applied research comprehensive evaluation of the electric transmission and transformation assets based on the full life cycle management [D]. Baoding: North China Electric Power University, 2013.
- [6] 沈力, 滕乐天, 徐宛容. 用于衡量资产管理实效的综合评价指标体系 [J]. 华东电力, 2010, 38(3): 432-435.
- SHEN L, TENG L T, XU W R. A newly developed KPI frame work to evaluate the overall asset management performance [J]. East China Electric Power, 2010, 38(3): 432-435.
- [7] 沈广, 苏海锋, 袁喆. 基于全寿命周期安全效能成本的配网规划方案评价研究 [J]. 华东电力, 2013, 41(1): 131-135.
- SHEN G, SU H F, YUAN Z. The panning scheme evaluation for distribution network based on the life cycle safety efficiency cost [J]. East China Electric Power, 2013, 41(1): 131-135.
- [8] 帅军庆. 电力企业资产全寿命周期管理理论、方法及应用 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2010.
- [9] 刘志斌, 姚建刚, 颜勇, 等. 变电工程全寿命周期成本评价 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2012.
- [10] 苏海锋. 配电系统规划全寿命周期管理理论和方法研究 [D]. 北京: 华北电力大学, 2012.
- SU H F. Research on the life cycle management theory and

method in distribution system planning [D]. Beijing: North China Electric Power University, 2012.

作者简介:



HANG W

黄伟

1979-, 男, 广东韶关人, 高级工程师, 工学硕士, 主要研究方向为电网规划及电力系统分析 (e-mail) 319928@qq.com.



YANG J

杨娟(通信作者)

1986-, 女, 重庆人, 工程师, 工学学士, 主要研究方为电力系统规划设计 (e-mail) stefanie327@126.com.

(责任编辑 李辉)