

基于资产全寿命周期的500千伏电网规划方案评估

杨娜, 葛斐, 叶斌, 王清

(国网安徽省电力公司 经济技术研究院, 合肥 230022)

摘要:结合电网规划工作实践,提出适用于本省电网规划的全寿命周期成本模型及计算方法,既考虑电网工程中主要设备从购置、运维到报废的全寿命周期中产生的各项成本,也从系统角度综合考虑全网运行的损耗成本,计及土地的时间价值及外部环境成本。运用其对某省“十二五”主网架滚动规划中的典型案例进行评估,结果表明推荐方案符合全寿命周期管理的理念,相对其他比选方案的全寿命周期成本较优。

关键词:资产全寿命周期管理;电网规划;运行维护成本;废弃成本;损耗成本;可靠性成本;土地机会成本;环保成本

中图分类号: TM715 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2013)12-0153-04

电网规划是电网公司长期发展目标与近期电网建设相衔接的关键环节,科学的电网规划是实现公司可持续发展的重要前提,也是保证电网安全、稳定、经济运行的基础条件。近年来,在科学发展观的引领下,建设资源节约型社会的理念和实践逐渐渗透到各行各业。电网公司已经开始全面引入电力资产全寿命周期管理^[1-3] (Life Cycle Asset Management, 简称 LCAM) 理念和方法。

在实施电力资产全寿命周期管理过程中,要求电网规划理念不断创新。传统的电网规划设计与运行管理中,往往只注重对初期投资的控制,缺乏对电网在整个生命周期中的效益和成本的统一考虑,在追求电网运行安全性和可靠性的情况下,成本管理缺乏系统性精细核算,增加了电网运行维护成本,对由于电网可靠性问题而造成的用户停电损失考虑不充分。如何使电网可靠性与经济性之间协调达到最大效益是有效实施电力资产全寿命周期管理中迫切需要解决的问题。资产全寿命周期管理是一种全局性和系统性的理念,其从项目或系统的长期效益出发,通过技术手段和管理方法的创新来统筹规划项目或系统的各个生命阶段,实现成本收益率最大化。将 LCAM 应用于电网规划中,可以统筹考虑电网寿命周期内各种费用构成和影响因素,从而得到成本较低、可靠性较高的电网规划方案,实现可靠性成本效益最大化。研究基于资产全寿命周期管理的电网规划方案评价方法,对于构建安全稳固的经济型电网具

有重要的理论与实际意义。

1 全寿命周期电网规划应用现状

经过实践,某省在电网规划工作中,形成一套相对成熟的作法。传统电网规划工作一般是在规划总体建设规模和投资基础上,进行相应的财务评价,分析投资回收期 and 电价承受能力;在具体电网方案比较中,一般是比较电网项目建设水平年的一次性投资,更侧重于方案在技术上的合理性,即对电网加强和完善的程度,对电网发展的适应性等。该省在全面引入电力资产全寿命周期管理理念后,电网规划工作中充分应用全寿命周期成本,方案比选的维度更加全面,既考虑电网工程中主要设备从购置、运维到报废的全寿命周期中产生的各项成本,也从系统角度综合考虑全网运行的损耗成本,此外还计及土地的时间价值及外部环境成本。

2 输电网规划方案全寿命周期成本评价

2.1 电网规划全寿命周期成本比选思路

首先确定待选电网规划方案集合,然后建立各分项成本计算的模型并确定计算参数,进而分别计算全寿命周期分项成本,得到全寿命周期成本后,进行方案比选分析,最终推荐规划方案,如图1。

2.2 规划方案全寿命周期成本分解和建模

选取固定期限内的总费用最小的方案作为推荐方案,全寿命周期成本费用可分解成如下形式:

$$LCC = CI + CO + CD + CL + CR + CT + CE \quad (1)$$

收稿日期: 2013-10-01

作者简介:杨娜(1983—),女,安徽宿州人,国网安徽省电力公司经济技术研究院,工程师,注册咨询工程师(投资),工学硕士和经济学学士,研究方向:电网规划与电力经济技术研究。

其中： LCC 为全寿命周期成本；

1)设备投资(CI)。电网设备的投入成本是指在电网建设或改造以及调试期间,所付出的设备投资成本。可以采用工程预算中的参考定额和费用对设备投入成本进行估算。

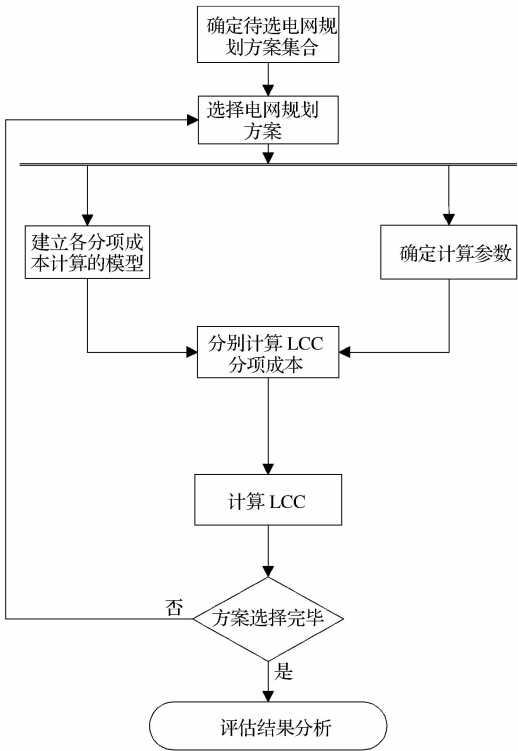


图 1 考虑 LCC 的电网规划方案评估研究思路

设备投入成本计算模型可表示为：

$$IC = \sum_{i \in I} IC_i \tag{2}$$

其中： IC 为电网设备总的投入成本； IC_i 为电网各类设备(包括线路类、变压器类、断路器类等)的投入成本。

2)运行维护成本(CO)。电网的运行成本通常包括设备的运行、维护支出。运行成本各组成部分的多少,一般与电网的容量和规模相关,估算时可以参照已运行电网运维费用的历史记录,与待改造电网的一些特征参数进行比较,利用类比法或参数法进行估算。

电网运行成本计算模型通常可表示为：

$$OC = \sum_{i \in I} OC_i \tag{3}$$

其中： OC 为电网总的运行成本； OC_i 等为电网运行成本的各子成本,包括变电运行成本、线路运行成本等。

式(3)是通用模型,运行成本计算模型的具体表

达形式可采用如下公式计算：

$$OC = \sum_{i \in I} (m_i BCO_i + n_i LCO_i) \tag{4}$$

其中： I 为所有电压等级的集合， m_i 为第 i 电压等级的变电站数量， BCO_i 为第 i 电压等级的每座变电站的运行成本， LCO_i 为第 i 电压等级的每条线路运行成本。

3)废弃成本(CD)。考虑设备残值及设备拆除和清理费用。

$$CD = \sum (P_L - d_L * CI_L) + \sum (P_T - d_T * CI_T) \tag{5}$$

其中： d_L 、 d_T 表示线路和变电站工程的残值率， P_L 、 P_T 表示拆除费用；

设备废弃成本的重点是设备的残值即折旧费用，具体可参照国家税务部门关于工业企业固定资产折旧年限和折旧率的要求进行计算。

4)损耗成本(CL)。输变电设备的损耗费用。

$$OL = \sum_{i \in I} (m_i BCL_i + n_i LCL_i) \tag{6}$$

其中： I 为所有电压等级的集合， m_i 为第 i 电压等级的变电站数量， BCL_i 为第 i 电压等级的每座变电站的损耗成本， LCL_i 为第 i 电压等级的每条线路损耗成本。

5)可靠性成本(CR)。在众多的可靠性指标中,来衡量可靠性效益高低的用户停电成本可转化为经济形式的指标,这样便可以 and 电网的投资与运行成本一起来衡量电网方案的整体效益。但是用户停电成本的计算比较困难,因为它与多种因素有关,其中包括缺电发生的时间、缺电量、缺电持续时间、缺电频率和用户类型等。在此参考国外的做法,采用“每千瓦时电能的平均产值(产电比)”来估算停电损失费用,根据缺供电量($EENS$)、电价($Price$)、每千瓦时产值与电价的比例($KGDP$)、停电损失费与每千瓦时产值比例($KVOLL$),就可以估算出综合了电力企业与社会的停电损失费用(CLL),如下式所示。

$$C_{LL} = EENS \cdot VOLL = EENS \cdot Price \cdot K_{GDP} \cdot K_{VOLL} \tag{7}$$

6)土地机会成本(CT)。不同的方案占地除了导致一次征地成本不同外,占地差异部分还存在机会成本。

假设规划计算期为 N ,规划在第 n 年进行征地,两方案的征地差异为 M ,单位征地成本为 P ,征地成本年增长率为 α ,考虑不同的征地时间带来的机会成本,则第 $n + i$ 年征地相对于第 n 年征地的土地机

会成本为：

$$CT = M \times P \times [(1 + \alpha)^{n+i} - (1 + \alpha)^n], 0 \leq i \leq N - n \tag{8}$$

7) 环保成本(CE)。环保成本为满足环境要求或由于对环境的影响而发生的成本。电网项目与发电项目不一样,电网在生产运行过程中不直接消耗燃料,因而造成的环境影响很小,电网运行的主要环境影响就是输电线路以及变压器等设备运行时所产生的电磁辐射和噪声污染。由于电磁辐射和噪声超标可能会对人体造成伤害,各国对电网工程运行期的电磁辐射和噪声都有严格的标准和规定,并且在电网工程规划设计阶段进行环境评估,在投入运行前还要进行环境检测。电磁辐射和噪声作为电网工程运行时的强制性标准要求电网企业必须执行,在电网规划设计阶段各个方案都是严格按照标准进行设计的。

在电网的运行阶段,电网设备可能在运行时间较长后产生电磁辐射和噪声超标的情况,这个时候可能存在环境污染罚款或一定的赔偿费用,以及对设备进行降磁、降噪处理的有关措施费用,这些费用就是电网运行的环保成本。

2.3 电网规划全寿命周期成本计算方法

全寿命周期规划主要计算参数见表 1。

表 1 全寿命周期成本计算参数

参数名称	参数值
折现率(%)	7
损耗利用小时数(h)	3 200
购电价(元/度)	0.414
年运维费占投资比例(%)	2
500kV 同塔双回线路造价(万元/km)	500
输变电工程经济寿命(年)	25
电力设备残值率(%)	5
线路清理费用(万元/km)	10

各方案首先计算各年成本支出后,折算为现值,公式如下：

$$\text{现值} = \frac{\text{当前年支出}}{(1 + \text{折现率})^{(\text{当前年一起始年})}} \tag{9}$$

$$\text{现值} = \text{等年值} \frac{(1 + \text{折现率})^{\text{计算期}} - 1}{\text{折现率} \times (1 + \text{折现率})^{\text{计算期}}} \tag{10}$$

3 全寿命周期成本比选案例

用上述电网规划全寿命周期成本的模型及计算方法,评估“十二五”主网架规划^[4-5]典型案例:伯阳变 500kV 接入方案。伯阳变目前为 220kV 开关站,为满足亳州地区负荷发展要求,经过计算分析,2016

年伯阳变需升压为 500kV 变电站。根据所处地理位置,结合淮北地区网架格局和电源布局,经过筛选,提出以下两个 500kV 接入方案进行比选：

方案一:伯阳变以 2 回 500kV 线路接入颍州变；

方案二:伯阳变以 2 回 500kV 线路接入濉溪变。

方案一以 2 回线接入颍州变,接入线路相对较短;同时由于板集电厂(200 万机组)通过颍州变并网,伯阳变可就近消纳板集电厂电力,直接弥补亳州地区电力亏缺,从电力消纳范围角度较为合理。同时,从实施可行性角度看,方案一线路绝大部分路段避开了淮北境内密集的煤炭矿区,减小了线路架设难度和建设成本。

方案二以 2 回线接入濉溪变,线路相对较长;濉溪变接入电源容量较大,但绝大部分通过东通道和中二通道送出,伯阳变接入后,将导致两大通道送电规模下降;与之相比,西部主网架由于板集电厂接入,还面临电力送出偏紧的局面。因此,该方案对应的主网架潮流布局不够合理。另外,从 220kV 电网层面看,方案二形成了淮宿与亳州之间的 500kV/220kV 电磁环网,在 500kV 线路故障或检修方式下,将可能导致区域 220kV 联络线过载,对周边地区整体运行安全产生不利影响。从实施可行性角度分析,方案二将途经淮北、亳州矿区,不少路段目前已形成塌陷区,线路架设难度大,造价较高。

从电网发展的适应性角度比较,方案一符合该省北部形成两个送端通道、分组送电的发展思路,适应主网架进一步密集后的潮流、稳定及短路电流控制要求。方案二对亳州地区规划第 2 座 500kV 变电站从接入角度适应性较差,下一步发展方向存在很大的不确定性;同时,濉溪变 500kV 出线规模将达到 12 回,接线过于集中,对远景短路电流控制带来困难。

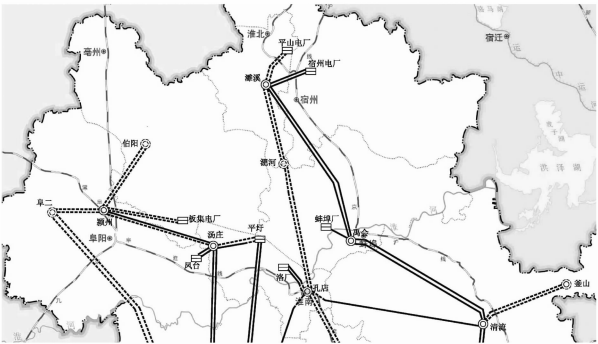


图 2 伯阳变 500kV 接入方案一

全寿命周期方案比选,见表 2：

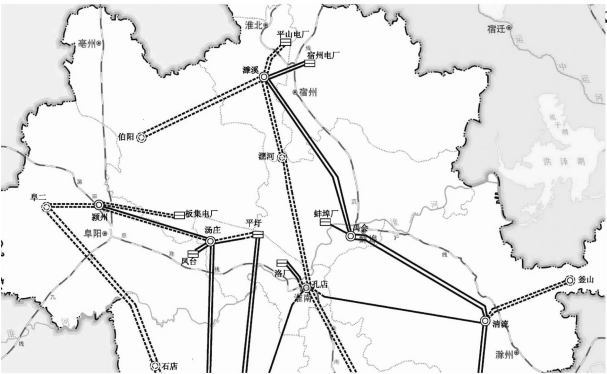


图 3 伯阳变 500kV 接入方案二

表 2 全寿命周期方案比选

LCC 方案比较			2016 年 投资
CI	方案一:长约 2*70km;		66 500
		方案二:长约 2*75km。	71 250
	(方案二-方案一)CI 差额		4 750
CO	方案一		15 499
		方案二	16 606
	(方案二-方案一)CO 差额		1 107
CD	方案一		-483.65
		方案二	-518.20
	(方案二-方案一)CD 差额		-34.5
CL	(方案二-方案一)CL 差额		145.9
CR	方案一和方案二均按满足 N-1 标准来设计,近似认为两方案可靠性成本没有差别。		
CT	两方案建成后土地成本没差别。		
CE	电网工程规划设计阶段已严格按设计标准设计,设备及研究费用均已计列。近似认为两个方案建成后的环境成本没有差别。		
全寿命周期差额合计			5 968.49

备注:表中数据均为折合 2016 年价。

综合以上计算分析,可以看出,仅考虑投资成本,方案一比方案二少投资 4 750 万元(2016 年),考虑全寿命周期成本后,方案一比方案二少投资 5 968 万元(折现 2016 年),方案一优势更加明显,因此,将方案一作为推荐方案。

4 结论

结合电网规划工作实践,提出了输电网规划全寿命周期成本的模型、计算方法,并对“十二五”主网架规划典型案例进行评估,结果表明该省电网规划的推荐方案符合全寿命周期管理的理念,在本研究设定的计算条件下,推荐方案相对其他比选方案的全寿命周期成本较优,经济性更好。

参考文献

[1] 张道国,耿庆申,王宁宁. 电网建设全过程造价变动的原因及控制措施[J]. 能源技术经济,2011,23(10):37-41.

[2] 黄良宝,马则良,张建平,柳璐,程浩忠,屈刚. 考虑 LCC 管理的电网规划方案评价研究[J]. 华东电力,2009,37(5):0691-0694.

[3] 葛维平. 电网建设项目应用全寿命周期成本控制分析[J]. 电力建设,2009,30(7):92-94.

[4] 安徽省电力经济技术研究中心. 安徽电网 2012—2016 年电磁环网解环规划[R]. 合肥:安徽省电力经济技术研究中心,2011.

[5] 安徽省电力公司. 安徽省电力公司“十二五”电网发展滚动规划[R]. 合肥:安徽省电力公司,2012.

500 kV Power Network Planning Evaluation With Life Cycle Asset

YANG-Na, GE-Fei, YE-Bin, WANG-Qing

(State Grid Anhui Electric Power Corporation Economy and Technology Research Institute, Hefei 230022, China)

Abstract: With practice of power network planning, this paper studied life cycle cost model and calculation method applied to certain province. The model considered power enqipment purchase, operation, maintenance cost and discard cost, furthmore, power network loss cost, land opportunity cost, environmental protection cost were also included. LCC evaluation of certain typical power project in “The 12th five-plan” indicated that the recommendation scheme conformed to the idea of life cycle asset management with less life cycle cost.

Key words: life cycle asset management; power network planning; operation and maintenance cost; discard cost; loss cost; reliability cost; land opportunity cost; environmental protection cost