

DOI:10.19322/j.cnki.issn.1006-4710.2019.04.018

# 某地区变电站全生命周期造价管理工程应用研究

刘尚科, 丁向阳, 俱鑫, 尤菲, 苟瑞欣

(国网宁夏电力有限公司经济技术研究院, 宁夏 银川 750001)

**摘要:** 本文基于传统变电站全生命周期成本估算理论, 结合某地区 750 kV 变电站工程自身特点, 对变电站成本构成进行研究, 建立其全生命周期成本预测模型; 其次对变电站全生命周期成本的影响因素进行深入分析, 选择主变压器为 750 kV 的变电站为重点研究对象, 进行全生命周期成本分析, 运用全生命周期造价管理理论进行方案比选, 提出全生命周期管理提升举措, 从而使 750 kV 变电站工程全生命周期造价管理得到优化, 为全生命周期分析方法在变电站建设中的推广应用提供参考。

**关键词:** 全生命周期; 变电站; 影响因素

**中图分类号:** TM732

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1006-4710(2019)04-0518-06

## Research on application of life cycle cost management engineering of substation in a region

LIU Shangke, DING Xiangyang, JU Xin, YOU Fei, GOU Ruixin

(Economic and Technical Research Institute of Ningxia Electric Power Corporation, Yinchuan 750001, China)

**Abstract:** Based on the traditional life cycle cost estimation theory of substations and the characteristics of a 750 kV substation project in a certain area, this paper studies the substation cost structure and establishes its life cycle cost prediction model, conducting an in-depth analysis of the influence factors of the whole life cycle cost of the substation, and selecting a 750kV main transformer as the main research object to carry out the whole life cycle cost analysis. We use the life cycle cost management theory to compare and select solutions, and propose measures to improve the life cycle management, so as to optimize the 750 kV substation project life cycle cost management, and provide a reference for the promotion and application of the life cycle analysis method for substation construction.

**Key words:** life cycle; substation; influence factors

传统造价管理更多是注重建设过程的造价管控, 没能充分兼顾整个工程全生命周期造价的合理性, 并且对后续的运维成本分析不够全面, 造成生产运维成本过高。资产全生命周期造价管理是基于长期综合效益考虑, 从项目规划、设计、采购、建设、运行、报废六个方面出发, 实现全生命周期造价成本最优的一种管理理念和方法, 通过本课题的研究, 可提高电网项目基础管理水平、资产运营效率和企业综合绩效, 使造价管理目标由“单纯造价控制”向“全生命周期成本最优”转变<sup>[1-2]</sup>。

20 世纪 90 年代以后, 全生命周期工程造价管

理体系已经基本形成。但是长期以来, 在我国占统治地位的工程造价管理模式仍是全过程工程造价管理, 对全生命周期工程造价管理模式的研究还很少。传统管理模式的缺陷导致在资产管理过程中出现了管理目标不明确、评估与考核体系不健全、资产管理组织不协调、管理链条和信息割裂等现象, 形成了资产管理的职能和信息条块壁垒。

因此, 必须对现有的资产管理模式进行变革和创新, 引入先进的资产管理理念和现代资产管理手段, 通过建立资产全生命周期管理体系, 全面提升资产管理水平。

**收稿日期:** 2019-06-03

**基金项目:** 国家自然科学基金联合基金资助项目(U1765101)

**作者简介:** 刘尚科, 男, 助理工程师, 研究方向为电力工程造价。E-mail: liushangke@jyy.nx.sgcc.com.cn

## 1 变电站全生命周期设计理念

针对某地区传统电网造价管理规划设计中评价方法的不足,在造价管理中引入全生命周期造价管理设计理念,进而优化某地区电网公司变电站项目的规划、设计、采购、建设、运行、报废等全过程,从而使该电网公司投资成本降至最低,综合效益显著提升<sup>[3]</sup>。

全生命周期成本优化设计含义为在前期的规划设计阶段,设计人员就要从本项目的全生命周期的角度去考虑成本问题。在此期间,设计人员不仅要把变电站项目的初始投资(如投入成本、运行成本等)作为问题的核心,更需要考虑在全生命周期内这个变电站的成本(如运行维修成本、更新直至报废整个过程的成本),从而使全生命周期项目成本最优化。

## 2 变电站全生命周期成本影响因素

设备购置费中对项目投资影响较大的为配电装置设备购置费、主变压器系统设备购置费和控制及直流系统设备购置费三项费用;建筑工程费中对项目投资影响较大的为配电装置建筑工程费、主控楼建筑工程费;安装工程费中对项目投资影响较大的为电缆及接地安装工程费;其他费用中对项目投资影响较大的为建设场地征用及清理费<sup>[4]</sup>。

建设场地征用及清理费主要与征地费用有关,在此不做分析。通过因果分析(鱼骨图法),对配电装置设备购置费、主变系统设备购置费、控制及直流系统设备购置费、电缆及接地安装工程费进行层层分解,分析影响上述各项费用的主要因素,如图1所示。

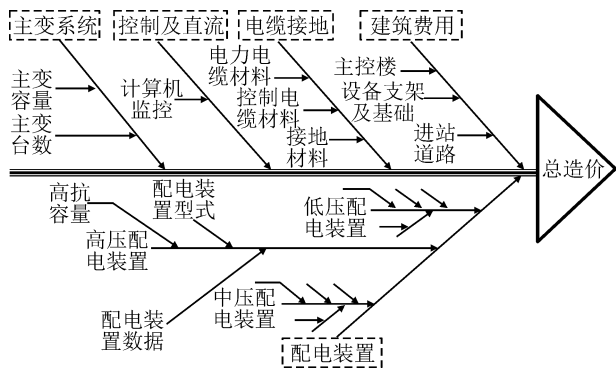


图1 主要因素及关键因素分析图

Fig.1 Analysis of main factors and key factors

可见,影响上述费用的关键因素有:变电容量、主变台数、配电装置数量、计算机监控、电力电缆材

料、控制电缆材料、接地材料、主控楼、设备支架及基础、进站道路。

考虑到主变数量与变电容量有一定的相关性、配电装置价格与配电装置布置型式有一定的相关性<sup>[5]</sup>,而主变数量、配电装置价格这两个因素对项目投资的影响很大程度上已经包含在变电容量和配电装置布置型式因素里,因此不再单独对这两个因素进行分析。

## 3 变电站全生命周期成本主设备案例研究

### 3.1 工程概况

#### 1) 建设时间

某地区变电站工程可研评审时间为2014年7月15日,初设评审时间为2015年1月15日,主要设备招标时间为2015年6月23日,竣工时间为2017年1月1日。

#### 2) 建设规模

主变压器单台容量为2100 MVA。远期规模主变压器2组,其中变电站出线8回;本期规模主变压器1组,其中变电站出线4回。

#### 3) 电气部分

a) 电气主接线。750 kV采用1个半断路器接线;330 kV远期18线2变,按双母线双分段接线规划;66 kV采用单母线接线,每组主变低压侧装设2台总回路断路器。

b) 主要电气设备选择。750 kV、330 kV母线侧电气设备短路电流水平均按63 kA选择;66 kV母线侧电气设备短路电流水平按50 kA选择。

c) 配电装置和电气总平面布置。750 kV配电装置采用GIS户外布置,出线构架采用A型钢管结构构架,间隔宽度为40 m;330 kV配电装置采用GIS户外布置,间隔宽度20 m;66 kV配电装置采用支持管母线、“一”字型布置。

### 3.2 全生命周期成本估算模型的建立

主要内容包括:主设备及二次设备的设计生命;设备的运行方式、条件和运行生命;设备主要故障的维修费用和维修方式,检修策略以及检修时所用的人力资源、备品备件等;设备的可靠性分析;同种类型设备关于故障率的统计分析;试验和调试设备的成本<sup>[6-8]</sup>。

1) 投入成本(IC)。变电站投入运行之前,建设和调试全生命周期的变电站所产生的相关费用称为投入成本。表1展示了投入成本为85738.25万元的某地区变电站全生命周期成本的建设方案。

表1 投入成本参数表

Tab.1 Input cost parameter table

投入成本项目	费用/万元
建筑工程费 $C_1$	16 588.59
设备购置费 $C_2$	53 817.63
安装工程费 $C_3$	5 286.65
其他费用 $C_4$	10 045.38
合计 $C_a$ ( $C_a = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$ )	85 738.25

表2 运行成本参数表

Tab.2 Operating cost parameter table

各类运行成本	表达式	取值
空载损耗/kW	$P_0$	2.56
负载损耗/kW	$P_{cu}$	11.73
总损耗均值/kW	$P_n = 8\ 760P_0 + 6\ 720P_{cu}$	101 251.2
年运行损耗费用/万元	$C_6 = 0.70P_n$	7.09
30年损耗费用现值/万元	$C_7 = C_6 \times [(1 + 0.04)^{30} - 1] / [0.04 \times (1 + 0.04)^{30}]$	122.56
年运行维护费用/万元	$C_8 = 1.5\% \times C_2$	807.26
30年运行维护费用现值/万元	$C_9 = C_8 + C_8 \times [(1 + 0.04)^{29} - 1] / [0.04 \times (1 + 0.04)^{29}]$	14 517.61
年保险费用/万元	$C_{10} = 0.25\% \times C_2$	134.54
30年保险费用现值合计/万元	$C_{11} = C_{10} + C_{10} \times [(1 + 0.04)^{29} - 1] / [0.04 \times (1 + 0.04)^{29}]$	2 419.60
30年运行成本现值合计/万元	$C_b = C_7 + C_9 + C_{11}$	17 059.77

3) 检修维护成本(MC)。全生命周期内检修维护成本  $MC=615.5$  万元。技术方案的检修成本如表3所示。从表3中可以看出,技术方案的检修周期为“二小三大”,即每两年进行一次小修,每三年进行一次大修。

表3 检修维护费用参数表

Tab.3 Maintenance cost parameter table

检修项目	技术方案	
	小修	大修
检修周期/年	2	3
检修成本/万元	3.12	56.87
30年总成本/万元	46.8	568.7

4) 处理成本(DC)。变压器内部有很多金属材料,尤其是变压器的绕组为铜,因此其残余价值极高。故在处理变压器时,成本会有所下降。在实际工程中,设备厂家会对不同运行年限的变压器进行不同的残值估计,将设备回收,表4给出了技术方案的处理成本。

5) 故障停电成本(FC)。对故障停电成本的分析,通常只计算由于停电引起的供电损失,并不考虑由于停电造成的用户损失,即按照非计划停运情况

2) 运行成本(OC)。在变电站全生命周期运行期间所花费的人工费、能耗费、环境费、维保费等一切费用的总和称为运行成本。

如表2所示,该变压器的运行成本是17 059.77万元,空载损耗成本和负载损耗成本占年运行损耗成本的绝大部分。故对于不同容量和不同规模的变电站来说,运行成本的各组成部分费用也不同,因而对其费用的估算,通常采用参数法进行。

进行计算。技术方案的故障停电成本指标如表5所示。

表4 处理成本参数表

Tab.4 Processing cost parameter table

处理成本参数	表达式	取值
拆除费用/万元	$C_{16}$	340
设备退役残值/万元	$C_{17} = 5\% \times C_2$	2 690.88
现值合计/万元	$C_d = (C_{17} - C_{16}) / (1 + 0.04)^{30}$	724.82

### 3.3 本工程与通用造价指标对比分析

本工程的静态投资为85 738.25万元,通用造价的静态投资为84 687.00万元,较通用造价上涨1 051.25万元。其中:建筑工程费增加8 199.00万元,主要原因是地基处理费用增加3 045.45万元,其次由于考虑拉水费用增加建材价差1 050.34万元,再者由于750 kV构支架、站区碎石地面、电缆沟、场平、站区环保隔声降噪、挡土墙等工程的开展使费用增加了约1 404.73万元;设备购置费减少8 185.75万元,主要原因是变电站的设备价格参照国家电网最新信息公示价格及近期招标合同价格计列;安装工程费上涨111.00万元,主要原因是按照2013版《电网工程建设预算编制与计算规定》,将站外电源、调

试费用计入安装工程费用;变电站的其他费用上涨 927.00 万元,主要原因是增加冬季施工费 1 103.86 万

元,采用新标准设计费减少,取费基数变化。全生命周期费用与通用造价费用指标对比如表 6 所示。

表 5 故障停电成本参数表  
Tab. 5 Fault blackout cost parameter table

故障停电成本参数	表达式	取值
年强迫停运时间/h	$T_1$	0.184
年计划停运时间/h	$T_2$	0.268
年非计划停运时间/h	$T_3$	0
年故障停运时间/h	$T = T_1 + T_3$	0.184
年断电损失成本/万元	$C_{12} = T \times 750\,000 \times 0.14 \times 10^{-4}$	1.932
30 年断电损失成本现值/万元	$C_{13} = C_{12} + C_{12} \times [(1 + 0.04)^{29} - 1] / [0.04 \times (1 + 0.04)^{29}]$	34.745
年故障次数/次	$N$	0.146
年修复成本/万元	$C_{14} = NC_2 + 2.5\%$	196.434
30 年修复成本现值/万元	$C_{15} = C_{14} + C_{14} \times [(1 + 0.04)^{29} - 1] / [0.04 \times (1 + 0.04)^{29}]$	3 532.619
30 年中断供电损失成本现值合计/万元	$C_e = C_{13} + C_{15}$	3 567.364

表 6 全生命周期费用与通用造价指标对比表

Tab. 6 Full life cycle cost and general cost comparison table

投入成本项目	全生命周期费用/ 万元	通用造价费用/ 万元
建筑工程费	16 588.59	8 389.59
设备购置费	53 817.63	62 003.38
安装工程费	5 286.65	5 175.65
其他费用	10 045.38	9 118.38
合计	85 738.25	84 687.00

### 3.4 本工程全生命周期成本估算

该变电站主体工程建设初始投资静态费用为 85 738.25 万元,其中设备购置费 53 817.63 万元、安装工程费 5 286.65 万元、建筑工程费 16 588.59 万元、其他费用 10 045.38 万元,各项成本占总费用的比例如图 2 所示。变电站 30 年的资产全生命周期成本计算过程与变压器基本一致。

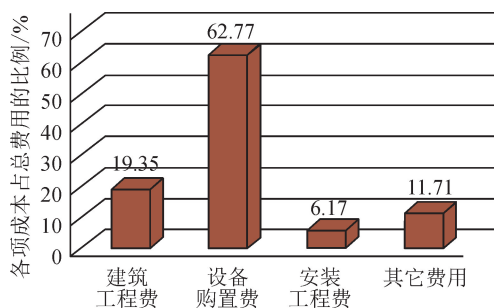


图 2 初始投资静态费用分布

Fig. 2 Initial investment static cost distribution

7 所示。

表 7 技术方案的全生命周期估算成本对比表

Tab. 7 Full life cycle estimation cost comparison table of technical solutions

项目成本	费用/万元
投入成本	85 738.25
运行成本	17 059.77
检修维护成本	615.5
故障停电成本	3 567.36
处理成本	724.82
总计	107 705.70

基于两年小修、三年大修的检修策略,变电站全生命周期内总投资额为 107 705.70 万元,其中变电站初始投资为 85 738.25 万元,占某地区变电站 30 年全生命周期成本的 79.60%,后期运行维护费用总计 17 059.77 万元,占某地区变电站 30 年全生命周期成本的 15.84%。

## 4 资产全生命周期管理提升举措

目前,电网建设投资需求大和企业输变电设备资产管理水平不高的矛盾日益突出。近年来,随着电网资产规模的扩大,与输变电设备资产密切相关的折旧费、修理费等成本比重不断攀升。因此,做好输变电设备资产规划设计、设备采购、工程建设、生产运行、退役报废等五大关键阶段的全生命周期管理是其资产管理工作的重中之重。

技术方案的资产全生命周期估算成本比较如表



#### 4.1 规划阶段做好电网规划评估与投资决策

在新一轮电力体制改革的环境下,售电侧放开竞争,各区域电网的收益受到较大影响,使得电网企业利润空间下降,投资能力受到制约;同时,又要强化电力统筹规划。因此,电力需求预测、投资能力、电网规划和投资决策都面临着新的挑战。

明确资产在全生命周期阶段的管理要求并在项目的规划阶段对这些方面进行落实,同时对其全生命周期建立可行性研究的概念模型,其中成本投入所获得的效益应得到公司的格外重视,配置资源的重要准则应建立在其能否创造价值的调研上,并确定投资安排,以达到有效节约资产经营成本的目的。为了使变电站各种设备的运行效率、使用寿命和可靠性达到一个平衡点,应当着重增强资本的回报意识,并认真梳理价值联系,综合考虑变电站资产设备,在其全生命周期阶段进行综合造价管理,从而得出最优的投资决策<sup>[9-10]</sup>。

#### 4.2 设计阶段完善电网输变电设备资产评估数据库、设备资产绩效管理数据库和资产项目储备库

设备采购阶段是在构建并完善电网输变电设备的资产项目储备库、资产评估数据库和设备资产绩效管理数据库的过程中,积累准确、可靠的运行数据,建立资产全生命周期管理可行性研究评估模型,最终开展设备资产投资项目优选模型实用化应用研究,并在后续运行中对相关支持平台进行持续不断地改进及优化完善。

#### 4.3 设备采购阶段对供应商进行全方位管理

如果没有和重要设备的供应商建立战略合作伙伴关系,供需之间缺少联系与合作,就会导致管理人员无法对设备的质量和需求量进行有效控制<sup>[11]</sup>。

将资产全生命周期造价管理的理念融入设备采购阶段的方方面面,并保证设备采购全过程中供应商的供货质量和服务水平,任何一个环节出现问题都能够及时定位,并追踪问题原因,在保证电网公司日常供电的情况下,有效降低全生命周期造价成本。

#### 4.4 工程建设阶段对项目采用精细化管理

向工程建设全过程精细化、规范化管理转型能保证项目费用、质量、安全、进度等重要信息的实时跟进与共享。

根据资产全生命周期的管理理念,统筹兼顾工程建设阶段的“事前预控、事中监控、事后分析”,进而实现工程建设全过程的精细控制。

#### 4.5 生产运行阶段优化状态检修策略

为了对设备状态进行准确评估,实现资产成本最低,有效支撑生产运维的工单、物料、人力成本的

联动,优化状态检修就十分必要。

构建以可靠度为核心的检修模型,可以有效减少设备的维护费用,大大提高设备的可利用时间以及避免设备出现非计划停运;同时,还能优化设备的维护工作流程,进而降低设备的维护成本,使其既可实现设备可靠性的最大化,也可实现全生命周期成本的最小化。

#### 4.6 设备资产退役管理系统化

缺乏完备的设备资产退役报废规划,导致设备资产寿命期短,设备资产报废净值率高。由于设备故障、退役等信息不能及时逆向反馈,退役报废成本居高不下。

规范并完善设备资产退役管理制度以及设备资产退役工作体系,逐步提高设备的资产使用率和闲置设备资产的再利用水平。

1) 建立设备资产退役评估模型。建立健全的变电站设备资产退役管理制度,根据分析得出的变电站退役设备的剩余价值,考虑是否对设备进行后续处理,并且构建设备资产退役评估模型,完善设备资产退役评估体系,对退役设备进行合理评估,对其后续处置方式进行系统化支持,以达到回收价值的最大化,从而实现变电站资产设备全生命周期成本最低的目标。

2) 制订设备资产后续处理的逆向物流的全过程评定标准。制订并逐年完善设备资产退役相关控制机制及报废标准;构建变电站资产设备再利用的鼓励机制。

3) 完善物流管理,建立高效率、低成本的物资仓储和配送体系。开展“大仓库、大配送”的配送体系建设,逐步实现由一级仓向急救包配送,提高配送的效率,降低仓储及配送成本。

## 5 结 论

1) 本文基于某地区输变电工程的特点,借鉴传统变电站工程全生命周期成本的构成,对某地区变电站全生命周期成本进行修正和完善,综合考虑了变电站工程的环境和社会因素成本,构建了数学模型,估算出某地区 750 kV 变电站全生命周期内总投资额为 107 705.70 万元,其中变电站初始投资为 85 738.25 万元,占变电站全生命周期成本的 79.60%,后期运行维护费用总计 17 059.77 万元,占变电站全生命周期成本的 15.84%。

2) 通过分析某地区 750 kV 变电站全生命周期成本的影响因素,并与通用造价进行对比分析,从规划、设计、采购、建设、运行、报废六个方面提出全生命周期管理的提升举措。

## 参考文献:

- [1] ZHENG Y, SU D, WANG X, et al. Life cycle cost analysis for substation[J]. Applied Mechanics and Materials, 2014, 638-640:2370-2376.
- [2] WANG L F, XU N, XU N, et al. Research on investment decision of substation project based on life cycle cost[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019, 242: 022016.
- [3] 刘利平, 彭波, 顾熹, 等. 计及资产全生命周期的电网规划方案比选[J]. 电力建设, 2016, 37(9):101-107.  
LIU Liping, PENG Bo, GU Xi, et al. Comparison and selection of power grid planning based on life cycle cost [J]. Electric Power Construction, 2016, 37 (9): 101-107.
- [4] 王琳. 全生命周期成本管理在进口动力设备采购决策中的应用[J]. 中外企业家, 2019, (21):31-32.  
WANG Lin. Application of full life cycle cost management in purchasing decision of imported power equipment [J]. Chinese & Foreign Entrepreneurs, 2019, (21):31-32.
- [5] MEYER C, DE DONCKER R W. LCC analysis of different resonant circuits and solid-state circuit breakers for medium-voltage grids[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2006, 21(3): 1414-1420.
- [6] 林慧. 基于全生命周期造价管理的电力工程造价管理研究[J]. 通讯世界, 2015, (21):129-130.  
LIN Hui. Research on power engineering cost management based on life cycle cost management[J]. Telecom World, 2015, (21):129-130.
- [7] 俞胜. 变电站全生命周期成本管理[J]. 通信电源技术, 2018, 35(10): 243-244, 246.  
YU Sheng. Analysis of life cycle cost management in substation [J]. Telecom Power Technology, 2018, 35 (10): 243-244, 246.
- [8] 李泓泽, 郎斌. 全生命周期造价管理在电力工程造价管理中的应用研究[J]. 华北电力大学学报(社会科学版), 2008, (1): 7-11.  
LI Hongze, LANG Bin. The application of the whole life cycle engineering cost management on the electricity engineering field [J]. Journal of North China Electric Power University (Social Sciences), 2008, (1): 7-11.
- [9] 帅军庆. 全生命周期成本管理是公司可持续发展的重要举措[J]. 上海电力, 2004, (3):177-178.  
SHUAI Junqing. Life cycle cost management is an important measure for the company's sustainable development [J]. Shanghai Electric Power, 2004, (3): 177-178.
- [10] 邱湘可. 变电站辅助系统全生命周期成本研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2018.  
QIU Xiangke. Study on life cycle cost of substation auxiliary system [D]. Beijing: North China Electric Power University, 2018.
- [11] 武梦超, 李随成. 供应商网络整合特征: 基于丰田二手数据的分析[J]. 西安理工大学学报, 2017, 33(4): 492-499.  
WU Mengchao, LI Suicheng. Research on the properties of supplier network integration: a qualitative analysis of secondary data of Toyota [J]. Journal of Xi'an University of Technology, 2017, 33(4): 492-499.

(责任编辑 周 蓓)