

Optimization and Control of Cost of UHV Project

Liang Liang, Jun Tong, Zhenchao Xu

Economy Research Institute of State Grid Zhejiang Electric Power Company, Hangzhou Zhejiang
Email: 99698@163.com

Received: May 26th, 2017; accepted: Jun. 11th, 2017; published: Jun. 14th, 2017

Abstract

Reasonable control of the cost of ultra-high voltage project is conducive to the formation of a scientific cost control framework for the construction of ultra-high voltage project, which can provide guidance for cost management and control and is beneficial to a reasonable determination of project cost management level and improve investment efficiency, economic and social benefits. A cost control strategy of UHV project based on probabilistic theory is proposed. By the analysis of cost expectation, standard deviation and confidence, the UHV project cost control interval is established, considering the construction stage and the control of different departments. On this basis, the deviation tracking technique of the UHV project cost is further analyzed, by which the sub-module to be controlled is determined and guides for the actual project provided.

Keywords

UHV, Cost Optimization, Cost Management, Deviation Tracking

特高压输变电工程造价控制目标优化与管控

梁 樑, 童 军, 徐振超

国网浙江省电力公司经济技术研究院, 浙江 杭州
Email: 99698@163.com

收稿日期: 2017年5月26日; 录用日期: 2017年6月11日; 发布日期: 2017年6月14日

摘 要

合理进行特高压工程造价管控, 有利于形成科学的造价管控体系, 为待建特高压输变电工程造价管控提供指南, 有利于合理确定工程造价管理管控水平, 提高投资效益、经济效益和社会效益。提出了一种基

于概率思想的特高压输变电工程造价管控策略,通过对造价期望值、标准差、置信度的分析,结合考虑工程建设阶段和不同主管部门的管控力度,构建特高压输变电造价控制区间。在此基础上,进一步考虑工程造价的偏差溯源分析技术,通过造价偏差分析,可合理确定需重点管控的子模块,为实际工程造价管控提供指导。

关键词

特高压, 造价优化, 造价管控, 偏差溯源

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

在我国,特高压指交流电压等级在 1000 kV 及以上,直流电压等级在 ± 800 kV 及以上。由于特高压输变电工程具有电压等级高、投资规模大、建设周期长等特点,对特高压工程造价进行管控是基本建设投资管理的需要,同时也是特高压工程建设科学管理的重要组成部分。研究特高压工程造价管控,有利于形成科学的造价管控体系,为待建特高压输变电工程造价管控提供指南,有利于合理确定工程造价管理管控水平,提高投资效益、经济效益和社会效益。

当前国内电力工程造价管控的研究,大都是针对工程造价的某一方面提出建设性建议,缺少一定的数据分析和支撑。文献[1]分析了电力工程造价管控中目前存在的问题,然后从造价管理体系、施工造价、施工成本和信息化管理这四个方面阐述了加强电力工程造价管控的措施。文献[2]分析了目前造价管控中存在的问题,并分别从项目研究、施工管理、资金审计等方面给出一定的措施和对策。文献[3]认为造价管控策略应该从管理体系、施工成本、施工进度、法人责任制等方面进行优化并给出了对应的管控策略。文献[4]将特高压交流线路工程与常规线路工程对比分析,指出特高压交流输电线路工程成本费用和造价管理环节中存在的问题,并提出一些改进建议和对策。

目前,由于我国特高压输变电工程建设处于发展初期,各施工管理企业、研究单位以及主管部门尚未在特高压输变电工程造价管控方面开展较多实践探索。特高压输变电工程造价管控的主要问题在于造价管理缺乏科学性。特高压输变电工程造价管控是一个较为复杂的体系,造价管控所涉及到的范围广、因素多,并涉及各个施工阶段的造价管控目标,各主管单位、部门的造价管控水平。

基于以上特点,本文借鉴建筑工程和电力工程造价管控的相关理论和方法,对特高压输变电工程造价管控水平进行研究。与现有研究不同,本文综合考虑造价建设各阶段、各主管部门造价控制力度,提出一种基于概率思想的特高压输变电工程造价控制目标优化策略,为待建特高压工程提供造价管控参考,并基于此造价控制目标对该“待建工程”在不同阶段的造价值进行分析、管控,对不合理的特高压工程造价值进行偏差溯源分析,筛选重点管控的子模块对象。

2. 基于概率思想的造价目标优化

特高压工程造价管控出现在工程建设的全过程、全阶段的控制和管理中,不但涉及估算、概算、预算和结算等造价阶段的造价管控,而且涉及投资决策机构、项目主管部门、设计施工单位等的管理。本文基于概率论正态假设原理,考虑待建特高压输变电工程预测所得造价的期望值、标准差、置信度等参

数, 优化造价控制区间, 将单一固定的总造价期望值通过总造价标准差松弛, 从而形成造价管控区间。其中的造价期望值即为待建工程的造价预测值; 造价标准差的确定涉及预测精度、造价阶段等指标; 造价置信度和控制区间的选取结合现有控制标准, 考虑工程造价的管控水平, 体现不同管理层的造价控制力度水平, 如形成国网总部造价控制区间、网省公司造价控制区间、施工单位造价控制区间等。

2.1. 造价期望值的确定

特高压输变电工程造价往往受许多不确定因素的影响, 而各影响因素的影响程度和大小往往难以确定, 本文近似认为特高压输变电工程的造价服从正态分布, 设总造价分布为 $N(\mu_c, \sigma_c^2)$

$$f(c) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_c} \exp\left[-\frac{(c-\mu_c)^2}{2\sigma_c^2}\right] \quad (1)$$

则造价期望值应为 $\mu_c = C$, 其中 C 为待建工程总造价的预测值。

待建工程的总造价预测值通过各子模块的造价预测值累加形成。对子模块进行造价预测的一般步骤如下: 首先, 将历史样本分为训练样本和验证样本, 用训练样本构建造价预测模型; 然后, 根据预测模型对待建工程的子模块造价进行预测; 最后, 用验证样本校验所得造价预测模型的优劣, 子模块造价预测模型的优劣可通过预测精度体现, 式(5)为预测精度计算公式。电力工程的造价预测方法已有较多文献进行研究, 其详细方法和步骤不在本文的研究范围, 具体造价预测方法可参考文献[5] [6]。特高压输变电工程子模块的划分可按照费用或功能划分。如图 1 所示为特高压变电工程的造价子模块划分。由于变电工程本体工程分为建筑工程费、安装工程费和设备购置费三个子工程费用后还可继续按各子工程所含模块功能的不同细分, 因此其子模块层级较细。设某个特高压工程的总造价预测值为 C , 第 i 个子工程的第 l 个子模块的造价预测值为 c_{il} , 则总工程造价为

$$C = \sum_s \sum_l c_{il} \quad (2)$$

2.2. 造价标准差的确定

待建特高压输变电工程总造价的标准差反映了总造价变化的幅度和程度。总造价标准差的确定考虑了预测精度、造价阶段等指标, 参考文献[7], 可构建特高压输变电工程总造价的标准差其计算公式如下:

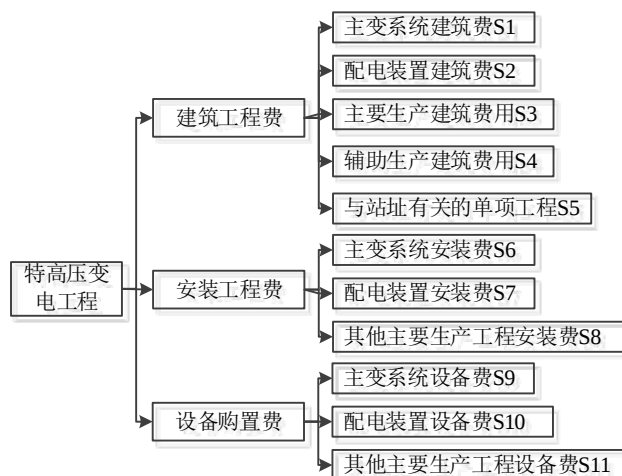


Figure 1. Sub-modules of UHV substation project

图 1. 特高压变电工程子模块层级

$$\sigma'_c = m \sqrt{\frac{\xi_1^2}{\delta_1^2} + \dots + \frac{\xi_s^2}{\delta_s^2} + 2 \sum_{i < j, i, j \in s} \frac{v_{ij} \xi_i \xi_j}{\delta_i \delta_j}} \quad (3)$$

$$\delta_i = \sqrt{\frac{1}{l} \sum_l \delta_{il}^2}, i = 1, 2, \dots, s \quad (4)$$

$$\delta_{il} = \frac{1}{N_p} \sum_{p=1}^{N_p} \frac{y_{p0} - |\hat{y}_{p0} - y_{p0}|}{y_{p0}} \quad (5)$$

$$v_{ij} = \frac{\rho_{ij}^{(1)} + \rho_{ij}^{(2)}}{2} \quad (6)$$

式中 σ'_c 单位为元/千伏安。 m 为不同造价阶段调整系数, 根据特高压工程历史数据可得其取值如表 1 所示。 ξ_i 为进行造价组合预测时所用历史样本的标准差。 δ_i 为第 i 个子工程的造价预测精度, 其中 δ_{il} 为第 i 个子工程第 l 个子模块的造价预测精度。(5) 中 y_{p0} 为进行特高压输变电工程子模块造价预测时所用第 p 个验证样本造价原始值, $\hat{y}_{p0}$ 为对应的验证样本造价预测值, N_p 为所用验证样本的个数; v_{ij} 为第 i 个和第 j 个子工程的相关系数, $\rho_{ij}^{(1)}$ 和 $\rho_{ij}^{(2)}$ 分别为第 i 个工程与第 j 个工程的主观相关系数和客观相关系数。主观相关系数在 0.2 到 0.8 之间选取, 客观相关系数计算如下

$$\rho_{ij}^{(2)} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (7)$$

式中, x_i 和 y_i 为某两个子工程的第 i 个历史造价值, $\bar{x}$ 和 $\bar{y}$ 为这两个子工程的历史造价样本均值。

2.3. 造价置信度的确定

特高压输变电工程总造价的置信度是指造价期望值(即预测值)对造价真实值的相信的程度, 也就是概率是对造价期望值合理性的量度。置信度越高, 反映出对造价真实值的可信程度要求越高, 因此所得到的造价控制目标区间应就越大, 置信度越低, 反映出对造价真实值的可信程度要求较低, 得到的造价控制目标区间就越小。本文中造价管控区间置信度的选取结合现有控制标准, 考虑特高压输变电工程总造价的管控期望, 并体现不同层级管理部门工程造价的控制力度水平。根据正态分布特性可得不同置信度对应的造价控制区间。根据历史经验, 可选取国网总部、网省公司和施工单位对特高压工程总造价的控制的置信度分别为 0.9, 0.8 和 0.7。

2.4. 造价控制区间的确定

根据正态分布的特性, 得到工程总造价期望值、标准差和置信度以后, 即可确定相应的造价控制区间, 亦即对应该置信度的造价的置信区间。如 0.9 置信度对应的置信区间应为 $\mu_c \pm 1.65\sigma_c$ 。该造价控制区

Table 1. Value of stage adjustment factor

表 1. 造价阶段调整系数取值

造价阶段	调整系数
估算	0.20
概算	0.15
预算	0.10
结算	0.05

间即为对应的管理部门对造价的控制水平和范围。若所预测的待建工程在某阶段的造价值在控制区间范围内,则认为其造价管理水平较高满足要求,否则应对该阶段的造价值进行偏差溯源分析,找出需重点管控的子模块工程。

3. 造价偏差溯源分析机理

若工程造价在某个阶段的造价值超出了上文确定的造价控制区间,则应对其进行造价偏差溯源分析,查找引起偏差原因,若为合理偏差,则认为此造价值合理,若为不合理偏差,则将引起偏差的子模块造价值作为重点管控对象,在对应的造价阶段应更多地关注此子模块造价变化,并进行偏差控制技术研究。造价偏差溯源分析的流程如图2所示。

为保证特高压输变电工程造价管控的客观性及准确性,造价偏差溯源分析体系应全面涵盖造价的分子模块造价,并满足造价管控的相关规定,符合造价管控开展的基本思想,全面客观地反映造价偏差的实际情况。首先,根据历史数据得到该待建工程的造价预测值,并根据式(1)到(7)形成该待建工程的造价管控区间;然后,在该“待建工程”的不同建设发展阶段(估算、概算、预算和结算),将其造价值与本文所形成的造价管控区间对比,若造价值在本文形成的造价管控区间内,则认为造价管控水平合理,否则应对造价进行偏差溯源分析,最后根据偏差溯源分析结果确定是否需要引起偏差的子模块造价进行重点管控并研究偏差控制方案。

4. 特高压输变电工程造价控制目标确定算例分析

根据特高压变电工程各子工程的子模块验证样本造价预测结果与真实值之间的对比可求得验证样本的预测精度。某待建工程容量为6000兆伏安。原始数据和预测数据如表2所示。

表2中造价预测值单位均为元,根据表2数据可得建筑工程费、安装工程费和设备购置费的预测精度为

$$\delta_1 = \left[\frac{1}{5} (0.996^2 + 0.989^2 + 0.999^2 + 0.687^2 + 0.980^2) \right]^{\frac{1}{2}} = 0.938$$

$$\delta_2 = \left[\frac{1}{3} (0.979^2 + 0.995^2 + 0.986^2) \right]^{\frac{1}{2}} = 0.987$$

$$\delta_3 = \left[\frac{1}{3} (0.9745^2 + 0.9999^2 + 0.9984^2) \right]^{\frac{1}{2}} = 0.991$$

根据历史数据可得建筑工程费、安装工程费和设备购置费得相关系数矩阵,用SPSS软件计算得相关系数矩阵如表3。

显然,客观相关系数为 $\rho_{12}^{(2)} = 0.548, \rho_{13}^{(2)} = 0.676, \rho_{23}^{(2)} = 0.636$,根据历史数据,由专家评定主观相关系数为 $\rho_{12}^{(1)} = 0.5, \rho_{13}^{(1)} = 0.5, \rho_{23}^{(1)} = 0.8$,由式(6)得 $\nu_{12} = 0.524, \nu_{13} = 0.588, \nu_{23} = 0.718$ 。根据历史样本数据(包括训练样本和验证样本)可求得,建筑工程费标准差 $\xi_1 = 11.3496$,安装工程费标准差 $\xi_2 = 5.6230$,设备购置费标准差 $\xi_3 = 116.3971$,各标准差的单位均为元/千伏安。假设本文造价管控方法应用于待建特高压输变电工程的概算阶段,取 $m = 0.15$,由以上数据根据式(3)计算得 $\sigma'_c = 19.372$,乘以对应容量得 $\sigma_c = 116231705$ 。

根据正态分布的性质,可得国网总部、网省公司和施工单位的造价管控区间如表4。

表4所得区间即为各不同管理部门对待建工程的概算阶段造价控制区间的要求。由于国网公司对概算阶段工程造价的管控水平的置信度要求较高,因此其管控区间较大,只要该待建工程在概算阶段的造

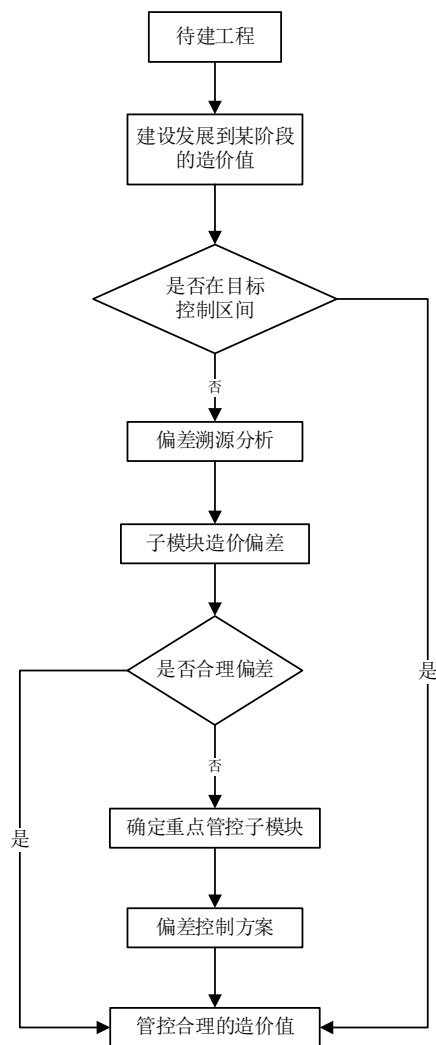


Figure 2. Flow chart of the deviation tracking technique of UHV project
图 2. 特高压工程造价偏差溯源分析流程

Table 2. Cost prediction accuracy of sub-modules of some UHV project to be built
表 2. 某待建工程各子模块预测精度

项目	验证样本造价真实值	验证样本造价预测值	待建工程造价预测值	预测精度
S1	4552887	4534742.172	6280618.359	0.996
S2	35698909	36105984.77	42486479.54	0.989
S3	5234857	5240835.499	8177613.492	0.999
S4	66462856	45649154.36	26034169.57	0.687
S5	38570359	39340108.6	44180722.41	0.980
S6	3927326	3843345.603	7048745.261	0.979
S7	10610011.03	10666608.06	15315256.03	0.995
S8	57039610.45	56279881.29	58235518.22	0.987
S9	130593510	127265253.1	249099227.7	0.975
S10	1065405871	1065321223	1027794218	1.000
S11	207464591	207793725	284740914.6	0.998

Table 3. Correlation coefficient matrix of UHV substation project
表 3. 特高压变电工程相关系数矩阵

	建筑工程费	安装工程费	设备购置费
建筑工程费	1	0.548	0.676
安装工程费	0.548	1	0.636
设备购置费	0.676	0.636	1

Table 4. The cost control interval of each sub-project
表 4. 待建工程各子工程造价控制区间

置信度	造价控制区间	
国网总部 0.9 置信度	$\mu_c \pm 1.65\sigma_c$	[1577611170, 1961175795]
网省公司 0.8 置信度	$\mu_c \pm 1.28\sigma_c$	[1620616901, 1918170064]
施工单位 0.7 置信度	$\mu_c \pm 1.04\sigma_c$	[1648512510, 1890274455]

Table 5. Cost in the budget stage of some UHV project to be built
表 5. 某待建工程预算阶段造价值

	待建工程造价预测值	待建工程预算阶段造价
S1	6280618	5902365
S2	42486479	39652306
S3	8177613	7952301
S4	26034169	28036541
S5	44180722	45896541
S6	7048745	6356985
S7	15315256	16593254
S8	58235518	75632104
S9	249099227	249099227
S10	1027794218	1095365487
S11	284740914	286321458
总造价	1769393483	1856808569

价位于 $\mu_c \pm 1.65\sigma_c$ 的区间内，即可认为其满足国网公司的造价管控要求；对网省公司而言，其对造价控制的要求应高于国网总部的造价控制要求，这样才能获得较好的评审和考核等绩效指标，表现在表中为造价控制区间缩短，置信度下降；同理，对于施工单位而言，为满足上级单位的考核指标要求，其造价控制范围应更高更精确，因而控制区间应最窄，但相应地，待建工程在概算阶段的造价落在此区间的置信度更低。

本文的待建工程在预算阶段的实际造价值为 1856808569 元，超出了施工单位 1849980798 元的控制上限，因此须对其进行造价偏差溯源分析。各子模块的造价值如表 5 所示。

分析各子模块预算阶段造价值与造价预测值的差异可知，变化幅度最大的为 S10 配电装置设备费和 S8 其他主要生产工程安装费，对这两项费用进行造价分析判断是否为合理偏差。经分析发现，S10 费用远高于预测值是因为部分 GIS 设备采用了国外进口，具有很大的客观性，因而可认为该子模块的造价为

合理偏差，不将其列为重点管控对象。对 S8 进行造价分析，发现 S8 的部分人工费、装材费以及电缆及接地部分费用较高，进一步考查发现人工费由于当地经济发展水平较好，物价较高导致；装材费较高是因为装材的用量远大于预测用量；电缆及接地费用较高是由于站址附近的电阻率较高，导致投资增加。因此应将 S8 其他主要生产工程安装费作为重点管控子模块，并对 S8 的人工费和装材用量进行重点监测与控制，以保证良好的经济性和投资效益。

5. 结语

研究特高压工程造价管控，有利于确定工程造价管理管控水平，提高投资效益、经济效益和社会效益。本文基于概率论正态假设原理，根据待建特高压输变电工程预测所得造价的期望值、标准差、置信度等参数，形成造价管控区间。该管控区间的形成涉及预测精度、造价阶段等指标并结合考虑体现不同管理层的造价控制力度水平，形成不同层级不同置信度的造价控制区间。在此基础上，根据待建工程在各阶段的造价值是否在该造价控制区间，决定是否对待建工程子模块进行造价偏差溯源分析。通过偏差溯源分析可确定需重点管控的子模块造价，并研究偏差控制策略和控制方案。

参考文献 (References)

- [1] 岑红. 试论新形势下电力工程造价的管控措施[J]. 工程技术, 2016(9): 107-108.
- [2] 范盛楠. 电力工程造价管控中存在的问题及对策分析[J]. 经营管理者, 2014(2): 319.
- [3] 郭朝柱. 电力工程造价管控中存在问题与对策探讨[J]. 中华民居, 2013(12): 290.
- [4] 国维, 王静. 特高压与常规输电线路工程成本费用与造价管理对比分析[J]. 价值工程, 2014(22): 94-95.
- [5] 王宁宁, 王飞, 尹彦涛, 李红, 侯郁. 基于支持向量机的换流站工程造价预测研究[J]. 建筑经济, 2016, 37(5): 48-52.
- [6] 凌云鹏, 阎鹏飞, 韩长占, 杨晨光. 基于 BP 神经网络的输电线路工程造价预测模型[J]. 中国电力, 2012, 45(10): 95-99.
- [7] 唐晓阳, 刘光廷, 吴之明. 子费用模糊估算的水电工程总造价概率估计[J]. 清华大学学报(自然科学版), 1996(1): 113-118.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: sg@hanspub.org