

火力发电厂项目施工标段划分研究

汪浩

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

摘要: 本文对火力发电厂项目的工程特点做了简要介绍, 并选择了当前研究工程标段划分的一种理论计算模型 - 基于交易费理论的标段划分模型, 使用该理论模型对越南沿海电厂一期工程总承包项目的标段划分进行了计算分析, 根据理论计算结果对基于交易费理论的标段划分模型进行优缺点分析, 并提出该理论计算模型在实际应用中的改进。

关键词: 火力发电厂; 施工标段划分; 交易费理论; 越南沿海电厂一期工程

中图分类号: TM621

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2015)S1-0230-04

Study on Construction Bid Section Division of Coal-fired Power Plants Project

WANG Hao¹

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: Introduce the engineering characteristics of coal-fired power plants project briefly and choose a theoretical calculation model-bid section division model based on the theory of transaction cost. Use the bid section division model based on the theory of transaction costs to calculate the result of DUYEN HAI 1 THERMAL POWER PLANT PROJECT's bid sections division, discuss the advantage and disadvantage of this model and put forward the improvement of the theoretical calculation model in actual application.

Key words: coal-fired power plants; construction bid section division; the theory of transaction costs; DUYEN HAI 1 thermal power plant project

近十多年来随着我国基础建设的迅猛发展, 国内火力发电厂项目如雨后春笋般在全国各地次第落成, 各种大容量、高参数机组已遍布全国。火力发电厂项目有着很大的唯一性, 每一个项目都具有不同的特点。在项目建设过程中, 又有总分包模式、平行分包模式、联合体模式、项目管理总承包模式等多种建造管理模式。

中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司近年来也逐渐开始承担越来越多的大中型火力发电厂总承包项目, 而参与这些项目建设的角色也是各不相同, 例如越南沿海一期项目以联合体的方式参与总承包管理、新疆圣雄项目以项目管理总承包的方式来执行项目。在目前的发展趋势和背景下, 作为项目的总承包方目前的建设模式有从粗放式的土建、安装、调试分包转化为平行分包管理模式的趋势, 即分标段实施分包。这种分标段实施分

包在国际工程中也比较常用, 例如越南龙富一期项目, 业主越南油气集团(PVN)的总承包项目方越南石油技术服务股份总公司(PTSC, 同时也是 PVN 下属的公司)将该项目分解成若干个标段并在全世界范围内选择分包商。

1 工程标段划分简介

在现代工程项目建设中, 采用招投标的方式进行操作处理已经是普遍存在并得到一致认可的方式。将整个项目进行标段划分, 也即把项目根据专业特性、施工时间段、施工技术不同等分成若干个标段, 分配给不同组织进行实施。进行标段划分的目的是为了找到最好的方案, 使项目实施达到投资人期望的满意结果。成本、质量、工期和管理这几大方面都直接或间接的受到标段划分的影响。其中工程项目建设成本是项目投资方最为关注的方面, 目前学术界对于工程项目建设成本的研究很多, 在不同的项目领域, 工程项目建设成本的组成部分也不同。

收稿日期: 2015-06-11

作者简介: 汪浩(1985), 男, 安徽巢湖人, 工程师, 硕士, 主要从事发电工程电力设计研究工作(e-mail) wanghao2@gedi.com.cn.

根据文献[1]中研究：工程项目的建设成本分为业主运作成本和支付承包商实施成本两部分^[1]。其中业主运作成本由建设管理、咨询、招标、征地以及设计、监理等支付等组成；支付承包商实施成本由承包商中标价、实施阶段调价变更等费用组成。工程项目的标段划分存在着一个最优标段数，在当标段划分与投标人数无关时，标段数应尽可能的少。

2 基于交易费理论的标段划分模型

在研究建设工程标段划分的过程中，有学者提出了将交易费用理论作为一个分析工具，采用蒙特卡洛分析法来求解建设工程施工标段划分模型^[2]，也即基于交易费理论的标段划分模型，其模型搭建如下：

工程总成本简化为由生产费用、招标代理费用、委托监理费用、业主管理费用四部分^{[2][7]}。其中生产费用与设计概算存在着一定的函数关系；而招标代理费用、委托监理费用这两项可以由生产费用来计算得到；业主管理费用也可以通过设计概算及生产费用计算得到。

2.1 生产费用 C^P (万元)

生产费用 C^P 与设计概算 C^D 之间算在着一定的函数关系，根据以往工程经验可以发现其概率密度具有区间性及单峰性，这种特性与正态分布、三角分布或 β 分布比较吻合，故可以采用这几种常用概率分布来进行模拟计算。

2.2 招标代理费用 C^Z (万元)

根据办法^[3]招标代理费用可由以下公式计算得到：

$$C^Z = \begin{cases} 6.55 + (C^P - 1\ 000) \times 0.35\%, & 1\ 000 < C^P < 5\ 000 \\ 20.55 + (C^P - 5\ 000) \times 0.2\%, & 5\ 000 < C^P < 10\ 000 \\ 30.55 + (C^P - 10\ 000) \times 0.05\%, & 10\ 000 < C^P < 100\ 000 \end{cases} \quad (1)$$

2.3 委托监理费用 C^L (万元)

根据规定^[4]委托监理费用可由以下公式计算得到：

$$C^L = \alpha \times \beta \times \gamma \times \begin{cases} 78.1 + (C^P - 3\ 000) \times 2.14\%, & 3\ 000 < C^P < 5\ 000 \\ 120.8 + (C^P - 5\ 000) \times 2.01\%, & 5\ 000 < C^P < 8\ 000 \\ 181 + (C^P - 8\ 000) \times 1.88\%, & 8\ 000 < C^P < 10\ 000 \\ 218.6 + (C^P - 10\ 000) \times 1.75\%, & 10\ 000 < C^P < 20\ 000 \end{cases} \quad (2)$$

式中： α 为专业调整系数； β 为工程复杂程度调整

系数； γ 为高程调整系数。

2.4 业主管理费用 C^G (万元)

根据规定^[5]可知业主管理费用 C^G 由设计概算 C^D 取相应的费率 δ ，详见下表 1。

表 1 管理费用总额控制
Table 1 Sum Control of Management Fees

工程总概算/万元	费率/%
≤1 000	1.5
1 001 ~ 5 000	1.2
5 001 ~ 10 000	1.0
10 001 ~ 50 000	0.8
50 001 ~ 100 000	0.5
100 001 ~ 200 000	0.2
>200 000	0.1

根据经验及相关文献资料^[6]： C^G 与标段数 α 成正相关关系，随着标段数的增加 C^G 越接近其控制值，取 C^G 与 C^D 及 α 符合以下计算公式：

$$C^G = \frac{e^\alpha - e^{-\alpha}}{e^\alpha + e^{-\alpha}} \times \begin{cases} 1.5, C^D \leq 1\ 000 \\ 15 + (C^D - 1\ 000) \times 1.2\%, 1\ 000 < C^D \leq 5\ 000 \\ 63 + (C^D - 5\ 000) \times 1.0\%, 5\ 000 < C^D \leq 10\ 000 \\ 113 + (C^D - 10\ 000) \times 0.8\%, 10\ 000 < C^D \leq 50\ 000 \\ 433 + (C^D - 50\ 000) \times 0.5\%, 50\ 000 < C^D \leq 100\ 000 \\ 683 + (C^D - 100\ 000) \times 0.2\%, 100\ 000 < C^D \leq 200\ 000 \\ 883 + (C^D - 200\ 000) \times 0.1\%, 200\ 000 < C^D \end{cases} \quad (3)$$

应用蒙特卡洛法求解建设工程施工标段划分模型方法步骤详见文献[2]中介绍，本文不做详解。

3 越南沿海项目一期实例分析

中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司目前正在开展越南沿海电厂一期总承包项目施工。中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司承建的越南沿海电厂一期工程总承包部分大致可分为 4 大类子项目(选其部分重点施工子项目并进行了归并简化，与实际标段划分并不完全一致)：

S_1 ：软基处理(包括堤内主厂区及施工场地的软基处理、堤外主厂区软基处理、堆载用砂的供应及场地平整)，设计概算 6 386.9 万元。

S_2 ：桩基工程 1(包括深层搅拌桩工程、试验桩工程及桩基检测)，设计概算 5 212.5 万元。

S_3 ：公用系统建筑安装，设计概算 9 413.9 万元。

S_4 ：桩基工程 2(包括灌注桩工程、管桩工

程),设计概算4 689.7万元。

根据排列组合可知,可能的标段划分方案共有14种,又分析项目实际情况可知, S_1 为软基处理具有较强专业特性,且施工工期上具有独立性。故可以适当简化标段组合,将 S_1 单独作为一个标段,子项目 S_2 、 S_3 、 S_4 可单独作为标段,也可以相互组合组成标段。如此,本项目可分出6个可行标段方案: $\{\{S_1\}\{S_2\}\{S_3\}\{S_4\}\}$ 、 $\{\{S_1\}\{S_2, S_3\}\{S_4\}\}$ 、 $\{\{S_1\}\{S_2, S_3, S_4\}\}$ 、 $\{\{S_1\}\{S_2, S_4\}\{S_3\}\}$ 、 $\{\{S_1\}\{S_3, S_4\}\{S_2\}\}$ 、 $\{\{S_1, S_2, S_3, S_4\}\}$ 。

应用蒙特卡洛分析法分别对上述6个标段划分方案进行随机抽样模拟。

以标段划分方案 $\{\{S_1\}\{S_3, S_4\}\{S_2\}\}$ 为例,说明施工总承包模拟过程:

3.1 生产费用分布类型与参数确定

根据历史资料结合火力发电厂建设经验,对文献^[2-7]中生产费用分布类型进行简化改良:当标段概算大于1亿元时,生产费用相对于设计概算下浮幅度服从三角分布,下浮区间为5.65%~8.33%,平均下浮6.62%;当标段概算小于1亿元时,生产费用相对于设计概算下浮服从三角分布,下浮区间为6.44%~9.35%,平均下浮7.47%。

3.2 招标代理费用的计算

根据上节公式(1),招标代理费用 C^Z 为:

$$CZ = f(CP\{S_1\}) + f(CP\{S_3, S_4\}) + f(CP\{S_2\}) \quad (4)$$

3.3 委托监理费用计算

根据上节公式(2),监理费用 C^J 为:

$$CJ = g(CP\{S_1\}) + g(CP\{S_3, S_4\}) + g(CP\{S_2\}) \quad (5)$$

越南沿海一期项目为60 MW机组火电项目,海拔高度在2 001 m以下,根据文献[4]中规定可知: $\alpha=1.0$, $\beta=1.0$, $\lambda=1.0$ 。

3.4 业主管理费用计算

根据上节公式(3),业主管理费用 C^G 为:

$$CD = h(CD\{S_1\}) + h(CD\{S_3, S_4\}) + h(CD\{S_2\}) \quad (6)$$

3.5 总费用计算

根据各组成费用的计算方法,运用计算软件,对标段划分方案 $\{\{S_1\}\}$ 、 $\{\{S_3, S_4\}\}$ 、 $\{\{S_2\}\}$ 模拟计

算10 000次,得到均值24 694.88万元,中位数24 704.38万元,最小值24 334.01万元,最大值25 002.6万元,标准差124.24。

根据上述模拟计算过程,分别模拟计算剩余5种标段划分方案,见表2。

计算结果显示方案一 $\{\{S_1\}\}$ 、 $\{\{S_2\}\}$ 、 $\{\{S_3\}\}$ 、 $\{\{S_4\}\}$ 与方案三 $\{\{S_1\}\{S_2, S_3, S_4\}\}$ 均值、中位数、最小值及最大值均远远高于其余方案,故从经济性角度可以初步排除。剩余方案中如果单从经济型角度分析可以直观看方案六 $\{\{S_1, S_2, S_3, S_4\}\}$ 最优,但是其标准差最大,也即费用不确定性最大,反应到实际中也就是将所有分项工程打包成一个标段进行招标,管理费用最低但是风险最高,此方案从实际角度出发也不是最优。最终剩余三个方案的均值、中位数、最小值及最大值均较为接近,且标准差均在合理范围内。方案五 $\{\{S_1\}\{S_3, S_4\}\{S_2\}\}$ 经济性较优但其标准差最大,不确定性也较大;方案二 $\{\{S_1\}\{S_2, S_3\}\{S_4\}\}$ 及方案四 $\{\{S_1\}\{S_2, S_4\}\{S_3\}\}$ 经济性略差但不确定性较小。从工程实际出发,软基处理及场地平整 S_1 和公用系统建筑安装 S_3 与桩基工程1(包括深层搅拌桩工程、试验桩工程及桩基检测) S_2 和桩基工程2(包括灌注桩工程、管桩工程) S_4 的专业性区别较大,施工单位及人员管理方式不同,而桩基工程1和桩基工程2则有着类似的专业特性,施工人员及器械之间存在着可重复利用的优势,故结合上述计算,选择方案四 $\{\{S_1\}\{S_2, S_4\}\{S_3\}\}$ 最合理且经济性上有一定保证。

表2 各标段划分总成本模拟结果

Table 2 Total Cost of Each Section Division Simulation Results

标段划分方案	均值	中位数	最小值	最大值	标准差
$\{\{S_1\}\{S_2\}\{S_3\}\{S_4\}\}$	24 922.47	24 925.16	24 639.54	25 147	76.78
$\{\{S_1\}\{S_2, S_3\}\{S_4\}\}$	24 768.8	24 773.71	24 414.4	25 030.85	99.97
$\{\{S_1\}\{S_2, S_3, S_4\}\}$	24 901.56	24 903.69	24 598.43	25 179.25	85.17
$\{\{S_1\}\{S_2, S_4\}\{S_3\}\}$	24 772.27	24 777.26	24 448.38	25 055.83	99.24
$\{\{S_1\}\{S_3, S_4\}\{S_2\}\}$	24 694.88	24 704.38	24 334.01	25 002.6	124.24
$\{\{S_1, S_2, S_3, S_4\}\}$	24 553.72	24 569.72	24 143.83	24 898.83	160.58

4 结论

从上述案例的计算过程可以看出, 基于交易费理论的标段划分模型在火力发电厂施工标段划分方案的选择过程中有着直观清晰的数据支持作用。由于火力发电厂的施工建设在我国已经属于常规工程建设, 电厂的各项工程费用概算在项目初期均有预估, 业主或承包商往往都有较为丰富的经验数据积累, 这些概预算数据可直接用于基于交易费理论的标段划分模型计算, 且计算结果均在可控范围内, 结果的可信度也较高, 可以作为最优标段划分的有力支持。本模型计算过程清晰, 基本输入条件较少, 便于软件编程进行计算, 可操作性强。

然而基于交易费理论的标段划分模型计算也有着其先天的不足。本模型计算核心在于生产费用的概率分布模型, 目前所使用的概率分布模型是借鉴于水利工程中的经验分布模型, 其在火力发电厂项目中的实用性有待更近一步的数据统计支持。概率分布模型的不同, 对于最终模拟计算结果影响很大, 直接关系到计算结果的准确与否, 目前研究尚未有适用于火力发电厂工程建设的更科学严谨的统计学模型。

其次业主管理费用与标段数之间的相关函数关系采用的也是经验公式, 此公式过于简单, 对于火力发电厂的复杂性未予以充分考虑, 未加入工程所在国家的管理难度系数, 业主及当地政府的对管理的干预程度等因素。往往理论计算结果与实际工程偏差较大, 影响到最终方案的选择。

再次委托监理费用计算中的三个参数(专业调整系数 α 、工程复杂程度调整系数 β 及高程调整系数 γ) 取值也是较大程度的依赖于以前类似工程的经验取值, 且是我国国内经验数据, 这对委托监理费用在总的工程费用中所占的比值有一定的影响。调整系数的取值适合与否, 对于标段划分方案的优化与否起着较大的影响作用。

火力发电厂施工标段划分不是一道简单的数学题, 而是一项包含工程技术、经济效益和社会影响等多方面多学科的复杂决策事项, 往往很难得到真正的最优解。例如本文中沿海项目的标段划分中软基处理标段, 在实际施工中就又分为了多个子标段, 包括堤内主厂区及施工场地的软基处理、堤外主厂区软基处理、堆载用砂的供应及场地平整等,

如此划分已经不仅仅出于成本上的考虑, 更多的是出于平衡分包商的利益, 各相关子项目在施工工期上的先后顺序安排及项目施工关联度等等更多的因素考虑。综上所述, 基于交易费理论的标段划分模型可用于验证已有的火力发电厂施工标段划分方案优化与否, 尤其对于成本核算方面有着较强的指导作用, 但其应用存在一定的局限性, 该理论的计算结果需要进行更进一步的细化分析, 根据实际情况需要引入更多的相关参数。

参考文献:

- [1] 张利荣. 建设工程标段划分研究 [J]. 水利水电技术, 2006, 37(7): 82-84.
ZHANG Lirong. Study on Dividing Bid-sections of Construction Project [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2006, 37(7): 82-84.
- [2] 洪伟民, 王卓甫. 建设工程施工标段划分优化研究 [J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2010, 34(2): 401-404.
HONG Weimin, WANG Zhuofu. Optimization of Dividing Bid-section of Construction Project [J]. Journal of Wuhan University of Technology (Transportation Science & Engineering), 2010, 34(2): 401-404.
- [3] 中华人民共和国国家发展和改革委员会价格[2002]1980号. 招标代理服务收费管理暂行办法 [Z].
Interim Measures for The Administration of Bid Invitation Agency Service Charge [Z]. The National Development Planning Commission of The People's Republic of China, Account Price [2002] No. 1980.
- [4] 国家发展改革委, 建设部发改价格[2007]670号. 建设工程监理与相关服务收费管理规定 [Z].
Management of Construction Supervision and Related Service Charges [Z]. National Development and Reform Commission, The Ministry of Construction Issued a Price [2007] No. 670.
- [5] 中华人民共和国财政部财建[2002]394号. 基本建设财务管理规定 [Z].
Basic Construction Financial Management [Z]. Ministry of Finance of the People's Republic of China [2002] No. 394.
- [6] 孟碟, 冯平. 滚朋羊二级水电站工程标段的优化划分 [J]. 天津大学学报, 2011, 44(12): 1088-1092.
MENG Die, FENG Ping. Optimization of Bid Division for Gunpengyang Second Level Hydropower Station Project [J]. Journal of Tianjin University, 2011, 44(12): 1088-1092.
- [7] 洪伟民, 王卓甫. 水利水电工程施工标段划分优化 [J]. 水利水电技术, 2008, 39(1): 60-63.
HONG Weimin, WANG Zhuofu. Analysis on Optimization of Dividing Construction Bid-section for Water Conservancy and Hydroelectric Projects [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2008, 39(1): 60-63.

(责任编辑 高春萌)