

漳州核电项目前期建设成本精益化管理研究

黄政宇, 胡寒婕

(中核国电漳州能源有限公司, 漳州 363300)

摘要: [目的]在当前新建核电机组普遍实行标杆上网电价形式下,为有效解决我国国内核电项目建设成本过高及核电经济性重视不足的问题,结合国内核电上网电价普遍在电力市场上缺乏竞争力的实际,为降低漳州核电项目建设成本及进一步提高漳州核电上网电价竞争力。[方法]对国内核电项目建设成本进行综合分析,提出漳州核电项目前期阶段建设成本实施精益化管理的方法,结合漳州核电项目实际分析了漳州核电项目从前期准备、投资决策、管理模式选择等阶段实行成本精益化管理的具体方法和措施;一是通过项目前期征地征海模式和“两阶段”采购模式的创新实践,二是优选和优化现行核电项目建设管理模式,三是前期开发百万千瓦级核电技经模型用于对标且明确前期费用控制原则及标准,四是研究并实施“核蓄一体化联营”确保核电上网电价竞争力,五是建立有效的核电项目成本控制机制和全员成本控制文化。[结果]上述精益化管理方法及措施,为漳州核电项目前期直接节约了大量的投资,可缩短漳州核电项目建设工期,降低核电项目建设成本,进一步提高漳州核电上网电价的竞争力。[结论]漳州核电项目前期建设成本精益化管理是十分有效的,不但能提高漳州核电后续上网电价竞争能力,并且在有效降低核电建设成本及提高核电经济性方面提供了漳州模式和经验供核电行业借鉴参考。

关键词: 核电前期; 建设成本; 精益化管理

中图分类号: TM623; TM756.2

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2018)04-0135-06

Research on the Construction Cost Lean Management in the Preliminary Stage of Zhangzhou Nuclear Power Project

HUANG Zhengyu, HU Hanjie

(CNNP Guodian Zhangzhou Energy Co., Ltd., Zhangzhou, 363300, China)

Abstract: [Introduction] Under the current practice of benchmarking on-grid electricity price for newly-built new nuclear power units, in order to effectively address the problems of excessively high construction cost of domestic nuclear power projects and insufficient attention to the economy of nuclear power, combining the reality of general uncompetitive domestic nuclear power on-grid electricity price in the electricity market, in order to reduce the construction cost of the Zhangzhou nuclear power project and further increase the competitiveness of the on-grid electricity price for Zhangzhou nuclear power project. [Methods] The comprehensive analysis of the construction cost for domestic nuclear power projects was made, the construction cost lean management in the preliminary stage of Zhangzhou nuclear power project was put forward. Combining the actual situation of Zhangzhou nuclear power project, the analysis of specific methods and measures for implementing cost lean management was made, in the stages of the preliminary preparation, investment decision-making, management mode selection and so on. Firstly, the land and sea acquisition mode in the preliminary stage and the innovative practice of “two-phase” procurement mode. Secondly, the optimization of current nuclear power project construction management mode was adopted. Thirdly, the development of 1 000 MW-level nuclear power technology and economy model used for benchmarking and defining the principles and standards for cost control in the preliminary stage were discussed. Fourthly, the research and implementation of “integration of nuclear power and pumped-water storage” to ensure the competitiveness of on-grid price of nuclear power were discussed. Fifthly, the establishment of effective cost control mechanism for nuclear power projects and staff cost control culture were discussed. [Results] The above lean management methods and measures can directly save a large amount of investment for the Zhangzhou nuclear power project in the preliminary stage, shorten the construction period of the

Zhangzhou nuclear power project, reduce the construction cost of the nuclear power project, and further increase the competitiveness of the on-grid electricity price for the Zhangzhou nuclear power project. [Conclusion] The construction cost lean management in preliminary stage of Zhangzhou Nuclear Power Project is very effective, not only can improve subsequent competitiveness of on-grid electricity for Zhangzhou nuclear power project, but also reduce nuclear power construction cost and improve the economy of nuclear power. And the Zhangzhou nuclear power mode and experience can provide reference for the nuclear power industry.

Key words: nuclear power preliminary preparation; construction cost; lean management

核电作为高科技能源产业,我们始终把注意力集中在安全性和先进性上,作为关系国计民生的电力市场产品,经济性没有引起足够重视,在电力市场竞争中,经济性是评判任何发电技术竞争力最重要的指标,电力市场化已导致核电“一厂一价”上网电价机制退出历史舞台,我国核电建设成本过高,导致上网电价在国内电力市场上缺乏竞争力,因此核电的经济性成为制约我国核电快速、健康和可持续发展的关键因素之一。

2013年6月15日,《国家发展改革委关于完善核电上网电价机制有关问题的通知》要求,新建核电机组实行标杆上网电价政策,全国核电标杆电价高于所在地燃煤机组上网电价的,新建核电机组投产后执行当地燃煤标杆电价,标杆电价的实施对核电经济性提出更高要求,经济性已成为核电在电力市场中增强竞争力的重要指标,在当前经济放缓和供给侧改革的大背景下,将进一步倒逼漳州业主加大项目前期建设成本控制力度。

漳州项目采用“华龙一号”三代核电技术,漳州核电作为项目建设成本控制主体,在核电项目前期准备、投资决策、管理模式选择等阶段应实施严格有效的费用控制^[1],同时也是项目前期建设成本精益化管理的关键所在,核电业主要在未来电力市场竞争中立于不败之地,实现企业可持续发展的战略目标,应该努力主动降低核电项目建设成本。

精益化管理就是要求企业以最小的人、财、物、时间和空间资源投入,创造出尽可能多的价值,精益化管理作为先进的管理文化和方式,已被越来越多的企业所接受,精益化管理在降低核电建设成本和提高核电的经济性、竞争力等方面发挥积极作用^[2-3]。

1 国内核电项目建设成本现状分析及控制造价的必要性

1.1 国内核电工程造价存在的问题分析

目前已建成的核电工程项目普遍存在造价失控

现象,概算超出核准估算,预算超出概算投资,最终实际决算造价超出预算投资的“三超”现象,市场机制下“三超”问题严重制约了核电的经济性,经分析总结造成上述问题的主要原因有前期准备时间长、投资大、工期延误、设计深度不够、物价上涨、利汇率变化对财务费用等影响。

1.2 国内核电工程控制造价的必要性

核电工程投资规模巨大、建设周期长、技术复杂,这就决定了核电建设成本管理必须从项目源头抓起,项目前期投入的合理与否,影响整个项目的建设成本,并对下阶段的造价控制带来很大影响,因此必须从前期准备、投资决策、管理模式选择等前期阶段实行成本精益化管理,实施精益化管理不仅仅在于控制项目前期投资,更积极的意义在于在当前标杆电价政策机制下对提高核电经济性和竞争力是十分紧迫必要的。

2 漳州核电项目前期建设成本精益化管理

2.1 前期投资决策阶段成本管理

据统计核电工程前期^[4]投资决策阶段费用约占项目总投资的0.5%~3%,但对核电工程造价影响最明显,直接决定建设项目经济性和成败,同时也是前期控制核电建设成本管理的重点。项目前期阶段主要工作为设计咨询可研论证阶段对项目经济合理性进行分析,加强对项目前期工作的成本控制,有效利用资金,项目策划得好,经济性分析合理可靠,目标可控,就能为项目的实施和未来运行创造良好效益打下基础。

前期委托专业设计院编制切合实际、较准确的投资估算,充分考虑项目实施过程中可能出现的各种因素对建设成本的影响,考虑建设期间市场变动及价格动态浮动系数,采用科学方法有效控制前期投资阶段费用,重视项目投资决策深度和广度,此阶段费用控制的合理,就会为整个核电项目建设成本控制打好基础,使投资估算真正起到控制项目总投资的作用。

漳州核电项目拟实行设计—采购—施工的工程总承包模式,可研估算由总承包商—中国核电工程有限公司下属设计院进行编制,为验证、保障总承包商可研投资估算编制成果的合理性、正确性及控制项目前期投资,漳州核电前期策划并做出了大量卓有成效的工作。

2.1.1 创新核电前期征地征海模式

征地征海^[5]是实施核电项目建设的起点,是沿海核电前期项目管理工作的重点,为此漳州核电超前谋划决策项目征地征海准备工作,创新建立政企联动(地方政府—核电指挥部—核电业主)定期沟通协调机制,快速有效解决征地征海过程中遇到的问题,鉴于项目前期国家行政审批不满足前期进度要求,漳州项目充分利用省地方政府审批权限按照“6台机组统一规划、一次性征地、满足现场需求、逐批交地”原则及时启动相应的征地征海工作,考虑到海域后续管理的复杂性及长期性,采取与地方政府联合共管模式,及时与政府签订海域共管协议,以减少地方利益纠纷等相关风险对项目建设的影响。漳州核电通过前期策划,制定切实可行征地征海方案,充分发挥核电建设指挥部作用,大大提高了前期工作效率,极大促进了核电现场四通一平工作的开展,相比周边项目征收费用单价较低,其中征海单价较周边项目低约1.7万元/亩,项目前期的征地征海费用得到有效控制,节约了大量投资。

2.1.2 前期开发百万千瓦级核电机组技经模型

漳州核电创新提出建立百万千瓦级核电机组技经模型,并与专业咨询机构合作开发技经模型,研究并分析国内百万千瓦级核电机组造价平均水平用于漳州核电项目对标,并及时开展一期工程造价咨询分析和项目总投资的经济性分析工作,从项目可研估算、敏感性分析和核电标杆电价倒算项目总投资,对工程造价费用组成中可核减部分进行分析,形成百万千瓦级核电机组建设成本控制目标,将漳州核电造价水平控制在行业平均水平以下。

对技经模型从年利用小时数、工程投资、核燃料价格、贷款利率、内部收益率、还贷年限和建设工期七个因素方面进行电价分析,并分析出含税电价和工程造价水平对应变化情况:含税电价每变化0.002元,建成价变化大致为2.5亿元,而总投资变化约为2.66亿元,随着含税电价从0.43元(核

电标杆)变化至0.39元,建成价下降50.35亿元,总投资下降53.65亿元。

2.1.3 混凝土管理模式及经济性分析

核电用混凝土需求量大且作为核电建造主材之一,混凝土供应模式须在建设前期尽早规划和决策,混凝土管理模式^[1]对混凝土成本控制影响很大,混凝土成本控制的好,将会成为控制核电项目投资、降低建设成本的最有效途径之一。

漳州核电专门针对混凝土管理模式及经济性进行了分析论证,参考华龙示范工程两台华龙机组混凝土需求量约为100万 m^3 ,根据以往核电项目混凝土概算水平(510元/ m^3)测算漳州一期项目混凝土费用至少为5亿元,根据以往实践经验乙供混凝土(砼价格包含在总包合同内)综合单价均突破概算水平,为此漳州核电对混凝土实行甲、乙供两种模式进行了经济性分析,根据混凝土配合比和福建造价信息价,测算出甲供混凝土综合单价为420元/ m^3 ,漳州一期工程2台机组混凝土实行甲供较乙供模式可节省投资近1亿元,6台机组可节省投资约3亿元,甲供较乙供约有效降低混凝土成本17%,且论证了混凝土甲供在质量、安全、进度控制方面均优于乙供,探索研究漳州核电混凝土的主要骨料(碎石)采取甲供模式,可有效降低核项目建设成本。漳州混凝土用碎石已采取甲供模式,通过市场化竞争碎石价格较同行电厂降低约25元/t,2台华龙机组碎石需求大约在100万t左右,可有效降低混凝土用碎石成本2500万元左右。

2.1.4 前期土石方消纳平衡优化

土石方工程一般是前期准备阶段工程费用占比较大的项目,漳州核电情况特殊,是至今为止土石方工程量最大的核电项目,且涉及厂区填海事宜,所以土石方前期规划消纳十分重要,土石方工程量(含边坡、海工淤泥)一般都是按照全厂规划一次性计列土石方工程量,漳州根据实际招标工程量测算土石方费用已高达7亿,前期土石方施工工作受制于征地征海的情况及结合项目实际进展,漳州项目前期对土石方平衡消纳进行了多次推演优化,并根据征海及现场实际作业面情况,及时开展必要的海工工程施工,鉴于前期受制于国家用海审批制约,召集协调各方施工单位进行推演,建立以业主为中心的进度及风险联合管控机制,根据征海实际情况,合理优化土石方和海工施工方案及安排施工进

度,以防止人员、设备窝工,尽量避免土石方运输发生二次倒运及超运距等费用问题的产生,引起合同变更索赔事件,以节省前期费用,降低建设成本。

2.1.5 前期费用控制原则及标准

漳州核电项目为新建厂址,鉴于国家对核电项目核准时间的不确定性,FCD时间漂移,为有效控制前期建设成本,项目前期投资必须与项目实际的前期准备时间相适应,总包合同口及时开展前期费用风险分析工作,当FCD前费用计划执行存在较大偏差时,应根据项目实际进展情况,以“提高资金使用率、降低投资风险”为原则进行调整。

为有效控制漳州核电工程前期费用、提高资金使用率、降低项目建设成本,根据项目前期工作实际进展及FCD前工作计划,前期投资以不超过投资估算总资金的10%为原则进行控制,综合研判FCD前工作量,签订可量化的FCD前工作协议,通过工程量核算方式减少前期费用投入约3亿元。其次建立支付、变更管理台账,对项目管理费、设计费、设备费、建安费进行从严从紧控制并与兄弟核电厂对标参考,优化完善FCD前支付控制曲线。

2.2 管理模式选择阶段成本管理

2.2.1 优选经济性项目建管模式

“华龙一号”作为我国自主创新三代核电技术,其安全标准高、技术复杂、建设周期长、工程接口繁多,国内在掌握核电核心技术、管理和人员专业化、项目标准化的需求下,在住建部《关于进一步推进工程总承包发展的若干意见》要求下,当前新开工的核电项目多采用工程总承包模式并取得了良好的实践经验,EPC工程总承包模式可将设计^[6]、采购、施工深度交叉组合成一个有机整体,能够较快整合所需项目建设资源,有利于对项目实施全过程、全方位的技术经济分析和论证,有利于保证建设工程质量,缩短建设工期,降低工程投资,提高投资效益。国家相关政府主管部门已明确将进一步推进工程总承包建设模式,总承包方式已成为今后核电工程项目管理的优先选择模式。漳州核电经综合分析判断采用项目整体经济性较好、业主承担风险较小的EPC工程总承包模式。

鉴于华龙一号核电技术完全由工程公司自行设计,漳州核电组织行业专家对工程公司总承包能力进行了综合评估,工程公司经过多项目总承包锤

炼,积累了一定的总包管理经验,具备总承包管理能力,在集团要求做强做优专业化工程总承包的思路下,工程公司作为漳州项目总承包商是最现实经济的选择。

2.2.2 优化现行核电建设监理模式

集团推行业主负责制下总承包管理模式,鉴于业主公司管理人员定编少,集团管理要求高的现实情况下,建议推行实施“小业主、大监理”模式以拟弥补业主管理不足短板而不是现行“无监理”状态。以往四达贝克斯监理隶属工程公司作为其项目的质检部门,无法独立发挥监理作用,漳州核电前期策划将监理模式进行调整优化,由双方签订监理合同,明确监理费用单独列支审批,实现监理独立,真正发挥监理在项目“四大控制”中的作用,可力争实现设计阶段的设计监理构想,在建设成本管理中,监理要有效控制工程建设成本,监理负责合同预付款、进度款、现场签证、建安工程量、设计变更/优化、合同变更、索赔资料 and 竣工结算的审查、工程费用风险控制分析和各类造价资料的收集整理工作。通过优化建设监理模式,真正发挥监理在费用控制中的作用,有效降低漳州核电建设成本。

2.2.3 探索总包合同税费优化措施

鉴于集团总包合同模式下工程税务均实行混合型管理,以往在签订总承包合同的基础上,单独分签合同(设计、建安、设备、管理合同)存在优先级及法律风险,总承包合同若发生争议,将产生合同解读采用不同文本的法律风险,为解决上述风险及降低税费,实现业主与总包方共赢,研究总包合同分签纳税申报存在的法律风险,采取切实步骤进行新文本开发,创新总承包合同FCD前工作协议签订模式,实行在FCD前工作协议书基础上签订设计、设备采购、建安和项目管理分协议书,新签订模式得到专业律师事务所的认可和支 持,避免相关税费的重复缴纳(安装用阀门、管道、桥架等装置性材料涉税约6亿元),消除了以往总包合同分签备案存在的法律风险,降低了合同管理风险,重要的是首次提出从税务模型^[7]考虑项目成本控制方法和措施,对多种能源形式并存的漳州业主来说,可实现企业降本增效。

2.2.4 “两阶段”采购模式创新与实践

研究科学有效的采购方法^[3],可有效控制项目

建设成本, 核电前期阶段业主专业人员少、项目接口多、协调工作量大, 对于自管子项采取科学有效的采购模式将起到事半功倍效果, 为此漳州核电创新实行设计方案优化+设计采购^[8]施工总承包“两阶段”采购模式, 此模式可在核电前期成本控制中发挥关键作用, 将前期征地、赔青、可研等工作纳入招标范围, 可有效转嫁项目建设和投资风险, 对招标采购方案进行专门研究设计, 一阶段招标充分发挥设计的主导作用, 最大限度优化方案设计, 提高项目经济性, 二阶段招标以一阶段优化的最终设计方案为输入条件, 允许以联合体形式投标并开展总承包管理(合同价固定), 促使投标方充分竞争、强强联合, 以设计为先导, 指导技术创新、管理创新, “两阶段”采购模式一次性解决了设计与施工脱节问题以及工程建设风险问题, 实现了经济、高效、可控的管理目标。漳州项目 220 kV 安全电源线路工程和磨石溪防洪排涝工程两个项目采用上述采购管理模式, 获得了较大经济效益, 合同价大大低于项目估算, 节约前期费用总计约 2000 多万元, 且项目工期进一步缩短。

2.3 “核蓄一体化联营模式研究及实施”

为应对未来核电参与电网调峰新常态, 保证核电机组带基荷安全运行, 漳州核电创新提出并实施“核蓄一体化”联合调峰运行模式, 探索新的经营模式, 以提高总体发电效益, 降低发电成本, 有效提高财务收益率, 增强企业在电力市场中的竞争能力。“核蓄一体化”联营可扬长避短、互相补偿, 满足电力系统负荷峰谷差日渐增大的实际需求, 漳州核电负荷因子将得到保证, 改善输出电力品质, 将获得更高的上网电量, 增加财务收益, 核电经济性将得到保障; 抽水蓄能电站^[9]可免费获得抽水电能, 可有效降低运行成本, 极大提高抽水蓄能电站的经济效益, 抽水蓄能电站优异的调峰填谷和储能作用^[10]可在联营体内部得到充分体现, 盘活核电超发电量效益, 因此核电站、抽水蓄能电站的效益可在联营体内得到较集中充分体现, 在目前的电力市场环境下, “核蓄一体化”运行将使企业具有更强的竞争力和获利能力, 核蓄联营模式是实现降本增效进行的一次大胆尝试, 同时对项目成本控制具有重要积极意义。

2.4 建立成本控制机制

成本控制是核电项目管理“四大控制”之一, 成

本管理是核电项目管理^[2]成功与否的重要指标, 是项目管理 P-D-C-A 循环的子循环, 主要管理过程包括核电工程预算管理、立项管理、采购控制、变更控制和支付控制五个流程。为确保成本控制工作的有效开展、可控, 前期必须建立成本控制机制及采购管理程序体系, 规范成本控制工作的具体内容、步骤和目标要求。核电成本管理 P-D-C-A 循环如图 1 所示。

1) 核电工程预算(P): 在项目可研估算、初设概算等成本控制总目标下, 根据各项进度计划, 编制各种核电工程预算, 包括总预算、年度/月度预算、投资控制指标等。合理、科学的预算是进行成本控制的基础。

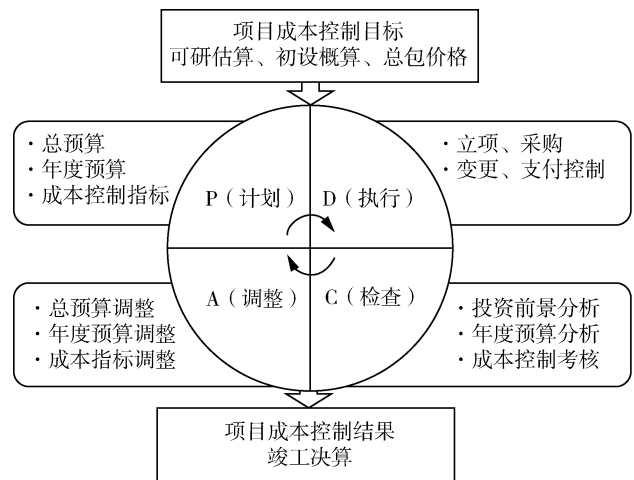


图1 核电成本管理 P-D-C-A 循环

Fig. 1 Nuclear cost management P-D-C-A circle

2) 成本控制措施(D): 按照核电工程预算和执行程序开展立项、采购、变更和支付等业务, 实施立项对标、采购市场竞标、严控紧急采购及变更等相应的控制措施, 支付必须考虑重视资金时间价值, 结合实际合理安排支付计划, 避免超前支付造成损失。

3) 执行情况检查(C): 在成本控制执行过程中, 实时收集和掌握成本控制数据和信息, 对成本控制执行情况进行动态分析和前景预测, 对执行情况进行绩效考核和激励, 动态和前瞻性地监控成本管理的进展, 确保项目投资在成本控制总目标内进行。

4) 消除偏差(A): 包括成本控制目标和核电工程预算的调整, 即当实际成本超过或可能超过计划控制目标时, 首先从技术、管理、组织等方面采取

消偏措施,调整资源配置或业务流程,避免突破成本控制目标和核电工程预算。

2.5 倡导全员成本控制文化

前期成本控制涉及公司各个工作和管理环节,是各部门共同责任,前期成本控制不仅是项目管理者职责,也是全体员工的共同职责,倡导全员节约资金,提高效益的主动精神,鼓励提出合理化成本控制建议,对降低成本控制方面有突出表现的管理部门和人员进行奖励,推广节约、增效的先进管理经验。其次结合前期预算,将项目成本控制目标层层落实下来,倡导全员成本控制文化。

3 结论

长期以来,业界把控制核电建设成本的主要精力放在施工阶段一审核施工图预算、合理结算工程价款、严控合同变更索赔事项。我们已充分认识到要有效地控制核电建设成本,降低核电发电成本,提高电价市场竞争能力,只能把控制重点由原来的单一的对项目实施阶段(设计、施工图预算)的控制转移到核电建设前期决策阶段和设计施工阶段,在各阶段实施有效的成本精益化管理和控制方法,才能取得事半功倍的效果。随着电力市场化竞争加剧,业主应尽快转变观念,超前思维,积极学习吸收先进管理模式和经验,将建设成本精益化管理理念和科学成本控制方法应用到核电工程项目实践中去,提高国内核电工程建设成本管理水平,提高核电的经济性和市场竞价能力。

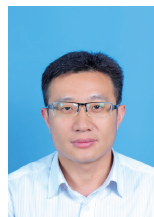
参考文献:

- [1] 黄政宇. “华龙一号”核电工程混凝土管理模式研究 [J]. 南方能源建设, 2016, 3(3): 116-121.
HUANG Z Y. Research on concrete management patterns of HPR 1 000 NPP [J]. Southern Energy Construction, 2016, 3(3): 116-121.
- [2] 孙汉虹, 程平东. 核电工程项目管理 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2006, 11(1): 4-11.
SUN H H. CHENG P D. Nuclear Project Management [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2006, 11(1): 4-11.
- [3] 何润财, 涂国富. EPC 工程总承包项目中采购成本控制 [J]. 南方能源建设, 2016, 3(增刊1): 173-176.
HE R C, TU G F. Procurement cost control in EPC general contract project [J]. Southern Energy Construction, 2016, 3(Supp. 1): 173-176.
- [4] 汪映荣, 中电投核电有限公司. 核电前期工作指南 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2012: 10-98.

WANG Y R, CPI Nuclear Power Co., Ltd. Nuclear Power Preliminary Work Guidance [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2012: 10-98.

- [5] 刘小坚. 核电前期项目公众沟通问题研究 [J]. 南方能源建设, 2017, 4(4): 8-14.
LIU X J. Research on public communication of nuclear preliminary project in China [J]. Southern Energy Construction, 2017, 4(4): 8-14.
- [6] 李永华, 白晋华. 结合福岛核事故探讨 IAEA 核电厂设计安全要求 [J]. 南方能源建设, 2015, 2(4): 155-158.
LI Y H, BAI J H. Study on the safety requirements of nuclear power plants design based on Fukushima nuclear accident feedback [J]. Southern Energy Construction, 2015, 2(4): 155-158.
- [7] 秦晋. 海外总承包项目前期税务筹划分析 [J]. 南方能源建设, 2017, 4(增刊1): 179-184.
QIN J. Analysis of advance tax planning for overseas EPC project [J]. Southern Energy Construction, 2017, 4(Supp. 1): 179-184.
- [8] 张羽, 胡亮. 关于总承包业务设计优化、采购成本控制的思考 [J]. 南方能源建设, 2016, 3(增刊1): 165-167 +185.
ZHANG Y, HU L. Design optimization and procurement cost control of EPC project [J]. Southern Energy Construction, 2016, 3(Supp. 1): 165-167 +185.
- [9] 张菊梅, 苏非, 吴强, 等. 浅析“十一五”及“十二五”期间抽水蓄能电站造价水平 [J]. 南方能源建设, 2017, 4(增刊1): 150-153.
ZHANG J M, SU F, WU Q, et al. Analysis of the cost level of pumped storage power station during the 11th five year plan and the 12th five year plan period [J]. Southern Energy Construction, 2017, 4(Supp. 1): 150-153.
- [10] 罗莎莎, 韩冰, 刘云, 等. 广东抽水蓄能电站功能发挥情况研究 [J]. 南方能源建设, 2017, 4(3): 69-74.
LUO S S, HAN B, LIU Y, et al. Research on the main functions of pumped-storage plants in Guangdong [J]. Southern Energy Construction, 2017, 4(3): 69-74.

作者简介:



HUANG Z Y

黄政宇(通信作者)

1981-, 男, 山东临沂人, 高级经济师, 管理学学士, 主要从事核电工程商务合同管理工作(e-mail)24773964@99.com。

(责任编辑 郑文棠)