

海外油气田地面工程 EPC 项目 投标报价探讨

韩群群^{1,2} 何沙¹ 刘阳² 巫可² 游璐³ 孙愉²

1. 西南石油大学经济管理学院, 四川 成都 610500;
2. 中国石油工程建设有限公司西南分公司, 四川 成都 610041;
3. 中国化学工程第七建设有限公司, 四川 成都 610100

摘要:“一带一路”倡议提出近 6 年,已得到越来越多国家的认同和响应。“一带一路”的重点内容之一就是基础设施互联互通,“一带一路”沿线分布着众多油气储量丰富的油气资源国,这些国家以油气产业为支柱产业,亟需改善油气基础设施,以增加油气生产和出口。这为中国石油企业带来了机遇,同时也应看到“一带一路”倡议提供的是一个公平开放的平台,在国际油气工程承包市场里,各国工程公司云集于此,执行国际工程惯例,竞争十分激烈。如何快速完成高水平的 EPC 投标报价,关系着中国石油企业能否中标,在竞争激烈的国际油气工程承包市场里得以生存。分析 EPC 投标报价费用构成,探讨 EPC 投标报价方法,提出几点注意事项,为海外油气田地面工程 EPC 项目投标报价实践提供参考。

关键词:海外;油气田地面工程;EPC;投标报价

DOI:10.3969/j.issn.1006-5539.2019.06.022

Discussion on Bidding Quotation of EPC Project for Overseas Oil and Gas Field Surface Engineering

Han Qunqun^{1,2}, He Sha¹, Liu Yang², Wu Ke², You Lu³, Sun Yu²

1. School of Economics and Management. Southwest Petroleum University, Chengdu, Sichuan, 610500, China;
2. China Petroleum Engineering & Construction Corp. Southwest Company, Chengdu, Sichuan, 610041, China;
3. China Chemical Engineering Seventh Construction Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610100, China

Abstract: The “Belt and Road” initiative has been launched for nearly 6 years, and it is recognized and responded by more and more countries. One of the key contents of the “Belt and Road” initiative is the interconnection of infrastructure. Along the “Belt and Road”, there are many countries which are rich in oil and gas reserves. These countries take the oil and gas industry as their pillar industry, and urgently need to improve their oil and gas infrastructure so as to increase oil and gas production and exports, which brings opportunities for Chinese petroleum enterprises. At the same time, we should also see that the “Belt and Road” initiative provides a fair and open platform. In the international oil and gas engineering

收稿日期:2019-07-23

基金项目:西南石油大学人文专项基金资助(2018 RW 021)

作者简介:韩群群(1988-),男,山东泰安人,博士研究生,工程师,注册造价工程师,注册监理工程师,从事石油工程管理研究。

contracting market, many engineering companies from various countries are gathered here to carry out international engineering practice under fierce competition. How to quickly complete the high-level EPC bidding quotation is related to whether Chinese petroleum enterprises can win the bid and survive in the fiercely competitive international oil and gas engineering contracting market. This paper analyses the cost composition of EPC bidding quotation, probes into the method of EPC bidding quotation, and puts forward some matters that needs attention in order to provide references for the practice of EPC project bidding quotation of overseas oil and gas field surface engineering.

Keywords: Overseas; Oil and gas field surface engineering; EPC; Bidding quotation

0 前言

“一带一路”沿线国家分布着众多油气资源国,蕴藏着丰富的油气资源。除中国外,油气可采资源量分别为 $2\ 512 \times 10^8$ t 和 292×10^{12} m³,占世界可采资源量的 60% 和 63%。“一带一路”沿线国家油气产量分别为 24.1×10^8 t 和 1.8×10^{12} m³,占世界油气产量的 58% 和 54%,中国自沿线国家进口的油气资源占原油和天然气进口份额分别为 66% 和 86%^[1]。“一带一路”倡议提出近 6 年,已得到越来越多国家的认同和呼应。“一带一路”沿线许多油气资源国油气产能有待提高,油气基础设施亟待兴建和修复,中国石油企业走向“一带一路”沿线国家,积极开展产业投资和参与工程承包。在以中东、北非和中亚-俄罗斯地区为代表的国际油气工程承包市场里,来自日本、韩国、印度、土耳其和其他欧美的著名工程公司云集于此,参与油气田地面工程建设 EPC 承包合同的竞争,竞争激烈。如何做好投标报价工作,提高项目中标率,值得探讨。

1 EPC 项目投标报价概述

1.1 油气田地面工程

油气田地面工程(Oil and Gas Filed Surface Engineering)是油气田开发过程中相对于勘探、钻井、修井等地下工程而言,它是油气田开发生产大系统中的一个子系统,是油气开发生产中的一个重要环节^[2],是实现高效开发、体现开发效果和经济技术水平的重要方面,是降低投资控制成本、提高开发效益的重要控制点。油气田地面工程主要包括井场、单井管线、集油(气)管线、集油(气)站、原油中心处理站、天然气处理厂、外输管线、增压站、电站、输变电路、水源井及道路桥梁等。油气田地面工程是所有油气田开发实现油气生产都必须完成的重要环节,是基础性的油气生产设施。油气田地面建设工程主要内容包括油气田地面生产设施和配套设施的设计、采购、施工及试运行投产,投产成功后交付业主进入油气生产运行。

1.2 投标报价特殊性

一般而言,在国内开展油气田地面工程项目承包,有熟悉的自然环境和长期稳定的社会经济环境:有可靠的社会依托,水电气和工程物资供应均有保障,有成熟稳定的工程设计规范、验收规范和工程建设施工标准。而海外油气田地面工程面临不同的国家,自然环境不熟悉,中东、北非油气资源国大多自然环境恶劣,社会经济条件和治安条件较差,法律和政策变动性较大,如税法和汇率政策等;工业体系相对较薄弱,土建材料可在当地生产和采购,大部分工业设备和施工机械均需要从国内或第三国进口^[3]。因此,海外油气田地面工程 EPC 项目投标报价有其特殊性,主要体现在报价费用科目种类更多、金额更高、风险更大,包含许多国内项目不会考虑的费用,如安保(雇佣军警)费用、关税等。由于在不同的国家开展海外油气田地面建设工程 EPC 总承包,采用的工程建设标准和规范也不同,有的国家甚至没有相应的标准和规范,在标准转换、沟通协调方面,也需要规划相应的投入。总体来说,海外油气田地面建设工程 EPC 项目投标报价应保证格式规范、科目完整、金额高低合理,从而增加项目投标中标率,减少中标后项目执行过程中的亏损风险^[4-5]。

1.3 投标报价费用构成

海外油气田地面建设工程 EPC 项目投标报价费用一般包括:勘察设计费、采购费、施工费、项目管理费、试运行开车及培训费、风险及不可预见费、其他费用和税费等,见表 1。其中,勘察设计费包括勘察费、基础设计费、详细设计费等,按照各单元或装置下各专业自下而上的形式汇总而成。采购费包括设备材料采购费、备品备件费、填料费以及其他费用(包括设备材料驻厂监造费、国内及国际运费、现场服务费),按照各单位或装置下各专业的形式汇总而成。施工费主要指完成油气田地面工程的厂区总图、绿化、设备基础、建构物等土建工作,以及设备安装吊装、调试的安装工作所需的工程费用。项目管理费指为开展和保证本项目顺利实施而投入的所有现场管理人员费用、总部管理人员费用以及企业将总部对工程项目提供的管理支持及相关项目分

摊到项目上费用,如总部大楼办公费等。试运行开车及培训费包括为投产试运行而投入的人工、机械、消耗性材料、业主操作人员培训、编制培训手册等相关费用。风险费一般为涨价因素做储备使用,涨价通常指因技术、经济或市场情况等外部因素变化而导致费用或价格的变化。不可预见费指对项目条件或事件状态存在不确定性,且根据经验表明其发生很可能导致额外追加的费用^[6-7]。其他费用指为实施项目而必须发生的其他相关费用,包括 EPC 临时设施费及动迁费、HSE 费、安保费、保函和保险费等。税费指项目所在国对施工项目及项目运作所征收的所有税收及相关费用等,包括企业所得税、个人所得税、预扣税、增值税、关税、印花税,还有承包商和分包商的设备和机械的进口关税以及其他税费^[8-10]。

表 1 海外油气田地面建设工程 EPC 项目投标报价汇总表

NO. 序号	ITEM DESCRIPTION 项目描述	TOTAL 总计	REMARKS 备注
1	Project Management 项目管理费		
2	Survey and Engineering 勘察设计费		
3	Procurement 采购费		
4	Construction 施工费		
5	Commissioning, Startup and Training 试运行开车及培训费		
6	Risk & Contingency 风险及不可预见费		
7	Miscellaneous 其他费用		
8	Taxes and Duties 税费		
Total Lump Sum Bid Price 总价			

2 EPC 项目投标报价方法

2.1 粗略匡算投标报价法

在许多油气资源国,其油气资源由所在国国家石油公司负责开发生产。以气田为例,有的国家石油公司急于完成本国政府下达的产能、国内供应和国际出口任务,在完成了规划的开发生产井钻井口就启动地面工程的国际招标。此时,业主即国家石油公司仅向国际承包商提供气田开发生产井数量、位置、每口井产量、井口压力、井口气组分等基本参数,没有其他可行性研究、基础设计资料,就要求承包商据此进行产能建设服务 EPC 合同报价。此时,EPC 总承包商应根据井口压力、井口气组分,确定天然气净化装置的设计工作压力和装置类型。如根据井口气组分是否高含 H₂S 或 CO₂ 来确定主体工艺装置是否应设计脱硫装置、硫黄回收装置和脱碳装置,根据井口压力确定集输系统和净化系统工作压力,根据井口气组分确定材料选型,这些都对工程费用

有决定性影响。

1)对于相似的海外气田地面工程项目,可采用生产能力指数法,进行投标报价费用的粗略匡算。该方法根据已建类似项目生产能力和投资额,粗略匡算同类但生产能力不同的拟建项目静态投资额,计算公式为:

$$C_2 = C_1 \left(\frac{Q_2}{Q_1} \right)^x \cdot f \quad (1)$$

式中: C_1 为已建类似项目的静态投资额; C_2 为拟建项目静态投资额; Q_1 为已建类似项目的生产能力; Q_2 为拟建项目的生产能力; x 为生产能力指数; f 为考虑时间、地点、单价和其他差异的综合调整系数。

式(1)表明造价与规模或能力呈非线性关系,且单位造价随工程规模或能力增大而减小。生产能力指数法的关键是生产能力指数的确定,一般要结合行业特点确定,并应有可靠例证。正常情况下, $0 \leq x \leq 1$,不同生产率水平的国家和不同性质的项目, x 取值不同。若已建类似项目规模和拟建项目规模的比值为 0.5~2 时, x 取值近似为 1;若已建类似项目规模与拟建项目规模的比值为 2~50,且拟建项目生产规模的扩大仅靠增大设备规模来实现时, x 取值为 0.6~0.7;若靠增加相同规格设备的数量实现时, x 取值为 0.8~0.9^[11-13]。

采用该方法进行海外油气田地面工程 EPC 项目报价估算时,若无相似海外已建项目业绩,但有相似国内项目业绩,则需要分两步进行测算。首先,利用生产能力指数法测算出拟建项目在国内的费用(同式(1));其次,根据已有资料测算国内项目设备材料费所占比例,以该比例计算拟建海外项目的设备材料费,再乘以运输装卸清关等综合系数,可得拟建海外项目设备材料费,剩余部分费用均可按前期调研获得的人材机价格差异测算国内外施工差异综合调整系数计算而得,过程如下:

$$C_2^* = \frac{E}{C_2^*} \cdot \alpha + (C_2 - E)\beta \quad (2)$$

式中: E 为国内拟建项目设备材料费; C_2^* 为国外拟建项目静态投资额; α 为运输装卸清关综合系数; β 为国内外施工差异调整系数($\alpha > 1, \beta$ 根据经验测算)。

2)对于可获得较准确设备购置费的项目,还可以采用设备系数法、主体专业系数法和朗格系数法来计算。此类方法原理均以各装置单元或专业占工艺设备的比例,乘以工艺设备费,求出各装置单元或专业的费用,进而相加得出报价费用估算金额。

2.2 定额修正投标报价法

若业主提供初步设计或详细设计资料,则该 EPC 项目报价应尽量采用基于定额修正的分项详细估算法。现阶段国外石油企业的施工技术或方法、施工组织与中国石油企业大同小异,机械化程度也基本处于同一水

平。对于中国石油企业来说,同样的石油建设工程项目在国内外的施工组织基本相同,即项目施工在人力、材料、机械的投入量和投入时间大致一样,只是单价存在差异^[14-15]。可以利用国内外人力、材料、机械的价差,对定额价格进行修正,即利用国内最新定额的消耗量指标,匹配调整后的定额基价,从而实现国内外价格水平的归一。最后按照勘察设计费、设备采购费、施工费、项目管理费、其他费用、试运行开车及培训费、风险及不可预见费、税费等科目,分项逐个自下而上进行详细估算,最终汇总得出投标总报价^[16],过程如下:

1) 根据类似项目估算勘察设计人工时,结合勘察设计工日费用,计算汇总勘察设计费,或根据工程费用一定比例计算勘察设计费。

2) 根据以往项目设备价格库及供应商询价确定设备费基础,通过估算设备重量和体积,结合海运服务询价,将相关费用摊入设备费,得出设备采购费报价。

3) 以国内最新石油建设安装消耗工程量定额为基础,按所在国当地价格水平修正定额人工、材料、机械单价,结合实物工程量用广联达清单计价软件套用修正后的定额,得出建筑安装施工费报价。

4) 根据项目工期和施工组织设计,计算项目管理和施工人员等的现场管理费、总部管理费和动迁回迁费等。

5) 根据项目合同要求计算各类保函和保险费。

6) 根据项目试运行开车要求,计算开车服务费和培训费。

7) 根据前期所在国商务调研资料,计算当地安保费和急救费等。

8) 预估一定比例的风险费和应急费。

9) 根据合同付款安排,计算垫资和贷款利息。

10) 根据当地增值税法、所得税法、关税法等计算各类税费^[17-18]

2.3 协同合作投标报价法

若所在国有较成熟的施工企业,则可以发挥其在当地的经营优势,将土建材料采购和土建施工等分包给当地成熟施工企业,签订战略合作协议,并协同报价。可根据业主招标文件规定,组成联合体进行投标。若业主不接受联合体投标,则签订协同投标的协议。与当地成熟施工企业协同投标,不仅可以提高报价水平的合理性,还可以获得较贴近所在国水平的建筑安装施工价格,保证设计利润和设备采购利润,转移建筑安装施工费用风险。此外,还可以通过支付一定费用的方式获得当地成熟施工企业的施工费用报价^[19]。

3 EPC项目投标报价注意事项

近年来,国际油价持续低位运行,上游国际石油企

业大幅压缩海外油气投资,油气资源国出口收入下降,更加缺乏资金开展大规模的勘探开发投资,使得世界范围内国际油气田地面工程承包市场萎缩。海外油气田地面工程EPC项目投标愈加激烈,中国石油企业不仅面临与所在国当地承包商、其他国际承包商竞争,还经常与国内同行在国外同台竞争。争取中标是每个企业的目标,做出具有竞争力的报价是中标的先决条件。海外油气田地面工程EPC项目投标报价应注意如下几点:

3.1 开展务实的前期商务调研

中国石油企业应组织商务、合同、财务、法律、安全、技术、人事、采购等部门人员,组成覆盖专业齐全的前期商务调研队伍,到项目所在国进行务实详尽的调研,重点调查内容应包括当地的许可办理、施工成本、工业物资和生活物资供应、公路桥梁和码头等交通运输设施水平、税法体系、税务成本、技术工人水平及数量、劳工价格等。只有掌握详实的调研资料,才能提高报价准确性。

3.2 认真研究招标文件和合同条款

认真研究招标文件和合同条款是进行投标报价最重要的环节和报价基础,必须重点关注招标文件中的工作范围和报价要求,分清计入总价的工作项目和可选项工作项目,避免出现多报、漏报和少报的低级错误。招标文件中对于设计规范、施工标准、验收规范、指定当地分包、本地化含量的要求是影响投标报价的重要因素,需要予以特别关注^[20]。此外还应重点关注招标文件和合同条款中关于各类保函的开具要求和合同价款的付款安排,据此进行保函费用和贷款利息成本测算,并考虑在报价中,避免损失。

3.3 充分利用当地企业资源

一般来说,所在国也有成熟的当地施工承包商和其他国家的承包商,如印度施工企业在中东非具有较好的经营基础。中国石油企业应积极与当地成熟施工承包商进行接触,通过付费询价或与其组成战略合作伙伴进行协同投标,在保密公司机密和谨慎选择的前提下,充分利用当地资源,发挥当地承包商人才和语言优势,提高EPC项目报价工作的快速高质量响应水平和效果,同时解决当地就业,获得良好信誉和社会观感。

3.4 评估项目所在国风险因素

当前,在海外开展工程承包面临较多风险,主要是政治风险和社会经济风险,例如劳工比例政策的松紧程度、税收政策稳定性、通货膨胀高低、汇率稳定和外汇管制程度等。在投标报价时,应根据不同国家和不同风险因素的级别,构建风险矩阵,赋以相应的风险因子,并体现在报价中。

4 结论

本文分析了海外油气田地面工程的主要内容及其

投标报价的特殊性,给出了海外油气田地面工程 EPC 项目投标报价的费用构成。在此基础上,针对不同基础条件的项目,提出了粗略匡算投标报价法、定额修正投标报价法和协同合作投标报价法,并逐一介绍。以上三种方法基本可满足海外油气田地面工程常规项目的投标报价要求,结合前期商务调研、合同条款研读和风险因素评估等环节,经过多次拟合修正,可提高海外油气田地面工程 EPC 项目的投标报价水平。

参考文献:

- [1] 佚名. “一带一路”油气资源分布明细[N]. 中国能源报, 2015-07-13(004).
 Anon. The Distribution of Oil and Gas Resources Among the Countries of “Belt and Road” [N]. China Energy News, 2015-07-13 (004).
- [2] 汤林, 云庆, 张维智. 近年油气田地面工程高质量发展建设成果与展望[J]. 天然气与石油, 2019, 37(1): 1-6.
 Tang Lin, Yun Qing, Zhang Weizhi. Achievements and Prospect of Oil & Gasfield Surface Engineering in Recent Years [J]. Natural Gas and Oil, 2019, 37 (1): 1-6.
- [3] 李嘉陵. 国际工程投标报价的策略[J]. 石油工程建设, 2003, 29(5): 47-50.
 Li Jialing. Tactics of Quotation Bidding on International Projects [J]. Petroleum Engineering Construction, 2003, 29 (5): 47-50.
- [4] 许惠燕. 国际工程投标报价程序[J]. 对外经贸实务, 2008(4): 60-63.
 Xu Huiyan. Bidding and Quotation Procedure for International Projects [J]. Practice in Foreign Economic Relations and Trade, 2008 (4): 60-63.
- [5] 安晓鹏. 国际工程投标报价策略浅谈[J]. 煤炭工程, 2008(2): 117-118.
 An Xiaopeng. Comments on Bidding Police Strategy of International Project [J]. Coal Engineering, 2008 (2): 117-118.
- [6] 刘立平. 浅谈国际工程总承包投标报价中的费用构成[J]. 石油化工技术经济, 2005, 21(6): 22-25.
 Liu Liping. A Tentative Discussion on Expense Composition of Bidding Quote for Turnkey Contract of International Engineering [J]. Techno-Economics in Petrochemicals, 2005, 21 (6): 22-25.
- [7] 蔡江汇. 国际总承包工程报价风险分析方法[J]. 石油工程建设, 2009, 35(增刊1): 194-197.
 Cai Jianghui. Risk Analysis Methods of Quotation Making for International EPC Engineering Projects [J]. Petroleum Engineering Construction, 2009, 35 (Suppl): 194-197.
- [8] 朱明, 全吉, 黄剑眉, 等. 国际工程项目费用风险量化评估与动态管控[J]. 国际经济合作, 2014(5): 81-86.
 Zhu Ming, Quan Ji, Huang Jianmei, et al. Quantitative Risk Assessment and Dynamic Control of International Project Cost [J]. Journal of International Economic Cooperation, 2014 (5): 81-86.
- [9] 齐立典. 论国际石油工程投标报价[J]. 油气田地面工程, 2006, 25(8): 73-74.
 Qi Lidian. Study on Bidding Quotation of International Petroleum Engineering [J]. Oil-Gasfield Surface Engineering, 2006, 25 (8): 73-74.
- [10] 张国贤. 工程项目投标报价的初评估[J]. 炼油技术与工程, 2004, 34(10): 59-61.
 Zhang Guoxian. Primary Evaluation of Project Bidding and Proposal [J]. Petroleum Refinery Engineering, 2004, 34 (10): 59-61.
- [11] 王笑, 孙春芬, 陈晓平, 等. 海外油气田地面工程投资估算方法和参数[J]. 石油规划设计, 2017, 28(5): 40-43.
 Wang Xiao, Sun Chunfen, Chen Xiaoping, et al. Investment Estimation Method and Parameter of Surface Engineering for Overseas Oil and Gas Field [J]. Petroleum Planning & Engineering, 2017, 28 (5): 40-43.
- [12] 冯凯梁. 石油化工装置投资估算方法应用研究[J]. 项目管理技术, 2013, 11(10): 108-111.
 Feng Kaijiang. Study on the Application of Investment Estimation Method of Petrochemical Plant [J]. Project Management Technology, 2013, 11 (10): 108-111.
- [13] 李怀印. 海上油气田开发石油工程投资估算方法[J]. 价值工程, 2011, 30(27): 56-57.
 Li Huaiyin. The CAPEX Estimating Methodology of Offshore Oilfield Petroleum Engineering [J]. Value Engineering, 2011, 30 (27): 56-57.
- [14] 陈新明, 周小芹, 周福林, 等. 国内外石油建设安装工程费用组成的差异分析[J]. 天然气与石油, 2018, 36(1): 118-124.
 Chen Xinming, Zhou Xiaoqin, Zhou Fulin, et al. The Analysis of Expenditures of Domestic and International Petroleum Installation Project [J]. Natural Gas and Oil, 2018, 36 (1): 118-124.
- [15] 陈新明, 周小芹, 马华, 等. 定额修正在海外石油建设工程项目投标中的应用[J]. 天然气与石油, 2016, 34(6): 108-114.
 Chen Xinming, Zhou Xiaoqin, Ma Hua, et al. Application of Quota Correction in the Bid for International Petroleum Construction Project [J]. Natural Gas and Oil, 2016, 34 (6): 108-114.
- [16] 陈新明, 周小芹, 韩群群, 等. 海外石油工程建设项目工程量清单编制实践[J]. 天然气技术与经济, 2016, 10(4): 71-75.

- Chen Xinming, Zhou Xiaoqin, Han Qunqun, et al. Practice of BOQ Making of Overseas Petroleum Engineering Project [J]. Natural Gas Technology and Economy, 2016, 10 (4): 71-75.
- [17] 王海志. 海外总承包项目投标报价阶段的风险管理[J]. 国际石油经济, 2015, 23(1): 65-71.
- Wang Haizhi. Risk Management at the Bidding Stage for EPC Projects Abroad [J]. International Petroleum Economics, 2015, 23 (1): 65-71.
- [18] 陈进. 浅谈总承包项目风险识别及防范措施[J]. 天然气与石油, 2009, 27(2): 58-61.
- Chen Jin. Discussion on Risk Identification in EPC Project and Preventive Measures [J]. Natural Gas and Oil, 2009, 27 (2): 58-61.
- [19] 黄亚江, 金鑫, 丁玥. 国际工程合同型联合体协议核心条款解读[J]. 中国港湾建设, 2019, 39(4): 73-77.
- Huang Yajiang, Jin Xin, Ding Yue. Interpretation of the Core Clauses of International Engineering Contractual Joint Venture Agreement [J]. China Harbor Engineering, 2019, 39 (4): 73-77.
- [20] 徐庆. 机电产品国际公开招标文件编制的关键点[J]. 中国招标, 2018(6): 17-19.
- Xu Qing. Key Points in Compiling International Bidding Documents for Mechanical and Electrical Equipment [J]. China Bidding Weekly, 2018 (6): 17-19.

(上接第90页)

- [17] 中国工程建设标准化协会. 埋地硬聚氯乙烯给水管道工程技术规程: CECS 17: 2000 [EB/OL]. [2019-07-10]. <https://wenku.baidu.com/view/b36a20f8c8d376eeaeaa3160.html>, 2012-03-28.
- China Association for Engineering Construction Standardization. Technical Specification for Buried Unplasticized Polyvinyl Chloride (PVC-U) Pipeline of Water Supply Engineering: CECS 17: 2000 [EB/OL]. [2019-07-10]. <https://wenku.baidu.com/view/b36a20f8c8d376eeaeaa3160.html>, 2012-03-28.
- [18] 王芷芳, 王健. 阴极保护工程设计中的若干问题[J]. 腐蚀与防护, 2000, 21(4): 164-166.
- Wang Zhifang, Wang Jian. Several Problems on Cathodic Protection Designing [J]. Corrosion & Protection, 2000, 21 (4): 164-166.
- [19] 王芷芳, 杨骁. 牺牲阳极在高温下电化学性能的测定[J]. 化工腐蚀与防护, 1994, 22(2): 21-24.
- Wang Zhifang, Yang Xiao. Determination of Electrochemical Properties of Sacrificial Anode at High Temperature [J]. Chemical Corrosion and Protection, 1994, 22 (2): 21-24.
- [20] 石油工程建设专业标准化委员会. 埋地钢质管道阴极保护参数测量方法: GB/T 21246-2007 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- Standardization Committee of Petroleum Engineering Construction. Measurement Method for Cathodic Protection Parameters of Buried Steel Pipelines: GB/T 21246-2007 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2008.

(上接第116页)

- Qiao Ping'an, Yang Lifa. Design of GIS-based Petro and Gas Pipeline Management Information System [J]. Computer Engineering, 2007, 33 (7): 261-263.
- [12] Lin Feng, Lum Kai-Yew, Chen B M. Development of a Vision-Based Ground Target Detection and Tracking System for a Small Unmanned Helicopter [J]. Science in China Series F: Information Sciences, 2009, 52: 2201-2215.
- [13] Xie Xiaowei, Liu Zhengjun, Zuo Zhiqian. Flight Route Designing and Mission Planning of Power Line Inspecting System Based on Multi-sensor UAV [J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2014, 17 (1): 012192.
- [14] Taha Z, Tang Y R, Yap K C. Development of an Onboard System for Flight Data Collection of a Small-Scale UAV [J]. Helicopter Mechatronics, 2011, 21 (1): 132-144.
- [15] Tulum K, Durak U, Yder S K. Situation Aware UAV Mission Route Planning [C] // Proceedings of the 2009 IEEE Aerospace Conference, 7-14 March, 2009, Big Sky, MT, USA. New York: IEEE, 2009.