

引用格式:曹莉萍,诸大建.合同能源管理绩效评价的理论模型构建与实证研究[J].资源科学,2016,38(3):0414-0427. [Cao L P, Zhu D J. An empirical and theoretical study on contracting energy management performance evaluation[J]. *Resources Science*, 2016, 38(3):0414-0427]. DOI: 10.18402/resci.2016.03.05

合同能源管理绩效评价的理论模型构建与实证研究

曹莉萍¹, 诸大建^{1,2}

(1. 上海社会科学院生态与可持续发展研究所, 上海 200020; 2. 同济大学经济与管理学院, 上海 200092)

摘要:学术上对于合同能源管理服务问题的研究主要是对其机制的研究,对合同能源管理服务绩效领域的实证研究相对来说比较少。为深入研究合同能源管理服务绩效的关键影响因素,并构建完善的合同能源管理服务绩效评价体系,本文根据可持续性科学(2.0版)思想,分析了合同能源管理服务绩效理论框架,提出了基于三重底线的服务绩效、多方利益相关主体满意度、合作满意度、过程管理效果、整体服务绩效之间关系的研究假设,构建了基于“压力(Pressure)-状态(State)-反映(Response)”(PSR)驱动力模型的合同能源管理对象、主体、过程三维绩效评价模型。同时基于上海地区109份有效调查问卷数据,采用结构方程模型实证检验理论模型所提出的15个研究假设。检验结果显示:合同能源管理服务主体中的节能服务公司、政府这两个主体的满意度与服务绩效之间研究假设没有通过检验,其他研究假设均通过检验。研究结果表明:①影响合同能源管理服务绩效各维度因素对整体服务绩效具有重要影响;②除了节能服务公司、政府这两个主体的满意度,其他核心利益相关主体满意度对合作满意度也具有重要影响;③节能服务公司满意度对合作满意度具有显著的消极影响。最后,基于上述研究结论,本文从过程管理、主体合作治理两个方面,为提升合同能源管理服务绩效提出对策建议。

关键词:合同能源管理;可持续性科学(2.0)思想;合作治理;绩效评价;结构方程模型

DOI: 10.18402/resci.2016.03.05

1 引言

20世纪70年代,世界石油危机爆发对全世界的能源保障形成了巨大的冲击。为了应对能源价格的暴涨和能源安全的挑战,并满足节能服务市场的需求,一种被称为“合同能源管理”(Energy Performance Contracting, EPC)的节能技术改造和能源管理服务新模式、新机制在发达国家应运而生。尤其在北美和欧洲,合同能源管理服务推动了分布式供热和供电系统在农业和制造业产品服务系统(Product Service System, PSS)领域的发展。20世纪90年代,工业、建筑业也积极地采用此项服务实现

了节能目标,并成为国民经济新的增长点。合同能源管理的实质是专业化的节能服务公司(又称“能源服务公司”, Energy Service Corporation, ESCO)与愿意进行节能技术改造或委托其进行能源管理服务的客户签订能源绩效合同,按照合同内容采用先进的节能技术及全新的能源管理方案来为客户实施节能减排项目^[1-6]。其内容主要包括用能诊断、工程设计、资金筹措、设备采购、施工安装、调试验收、员工培训、维护保养等^[1],在项目实施前以合同(契约)的形式对服务内容和预期目标等加以约定,通过项目实施后所取得的节能效益来回收投资并取

收稿日期:2015-04-28;修订日期:2015-11-12

基金项目:国家自然科学基金(71173157/G0311201);国家社会科学基金重点项目(09AZD042)。

作者简介:曹莉萍,女,苏州人,博士,助理研究员,研究方向为低碳经济、合同能源管理和能源政策创新。E-mail: clp-ww@163.com

1)在发达国家,合同能源管理服务内容还可包括能源供应服务,节能改造、能源管理和能源供给统称为能源服务(Energy Services)。在中国,目前能源供应服务主要是由具有地区垄断性能源公司,如电力公司、天然气公司、热电厂等直接供应,很少有节能服务公司为客户采购能源(包括可再生能源),这也是合同期长达10多年的能源费用托管型合同能源管理服务不被重用的原因之一。但已有目前一些电力、燃气公司等公共事业单位也相继成立节能服务子公司或事业部,希望在节能和能源管理服务业务方面有所突破。

2016年3月

得合理利润^[6]。时至今日,大量案例已经证实了合同能源管理服务对于提高能源生产率具有积极作用。然而,合同能源管理服务绩效研究的文献主要集中在节能效益评价领域,如运用关键绩效指标评价方法和层次分析法、网络分析法构建可持续性建筑节能改造绩效评价模型^[7-9]。多数行业领域的合同能源管理服务绩效研究也多为能源服务项目实施后节能量、节能效益的计算与评价,项目风险评价、项目的社会影响等案例研究^[10-17],缺乏对合同能源管理整体服务绩效系统性的评价研究。对于应用产品服务系统模式的能源管理服务绩效也只是从服务项目的客观产出——节能量或成本-经济收益进行简单的效率计算来衡量,没有从能源管理服务多方利益相关主体满意度与合作满意度角度进行深入分析,也没有从能源服务过程管理中的产出效率角度对服务绩效进行研究。而以较少能源物质投入获得较高经济效益为代表的能效服务是社会可持续发展的重要策略^[9]。目前,从用能单位到整个城市都忽略了能源服务过程管理(包括监测和目标控制服务,又称“软服务”)在能效提高方面的潜力^[18]。韩国学者运用系统动力学方法和可持续发展三重底线方法动态和多角度地衡量“公共自行车服务应用产品”服务系统模式的绩效,以弥补以往学者系统研究方法的不足^[19]。其动态和多角度研究方法也可用于不同领域的合同能源管理服务绩效评价,但是由于合同能源管理服务涉及不同领域(涉及公共、私人、建筑、工业、制造业等领域),基于三重底线的客观数据(尤其是经济、社会效益方面的数据)难以测定、收集,因此,给同样运用产品服

务系统模式的合同能源管理整体服务绩效的动态研究带来了难度。

基于合同能源管理模式的节能减排服务是解决资源环境问题的重要手段之一,能够实现发展模式和治理模式的绿色化,也是可持续发展治理市场化模式之一。那么,要科学评价合同能源管理绩效,需要运用可持续性科学研究方法进行多维综合评价。可持续性科学(2.0版)思想为合同能源管理服务绩效研究开启了一条新的动态研究思路。可持续性科学研究的主题是可持续性 or 自然与社会的相互作用,探索 and 解决这种相互作用的复杂性。2002年由23名世界著名可持续发展研究者在美国《科学》上发表了“可持续性科学”的论文^[20]。诸大建在此基础上发展以对象-主体-过程(OSP)为内容的可持续性科学的概念模型,并称之为可持续性科学(2.0版)思想。其中,对象视角,强调可持续性,即基于经济、社会、资源环境三者依次包容关系的三重底线评价;主体视角,强调重视合作治理;过程视角是基于巴斯德研究的“压力(Pressure)-状态(State)-反映(Response)”(PSR)模式^[21]。本文基于此思想,认为合同能源管理整体服务绩效研究可采用对象、主体、过程三维^[22]的二次和多次PSR动态分析模型^[23](图1),从单纯的对象评价维度——基于三重底线的服务绩效评价,即State(S),引入主体和过程评价维度——通过对合同能源管理服务过程中多方利益相关主体合作满意度评价和过程管理效果的评价,即Pressure(P),来重新确定PSS模式下能源服务的整体绩效。从而,为探讨提升合同能源管理整体服务绩效、利益相关主体合作满意

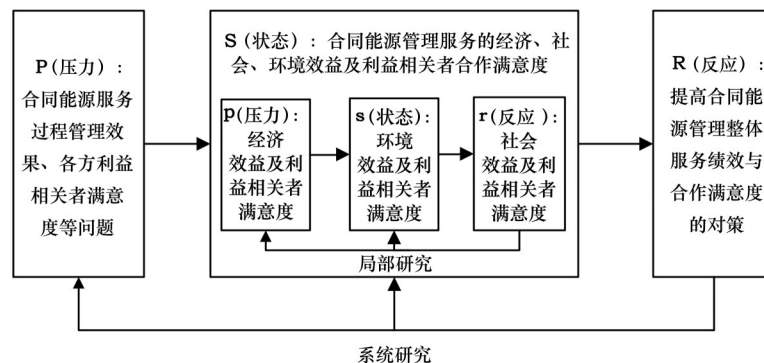


图1 合同能源管理服务可持续发展研究方法

Figure 1 Research method for sustainable development of energy performance contracting(EPC)

度等可持续性对策,即 Response(R),提供政策分析的可能性。

2 研究假设提出与模型构建

本文沿着合同能源管理整体服务绩效各要素、利益相关主体满意度与合作满意度各要素、过程管理效果各要素与整体服务绩效关系的分析路径进行假设构建。

2.1 基于三重底线的服务绩效与整体服务绩效的关系及假设

三重底线作为多角度衡量产品服务系统模式可持续发展治理绩效的方法,包含可持续发展性的三个重要方面。“三重底线”一词是由约翰·埃尔金顿和他的商业合伙人兼可持续发展商业顾问提出的^[24]。三重底线最重要的部分就是包含了可持续发展的3个要素:经济效益、社会效益、资源环境效益^[24-27]。这三个方面在某一事物中是可以区分开来,但最终将融合在一起^[24]。因为可持续发展的实现与“经济-社会-资源环境系统”具有全面的关联而不是只注重其中一个方面^[28]。三重底线最终被认为是评价事物具有可持续发展性的理论框架^[28-32],也被应用于评价产品服务系统模式的治理绩效。合同能源管理服务作为产品服务系统模式跃进¹⁾后能源服务领域的应用实践,采用三重底线对其绩效进行评价,对其产业促进具有可持续性发展的意义。

因此,本文根据基于三重底线的可持续发展标准,提出这一标准与项目整体服务绩效的关系情境,假设如下:

H1a:合同能源管理服务的经济效果越好,项目整体服务绩效越高。

H1b:合同能源管理服务的社会效果越好,项目整体服务绩效越高。

H1c:合同能源管理服务的资源环境效果越好,项目整体服务绩效越高。

2.2 多方利益相关主体满意度与合作满意度的关系及假设

在操作层面上,发展合同能源管理服务产业,解决能效提高的市场障碍,这就需要改变现行经济社会中能源生产者(电厂)与能源服务分销公司(如

国家电网、地方电力公司)之间,能源绩效合同提供方(ESCO)与设备终端使用者(用能客户及终端用能客户)之间,设备制造商与设备终端使用者之间,能源服务分销公司与设备终端使用者之间,能源政策制定者与实施者之间等多方利益相关主体之间的制度关系和契约关系。同时,围绕能源绩效合同提供方(ESCO),明确合同能源管理服务核心利益相关主体,包括新出现的利益相关主体的角色、需求,构建基于绩效经济模式的能源服务契约关系。通过新契约关系中合同能源管理服务各利益相关主体的满意度评价来衡量整个项目中利益相关主体的合作满意度,从而探索并验证影响合同能源管理整体服务绩效的核心利益相关主体满意度及对主体的激励机制。

因此,本文基于利益相关主体合作治理理论,提出合同能源管理服务各利益相关主体满意度与项目核心利益相关主体合作的满意度的关系情境,提出假设如下:

H2a:甲方(用能单位)对项目的满意度越高,项目核心利益相关主体合作满意度越高。

H2b:乙方(ESCO)对项目的满意度越高,项目核心利益相关主体合作满意度越高。

H2c:甲、乙双方共同对项目的满意度越高,项目核心利益相关主体合作满意度越高。

H2d:甲方客户对项目的满意度越高,项目核心利益相关主体合作满意度越高。

H2e:政府对项目的满意度越高,项目核心利益相关主体合作满意度越高。

H2f:金融机构对项目的满意度越高,项目核心利益相关主体合作满意度越高。

2.3 过程管理三个方面与过程管理效果之间的关系及假设

合同能源管理服务项目产生于资源整合计划、社区能源管理、低成本运行计划。其关键是对以商业用能设备为载体的能源使用管理,服务中采用的技术与能源结构调整对用能设备能耗及人员用能习惯产生直接的影响。Jaccard等认为能源管理服务项目要从使用寿命长的基建设施、设备等领域开

1)详见报告,魏伯乐,《四倍跃进:福利加倍、资源、利用减半》,1995。

2016年3月

始推进,最后对使用寿命短的设备进行分模块、系统的能效管理^[33]。但Newman等和Bressand等在统计北美与欧洲地区人均使用能源量时却发现,使用生命周期较短的设施、设备的能耗要高于生命周期长的设施、设备。由此纠正政策误导,使能源管理服务对象再转向寿命较短的产品水平领域,并且能源管理服务内容超越了能源产品消费链,包含用能设备节能服务和用能管理服务(设备工艺设计、用地计划、用能习惯改变等)^[34,35]。

然而,合理且有责任心的用能客户的节能努力(属于管理节能)是过程管理服务效果的重要组成部分。因为设备技术的改进服务没有使用者的配合仍不能获得较好或应有的服务效果。但是对于用能客户进行节能努力的激发、培训、监视和控制的管理服务又有可能涉及用能客户隐私侵权等社会问题。因此,双方需要进一步完善绩效合同,在合同中增加保密协议等条款。可即使这样,一些用能客户为减少麻烦,仍不遵守(执行)通过自身努力而获得节能减排效果的条款,致使过程管理效果较差,出现反弹效应^[36]。因此,根据能源服务过程管理内容,能源服务公司提供服务的过程管理效果可通过能源服务产出效率(包括管理节能效率、技术节能效率)、合同完善性两个维度三个方面来评价。于是,本文提出过程管理内容三个方面与过程管理效果的关系情境,假设如下:

H3a:单位资本投入的管理节能量¹⁾产出越高,合同能源管理服务过程管理效果越好。

H3b:单位资本投入的技术节能量²⁾产出越高,合同能源管理服务过程管理效果越好。

H3c:能源服务绩效合同越完善,越能获得精确的节能效果,过程管理效果越好。

2.4 利益相关主体合作满意度对整体服务绩效的关系及假设

合同能源管理绩效评价方法主要有三重底线分析方法、关键绩效指标评价方法和利益相关主体

合作治理效果(即合作满意度)评价方法。中国学者Geng Xiuli等采用关键绩效分析(IPA)及人工神经网络(ANN)分析方法评价系统中客户对于产品服务系统模式设计的满意度,并通过决策尝试和评价实验室,将关键绩效特质之间的相互关系考虑在内^[23]。

因此,根据利益相关主体合作满意度评价方法和产品服务系统模式关键绩效评价方法的关系情境,提出如下假设:

H4:合同能源管理整体服务绩效与服务项目中利益相关主体合作满意度相互影响。

2.5 过程管理效果与整体服务绩效和合作满意度的关系及假设

在关注一种新的产品服务系统模式设计过程、实施过程时,由于产品创新而导致服务功能创新、商业模式不断变化,传统的、片面的、静止的系统治理绩效评价方法已不能反映产品服务系统模式设计的特质,尤其是对纯服务设计过程的评价。Byunggun Yoon等认为创新服务功能设计注重服务过程和服务协同性,需要从服务提供方和客户双方角度对于服务设计过程及最终实施效果进行评价。从服务提供角度,对服务设计过程和实施效果的评价包括:资源环境效益、经济可行性、技术可行性、政策法律可行性、与现有竞争对手的关系;从客户角度,对服务设计和实施效果的评价包括:客户期望价值、购买意愿、服务功能偏好^[37]。作为应用产品服务系统设计模式的能源服务,合同能源管理服务的设计过程及效果评价也需要包含双方角度的评价,其评价结果即为合同能源管理服务项目过程管理效果。在合同能源管理服务设计过程评价中,提供方角度的服务过程设计和实施效果评价与基于三重底线的整体服务绩效一致;客户角度的服务过程设计评价和实施效果评价与系统中客户满意度相关。而合同能源管理服务中的客户已经不仅限于用能客户,还包括与能源服务公司和用能客户

1)管理节能:包括通过节能服务交易双方商业模式创新,保持和延长能源服务的节能效果和服务交易期;通过掌握能源优惠政策和用能规律,制定、实施节能规章制度,从而规范用能单位所有人员的用能行为,尽量改变其高能耗的用能习惯;通过对用能单位的用能管理人员的进行培训,将节能改造技术与可持续用能理念加以推广等,获得节能减排效果。

2)技术节能:包括通过运用先进的节能改造技术、高效的用能设备、清洁能源或可再生能源,以及对用能单位进行能量系统优化获得节能减排效果。

签订契约(包括行政约束)的其他利益相关主体,如金融机构、政府机构、用能客户、设备供应商、能源供应商等。

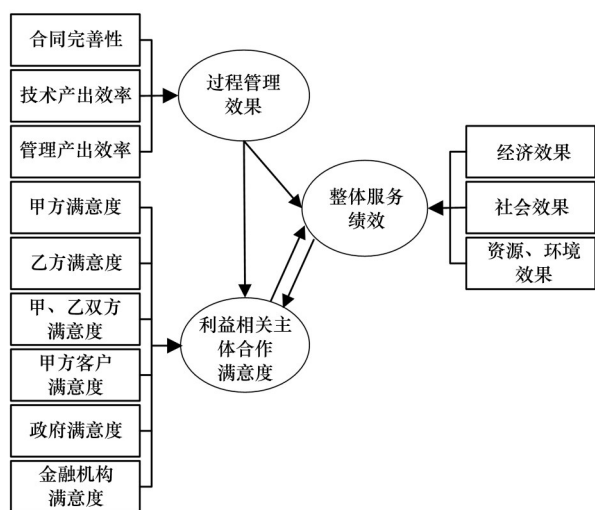
因此,考虑到合同能源管理服务项目多方利益相关主体,根据能源服务系统设计过程和实施效果评价的内容与整体服务绩效、利益相关主体合作满意度评价的关系情境,提出如下假设:

H5a:过程管理效果越好,合同能源管理整体服务绩效越好。

H5b:过程管理效果越好,利益相关主体合作满意度越高。

2.6 模型构建与测量变量

(1)模型构建。在对以上假设推理的基础上,本文根据合同能源管理服务过程、主体与绩效之间关系的研究情境,对整体服务绩效的影响因素及其相互关系进行了分析,构建了一个合同能源管理服务过程、主体、绩效的整体理论模型(见图2)。其中,潜变量过程管理效果、各利益相关主体满意度为自变量;潜变量整体服务绩效为因变量;潜变量



注:甲方是指有节能减排需求的用能单位;乙方是指节能服务公司(ESCO);甲方客户是指甲方产品服务的需求方或使用方。

图中椭圆内潜变量为自变量、中介变量和因变量;

方框内的潜变量为椭圆内潜变量的测量变量。

图2 基于过程、主体、绩效的整体理论模型

Figure 2 The overall theoretical model based on dimensions of process, stakeholders and performance

利益相关主体合作满意度作为中介变量由多个潜变量各核心利益相关主体满意度构成,并对合同能源管理整体服务绩效产生影响。

(2)测量变量。通过前面研究假设和理论模型,确定包括合同能源管理整体服务绩效、过程管理效果、核心利益相关主体满意度及合作满意度等问卷量表中需要测量的变量。各类变量测量项目的来源主要有四个:一是根据实地访谈结果进行设计,便于与现有的研究结论进行对比分析;二是直接引用文献中已相对成熟的测量项目;三是依据相关理论和文献研究结论分析得来;四是在文献提出的量表基础上,结合本研究的实际情况进行修改得来。由此,本研究各变量的测量条款主要是结合相关理论研究结论和实地访谈结果,在参考现有量表的基础上,进行修改而行成的。

问卷采取匿名填写的方式,从而可以降低社会称许性¹⁾反应偏差的影响^[38];问卷内容前后都对应,通过第二部分一些分类问题,以推测问卷数据的真实性。量表的主要内容包括如下几部分:

①整体服务绩效的定义与测量。根据产品服务系统模式治理绩效衡量的三重底线,功能导向型产品服务系统模式下合同能源管理整体服务绩效主要包括经济效果、社会效果、资源环境效果三个方面,并有较多的客观测量指标,如节能减排量、节能经济效益、环境效益等。为保持其与其他潜在影响因素量纲一致,适用于因子分析与结构分析,在借鉴相关研究和利益相关主体访谈的基础上,本文采用主观指标来测量影响合同能源管理整体服务绩效各要素。Chandler等也发现主观绩效与客观绩效在统计上具有显著相关关系,两者在研究的信度和效度上是一致的^[39]。根据三重底线标准,本文采用了8个条款来测量影响合同能源管理整体服务绩效的各要素。采用Likert五点量表,每个题项根据实际情况回答“完全同意”为5分,回答“绝对不同意”为1分,并以此类推。分数越低表明受测者越不同意题项描述内容,反之,分数越高则表明受测者越同意题项描述内容(以下同理)。合同能源管理整体服务绩效初始测量条款如表1所示。

1)社会称许性,即题目本身的答案反映了一般社会价值倾向,应答者很容易表现出反应偏差,投其所好,按照对题目的社会价值判断而不是自己的实际情况做出回答的倾向。

表1 合同能源管理服务绩效的测量

Table 1 Service performance measurements of EPC

序号	测量问项	分类
1	甲方单位节能量经济收益越高,整个项目经济效益越好	经济效果
2	管理节能投入经济效益要比设备节能投入的更为重要	
3	项目核心利益相关主体合作满意度越高,社会效果越好	社会效果
4	项目的总节能量(CO ₂ 减排量)越大,越有利于社会能源供给安全	
5	项目单位资本投入的合同期越长,对社会节能减排的示范作用越大	
6	管理节能资本投入比重越高,对行业劳动者节能减排技能提升作用越大	资源、环境效果
7	项目单位资本投入的节能量(CO ₂ 减排量)越大,越有利于减少温室气体	
8	设备资本投入比重越少,资源的利用率越高	

②核心利益相关主体满意度与合作满意度的定义与测量。从绩效经济和生态经济学广义服务效率公式出发,客观测量指标可用于衡量服务效率,合同能源管理整体服务绩效除考虑以经济产出、环境产出等为代表服务效率之外,还应包括服务效果。其中,服务效果包括多方利益相关主体满意度、合作满意度等社会效果,这些属于主观性的绩效评价指标,也包暗含主体合作治理的效果。Alexander Klee认为“合作关系质量可视为在满足顾客关系需求上的适当程度”^[40]。Smith认为“合作关系质量是包含各种正面关系结果,反映关系人(即利益相关主体)在需求及期望上的满足程度,以及关系的总体强度”^[41]。例如,在合同能源管理服务项目中,舒适和福利(幸福感)是用能客户或其客户、工作人员期望从能源管理服务中最终获得的,包括加强环境友好型的关系和融资优势。因此,在利益相关主体之间通过对项目的满意度评价可以反映利益相关主体之间合作关系质量。

本文根据合同能源管理服务项目中核心利益相关主体的具体研究情境,借鉴 Garbarino 等学者关于合作关系质量的观点^[42],将服务项目中核心利益相关主体对项目的满意度评价总和(即核心利益相关主体合作满意度),视为各主体方对彼此关系的一种整体评价。

因此,本文根据核心利益相关主体的数量提出利益相关主体满意度评价的初始测量条款有20个。由于学者们关于满意度评价的测量量表比较成熟,且各个信度系数都符合要求,依据这些量表,能够最大限度地降低社会称许性偏差造成的影

响。核心利益相关主体满意度评价的初始测量条款如表2所示。

③过程管理效果的定义与测量。PSS模式下的合同能源管理服务,其过程管理效果体现在服务产出效率、合同完善性两个维度。其中,服务产出效率,包括技术产出效率与管理产出效率。技术产出效率是指通过节能改造方案实施(包括采用高效、节能设备,替换清洁能源或可再生能源,能量系统优化等)所能获得节能量和节能效果,经济上可用单位人造资本投入的节能量产出来衡量;管理产出效率是指通过掌握用能单位能源使用规律和节能优惠政策,制定新的管理制度,规范服务项目中合同各方的行为(尤其是纠正用能单位不良的用能行为和习惯)所获得的节能量和节能效果,经济上可用单位人力资本投入的节能量产出来衡量。但由于管理节能量产出很难量化,因此,可将节能服务总产出效率(一般在节能改造服务结束后设备正常运行一个用能周期¹⁾后的节能产出效率)与节能技术产出效率的客观数据进行比较,得出管理节能产出效率。一般来说,管理节能产出效率占节能服务总产出效率的10%左右。管理节能可有效的抑制在服务过程管理中可能产生的反弹效应。

Nguyen 对合同(契约)的规范性进行了分析,他认为规范的合同使员工遵守公司同客户签订的保护客户知识产权保密协议及其他协议^[43]。因此,在服务过程管理中签订多方完善的契约协议能使核心利益相关主体更好参与合同能源管理服务项目的整个过程。通过多方认可的合同,将各方所需承担的任务和职责进行明确且详细的规定,将能使多

1)用能一个周期是指设备用能最大值到最小值的时间,期间的总节能量与总资本投入数据都可用用能仪器与现金流测得。

表2 核心利益相关主体满意度的测量

Table 2 Satisfaction measurements of core stakeholders

序号	测量问项	分类
1	甲方产品单位产值能耗下降越大,甲方满意度越高	甲方对项目满意度
2	甲方能源费用节约越大,甲方满意度越高	
3	甲方分享政府节能奖励及政策越多,甲方满意度越高	
4	能源管理服务对于甲方的消极影响越小,甲方满意度越高	
5	乙方分享节能效益比例越高,乙方满意度越高	乙方对项目满意度
6	甲方及其客户在服务过程中配合越积极,乙方满意度越高	
7	融资渠道限制越少,乙方满意度越高	
8	政府拓宽节能减排奖励范围和力度越大,乙方满意度越高	
9	单位资本投入的项目节能量(CO ₂ 减排量)越大,双方满意度越高	甲、乙双方对项目的满意度
10	单位资本投入的经济收益越高,双方满意度越高	
11	设施、设备的资本投入越少,双方满意度越高	
12	政府承担一部分交易成本,双方满意度越高	
13	第三方节能量审核结果一致性越高,双方满意度越高	甲方客户对项目的满意度
14	甲方产品功能实现越大,甲方的客户对项目满意度越高	
15	甲方的客户、工作人员抱怨越少,其对项目满意度越高	
16	甲方完成下达的节能减排指标越好,政府的满意度越高	
17	项目节能示范效应越大,政府满意度越大	政府对项目满意度
18	第三方担保机构的参与,可以提高项目融资效率和服务绩效	
19	甲乙双方信誉资质认证级别越高,金融机构越愿意为项目融资	
20	项目投资回收率越高,金融机构对项目融资提供的资金额度越大、提供融资的时间越长	

方行为的可预测性增加,风险降低,彼此互信程度增加,从而提高过程管理效率。Saitousinn 认为合同(契约)的完善性加深了合同各方的信任度¹⁾,这对提升合同能源管理服务中利益相关主体的合作绩效具有重要的意义。

因此,本文将合同能源管理服务过程管理效果定义为项目的服务总产出效率(包括管理节能产出效率、技术节能产出效率)与合同完善性,并提出过程管理效果评价的初始测量条款共3个,如表3所示。

表3 服务项目过程管理效果的测量

Table 3 Effect measurements of service project process management

序号	测量问项	分类
1	管理节能产出效率越高,服务产出效率越高	项目产出效率
2	技术节能产出效率越高,服务产出效率越高	
3	能效合同条款越完善,过程管理效果越好	合同完善性

3 数据收集与假设检验

3.1 数据来源与收集

本研究理论模型中的服务过程管理效果与核心利益相关主体合作满意度各维度变量,没有现成可以利用的数据,且基于三重底线的服务绩效测量变量较难区分,因此,只有通过访谈与问卷调查法获得实证数据。即采用熟悉合同能源管理服务绩效评价专家对三维绩效评价研究假设相对应问题感知进行打分和问题填写的方法,所得分数与问题答案进行数据处理后成为数据源用于模型检验。本研究以上海地区的合同能源管理项目为考察对象,调查问卷进行全覆盖式的发放和数据收集,主要有以下几步:

(1)研究母体的界定。将目标母体界定为合同能源管理服务项目及其核心利益相关主体,主要是提供合同能源管理服务的乙方——节能服务公司(或称“能源服务公司”)、甲方——用能单位(涵盖

1)Saitousinn. The quantitative empirical analysis about performance management system, 2010.

2016年3月

多个行业领域,以工业、服务业领域为主)及其客户和工作人员、融资机构、相关政府管理机构。

(2)分析单位的界定。主要从功能导向型产品服务系统模式角度,分析合同能源服务过程管理效果、核心利益相关主体合作满意度与合同能源管理整体服务绩效。因此,将合同能源管理服务项目全过程作为分析单位。

(3)抽样架构与抽样方法。考虑到调研难度较大,为保证调研的顺利进行和问卷回收率的提高,本研究选择合同能源管理服务交易市场较为成熟的地区,上海市开展调研和发放问卷工作,并请该市合同能源办人员协助问卷的调查和回收。此外,从上海市合同能源办获取备案的包含120家合同能源管理服务项目企业名录(2012年)中获得企业信息,开展访谈与问卷调查,根据服务项目对应的核心利益相关主体确定问卷发放的对象作为抽样架构,进行全覆盖式地调查。

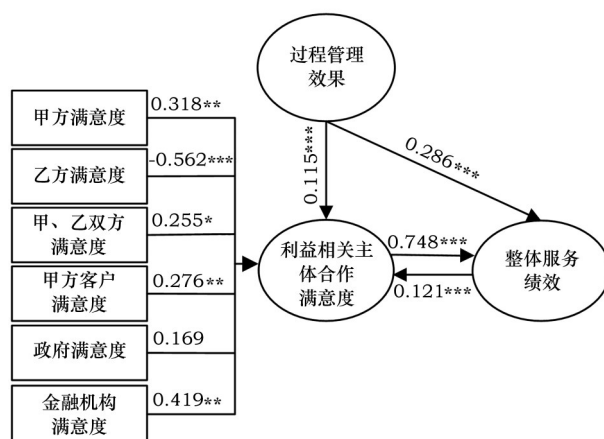
(4)样本量大小。本研究分析方法采用了结构方程模型(SEM)。关于结构方程所要求的样本量,Anderson等建议样本至少要有150个^[44]。Bagozzi等认为样本数至少必须超过50个,最好达到估计参数的5倍以上^[45]。Hair等认为样本数量起码要大于100^[46]。Gorsuch等认为应保证测量条款与受访者的比例最好达到1:10,至少要1:5以上^[47]。依据这一标准,本研究共有26个测量条款,所以总体研究样本量应该在120个以上,最终本研究共收集了109份有效样本,基本上达到了要求。

3.2 假设检验过程

本文采用结构方程建模(SEM)来研究合同能源服务项目过程管理效果、核心利益相关主体合作满意度与合同能源管理整体服务绩效之间的关系,并对构建的理论模型和相关假设进行检验。

(1)模型设定。在理论模型通过验证性因子分析(CFA)保证测量模型信度和效度^[48]的情况下,本文运用的统计软件是AMOS7.0对结构模型进行拟合度与和变量路径关系分析,中介变量CFA和理论模型检验结果如图3所示。

(2)模型识别。为简化运算,本文将整体服务绩效维度8个直接测量指标值按照经济、社会、环境分类进行加权平均,得出的指标值直接作为经济效



注:***、**和*分别表示 $P<0.01$ 、 $P<0.05$ 和 $P<0.10$

图3 中介变量CFA和理论结构模型路径检验结果

Figure 3 Results of mediator CFA and influence path analysis of theoretical structure model

果、社会效果和环境效果的测量变量,从而将模型中31个测量指标简化为26个。因此,根据 t 规则,模型据点数为 $k(k+1)/2=351$ (k 为测量变量数目),模型要估计26个测量指标的误差方差、34个因子负荷,10个路径系数、34个因子间相关系数和9个内因潜变量的残差,共要估计87个参数, $t=87<351$,因此,基本上满足模型识别的必要条件。对于该结构模型如图3所示是非递归模型,存在双向因果关系,且该结构模型可识别,可进行下一步的分析。

(3)模型参数估计与评估。运用统计软件AMOS7.0对理论模型中的相关参数进行估计,从理论模型结构方程分析的结果看,复相关系数达到0.759,显示模型整体解释力较高。 GFI 值为0.768,略低于0.9的标准要求。从绝对拟合指标看, $RMSEA$ 值为0.074,小于0.08的最高上限。从相对拟合指标看, IFI 值为0.837,接近0.9的最低标准。 CFI 值为0.768, NFI 值为0.654,稍低于0.9的最低标准,见表4。总体来看,理论模型基本符合要求。接下来,为验证是否存在拟合度更优的模型,本文对

表4 结构方程模型比较结果

Table 4 Compared results of three structural equation models

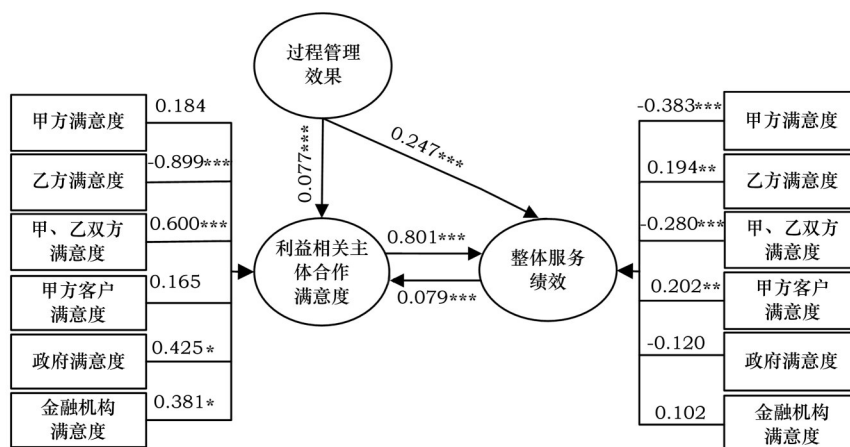
模型	χ^2/df	RMSEA	GFI	CFI	IFI	NFI
理论模型	1.586	0.074	0.768	0.826	0.837	0.654
比较模型A	1.278	0.051	0.813	0.920	0.926	0.730
比较模型B	1.416	0.047	0.944	0.946	0.958	0.885

相关模型进行比较。

(4)模型比较。比较模型的选择,主要通过二个步骤进行:一是增加新的变量间关系。在理论模型中,并没有考虑自变量——因变量的直接影响,模型中可能会由于缺少一些关系而影响模型的拟合优度。在增加自变量与因变量的直接影响后,将得到比较模型A(见图4)。二是将变量间不显著的路径关系删除,包括两项工作:①将理论模型中不显著的路径关系予以删除,得到比较模型B(见图5);②将比较模型A经过验证后不显著的路径关系进行再次删除,得到比较模型C。对于模型的比较原则,侯杰泰等认为要比较的模型应当是相互嵌套

的,但也可对非嵌套模型进行粗略比较;他们认为模型的比较不应以拟合指数作为主要依据,而更应考虑模型所描述的各变量之间关系是否具有合理性^[49]。由于比较模型A与比较模型B不能相互嵌套,因此,只对比较模型A与比较模型B进行比较。且比较模型C由于删除变量间关系太多,不具有合理性,所以在此不选择其作为比较模型进行讨论。

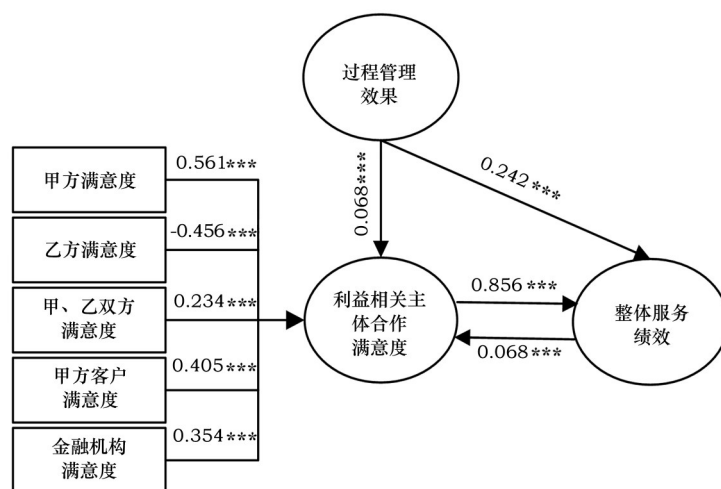
首先,对比较模型A中的相关参数进行估计,从绝对拟合指标看, $RMSEA$ 值为0.051,小于0.08的最高上限;从结构方程分析的结果看, $\chi^2/df=1.278$, GFI 值为0.813,比理论模型的数值有所提高。从相对拟合指标看, IFI 值为0.926, CFI 值为0.920,都超



注:***、**和*分别表示 $P<0.01$ 、 $P<0.05$ 和 $P<0.10$

图4 比较模型A路径检验结果

Figure 4 Results of influence path analysis for comparing model A



注:***、**和*分别表示 $P<0.01$ 、 $P<0.05$ 和 $P<0.10$

图5 比较模型B路径检验结果

Figure 5 Results of influence path analysis for comparing model B

2016年3月

过了0.9的最低标准。*NFI*值为0.730,仍稍低于0.9的最低标准,见表4。从整体上看,比较模型A的拟合程度有所提高。同时,通过比较模型A的分析,政府满意度、金融机构满意度与服务绩效之间的关系,在 $P<0.05$ 的情况下不再显著,也验证核心利益相关主体合作满意度作为模型中介变量的合理性。

其次,对比较模型B中的相关参数进行估计,从绝对拟合指标看,*GFI*值为0.944,达到0.9的标准要求; $\chi^2/df=1.416$,*RMSEA*值为0.047,小于0.08的最高上限。从相对拟合指标来看,*IFI*值为0.958,*CFI*值为0.946都超过0.9的最低标准,见表4。从整体上看,比较模型B的拟合程度与理论模型基本一致。

从以上3个模型的数据比较结果看(见表4),比较模型A在各项指标方面都略微优于理论模型;而理论模型和比较模型B,除了在 χ^2/df 方面有略微差异外,其他指标方面有较大差异,主要是因为比较模型B剔除了理论模型中关系不显著的路径,因此有了较大的改善。但是在相关变量的关系验证方面,3个模型都得出了相对一致的结论,尽管比较模型B的拟合程度较高,但是并未根本改变理论模型的变量间关系结构,故后续分析仍然以本文提出的理论模型为基准模型。

4 实证结果与对策建议

本研究对假设关系成立的检验标准是:①如果

路径系数的显著性水平能够在0.05以上的为显著,那么假设就成立;②低于0.1的则认为不显著,那么假设关系就不成立;③如果路径系数的显著性水平显著,但是路径系数为负,那么假设与事实不符,假设中关系为负相关。根据上述标准,15个研究假设的实证检验结果显示:H2b、H2e假设在结构方程建模分析中不支持,但其他假设均已经得到支持(如表5所示)。其中,H2b假设分析结果显示:乙方(ESCO)的满意度对项目核心利益相关主体合作满意度的影响路径系数为-0.562,显著性水平在0.01以上。但其假设关系与事实相反,乙方(ESCO)的满意度对项目中核心利益相关主体合作满意度有显著的负影响关系,假设H2b不成立。通过访谈,本文认为出现这一结果的原因是能源服务企业对合同能源管理服务新业务的内涵和实践操作不熟悉,对政府的优惠政策获得存在着投机主义的倾向,因而将导致服务项目中其他利益相关主体的不满,对服务项目合作满意度具有破坏作用。而H2e假设分析结果显示:相关政府管理机构的满意度对项目中核心利益相关主体合作满意度的影响路径系数为0.169,显著性水平在0.1以下,假设H2e没有成立。相关政府管理机构的满意度对项目中核心利益相关主体合作满意度没有显著的正影响关系。通过访谈,本文认为其原因在于目前相关政府

表5 假设检验结果总结

Table 5 Summary of hypothesis examination results

假设编号	假设内容	验证结果(支持/不支持)
H1a	合同能源管理服务的经济效果越好,项目服务绩效越高	支持
H1b	合同能源管理服务的社会效果越好,项目服务绩效越高	支持
H1c	合同能源管理服务的资源、环境效果越好,项目服务绩效越高	支持
H2a	甲方(用能单位)对项目的满意度越高,项目核心利益相关主体合作满意度越高	支持
H2b	乙方(ESCO)对项目的满意度越高,项目核心利益相关主体合作满意度越高	不支持
H2c	甲、乙方共同对项目的满意度越高,项目核心利益相关主体合作满意度越高	支持
H2d	甲方客户对项目的满意度越高,项目核心利益相关主体合作满意度越高	支持
H2e	政府对项目的满意度越高,项目核心利益相关主体合作满意度越高	不支持
H2f	金融机构对项目的满意度越高,项目核心利益相关主体合作满意度越高	支持
H3a	单位资本投入的管理节能产出越高,合同能源管理服务过程管理效果越好	支持
H3b	单位资本投入的技术节能产出越高,合同能源管理服务过程管理效果越好	支持
H3c	能源服务绩效合同越完善,越能获得精确的节能效果,过程管理效果越好	支持
H4	合同能源管理整体服务绩效与服务项目中核心利益相关主体合作满意度存在相互影响	支持
H5a	过程管理效果越好,合同能源管理整体服务绩效越好	支持
H5b	过程管理效果越好,利益相关主体合作满意度越高	支持

管理机构给予合同能源管理服务项目的优惠、扶持政策的深度和广度都不够;对于合同能源管理服务市场出现的失灵,没有针对失灵的原因及时制定顺应能源服务市场发展的政策和统一的服务技术标准。因此本文研究结论表明:①影响合同能源管理服务绩效各维度因素对整体服务绩效具有重要影响;②除了节能服务公司、政府这两个主体的满意度,其他核心利益相关主体满意度对合作满意度也具有重要影响;③节能服务公司满意度对合作满意度具有显著的消极影响。

上述检验结果可以为合同能源管理服务项目的参与者,尤其是能源服务交易双方在服务实施、合作治理中,提高合作满意度以及服务的创新绩效提供有益的指导。因此,本文采用可持续性科学(2.0版)思想中PSR可持续发展驱动力模型,从过程和主体方面对合同能源管理服务项目的实施提出建议。

4.1 提高能源服务管理节能产出

要顺利的完成合同能源管理服务项目,提高过程管理效果,能源服务公司需要同时提高技术节能产出和管理节能产出,并不断规范、标准化能源绩效合同,完善合同能源管理服务契约体系。在这三个方面主要注意以下几点:

(1)注重管理节能资本投入,规范用能单位的用能行为。能源服务公司要加强对于用能单位工作人员,尤其是能源管理人员的节能培训,根据能源使用规律和节能优惠政策,与用能单位领导沟通制定针对用能单位内部至下的用能奖惩制度,防止反弹效应的增强。

(2)优化节能减排技术投入,制定适合用能单位的节能减排方案。能源服务企业需要根据用能单位的实际用能情况进行深度能源审计(投资级能源审计),通过深度能源审计结果,设计适合用能单位节能减排工作的解决方案,优化用能单位节能改造范围内的能源系统,为不断的挖掘用能单位节能减排空间打下基础。

(3)完善能源服务合同条款,增强能源服务交易双方的契约精神。要保证过程管理效果的有效性,能源服务公司与用能单位要不断完善能源绩效合同的条款,尤其是将详细的奖惩机制纳入合同范

围内,并将履行合同的情况作为能源服务交易企业信用资质评定的条件,为建设有威信的第三方能源服务交易企业信用资质评定机构做好准备。

4.2 加强多方核心利益相关主体合作治理

通过本文实证结果可以看到,目前合同能源管理服务市场上的能源服务企业,其满意度对多方利益相关主体合作满意度具有破坏作用,因此,首先要经过市场竞争,淘汰一批具有投机主义行为的能源服务企业,保留真正具有核心竞争力的能源服务企业,强壮合同能源管理服务市场。能源服务企业也需要不断提升自身能源服务水平,探索和创新合同能源管理服务商业模式,理性追求多方核心利益相关主体间的合作满意度。此外,对合同能源管理服务利益相关主体合作满意度的关注不能仅限于独立的利益相关主体满意度,更需要关注包括合同能源服务供需双方满意度在内的其他利益相关主体双方甚至多方满意度,关注创新合作治理模式,在多方核心利益相关主体之间建立一个交互制约的激励机制。

4.3 需要相关政府管理部门的推动

能源服务相关政府管理部门在整体模型假设检验中未通过检验,并不是说,相关政府管理部门对于合同能源管理服务的可持续发展不需要作为,而是恰恰相反。相关政府管理部门应根据能源服务市场的变化,调整、增减相关的政策,避免政策冲突和重叠。此外,相关政府管理部门在培育能源服务市场方面还需要通过以下作为来推动合同能源管理服务的可持续发展,提高合同能源管理整体服务绩效。

(1)建立城市各部门能源计量、统计和检测体系。地方发改委联合经信委、统计局、环保局、市合同能源办或能效中心,构建覆盖全市高能耗单位的能源计量监管系统与服务平台。利用监管系统收集的大量实际用能数据制定和实施城市各部门能耗使用定额标准和用能支出标准,同时建立各部门能源消费标准成本体系,为各部门核定能源费用专项预算提供基础。

(2)进一步强化合同能源管理服务市场的准入机制。目前行业内企业良莠不齐,多数节能服务企业规模小,专业能力不强。因此,进一步强化各领

2016年3月

域合同能源管理服务市场的准入机制,在现有已备案的节能服务企业中筛选出一批业绩突出、专业能力完整的公司进入合同能源管理服务市场。

(3)将开展节能减排工作的国有企业、公共机构的能源服务绩效纳入此类用能单位的领导工作考核体系。国有企业尤其是大型国有企业日常运营的能源费用支出只占运营成本费用的一小部分,公共机构的能源费用支出由财政承担,两者都难以体验到“能源紧缺”的困境。同时,因缺乏相应至上的用能考核奖惩机制的约束,加上人员素质、节能观念、激励等问题,此类用能单位没有形成有效用能管理体系,节能工作面临诸多掣肘。因此,不论采用何种合同能源管理服务商业模式开展节能减排工作,应将能源服务绩效纳入国有企业、公共机构的领导工作考评体系。

(4)建设企业信用资质评定机构,完善融资担保体系。为有效解决能源服务企业开展合同能源管理服务业务融资难的问题,一是建议中央和地方政府从支持节能减排的资金中拿出部分资金成立相应级别的节能担保基金,或者联合金融部门组建第三方企业信用资质评定机构,为能源服务企业实施合同能源管理项目进行融资担保;二是建议各地方政府将对合同能源管理服务项目“后补助”的资金改为成立融资担保基金,以及对公共机构的项目采用公私合作(PPP)融资模式吸纳社会资本,充分利用担保机制的放大作用扩大能源服务项目的融资额度,在一定程度上解决能源管理服务项目的融资问题。

参考文献(References):

- [1] Vine E. An international survey of the energy service company (ESCO) industry[J]. *Energy Policy*, 2005, 33(5): 691-704.
- [2] Bertoldi P, Rezessy S, Vine E. Energy service companies in European countries: Current status and a strategy to foster their development[J]. *Energy Policy*, 2006, 34(14): 1818-1832.
- [3] Neal E R. Vendors as Industrial Energy Service Providers[R]. Washington D.C.: One of a Series of White Papers by the American Council for an Energy-Efficient Economy, 2002.
- [4] Lee M, Park H, Noh J, et al. Promoting energy efficiency financing and ESCOs in developing countries: Experiences from Korean ESCO business[J]. *Energy Policy*, 2003, 31(6): 651-657.
- [5] Beerepoot M, Beerepoot N. Government regulation as an impetus for innovation: Evidence from energy performance regulation in the Dutch residential building sector[J]. *Energy Policy*, 2007, 35(10): 4812-4825.
- [6] Sorrell S. The economics of energy service contracts[J]. *Energy Policy*, 2007, 35(1): 507-521.
- [7] Xu P P, Chan E H W, Qian Q K. Key performance indicators (KPI) for the sustainability of building energy efficiency retrofit (BEER) in hotel buildings in China[J]. *Facilities*, 2012, 30(9): 432-448.
- [8] Xu P P, Chan E H W. ANP model for sustainable building energy efficiency retrofit (BEER) using energy performance contracting (EPC) for hotel buildings in China[J]. *Habitat International*, 2013, 37(1): 104-112.
- [9] Robèrt K H. Tools and concepts for sustainable development, how do they relate to a general framework for sustainable development, and to each other?[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2000, 8(3): 243-254.
- [10] Millsa E, Kromerb S, Weiss G, et al. Mathew. From volatility to value: Analyzing and managing financial and performance risk in energy savings projects[J]. *Energy Policy*, 2006, 34(2): 188-199.
- [11] Patlitizianas K D, Pappa A, Psarras J. An information decision support system towards the formulation of a modern energy companies' environment[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2008, 12(3): 790-806.
- [12] Kaiser M J, Olatubi W O, Pulsipher A G. The Projected Impact of Energy Conservation Legislation: The Louisiana Energy Fund[EB/OL]. (2004-10-20)[2015-04-28]. http://dnr.louisiana.gov/assets/docs/energy/programs/energyfund/LSUEFstudy_2004.pdf.
- [13] 王李平,王敬敏,杨文海.改进的多维功效函数在节能服务公司风险度量中的应用[J]. *电力需求侧管理*, 2007, 9(6): 9-11. [Wang L P, Wang J M, Yang W H. Improve the multi-dimensional efficacy function in the application of energy saving service companies risk measurement[J]. *Power Demand Side Management*, 2007, 9(6): 9-11.]
- [14] 王婷,胡珀.合同能源管理项目的风险评估[J]. *电力需求侧管理*, 2007, 9(5): 24-26. [Wang T, Hu P. Contract energy management project risk assessment[J]. *Power Demand Side Management*, 2007, 9(5): 24-26.]
- [15] 尚天成,潘珍妮.现代企业合同能源管理项目风险研究[J]. *天津大学学报(社会科学版)*, 2007, 9(3): 214-217. [Shang T C, Pan Z N. Modern enterprise contract energy management project risk research[J]. *Journal of Tianjin University (Social Science Edition)*, 2007, 9(3): 214-217.]
- [16] 周鲜华,徐勃.合同能源管理项目中的收益风险研究[J]. *沈阳建筑大学学报(社会科学版)*, 2010, 12(1): 57-59. [Zhou X H, Xu B. The revenue risk in the contract energy management project research[J]. *Journal of Shenyang Architectural University (Social Science Edition)*, 2010, 12(1): 57-59.]
- [17] 戴建如.中国合同能源管理融资模式研究[D].北京:中央财经

- 大学, 2005. [Dai J R. The Financing Model Research Contract Energy Management[D]. Beijing: Central University of Finance and Economics, 2005.]
- [18] Thollander P, Ottosson M. Energy management practices in Swedish energy-intensive industries[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2010, 18(12): 1125–1133.
- [19] Lee S, Geuma Y, Lee H, et al. Dynamic and multidimensional measurement of product-service system (PSS) sustainability: A triple bottom line (TBL)-based system dynamics approach[J]. *J. Clean. Prod.*, 2012, 32(3): 173–182.
- [20] 明庆忠. 从可持续发展思想走向可持续性科学[EB/OL]. (2007-11-27) [2015-04-28]. http://www.gmw.cn/01gmrb/2007-11/27/content_702650.htm. [Ming Q Z. From the Sustainable Development thought to Sustainability Science[EB/OL]. (2007-11-27) [2015-04-28]. http://www.gmw.cn/01gmrb/2007-11/27/content_702650.htm.]
- [21] 诸大建. 怎样理解“可持续性科学”[N]. 解放日报, 2015-10-11 (06). [Zhu D J. How to Understand "Sustainability Science"[N]. Liberation Daily, 2015-10-11(06).]
- [22] 诸大建, 朱远. 基于OPS的循环经济拓展模型及其应用-以上海为例[J]. 经济管理, 2007, (5): 80–86. [Zhu D J, Zhu Y. A model of circular economy to extend the OPS and its application-based on a case study of Shanghai[J]. *Economic management*, 2007, (5): 80–86.]
- [23] Geng X L, Chu X N. A new importance-performance analysis approach for customer satisfaction evaluation supporting PSS design[J]. *Expert Systems with Applications*, 2012, 39(1): 1492–1502.
- [24] Brown D, Dillard J, Marshall S. Triple Bottom Line: A Business Metaphor for A Social Construct, Critical Perspectives on Accounting Proceedings [D]. New York: City University of New York, 2006.
- [25] Allen Consulting Group. Triple Bottom Line[M]. Canberra: Commonwealth of Australia, 2002.
- [26] Norman W, MacDonald C. Getting to the bottom of 'Triple bottom line' [J]. *Bus. Ethics Q*, 2004, 14(2): 243–262.
- [27] Steinberger J K, Roberts J T. From constraint to sufficiency: The decoupling of energy and carbon from human needs, 1975–2005 [J]. *Ecological Economics*, 2010, 70(2): 425–433.
- [28] Wang L, Lin L. A methodological framework for the triple bottom line accounting and management of industry enterprises[J]. *Int. J. Prod. Res.*, 2007, 45(5): 1063–1088.
- [29] Foran, B, Lenzen M, Dey C, et al. Integrating sustainable chain management with triple bottom line accounting[J]. *Ecol. Econ.*, 2005, 52(2): 143–157.
- [30] Ho L C J, Taylor M E. An empirical analysis of triple bottom-line reporting and its determinants: Evidence from the United States and Japan[J]. *J. Int. Financ. Manage. Acctg.*, 2007, 18(2): 123–150.
- [31] Mahoney M, Porter J L. Integrating health impact assessment into the triple bottom line concept[J]. *Environ. Impact Asses*, 2004, 24(2): 151–160.
- [32] Pope J, Annandale D, Saunders A M. Conceptualizing sustainability assessment[J]. *Environ. Impact Asses*, 2004, 24(6): 595–616.
- [33] Jaccard M, Failing L, Berry T. From equipment to infrastructure: Community energy management and greenhouse gas emission reduction[J]. *Energy Policy*, 1997, 25(13): 1065–1074.
- [34] Newman P G, Kenworthy J R. Cities and Automobile Dependence: An International Source Book[M]. UK: Taylor & Francis Ltd, 1989.
- [35] Bressand F, Farrell D, Haas P, et al. Curbing Global Energy Demand Growth: the Energy Productivity Opportunity [EB/OL]. (2007-05-10) [2014-12-28]. http://s3.amazonaws.com/zanran_storage/www.mckinsey.com/ContentPages/1612470487.pdf.
- [36] Bazerman M H, Messick D M, Tenbrunsel A E. Environment, Ethics, and Behavior: The Psychology of Environmental Valuation and Degradation [M]. San Francisco: New Lexington Press, 1997.
- [37] Yoon B, Kim S, Rhee J. An evaluation method for designing a new product-service system[J]. *Expert Systems with Applications*, 2012, 39(3): 3100–3108.
- [38] 杨志蓉. 团队快速信任、互动行为与团队创造力研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2006. [Yang Z R. Team Trust, Interaction and Team Creativity Research[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2006.]
- [39] Chandler G N, Hanks S H. Market attractiveness, resource-based capabilities, venture strategy, and venture performance[J]. *Journal of Business Venturing*, 1994, 9(4): 331–349.
- [40] Klee A. The impact of customer satisfaction and relationship quality on customer retention: A critical reassessment and model development[J]. *Psychology & Marketing*, 1997, 14(8): 737–765.
- [41] Smith J. Brock buyer-seller relationships: Similarity, relationship management, and quality[J]. *Psychology & Marketing*, 1998, 15(1): 3–21.
- [42] Ellen G, Johnson M S. The different roles of satisfaction, trust, and commitment in customer relationships[J]. *Journal of Marketing*, 1999, 63(2): 70–87.
- [43] Nguyen P T, Babar M A, Verner J M. Critical factors in establishing and maintaining trust in software out sourcing relationships[J]. *International Conference on Software Engineering*, 2006, 80(9): 624–627.
- [44] Anderson J, Gerbing W. Structural equation modeling in practice: A review and recommended two-step approach[J]. *Psychological Bulletin*, 1988, 104(1): 5–24.
- [45] Bagozzi R P, Yi Y. On the evaluation of structural equation models [J]. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 1988, 16(1): 74–94.
- [46] Hair J F, Anderson R E, Tatham R L, et al. Multivariate Data Analysis (5th Edition) [M]. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1998.
- [47] Gorsuch R L. Factor Analysis (2nd edition) [M]. New Jersey: L. Erlbaum Associates, 1983.

2016年3月

[48] 吴明隆. 结构方程模型-AMOS的操作与应用[M]. 重庆:重庆大学出版社, 2009. [Wu M L. The Operation and Application of Structural Equation Model- AMOS [M]. Chongqing: Chongqing University Press, 2009.]

[49] 侯杰泰, 温忠麟, 成子娟. 结构方程模型及其应用[M]. 北京:教育科学出版社, 2004. [Hou J T, Wen Z L, Chen Z J. Structural Equation Model and Its Application[M]. Beijing: Education Science Press, 2004.]

An empirical and theoretical study on contracting energy management performance evaluation

CAO Liping¹, ZHU Dajian^{1,2}

(1. Ecology and Sustainable Development Institute in Shanghai Academy of Social Sciences, Shanghai 200020, China;

2. School of Economics and Management in Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: Academic researches on energy performance contracting (or energy service contracting, or energy management contracting) are mainly about its mechanism, and the mainly research method is case studying while the empirical researches on performance of energy service contracting are relatively rare. In order to do further research on the key influencing factors of energy performance contracting and build its perfect performance evaluation system and according to Sustainability Science (2.0) thought, the relationship hypotheses among the three-bottom-line performance, multi-stakeholder satisfaction, satisfaction of cooperation, process management effect and overall service performance are proposed by analyzing the theoretical framework of contracting energy management service performance. Thus, the 3D (Subject, Object and Process) evaluation model of contracting energy management service performance based on the driving force model 'Pressure-State-Response' (PSR) is structured. Meanwhile, the theoretical model and 15 proposed research hypotheses are examined empirically using structural equation modeling based on data from a 109-questionnaire survey in the Shanghai region. The results show that two hypotheses failed to pass examination (relationships between energy service performance and energy conservation service companies' satisfaction and government's satisfaction); all other research hypotheses passed. We found that each dimension factor has a great influence on the whole performance of contracting energy management. Other core stakeholder satisfaction has a positive effect on cooperation satisfaction except two stakeholders' satisfactions (energy service companies and the governments). The satisfaction of energy service companies has a significant negative impact on cooperation satisfaction. Finally, based on the above findings, several suggestions and countermeasures about process management and cooperative governance of main stakeholders are put forward to provide useful guidance on the implementation of contract energy management.

Key words: energy management contracting; sustainability science (2.0) thought; cooperative governance; performance evaluation; Structural Equation Model