

复杂产品制造工程变更信息协同 的信息成本预测

苏翔(教授), 宋逸, 王志英(副教授)

【摘要】 基于复杂产品制造工程变更需要高效的信息协同而产生大量信息成本的现状, 本文应用系统动力学建立模型, 以分析企业信息成本系统各要素之间的关联关系, 构建包括信息决策成本、IT维护升级成本、信息流成本和信息技术成本的复杂产品制造信息成本模型, 并利用 Vensim 软件对复杂产品制造业——CX 船厂的信息成本进行动态仿真以及对主要因素进行灵敏度测试, 结果表明: 信息技术成本是复杂产品制造业信息成本的主要构成因素; 同时, 还分析了信息成本的趋势与影响因素特性, 为复杂产品制造有效控制信息成本提供参考。

【关键词】 复杂产品制造业; 信息成本; 信息协同; 工程变更; 系统动力学

【中图分类号】 TH311; F272

【文献标识码】 A

【文章编号】 1004-0994(2016)11-0034-6

一、引言

复杂产品制造业如船舶制造业、飞机制造业等, 是国民经济和国家安全的重要基础, 其竞争力强弱将直接关系到国力兴衰(李伯虎, 2006)。由于复杂产品具有复杂性且制造周期较长, “边设计、边生产、边修改”的特点使工程变更在复杂产品生命周期中随时可能发生, 复杂产品制造企业为有效管理工程变更, 降低其对制造周期、产品成本的影响, 需要保证变更信息的及时性、一致性和完整性(吕盛坪等, 2014)。因此, 为在工程变更中实现高效的信息协同管理, 需要对国外先进的软件进行大量本土化工作(苏翔等, 2006)。在信息协同环境下, 在变更信息的产生、传播和使用过程中会消耗各种资源, 而这些资源的消耗构成了复杂产品制造工程变更信息协同的信息成本。

工程变更对复杂产品的成本具有重要影响, 诸多国内外学者普遍关注着这一问题。Chua 等(2011、2012)、Kocar 等(2010)研究了工程变更传播预测模型以及工程变更对产品成本的影响, 并提出了虚拟协作平台预测工程变更传播; Ahmad 等(2013)认为, 工程变更潜移默化地影响着设计, 造成大量工作返工, 从而导致产品成本增加, 因此他们提出了基于信息需求的变更传播机制; 宫中伟等(2013)、谢承承等(2014)、唐墩兵等(2010)、Jarratt 等(2011)研究了工程变更传播的类型、变更传播预测方法、工程变更管理等问题; 王陈坤等(2006)建立了关系矩阵分析工程变更的影响, 并从成本费

用角度评估了工程变更的影响; 潘燕华(2014)利用系统动力学理论建立工程变更系统动力学成本模型, 并运用 Vensim 软件对模型进行仿真, 分析了船舶建造工程变更对成本的影响; 张勤等(2012)运用信息技术创建了一种基于过程控制的工程变更控制系统, 实现了信息共享与协同感知, 以提高企业产品开发过程中的敏捷度, 为提高企业竞争力提供了途径。同时, 信息成本对企业管理的影响也受到越来越多学者的重视, 但大多数学者仅对信息成本进行定性分析(符刚等, 2008; 晏艳阳等, 2008; 聂永刚, 2013)。Eboli(2003)提出应用联想记忆模型和贝叶斯网络模型对时间的复杂性进行评估, 从而计算出信息成本; 余硕等(2013)在 Shannon 信息论的基础上, 通过研究信息成本中的信息距离理论, 提出了基于有限机状态(FSM)的信息距离测度模型, 并将其用来测度信息成本。

综上, 学者们在研究复杂产品制造业工程变更信息协同时关注了成本, 然而他们主要分析工程变更对企业产品成本造成的影响, 如原材料成本、工装设备成本、人工成本等, 而较少考虑由于信息协同需求而产生的信息成本。虽然信息成本已引起部分学者关注, 但是现有研究多数停留在静态相关性研究上, 未能明确地定量分析预测信息成本, 从而很难为企业有效控制信息成本提供帮助。因此, 本文在借鉴国内外相关研究成果的基础上, 利用系统动力学分析复杂产品制造工程变更信息协同的信息成本构成并对信息成本进行预测,

【基金项目】 国家自然科学基金资助项目“复杂产品设计制造变更的传播机理、影响和信息协同方法”(项目编号: 71471078)

构建信息成本系统动力学模型,然后通过 Vensim 软件对模型进行仿真,从成本管理角度对信息成本进行定量分析,以期为复杂产品制造工程变更信息成本的预测提供借鉴。

二、工程变更信息协同的信息成本构成

复杂产品制造属于大型、单件、小批订单式生产组织方式,“边设计、边生产、边修改”是大型单件小批生产企业最显著的特点,工程变更频繁发生,需要大量信息协同。在复杂产品制造变更的信息协同环境下,变更信息的获取到变更信息的输出、利用过程中包含了变更信息传递、存储、集成、处理和利用,是变更信息流的重要组成部分。变更信息流的每个环节均涉及信息成本。复杂产品制造变更信息协同的信息成本产生于工程变更的业务流程中,在 PM(项目管理)、ERP(企业资源计划)、CAPP(计算机辅助工艺规划)、PDM(产品数据管理)和 MES(制造执行系统)等信息系统中进行集成更改,确保变更信息准确一致,因此,伴随变更信息的产生、传递、存储、集成、处理和利用就产生了信息成本。复杂产品制造工程变更信息协同的信息成本构成如图 1 所示。

复杂产品制造投入资金、人力资源、物力资源,形成企业独有的信息资源,并最终反映为 IT 无形资产和 IT 固定资产。IT 无形资产的外在表现为信息系统、信息技术以及企业重要数据等;IT 固定资产的表现各种 IT 设备、IT 通讯设备等。本文将复杂产品制造工程变更信息协同的信息成本管理分为 2 个反馈环:企业外部资源反馈环和内部信息成本反馈环。

1. 外部资源反馈环。复杂产品制造领域竞争加剧与企业信息成本增加是正向因果关系,我国复杂产品制造业在全球化竞争中提升国际竞争力的措施之一是采取先进、适合企业情况的信息化技术并增加信息技术投资。制造业信息技术的发展对企业信息成本也有积极影响,企业应研发新兴信息技术或引进国外先进信息技术,实现信息协同等需求,扩大企业在信息技术方面的优势。国家政策与信息化应用环境对企业信息成本也有较大影响,企业应积极开拓外部资源市场,例如企业采用加大复合型信息人才的引进力度等措施,从而可以降低信息成本。

2. 内部反馈环。包括以下几个方面:

(1) 决策成本反馈环。决策成本是指企业为加强有效信息决策而耗费的所有资源。高效的决策与信息充分性、企业 IT 使用效率以及企业组织结构有关。例如,复杂产品制造业因协同需求,购入信息系统、信息设备前需要进行调研,根据企业状况决定是否增加 IT 投资。而企业组织结构层次越多、机构越复杂,越容易造成信息渠道堵塞、信息冗余,而且会增加讨论次数,延长调研周期,从而增加决策成本。

(2) 信息技术成本反馈环。信息技术成本是指企业为拥有信息技术产品或信息系统而消耗的全部人力、物力、财力资源(符刚,2008)。复杂产品制造企业通常购入软、硬件以支持信息协同需求,因此本文中信息技术成本主要指购买和租用相关软硬件的消耗、运行成本。其中,软硬件费用包括信息

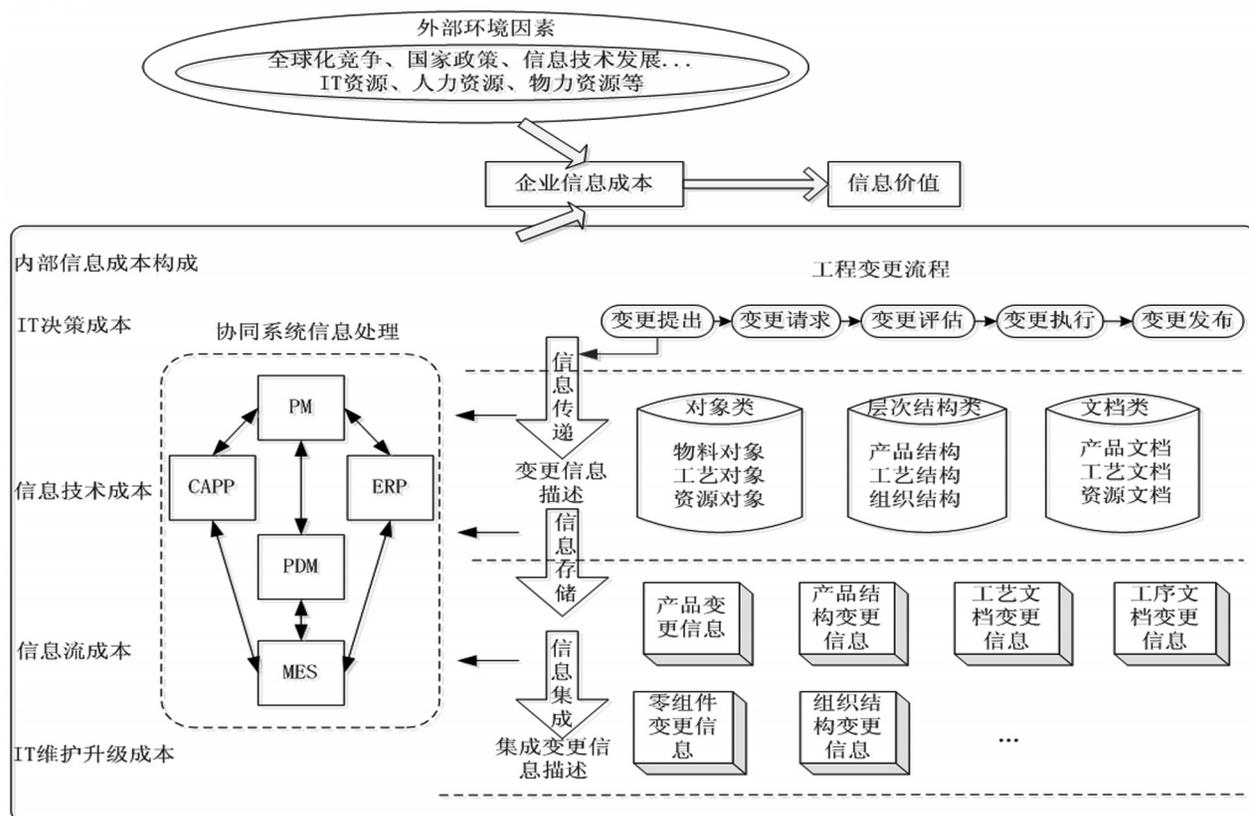


图 1 复杂产品制造工程变更信息协同的信息成本

系统等无形资产的摊销费以及信息设备等固定资产的折旧费。根据余硕等(2013)的研究,本文将运行成本分为三类,包括技术支持费用、计划和过程管理费用、数据库管理费等。信息技术成本与企业IT投资规模有关,投资规模越大,成本越高;其反馈环的表现形式为“IT资产投入—IT设备折旧、无形资产摊销、运行费用增加等—计入信息成本—调节—增加或减少投资”的闭路形式。

(3)信息流成本反馈环。信息流成本是指复杂产品制造企业在获取、存储、处理及利用信息过程中所消耗的各种资源形成的成本(符刚,2008)。信息流成本是由信息获取成本、信息处理成本和隐性成本等构成。复杂产品制造企业为获取信息而消耗的其他资源构成了信息获取成本,包括为获取有价值的信息而支付的费用。信息处理成本是指为加工处理信息内容而发生的成本,包括为有效处理、利用信息和信息设备而发生的人力资本投入以及管理费用,如处理信息的人员薪酬、培训费用等。隐性成本是实际未发生的成本,属于机会成本,指复杂制造业在获取、处理、利用信息过程中花费的时间成本以及信息不对称造成的信息失真等损失。其中主要的信息流成本是信息人员薪酬、IT管理费用、员工IT培训费、隐性成本等。信息人员薪酬与复杂制造业IT部门规模、人员结构有关,其层次越多、数量越大,信息使用成本就会越多。

(4)信息维护升级成本反馈环。维护成本是指复杂制造业提供IT维护升级而发生的费用,以及IT与企业环境不匹配而增加的成本,包括软件技术升级、信息产品维护费用以及信息维护人员薪酬等。

三、系统动力学建模

任南等(2014)应用系统动力学模型分析了复杂产品项目工作分解绩效,并对特大型船舶制造项目进行动态仿真;潘燕华等(2014)以系统动力学理论为基础,通过对船舶工程变更对成本影响的因果分析,建立了仿真模型分析船舶建造工程变更对成本的影响;王宇静、李永奎(2010)针对大型复杂项目建设问题,应用系统动力学方法建立了大型复杂项目的计划模型;刘景矿(2014)对建筑废弃物处理的成本与收益进行了系统动力学分析,仿真各个因素对成本收益的影响。因此,本文在参考这些文献的基础上,利用系统动力学的反馈控制机理分析复杂产品制造工程变更信息协同的信息成本的动态特征以及内部子系统之间的联系,在建立因果关系的基础上,根据历史数据、实践经验建立复杂产品制造工程变更信息协同的信息成本仿真模型,通过对影响因素的改变预测信息成本的变化。

1. 信息成本的因果关系分析。复杂产品制造工程变更信息协同的信息成本的反馈环之间也存在关联关系,信息技术成本与信息流成本的有效控制,使企业信息技术得到高效利用并保持信息流渠道的畅通,企业信息资源越充分,决策者领悟越充分,就越会减少讨论次数,提高决策效率,从而降低决策成本。信息技术成本的有效控制对IT维护成本也有积极影响,比如,企业引进的极其先进的信息技术在相当长的一段时间内不会被淘汰,会降低升级次数,从而降低升级成本。

根据上述分析,绘制出复杂产品制造工程变更信息协同的信息成本因果关系图,如图2所示。

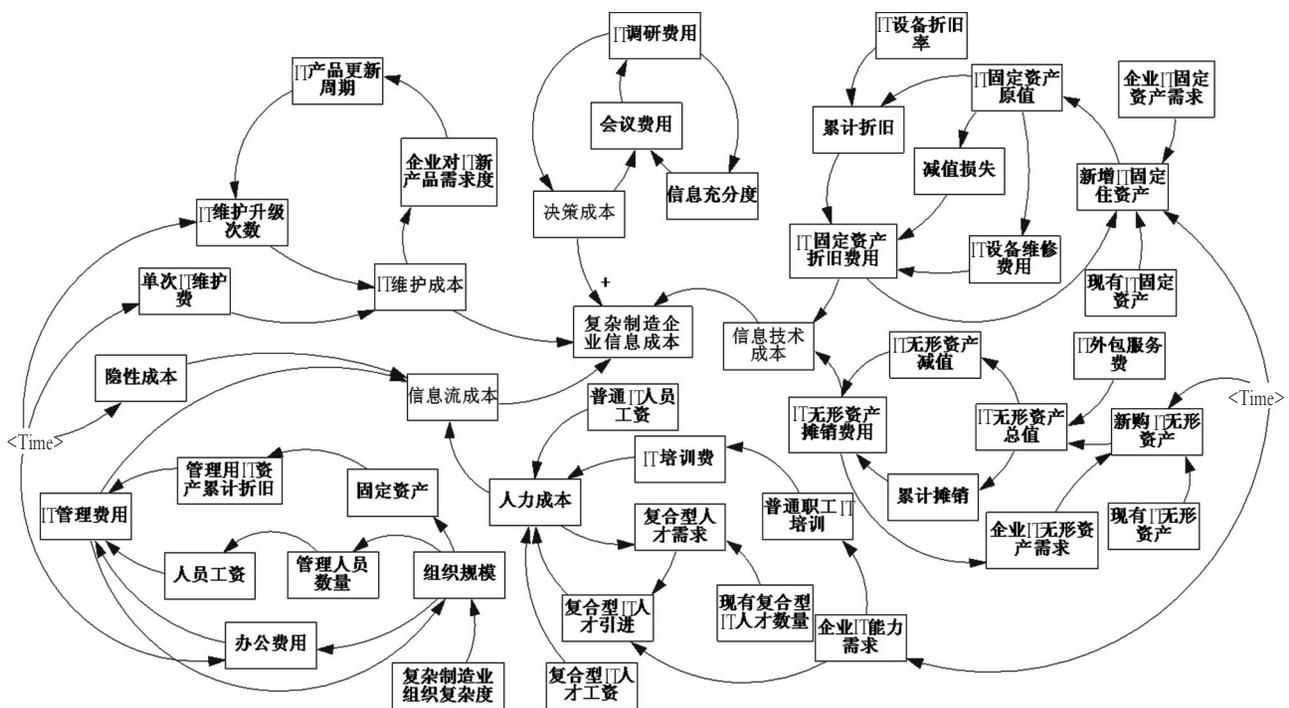


图2 复杂产品制造工程变更信息协同的信息成本因果关系

四、仿真与分析

1. 模型有效性检验。面对日益激烈的国际竞争,中国造船业可以不断提高成本效率并采取低成本竞争战略来保持竞争优势(Jiang等,2013)。本文以CX船厂为例来进行案例分析。CX船厂是一家国内大型船舶制造企业,能够建造巴拿马型以下各类船舶,拥有完善的修造船配套设施。对于CX船厂来说,船舶的设计和制造流程复杂,组成零部件众多,研制周期长,由于存在众多不确定因素,导致在船舶建造过程中频繁发生工程变更,造成企业成本增加。根据CX船厂的实际情况,笔者通过与企业财务人员、IT人员交流,获取了相关成本数据,辅助变量和常量的参数设置如下表所示:

模型参数主要赋值

变量	赋值	变量	赋值
IT调研费用	5200元/次	IT管理用固定资产折旧率	1.6%/月
IT调研频率	2次/年	专利保护费	1535元/月
IT会议费用	300元	IT升级费率	1000~2000元/次
IT会议频率	2次/月	IT维护升级次数	3次/年
一般IT人员工资	5017元/月	IT维护人员工资	4500/月
复合型IT人才工资	8212元/月	IT维护人员数量	2人
IT人员总人数	5人	IT外包费用	50000元
复合型IT人才比重	20%	IT管理部门人员	1人
员工IT培训	1000~2000元/月	新增IT管理人员	1人
IT固定资产折旧率	1.6%/月	IT管理人员工资	3424元
新购IT固定资产	52410元	平均IT管理办公费	500~1000元/月
IT无形资产摊销期	60个月	IT管理用固定资产	120000×22% (摊销率)
新购IT无形资产	220000元	现有IT固定资产	852300元
现有IT无形资产	1062300元	隐性成本	-

2. 模拟运行与结果分析。将上述参数及函数关系代入信息成本模型中,可得到结果如图4所示:

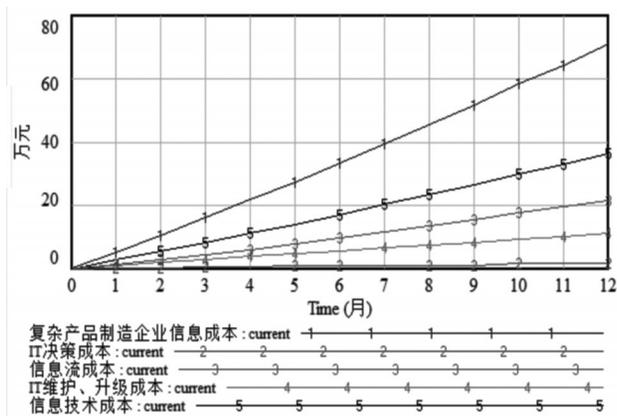


图4 船舶制造工程变更信息协同的信息成本曲线

船舶制造工程变更信息协同的信息成本为70.8562万元,其中:IT决策成本为1.76万元;信息流成本为21.7111万元;信息技术成本为36.2316万元;IT维护升级成本为11.1535万元。从图4中可以看出,船舶制造工程变更信息协同的信息成本呈线性增长,其中信息技术成本是重要因素,共发生36.2316万元,主要原因是企业没有充分考虑企业信息协同需求,信息投入缺乏针对性,缺乏适合企业情况的信息协同解决方案,因此即使花重金引进国外先进的软件也不能简单套用。

3. 信息成本模型灵敏度测试。根据研究调研结果显示,信息技术成本是船舶制造工程变更信息协同的信息成本支出的主要项目,是信息成本控制的重点。从信息成本结构相关性来看,IT固定资产和IT无形资产投入与信息成本相关性最大,应重点分析。另外,考虑IT人员在复杂的信息环境中的重要作用,将人力成本也作为关键参数进行分析。最终,本文的系统动力学模型灵敏性分析选择信息技术成本——IT固定资产、无形资产成本和人力成本作为重点分析对象。

下面以信息技术成本——IT固定资产、无形资产成本和人力成本的变动测试其对船舶制造工程变更信息协同的信息总成本的灵敏度,变动幅度设置为10%和20%。模型仿真模拟输出结果如图5、图6所示:

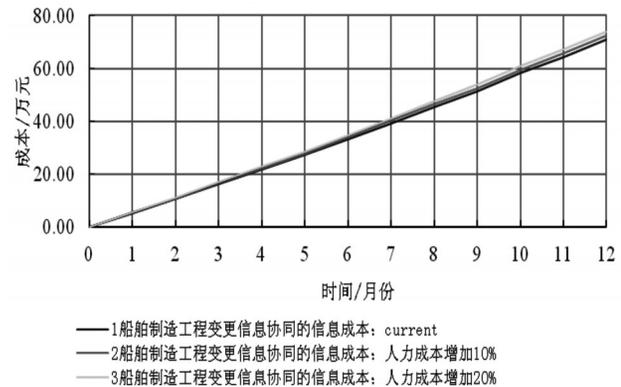


图5 人力成本对信息成本的灵敏度分析

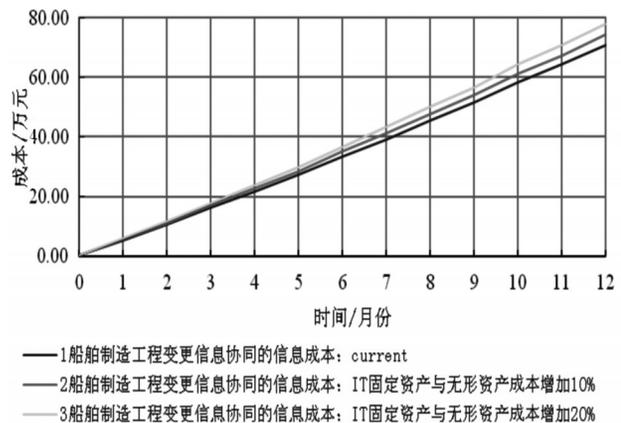


图6 信息技术成本对信息成本的灵敏度分析

从图5中可以看出,人力成本影响船舶制造工程变更信息协同的信息总成本的曲线形状与走势基本一致,幅度变化较小,基本没有太大影响。因此,信息总成本对人力成本的变化灵敏度相对较弱。但面对如此庞大且复杂的信息结构,企业需要既掌握IT技术又懂企业管理和业务流程的复合型IT人才,应重点考察如何优化人才结构,建立合理的薪酬体系,优化人力资源配置,并使其成为企业竞争力之一。同时,员工操作水平与信息产品技术越匹配,越能有效减少搜集、加工、处理信息的次数,从而提高工作效率,降低信息成本。

从图6可以看出,信息技术成本——IT固定资产、无形资产成本影响的船舶制造工程变更信息协同的信息总成本曲线变化幅度较大,曲线间的距离在拉大。因此,信息技术成本对船舶制造工程变更信息协同的信息总成本影响较大,应将成本控制重点放在信息技术成本上。由于船舶制造“边设计、边生产、边修改”的情况经常发生,会产生信息重复搜索、信息不一致的情况,而成功的信息协同能够实现信息共享与工程变更各环节协同,达到充分利用信息资源、各部门快速响应、消除信息孤岛的目的,从而减少资源浪费,降低复杂产品制造企业的信息技术成本。

五、结论

本文通过运用系统动力学分析影响复杂产品制造工程变更信息协同的信息成本的内外因素,建立了相应的主要影响因素系统动力学模型,并模拟分析了主要因素对船舶制造工程变更信息协同的信息成本变化的影响,结果表明:

第一,加强对信息技术成本的控制是降低信息成本的关键。复杂产品制造企业可以在满足信息协同需求的前提下,充分利用资源,实现CAD、PDM、CAPP与ERP的紧密集成,适当控制IT投资规模,降低信息成本。

第二,以系统动力学为基础构建的信息成本模型可以清晰显示其各项影响因素,以及信息成本与各项影响因素之间的关系,使企业可以针对性地采取控制信息成本的有效措施。

第三,通过参数的变动实现对信息成本发展趋势的预测,从而可以对船舶制造工程变更信息协同的信息成本的潜在风险进行预判,以及时地采用适当的手段进行调控,是可行而合理的管理信息成本思路。

本文的不足之处在于:由于信息成本中存在隐性成本,不易察觉也不易量化,因此本文未取得隐性成本数据并对其进行分析;前文讨论了信息成本的构成因素,但仍不全面,需要进行更加深入的探讨。

主要参考文献:

- 李伯虎. 军工数字化思变 直击信息化与业务“两张皮”:复杂产品制造信息化的重要技术——复杂产品集成制造系统[J]. 中国制造业信息化(应用版),2006(7).
- 吕盛坪,乔立红. 工程变更信息模型构建和变更过程控

制[J]. 中国机械工程,2014(11).

苏翔,宁宣熙,潘燕华,马小平. 面向造船企业的信息化一体化方案研究[J]. 中国造船,2005(4).

Chua D. K., M. A. Hossain. Predicting change propagation and impact on design schedule due to external changes[J]. IEEE Transactions on Engineering Management,2012(3).

Ahmad N., Ddvid C., Wynn P., Clarkson J.. Change impact on a product and its redesign process: a tool for knowledge capture and reuse [J]. Research in Engineering Design,2013(3).

宫中伟,杨海成,莫蓉. 工程变更雪崩传播的预测方法[J]. 航空制造技术,2013(5).

宫中伟等. 基于经验的工程变更传播路径预测方法[J]. 航空学报,2013(3).

谢承承等. 基于制造业 PLM 系统的工程变更管理研究[J]. 工程机械,2014(4).

唐敦兵等. 基于设计结构矩阵的工程变更影响分析[J]. 机械工程学报,2010(1).

Jarratt T. et al.. Engineering change: an overview and perspective on the literature [J]. Research in Engineering Design, 2011(2).

王际坤,魏法杰. 工程变更影响分析与评估研究[J]. 工业工程,2006(3).

潘燕华,彭晨. 船舶建造工程变更对成本的影响因素分析[J]. 船舶工程,2014(6).

张勤,莫蓉,宫中伟. 面向过程控制的工程变更系统研究[J]. 航空制造技术,2012(11).

符刚,刘春华,林万祥. 信息成本:国内外研究现状及述评[J]. 情报杂志,2007(11).

晏艳阳,周志. 引入信息成本的信息结构与股权融资成本[J]. 中国管理科学,2014(9).

余硕,詹必胜,许晓东. 有限状态机理论下的政府决策信息成本测度模型构建研究[J]. 管理世界,2013(9).

符刚. 管理信息成本论[M]. 成都:西南财经大学出版社,2012.

任南等. 复杂产品项目工作分解绩效预测的系统动力学模型[J]. 系统工程理论与实践,2014(12).

王宇静,李永奎. 基于系统动力学的大型复杂建设项目计划模型[J]. 工业工程与管理,2010(3).

Jiang L., BastiansenE., Strandenes S. P.. The international competitiveness of China's shipbuilding industry [J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review,2013(3).

作者单位:江苏科技大学经济管理学院,江苏镇江212003