

DOI:10.16356/j.1005-2615.2023.04.020

基于平衡计分卡的航天器工程管理效能评估

李清毅¹, 郑舒文²

(1. 中国空间技术研究院钱学森空间技术实验室, 北京 100094;

2. 北京航空航天大学经济管理学院, 北京 100191)

摘要: 近 20 多年来, 中国航天在多个技术领域取得了持续的进步和巨大成就, 但与美国、俄罗斯等航天强国相比, 技术和管理层面都存在一定差距。为提升我国航天领域的国际竞争力, 加快建设我国航天空间和技术安全, 航天工程管理效能作为决策与管理的重要依据, 亟待进行评估与优化。在界定航天工程管理内涵的基础上, 基于平衡计分卡(Balanced scorecard, BSC)方法, 通过设计一套管理评估模型和管理评估方法以开展航天工程管理效能评估。其中模型从价值、顾客、运营管理、成长发展 4 个维度构建出评估指标框架, 并细化到各级指标的考核内容, 通过打分法、权重法相结合的方法开展管理评估。同时, 对 BSC 在实际应用中可能存在的问题和关切点进行了分析, 并结合具体案例提出了航天工程管理层面的评估设想, 指出了选用指标和评估权重建议。本文致力于对航天体系管理效能的实际评估提供参考借鉴, 帮助促进航天领域高质量、高效率、高效益的发展。

关键词: 管理效能评估; 平衡计分卡; 评估指标; 权重; 航天器工程

中图分类号: V57

文献标志码: A

文章编号: 1005-2615(2023)04-0734-11

Management Effectiveness Evaluation of Spacecraft Engineering Based on BSC

LI Qingyi¹, ZHENG Shuwen²

(1. Qian Xuesen Laboratory of Space Technology, China Academy of Space Technology, Beijing 100094, China;

2. School of Economics and Management, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100191, China)

Abstract: During the last two decades, although China has made remarkable progresses and achievements in space industry, there is still a considerable gap in side of technology and management between other space powers. In order to improve the international competitiveness of Chinese space and speed up the construction of Chinese space security and technology safety, it is urgent to evaluate and optimize the efficiency of space engineering management as the important basis for decision-making and management. With the connotation of spacecraft engineering management, this paper selects balanced scorecard (BSC) for spacecraft engineering management evaluation. The method designs a kind of a four-dimensional evaluation index framework with concrete items, which integrates characteristics of aerospace into the traditional dimension of value, customer, operational management process, growth and development, and combines index weight and expert estimation. Finally, this paper lists out evaluation cases as summarization of BSC problems and concerns, and proposes space project management evaluation assumption, hoping it can help space engineering moving in the direction of high quality, high efficiency and high benefit.

Key words: management effectiveness evaluation; balanced scorecard (BSC); evaluation index; weight; spacecraft engineering

基金项目: 国家自然科学基金专项项目(L222400057); 国家自然科学基金面上项目(71972008)。

收稿日期: 2022-11-25; **修订日期:** 2023-05-06

通信作者: 李清毅, 女, 高级工程师, E-mail: Lee_qq@126.com。

引用格式: 李清毅, 郑舒文. 基于平衡计分卡的航天器工程管理效能评估[J]. 南京航空航天大学学报, 2023, 55(4): 734-744. LI Qingyi, ZHENG Shuwen. Management effectiveness evaluation of spacecraft engineering based on BSC[J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 2023, 55(4): 734-744.

太空是国与国之间、尤其是大国之间展开激烈角逐的舞台,航天技术作为知识密集型产业,是衡量一个国家综合实力的重要标志之一。在短短半个多世纪,我国就掌握了航天核心技术,尤其近20多年来,中国航天取得了持续发展进步及成就,在深空探测、载人航天、全球导航等多个领域中达到了世界先进水平,并向市场提供了广播通信、导航定位系统、地理测绘信息等产品和服务。

但是,与国外航天强国尤其是美国、俄罗斯相比,我国的航天事业发展,无论是技术层面还是管理层面都存在一定的差距^[1]。从国际竞争力的视角来看,与以美国为代表的西方发达国家相比较,我国航天工程的差距主要体现在国家竞争力、产业竞争力、企业竞争力和产品竞争力4个方面^[2-3]。

国家层面体现在国家政策、支持力度、国家科研经费投入、国际合作情况等方面。特别是近年来,美国允许开放政府航天技术和基础设施,从立法层面形成了民用和商业航天许可,开展了理论、项目筹划、产品采购等研究^[4],鼓励互联网思维、平台共享等思维,商业航天已成为其太空活动的重要组成部分,SpaceX公司和星链的巨大成功与这些措施密不可分^[5]。相比之下,我国航天产业起步于国家任务,计划属性较强,商业航天刚刚起步;根据公开的网络资料,2020年中国同期的航天预算总额不足美国的1/4,而在经济总量的投入占比上约为美国的1/20。这使得我国航天核心技术面临垄断性强、进入壁垒高的困境。

产业层面上,西方国家已经形成了高度的市场化格局,如以洛马公司、波音公司、通用电力为代表的产业巨头及其企业化运行管理模式。而我国航天产业商业化、产业化发展的程度不高,尚未孵化或带动促进相关技术产业、工业产业的巨大发展;跨地区、跨部门、跨行业的购并和重组困难大,资源利用存在重复;国家作为主要用户,型号立项、专业分工、原材料采购都形成了相对固化的运行网络。

企业层面上,我国在很多技术领域已经达到国际先进水平,但由于航天技术的复杂性和高风险性,重心聚焦于保成功、保进度尤其是保质量上,近年才逐渐提升整体战略规划、技术发展管理、成本控制、人才激励和奖励、技术成果转化等方面的关注度,造成了自主创新能力不足,技术成果转化慢、效益低,人才缺乏和流失比较严重的局面。

在产品和研发层面上,美国形成了较完善的技术知识形成机制,产品具有世界公认的先进技术能力。中国航天器尽管能满足任务要求,但在尺寸、重量、探测能力、运载能力等多方面的技术指标上都还存在明显的差距,倾向于使用成熟、稳定的产

品和技能,影响了尖端技术在航天产业的普及以及知识产业的良性循环。

在明确加快建设航天强国的形势下,航天产业和航天器工程作为技术层面和管理层面都及其复杂的巨系统^[6],在技术层面稳步提升之余,也亟待从战略设想、技术创新、人才培养、成本控制、质量效率、管理流程等多方面提高管理效能^[7-9]。

针对目前航天产业和航天工程研发、实施、运营全生命周期的专属管理评估还处于探索阶段,多见质量管理体系评价、企业人力资源管理效能评价^[10-11]等,显少有学者明确提出系统性的全生命周期评估模型。其他行业在管理效能提出的评价模型中,有人力资源管理模式三维矢量评价模式、基于智能算法的竞争力评价模型、基于分型理论的管理评价模型^[12-14]等。综合各行业效能评估方法,梳理可得航天体系效能评估的主要方法,包括主观评估法如专家调查法、层次分析法、比较矩阵法、重要性排序法等,客观评估法如ADC法、加权分析法、理想点法、主成分分析法、因子分析法、乐观和悲观法,以及定性和定量相结合的评估方法如模糊综合评判法、灰色层次分析法、聚类分析法、SEA方法等^[15],具体可参考现有研究所总结的管理评估及管理创新的常用评估方法^[16]。

综合考虑行业特点、体系效能评估方法,尤其是管理效能评估的特点和技术成熟度,本文选择了较为成熟的平衡计分卡综合评价方法,并与航天器研制体系业务进行融合和分析,建立了全方位评估模型。重点阐述了指标体系的分析设计,由于指标体系的选取取决于具体的评估需求应用背景,因此对评估方法仅作简单说明。最后,给出两项评估调研实例和航天工程管理评估设计示例,以期方法能指导实际应用,对促进航天产业高质量、高效率、高效益的发展有所帮助。

1 航天器工程管理内涵界定

1.1 航天器工程及其特征

目前在各类文献如文献[3]中普遍认为,航天产业作为高技术产业,由空间技术、空间应用、空间科学3大领域组成,并将跨大气层和在太空飞行的飞行器及其所载设备、武器系统和各种地面设备的设计、制造、试验、发射、应用各类服务业和应用产业集合于一体。

航天器体系作为推动航天产业发展的重要载体,狭义上来讲特指航天器的种类、功能、规模等结构要素以及与地面系统的相互作用,所共同形成的多个航天器系统;广义上讲是各航天器工程通过分

解和链接,组合而成的一个整体,并交互协作产生整体能力大于部分之和的涌现,组成航天工程。

航天器工程或航天工程是综合运用航天工程技术和系统科学,通过规划、研究、设计、制造、试验和使用等过程,开发出满足使用要求、综合性能最优的航天器系统的过程、活动和技术,包含体系需求论证、系统研发与设计、产品集成与验证、在轨应用管理等内容。航天工程即是开发完成一系列协同设计、满足序列化任务需求的多个航天器,强调一个任务专项多个航天器系统的全生命周期内容。在如今强调航天器体系设计与运用的发展态势下,航天工程也多指代航天器体系工程。

与其他产业相比,航天产业作为典型的复杂系统工程,具有高投入、高收益、不可替代性、技术密集型等特性:(1)充足的经费投入才能开展高技术产业发展研究,2020年中国在航天领域的投入为132.8亿美元^[17];(2)收益方面,航天产业的发展以及其技术外溢能够优化许多传统部门的生产经营流程,促进产业结构的优化和经济发展;(3)航天技术水平对国家太空安全具有战略意义,导航定位、测绘勘探、气象监视等对国家战略安全发挥着巨大作用;(4)航天产品从设计制造生产到集成试验全流程工艺流程复杂、技术含量高,因此更加依赖技术和知识要素。

1.2 航天工程管理效能

航天工程管理效能从广义理解是指各航天器各级承研部门协同完成单个型号及系列型号任务研制并产生各级产品运用结果的效率和效益,涉及国家航天发展重大方向决策、重大技术和产品立项决策,涉及航天产品论证、研制、投产、应用等研制全生命周期管理^[18],涉及航天产业的周边技术能力孵化和市场能力带动,涉及航天企业的建制管理、生产经营、产学研结合、知识技术和人才资源的培育和储备;不仅关注企业管理活动过程中所体现的管理工作能力,航天体系相关措施、制度的落实和执行是否能产生很好的管理效果,还应关注宏观层面上航天体系管理“活动过程”及对“结果”的多方面实体影响和隐藏效果。

航天体系和航天器工程知识密集、具有高度不确定性,是典型复杂管理问题。当下我国航天器系统按照“一星多用、多星组网、多网协同、数据集成”的思路进行体系设计和优化统筹,开展管理效能评估研究有助于降低管理方法的复杂性,为航天企业和工程项目的全生命周期管理优化提供指导、提升实质效果,也能为国家重大决策部署、技术的持续性发展、重大工程论证提供评估参考。

2 基于BSC的航天器工程管理效能评估方法

2.1 平衡计分卡方法

平衡计分卡(Balanced scorecard, BSC)^[19]经数十年发展之后已成为广泛成功运用的管理理论,多用于各行业生产和管理过程的效能效率评估,如制造业、基础能源、教育、科技生产、行政管理、航空等^[20]。作为战略管理方法更注重组织自身的可持续发展能力和潜在价值创造能力, BSC 希望实现企业内部指标与外部指标的相互平衡,核心是以因果价值判断为分析手段而形成的战略指标综合评价模型,包括战略目标(一级指标)、策略目标(二级指标)、具体指标(三级指标)3个层次以及财务维度、顾客、应用运营/流程维度、学习与成长维度4个维度。在进行指标设计时, BSC 一般需要考虑的原则包括适宜性、系统性、简明性、客观性、时效性、可测性、完备性、独立性、引导性、通用性和真实性等。其中适宜性原则指各类各层次指标选取需适宜,能够便于理解且真实地反映管理效能;系统性原则指能够直接体现出待评估系统的综合特征。

目前我国航天器系统在任务设计和应用时,(1)涉及技术领域广,需求多样化;(2)体系复杂,结构有待优化;(3)有待天地一体化协同发展;(4)有待形成竞争合力。因此管理效能评估指标体系及标准应具有:(1)普适性,满足多样化行业及天地一体化应用管理评估;(2)激励性,能够对未来形成科学预测,引导企业形成积极、有创造性的良性局面;(3)可达性,处在评估对象能力范围内、但需要提升后才能满足,从而刺激降解设计复杂性、优化整体结构;(4)弹性,对任务完成过程中的不确定性给与适度的裕度。

2.2 基于BSC的航天器工程管理效能评估指标体系构建

基于BSC的航天器工程管理效能评估指标模型构建需要以企业战略尤其是国家发展战略为核心、以“平衡”为主要诉求点,覆盖BSC 4个维度。

2.2.1 财务/价值维度,以实现企业价值为核心,代表企业的战略思想

一般企业较多关注财务维度的经济效益,但航天工程不仅需要考虑经济效益,也承载着国家的战略使命,注重提升社会价值与贡献、解决国家航天战略安全问题,如夯实空间基础设施、开展新技术实验与科学探索等^[21]。因此,财务层面有必要提升为价值维度,不仅实现经济效益能力的测度,尤其要对工程的整体战略能力进行评估。故基于长

远性与整体性,形成导向性的战略评估能力和结果性的经济效益能力两个二级评估指标。

随着航天器应用规模的扩大、应用广度和深度的不断提高,航天器系统顶层规划设计能力薄弱、量化分析手段缺乏等共性问题也暴露出来^[22]。未来的航天工程需要沿着高质量高效益、体系化和高效发展、加强与信息产业和高端装备制造的多领域技术交叉创新突破的战略方向发展,未来 5 年需要合理发力空间技术与系统,如运输系统、空间基础设施、新技术试验,因此战略导向要求着眼于全局长远的发展目标和任务^[23]。据此,战略评估能力设置需求预测、技术和效果引领能力、风险评估能力等指标,以把控不确定性、延展可探索性,形成与其他科技企业、工业和商业企业的明显不同。

在经济效益方面,需要对巨大的资源投入、成本投入、利润做出综合调配,形成航天企业的商业化、市场化,完善航天市场的准入制度;同时需要综合当下和未来,选择与企业获利能力相关的成本、利润、收入等构成重点关注指标。

构建形成的航天体系管理效能价值层面指标

如表 1 所示^[24-27]。

航天工程设计、研制投产和应用周期长,重大战略工程^[28-30]甚至需要 5~10 年或更长时间,且产品数量非常有限,同时经济效益无法由产品的销售收益决定、而是往往与国家经济提升和国家的全球技术领先程度提升相关,为此战略前瞻、财政绩效、风险把控均非常重要。表 1 中,“应用市场效果引领能力”指以任务应用效能提升为导向,持续形成有助于提高航天产业竞争力的航天应用和需求拓展、专业技术创新和领域技术融合的能力,引领落地新工程、新型应用、新企业,通过企业排名、市场结构比例、产业规模等体现;“体系策划与现代化治理能力”目的在于提升治理能力,一方面包括通过对航天器工程管理目标的分解、转化等方式,有效利用资源、合理策划、并保质保量执行任务的能力,另一方面包括工程、技术、工业等领域的合理布局与能力部署能力;“工程与应用能力”体现在技术研究、试验及工程研制过程中自主创新能力、结构优化调整能力、技术合作能力、融资能力与市场化程度、决策与运营能力^[31]等。

表 1 航天体系管理效能价值层面指标体系^[24-27]

Table 1 Index framework on value level of spacecraft management effectiveness evaluation^[24-27]

一级指标	二级指标	三级指标	主要内容
价值 A1	战略评估 能力 B11	应用市场需求预测能力 C111	变化情况(合同总额、市场份额占比、客户贡献率、客户活跃度、供应链)预测的准确度
		应用市场效果引领能力 C112	行业地位(企业排名)、市场结构比例、企业估值、市场规模、社会认知程度、企业规模等的变化情况
		体系策划与现代化治理能力 C113	策划的完整性、客观性、可执行度、准确度、覆盖度,任务执行能力(任务完成度、时效性等),信息化程度,协同能力等
	经济效益 能力 B12	技术发展能力 C114	研发能力(技术投入比率、科技成果数量)、保护能力(专利有效量比)、利用能力(专利利用数量比例与营收)、获取能力(资产先进水平、专利外购合作比例)等
		工程与应用能力 C115	投入占比、管理覆盖与执行能力、工程控制能力等
		风险控制能力 C116	风险等级、技术成熟度、控制措施完备性等
经济效益 能力 B12	经济效益增长能力 C121	营业收入、利润总额,经济效益、人均收入、生产总值等的增长率	
	成本控制能力 C122	成本数额及其占比的变化率等	
	附加经济价值(EVA)C123	附加经济价值	
		资本利用率 C124	资产的利用率、回报率、周转率等

2.2.2 顾客维度,以客户为核心,致力于持续的企业形象表现

顾客维度捕捉外部环境的变化。航天工程的用户包括国家、军工机构、科研院所、科研工作者等不同角色^[32]。考虑到航天工程的复杂性和研制周期,用户层次和顶层需求一般不会发生太多改变,因此可借鉴学者们提出的业务收入结构、用户满意度等进行衡量,如表 2 所示^[33]。

2.2.3 应用运营维度/流程维度,为企业业务流程制定目标和绩效评价指标

航天体系的流程管理具有决策流程长、条块式管理的特点,难以与市场或条件状态变化形成快速响应,同时其产出的产品与服务很难通过市场行为确定其价格,成果、绩效的衡量难以量化。因此,以结果导向、经营导向为路径的一般绩效评价将无法对标原始战略目标,并影响项目执行过程中的管控效率与评估结果。故流程层面要重点考虑管理能

表2 顾客层面指标体系^[33]Table 2 Index framework on customer level^[33]

一级指标	二级指标	三级指标	主要内容
顾客 A2	用户持续性 B21	市场广度和深度 C211	市场占有率,业务收入结构,认知普及度、产品转化数量、技术多元化等
		市场稳定性 C212	市场增值,市场增长率、保持率、流失率
	用户服务能力 B22	用户满意度 C221	投诉比例、美誉度、知名度、回头率等,外部检查情况,内部检查情况
		沟通能力 C222	用户活跃度、沟通频率、回访率等
		服务深度 C223	用户刚需程度、技术深度、服务营收等

力,这有助于将结果导向和过程控制结合起来,将诸多模糊目标通过流程化、标准化的过程与行为予以测定,解决航天体系的产出在计量上的困难。

具体而言,需要遵循航天器工程及研制过程中的技术流程、计划流程、产品保证流程、技术安全流程。航天器工程中系统的复杂性、零部件的多样性、学科的广泛性、研制单位的差异性以及研制过程各系统部件的协同性,给工程质量管理以及工程保证工作带来巨大的挑战^[34]。因此,在以技术流程为核心^[35]的同时,技术和产品状态变化过程以及产品的安全性可靠性控制同样关键,质量控制能

力、故障预案能力、风险对策能力等成为产品保证流程、技术安全核心的关注核心,如表3所示^[36-38]。

在航天活动和产品全生命周期中,4大流程覆盖了从研发论证和设计、原材料选择采购和制造、部件投产和装配、整星装配和试验,到市场的应用服务、国家任务的完成的全过程,此外还包括市场协作、成本经费、人力资源、任务专项运营调度、仪器设备和物资管理、质量管理、安全保密、实验活动、知识产权、技术转化、文件资料、日常生产生活、科研活动等^[39]。这些分支贯穿了航天器工程的整个生命周期,并构成了全过程管理流程的基础性环节。

表3 运营层面指标体系^[36-38]Table 3 Index framework on industry operational level^[36-38]

一级指标	二级指标	三级指标	主要内容
运营 A3	管理能力 B31	基础管理及4个专项流程制度建设情况 C311	管理制度和条例的完备性、可操作性、高效性、信息化程度等
		基础管理流程实施情况 C312	普及程度、违背流程事件发生率、科研生产工作准确性和时效性的提高率、成本降低率、事故减少率、工作满意度等
		4个专项流程的实施情况 C313	状态变更情况和返工率,EPC项目控制,质量控制能力(风险和质量问题的数量与等级、质量可靠性、技术可靠性、性能稳定性、故障率等),任务完成度、周转率、准时率、交付率,计划和资源的冲突率等
	资源配置能力 B32	资源收益 C321	各类资源(供应链、单位、团队、资产等)在规模、经济、技术等方面的成本与效益,综合效益等
		资源稳定性 C322	各类资源和成本的规模变化情况、与全时强度的匹配度等
		资源规模 C323	各类资源的规模变化年率、投入产出比、产权清理情况等
		结构合理性 C324	资源投入和活动的冗余度、资源细分配占比和利用率、生产负荷率(人员全时强度等)、单位生产成本、节能减排情况(废物总量、资产折旧)等

2.2.4 行业发展维度,强调航天体系为保持竞争能力与未来发展

在过往的数十年中,航天技术和应用很大程度上在继承产业复杂定制技术的同时也形成了分布式、序列化、大数据、数字化信息化、互联网等^[40]的技术堆栈,这些研究给航天产业带来了丰富的技术成果。综合行业特点、运行趋势、横向竞争、行业结构的各种变化,航天工程管理的行业发展维度指标包括技术开发能力^[41]、创新管理发展能力^[42]、市场发展情况,指标体系如表4所示^[16,43-44]。

技术开发能力面向航天器研制流程的前端,重

点考察4方面情况,有利于从创新链源头入手评估行业的技术潜力;创新发展能力侧重行业的软实力,衡量持续改进的能力;市场发展情况侧重衡量产业链条、边界和环境的发展变化,在国家数字化升级的大背景环境下,许多行业都处于转型期,航天产业也不例外^[45],因此关注环节变化有利于将航天产业置于当前国情下开展应用前景、应用可行性评估。

以上是基于企业层面逐层设计出尽可能平衡和全面的管理考核指标体系。然而,考虑到我国航天产业的国家属性,有必要从政府视角出发、关注

表4 行业发展层面指标体系^[16,43-44]Table 4 Index framework on industry development level^[16,43-44]

一级指标	二级指标	三级指标	主要内容
行业发展 A4	技术开发 能力 B41	技术研发完整性 C411	对比行业的技术清单和规范清单能够达到的百分比
		技术成熟度 C412	对应行业划分的 GJB 九级或其他分级标准,重要技术及技术总成可达到的程度
		技术领先度 C413	R&D 经费投入数量和强度、人员全时当量、科研项目活动数、新产品(专利、标准、产品、奖项等)产值增长率等
		核心技术掌握程度 C414	技术和主营业务收入的发明专利家族数量和被引用数量、技术资料完整度、技术或产品外包数量
	创新发展 能力 B42	管理创新情况 C421	组织结构、管理制度、组织文化、管理方式、流程制度、条件建设(原值、实验室数量)等方面的变革,以及其科学性、实践性、效益性
		新技术推广 C422	推广能力(技术交流及培训等活动数量、网络访问量及推贴数量、市场营销活动数量)、推广效益等
		人才结构 C423	(研发)人才占比与收入增长、专家队伍增长等
		企业文化发展情况 C424	员工形象、内刊发行、文体教育活动情况等
	市场发展 情况 B43	商业模式和商业化水平 C431	地区商业化的法人单位数量、人口数量、科研活动数量、产品价值
		竞争情况 C432	产品与活动市场集中度、资源集中度
		市场推广 C433	推广能力、推广效益、认知度

政府营造的制度环境(A5)、政策环境(A6)和立法环境(A7)3个维度^[46],设计完善航天体系管理效能的评估指标体系。此部分指标的设计构建有待于学术界持续而深入的探究。

2.3 管理评估方法概述

航天管理评估方法宜采用客观与主观、定量与定性相结合的方法来测度。航天管理涉及国家、产业、企业、工程等不同角色,评估需求和背景不同将导致各角色开展评估时会选取不同的指标体系。

为使评估方法具有通用性、避免评估过程陷入复杂的模型和算法^[47]中,总体上可采用加权平均法的方式进行。首先,由评估角色制定每个指标的评价标准或评价模型,其中不宜量化的评价标准可通过专家问卷调查获得;其次,进行数据采集,依据评价标准和模型获得每个指标的归一化评价得分,对于不宜量化的评估指标可通过专家问卷获得;每一层级的指标权重分配,可采用层次分析法、专家权值因子判断表法、专家调查法等获得;最后,通过加权平均法获得层级指标的综合值,由此聚合至上一层级指标计算,从而获得总体评判值。

这种评估方法中,指标权重和评价标准则较多依赖于评估角色和专家态度,通常难以取得绝对的一致,且方法也较为常用,因此本文不再进行详细说明。

3 案例

3.1 BSC 的应用情况

我国航天领域目前虽然少有 BSC 的应用案例,但是我国航空集团、美国美孚石油公司、北卡罗

纳州夏洛特市政府机构等多个企业集团公司和政府机构已经开展了应用尝试。尽管 BSC 受到广泛肯定,但在实际应用中产生了很多问题,包括^[48]:(1)绩效高的部门反而得到较低的评价结果,或者各部门评价结果接近反而形成了评价的大锅饭;(2)价值链指标太多且量化困难,评价重点较多依赖各单位的价值倾向和目标倾向,影响了关键指标的驱动作用;(3)工作周期长,尤其后期修正实际推进缓慢。

经分析,BSC 在实施过程中存在一定的使用条件,包括:(1)应用条件高。要求企业有明确的组织战略,完善的组织机构,以及中高层管理者具有良好的分析沟通能力、测评指标的创新能力和贯彻 BSC 的真实意愿。(2)指标和评估方法设计困难。指标在设计和筛选过程中,各部门均会有所侧重,且不一定覆盖全部因素(供应商、竞争对手、政府等);其次不同企业在权重制定时并没有唯一客观标准,这就使得权重分配带有一定的主观性。(3)工作量大时间长。据调查,一份典型的 BSC 需要 5~6 月去执行,需 4~5 月去调整结构,使其规范化,因而至少需要一年以上的时间去贯彻执行。

因此,为结合实际情况合理应用 BSC 需要对指标和权重进行不停优化,包括:(1)应考虑指标的因果关系,避免指标之间存在影响或因果关系,指标应精简、重点突出且存在独立性;(2)需要结合部门或企业实际情况和价值文化,体现考核的主要目标,并与当前战略目标吻合,避免大而全或面面俱到;(3)应体现出管理规章、管理内容的复杂性和

多维性。

3.2 BSC的应用案例

表5给出某两司^[49]根据BSC实际应用中的问题和使用条件,在多次优化完善后形成的BSC指标以及基于AHC层次分析法的评价方法。表5中,两司管理者首要关注价值维度即企业的盈收情况,较高的权重比例直接体现了其管理目标,次之为客户评价、运营和学习成长维度,并在原4个维

度的基础上均增加了否决维度。通过多司指标体系及评估对比,表5基本能代表一般企业采用BSC方法后的评估方向和可用的方法,不同之处归纳为:(1)各维度权重不同,价值维度的权重从20%或可高至50%甚至以上;(2)各维度选用的考核指标以及是否选用否决措施差别较大;(3)层次分析法是一种常用的评估方法、简单可行,因此较多被使用到。

表5 基于BSC的两种评价实例^[49]

Table 5 Evaluation examples based on BSC^[49]

A 司指标类别	编号	衡量指标	权重/%	
价值与目标(50%)	V1	营业收入	20	
	V2	利润总额	20	
	V3	EVA	10	
客户与评价(20%)	C1	新签合同额	4	
	C2	客户满意度	4	
	C3	产品外部检查情况	3	
	C4	上级决策事项执行情况	3	
	C5	其他部门、单位满意度	3	
	C6	全价值链能力资源整合	3	
流程与标准(15%)	P1	技术度量及安全生产	3	
	P2	全面预算执行率	3	
	P3	招标采购制度执行情况	3	
	P4	战略管控体系执行情况	3	
	P5	公司规章制度执行情况	3	
学习与成长(15%)	L1	管理创新	3	
	L2	人才队伍建设	3	
	L3	信息化建设	3	
	L4	企业文化建设	3	
	L5	科研业务建设	3	
否决措施(-60%)	N1	安全	-20	
	N2	保密	-20	
	N3	廉政	-20	
B 司指标类别	编号	考核方向	衡量指标	权重/%
价值与目标(42%)	V1	发展规模	总资产、净资产规模	12
			总资产、净资产增值率	5
	V2	发展质量	投资收益、权益乘数	14
			总资产、净资产收益率	4
V3	控制风险因素	资产负债率、流动比率、速动比率	7	
客户与评价(28%)	C1	项目层面	市场占有率、新增项目量	14
	C2	业务层面	业务收入结构	14
流程与标准(20%)	P1	投资管理	良性投资比例	6
	P2	运营管控	制度完善次数、运营分析次数	3
	P3	财务管理	银行授信额度、融资渠道	7
	P4	控制风险因素	内审结果满意度、各部门投诉数量	4
学习与成长(10%)	L1	人才结构	员工学历层次结构、专业人才层次结构	4
	L2	员工成长	人均培训费、培训效果满意度	3
	L3	控制风险因素	员工满意度、员工离职率	3

3.3 BSC 的航天工程管理设计

基于以上分析思考和调研,择取权重指标,给出表 6 所示的兼顾企业管理和工程管理的航天工程管理评估设想。若从航天企业和产业评估需求出发,则应相对提高价值维度的评估权重。相比其他科技企业,表 6 中:(1)价值方面不仅重视企业营

收增长,也重视技术和市场的引领作用,重视任务的执行完成能力;(2)运营方面非常重视产品安全和可靠性,并从 4 个流程多个指标进行并行管控,这是与一般制造业和工业工程的显著不同;(3)在否决措施方面,必须考虑安全、保密等航天企业的底线红线要求。

表 6 航天工程管理评估实例设想

Table 6 Evaluation figure of aerospace engineering management

指标类别	编号	重点考核方向	衡量指标	权重/%
价值 A1 (35%)	B11	发展与应用能力	市场份额、研发能力、工程控制能力、任务执行能力	10
		风险控制能力	风险等级	10
	B12	经济效益能力	营业收入、利润总额、EVA、人均收入、资产负债率	15
顾客 A2 (14%)	B21	用户持续性	市场占有率、市场增长率、业务收入结构	7
	B22	服务能力	用户满意度、外部检查情况	7
运营 A3 (31%)	B31	4 个专项流程的实施情况	状态变更情况、EPC 项目控制、质量控制能力、任务完成度、任务交付率	21
	B32	资源配置	资源收益,结构合理性	10
行业发展 A4(20%)	B41	技术开发能力	技术领先度、核心技术掌握程度、技术研发完整性	12
	B42	创新发展能力	管理创新、人才结构	8
否决措施 A5(-20%)	N1	安全	安全	-7
	N2	保密	保密	-7
	N3	廉政	廉政	-6

4 结 论

本文立足航天体系的复杂性和航天器工程管理的特征,利用 BSC 管理工具,从价值、顾客、运营、行业发展 4 个维度构建了航天工程管理的评估方法,给出了各维度具体的评估指标类别和指标内容;同时通过分析 BSC 在实际运用中发现的问题及原因,提出了 5 个维度的评估模型,并结合调研情况设计了评估权重。本研究成果可服务从顶层管理到工程管理的多种评估角色,有助于统一航天工程管理结果导向与过程控制,发现航天产业的管理问题和短板,助力航天产业的更优发展。本文的贡献在于:

(1) 全面界定了航天体系和航天工程管理的范畴,突破了现有研究多重视单项任务质量和阶段经营管理的局限,从产业、工程、产品等多个层面系统性地提升了航天工程管理的认知,有助于促进理论研究的完整性和全面性。

(2) 将 BSC 引入航天体系管理效能评估中,构建了一套适用于航天系统论证、建设、运营全生命周期的 4 维度管理效能评估方法,打破了现有过多关注航天任务效能和产品质量而缺乏全方位管理认知的局面。航天体系的复杂性使得采用一般项目的管理效能评价指标并不完全适用,设计的 4 维度评估指标框架与航天工程和产业特点紧密结合,

实现了 BSC 方法与航天系统业务的深度匹配。

(3) 提炼分析了 BSC 在实际应用中的问题、原因及优化思路,结合全面的指标框架选取关键指标并构建出一套精简的航天工程管理评估模型,完成了“理论方法—问题剖析—案例分析”的技术闭环,符合钱学森先生“综合集成方法体系”和“复杂巨系统的思想”,对研究和解决航天工程管理效能评估中的复杂问题具有指导意义。

参考文献:

[1] 左赛春,祝彬,张京男.欧美三大宇航公司航天发展重点领域竞争力研究[J].中国航天,2018(3): 52-56.
ZUO Saichun, ZHU Bin, ZHANG Jingnan. Study on emphasis competitiveness of European and America aerospace corporation[J]. Aerospace China, 2018(3): 52-56.

[2] 白志富.中国航天企业国际化发展模式思考[J].航天工业管理,2019(6): 15-19.
BAI Zhifu. Consideration on international development pattern of Chinese aerospace enterprise[J]. Aerospace Industry Management, 2019(6): 15-19.

[3] 贾昕越.我国航天产业国际竞争力研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2018.
JIA Xinyue. Research on international competitiveness of China's space industry[D]. Harbin: Harbin Engineering University, 2018.

- [4] 董齐光,于雷.美国特朗普政府航天发展政策分析[J].全球科技经济瞭望,2018,33(6): 1-6.
DONG Qiguang, YU Lei. Analysis of Trump's administrator's aerospace development policy[J]. Global Science, Technology and Economy Outlook, 2018, 33(6): 1-6.
- [5] 李锴,陈国玖,刘志强,等.美国航天工业管理模式分析及启示[J].航天工业管理,2021(11): 73-76.
LI Kai, CHEN Guojiu, LIU Zhiqiang, et al. Analysis and enlightenment of American space management model[J]. Aerospace Industry Management, 2021(11): 73-76.
- [6] 李明华.航天复杂巨系统工程管理体系及实施初探[J].工程研究,2020,12(2): 155-163.
LI Minghua. Preliminary exploration of engineering management system of complex giant aerospace system and implementation[J]. Journal of Engineering Studies, 2020, 12(2): 155-163.
- [7] 高峰,张燕征,程晓栋.大数据时代下航天企业管理和发展的思考[J].经济管理研究,2020,2(4): 43-44.
GAO Feng, ZHANG Yanzheng, CHENG Xiaodong. Discussion on the management and development of aerospace enterprises in the age of big data[J]. Research on Economics and Management, 2020, 2(4): 43-44.
- [8] 庞德良,沈汝源.美国航天产业发展特点及对中国的启示[J].科技进步与对策,2014(12): 71-74.
PANG Deliang, SHEN Ruyuan. Characteristics and Enlightenment of American aerospace industry[J]. Science and Technology Progress and Policy, 2014(12): 71-74.
- [9] 王子龙,高嘉慧,张志雯.双循环视角下区域技术创新效率测度及溢出效应研究[J].南京航空航天大学学报(社会科学版),2022,24(4): 90-99.
WANG Zilong, GAO Jiahui, ZHANG Zhiwen. Measurement and spillover effect of regional technological innovation efficiency from the perspective of dual cycle[J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics (Social Sciences), 2022, 24(4): 90-99.
- [10] 张志军,李广路.航天型号项目质量管理归零工作探索与实践[J].项目管理技术,2020,18(10): 137-141.
ZHANG Zhijun, LI Guanglu. Exploration and practice in closed loop of quality management of aerospace model project[J]. Project Management Technology, 2020, 18(10): 137-141.
- [11] 傅艳.基于QFD的航天产业质量管理模式研究[J].航天工业管理,2021(6): 55-59.
FU Yan. Research on quality management mode of aerospace industry based on QFD[J]. Aerospace Industry Management, 2021(6): 55-59.
- [12] 刘仕雷,李昊.改进ADC方法及其在武器装备系统效能评估中的应用[J].国防科技大学学报,2017,39(3): 131-135.
LIU Shilei, LI Hao. Modified ADC method and its application for weapon system effectiveness evaluation[J]. Journal of National University of Defense Technology, 2017, 39(3): 131-135.
- [13] 路明辉,王雪梅.分形理论在航天管理中的应用[J].航天工业管理,2021(6): 8-11.
LU Minghui, WANG Xuemei. Application of fractal theory in space management[J]. Aerospace Industry Management, 2021(6): 8-11.
- [14] ZHANG Yujin, LIAO Wenhe. Practice of project management methodology for commercial aero engines based on integrative project architectures[J]. Transactions of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2020, 37(2): 311-321.
- [15] 刘俊涛,杜浩,丁楠.航天装备保障效能评估方法研究[J].导弹与航天运载技术,2021(3): 111-115.
LIU Juntao, DU Hao, DING Nan. A research on evaluation method of space equipment support effectiveness[J]. Missiles and Space Vehicles, 2021(3): 111-115.
- [16] 王广生.管理创新的评价:内涵、原则及方法[J].创新与创业教育,2022,13(1): 22-27.
WANG Guangsheng. Evaluation of management innovation: Connotation, principle and methodology[J]. Journal of Innovation and Entrepreneurship Education, 2022, 13(1): 22-27.
- [17] 朱德成,刘从,李欣欣.新时期重大科技任务集中力量办大事的组织模式研究[J].中国电子科学研究院学报,2020,15(4): 299-305.
ZHU Decheng, LIU Cong, LI Xinxin. A study on the organizational model of major scientific and technological projects under whole-nation system in the new period[J]. Journal of CAEIT, 2020, 15(4): 299-305.
- [18] 万磊,罗谷清.关于航天型号全生命周期有效质量管理的思考和实践[J].项目管理技术,2018,16(5): 65-69.
WAN Lei, LUO Guqing. Reflection and practice on effective quality management of aerospace project life-cycle[J]. Project Management Technology, 2018, 16(5): 65-69.
- [19] 燕志琴,王鑫,张明安.基于平衡计分卡的航天科研院所绩效评价研究[J].航天工业管理,2021(8): 44-47.
YAN Zhiqin, WANG Xin, ZHANG Mingan. Study on performance evaluation of aerospace institutes on balanced scorecard[J]. Aerospace Industry Management, 2021(8): 44-47.
- [20] DİNÇER H, HACIOĞLU Ü, YÜKSEL S. Balanced scorecard based performance measurement of European airlines using a hybrid multi-criteria decision making

- approach under the fuzzy environment[J]. *Journal of Air Transport Management*, 2017, 63: 17-33.
- [21] 阮荣彬,陈莞. 基于扎根理论的企业科技向善影响因素及驱动机制研究[J]. *南京航空航天大学学报(社会科学版)*, 2023, 25(1): 62-69.
- RUAN Rongbin, CHEN Wan. Research on influencing factors and driving mechanisms of corporate technology for social good based on grounded theory[J]. *Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics (Social Sciences)*, 2023, 25(1): 62-69.
- [22] 董章,徐卫卫. 我国商业航天产业协同发展思考与路径[J]. *中国航天*, 2020(10): 44-47.
- DONG Zhang, XU Weiwei. Thinking and path of coordinated industrial development of China's commercial space[J]. *Aerospace China*, 2020(10): 44-47.
- [23] 中华人民共和国国务院新闻办公室. 2021中国的航天白皮书[EB/OL]. (2022-01-28). http://www.gov.cn/zhengce/2022-01/28/content_5670920.htm.
- The State Council Information Office of the People's Republic of China. 2021 China's aerospace white paper [EB/OL]. (2022-01-28). http://www.gov.cn/zhengce/2022-01/28/content_5670920.htm.
- [24] 张慧明,赫连志巍,孟庆洪. 转型导向的制造企业技术能力评价[J]. *中国科技论坛*, 2021(7): 125-136.
- ZHANG Huiming, HELIAN Zhiwei, MENG Qinghong. Evaluation of technical capability of transformation-oriented manufacturing enterprises[J]. *Forum on Science and Technology in China*, 2021(7): 125-136.
- [25] 董正明,陈启航. 基于CMMI模型的电子装备单位RMS工程能力评估研究[J]. *环境技术*, 2021, 39(2): 170-174.
- DONG Zhengming, CHEN Qihang. Research on RMS engineering capability evaluation of electronic unit based on CMMI model[J]. *Journal of Environmental Technology*, 2021, 39(2): 170-174.
- [26] OKONGWU U, BRULHART F, MONCEF B. Causal linkages between supply chain management practices and performance: A balanced scorecard strategy map perspective[J]. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 2015, 26(5): 678-702.
- [27] 侯盼盼,许松林. 商用飞机经济效益评价指标体系构建和评价分析[J]. *航空工程进展*, 2021, 13(1): 122-128.
- HOU Panpan, XU Songlin. The construction and analysis of commercial aircraft economic benefit evaluation index system[J]. *Advances in Aeronautical Science and Engineering*, 2021, 13(1): 122-128.
- [28] 胡海勇. 载人航天器系统管理模式鲁棒优化研究[J]. *航天工业管理*, 2021(5): 56-61.
- HU Haiyong. Research on robust optimization of the manned spacecraft system management mode[J]. *Aerospace Industry Management*, 2021(5): 56-61.
- [29] 孙为钢,王博,孟林智,等. 探月工程管理创新与专项试验验证技术实践[J]. *航天器工程*, 2018, 27(1): 1-9.
- SUN Weigang, WANG Bo, MENG Linzhi, et al. Management innovation and special test verification of Chinese lunar exploration program[J]. *Spacecraft Engineering*, 2018, 27(1): 1-9.
- [30] 杨宏,张昊,周昊澄. 中国空间站工程技术与管理创新[J]. *工程管理科技前沿*, 2022, 41(3): 1-6.
- YANG Hong, ZHANG Hao, ZHOU Haocheng. Engineering technology and management innovation of China space station[J]. *Frontiers of Science and Technology of Engineering Management*, 2022, 41(3): 1-6.
- [31] 陈倩,戚湧. 数字经济发展对企业风险承担能力的影响研究——基于政府知识产权保护与企业研发支出的调节效应[J]. *南京理工大学学报(社会科学版)*, 2022, 35(6): 32-37.
- CHEN Qian, QI Yong. Impacts of digital economy development on corporate risk-taking capacity-moderating effects of government intellectual property protection and corporate R&D investments[J]. *Journal of Nanjing University of Science and Technology (Social Sciences)*, 2022, 35(6): 32-37.
- [32] ROSTAMI M, GOUDARZI A, ZAJ M. Defining balanced scorecard aspects in banking industry using FAHP approach[J]. *International Journal of Economics and Business Administration*, 2015, 1(1): 25-38.
- [33] 黄灿,徐戈. 技术多元化能够促进企业绩效提升吗? 技术重组模式与科学知识搜索的调节作用[EB/OL]. (2023-01-10). <https://kns.cnki.net/kcms/detail//42.1224.G3.20230110.1020.006.html>.
- HUANG Can, XU Ge. Does technological diversification enhance firm performance? The moderating effect of technological recombination patterns and scientific knowledge search [EB/OL]. (2023-01-10). <https://kns.cnki.net/kcms/detail//42.1224.G3.20230110.1020.006.html>.
- [34] 刘刚. 我国载人航天器质量管理与产品保证特点[J]. *航天器工程*, 2022, 31(6): 62-68.
- LIU Gang. Characteristics of quality management and product assurance for manned spacecraft in China[J]. *Spacecraft Engineering*, 2022, 31(6): 62-68.
- [35] 连宇,霍光,武健. 以流程管理为抓手,推动航天器研制“三高”发展[J]. *航天工业管理*, 2019(11): 22-27.
- LIAN Yu, HUO Guang, WU Jian. Starting with process management to promote the development of high quality, high efficiency and high benefit of spacecraft [J]. *Aerospace Industry Management*, 2019(11): 22-27.
- [36] 张雨强,王奕首. 民机运营支持共通性体系构架研究

- [J]. 航空维修与工程, 2022(1): 66-73.
ZHANG Yuqiang, WANG Yishou. Research on common system framework of civil aircraft operation support [J]. Aviation Maintenance & Engineering, 2022 (1): 66-73.
- [37] 杜坤镁, 邢悦. 航天型号项目从技术流程到计划流程编制方法研究项目管理技术[J]. 项目管理技术, 2020, 18(9): 53-60.
DU Kunmei, XING Yue. Process preparation method of aerospace model project management technology from technical process to planning process [J]. Project Management Technology, 2020, 18(9): 53-60.
- [38] 吕薇, 王洪璠, 陈伟. 航天装备工程管理创新实践研究[J]. 航天工业管理, 2022(6): 45-49.
LYU Wei, WANG Hongli, CHEN Wei. Practical research on innovation of aerospace equipment engineering management [J]. Management & Practice, 2022 (6): 45-49.
- [39] 刘继忠, 裴照宇. 航天工程多态全息模型及应用[J]. 宇航学报, 2019, 40(5): 535-542.
LIU Jizhong, PEI Zhaoyu. Space engineering multi-state holographic model and its applications [J]. Journal of Astronautics, 2019, 40(5): 535-542.
- [40] 李俊, 项伟, 李鹏飞, 等. “互联网+天基信息应用”服务模式研究[C]//第四届高分辨率对地观测学术年会. 武汉:[s.n.], 2017: 1-17.
LI Jun, XIANG Wei, LI Pengfei, et al. Research on service model of “Internet + space-based information application” [C]//Proceedings of the 4th China High Resolution Earth Observation Conference. Wuhan: [s. n.], 2017: 1-17.
- [41] 王礼恒, 周晓纪. 航天项目管理中知识管理的探讨[J]. 工程研究, 2019, 11(5): 472-481.
WANG Liheng, ZHOU Xiaoji. Discussion on knowledge management in aerospace project management [J]. Journal of Engineering Studies, 2019, 11(5): 472-481.
- [42] 石秀峰. 基于岗位胜任力视角的知识型组织管理创新探究——以ZH研究所为例[J]. 南京航空航天大学学报(社会科学版), 2020, 22(2): 50-54, 60.
SHI Xiufeng. Innovative research on knowledge-based organizational management from the perspective of post competence——Take ZH institute as an example [J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics (Social Sciences), 2020, 22(2): 50-54, 60.
- [43] 王珊. 黑龙江省先进制造业先进性评价及发展路径选择研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2018.
WANG Shan. Research on the advanced and development path selection of Heilongjiang's advanced manufacturing industry [D]. Harbin: Harbin Engineering University, 2018.
- [44] 何鑫. 襄阳市农业技术推广体系绩效提升研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2022.
HE Xin. Research on performance improvement of agricultural technology extension in Xiangyang system [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2022.
- [45] 饶成龙, 蔡闻一. 新形势下打造“航天+”产业新业态的若干建议[J]. 航天工业管理, 2022(2): 33-36.
RAO Chenglong, CAI Wenyi. Suggestions on creating new commercial activities of “Aerospace+” industry under the new situation [J]. Aerospace Industry Management, 2022(2): 33-36.
- [46] 董珍祥. 关于中国航天法定位与路径研究[J]. 科学决策, 2017(8): 51-68.
DONG Zhenxiang. A study on the positioning and path of China's space law [J]. Scientific Decision Making, 2017(8): 51-68.
- [47] DUAN Leilei, ZHU Haihua, SUN Hongwei. A process simulation-based method for engineering change management [J]. Transactions of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2021, 38(1): 173-180.
- [48] 施军, 梁兵. 中航精机平衡计分卡的应用[J]. 财务与会计, 2020(3): 34-40.
SHI Jun, LIANG Bing. Application of BSC in AVIC precision machinery technology [J]. Finance and Accounting, 2020(3): 34-40.
- [49] 李婧丹. PESTEL分析模型和平衡计分卡在A集团企业战略管理中的应用[J]. 财务与会计, 2020(16): 35-37.
LI Jingdan. The application of PESTEL analysis model and balanced scorecard in strategic management of A group enterprise [J]. Finance and Accounting, 2020 (16): 35-37.

(编辑:夏道家)