系统工程-IPMP 知识体系整合框架的构建与验证

——以某新研复杂系统项目为例

郭家成[1]，姜宗民[2]

（1. 北京航星机器制造有限公司，廊坊 100013；2. 北京航天发射技术研究所，北京 100071）

摘要：针对复杂工程项目管理中技术管理要素与人本管理要素割裂、系统工程方法论与国际项目管理知识体系缺乏有效整合的问题，以系统工程整体性、层次性、动态性、协同性四项核心原则为方法论基础，结合国际项目管理专业资质认证（IPMP）知识体系 ICB 4.0 三维能力框架，构建了系统工程—IPMP 知识体系整合应用框架。框架由系统环境层、系统协同层、系统实施层三个层次构成，分别对应 ICB 4.0 观念、人员、实践三个维度，三层之间形成闭环反馈结构。通过某新研复杂系统项目的实践验证，结果表明，框架应用后项目干系方决策响应周期缩短约 75%，阶段节点完成率由 70%提升至 90%以上，接口协调返工减少约 65%，失控变更归零，项目管理整体效能大幅提升。研究还发现，持有 IPMP 认证资质的管理骨干在框架应用中展现出更强的结构化决策能力，表明专业资质认证是提升框架应用效果的重要支撑条件。

关键词：系统工程；IPMP 知识体系；ICB 4.0；项目管理；整合应用框架

中图分类号：C931.2 **文献标志码**：A **文章编号**：1671－1807(2026)14－0226－08

随着中国工程项目规模的持续扩大与建设复杂程度的不断攀升，传统经验导向型管理模式日益难以适应工程建设全生命周期的系统性治理需求，项目管理的科学化水平已成为制约工程建设质量与交付效率的核心变量。当前，复杂工程项目管理正由单一过程控制向系统集成、组织协同与全过程治理转变，传统经验导向型管理模式的局限性日益凸显，对科学化管理方法论的需求持续增强。在此背景下，如何将成熟的国际项目管理知识体系与系统工程方法论有机融合，构建具有理论整合性与实践普适性的应用框架，不仅有助于弥合当前研究的方法论缺口，也对提升中国工程项目管理的整体科学化水平具有重要的现实意义。

系统工程方法在工程项目管理领域的应用研究近年来呈现持续深化的态势。系统工程以整体性、层次性和动态性为基本原则，将研究对象视为相互关联的有机整体，强调要素间的协同与反馈机制，为复杂工程项目的系统化管控提供了方法论基础。国内研究方面，冯行等[1]以核工业项目为对象，提出以系统分解与过程控制为核心的精细化管理模式；杨国园[2]针对先进制造装备研发管理，构建了多专业协同管理框架；邵宝平[3]、刘先毅[4]分别以城市轨道交通信号工程和船舶管理系统扩建为案例，验证了工作分解结构（WBS）等工具在进度管理中的实践适用性；彭飞[5]、刘中翠[6]将研究边界进一步拓展至重大电力工程与智慧政务系统建设领域。国际研究方面，Honoré-Livermore 等[7]系统梳理了国际系统工程委员会（International Council on Systems Engineering，INCOSE）、麻省理工学院（Massachusetts Institute of Technology，MIT）与项目管理协会（Project Management Institute，PMI）联合推动系统工程与项目管理整合的研究进展，明确了二者在项目交付与利益相关方管理上的互补性；Fossum 等[8]基于项目复杂性维度提出项目管理（project management，PM）与系统工程（systems engineering，SE）整合叙事框架；Moodley 和 Oosthuizen[9]为流程工业大型项目构建了系统工程管理能力发展框架；Ghamarimajd 等[10]通过系统性文献综述，证实了系统动力学在建设项目风险管理中的应用价值。与此同时，国际项目管理协会（IPMA）推行的国际项目管理专业资质认证（IPMP）以个人能力基准 ICB 4.0 为核心标准，将项目管理能力划

收稿日期：2026-03-26

作者简介：郭家成（1995—），男，河北廊坊人，硕士，工程师，研究方向为项目管理；姜宗民（1994—），男，河北廊坊人，硕士，工程师，研究方向为项目管理。

分为观念、人员、实践三个维度,涵盖29项能力要素[11],与项目管理知识体系(PMBOK)并列成为国际主流项目管理知识体系之一。在知识体系演进层面,美国项目管理协会[12]于《PMBOK指南》第7版中完成了从过程导向向原则导向的重大转型;瓦格纳和耐艳娟[13]指出ISO 21502在整合两大体系核心要素方面具有重要价值;Brisacier-Porchon和Hammam[14]进一步提出将架构框架与运筹学模型耦合,实现项目管理与系统工程在质量-资源-时间优化上的协同,代表了SE-PM整合的新方法论探索;Call和Herber[15]从学科建设层面确认,系统工程知识体系已将项目管理作为SE核心技能集加以整合,从理论层面奠定了二者融合的学科基础。段洋洋[16]以ICB 4.0为框架对高速公路施工项目团队领导力进行了实证研究,是近年来少有的基于ICB框架的应用成果;黄胜等[17]从人才培养视角探讨了项目管理模式与系统工程理论相融合的知识体系构建问题,为二者交叉研究提供了有益参考。

尽管现有研究在各自领域已有所推进,但在系统工程方法论与IPMP知识体系的跨领域理论整合方面,仍有进一步深化的空间。具体而言,现有研究多停留于特定行业的技术操作层面,缺乏对系统工程整体性方法论与项目管理知识体系进行理论层面系统整合的普适性框架;以ICB 4.0三维能力框架为基础的国内应用研究极为有限,尚未形成与系统工程理论相结合的整合性成果。通过对中国知网2021—2025年文献的系统检索,以“PMBOK”“项目管理知识体系”与“系统工程”交叉检索,以“IPMA”“IPMP”与“能力基准”“知识体系”交叉检索,结果均为零,进一步证实了上述判断,也明确了本研究的核心方向。

鉴于此,本文以系统工程的整体性、层次性和动态性思想为切入点,结合IPMP知识体系ICB 4.0三维能力框架,尝试构建二者融合的项目管理应用框架。具体而言,拟从以下三个方面展开研究:梳理系统工程与IPMP知识体系的内在关联,厘清二者整合的理论基础;基于ICB 4.0观念-人员-实践三维框架,系统阐明系统工程方法论嵌入项目管理的应用路径;结合典型工程场景,验证所构建框架的实践适用性,揭示其对提升工程项目管理科学化水平的理论与实践价值。

1 理论基础

1.1 系统工程的核心思想与方法论

系统工程是20世纪中叶兴起的综合性工程学科,理论根基源于贝塔朗菲(Bertalanffy)的一般系统论,强调以整体视角认识和处理复杂问题。经过数十年发展,其方法论体系已凝练为以下四项核心原则。

整体性原则是系统工程最基本的思想基础,要求将研究对象视为不可分割的有机整体。就项目管理而言,这意味着需统筹考量项目目标、资源、风险与关系方之间的相互影响,避免局部优化导致整体失衡。层次性原则强调复杂系统具有明显的层级结构,不同层级间存在控制与反馈关系,工作分解结构(WBS)、组织分解结构(OBS)均是该原则的直接体现。动态性原则认为系统处于持续变化之中,对应项目管理中的监控与变更管理过程,要求项目团队建立有效的反馈机制,对偏差进行及时识别与响应。协同性原则关注系统各要素的协调配合,强调通过良性互动产生整体大于部分之和的涌现效应,在多专业、多部门协同的大型复杂项目中尤为关键。

在系统思维层面,Moodley和Oosthuizen[9]指出,系统思维是系统工程师最重要的高阶能力,能够帮助项目管理者从全局视角识别和应对复杂工程问题,有效降低大型项目的失败风险。Chen等[18]进一步指出,面向复杂性与创新的系统思维正从传统封闭系统观向系统之系统(system-of-systems)思维演进,为现代复杂项目管理提供了更具适应性的理论基础。

1.2 IPMP知识体系(ICB 4.0)框架

IPMP是国际项目管理协会(IPMA)推行的四级专业资质认证体系[11],其理论基础为IPMA个人能力基准第4版(ICB 4.0)。与以过程导向为主的PMBOK体系不同,ICB 4.0以能力为核心构建知识框架,将项目管理专业能力划分为三个维度共29项能力要素,构成眼睛模型(eye of competence)。

观念(perspective)维度涵盖5项能力要素,包括战略、治理、法规与标准、权力与利益、文化与价值观,关注项目管理者在宏观环境中识别和应对外部因素的能力,强调项目决策须置于组织战略与社会环境的整体框架之中。人员(people)维度涵盖10项能力要素,涉及自我反思与管理、领导力、团队合作、沟通、谈判、冲突与危机处理等,突出项目管理的人本属性,强调项目经理在复杂社会关系中的综合素质与行为能力。实践(practice)维度涵盖14项能力要素,覆盖项目设计、范围、时

间、质量、财务、资源、风险与机会、干系方管理、变更与转型等核心操作内容，是 ICB 4.0 框架中技术性最强的部分。

与 PMBOK 第 7 版所倡导的原则导向理念相比，ICB 4.0 的三维框架更加强调能力的综合性与情境适应性。莱因哈特·瓦格纳和尉艳娟[13]指出，ISO 21502 国际标准正是在整合 PMBOK 与 IPMA 体系核心要素的基础上形成的，从标准层面印证了两套知识体系在理论基础上的相容性。

1.3　契合性分析

系统工程方法论与 IPMP 知识体系在理论层面具有深刻的内在契合性，主要体现在三个方面。

(1)目标导向具有一致性。系统工程以实现系统整体最优为目标，IPMP 以为干系方创造价值为核心导向，二者均强调项目活动须服务于更高层次的组织目标与社会价值，而非仅追求单项指标的最优化。

(2)方法论层面存在互补性。系统工程提供了分析复杂系统的整体性框架，侧重于如何认识问题；IPMP 知识体系提供了管理项目全生命周期的能力要素体系，侧重于如何解决问题，两套体系在认识论与方法论层面可形成有效互补。

(3)能力框架之间存在对应关系。ICB 4.0 三维能力框架与系统工程四项核心原则之间具有一定的映射关系：观念维度与整体性、协同性原则相对应，强调宏观视角与多方协调；实践维度与层次性原则相对应，通过结构化方法实现项目分解与管控；人员维度与动态性原则相对应，通过领导力与沟通能力驱动项目团队的持续适应与响应。这一对应关系为两套体系的整合应用提供了理论依据。

2　系统工程视角下 IPMP 知识体系的整合应用框架

2.1　框架构建原则

整合应用框架的构建以系统工程方法论为指导，以 IPMP 知识体系 ICB 4.0 三维能力框架为载体，遵循以下三项基本原则。

(1)理论相容原则。框架设计须以两套体系的内在契合性为前提，确保系统工程的方法论原则能够与 ICB 4.0 能力要素形成有机对应，而非简单拼接。框架中的每一对应关系均应具有理论依据，避免强行整合导致逻辑矛盾。

(2)层次清晰原则。依据系统工程的层次性原则，框架应具备清晰的结构层次，从宏观战略层、中观管理层到微观操作层逐级展开，各层次之间形成有效的控制与反馈机制，确保框架的可操作性。

(3)动态适应原则。框架应内嵌动态调整机制，能够根据项目类型、行业特点和组织情境进行灵活裁剪与适配，而非提供刚性的固定模板。这一原则与 PMBOK 第 7 版所倡导的裁剪理念及 ICB 4.0 强调的情境适应性高度一致。

2.2　整合应用框架设计

基于上述原则，构建系统工程-IPMP 知识体系整合应用框架(以下简称 SE-IPMP 框架)，框架由三个层次构成，如图 1 所示。

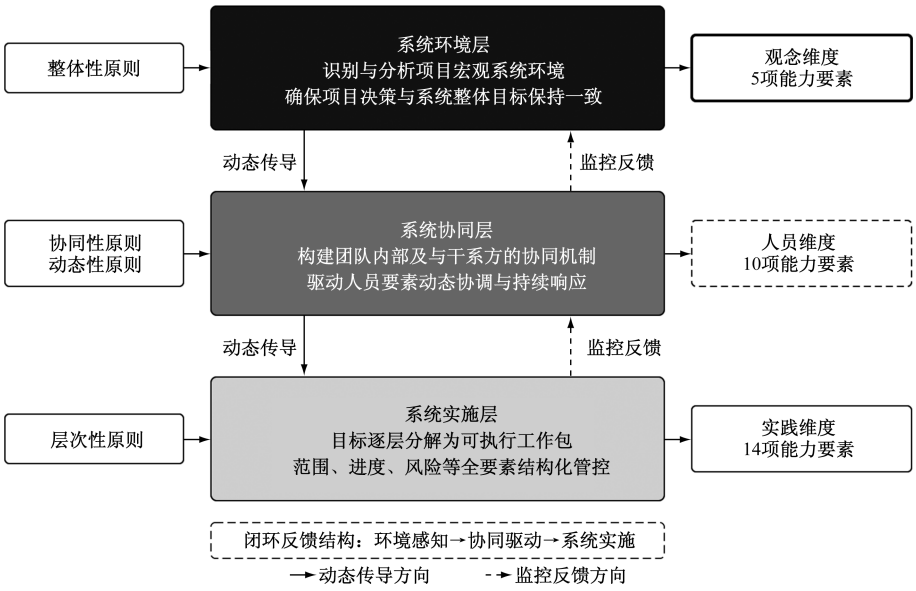


图 1　系统工程-IPMP 知识体系整合应用框架

第一层：系统环境层（对应观念维度）。该层以系统工程的整体性原则为指导，对应 ICB 4.0 观念维度的 5 项能力要素（战略、治理、法规与标准、权力与利益、文化与价值观）。其核心功能在于识别和分析项目所处的宏观系统环境，将项目目标置于组织战略与外部环境的整体框架中加以审视，确保项目决策与系统整体目标保持一致。在实践中，该层要求项目管理者在项目启动阶段系统梳理政策环境、组织战略、利益相关方格局及文化背景，形成项目系统环境分析报告，作为后续管理决策的基础依据。

第二层：系统协同层（对应人员维度）。该层以系统工程的协同性与动态性原则为指导，对应 ICB 4.0 人员维度的 10 项能力要素。其核心功能在于构建项目团队内部及与外部利益相关方之间的协同机制，通过领导力、沟通与冲突管理等能力要素的有效发挥，驱动项目系统各人员要素的动态协调。该层强调项目经理不仅是任务的计划者与执行监督者，更是系统协同的推动者，需要在项目全生命周期中持续维护和优化人际关系网络，以应对复杂项目中的不确定性与动态变化。

第三层：系统实施层（对应实践维度）。该层以系统工程的层次性原则为核心支撑，对应 ICB 4.0 实践维度的 14 项能力要素。其核心功能在于将项目目标逐层分解为可执行的工作包，并通过结构化的管理工具与方法实现对项目范围、时间、成本、质量、风险等核心要素的全面管控。该层引入 WBS、里程碑计划、风险登记册等系统工程常用工具，与 ICB 4.0 实践维度要素形成一一对应的操作指引，是 SE-IPMP 框架中技术含量最高、操作性最强的层次。

三个层次之间并非单向线性关系，而是形成以环境感知-协同驱动-系统实施为主轴的闭环反馈结构。系统环境层的动态变化会向下传导至协同层与实施层，触发相应的调整响应；实施层的执行结果则通过监控反馈机制向上传递，为协同层与环境层的决策优化提供依据，体现了系统工程动态性原则的核心要义。

2.3 框架的核心要素说明

为进一步明确 SE-IPMP 框架的内容边界，系统工程四项核心原则与 ICB 4.0 三维能力框架的对应关系如表 1 所示。

动态性原则横跨实践维度与人员维度，表明项目的动态适应能力既依赖于结构化的技术管理工具，也有赖于项目团队成员的行为应对能力，二者缺一不可。这一特征也体现了 SE-IPMP 框架相较于单一知识体系应用的核心优势：通过系统工程方法论的整合作用，将技术性管理要素与人本性管理要素纳入统一框架，实现了项目管理硬能力与软能力的协同发展。

表 1 系统工程原则与 ICB 4.0 能力维度对应关系

系统工程原则	对应 ICB 4.0 维度	核心能力要素（示例）	主要管理工具
整体性原则	观念维度	战略、治理、权力与利益	环境分析矩阵、干系人地图
协同性原则	人员维度	领导力、团队合作、沟通	沟通计划、冲突管理机制
层次性原则	实践维度	范围、时间、组织与信息	WBS、里程碑计划、OBS
动态性原则	实践维度＋人员维度	风险与机会、变更与转型	风险登记册、变更控制流程

在框架的适用范围方面，SE-IPMP 框架以复杂工程项目为主要应用对象，尤其适用于同时满足以下条件的项目类型：一是技术复杂度较高，涉及多专业交叉或多系统集成；二是干系方主体多元，协同管理需求突出；三是项目周期较长，不确定性与动态性较强；四是所在组织具备一定的系统工程文化基础和 IPMP 专业能力储备。如基础设施建设、复杂系统研制、信息系统工程、制造装备研发等领域的项目通常具备上述特征，属于框架的核心适用场景。对于不完全满足上述条件的项目，直接套用完整框架可能导致管理成本超过收益，依据动态适应原则选取核心能力要素进行裁剪应用，而非机械照搬三层架构的全部要素。

需要强调的是，SE-IPMP 框架的整合逻辑并非系统工程原则与 ICB 4.0 能力要素之间的简单一一对应，而是方法论对能力要素的组织逻辑重构。以项目启动阶段为例，系统工程整体性原则对观念维度各项能力要素的统领作用体现在以下操作层面：整体性原则首先驱动项目团队以系统-边界-干系方三元关系为分析框架，同步激活战略、治理、权力与利益三项能力要素，而非依次孤立地分析各项要素。具体而言，项目团队在启动阶段并非先完成战略分析报告、再进行治理结构梳理、最后开展干系方分析，而是在整体性原则的统领下，将三项要素整合在同一份项目系统环境分析报告中协同呈现：战略约束界定了项目存在的意义与边界，治理结构决定了各方的决策权力格局，干系方诉求则进一步细化了治理结构在实际运作中的复杂性，三者共同

构成对项目宏观系统环境的整体认知，任一要素的缺失均会导致环境分析的片面性。这一由方法论原则驱动能力要素协同运用的操作逻辑，正是SE-IPMP框架区别于要素清单式应用的核心所在。

3 应用框架的实践验证

3.1 应用场景选取

选取某新研复杂系统项目作为验证对象。该项目要求在3年内完成系统研制、测试与交付列装全过程，涉及多个技术子系统，各子系统之间存在高度的技术耦合与接口依赖关系，集成难度较大。项目干系单位涵盖主机厂所、核心供应链企业、高校科研团队及试装用户单位等20余家机构，参与主体多元、利益诉求各异，协同管理难度突出。从行业属性与典型性论证看，该项目属于高技术装备研制类系统工程项目，其多专业高度耦合、多主体强协同、长周期交付的核心特征在复杂工程系统研制领域具有广泛代表性，所提炼的管理规律可为同类复杂系统工程项目的框架推广应用提供参照基准。从技术复杂度量化指标看，该项目涉及7个主要功能子系统（涵盖机械结构、电气控制、嵌入式软件、通信接口、测试验证等专业方向），子系统间工程接口数量达40余项（其中跨专业接口占比约60%），全项目共识别关键技术风险节点23项，技术集成与系统联调工作量约占总工作量的35%。这些指标表明，该项目已超出一般中等复杂度项目的管理边界，属于SE-IPMP框架适用范围内的典型高复杂度对象。鉴于该项目技术耦合密度高、干系方参与广度大，管理团队在框架应用中采取了全量部署策略，即三个层次的能力要素均得到系统性激活，并根据项目阶段特征进行重点要素的差异化配置，而非对框架内容进行压缩裁剪。

项目实施初期，传统管理模式暴露出四类典型问题：①目标对齐不足。各子系统研制团队对整体交付目标的理解存在偏差，局部优化现象明显，导致子系统间接口协调反复，影响整体进度。②干系方协同低效。20余家参与单位之间缺乏统一的协调机制，信息传递层级多、响应慢，关键决策事项平均等待周期超过20天。③风险识别滞后。项目缺乏系统性的风险管理框架，技术风险与进度风险多在问题暴露后被动应对，预防性措施不足，阶段性节点完成率仅约70%。④变更管控薄弱。需求变更缺乏统一评审与分级授权机制，部分变更在未经充分影响评估的情况下直接进入执行环节，导致返工成本较高。上述问题表明，该项目的管理复杂性已超出传统项目管理方法的有效覆盖范围，亟须引入系统性的整合管理框架。

3.2 框架实施路径

依据SE-IPMP框架的三层结构，项目管理团队分三个阶段推进框架落地。鉴于该项目属于高复杂度全量部署场景，三个阶段的推进顺序与框架层次一一对应：启动阶段重点部署系统环境层，以奠定目标对齐基础；规划阶段重点激活系统协同层，以构建多主体协同机制；执行监控阶段重点强化系统实施层，以实现结构化管控与动态风险响应。各阶段间形成顺序递进、闭环反馈的整体实施逻辑，具体如下。

第一阶段：系统环境层应用。项目启动阶段，运用ICB 4.0观念维度能力要素，对项目宏观环境进行系统梳理。具体措施包括：以整体性原则为指导，编制项目环境分析报告，识别上级主管部门的研制要求、技术标准规范体系及交付验收准则等核心约束条件；运用干系方地图工具，对20余家参与单位的权力关系、利益诉求与影响程度进行系统化梳理，形成干系方管理策略矩阵；建立项目目标与整体研制目标的映射关系，确保各子系统研制目标服从于整体交付要求，从源头消除目标对齐偏差。

通过系统环境层的应用，项目团队在启动阶段即完成了对20余家干系单位的分类管理，明确了各方的沟通界面与信息共享边界，为后续协同机制的建立奠定了基础。

第二阶段：系统协同层应用。项目规划阶段，运用ICB 4.0人员维度能力要素，建立多层次协同管理机制。具体措施包括：依据协同性原则，设计“项目指挥组—专业协调组—子系统工作组”三级治理结构，明确各层级的决策权限与响应时限；建立覆盖全部参与单位的分级沟通计划，设置周度技术协调例会、月度进展评审会与季度里程碑评审会三类固定协调机制；制定冲突升级处理规则，规定技术分歧在工作组层级48 h内无法达成一致时，自动上升至协调组层级处理。

三级治理结构运行后，关键决策事项的平均响应周期由原来的20余天缩短至5天以内，跨单位技术协调效率显著提升。高校科研团队与供应链企业的参与深度也因沟通机制的完善而明显增强，协同问题导致的阶段性延误减少。

第三阶段：系统实施层应用。项目执行与监控阶段，运用ICB 4.0实践维度能力要素，构建结构化实施与动态控制体系。具体措施包括：依据层次性

原则，建立三级 WBS，将 3 年交付目标逐层分解至各子系统、各专业方向及具体工作包，共形成工作包 230 余项；编制以关键路径为主线的里程碑计划，结合 3 个月滚动短周期计划，实现长期目标牵引与近期执行管控的有机衔接；建立风险登记册，对技术集成风险、关键供应商风险、试验验证风险等 23 项主要风险进行分级管理与动态跟踪；建立变更控制流程，对所有变更申请实施影响评估与分级审批，将变更分为 A（指挥组审批）、B（协调组审批）、C（工作组审批）三个等级，从制度层面遏制范围蔓延。

3.3 应用效果分析

SE-IPMP 框架实施 18 个月后，项目管理效果在三个维度取得显著改善，具体对比情况如表 2 所示。在此对项目管理整体效能的概念内涵进行明确界定，以使效果评价的维度与 SE-IPMP 框架三层结构形成严谨对应。采用三维效能分析框架：①管理效率（efficiency），是指在既定资源约束下完成管理任务的速度与成本，对应系统协同层的改善效果，以干系方决策响应周期缩短幅度为主要测度指标；②管理有效性（effectiveness），是指项目管理活动实现预设目标的程度，对应系统实施层的改善效果，以阶段节点完成率的提升和失控变更的消除为主要测度指标；③管理适应性（adaptability），是指项目管理体系对内外部动态变化的识别与响应能力，对应系统环境层与系统协同层的综合作用，以接口协调返工减少幅度和主动风险识别数量为主要测度指标。上述三个效能维度与框架的三个层次之间形成清晰的对应关系，是效果评价的分析基础。

表 2 SE-IPMP 框架应用前后项目管理效果对比

评估维度	应用前状态	应用后效果	对应框架层次
目标对齐程度	子系统目标偏差多，接口协调返工	建立整体目标映射，接口协调返工减少约 65%	系统环境层
干系方协同效率	决策响应周期均超 20 d	响应周期缩短至 5 天以内，降幅约 75%	系统协同层
阶段节点完成率	约 70%，风险应对被动	提升至 90% 以上，主动识别风险 23 项	系统实施层
变更管控效果	变更无序，返工成本高	三级变更审批机制运转有效，失控变更归零	系统实施层

从验证结果来看，SE-IPMP 框架在复杂多干系方项目中的应用价值主要体现在两个层面：在结构层面，系统工程的层次性与整体性原则为 IPMP 知识体系的能力要素提供了系统化的组织逻辑，使各项管理工具不再孤立运作，而是在统一的方法论框架下协同发力；在行为层面，ICB 4.0 三维能力框架为项目管理者提供了清晰的能力发展路径，尤其是人员维度对团队协同行为的规范，有效弥补了传统管理模式中重技术、轻人本的短板。

值得指出的是，框架实施效果与项目管理团队的能力水平密切相关。研究发现，持有 IPMP 认证资质的项目管理骨干在框架应用中展现出更强的结构化决策能力，能够在多关系方冲突场景下快速激活人员维度的相关能力要素，较未持证人员在协同管理问题的处置效率上有明显优势。这一现象表明，推动工程项目管理人员参加 IPMP 专业认证，是提升 SE-IPMP 框架应用效果的重要支撑措施，也为相关单位的人才培养工作提供了方向性参考。

4 结论与启示

4.1 结论

本文以系统工程方法论与 IPMP 知识体系（ICB 4.0）的理论契合性为基础，构建了 SE-IPMP 整合应用框架，并通过某新研复杂系统项目的实践验证，得出以下结论。

（1）系统工程方法论与 IPMP 知识体系在理论层面具有深刻的内在契合性。系统工程的整体性、层次性、动态性、协同性四项核心原则与 ICB 4.0 观念、人员、实践三个维度之间存在清晰的映射关系，为两套体系的系统性整合提供了坚实的理论基础。

（2）SE-IPMP 框架有效解决了复杂项目管理中技术管理要素与人本管理要素割裂的核心问题。通过系统环境层、系统协同层、系统实施层三个层次的有机联动，框架将分散的管理工具与能力要素纳入统一的方法论体系，实现了从能力要素清单向管理行动框架的转化，具有较强的实践操作性。

（3）实践验证结果表明，SE-IPMP 框架在多干系方复杂项目中具有显著的应用价值。经框架应用后，验证项目的干系方决策响应周期缩短约 75%，阶段节点完成率由 70% 提升至 90% 以上，接口协调返工减少约 65%，失控变更归零，项目管理整体效能得到大幅提升。

（4）IPMP 专业认证与系统工程方法论的整合应用之间存在正向关联。持有 IPMP 认证资质的项目管理骨干在框架应用中展现出更强的结构化决

策能力与协同管理效率，表明专业资质认证是提升框架应用效果的重要支撑条件。

(5)本文研究存在一定的局限性，结论的普适性需审慎看待。研究结论基于单一高技术装备研制类复杂系统项目的实践验证，该项目具有多专业高度耦合、多主体强协同、长周期交付等特征，属于SE-IPMP框架的核心适用场景。SE-IPMP框架的有效应用须具备以下前提条件：①项目具有中高度技术复杂性和多主体参与特征；②组织层面认可并支持系统工程方法论的引入；③项目团队具备一定的IPMP知识储备或认证支撑。对于技术复杂度较低的小型项目、单一主体主导的内部项目，或组织管理基础薄弱的情境，框架的应用效果可能受到明显制约，需依据动态适应原则进行针对性裁剪。未来可通过多案例、跨行业、跨规模的比较研究，进一步检验和完善框架的边界条件与普适性。

4.2 启示

基于上述研究结论，对工程项目管理实践提出以下启示。

(1)推动项目管理知识体系的本土化整合应用。当前国内工程项目管理实践中，PMBOK与IPMA体系的应用相对独立，系统工程方法论的运用也多局限于特定技术领域。建议相关主管部门与行业协会在标准制定与人才培养层面，积极探索系统工程方法论与国际项目管理知识体系的本土化整合路径，推动形成适应中国工程管理实践特点的综合性方法体系。

(2)重视复杂项目的干系方系统管理。实践验证表明，干系方管理是决定复杂多方参与项目成败的关键变量。建议项目主管单位在项目启动阶段即引入系统性的干系方分析工具，建立覆盖全部参与方的分级协同机制，将干系方管理纳入项目治理体系的核心议题，而非视为辅助性工作。

(3)加强项目管理人员的专业能力建设。研究发现，框架的应用效果与管理团队的能力水平高度相关。建议承担复杂工程项目的单位将IPMP认证纳入项目管理骨干的能力发展体系，同时将系统工程基础知识列为项目管理岗位的必备素质要求，推动形成专业认证＋方法论培训的复合型能力培养机制。

(4)建立动态适应的项目管理框架裁剪机制。SE-IPMP框架的有效应用有赖于对框架进行因地制宜的裁剪与适配。建议各类工程项目主管单位在推广应用过程中，依据项目规模、技术复杂度、干系方数量等特征，建立框架裁剪指引，避免对框架进行机械套用，确保管理工具与实际需求的精准匹配。

参考文献

[1] 冯行，何昉，沈迪. 基于系统工程方法的工程项目精细化管理模式探究[J]. 中国核工业，2022(11)：34-36.

[2] 杨国园. 基于系统工程方法的先进制造装备研发项目管理系统研究[J]. 信息与电脑，2024，36(24)：30-32.

[3] 邵宝平. 城市轨道交通新建线路信号系统工程项目管理方法及过程分析[J]. 城市轨道交通研究，2021，24(12)：270-271.

[4] 刘先毅. WBS在船舶交通管理系统项目进度管理的应用研究[D]. 福州：福建工程学院，2021.

[5] 彭飞. 基于系统理论的重大电力工程项目管控研究[D]. 广州：广东工业大学，2023.

[6] 刘中翠. 项目管理在智慧政务系统工程建设中的应用研究[J]. 中国管理信息化，2022，25(11)：219-222.

[7] HONORÉ-LIVERMORE E，FOSSUM K R，VEITCH E. Academics' perception of systems engineering and applied research projects[J]. Systems Engineering，2022，25(1)：19-34.

[8] FOSSUM K R，HONORÉ-LIVERMORE E，VEITCH E，et al. Toward an integrated project complexity narrative：a case study of academic organizations[J]. Systems Engineering，2022，25(5)：443-456.

[9] MOODLEY D，OOSTHUIZEN R. A framework for developing systems engineering management for process plant acquisition projects[J]. Systems Engineering，2025，28(1)：45-57.

[10] GHAMARIMAJD Z，GHANBARIPOUR A，TUMPA R J，et al. Application of systems thinking and system dynamics in managing risks and stakeholders in construction projects：a systematic literature review[J]. Systems Research and Behavioral Science，2025，42(6)：1465-1479.

[11] IPMA. Individual competence baseline for project，programme & portfolio management (ICB 4.0)[S]. Zurich：International Project Management Association，2015.

[12] 美国项目管理协会. 项目管理知识体系指南(PMBOK指南)(第7版)[M]. 北京：电子工业出版社，2022.

[13] 莱因哈特·瓦格纳，尉艳娟. 最新项目管理国际标准ISO 21502解读[J]. 项目管理评论，2021(2)：25.

[14] BRISACIER-PORCHON L，HAMMAMI O. Defense program quality-cost-delay optimization：architecture framework，a bridge between program management and system engineering[J]. Systems Engineering，2024，27(2)：284-301.

[15] CALL D R，HERBER D R. Applicability of the diffusion of innovation theory to accelerate model-based sys-

tems engineering adoption[J]. Systems Engineering, 2022, 25(6): 574-583.

[16] 段洋洋. 基于 IPMA ICB 基准的 Z 公司高速公路施工项目团队成员领导力研究[D]. 昆明：云南大学，2024.

[17] 黄胜，黄荣学，李燕，等. 项目管理模式和系统工程理论下机电人才知识体系构建研究[J]. 现代商贸工业，2023，44(8)：117-120.

[18] CHEN Q, CHEN J, MAGNUSSON M, et al. System-of-systems thinking for complexity and innovation: a study based on the trajectory of systems thinking[J]. Systems Research and Behavioral Science, 2025, 42(5): 1404-1423.

Construction and Validation of a Systems Engineering-IPMP Knowledge System Integrated Framework: A Case Study of a Newly Developed Complex System Project

GUO Jiacheng[1], JIANG Zongmin[2]

(1. Beijing Hangxing Machinery Manufacturing Co., Ltd., Langfang 100013, China;
2. Beijing Institute of Aerospace Launch Technology, Beijing 100071, China)

Abstract: To address the fragmentation between technical management elements and people-oriented management elements in complex engineering project management, as well as the lack of effective integration between systems engineering methodology and international project management knowledge systems, an "Systems Engineering-IPMP Knowledge System Integrated Application Framework" (SE-IPMP Framework) was constructed. The framework was grounded in four core methodological principles of systems engineering such as holism, hierarchy, dynamics and synergy, and was developed in conjunction with the three-dimensional competence framework of ICB 4.0 under the International Project Management Professional (IPMP) certification system. The framework comprises three layers including the System Environment Layer, the System Synergy Layer and the System Implementation Layer, corresponding respectively to the Perspective, People and Practice dimensions of ICB 4.0, with a closed-loop feedback structure formed across all three layers. Practical validation through a newly developed complex system project demonstrates that following the application of the framework. The stakeholder decision response cycle is reduced by approximately 75%, the milestone completion rate increases from 70% to over 90%, interface coordination rework decreases by approximately 65%, and uncontrolled changes are eliminated, resulting in a substantial improvement in overall project management effectiveness. The study further reveals that project management personnel holding IPMP certification demonstrates stronger structured decision-making capabilities during framework application, indicating that professional certification is an important enabling condition for enhancing framework performance.

Keywords: systems engineering; IPMP knowledge system; ICB 4.0; project management; integrated application framework