

# 武器装备研制生产平行管理控制系统研究

刘建军<sup>1</sup>，郑绍钰<sup>2</sup>，刘希未<sup>3</sup>，文丁<sup>4</sup>

(1 天津大学机械工程学院，天津，300072；2 装备学院采办系，北京，101416；3. 中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室，北京，100190；4 国防科技大学军事计算实验与平行系统研究中心，长沙，410073)

**摘要：**本文针对武器装备型号项目研制生产过程中质量、成本、进度管理难题，结合平行管理控制方法，研究探讨研制生产过程的人工系统构建、计算实验设计实施、平行执行管理等内容，提出武器装备研制生产的平行管理控制系统研究框架，为解决研制生产过程的“拖、降、涨”问题提供技术手段。

**关键词：**装备质量成本进度；平行管理控制方法；人工系统；计算实验；平行执行

## 0. 引言

武器装备型号项目研制生产具有多学科知识的集成性、组织结构的跨企业性、项目性、用户定制性等特点，其研制生产过程中的质量管理、成本管理、进度管理等一系列问题都具有其特殊性，使得其管理问题也涌现出动态性、复杂性、关联性[1][2]。现行的管理方法主要依靠主观、定性分析，缺少大量的数据支持，缺少事先设计，在较大程度上无“数”可依、有“案”难查、事后“算账”，导致存在“拖、降、涨”现象。因此，迫切需要从复杂系统的角度，探索新的方法论和工具体系来解决复杂装备研制生产过程中的管理问题。

平行管理控制方法集成网络空间实现虚实互动，为复杂大系统管理控制提供了一种新的思路和方法，已经在国家安全、交通管理、农业生产、工业生产等领域得到应用，取得了良好的使用效果[3-5]。结合武器装备型号项目研制生产的复杂性特征，平行管理控制方法充分利用网络大数据，构建人工系统与实际系统虚实互动，利用计算实验设计武器装备型号项目研制生产管理控制方法，通过平行执行对实际系统的干预和引导实现对未来的创造，从根本上解决武器装备型号项目研制生产用数据说话、事先有方案、事中有控制、发展有目标等问题，为解决“拖、降、涨”问题提供了一条可能的途径。

## 1. 平行管理控制方法

针对复杂社会经济和技术系统不可准确预测、难以拆分还原、无法重复实验等复杂性问题，中科院自动化所第一次正式提出人工系统、计算实验与平行执行相结合的平行管理控制方法，即 ACP (Artificial systems, Computational experiments, Parallel execution) 方法，以解决复杂系统管理与控制问题[6][7]。

平行管理控制方法是一种利用从定性到定量的知识转化，面向网络化、大数据，以深度计算为主要手段的管理与控制复杂系统的方法。其核心理念是通过人工系统、计算实验和平行执行的有机组合，将人工的虚拟空间变成我们解决复杂问题的新的、另一半空间，同自然的物理空间一起构成求解“复杂系统”之完整的“复杂空间”，并使物理域、网络域、感知域之间的跨越行动变得方便可能。从本质上讲，平行管理控制方法的核心就是把复杂问题的“虚”和“软”之部分建立起来，通过可定量、可实施的计算化、实时化，使之“硬化”，虚实互动，真正地用于解决实际的复杂问题，实现用未来引导现在，用虚拟影响实际。

平行管理控制方法可以概括为“三部曲”：第一步，利用人工系统对复杂系统进行建模；一定意义上，可以把人工系统看成是实际系统的等价系统，两者具有简单一致性。第二步，利用计算实验对复杂现象进行分析和评估；一旦有了针对性的人工系统，就可以把实际系统的因素放到计算机里面，把计算机变成一个实验室，进行“计算实验”，通过“实验”来分析复杂系统的行为，评估其可能的后果。第三步，将实际系统与人工系统并举，通过实际系统与人工系统之间的虚实互动，以平行执行的方式对复杂系统的运行进行有效地控制和管理。

## 2. 研究内容

针对装备型号项目研制生产的复杂系统管理控制问题，研究包括人工系统构建、计算实验设计实施、平行执行管理虚实系统演化等内容的平行管理控制系统。

### 2.1 研究框架

图 1 为本项目的框架示意图。因为装备型号项目研制生产周期很长，主要依据管理者经验对实际的装备型号项目研制生产系统实施开环的事后控制，导致发现问题后的调整滞后。基于平行管理控制方法建立的人工系统通过情报系统融合了实际研制生产过程关键参数信息和开源信息两方面的数据，可以展示比实际系统更为丰富的数据资源描述系统运行的各种态势和情景。在人工系统基础上，通过计算实验分析各种研制生产管理策略影响、推演各种情景下武器装备质量成本进度演化趋势等计算实验，并与实际系统平行执行，不断循环往复模拟系统运行，寻求最优解决方案，实现对于实际系统的闭环控制。

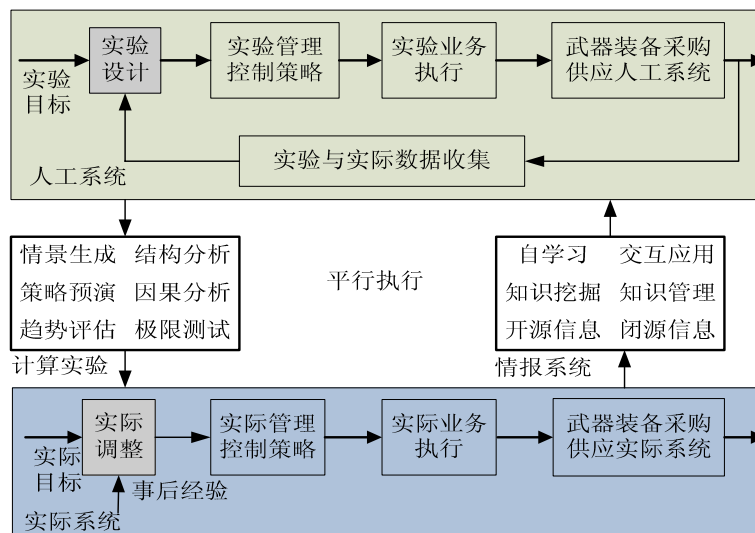


图 1 武器装备型号项目研制生产平行管理控制框架

### 2.2 装备型号项目研制生产情报系统

装备型号项目研制生产情报系统是一个综合数据平台，它有三个主要功能：1) 为人工子系统提供数据基础，支持人工子系统自主运行；2) 为管理者提供武器装备的详细情报和最新动态；3) 为科研和生产技术人员提供工作改进的信息支持。

这部分内容的主要研究情报的大规模存储与计算、开源情报采集、闭源情报数据整合、多语种信息智能检索、情报百科知识库等方面。

### 2.3 装备型号项目研制生产人工系统

武器装备型号项目研制生产人工系统是武器装备型号项目研制生产实际系统的伴生系统，由代表型号项目研制生产活动不同要素（如采购部门、科研团队、科研条件等）的不同代理即具有自主行为规则的虚拟主体组成，描述实际系统，能够自主演化。因此，武器装备型号项目研制生产人工系统的构造，不仅涉及武器装备采购主体和供应主体本身，还涉及采购主体与供应主体之间以及各种主体与生产条件和管理制度之间的相互影响。此外，武器装备型号项目研制生产人工系统不可能完全反映实际系统，必须按照一定层次和粒度的抽象划分原则，将实际武器采购和供应的整个过程以适当的方式反映在武器装备型号项目研制生产人工系统中。

根据实际武器装备型号项目研制生产中所涉及的相关的武器装备研制、生产、管理主体和武器装备对象，主要研究 4 类不同的人工子系统：人工科研子系统、人工生产子系统、人工部门子系统和人工装备子系统。这 4 类人工子系统都是实际武器装备型号项目研制生产过程中相应实体的伴生系统，他们能根据实际装备型号项目研制生产过程中的规则自动演化，对各种情况下的武器装备型号项目研制生产过程进行模拟。武器装备型号项目研制生产人工系统内部的顶层逻辑结构如图 2 所示，其中的各个子系统视具体需要

还能进一步细化建模粒度。

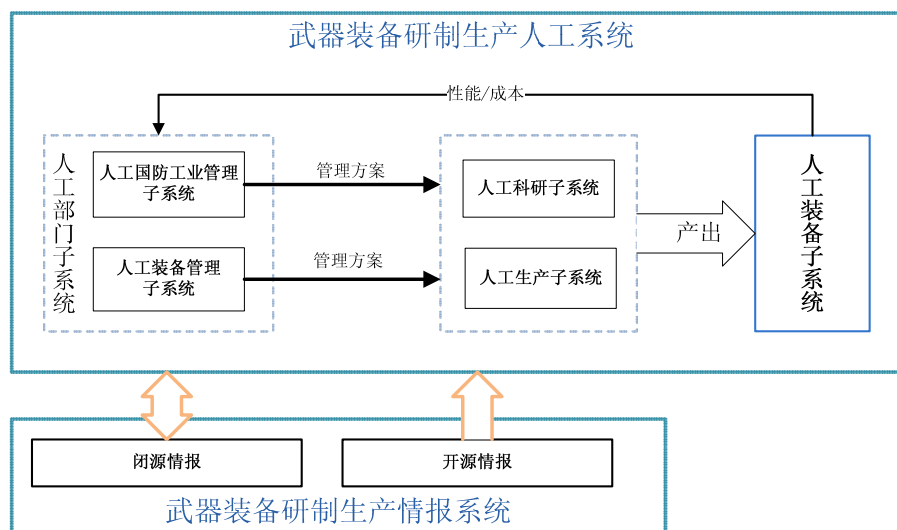


图2 装备型号项目研制生产人工系统结构组成

通过武器装备型号项目研制生产人工系统的不断自行演化，以及与武器装备供应实际系统的不断交互，武器装备型号项目研制生产人工系统的各个子系统不断学习。这样，其中的各个智能代理就能产生各种情形下的最优决策模型，从而为武器装备型号项目研制生产实际系统的各采购和供应主体提供及时智能的决策支持服务。

#### 2.4 装备型号项目研制生产计算实验

装备型号项目研制生产计算实验是在人工系统的基础上，将传统的计算仿真提升为系统性的定量实验。通过对武器装备型号项目研制生产人工系统的“生长培育”，为各类复杂应用场景提供可控可重复的“实验室”。通过借鉴经典实验设计的原则与方法，在各种业务流程的基础上，系统地设计各种各样的计算实验寻求装备的最佳样机方案和管理控制的最适决策，定量地预测装备型号项目研制生产过程中的“拖、降、涨”发生的可能性和演化趋势，实时地为管理决策提供支持和预警分析。

装备型号项目研制生产计算实验是基于人工系统的评估方法与工具，它主要是针对武器装备型号项目研制生产行为演化中的各种可能情况进行科学分析。因此，装备型号项目研制生产计算实验的设计与实施，不仅需要考虑其人工系统的功能框架还需要结合各种实验设计与分析方法。由于武器装备采购系统的高度复杂性，通过综合应用统计、机器学习、数据挖掘等分析方法，高效的分析人工系统所涌现出的武器采购和供应过程中的各种可能情况。

装备型号项目研制生产计算实验以数据为驱动，通过计算实验设计、计算实验实施与计算实验分析等步骤，分析装备型号项目研制生产过程中各种影响因素对质量成本进度的作用规律，展现装备型号项目研制生产中质量成本进度的多种可能演化和情景，支持对装备质量成本进度的分析、预测及方案设计优化。

#### 2.5 装备型号项目研制生产平行执行

平行执行是将装备型号项目研制生产人工系统伴随装备型号项目研制生产实际系统平行运行，通过跟踪监测实际系统，实时采集、分析和挖掘相关信息，并将其与人工系统运行情景进行比对，在线实时监测质量成本进度演化趋势，监控实际系统运行异常及早预警；通过实际系统的输入数据，实现人工系统自身调整和完善。并利用计算实验提供的理想方案支持对实际系统干预和引导，实现滚动优化，完成装备质量成本进度的事前设计和事中控制，保证设计目标的实现。

图3为武器装备项目研制生产实际系统和人工系统平行执行的三种常见模式：学习与培训模式、管理与实验模式、优化与控制模式。

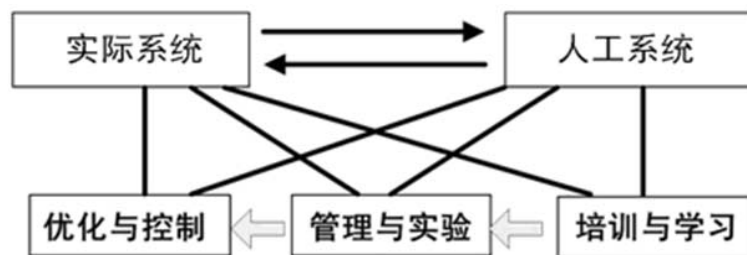


图 3. 平行执行的三种常见模式

1) 在学习与培训模式中，人工系统主要提供学习和培训武器装备项目研制生产过程的各种业务场景。通过将实际与人工系统的适当连接组合，可以使研制生产管理人员迅速地掌握目前研制生产工作的各种状况以及对应的方案，使得研制生产工作有迹可循、有数可依、有案可查。

2) 在实验与评估模式中，人工系统主要被用来进行计算实验，分析了解各种研制生产情景下人与装备的演化趋势，并对不同的解决方案的效果进行评估，作为选择和支持管理决策的依据。

3) 在管理与控制模式中，在线实时跟踪武器装备项目研制生产实际系统与人工系统预估演化状态之间的偏差，实施评估优化后的解决方案，减小系统偏差，从而最终使得系统向设计目标发展演化。

### 3. 结论

本研究以平行管理控制方法为依据，探索武器装备型号项目研制生产的管理与控制问题，为武器装备采购提供一个有效的管理框架。这一管理框架将武器装备的研制生产过程数字化、标准化和可视化，有助于解决研制生产过程存在的大量不确定性问题，增强管理的针对性和有效性，提高武器装备研制生产质量和效益。

#### 参考文献:

- [1] 邹小军. 武器装备采购的双方治理研究[D]. 国防科学技术大学, 2011.
- [2] 马建军. 武器装备应急采办风险管理研究[D]. 天津大学, 2009.
- [3] Wang, F-Y., et al. Social computing: From social informatics to social intelligence[J]. IEEE Intelligent Systems, 2007, 22(2): p79-83.
- [4] Wang, F-Y., and Tang, S. Artificial societies for integrated and sustainable development of metropolitan systems[J]. IEEE Intelligent Systems, 2004, 19(4): p82-87.
- [5] Wang F-Y. The Emergence of Intelligent Enterprises: From CPS to CPSS[J]. IEEE Intelligent Systems, 2010, 25(4):p85-88.
- [6] 王飞跃. 平行系统方法与复杂系统的管理和控制[J]. 控制与决策, 2004, 19(5):p485-489
- [7] 王飞跃. 计算实验方法与复杂系统行为分析和决策评估[J]. 系统仿真学报, 2004, 16(5):p893-897.