

航天工程管理的系统观点与方法

郭宝柱

(中国航天科技集团公司,北京 100048)

[摘要] 航天工程管理是复杂性管理,系统科学的观点和方法贯穿于航天工程管理的全部内容和各个环节。笔者从航天工程管理中的技术管理、型号管理和组织机构管理三个基本层次论述了系统观点与方法的应用。

[关键词] 航天工程管理;系统工程方法;技术管理;型号管理;组织机构管理

[中图分类号] TB114.2 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2011)04-0043-05

1 前言

航天工程是指航天系统的研究、设计、试验和生产活动。航天工程管理包括三个基本层次:技术管理、型号管理和组织机构管理。

航天工程技术管理是对分析、设计、试验等技术活动的管理,目标是从需求出发,技术上实现一个航天系统。航天型号管理是对航天型号任务的项目管理,目标是在计划进度约束和经费预算的范围内,按照性能指标要求完成研制任务。组织机构管理是对航天科技工业各级组织的管理,目标是在圆满完成各项任务的同时,保持组织机构的持续发展。

2 航天工程管理是复杂性管理

航天系统技术水平高,结构复杂,是多种学科、技术的综合集成。其中许多技术处于时代发展的前沿,需要一个艰苦的技术攻关过程。航天系统在使用过程中将经受各种自然环境、力学环境,特别是在地面难以模拟的空间环境条件的严峻考验。多学科、新技术和复杂的运行环境,高性能、高可靠的指标要求和不可在轨修复的特点,导致了很高的技术风险。

航天型号研制的技术复杂性决定了需要很长的研制周期、大量的经费投入和大规模的技术协作;战

略性的特点引起各方面的关注和不同角色的参与。如何有效协调资源,处理复杂的合作关系,控制各种技术和非技术风险,保证按照性能指标、经费预算和计划进度要求完成研制任务,特别是实现飞行试验“一次成功”的质量目标,是对航天项目管理能力的挑战。

承担航天型号任务的组织机构包括总部、研究院、所,正处在迅速变化的复杂环境中。国际政治、经济、军事格局动荡,全球一体化进程的加快,使得组织机构必须不断适应新的形势;改革开放的深入,不断冲击着传统的体制和机制,使得组织机构必须面对许多新矛盾和新问题;知识时代不断涌现的新概念、新原理、新技术、新工艺、新器件和新材料正在挑战组织机构的技术基础和创新能力。在变化的环境下,组织机构内部各种要素及其相互关系很难再认定是稳定和可预测的^[1]。优质高效完成当前任务,同时保持未来新领域的竞争能力,对于组织机构管理者是巨大的挑战。

3 系统工程方法

系统工程方法是跨学科的技术开发、管理方法。系统工程方法从需求出发,通过分析、综合、试验的反复迭代过程,开发出一个满足使用要求、总体优化的系统^[2~4]。

[收稿日期] 2010-12-22

[作者简介] 郭宝柱(1945—),男,河北威县人,博士,中国航天科技集团公司研究员,主要研究方向为系统科学与工程;

E-mail: guobz@spacechina.com

中国航天从 20 世纪 60 年代开始,就在研制实践过程中形成了一套符合科学规律,与国外标准基本一致并具有中国特色的系统工程方法。几十年来,中国航天管理体制历经调整变化,研制任务不断更新换代,而系统工程方法一直是中国航天研制管理实践不变的主旋律^[4]。

系统工程方法包括强调总体设计、遵循研制程序、结构化的要求—体系结构转化过程,定量分析的方法以及系统工程管理等。

3.1 强调总体设计

中国航天总体设计和主要专业基本都在总体研究院自我配套,组织结构如图 1 所示。

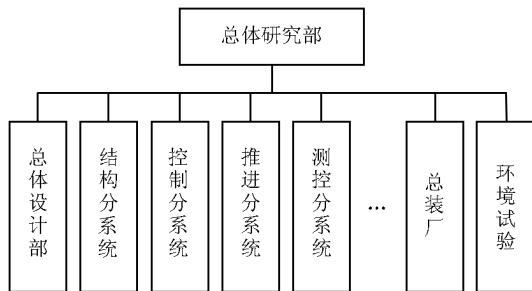


图 1 航天总体研究院组织结构
Fig. 1 Organization structure of space system engineering

总体设计从需求以及大系统约束条件出发,经过分析权衡得到系统顶层体系结构和功能、性能要求。根据研制对象的特点,把系统结构和功能要求逐级分解到分系统和单机,使它们成为成千上万研制任务,参与单位和人员的具体工作。经过从部件、分系统到系统逐级协调、设计、集成与试验,最后得到满足使用要求的系统产品,实现系统整体功能和性能的“1 + 1 > 2”。

中国航天总体设计部作为总设计师的技术依托部门,具有顶层的技术地位。随着系统工程方法的实践,总体地位不断得到强化和提升,服从总体成为一种不容置疑的观念。

3.2 遵循研制程序

研制程序体现了航天系统开发过程的科学规律,保证了一个长周期的研制过程能够分阶段对目标进行跟踪和控制,使得研制过程能够有序展开^[1]。

航天研制程序一般包括概念探索和研究,可行性论证,初步设计,详细设计和生产,以及部署、使用和保障等阶段^[5,6]。

概念探索和研究阶段进行新思路、新概念和新系统的探索和创新研究。可行性论证阶段进行新系统经济、技术可行性论证。初步设计阶段形成系统设计规范。详细设计和生产阶段进行工程样机试验和正式产品设计生产,最后进入部署、使用和保障阶段。

中国航天研制程序是政府颁布的法规。今天,按研制程序开展型号的研制工作,无论对于技术人员和管理人员都已经是一种自觉的行动^[7]。

3.3 系统工程过程

系统工程过程(SEP)是一个分析—设计—验证反复进行的结构化认知过程和要求—体系结构转化过程系统开发过程,是认识和实践不断深化,逐步使系统满足使用要求的过程^[2],如图 2 所示。

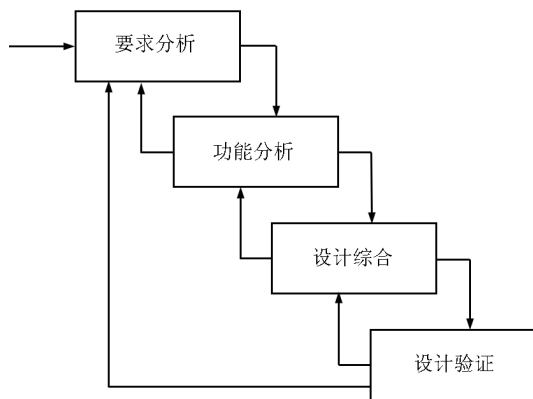


图 2 系统工程过程图
Fig. 2 System engineering process

3.4 定量分析方法

航天系统工程方法采用定量分析的方法。系统分析、运筹学所研究的预测分析方法与模型,数学规划方法与模型,博弈论,排队论,搜索论,库存论,决策论以及网络计划技术等为系统工程方法提供了重要的工具。计算机仿真技术利用已知的基本科学定律和实践经验建立系统的数学模型和仿真模型,在计算机上进行仿真试验,可以在各个研制阶段定量分析航天系统的行为特性。

3.5 系统工程管理

系统工程方法既应用于技术过程也应用于管理过程。系统工程管理保证系统的分析、定义、集成和验证等工作有序进行。同时保证技术开发过程中性能指标、进度和成本三要素的均衡进展。系统工程管理的内容包括工作分解结构,系统工程计划与控制,技术状态管理,技术评审与审查,技术风险管理等^[8]。

4 型号管理

4.1 型号管理组织

航天型号管理是大型复杂工程项目管理。中国航天项目管理建立型号和技术两条指挥线(图3)。型号总指挥承担型号研制任务的经济、技术和质量责任;型号总设计师在型号总指挥的领导下,对型号研究、设计、试验等技术工作负责。项目团队是按照型号基本型建立的多专业集成研制队伍,有利于激励作用的发挥和指挥链的畅通;一个跨建制、跨部门的指挥调度体系,协调人、财、物等资源,跟踪、控制研制进展;以总体部为核心的设计师队伍采用系统工程方法保证复杂技术系统的实现,通过系统工程管理保证技术工作有序展开。项目团队利用一个集成化信息管理系统(AVIDM)实现研制、生产和管理信息共享,保证准确的信息在适当的时间到达必要的位置。

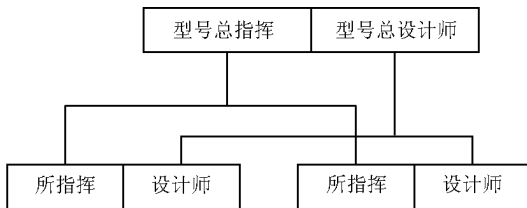


图3 航天型号研制的两条指挥线

Fig. 3 Two direct line of space project

4.2 质量管理

质量是中国航天的生命线。坚持“严肃认真,周到细致,稳妥可靠,万无一失”的十六字方针;坚持“严、慎、细、实”的工作作风;坚持“从源头抓起、全过程受控、一次成功”,是中国航天不懈努力的目标。“单位抓体系,型号抓大纲”,是对质量管理全面和科学的总结。这里的“体系”是指质量保证体系,“大纲”是指产品保证大纲。

20世纪90年代中期航天型号研制质量形势严峻,面临“失败不起、没有退路”的局面。中国航天再次激发航天精神,采取了一系列质量管理措施,终于扭转了被动局面。针对深层次问题,制定了《强化航天科研生产管理的若干意见》,开始实行型号总指挥负责制,推行项目管理和矩阵式管理模式,强调总体的技术抓总作用和专业研究室的群体技术优势;针对大量低层次、重复性、人为责任事故,在产品、设计、制造、工艺、元器件、原材料、标准件,质量管理等方面提出一系列可操作的具体措施;针对重复性

质量问题制定了质量问题在技术上归零的五条标准,即“定位准确、机理清楚、问题复现、措施有效、举一反三”,以及质量问题在管理上归零的五条标准,即“过程清楚、责任明确、措施落实、严肃处理、完善规章”。这些质量管理措施至今对保证航天产品质量发挥着重要作用^[9,10]。

面对中国航天发展的新形势、新任务,中国航天进一步提出了质量管理精细化的要求,包括开展技术成熟度评估、推进产品定型、规范研制流程、控制关键环节、强化产品保证等一系列措施。

5 组织机构管理

型号团队融合在组织机构的文化氛围当中,在组织机构统筹组织和协调下工作,得到组织机构技术、资源等方面的支持,组织机构的整体能力对型号管理和系统工程方法的效能具有决定性的影响,因此组织机构管理是航天工程管理的重要组成部分。

中国航天科技工业组织机构是一个开放的复杂巨系统,组织管理是复杂性管理,必须采用系统科学的观点和方法。

5.1 中国航天科技工业的系统结构

中国航天科技工业是以型号研究院为基础,按型号配套,以科研为主导,科研、生产相结合的总部、研究院和所、厂三级管理体制。专业配套,按照探索一代、设计一代、生产一代“三步棋”发展的研究院、所是保持航天科技水平发展的基础。专业研究院、所的科技研发能力与两条指挥线形成的型号研制能力通过矩阵结构相结合形成的系统结构,保证了中国航天科技工业完成研制任务、保持持续发展的整体能力(图4)。

5.2 中国航天科技工业的系统要素

目标、人、技术、方法、设施、资金、物资、信息是中国航天科技工业系统的基本要素。其中,人的复杂心理现象和不确定的行为是系统复杂性的重要根源。高智能群体的合作不再是简单的线性关系。群体可以产生巨大的创造力量,也可能发生导致危机的涣散现象。创业时期,航天人的共同理想和追求激励起人的积极态度和坚定的意志;科学、高效的合作关系,把个人的积极性和能力结合成一种群体的能力,从而“涌现”出强大的创造性力量。20世纪90年代任务量增加,技术上台阶、管理方法不适应是进入低谷的重要原因。而大量的低层次、重复性和人为责任事故说明,新经济形势下人的事业心、责

任感和严肃认真的工作态度是至关重要的影响因素。注重人的因素,强调以人为本,激励和保持群体

创造力历来是中国航天组织管理的核心问题。

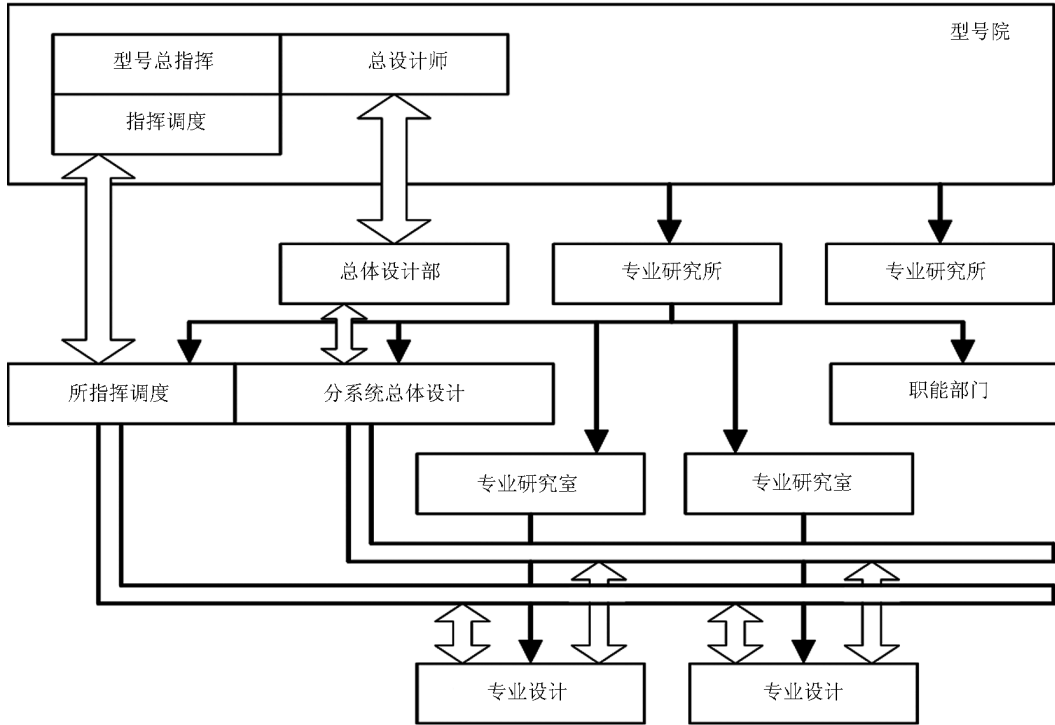


图4 矩阵式组织结构

Fig. 4 Matrix organizational structure

6 结语

总体设计部的实践体现了系统工程方法。系统工程方法是从需求出发,通过分析、综合、试验的反复迭代过程,开发出一个满足全寿命周期使用要求、总体优化的系统。

航天型号管理是大型复杂工程项目管理。以两条指挥线为基础的项目管理能力和专业配套的研究院、所研发能力相结合,形成了保证完成型号任务和保持未来持续发展的整体能力。

面对复杂的内、外环境,中国航天组织机构管理采用系统科学的观点和方法。强调人的因素、保持群体创造力是航天组织管理的核心问题。

参考文献

[1] 黄本笑,范如国. 管理科学理论与方法[M]. 武汉:武汉大学出版社,2005.

出版社,2005.

[2] 钱学森. 论系统工程[M]. 长沙:科学技术出版社,1982.

[3] 钱学森. 创建系统学[M]. 长沙:科学技术出版社,2001.

[4] 许国志,顾基发,车宏安. 系统科学[M]. 上海:上海科技出版社,2000.

[5] Alexander Kossiakoff, Sweet N William. System Engineering: Principles and Practice[M]. New York:John Wiley,2003.

[6] NASA Headquarters. NASA Systems Engineering Handbook[S]. NASA,2007.

[7] 郭宝柱. 中国航天与系统工程[J]. 航天工业管理,2003(6):4-8.

[8] Benjamin S B. System Engineering Management[M]. Second Edition. New York:John Wiley,1998.

[9] 袁家军. 中国航天系统工程与项目管理的要素与关键环节研究[J]. 宇航学报,2009,30(2):428-431.

[10] 马兴瑞. 中国航天的系统工程管理与实践[J]. 中国航天,2008(1):7-15.

Systems perspective and approach in space engineering management

Guo Baozhu

(China Aerospace Science and Technology Corporation, Beijing 100048, China)

[**Abstract**] Space engineering management is complexity management, and the perspective and approach of systems science is throughout the entire content and all stages of management. This paper discusses the application of systems perspective and approach from technical management, large complex technical projects and organizational management which are the three basic aspects of space engineering management.

[**Key words**] space engineering management; system engineering approach; technical management; large complex technical projects; organizational management