



工程系统 设计与运作

● 杨汝清 著

GONGCHENG
XITONG
SHEJI YU
YUNZUO

● 上海交通大学出版社 ●

工程系统设计与运作

杨汝清 著

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书以现代工程系统设计理论为基础,以机电工程系统为背景,以工程总体设计为重点,吸取了系统工程、工业工程和管理工程等思想,结合作者的实践和体会,从系统角度讲述工程系统设计和运作过程、设计方法、总体方案决策以及在实施过程中的制造、试验和一些管理问题。

本书可供年轻的总设计师、总工程师和工程项目负责人,从事工程项目开发、项目管理的科研和工程技术人员以及机械工程、机电工程、自动化、工业工程等学科的教师和研究生参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程系统设计与运作/杨汝清著. —上海:上海交通大学出版社,2004
(上海科技专著出版基金资助项目)
ISBN 7-313-03632-9

I. 工... II. 杨... III. 系统工程 IV. N945
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 110055 号
本书出版由上海科技专著出版资金资助

工程系统设计与运作

杨汝清 著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

上海市书刊印刷有限公司印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:14 字数:345 千字

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月第 1 次印刷

印数:1—2 050

ISBN7-313-03632-9/N·013 定价:23.00 元

版权所有 侵权必究

推動科技出版事業
提高學術研究水平

為「上海科技書出版資金」題

徐匡迪

二〇〇〇年十一月十一日

前 言

工程系统是以工程技术为核心的一种重要的人工系统。它是一个国家经济建设、国防建设的重要支柱,特别是随着我国加入 WTO 后迎来的挑战,高新技术工程系统和现代武器装备系统更是引起全国上上下下、方方面面的关注。作为战斗在第一线的成千上万的各类工程系统的具体责任人——总设计师、总工程师及项目负责人,他们在呕心沥血、辛勤工作的同时,他们中许多人需要一种更适合他们工作的理论指导,需要在他们工程专业技术的基础上,有一个综观全局的系统工程思想与方法。因为目前我国很大一部分总设计师、总工程师或项目负责人(特别是中、小型工程系统和单位)都是在他们原有的专业技术基础上,通过学习和实践,逐步提拔到这些重要技术领导岗位上的,他们中大部分没有经历过怎样当总设计师、总工程师或项目负责人的培训,他们渴望着一种贴近他们工作的新的理论的支持,努力摸索着一套有效的方法。作者也经历了很长一段痛苦的摸索和磨炼。到大学任教后,除了继续负责一些较大的机电工程项目外,有更多的条件和机会学习和研究一些相关的系统工程理论,思考着怎样把传统的工程专业技术与系统工程、工业工程等先进的思想相结合,而运用到工程系统的设计和实施中去。虽然这仅仅是开始,但我还是愿意把我和我的同事以及我的博士生、硕士生们研究的一些体会,以书的形式介绍给年轻的工程技术领导和同事们,抛砖引玉,为我国经济建设和国防建设做一点微薄的贡献。

本书共分 7 章,在介绍工程系统有关概念及其系统结构的基础上,从系统角度重点讲述工程系统设计和实施的具体过程,设计方法,总体方案决策和评定技术,以及在实施过程中的制造、试验和管理。

本书主要服务对象是从事各类工程系统(特别是大批中、小型机电工程系统、装备)和相关企业的年轻的总设计师、总工程师和工程项目负责人,从事工程项目开发、项目管理的科研及工程技术人员以及机械工程、机电工程、自动化、工业工程等学科的教师和研究生。

本书由杨汝清组织和构思,赵群飞编著了第 1 章和 2.1,2.2 节;杨汝清编著了第 3 章和 2.3,2.4,5.1,5.2,5.3 节;杨汝清和王庆坤编著了第 7 章和 4.1,4.2 节;杨汝清和于谨维编著了 4.3 和 6.1 节;蒋祖华编著了 5.4 节;王庆坤编著了 4.4 节;于谨维编著了 6.2,6.3,6.4 节。全书由杨汝清和王庆坤统稿。

在编写过程中,我们参阅和引用了许多国内外同行的著作和学术论文,得到了上海科技专著出版资金的大力支持,在此我们深表谢意。

著述本书是我们一次大胆的尝试和探索,一定有很多不足和欠妥之处,希望读者多提宝贵意见。

著者

2003年12月

出版说明

科学技术是第一生产力。21 世纪,科学技术和生产力必将发生新的革命性突破。

为贯彻落实“科教兴国”和“科教兴市”战略,上海市科学技术委员会和上海市新闻出版局于 2000 年设立“上海科技专著出版资金”,资助优秀科技著作在上海出版。

本书出版受“上海科技专著出版资金”资助。

上海科技专著出版资金管理委员会

第 1 章 工程系统概述

1.1 系统与系统工程^[1,2~4]

工程系统是系统工程的重要组成部分,本节首先简要地介绍一下系统的概念和系统工程的内容,以增进读者对现代工程系统的认识。

1.1.1 系统的概念与定义

系统(System)的概念来源于人类的长期社会实践。系统的概念通常用系统的含义、系统的分类和系统的整体性质来表达。它们综合起来可以反映系统的本质和规律。

系统思想的萌芽可以追溯到远古时代,人们在农事、工程、医药、天文等方面的知识和成就都在不同程度上反映了朴素的系统概念的运用。但是,系统作为一门横向交叉科学的名称被赋予确定的学术含义,是 20 世纪 40 年代的事情。系统科学还是一门新兴的科学,长期以来有许多哲学家和科学家为系统作过许多定义和分类。下面从本书的需要出发,仅介绍其中简明而又有代表性的几种定义和一种分类法:

一般系统论创始人之一的奥地利生物学家贝塔朗菲对系统的定义:“系统”是“相互作用的诸要素的集合”。

日本学者秋山稔和西川智登认为:“相互间具有有机联系的组成部分结合起来,成为一个能完成特定的功能的总体,这种各组成部分的有机的结合体就称为系统。”

我国系统工程与系统论研究的倡导者钱学森把极其复杂的研究对象称为系统,认为系统是由相互作用和相互依赖的若干组成部分(要素)结合而成的具有特定功能的有机体,而且这个系统本身又是它所从属的一个更大系统的组成部分。

综合上述定义可知,系统是由相互联系、相互依赖、相互制约、相互作用的要素组织的具有整体功能和综合作用的统一体。构成系统必须具备下述条件:

- (1) 系统必须由两个或两个以上的要素构成。
- (2) 系统各要素之间存在着相互联系、相互依赖、相互制约、相互作用的关系(这些关系体现在它们之间进行的物质的、能量的和信息的交换上)。
- (3) 系统必须具有目的性和完整性。

1.1.2 系统的分类

宇宙间的各种具体系统可分为人工系统和自然系统两大类型:

1) 人工系统

人工系统是由人类的劳动和其他活动(包括思维活动)创造出来的各种系统。它包括:

- (1) 社会系统,如文化、政治、行政、教育、经济(工、农业,服务业)、科学、法律等。
- (2) 工程系统,如建筑物、交通、通信网络、农场、工厂、机器、电子计算机等。
- (3) 概念系统,即以各种哲学、史学、科学、经济学的知识和概念作为要素而构成的系统,例如哲学体系、科学体系、经济指标体系等。

2) 自然系统

自然系统是天然产生和存在的各种系统。它包括:

- (1) 生物(生命)系统,如动物、植物、微生物、生理系统等。
- (2) 物理系统,如物理、化学、天文学、地理学。

自然系统中有非人类能力所能影响和控制的天然系统,例如太阳系;也有可以受人类影响、控制和改造的自然系统,例如地球的自然条件、物质改性等。

1.1.3 系统的性质

凡符合上述定义内的系统都具有下列的一般基本性质:

1) 相对性

系统是相对于其内部结构和外部环境而言的。一个系统对象,在不同的行为作用中,既可以看作是某个系统所属的子系统或构成要素,也可以当作是另外一个系统的环境。但当研究问题的行为作用一旦确定之后,就应在系统与环境之间划定一条可循的明确界线,称为系统边界,它既可以是实物性的,也可以是概念性的,把所论系统的全部要素包含在内,并把该系统与系统的环境有效地隔离开来。通过边界只允许有输入和输出通道使系统与环境相连,进行物质、信息和能量的交换。

此外,根据实际需要,人们还可以把一个系统内部的诸要素,按系统结构的层次及(或)功能的行为作用,组成若干结构子系统及(或)功能分系统:

(1) 子系统。它是按系统中诸要素的不同组织层次划分的,可形成多级子系统,每一级至少有两个并列的子系统。

(2) 分系统。它是按系统中诸要素的不同功能划分的。分系统虽然也可形成多级结构,但除非在冗余储备结构中,每一级分系统很少有并列的结构。

2) 相关性

系统的定义强调要素、系统和环境之间的相关性。如果没有这种相关性,就不能称为合理的系统。一个要素与某一系统不相关,它就不属于这个系统。系统的相关性是由存在于要素—系统—环境之间的能量及(或)物质及(或)信息流组成的作用场维系的。每一个系统或要素要从作用场中取得某种形式和数量的能量、物质或信息的输入,通过系统或要素本身的特定功能(职能)将之转换为另一种形式和数量的能量、物质或信息,输出到作用场中去,对其他的系统或要素产生影响,与它们形成能量、物质或信息交换,从而发生相互作用和相互依赖的关系。

3) 目的性

系统的目的性是系统输出所表现的特定性质。除少数天然系统(例如天体系统)的目的性不够明确外,系统(特别是人工系统)的目的常常是奉献性的,并要与环境条件和要求相适应。

另一方面,要达到特定的目的,系统本身必须具有与此目的相符的特定功能,即把特定的输入项目转换为一定的输出项目。而系统的功能则是由系统内部的诸要素形成的特定组织结构和特定的作用(活动)来产生和决定的。这种组织结构和作用,既体现诸要素的和谐协同性,又体现诸要素之间的严密制约关系。

系统的目的是系统与环境发生联系的外延特性,而系统的功能则是系统为达成目的产生的内涵特性,目的和功能是系统的一体两面,是统一的特性。

4) 进化性/创新性

任何系统的功能及其相关的其他性质,都会随着时间的推移而变化。这种变化成因于系统内部诸要素的结构在环境的负作用下发生损耗、时效老化、相变或分歧等形式的质变。其结果要么使系统趋向于不稳定、无序、僵化及至消亡,要么使系统发生自组织(self-organization),从旧态转变为新态,形成有序性更好的高级新结构。这种演变,对于自然系统而言,称为进化;对人工系统而言,称为创新。封闭系统因与环境隔绝且具有较强的统一性,在时间长河中容易走向僵化和无序,而开放系统因具有多样性和较强的环境适应能力与自维持能力,故增大了生长、发展和进化/创新的可能性。

5) 整体性

系统的各种基本性质并不是互相孤立的,而是一体多面的表现。它们的综合构成了系统的整体性,是系统的最基本的性质。概括言之,系统的整体性表现为:

(1) 系统与环境的协调。不仅系统的目的/功能要与环境条件和要求相协调,而且系统内部诸要素也要具有适应环境各种正、负影响的能力。

(2) 结构与功能的统一。系统的结构和功能是互为前提、互为因果的统一体。系统发挥功能的效率和可靠性取决于结构中每一要素各自发挥功能的效率和可靠性。理想的系统结构是它的诸要素具有相同的效率和可靠性。在一定的系统目的条件下,要素效率和可靠性若发生过大的变化,都会使整个系统失衡,甚至产生振荡,以致失效。

(3) 现状与发展的延续。系统的一切性质无不处在变化之中。系统的现状是过去变化的终结状态,同时又是未来变化的初始状态,时间不应仅被视为描述系统及其各种性质而引入的参量,而应看作是决定系统变化的自变量。系统的动态性导致的结果若不是系统的衰亡,就必然是系统的进化或创新。进化/创新是系统得以继往开来的延续关键,因此,人们要使某种系统继续存在与发展,就不能只满足于系统的现状,而应经常不懈地致力于系统现状的改进与创新。

1.1.4 系统科学和系统工程

1) 系统科学(Systems Science, 简写 SS)

系统科学是从系统这个统一的概念出发,把用其他各种科学从不同角度研究各种系统的特征和规律所获得的基本理论加以总结归纳,进而研究普遍适用的一般系统原理的一门科学,为各种系统的研究工作提供理论指导。系统科学与自然科学、社会科学、数学、思维科学被认为是认识客观世界规律的五大基础科学。由于系统科学是其他各种科学基本理论的总结归纳,因而又是联系其他科学之间的桥梁。

系统科学是一门正在蓬勃发展的学科。关于它的学科体系,科学家们还没有统一的定论,贝塔朗菲和日本的市川悖信分别对系统科学体系提出了简明的描述,如图 1-1,由此可见系统科学的梗概。

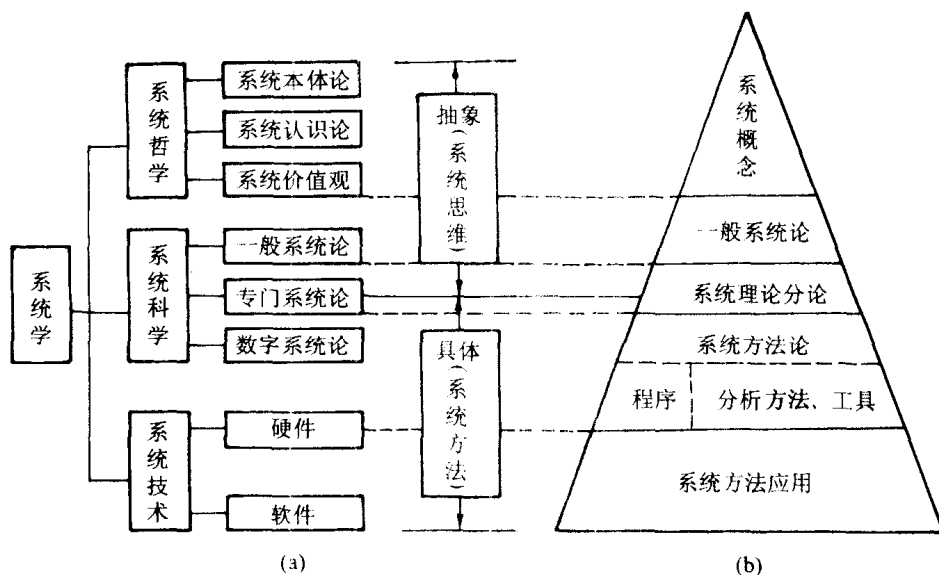


图 1-1 系统科学体系

(a) 贝塔朗菲 SS 体系 (b) 市川悖信 SS 体系

(1) 系统哲学与系统概念。认识系统的本质和普遍规律,成为一切系统工作的主导思想。

(2) 一般系统论。它是系统的通论,着眼于系统的整体性,用数学描述系统环境,结构,功能以及能量、物质、信息的传递、存储和转换等关系;从分析和综合的统一性出发,研究影响和改变系统结构和功能的一般途径。

(3) 系统方法论。研究进行系统分析、规划、设计和运行时所需采用的各种具体的系统方法和技术(例如运筹学方法),以及思维程序、工作步骤等,包括系统分析学、系统工程学、系统动力学等。

如图 1-1 所示,系统科学包含两大部分:抽象部分,培养系统思想;具体部分,训练系统方法。

2) 系统工程(Systems Engineering, 简写 SE)

系统工程是把系统科学的知识应用于实际的技术科学,为涉及社会—科技—经济的综合系统的规划、设计、建造、实施和革新的各种工程技术提供理论和方法。

从理论上讲,系统工程理论基础是系统科学的原理。然而,作为一种实用的技术科学,系统工程必须把抽象的纯理论具体化、实用化,甚至通俗化,才能为非从事系统科学研究的广大工程技术人员所掌握。系统工程必须具有本身的实用化的理论基础。

(1) 系统思想基础。这就是以系统概念为基础的指导思想。把一切研究对象都看成系统,强调从系统的整体性出发,去分析系统各个相关要素相互之间的作用和每一要素对系统功能的独立作用。通过这些认识,加深对系统整体的综合研究。这种系统思想与我国倡导的“统筹规划、综合治理”的哲学思想是一致的。

(2) 数理基础。这就是导源于系统科学思想的运筹学。钱学森和国外的一些科学家都认为:当前所谓的运筹学,包括线性规划、非线性规划、博弈论、排队论、存储论等,以及现代管理决策科学、系统分析、系统方法、费用效果分析等等的数学原理和算法,都能体现 SS 的思想,都可以统一地看成是此处所谓的“运筹学”,而这些学科的工程应用内容,均可以以系统的概念,统一纳入系统工程。这些数理方法可以用来定量描述、分析、优化和综合研究系统。

(3) 系统工程的方法论。它是系统思想的具体化,是实施系统工程的行为规范。1969年,美国学者霍尔提出了系统工程三维结构,作为系统工程方法论的经典,得到广泛应用。霍尔的系统工程三维结构将系统工程活动按时间维、逻辑维分为前后密切联系的七个工程开发阶段和七个实施步骤,同时提出完成上述工程阶段和步骤所需的各种知识。这样为解决复杂的、影响因素较多的工程问题提供了方法论和总体框架。

三维结构是由时间维、逻辑维和知识维构成的空间立体结构。时间维表示系统工程活动由发展研究到系统更新阶段的科学工作程序,它包括七个阶段:发展研究阶段,论证研究阶段,方案决策阶段,工程研制阶段,成果转化阶段,运用保障阶段和更新阶段。

逻辑维表示对每一工作阶段,运用系统工程的方法思考和解决问题的思维过程,可分为七个步骤:界定任务范围,任务分析,系统功能分析,系统综合,系统权衡优化,系统决策和系统实施。

知识维是完成上述工作阶段和步骤所需的各种知识和工程专业技术,包括相关的社会科学、自然科学以及相关的工程技术。

霍尔的系统工程方法论的三维结构表明:系统工程的应用必须与专业知识结合。否则,系统工程将是无的放矢,或是纸上谈兵,没有任何意义。

20 世纪 70 年代中期以后,系统工程的理论和方法在其他专业学科开始普及,逐渐使系统工程与一些专业领域的专门知识结合而产生了一些新的专业性系统工程学科,如生物系统工程、农业系统工程、经济系统工程、工业工程、管理系统工程、军事系统工程以及工程系统工程等。

1.2 工程与工程系统

1.2.1 工程

文献^[5,6]认为工程是服务于某个特定目的的各项技术工作的总和。

文献^[40]中这样定义工程:人们根据某种生产目的,运用科学知识,设计开发能经济有效地利用各种技术和资源的某些系统,去达到该目的的专业活动。

工程是人类获取物质产品的重要途径。它是以一系列的科学知识为依托,应用这些科学知识,并结合经验的判断,经济地利用自然资源为人类服务的一种专门技术。工程是人们根据设定的目标,应用有关的科学知识和技术手段通过一系列有组织活动将某些(某个)现有实体(自然的或人造的)转化为具有预期使用价值的物质产品的过程。

1.2.2 工程系统

工程系统是人类为了达到各种特定目的而建立的人工系统。工程系统的建立是一项具有很强的技术性和社会性的工作。它是由许多相互作用和相互联系的基本要素组合而成的一个整体,在创建这种复杂的工程系统时,要把总的目标要求逐步地划分为各个更为具体的设计任务,并通过一系列工程过程使这一个个的具体设计工作结果按一定规律综合起来后构成符合目标要求的实际系统。

完成这一工作,需要总体的协调、综合的优化和有条不紊地组织管理。因此,必须运用系统工程的原理和方法来合理地规划、指导和管理现代工程系统研制的全过程,从更为广泛的意义上去看待和处理现代的工程问题。

根据组成工程系统的基本要素的相近性与差别性,同时根据工程所具有的基本内容、性质和特征,可将工程系统分解并包装为如下六个子系统:

(1) 工程对象系统。用户所期望的一种工程产品。这种产品可能是纯粹物理系统,也可能是纯粹抽象系统,还可能是物理成分与抽象成分相结合的系统。由于任何工程事实上都是对工程对象系统存在形态的转换过程,因此,分别将工程开始和工程结束时工程对象系统的存在形态叫做概念的工程对象系统和实现的工程对象系统(工程产品)。

(2) 工程过程系统。工程所经历的全部阶段或步骤及其全部活动的有序集合,因而又被叫做(工程对象)系统开发生命周期,或被叫做(工程)项目生命周期。

(3) 工程技术系统。工程技术活动及其所使用的全部原理、方法和手段的有机集合。

(4) 工程管理系统。工程管理活动及其所使用的全部原理、方法和手段的有机集合。

(5) 工程组织系统。获取工程对象系统产品所涉及的所有组织、个人及其技能、知识结构、组织准则、道德水准和行为规范的有机集合。

(6) 工程支持系统。为正常而有效地进行工程技术活动和工程管理活动提供保障的全部实体的有机集合。

1.3 项目与工程项目

本书涉及的工程系统,我们把它分为两大类:一类是具有批量生产价值的产品工程系统,

它包括产品整个生命周期中从概念形成到产品报废处理的所有因素和整个过程(对于产品的概念,大家都很熟悉,这里就不细谈);另一类是项目工程系统,简称工程项目或项目,这里我们稍微展开谈一下。

1.3.1 项目

目前国内外有关项目(Project)概念和特征的认识,还处在不断地完善之中,尚未形成统一的、权威的定义。许多机构和专家们都试图用简单通俗的语言对项目进行抽象性概括和描述,下面介绍几种较具代表性的观点:

(1) 美国专家约翰·宾(John Ben)在中国工业科技管理大连培训中心提出的在我国被广泛引用的观点^[9]:项目是要在一定时间,在预算规定范围内,达到预定质量水平的一项一次性任务。

(2) 美国一部有代表性的著作^[10]的作者认为项目是有明确的目标、时间规划和预算约束的复杂活动(effort),其特征包括:

① 为达到一定的目标,有明确的时间和预算约束的复杂活动,且这种活动需要多方面互相协作才能实现;

② 是一项独特的,不是完全重复以前的活动;

③ 有确定的寿命周期,通常包括以下六个阶段:构想、评价、设计、开发或建造、应用、后评价。

(3) 世界银行在其《开发投资——世界银行的经验教训》^[11]、《农业项目的经济分析》^[12]等著作中,对项目做了较多的界定,所有观点归纳如下:

① 项目是一次性的投资方案或执行方案;

② 项目是一个系统的有机整体;

③ 项目是一种规范化的,系统的管理方法;

④ 项目有明确的起点和终点;

⑤ 项目有明确的目标。

(4) 美国项目管理协会在其《项目管理知识体系》(Project Body of Knowledge)中称“项目是可以按照明确的起点和目标进行监督的任务。现实中多数项目目标的完成都有明确的资源约束。”

(5) 在文献中经常被引用的还有 Martino 的定义^[1]:“项目为一个具有规定开始和结束时间的任务,它需要使用一种或多种资源,具有许多个为完成该任务(或者项目)所必须完成的互相独立、互相联系、互相依赖的活动。”

(6) 德国国家标准 DIN69901 通过对项目的特征描述,将项目定义为:“项目是指在总体上符合如下条件的惟一性的任务(计划):具有预定的目标;具有时间、财务、人力和其他限制条件;具有专门的组织。”

综上所述,可以发现,大家对于项目的本质内容的认识是基本一致的,区别仅在于对具体特征的认识。

“项目”一词已越来越广泛地被人们应用于社会经济和文化生活的各个方面。符合上述定义的“项目”是很普遍的,如资源开发项目、地区经济开发项目、小区开发项目、企业的新产品研发项目、技改项目、各种环保和城市规划项目、各种科研项目以及各种投资项目等。

许多场合人们还根据“项目”的内容和特点,采用“工程”或“计划”等词来代替“项目”的说法,最常见的有希望工程、扶贫工程、高科技 863 计划、星火计划和三峡工程等。我国各个五年计划期间建设的重点项目,有的用项目实施单位的名称来代替“项目”本身,如宝山钢铁厂、京九铁路、大亚湾核电站等。

1.3.2 工程项目

工程项目是最为常见也是最为典型的项目类型,具有如下特点:

1) 具有特定的对象

任何项目都应有具体的对象,工程项目的对象通常是有着预定要求的工程技术系统。而“预定要求”通常可以用一定的功能要求、实物工程量、质量等指标表达。如工程项目的对象可能是修建一条铁路或一座水电站,建设一家工厂或一家一定规模的医院,修建一座大桥或改造一个住宅小区等。

项目对象确定了项目的最基本特性,并把自己与其他项目区别开来;同时它又确定了项目的工作范围、规模及界限。整个项目的实施和管理都是围绕着这个对象进行的。

工程项目的对象在项目的生命期中经历了由构想到实施、由总体到具体的过程。通常,它在项目前期策划和决策阶段得到确定,在项目的设计和计划阶段被逐渐分解、细化和具体化,并通过项目的实施过程一步一步得到实现。

工程项目的对象通常由可行性研究报告、项目任务书、设计图纸、规范、实物模型等定义和说明组成。

2) 有时间限制

人们对工程项目的需求有一定的时间限制,希望尽快地实现项目的目标,发挥项目的效用。市场经济条件下工程项目的的作用、功能、价值只能在一定时间范围内体现出来。例如,企业投资开发一个新技术,只有快速实用化、产品化,才能及时地占领市场,该项目才有价值。否则因拖延时间,让其他企业捷足先登,则同样的项目就失去了它的价值。没有时间限制的工程项目是不存在的,项目的实施必须在一定的时间范围内进行。

项目的时间限制通常由项目开始期、持续期、结束期构成。

工程项目的的时间限制不仅确定了项目的生命期限,而且构成了工程项目管理的一个重要目标。

3) 有资金限制和经济性要求

任何工程项目都不可能没有财力上的限制,必然存在着与任务(目标)相关的(或者说相匹配的)预算(投资、费用或成本)。如果没有财力的限制,人们就能够实现当代科学技术允许的任何目标,完成任何项目。

现代工程项目资金来源渠道较多,投资呈多元化,这对项目的资金限制就会越来越严格,经济性要求也会越来越高。这就要求尽可能做到全面的经济分析,精确的预算,严格的投资控制。

现在,财务和经济性问题是工程项目能否立项,能否取得成功的最关键问题。

4) 一次性

任何工程项目作为总体来说是一次性的,不重复的。它经历前期策划、批准、设计和计划、实施、运行的全过程,最后结束。即使在形式上极为相似的项目,例如相同的产品、相同产量、相同工艺的生产流水线,两栋建筑造型、结构形式完全相同的房屋,也必然存在着差异和区别。比如实施时间不同,环境不同、项目组织不同、风险不同。所以它们之间无法等同,无法替代。

因此对任何项目都有一个独立的管理过程,项目的计划、控制、组织都是一次性的。

5) 特殊的组织和法律条件

由于社会化大生产和专业化分工,现代工程项目都有几十个、几百个,甚至几千、几万个单位和部门参加。要保证项目有秩序、按计划实施,必须建立严密的项目组织。与企业组织相比,项目组织有它的特殊性。

企业组织按企业法和企业章程建立,组织单元之间主要为行政的隶属关系,组织单元之间的协调和行为规范按企业规章制度执行。而项目组织是一次性的,随项目的确立而产生,随项目结束而消亡;项目参加单位之间主要靠经济合同作为纽带,建立起组织,同时以经济合同作为分配工作、分配经济责权利的依据;而项目参加单位之间在项目过程中的协调就通过合同和项目的业务工作条例实现。

工程项目适用于其建设和运行相关的法律条件,例如经济合同法、环境保护法、税法等等。

6) 复杂性和系统性

工程项目的这一特征具体表现在以下方面:

- (1) 项目规模大,范围广,投资大。
- (2) 新颖性,有新知识、新工艺的要求,技术复杂。
- (3) 由许多工程专业组成,有几十个、上百个,甚至几千个单位共同协作,由成千上万个在时间和空间上相互影响、制约的活动构成。
- (4) 实施时间上经历由构思、决策、设计、计划、采购供应、施工、验收到运行全过程,项目使用期长,对全局影响大。
- (5) 受多目标限制,如资金限制、时间限制、资源限制、环境限制等。

1.4 项目管理与工程系统工程

工程项目的存在已有久远的历史。随着人类社会的发展,社会的各方面如政治、经济、文化、宗教、生活、军事等对某些工程产生需要,同时当时生产力的发展水平又能实现这些需要,就出现了工程项目。历史上的工程项目最主要是表现在建筑工程项目上,主要包括:房屋建设,如皇宫、庙宇、住宅等;水利工程,如运河、水库、灌溉沟渠等;道路桥梁工程,如驿站、官道等;军事工程,如城堡、兵站等。

有项目必然有项目管理,可以肯定在历史上这些工程建设中必然有相当高的项目管理水平相配套。但是由于当时科学技术水平和人类知识的限制,当然没有现代意义上的项目管理。

现代化的项目管理是在20世纪50~90年代发展起来的。它的起因有如下两个方面:一

是由于社会生产力的高速发展,大型的及特大型项目越来越多,如航天工程、核武器研究、导弹研制等。项目规模大,技术复杂,参加单位多,又受到时间和资金的严格限制,需要新的管理手段和方法。二是由于现代科学技术的发展,产生了系统论、信息论、控制论、计算机技术、运筹学、预测技术、决策技术,并且臻完善。这些给项目管理理论和方法的发展提供了可能性。

现代项目管理手段和方法大多数是在大型的或特大型的项目实施中发展起来的。随着社会的进步,社会分工更加细化,生产社会化程度大大提高,项目的目标计划、协调和控制也更加复杂。这就促进项目管理理论和方法的进一步发展,吸收并使用现代科学技术的最新成果,使其理论、方法、手段越来越科学化,这具体表现在:

(1) 现代的管理理论的应用,例如系统论、信息论、控制论、行为科学等在项目管理中的应用,它们奠定了现代项目管理理论体系的基石。项目管理方法实质上就是这些理论在项目实施过程中的综合运用。

(2) 现代管理方法的应用,如系统分析、系统动力学、预测技术、决策技术、数理统计方法、线性规划、网络技术、图论、排队论等,它们可以用于解决各种复杂的项目问题。

(3) 管理手段的现代化,最显著的是计算机的应用,以及现代图文处理技术、精密仪器的使用,多媒体的使用等。目前以网络技术为主的项目管理软件已在工期计划、成本计划、资源计划、优化和控制方面十分完善,可供用户使用。

1.4.1 工程项目管理的基本目标

工程项目管理的基本目标是在限定的时间内,在限定的资源(如资金、劳动力、设备材料等)条件下,以尽可能快的进度、尽可能低的费用(成本或投资)圆满完成项目任务。所以项目管理基本目标有三个最主要的方面——专业目标(功能、质量、生产能力等),工期目标和费用(成本、投资)目标。它们共同构成项目管理的目标体系。

项目管理的三大目标通常由项目任务书、技术设计和计划文件、合同文件(承包合同和咨询合同等)具体地定义。这三者在项目生命期中有如下特征:

(1) 三者共同构成项目管理的目标系统,互相联系,互相影响,某一方面的变化必然引起另两个方面的变化。例如过于追求缩短工期,必然会损害项目的功能(质量),引起成本增加。所以项目管理应追求它们三者之间的优化和平衡。

(2) 这三个目标在项目的策划、设计、计划过程中经历由总体到具体,由概念到实施,由简单到详细的过程。项目的三大目标必须分解落实到具体的各个项目单元(子项目、活动)上,这样才能保证总目标的实现,形成一个具体控制体系。所以项目管理又是目标管理。

(3) 项目管理必须保证三者结构关系的均衡性和合理性,任何强调最短工期、最高质量、最低成本都是片面的。三者的均衡性和合理性不仅体现在项目总体上,而且体现在项目的各个单元上。这构成项目管理内在关系的基本逻辑。

1.4.2 工程项目管理的工作内容

工程项目管理的目标是通过项目管理工作实现的。为了实现项目目标必须对项目进行全过程的多方面的管理。从不同的角度出发,项目管理有不同的描述: