

21
世纪

经济管理精品教材
管理科学
与工程系列

Management System Engineering

管理系统工程

张晓冬 李英姿◎编著



清华大学出版社



21
世纪

经济管理精品教材
管理科学与工程系列

Management System Engineering

管理系统工程

张晓冬 李英姿◎编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书从系统思想和知识综合的角度,以企业系统为研究对象,介绍了管理系统的概念、知识框架、方法论、定性和定量分析方法、具体的应用案例,以及与学习内容配套的分析软件。主要内容包括系统与系统工程、管理系统工程综述、管理系统工程方法论、管理系统分析、管理系统评价、管理系统决策、网络计划技术、管理系统仿真等。

本书可作为高等院校管理科学与工程、工业工程、机械工程、工商管理等专业本科生、研究生和 MBA 的教材和参考书,也适合于从事企业系统规划、开发和运用管理的有关人员阅读参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

管理系统工程 / 张晓冬, 李英姿编著. — 北京: 清华大学出版社, 2017

(21 世纪经济管理精品教材·管理科学与工程系列)

ISBN 978-7-302-46478-5

I. ①管… II. ①张… ②李… III. ①管理系统理论—高等学校—教材 IV. ①C93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 024638 号

责任编辑: 吴 雷

封面设计: 李召霞

版式设计: 方加青

责任校对: 宋玉莲

责任印制: 宋 林

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编: 100084

社总机: 010-62770175 邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62770175-4506

印 装 者: 清华大学印刷厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm 印 张: 15.25 字 数: 337 千字

版 次: 2017 年 3 月第 1 版 印 次: 2017 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 1~3000

定 价: 39.00 元

产品编号: 068822-01



前言

在人类社会的发展史上，系统思想被不断地应用于社会活动和生产活动中，其应用领域几乎遍及工程技术和经济社会的各个方面。管理系统工程就是以企业系统为研究对象，对系统的构成要素进行分析和配置、对系统的功能结构进行设计和组织、对系统的运作过程进行控制和优化、对系统的运行环境进行分析和适应，从而对企业系统进行合理化设计、分析、控制和改善的系统化程序、方法和技术。

随着科学技术的日新月异，尤其是管理技术、信息技术、互联网技术的迅速发展，管理系统工程的研究和应用也在发生着深刻的变化，新思路、新理念、新方法不断涌现。本书就是从系统思维和知识综合的角度，介绍管理系统工程的概念、知识框架、定性和定量分析方法，以及管理系统工程的具体应用。读者在阅读过程中，应注意掌握管理系统工程的总体构架，结合先进的管理方法以及本书提供的大量练习和案例来进行学习。本书同时还提供了与学习内容配套的分析软件，读者可以通过大量的实际操作，掌握管理系统工程的分析、评价、决策和仿真等实战方法。通过上述努力，本书期望能够使读者了解管理系统工程的基础理论和方法论，掌握系统建模、分析、评价、预测及决策的科学方法，从而适应现代管理科学与工程、工业工程等专业发展的需要。

本书的前五章由张晓冬编写，后三章由李英姿编写。硕士研究生朱宇朦、梁昊、翟璐璐、任晓琳、王露露等同学进行了大量的文献整理、资料翻译、案例收集和计算工作。

本书的编写及出版得到了北京科技大学“十二五”教材建设经费的资助。本书所涉及的部分案例来自编者的科研成果，这些研究工作得到了国家自然科学基金项目（批准号：70971146、71171019）的资助，在此表示衷心感谢！

本书的编写过程中参考了大量文献和网络资源，已尽可能地列在书后的参考文献中，但其中仍难免有遗漏；特别是一些资料经过反复引用已难以查实原始出处，这里特向被漏列文献和网络资源的所有者表示歉意，并向所有作者表示诚挚的谢意！

本书是管理科学与工程专业和工业工程专业本科的专业课教材，也可供机械工程、机电工程、企业管理、工商管理等专业选用，并可供企业管理人员和技术人员参考。

由于管理系统工程是一门正在发展的综合性交叉学科，编写此书涉及面广，技术难度较大，加上作者水平的局限，因此书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

2016年12月



目 录

第 1 章 系统与系统工程	1
1.1 系统	1
1.1.1 系统的定义及属性	1
1.1.2 系统的分类	5
1.1.3 系统的结构与功能	7
1.1.4 系统思想的演变与发展	8
1.2 系统工程	10
1.2.1 系统工程的产生与发展	10
1.2.2 系统工程的定义	11
1.2.3 系统工程的学科特点	12
1.3 系统工程的基础理论	13
1.3.1 控制论	15
1.3.2 信息论	18
1.3.3 新三论	20
1.3.4 运筹学	22
1.3.5 复杂适应系统理论	25
1.4 系统工程的应用	28
1.4.1 系统工程的应用领域	28
1.4.2 系统工程的应用案例	29
第 2 章 管理系统工程综述	35
2.1 企业的系统描述	35
2.1.1 企业系统的整体性	35
2.1.2 企业系统的目的性	37
2.1.3 企业系统的功能性	38
2.1.4 企业系统的结构性	39
2.1.5 企业系统的环境性	42
2.2 管理与管理系统工程	44
2.2.1 管理的定义	44
2.2.2 管理学发展史	46

2.2.3	管理的特征	48
2.2.4	管理系统工程的定义	50
2.2.5	管理系统工程的学科体系	51
2.3	管理系统工程的应用	52
第 3 章	管理系统工程方法论	55
3.1	系统工程方法论概述	55
3.2	霍尔方法论	56
3.2.1	时间维	56
3.2.2	逻辑维	57
3.2.3	知识维	59
3.3	切克兰德方法论	60
3.3.1	切克兰德方法论的提出	60
3.3.2	切克兰德方法论的方法步骤	61
3.3.3	切克兰德方法论的应用评价	63
3.4	系统工程方法论在企业管理中的应用案例	64
3.4.1	采用线性规划方法的运作管理	64
3.4.2	某家具制造企业产品协同设计水平的提升	65
第 4 章	管理系统分析	68
4.1	系统分析概述	68
4.1.1	系统分析的定义	68
4.1.2	系统分析的特点	69
4.1.3	系统分析的步骤	70
4.2	管理系统环境分析	72
4.2.1	宏观经营环境分析	73
4.2.2	竞争环境分析	73
4.2.3	战略环境分析	75
4.3	管理系统结构分析	77
4.3.1	管理系统结构分析概述	77
4.3.2	解释结构模型分析方法	83
4.3.3	系统聚类分析方法	89
4.4	管理系统诊断分析	93
4.4.1	管理系统诊断分析概述	93
4.4.2	管理系统诊断分析的过程	94
4.4.3	企业系统的现场调查方法	97

4.4.4	企业系统的改善方法	102
4.5	管理系统分析综合案例	108
4.5.1	某服装制造企业PEST宏观环境分析	108
4.5.2	某制鞋企业竞争环境分析	110
4.5.3	某制鞋企业SWOT战略环境分析	113
4.5.4	解释结构模型分析案例	114
4.5.5	系统聚类分析的应用案例	116
4.5.6	某设计院企业设计流程诊断与优化	119
第 5 章	管理系统评价	125
5.1	系统评价概述	125
5.1.1	系统评价的概念	125
5.1.2	系统评价的相关理论	127
5.1.3	系统评价的步骤	129
5.1.4	评价指标体系的建立	130
5.2	德尔菲法	131
5.2.1	德尔菲法的基本思想	131
5.2.2	德尔菲法的程序步骤	132
5.2.3	评价结果的处理	133
5.2.4	德尔菲法的应用案例	134
5.3	层次分析法	135
5.3.1	AHP的基本原理	136
5.3.2	AHP的基本步骤	136
5.3.3	AHP法应用算例	143
5.4	模糊综合评价法	145
5.4.1	模糊综合评价法概述	145
5.4.2	模糊综合评价的基本概念	146
5.4.3	模糊综合评价法的一般步骤	148
5.4.4	模糊综合评价法的算例分析	148
第 6 章	管理系统决策	153
6.1	决策论概述	153
6.1.1	决策的基本概念与要素	153
6.1.2	决策的过程和原则	154
6.1.3	决策问题的分类	155
6.2	不确定型决策	156

6.2.1	乐观准则	156
6.2.2	悲观准则	157
6.2.3	乐观系数准则	158
6.2.4	等可能准则	158
6.2.5	最小机会损失准则	159
6.3	风险型决策	160
6.3.1	期望值准则	160
6.3.2	决策树法	163
6.4	用 Excel 求解风险决策问题	167

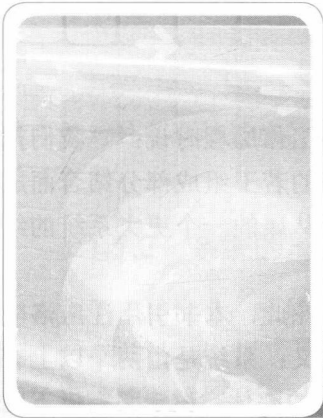
第 7 章 网络计划技术..... 175

7.1	网络计划技术概述	175
7.1.1	关键路径法（CPM）	175
7.1.2	计划评审技术（PERT）	176
7.2	网络图的编制	176
7.2.1	项目网络图的基本概念	176
7.2.2	编制网络图	178
7.2.3	网络图编制实例	180
7.3	关键路径法	181
7.3.1	时间参数的计算	181
7.3.2	时间参数的计算实例	182
7.4	网络计划的优化与调整	185
7.4.1	时间—成本控制	185
7.4.2	资源的合理配置	190
7.5	Project 软件应用	192

第 8 章 管理系统仿真..... 199

8.1	管理系统仿真概述	199
8.1.1	系统仿真的概念与特点	199
8.1.2	系统仿真的步骤	201
8.1.3	管理系统仿真	202
8.2	服务系统仿真	203
8.2.1	随机服务系统的基本理论	203
8.2.2	服务系统仿真模型的构成	207
8.2.3	应用SimQuick软件进行服务系统仿真	208
8.3	系统动力学仿真	216

8.3.1	系统动力学概述.....	216
8.3.2	系统动力学的基本概念.....	217
8.3.3	系统动力学的特点.....	219
8.3.4	系统动力学的仿真分析步骤.....	220
8.3.5	系统动力学应用案例.....	221
8.4	管理系统仿真在生产管理中的应用案例.....	223
参考文献.....		231



本章学习目的

- » 掌握系统的定义及属性、系统工程的定义与特点；
- » 了解系统工程的理论体系构架及经典的系统工程理论；
- » 能结合实际，从系统工程的角度分析系统的属性并对系统进行改造。

1.1 系 统

1.1.1 系统的定义及属性

1.1.1.1 系统的定义

“系统”是系统理论、系统工程和整个系统科学的基本研究对象。从自然界到人类社会存在着各种各样的系统，如生物系统、经济系统、管理信息系统、水力发电系统、机械传动系统等。“系统”已成为人们熟悉并广泛应用的词汇。各种系统的组成与功能虽然完全不同，但若抛开它们的具体物质组成、运动形态和功能，从整体和部分间的关系与作用来看，则又存在着普遍的共性，而这些共性构成了一般系统论的研究基点。

1967 年，日本 JIS 工业标准中对系统的定义是：许多组成要素保持有机的秩序，向同一目的行动的东西。

1968 年，一般系统论的奠基者贝塔朗费（L.Von.Bertalanffy）给系统明确作出的定义为：相互作用的诸要素的综合体。

1972 年，美国著名学者阿柯夫（R.L.Ackoff）认为：系统是由两个或两个以上的相互联系的任何种类的要素所构成的集合。

著名的科学家钱学森院士在回顾我国研制“两弹一星”的工作历程时说：“我们把极其复杂的研制对象称为‘系统’，即由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合而成的具有特定功能的有机整体，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。”

上述定义虽有不同，但均从不同角度描述了系统的共性。在此，本书引用汪应洛院士在《系统工程》（2003，机械工业出版社）一书中给出的定义：系统是由两个以上有机联系、相互作用的要素所组成，具有特定功能、结构和环境的整体。该定义有以下四个要点。

1. 系统及其要素

系统是由两个以上要素组成的整体，构成这个整体的各个要素可以是单个事物（元素），也可以是一群事物组成的分系统或子系统等。系统与其构成要素是一对相对的概念，取决于所研究的具体对象及其范围。一个企业系统通常由技术分系统、制造分系统、物流分系统、管理分系统等分系统组成，这些分系统又由各种有形资源（设备、工具）、无形资源（技术）、人力资源等更基本的组成要素组成。这些分系统及要素相互联系、相互作用，最终呈现为一个企业系统的整体形态。由此可见，对企业系统进行管理的重点就在于实现企业既有资源的优化配置。

2. 系统的结构

在构成系统的诸要素之间存在着一定的有机联系，结构即组成系统的诸要素之间相互联系的方式。系统的结构决定了系统的运作秩序和效率，对系统的绩效具有重要影响。例如，企业系统的组织结构具有职能型结构、矩阵型结构和网络型结构等多种形式，不同的结构形式适应于不同的生产或服务模式。通过对组织结构的优化重组，可以在不改变组织要素的情况下使组织系统的整体发挥更大的效益。

3. 系统的目的和功能

任何系统都应有其存在的作用与价值，有其运作的具体目的，也都有为实现系统目的而设置的特定功能。例如，企业系统的主要目的就是盈利，为实现这一目的而开展多层次的功能活动，如在战略层的规划及管理活动，管控层的计划及人、财、物的组织活动，执行层的生产及物流活动。

4. 系统和环境

任一系统又是它所从属的一个更大系统（环境或超系统）的组成部分，并与其相互作用，保持较为密切的输入、输出关系。一方面，系统通过向其所在的环境输出系统产物，从而影响和改变其环境；另一方面，系统输入所需的资源又来自于环境，直接受到环境的制约和影响。因此，在研究系统时，必须重视系统和环境之间的相互作用，二者互利，才能实现可持续发展。例如，企业系统的外部环境主要包括政治环境、经济环境、社会环境、技术环境。在研究企业系统时，一方面要根据外部环境制定企业的战略规划，并做到根据环境的变化及时调整企业运营战略，才能保持盈利；另一方面要及时评估企

业系统对外部环境造成的影响，避免资源过度消耗或不正当竞争引起外部环境恶化而无法持续发展。

1.1.1.2 系统的属性

基于上述定义，系统具有如下重要属性。

1. 整体性

系统的整体性又称为系统的总体性、全局性，是系统最基本、最核心的属性。整体性是指系统中具有独立功能的要素围绕系统的整体目标相互联系、相互作用，从逻辑上统一和协调为系统的整体行为。这个整体的功能不等于各个要素功能之和，而是具有不同于各组成要素的新功能。在一个系统整体中，即使每个要素都不是最优，但通过协调、综合可以成为具有良好功能的整体系统；反之，即使每个要素都达到了最优，但作为整体无法协调运行，也就不能构成功能良好的整体系统。因此，系统整体性要求我们对系统的构成要素及其联系不能离开整体去考虑，必须在实现系统目标的前提下，使系统的总体结合效果最佳。例如，在精益生产系统中，强调把生产中一切不增加价值的活动都视为浪费，力求消除一切不增值的活动。为此，精益生产将业务流程作为整体进行分析，流程上的每个活动都致力于为客户增加价值的整体目标，使得系统的总体呈现出协同一致的高效运作形态。

2. 相关性

相关性是指系统各要素之间、系统与要素之间、系统与环境之间是相互联系、相互作用的。系统的相关性构成了系统结构问题的基础。以人体系统为例，每一个器官或小系统都不能离开人体这个整体而存在，各个器官和组织的功能与行为影响着人体整体的功能和行为，而且它们的影响都不是单独的，而是在其他要素的相互关联中影响整体的。如果不存在相关性，众多要素就如同一盘散沙，只是一个集合，而不是一个系统。又如计算机 CPU，只有在主板等其他元件的协同下，才能发挥其计算的功能。企业系统作为一个复杂大系统，系统要素之间的协同配合对系统的整体绩效具有重要影响，是对系统进行管理的重点，也是分析系统和改进系统的主要着力点。例如，操作人员、维修人员和管理人员的协同，可以对生产现场出现的问题快速响应；设计人员、工艺人员、销售人员和管理人员的协同，可以使并行工程得以实现，使新产品开发周期大大缩短。

3. 环境适应性（动态性）

任何系统都存在于一定的环境中，并与环境之间产生物质、能量和信息的动态交换。系统一直处于动态变化之中：环境的变化必定对系统及其要素产生影响，从而引起系统及其要素的变化。系统要获得生存与发展，必须适应外部环境的动态变化，这就是系统的环境适应性。系统这种自动调节自身的结构、活动以适应环境变化的特性，又称为系统的动态性和自组织性。

系统的环境适应性提示我们，研究系统时必须注重系统的环境，只有在一定的环境中考察系统，才能明晰系统的全貌；只有立足于动态的环境中去研究系统，才能有效地解决系统中的问题。例如，对于企业系统，必须经常针对企业当前所处的技术环境、经济环境、社会环境进行系统分析，才能及时调整企业战略，使企业实现可持续发展。

系统的环境适应性除了系统要适应环境的变化外，还包括系统对环境的改变作用。因此，系统的构造和运行必须考虑对环境的影响，使系统和环境均维持在良好的状态，才能实现二者的均衡发展。因此，企业除盈利外，还应该关注自身的社会影响和社会责任，例如，尽量减少环境污染、解决地方就业问题等。

4. 目的性

目的性是指系统整体的特定功能，它提供了设计、建造或改造系统的目标与依据，反映了系统整体行为的方向性。一个系统必须具有作为一个整体所体现的目的与功能，才具有存在的意义。因此，明确系统的目的，是设计、建造或改造系统的首要工作。需要指出的是，系统整体功能的目的不仅取决于现有状态，而且也依赖于系统未来的终极状态并受其制约。例如，战争中交战双方的行为与决策不仅要考虑现有状态，而且更需服从“取胜”这个终极状态，“不争一城一地的得失，消灭敌人有生力量”的战略思想便是从目的性出发的范例。此外，一般系统大都是多目标系统，它们具有多层次的目标体系，因此要区分主要目标与次要目标。例如，企业的运行与决策不应只考虑经济利益的唯一目标，更要围绕“可持续发展”这个长远目标，追求股东、客户、员工、环境等多方利益的多目标优化与平衡。

5. 层次性

一个复杂系统通常包含许多层次，上下层次之间具有包含与被包含的关系，或者是控制与被控制的关系。一个系统可以分解为若干子系统，子系统又可再分成更小的子系统直至要素，而每一个系统又往往隶属于一个更大的系统。例如，有机生命系统是按照严格的等级组织起来的：生物细胞→大细胞→组织器官→生理子系统→个体→群体→生态系统；行政系统包括国务院—省（自治区、直辖市）—市—县—乡镇；高校系统包含大学—学院—系—班级；一个企业的功能可分为战略层、管控层、执行层三个层次，各层次协调统一并且各司其职，才能实现企业盈利的主要目标。系统的层次性表明，分析改进一个系统，应明确系统的等级及其内部结构，使其具有合理的层次结构关系。

基于系统的定义和属性，我们可以得到基本的系统观点：要想对一个系统对象进行研究，首先需要明确系统的要素、结构、功能、目的、环境分别是什么？这些系统的设置是否合理？要素、结构、功能、目的、环境是否相互协调，即是否体现出高水平的整体性、相关性、环境适应性、目的性和层次性？系统的基本观点告诉我们，对于系统的提升，不能仅关注局部问题，而应更多地关注系统整体属性能否得到最大程度的提升，如图 1.1 所示。

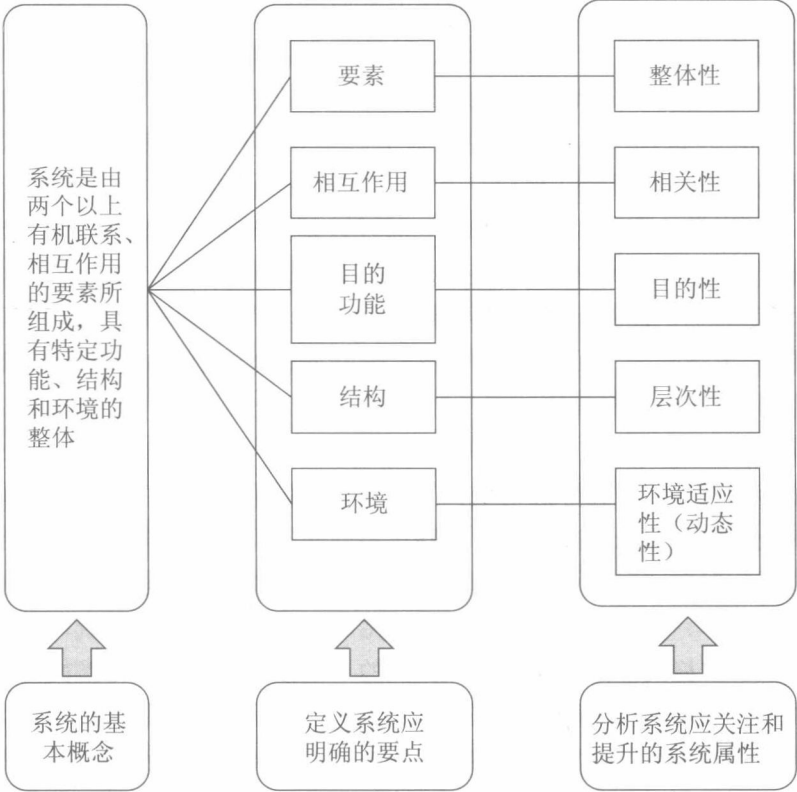


图 1.1 系统论的基本观点

1.1.2 系统的分类

按照不同的标准，可以将千差万别的系统按不同的标准进行如下分类。

1. 按自然属性分类

系统按自然属性可分为自然系统与人造系统。自然系统构成要素是自然物和自然现象，如太阳系、海洋、气象、地质构造、原始森林。人造系统又称为社会系统，它的要素是人造或在人参与下形成的系统。它们具有人为的目的性与组织性。人造系统（或人工系统、社会系统）按其研究对象，可以分为经济系统、教育系统、行政系统、医疗卫生系统、交通运输系统、科技系统、军事系统等。其中经济系统又可以进一步细分为工业系统、农业系统、服务行业系统等，而工业系统又可以进一步细分为重工业系统、轻工业系统、化工系统等。这种系统通常都具有经济活动，所以又常常称为社会经济系统。系统工程所研究的大多数系统是自然系统和人造系统的复合系统。这两类系统是相互依存、相互制约的：一方面，自然系统及其规律是人造系统的基础，影响和制约人造系统；另一方面人造系统常常导致自然系统的破坏，造成各种公害，如环境污染、生物多样性破坏、温室效应、大气层空洞出现等。科学地处理两者之间的关系（如控制环境污染、保护生态环境）是当代

系统工程的重要课题。大多数企业系统都属于典型的人造系统。

2. 按物质属性分类

系统按其物质属性可分为实体系统和概念系统。实体系统是由各类物质实体组成的系统，如生物、建筑物、电子计算机、通信网络等；概念系统是由人的思维创造的，由非物质的观念性东西（原理、概念、方法、程序等）所构成，如法律系统、信息系统、知识系统等。实体系统可以是自然系统，也可以是人造系统，而概念系统一定是人造系统。人们有时也将实体系统称为硬系统，而将概念系统称为软系统，如将一台机械传动装置称为硬系统，而将计算机控制程序称为软系统。管理系统工程所研究的企业系统通常既包含实体系统（如产品、设备、生产线等），也包含概念系统（如技术、数据、制度等）。

3. 按变化属性分类

系统按其变化属性可分为静态系统和动态系统。所谓静态系统是其状态参数不随时间显著改变的系 统，没有输入与输出，例如静止不动的机器设备、停工待料的生产线等。如果系统内部的结构参数随时间而改变，具有输入、输出及其转化过程，则称为动态系统。又如正在行驶的汽车、开放的服务系统、活的生命系统等均是动态系统。系统的静态与动态是相对划分的，严格的静态系统是难以找到的，但如果在我们所考察的时间范围内，系统受时间变化的影响很小，为研究问题方便起见，忽略系统内部结构与状态参数的改变，可将其近似地当作静态系统看待。在不断变化的经营环境下，企业系统必须具有对环境的快速响应能力。因此，对企业系统的设计、分析、管理应重视其动态性，使之呈现出持续的优化状态。

4. 按系统与环境的关系分类

根据系统与环境的关系，系统可分为开放系统和封闭系统。当系统与外界环境之间存在着物质的、能量的、信息的流动与交换时，则称之为开放系统。如果系统与环境之间无明显的交互作用，则称之为封闭系统。严格的封闭系统是难以找到的。但当上述的交互作用很弱，可以忽略时，则视其为封闭系统。因此，封闭系统是开放系统的某种近似或简化，目的是便于分析研究。

开放系统又可分为开环系统和闭环系统，如果系统的输出能反过来影响系统的输入，则称该系统具有“反馈”特性，能增强原输入作用的反馈称“正反馈”；而削弱原输入作用的反馈称“负反馈”。没有反馈的系统称开环系统，而具有反馈特性的系统称为闭环系统，如图 1.2 所示。

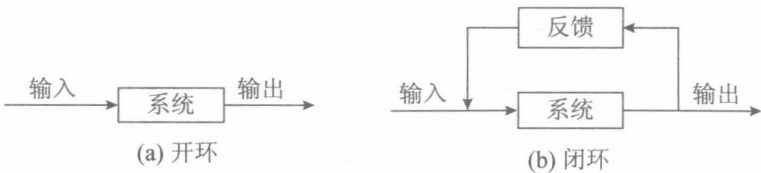


图 1.2 开环与闭环系统

由于系统与环境之间存在明显的交互作用, 因此管理系统工程所研究的企业系统是典型的闭环系统。企业管理就是通过对企业系统的经营绩效进行监控, 不断调整系统的输入、资源配置和运行方式, 使系统的经营绩效处于可控的状态。

5. 按系统的复杂性分类

我国当代著名的科学家钱学森院士提出按照系统结构的复杂程度可以分为简单系统和复杂系统。复杂系统可分为大系统和巨系统, 其中根据系统规模、开放性和复杂性, 巨系统又可分为一般复杂巨系统、特殊复杂巨系统。一般来说, 现代企业系统可划分为复杂系统, 这是由于企业系统涉及人、财、物各种资源的配置, 以及供应、设计、生产、物流等多职能部门的协同配合, 从资源配置、系统结构、运作方式、环境交互等方面均呈现出复杂性。但考虑到系统管理的复杂性会随着系统复杂性的增加而增加, 企业系统的复杂性应加以控制, 否则容易在企业规模、组织结构、控制层级等方面造成管理混乱, 严重时可能导致系统崩溃。

1.1.3 系统的结构与功能

1. 系统的结构

系统的结构是指系统内部各组成部分之间在空间、时间等方面的有机联系, 包括相互作用的组织机构、方式和秩序。显然系统不是要素的简单组合, 要素间只有存在一定的相互关系(结构)才能构成系统。

各种系统的具体结构是大不一样的, 许多系统的结构是很复杂的。从一般的意义上说, 系统的结构可以用以下式子表示:

$$S = \{E, R\}$$

式中, S 表示系统(system); E 表示要素(elements)的集合; R 表示建立在集合 E 上的各种关系(relations)的集合。

由上式可知, 作为一个系统, 必须包括其要素的集合与关系的集合, 两者缺一不可。两者结合起来, 才能决定一个系统的具体结构与特定功能。

要素集合 E 可以分为若干子集 E_i , 例如一个企业系统, 其要素集合 E 可以分为人员子集 E_1 、设备子集 E_2 、原材料子集 E_3 、产品子集 E_4 等; 而人员子集 E_1 又可分为工人子集 E_{11} 、技术人员子集 E_{12} 、管理人员子集 E_{13} 等, 即

$$\begin{aligned} E &= E_1 \cup E_2 \cup E_3 \cdots \\ E_1 &= E_{11} \cup E_{12} \cup E_{13} \cdots \end{aligned}$$

不同的系统, 其要素集合 E 的组成有很大的差异。但在要素集合 E 之上建立的关系集合 R , 对系统而言, 却是大同小异的。在不失一般性的情况下它可以表示为:

$$R = R_1 \cup R_2 \cup R_3 \cup R_4$$

其中,

R_1 ——要素与要素之间、局部与局部之间的关系(横向关系);

R_2 ——局部与全局（系统整体）之间的关系（纵向联系）；

R_3 ——系统整体与环境之间的关系；

R_4 ——其他各种关系。

根据系统的整体性、关联性等属性，在系统要素给定的情况下，调整这些关系可以提高系统的功能和整体性能。因此，对系统的结构关系进行分析和改进是系统工程的一项主要任务。

2. 系统的功能

功能是指系统诸要素在一定结构下形成的效应或作用。系统功能是由系统要素及其关系所决定的，并通过系统整体的行为表现出来。

一方面，“结构”表示系统构造形式的特征，而“功能”表示系统的行为特征，并主要由系统内部的结构所决定；另一方面，系统功能体现了系统与外部环境相互联系和作用的能力，描述了它们之间的物质、能量和信息的输出、输入关系。

所以，系统功能可以理解为是一种处理与转换机构，它把输入转变为实现其目的所需要的输出。因此，也可将系统功能看成一种函数关系，用数学公式表示为

$$Y=F(X)$$

式中：自变量 X 是来自环境的输入，因变量 Y 是向环境的输出。 X 与 Y 都是矢量，也就是说多种输入、多种输出的； F 也是矢量函数，即系统具有多种处理和转换功能。

一个企业系统的功能就是接受环境的输入（如原材料、能量、信息），在系统内部进行处理和转换（如加工、组装），再向环境输出（如产品或服务）。管理系统工程的任务就是提高企业系统的功能和输出性能，特别是提高系统处理和转换的效率，即在一定的输入条件下，使得输出多、快、好；或者在一定的输出要求下，使得资源配置尽可能节约。

1.1.4 系统思想的演变与发展

系统思想及其实践可以追溯到古代。古希腊的唯物主义哲学家德谟克利特曾提出“宇宙大系统”的概念，并最早使用“系统”一词；辩证法奠基人之一的赫拉克利特提出“世界是包括一切的整体”；亚里士多德提出“整体大于部分的总和”，就是系统论的基本原则之一。我国春秋末期的思想家老子强调自然的统一性，指出“道生一、一生二、二生三、三生万物”。西周时代，出现了世界构成的“五行说”，即世界由金、木、水、火、土五种要素构成；东汉时期，张衡就提出了“浑天说”，并造出了我国历史上最早的系统模型——地动仪。

虽然古代还没有提出明确的系统概念，但对客观世界的系统性及整体性却已有了一定程度的认识，并能把这种认识运用到改造客观世界的实践中，中国在这方面尤为突出。例如，公元前6世纪，中国古代著名的军事家孙武在他的《孙子兵法》中，阐明了不少朴素的系统思想和运筹方法。该书共十三篇，讲究行军打仗要把道（义）、天（时）、地（利）、将（才）、法（治）五个要素结合起来考虑。