第一章　一般系统论

“系统”(system)，概念所及十分广泛，如今系统、系统工程术语已经普及，而且已经社会生活化。本书本质上是对经济系统、竞争系统的讨论，因此将充分运用到各种系统概念。为此下面先就一些常用的内容，主要是一般系统论，作一简要论述。

第一节　系统概述

一、引子

一般系统论又叫普通系统论。它是奥地利生物学家冯·贝特朗菲(1901～1972)于1937年至1947年间建立起来的一门学说。他处在相对论、粒子论对牛顿世界观产生革命的时代，他敏锐地感觉到“剖分法”的不足和当时盛行的“机械论”及其反映在生物学中的“活力论”等所表现出的人为性特征及其不足。他意识到客观对象存在着内在的规律有待揭示，从而提出了一个广泛适用于科学技术对象、人文社科对象乃至一般社会生活对象的一个抽象的“系统”概念，由此来说明的确存在广泛的通有“系统”，因而也存在着通有系统的通有规律和通有特征，把它叫做“一般系统论”。

一般系统论是平行于（维纳的）控制论、（仙农的）信息论的一门独立学科,统称它们为“系统论”,又叫“系统科学”,目前也把它们叫做系统论的“老三论”。这是因为其后又陆续建立了（布里高津的）耗散论、（多蒙的）突变论和（哈肯的）协同论等所谓“新三论”，合称系统科学的六大代表性分支学科，简称“六论”。如今在广泛的系统概念下，容易看到系统科学的分支和范畴已大为扩展，远不止“六论”了。比如有学者还给加入了超循环论、相变论和混沌理论等又一个“新三论”。目前系统科学的热门领域是“系统复

杂性'研究。

二、"六论'间特征比较

为便于认识一般系统论的特点，这里仅就"六论"，分别以最为简略的语言表述一下它们的特征，以利比较。

(1)一般系统论。出于它所强调的通有性和广泛性，使得它不及"六论"中其他五论那样便于具体描述、具体建模、具体讨论，因而更多地具有哲学思辨特征，而较难于实证化、方法化，或者技术化，所以目前一般把'一般系统论'归为'系统哲学'范畴。

(2)控制论。它具有一个较之一般系统论来，更为具体的、可操作的控制系统模型，例如

$$\dot{X} = AX + u \qquad (u\ 为控制项) \tag{1.1}$$

即是一个通常的线性控制系统，也是通常运用的控制系统。由于它可操作性强，所以发展很迅速，它同时在理论创造和技术实现两个方面都得到了相辅相成、并驾齐驱的发展。这是一般系统论所不及的。比如反馈技术、系统辨识、鲁棒控制、最优控制等等理论和技术即是它的主要特征。

(3)信息论①。它对世上广泛存在的信息及其处理过程——提取、变换、传输、存储、取用等概念及其'关系'给予了模型化，从而实现了定量分析和处理。特别地，还对信息（H）提出了一套量度模型

$$H = -M\sum_{i=1}^{n} p(i)\log p(i) \tag{1.2}$$

其中，M为常数，$p(i)$为事件 i 发生的概率。从而使得信息论成为一门较为实在的应用性强的学科。

(4)突变论。这是多蒙（Thome）通过对 n 元系统 X 的"势函

①这里的信息论是从信息技术角度给出的理论，其概念也是从实用技术角度给出的。此外还有从本原角度给出的信息概念和机理探讨（载拙著《社会度量学原理》，西南交通大学出版社 2000 年版）。

数”$V(X,A)$(A 为参数组),分析了方程

$$det\left|\frac{\partial^2 V(X,A)}{\partial x_i \partial x_j}\right| = 0 \tag{1.3}$$

后给出的。具体说，他分析了由参数（A）空间表出的非孤立临界点,成功地提出了“突变”概念,使之既具有数学的深刻性,又具有广泛应用性和实在性。虽然如今其理论发展较为缓慢，但其概念的应用却越来越普遍。

(5) 耗散理论。布里高津等通过对物理-化学系统，例如对布鲁塞尔振子

$$\begin{cases} \dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} = a - bx + x^2 y - x \\ \dfrac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t} = bx - x^2 y \end{cases} \tag{1.4}$$

的演化过程分析，在“熵”概念基础上创造性地提出了开放系统、保守系统、耗散系统、远离均衡态、涨落现象、自组织等系列有效概念，既深刻地揭示了物-化系统的反应本质，又适用于十分广泛的演化系统以及衍化系统等。

(6) 协同论。哈肯通过对激光器的理论解释研究，归结为对

$$g = N(g, \alpha) + F(t) \tag{1.5}$$

系统的定量分析（其中 g 表示广义坐标下的状态矢量，N 表示非线性函数,α 为控制参量,$F(t)$ 表涨落），从而提出了序参量及其竞争原理、支配原理等概念。它能更具定量性地解释比耗散论更多的广泛现象。

总之，上述诸例说明，在系统科学中一般分支都具有广泛适用性，不仅对自然科学或科学技术对象如此，而且对社会科学对象也能适用，这是它们的共通性。但在此“六论”中只有一般系统论是直接从通有系统出发的研究，其他每一分支都起自某一特定系统、特定范畴或特定问题的研究，然后才发现其结论的广泛性及其系统特征的。

三、关于“系统”定义

通常所谓‘系统’系指‘一般系统”,因此通常所说系统定义,系指一般系统论意义下对系统下的定义。出于它的通有性和哲学性，其定义往往不是公理化的，而只是描述性的。正因为这样，其定义方式有很多，据说自系统论产生以来，已有三四十种定义。不过有些定义只是为了突出它的某方面特征或某方面背景对象而给出的。比如说系统是“由部分组成的整体”；系统是“由相互关联的，且与环境关联的多个要素组成的集合”；系统是“具有层次性、相关性、目的性、环境性和功能性、动态性的若干元素组成的集合”等等。

这里，我们根据“定义”对语言的简练性要求和对“一般系统”的理解，给出如下定义：

系统是这样的一个集合，它由若干个独立元素（或叫部分）组成，元素间为着一个或多个共同目标而相互关联着。

或简单地说，赋予了统一“意志”的集合就是一个系统。

例如，一个简单的函数表达式 $y=F(x)$,就是一个系统,其中 x 表示元素集,F 表示元素间的关系， y 是它们的目标。特别地，一个集合就是一种特殊系统。

鉴于任一对象的描述性定义并不指导该对象的发展，而只是起到交流、传播的作用，定义往往随定义者的观点、偏好甚至思维背景的不同而有所不同。同时，在此意义下不能说某个定义是对还是错。因此为了更好地从描述性定义中全面了解一项事物，最好是同时多看几种定义，取其涵义之交合并。以其“交”作为事物的核心、要害或内涵，以其“并”作为该概念的范畴、内容或外延。

在“无限”的客观世界中，每个系统都是某个更大系统的元素，系统的每个元素都是一个更小的系统。

系统分作人为的和自然的两大类，自然系统中又有有机系统和无机系统之分。有机系统中又有诸如循环系统、组织系统、竞争系统、社会系统、经济系统等等之分，如此下去，无穷无竭。

以下分别对系统(即一般系统)的主要特征作一简述。

第二节　开放系统与环境论

一、关于系统的开、闭性

1．概念

几何地说，如果一个系统有分明的边界，叫作封闭系统，否则若存在模糊边界，则叫作开放系统。社会地说，对于一个系统 A 如果还存在其他的系统能与之交换物质或信息（简称作能量交换),则说系统 A 是个开放系统。站在系统 A 的角度来说，所有与之具有交换关系的系统的整体即构成 A 的环境。因此还可物理地说，如果一个系统 A 存在环境（由别的系统构成），且与环境间存在能量交换关系，则说 A 是开放系统。

此外,关于开放系统的开放性只须满足‘存在性’即可,所以不存在部分开放的概念。因此这里，一切系统要么是封闭的，要么是开放的，必属且仅属其一。

2．开、闭系统的相对性

严格说来，开放系统是客观的、普遍的因而也是具有绝对性的存在，而封闭系统则是具有主观性、人为性的相对的存在。事实上不难看出，比如在客观世界，尽管系统的存在十分普遍，却难以举出一个在物理学意义下或逻辑学意义下（包括完全系统意义下）的封闭系统来。那么封闭系统是否存在呢？它也存在，只是存在于经过人为界定的系统中，比如一般的一个数学模型即是一个系统。出于人为性，它既可以是开放系统，也可以是封闭系统，例如如下一个离散动力系统

$$X_{n+1}=F(X_n,A)\quad (X\in R^m,A\text{ 为参数向量})\qquad(1.6)$$

即是个封闭系统，尽管可以说它所描述的原系统（客观对象）总是开放的，但被人们界定、升华或说映射成模型(1.6)以后,对于其原有系统总是近似的,这里已经把原系统的‘开放(对外交流)’成分省略掉了，式(1.6)中已没有了表现其与外界交流的项，所以它是

封闭的了。

但若在式(1.6)的建模中有了这样的成分 $F(X_n, A, u_n)$,或简化为单独一项如：

$$X_{n+1} = F(X_n, A) + u_n \quad (1.7)$$

则成为开放系统了。这里 u_n 表示系统以外输入的（正或负）信息或能量。如果 u_n 表示人为给予的操纵或叫控制，则具体叫式(1.7)为控制系统 如果 u。表示系统的外来的随机干扰（或叫噪声,一般记作 ξ) ,则叫式(1.7)随机系统。

总之，尽管从数学模型或人为的模型系统来说，也有不少封闭系统，但毕竟开放系统才是客观的、普遍存在的，也是本书经常用到的系统类型，因此下面在没有特别声明时，所说系统一般指开放系统。

二、关于系统的内环境认识

关于系统的环境，我们常常仅以图 1.1 的方式理解为系统 A 的范畴以外的邻域 E。当然，即使对于 E，我们也应从系统的“全局性”和开放系统定义来理解它，不可以仅作“生活常识”的简单理解。亦即作为 A 的环境 E 还存在其抽象的一面，同时也包括一切与 A 有交流关系的对象，而不仅仅是直观空间上紧靠着 A 的“边沿”。换句话说,只要与 A 有交流关系,即使直观(物理空间)上离得远,实质上(从全局性的,包括抽象空间的完全空间来看）仍可以很近，如图 1.2。设系统 A 的环境空间 $E=(x_1 \times x_2, x^*) \triangleq (x, x^*), e_1, e_2 \in E$,分别在 x(物理空间）上的投影为 x^1, x^2，尽管从物理（直观）空间，x^1 比 x^2 距 A 近,但在 E 空间却 e:较 e_1 距 A 近，所以确定环境区域不能仅以直观空间而论。

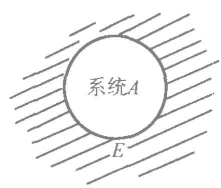

图 1.1

特别地，这里要说明的是，一般系统还存在一个叫做“内环境”的邻域,相对说来可把图 1.1 中所指的环境 E 叫做“外环境”。

提出“内环境”的依据是：根据系统的定义和特征，系统皆具有元素，而每个元素是又一个层次的系统，如此下去可达任意层次。那么，作为元素，原系统的考虑可到它为止。但作为（深层）系统，该元素常常具有更多的功能，而这些多出的功能也必表现到原系统中来，同时元素也可以吸取原系统的能量。因而它具有类似图 1.1 中 E 的环境特征，所以可叫它作“内环境”。

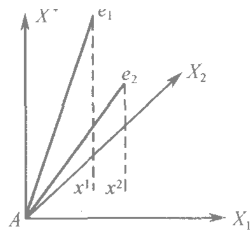

图 1.2

比如一个生物体（系统）的基本元素是各个细胞，那么表征该生物体特征的层次到此为止，但另一方面，每个细胞又是一个系统，甚至是个复杂系统①，这时细胞作为一个系统的功能是大于它作为生物体元素的功能的，比如细胞还能产生质变等。那么这多出的功能即表现为生物系统的“内环境”产生的功用。又如一个社会系统可通过激励政策取得好的效率，那么这种激励得来的成分即不是该系统本身的，而是来自其成员元素以内各层系统的，因而是来自系统环境的，叫它作“内环境”。再举一个直观例子，一个班集体是个系统，它的系统目标是共同完成学习任务及上级（上层系统）给予的一切任务，但其元素（每个学生）就不一定协同一致了，有的能完成固有任务，有的却不能，这是为什么？这是因为每个学生又是一个系统，它除了具有班系统一元素的功能外，还可以有更多的机制和功能表现到班上来，这些表现中既有好的也有不好的，但都只能是班系统以外的，因而是（内）环境的输入成分。反之，每个学生系统的主要功能则是从班系统输入信息能量（知识），并通过他的系统内在作用（自组织功能）变成自己的有序能，使自己（系统）变得越来越高级。

总之，内环境就是系统深层次表现出来的环境特征，经验表

①一般认为元素间具有非线性关系或系统行为具有不确定性抑或其演化过程不可逆的系统叫做复杂系统，三者俱备的系统叫做巨复杂系统。

明,引入"内环境"概念后,对于我们作系统思维,认识一般系统是更为有利的。

第三节 邻域系统论 对系统"环境"的又一个认识

一、概念简述

简单说，这里是用系统论观点，把一个系统及其环境或某方面环境的整体作为一个新的系统看待，取名为"邻域系统"来讨论。这里"邻域"实则"环境",之所以用邻域系统而不用环境系统说法，是为了明显地区别于系统环境这一简单名词，同时也便于借用数学中"邻域"概念及其性质。再则，这是读者在数学中已经熟悉的概念，也不会感到生疏。

为了进一步认识邻域概念，也是为了进一步认识环境概念，这里从"邻域"的直观认识谈起。首先我们说,系统领域(环境)与邻域系统是完全不同的概念，比如图 1.3 中(a)是系统邻域观点下的描述,(b)则是邻域系统观点下的描述。这时原来(a)中的系统 X 成为(b)中(核)元素,而(a)中邻域在(b)中被放大了，因而在(b)中出现了过去未受重视的新元素，形成了新集合、新系统。对(b)的研究叫做邻域系统论，显然，邻域系统论有着强烈的应用背景,诸如经济管理学、社会科学、软科学乃至系统科学(其间有着较大的结合部)中都广泛地存在着需要直接针对对象的"邻域"来研究的课题。比如市场竞争、社会公关、国政外交、环境科学等等都是典型的邻域系统，从而需要从理论，且需要从基础理论研究起。

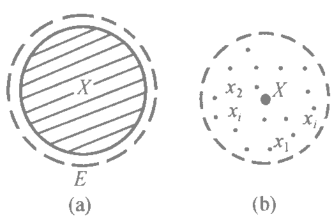

图 1.3 从系统(a)到邻域系统(b)

总之，可以说从理论和实践上都表明，对邻域系统的研究是必要的。这里给出的只是个形式化的框架性认识，以后还将进一步用到。有兴趣的读者还可继续研究。

二、邻域系统形式化定义

1. 连续统邻域

设有集合 $\mu_1 \subset R^{n_1}, \mu_2 \subset R^{n_2}, \cdots, \mu_r \subset R^{n_r}$,满足

① $\bigcap\limits_{i=1}^{r} \mu_i = X \neq \phi, X \subset R^{\min(n_1, \cdots, n_r)}$

② $\bigcup\limits_{i=1}^{r} \mu_i = \mu' \subset R^{\max(n_1, \cdots, n_r)} \triangleq R^N$

则叫 μ 作 X 的连续统邻域，简称邻域，改记为 $\mu'(X)$,叫 X 为该领域的核，约定以字母 $X, Y \cdots$ 或 $X_i, i = 1, 2, \cdots$ 表示，又叫 $\underset{0}{X} = \mu'(X) \setminus X$ 为 X 的空心邻域或纯邻域。可见所谓连续统邻域即一个连续统空间子集（区域）相对于内部是个非空真子（点）集的一种说法。

2. 离散邻域

设上述‘连续统邻域’中 $\mu_i, i = 1, 2, \cdots, r$ 皆为离散集,记

$\bigcap\limits_{i=1} \mu_i = X \neq \phi, \bigcup\limits_{i=1} \mu_i = \mu$,则叫 μ 为 X 的离散邻域，记为 $\mu(X)$。同理记 $\underset{0}{X} = \mu(X) \setminus X$,则有

$\mu(X) = \{X, \underset{0}{X}\} = \{X, x_1, x_2, \cdots, x_r\}, x_i \in \underset{0}{X}$ 叫作 X 的邻元。

3. 完全邻域

连续统集合中的点都是平等的，由低维或高维空间中不可数个几何点构成。当一个连续统集中认定（或嵌入）一组特定的离散点时，叫它为完全集。

把离散点集 X 及它决定的离散邻域 $\mu(X)$ 与由 X 决定的且嵌载着 $\mu(X)$ 的背景空间（连续统集，记为 $\tilde{\mu}$ ）之并集，记为 $\tilde{\mu}(X) = \mu(X) \cup \tilde{\mu}$,则叫 $\tilde{\mu}(X)$作 X 的完全邻域。

例 1.1　设一个企业中党员集合为 μ_1，工会会员集合为 μ_2，生产人员集合为 μ_3，包括班组长的干部集合为 μ_4 ,则显然 $\bigcap\limits_{=1} \mu_i \triangleq X \neq \phi$ （企业核心成员）; $\bigcup\limits_{i=1} \mu_i = \mu$(企业全体职工),于是 X 的离散

邻域为 $\mu(X)=X\cup\mu$ 。特别地，当考虑到 X 中每个人的‘邻域空间(高维)’时,记其并为 $\tilde{\mu}$,则显然 $\mu(X)\subset\tilde{\mu}$,再据上述‘完全邻域’必 $\tilde{\mu}\cup\mu(X)\triangleq\tilde{\mu}(X)$为 X 的完全邻域。

当 X 成为企业中一个人时,$\tilde{\mu}(X)=\mu(X)\cup\tilde{\mu}$ 即成为该成员在该企业中的完全邻域，其中背景集 $\tilde{\mu}$ 不超出该企业的背景空间,离散点集 $\mu(X)$ 也只限于该企业。

又，当在全社会或全球来考虑（人或人群）时，$\tilde{\mu}(X)$中的离散集 $\mu(X)$ 则是全社会或全世界人的某种子集。

不失一般性，以下仅对完全邻域 $\tilde{\mu}(X)$作讨论,特别地,由于 $\tilde{\mu}\cup\mu(X)$中一般视 $\tilde{\mu}$ 为 X 所决定的背景邻域,则可把 $\tilde{\mu}(X)$中研究对象的主体视为离散集 $\mu(X)$。

4. 邻域系统论

用系统论观点在背景 $\tilde{\mu}(X)$上对 $\mu(X)=\{X,\underset{0}{X}\}\subset\tilde{\mu}(X)$进行研究的行为过程和成果的总体叫做邻域系统论。

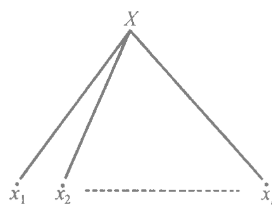

图 1.4　线性邻域系统中 $\tilde{\mu}(X)$

这时,当 $\mu(X)$中核 X 与邻元素 $x_i(\forall i)$ 的关系如图 1.4,即仅 X 与各 x_i 才有直接关系，而 $\forall x_i, x_j \in X(i\neq j)$ 的关系，只能通过 X 来间接发生（记为 $r_{ij}^{(1)}$）,叫这种邻域系统为线性邻域系统。

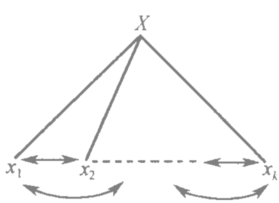

图 1.5　非线性邻域中 $\mu(x)$

又,若 $\forall x_i, x_j\in\underset{0}{X}(i\neq j)$的关系除了 $r_{ij}^{(1)}$外，还有相互的直接关系（记为 $r_{ij}^{(0)}$）,甚至可有经 x_i 与 $x_t(t\neq i, j)$再转至 x_j 的间接关系(记为 $r_{ij}^{(2)}$)，这时的邻域系统叫做非线性邻域系统(如图 1.5)。

三、邻域系统基本性质

性质一：与一般系统定义特征相对应，邻域系统有如下特征。

（1）目标性。一个 $\tilde{\mu}(x)$是由其核 X 的某种特定目标决定的，比如 X 为一个商人,其目标可以是提高利润,提高社会地位,实现某个发展目标等等。对于任一个目标都有个围绕着这一目标而决定的外界事物集（记为 $\tilde{\mu}.(A),\tilde{\mu}.(A$ ）间不一定相等）。又若 X 是个企业(一般系统),其目标是要发展,为此须专门研究其邻域子系统 $\tilde{\mu}(x)$,这时其 $\mu(x)$ 的目标须与作为系统的 X 一致。

(2)层次性。一个 $\tilde{\mu}(x$)中邻元素 $x_i(\forall i)$也可能是（下一级）另一个邻域系统的核，如此可深入到多个层次，记为 $\{\tilde{\mu}(x)\to\{\tilde{\mu}(x_i)\}\to\cdots\to\{\tilde{\mu}(x_{ij\cdots k})\}\}\triangleq\tilde{\mu}^k(x)$ ，其中 k 表示总层数，x_{ij} 为 x_i 取作核时的邻元,亦即 X 的第二层邻元，如此类推。

例如一个多层组织系统的任一元素与其下层（其属下）的所有元素一起也是一个邻域系统，把多层系统中任一层次以上各层的总体视为一个核，该系统也成为一个一般邻域系统。

(3)元素广义性。邻域系统中的元素是由其核与目标决定的，因而同级元素可以是事或物，抽象的或实在的对象等。例如研究一个系统 X 的环卫问题时,环卫(邻域)系统 $\tilde{\mu}(x$ ）中的元素既有人,又有事,也有物,它们却都是 $\mu(x$ ）中同级的元素。

(4）元素关系的特殊性与多样性。在 $\mu(x)\triangleq\{X,x_1,\cdots,x_r\}\subset\tilde{\mu}(x$ ）中关系的特殊性是指 $x_i(\forall i$)仅以与 X 的直接关系为主项，且 x_i 之间的关系，也以通过 X 而来的“间接”关系为主项，在线性或非线性邻域系统中都是这样。所谓多样性，即 $x_i(\forall i$)与 X 的关系当视目标而异，或者说在不同的邻域系统中其邻元与核的关系类别是不同的。

(5）可有子系统结构。邻域系统 $\tilde{\mu}(x)$ 可有两种子系统分解式：

①$\tilde{\mu}(x)=\bigcup\limits_{i=1}\tilde{\mu}_i(X)$,即 X 在各子集中保持不变；

②$\tilde{\mu}(x)=\bigcup\limits_{x_i\subset x}\tilde{\mu}(X_i)$。

例 1.2　一个商人 x 的 $\tilde{\mu}(x)$中有如下子集 主顾关系(记为 $\mu_1(x)$)，上下关系($\mu_2(x)$)，伙伴关系($\mu_3(x)$)，竞争关系(μ_4

$(x))$,公关关系($\mu_5(x)$) 等可表示为 $\tilde{\mu}(x)=\bigcup_{i=1}\mu_i(x)$，此即情形① 对于情形②,比如 X 为某公司，为着它的发展，让每个人及其所有可能的组合子集分别去发挥其外交能力，即是。

性质 2: 邻域系统论是系统论中一个特别的分支。

为此只要看看它与一般系统论的区别性特征即可，这主要表现为各自的着眼点不同，因而对象和目标都不同，系统的结构关系也不同，从而研究方法也不同。比如，即使将多层结构系统解释成邻域系统，也因观点的改变而处理（建模）的方式有些不同。又如，站在一个国家的地位来研究它的国际关系时，则只能属于邻域系统论而非一般系统论。类似地，在市场经济下，任何经济单位，经济个体的经济活动、决策对策，皆属邻域系统论范畴。尤其是，对于一个“黑箱”系统(包括人),要认识它(他)时,常常也只能通过它(他)的信息邻域(子)系统去判定。这些都说明建立邻域系统论的必要性。

性质 3:在 $\tilde{\mu}(x)=\tilde{\mu}\cup\mu(x)$中，$\mu(x)=\{X,\underset{0}{X}\}=\{X,x_1,\cdots,x_k\}$,其中 X 与 $\underset{0}{X}$ 间具有因果关系。亦即有显函数 $X=F(\underset{0}{X})=F(x_1,\cdots,x_k)$。反之，任一显函数关系 $X=F(x_1,x_2,\cdots,x_k)$ 都代表了一个邻域系统 $\mu(x)=\{X,x_1,\cdots,x_k\}$,从而也是一个完全邻域系统 $\tilde{\mu}(x)$ 的关系。

事实上，从函数关系上也可看出一般系统与邻域系统的区别与联系。一般说隐函数所表现的才是一般系统关系，因为变量地位是平等的，而显函数表现的是邻域系统关系，这时因变量已居于核元素地位。特别地，当视一般系统的目标为因变量时，它与元素(自变量)的关系也是个显函数关系,可见一个一般系统,也是一个以其目标为核的邻域系统。

定义 1(交)：$\forall\tilde{\mu}(X_1),\tilde{\mu}(X_2)\subset\Omega$,

设 $\tilde{\mu}(X_1)\cap\tilde{\mu}(X_2)=\tilde{\mu}(X^0)\neq\phi$,则

(1)若 $X^0\cap(X_1\cup X_2)=\phi$,则叫 $\tilde{\mu}(X^0)$是 $\tilde{\mu}(X_1),\tilde{\mu}(X_2)$的

邻域交；

(2)若 $X^0 \cap X_1 \neq \phi, X^0 \cap X_2 = \phi$,则叫 $\tilde{\mu}(X^0)$是 $\tilde{\mu}(X_1)$、$\tilde{\mu}(X_2)$的系统交；

(3)若 $X^0 \cap X_1 = (\text{or} \neq)\phi; X^0 \cap X_2 \neq (\text{or} =)\phi$,则叫 $\tilde{\mu}(X^0)$为$\tilde{\mu}(X_1), \tilde{\mu}(X_2)$ 的不完全系统交。

定义 2(连通性)设邻域系统集 $\Omega = \{\tilde{\mu}(X_i) \mid X_i \subset X \subset \Omega\}$,其中 X 为 Ω 中低维的离散子集，若 $\forall X_i$、$X_j \subset X$ ，存在有限序列 $\tilde{\mu}(X_i), \tilde{\mu}(X_{i+1}), \cdots, \tilde{\mu}(X_{i+t}) = \tilde{\mu}(X_j)$。使得 $\tilde{\mu}(X_r) \cap \tilde{\mu}(X_{r+1}) \triangleq (X_r^0) \neq \phi, (r = i, i+1, \cdots, i+t-1)$ 为系统交，则叫 Ω 为邻域连通空间，简称连通空间。也把连通性叫做传递性。

性质 4 邻域系统 $\tilde{\mu}(x) = \tilde{\mu} \cup \tilde{\mu}(x)$充满 μ 而不完全占据 $\tilde{\mu}$ 的特性是构成社会的一大机制。从无穷小邻域系统及其拓朴意义讲，也是构成一切空间的机制。

定义 3(社会)当连通空间 Ω 中 X 表示人的群体时,Ω 叫作一个社会空间，简称社会。据此，一个市场也是一个社会，特别当 X 为一个国家的人员集时,Ω 即为一个社会整体。

性质 5 :一族具连通性的 $\{\tilde{\mu}(x_i)\}$,设其并为 Ω ,则 Ω 是一个高维的连续统空间。

性质 6 :一个社会 Ω 上公民集 X 的一切子集所决定的邻域系统族将构成一个“核拓朴”空间如下。

四、社会核拓朴空间：一个复杂邻域系统

对于一个集合 X,2^X 表示其幂集(X 的一切子集之集),若有子集族 $\tau \in 2^X$ 满足：$X, \phi \in \tau$, τ 中任意有限多个元素之交仍属 τ ,任意无限多个元素之并也属 τ ,则说 τ 是 X 的一个拓朴,这时叫 X 对于 τ 构成拓朴空间,也叫一般拓朴空间、点集拓朴空间,记为(X, τ)。

推广一般拓朴空间思想和邻域系统概念，可以更为生动地描述社会的结构特征如下。

设 $\Omega \subset R^* = R^3 \times R^K \times T \triangleq R^{3+K+1}$($R^\cdot$ 表示欧氏空间),其上有离散拓朴空间(Ω, τ),(τ 等于 Ω 的幂集 2^Ω 时即为离散拓朴空间)。

又设 $X \subset R^3 \times \{0\} \times \{0\} \triangleq R^3$ 是离散点集，这里“点”$x \in X$ 不是几何点,它对 R^3 具有非 0 测度(即 $m(x)|_{R^3} \neq 0)$,但对 Ω 具有 0 测度,且 X 对应着离散拓朴空间（$X, 2^X) \subset (R^3, \tau)$,显然 x 和 $\forall x \in 2^X$ 也都属于 Ω ,且有 $2^X \subset \tau$,因而($X, 2^X) \subset (\Omega, \tau)$ 是其子拓朴。

本段旨在将离散拓朴空间（$X, 2^X)$ 与($\Omega, \tau)$ 结合，以形成一个具有新的拓朴结构的复合的拓朴空间，并容易地建立起它与经典拓朴空间的关系。

定义 1 对于 $\forall x \in 2^X$,把以 x 的凸包作为内集的 R^n 空间的单连通开子集叫作 x 的邻域,记为 $\eta(x)$,则 $\{\eta(x)\}$（含 ϕ)叫作 X 在 $\Omega \subset R^n$ 上的邻域族,对 $\forall \eta(x) \in \{\eta(x)\}$, x 叫作它的核。

特别地，我们以后取作 $\Omega = \bigcup_{x \in 2^X} \eta(x)$。

定义 2 :记 $\eta = \{\{\eta(x)\} \mid x \in 2^X, \eta(\phi) = \phi\}$,把满足如下条件的结构叫作 Ω 上以 2^X 为核的核拓朴空间，记为 $K_X(\Omega, 2^X, \eta)$，简记为 K_X。

(1) $\forall x \in 2^X$,必 $\exists x_1 \in 2^X$, $x_1 \neq X \ni x_1 \in \{\eta(x)\} \setminus \{x\}$;

(2) $\forall \eta(x_1) \in \{\eta(x_1)\}$ 和 $\forall \eta(x_2) \in \{\eta(x_2)\}$, x_1 , $x_2 \in 2^X$,

或者 $\exists x' \in 2^X \ni \eta(x') \subset \eta(x_1) \cap \eta(x_2)$, 或者

$\eta(x_1) \cap \eta(x_2) = \phi$ 。自然,x' 也可以是 x_1, x_2;

(3) $\forall x_1, x_2 \in 2^X$,必一切

$\eta(x_1) \cup \eta(x_2) \in \eta$, $\eta(x_1) \in \{\eta(x_1)\}$, $\eta(x_2) \in \{\eta(x_2)\}$;

(4) $\exists x_0 \in 2^X \ni \Omega \in \{\eta(x_0)\}$;

(5) $\phi \in 2^X, \phi \in \eta$ 。

至此我们看到了，原来社会就是个活生生的，由邻域系统族构成的复杂的拓朴空间，虽然看起来，这个拓朴空间 K_X 与一般拓朴空间(Ω , τ)有着本质区别，但易证二者也有着本质的共性。这就使得我们在今后的应用中既能更准确地描述对象，又有更多的经典的拓朴空间结论可供使用。

第四节　关于系统的“整体性”

首先，管理科学、系统科学、软科学是具有比较多的共通特征的三大科学，这些共通性也是现代科学所共有的时代性，主要的即是定量特征、软特征和本节将谈到的全局性特征。

其次，作为一个管理者，对其管理对象最为要紧的即是掌握全局，没有全局观念、全局分析是不可能管理好一个系统的，这也是不少前人已经认识到了的，比如伽斯特等（见《组织与管理——种系统学说》，机械工业出版社 1970 版）。那么，什么是系统的全局性？它的全局特征应表现在哪些方面呢？这就是本节所要回答的。

一、系统的整体性认识应该包括“完全系统”

所谓“完全系统”是一种观点，即是说应该一分为二地看待系统，或说应该随时注意用“对立统一”的辩证观点去认识系统。这是因为任何系统都符合下章将正式讲到的“二象”性原理。

换句话说：一切系统都可以按某种虚、实观点分作两个子系统，而每个子系统又可以继续按虚实观点分作子系统。反之每个系统也可以是某种虚实观点下一个更大系统的子系统，可见仅在一个虚实观点下也可将客观世界作任意层次的划分。

总之，我们可以说任一系统皆是个适当意义下的虚、实结构，或说对立统一结构，把具有这样结构的系统叫做“完全系统”。因此从这一意义出发，可说任一个系统都是个“完全系统”。我们必须养成‘完全系统’的思维意识和认识论观点,做到在分析、认识问题时能自觉地从这一角度和深度去看问题，这才更有助于深入或突破。

二、系统的整体性应包括空间的‘立体’性

这里的“空间立体性”含有两个方面的内容，就是宏观的全局性和层次的深刻性。如图 1.6，对于同一个鸡蛋，(a) 表示对其进

行宏观全局性考察。不过真正的全局还需要改变方位观察，比如从图中箭头指的六个方位分别得到(不全面的)图像，再在脑子里拼合而成；(b)表示对其进行“层次深刻性”的考察。这时需强调，深刻性考察，常常只能是一层一层地进行。因为对于每一层次都存在一个“宏观全局性问题”，所以这种层次不可能分得太细，而应视问题的需要或事物本身的分形结构而定①。比如对社会系统的考察，其层次性往往取其组织结构（也是分形结构）的层次，而对 CT 扫描线条的诊断，则应取其横断结构（也是立体结构）的层次迭加。

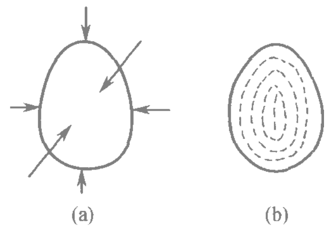

图 1.6

总之，我们看到了即使从简单直观的意义上讲，“整体”性也应该具有物理空间的立体性，它是其表面（二维空间，记为 R^2）与深度(一维空间，记为 R^1)的笛卡尔乘积，记为 $R^2 \times R^1 = R^3$。显然，当推广这一思想到社会管理、经济管理时将更为复杂、更为抽象，起码是个高维空间，其“立体性”认识已失去直观性，往往只能在脑子里重组形象。不过作为管理者需要具有这一修养。

由此看来，“整体”概念应严格区别于宏观、全局等概念，它来得更为深刻和丰富。

三、系统的整体性应包括时间的动态性

这是因为管理对象首先应该是一个系统，其次也是一个复杂系统，甚至是巨复杂系统。那么从涵义上讲系统中的“关系”即蕴涵了能量实质，所以说系统概念本身即意味着有了能量实质。其静态形式为势能或化学能。它们的转换无论怎样都将产生“动”，存在“动能”，特别是作为一般管理对象的有机系统、巨复杂系统，

① “分形”是客观世界或客观事物普遍存在的一种自相似的层次结构，详见 20 世纪 70 年代法国数学家曼德坡发现并创立的《分形理论》，也叫《分形几何》。

则本身即蕴涵了动的意义。而动就是变，所以对管理对象不能忽视其动态特征。事实上如果把空间立体性视为静态特征，那么动态特征即是其时间性特征。对于世界上任一对象，本质上讲时间就是其运动（变形）过程，反之运动变形过程就是其时间。运动与时间是一对孪生子，这正是狭义相对论“时间也是物质维”（记为 T)的表现。因为总的说来‘整体’也具有时空空间性,亦即若视空间为物理的 R^3，则时空空间性即为 $R^3\times T$，所以管理者即使在简单直观空间上也不可忽视其对象在 $R^3\times T$ 上的运动性，何况在一般对象（复杂系统）中运动更是主动的甚至是多动力的。因而运动是剧烈的、多变的、难以掌握其规律的。管理者不可不重视这一特征，从而不可不加强动态思维的素质训练。

四、系统整体性应包括邻域系统性

因为整体是指管理对象——一个系统的整体，而系统论告诉我们,一个客观系统(除了人为界定的系统)总是开放系统,否则将无法生存。那么开放系统必有它的‘环境’,也叫‘邻域’。一个开放系统的邻域也是随该系统的复杂性而复杂化的，它本身也是一个系统。它对其主体系统的发展具有举足轻重的作用。比如系统能量的输入输出正是通过邻域系统的功能来实现的。又如一个国家的外交关系全在于其邻域系统（世界有关国家）上的运筹。所以作为管理者在考虑系统整体性时也不可忽视其邻域及其邻域系统,亦即环境系统。总之,‘邻域’也是系统‘整体’性的一个不可忽视的方面。

五、管理对象的整体必须装入管理者的脑袋

综合上述分析，在明确了系统的整体性特征即系统的整体管理机制的基础上，我们将进一步给出一个“整体管理”的思维模式，形象地叫做“把管理对象整体地装入管理者的脑子”，这里有两点需要解释。

其一,所谓‘必须整体地装入脑子’,即每个管理者脑子里都应