



中国人民公安大学 “十二五” 规划教材

交通系统工程

交通系统工程

JIAOTONG
XITONGGONGCHENG

刘广萍 郑英力 / 编著

刘广萍
郑英力

人民公安大学出版社



中国人民公安大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

交通系统工程 / 刘广萍, 郑英力主编. —北京: 中国人民公安大学出版社, 2013. 1

中国人民公安大学“十二五”规划教材 / 程琳主编

ISBN 978 - 7 - 5653 - 1178 - 9

I. ①交… II. ①刘… ②郑… III. ①交通工程—系统工程—高等学校—教材 IV. ①U491

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 318513 号

交通系统工程

刘广萍 郑英力 编著

出版发行: 中国人民公安大学出版社

地 址: 北京市西城区木樨地南里

邮政编码: 100038

经 销: 新华书店

印 刷: 北京蓝空印刷厂

版 次: 2013 年 1 月第 1 版

印 次: 2013 年 1 月第 1 次

印 张: 18.5

开 本: 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

字 数: 339 千字

书 号: ISBN 978 - 7 - 5653 - 1178 - 9

定 价: 45.00 元

网 址: www.cppsups.com.cn www.porclub.com.cn

电子邮箱: zbs@cppsu.com zbs@cppsu.edu.cn

营销中心电话: 010 - 83903254

读者服务部电话 (门市): 010 - 83903257

警官读者俱乐部电话 (网购、邮购): 010 - 83903253

教材分社电话: 010 - 83903259

本社图书出现印装质量问题, 由本社负责退换
版权所有 侵权必究

中国人民公安大学“十二五”规划教材

编审委员会

主任：程琳

副主任：刘舒 汪勇

委员：（按姓氏笔画排序）

马骏 王大为 王宏君 仇加勉

卢兆民 刘宏斌 毕惜茜 任士英

杜晋丰 杜彦辉 李锦涛 吴益跟

罗振峰 孟昭阳 孟宪文 赵颖

郭威

前 言

教材是体现教学内容和教学方法的知识载体，是联系教与学的有效传媒，是学科建设和课程改革的成果凝结，是高等院校教学科研工作的重要组成部分。中国人民公安大学历来高度重视教材建设，始终把教材建设作为教学建设的基础性工作来抓，并使之在深化公安教育改革、提高教学水平和质量、全面推进素质教育和公安专业教育、确保高素质公安专门人才培养目标实现方面发挥重要作用。

随着我国经济社会的快速发展，科教兴国和人才强国战略全面实施，特别是党的十七届六中全会提出推动社会主义文化大发展大繁荣的新要求，高等教育的改革和发展正面临着新的机遇和挑战。中国人民公安大学按照公安部党委的“科教强警”战略部署，紧紧围绕建设国际一流警察大学的奋斗目标，以改革创新为动力，努力把公安大学建设成为科技强警的生力军、教育训练的主阵地、提高民警素质的大熔炉和对外警务交流的新窗口。近年来，学校遵循“高教与培训相结合、教书与育人相结合、教学与科研相结合、理论与实战相结合、调研与智库相结合”的办学思路，密切结合公安一级学科建设和“教、学、练、战一体化”人才培养模式改革，兴调查研究之风，施科研创新之策，行教学改革之举，深入推动理论创新、技术创新、教法创新和管理创新，涌现出一批体现先进教育理念、贴近警务实战的教学科研成果，取得显著成效。根据《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》、公安部党委《关于加强和改进公安教育训练工作的意见》和新世纪首次全国公安教育训练工作会议精神，按照教育部《关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》的要求，学校制定了《中国人民公

安大学“十二五”本科教材建设规划》，并正式启动新一轮规划教材编写工作。

中国人民公安大学“十二五”规划教材，以凝练特色、打造精品、形成体系、合理配套、突出实践、创新载体、提高质量为指导，密切配合中国人民公安大学2010本科培养方案实施，充分体现“完善教材体系，促进学科建设，服务公安教育，倡导改革创新”的基本精神，在内容上力求正确阐述本学科及相关学科的基础知识、基本理论、基本框架和发展前沿，既有一定的理论深度，又注重理论与实际的结合，既反映了公安工作和公安队伍建设的新问题、新理论、新方法和新趋势，贴近警务改革和创新实践，又反映了公安学科专业与课程建设的新进展、新实践和动态前沿，吸纳、固化并传播最新成果。

“十二五”规划教材建设是在学校教材建设与管理委员会的统一领导和组织下开展的。每门教材由中国人民公安大学学科带头人、教学名师、骨干教师牵头负责，充分发挥各课程组的作用，并邀请公安业务部门高水平的领导和专家参加，组成了强大的编写阵容。从内容体系确定到封面设计、装帧和排版，均遵从了严格的质量监控和编写规范。在择优确定教材主编的基础上，实行了公开评审的审稿制度，由学术造诣高、实践经验丰富的专家学者审稿，确保教材质量。

我们相信，经过组织者、编写者、出版者的共同努力，中国人民公安大学“十二五”规划教材能够以体系完善、内容丰富、特色鲜明的精品特质，服务公安院校的教学和广大民警自学，为培养“忠诚可靠、业务扎实、敢于创新、精于实战、一专多能、作风优良、身心健康”的高素质公安专门人才发挥重要作用。

中国人民公安大学“十二五”规划教材编审委员会
二〇一一年十二月

编者的话

系统工程是系统科学在实际应用层次上的学科。它用系统的观点研究问题，用工程的方法解决问题。在中国，系统工程不但是技术、是方法，也是一种方法论。交通系统工程是从系统工程的角度来看待和解决交通系统中的问题，是系统的观点及其技术与方法在交通系统中的具体应用，是系统工程结合了交通系统特点的专门的技术。

“交通系统工程”是中国人民公安大学交通管理工程系本科生专业基础课。在中国人民公安大学，“交通系统工程”课程内容的形成经历了一个过程。最初课程内容基本上是“运筹学”的内容，后来又加进了一些“系统工程”的内容，教材选用的是其他相关教材。2010年，中国人民公安大学进行了本科培养方案的修订。在新的培养方案中，交通管理工程专业的培养目标定位是为公安机关交通管理部门培养从事道路交通管理工作应用型高级专门人才。同时在培养方案的课程体系中，重申了该课程的专业基础课地位，并增加了课时，扩大了授课范围，承担起了培养学生系统观的重任。为了与培养方案要求一致，符合培养方案精神，并与培养方案课程体系配套，借培养方案修订之际，编著者对“交通系统工程”课程的内容作了深入思考，认为该课程内容体系应是：“系统的理念、方法论、技术与方法及其在道路交通系统中的应用”，并基于这样的认识，组织并编写了“交通系统工程”教材。

本教材作为中国人民公安大学“十二五”规划教材，在申报、编写、出版过程中，得到了有关部门领导和老师们的大力支持；本教材是交通管理工程系曾承担过该课程的老师们集体的结晶；同时书中也参考、借鉴了许多专家、学者的研究成果。在此对各位领导、老师、同行和参考文献的作者表示衷心的感谢。

本教材共有八章和一个附录。第一章概述，是全书的方法论和理念；第二章到第八章是交通系统工程的基本技术方法及其应用；附录是技术方法的计算机工具操作使用说明。

教材着重理念的培养、基础理论的理解、技术方法的应用，以及计算机

工具的使用；书中每章后留有思考题并附有答案，便于读者自学。

系统工程具有很高的境界，限于编者的学识水平，认识上难免存在偏颇，书中谬误之处也在所难免，敬请广大读者批评指正。

编著者
2013 年 1 月

目 录

第1章 概述	(1)
1.1 系统	(1)
1.2 系统工程	(12)
1.3 交通系统工程	(30)
1.4 运用	(34)
思考题	(39)
第2章 系统建模	(40)
2.1 系统模型	(40)
2.2 系统建模方法	(45)
2.3 系统建模过程	(48)
2.4 系统建模举例	(52)
思考题	(57)
第3章 线性规划	(58)
3.1 线性规划问题	(58)
3.2 线性规划问题的特征	(58)
3.3 线性规划问题的数学模型	(60)
3.4 线性规划问题的图解法	(63)
3.5 单纯形法	(70)
3.6 应用	(81)
思考题	(84)
第4章 网络分析	(87)
4.1 基本概念	(87)
4.2 树	(92)

4.3 最短路问题	(96)
4.4 网络最大流问题	(102)
4.5 网络计划技术	(111)
4.6 应用	(125)
思考题	(131)
第5章 排队系统	(135)
5.1 基本概念	(135)
5.2 顾客到达间隔时间分布和服务时间分布	(140)
5.3 排队系统的状态	(146)
5.4 $M/M/1$ 排队系统分析	(149)
5.5 $M/M/S$ 排队系统分析	(155)
5.6 排队系统的最优化	(161)
5.7 应用	(164)
思考题	(169)
第6章 系统预测	(171)
6.1 概述	(171)
6.2 定性预测方法	(174)
6.3 定量预测方法	(181)
6.4 应用	(196)
思考题	(199)
第7章 系统评价	(201)
7.1 系统评价的基础知识	(201)
7.2 关联矩阵评价法	(209)
7.3 层次分析法	(216)
7.4 应用	(226)
思考题	(229)
第8章 系统决策	(230)
8.1 概述	(230)
8.2 确定型决策问题	(235)
8.3 不确定型决策问题	(236)
8.4 风险型决策问题	(240)

8.5 决策树	(246)
8.6 应用	(252)
思考题	(254)
参考文献	(256)
附录 Excel 工具的使用	(258)
A 规划求解工具的使用	(258)
B 回归工具的使用	(260)
C 预测工具的使用	(272)
D 常用函数使用示例	(274)

|| 第1章 || 概 述

【本章概要】 交通系统工程是系统工程结合了交通系统特点的专门的技术。系统工程是系统科学在实际应用层次上的学科。本章首先介绍了系统及其相关概念，其次对系统工程的定义及其方法论进行了阐述，然后对交通系统工程的含义进行了阐释，最后运用交通系统工程对城市道路交通管理中的一些实际问题进行了思考。

【学习重点】 系统的概念、系统的属性；系统工程的含义、系统工程的主要特点、系统工程方法论的理解和应用；对交通系统工程的认识。

1.1 系 统

1.1.1 系统的概念

系统的概念是系统工程核心的和基本的概念。“系统”，这个来自古希腊语的词汇，原来意指有机整体、行政管理，或指人或动物的躯体。其英文“system”则对应多种中文解释，如体系、制度、机构等。很多对象可以被看作是系统。它是事物存在的认识方式之一，例如，研究宇宙时，银河系、太阳系、星体、地球可以看作是系统；物理学上，质点、刚体、粒子、电磁场可以看作是系统；在研究社会运动时，企业、家庭、工厂、学校等也都可以作为系统来看待。但是，并非任何事物都可以随心所欲地被称为系统。一大一小的两只鞋子不构成系统；相对于一辆汽车而言，拆卸下来的若干齿轮与螺丝钉不构成系统。但在棋盘上对阵的棋局是一个系统，哪怕是残局，所剩棋子不多了，也是一个系统。而在盒子里放得整整齐齐的一副象棋，不是系统。

但是，究竟什么是系统？撇开它们的具体形态和性质，人们认为，具有以下共同点，可看作是系统。

第一，由两个或两个以上的要素构成，其构成要素可以是单个事物，也可以是一群事物的集合体。

第二，其内部与外部要有一定的秩序。也就是说，它的各要素之间、要素与整体之间，以及整体与环境之间都存在着一定的有机联系。

第三，其整体要具有不同于各个组成要素的结构和功能。

从以上要点出发，我们定义：所谓系统，是由相互联系、相互作用的许多要素结合而成的具有特定功能的统一体。

这个“统一体”又称为“整体”或“总体”；“要素”又称为“元素”、“部分”、“局部”或“零部件”，在一定意义上，又称为“子系统”。系统整体又可成为一个更大规模系统中的一个子系统。例如，一辆汽车的发动机，一个企业的某一条生产线，一所大学的某一个学院等，说的都是一个系统和它的某个子系统；而一辆汽车对于一个车队，一架飞机对于一个航空公司，一个企业对于国民经济，一所大学对于国家教育系统都分别只是一个子系统了。

中外学者对系统的定义从不同的角度作了描述。例如，美国的韦伯斯特大词典把系统称为“有组织的或被组织化的整体、相联系的整体所形成的各种概念和原理的综合，由有规则的相互作用、相互依存的形式组成的诸要素的集合”。一般系统论的创始人冯·贝塔朗菲（Ludwig von Bertalanffy，加拿大籍理论生物学家，奥地利出生）把系统称为“相互作用的多要素的复合体”：如果一个对象集中存在两个或两个以上的不同要素，所有要素按照其特定方式相互联系在一起，就称该集合为一个系统，其中的要素是指组成系统的不同的最小的即不需要再细分的组成部分。钱学森在回顾我国研制“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。”

1.1.2 系统的属性

系统的属性主要有如下几个方面：

(1) 集合性

集合的概念就是把具有某种属性的一些对象看作一个整体，从而形成一个集合。集合里的各个对象叫做集合的要素。系统的集合性表明系统是由两个或两个以上的可以互相区别的要素所组成。例如，一个计算机系统，一般都是由中央处理器（CPU）、存储器、输入与输出设备等硬件所组成，同时还包含有操作系统、程序、数据库等软件，从而形成一个完整的集合。

(2) 相关性

相关性是说系统内部的要素与要素之间、要素与系统之间、系统与其环境之间，存在着这样或那样的联系。“联系”又称“关系”，常常是错综复杂

的。如果不存在相关性，众多的要素就如同一盘散沙，只是一个集合（set）而不是一个系统（system）。例如，道路交通控制系统是一个大系统。它由道路网、车辆、信号控制系统以及交通规则等要素或子系统组成，在交通控制系统的运行中，这些要素或子系统是相互关联的，通过它们之间的协调关系，使道路上行驶的车辆有条不紊。如果各个组成部分各自为政，那么它们就不能组成互相协调的系统，势必造成交通混乱。

（3）层次性

系统作为一个相互作用的诸要素的总体，它可以分解为一系列的子系统，有些子系统仍可以继续划分为更小的子系统，而系统本身可能是某个更大系统的子系统。所以，系统具有层次性，这是系统结构的重要特征。一个系统包含的层次越多，这个系统就越复杂。

（4）整体性

系统是作为一个整体出现的，是作为一个整体存在于环境之中、与环境发生相互作用的。系统的整体性又称为系统的总体性、全局性。系统的局部问题必须放在系统的全局之中才能有效地解决，系统的全局问题必须放在系统的环境之中才能有效地解决。局部的目标和诉求，要素的质量、属性和功能指标，要素与要素之间、局部与局部之间的关系，都必须服从整体或总体的目的，它们共同实现系统整体或总体的功能。系统的功能和特性，必须从系统的整体或总体来加以理解，加以要求，使之实现并且优化。系统的整体观念或总体观念是系统概念的精髓。

（5）涌现性

一个系统在由低层次的要素组成高层次的过程中，系统往往产生出新的、原来层次所没有的性质，这个过程在系统科学里被称为涌现。系统的涌现性包括系统整体的涌现性和系统层次间的涌现性。系统的各个部分组成一个整体之后，就会产生出整体具有而各个部分原来没有的某些东西，系统的这种属性称为系统整体的涌现性。系统的层次之间也具有涌现性，即当低层次上升为高层次时，一些新的性质、功能就会涌现出来。

（6）目的性

研究一个系统，首先必须明确它作为一个整体或总体所体现的目的与功能。人们正是为了实现一定的目的才组建或改造某一个系统的。例如，办学的目的是培养合格的人才，办企业的目的是生产合格的产品和提供相应的服务并获取显著的经济效益。明确系统的目的性，是展开系统工程项目的第一要务。系统的目的一般用更具体的目标或指标来体现。系统总是多目标或多指标的，分解为若干层次，构成一个指标体系。

（7）环境适应性

一个系统之外的一切与它相关联的事物所构成的集合，称为系统的环境。

任何系统都存在于一定的环境中，在系统与环境之间具有物质的、能量的和信息的交换。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，必须适应外界环境的变化，这就是系统的环境适应性。系统必须适应环境，否则系统没有生命力。系统必须适应环境，如同要素必须适应系统一样，系统 + 环境 = 更大的系统。

1.1.3 系统的结构与功能

(1) 系统的结构

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。从一般的意义上讲，系统的结构可以用以下式子表示：

$$S = \{E, R\} \text{ 或者 } \{E \mid R\} \quad (1-1-1)$$

式中：S——系统；

E——要素的集合；

R——由集合 E 产生的各种关系的集合。

作为一个系统，必须同时包括要素的集合及其关系的集合，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。例如，一个企业，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；其中 E_1 又可以分为工人子集 E_{11} 、技术人员子集 E_{12} 、管理人员子集 E_{13} ；其中管理人员子集 E_{13} 又可以分为高层管理人员子集 E_{131} 、中层管理人员子集 E_{132} 、基层管理人员子集 E_{133} 等，即：

$$E = E_1 \cup E_2 \cup E_3 \cup \cdots \quad (1-1-2)$$

$$E_1 = E_{11} \cup E_{12} \cup E_{13} \cup \cdots \quad (1-1-3)$$

$$E_{ij} = E_{ij1} \cup E_{ij2} \cup E_{ij3} \cup \cdots \quad (1-1-4)$$

不同的系统，其要素集合 E 的组成是大不一样的。例如，学校与企业，企业与军队，其要素集合 E 的组成有很大差异。但是，由要素集合 E 产生的关系集合 R 却是大同小异的。不失一般性，可以表示为：

$$R = R_1 \cup R_2 \cup R_3 \cup R_4 \quad (1-1-5)$$

式中：R₁——要素与要素之间、局部与局部之间的关系子集（横向联系）；

R₂——局部与全局之间的关系子集（纵向联系）；

R₃——系统整体与环境之间的关系子集；

R₄——其他各种关系子集。

当然，每一个子集 R_i 都是可以细分的，例如，R₁ 不但包含同一层次上不同局部之间、不同要素之间的关系，还包含系统内部不同层次之间的关系。

在系统要素给定的情况下，调整这些关系，就可以提高系统的功能，这

就是组织管理的作用。

系统的涌现性存在于集合 R 之中。如果说, 集合 E 代表了系统的躯体, 那么, 系统的“灵魂”存在于集合 R 之中。

(2) 系统的功能

系统存在于环境之中, 系统与其环境的界面称为系统的边界。环境对系统的作用是系统的输入。系统对其环境的作用是系统的输出。系统相对于它所处的环境表现出来的变化称作系统的行为。系统的功能是指由系统行为引起的、有利于环境中某些事物发展乃至整个环境存续的作用。功能是刻画系统行为的, 它是系统与环境关系的重要概念。

各种系统的具体功能是大不一样的, 例如, 汽车和计算机、学校和医院, 它们的具体功能差别很大。从一般意义上讲, 系统的功能可以用图 1-1 表示, 也就是说, 系统的功能包括接收外界的输入, 在系统内部进行处理和转换 (加工、组装), 向外界输出。

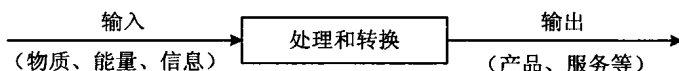


图 1-1 系统的功能

系统的输入是作为原材料的物质、能量与信息。系统的输出是经过处理和转换的物质、能量与信息, 如产品、人才、成果、服务等。所以, 系统可以理解为一种处理和转换机构, 它能把输入转变为人们所需要的输出。系统也可以看成一种函数关系, 用数学公式表示:

$$Y = F(X) \quad (1-1-6)$$

式中: X —— 输入的原材料;

Y —— 产品或服务。

从狭义上来讲, 处理和转换就是系统的功能。扩大一些说, 把接受输入与向外输出也作为系统的功能。

凡是系统都具有功能, 功能是系统的一种整体特性, 是系统的高层次特征。一般来说, 整体应具有个体所没有的新功能 (系统整体的涌现性), 即“整体大于部分之和” (The whole is more than the sum of parts), 用数学公式表示为:

$$F > \sum f_i \quad (1-1-7)$$

式中: F —— 系统的功能;

f_i —— 子系统的功能。

整体之所以能大于 (多于、高于、优于) 部分之和, 是因为当要素组成系统之后, 要素之间发生了这样或那样的联系 (包括分工与合作), 由于层次

间的涌现性和系统整体的涌现性，系统的功能出现了量的增加和质的飞跃。俗话说：“一个巧皮匠，没张好鞋样；两个笨皮匠，彼此有商量；三个臭皮匠，赛过诸葛亮。”这正是对公式（1-1-7）的生动描述。

然而，公式（1-1-7）的成立是有条件的。在不协调的关系下，其不等号的方向亦可以反过来，如俗话说：“三个和尚没水喝。”

要说明的是，系统的功能或总体效果最优，并不要求系统的所有组成要素都孤立地达到最优（那样会使系统组建和运营成本太高）；另外，如果系统的所有组成要素都孤立地达到了最优，并不意味着一定能有系统功能或总体效果的最优。系统不是各个要素的简单集合，否则它就不会具有作为整体的特定功能。因此，即使每个要素并不都很完善，但它们也可以综合、统一成为具有良好功能的系统。反之，即使每个要素是良好的，但作为整体却不具有某种良好的功能，也就不能称为完善的系统。

1.1.4 系统的分类

对系统进行分类的目的是采用相应的理论进行研究。按照不同的标准，系统可以有多种分类方法，下面介绍其中的两种分类：

（1）按照系统属性分类

① 按自然属性分：自然系统与社会系统。

自然系统是自然形成的、单纯由自然物（天体、矿藏、生物、空气、河流、海洋等）组成的系统，如太阳系、地质构造、原始森林、沼泽地。它们不具有人为的目的性与组织性。

社会系统是由人类介入自然界并且发挥显著作用而形成的各种系统。它们具有人为的目的性与组织性。社会系统又称为“人工系统”、“人造系统”。

社会系统按照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，其中经济系统可以细分为工业系统、农业系统等，工业系统又可以进一步细分为重工业系统、轻工业系统，还可以继续细分。社会系统通常都具有经济活动，经济活动是人类最基本的社会活动，所以，社会系统又常称为社会经济系统。

② 按物质属性分：实体系统与概念系统。

实体系统是由物质实体所组成的。物质实体包括矿物、生物、能量、机械、房屋、家具等各种自然物和人造物。人是具有主观能动性的物质实体。

概念系统则是由概念、原理、法则、制度、规定、习俗、传统等非物质实体所组成，是人脑和习惯的产物，是实体系统在人类头脑中的反映。

机械系统是实体系统，但是它的有效运行需要遵守操作规则，而后者是概念系统。概念系统需要物质载体，如书本、灯光、电子媒介等。在实际系

统中，实体系统与概念系统是紧密结合在一起的。实体系统是概念系统的对象，概念系统为实体系统提供指导和服务。

实体系统又称为“硬系统”，它主要由硬件组成；概念系统又称为“软系统”，它主要是由软件组成。

③ 按运动属性分：静态系统与动态系统。

静态系统是其状态参数不随时间显著改变的系統，没有输入与输出，如未开动的洗衣机、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，则谓之动态系统。生产系统、交通系统、服务系统、人体系统等，均是动态系统。

系统的静态与动态是相对划分的。绝对的“静止系统”是难以找到的。有些系统在我们考察的时间尺度之内，其内部结构与状态参数变化不大，为了研究问题方便，忽略这些结构与参数的改变，将其近似视为“静态系统”。寒暑假期间的学校，教学活动停止了，学生大部分回家了，机关部门也半休或全休，此时的学校可以说是处于静止状态。

④ 按系统与环境之间的关系分：开放系统与封闭系统。

系统与外界环境之间存在着物质的、能量的、信息的流动与交换的，称为开放系统。如果系统与环境之间不发生这些流动与交换，则称为封闭系统。实际上，严格的封闭系统是难以找到的。为了研究问题的方便，有时忽略一些较少的流动与交换现象，将这种系统近似看成为“封闭系统”。

开放系统是动态的、“活的”系统，封闭系统是僵化的、“死的”系统。系统由封闭走向开放，可以增强活力，焕发青春。开放系统的一般表示如图1-2所示。

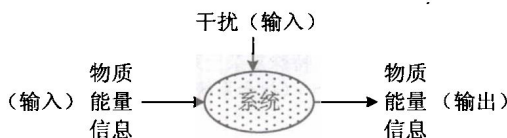


图 1-2 开放系统的一般表示

⑤ 按反馈属性分：开环系统与闭环系统。

系统的输出反过来影响系统的输入的现象称为反馈。增强原有输入作用的反馈称为正反馈，削弱原输入作用的反馈称为负反馈。负反馈使得系统行为收敛，正反馈使得系统行为发散。通常讲的“良性循环”与“恶性循环”都是正反馈作用的表现。一般来说，反馈是指负反馈。

没有反馈的系统称为开环系统，有反馈的系统称为闭环系统。系统的反馈主要是信息反馈。图1-3是开环系统与闭环系统的一般表示。