

主编：刘以林

中华学生百科全书

素质教育
必备的参考书



ZHONG
HUA XUE SHENG
BAI KE QUAN SHU

系统工程



中华学生百科全书

系 统 工 程

总 主 编 刘以林
本册主编 王春芒

北京燕山出版社

京新登字 209 号

中华学生百科全书

刘以林 主编

北京燕山出版社出版发行

北京市东城区府学胡同 36 号 100007

新华书店经销

北京顺义康华印刷厂印刷

787×1092 毫米 32 开本 250 印张 5408 千字

1996 年 12 月第 1 版 1996 年 12 月北京第 1 次印刷

ISBN7-5402-0491-5

印数:6000 册

定价:320.00 元(全 100 册)

《中华学生百科全书》编委会

主编 刘以林 北京组稿中心总编辑

编委 张 平 解放军总医院医学博士
冯晓林 北京师范大学教育史学博士
毕 诚 中央教育科学研究所生物化学博士
于 浩 北京师范大学物理化学博士
陶东风 北京师范大学文学博士
胡世凯 哈佛大学法学院博士后
杨 易 北京大学数学博士
袁曙宏 北京大学法学博士
祁述裕 北京大学文学博士
章启群 北京大学哲学博士
张同道 北京师范大学艺术美学博士
赵 力 中央美术学院美术博士
周泽旺 中国科学院生物化学博士

目 录

系统与系统工程

丁渭造宫与系统工程	(1)
系统工程的特征	(3)
系统工程就在我们身边	(7)
系统工程的生命——开放与交流	(12)
拿破仑的系统思想	(14)
“T”型人才	(16)
“鱼网”的科学原理 ——系统结构决定系统功能	(17)
系统工程的研究对象	(20)
“阿波罗”登月计划——系统工程的成功典范	(23)

系统工程的原理和方法

系统优化思想	(26)
远洋轮船爆炸的启示——系统科学中的模型方法	(28)
电子游戏的系统思想	(30)
数学题里的系统原理——线性规划模型	(32)
如何才能赚最多的钱——整数规划模型	(34)

系统工程的妙用

植树问题	(38)
著名的哥尼斯堡七桥问题	(40)
供应问题	(42)
邮路捷径	(43)
泡茶与导弹	(45)

系统分析过程

预测分析	(49)
丰田汽车成功的秘密——系统分析	(51)
田忌赛马——对策论	(53)
希特勒的失败——决策论	(54)
决策支持系统	(57)

系统科学的发展

军事系统工程	(62)
城市系统工程	(64)
农业系统工程	(67)
耗散结构论	(69)
突变论	(70)
协同学	(72)

系统与系统工程

丁渭造宫与系统工程

在我国古代的北宋（公元960~1127年）年间，有一天皇帝居住的皇城（今河南开封）因不慎失火，酿成一场大灾，熊熊大火使鳞次栉比、覆压数里的皇宫，在一夜之间变成断壁残垣。为了修复烧毁的宫殿，皇帝诏令大臣丁渭组织民工限期完工。当时，既无汽车、吊车，又无升降机、搅拌机，一切工作都只能人挑肩扛。加之皇宫的建设不同于寻常民房建筑，它高大宽敞、富丽堂皇、雕梁画栋、十分考究，免不了费时费工，耗费大量的砖、砂、石、瓦和木材等。当时，使丁渭头痛的三个主要问题是：1. 京城内烧砖无土，2. 大量建筑材料很难运进城内，3. 渭墟时无处堆放大量的建筑垃圾。如何在规定时间内按圣旨完成皇宫修复任务，做到又快又好呢？聪明的丁渭经过反复思考，终于想出了一个巧妙的施工方案，不但提前完成了这项修筑工程，而且“省费以亿万计”——节省了大量金银。

丁渭是怎样做的呢？

首先，丁渭把烧毁了的皇宫前面的一条大街挖成了一条又深又宽的沟渠，用挖出的泥土烧砖，就地取材，解决了无土烧砖的第一个难题；然后，他再把皇城开封附近的汴河水

引入挖好的沟渠内，使又深又宽的沟渠变成了一条临时运河，这样，运送砂子、石料、木头的船就能直接驶到建筑工地，解决了大型建筑材料无法运输的问题；最后，当建筑材料齐备后，再将沟里的水放掉，并把建筑皇宫的废弃物——建筑垃圾统统填入沟内，这样又恢复了皇宫前面宽阔的大道。

显然，这是一个非常杰出的方案。首先，丁渭就地取材烧砖，解决了近处无土烧砖的难题，避免了从更远的地方去取土烧砖；其次，利用河道运送大量建筑材料，既解决了运输难题，又能将各种建筑材料直接水运到工地，这对当时只有马车与船只的时代，节省大量的运力，意义十分重大；最后，本来要运到其他地方去的大量建筑垃圾现在统统埋进了沟中，节省了运力，节省了时间，减少了对环境的污染。这种综合解决问题的思想就是一种典型的朴素系统工程思想。

这个当时就被古人赞誉为“一举而三役济”的“丁渭造宫”，用今天的观点看来仍是值得称道的。丁渭将皇宫的修复全过程看成了一个“系统工程”，将取土烧砖、运输建筑材料、垃圾回填看成了一串连贯的环节并有机地与皇宫的修筑工程联系了起来，有效地协调好了工程建设中看上去是无法解决的矛盾，从而不但在时间上提前完成了工程，而且从经济上也节省了大量的经费开支，又快又好地完成了皇宫的修复工作，实现了整个系统的最优——既省时又省钱方案。

系统工程的核心思想就是把我们所做的每一项工作或所研究的每一件事物看成了一个有机的称之为“系统”的整体；并且设法找出使这个系统变得最好、最佳、最优的方法与途径。就像丁渭修复皇宫那样，创造性地找到了使皇宫的修筑工程得以顺利进行的方法。

系统工程特征

丁渭建筑皇宫时，所使用的原材料主要是砖、砂、石以及木材等。今天，房屋建筑同丁渭那个时代相比已发生了翻天覆地的变化，但建筑材料仍是砖、砂、石、木材等为基本原材料，只是昔日的大型石块已被今朝的钢筋混凝土所替代罢了。

现在让我们来看看这些对人类发展作出了巨大贡献而默默无闻的砖、砂、石吧！

当房子建造之前，这些从四面八方运来的砖、砂、石被散乱地堆放在建筑工地上，不但不起眼，而且还有点令人看不顺眼，因为不管怎么堆放都显得乱七八糟的。然而，当建筑工人用一双灵巧的手把这些零乱的砖、砂、石按照建筑设计师的设计——有机地组合、叠砌在一起的时候，奇迹就发生了一——还是那些看上去不起眼、平凡的砖、砂、石，转眼之间就变成了一幢幢高耸入云、美观漂亮、整齐别致面生气勃勃的建筑物。工矿企业、商店、医院、学校、体育馆、水电站、住宅等从空旷的荒野上冒了出来，一幢又一幢，一座又一座，像雨后春笋。

为什么同样是这些砖、砂、石，在经过建筑工人摆弄之前，就那么不起眼；而经过建筑工人的精心劳动之后，就能赋予它全新的生命力而给人们以美的感受呢？自然，你可以说出许许多多各式各样的理由，但其中最主要的原面是建筑工人按照建筑师的设计把这些本来没有生命的砖、砂、石组成了一个“有生命”的“系统”——“房屋系统”，给这些无

生命的砖、石注入了永恒而不朽的“生命”。

“系统”一词，实际上我们并不陌生，不管你意识到还是没有意识到，你每天都要与这个“系统”或那个“系统”打交道。“系统”，是与我们的日常生活息息相关，而且普遍存在的。譬如，当你出门乘汽车或骑自行车或步行，你就进入了“交通系统”；当你去挂电话，你就在使用“通讯系统”；当你去学校上课，你是“教育系统”中的一员；当然，你还是你所居住的那个城市的“城市系统”中的一个“细胞”；是中华人民共和国这个“大系统”中的一个“元素”，是我们共同生活的星球这个更大系统中的一个“分子”……真是不说不知道，原来，我们生活在“系统”的世界之中，被“系统”所包围！

我们说的“系统”，是由一些（两个或两个以上的）称之为“元素”或“要素”的东西所组成的，但并不是说只要这些元素简单地堆入或集合在一块，就构成了一个“系统”，还必须要求这些元素之间存在这样或那样的关系，即元素之间必须是按一定的方式有机地结合在一起时，它们才可能组合成为一个“系统”。

像前而我们讲过的，一个房屋系统是由“砖”、“砂”、“石”这些元素按照建筑师的设计要求（即一定的方式）有机地结合在一起组合而成的。在施工前，那些堆放在工地上的“砖”、“砂”、“石”由于它们之间缺乏有机联系而无法构成“房屋系统”，更不能挡风、遮雨，尽管其元素是相同的，都是砖、砂、石。所以，只有那些经过建筑工人按“一定方式”结合在一起的砖、砂、石，我们才能称之为房屋，而那些堆放在工地上的砖、砂、石的集体，仍只能称之为砖、砂、

石或建筑材料。

再如，钟表也是一个系统，它是由许多零件（元素）如齿轮、螺丝、发条等组成，这些零件必须是按一定的连结方式有规则地装配在一起才能成为钟表，如果把这些零件随意地放在一起，哪怕就是放进一个装钟的小盒子里，无论如何这些零件都不会被认为是钟表，谁都会说，这是钟表的零件。

再来看看两句民间俗语，一句是“三个臭皮匠，赛过诸葛亮”，另一句是“一个和尚担水吃，两个和尚抬水吃，三个和尚没水吃”。为什么同样是三个普普通通的人（三个元素），前面三人可以胜过智高一筹、谋胜一筹的诸葛亮，而后面三个人弄得连水都没有喝的呢？这中间的差距怎么会这样悬殊呢？很明显，问题的关键就在于三个人的“联络方式”，即通常说的“组织”，是一个齐心协力的群体还是一个勾心斗角的团伙，最终决定了这个组织的力量。毫无疑问，前面的三人组织是一个齐心协力、协调的组织；而后面的三人组织是一个勾心斗角、没有协调的组织。

总的来说，系统必须要按一定的方式加以结合，而不是众多元素的简单堆积。

作为一个系统，除了上面讲述的两点，即系统是由两个以上的元素所组成，系统的各组成要素之间按一定的方式结合以外，还必须具有第三点，即任何一个系统都有它特定的功能。换句话说，就是任何一个系统，都具有其特殊的作用。组建一个系统时，总是有其目的而不会无的放矢。

例如，建造一幢房屋，总是有其特殊的功能即一定的目的。像建医院，就是用来治病救人，救死扶伤；建商店，就是用来出售商品，搞活流通，繁荣市场，发展经济；建学校

则是为了教书育人，培养人才；建住宅，是为了给人们的生活、学习提供一个宁静、温馨的环境……尽管医院、商店、学校、住宅都是房屋建筑，但由于它们的功能作用不同，其系统内部元素之间的联系也就不同。在建筑房屋时就必须依据这个“系统”的功能，在房屋的组合方式——“结构”上作些调整、考虑与安排，依据系统的目的性开展项目的建设。如建医院，就必须建病房、候诊室、手术室、药房；建商店，就必须建柜台、仓库；建学校，须建教室、教研室、阅览室、操场；建住宅，就必须建卧室、客厅、厨房、厕所，相互之间不可错乱。从上述例子可以知道，系统内各元素的组织（联系）方式是按照系统的不同功能（目的）要求而建立的。

至此，我们已比较清楚“系统”是怎么回事了。换一句简单些的话来概括，“系统”是由相互作用和依存的若干元素结合而成的具有特定功能的有机整体。

可见，任何一个系统，都有下面三个特征：

系统是由两个以上的元素组合而成的。这一特征叫做系统的“集合性”；

系统各元素间接一定的方式相互联系，相互制约，各元素间存在这样或那样的联系。这一特征叫做系统的“关联性”；

系统具有一定的功能、目的。这一特征叫做系统的“目的性”。

系统除了上述三个基本特征外，还有其他一些特征，我们将在后面陆续说及。

系统工程就在我们身边

我们仔细观察就不难发现，宇宙系统是自然形成的，在人类诞生以前就早已存在。或者说，宇宙系统的产生和发展与人的活动无关！而机器就不一样了，这是由人动手造出来的，不是先天就有的。对于那些自然形成的固有系统，如宇宙、地球、太阳系、银河系等，我们把它们叫做“自然系统”；由人造出来的系统——与人类劳动和活动有关而产生的系统，叫做“人造系统”，诸如房屋、机器、火车、人造卫星、电子计算机乃至人类社会本身。系统工程重点研究的是人造系统，其主要目的是如何使人造系统更完善、更协调。改进机器是为了使机器的性能更优越，让它生产更多更好的产品；发射地球资源卫星，是为了探寻大地的奥秘，进一步认识、了解我们的生存环境，进而为人类的发展服务；研究人类社会自身，正是为了让天更蓝、地更绿、水更清、人更美，让子孙孙过上更美好的幸福生活。

地球作为一个系统，天天都接受来自太阳的光和热，试想，假若没有太阳的温暖，地球会变得怎样？

一个工厂，每天要从厂外“输入”原材料、能源和经济信息，同时，还必须向市场“输出”所生产的产品，企业才能维持正常生产，获得经济效益，得到发展。一旦停水停电，缺乏原材料的供应，或企业产品销不出去，企业就会瘫痪。这就是说，工厂企业作为一个系统与环境存在着大量的物质、能量、信息的交换，假若没有这种交换或停止这种交流，企业将无法生存。

人也是一样，必须无时无刻地与周围环境交换物质、能量与信息。吸上一口气，就纳入了生命所必须的氧气，吐出一口气，就排出了人体不能利用的二氧化碳（ CO_2 ）；一日三餐，吸收维持一天生命所需要的能量，还得排泄剩余的废物；读书看报、与人交谈，大脑与感知器官在与外界进行着频繁的信息交流。试想，人若停止了上述物质、能量、信息的交换，能行吗？！

一个系统如果与系统环境有物质、能量、信息的交换，就叫做“开放系统”，否则，就是“封闭系统”。地球、工厂、人都是开放系统。一只上好发条或装好电池的钟表，可以当“封闭系统”看待，在封闭的容器内进行化学反应的化学系统，也是一种“封闭系统”。

再来看看人类系统。人类系统可表示为：个人——家庭——社会——行政单位（团体）——国家——全人类等几个不同的层次。这就是说，人类系统是一个多层次的系统。人按一定的社会准则和血缘关系组成家庭；而家庭是社会的细胞，众多家庭的组合就构成了一个小社会；各级行政机关，包括乡、镇以及企业、机关等是国家的有机组成部分；全世界几百个国家和地区的总和，构成整个人类系统。在这个系统中，每一等级下属的“要素”本身也就是一个系统，如“家庭”是“社会”的细胞，但同时又是由个人所组成的系统。为区别起见，有时统把“家庭”这个系统称作上一层系统——社会系统的子系统。有时我们就把系统理解为是由两个或两个以上的子系统所组成，就像社会是由两个或两个以上的家庭（子系统）所构成的一样。另一方面，我们所研究的系统又常常可以与其他系统相结合而构成更大范围的系统。如通

常将某一地区的国家集合起来，构成了一个更大的系统，像“欧洲共同体”、“联合国”等等。

此外，我们还常把一切活着的物质系统，称为生命系统，如人、动物、植物以及人类社会系统等；除生命系统以外的一切物质系统，则称为非生命系统，如原子、机器、天体等。

下面，让我们看看几个常见的系统。

电话系统

电话是当今信息时代重要的通讯工具，它是由人和设备严密组合而成的一个纵横交错的通讯网络，整个系统中的任意两点都能直接通话，从而实现信息的远距离快速传递。电话系统包括设备、电话号码簿、电话电缆、通讯卫星、总机站、公用电话和私人电话及设备的检修与维护服务等。它所以能按部就班、有条不紊地工作，就在于从一开始它就被看作是一个系统而不是互不相关的独立元素的堆积。

在电话系统中，运用了大量的系统工程思想。就一个城市的电话系统而言，“总机站”该设置在什么地方才能使整个系统的布线路径最短？城市人口的多少，决定着电话系统的“总装机容量”。这就是说，一个城市大概需要安装多少部电话，才能满足人们的需求？显然，如果电话太少，通讯不便，会影响经济发展；如果电话太多没有充分利用，又造成不必要的浪费。因此，如何确定一个恰当的数量关系是一个很值得研究的问题。

与此相关的问题还有：电话通讯网络该布设多少条电话线缆才既能保障线路畅通，又用材最少？多少位的电话号码最适合？如何维护线路畅通使用户尽快接通电话？一个城市内该建多少个公用电话岗亭？设置在什么地方最合理？这些

都是通讯系统工程必须解决的问题。

交通系统

你一定乘过汽车或火车，划过小木船，见过飞机。你可知道，这一切都与系统工程有关呢！

火车、汽车在工厂制造出来后，必须修筑符合要求的公路、铁道才能有“路”可行；轮船需要有航道、码头，才能驶、停；飞机更是需要机场、灯光信号、地勤服务及空中交通管理条例才能安全起落。除此，要保障交通运输的顺利进行，还需要交通警察维护交通秩序，处理交通事故；要有技术娴熟的驾驶员、优秀合格的服务人员（售票员、维修人员、空中小姐等）。此外，在一个国家范围内，各大城市之间该开辟多少航线，才能保障经济发展的需求；根据一个地区河道的地理特点以及沿河城市的分布、人口的分布、工农业生产的发展状况如何有效地设置港口码头、码头泊位以至船舶吨位大小等，都是交通系统工程不可回避的问题。

从上可知，交通系统与其系统内的人口、经济、地理环境、工农业生产状况密切相关，甚至与员工素质、技术水平、管理意识、气象条件等也不无关系。就交通系统而言，它又包括铁道、公路、水运、航空和管道运输（一般用来输送液、气体，像石油、天然气）等五个子系统。其中任何一个子系统，又涉及到诸多的方方面面。

单就铁道系统而言，它不仅包括常见的呼啸而行的火车，像遍及全球的铁路网、沿铁路而布的车站与铁路通讯、联络信号、规章制度、铁路法院、铁路医院以及铁路、车辆的维护、检修、服务等等一切与之相关的东西都是这个巨大系统的有机组成部分。它的功能是将甲地的旅客（货物）安全、快

速地运送到乙地。

铁道系统常遇到的问题有：根据经济发展的需要、人口的分布与地理环境的特点如何优化铁路系统网络？在现有的道路上如何编制车辆的运行计划才能保障火车的安全、高效？如何协调铁路运输与公路、航空、水运之间的关系？怎样确定铁路运输的最优价格？在系统内如何设置车站、枢纽站最为有效？怎样协调客运与货运之间存在的矛盾？……上述一系列复杂问题，都可以运用系统工程的方法研究解决。

再来看看遍布城乡的公路系统。这个系统除常见的各式汽车、拖拉机、摩托车、自行车以外，还包括人、道路、车辆配件、天然油、红绿灯、驾驶执照、停车场、交通警察、加油站、交通规则等。就道路而言，又可分为国道、省道、县道与乡道。

同铁道系统一样，这个系统有许多问题可以运用系统工程的方法来解决。如怎样根据当地城乡经济发展趋势合理修筑新的道路，才能更快地促进经济发展，方便人民群众的生活？道路沿线各加油站的分布怎样才算合理？如何根据城乡之间的客流量与货运量合理安排汽车的计划？以及城市内公共汽车线路的布设，汽车站的位置选址等等。

目前，交通系统还是一个正在逐步完善的发展中的系统。这个系统还存在许多缺陷：交通堵塞在大城市屡见不鲜；交通事故层出不穷；汽车、火车、飞机、轮船排放的大量废气、发出的刺耳的噪音在污染着我们赖以生存的生态环境……因此，如何进一步调整、改造这个系统，使它更加完善、协调，有待人们的进一步努力。