

系统工程



新世界出版社

中华学生科普文库

(74)

系 统 工 程

主编 刘以林

编著 远 辰

新世界出版社

图书在版编目(CIP)数据

系统工程/刘以林主编. - 北京:新世界出版社, 1998.4
(中华学生科普文库; 74/刘以林主编)

ISBN 7-80005-417-9

I. 系… II. 刘… III. 系统工程-普及读物 IV. N94-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 09317 号

中华学生科普文库

(74) 系统工程

主编:刘以林

责任编辑:杨 彬 廖旭和 邵 东

封面设计:北京蓝格艺术公司

出版发行:新世界出版社

社址:中国北京百万庄路 24 号 邮码:100037

经销:新华书店北京发行所

印刷:保定大丰彩印厂

开本:32 印张:425 印数:6000

版次:1998 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

ISBN 7-80005-417-9/G. 126

定价:500.00 元(全 100 册)

《中华学生科普文库》编委会

- 主编** 刘以林 北京组稿中心总编辑
- 编委** 张 平 中国人民解放军总医院医学博士
- 袁曙宏 北京大学法学博士
- 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
- 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
- 祁述裕 北京大学文学博士
- 张同道 北京师范大学艺术美学博士
- 周泽汪 中国人民大学经济学博士
- 章启群 北京大学哲学博士

总 序

世界从蒙昧到明丽，科学关照的光辉几乎没终止过任何瞬间，一切模糊而不可能的场景，都极可能在科学的轻轻一点之下变得顺从、有序、飘逸而稳定。风送来精确和愉悦的气息，一个与智慧和灵感际遇的成果很可能转眼之间就以质感的方式来到人间。它在现实中矗立着，标明今天对于昨天的胜利；或者它宣布，一个科学的伟人已徐徐到来或骤然显现了。

在人类的黎明，或我们的知识所能知道的过去那些日子，我们确实可以看到科学在广博而漫长的区域经历了艰难与失败，但更以改变一切的举足轻重的力量推动了历史，卓然无匹地建立了一座座一望无际的光辉丰碑。信心、激情、热望与无限的快乐是这些丰碑中任何一座丰碑所暗示给我们的生活指向，使我们笃信勤奋、刻苦、热爱生活、深思高举是我们每个人所应该做的；与此同时，我们更加看到了科学本身深深的魅力，人文的或自然的，科学家的或某个具体事物的，如一

面垂天可鉴的镜子，我们因为要前进和向上，就无可回避地要站在它的面前梳理自己的理性和情感，并在它映照的深邃蕴含里汲取智慧与力量，从而使我们的创造性更加有所依凭，更加因为积累的丰厚而显得强劲可靠。伟大的、人所共知的科学家牛顿曾经说过一句人所共知的话，他的一切成就都是因为“站在巨人的肩膀上”的缘故，这是一个伟大心灵的谦逊，但更是一道人生智慧的风景，是牛顿在告诉我们，科学领域所既有的东西，我们应该知道的那一切，那就是“巨人的肩膀”，我们要“知道应该站上去”。为此，我们编委会和全体作者几十人，就自己的视野所能达到的、本世纪前有关科学的所有的一切，竭尽全能编撰了这套《中华学生科普文库》，期望学生的阅读世界能因此更多地渗入科学智慧的内容，也期望老师们能够关注这些科学本身所具有的普遍而非常的事物。

科学的魅力来源于它对人类发展根本上的推动，它的光荣是永远的。

刘以林

1998年3月，北京永定路121室

目 录

系统与系统工程	(1)
系统优化种种	(26)
图和网络	(58)
预测与对策与决策	(75)
前景广阔	(106)



系统与系统工程

1986 年美国“挑战者”号航天飞机起飞后爆炸，机上几名杰出科学家同时殉难。后来，美国宇航局委托荣获 1965 年诺贝尔物理学奖的 R. P. 费因曼教授主持调查这一不幸事故。他最后做出的结论是：1969 年由于运用了系统工程方法，成功地组织了阿波罗登月计划；这一次却由于没有充分运用系统工程，造成了悲剧。著名的上海医科大学肿瘤医院院长曹世龙教授总结该院治疗癌症达到很高水平的经验是：形成了有效的治癌系统工程。

当前，系统科学是软科学的尖端，系统工程则是系统科学的工程应用。上面两个例子可以证明，这门科学能在一切科学技术和生产活动中起作用，是发展高新科技必不可少的催化





剂、润滑剂和试剂。

系统科学理论与方法的产生和发展，虽然还只是近几十年的事，但系统思想的酝酿与形成，却是年代长远了。我们可以追溯到人类活动的远古时代。在我国丰富的历史文化遗产中，到处可以发现系统思想的痕迹。下面，就从我国古代的一个故事——“丁渭造宫”谈起吧！

北宋年间（998～1022），有一天皇帝居住的皇城（今河南开封）不慎失火，规模巨大的皇宫在一夜之间化为断壁残垣。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，使丁渭头痛的3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. 清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

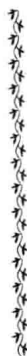
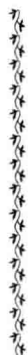
首先，丁渭把烧毁了的皇宫前面的一条大街挖成了一条又深又宽的沟渠，用挖出的泥土



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、木头的船只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，他再将沟里的水放掉，并把建筑皇宫的废弃杂物——建筑垃圾统统填入沟内，这样又恢复了皇宫面前宽阔的大道。

显然，这是一个非常杰出的方案。首先，丁渭就地取土烧砖，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。

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。

何谓系统工程

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。

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，房屋建筑与丁渭那个时代相比已发生了翻天覆地的变化，但建筑材料至今仍是以砖、砂、石、木料等为基础原材料，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做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、石被散化地堆放在建筑工地上，不但不起眼，而且还有点儿令人看不顺眼，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——还是那些看上去不起眼的平凡的砖、砂、石，转眼之间就变成了一幢幢高耸入云、美观漂亮、整齐别致而生气勃勃的建筑物。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……

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、砂、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

科学是人类进步的阶梯



科学是人类进步的阶梯



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）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放或集合在一块，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”。

如，钟表是一个系统，它是由许多零件（元素）：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。

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，总是有某种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——尽管医院、商店等都是房屋建筑，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”上做些调整、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……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。

到此，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”是由相互作用和相互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 3 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”。

系统各元素间按一定的方式相互联系，相互制约，各元素间总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”。

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。对于那些自然而然的固有系统，如宇宙、地球、太阳系、银河系等，我们把它叫做“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。

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。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，有时就把“家庭”这个系统称做上一层系统——社会系统的子系统。由此，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，就像社会系统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

科学是人类对自然界的认识



科学是人类对自然界的认识



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。在电话系统中，运用了大量的系统工作思想。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”，等等。

交通系统：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，甚至于员工素质、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