

铁路实用系统工程

谷长森等 编著

中国铁道出版社

1994年·北京

序

铁路企业是一个复杂的大系统，利用系统工程方法来解决铁路企业运行、管理、决策、评价和安全等问题是一个新的方向，它将大大提高铁路企业的效率和安全质量。《铁路实用系统工程》一书是铁路部门科技管理人员在深入学习研究系统工程的基础上，结合铁路实际问题编写成的。书中既有系统工程的基础知识，又有紧密结合铁路实际的应用知识，是一本理论紧密联系实际的好书。本书还有一些新的特色，例如非常注意人的创造力，把硬的系统与人的创造性紧密结合。书中对价值分析的介绍也具有新意。铁路没有安全也就没有效率，书中有整整一篇对铁路安全系统工程作了很好的介绍。特别结合部管理、有效系统管理法、铁路局现代化管理模式和铁路运输应用系统分析等内容，在国内其它系统工程书中很少有这样全面和仔细的介绍，其中不乏创新之处。这也是铁路系统职工在自己长期工作经验中总结出来的理论和方法。全书写得深入浅出，力图让更多的读者能够接受。

本书的出版对铁路企业职工学习系统工程知识，无疑是一本很好的基础教材，同时也是一本非常实用的读物，其中有些章节对其它行业也具有参考价值。

顾基发

1993年6月

(京)新登字063号

内 容 简 介

本书结合铁路实际,全面系统地介绍了系统工程的理论和优化技术,阐述了系统工程在铁路经营管理中的应用。其主要内容包括:系统工程与铁路管理;铁路常用系统预测、决策技术;铁路常用系统模型技术;铁路常用系统分析技术;铁路安全系统工程;铁路管理信息系统;铁路应用系统工程等。

本书可供企业领导者、经营管理人员和科技人员工作学习参考,也可作为大专院校有关专业教学参考书。

铁路实用系统工程

谷长森等 编著

*

中国铁道出版社出版发行

(北京市东单三条14号)

责任编辑 潘茂林 封面设计 赵敬宇

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 850×1168毫米1/32 印张: 14.5 字数: 374 千

1994年6月 第1版 第1次印刷

印数: 1—5000 册

ISBN7-113-01680-4/Z·101 定价: 13.50元

《铁路实用系统工程》编委

主编 谷长森

编委 (按姓氏笔划为序)

王德惠 刘而震 孙铁铮

谷长森 李荣和 胡志超

蔡新民

目 录

第一篇 总 论	(1)
第一章 系统工程与铁路管理	(1)
第一节 系统的概念	(1)
第二节 系统工程的概念	(4)
第三节 工程学的内核——系统思路	(7)
第四节 工程学的程序	(9)
第五节 工程学的理论基础和主要实施技术	(12)
第六节 系统分析	(16)
第七节 工程学的支柱——人的创造力	(19)
第八节 铁路企业系统工程	(23)
第二篇 铁路常用系统预测、决策技术	(29)
第二章 铁路常用系统预测技术	(29)
第一节 系统预测技术概述	(29)
第二节 铁路运输市场调查	(32)
第三节 特尔菲预测方法	(35)
第四节 时间序列分析预测方法	(35)
用移动平均法预测铁路客运量	(37)
用指数平滑法预测铁路货运量	(41)
第五节 回归分析预测方法	(43)
用一元线性回归法预测铁路货运量	(46)
第六节 马尔科夫预测法	(51)
客运输市场占有率预测	(54)
第三章 铁路常用系统决策技术	(56)

第一节	系统决策技术概述	(56)
第二节	确定型决策方法	(61)
第三节	风险型决策方法	(62)
第四节	决策树决策方法	(64)
第五节	不确定型决策方法	(68)
第六节	多目标决策方法	(77)
第七节	进口电力机车决策	(82)
第三篇	铁路常用系统模型技术	(87)
第四章	投入产出模型	(87)
第一节	投入产出表式模型	(87)
第二节	投入产出数学模型	(93)
第三节	铁路运输企业投入产出模型	(101)
第五章	线性规划模型	(112)
第一节	线性规划概述	(112)
第二节	铁路常用线性规划模型	(113)
一、	运输网发展模型	(113)
二、	运输模型	(115)
三、	车辆调度模型	(120)
四、	运输任务分配模型	(123)
五、	生产布局模型	(125)
第三节	线性规划的数学模型	(126)
第四节	线性规划模型的解法	(129)
第五节	运输模型的特殊解法——表上作业法	(143)
第六节	铁路经济调运大宗物资	(150)
第六章	排队模型	(154)
第一节	排队模型概述	(154)
第二节	泊松分布假设检验	(158)
第三节	排队模型	(161)
第四节	排队系统的经济分析——系统的	

最优化	(169)
第五节 铁路车站车场线路的配置	(171)
第七章 模拟模型	(172)
第一节 模拟模型概述	(172)
第二节 蒙特卡罗法	(176)
一、模拟铁路车务段日装车数量	(176)
二、模拟铁路车站货运处服务情况	(178)
第三节 数字计算机模拟铁路编组站	(180)
第八章 模糊模型	(185)
第一节 预备知识	(185)
第二节 模糊综合评判模型	(190)
第三节 铁路运输企业经济效益综合评判	(196)
第四篇 铁路常用系统分析技术	(202)
第九章 系统网络分析技术	(202)
第一节 系统网络分析技术概述	(202)
第二节 网络图及其绘制	(206)
第三节 网络图的时间参数及其计算	(211)
第四节 网络图的调整与优化	(223)
第五节 网络分析技术在无缝线路应力放散 施工中的应用	(233)
第十章 系统价值分析技术	(239)
第一节 系统价值分析技术概述	(239)
第二节 对象选择和情报收集	(245)
第三节 功能分析	(248)
第四节 方案创造	(256)
第五节 方案评价	(258)
第六节 价值分析的成果评价	(263)
第七节 价值分析技术在铁路物资采购中的 应用	(265)

第十一章	系统盈亏平衡分析技术	(271)
第一节	系统盈亏平衡分析技术概述	(271)
第二节	盈亏平衡分析模型	(275)
第三节	铁路分局盈亏平衡分析	(282)
第十二章	系统存贮分析技术	(290)
第一节	系统存贮分析概述	(290)
第二节	存贮模型	(292)
第三节	库存管理方法	(303)
第四节	铁路应用存贮分析技术	(305)
第十三章	系统设备更新分析技术	(311)
第一节	系统设备更新分析技术概述	(311)
第二节	设备最佳更新期的计算	(314)
第三节	设备的选择和评价	(316)
第四节	铁路设备更新的主要途径	(319)
第五节	铁路装载机更新分析	(321)
第五篇	铁路安全系统工程	(325)
第十四章	铁路安全系统工程概述	(325)
第一节	铁路安全系统工程的基本概念	(325)
第二节	事故树分析	(331)
第三节	安全心理分析	(349)
第十五章	铁路安全系统工程的应用	(353)
第一节	铁路分局的安全系统管理	(353)
第二节	事故树分析的应用	(363)
一、	“火车与汽车在道口相撞”事故树分析	(363)
二、	铁路常用事故树	(365)
第六篇	铁路管理信息系统	(368)
第十六章	铁路管理信息系统	(368)
第一节	铁路管理信息系统概述	(368)

第二节	铁路管理信息系统的结构	(369)
第三节	铁路管理信息系统的开发	(372)
第四节	铁路局管理信息系统的实际应用	(377)
第七篇	铁路应用系统工程	(385)
第十七章	铁路应用系统工程	(385)
第一节	铁路运输系统分析	(385)
一、	铁路运输系统分析概述	(385)
二、	路网编组站系统分析	(390)
三、	路网枢纽系统分析	(399)
四、	有卫星站的地区性枢纽系统分析	(419)
第二节	部分铁路局系统管理模式和方法	(434)
一、	结合部管理——上海铁路局	(434)
二、	有效系统管理法——北京铁路局	(443)
三、	“12611”管理模式——济南铁路局	(449)
主要参考文献		(452)
后 记		(453)

第一篇 总 论

第一章 系统工程与铁路管理

系统工程是当代正在发展和逐步完善的一门组织管理的工程技术。它打破了各学科之间的界限，沟通了自然科学和社会科学之间的联系，使人们摆脱了传统方法的束缚，为综合应用现代科学技术的最新成果提供了最有效的思路和方法，为解决极其庞大而复杂的系统问题开辟了新的途径。

铁路是我国国民经济的大动脉，现在它拥有 300 多万职工，1000 多亿元固定资产，53000 多公里营业线路。铁路要进行现代化建设，要提高运输能力，保证运输安全，减轻劳动强度，增加经济效益，实现优质服务，就必须理顺和协调铁路大系统的人与人、人与设备、固定设备与移动设备、点与线、点与点、线与线、铁路系统与周围环境的关系。要理顺和协调好这些关系，舍系统工程，别无更好的妙方良策。

第一节 系统的概念

一、系统的定义

系统是由两个以上相互联系、相互作用的要素所组成，具有特定结构和功能的有机整体。系统这一概念是人类在长期改造自然、改造社会的实践中，对事物整体性的认识而形成的。如果把世界看作一个系统，那末世界是由许多部分组成的。组成世界的各个部分之间是相互联系和相互作用的。

任何一个系统都不能孤立地存在。系统与系统的要素是相对而言的。在一个系统是要素的东西，对另一些要素讲则可以是系

统。每个系统都可以成为一个更大规模系统中的一个组成部分，例如各铁路分局对铁路局而言是要素，而对站段而言又是系统。这里存在着整体与部分之间的辩证关系。唯物辩证法认为，世界是由运动着的物质组成的，事物的存在不是孤立的、静止的，而是运动的、变化的、相互作用的。系统的定义体现了这一唯物辩证法观点。如果把某一系统作为研究对象，那末系统本身以外的联系部分便构成了系统的环境。系统由环境获取必要的物质、能量、信息，经过系统的加工，转化为新的物质、能量、信息，再进入环境。系统把一定的输入转换为一定的输出，就是系统的特定功能。环境对系统的作用，一方面提供必要的物质、能量、信息，另一方面对系统产生某种影响或制约。例如铁路运输系统与环境的联系，客货流输入运输系统，经过加工、转换，输出于环境的是人公里和吨公里。

二、系统的特征

系统一般具有以下几个基本特征：

集合性。系统至少由两个或两个以上可以区别的要素所组成。

相关性。构成系统的要素之间是按照一定的方式相互联系，相互依赖，相互作用的。

层次性。系统都有一定的层次结构，它可以分解为一系列的分系统，各分系统又可以由更低一级的子系统所组成。

整体性。构成系统的各个要素不是简单的集合。各要素尽管具有不同的性能，但它们能根据逻辑统一和协调的要求，构成具有特定功能的有机整体。

目的性。系统，特别是人造系统都具有明确的目的。

环境适应性。任何一个系统都存在于一定环境之中。输入必须来自环境，输出必须进入环境。系统的生命力在于适应环境的变化。

三、系统的分类

系统的分类，从不同的角度可以有多种分法。

（一）按自然属性分类

按自然属性，系统可分为：

1. 自然系统。它是由动植物、矿物等自然物自然形成的系统。如生态系统、气象系统。

2. 人造系统。它是人们为实现某种目的，而用某些有机联系的要素构成的系统。如交通运输系统、经济管理系统。

（二）按物质属性分类

按物质属性，系统可分为：

1. 实体系统。它是由生物、矿物、机械、能量等实体构成的系统。如牵引动力系统。

2. 概念系统。它是由概念、原理、原则、制度、程序等构成的系统。如哲学原理、经济理论。

（三）按运动属性分类

按运动属性，系统可分为：

1. 动态系统。它是各组成要素按照一定的规律不断运动变化着的系统，系统的状态变量随时间而变化。如社会系统、生产系统。

2. 静态系统。它是动态系统的一种极限状态，系统的状态变量不随时间而变化。如工厂的平面布置、封存的设备。

（四）按反馈属性分类

按反馈属性，系统可分为：

1. 开放系统。它是经常与周围环境发生物质、能量、信息或人员交换的系统。如人体系统、自动闭塞系统。

2. 封闭系统。它是在某种特定条件下，能够自行运转，不受外界条件影响的系统。如定时控制的交通指挥系统。

第二节 系统工程的概念

一、系统工程的定义

系统工程是组织管理系统的规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法，是一种对所有系统都具有普遍意义的方法。

系统工程是人们在社会实践活动中逐步建立起来的，它正处于发展和完善的过程中。对它的定义还有多种不同的说法，但有几点是共同的：第一，它是跨越许多学科的边缘学科；第二，它是一门软技术；第三，它的任务是实现系统最优化。

二、系统工程的基本原理

系统工程的基本原理，就是用搞工程的方法搞组织管理。它以系统为对象，把要组织和管理的事物，用概率、统计、运筹、模拟等方法，经过分析、推理、判断、综合，建成某种系统模型，进而以最优化的方法，求得系统的最佳结果。亦即经过工程过程，使系统达到技术上先进，经济上合算，时间上最省，能协调运转的最优效果。

三、系统工程的内容

系统工程主要是研究各类系统的特性和共性，它需要应用所有领域的科学技术成果，形成适应性强的一大门类技术。其重要内容有：系统工程的概念；系统模型技术；系统优化技术；系统分析技术；系统预测技术；系统决策技术；网络分析技术；系统信息技术；系统控制技术；系统可靠性技术；系统模拟技术；人一机工程技术等。

四、系统工程的应用范围

系统工程理论与技术方法的应用范围相当广泛。它除了可以应用于大型的工程项目、科学研究，还可以应用于社会系统、经

济系统、生态系统、军事系统、人体系统等。按系统以及专业性，可分为工程系统工程、企业系统工程、科学研究系统工程、信息系统工程、军事系统工程、人体系统工程、生物系统工程、社会系统工程、经济系统工程、教育系统工程、安全系统工程、环境系统工程等。随着系统工程理论和技术的发展，在实践中还会形成其它各门系统工程。

五、系统工程在现代科学技术体系中的地位

为了阐明系统工程在现代科学技术体系中的地位，我们首先应该了解现代科学技术体系的结构，其次还必须了解系统工程所属的系统科学在现代科学技术体系中的地位，再次还必须弄清系统工程在系统科学体系中的地位，则系统工程所处的地位就一目了然了。

我国著名科学家钱学森，根据现代科学技术发展的特点，总结概括已有科学技术分支，首先提出了一个符合科学技术发展规律的现代科学技术体系结构。该结构是一个纵横交错的矩阵式结构。如图 1—1 所示。

该结构，从纵向划分有四个层次：（1）直接改造客观世界的工程技术；（2）为工程技术直接提供理论基础的技术科学；

（3）在技术科学的基础上进一步抽象概括，揭示事物客观规律基本理论的基础科学；（4）在基础科学的基础上，再进一步抽象概括为对整个世界（自然界、社会和思维）认识的根本观点体系，是自然知识和社会知识的科学概括和总结，就是马克思主义哲学。

从横向划分，到目前为止有十大部门：（1）自然科学；（2）社会科学；（3）数学科学；（4）系统科学；（5）思维科学；（6）人体科学；（7）行为科学；（8）军事科学；（9）文艺理论；（10）地理科学。今后随着科学技术的发展，还会增加新的学科门类。

系统科学是现代科学技术体系中一个科学技术部门。它的工

程技术层次是各门系统工程；它的技术科学层次是运筹学、控制论、信息论；它的基础科学层次是正在形成的系统学；它的哲学层次是系统论，是辩证唯物主义的一部分。

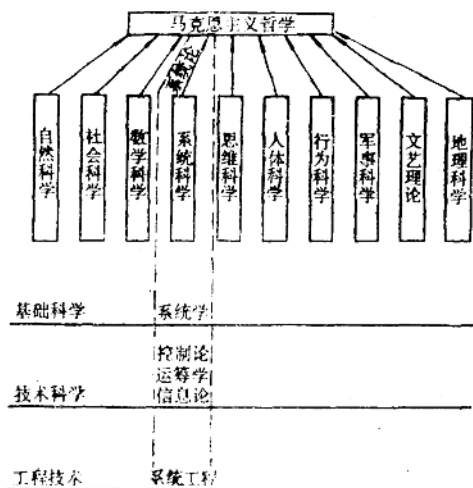


图1-1 现代科学技术体系结构

现代科学技术体系已经形成一个纵横交错的网络结构，系统工程处于十分有利的地位。它左右逢源，上下受益。它通过系统科学的各组成部分，与各门科学和各种专业多边相交，广泛交流大量有效信息。在现代科学和现代社会的广阔天地里，系统工程纵横驰骋，大显神通。

六、系统工程的产生和发展

20世纪40年代，美国贝尔实验室的管理人员在研制微波通讯网络时认识到，如果仅仅有第一流的科学家，单纯地搞新技术，研制新设备，效果并不一定好。必须把资源、需要、技术、经济、社会等因素结合起来，统筹考虑，模拟出各种可行的方案，

然后选出合理、经济的方案，作出正确的决策，才能取得好的效果。当时他们把这一套科学管理的方法叫做系统工程。

1957年美国学者古德（H. Goode）和麦克霍尔（R. Machol）合著《系统工程》一书出版，标志着系统工程学科形成。

随着现代工业和科学技术的发展，许多国家在工业、农业、科研、经济管理、军事等领域里广泛地应用系统工程。美国的阿波罗登月工程是系统工程的全盛时期。该工程的成功引起了全世界各国对系统工程的极大兴趣。

从1964年起，美国每年都举行系统工程年会，出版专刊。美国现有系统工程师300万人以上。1965年英国兰开斯特大学第一个成立了系统工程学系。60年代末，日本从美国大量地引进技术和资料，出版了《系统工程学讲座》丛书，成立了系统工程研究机构。60年代开始，原苏联在国民经济计划协调和军事管理方面，也积极地开展了系统工程的研究。许多国家纷纷设立专门的研究机构，人们称它们是企业和政府的“智囊团”、“思维库”。

1978年，著名科学家钱学森等开始在我国倡导系统工程，十多年来得到了迅速的发展。1980年中国科学院成立了系统科学研究所，11月成立了中国系统工程学会。许多高等院校组建了系统工程系、研究所或研究室。系统工程已在全国得到了广泛地应用，并取得了巨大的效益。

第三节 系统工程的内核——系统思路

系统工程可以定义为按照系统思路，在某种特定的条件下，在某种指定的意义上，使所要处理的事物达到最好、较好或令人满意的一大门类的工程技术和方法。系统思路在工程学的实际应用中起着主导和核心的作用，系统思路是工程学的内核。

系统思路是系统思想和系统方法的泛称。按照系统思路去研究处理一个事物，即把所要处理的一个事物看作为一个系统，既要看到其中的组成部分（要素或子系统），又要看到这些部分的相互联系和相互作用（关联），以及它们同周围环境之间的相互

联系和相互作用（关联），并从总体的角度把系统中的人、物、能量和信息加以处理和协调。

系统思路的主要内容有以下三点：

一、整体功能和效益是认识和解决问题的出发点和归宿

把研究对象系统作为一个整体进行分析，既要注意整体中各个部分的相互联系和相互制约关系，又要注意各个组成要素间的协调配合，服从整体优化的要求。系统作为整体它的性质和功能不是各个要素的性质和功能的简单相加。也不能把整体的性质和功能还原于要素的性质和功能。系统的整体性要求我们在观察和处理问题时，要在立足整体总揽全局的前提下，认识各个部分的价值，处理好局部性的问题。整体功能和效益是认识和解决问题的出发点和归宿。

二、把握系统的结构性和层次性

综合考虑系统的运动和变化，要把握系统的结构性和层次性。系统的结构性指的是系统中诸要素之间的关系。所谓结构，即系统内部各个要素相互联系和相互作用的方式，其中包括一定的比例、一定的秩序、一定的结合方式等。任何系统都有相对稳定的结构。合理的结构会促进系统的发展，不合理的结构则会延缓甚至阻碍系统的发展。系统的结构性要求优化结构，以实现系统的整体的最佳功能。系统的层次性指的是系统的层次结构和层次之间的关系，所谓层次是指系统和要素之间的地位、等级的相互关系。系统的层次性要求处理好系统不同层次之间的关系，注意它们之间的区别和联系，抓住关键的层次。

三、系统应适应环境的变化

每一具体系统都同周围环境相互联系相互作用着，环境是系统存在和发展的不可缺少的条件。这就要求我们高度重视，注意研究系统的环境变化规律及其对系统的影响，使系统适应环境变