

水运运输系统分析

Shuiyun Yunshu Xitong Fenxi

蔡庆麟 胡玉奎 李荣莹 编著

人民交通出版社

运输系统作为一个复杂的系统工程，它是由多种因素构成，又与外部许多因素相互影响的一个有机体。这样一个复杂系统，其自身是在不断地发展和变化的。系统动力学作为一个“政策试验室”，它提供了一种方法，强调从系统的内在机制，以及系统与其环境的相互作用机制入手，通过信息反馈，把握系统的发展，定量描述系统的动态发展过程，为我们研究复杂的系统问题提供了强有力的工具。系统动力学是在50年代中由美国麻省理工学院教授J.W福莱斯特提出的一种处理复杂系统的一种方法，国外已有广泛地应用。我们在本书中介绍这种方法，并在运输系统分析中摸索着应用还刚刚起步，尚需积累经验用好它。

另外，在相应的各章里，作者还介绍了作者本人在多年科研工作中水运系统分析方面的一些实例。

这本书是一个尝试，因为作为系统论的理论和方法在交通运输中的应用历史不长，无疑尚有许多理论问题尚待深入研究。现代科学正在相互渗透，在渗透过程中出现一个个边缘学科，促进科学技术的发展，解决了许多生产实际问题，这是当前软科学发展的一般特点，作者致力于这本书的目的也在于此。

本书的第一、二、三、四、五篇由蔡庆麟执笔，第六篇由李荣萱执笔、胡玉奎副教授审核。全书由蔡庆麟统校。

最后，向热情支持本书出版和提供资料的朋友们表示衷心感谢，敬请读者批评指正。

编者

1989年10月

内 容 提 要

本书是以系统论的思想和方法,对组成水运运输系统的各环节——物流系统、港口系统、船舶系统、管理信息系统进行了综合分析,提出了对水运运输系统进行系统分析的一般原则、方法、系统分析的若干数学模型、协调发展的措施,提高运输综合经济效益的途径。本书所阐述的一些原则和方法,对制定交通运输长远发展规划、运输系统的建设、宏观经济决策、发展战略研究具有一定的参考价值。

本书可作为高等院校从事交通运输专业的研究生、本科生的参考教材,也可作为从事交通运输系统工作的技术人员、领导干部、科研工作人员的参考资料。

水运运输系统分析

蔡庆麟 胡玉奎 李荣萱 编著

插图设计:秦淑珍 正文设计:乔文平 责任校对:赵伦伶

人民交通出版社出版发行

(100013北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

人民交通出版社印刷厂印刷

开本:850×1168 $\frac{1}{32}$ 印张:11.75字数:306千

1991年2月 第1版

1991年2月 第1版 第1次印刷

印数:0001—2,000册 定价:12.00元

ISBN7-114-00945-3
U·00007

序 言

随着技术的进步和现代科学的飞跃发展，使人们在国民经济或其它宏观问题的研究中，在研究方法上出现了一种可能以有机的整体取代孤立的局部的解决办法，这就是系统论的理论和办法。当把国民经济作为大系统研究时，这种方法显示了被简单分解和简单相加时所没有的奇异特征。正如奥地利生物学家、一般系统论的创始者 L. V. 贝培朗非关于组成系统的著名定律所指出的：“整体大于各孤立部分的总和”。其要义是：复杂现象“大于”单独加以研究的因果链组成部分的属性的简单总和。按照这个定律，交通运输系统的整体效益，应该建立在其各组成部分的效益之上，然而又大于各组成部分的效益之和。水运运输系统分析的研究正是基于这样的追求而展开的。

众所周知，由于我们过去缺乏系统论的全局观点，其教训记忆犹新。我们国家长期来国民经济的发展，比较重视速度，轻视比例，重视基建，轻视生产，固定资产投资规模过大，消费基金增长过猛，社会总需求超过总供给，严重地破坏了国民经济结构，造成发展比例失调，不得已每隔几年都要进行一次国民经济的调整。

交通运输同样存在类似情况，由于长期来重生产轻交通，致使交通运输业成为薄弱环节，严重阻碍国民经济发展速度，造成生产的巨大损失和交通紧张的局面，这种不平衡现象现在已经被越来越多的人所认识。水运业内部的不平衡性也是众所周知的事实，70年代以来的几次港口严重堵塞，船舶的大量排队，造成的经济损失也是巨大的。

以上事实说明，由于指导思想缺乏系统的观点，计划不能准确地体现经济规律的客观要求，足以造成多么大的政策失误。

在现代经济的宏观控制中，定量分析具有越来越重要的意义。系统论强调在定性研究的基础上对系统的性质进行数学描述，对系统内部各部分的功能作出定量的分析，从而建立高效的控制系统，建立整体系统的平衡。

按照系统论的整体性原则，对于水运来说，应把水运系统作为一个整体看待，从货源、船舶、航道、港口及其相关的外部环境等诸方面的联系中研究供求平衡，而不是从一个一个单方面入手去孤立地追求平衡，因为单方面平衡的简单相加不等于整体的平衡。我们的目标是要建立一个高效的合理的现代化的整体平衡的水上运输系统。

按照系统论的协同性原则，为了追求水运系统的总体平衡和总体经济效益的最优，可能伴随着单方面的不平衡和局部经济效益的降低。如港航关系的问题，由于泊位能力不足，船舶大量排队，从局部利益来看，排队对船舶本身不仅是运能的浪费，而伴随的是经济的损失，国际信誉受到严重影响，但对港口而论，效益则可能是很好的，从国民经济的整体上看能说是正常的吗？再从运输系统中的港口运输分系统来看，泊位能力、库场能力、集疏运能力互不配套，相互制约，整体能力不能充分发挥。因此，不能由局部来否定整体，更不能为了某些局部效益的提高损害整体效益。

按照系统论的动态性原则，应把水运系统视为运动中的系统。这种运动不是自发的，而是具有高度的主动性的。我们有必要认识这种自我控制，自我调节，自我发展的功能，并且创造条件使之充分发挥这种功能，使这种控制为水运系统朝着效益最大化的目标发展。这种控制是通过系统的规划，系统的信息反馈和系统的及时调整来体现的。

水运运输系统分析一书即本着上述观点，对构成水运运输系统的诸多环节进行深入的分析，以整个系统最优化的原则寻求整体的平衡。实现运输效益最大化的工作，本身就是一项意义重大的社会经济系统工程，需要各方面的专家参加，需要大量的资料

和计算机技术。然而，巨大的工程总是始于一砖一瓦。本书试图从运输需求的角度，研究水运运输诸多环节的平衡关系作一尝试，为这项伟大的社会经济系统工程添砖加瓦。

本书共分六篇十九章。

第一篇 系统分析

本篇主要介绍系统分析的一般原理、方法和分析的指标体系，使读者对系统分析能获得一般的概念。

第二篇 水运运输系统在国民经济中的地位和作用的分析

这一篇里，作者介绍了世界运输业发展的一般概念和特点，分析了国民经济发展对运输业的需求，以及我国水运业发展的基本框架，作者试图从探讨2000年我国水运业的发展战略角度作一些政策上的建议。

第三篇 水运运输系统结构分析

这是本书的重点，作者把水运运输结构分成物流系统、港口运输系统和船舶运输系统三个分系统，即从港、船、货、装、运、卸各主要环节进行协调平衡，这里，作者提出了协调平衡的一般原则和具体方法。

第四篇 运输管理协调技术

任何系统的运行都贯穿着管理技术，再好的系统如果没有人的组织和管理都将处于瘫痪状态。在本篇里，作者介绍了管理系统工程的原则和方法，生产调度方面的一些数学模型，管理信息系统的概念。其目的是要说明现代化的运输系统要有现代化的管理技术作支持，才能发挥整体效益最大化的作用。确切地说，运输系统的结构应该包括管理信息系统的概念。

第五篇 运输系统经济效益分析

这一篇里，作者主要介绍了如何利用投入产出法分析运输系统的经济效益，介绍了当前国外运用较广的一些经济分析模型。当我们的经济管理真正进入科学管理的时候，这些分析模型将会成为科学管理的一种分析手段，这是作者介绍它们的目的。

第六篇 运输系统动力学分析

目 录

第一篇 系统分析

第一章 系统	1
第一节 系统概念	1
第二节 系统的分类	2
第三节 系统的共性与特性	3
第四节 系统的功效	6
第五节 系统的控制	7
第二章 系统分析的准则	13
第一节 系统分析的概念	13
第二节 系统分析的准则	14
第三章 系统分析的方法	15
第一节 系统分析的步骤	15
第二节 系统分析的方法	16
第三节 系统分析的指标体系	24

第二篇 水运运输系统在国民经济中的地位 和作用的分析

第四章 我国运输业所处的世界环境	22
第一节 世界新技术革命对运输业的影响	28
第二节 我国运输业存在的基本问题	32
第五章 综合运输体系	37
第一节 交通运输系统结构和特点	37
第二节 各种交通工具的服务范围	39
第三节 综合运输系统	41
第六章 水运的地位和运输框架	43

第一节	国民经济的发展对运输的需求	43
第二节	运输网的空闻布局	47
第三节	水运运输系统的基本框架	49

第三篇 水运系统结构分析

第七章	物流系统结构分析	50
第一节	物流系统的概念	51
第二节	物流成本要素分析	52
第三节	物流系统的发展	54
第四节	物流需求预测	59
第五节	物流系统规划	108
第八章	港口运输系统分析	111
第一节	港口在运输系统中的地位和作用	111
第二节	港口规划设计系统分析	112
第三节	港口运输系统的综合通过能力分析	113
第四节	港口疏运系统分析	115
第五节	港口运输系统的弹性分析	116
第九章	船舶运输系统分析	118
第一节	船舶运输系统分析的概念	118
第二节	船舶运输系统的优化方法	119
第三节	几个主要货种运输系统的特点	125

第四篇 运输管理协调技术

第十章	运输管理系统的描述	130
第一节	运输管理系统的概念	130
第二节	运输管理系统工程研究的内容	134
第三节	运输管理系统工程解决问题的基本方法	136
第十一章	生产调度中数学规划模型	141
第一节	船舶调度与管理的经济效果	141
第二节	合理规划货物流向	142

第三节	船舶运行图的优化·····	148
第四节	按航线和航向配船的优化·····	153
第五节	船舶航次配载的优化·····	159
第六节	运输系统计算机模拟·····	161
第七节	运输网络模型·····	167
第八节	网络分析技术·····	186
第十二章	运输管理中的价值工程方法·····	216
第一节	运输管理中的价值工程概念·····	216
第二节	价值、功能、成本的关系及提高价值的途径·····	218
第三节	运输管理中的价值工程方法和目标·····	219
第十三章	交通运输管理信息系统·····	222
第一节	信息在现代运输管理系统中的作用·····	223
第二节	现代运输中管理信息系统的建立·····	226

第五篇 运输系统经济效益分析

第十四章	运输系统经济效益的投入产出分析·····	233
第一节	投入产出的分析方法·····	234
第二节	投入和产出的比率分析·····	235
第三节	生产率网络、成本结构和管理控制比率图——戈尔特模型的应用·····	237
第十五章	运输系统经济效益分析的增量计算规则·····	243
第一节	加法规则·····	243
第二节	减法规则·····	246
第三节	乘法规则·····	247
第四节	除法规则·····	252
第十六章	成本模型·····	253
第一节	总成本和单位成本模型·····	253
第二节	各种成本模型·····	255
第三节	劳动生产率的影响·····	260

第四节	机械化程度的影响	263
-----	----------	-----

第六篇 运输系统动力学分析

第十七章	概论	267
第一节	运输系统实践与认识	267
第二节	运输发展战略实验室	271
第三节	针对问题建立模型	275
第四节	系统动力学研究方法	282
第十八章	运输系统动力学原理	286
第一节	因果关系分析	286
第二节	系统流图	291
第三节	积累的描述	295
第四节	构造方程式	303
第十九章	区域运输系统动力学模型分析	309
第一节	模型因果关系分析	309
第二节	模型系统流图分析	316
第三节	模型构造方程式分析	325
第四节	运输发展政策分析	331
附录一	区域运输系统动力学模型构造方程	344
附录二	区域运输系统动力学模型变量说明	357
参考资料	目录	364

第一篇 系统分析

第一章 系 统

第一节 系统概念

系统论是一门新学科，属于逻辑和数学领域。系统论认为：宇宙中一切有机体都是一个整体，是一个有机的系统，是一个由许多部分组合而成的整体。其特性不是各部分彼此相加的总和；一切有机体本身均处于积极的运动状态，是随时间、条件变化着的；各种有机体都严格按一定的结构层次组织起来，通过各层次的逐级组合而形成越来越高级、越来越庞大的系统。

系统理论不能仅当作数学理论来对待，因为许多系统不能完全用现代数学概念来解答，需要从系统观点来认识和分析客观事物。因此，系统论的研究领域十分广阔，包括一切与系统有关的自然科学、社会科学、技术科学和管理科学。系统论促进了现代科学技术发展的整体化趋势，使许多学科面目焕然一新，生机勃勃。系统整体性是现代科学的时代精神。特别是从60年代普里高津耗散结构理论的提出和70年代哈肯协同论的崛起，把系统整体观推进到了一个新领域。系统论为使人类走向系统的时代奠定了理论基础。

关于系统的定义有许多说法，但大多是大同小异，通俗地说，系统说的是一个有组织、有秩序地达到某种目的的组合体。例如交通运输大系统，就有铁路、公路、水运、航空、管道五种运输方式组合起来的，要达到最优规划、最优运行、最合理地为国民经济发展服务为目标的组合体。因此，尽管不想给“系统”

这一概念下定义，但总还可以得出这个术语的某些不变的内容。这就是：

系统是相互联系的各个要素完整的综合体，系统起码是由两个或两个以上的可以相互区别的要素所组成：

组成系统的要素是相互联系，相互作用的，要素之间要有相关性，若要素之间没有任何关系，则它仍然不能称其为系统；

任何一个被研究的系统通常都是更高层次系统的一个组成部分，具有独立的功能，又逻辑地统一或协调于更高层次系统的整体之中；

任何系统都存在于一定的物质环境之中，它必须要与外部环境产生物质的、能量的、信息的交换，必须适应外部环境的变化。能够经常与外部环境保持最佳适应状态的系统是理想的系统。

如果对“系统”的概念赋予这样的内容，并且认为系统的观点是以被研究对象的整体性、叠加的有机性、内部能动性和动态论的观念为基础，然后，我们便可以根据某些最重要的特征对系统加以分类。

第二节 系统的分类

1. 按与外界环境的联系划分

在系统的集合中，从其与外界环境的联系的角度来看，可以区分出绝对的独立系统和相对的独立系统。绝对的独立系统（“封闭系统”）就是那些不受外界环境的影响，而本身对外界环境也没有任何影响的系统；而相对的独立系统（“开放系统”）则通过一定的被称为输入的有限通道受外界环境的作用，并且本身也通过被称为输出的通道而作用于外界环境。也允许系统的输出同时又是它的输入。

这种系统的每一输入和输出，在确定的瞬间内，只接受一个不同状态。系统的各个输入和（或）输出的各种状态，就是该系

统状态的表征。通过系统各个状态的集合就可描述整个系统。

2. 按复杂程度划分

按照复杂程度，可把系统划分为简单系统和复杂系统。经济系统的复杂性，要视对于对象或现象进行研究的不同方面有多少面决定。譬如，船队工作计划的系统要同时计及全部成果指标：运量（按吨、吨海里、货种和航线计算），完成该项运量的时间，船舶吨位的占用量，营运费用，外汇收入等。从这一观点来看，对一个被研究的现象至少可以在两个方面进行研究时，这种系统才称为复杂系统。

英国控制论学者斯塔弗德·比尔在论述系统时，建议按复杂程度把系统划分为简单系统、可描述的复杂系统和最复杂系统。另外，他还按照系统的性质、系统客观存在的因果联系，把所有系统划分为确定型系统和随机型系统。

在确定型系统中，所有的要素能以准确预见的方式而相互作用，譬如按一定的工艺进行零件加工，按规定的工艺进行船舶装卸等。

在随机型系统内，对其行为不能够作出准确的预见，但可以有一定的概率来预期某一被预测的事件的出现。气象预报系统、海上运输系统等都是随机系统的典型实例。

3. 按构成部分的内容特征划分

按各构成部分的内容特征，可把系统划分为物质系统和信息系统。

物质系统，例如供水或供电系统，作为工程构造物的船舶、装卸机械、港口仓库等。

信息系统，诸如调度员及其管理的船队，交通部、海运局等。

第三节 系统的共性与特性

系统有多种形式，千变万化，但作为系统都具有某些共性，

同时又具有其特性。

共性方面表现如下：

1. 系统的层次性或有序性

凡是系统都有结构、结构都是有层次的。系统往往是以多级递阶结构组成的。一个大系统可分为若干子系统，子系统还可分成若干子系统，还可再分至组合系统的最小单元。例如，对于港口系统来说，相对于它高一级的水运运输系统是子系统，而对于港内各作业区系统又是个大系统。港口系统内的层次可表示如下：

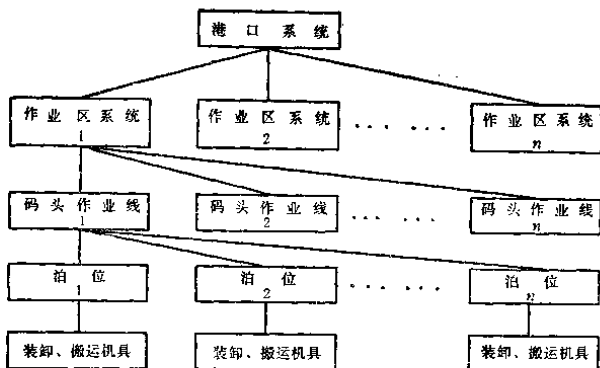


图1.1 港口系统层次结构

从港口通过能力结构看，首先它是由泊位通过能力、库场通过能力、集疏运系统通过能力、机械装卸能力、工人操作能力、港内运输能力等各主要环节能力的合理组合。它们通过人-机系统共同有机地组成港口通过能力系统。

2. 系统的集合性

一个系统至少由两个以上的子系统构成。构成系统时，必不可少的子系统称为要素。如把人作为一个大系统来看，各种器

官、躯体等都是子系统。人若缺了一手一脚尚可生存，但缺了心脏、脑便失去生命。因此心脏、脑便是要素子系统。港口系统中机械不足，装卸尚可进行，没有码头便无法进行正常装卸，这就是系统的集合性。

3. 系统的相关性和整体性

系统内各子系统间的联系表现为相互依存、相互制约。这种依存和制约关系是通过大系统这个整体相联系的。正是由于子系统中各子系统和大系统间存在着相互依存关系，因而就产生了制约作用。大系统的存在和发展是各子系统存在和发展的前提，而各子系统本身的发展就受大系统和其他各子系统的制约。

如上所述，港口能力是由各主要环节能力合理组合形成的。它们之间的能力是相互协调，相互衔接形成整体的。系统与子系统之间的关系，都要以整体为准则进行协调和平衡，这就是局部和整体之间的关系，所追求的目的是以整体效果最优为优。

系统的特性表现如下：

系统的层次是由低级向高级发展的。高级层次具有低级层次的共性，但不具备低级层次的特性。生物系统比无机系统高一个层次，社会系统比生物系统又高了一个层次。由于参与社会系统的人是具有意识的，人造系统一定是具有目的性、环境适应性和环境改造性。

1. 目的性

目的性系统都有明确的总目的，系统中各子系统是为了完成大系统的既定目标而协同工作。它们应在总目的的指引下协同配合，分工合作，完成自己的分目的。交通运输系统是为国民经济发展提供运输服务的，组成运输系统的各种运输方式都是为大系统的总目标服务，而各种运输方式之间必须协调配合，分工合作，这种配合与合作也是各子系统的目的性。

2. 环境适应性

大系统中其他子系统对于某一子系统来说就是环境。各子系统中与其他子系统之间产生物质、能量、信息的流通。任何一个

系统必须要适应外部环境的变化，才能达到大系统的总目的与子系统的分目的。如一个港口，要了解所担负的客货运输任务，就要了解自己的腹地范围、工农业的发展、生产力布局、产品结构的变化、国家和外贸的要求。如果客观上客货运量发生了变化，则必须采取相应的措施，及时调整战略决策，以适应环境的变化从而达到它们确定的目的。

3. 环境改造性

社会系统的基元是人，而人则具有改造环境的能力。对环境的改造能力是以知识的生产指导物质生产表现的。社会系统之所以具有环境改造性，正是由于人类能从事以知识生产为指导的物质生产。

第四节 系统的功效

功效是和系统的目的密切相关的。功效是系统为达到目的所具备的功能和效率。系统构造得好，控制得适当，系统的功能和效率就能充分发挥，否则系统便可能失去控制，甚至发挥出负功效出来。系统的效率是指系统达到目的的速度，即单位时间内系统所发挥的功能，同时也指系统发挥单位功能时所需消耗的劳力。

功效的分类。基于系统内各子系统所做的功对系统要达到的总目的的作用不同，可以分为正功效、无功效、虚功效和负功效四类。

1. 正功效

一切对于大系统达到目的起促进作用的子系统，所发挥的功效都是正功效。一般来说，子系统都应发挥正功效，发挥正功效的前提条件是目的性明确。首先需要明确大系统的目的，在此基础上明确本子系统在大系统中的作用和地位，以便确定子系统的目的，然后在系统运行中随时注意反馈，修正与目的相违背的行动，这就能发挥正功效。

2. 无功效

功效的实质是能力的表现。能力只有在运动中表现出来方可称为功效。由于种种主客观原因使能力无法表现时，则此系统便无功效。如停止了工作的机械是无功效的，但它的能力仍然存在。

3. 虚功效

虚功效和无功效不同。无功效是指由于不作功而对达到系统目的未起作用。虚功效是虽作功而对达到系统目的没有作用，即作了虚功。如机械的空转，管理系统中重叠机构的工作。

4. 负功效

虚功效向达到目的的相反方向前进一步便是负功效。负功效是指所作的功对大系统的目的起破坏作用。这种情况或由于系统设计中目的不明确，或因管理失误。

在系统设计中，一个协调配合，分工协作的系统必须避免作虚功和负功，无功效也是一种浪费，也应努力避免。

第五节 系统的控制

1. 控制的必要性

任何系统作为一个完整的构想都有其形式和内容。任何系统的基础都是该系统各个要素之间所进行的过程。正是这些过程构成系统的内容。在系统内发生的各个过程是该系统经常受到内在力和外界环境作用的结果。内在力是指保证系统的有序状态和给定的系统组织水平的控制作用。例如在海运业的运输业务中，调度工作就起着这种内在力的作用。

运输系统赖以运行的外界环境，可以包括货物的交运条件，航行条件，各相邻运输方式之间的协作，以及其它那些力图使系统失衡和降低其组织水平的扰动影响。譬如，如果把配有一定艘数船舶的班轮航线运输看作为一个系统，这个系统的运行在时间上和空间上都有限定，运行的节奏和每项操作都要一个接一个地有逻辑地进行，这里内在力和外在力的作用是均衡的。系统处于