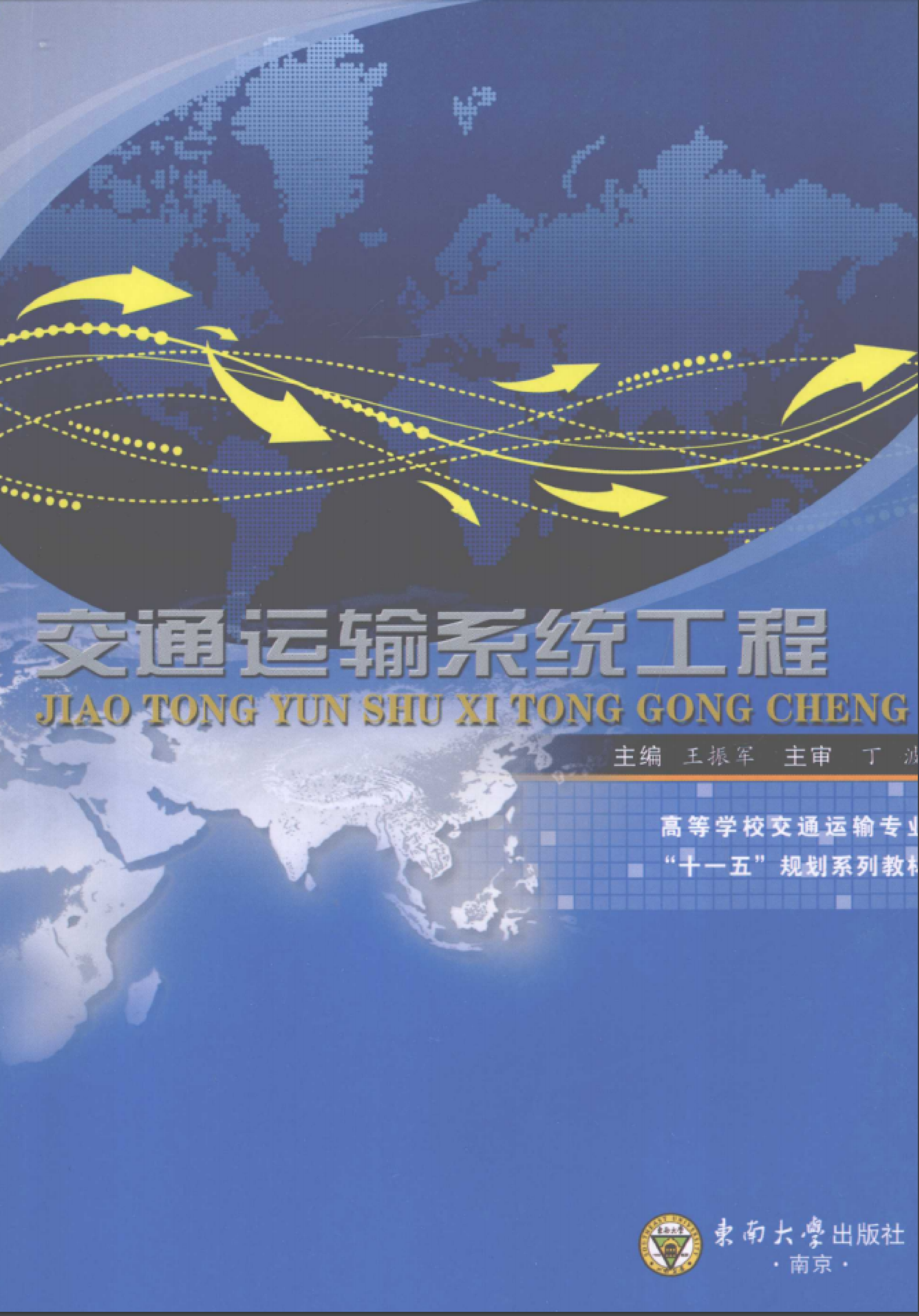




交通运输系统工程

JIAO TONG YUN SHU XI TONG GONG CHENG

主编 王振军 主审 丁 波

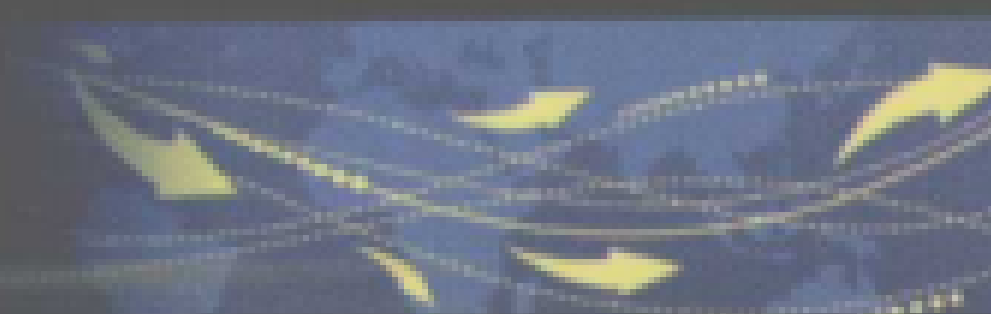
高等学校交通运输专业

“十一五”规划系列教材



东南大学出版社
· 南京 ·

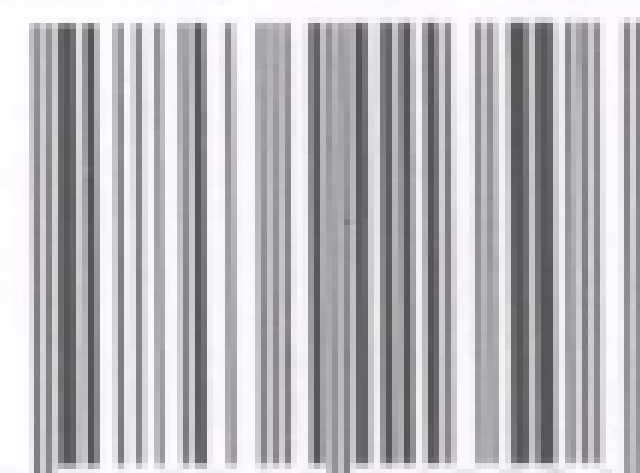
高等学校交通运输专业
“十一五”规划系列教材



选题总策划 李 玉
文字编辑 莫凌燕
责任编辑 张文礼
封面设计 萧千皓

- 运输工程 ☒
- 运输经济学 ☐
- 载运工具原理及应用 ☒
- 运输组织学 ☐
- 区域运输系统规划与设计 ☐
- 供应链管理 ☒
- 物流信息技术 ☐
- 物流系统规划与设计 ☐
- 交通运输企业管理 ☒
- 物流与运输法规 ☒
- 运输港站与枢纽 ☒
- 运输商务管理 ☐
- 交通运输信息管理 ☒
- 车辆检测与诊断技术 ☐
- 汽车维修工程 ☒
- 物流装备与运用 ☒
- 交通运输安全 ☐
- 交通运输系统工程 ☐
- 汽车运用工程 ☒

ISBN 978-7-5641-1350-6



9 787564 113506 >

定价: 29.00元

高等学校交通运输专业“十一五”规划系列教材

交通运输 系统工程

JIAO TONG YUN SHU XI TONG GONG CHENG

主 编 王振军
副主编 吴 彪
主 审 丁 波

主 审 丁 波

主 编 王振军

副主编 吴 彪
主 审 丁 波

主 审 丁 波

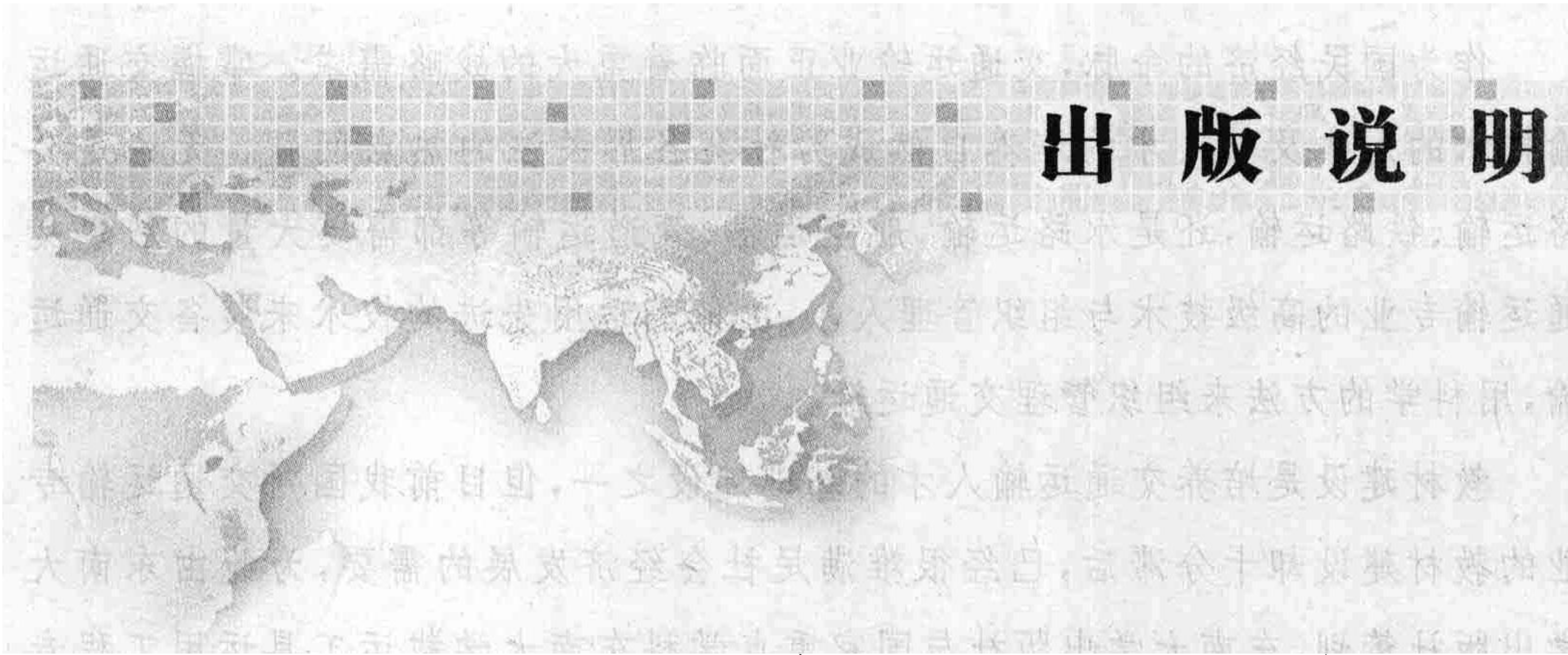
责任编辑 王 彪
封面设计 丁 波

ISBN 978-7-305-48111-1
定价 39.00元



东南大学出版社

· 南 京 ·



出版说明

作为国民经济的重要基础设施和基础产业,交通运输是社会经济发展的重要物质基础,其基本任务是通过提高整个运输业的能力和工作质量,来改善国家各经济区之间的运输联系,进而安全迅速、经济合理地组织旅客和货物运输,保证最大限度地满足社会和国防建设对运输的需求。

改革开放以来,我国加快了交通基础设施建设,交通运输业成为重点扶持的支柱产业之一,尤其是 20 世纪 90 年代以来,我国采取了一系列重大举措,增加投资力度,促进了交通运输业的快速发展。但是,我国目前的主要运输装备及核心技术水平与世界先进水平存在较大差距,运输供给能力不足,综合交通体系建设滞后,各种交通方式缺乏综合协调,交通能源消耗与环境污染问题严峻。

展望 21 世纪,我国交通运输业将在继续大力推进交通基础设施建设的基础上,依靠科技进步,着力解决好交通运输中

存在的诸多关键技术问题,包括来自环境、能源、安全等方面的众多挑战,建立起一个可持续性的新型综合交通运输体系,以满足全面建设小康社会对交通运输提出的更高要求。客运高速化、货运物流化、运营管理智能化将成为本世纪我国交通运输发展最明显的几个特征。

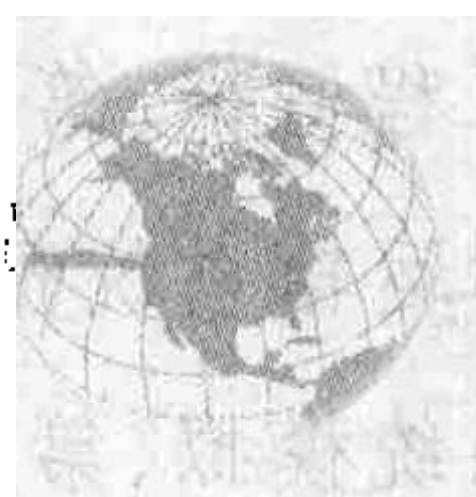
作为国民经济的命脉,交通运输业正面临着重大的战略需求。掌握交通运输技术的人才及其人才的培养自然成为社会各界关注的热点问题。无论是公路运输、铁路运输,还是水路运输、航空运输、管道运输等都需要大量的从事交通运输专业的高级技术与组织管理人才,由他们运用先进的技术来装备交通运输,用科学的方法来组织管理交通运输。

教材建设是培养交通运输人才的基础建设之一,但目前我国对交通运输专业的教材建设却十分滞后,已经很难满足社会经济发展的需要,为此由东南大学出版社策划,东南大学出版社与国家重点学科东南大学载运工具运用工程专家共同组织有关高校在交通运输专业有多年教学科研经验的教师编写了这套“高等学校交通运输专业‘十一五’规划系列教材”。该套教材融入了作者多年的教学实践及相关课题研究成果,注重交通运输实践性强的特点和科学技术不断向交通运输渗透的趋势,在阐述基本理论、基本方法的同时,引入了大量的实际案例,使这套教材有其显著的特点。相信这套教材的出版,将有助于我国交通运输专业人才的培养,有助于交通运输在我国的社会经济与国防建设中发挥出更大的作用。

高等学校交通运输专业“十一五”规划系列教材编写委员会

2007年12月

前 言



系统工程是以大型复杂系统为研究对象,按一定目的进行设计、开发、管理与控制,以期达到总体效果最优的理论与方法。

对于国民经济体系而言,生产、流动、分配、消费诸环节都要通过交通运输这个纽带形成一个统一的整体。生产工具、劳动产品以及劳动者本身的空间位置移动,是任何社会生产和再生产必须具备的条件,为了适应其他经济部门的需要,交通运输必须成为一个“先行”部门。现代化的交通运输系统是由铁路、水路、公路、航空、管道等部分组成的复杂系统。交通运输系统的特点是不产生新的产品,在其他条件相同的前提下,所消耗的劳动愈小,产生的社会劳动生产率愈高。因此,在交通运输领域中,大力推广系统工程的理论和方法,具有较强的现实意识和经济价值。

交通运输系统工程是以交通运输系统为研究对象的一

门技术,也是一门以交通运输专业知识、系统科学、运筹学、计算机应用技术为主体的综合交叉性课程,其基本思想是坚持整体观念、统筹兼顾,运用有关优化分析方法,实现交通运输系统整体性能的提高。

本书根据交通运输发展的需要,系统地介绍了运输系统工程的思想、原理、方法和应用,全书共分10章:第1章运输系统工程概论、第2章运输系统分析、第3章运输系统模型、第4章运输系统预测、第5章运输系统网络计划技术、第6章运输系统模拟、第7章运输系统评价、第8章运输系统决策、第9章运输决策支持系统、第10章智能运输系统。

本书由王振军主编。其中第1章、第2章由黑龙江工程学院吴彪编写,第3章、第7章由中国矿业大学王振军编写,第4章、第8章由东北林业大学张文会编写,第5章由南京农业大学陈青春编写,第6章、第9章由山东交通学院张良智编写,第10章由淮阴工学院夏立国编写。

本书在编写过程中,广泛参考了国内外许多文献资料,借鉴了许多专家学者的学术观点和最新研究成果,在此谨向这些文献资料的作者表示衷心的感谢和敬意。

交通运输系统工程是一门仍在不断探索、不断完善和成长的新兴学科,而我们水平有限,对学科的理解和把握尚有待进一步提高,故书中肯定存在不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者
2008年6月

目 录



1	运输系统工程概论	(1)
1.1	系统与系统工程	(1)
1.1.1	系统	(1)
1.1.2	系统工程	(11)
1.2	交通运输与交通运输系统	(22)
1.2.1	交通运输	(22)
1.2.2	交通运输系统	(25)
1.3	交通运输系统工程	(31)
1.3.1	交通运输系统工程的定义	(31)
1.3.2	运输系统工程的内容	(31)
1.3.3	交通运输系统工程实例	(32)
2	运输系统分析	(34)
2.1	运输系统分析概述	(34)
2.1.1	运输系统分析的概念及其要素	(34)
2.1.2	运输系统分析的特点与准则	(37)
2.1.3	运输系统分析的要点与步骤	(39)
2.2	运输系统目标分析	(41)
2.2.1	系统目标分析的意义	(41)
2.2.2	系统目标分析的原则	(42)
2.2.3	运输系统目标分析的内容	(42)
3	运输系统模型	(45)
3.1	系统模型概述	(45)
3.1.1	模型的定义和作用	(45)

3.1.2	模型的分类	(45)
3.1.3	构造模型的一般原则	(46)
3.1.4	建模的基本步骤	(46)
3.2	常用运输系统模型	(47)
3.2.1	运输问题	(47)
3.2.2	任务分配问题	(48)
3.2.3	货物配装问题	(48)
3.2.4	品种混装问题	(49)
3.3	运输系统结构分析	(50)
3.3.1	基本概念	(50)
3.3.2	运输系统结构分析的任务	(51)
3.3.3	系统要素集的分析	(53)
3.3.4	系统相关性的分析	(53)
3.3.5	系统阶层性的分析	(54)
3.3.6	系统整体性的分析	(55)
3.4	运输系统环境分析	(56)
3.4.1	运输系统环境分析的意义	(56)
3.4.2	系统与环境的关系	(56)
3.4.3	交通运输系统与环境	(57)
3.5	阿拉斯加原油输送方案的系统分析	(59)
3.5.1	任务与环境	(59)
3.5.2	备选方案与分析	(59)
3.5.3	方案的选择	(60)
4	运输系统预测	(61)
4.1	概述	(61)
4.1.1	预测的概念	(61)
4.1.2	预测的基本原理	(62)
4.1.3	预测的分类	(62)
4.1.4	预测的步骤	(64)
4.1.5	预测精度评价	(65)
4.2	定性预测方法	(66)
4.2.1	个人判断法	(66)
4.2.2	头脑风暴法	(66)
4.2.3	德尔斐法	(69)
4.2.4	对比类推法	(72)

4.2.5	交叉概率法	(73)
4.3	时间序列预测方法	(73)
4.3.1	简单平均法	(73)
4.3.2	移动平均法	(74)
4.3.3	指数平滑法	(77)
4.4	回归分析预测法	(80)
4.4.1	一元线性回归	(81)
4.4.2	多元线性回归	(84)
4.4.3	非线性回归分析	(88)
4.5	灰色预测方法	(89)
4.5.1	灰色预测理论	(89)
4.5.2	GM(1, 1)模型的建立	(89)
4.5.3	模型检验	(91)
4.5.4	案例	(92)
5	运输系统网络计划技术	(95)
5.1	概述	(95)
5.2	网络图的绘制	(96)
5.2.1	双代号网络图的构成要素	(96)
5.2.2	双代号网络图的绘制步骤	(97)
5.2.3	绘制双代号网络图的规则	(98)
5.2.4	虚工作处理	(99)
5.2.5	绘制双代号网络图的其他注意事项	(99)
5.3	网络图时间参数的计算	(101)
5.3.1	节点时间参数的计算	(101)
5.3.2	工作时间参数的计算	(103)
5.3.3	关键线路的确定	(105)
5.4	时标网络图的绘制	(105)
5.4.1	双代号时标网络图的规定	(106)
5.4.2	双代号时标网络图的绘制步骤	(106)
5.5	网络计划优化	(107)
5.5.1	工期优化	(108)
5.5.2	资源优化	(109)
5.5.3	费用优化	(113)
6	运输系统模拟	(118)
6.1	系统仿真与系统模拟	(118)

6.1.1	系统仿真	(118)
6.1.2	系统模拟	(119)
6.1.3	系统模拟的发展过程	(119)
6.1.4	系统模拟的功能	(120)
6.1.5	系统模拟的步骤	(120)
6.1.6	系统模拟的模型	(120)
6.2	蒙特卡罗模拟方法	(121)
6.2.1	蒙特卡罗模拟法的由来	(121)
6.2.2	蒙特卡罗法的原理与步骤	(121)
6.2.3	确定随机数的方法	(122)
6.2.4	随机模拟	(126)
6.3	系统动力学模拟方法	(130)
6.3.1	系统动力学概述	(130)
6.3.2	系统动力学方法模拟原理	(132)
6.3.3	系统动力学模型	(136)
6.4	运输系统模拟	(139)
6.4.1	排队论问题概述	(139)
6.4.2	服务系统模型	(143)
6.4.3	用随机概率模拟排队论问题	(146)
7	运输系统评价	(151)
7.1	概述	(151)
7.1.1	系统评价的原则	(151)
7.1.2	评价指标体系	(151)
7.1.3	系统评价的步骤	(152)
7.1.4	系统评价的方法	(152)
7.2	层次分析法	(153)
7.2.1	产生与发展	(153)
7.2.2	基本思想和实施步骤	(153)
7.2.3	案例	(156)
7.3	模糊综合评判法	(158)
7.3.1	基本原理	(158)
7.3.2	模糊综合评判的步骤	(158)
7.3.3	案例	(160)
8	运输系统决策	(163)
8.1	概述	(163)

8.1.1	决策的概念	(163)
8.1.2	决策的基本要素	(163)
8.1.3	决策的程序	(165)
8.1.4	决策的准则	(166)
8.1.5	决策的分类	(167)
8.1.6	运输系统决策	(168)
8.2	确定型运输决策问题	(168)
8.2.1	确定型决策的主要特征	(168)
8.2.2	确定型决策的方法	(168)
8.3	不确定型运输决策问题	(169)
8.3.1	乐观准则	(169)
8.3.2	悲观准则	(170)
8.3.3	折衷准则	(171)
8.3.4	遗憾准则	(172)
8.4	风险型运输决策问题	(173)
8.4.1	期望收益值法	(173)
8.4.2	期望损失值法	(174)
8.4.3	最大可能法	(175)
8.4.4	决策树法	(175)
9	运输决策支持系统	(179)
9.1	决策支持系统基础理论	(179)
9.1.1	决策支持系统基本概念	(179)
9.1.2	决策支持系统的功能	(179)
9.1.3	决策支持系统的特征	(180)
9.1.4	决策支持系统分类	(180)
9.1.5	决策支持系统的组成	(181)
9.1.6	决策支持系统的发展	(182)
9.2	决策支持系统典型技术	(183)
9.2.1	专家系统	(183)
9.2.2	人工神经网络	(184)
9.2.3	数据仓库和联机分析处理	(185)
9.2.4	遗传算法	(185)
9.2.5	群决策支持系统	(186)
9.2.6	综合决策支持系统	(186)
9.3	运输决策支持系统	(187)

9.3.1 用 Excel 工具进行决策支持分析 (187)

9.3.2 车辆路径决策支持系统 (190)

10 智能运输系统..... (194)

10.1 概述..... (194)

10.1.1 智能运输系统(ITS)概念 (194)

10.1.2 ITS 的应用范围 (195)

10.2 智能运输系统体系框架..... (196)

10.2.1 ITS 用户主体、服务主体与终端..... (196)

10.2.2 服务领域、用户服务和子服务 (202)

10.2.3 ITS 逻辑框架设计 (205)

10.2.4 ITS 物理框架设计 (206)

10.3 智能运输系统评价..... (207)

10.3.1 ITS 评价的意义、原则与程序 (207)

10.3.2 ITS 评价的内容 (208)

10.4 智能运输系统保障机制..... (223)

10.4.1 政策保障 (223)

10.4.2 经济保障 (224)

10.4.3 技术保障 (224)

10.4.4 社会文化环境保障 (225)

参考文献..... (226)

1 运输系统工程概论

现代交通运输发展最主要的特征就是各项交通活动之间存在着相互联系、相互制约的关系,是作为一个有机整体的一部分而存在的,这个有机整体就是交通运输系统。系统性是现代交通运输发展最基本的特性。因此,必须针对交通运输系统的特点,运用交通运输系统工程的理论和方法,才能解决交通运输系统规划、设计、分析、预测、评价、决策和优化等过程中的问题。交通运输系统工程是交通运输学与系统工程的交叉学科。

本章在简要介绍系统和系统工程的一般概念和特征的基础上,着重阐述交通运输系统的概念、要素及特点,介绍交通运输系统工程的概念、工作方法和所要解决的主要问题。

1.1 系统与系统工程

1.1.1 系统

1) 系统的概念和特性

(1) 系统的定义

“系统(System)”一词最早出现于古希腊语中,意为“部分组成的整体”。从中文字面看,“系”指关系、联系,“统”指有机统一,“系统”则指有机联系和统一。关于系统的定义,国内外有不同的说法,主要有以下几种:

① 一般系统理论创始人冯·贝塔朗菲(L. Von Bertalanffy)认为“系统是相互作用的诸要素的综合体”;

② Webster 大辞典中,系统被解释为“有组织或被组织的整体,被组合的整体所形成的各种概念和原理的综合,以有规则地相互作用、相互依赖的形式组成的诸要素的集合”;

③ 日本 JIS 标准中,系统被定义为“许多组成要素保持有机的次序,向同一目的行动的集合体”;

④《中国大百科全书·自动控制与系统工程》卷中的解释为“系统是由相互制约、相互作用的一些部分组成的具有某种功能的有机整体”；

⑤ 钱学森教授把系统定义为“系统是由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合而成的具有特定功能的有机整体,而且这个整体又是它所从属的一个更大系统的组成部分。”这一定义为我国系统科学界普遍采用。

上述定义和许多类似的定义一样,指出了系统的三个基本要点(基本属性):

第一,系统是由两个或两个以上的要素组成的整体。要素是构成系统的最基本的部分,没有要素就无法构成系统,单个要素也无法构成系统。

第二,系统的各要素之间、要素与整体之间以及整体与环境之间存在着相互影响、相互作用、相互依赖的有机联系。要素之间若没有任何联系和作用,则不能称之为系统。

第三,系统要素之间的联系与作用必产生一定的功能。功能是系统所发挥的作用或效能,且是各要素个体所不具备的功能,这种功能是由系统内部要素的有机联系和系统的结构所决定的。

由此,本书给出的系统的定义为:系统是相互联系、相互作用的诸要素(元素、单元、子系统)所组成的具有一定结构和功能的有机整体。

在现实生活中,系统是普遍存在的。例如:整个社会就构成一个系统,社会系统是由生产、经济、消费、科学、技术、教育、通信、交通、医药、服务等子系统构成;交通运输是国民经济大系统中的一个子系统,它又是由铁路运输、公路运输、水路运输、航空运输、管道运输等子系统构成;一部汽车也是一个系统,由发动机、底盘、车身、电气设备等部分构成。

(2) 系统与要素之间的相互作用

任何事物都是系统与要素的对立统一体,系统与要素的对立统一是客观事物的本质属性和存在方式,系统与要素相互依存、互为条件,在事物的运动和变化中,系统与要素总是相互伴随而产生、相互作用而变化。系统与要素之间的相互作用表现在如下三个方面:

① 系统通过整体作用支配和控制要素

当系统处于平衡稳定条件时,系统通过其整体作用来控制 and 决定各个要素在系统中的地位、排列顺序、作用的性质和范围的大小,统率着各个要素的特征和功能,协调着各个要素之间的数量比例关系等等。在系统整体中,每个要素以及要素之间的相互关系都由系统所决定。系统整体稳定,则要素也稳定;当系统整体的特性和功能发生变化,则要素以及要素之间的关系也随之产生变化。例如,综合运输系统的整体功能,决定和支配着作为要素的铁路运输系统、公路运输系统、水路运输系统、航空运输系统以及管道运输系统的地位、作用和它们之间的关系,为使综合运输系统的整体效益最佳,就要求各子系统必须充分发挥各自的功能,就要对各子系统之间的关系进行控制和协调。

② 要素通过相互作用决定系统的特性和功能

一般来说,要素对系统的作用有两种可能的趋势:一种是要素的组成成分和数量具有一种协调、适应的比例关系,使得要素能够维持系统的动态平衡和稳定,并使系统走向组织比、有序化;一种是要素之间出现不协调、不适应的比例关系,这就会破坏系统的平衡和稳定,甚至使系统衰退、崩溃和消亡。例如对我国国民经济大系统而言,如果构成该系统的工业系统、农业系统、交通运输系统等各个系统都能够协调发展的话,就能够使国民经济持续、稳定地发展;但如果交通运输系统发展缓慢,与其他子系统之间不协调、不适应,就会严重制约国民经济的发展,影响国民经济大系统的整体效益。

③ 系统与要素的概念是相对的

一个系统相对于构成它的要素而言是个系统,而相对于由它和其他事物构成的大系统而言则是一个要素(或称子系统);同样,一个要素相对于由它和其他要素构成的系统而言是个要素,但相对于构成它的要素而言则是一个系统。比如,车辆、场站、路网等要素组成了公路运输系统,但公路运输系统又是整个交通运输系统的要素;再比如,相对于交通运输系统而言,水路运输系统是一个要素,但它同时又是由港口运输系统、水上船舶运输系统、航道系统、物流系统、信息系统等要素构成的系统。

(3) 系统的特性

明确系统的特性是认识系统、研究系统、掌握系统思想的关键。系统的特性主要表现为系统的整体性、相关性、目的性和环境适应性。

① 整体性(Integrity)

系统的整体性是指系统不是各个要素的简单集合,系统的各要素之间存在一定的组合方式,各要素之间是相互统一和协调的;系统整体的功能也不是各组成要素功能的简单叠加,而是呈现出各组成要素所没有的新的功能,并且系统的整体功能不限于各组成要素的功能总和,而是大于各组成要素的功能之和,即

$$F > \sum_{i=1}^n F_i$$

式中: F ——系统的整体功能;

F_i ——系统第 i 个要素的功能($i = 1, 2, \dots, n$)。

由于这种整体功能不是各要素所单独具有的,因此对于各要素来说,这种整体功能的产生就不仅是一种量变,更表现为一种质变,系统整体的质不同于各要素的质。系统整体之所以能产生新的质,是因为系统整体的各个组成部分之间相互联系、相互作用形成一种协同作用;只有通过协同作用,系统的整体功能才能显现。

系统的整体性原则对交通运输发展具有重要的指导意义,作用主要表现在以下三个方面:

第一,依据确定的系统目标,从交通运输系统的整体出发,把各要素组成为一个有机的系统,协调并统一诸要素的功能,使系统功能产生放大效应,发挥出整体优化功能。

第二,把不断提高各要素的功能,作为改善交通运输系统整体功能的基础。一般从提高组成要素的基本素质入手,按照系统整体目标的要求,不断提高各个要素的功能,并强调局部服从整体,从而实现交通运输系统的最佳整体功能。

第三,改善提高交通运输系统的整体功能,不仅要注重发挥各组成要素的功能,更重要的是调整要素的组织,建立合理结构,促进系统整体功能优化。

② 相关性(Relationship)

相关性是指系统的要素之间、要素与系统整体之间、系统与环境之间的有机关联性。系统中每个要素都依赖于其他要素存在,系统中任何一个要素的变化都将引起其他要素的变化乃至整个系统的变化。

系统的相关性原则对交通运输发展的指导意义在于以下三个方面:

第一,在实际的交通运输系统中,当要改变某些不合要求的要素时,必须注意考察其与之相关要素的影响,使这些相关要素得以相应的变化。通过要素发展变化的同步性,可以使各要素之间相互协调与匹配,增强协同效应,提高交通运输系统的整体功能。

第二,交通运输系统内部诸要素之间的相关性是动态的。要素之间的相关作用是随时间变化的,因此必须把交通运输系统视为动态系统,在动态中认识和把握系统的整体性,在动态中协调要素与要素、要素与整体的关系。

第三,交通运输系统的组成要素,既包括系统层次间的纵向关系,也包括各组成要素的横向关系。协调好各要素的纵向层次关系和要素之间的横向关系才能实现系统的整体功能最优。

③ 目的性(Purpose)

目的是指人们在行动中所要达到的结果和意愿。系统的目的性是人们根据实践的需要而确定的,人造系统有具体的目的,而且通常不是单一的。

任何一个系统都有它的目的,否则,也就失去了存在的价值和意义。例如,企业的经营管理系统,在限定的资源和现有职能机构的配合下,它的目的就是为完成或超额完成生产经营计划,实现规定的质量、品种、成本、利润等指标。运输系统的目的,就是为国民经济的发展提供运输服务;运输系统中各运输子系统的目的,就是为运输大系统的总目的服务。

系统的目的性原则要求人们正确地确定系统的目标,并运用各种调节手段把系统导向预定的目标,达到系统整体最优。

④ 环境适应性(Environment compatibility)

环境是存在于系统以外的事物(物质、能量、信息)的总称,也可以说系统的所有外部事物就是环境。任何一个系统都存在于一定的环境中,环境的变化对系统有很大的影响,同时,系统的作用也会引起环境的变化。两者相互影响作用的结果,有可能使系统改变或失去原有的功能。一个好的系统,必须不断地与外部环境产生物质的、能量的和信息的交换,以适应外部环境的变化,这就是环境适应性。