



国际多式联运运输 优化建模与算法研究

熊桂武  著

GUOJI DUOSHI LIANYUN YUNSHU
YOUHUA JIANMO YU SUANFA YANJIU >>

研究

 西南交通大学出版社



国际多式联运运输优化建模 与算法研究

熊桂武 著

西南交通大学出版社
· 成都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

国际多式联运运输优化建模与算法研究 / 熊桂武著.
—成都: 西南交通大学出版社, 2017.7
ISBN 978-7-5643-5571-5

I. ①国… II. ①熊… III. ①国际货运—多式联运—
系统优化—研究 IV. ①F511.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 164780 号

国际多式联运运输优化建模与算法研究

熊桂武 著

责任编辑 张宝华

封面设计 何东琳设计工作室

印张 11 字数 181千

成品尺寸 170 mm × 230 mm

版次 2017年7月第1版

印次 2017年7月第1次

印刷 成都中铁二局永经堂印务有限责任公司

书号 ISBN 978-7-5643-5571-5

出版发行 西南交通大学出版社

网址 <http://www.xnjdcbs.com>

地址 四川省成都市二环路北一段111号
西南交通大学创新大厦21楼

邮政编码 610031

发行部电话 028-87600564
028-87600533

定价 58.00元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

内容简介

本书系统地总结和概述了国际多式联运运输优化建模与算法研究。主要内容包括：对国内外多式联运研究现状综述分析；国际多式联运运输法律规范；基于图状结构多式联运运输优化模型的建立方法；基于正交试验的混合田口遗传算法；算例验证模型和算法的有效性；基于层次分析法的多式联运决策支持系统。

本书可作为从事供应链管理、运输与库存、多式联运运输等相关领域的科学研究人员、工程技术人员、研究生以及高等院校教师和高年级本科生的参考书。

前 言

随着经济全球化的飞速发展，人们对物流提出了愈来愈高的要求。由于资源、产品、市场分布在全球各地，市场需求瞬息万变，企业竞争日益激烈，如何使物流业务中的所有成员和环节在整个流程上的业务运作衔接更加紧密，以便对这些成员和环节的业务处理过程中的信息进行高度集成，实现供应链的协同化运作，缩短供应链的相对长度，使供应链上的物流业务更流畅，产出率更高，响应速度更快，更加接近客户的需求，已成为管理科学与工程中迫切需要解决的问题。多式联运作为一种重要的物流运输组织形式，已成为第四方物流企业提高竞争力、降低物流成本的有效措施。相对于单一的运输方式，多式联运可以显著提高效率，增强安全性和灵活性，同时满足货物承运人的要求。然而，与单一运输方式相比，由于多方参与，多式联运的管理决策变得更为复杂和困难。本书着重介绍了作者多年来的相关研究成果，系统地总结和阐述了多式联运概念的内涵和外延、多式联运运输法律规范、基于图状结构的多式联运优化模型、基于正交试验的混合田口遗传算法、模型验证以及基于层次分析法分析了多式联运决策支持系统等。

全书共 6 章，第 1 章概述了国际多式联运物流运输，重点对国内外多式联运研究现状进行了综述分析；第 2 章介绍了国际多式联运运输法律规范；第 3 章基于图状结构，论述了多式联运运输优化模型的建立方法，讨论了基于不同目标的建模方法；第 4 章分析了基于正交试验的混合田口遗传算法；第 5 章通过算例验证了模型和算法的有效性；第 6 章基于层次分析法分析了多式联

运决策支持系统。

本书是熊桂武副教授多年来相关研究结果的结晶，研究工作得到了国家自然科学基金项目、教育部人文社科项目、重庆市科委软科学、重庆市教委人文社科项目的支持，作者在此表示衷心感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在疏漏之处，衷心希望读者批评指正！

作者

2017年2月

目 录

1	国际多式联运物流运输概述	1
1.1	国际多式联运概述	1
1.2	国际多式联运基本条件	4
1.3	国际多式联运经营人应具备的条件	6
1.4	国际多式联运的组织形式	7
1.5	多式联运与集装箱运输的关系	14
1.6	多式联运与第三方物流之间的关系	19
1.7	多式联运相关研究进展	31
2	国际多式联运运输法律规范	59
2.1	多式联运合同	59
2.2	国际多式联运经营人的法律责任	60
2.3	多式联运低碳运输	66
2.4	我国多式联运低碳运输规划与法规	75
3	多式联运运输优化建模	78
3.1	托运人视角下的多式联运	78
3.2	承运人视角下的多式联运	78
3.3	多式联运建模影响因素分析	79
3.4	多式联运组织形式对优化目标的影响分析	84
3.5	多式联运虚拟网络建模	92
3.6	多式联运运输优化建模	93
3.7	基于不同运输目标的优化建模	98
4	多式联运优化求解算法	107
4.1	现代优化算法概述	107
4.2	多式联运优化模型特征分析	111
4.3	基于正交试验的混合田口遗传算法	113
5	算例分析	129
5.1	带时间窗的多式联运及多代理人作业整合优化	129

5.2	具有模糊时间窗的多式联运优化算例	133
5.3	带时间窗的多式联运多目标优化算例	134
5.4	考虑碳排放的多式联运运输优化算例	139
6	多式联运运输决策支持系统	143
6.1	层次分析法的概念和步骤	143
6.2	多目标优化计算	145
6.3	多式联运决策支持系统	149
	参考文献	155

1 国际多式联运物流运输概述

1.1 国际多式联运概述

1.1.1 国际多式联运的概念

1980年5月于日内瓦通过的《联合国国际货物多式联运公约》对国际多式联运做出了如下定义：“国际多式联运是指按照国际多式联运合同，以至少两种不同的运输方式，由多式联运经营人将货物从一国境内接管货物的地点运至另一国境内指定交货地点。为履行单一方式货物运输合同所规定的货物接送业务，则不应视为国际多式联运。”

在第四方物流发展过程中，形成了一些术语，这些术语有不同的含义，中文翻译时有时会有区别，在进一步研究之前，先对两个重要的术语进行概述。

(1) 托运人 (shipper) .

托运人 (shipper) 就是委托运输货物的人，指具有托运资质的公司将货物运输到指定地点，交给指定收货人的服务，根据托运方式不同，可分为海运托运、陆路托运、空运托运。托运人产生运输需求，运输需求的产生是一个复杂的过程，是一个具有三层决策结构的过程，包括长期、中期、短期决策。从长期来看，托运人需要从消费网络结构和生产角度确定运输策略；中期决策包括生产的库存、分销设施和频率、运输量等；短期则要考虑运输成本、运输时间、可靠性和安全性。

(2) 承运人 (carrier) .

承运人 (carrier) 就是承担运输责任的人，是指本人或者委托他人以本人名义与托运人订立海上货物运输合同的人。在多式联运网络中，承运人要么提供定制的运输服务，要么提供作业整合的服务。所谓定制的运输服务，就是为特定消费者提供运输。比如满载卡车运输就属于这种，

能适应快速变化的不确定市场需求，通过资源管理和分配策略可实现资源的最优化配置。而有的时候，由于货物的运输量和运输的频次使得这种定制运输成为不可能，这时，可采用作业整合服务。作业整合服务则是对位于不同起始点的消费者业务进行整合，这样可以利用规模化的运输服务，大幅降低运输的费用。

1.1.2 国际多式联运的特征

发货人与多式联运经营人之间必须有一份多式联运合同。该运输合同是对多式联运经营人与托运人之间权利、义务、责任与豁免的合同关系和运输性质的确定，也是区别多式联运与一般货物运输方式的主要依据。该合同约定整个多式联运过程。

国际多式联运全程运输中至少用两种不同的运输方式，而且是不同运输方式、不同运输区段的连续运输。这里所指的至少两种运输方式可以是海—陆、陆—空、海—空等，这与一般海海、陆陆、空空的联运有着本质的区别。后者是联运，但仍是一种运输工具之间的运输方式，不属于完整的国际多式联运。

国际多式联运必须由一个多式联运经营人对货物运输的全程负责。该多式联运经营人不仅是订立多式联运合同的当事人，也是多式联运单证的签发人。当然，在多式联运经营人履行多式联运合同所规定的运输责任的同时，可将全部或部分运输委托他人（分承运人）完成，并订立分运合同。但分运合同的承运人与托运人之间不存在任何合同关系。无论涉及几种运输方式，分为多少个区段，多式联运的全程运输都是由多式联运经营人完成或组织完成的，多式联运经营人都要对运输的全程负责。

国际多式联运在运输过程中一般以集装箱作为运输的基本单元。现代集装箱运输的发展与国际多式联运的发展紧密相连。国际集装箱运输的发展是国际多式联运发展的前提、基础，可以说，没有国际集装箱运输，就没有国际多式联运，而国际多式联运的发展又促进了国际集装箱运输的发展。国际多式联运必须是国际货物运输。这不仅有别于国内货物运输，更主要的是涉及国际运输法规的适用问题。

国际多式联运必须使用一份全程多式联运单证，该单证应满足不同运输方式的需要，并按单一运费率计收全程运费。多式联运实行一票到

底、全程单一费率的运输，即发货人只要办理一次托运、一次计费、一次保险，通过一张单证即可实现从起运地到目的地全程运输。

1.1.3 国际多式联运的优点与局限性

1.1.3.1 国际多式联运的优点

(1) 全程统一，理赔方便。

国际多式联运中不论运输全程有多远，不论由几种方式共同完成货物运输，也不论全程分为几个运输区段、有过多少次转换，所有一切运输事项均由多式联运经营人负责办理。而托运人只需办理一次托运，订立一份运输合同、一次保险，支付一次费用，从而省了去托运人办理托运手续的许多不便。一旦在运输过程中发生货物的灭失和损坏，则由多式联运经营人对其负责，从而简化了理赔手续，节省了理赔时间。此外，国际多式联运采用一份货运单证，统一计费，运输过程中各区段的衔接是由多式联运经营人与各实际承运人订立分运合同和与各代理人订立委托合同来完成的。多式联运经营人一般与这些人都订有长期的协议，一般可以从各实际承运人那里取得较优惠的运价，因而简化了制单和结算手续，节省了人力和物力。

(2) 运输时间短，运输质量高。

在国际多式联运方式下，各个运输环节和各种运输工具之间配合密切，衔接紧凑，货物所到之处中转迅速及时，大大减少了货物的在途停留时间，从而保证了货物安全、迅速、准确、及时地运抵目的地，缩短了运输时间。对货主来说，在将货物交由第一承运人后即可取得货运单证，并据以结汇。结汇时间提前，不仅有利于加速货物资金的周转，而且减少了成本的支出。此外，由于货物装载集装箱运输，在一定程度上节省了货物的包装费用和保险费用，且多式联运系通过集装箱为运输单元进行运输，尽管货运途中需经多次转换，但由于使用专业机械装卸，且不涉及箱内货物，因而货损、货差事故大为减少，从而在很大程度上提高了货物的运输质量。

(3) 运输组织水平高，运输更合理。

在国际多式联运开展之前，各区段运输中各种运输方式的经营各自

为政，自成体系，但由不同的运输经营人共同参与多式联运，由一个多式联运经营人统筹全程运输，运输经营的范围可以大大扩展，同时可以最大限度地发挥其现有设备的作用，改善不同运输方式的衔接工作，选择最佳运输线路，组织合理化运输。

(4) 运输成本低，运输经济效益高。

一批货物从出口国某一地点到进口国某一地点，要经过多种运输方式，而在多种运输方式中，每一种运输方式都独自单独运输，且都要由托运人办理托运手续。托运人办理托运手续不仅手续繁杂、时间较长，而且成本较高，致使各种运输方式生产效率低下。如果采用多式联运组织形式，由无船承运人将各种运输方式联合起来，由一个承运人（无船承运人）与托运人（货主）签订全程运输合同，承运人（无船承运人）再与各种运输方式的实际承运人签订合同，在这种多式联运组织形式下，承托双方商务手续得到了简化，不仅方便了货主（托运人），而且节省了时间，提高了各种运输方式的劳动生产率，降低了全程运输成本，提高了经济效益。

1.1.3.2 国际多式联运的局限性

国际多式联运的局限性表现在：对时间要求的满足差，经常有送货时间拖延问题出现，影响物流效率；定运送计划的工作量大，周期长，对于突发事件的应变能力差；方案优化性能不好，资源和运输能力得不到充分的发挥和利用，运输工具的使用效率不高。

1.2 国际多式联运基本条件

多式联运是不同的运输方式组合成综合的一体化运输，通过一次托运、一次计费、一张单证、一次保险，由各运输区段的承运人共同完成货物的全程运输，即将全程运输作为一个完整的单一运输过程来安排。尽管已通过的多式联运公约至今仍未生效，但多式联运应具备的基本条件是不变的。根据多式联运公约的规定和现行的多式联运业务特点看，多式联运应具备的条件必须如下：

(1) 货物在全程运输过程中无论使用多少种运输方式, 作为负责全程运输的多式联运经营人必须与发货人订立多式联运合同。因为, 该运输合同是多式联运经营人与发货人之间权利、义务、责任、豁免的合同关系和运输性质的确定, 也是区别多式联运与一般货物运输方式的主要依据。

(2) 多式联运经营人必须对全程运输负责。因为, 多式联运经营人不仅仅是订立多式联运合同的当事人, 也是多式联运单证的签发人。自然, 在多式联运经营人履行多式联运合同所规定的运输责任的同时, 可将全部或部分运输委托他人(分承运人)完成, 并订立分运合同, 但分运合同的承运人与发货人之间不存在任何合同关系。

(3) 多式联运经营人接管的货物必须是多种运输方式间的货物运输, 这不仅有别于国内货物运输, 主要还涉及国际运输法规的适用问题。

(4) 多式联运不仅仅是使用两种不同的运输方式, 且必须是该不同运输方式下的连续运输。

(5) 货物全程运输由多式联运经营人签发一张多式联运单证, 且应满足不同运输方式的需要, 并计收全程运费。

从上述多式联运应具备的基本条件看, 凡是根据多式联运合同所进行的多式联运必须具备上述条件。多式联运经营人作为订立多式联运合同的一方, 以至少两种运输方式组织运输并履行合同责任。但事实上, 多式联运下的多式联运合同并非是独一无二的。因为, 除了多式联运经营人承担或不承担部分运输外, 更多的运输由他人来完成并与多式联运经营人订立分运合同。此外, 现行的国际货运公约对联运的条件作了不同的规定。

(1) 凡符合下列条件属《汉堡规则》下的货物联运:

- ① 两种运输方式之间, 其中之一必须是海运;
- ② 所订立的合同是国际间的货物运输。

(2) 凡符合下列条件属《公路货运公约》下的货物联运:

- ① 运输合同中规定的接管、交付货物的地点位于两个不同的国家;
- ② 货物系由载荷车辆运输。

(3) 凡符合下列条件属《铁路货运公约》下的货运联运:

- ① 运输方式之一在公约所规定的铁路线上运输;
- ② 另一种运输方式为公约所规定的公路或海上运输。

(4) 凡符合下列条件属《华沙公约》下的货运联运：

根据有关订立的运输合同，不论运输过程中有无中断或转运，其出发地和目的地是在两个缔约国或非缔约国的主权、宗主权、委托统治权，或权利管辖下的领土内有一个约定的经停地点的任何运输。

事实上，任何现行国际货运公约缔约国的法律都强制规定，凡签订该公约范围内的运输合同应遵守公约所规定的义务。即该运输合同既要满足单一货运公约下的货物联运条件，又要符合多式联运公约范围内的要求，除非这两个公约所规定的责任、义务相同，否则公约之间的抵触难以避免。因为，作为订立多式联运合同的多式联运经营人，同时又作为某一运输区段的世纪承运人时，首先应确定的是所订立的运输合同是否属于线性货运公约所适用的范围。

1.3 国际多式联运经营人应具备的条件

国际多式联运公约或货物运输合同一般都规定，承运人应是与发货人订有运输合同的人，或完成货物运输的人。然而，现行的国际货运公约对承运人的概念理解不一，在认识上没有统一，如海牙规则中的承运人是指参加运输的人，还是与发货人订立合同的人，或两者兼而有之。同样，因对《华沙公约》中所规定的承运人认识不一，由此制定了《瓜达拉哈拉公约》。

多式联运作为不同运输方式间的组合，系由众多关系人组成，其法律关系十分复杂，其中主要关系有多式联运经营人与发货人之间的关系，以及与其受雇人、代理人之间的代理关系、承揽关系、侵权行为关系等。多式联运首先应调整上述关系人的法律关系，确定多式联运经营人的法律地位，从而平衡相互间的权利、义务和赔偿责任。已通过的多式联运公约和现行的多式联运业务对多式联运经营人概念理解为：“多式联运经营人是指本人或通过其代表与发货人订立多式联运合同的任何人，他是事主，而不是发货人的代理人或代表或参加多式联运的承运人的代理人或代表，并且负有履行合同的责任”。

可见，当多式联运经营人从发货人那里接管货物时起，即表明责任已

开始，货物在运输过程中的任何区段发生灭失或损害，多式联运经营人均以本人的身份直接承担赔偿责任，即使该货物的灭失或损害并非由多式联运经营人本人的过失所致。因为作为多式联运经营人的基本条件如下：

(1) 多式联运经营人本人或其代表就多式联运的货物必须与发货人本人或其代表订立多式联运合同，而且合同至少使用两种运输方式完成货物全程运输，合同中的货物系国际间的货物。

(2) 从发货人或其代表那里接管货物时起即签发多式联运单证，并对接管的货物开始负有责任。

(3) 承担多式联运合同规定的与运输和其他服务有关的责任，并保证将货物交给多式联运单证的持有人或单证中指定的收货人。

(4) 对运输全过程中所发生的货物灭失或损害，多式联运经营人首先对货物受损人负责，并应具有足够的赔偿能力。当然，这种规定或做法并不会影响多式联运经营人向造成实际货损的承运人行使的追偿权利。

(5) 多式联运经营人应具备与多式联运所需要的、相适应的技术能力，对自己签发的多式联运单证确保其流通性，并作为有价证券在经济上有令人信服的担保程度。

1.4 国际多式联运的组织形式

国际多式联运中各种运输方式均有自身的优点与不足。一般来说，水路运输具有运量大、成本低的优点；公路运输则具有机动灵活、便于实现货物门到门运输的优点；铁路运输的主要优点是不受气候影响、可深入内陆和横贯内陆实现货物长距离运输；而航空运输的主要优点是可实现货物的快速运输。由于国际多式联运可以综合利用各种运输方式的优点，具有其他单一运输组织形式无可比拟的优越性，因而已在世界各主要国家和地区得到广泛的推广和应用。目前，有代表性的国际多式联运主要有远东/欧洲、远东/北美等海陆空联运。常见的多式联运组织形式包括以下几种形式。

1.4.1 海陆联运

海陆联运是国际多式联运的主要组织形式，也是远东 / 欧洲多式联运的主要组织形式之一。目前，组织和经营远东 / 欧洲海陆联运业务的主要有 A. P 莫勒-马氏基等国际航运公司。这种组织形式以国际航运公司为主体、签发联运提单，与航线两端的内陆运输部门开展联运业务。世界主要的集装箱运输海上航线有以下几条。

1.4.1.1 太平洋航线

(1) 远东-北美西海岸各港航线。该航线从东南亚国家、中国、东北亚国家各港出发，沿大圆航线横渡北太平洋至美国、加拿大西海岸各港。该航线随季节有波动，一般夏季偏北、冬季南移，以避开北太平洋的海雾和风暴。该航线是货运量增长最快、货运量最大的航线之一。

(2) 远东-加勒比海、北美东海岸各港航线。该航线不仅要横渡北太平洋，一般还要越过巴拿马运河，因此，航线偏南，横渡大洋的距离也较长，夏威夷群岛的火奴鲁鲁港是它们的航站，船舶在此添加燃料和补给品等。该航线也是太平洋货运量最大的航线之一。

(3) 远东-南美西海岸各港航线。该航线与上一个航线相同的是都要横渡大洋，航线长，要经过太平洋中枢纽站；但不同的是不过巴拿马运河。该航线也有先南行至南太平洋的枢纽港，后横渡南太平洋到达南美西岸的。

(4) 远东-澳、新及西南太平洋岛国各港航线。该航线不需要横跨太平洋，而在西太平洋南北航行，离陆近，航线较短。但由于北部一些岛国（地区）工业发达而资源贫乏，而南部国家资源丰富，因而初级产品运输特别繁忙。

(5) 东亚-东南亚各港航线。该航线指日本、韩国、朝鲜、俄罗斯远东及中国各港西南行至东南亚各国港口。该航线短，往来频繁，地区间贸易兴旺，且发展迅速。

(6) 远东-北印度洋、地中海、西北欧航线。该航线大多经马六甲海峡往西，也有许多初级产品经龙目海峡与北印度洋国家往来，如石油等。经苏伊士运河至地中海、西北欧运输的制成品，以集装箱运输为多，货运量大。