

Methodology for Ship Deployment and Fleet Planning

船舶调度 与船队规划方法

(第2版)

谢新连 杨秋平 著



大连海事大学出版社

船舶调度与船队规划方法

Methodology for Ship Deployment and Fleet Planning

(第 2 版)

谢新连 杨秋平 著

Xie Xinlian and Yang Qiuping

大连海事大学出版社

DALIAN MARITIME UNIVERSITY PRESS

© 谢新连 杨秋平 2012

图书在版编目(CIP)数据

船舶调度与船队规划方法 / 谢新连, 杨秋平著. — 2 版. — 大连 : 大连海事大学出版社, 2012. 6

ISBN 978-7-5632-2707-5

I. ①船… II. ①谢… ②杨… III. ①船舶调度②船队—水运规划 IV. ①U692.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 134472 号

大连海事大学出版社出版

地址:大连市凌海路 1 号 邮编:116026 电话:0411-84728394 传真:0411-84727996

<http://www.dmupress.com>

E-mail: cbs@dmupress.com

大连美跃彩色印刷有限公司印装 大连海事大学出版社发行

2012 年 6 月第 1 版

2012 年 6 月第 1 次印刷

幅面尺寸:170 mm×240 mm 印张:20

字数:337 千

印数:1~1000 册

责任编辑:陆 梅

版式设计:小 月

封面设计:王 艳

责任校对:沈荣欣

ISBN 978-7-5632-2707-5

定价:60.00 元

本书由

大连市人民政府资助出版

The published book is sponsored by the Dalian Municipal Government

同时感谢下列基金的资助

教育部高等学校博士学科点专项科研基金(20102125110002)

中央高校基本科研业务费专项资金(2012TD020)

国家自然科学基金(50778029)

国家科学技术学术著作出版基金

前言

中国是具有悠久历史的传统海运国家,也是当今世界上的海运大国和人口大国,拥有庞大的海运船队,然而中国却不是世界上的海运强国。为此,交通部(现交通运输部)早在 2002 年就在《公路水路交通发展战略》中明确提出了“海运强国战略”,指出必须要建立自己强大的国际海运船队。因此,发展航运业和强大的船队已经成为“十二五”乃至今后相当长一段时期的一项基本国策。

船舶调度、航线配船与船队规划是源于航运生产组织与发展战略优化的实际问题,关系到运力投资规模、船队结构优化、船舶资源合理配置和运输经济效益,成为影响企业竞争力和生存、发展能力的大问题。然而,由于这类问题具有较强的复杂性和随机性,长期以来在实践中一直是依靠业务员或经理的直觉经验去完成这些工作,对结果的合理性往往缺乏科学依据和说服力。因此,国外一些大的航运企业和科研院所从 20 世纪 60 年代末就开始对这类问题展开了系统分析与研究工作,力图建立一套解决这类问题的现代化方法和技术。几十年来,这一领域的研究工作已取得了重要进展,针对一些复杂的具体问题而开发的方法已成功地应用于实际。但迄今为止,尚未见到一本能全面反映这一研究领域成果和理论的著作。进入 21 世纪以来,随着世界航运规模的不断扩大、组织形式的多样化,上述问题的重要性显得更加突出,也决定了拥有、控制并高效地运营一支庞大的国际运输船队的特殊性和复杂性。稳健发展船队必然要求深入研究其内在运作规律,形成基础理论,以指导行业管理机构 and 现代大型航运企业的运作管理和规划发展。

本书作者长期从事船舶资源的优化配置与运营领域的研究工作,而船舶调度、航线配船和船队规划又是现代大型航运企业最基本、最重要、最核心的船舶优化运营问题,因此感到有必要对国内外学者在这一领域的研究成果进行系统的归纳、总结,反映国际最

新发展动态和前沿探索工作,形成一个专门的、科学的理论体系,推动该领域理论研究的深入和实用水平的提高。基于这种认识,作者曾于1998年向国家科学技术学术著作出版基金委员会申请写作《船舶调度与船队规划方法》一书,当年即获得批准立项,并很快总结了国内外学者和作者所在课题组在该领域的研究成果,于2000年1月交由人民交通出版社出版了这部著作。该书首次对船舶调度与船队规划理论进行了探索性的全面归纳和总结,受到该领域专业研究者的重视,也对这一领域的深入研究和实际应用起到重要的推动作用,随即被选作大连海事大学交通运输、物流管理等专业研究生教学参考用书,培养了大批航运科技和管理人才。

从《船舶调度与船队规划方法》第1版出版到现在,已有十多年的时间。在这十多年里,国内外学者对这一领域的理论和方法不断发展和创新,一些大型航运企业也积累了丰富的实践经验,形成了许多新的研究案例。在这十多年里,作者也多次向研究生讲授这一专题内容,直接组织和参与了多项相关课题的研究工作。通过与政府管理者、企业家和研究生们思路活跃的讨论和总结,对问题认识的理论深度不断增加。经过作者的潜心研究、科研积累、研究生教学总结,感到原作第1版已经难以反映时代前进的步伐,需要重新全面归纳、总结这一研究领域十多年来取得的丰硕成果,建立更加丰富、更加完善的知识体系。这是重新撰写本书的动因。

本书第2版的写作过程中,研究生唐磊、桑惠云、蔡琦、王英娇、戚畅、王雁、孙人杰、陈凡、张昕伟、马梦知、焦芳芳、陈静、李晓君、刘翊臣、赵福杰、谢欢、石莹、刘继龙、包甜甜、那娜、曹蓓蓓等参与了外文资料翻译、书稿打字、校对等工作,对于加快本书出版、提高本书质量做了十分有益的贡献,在此一并致谢。

由于这一专题领域涉及内容的复杂性和研究工作在很大程度上尚处于探索阶段,书中难免有研究不深、论述不清、观点不妥之处。作者愿与有兴趣的学者、读者,特别是生产管理实践中的专业人士就有关问题深入探讨,以使我们对这些问题的理解更加深入、全面,使现代化管理技术更广泛地应用于船队建设的研究,促进我国航运业健康、稳定地发展。

谢新连

2012年3月11日于大连

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 船舶运输组织概述	(1)
1.2 研究工作回顾	(5)
1.3 优化求解基本程序	(15)
1.4 实用预测技术	(20)
第 2 章 数学优化基础	(39)
2.1 线性规划方法	(39)
2.2 非线性规划方法	(42)
2.3 动态规划方法	(55)
2.4 智能优化方法	(67)
第 3 章 船舶选线与调度方法	(76)
3.1 船舶选线与调度概述	(76)
3.2 不定期船选线与调度	(79)
3.3 大宗工业物资运输调度	(89)
3.4 班轮运输选线与调度	(104)
第 4 章 航线配船方法	(115)
4.1 航线配船概述	(115)
4.2 大宗工业物资运输	(117)
4.3 班轮运输航线配船	(130)
第 5 章 船队规划的基本理论与方法	(143)
5.1 船队规划基本理论	(143)
5.2 新组建船队的规划问题	(149)
5.3 船队持续发展规划问题	(152)
5.4 基于多种投资的船队规划模型	(163)
第 6 章 船队规划的改进方法	(179)
6.1 船队规划的动态规划法	(179)
6.2 班轮船队规划的非线性模型	(191)

6.3 以航速为变量的船队规划非线性模型·····	(207)
6.4 不确定条件下船队规划的鲁棒优化方法·····	(214)
第7章 航线配船与船队规划方法应用举例 ·····	(225)
7.1 我国沿海原油运输船队发展规划·····	(225)
7.2 我国进口石油运输船队发展规划·····	(246)
7.3 企业原油运输船队发展规划 ·····	(272)
附录 航线配船与船队规划决策支持系统 (FPDSS)设计与使用说明 ·····	(282)
参考文献 ·····	(305)

第1章 绪论

鉴于船舶调度、航线配船与船队规划是关系到船队运输经济效益、船队整体结构优化,进而影响企业竞争力和生存、发展能力的重要因素,世界上大型航运企业无不面对现实而经常涉足于这个领域的研究。但是,船舶运行环境是复杂多变的,影响未来航运市场状态的因素是众多的,在这种情况下,完整、准确地给出这类问题的客观实际最优解并非是一件容易的工作,即使是在计算机应用技术高度发展和普及的今天也是如此。

正因如此,长期以来许多学者毫不气馁地做着各种尝试,力图建立更科学、更便捷的现代化方法来解决这类实际问题。有人凭经验或凭主观判断辅以简单运算,也有人借助于数学规划方法。前者主要依靠个人实践经验的积累和素质高低;后者则需要较深的理论基础,借助数学优化计算,一般要形成专题研究小组由专家来完成。针对不同具体问题,目前已研究开发出了许多数学模型和方法。本章结合世界各国学者所做的一些工作和取得的成果来介绍这一研究领域的发展概况。

1.1 船舶运输组织概述

航运企业是运输劳务供给的一方,要根据贸易需求或能攫取到的货载量配置船舶。船舶是投资大、营运成本高、使用期长的装备,因此,必须合理地运用,最大限度地发挥其效用。作为船东,必须经常地、全面地、深入地对船队构成与船舶运输组织的合理性做系统的分析研究,即对有限资源进行最优配置。

航运企业的运作优化可分为经营战略优化与内部管理优化两个大的方面。经营战略优化主要是指对企业所面临的市场环境的研究,包括经济的、政治的、社会的外部环境,根据外部环境的特征和变化制定、调整企业的结构、发展目标和发展战略,使其相对于外界环境而言处于整体最优的状态。内部管理优化主要是指在给定外界条件下,合理地分配、使用企业所控制的各种资源,以尽可能小的消耗实现企业发展目标。简单地说,前者是面向外界,寻找机遇,扩大财源;后者着眼于内部的计划与组织,力求提高效率、降低成本。外部环境的变化常常会对企业的生产经营产生巨大的影响,是一个企业所不能直接控制的。例如,一

项新公约、新政策的出台,战争的爆发或者政治风云的变幻,都会引起航运需求巨大的波动,直接影响到企业的效益。由此可见,一个好的企业家必须时刻密切关注市场环境和社会环境的动态,主动适应新形势的变化。能否做到这一点,往往决定着企业的大进大出、大起大落。内部组织管理优化是对企业内部要素的运用、监控与调整,相对来说是企业能够控制,也比较容易做到的事情。做好内部管理能降低成本,提高企业的利润和在市场上的竞争能力。尤其在市场不景气的时候,是决定企业能否长期生存的关键,因此应常抓不懈。一般的数学优化方法主要用于求解在外界条件给定的情况下,系统内部资源的最优配置问题。

1.1.1 船舶资源优化配置的主要内容

船舶资源的优化配置与合理开发利用问题主要包括以下内容。

1.1.1.1 航线的开辟与设置

即根据一定时期内某些地区之间贸易货流或客流对运输的需求情况,设计出船舶运行路线及沿途挂靠港口顺序,亦称船舶选线。对这个问题进行优化研究的主要目的是使船舶在每个航次、每一年都能以较小的运输成本揽取到充足的货载,尽可能多地创利。当航行路线沿途或沿途附近有许多可以挂靠装卸的港口时,就要对每一个港口是否值得挂靠做出判断,既要考虑到节省船舶时间(对应着固定成本)、港口费用和航行燃料费用(对应着变动成本),同时又要顾及揽取稳定、充足的货源(对应着收入)。

当一个大型船公司经营多条航线的运输,其中有些航线之间存在交叉时,航线系统的合理设置就更加复杂,也更加重要。船东在如何开辟与设置航线这个问题上,通常是以其经济性,即是否能以尽可能少的投入为他带来尽可能大的利润,是否充分利用了其有限的资源为衡准。然而,他作为社会的一员免不了受到社会和自然等其他方面因素的影响,因此往往也必须附加考虑这些因素。例如,当受到国家的干涉时,社会和自然等非经济性因素有可能成为决定航线设置与否的重要原因。研究航线的设置就是对这些经济性的和非经济性的因素及企业自有的资源做出全面深入的分析,最终给出一个最佳方案。航线的开辟与设置对企业,尤其是对班轮公司的发展具有战略意义。

1.1.1.2 船队规划

随着需求的变化、市场的发展,船队的规模、结构也必然要适当地进行调整。要根据未来一段时间内企业可以揽取的货载和企业自身的实力,及其发展趋势

等情况设计出更合理的船队构成、船队规模方案。这项工作主要涉及船舶的投资、买卖、更新计划。

由于现代船舶的造价很高、投资使用期长,船舶的投资与更新自然成为企业的一项重大经济技术决策,必须根据可靠的市场需求预测进行论证分析。船队的构成是否合理,规模是否适当,是决定企业能否进入市场,能否创利,甚至能否继续生存的一个关键因素。所以船队规划是航运企业发展战略中的一个重要组成部分,通常解决的是中长期发展问题。

1.1.1.3 航线配船

当一个船队中拥有多种类型的船舶(如不同尺度、不同吨级、不同航速等等),这些船舶分配在自然条件不同的多条航线上运行时,存在着如何把各类型船舶合理地配置在不同航线上,使船队的总营运收入与总成本之比最大的问题。例如,2011年12月成立的中远散货运输(集团)有限公司拥有各种吨级、各种尺度的运粮、运煤、运矿的散货船230多艘、1800多万载重吨,加上租入的船舶,年平均控制船舶400余艘,运力规模超过3500万载重吨,航线覆盖全球100多个国家和地区的1000多个港口。如何将这些船舶合理地配置在各条航线上,是一个复杂的、现实的问题。

航线配船一般是针对一定时期(如一年、半年等)内给定或预测的、比较可靠的分航线的运输任务,研究船舶在各航线上的最佳调配,解决的是近期或中期船舶资源的优化配置问题,即属于运输生产计划与组织问题。

1.1.1.4 船舶调度

船舶调度是对本企业控制下的每艘船指定具体的航行路线、挂靠港口、运输任务及其运作时间表。要求通过合理调度,高效率地运用船舶。解决的是实时和近期运输生产组织与实施问题。

对于不定期船来说,它涉及航线设计、航线配船与船舶运行时刻表制定三个方面的内容。而对于已做过航线配船优化的固定航线运输问题来说,调度的主要工作是编排每艘船的近期运行时刻表和指挥船舶运作。

上面列出了船舶资源优化配置研究内容的四个主要侧重点。在研究这些问题时,应该注意到这些问题之间具有的内在联系。譬如说,船舶调度与航线配船在某种情况下有类似的含义,而航线配船与船队规划在有些情况下也具有一致性。虽然我们常常可以根据需要有侧重点地研究这些问题,但却不能完全将它们割裂开来或对立起来,不能孤立地考虑其中某一个问题。

此外还要注意它们都具有一个共同的特点,即其优化结果的时效性。无论是船队规划,还是航线设置、航线配船,都是针对一定时期企业营运面临的外界环境而做的研究。当外界环境发生变化时,其对应的最佳方案必然也要随之变化。

由于对未来因素的估计难免存在偏差,或者说对未来的估计值具有不确定性,因而对这类问题的研究是一项经常性的工作,要定期或不定期地经常做。一个比较科学的做法是采用滚动计划的方式。每当时间进行到计划期的 $1/5$ 、 $1/3$ 或 $1/2$ 等,就根据营运环境变化的新情况,再做一次从新时点开始、相同长度计划期的优化研究。其好处在于每次计划都与前次计划具有一定的重叠,顺次后移,并在内容上有所调整,使每次计划的前期内容具有可操作性,后期内容具有指导意义,始终保持计划的科学性、合理性。

1.1.2 船舶运输组织的主要形式

航运需求具有多样性,如定期定时运输、临时运输,大批量物资的运输、零担物资的运输,等等。作为供给方的航运企业要尽可能满足各种各样需求,组织船舶运输。根据运输组织过程中船舶运行组织的特征不同,可将船舶运输组织分为三种主要形式。

1.1.2.1 班轮运输

是指固定船舶在固定航线上按照预先公布的船期表运行的一种船舶运输组织形式。对于这种运输形式,组织优化的主要任务是根据货源分布情况设定船舶运行航线,确定航次挂靠港口及其顺序,添置新船前的船型论证和船舶运行时刻表的编制。当一个大的班轮公司对其所经营的多条航线进行布局调整时,还会涉及对原有船舶的航线配船问题。

1.1.2.2 不定期船运输

是指在航运市场上寻找货源,完全根据货主的要求确定航行路线、挂靠港口和在港作业的一种船舶运输组织形式。其特点与班轮运输完全不同,船舶并不长期固定在某一航线上或若干港口之间运行,挂靠哪个港口具有很大的随机性。也正因如此,用数学规划法优化此类问题比较困难。通常是在添置新船前进行船型论证,而在营运过程中主要是根据每次可得货载的具体情况进行航次估算,以其结果作为经济判据,再结合船东对其他方面的考虑,决定接受哪批货物、挂靠哪些港口。

1.1.2.3 大宗工业物资的运输

是指对工业生产中大量消耗的能源和原材料的长期承包运输方式。其特点是航线和港口基本固定,货流量较大,流向稳定,承担运输任务的船舶也相对稳定。虽然有预先计划的短期运行时刻表,但要求不十分严格,且不对外公布,仅是一种生产计划。当有多个装货港或卸货港时,某一艘船也不一定固定在某一航线上运行,即可能存在一艘船在不同航线上的临时调动现象。也就是说,这种运输组织方式既有班轮的一些特征,也有不定期船的一些特征,在很多文献资料中往往把它归类于不定期船。

然而,由于这种运输方式完成的运输量较大,对它进行优化研究的意义也就特别大,能体现出规模经济的效益。因此,大宗工业物资运输和班轮运输优化方法是本书的主要论及对象。

航线设置、船队规划、航线配船和船舶调度都是航运企业生产经营实践中的具体问题。以往多用经验法处理这类问题,但事实表明,受多种因素,特别是一些不确定因素的影响,往往很难单凭经验法给出令人满意和信服的答案。于是,对于一些多因素的、较为复杂的问题,许多学者转而求助于数学规划法,利用计算机辅助决策。

1.2 研究工作回顾

五六十年前,在电子计算机诞生之后,航运业开始试探着运用系统分析方法解决船舶投资更新与优化配置问题,希望能对以往单凭经验和仅根据未来航运市场的主观估计,而完全由人力做出决策的状况做出改进。特别是对一些大型船队较为复杂的规划和优化配置问题,利用计算机技术和数学分析的方法拓展人的能力,代替人类去做更复杂、更详细、更全面的分析变得十分必要。这样做既可以减轻决策者的工作强度,同时又为决策者提供了丰富的决策依据和科学的决策支持。多年来,各国学者从不同角度对这类问题做了多方面的探讨,已取得了相当大的进展,针对各种特定问题开发出了不同方法来满足航运企业的需要。

1.2.1 船队规划问题

通过对船队规划领域近几十年来相关文献的查阅与分析看出,在船队规划研究中,通常采用的较为成熟的方法主要有线性规划法、整数规划法、动态规划

法、仿真技术等。

1.2.1.1 线性规划方法

线性规划方法在国内外均已被成功地应用于船队规划问题研究中。利用该方法解决船队规划问题的优点是数学模型和解法具有通用性,求解速度快,使用方便,而且线性规划的理论和方法为很多人所熟悉。其存在的缺憾是不能用于解决非线性特征明显的实际船队规划问题。

最早应用线性规划方法解决运力配置问题的研究始于1954年,Dantzig和Fulkerson研究了单种船型的油船船队规模问题^[1]。该问题被描述为一个运输问题,即在保证完成已知的一系列运输任务基础上,决策所需的最少油船数量以及每艘油船的调度安排。该模型将战略层的船队规模问题和操作层的短期调度问题相结合,同时讨论了最短航行时间问题。这种数学模型在当时并不多见,求解较困难,但由于作者做了简化假设,使得该数学模型及求解都是可行的。

1970年,Everett等人研究了承运美国大宗散货的运输船队(油船、干散货船和油、矿兼用船)在未来10年(1972~1982)期间的最佳构成问题^[2]。作者构造了一个能满足未来货物运输需求,并追求船舶寿命期内船队总成本最小的船队规划模型。该模型在货源、航线、港口、船型方案都已确定或预测的基础上,较全面地考虑了影响船舶营运的一些主要因素,如货流、航次数、航行时间、船型参数、港口约束、投资回报率等。但此模型仅适用于新组建船队的构成研究或船队的远景规划研究,不能用于研究一个已存在船队的连续发展规划问题。

1979年,Wijismuller和Beumee根据未来市场预测结果,针对一个已有船队建立了其船舶更新与贷款决策优化数学模型^[3]。这一数学模型考虑了船东财务状况、投资能力等一些影响船队发展规划的主要因素,以追求在研究期内各年营运利润现值加上来自财务贷款决策收入现值,再减去各年营运所得税现值,这三项代数之和的总净现值最大为目标。通过求解线性规划数学模型得到研究期内每年应购买、出售、承租和闲置的船型、船舶数量以及贷款金额数的最佳策略。该模型形式复杂,主要适用于班轮船队规划问题。

Cho和Perakis提出了适合于集装箱班轮航运公司进行船队规模和航线设计的两个优化模型^[4]。第一个模型是在预先生成一系列候选航线的基础上,以追求利润最大化为目标的线性规划模型;第二个模型是以追求营运成本、闲置成本及资本成本之和最小为目标的混合整数规划模型。它不仅解决了最佳航线组合、最佳发船频率问题,而且还考虑了最优投资决策问题,如订造或购买船舶、租

入船舶等。

在国内,文献[5]中介绍了以某一时刻的状况为起点,根据连续一段时间的运输需求,对一个已存在船队进行规划的问题,建立了研究这个船队从此以后连续若干年内的逐年最优构成和建设模型。该模型考虑了原有船舶的运输能力及其营运经济状况、船舶闲置、旧船报废和新船添置等多方面因素,其数学表达形式简洁易懂。求解结果不仅能给出船队每年的最优构成和造(购)船计划,而且能同时给出船队每年在各条航线上的调配使用计划。然而,该模型难免存在一般线性规划模型普遍存在的不足:计算出的每年添置船舶的数量一般不为整数,需要经过人工圆整为整数。

1.2.1.2 整数规划方法

在船队规划的很多实际问题中,往往要求最优解只有取整数值才有意义,因此整数规划方法越来越受到人们的重视。应用于船队规划的整数规划模型主要包括纯整数规划模型、混合整数规划模型和集合分割模型,其中集合分割模型近年来应用较多。集合分割模型的实质是一个0-1整数规划模型,它的基本形式如下:

$$\min \sum_{v \in V} \sum_{r \in R_v} c_{vr} x_{vr} \quad (1-1)$$

$$\text{s. t. } \sum_{v \in V} \sum_{r \in R_v} a_{ivr} x_{vr} = 1 \quad \forall i \in N \quad (1-2)$$

$$\sum_{r \in R_v} x_{vr} = 1 \quad \forall v \in V \quad (1-3)$$

$$x_{vr} \in \{0, 1\} \quad \forall v \in V, r \in R_v \quad (1-4)$$

式中: V ——船舶集合;

N ——货物集合;

R_v ——船舶 v 的候选调度方案集合;

c_{vr} ——船舶 v 执行调度方案 r 时的运输成本;

a_{ivr} ——常量,如果调度方案 r 是船舶 v 服务于货物 i , $a_{ivr} = 1$,否则

$a_{ivr} = 0$;

x_{vr} ——0-1决策变量,如果船舶 v 执行调度方案 r , $x_{vr} = 1$,否则 $x_{vr} = 0$ 。

目标函数(1-1)为最小化运输成本;约束(1-2)保证所有的货物都能够被运输;约束(1-3)保证每艘船选择一种调度方案;约束(1-4)为0-1变量约束。

Lane等人对在固定贸易航线上营运的班轮船队的成本效益进行了分析^[6]。

他们首先通过手工的方式生成一系列船舶—航线的组合,然后应用集合分割模型对其进行优化求解。该方法已被应用在澳大利亚至美国西海岸之间航线上的船舶调度优化。1999年 Fagerholt 也应用了相似的方法对挪威海岸的班轮航运系统进行了研究^[7]。该系统的目标是设计一个最优船队结构和制订每一艘船的周运行计划。解决方法是利用动态规划方法预先生成船舶的可行运行计划,然后通过集合分割模型优选出最佳的运行计划组合。该求解方法在假设不同的船舶均以相同的航速行驶的前提下适用。为此,Fagerholt 和 Lindstad 在 2000 年又开发了一个新的求解算法,用于处理船舶以不同航速行驶的情况^[8]。

Mehrez 等人描述了一个大宗工业物资运输优化的实际问题^[9]。该问题是从一个境外港口运送干散货矿石到大西洋海岸的中转港,然后通过陆上运输到达客户。为了确定研究期内各个时期的租船数量和规模、经过的中转港口的数量和位置,以及从卸货港到客户的运输路线,建立了以利润最大化(出售商品的收入减去运输成本、卸货成本、库存成本)为目标的混合整数规划模型。为了减小问题的求解规模,作者首先利用启发式算法计算出所需最少的港口数量,然后以此作为初始解,利用分支定界法对整个问题进行求解。

Bendall 和 Stent 研究了新加坡短程枢纽和辐射支线经营的收益性问题,建立了一个混合整数规划模型^[10]。该模型不仅可以评估规划期内的收益值,而且还可以计算出满足分拨任务要求的最优船舶数量以及船队的最佳调配方案。

Crary 等人将专家意见与定量方法相结合研究了美国驱逐舰舰队规模问题^[11]。他们首先使用层次分析法收集专家的意见,然后在专家意见的基础上得到一系列的分配方案,将这些方案并入到混合整数规划模型中,通过求解得到一个最具效力的船队特殊组合分配方案。该方法已被应用于美国国防部计划的场景之一——“2015 年朝鲜半岛冲突”方案中。

李青璟针对集装箱班轮航运公司建立了一个多期程的船队规划数学模型^[12]。该模型在满足集装箱航线服务特色和预估的航线运输量最低需求的条件下,以追求规划期内船舶的营运成本、资金成本与租赁成本的总和最小为目标,选择船队的最优组成、最佳部署和最佳发船频率方案。

针对复杂市场营运环境,文献^[13]介绍了综合考虑订造新船、买卖二手船和租赁船舶等多种实际可能存在的情况,建立了一个基于多种类型投资的船队规划混合整数规划模型。该模型对船队短期调配使用和长期发展规划同时进行决策,能够优化一个船队在规划期内的投资、买卖、更新以及运用方案。

1.2.1.3 动态规划方法

动态规划是解决多阶段决策过程中最优化组合的一种系统化方法。许多问题用动态规划方法处理,常比线性规划或整数规划更有成效。目前动态规划方法已在解决船队规划问题中得到了应用。

Nicholson 和 Pullen 利用动态规划法解决了一个逐步缩小规模的船队在 10 年内的规划问题^[14]。该问题是要确定一个出售船舶的最佳方案,使公司长期累积的资产现值最大。它以年份为时间段,以各年保有的船舶数量为状态,建立递推公式,利用动态规划方法求出各年的最优出售船舶策略。该模型的主要用途在于:确定出售船舶的最佳方案;评估船舶出售方案;为管理者出售船舶时是否接受买主的报价提供决策依据。

Murotsu 等研究了单港装货、单港卸货、简单航次的油船船队规模优化问题^[15]。该问题被描述成一个以技术和地理上的限制为约束,以追求运输成本最小为目标的数学模型。通过引入动态规划和非线性规划的技术对模型进行求解,决策出最佳的船队规模、船舶航速以及各型船的数量。

为了改进文献[5]中线性规划模型存在的不足,文献[16]中介绍了一个线性规划与动态规划相结合的船队规划模型和算法。该方法不仅保持了船队规划线性规划模型节省计算时间的优点,而且保证了规划结果中每年每型船的造(购)船数量一定取整数。国内还有学者也运用了相似的方法对我国油运公司远洋船队规划问题进行了研究,其在文献[16]的基础上增加了租船方式以便扩大船队规模,建立了以规划期内成本最小为优化目标的动态规划模型。

1.2.1.4 仿真技术

仿真技术是借助计算机技术和数学手段,建立仿真数学模型,模拟研究对象的特性和变化规律,在计算机上复现实际系统发生的过程,对问题进行间接研究。迄今为止,利用仿真技术成功解决船队规划问题的实例还不多见。

Richetta 和 Larson 在 1997 年开发了纽约市废物海上运输系统^[17],他们设计了一个离散事件仿真模型,并将其嵌入到系统的综合派遣模块中,用来确定船队的规模和调度计划。

Imai 和 Rivera 利用仿真技术研究了冷冻集装箱船队的规模问题^[18]。他们首先利用一个解析模型研究了自有干散货船队的最优规模问题,然后将其扩展到自有冷冻集装箱船队中。通过仿真模型模拟出对应各种情况的船队规模方案,然后对这些不同的方案进行分析,确定出船队自有集装箱与租赁集装箱最合