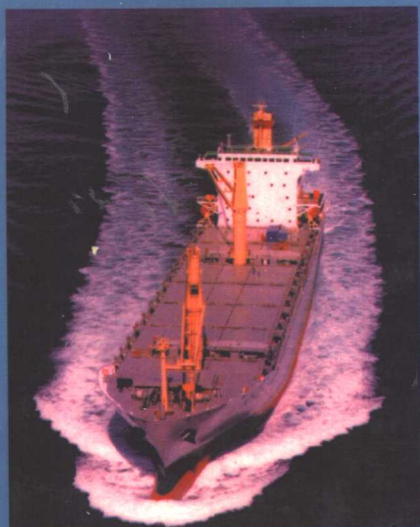


国家科学技术学术著作出版基金资助出版

船舶调度与 船队规划方法

谢新连 著



人民交通出版社

船舶调度与船队规划方法

Chuanbo Diaodu Yu Chuandui Guihua Fangfa

谢新连 著

人民交通出版社

图书在版编目(CIP)数据

船舶调度与船队规划方法 / 谢新连著. —北京: 人民交通出版社, 1999

ISBN 7-114-03490-3

I. 船… II. 谢… III. ①船舶调度-技术管理②船队-水运规划 IV. U692.4

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第41695号

船舶调度与船队规划方法

谢新连 著

版式设计: 刘晓方 责任校对: 刘高彤 责任印制: 孙树田

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街10号 010-64216602)

各地新华书店经销

北京鑫正大印刷厂印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 7.625 字数: 197千

2000年1月 第1版

2000年1月 第1版 第1次印刷

印数: 0001~1000册 定价: 20.00元

ISBN 7-114-03490-3

U·02502

内 容 提 要

本书汇集了作者经过多年系统深入研究在船舶资源优化配置领域所取得的成果,较为详细、全面地介绍了有关船舶调度、航线配船与船队规划的基本概念、系统理论和数学模型建立的实用技术。作者选择了国外近年来在这一研究、探索领域中已做过的一些有代表性的研究成果,剖析了各家学者针对不同实际问题建立数学模型的典型建模原理和解题思路。本书侧重于论述利用计算机和线性规划、动态规划、非线性规划等方法解决这类问题的理论、实践和科学性。反映了这一研究领域的国际最新发展动态和前沿探索工作。作为应用说明,书中最后较完整地给出了一个分析、计算案例。

前 言

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,是企业资源合理配置的重要问题。近半个世纪来,随着世界航运规模的不断扩大,这些问题的重要性显得更加突出。

然而,由于这类问题具有较大的复杂性和较强的随机性,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本世纪 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,在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。

本人在这一领域探索十几年,研究了国外国内众多学者发表的研究成果,感到有必要对这一领域的理论进行系统的总结、归纳,形成一个完整的、科学的理论体系,反映国际最新发展动态和前沿探索工作,进一步推动理论研究的深入和实用水平的提高。无疑,形成这样一本书对航运管理学科的建设是非常有益的。

在书稿形成过程中,本人多次向研究生讲授这一专题内容,通过思路活跃的讨论和总结,得以不断提高,本书完稿与我的研究生们的努力是分不开的,他们做了十分有益的贡献。滕亚辉等同学还认真地协助校对,此外在书稿完成后,国家科学技术学术著作出版基金委员会及其专家们能及时予以资助出版,在此一并致谢。

由于第一次撰写这一专题内容,加之本人才疏学浅,书中可能

会有些观点不妥,甚至有谬误之处。作为抛砖引玉,本人愿与读者,特别是生产实践中的业务专家就有关问题商讨,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。

作 者

1997 年 7 月 20 日

目 录

第一章 绪 论	1
§ 1-1 船舶运输组织概述	1
§ 1-2 优化求解的基本步骤	8
§ 1-3 预测技术	14
第二章 数学优化基础	24
§ 2-1 线性规划方法	24
§ 2-2 非线性规划方法	27
§ 2-3 动态规划方法	41
第三章 船舶调度方法	56
§ 3-1 船舶调度概述	56
§ 3-2 不定期船调度	59
§ 3-3 大宗物资运输船队的调度	65
第四章 航线配船方法	72
§ 4-1 航线配船概述	72
§ 4-2 大宗工业物资运输	75
§ 4-3 班轮航线配船	86
第五章 船队规划方法	101
§ 5-1 船队规划概述	101
§ 5-2 新组建船队的规划问题	106
§ 5-3 船队规划的线性规划法	109
§ 5-4 船队规划的动态规划法	122
第六章 航线配船与船队规划方法应用举例	138
§ 6-1 船队营运环境参数的准备	138
§ 6-2 运量预测	151

§ 6-3 计算结果及其分析	158
§ 6-4 关于数学模型形式的讨论	162
附录 1 航线配船与船队规划源程序 — FPS	167
附录 2 FPS 系统设计与操作使用说明	216
主要参考文献	233

第一章 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,进而影响企业竞争能力和生存、发展能力的大问题,世界上大型航运企业无不面对现实而涉足于这项研究。然而,船舶运行环境是复杂的、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,周全且准确无误地给出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不例外。正因如此,长期以来有识之士仍毫不气馁地做着各种尝试,力图建立更科学、更方便的现代化方法,去解决这类实际问题。有人凭经验,有人借助于数学规划法。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,相对客观,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。这里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多少配置船舶。船舶是投资大、营运成本高、使用期长的设备。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作系统的分析研究,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重要方面。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和调整企业发展的目标、战略和结构,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。也就是说,前者是面向外界,寻找新的机遇,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换,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政治、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监控与调整,相对来说是企业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当外界条件一定时,系统内部资源的最优配置问题。

一、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. 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。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作出判断,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

及到揽取稳定、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,充分利用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或政治等其它方面因素的影响,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,社会或政治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作出全面深入的分析,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。

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。这项工作主要涉及到船舶的投资、买卖、更新计划。

由于现代船舶的造价高、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。

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,中远散货船队有各种吨级、各种尺度、运粮、运煤、运矿的船舶 100 多艘,这些船舶运行在国内、外众多的航线上。如何将这些船合理(经济、质量)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、比较稳定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。属于运输生产计划与组织问题。

4. 船舶调度

船舶调度是对本企业控制下的每艘船舶指定具体的航行路线,到、发港口,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。

对不定期船来说,它涉及到航线设计、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来说,调度的主要工作是编排每艘船舶的近期运行时刻表。

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内在的联系。譬如说,船舶调度与航线配船在某种情况下有相类似的含义,而航线配船与船队规划在有些情况下也具有 consistency。虽然我们常常可以根据需要有侧重点地研究这些问题,但却不能完全将他们割裂开来、对立起来,不能绝对孤立地考虑其中某一个具体问题。

此外还要注意到他们都具有一个共同的特点,即其优化结果的时效性。无论是船队规划也好,还是航线设置、航线配船也好,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误差,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,要定期地或不定期经常地做。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 $1/2$ 时,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。

二、船舶运输组织的主要形式

航运需求具有多样性,如定期定时的运输、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的需求,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. 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,还会涉及到对原有船舶的航线配船问题。

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。其特点恰与班轮运输不同,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是较为困难的。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,再结合船东对其它方面的考虑,决定接受哪批货物、挂靠哪些港口。

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,某一船舶不一定固定在某一航线上运行,即可能存在某一船舶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。

三、研究工作回顾

在电子计算机诞生之后,大约 35 ~ 40 年前,航运业开始试探着运用系统分析方法研究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进行改进。特别是对一些大型船队较为复杂的规划与优化配置问题,利用计算机技术和数学分析的方法拓展人的能力,代替人力去做更复杂、更详细、更全面的分析成为必要。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探讨,已取得了相当大的进展。

早期的工作主要包括:

①一艘船或一种船型的船舶更新分析或船型论证。通常是利用普通计算方法针对典型航线来论证。也有用动态规划方法来寻找船舶一对一的最佳更新期的研究。

②用线性规划方法研究船队在不同运输航线上的远期优化配置问题。即根据远期各航线上的运量情况,研究未来船队的最佳构成。如文献[11]中介绍的工作。

③结合经验、计算和做图确定一个船队在各航线上的运输配

置与各船的最佳航速。如在文献[14]中,作者利用作图法辅以计算,在运力过剩的船队中选择营运船舶,并确定各船的最佳营运速度。

④根据运输需求,对一个现有船队在未来若干年的发展作出投资更新规划。如在文献[10]中,作者较全面的考虑了船东财务状况、投资能力,通过求解一个船队规划线性数学模型而得到研究期内每年造新船、买旧船、租进、租出各型船的最佳策略,为复杂的决策问题提供了科学的分析数据。

⑤对于随机影响大,变化多的船舶短期调度问题建立数学模型和算法,进行科学的决策分析。如在文献[12]、[13]中,作者所建立的优化模型和算法能根据一个不定期船队在 60~75 天内已获得的货载情况解出各船的最佳调度方案。

从这些研究工作的发展趋势上可看出两种变化:

一是使用的数学方法逐步系统化、实用化。在开始阶段,大约 60 年代,研究的对象是单船和单种船型船队在单一航线(或典型航线)上的运输优化问题。侧重点是船型优化,采用的方法也比较简单。随后在 70 年代初至 80 年代中期,研究的对象转向具有多种类型船的船队,侧重点是船队的最优构成或在多条特征各异航线上的最优调配问题,主要利用线性规划方法进行计算分析。80 年代中期以后,开始将船队短期调配使用与长期发展规划结合起来统筹分析研究,侧重点是将研究推向实用,改进模型和求解的有效性。为此,在线性规划的基础上展开了非线性模型和动态模型的研究,以期得到更全面、更客观、更可靠的优化结果。

二是研究的内容逐渐扩大,研究的难度逐渐增加。开始仅是对在固定港口间承担大宗单一物资运输任务的散货船队进行研究。这种船队的运输过程比较简单,一般船舶都是在装货港一次性装满货物,然后航行到卸货港一次性卸空货物,途中不挂靠其它港口。相比之下,这种运输过程适于程序化,利用计算机模拟运输过程,寻求最优方案。在对此类问题研究的基础上,转向对运行航线稳定,但挂靠港口和装卸货物较为复杂的班轮运输问题进行研

究。随后又进一步涉足于受随机因素影响大、变化多、极难程序化的不定期船调度优化研究。

这些变化趋势既反映了这类研究工作的不断深入、进步,也反映了航运企业对这种先进管理技术的需求。

迄今为止,对于一些随机变化较少,易于模型化、程序化的问题,如大宗单一物资运输,这种研究已达到或接近实用水平。而对于随机变化多、影响强,难于模型化、程序化的问题,如不定期船调度问题,这种研究基本上还处于理论探索和推向实用的阶段。各家学者在该领域所做过的研究工作都具有明显的针对性,所提出方法的应用范围都具有局限性,即仅用于解决某一类问题。总体上看,这种研究仍处于探索与试验阶段。

正因问题的复杂性和从理论到实践还存在一定的距离,许多船东对这方面的研究成果还持有怀疑态度。船东们常常感到,这项研究搞过之后,似乎不能马上带来直接的经济效益。但同时他们也感到,在错综复杂的市场环境中不做这项工作也是不行的,不做则盲目。

随着运输规模的扩大,特别是随着大型航运公司的合并、联盟,形成更大的海运集团,规模经济必然要求船东对其所控制船队的未来发展和船舶资源的优化配置做系统地、深入地分析研究,以便提高船队的运用效率,增强企业在航运市场中的竞争能力。因此,这项投入少、意义重大的研究工作应该与实践结合的更加紧密,得到航运界的高度重视。有长远和发展意识的船东必然会主动的、积极的、经常的开展这项研究工作。

本书主要介绍解决船队规划、航线配船、船舶调度优化问题的数学模型建立、求解方法及其基本原理。为这一研究领域理论体系的完善和深入发展、达到实用奠定基础。

§ 1-2 优化求解的基本步骤

利用数学规划方法解决船舶运输组织优化问题的一般程序如

图 1-1 所示。

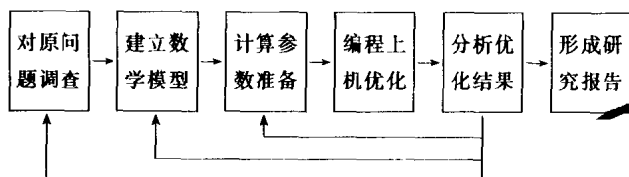


图 1-1

一、对研究对象的调查

主要包括货源调查、货运需求调查、物流规律和供销渠道的调查;港口与航道自然条件、建设现状、发展趋势的调查;企业自身实力、现有船舶状况的摸底;航运市场、船舶市场及各运输企业之间的竞争情况调查;国家产业政策的分析研究等等。下面以运输需求调查为例,介绍调查分析的主要内容和基本方法。

1. 货源调查

货运市场调查的基础工作便是货源调查。按物资类别和行业归口不同可分为以下两种类型的货源。

(1)国家统管物资和国防战略物资,即由国防和政府各经济部门统一管理的物资。这些物资的生产和分配一般是由国家调控的。凡属对国民经济建设、人民生活及军事活动有重大意义的物资均属此类。政府根据经济、社会发展的总体需要,指导各类物资的生产量、调拨量和运输量。这类物资一般包括煤炭、石油、矿石、钢铁、粮食等,大都为大宗货物,因而取得这些物资的生产贸易数据具有重要意义。

(2)市场调剂物资,一般是指由各类企业或个体户合法生产或销售的物资。这类物资的特点是种类繁多,规格不一,涉及千家万户。尽管每批量较小,但在市场经济条件下,这类物资的总量是很大的。因此对于市场调剂物资的调查应视为经常性的重要工作。

2. 货运市场需求调查

货运市场需求是指国民经济各单位对运输的需求,包括近期需求和远期需求两种。近期需求是指近期内通过水路运输的货物