



集装箱调运中的 建模与优化

■ 张瑞友 李浩渊 李东 著



科学出版社

集装箱调运中的建模与优化

张瑞友 李浩渊 李 东 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

集装箱物流业近几年得到了飞速的发展,装载量达到一万标准箱以上的巨型船舶已经问世,各大港口(含无水港口)的智能化水平不断提高,这促使在集装箱的调度、运作与管理领域涌现了一大批关键的建模与优化问题。本书就这一领域展开研究,针对集装箱堆场的倒垛和预倒垛,堆场上集卡的路径控制,集装箱堆场和铁路中心站的布局规划、资源配置、策略验证和设备调度,以及资源受限、信息实时更新、集装箱多尺寸等多种情形下的接驳运输问题,建立数学模型,设计优化算法。书中大量应用遗传算法、禁忌搜索、粒子群优化等智能优化方法,以及基于仿真的优化、并行集群计算等实现机制。各章均附有大量应用问题的计算实例。

本书可供物流与供应链、计划与调度、建模与优化等领域的研究人员和工程技术人员,以及系统工程和管理科学与工程等学科的教学及科研人员参考,还可供相关专业的研究生和高年级本科生参考。

图书在版编目(CIP)数据

集装箱调运中的建模与优化/张瑞友,李浩渊,李东著.—北京:科学出版社, 2015.12

ISBN 978-7-03-046881-9

I. ①集… II. ①张… ②李… ③李… III. ①集装箱运输-研究 IV. ①U169

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 313489 号

责任编辑:张海娜 纪四稳 / 责任校对:郭瑞芝

责任印制:张 伟 / 封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京教图印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年1月第 一 版 开本:720×1000 B5

2016年1月第一次印刷 印张:15 1/2

字数:307 000

定价:88.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序

随着全球化时代的到来,集装箱运输在世界经济与社会生活中的作用越来越大。在遍布四大洋的海运航路上,或是贯穿欧亚大陆的铁路上,奔驰的主角无疑都是集装箱。单从全球制造的角度看,无论是原材料的供应、产成品的分销,还是机械设备的运输,集装箱运输的作用无可替代。特别是随着我国“一带一路”战略的实施,集装箱运输在世界经济与社会发展中的重要性也势必日益增强。

然而在全球化的竞争环境中,集装箱运输企业要想在竞争中取胜,就必须努力降低成本,提高服务质量。而想要达到这个目标,就要实现资源的优化配置,包括运输设施规划层的优化和日常运作管理的优化。这就带来了各种类型的集装箱调运的建模与优化的问题。例如,集装箱码头和铁路中心站的布局规划、集装箱船的码头泊位排期、各种起吊设备的调度、集卡的路径控制、码头的接驳运输,以及集装箱堆场的倒垛和预倒垛等,这些问题引起国内外众多研究者和工程技术人员的研究兴趣,并且已有大量的研究成果呈现。

集装箱调运的优化问题一直是个研究难题,试想一条集装箱运输船可装 8000 个标准箱,要卸载并堆垛到堆场上,每个箱要经过鹤式吊、集卡、龙门吊或堆垛机等诸多设备,各个集装箱的堆放位置、运输路径和时间均不相同。在这种前提下,要想用结构化的程式对每个调度方案进行评估就十分困难,这就使得一般数学规划的方法或是近年来十分火爆的智能优化方法面对集装箱调运优化问题都显得苍白无力。

近年来,一种称为“基于仿真的优化”的新方法发展起来,而计算机仿真正是测评集装箱调运方案最可行的方法。但是在几乎无限多的可行调度方案中评估且择优,如何节省仿真时间、缩减仿真次数就成了能够真正实现基于仿真的优化的关键。该书最难能可贵的创新之处就是针对以上关键问题提出了一系列行之有效的办法,使基于仿真的优化成功地应用到多种不同类型的集装箱调运问题中。虽然不是所有集装箱运输的优化问题都在该书中被讨论,但相信通过举一反三,各种繁难的优化问题都能得到解决。

该书还是一个理论与实际结合的好的范例。书中不仅讨论了多种不同类型的集装箱运输的实际问题,也对基于仿真的优化的理论问题进行了深入的探讨。因此,该书不仅对从事集装箱运输的工程技术人员有很好的参考作用,对于关注最优化方法,特别是优化计算方法的研究人员和学生也是一部不错的参考书。

三位作者都是我的已毕业的众多博士研究生中的佼佼者。当年他们在我的研

究组里攻读博士学位时就刻苦钻研,富有创新精神,为我承担的国家科研课题做出过很大的贡献。毕业后他们分别在各自不同的岗位上从事教学和科研工作,其间又到美国和韩国等地从事研究,眼界更加开阔,工作上突飞猛进,学业更是日渐精湛。这些年,他们在国际高水平杂志上发表了多篇学术论文,反映了他们在这个领域中已经达到了很高的水平。如今,张瑞友已是东北大学的博士生导师,李浩渊已是一所大学的系主任,而李东则在我国的国防科研战线上从事重要的研究工作。这部书是他们这些年来研究的精华,可谓是“十年一剑”的潜心之作。

看到学生的佳作即将问世,研究成果累累,作为老师我心中备感欣慰。

希望广大读者也与我一样喜欢这部书,从这部书中汲取精华之处,并提出宝贵的意见。



2015年9月21日于沈阳

前 言

集装箱物流业近几年得到了迅速的发展,各主要国际航线货物运输的集装箱化水平基本上已经达到了100%。装载量达到一万标准箱以上的巨型集装箱船舶不断问世,无线视频识别、物联网、电子锁等通信与计算机技术在集装箱物流领域得到了大量的应用,各大港口(包括无水港口)的自动化、智能化水平不断提升,因此,集装箱的调度、运作与管理领域涌现了一大批关键的建模与优化问题。

在国家自然科学基金委员会管理科学部青年基金、面上项目,以及韩国国家自然科学基金“BK21”项目等多个科研项目的支持下,作者及课题组自2007年以来,针对集装箱调运中的若干关键建模与优化问题进行了深入的研究,取得了一系列的研究成果,本书正是这些研究工作的阶段性总结。

本书从系统工程和管理科学与工程视角,将作者在集装箱调运中多年来的研究心得、学习体会奉献给广大同行和读者,并提出进一步开展研究的计划。全书共6章,第1章是一个简短的导言,介绍集装箱化的发展历程、集装箱物流系统及集装箱运输问题。第2~5章按研究范围由小到大的顺序,依次探讨集装箱堆场、港口码头、铁路中心站以及接驳运输中的若干建模与优化问题。其中,第2章研究集装箱堆场中的倒垛、预倒垛,以及堆场内集卡的路径控制等问题;第3章和第4章主要采用基于仿真的优化方法,研究港口码头和铁路中心站中的布局规划、资源配置、策略验证及设备调度等问题,第3章的重点为港口码头,第4章的重点为铁路中心站;第5章研究多种场景下集装箱接驳运输中的调度优化问题,包括多堆场多港口情形、资源受限情形、考虑信息更新的动态情形,以及考虑多尺寸集装箱的情形等。最后,第6章提出未来几个可能的主要研究方向。

从写作风格上看,针对各关键调运问题,首先对问题进行定义,介绍研究现状,建立问题的模型,设计求解算法,并基于实验对模型和算法的有效性进行验证,总结规律,提出运作与管理方面的启示。第2~5章在各节中对各关键调运问题进行建模、优化、验证之后,最后对全章进行总结。

本书内容涵盖了系统工程、管理科学与工程、运筹学、计算机科学等多个学科,横跨运作管理、服务科学、物流系统、计划与调度、智能计算等多个研究领域。本书由张瑞友统稿,素材来源及撰写分工如下。

第1章:张瑞友的研究报告。

第2章:李东的博士论文、李浩渊的博士论文和张瑞友的研究报告。

第3章:李浩渊的博士论文、李东和汪定伟教授的研究综述。

第4章:李东的博士论文。

第5章:张瑞友与汪定伟教授、韩国釜山国立大学 Won Young Yun 教授和 Ilkyeong Moon 教授、德国布莱梅大学 Herbert Kopfer 教授、美国佐治亚理工学院 Jye-Chyi Lu 教授合作的几篇论文。

此外,第1章和第2章中少量的知识性材料和图片来源于因特网上的百度百科、网页上其他公开发表的材料,以及集装箱运输方面的教材,作者在参考文献中都给出了原文的出处。作者在此向上述材料的提供者一并表示感谢。

此外,作者要感谢国家自然科学基金项目(71001019、71471034、70431003、71021061)、中央高校基础科研业务费项目(N090304012、N120404016、N140405003)、中国博士后科学基金项目(2012M520642)以及韩国国家科学基金“BK21”项目多年来对本项研究工作的支持。

感谢汪定伟教授多年来对本项研究工作和对作者学术成长的悉心指导与栽培,以及对本书从构思到成稿给出的宝贵意见。感谢韩国釜山国立大学 Won Young Yun 教授和 Ilkyeong Moon 教授、德国布莱梅大学 Herbert Kopfer 教授、美国佐治亚理工学院 Jye-Chyi Lu 教授多年来的支持和帮助。本书是我们在集装箱调运中建模与优化方面共同工作的成果。

特别感谢国家自然科学基金委员会管理科学部刘作仪处长在项目的选题、立项方面对课题组的大力支持和帮助。

由于本书涉及的专业面广,加上作者水平有限,书中难免有诸多不足之处,恳请读者给予批评指正。

作 者

2015年9月于沈阳南湖

目 录

序

前言

第 1 章 导言	1
1.1 集装箱与集装箱化	1
1.1.1 集装箱化的发展历程	1
1.1.2 集装箱的主要类型	3
1.2 集装箱物流系统	6
1.3 集装箱运输问题	8
1.4 集装箱调运中的建模与优化	10
参考文献	11
第 2 章 集装箱堆场	13
2.1 集装箱堆场概况	13
2.1.1 堆场的典型布局	13
2.1.2 堆场的主要设备	14
2.2 集装箱的堆垛与提取	15
2.2.1 预倒箱问题	16
2.2.2 取箱问题与堆垛问题	26
2.3 堆场内集卡的路径控制	27
2.3.1 问题的提出与相关研究工作	28
2.3.2 欧拉方程	29
2.3.3 基于欧拉方程的集卡路径控制策略	30
2.3.4 实验与分析	34
2.4 本章小结	39
参考文献	39
第 3 章 集装箱码头	43
3.1 基于仿真的优化方法	43
3.1.1 基于仿真的优化的发展概况	43
3.1.2 几种典型的基于仿真的优化方法	44
3.1.3 基于仿真的优化的应用	46
3.2 码头物流系统的仿真模型	47
3.2.1 离散事件仿真的方法	47
3.2.2 码头物流系统	49

3.2.3 仿真模型的建立	53
3.3 码头的进出口箱区规划	61
3.3.1 进出口箱区规划问题	61
3.3.2 物流系统及仿真参数设置	62
3.3.3 基于并行集群计算的仿真优化求解	64
3.3.4 基于案例检索的仿真优化求解	68
3.3.5 两种算法的对比与分析	72
3.4 基于仿真的资源配置验证	73
3.4.1 主要性能评价指标	73
3.4.2 关于岸桥数量的仿真验证	75
3.4.3 关于内部集卡配置数量的仿真验证	76
3.4.4 关于岸桥和内部集卡配比数的仿真验证	78
3.5 码头内部集卡的动态配置	79
3.5.1 问题描述	80
3.5.2 基于集群计算的并行遗传算法	80
3.5.3 实验与分析	81
3.6 基于仿真的岸桥调度	82
3.6.1 问题描述	83
3.6.2 基于仿真的遗传算法求解	84
3.6.3 基于仿真的粒子群算法求解	86
3.6.4 基于仿真的模拟退火算法求解	88
3.6.5 不同求解算法的比较	89
3.7 本章小结	91
参考文献	92
第4章 铁路中心站	99
4.1 铁路中心站概况	99
4.1.1 中心站的主要功能	99
4.1.2 中心站的基本布局 and 主要设施设备	100
4.1.3 中心站作业的基本流程	101
4.2 中心站物流系统的仿真模型	101
4.2.1 仿真模型的建立	101
4.2.2 作业策略与仿真流程	104
4.2.3 仿真模型的验证	110
4.3 节省仿真代价的典型策略	115
4.3.1 问题描述与基于仿真的遗传算法的设计	116

4.3.2 序优化与虚拟评价法	117
4.3.3 案例检索法	121
4.3.4 调整仿真次数法	123
4.3.5 调整仿真步长法	126
4.3.6 仿真截断法	127
4.3.7 各策略的简要对比	130
4.4 基于仿真的集装箱调运策略优化	130
4.4.1 问题的提出与研究现状	130
4.4.2 铁路集装箱中心站的调运问题	131
4.4.3 基于仿真的遗传算法	133
4.4.4 实验与分析	134
4.4.5 建议的集装箱调运策略	137
4.5 本章小结	138
参考文献	139
第5章 集装箱接驳运输	145
5.1 接驳运输问题及研究现状	145
5.1.1 接驳运输问题	145
5.1.2 关于接驳运输问题的现有研究	146
5.1.3 考虑空箱的资源属性及柔性任务的研究	147
5.1.4 考虑额外资源约束的车辆路径问题	148
5.1.5 关于动态 PDP 问题的研究	148
5.1.6 关于多尺寸箱接驳运输的研究	149
5.2 基本接驳运输问题的建模与优化	149
5.2.1 问题的定义与基本假设	149
5.2.2 基于 DAOV 图的描述	152
5.2.3 混合整数线性规划模型	156
5.2.4 两种启发式求解算法	157
5.2.5 实验与分析	160
5.3 多堆场多港口的情形	163
5.3.1 问题描述与已知条件	164
5.3.2 基于 DAOV 图的描述	165
5.3.3 非线性规划模型	168
5.3.4 基于时间窗分隔的求解算法	168
5.3.5 实验与分析	171
5.4 考虑资源约束的情形	177

5.4.1	问题描述与已知条件	178
5.4.2	数学描述	179
5.4.3	基于 RTS 的求解算法	182
5.4.4	问题的下界	184
5.4.5	实验与分析	184
5.5	考虑信息更新的情形	187
5.5.1	接驳任务的统一描述及动态接驳运输问题	187
5.5.2	带临时顶点集的 DAOV 图	190
5.5.3	混合 0-1 整数规划模型	191
5.5.4	基于重优化技术的几种求解策略	193
5.5.5	实验设定	196
5.5.6	求解策略的验证与分析	199
5.6	考虑多尺寸箱的情形	205
5.6.1	多尺寸箱接驳运输问题	206
5.6.2	基于状态转换的描述方法	207
5.6.3	序列依赖的多旅行商模型	213
5.6.4	几种基于树搜索的求解策略	215
5.6.5	基于 RTS 的求解算法	217
5.6.6	实验与分析	219
5.7	本章小结	225
	参考文献	226
第 6 章	未来的研究方向	231
6.1	集装箱物流系统的设计与运行方面	231
6.2	集装箱运输与资源调度方面	232
6.3	优化方法方面	234
6.4	本章小结	235
	参考文献	235

第 1 章 导 言

集装箱(container)是指具有一定强度、刚度和规格,专供周转使用的大型周转容器。集装箱运输是指以集装箱为主要载体,将货物集合组装成标准的单元,以便在现代流通领域内运用大型装卸机械和大型载运工具进行装卸和运输,从而更好地实现货物“门到门”运输的一种新型、高效的运输方式。作为一种现代化的货物运输方式,集装箱运输在世界范围内已经得到迅速的发展和普及,主要体现在依托现代化集装箱码头的巨型集装箱轮船远洋运输、依托铁路集装箱中心站的远距离铁路运输、围绕港口及无水港口的现代化接驳运输等。本章首先简要介绍集装箱化的发展历程、集装箱物流系统及其中的主要运输问题,从而引出本书讨论的重点:集装箱调运中的若干关键建模与优化问题。

1.1 集装箱与集装箱化

1.1.1 集装箱化的发展历程

货物运输的集装箱化是现代运输方式变革的产物,起步于英国,其发展历程大致可以分为四个阶段:萌芽期、开创期、成长期、成熟期。

(1) 集装箱化的萌芽期(19 世纪 30 年代~20 世纪 50 年代中期)。

1830 年,英国为解决工业革命中运输业出现的人工装卸费时费力与先进的运输工具不相适应的矛盾,率先研制了一种在铁路上使用的装煤的容器,很快又研制了在铁路上使用的装运百货的大型容器。1853 年,美国也出现了铁路运输的容器装运法。这可以认为是世界上最早出现的集装箱运输的雏形。由于当时处于工业革命的初期,这种大容器货运方式受到了种种条件的限制,后来被迫终止使用。

1900 年,英国出现了较为简单的铁路集装箱运输。1917 年,美国开始试运行铁路集装箱运输。在随后的短短十余年时间内,德、法、日、意都相继出现了货物运输的集装箱化。然而,这一时期集装箱运输的发展极为缓慢,其主要原因是当时的社会生产力比较落后,没有充分稳定的适箱货源,所需要的基础设施也不够先进。

(2) 集装箱化的开创期(20 世纪 50 年代中期~60 年代中期)。

1956 年 4 月,美国泛大西洋轮船公司在一艘 T-2 型油船甲板上设置了一个可装载 58 个 35 英尺集装箱的平台,取名为“马科斯顿”号,航行于纽约—休斯敦的航线。经过 3 个月的试运行,“马科斯顿”号取得了巨大的经济效益,平均每吨货物的

装卸费用由原来的 5.83 美元下降到 0.15 美元,这充分证明了货物运输集装箱化的优越性。因此,该公司于 1957 年 10 月又将 6 艘 C-2 型货船改装成吊装式全集装箱船,取名“盖脱伟城”号,可装载 226 个 35 英尺集装箱,仍航行于纽约—休斯敦航线,这是世界上首次出现的全集装箱船。

1961 年 5 月,美国海陆运输公司(原泛大西洋轮船公司)陆续开辟了纽约—洛杉矶—旧金山航线和阿拉斯加航线,从而奠定了美国集装箱运输的基础。与此同时,美国的马托松等其他轮船公司也先后开辟了夏威夷等航线。然而,这一时期集装箱运输的航线局限于美国国内,在港口也没有设立专门的集装箱船泊位。

(3) 集装箱化的成长期(20 世纪 60 年代中期~80 年代末)。

1966 年 4 月,海陆运输公司以经过改装的全集装箱船开辟了纽约—欧洲集装箱运输国际航线。1967 年 9 月,马托松船运公司将“夏威夷殖民者”号全集装箱船投入到日本—北美太平洋沿岸航线。一年之后,日本的 6 家轮船公司在日本与加利福尼亚之间开展了集装箱运输。紧接着,日本和欧洲多国的轮船公司先后在日本、欧洲、美国和澳大利亚之间开展了集装箱运输。这一时期的集装箱运输开始走向国际化;所用的船舶为中小型船舶(称为第一代集装箱船),载箱量为 700~1000 标准集装箱(twenty foot equivalent unit, TEU);集装箱的规格趋于国际标准化,主要采用国际标准化组织(International Standards Organization, ISO)所规定的 20 英尺或 40 英尺集装箱;在港口也出现了集装箱专用泊位。

截至 1971 年,全球 13 条主要航线基本实现了散件杂货集装箱化。1970 年集装箱船舶的运输能力约为 23 万 TEU,1983 年这一数值达到了 208 万 TEU。这一时期出现了第二代集装箱船,载箱量可达到 2000 TEU。世界各国普遍建设集装箱专用泊位,到 1983 年集装箱专用泊位已经达到 983 个。港口设施也不断现代化,许多集装箱专用泊位开始配备跨运车、第二代集装箱装卸桥以及堆场轮胎式龙门起重机,电子计算机也得到了较为广泛的应用。1980 年 5 月,在美国出现了集装箱多式联运。

(4) 集装箱化的成熟期(20 世纪 80 年代末至今)。

日前,货物运输的集装箱化已日臻成熟。集装箱运输已经遍布全球,发达国家散件杂货的集装箱化程度已经达到 80%以上,部分远洋航线的集装箱化水平已经基本达到 100%。这一时期集装箱运输的主要特征如下。

① 集装箱船舶以及集装箱港口日益大型化,目前的大型集装箱船舶装载量可达到 10000 TEU 以上。

② 与集装箱运输相关的硬件系统日益完善,大量采用了自动化设备,包括自动导引小车(auto-guided vehicle)、自动升降小车(auto-lift vehicle)等。

③ 相关的软件系统大量出现并得到了广泛的应用,包括电子信息交换(EDI)系统等。

④ 大量现代的科学技术与管理技术得以广泛采用,包括无线射频识别(radio-frequency-identification,RFID)技术、二维码技术、电子锁技术、全球定位与跟踪技术等。

⑤ 集装箱多式联运日益突显其重要地位,集装箱运输的竞争开始全球化,诸多运输企业纷纷组建“全球联盟”。

我国的集装箱运输起步于20世纪50年代。1955年,铁路部门开始办理国内小型集装箱运输;1956年,水运部门开始借用铁路集装箱进行短期试运行;1973年,我国开辟了海上集装箱国际运输航线。尽管起步较晚,但是我国的集装箱运输业发展却十分迅速。表1.1列出了2014年上半年集装箱吞吐量全球前十大港口,在这十大港口中,我国有七大港口名列其中,分别是上海、香港、深圳、宁波—舟山、青岛、广州、天津。仅此一项指标便足以说明我国集装箱运输业的发展水平。

表 1.1 2014 年上半年集装箱吞吐量全球前十大港口

排名	港口	吞吐量/万 TEU	同比增长/%
1	上海	1723.46	5.51
2	新加坡	1650.6	4.37
3	香港	1111.4	2.59
4	深圳	1096.43	-0.64
5	宁波—舟山	961.82	13.08
6	釜山	911.47	3.48
7	青岛	836.82	7.96
8	广州	771.11	8.2
9	天津	688.76	5.87
10	鹿特丹	601.4	1.88

1.1.2 集装箱的主要类型

随着集装箱物流的迅速发展,出现了各种类型的集装箱。关于集装箱的类型有多种分类标准,这里简要介绍按用途分类的集装箱的几种类型。

1. 通用集装箱

通用集装箱,也常被称为干货集装箱,是集装箱中目前应用最为广泛的一种。通用集装箱主要用于运输无需控制温度的散件杂货,包括文化用品、化工用品、电子机械、工艺品、医药、日用品、纺织品以及仪器零件等。这种集装箱通常为封闭式,在一端或侧面设有箱门,如图1.1所示。

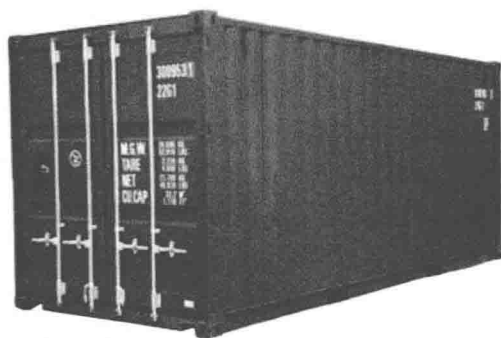


图 1.1 通用集装箱

通用集装箱有多种尺寸标准。其长度主要包括 10 英尺、20 英尺、30 英尺、40 英尺、45 英尺、48 英尺,甚至 53 英尺等几种,其中 40 英尺长度的集装箱是目前应用最为广泛的,20 英尺长度的集装箱应用得也较为广泛,其他长度的集装箱所占的比例较少,48 英尺和 53 英尺长度的集装箱是最近几年才在某些行业开始应用的,其数目所占的比例也很少。各种长度的集装箱在高度上也有几种常见的标准,例如,最常见的 20 英尺或 40 英尺长度的普通集装箱的高度为 8.5 英尺(折合 2.591m),因此这两种集装箱也常被简称为 20 英尺箱或 40 英尺箱。

通用集装箱一般具有固定的结构,包括完整且稳定的箱壁、箱顶和箱底。这种集装箱一旦制作完成,无论箱内装有货物或者没有任何货物,其结构都不可改变。因此,一辆集装箱卡车(简称集卡)如果能装载一只某种尺寸的重箱,该集卡也只能装载一只该类型的空箱。这种固定结构的集装箱在目前的集装箱物流中在数量上占有绝对的优势。相比之下,另一种集装箱的主要部件(指侧壁、端壁和箱顶)能折叠和分解,称为可折叠集装箱。可折叠集装箱在装有货物时与普通固定结构的集装箱没有什么区别,然而在不装货物时可以大大节省空间,折叠后的体积一般为折叠前体积的 $1/4$ 或 $1/6$,在空箱运输或存放时能很好地体现出这种集装箱的优势。

2. 开顶集装箱

开顶集装箱与普通集装箱相似,所不同的是:这种集装箱没有刚性的箱顶,而具有折叠式或可拆式柔性顶棚。这种集装箱适于装载钢材、木材等大型货物或玻璃板等易碎的重货。装卸货物时,可以用吊车从顶部吊入或吊出货物。

3. 台架式集装箱

台架式集装箱没有箱壁和箱顶,而只有底部一个平台,如图 1.2 所示。这种集装箱可以从前后、左右以及上方进行装卸作业,适合装载超长、超大、笨重的货物,如重型机械、钢材、钢管、钢锭、木材等。

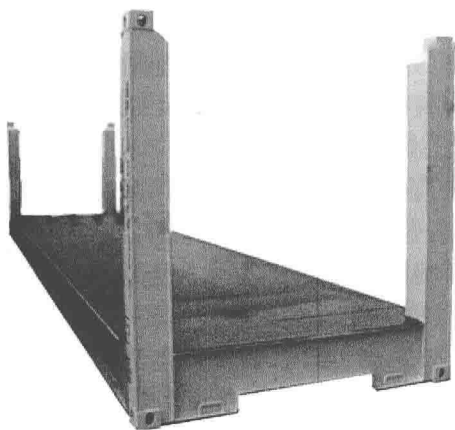


图 1.2 台架式集装箱

4. 粉末集装箱

这种集装箱一般在箱顶设有 2~3 个装货口,在端门下设有 2 个卸货口,主要用于装载无包装的颗粒状或粉末状货物,如各种散装粮食、塑料、水泥以及某些化学制品等。

5. 罐式集装箱

罐式集装箱由箱体框架和罐体两部分组成,专门用于运输酒类、油类、液体食品、液体化学物品等货物。装货时由液罐顶部的装货孔装入,卸货时靠货物的重力作用由排出孔自行流出或从装货孔吸出。

6. 冷藏集装箱

冷藏集装箱是指专门运输鱼、肉、新鲜水果、蔬菜、某些药品等冷藏、冷冻物品的集装箱。目前国际上采用的冷藏集装箱基本上可以分为两种:其中一种集装箱内带有冷冻机,另一种箱内没有冷冻机而只有隔热机构,在端壁上设有进气孔和出气孔,使用时箱子装在舱中,由船舶的冷冻装置提供冷气。

7. 保温集装箱

保温集装箱一般用于运输蔬菜、水果等易腐物品。与冷藏集装箱不同,保温集装箱没有冷冻机,只是箱壁、箱顶和箱底用隔热结构制成,箱内用干冰等进行制冷。保温集装箱的保温时间一般约为 72h。

8. 通风集装箱

通风集装箱在端壁和侧壁上设有通风孔,主要用于运输食品等需要通风的货

物。根据通风方式的不同,这种集装箱可以分为自然通风集装箱和机械通风集装箱;根据通风强度的不同,这种集装箱可以分为普通通风集装箱和透气式集装箱。当通风口关闭或透气口封闭时,通风集装箱可以用作普通集装箱。

9. 其他专用集装箱

除上述集装箱,还有各种专门用途的集装箱,如专门用于运输小型汽车的集装箱,用于运输活禽、牲畜的动物集装箱,以及用于运输服装的集装箱等,这里不一一赘述。

1.2 集装箱物流系统

一个典型的集装箱物流总体系统如图 1.3 所示。可见,集装箱物流系统包括发货人、收货人、以集卡或集装箱轮船为代表的运输系统,以及以港口或无水港口为代表的中转及仓储系统等部分组成。

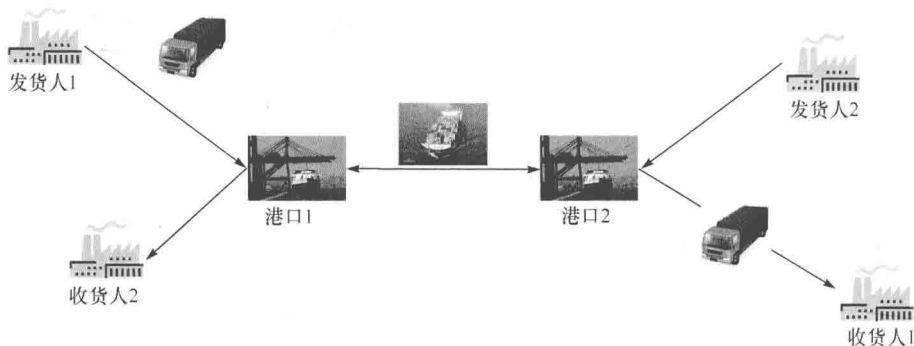


图 1.3 集装箱总体系统示意图

以一箱货物的运输为例,从最初发货人到最终收货人的整个物流过程可以简要描述如下。首先,在接到货物的运输订单后,某接驳运输企业派一辆集卡携带一个空集装箱行驶至货物的存放地点,对货物进行验收、装箱;然后,集卡携带装满货物的集装箱行驶至某港口;在港口的集装箱堆场进行短暂的堆放过后,在相应的集装箱轮船(或火车)到达时,该集装箱被装载到相应的轮船(或火车)上;当该轮船(或火车)抵达该集装箱的目的港口时,卸下该集装箱;经过必要的过关、验单等手续以及可能的在该港口堆场的堆放等待,收货人所在地的某集卡将该集装箱取走并送至最终收货人;开箱、验货后,集卡将空集装箱带回堆场,进行清洗、消毒等必要的处理,以备下一次使用。

这里描述的是集装箱运输的一般性处理过程。尽管其中的接驳运输环节(对应集卡部分)以及长距离运输环节(对应轮船或火车部分)可能属于同一物流企业,