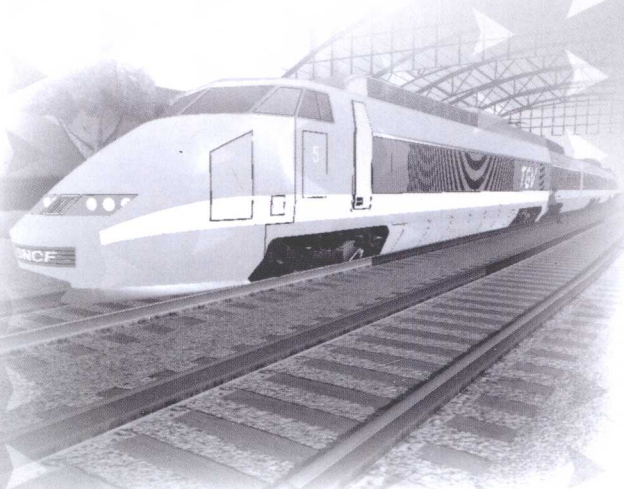


基于ITS-R的枢纽车流 组织优化

严余松 户佐安 王明慧 ◎编著



科学出版社
www.sciencep.com

基于 ITS-R 的枢纽车流 组织优化

严余松 户佐安 王明慧 编著

国家自然科学基金资助

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书根据作者多年研究,紧密联系当前铁路运输组织的实际,结合未来的发展方向,系统论述了智能铁路运输系统下枢纽车流组织优化的有关理论和方法。全书共分为8章,内容包括:绪论、智能铁路运输系统、铁路枢纽及其管理模式、铁路枢纽车流现行组织及优化方法、编组站智能调度系统分析、编组站智能调度系统的总体框架设计、编组站智能调度系统阶段计划优化研究、基于可控的 ITS-R 枢纽车流调度决策优化。

本书可供有关领导、铁路运输管理人员,以及科研、设计等部门的工程技术人员参考,也可作为高等院校铁路运输等相关专业研究生和高年级本科生的教材。

图书在版编目(CIP)数据

基于 ITS-R 的枢纽车流组织优化/严余松,户佐安,王明慧编著. —北京:科学出版社, 2010

ISBN 978-7-03-026759-7

I. 基… II. ①严… ②户… ③王… III. 铁路行车-车流组织-研究 IV. U292.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 021383 号

责任编辑:裴 育 王志欣 / 责任校对:李奕莹

责任印制:赵 博 / 封面设计:耕者设计工作室

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>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 5 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2010 年 5 月第一次印刷 印张: 13 1/2

印数: 1—2 000 字数: 258 000

定价: 55.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

铁路车流组织是运输组织管理工作的基础和前提,枢纽车流组织又是整个车流组织工作的关键和核心。枢纽车流运输组织工作水平的高低,不仅直接影响铁路系统内部车流的通畅,而且关系着铁路能否满足顾客和用户的运输要求,适应运输市场对铁路运输需求。另外,枢纽内各种作业计划应在保证枢纽运输组织畅通、枢纽全局优化的前提下组织,其核心是枢纽车流组织。

因此,枢纽车流组织至关重要。组织得好,不仅可以加快货车周转,提高枢纽的通过能力,而且对协调区间通过能力和整个路网通过能力的提高具有重要意义。特别是在智能化技术快速发展的背景下,研究铁路枢纽车流调度决策优化,具有更重要的意义。实现铁路运输管理决策智能化、信息化、科学化是智能铁路运输系统(ITS-R)一直追求的目标。

我国铁路结合实际,确立了“利用后发优势、实现又好又快发展”的铁路发展战略指导思想。铁路又好又快发展,必然将导致铁路枢纽运输组织工作的变化,将对铁路枢纽地区的车流组织工作提出挑战。传统的铁路枢纽车流组织思路和方法将不能满足铁路又好又快发展的要求,车流组织的均衡性将从根本上得到突破,车流组织也可能将只通过到达车流进行枢纽车流组织的被动计划变为有意识地组织车流到达的枢纽车流主动优化,静态计划日常调整发展为动态系统优化。铁路又好又快发展离不开信息化的支撑,铁路信息化建设已全面铺开,铁路信息化总体规划已正式实施,主要干线的列车调度指挥系统(TDCS)已基本全面投入运用。我国铁路又好又快发展战略的实施和铁路信息化建设的迅速发展,为 ITS-R 枢纽车流组织优化及辅助决策系统的开发创造了良好的条件。ITS-R 枢纽车流调度决策优化问题是一个新课题,相关研究较少,具有前瞻性和创新性。研究 ITS-R 枢纽车流调度决策优化问题,具有十分重要的意义。

本书是作者多年来对于 ITS-R 和枢纽车流组织优化问题的研究成果,主要包括以下四部分内容:

- (1) 介绍智能铁路运输系统和铁路枢纽车流组织及优化的一般方法。
- (2) 从 ITS-R 角度全面研究编组站智能调度系统(YIDS)的体系框架,在研究方法上突破以往对编组站单一子系统研究而缺乏总体规划的局限性,通过编组站各系统集成与整合,实现了编组站决策优化、调度指挥、信息管理、作业控制一体化,实现编组站作业过程控制全面自动化。
- (3) 在研究 YIDS 的关键技术、编组站站调阶段计划辅助决策系统优化理论

及方法的基础上,构造符合编组站实际的优化模型,并对模型提出高效启发式算法。

(4) 提出可控车流和主动车流的概念,建立 ITS-R 枢纽车流调度决策的优化模型和求解算法。

鉴于枢纽车流组织问题本身的复杂性,ITS-R 枢纽车流组织中还有很多需要完善和深入研究的问题。本书作为作者研究的阶段性成果,希望能起到抛砖引玉的效果,促进 ITS-R 下运输组织领域研究的深入和拓展。

在此,衷心感谢国家自然科学基金委员会的立项资助(基于可控车流的智能铁路系统枢纽车流调度决策优化决策研究,60674007)。同时,向为本书作出许多贡献的张玉召博士、邱忠权博士、李晔博士等表示感谢,正是他们的辛勤劳动,才使得本书顺利出版。在本书的编写过程中,还得到了许多同行、专家的支持和鼓励,在此一并表示感谢。

本书参阅了国内外大量的文献资料,涉及内容广泛、复杂,由于作者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请读者提出宝贵意见。

作 者

2010 年 2 月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 ITS-R 枢纽车流组织优化研究背景	1
1.2 国内外研究现状综述	3
1.2.1 国外研究现状	3
1.2.2 国内研究现状	4
1.2.3 存在的问题	11
第 2 章 智能铁路运输系统	15
2.1 智能交通系统	15
2.1.1 ITS 概念	15
2.1.2 ITS 发展背景和动力	16
2.1.3 ITS 基本构成	18
2.2 智能铁路运输系统	20
2.2.1 ITS 和 ITS-R	20
2.2.2 ITS-R 的概念	21
2.2.3 ITS-R 的基本构成	22
2.2.4 ITS-R 的本质特征	24
2.2.5 ITS-R 的发展现状	26
2.3 ITS-R 与铁路运营管理	28
2.3.1 铁路运营管理对 ITS-R 的需求分析	28
2.3.2 ITS-R 对运营管理的影响	29
第 3 章 铁路枢纽及其管理模式	32
3.1 铁路枢纽概述	32
3.1.1 铁路枢纽及其在路网中的作用	32
3.1.2 铁路枢纽的分类	33
3.1.3 铁路枢纽办理的主要作业	38
3.2 铁路枢纽基本设备	40
3.2.1 车站	40

3.2.2 线路·····	41
3.2.3 疏解设备·····	42
3.2.4 其他设备·····	43
3.3 铁路枢纽内各车站作业分工·····	44
3.3.1 列车中转和改编作业分工·····	44
3.3.2 货运工作分工·····	46
3.3.3 客运工作分工·····	47
3.4 铁路枢纽管理模式·····	48
3.4.1 铁路枢纽车站管理传统模式及对运输组织的影响·····	49
3.4.2 铁路枢纽车站管理新模式及对运输组织的影响·····	49
第4章 铁路枢纽车流现行组织及优化方法 ·····	52
4.1 铁路枢纽车流·····	52
4.1.1 车流·····	52
4.1.2 铁路枢纽车流·····	53
4.2 铁路枢纽车流现行组织方法·····	55
4.2.1 车流组织·····	55
4.2.2 铁路枢纽车流组织·····	56
4.2.3 枢纽小运转列车运行组织·····	64
4.3 铁路枢纽车流组织优化方法·····	67
4.3.1 枢纽内编组站作业分工的优化·····	67
4.3.2 中转及地方车流组织优化·····	68
4.3.3 枢纽小运转列车组织优化·····	72
4.3.4 取送车作业的优化·····	76
第5章 编组站智能调度系统分析 ·····	85
5.1 系统需求分析·····	85
5.1.1 用户需求分析原则·····	85
5.1.2 系统需求分析·····	86
5.1.3 用户服务框架·····	87
5.2 系统结构分析·····	89
5.2.1 系统结构建立方法·····	89
5.2.2 系统要素的选取·····	91
5.2.3 系统结构关系分析·····	93
5.3 系统层次分析·····	94

第 6 章 编组站智能调度系统的总体框架设计	97
6.1 系统概述	97
6.2 系统设计思想及原则	98
6.3 系统的实现目标	100
6.4 YIDS 的总体框架	101
6.4.1 系统的功能框架	101
6.4.2 系统的逻辑框架	103
6.4.3 系统的物理框架	104
6.4.4 成都北 YIDS 总体设计	107
第 7 章 编组站智能调度系统阶段计划优化研究	110
7.1 YIDS 阶段计划辅助决策有关问题分析	110
7.1.1 YIDS 阶段计划编制	110
7.1.2 阶段计划优化滚动编制模式问题	111
7.1.3 计算机辅助决策编制阶段计划带来变革	111
7.1.4 YIDS 阶段计划优化模型的站型适应性问题	112
7.2 YIDS 阶段计划优化模型	112
7.3 YIDS 模型 M1 的分解	116
7.3.1 模型 M1 求解分析	116
7.3.2 模型分解	118
7.4 YIDS 配流模型 M2 的网络流模型变换	119
7.4.1 YIDS 配流网络流模型	119
7.4.2 YIDS 配流网络流模型 M6 可行性	120
7.5 YIDS 系统阶段计划优化算法	121
7.5.1 列车配流网络流模型算法	121
7.5.2 解体模型算法	125
7.5.3 编组模型算法	126
7.5.4 YIDS 阶段计划优化算法	127
第 8 章 基于可控的 ITS-R 枢纽车流调度决策优化	130
8.1 主动车流和可控车流	130
8.1.1 主动车流	130
8.1.2 可控车流	130
8.2 基于主动车流的 ITS-R 枢纽车流组织	133
8.2.1 ITS-R 枢纽车流调度决策特征	133

8.2.2 ITS-R 枢纽车流组织方法	135
8.2.3 ITS-R 枢纽车流调度决策流程	139
8.3 ITS-R 枢纽车流调度决策优化目标选择	140
8.4 基于完全可控的 ITS-R 枢纽车流调度决策优化	142
8.4.1 基于完全可控的中转车流调度决策优化模型	142
8.4.2 基于完全可控的地方车流调度决策优化模型	146
8.4.3 基于完全可控的主动车流调度决策优化模型	155
8.5 基于部分可控的 ITS-R 枢纽车流调度决策优化	160
8.5.1 不确定规划相关理论	160
8.5.2 基于部分可控的中转车流调度决策模型	163
8.5.3 基于部分可控的地方车流调度决策模型	166
8.5.4 基于部分可控的主动车流调度决策模型	170
8.6 ITS-R 枢纽车流调度决策优化模型算法	174
8.6.1 ITS-R 枢纽车流调度决策优化模型的求解算法	174
8.6.2 现代启发式算法	175
8.6.3 基于完全可控的枢纽车流调度决策优化模型求解算法	182
8.6.4 基于可控的枢纽车流调度决策优化模型的混合智能算法	194
参考文献	199

第 1 章 绪 论

1.1 ITS-R 枢纽车流组织优化研究背景

交通运输是国民经济发展的基础,是现代社会生产、流通、分配、消费等各环节正常运转和协调发展的先决条件,对保障国民经济持续发展、人民生活水平日益提高,以及国防现代化建设都具有十分重要的作用。而在交通运输中,铁路运输又具有极其重要的地位,是交通运输的大动脉。在过去及未来社会经济发展中,铁路将一直是:国民经济的重要基础;大区域经济联系和社会交流的纽带;调整布局,促进工业化、城市化的先驱;综合运输体系的骨干;国内中长途大批量客货流运输的主力;最能适应可持续发展的运输方式;保障国家安全的重要组成部分。

新中国成立以来,随着国民经济的增长,铁路运输也得到了飞速的发展,不论是运能、运量、铁路营业里程、行车密度,还是列车运行速度都有了很大提高。据统计,截至 2007 年底,我国铁路营业里程达到了 7.8 万 km,居世界第三位。其中,复线里程 2.71 万 km,电气化里程 2.55 万 km;时速 120km 以上的线路延展里程达到 2.4 万 km,其中时速 200km 及以上线路延展里程达到 6227km,时速 250km 的线路延展里程达到 1019km;已贯通 5000t 以上重载列车的里程达到 1 万 km 以上。根据 2008 年 11 月国家批准的中长期铁路网调整规划,2020 年中国铁路营业里程将达到 12 万 km 以上。

2007 年,全国铁路旅客发送量 13.6 亿人,货物发送量 31.42 亿吨;旅客周转量 7216 亿人公里,货物周转量 23797 亿吨公里。基于未来 20 年我国社会经济发展前景分析,根据预测,我国 2010 年铁路客运周转量将达到 7711 亿~8249 亿人公里,货运周转量达到 25206 亿~25848 亿吨公里;2020 年铁路客运周转量达到 12209 亿~15839 亿人公里,货运周转量为 38376 亿~42133 亿吨公里。

但与国民经济和社会高速发展的需要相比,我国铁路无论是规模还是质量都还有较大的差距。从数量上看,铁路仍处于较低的水平,路网密度在世界上处于比较落后的地位;主要运输通道客货运输能力不足,不能适应国民经济

的发展。从质量上看,铁路的技术装备水平和管理水平与发达国家有较大的差距,便捷性、舒适性、准时性、安全性等还远远不能满足旅客和用户要求^[1]。

铁路运输日益面临“高密度、高速度、高安全”的要求,要求两手抓,即一方面要加强基础设施建设,加密铁路网,从绝对量上增加运能;另一方面要利用高新技术充分挖掘现有基础设施潜力,在提高装备水平的同时,科学合理地进行运输组织,提高管理水平和调度指挥能力,最大限度地发挥现有路网的运输能力,提高运输效率,改善服务质量。而在这两种方法中,利用科学技术的进步挖掘现有线路能力是最经济快捷的手段。

现代技术的快速发展,深深影响了铁路运输业的组织管理方式和管理制度的改革,同时技术进步也会通过影响经济社会活动和人们的生产生活方式,进而对铁路运输需求产生影响。如表 1.1 所示^[2],支撑未来铁路运输系统中基础设施、运营管理、交通装备三个领域的主要支撑技术将发生重要的变化。未来 20 年我国铁路运输科技需求将在信息技术、新型材料和装备技术、交通安全技术、快速运输技术、节能和环保技术等方面取得大的成果。这将使得铁路运输进一步实现运输管理决策的智能化、信息化、科学化。

表 1.1 铁路运输科技需求一览表

领域	目标:根据全面建设小康社会的要求,建立畅通、便捷、安全、经济、可持续发展的铁路运输体系,基本适应我国发展国民经济、改善人民生活 and 保障国家安全的需求				
	通畅	便捷	安全	经济	可持续发展
基础设施	交通网络与枢纽的 规划设计理论与建设技术		可靠性技术 应急安全技术	新材料技术 新工艺技术	环境友好 养护技术
运营管理	现代管理技术 信息化与智能化技术				
交通装备	高速交通工具 大运量交通工具		监控技术 主动和被动安全性技术	新材料技术 回收利用技术	洁净能源装备 节能环保技术

实现铁路运输管理决策智能化、信息化、科学化是智能铁路运输系统(intelligent transport system-railway, ITS-R)一直所追求的目标。ITS-R 是新一代智能化先进铁路运输系统的总称,是铁路发展的智能化阶段,是依靠先进的信息技术和有效的运输管理手段,实现铁路运输管理和组织的智能化,达到最大运输量与最高运输效率的铁路运输系统。而车流组织是运输组织工作的基础和前提,枢纽车流的组织又是整个车流组织工作的关键和核心。枢纽车流运输工作组织,不仅直接影响到铁路系统内部车流的通畅,而且关系着铁路

能否满足顾客和用户的运输要求,适应运输市场对铁路运输需求。枢纽内各车站的各种作业计划(包括小运转列车计划、列车解编计划、取送车计划、调机运用计划等)应该在保证枢纽运输组织畅通、枢纽全局优化的前提下组织,其核心是枢纽车流的组织。因此,研究智能铁路运输系统枢纽车流组织是适应我国国情和路情的必然要求。

1.2 国内外研究现状综述

1.2.1 国外研究现状

在铁路车流组织上,目前国外的研究主要集中在路网上的路径选择和空车调配方面,对于枢纽车流组织探讨较少,在枢纽车流组织方面也主要是集中在编组站作业计划自动编制方面。

1. 编组站作业计划自动编制

20世纪80年代前,苏联在铁路运输组织理论和方法研究的专门化方面一直居于世界领先地位,对我国的编组站工作组织理论和方法产生过重要的影响。柯契涅夫、索尼科夫、格伦托夫、巴利奇、戈列恰纽克、卡佐夫斯基、库特拉捷夫等苏联铁路专家,先后就编组站主要车场最佳配线数的计算方法、编组站技术作业的优化及其扩能、提高车站通过能力和改编能力,以及车辆和列车运行图调整、铁路运输自动化管理系统的调整方法等方面进行过具体的研究^[3~6]。从2001年开始,俄罗斯铁路对编组站运输技术装备进行了根本性变革,采用信息技术加快对有关信息的及时综合分析利用和选择,提高了车流信息的准确性、完整性和透明度^[7]。但苏联及俄罗斯的研究水平一直未能突破传统组织管理理论 and 技术的局限,也未能建立一整套比较完整的理论、模型和算法体系,这种情况也难以适应智能化在铁路运输管理决策中的应用需要。

欧美国家对车站作业的优化研究较早,在现有的计算机信息网络基础上,对各级调度指挥系统添加了不同程度的辅助决策功能,已逐步实现由管理信息系统向决策支持系统过渡。1963年,Gulboden就应用运筹学方法对编组站作业计划优化进行了研究^[8]。1980年,Assad从网络流和组合优化的角度,利用等级分类法研究了调车分类线和列车编组优化问题^[9]。1984年,Gainic、Ferland和Rousseau等结合路网列车进路、编组计划,开创性地运用时空网络方法建立了数学模型^[10]。随后,Keaton以列车的编成费用、车小时

费用最小为目标,通过建立 0-1 整数规划模型,利用 Lagrange 松弛等启发式方法来求解^[11,12]。Martinelli 和 Teng 利用神经网络方法解决列车编组优化问题,能够在较短的时间内获得满意解^[13]。但由于这些国家运能富裕、刚性控制型的运营模式,与我国运能紧张、柔性控制型的运营模式有很大的不同,其理论和应用研究成果难以完全适应我国的实际需要。

2. 路径选择和空车调配

Misra 将空车调配问题视为运输问题,并提出了一个线性规划模型,模型以一段时期内的空车最小费用(车小时)消耗为优化目标,在模型的求解上采用了运筹学中的运输算法和单纯形法。Fernandes Grain 等^[14]也提出了空车调配问题的线性规划模型,模型以最大化收益为优化目标,并采用单纯形法加以求解。Spieckermann 等^[15]根据德国铁路租用的背景将空车调配问题看成车间调度问题,并以最小化空车走行费用为目标进行建模,在模型的求解上设计了适用的贪婪算法。

文献[16]提出了基于空车供求不确定性的动态网络优化模型,此模型认为空车的供应和需求情况同空车的旅行时间一样是可变和不确定性的,将线性规划和随机线性规划综合运用到空车调配模型当中,在随机规划部分,空车供需按历史分布规律加以预测,剩余空车按概率进行预分配。文献[17]和[18]假定供需服从正态分布,运输时间服从负二项分布,以最大化期望收益为优化目标。文献[19]对空车调配存在的随机问题进行了详细评述,并且运用时空网络技术,将路网上车站作业分成计划期内几个时段,对每一时段内车站空、重车状态变化作一个过程刻画,并给出了车站间空车分配、列车径路选择与编组计划优化的综合优化模型。

Beaujon 和 Turnquist 提出了关于列车编组数量和空车调配的组合随机模型,考虑了不确定性运输需求和旅行时间的动态性质。由于计算的复杂性,运输需求和旅行时间相关的随机变量被相应的期望值所代替,这样就可以得到一个网络优化模型。目标函数是满足需求的运输收入减去运营成本的最大期望值,运营成本包括车辆租赁费、旅途费用,以及没有满足需求产生的运输收入损失^[20]。

Crainic 等也发展了空车分配问题的动态随机模型^[21,22]。Powell 进行了动态空车分配相关问题的研究^[23,24],随后总结了一些新的发展^[25,26]。

1.2.2 国内研究现状

根据枢纽内车流组织的主要任务,目前国内学者对铁路枢纽车流组织的

研究概括起来主要集中以下四个方面:通过枢纽各技术站的中转车流范围;枢纽技术站到发车流合理组织办法,主要是技术站日班计划的编制问题;枢纽内小运转列车运行组织;枢纽内取送车问题。

1. 通过枢纽各技术站的中转车流范围研究现状

世界上绝大多数铁路枢纽内设有两个及以上的编组站,这些编组站的作业分工是铁路枢纽运输组织的重要问题。牛惠民等^[27]以拥有多个编组站的铁路枢纽为背景,对不同车流组号选择哪个编组站进行集结出发进行研究,以枢纽作业组织过程中所消耗的总费用(车流在枢纽内作业、走行、停留所消耗的费用)最小为优化目标,建立非线性的 0-1 规划模型,将遗传算法应用于该问题的寻优过程。文献[27]以枢纽车流组织过程中各种作业总消耗费用最小为优化目标,其中各种作业的费用系数如何确定是一个困难的问题。

另外,很多枢纽内的大型编组站都具有上下两套解编系统,具有两个调车系统的编组站会产生转场交换车流,交换车流需要在上、下行解编系统的车场内折返走行,进行二次改编作业。在车流合理接续的基础上,尽量减少交换车的数量是该类编组站急待解决的重要问题。张全寿^[28,29]从车流接续的角度对这一问题进行过研究,并提出了检查交换车的算法,创造性地利用矩阵运算来处理车辆的计算。牛惠民^[30,31]以列车的编成辆数、编组内容、接续时间、集结地点和作业能力为约束条件,以列车的走行距离、所产生的交换车数为综合优化目标,构造了双向编组站列车调度调整的非线性优化模型,并根据模型的 NP 难性和变量高度相关性的特点,建立了基于网络流技术的遗传算法进行求解,最终解决到达列车接入系统和出发列车编组系统的实时调度调整问题。

2. 枢纽技术站到发车流组织优化研究现状

目前对铁路枢纽车流组织的研究主要是集中于这一块,重点是编组站的日班、阶段计划的自动化编制方面,对枢纽内有调中转车流的到解、编发计划方面的研究。

曹家明等^[32]首先将计划阶段内车流分配问题——配流问题抽象为运输问题,通过解运输问题能迅速地确定出发列车的车流来源。

刘军^[33]认为编组站的装卸车计划、排空计划,以及列车出发计划三者的编制可以归结为一个核心,即列车出发计划的编制。将装卸、排空和出发问题视为出发列车的车流来源与接续问题,最终将此问题归结为“带品类和时间约

束的运输问题”,并构造相应的模型。

范征^[34]将阶段计划的车流接续问题称为“配车计划”,即把出发列车的车流资源作为运输问题的发点,而出发列车作为运输问题的收点。假设所有车发列车均满轴,从而将“配车计划”问题转化为一个标准的运输问题。

以下文献则是在上述文献的基础上,建立配车计划问题的网络流模型。

何世伟^[35]对枢纽日班计划及编组站作业计划作了系统的研究。首先,以车辆在编组站的停时最小为优化目标,建立了考虑编组站装、卸、排空计划与列车出发计划协调配合的编组站日班计划综合优化模型;然后,运用网络分层分解方法和分枝定界策略得到满意解,构造了考虑列车解编顺序及车流推算的阶段计划综合优化模型,给出该问题的优化分解算法;同时,建立了取送车顺序确定的排序问题模型。

李文权^[36]虽然不是研究枢纽编组站,而是一般技术站,但其思路值得借鉴。文献[36]中成功地运用排序论理论来解决铁路技术站日工作计划编制问题。

汪文锋^[37]构造了考虑列车解编顺序与车流推算相结合,以所有出发列车所配车流总数量最大和欠轴列车最少为优化目标,建立配流网络模型,给出了该模型的启发式与网络流结合的算法。该算法首先由现场的实际经验得出模型的初始解;然后通过局部调整、改变列车解编顺序调流,利用可欠轴列车进行调流等方法来加强模型中配流模块和解体、编组之间的联系,从而对初始解不断进行改善;最终得到模型满意解。

彭越^[38]在推算出发车流时引入了机会数的概念,但在机会数的定义、运用原则和运用方法上还不是很完善。

在作用减少配流网络的调整过程但又能使所有出发列车都能够正点满轴方面,何铭路^[39]在分析何世伟和汪文锋优缺点的基础上,采用了一种折中的模型分解方法,即只将编组约束从网络模型中分解出来。

龚文平^[40]在文献[39]的基础上,考虑出发车流的选择、配流顺序的确定,提出了解体和配流相结合的网络流模型,将解体与配流有机的联系起来,从而保证解体安排一结束,配流也能同时达到满轴。

胡刚^[41]对列流的去向数和车流的机会数问题进行了深入的研究,提出了比较完善的机会数配流模型,同时提出一种既确定列车的编组顺序又确定列车的编组时机的新算法。

王慈光^[42~45]对编组站作业组织优化问题进行了长期的系统研究,将编组站配流问题归纳为一类特殊的资源分配问题,并根据解体顺序确定与否分为

静态配流和动态配流。另外,对编组站列车解体方案的计数问题、静态配流规划模型和网络模型、动态配流树状结构模型等问题作了深入探讨。文献[43]将确定出发列车的编组内容和车流来源称为配流问题,并研究了静态配流问题,即在解体方案(解体顺序)已经确定的条件下,进行车流的合理选择和搭配。在研究静态配流时,将其看做是一种特殊的资源分配问题,提出“代价”的概念用以衡量某去向车流配入某出发列车的合理程度的量,使必须满轴出发的等级较高的列车优先得到车流保证,同时防止将去向不符或接续时间不够的车流配入列车。进而运用一定的技术处理,将配流问题转化为求总代价最小的运输问题,然后运用表上作业法求得满意解。但是代价如何确定是关键问题,如果只用其列车等级表示,则显得粗糙。文献[45]则重点研究了如何在众多的解体方案中选择有利方案的动态配流问题,即考虑解体方案与配流协调问题。该文献在文献[42]~[44]的基础上,运用组合数学原理构造方案数,提出最大可能剩余概念,导出计算公式,并以此作为方案值控制数的方法,进而利用回溯算法搜索有利方案。在文献[44]和[45]中,动态配流主要解决解体方案的选择问题,是初步配流;静态配流是解决车流的确切分配问题,是精确配流。静态配流是基础,实际应用中可以在动态配流的基础上建立动态规划模型,静态配流和动态配流关系如图 1.1 所示。表上作业法是求解运输问题的一种简便而有效的方法,其求解过程只需在运输表上进行,但当产地和销地较多时,用表上作业法寻找运输问题的最优方案是较困难的。

徐杰^[46]分析了技术站调度员推算车流的思维过程,把车流推算问题看做商品交易行为,提出车流资源在编入出发列车时的虚拟价格概念,用来控制车流资源在车站的停留时间;同时,提出不同等级出发列车的收益函数概念,用来保证等级高的出发列车可以优先被编入车流。在此基础上,以收益最大为优化目标,在保证固定编组列车可以满轴正点出发的前提下,构造出计算机自动配流的计算模型,应用遗传算法求解模型。

$$\max Z = \sum_{j=1}^m C_j(x_{ij}) - \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^m p_{ij}x_{ij} \quad (1.1)$$

式中,前者为收益函数;后者为虚拟价格函数。

乐逸祥^[47]综合分布式人工智能理论和混合动态系统的优点,对编组站调度优化问题进行了新的分析和研究,提出了基于网络协作模式的编组站调度方法。

王正彬^[48]将调机活动与配流问题作为一个整体来考虑,以调机活动为核心,建立了车流推算问题的数学模型,并对调机数量及调机分工进行了讨论。

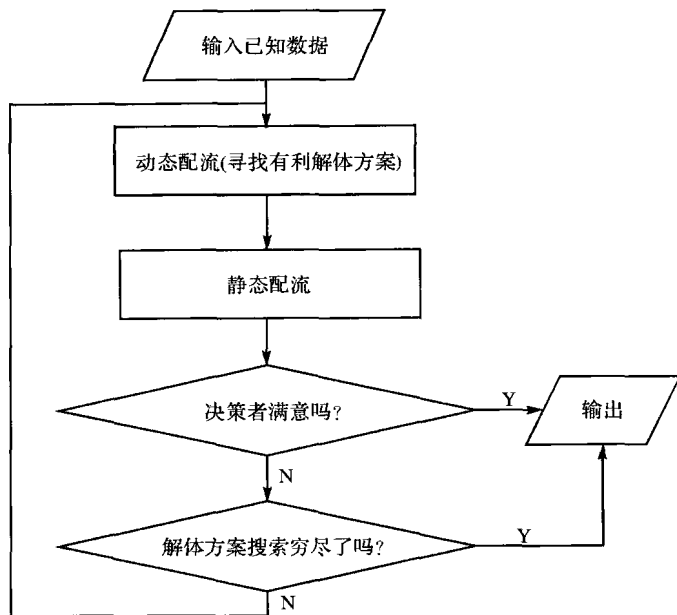


图 1.1 编组站配流问题求解流程图

王明慧^[49,50]构建了编组站智能调度系统(YIDS)阶段计划混合 0-1 线性优化模型,将模型分解为列车配流优化、到达列车解体优化、出发列车编组优化及到发线运用计划四个模型,将列车配流模型的网络流模型进行优化,并提出模型分解算法。

荆世明^[51]采取从始发列车约束条件反推计算解体列车解体顺序,求得车流接续时间最短的最优解,并将配流运算系统在 Excel 2003 的环境下投入应用。

以上文献对枢纽到发车流组织的研究,基本上都集中于对有调中转车流的单独研究,而且均是基于计划车流,静态地进行研究。而严余松^[52,53]则将枢纽内有调中转车流和地方车流综合起来研究,分阶段解决枢纽车流调度决策问题。文献[52]和[53]确立了地方车流为有调中转车流服务,确保列车正点出发的原则;并在此原则下,首先建立以某方向所有车流在调度时段内总停留时间最少为优化目标的有调中转车流调度决策模型,然后通过该模型的求解得出调度时段内该方向出发列车中应编入本站作业车的数量,进而构建以本站作业车在枢纽内停留时间最少为优化目标的地方车流调度决策模型。由于调度决策是动态的,模型的求解有严格的时间要求,因此采用了改进遗传算法对模型进行求解,从而保证求解效率。