

# 智能车流动态预测 理论及方法

*Intelligent Wagon Flow Dynamic Forecast  
Theory and Methods*

➤➤➤ 杜艳平 著

国家自然科学基金项目  
山西省高等学校青年学术带头人项目  
资助出版

中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

# 智能车流动态预测 理论及方法

杜艳平 著

中国铁道出版社

2009年·北京

## 内 容 简 介

路网车流动态预测在铁路运输中占有重要的地位,是保障路网车流合理分布和运力资源优化配置的前提,本书在分析了已有车流预测的智能化和自动化方法基础上开发实用的智能决策支持系统,以期改变调度指挥工作的现状。全书主要内容有滚动式智能车流预测方法理论基础研究、滚动式智能车流预测总体结构分析、滚动式智能车流预测方法、排空配空和出发计划方案的确定、基于 Agent 的智能车流预测决策支持系统的分析与设计、智能车流预测评价指标体系及评价方法等。本书适合车流预测研究人员、专业技术人员、高校教师学生等参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

智能车流动态预测理论及方法/杜艳平著. —北京:中国铁道出版社,2009.6  
ISBN 978-7-113-10125-1

I. 智… II. 杜… III. 智能控制—应用—车流预报 IV. U292.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 088017 号

书 名: 智能车流动态预测理论及方法  
作 者: 杜艳平

---

责任编辑: 熊安春 杨 哲 电话: 010-51873094  
封面设计: 郑春鹏  
责任校对: 张玉华  
责任印制: 陆 宁

---

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)  
网 址: <http://www.tdpress.com>  
印 刷: 三河市华丰印刷厂  
版 次: 2009年6月第1版 2009年6月第1次印刷  
开 本: 880mm×1 230mm 1/32 印张: 4.125 字数: 132千  
印 数: 1~2 000册  
书 号: ISBN 978-7-113-10125-1/U·2513  
定 价: 16.00元

---

### 版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部调换。

电 话: 市电(010)51873170, 路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话: 市电(010)63549504, 路电(021)73187

# 前 言

路网车流动态预测在铁路运输中占有重要的地位,是保障路网车流合理分布和运力资源优化配置的前提。目前基本采用人工推算的方法,具有一定的局限性,不符合铁路高速化发展的趋势。因此,本书针对这一问题,进行了理论和实践上的探索,研究了车流预测的智能化和自动化方法,并以此为基础开发实用的智能决策支持系统,以期改变调度指挥工作的现状。

本书的主要内容包括以下几点:(1)综述了路网车流预测领域目前的研究现状。针对现行车流预测方法中存在的问题,提出了滚动式智能车流预测方法。该方法以3 h为间隔对车流进行滚动预测,提高了车流信息的准确性和实时性,克服了由于车流不准确而造成的班计划兑现率低、需分阶段调整的缺陷。(2)考虑到铁路局在我国目前的铁道部—铁路局—车站三级调度机构中担负着铁路生产第一线的组织指挥工作,因此,三级车流预测的重点是铁路局级预测,在该层以3 h为间隔滚动推算未来的车流情况。这种推算方式利于实现调度指挥的集中化,可提高调度效率。(3)针对车流预测所要解决的重点问题——排空配空问题和出发计划的编制问题进行了深入分析,建立了相应的排空配空模型和出发计划编制模型,提出了采用传统表上作业法、遗传算法、蚁群算法和Lingo软件进行求解的方法和过程。(4)根据上述理论和方法,建立了基于Agent的智能车流预测决策支持系统(AIDSS-WF),并对于铁道部、铁路局和车站车流预测Agent的功能进行了分析,最后以编组站为例说明了车流预测Agent的实现过程。(5)在车流预测系统中涉及到多个模块的优化问题,为了更好地辅助决策,建立了智能车流预测系统的层次化评价指标体系,并采用多层次模糊综合评判和层次分析相结合的方法对车流预测方案进行了评价。

本书以作者的博士学位论文和博士后研究报告为基础,并根据最新的研究动态进行了适度修改。然而,笔者深知,路网车流预测是一个复杂的问题,本书试图将人工智能的相关理论和方法用于解决这一问题,并在该方面进行了一些探索性的工作。由于作者水平、实践经验和研究时间的限制,有些观点还需进一步发展和完善,不妥之处,欢迎读者提出宝贵意见。

书稿付梓之际,回顾我的学术之路和本书的写作历程,感激盈怀。感谢我的博士导师陈光伟研究员和博士后合作导师李学伟教授,他们不仅

教会了我治学的方法,更教会了我做人的态度;感谢铁道部原信息办主任马钧培研究员和铁道科学研究院首席专家刘春煌研究员、黄强研究员所给予的鼓励和指导;感谢北京交通大学贾利民教授给我的无私帮助;感谢太原科技大学的领导和同事为我的科研工作提供的坚实保障。感谢我的丈夫杨建伟博士,是他无私的付出和一贯的支持让我有了不断前进的动力;特别要感谢我的父母,是他们帮我承担了几乎全部的家务,他们的默默支持是我永恒不变的力量源泉。中国铁道出版社熊安春先生和杨哲先生始终关注和支持本书的出版,在此深表谢意。在写作过程中,参阅了大量的国内外著作、论文,在此不一一注明,谨对为本书出版做出贡献的人们致以诚挚的敬意。

最后应当说明的是:本书由国家自然科学基金项目(70571006)和山西省高等学校青年学术带头人项目(200670)资助出版。在此,谨表示衷心的感谢。

杜艳平

2009年6月

# 目 录

|                                        |      |
|----------------------------------------|------|
| 第一章 绪 论 .....                          | (1)  |
| 第一节 车流预测概述 .....                       | (2)  |
| 一、车流预测的作用 .....                        | (2)  |
| 二、车流信息的特点 .....                        | (2)  |
| 三、车流预测的目标和特点 .....                     | (3)  |
| 第二节 我国现行车流预测方法及其存在问题分析 .....           | (5)  |
| 一、现行车流预测方法 .....                       | (5)  |
| 二、现行车流预测方法存在的问题 .....                  | (7)  |
| 第三节 国内外相关研究情况 .....                    | (8)  |
| 第二章 滚动式智能车流预测方法理论基础研究 .....            | (11) |
| 第一节 Agent 概念及其基本属性 .....               | (11) |
| 一、Agent 概念 .....                       | (11) |
| 二、Agent 属性 .....                       | (12) |
| 第二节 Agent 体系结构 .....                   | (14) |
| 一、Agent 的概念模型 .....                    | (15) |
| 二、Agent 的基本结构 .....                    | (16) |
| 三、Agent 的通用模板结构 .....                  | (18) |
| 第三节 多 Agent 系统(MAS)概念及其属性 .....        | (24) |
| 一、MAS 概念 .....                         | (24) |
| 二、MAS 属性 .....                         | (25) |
| 第四节 MAS 体系结构 .....                     | (25) |
| 一、MAS 基本结构 .....                       | (25) |
| 二、MAS 系统求解机制 .....                     | (27) |
| 三、MAS 系统交互机制 .....                     | (27) |
| 四、Agent 之间的通信 .....                    | (28) |
| 第五节 决策支持系统(DSS)与智能决策支持系统(IDSS) .....   | (28) |
| 一、DSS 基本结构及早期 IDSS 体系结构 .....          | (28) |
| 二、基于多 Agent 的分布式决策支持系统体系结构 .....       | (29) |
| 第六节 Agent 与多 Agent 技术在交通运输中的应用现状 ..... | (30) |

|                                         |      |
|-----------------------------------------|------|
| <b>第三章 滚动式智能车流预测总体结构分析</b>              | (32) |
| 第一节 数据源分析                               | (32) |
| 第二节 三级车流预测总体结构                          | (33) |
| 第三节 总体处理流程                              | (34) |
| 第四节 铁道部、铁路局和车站追踪系统与预测系统间的关系             | (34) |
| <b>第四章 滚动式智能车流预测方法</b>                  | (37) |
| 第一节 车流预测问题的形式化描述                        | (37) |
| 一、基本定义                                  | (37) |
| 二、车流预测问题建模分析                            | (39) |
| 第二节 车流预测流程                              | (41) |
| 第三节 车流预测各模块算法分析                         | (42) |
| 一、分界口到达计划推算模块                           | (43) |
| 二、车站到达计划推算模块                            | (44) |
| 三、卸车计划推算模块                              | (47) |
| 四、空车分布推算模块                              | (47) |
| 五、排空配空推算模块                              | (49) |
| 六、车流推算模块                                | (53) |
| 七、超能力预警模块                               | (54) |
| 八、车站出发计划推算模块                            | (55) |
| 九、分界口交出车流推算模块                           | (61) |
| <b>第五章 排空配空和出发计划方案的确定</b>               | (63) |
| 第一节 排空配空方案的确定                           | (63) |
| 一、表上作业法求解排空配空方案                         | (63) |
| 二、遗传算法求解排空配空方案                          | (66) |
| 三、蚁群算法求解排空配空方案                          | (70) |
| 四、Lingo 软件求解排空配空方案                      | (71) |
| 五、算例                                    | (73) |
| 第二节 车站出发计划的确定                           | (76) |
| 一、表上作业法确定车站出发计划                         | (76) |
| 二、遗传算法确定车站出发计划                          | (77) |
| <b>第六章 基于 Agent 的智能车流预测决策支持系统的分析与设计</b> | (81) |
| 第一节 Agent 技术对智能辅助决策系统的影响                | (81) |

|                                    |              |
|------------------------------------|--------------|
| 第二节 基于 Agent 的智能车流预测决策支持系统 .....   | (83)         |
| 一、基于 Agent 的智能车流预测决策支持系统描述 .....   | (83)         |
| 二、AIDSS-WF 结构 .....                | (83)         |
| 第三节 铁道部车流预测 Agent 的功能结构 .....      | (86)         |
| 一、铁道部车流预测 Agent 的设计目标 .....        | (86)         |
| 二、铁道部车流预测 Agent 的结构 .....          | (86)         |
| 第四节 铁路局车流预测 Agent 的功能结构 .....      | (87)         |
| 一、铁路局车流预测 Agent 的设计目标 .....        | (87)         |
| 二、铁路局车流预测 Agent 的结构 .....          | (88)         |
| 第五节 车站车流预测 Agent 的功能结构 .....       | (92)         |
| 一、车站车流预测 Agent 的设计目标 .....         | (92)         |
| 二、车站车流预测 Agent 的结构 .....           | (93)         |
| 第六节 系统中的数据、知识与知识表达 .....           | (94)         |
| 一、数据与知识 .....                      | (94)         |
| 二、知识表达 .....                       | (96)         |
| 第七节 编组站车流预测 Agent 实现过程分析 .....     | (97)         |
| 一、收集原始数据 .....                     | (98)         |
| 二、车流预测结果 .....                     | (99)         |
| <b>第七章 智能车流预测评价指标体系及评价方法 .....</b> | <b>(101)</b> |
| 第一节 评价的基本原理 .....                  | (101)        |
| 一、评价和评价系统 .....                    | (101)        |
| 二、评价指标体系 .....                     | (102)        |
| 三、评价方法 .....                       | (102)        |
| 第二节 智能车流预测系统的评价指标体系 .....          | (108)        |
| 一、智能车流预测系统的影响因素分析 .....            | (108)        |
| 二、智能车流预测系统的评价指标体系 .....            | (110)        |
| 三、智能车流预测系统的评价方法 .....              | (111)        |
| <b>参考文献 .....</b>                  | <b>(119)</b> |

# 第一章 绪 论

铁路运输是国民经济的大动脉,肩负着发展国民经济各种物资运输的重任。铁路运输计划是以车流、货流为基础进行安排的,因此,要想保证运输秩序有条不紊地进行,必须事先预测未来车流,掌握未来车流的变化情况,作为编制运输计划和进行车流调整的依据。但是,由于铁路发展的自动化和信息化程度不够,很多部门目前仍然停留在“一台电话一支笔,一把尺子一张图纸”的手工阶段,从而导致车流信息在公开性、完备性和实时性方面存在很多不足,信息具有局限性和滞后性,经常会导致运输不畅通,编组站、分界口堵塞,车站产生保留列车等症状,在目前的综合运输体系中,铁路运输已成为制约经济发展的瓶颈环节。目前,车流信息不畅导致的铁路运力紧张局面经常造成各地产品原材料的积压,不仅影响当地区域经济的发展,而且对能源需求地区的经济运行也造成了一定的负面影响。因此,运用计算机等现代化手段建立车流预测智能决策支持系统从而进行准确的车流预测以提高铁路运输能力、保证路网车流的合理分布、实现运力资源的优化配置已刻不容缓。

鉴于此,本书建立了车流预测的一套理论和方法,通过对车流预测智能决策支持系统的研究和开发,可以使车流数据流通顺畅,从而实现管理的现代化,提高工作效率,在激烈的市场竞争中居于有利地位。初级的决策支持系统强调用建立数学模型并用严格的算法求解来对决策者进行支持,而全路车流预测是一个复杂的大系统,很难建立起一个可行的数学求解方法的模型。目前采用的人工预测方法不仅耗费调度人员大量的时间和精力,而且缺乏足够的准确性。将人工智能与决策支持系统相结合形成的智能决策支持系统是决策支持系统的发展趋势之一。而智能 Agent 是计算机科学领域和人工智能领域中的一个重要的概念,特别适合对复杂和难以预测的问题进行处理。因此,本书提出了适合我国铁路运输模式的智能车流预测方法,并且通过对 Agent 和多 Agent 技术的研究,建立了基于 Agent 的开放和智能的车流预测决策支持系统。随着铁路信息

化步伐的加快,尤其是随着当前 TMIS(铁路运输管理信息系统)的逐步建设和完善, TMIS 各子系统可以为智能车流预测系统提供完备的数据源,网络通信的发展也可为预测信息的传输提供保证。因此,基于上述基础,利用人工智能中 Agent 所具有的自治性、社会性、适应性及智能性等人类特性来解决车流预测这类复杂、协同的问题是完全可行的,这也正符合铁道部提出的“内涵式”发展战略的要求。

## 第一节 车流预测概述

### 一、车流预测的作用

在路网上,各铁路局发生车流堵塞的主要原因是由于车流不平衡而连续地到达该方向各站或区段,缺乏预见性,车流数量超过了车站和区段的通过能力,致使列车在车站或接近车站的地方大量集结,造成车站或区段的堵塞,使其通过能力充分饱和,失去机动性并使机车周转恶化,机车周转恶化又造成了行车量的进一步降低。这一状况的发生主要是由于对车流没有进行事先预测造成的。因此,运输调度规则规定,铁路局必须建立相应的车流预测制度,对未来几天到达或通过管内的车流进行预测,从而预见到各分界口、各限制口接、交重车数和终到局管内卸车数的未来变化,从而保证各分界口交接任务和各局卸车任务的完成,保证实现路网车流的稳定、均衡运行和各局运用车的合理分布。由此可见,按一定方法准确地预测车流未来几天的动态分布是编制铁路运输计划和进行车流调整的重要前提和质量保证。没有正确的车流预测而欲编制运输计划并进行车流调整将和天气预报不正确而欲采取预防天气变化的措施一样,非但不能收效,反而会产生不良后果。

### 二、车流信息的特点

所谓车流信息是指通过对全路网(或路网区域范围内)的车流分布进行数据处理而产生的车流分布信息。这里的数据处理是指对车流分布数据进行一系列加工处理的过程,包括车流分布原始数据的采集、存储、传送、计算和利用等。

为了较准确地预测未来几天路网上车流的分布情况,必须对车流信

息的特点有所了解,从信息论的角度看,车流信息主要具有以下特点:

(1)准确性。这是车流信息的最基本要求。在进行车流数据的采集和计算处理时,应力求达到运输调度各部门所允许的准确程度,但不能追求不必要的高精度,因为精确度越高就越要增加车流信息量和处理工作量及处理难度。因此,要根据实际需要确定精确度。

(2)及时性。对车流信息的掌握只有准确是不够的,还要加快有关车流分布信息的处理,以便使处理后的车流信息能及时地应用到车流预测中。

(3)不均衡性。从信息论的观点看,铁路运输实质上就是物质流和车辆信息流的同时运输。我国铁路网分布的不均衡性及物质资源分布的不均衡性决定了车流信息也具有不均衡性。

(4)扩散性。是指为了让更多部门掌握车流信息,要进行有目的传输,因此,车流信息在一定的时间、空间内,在一定的程度和范围内是可以共享的。

(5)动态性。车流分布信息是动态的和不确定的,在货运繁忙的方向,车流分布情况往往几小时内都发生变化,而且规律性不大。

(6)简明性。重要的车流分布数据往往和相对无用的大量数据混在一起,这就需要加以筛选,把与车流信息无关的数据信息剔除,以取得简明扼要、一目了然的车流信息。

### 三、车流预测的目标和特点

为了保证铁路运输秩序的正常进行,防止路网上车流运行的不均衡性和车流堵塞或积压的发生,车流预测要推算未来几天铁路局各分界口(限制口)将接交多少重车,管内主要站到达(通过)多少重车或主要卸车站到卸的重车数。

本书主要是根据铁道部调度、铁路局计划调和车站站调的不同需求,实现铁道部、铁路局和车站的三级车流预测,并将车流预测结果用于辅助日班计划和阶段计划的自动生成。

具体目标如下:

(1)收集到达分界口的列车信息,形成到达计划。

(2)根据到达列车信息,求局管内编组站重新解体和编组的车流,形

成编组站到达计划。

(3)根据到达列车及其车辆信息,寻找到达推算局的重车辆信息,形成卸车计划。

(4)收集“运货”五及空车信息,形成装车计划。

(5)根据铁道部的排空要求、空车保有量、卸车计划和装车数,形成排空计划。

(6)根据(1)~(5)的结果,推算编组站(区段站)出发计划和中间站甩挂计划及车流来源。

(7)推算分界口交出计划。

(8)用推出的分界口交出计划作为下一铁路局的到达计划,如此循环迭代,推算各车站和铁路局下一阶段的出发计划及次日分界口交出计划。

(9)用第一天的推算结果和月请求车计划,仍采用上述迭代方法以3 h为间隔推算第二天直至推算出第七天的车流。

(10)每过一个阶段,用货车追踪系统的结果和推算结果相比较,计算兑现率,记录分析推算产生误差的原因,重新推算和生成新的更正计划。

(11)统计各项运营指标。

本书所提出的车流预测主要具有以下几个特点:

(1)准确性。指车流预测所需的车流分布信息及预测方法的正确性使预测结果成为制定日班计划的可靠依据。车流预测的准确性主要体现在两个方面:一方面是车流数量预测的准确性;另一方面是预测日期的准确性。

(2)层次性。我国调度指挥工作实行的是分级管理,集中统一指挥的原则。铁道部和铁路局所属的各调度部门由于其职能范围和作用不同,对未来车流分布信息的需求也不同。本书提出的三级车流方法能够满足这种需求。

(3)时效性。指车流预测结果能及时应用到车流调整和日班计划制定中去,为二者提供准确的车流分布信息。另一方面,在车流预测过程中,一般要求掌握未来七天内的车流分布信息,预测车流越早,则能预见的范围越小,能预见的车流预测信息量就越少,预见越晚则反之。

(4)预见性。车流调整以预见性调整为主,因此必须知道未来几天的各分界口、卸车站等主要站的车流分布情况,才能采取相应的调整措施。

另一方面,各局每日要制定日间轮廓计划,以指导货运及列车运行,为了使车流调整措施通过日班计划来实现,也需知道未来几天到达该局的车流情况。

(5)完整性。指车流预测内容的全面、完整。车流预测不仅要预先推算未来几天铁路局各分界口交接的重车数,还要预先推算相应几天管内各主要编组站到达车数和各主要卸车站的到卸车数。

(6)简易性。由于车流预测涉及全路 18 个铁路局的众多分界口,因此,其计算工作量是非常大的,若单纯追求推算结果的高精度,不仅增加繁重的计算量,而且计算结果也不能及时应用到车流调整和日班计划的制订上。因此,在满足准确性和及时性的前提下,力求使计算方法简单可行,减少不必要的计算量。

## 第二节 我国现行车流预测方法及其存在问题分析

### 一、现行车流预测方法

我国的现行车流预测方法从 20 世纪 50 年代初铁道部规定并一直沿用至今。该方法计算简便,实用性强。其具体内容可分为远期车流推算、近期车流推算和运用车保有量推算。

#### 1. 远期车流推算方法

远期车流推算主要是预测路网上各铁路局装车交出到达本局的车流。一般车流运行距离较远,运行时间较长,沿途走行要经过几个局和编组站作业,并经过几个分界口交出才能到达本局。

由于远期车流运行时间比较长,因此远期车流推算可预测未来 4~7 天到达或通过本局的车流。

从车流预测的对象来看,远期车流推算又分为远期管内工作车推算和远期移交车推算。

#### (1) 远期管内工作车推算方法

管内工作车是指在铁路局管内有装卸作业的重车,主要包括局管内自装自卸和外局接入自卸车流。由于管内自装自卸的装车和卸车都是同一局内进行,故推算未来几天到达卸车站的车数相对来说是比较容易的。因此,管内工作车的推算主要是指各局能对本局接入自卸车流未来

几天车数的变化进行预测。

目前各铁路局之间对于各局装车数要通过铁道部“中转”完成,因此铁道部调度处规定各铁路局调度所每天将到达局别装车数报部,然后,由调度处汇总,下发到各车流终到局的调度所。

## (2) 远期移交车推算方法

移交车是指铁路局各分界口接运通过和局自装交出的车流。移交车推算方法与管内工作车推算方法不完全一样,管内工作车推算是根据各装车局所装的重车进行推算的,而移交车是根据相邻铁路局的待发重车和预计装往其他局的重车进行预测的。推算局记录本局各分界口对邻局所有去向别待发车数,然后根据接入口至交出口的规定运行期限,即可推算交出分界口的交重车数。

### 2. 近期车流推算方法

近期车流推算是预测邻局装到本局的重车和待装到本局的车流,一般行程较近,运行时间较短。

近期车流推算是根据有关邻局相互交换的待发重车资料、本局的待发重车和预计装往外局的重车数来预计分界口的交出重车数。由于近期车流推算预计的是1~2天到达或通过本局的车流,与局日间轮廓计划制定关系密切,而且通过近期推算,可以预测到各分界口接交重车数未来几天的变化,以便进行必要的车流调整,保证各分界口交重任务的完成。

近期车流推算具体的推算方法是根据邻局相互交换的待发重车数中预计接入需经某分界口交出的重车数,加上本局向某分界口交出的待发重车数及本局当日预计向某分界口站装车的重车数,减去当日预计可向某分界口交出的重车数,即可推算出当日18点需经某分界口交出的待发重车数。将此数除以该分界口的移交车周转时间,即可得出预计当日某分界口应移交的重车数。

### 3. 运用车保有量推算方法

运用车保有量是指各铁路局为了完成规定的运输任务,需保有的必要运用车数。

运用车保有量推算主要是为了平衡各铁路局的运用车保有量。必要时进行调整,使其能合理分布,保证各铁路局运输计划的完成,因此,运用车保有量推算在日常运输工作和车流调整中一项很重要的工作。

运用车分为重车和空车,其中重车又可以分为管内工作车和移交车。

#### (1)管内工作车保有量推算

管内工作车保有量推算主要是为了预测推算每日 18 点局管内接入自卸和自装自卸的重车数。由本局昨日 18 点管内工作车保有量加上当日 6 点本局预计全日接入自卸的重车数和全日自装自卸的装车数,减去当日 6 点本局预计全日卸车数即可得到当日 18 点管内工作车保有量。

#### (2)移交车保有量推算

移交车保有量推算为了预测推算当日 18 点本局自装交出和接运通过的重车数。由本局昨日 18 点移交车保有量加上当日 6 点本局预计全日自装交出和接入通过的重车数,减去当日 6 点本局预计交出重车数即可得到当日 18 点移交车保有量。

#### (3)运用空车保有量推算

空车保有量推算是空车调整中为保证装车的需要而对车流采取调整措施,根据铁路局排空、卸车、装车任务,对空车使用情况进行预先推算。因此,空车推算结果的准确与否,对局次日排空和装车工作都有重要影响。由本局昨日 18 点空车保有量加上当日 6 点预计本局全日接入空车数,加上当日计划解除备用车数和当日卸空车数,减去当日 6 时预计全日排空车数和全日备用车数即可得到当日 18 点空车保有量。

#### (4)运用车保有量推算

由昨日 18 点总运用车保有量加上当日 6 时预计全日接入交出重空车总数的差额和当日解除备用车数,减去当日备用车数即可得到当日 18 时运用车保有量。

### 二、现行车流预测方法存在的问题

日常运输组织工作中,运输不畅通的毛病都会不定期发作。最明显的症状是编组站、分界站堵塞,中间站产生保留列车,潜在症状表面不好发现,仅靠运输指标还不能全部反映出来,需要特殊手段才能发现。

从信息处理的公开性、有效性、及时性、准确性来看,目前车流有以下几方面不足。

(1)信息不公开性。铁路局在执行日班计划过程中,接车局临时不接发车局的列车时有发生,理由是接车局有困难,但发车局事先并不知道对

方信息,如果这类问题事先知道就可以避免。

(2)信息不完备性。反馈到铁路局 18 时车流信息很有限,如运行区段车流量、分界口车流量、到达卸车站车流量不能反映出来,不利于车流调整。

(3)信息局限性。铁路局对大量车流信息了解还停留在铁路局管内这个层面上,对外局信息了解很少甚至不了解,有关规则束缚着铁路局之间了解信息,经常出现发车局安排装车超出接车局卸车站卸车能力的现象。

(4)信息滞后性。卸车站重车出现积压时,车站才会自下而上向上逐级反映,等到上级采取停装、限装措施时,重车已经堵到一定程度,甚至产生大量保留列车,信息严重滞后,错过车流调整最佳时机。

### 第三节 国内外相关研究情况

根据前述车流预测的具体目标,本书所研究的车流预测包括铁道部调度关注的铁路局间分界口交接车流信息、铁路局排空车流信息、铁路局管内编组站的到达、编解、出发车流信息以及货运站的装卸车流信息等。由于世界上各国的铁路运输组织方式千差万别,所以国内外有关这方面的研究也就多种多样。

20 世纪 60 年代初我国沈奏廷教授曾提出车流分类并指定车流预报站的方法,其实质是将外局装车自局接入的车流分为三大类,并在适当地点增设信息收集点,为每个铁路局设置一定的车流预报站,以提前取得较准确的车流分布信息。近年来,国内很多研究者将车流预测作为日班计划编制过程中的信息收集和处理阶段来考虑。国外研究者在该方面也进行了大量的研究。前苏联技术科学博士 И. И. 图鲁波夫提出了运用状态预测试探法进行车流预测,该方法通过所建立的数学模型,运用计算机完成铁路局运营指标的预测。欧美一些国家对货物运输中的空车分配问题以及空重车流结合在一起考虑的空重车辆分配问题进行了研究。但由于运输体制的不同,在运输组织方式及优化目标等方面存在较大的差异,因而不适用于我国的铁路运输。

在前述分析的基础上,本书提出了一种新的滚动式智能车流预测方

法,该方法可有效克服现有车流预测方法中存在的问题;研究了单个 Agent 结构和多 Agent 的体系框架,建立了基于 Agent 的车流预测智能决策支持系统,该系统可以整合现有 TMIS 系统信息并以其为基础数据源,预测未来 7 日内任意时刻、任意区段和铁路局、车站的车流分布以及分界口交接车流情况,实现货主货物的动态追踪并辅助实现日班计划和阶段计划的自动生成和编制。这种基于多 Agent 的系统不仅具有资源共享、易于扩张、可靠性强、灵活性强、实时性好等特点,而且可通过 Agent 的协作解决大规模的复杂问题,从而使该系统具有很强的鲁棒性、可靠性和自组织能力。

本书的研究思路是首先介绍车流预测的研究背景及其意义,并分析现行车流预测方法及其存在的问题;在对其理论基础进行研究的过程中,从单 Agent 入手,提出一个普遍意义的单 Agent 结构和一种既易于实现又易于扩充的多 Agent 结构;之后介绍三级智能车流预测的总体结构,提出滚动式智能车流预测方法,并建立基于 Agent 的车流预测决策支持系统,从而形成从微观到宏观的理论与实践相结合的较为完整的体系。

本研究涉及多个学科,是一项极具创造性和挑战性的研究工作。其特色和创新之处在于:

(1)提出的滚动式智能车流预测方法能够满足各级运输调度部门的要求。

(2)该车流预测方法将装车、卸车、到达、出发、解体、编组等置于一个系统中,根据到达车流的不同类型分别进行处理。

(3)该智能车流预测方法从根本上解决了原来靠结果检验过程、发展到堵塞才发现问题的弊端,而且可以使许多问题消灭在萌芽状态,从而使运输效率和效益指标得到很大提高。

(4)该方法以 3 h 为间隔对车流进行推算,对产生的空车及时进行排空或配空处理,增强了车流预测的准确性。

(5)该车流预测方法以铁路局为单位进行推算,根据该局接入车流(即邻局交出车流)推算其分界口交出车流以及管内各编组站、区段站和中间站的车流情况,并将其输出作为相邻局的输入,对于有车站系统的车站,由车站自己推算车流,从而有效降低了问题复杂度。

(6)该车流预测方法综合运用了 Agent 理论和数学规划方法,并提出