

陈 勇

高速铁路列车运行图编制系统的研究

陈 勇 解安亮 孙全欣 胡思继

摘要 当前,京沪高速客运专线的修建工作正处于可行性研究阶段,各项科研工作正在广泛而深入地进行,为了进一步研究京沪高速铁路的运营组织工作,开发了京沪高速铁路分段运行图计算机编制系统。对该系统进行了介绍,并研究了该系统中的各种处理模型,给出了算例。

关键词 京沪高速线 列车运行图 计算机系统

Research on Drawing System of Train Running Diagram of High Speed Railway

Chen Yong Xie Anliang Sun Quanxin Hu Siji
(Northern Jiaotong University, Beijing, 100044)

Abstract Recently, the process of building Jinghu high speed railway is in the phase of feasibility. For further study of operation work in Jinghu high speed railway, the author developed train working diagram system working out with computer on the basis of sections of Jinghu high speed railway. The system was introduced briefly in the theme. All the models used in the program was discussed. In the end, a sample was provided.

Keywords Jinghu high speed railway, train working diagram, computer system

1 引言

当前,京沪高速客运专线的修建工作正处于可行性研究阶段,各项科研工作正在广泛而深入地进行,特别是在运营组织工作,已经取得了一些成果。现在,运营模式基本定为“高中混跑”模式,但在运营组织研究方面,一直缺乏灵活有力的软件工具和实验环境,使各种运营工作的研究不能进一步深入,如与既有线衔接,

晚点传播,运行图铺画,能力计算等问题。针对这种情况,我们在原有“高速铁路列车运行图编制方法的研究”报告及系统的基础上,完成了“京沪高速铁路分段列车运行图计算机编制系统”。系统充分考虑了京沪高速铁路分段建设并投入运营的特点,采用了高效的运行图调整方法,可以随意选定区段,铺画满表运行图,对于各种天窗类型均可维护,为研究工作提供了强有力的支持。

2 系统功能

该系统的任务界定是在给定列车运行图的基础数据和施工天窗方案的基础上,通过人机交互,绘制京沪高速铁路列车运行图,并输出各种指标。系统也可以在给定区间自动绘制满表列车运行图。系统的功能模块

陈 勇 北方交通大学交通运输学院 在读硕士研究生 北京市
100044
解安亮 北方交通大学交通运输学院 在读硕士研究生 北京市
100044
孙全欣 北方交通大学交通运输学院 副教授 北京市 100044
胡思继 北方交通大学交通运输学院 教授 北京市 100044

图如图 1 所示。

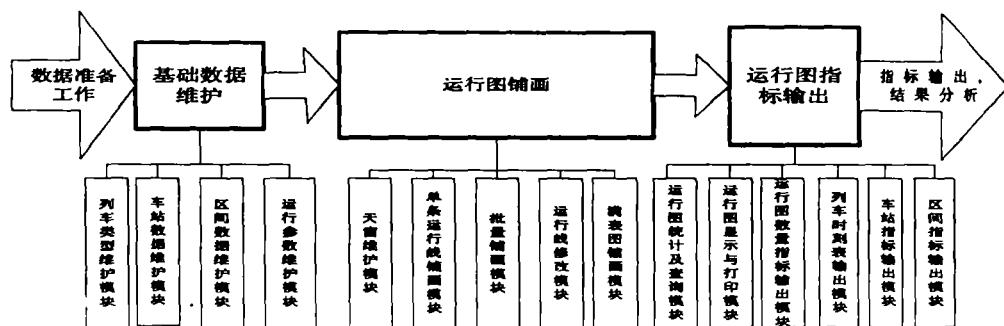


图 1 功能模块图

2.1 系统基础数据维护功能

京沪线各种运行图,如车站数据、区间数据及运行参数的增加、删除、修改等维护工作是该系统的基础工作,系统提供了数据的窗口操作平台。具体数据如下:

- a. 该区段列车运行种类(如中速,高速);
- b. 该区段车站数据(包括车站名,各列车运行种类在该站的停站比例);
- c. 区段区间数据(包括区间起始车站,区间长度,各牵引类型的区间运行时分,起停车附加时分);
- d. 列车运行参数(到达追踪间隔时间,出发追踪间隔时间等)如:高高出发间隔,高中出发间隔,中高出发间隔,中中出发间隔,高高到达间隔,高中到达间隔,中高到达间隔,中中到达间隔等。以上间隔时间按通通、通停、停通、停停分别计算。

2.2 施工天窗的维护功能

施工天窗是高速铁路列车运行图的重要组成部分,而目前京沪高速的天窗方案正处于研究探讨阶段,施工天窗的计算机模型采用了区间组合的方式。这样,对于不同形式的施工天窗,如 X 型,矩型,V 型,组合型都可以维护。

2.3 列车运行图的铺画功能。

基础数据准备完毕之后,可进行列车运行图的铺画,这主要包括单条运行线的铺画,批量铺画,铺画满表图 3 种运行线铺画方式,系统并可对已生成的列车运行图进行人工交互式调整,如停站时分调整,发点调整,区间运行时分调整等等。

2.4 列车运行图的显示和打印功能

系统提供多种模式,灵活方便的列车运行图显示功能。列车运行图的显示模式有:标记模式(车次标记、时刻标记显示组合)、上下行模式(上行、下行显示

组合)、边框模式(如 18—18,0—24 组合)、线型模式(粗/细线型切换)、分格模式(二/十分格切换)。为了研究与既有线运行图的接续,列车运行图有两种不同的车次系统—默认车次系统和用户自定义车次系统。同时列车运行图有任意缩放模式,可以查看不同大小时间轴和区间轴的列车运行图。不同模式之间可以灵活方便的组合或切换。

列车运行图具有“所见即所得”的打印模式,屏幕显示的列车运行图可直接输出到绘图仪。

2.5 列车运行图及各种指标的输出

系统除了输出列车运行图外,还可输出各种运行图指标,如运行线数量;各站始发、终到、通过运行线数量、各站平均停站时间、停站比例;各区间运行线数量;列车时刻表;速度指标等等。

3 系统处理模型

3.1 数据管理模型

本系统采用“模板—方案”的分层数据管理模型,即京沪高速线每一分段设为“模板”,在该分段内的不同运行图铺画方案设为“方案”。在“模板”层,系统主要处理该分段列车运行图基础数据。在“方案”层,系统处理运行线的增加,删除,修改,以及该“方案”下的列车运行图、指标等各种信息。通过该模型,与 Microsoft MDI 模型相对应,使对列车运行图的管理简洁明了。如图 2 所示。

3.2 天窗管理模式

本系统的施工天窗方案是以区间为设置单位的,因此,无论是 X 型,矩行,V 型,组合型天窗都可以用各区间的天窗组合而成。例如:

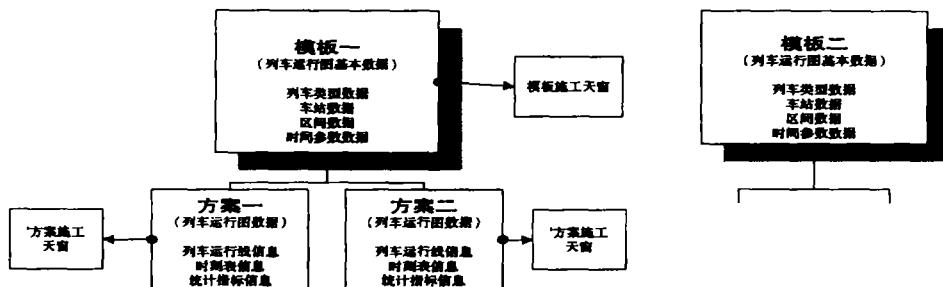


图 2 模板—方案数据管理模式示意图

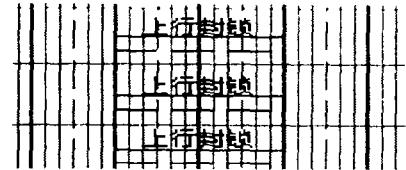
X 形天窗

区间 1,18:00—20:00 下行;
 区间 2,19:00—21:00 下行;
 区间 3,20:00—22:00 下行来描述。



矩形天窗

区间 1,18:00—20:00 下行;
 区间 2,18:00—20:00 下行;
 区间 3,18:00—20:00 下行来描述。



设定区间施工天窗需要输入以下数据:区间、上下行方向、起始时刻、终到时刻,一个天窗方案由多个区间天窗设置组成。如果下一次的运行图方案仍需要这次的天窗方案,可将天窗设为“模板天窗”,下一次方案调入“模板天窗”维护即可。

3.3 列车运行图结构

在本系统中,对列车运行图的结构模型要求十分严格,一方面,运行图要有灵活友好的显示和维护界面,另一方面,整个分段运行图存储量不能过大,同时要满足在调整和修改时运算时间上的要求,所以,运用面向对象的分析和设计方法,设计了运行图的双索引结构。

a. 运行图输出类

该类封装了运行图的各输出参数及输出函数,能

输出给定基础数据的列车运行图。

b. 区间运行图类

该类是列车运行图的显示索引,在输出运行图时,运行图输出类调用区间运行图类,完成各个区间运行图的输出。

c. 列车时刻表类—列车时刻表区间项类

该类族是列车运行图的数据索引,在运行图运算时,该类族参与运算,并相应更新区间运行图类。

3.4 运行线铺画策略

运行线的铺画及调整策略是基于可行集的快速列车调整算法,使用人工智能的启发式运算模型。算法的基本思路如下:

a. 调整问题分解,引入列车运行调整优先序数据结构,将列车运行调整问题分解为子问题序列,通过子问题求解缩小变量规模,并采用人机交互方式,由调度人员根据实际要求对计算机给出的初始列车调整序的关系进行调整。

b. 过程性知识表示,以列车车站状态作为状态单元,引入列车状态图来规范列车运行线推算中的过程性知识表示。列车状态图是单列列车运行计划所对应的状态空间表示,通过引入列车状态图,将列车运行线的计算推线过程比拟成一个在状态图中寻找满足要求的路径的过程,从而规范求解过程。

c. 启发式搜索算法,列车运行线的推算可看作在列车状态图中寻找算符序列的过程,即从状态图的初始节点开始,每次执行一个满足可行条件的算符,递增地建立算符的试验序列,直至达到目标节点为止。搜索时应遵循最大顺延,紧靠运行线两项铺画原则。

d. 算法优化设计,系统建立了一张记录时间资源占用,空闲状态占用的记录表,这样可以通过复用已有的列车间隔判断结果来提高约束判断的效率,减少了

时间开销。计算一次列车运行调整方案只需 1 s, 完全满足列车调整的实时性要求。

4 实例

使用该系统, 我们铺画了京沪线徐州—上海间分段列车运行图, 基础数据如表 1 所示。

a. 列车类型: 高速列车, 速度 200 km/h; 中速列车, 速度 160 km/h。

b. 车站、区间数据

表 1 主要车站、区间数据

区间名称	区间长度(km)	运行时分(上行)
徐州—栏杆	42.21	高速列车:11:12 中速列车:16:16
宿州东—新固镇	31.25	高速列车:7:7 中速列车:13:13
新宿州—新蚌埠	45.21	高速列车:10:10 中速列车:19:19
新蚌埠—青岗	53.03	高速列车:11:11 中速列车:22:23
滁州南—南京	46.70	高速列车:11:11 中速列车:20:22
南京—新下蜀	37.65	高速列车:8:7 中速列车:15:15
新丹阳—常州	38.63	高速列车:9:9 中速列车:16:16
常州—无锡	39.60	高速列车:9:9 中速列车:16:16
无锡—苏州	42.03	高速列车:10:10 中速列车:17:17
苏州—新昆山	34.66	高速列车:8:18 中速列车:14:14
新昆山—南翔	35.11	高速列车:8:18 中速列车:14:14
南翔—上海西	9.00	高速列车:4:4 中速列车:4:4
上海西—上海	5.26	高速列车:3:3 中速列车:3:3

新蚌埠: 高速列车: 停站比例: 20%, 停站时分: 3

中速列车: 停站比例: 40%, 停站时分: 5

南京: 高速列车: 停站比例: 100%, 停站时分: 4

中速列车: 停站比例: 100%, 停站时分: 6

c. 起车附加时分: 3 min; 停车附加时分: 2 min

d. 绘图时间参数:

高高出发时间间隔: 通通—4, 通停—2, 停通—4,

停停—4

高中出发时间间隔: 通通—4, 通停—2, 停通—4,

停停—4

中高出发时间间隔: 通通—4, 通停—3, 停通—4,

停停—4

中中出发时间间隔: 通通—4, 通停—2, 停通—4,

停停—4

时间单位: min

采用 24:00—5:00 矩形天窗

绘图结果: 以上行方向为例

e. 高速列车: 170 列, 中速列车 24 列, 共 194 列;

f. 主要车站指标一览

表 2 主要车站指标一览表(0~24 h 上行方向)

高速列车						
站名	N _{始发}	N _{终到}	N _{通过}	N _{停站}	T _{停站}	P _{停站}
徐州	0	96	0	0	—	0.00%
新蚌埠	5	6	50	41	14.07	40.20%
南京	28	40	10	59	9.41	43.07%
常州	2	6	83	27	21.89	22.88%
苏州	11	7	89	25	18.40	18.94%
上海	121	0	0	0	—	0.00%
中速列车						
站名	N _{始发}	N _{终到}	N _{通过}	N _{停站}	T _{停站}	P _{停站}
徐州	0	21	0	0	—	0.00%
新蚌埠	0	1	5	16	55.50	72.73%
南京	3	2	0	19	29.16	79.17%
常州	1	0	15	4	14.20	23.81%
苏州	0	0	14	6	12.33	30.00%
上海	20	0	0	0	—	0.00%

表中: N_{始发} —— 该站始发列车数量, 单位: 列;

N_{终到} —— 该站终到列车数量, 单位: 列;

N_{通过} —— 该站通过列车数量, 单位: 列;

N_{停站} —— 在该站停站列车数量, 单位: 列;

T_{停站} —— 在该站的平均停站时间, 单位: 分钟;

P_{停站} —— 在该站停站的列车比例。

(部分小站数据未列出)

5 结束语

该系统使用面向对象的设计语言 Visual C++, 运行于 Windows NT 平台。系统采用高效的运行图调整算法, 适应了京沪高速铁路分段建设的要求, 可以选择区段进行各种运行图的铺画。天窗可以灵活调整, 使得系统具有良好的实用性。经铁道部第三、第四勘测设计院使用, 反映良好。如今已升级到 2.0 版。

6 参考文献

- 张拥军, 任民, 杜文. 高速列车开行方案研究. 成都: 西南交通大学学报, 1998
- 周培德. 算法设计与分析. 北京: 机械工业出版社, 1992
- 周学松, 朱钰, 胡思继. 基于推导图的列车运行调整算法的研究. 北京: 中国铁道出版社, 1998

(责任编辑:姜言望 收稿日期:2000-06-01)