文章编号：1003-1421(2026)05-0195-11
引用格式：马海彬，张锐，葛名威，等.考虑路网能力约束的铁路货车车流径路智能编制方法探索与实践[J].铁道运输与经济，2026，48(5)：195-205，225.
MA Haibin，ZHANG Rui，GE Mingwei，et al. Exploration and Practice on Intelligent Compilation Method of Railway Freight Car Flow Routes Considering Railway Network Capacity[J]. Railway Transport and Economy，2026，48(5)：195-205，225.

考虑路网能力约束的铁路货车车流径路智能编制方法探索与实践

马海彬[1]，张　锐[1]，葛名威[2]，刘耀宗[1]

(1.中国铁路兰州局集团有限公司 信息技术所，甘肃 兰州 730000；2.中国铁路武汉局集团有限公司 调度所，湖北 武汉 430000)

摘　要：铁路货车车流径路日常调整在解决铁路运能与运量间的不匹配问题上发挥着重要作用。基于铁路路网结构、非平图能力、运输统计数据，构建了路网通过能力数字化模型，实现了面向车流径路的线路区段通过能力和编组站分车场到发能力计算；依托运筹学理论和模拟退火算法思想，设计了车流径路智能调整算法——泛动均衡法，实现了运输距离、车流强度、路网能力条件约束下的车流径路智能化编制，并对车流径路调整前后相关指标变化情况进行静态分析，为决策者提供多角度径路调整方案，有效解决了车流径路调整难度大、调整周期长等问题，是当前我国铁路运输组织走向数智化时代的重要技术成果。

关键词：车流径路；路网能力；智能调整；模拟退火；运输组织
中图分类号：U292.3　　**文献标识码**：A　　**DOI**：10.16668/j.cnki.issn.1003-1421.20241212004

Exploration and Practice on Intelligent Compilation Method of Railway Freight Car Flow Routes Considering Railway Network Capacity

MA Haibin[1]，ZHANG Rui[1]，GE Mingwei[2]，LIU Yaozong[1]

(1. Information Technology Office, China Railway Lanzhou Group Co., Ltd., Lanzhou 730000, Gansu, China; 2. Dispatching Office, China Railway Wuhan Group Co., Ltd., Wuhan 430000, Hubei, China)

Abstract: The daily adjustment of railway freight car flow routes plays an important role in solving the mismatch problem between railway transport capacity and traffic volume. Based on the railway network structure, off-diagram capacity, and transportation statistical data, a digital model of railway network passing capacity was constructed. The calculation of the passing capacity of line sections oriented to car flow routes and the arrival-departure capacity of yards in marshalling stations was realized. Relying on operational research theory and simulated annealing algorithm concepts, an intelligent adjustment algorithm for car flow routes, namely the pan-dynamic equilibrium method, was designed. The intelligent compilation of car flow routes under constraints of transport distance, car flow intensity, and railway network capacity was realized. Moreover, a static analysis of changes in relevant indicators before and after car flow route adjustment was conducted to provide decision-makers with multi-angle route adjustment schemes. This method

收稿日期：2024-12-12　　**修订日期**：2025-11-30
基金项目：中国国家铁路集团有限公司科技研究开发计划课题(Q2023X008)

effectively solved problems such as high difficulty and long cycles of car flow route adjustment, representing an important technical achievement for the current railway transportation organization in China towards the era of digital intelligence.

Keywords: Car Flow Route; Railway Network Capacity; Intelligent Adjustment; Simulated Annealing; Transportation Organization

铁路货车车流径路是指车辆由发站送往到站所途经的路线和里程，是当前我国铁路货物运费、车流规划调整、列车编组计划、日常调度指挥、承运制清算等业务的重要基础支撑。理论上，铁路车站间货车车流应按照最短径路运输，但实际上受运力资源、通道能力、货流密度、货物运价等因素影响，实际车流会在多种因素影响下选择高效的通道运输。特别是在我国，受资源分布、生产布局、铁路路网规模和结构，以及部分线路区段和枢纽能力等条件限制，为保障干线畅通和均衡运输，部分车流不能简单地以最短运输径路组织运输，需制定特定车流径路、创建平行通道进行迂回运输，以提高路网的整体通过能力及效率，所以形成了具有我国特点的复杂铁路货车车流径路。

1　业务背景

从铁路货物运输需求侧分析，铁路货物发送量由1978年的10.75亿t增长到2023年的39.11亿t，增长263.8%，货物周转量由1978年的0.53万亿t·km增长到2023年的3.26万亿t·km，增长515.1%。近年来围绕国家“碳达峰”“碳中和”战略发展，产业结构布局调整进程加快，“公转铁”政策在各地逐步实施，铁路货运部门积极转变发展思路，在稳定大宗货物运输的前提下，积极开拓白货运输市场，集装箱运量快速增长。由于铁路货源结构的变化，运能与运量的不匹配情况在新的区域出现，需要通过车流径路调整提高路网能力利用率、提升铁路货运市场竞争力。

从铁路运力资源供给侧分析，铁路营业里程由1978年的5.2万km增长到了2023年的15.9万km，增长198.1%，复线率由1978年的14.7%增长到了2023年的60.3%，电气化率由1978年的2.0%增长到2023年的75.2%。近年来随着“联网、补网、强链”政策实施[1]，兰渝铁路(兰州—重庆北)、瓦日铁路(瓦塘—日照)、浩吉铁路(浩勒报吉南—吉安)等新线陆续开通，成昆铁路(成都—昆明)、焦柳铁路(焦作—柳州)、集通铁路(集宁南—通辽北)等线改造完成，新丰镇、阜阳北、襄阳北等编组站能力提升，“八纵八横”高速铁路主通道加快形成而释放路网货运能力[2]，以及大功率机车陆续投产应用，需要通过车流径路智能化调整以实现新增运能的高效利用[3]。

从铁路车流径路发展侧分析，计算机辅助车流径路的调整起始于2001年，当时为配合2001年全路新图的实施，结合广元、达州、大龙分界口能力调整和西康线(新丰镇—安康东)、漳龙线(漳平—龙川)开通，原铁道部运输局对有关车流径路进行了部分调整，此次车流径路调整考虑的关键因素主要为运输距离和分界口车流强度。2007年全路实施第六次大提速，为满足主要干线开行动车组列车要求，货运列车按照原铁道部党组“一主两翼”总体策略分流，车流径路调整的关键因素体现为运输距离、分界口车流强度和线路区段车流强度。2021年铁路货运市场的供需关系已发生变化，为进一步提高运输组织效率、应对市场竞争形势、降低社会物流成本，车流径路调整的关键因素体现为运输距离、分界口车流强度、线路区段车流强度、技术站车流强度和货物运费变化。随着业务需求的日益复杂，传统的“专家经验+计算机辅助”模式调整周期长、调整难度大，已不能完全满足当前和未来车流径路调整需要，迫切需要进行车流径路智能化调整研究，以适应复杂路网条件下、复杂业务逻辑下、复杂关联关系下我国铁路运输高质量发展需要。

研究基于既有“铁路货车车流径路决策与管理系统”技术成果[4]，围绕铁路路网结构、非平图能力、运输统计数据，运用运筹学理论和模拟退火算法思想，结合线路区段技术参数和编组站车场功能布局现状，一是构建路网通过能力数字化模型[5]，提出面向车流径路的线路区段通过能力计算方法，实现线路区段通过能力利用率的矢量化分析，提出面向车流径路的编组站到发能力计算方法，实现编组站到发能力利用率的矢量化分析。二是提出泛动均衡法车流径路智能化编制技术，设计符合业务逻

辑的特定次短路算法，建立全路网平行径路迭代搜索过程，实现运输距离、车流强度、路网能力条件约束下的车流径路智能化调整[6]，全力降低车流径路调整难度、压缩车流径路调整周期、提高车流径路调整质量，为我国铁路适应货源结构变化、应对货运市场竞争、充分发挥路网运能、降低社会物流成本[7]、深化铁路运输组织改革提供新的技术支撑。

2　路网通过能力数字化设计

路网通过能力是货车车流径路编制的基本支撑，依据当前铁路运输指标和统计数据，将路网通过能力数字化设计分为线路区段通过能力和编组站到发能力数字化设计2个部分，线路区段通过能力数字化设计包括非平图货物列车通过能力计算和线路区段货车通过车流统计，编组站到发能力数字化设计包括编组站结构模型设计和编组站实际车流统计，路网通过能力数字化设计如图1所示。

2.1　线路区段通过能力数字化设计

现阶段各铁路局集团公司在制定列车运行图线路区段能力季度表时，首先根据线路区段运行图周期和封锁时间等因素，计算线路区段平行运行图通过能力，根据区段单复线、闭塞方式等基础属性计算旅客列车扣除系数[8]，结合旅客列车图定对数，最终确定非平行运行图的货物列车通过能力。此时非平行运行图货物列车通过能力还不能满足车流径路调整的能力需要，车流径路调整的是车流而非列流，如何将非平行运行图货物列车通过能力转化为车辆数[9]，是要解决的首要问题。

2.1.1　线路货车通过能力计算

在已知线路区段非平行运行图货物列车季度通过能力的基础上，通过铁路机车统计机报-7(货运机车车辆运用成绩报表)数据，计算对应季度区段不同机车在区段运行时的本务机公里占比和列车平均编成辆数，2023年第1季度蚌埠东—东葛间不同机车占比和列车平均编成辆数如图2所示。

根据式(1)计算得出线路区段非平行运行图货车通过能力。由于当前我国铁路列车运行图每季度进行编制，线路区段图定旅客列车、快运班列、摘挂列车可能会发生变化，所以非平行运行图货车通过能力也应按季度动态生成。

$$C_{\text{货车能力}} = \sum_{i=1}^{n} L_{\text{列数}} B_i M_i \tag{1}$$

式中：$C_{\text{货车能力}}$表示线路区段货车通过能力，车；$L_{\text{列数}}$表示非平图货车通过列数，列；B_i表示不同机车的本务机公里占比，%；M_i表示不同机车列车平均编成辆数，车。

2.1.2　线路货车通过能力利用率

在线路区段非平行运行图货车通过能力的基础

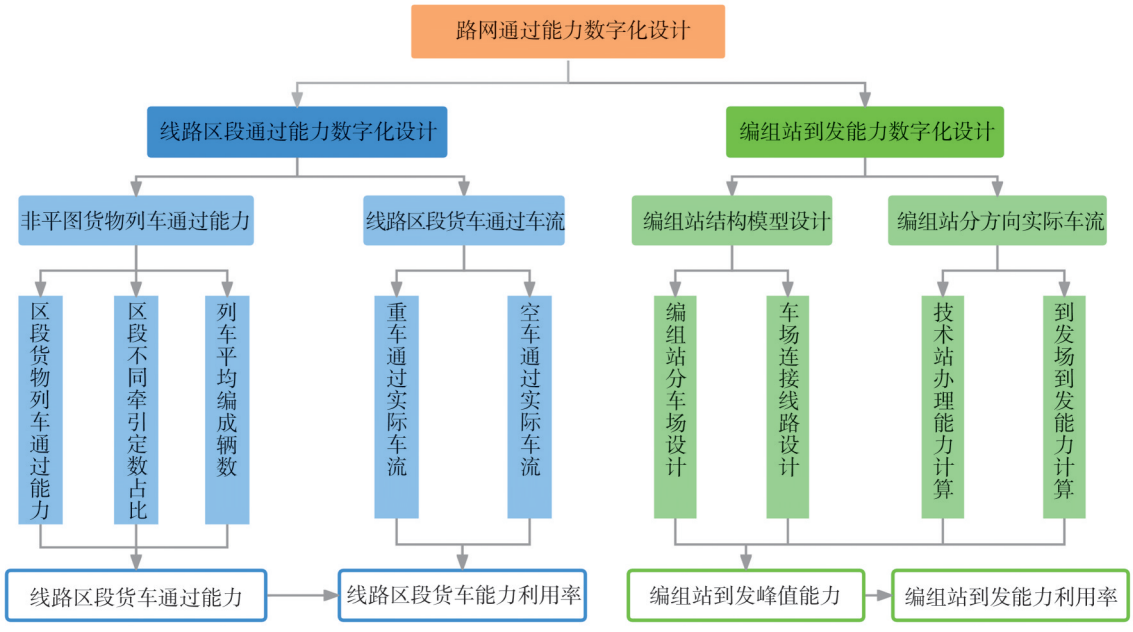


图1　路网通过能力数字化设计

Fig.1　Digital design of railway network passing capacity

蚌埠东->东葛

非平图能力[列]	48
非平图能力[车]	2 586

机车类型	列均辆数[车]	本务机公里占比(%)
DF7C	28	0.55
DF8B	45	5.75
HXD2B	53	93.7

东葛->蚌埠东

非平图能力[列]	48
非平图能力[车]	2 795

机车类型	列均辆数[车]	本务机公里占比(%)
DF8B	48	4.82
HXD2B	58	95.18

图2　2023年第1季度蚌埠东—东葛间不同机车占比和列车平均编成辆数

Fig.2　Proportion of different locomotives and average train composition number between Bengbudong and Dongge in the first quarter of 2023

上，通过铁路机车统计机报-7-A(货运清算机车车辆服务工作量报表)和机报-7-B(货运机车空车车辆走行工作量报表)数据，按月度计算区段实际通过货车数和区段能力利用率。铁路机车统计机报-7-A关键数据如表1所示，2025年1月全路上行线路区段货车通过能力利用率如图3所示。线段粗细代表车流大小，颜色冷暖代表能力利用率高低，紫色为100%以上、红色为90%以上、橙色为80%以上、黄色为70%以上、绿色为50%以上、蓝色为50%以下。

2.2　编组站到发能力数字化设计

当前我国铁路编组站能力可依据设计能力、查定能力、分析计算法获取，但设计能力与实际能力差距过大，查定能力只能反映一定时间段的能力，分析计算法中等待时间和空费系数为经验值，3种方式均存在计算不准确的问题。面向车流径路编制需要的编组站能力计算需求，以铁路运输统计数据为基础，采用历史实际车流峰值法统计编组站到发能力。

2.2.1　编组站结构模型设计

编组站一般由到达场、编组场、直通场、编发场、发车场、交换场等组成，根据编组站“到、编、发”场的排列方式不同，分为三级八场、三级六场、二级四场等。据不完全统计国家铁路三级八场编组站共5个、三级七场共7个、三级六场共9个、三级五场共5个，每个编组站与路网营业线

表1　铁路机车统计机报-7-A关键数据

Tab.1　Key data of railway locomotive statistics report-7-A

报单日期	机型	机车号	车次	区段码	区段公里	走行公里	自重	载重	分劈系数	车辆公里	总重吨公里	机车自重吨公里
20250211	HXD1C	442	45103	J11103	210	84	24	60	0.5	42	3 528	1 922



图3　2025年1月全路上行线路区段货车通过能力利用率

Fig.3　Freight car passing capacity utilization rate of upstream line sections of whole railway network in January 2025

的连接关系不尽相同。部分编组站结构示意图如图4所示，展示二级四场、三级六场、三级七场、三级八场编组站与路网营业线的物理连接，以及各场间的连接关系。

以兰州北编组站为例，兰州北站到发场与路网线路的连接关系如表2所示。基于编组站结构模型设计，完成全路编组站到发场与路网线路的连接关系设置。

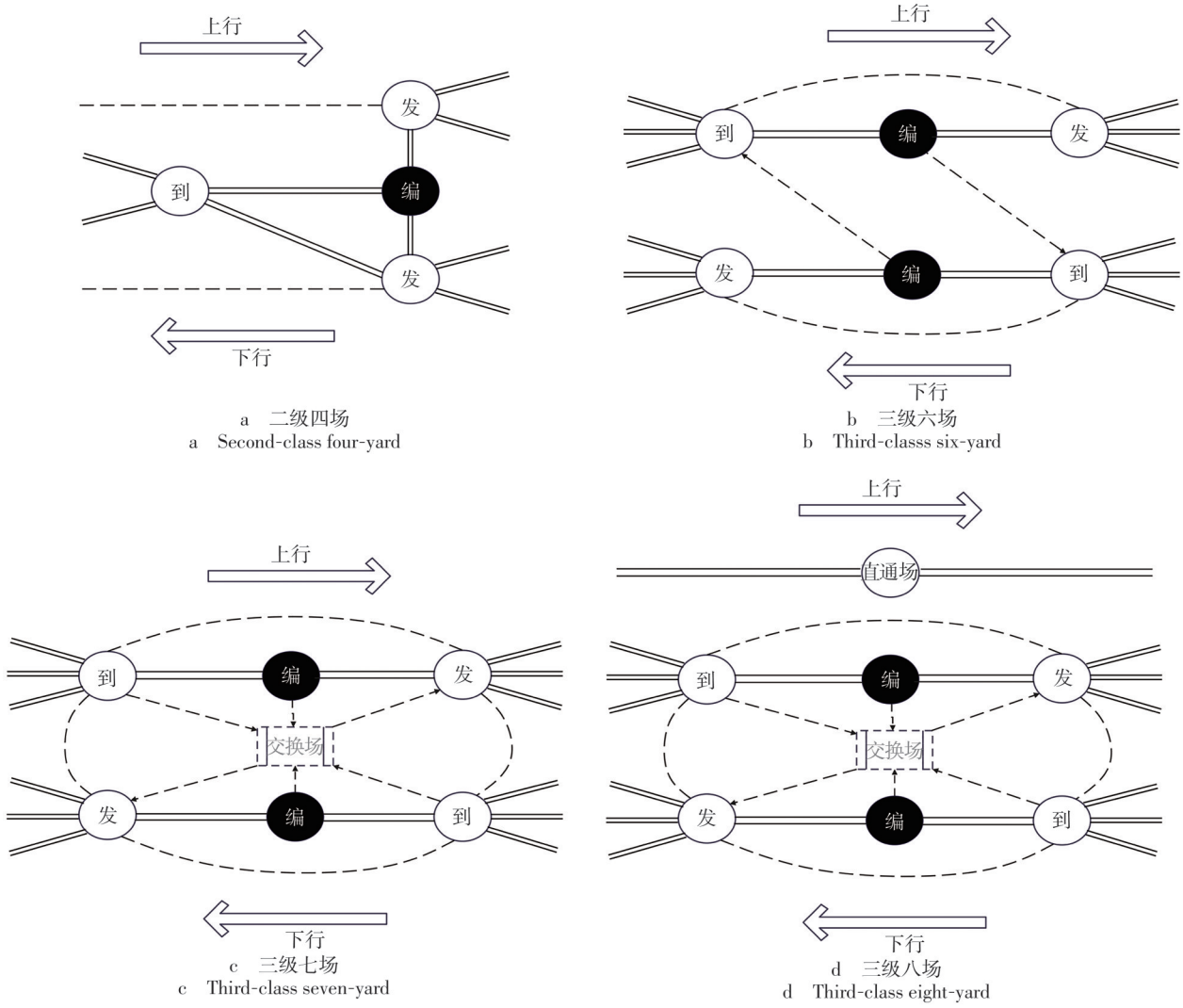
2.2.2　编组站到发能力计算

货车车流径路决定线路区段的通过车流强度、编组站的到发车流强度，货物列车编组计划决定编组站改编车流量、线路区段车流组织方式，在提出线路区段货车通过能力的计算方法后，仍需探索编组站到发能力的计算方法。

表2　兰州北站到发场与路网线路的连接关系

Tab.2　Connection relationship between arrival-departure yards of Lanzhoubei Station and railway network lines

序号	车场名	车场分工	上下行	到发	营业线方向	营业线名称
1	Ⅰ场	到达	下行	到	水源	兰水线(兰州北—水源)
2	Ⅰ场	到达	下行	到	青白石	兰州北环线(兰州西—桑园子)
3	Ⅰ场	到达	下行	到	石岗	西固城线(兰州北—西固城)
4	Ⅱ场	到达	上行	到	周家庄所	兰新线(兰州北—阿拉山口)
5	Ⅱ场	到达	上行	到	海石湾	兰青线(兰州北—西宁)
6	Ⅴ场	出发	下行	发	周家庄所	兰新线
7	Ⅴ场	出发	下行	发	海石湾	兰青线
8	Ⅴ场	出发	下行	发	石岗	西固城线
9	Ⅵ场	出发	上行	发	青白石	兰州北环线
10	Ⅵ场	出发	上行	发	水源	兰水线



a　二级四场
a　Second-class four-yard

b　三级六场
b　Third-classs six-yard

c　三级七场
c　Third-class seven-yard

d　三级八场
d　Third-class eight-yard

图4　部分编组站结构示意图

Fig.4　Structure of partial marshalling stations

在编组站结构模型设计中，已提出车场内部连接关系和路网线路衔接关系的解决方案，采用铁路运输统计运统-4(货车出入登记簿)作为编组站到发能力计算的数据源，首先将原始运统-4数据进行预处理，铁路运输统计运统-4预处理后格式如表3所示。其次将车场衔接线路与表3中“方向”字段进行关联，最后便可计算得出编组站办理辆数和到发场车流强度。将近年来按月份的日均最大办理辆数作为编组站办理峰值能力，同时在编组站办理峰值能力月份中，将到发场车流强度作为编组站到发峰值能力。

2.2.3　编组站到发能力利用率

编组站到发能力利用率按照办理能力和分车场能力利用率2层设计。2025年1月全路编组站办理能力利用率如图5所示，圆圈大小代表办理辆数多少，颜色冷暖代表能力利用率高低，红色为90%以上、橙色为80%以上、黄色为70%以上、绿色为50%以上、蓝色为50%以下。

3　车流径路智能编制算法设计

路网通过能力数字化设计是车流径路智能编制的基础，能够客观反映线路区段和编组站的能力利用情况，同时也是进行车流径路智能编制的重要约束条件。车流径路智能编制算法根据当前我国铁路运输组织实际，围绕模拟退火算法理论和思想[10]，结合既有最短径路、特定径路、支点车流等算法[11-12]，原创性提出了车流特定次短路算法，紧扣运输距离、车流强度、路网能力等业务要素，设计了车流径路智能编制算法——泛动均衡法，实现了运能和运量矛盾突出线路的车流径路智能化编制。

3.1　算法设计

虽然近年来我国铁路路网规模不断优化，但在石太铁路(石家庄—太原北)、京广铁路(北京丰台—广州)、京沪铁路(北京—上海)、兰新铁路(兰州—阿拉山口)等部分线路仍存在运能与运量紧张关系，泛动均衡法是利用车流径路调整手段，智能化创建平行径路[13]，通过均衡运输的思路来解决运能与运量矛盾。泛动均衡法算法过程如图6所示。

该算法首先由决策者选择计划调整的能力紧张线路为目标线路，并设置目标线路的计划分流车数；其次算法开始计算编组站间车流径路和车流强度，筛选出经由目标线路同时符合计划分流车数的编组站间车流；然后利用特定次短路算法将编组站间车流拟调整至平行径路，如果调整后运输距离增加20%以上，则调整不成立，如调整后运输距离增加20%以下，且平行径路的线路区段和编组站能力

表3　铁路运输统计运统-4预处理后格式

Tab.3　Format of railway transportation statistics-4 after pretreatment

车站电报码	车站名称	行别	方向	车次	到发时间	到发标志	作业车数	有调车数	无调车数	非运用车数	合计车数	路局代码	路局名称
LHJ	芦花台	上行	芦花台发	87614	2025/02/11 12:03:00	1	0	0	47	0	47	J	兰

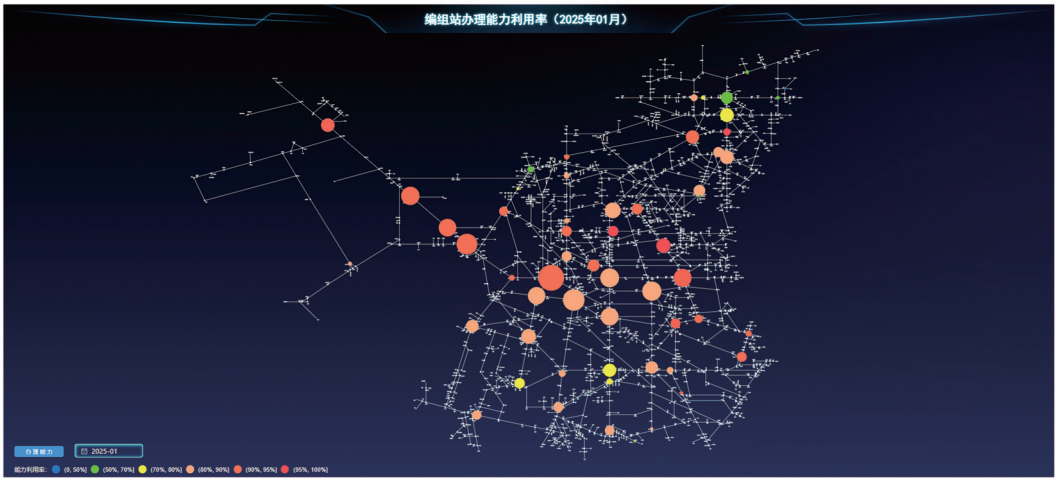


图5　2025年1月全路编组站办理能力利用率

Fig.5　Handling capacity utilization rate of marshalling stations of whole railway network in January 2025

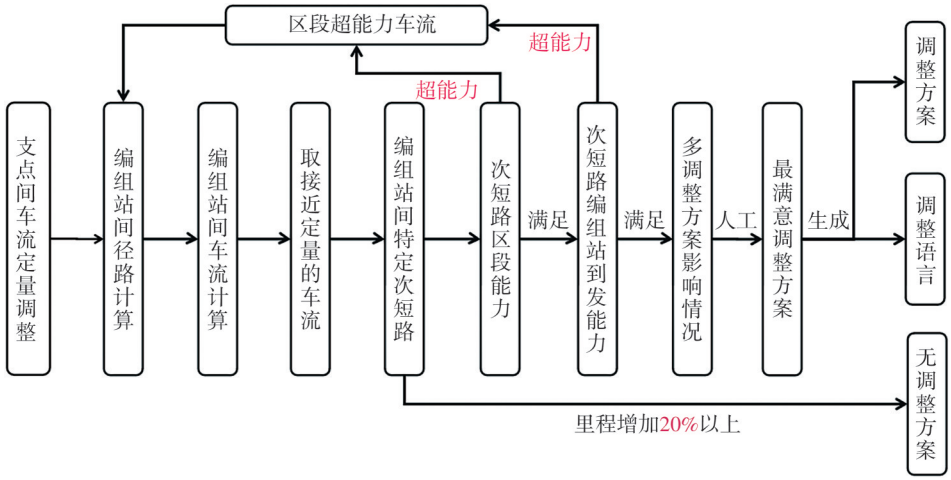


图6　泛动均衡法算法过程

Fig.6　Process of pan-dynamic equilibrium algorithm

满足计划分流车数，则调整成立，如平行径路的线路区段和编组站能力满足计划分流车数，则将平行径路作为目标线路，将超能力车数作为计划分流车数，继续迭代执行本段算法；然后算法对调整成立的车流生成文字调整方案，同时对应每个方案生成运输指标变化情况分析；最后由决策者根据业务需求选择最满意调整方案，算法根据最满意调整方案生成特定径路描述语言。

3.2　算法支撑

泛动均衡法基于实际运输数据和系统既有功能，数据支撑、功能支撑、创新算法如下。

3.2.1　数据支撑

该算法一是以铁路货票数据的发站、到站、品类、车种、车数、质量作为货流的基础数据[14]。二是以路网通过能力数字化设计的线路区段货车通过能力、编组站到发能力作为运能的约束条件。三是以“铁路货车车流径路决策与管理系统”中的现行车流径路方案数据作为基准。

3.2.2　功能支撑

“铁路货车车流径路决策与管理系统”在全路推广实施多年，其中可视化展示平台、点点径路、支点车流、能力利用率、周转量变化、分界口车流、技术站车流和特定径路描述语言等功能，已在实践应用中得到多年验证，功能成熟稳定，是泛动均衡法的重要功能支撑。

3.2.3　创新算法

为将车流科学合理地调整至平行径路，车流径路的智能化调整离不开OD之间次短径路的判定[15]，但理论次短径路结果集过于庞大，且大部分结果与实际运输组织需求不符，难以满足实际应用需求。研究原创性地提出特定次短路算法，以既有车流径路为基础，将路网支点作为经由点，快速生成特定次短路，为业务人员和智能算法快速准确地提供符合业务逻辑的次短径路选择。

3.3　算法实现

泛动均衡法以铁路路网数据和拓扑结构为数据支撑，基于点点径路(车站到车站间的车流径路推算算法)、支点车流(车站到车站间的车流分布情况测算算法)等算法，一是设计车流筛选算法(FlowFiltrate)来选定支点车流，二是设计特定次短路算法(GetKShortestPath)进行车流径路次短路选定，三是设计车流调整算法(FlowAdjust)对车流径路进行编制修改。以全路技术站为支点，按序依次迭代执行上述算法，即可给出满足算法输入的车流径路编修解决方案[16]。泛动均衡法如图7所示。

车流筛选算法(FlowFiltrate)根据算法输入线路进行平行径路智能化选择[17]。一是根据点点径路算法测算经过该区段的所有支点车流，得到全路所有经过该区段的技术站OD对。二是根据拟调整车数u选取w条最接近目标值的技术站间OD对$Flow$。车流筛选算法如图8所示。

特定次短路算法(GetKShortestPath)用于实现2个技术站间的次短径路选定。一是按照点点径路算法计算2个技术站间的车流径路$p[a][b]$。二是通过增加

Algorithm 1：泛动均衡法

Data：路网拓扑结构数据τ，车站信息$s \in S$，技术站信息$j \in \mathcal{J}$，区段信息$l \in \mathcal{L}$，车流径路$p \in \mathcal{P}$，区段能力$c \in \mathcal{C}$，区段流量$f \in \mathcal{F}$

Input：选中车站s_1，选中车站s_2，选中区段l，拟调整车数u，k短径路条目数k，支点车流条目数w，最大里程超限比例x，最大流量超限车数y，选用技术站类型z

Output：满足输入条件的车流调整解决方案$Solution^*$

```
kPath[i][j] ∈ kPath, i ∈ {1…n}, i ∈ {1…n} // k短径路
Flow[m]=0 ∈ Flow, m ∈ {1…w} // 支点车流集合
Function MAIN():
    foreach j ∈ J do
        FlowFiltrate(s1, s2, l, Flow);
        GetKShortestPath(Flow.sa, Flow.sb, l, kPath);
        FlowAdjust(Flow, Solution*, l);
        if l.size()>0 then
            // Iteration
            FlowFiltrate(s1, s2, l.getValue(), Flow);
            GetKShortestPath(Flow.sa, Flow.sb, l.getValue(), kPath);
            FlowAdjust(Flow, Solution*, l.getValue());
    return Solution*;
```

图7　泛动均衡法

Fig.7　Pan-dynamic equilibrium method

```
Function FlowFiltrate(sa, sb, lc, Flow):
    foreach si ∈ Jz ⊂ S do
        foreach sj ∈ Jz ⊂ S do
            if sa, sb, lc ∈ p[i][j] then
                if |f(lc)−u|<= y then
                    if m<w then
                        Flow[m++].push(newFlow(sa, sb, lc, f(lc)));
    Flow.sort();
    return Flow;
```

图8　车流筛选算法

Fig.8　Car flow screening algorithm

经由站的方式指定车流径路必须经过某个车站运行，得到$kPath[s_a][s_b]$。三是将所有测算结果按照指定经由站前和指定经由站后的里程差进行筛选和排序，确定前k个次短路选择。特定次短路算法如图9所示。

```
Function GetKShortestPath(sa, sb, lc, kPath):
    foreach si ∈ S do
        if ((p[a][b]+si)− p[a][b])/p[a][b]<=x then
            kPath[sa][sb].push(p[a][b]+si);
    kPath[sa][sb].sort();
    while n>k do
        kPath[sa][sb].removeLast();
    return kPath[sa][sb];
```

图9　特定次短路算法

Fig.9　Specific shortest path algorithm

车流调整算法(FlowAdjust)用于将车流径路调修至特定次短路运行。一是将2个技术站间的车流径路$path[s_a][s_b]$修改为调整方案中的特定次短路$kPath[s_a][s_b]$。二是判断调整走特定次短路后相关的线路能力$c[l_m]$能否在最大流量超限车数y范围内满足车流量$f[l_m]$的增加，如果能够满足，则生成车流径路方案$Solution$，并给出计划调整方案和调整后评价，由车流径路业务决策者选择最满意解决方案后，算法可以自动生成对应的调整方案和特定径路描述语言；如果不能满足，则将该特定次短径路和超能力车流量作为新的调整目标，继续进行迭代计算，计算方法与上述方法一致，最终将计划调整车流合理分配至相关平行径路。车流调整算法如图10所示。

```
Function FlowAdjust (Flow, Solution*, l_sa):
    foreach Flow[m] ∈ Flow do
        path[sa][sb]=Flow[m].kPath[sa][sb];
        if |f[lm]−c[lm]|<= y then
            Solution*.push(newSolution(sa, sb, lc, Flow[m]));
        if |f[lm]−c[lm]|> y then
            l_sa.push(lm);
    l_sa.selectMax();
```

图10　车流调整算法

Fig.10　Car flow adjustment algorithm

3.4　算法的验证

为确保算法的运行效率，泛动均衡法采用C++计算机语言实现。以石太线上行日均调减150车、特定次短路里程超80%等条件为例进行模拟计算，算法参数预设如图11所示。



图11　算法参数预设

Fig.11　Algorithm parameter presetting

泛动均衡法开始计算经由目标调整线路的车流，榆次去往石家庄南方向车流强度如图12所示，线段粗细代表车流量大小，红色代表装车区域，绿色代表经由线路，蓝色代表卸车区域。

经计算得知，原经由榆次、赛鱼、石家庄南、邯郸南支点以远的车流，经由目标调整线路，日均车流122车，符合计划调整车数。根据特定次短路将该股车流调整至榆次、夏店、长治北、悬钟、邯郸南运输，榆次到邯郸南车流径路调整经长治北运输如图13所示。

由于太焦线(修文—月山)修文至武乡东区段通过能力为日均250车，既有日均通过车流为178车，

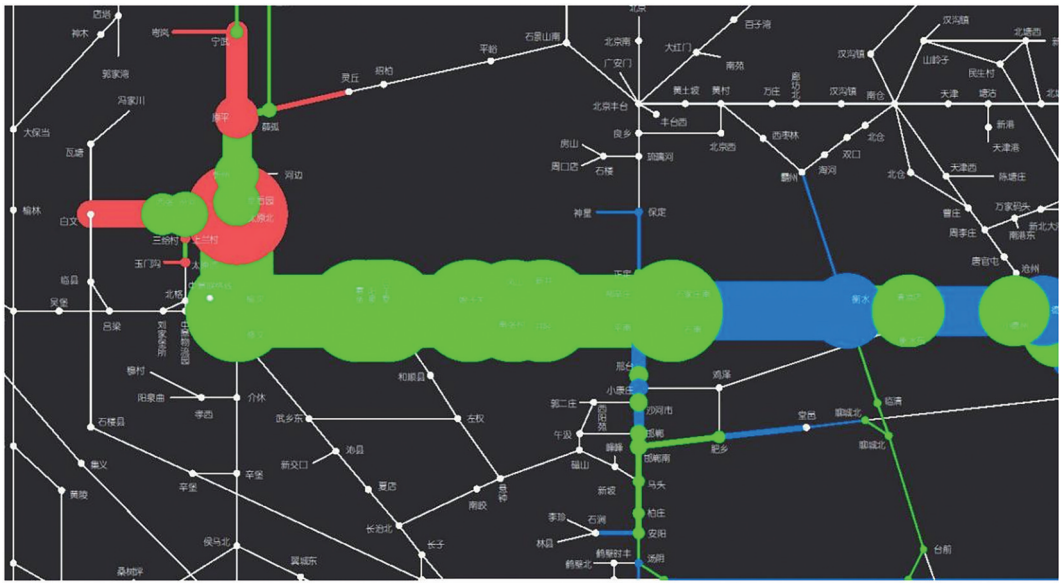
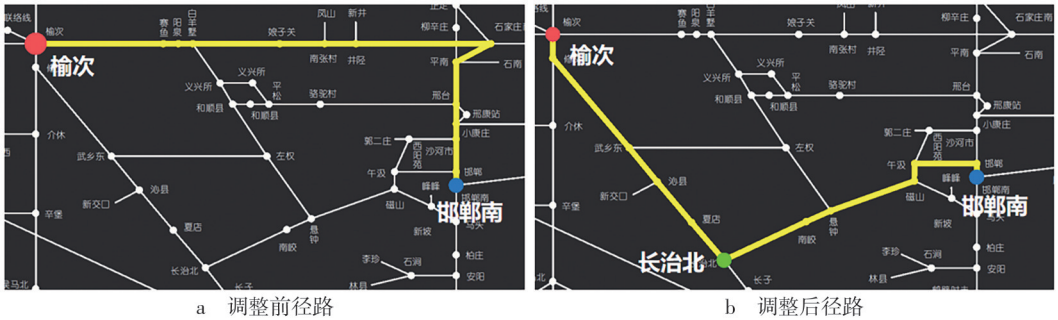


图12　榆次去往石家庄南方向车流强度

Fig.12　Car flow intensity from Yuci to Shijiazhuangnan direction



a　调整前径路　　b　调整后径路

a　Route before adjustment　　b　Route after adjustment

图13　榆次到邯郸南车流径路调整经长治北运输

Fig.13　Adjustment of car flow route from Yuci to Handannan via Changzhibei

调整后通过车流为300车，超出线路区段能力50车。调整后特定次短路上的能力利用率如图14所示，其中修文—武乡东线路利用率为120%。

泛动均衡法再将太焦线修文至武乡东区段作为目标调整线路，调减车流日均50车，经算法计算得知，太原北至邯郸南以远车流经由太焦线修文至武乡东区段，车流日均44车，符合计划调整车数。根据特定次短路将该股车流调整至南同蒲线(太原—风陵渡)、瓦日线、京广线运输，太原北站到邯郸南站车流径路调整经白文站运输如图15所示。

调整后运输未出现超能力情况，泛动均衡法调整方案完成，自动生成调整方案“凡经由榆次支点装到邯郸南支点的重车，调整经南同蒲线、太焦线、邯长线(邯郸—长治北)、京广线运输”“凡经由太原北支点装到邯郸南支点的重车，调整经太兴线(太原北—白文)、瓦日线、汤鹤线(汤阴—鹤壁北)、京广线运输”。同时自动生成特定径路描述语言。模拟调整后运输指标变化(周转量、分界站车数)如图16所示，模拟调整后运输指标变化(编组站车数)如图17所示。

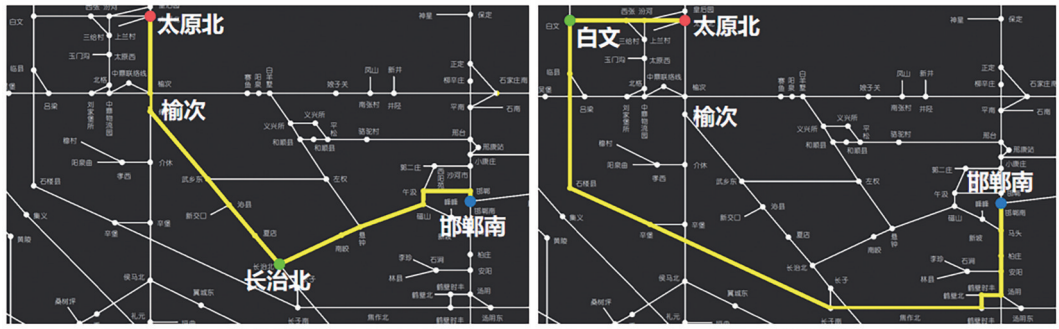
依据方案调整后，中国铁路北京局集团有限公司周转量减少0.25万t·km/d，中国铁路太原局集团有限公司周转量增加0.49万t·km/d，中国铁路郑州局集团有限公司周转量增加0.13万t·km/d。赛鱼口日均接入减少90车，长治北口日均交出增加90车，夏店口日均接入增加90车。榆次编组站去往修文方向日均减少90车，去向赛鱼方向日均增加90车；石家庄南去往平南方向日均减少90车；阳泉去往白羊墅方向日均减少90车。此方案有效降低了石太线上行车流强度，算法执行时间为6 min 30 s。



注：线路能力利用率，红色为>90%；橙色为80%～90%；黄色为70%～80%；绿色为50%～70%；蓝色为<50%。

图14　调整后特定次短路上的能力利用率

Fig.14　Capacity utilization rate on specific shortest path after adjustment

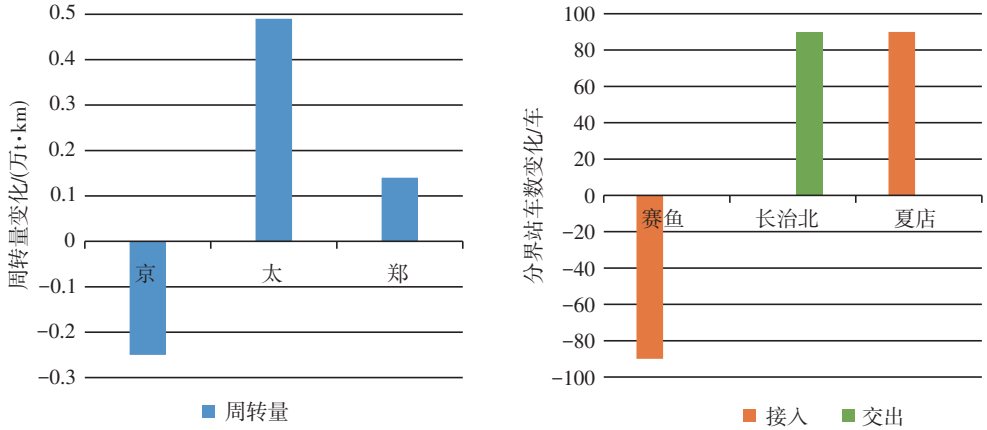


a　调整前径路　　b　调整后径路

a　Route before adjustment　　b　Route after adjustment

图15　太原北站到邯郸南站车流径路调整经白文站运输

Fig.15　Adjustment of car flow route from Taiyuanbei Station to Handannan Station via Baiwen Station



a　周转量　　b　分界站车数

a　Turnover volume　　b　Train number at boundary station

图16　模拟调整后运输指标变化(周转量、分界站车数)

Fig.16　Changes in transport indicators after simulated adjustment (turnover volume and train number at boundary stations)

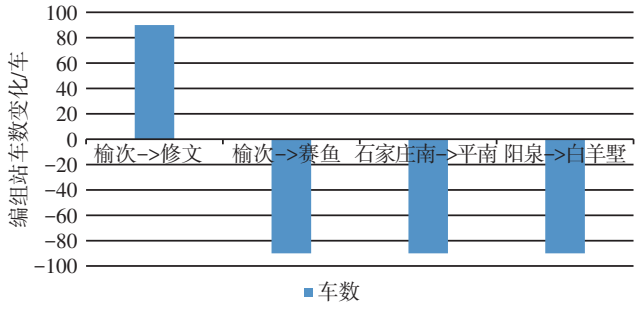


图17　模拟调整后运输指标变化(编组站车数)

Fig.17　Changes in transport indicators after simulated adjustment (number of trains at marshalling stations)

4　结束语

研究将改变当前我国铁路货车车流径路调整的“专家经验+计算机辅助”模式，并逐步向运输距离、车流强度、路网能力和运费收入等综合因素影响下的智能化辅助决策过渡，下一步随着我国铁路路网能力逐步提升，将以当前迂回运输车流回归最短径路为目标，进行泛动均衡法的深化研究，为充分发挥路网新增运能、降低社会物流成本、提升我国铁路在综合交通运输体系中的核心骨干地位贡献技术力量。

参考文献：

[1] 宋　锴，聂　磊. 铁路网实施“强网补链”对策研究[J]. 铁道运输与经济，2023，45(8)：1-7.
SONG Kai，NIE Lei. Countermeasures for Implementing “Strengthening the Network and Supplementing the Chain” in Railway Network[J]. Railway Transport and Economy，2023，45(8)：1-7.

[2] 韩　军. 基于点线能力协调的铁路货运通道车流分配优化研究[D]. 北京：北京交通大学，2020.

[3] 伍杰源. 面向路网规划的普速铁路移动闭塞区间通过能力研究[J]. 铁道运输与经济，2020，42(11)：37-43.
WU Jieyuan. A Study on the Carrying Capacity of Movable Block Section of Conventional Railway Oriented to Railway Network Planning[J]. Railway Transport and Economy，2020，42(11)：37-43.

[4] 杨文浩，邓桂星，张　锐，等. 车流径路辅助决策系统优化与实践[J]. 铁道货运，2021，39(7)：1-8.
YANG Wenhao，DENG Guixing，ZHANG Rui，et al. Optimization and Practice of Decision Supporting System for Car Flow Routing[J]. Railway Freight Transport，2021，39(7)：1-8.

[5] 孙　民. 面向货车车流径路的铁路网点线通过能力数字化分析方法[J]. 铁路物流，2025，43(3)：1-8.
SUN Min. Digital Analysis Method for Railway Network Point and Line Passing Capacity for Freight Wagon Flow Routing[J]. Railway Logistics，2025，43(3)：1-8.

[6] 杨文浩，张　巍，秦　胜，等. 铁路货运车流径路优化调整实践[J]. 铁道货运，2021，39(11)：7-11.
YANG Wenhao，ZHANG Wei，QIN Sheng，et al. Optimization and Adjustment Practice of Railway Freight Car Flow Path[J]. Railway Freight Transport，2021，39(11)：7-11.

[7] 宋浚哲，刘　畅. 联网、补网、强链背景下货车车流径路优化方案及效益研究[J]. 铁道货运，2024，42(10)：23-32.
SONG Junzhe，LIU Chang. Optimization Plan and Economic Benefit of Wagon Routes Against a Background of China Railway Network Capacity Enhancement Plan[J]. Railway Freight Transport，2024，42(10)：23-32.

[8] 朱子童. 基于扣除系数法的双线自动闭塞铁路区段通过能力研究[D]. 北京：中国铁道科学研究院，2023.

[9] 李　冰，陈晓悦，轩　华. 面向多编组站铁路枢纽的列流-车流协同组织优化[J]. 运筹与管理，2024，33(1)：29-35.
LI Bing，CHEN Xiaoyue，XUAN Hua. Integrated Optimization for Train and Wagons in Railway Terminal with Multiple Marshalling Yards[J]. Operations Research and Management Science，2024，33(1)：29-35.

[10] 林柏梁，朱松年，陈竹生，等. 路网上车流径路优化的0-1规划模型及其合理径路集生成算法[J]. 铁道学报，1997，19(1)：7-12.

[11] 吴　毅. 铁路运输径路计算机处理系统方案设计与研究[J]. 铁路计算机应用，2006，15(5)：1-3.
WU Yi. Design and Research on Project of Computer Processing System for Railway Traffic Routing[J]. Railway Computer Application，2006，15(5)：1-3.

[12] 张　锐，邓桂星，李世春，等. 基于Dijkstra算法铁路运输径路的研究[J]. 铁路计算机应用，2019，28(10)：12-15.
ZHANG Rui，DENG Guixing，LI Shichun，et al. Railway Transportation Route Based on Dijkstra Algorithm[J]. Railway Computer Application，2019，28(10)：12-15.

[13] 张红斌，李　军，金福才. 基于车流径路选择偏好的铁路车流运行径路动态预测方法研究[J]. 铁路计算机应用，2021，30(4)：31-35.

（下转第225页）