文章编号：2097-5899(2026)03-0056-07　**中图分类号**：U294.3；F532.6　**文献标识码**：A
DOI：10.16669/j.cnki.issn.2097-5899.202509300001
引用格式：姚彦珂，周凌云，陈诚，等. 基于公共订舱的铁路客车化集装箱班列舱位分配研究[J]. 铁路物流，2026，44(3)：56-62.
YAO Yanke，ZHOU Lingyun，CHEN Cheng，et al. Study on Slot Allocation for Passenger-Style Container Block Trains Based on Public Booking[J]. Railway Logistics，2026，44(3)：56-62.

基于公共订舱的铁路客车化集装箱班列舱位分配研究

姚彦珂[1]，周凌云[1]，陈　诚[1]，郭　栋[2]

(1. 中国铁道科学研究院集团有限公司 运输及经济研究所，北京　100081；2. 中交水运规划设计院有限公司 绿色低碳中心，北京　100101)

摘　要：随着铁路货运向现代物流转型升级，铁路推出了一种可供客户提前预定舱位的铁路集装箱客车化班列产品，然而采用传统的“先到先得”(FCFS)舱位分配策略无法充分利用运输资源，导致铁路收益流失。针对铁路集装箱客车化公共订舱班列组织模式，设计了一种“分期放舱+嵌套保护”(PA-NP)的协同舱位分配策略，考虑班列舱位容量、货主时效性需求等约束，构建以铁路收益最大化为目标的随机规划模型，通过Python进行舱位分配方案求解，并针对各销售周期放舱比例、嵌套保护强度进行灵敏度分析。结果显示，PA-NP策略相较于FCFS和单一分期放舱(PA)收益分别提升了60.8%和21.4%。通过科学划分销售周期与设定适度的嵌套保护水平，能够有效提升铁路运输收益，可为铁路货运企业实施精细化收益管理、制定科学的舱位分配方案提供理论依据与决策支持。

关键词：客车化货运班列；公共订舱；舱位分配；收益管理；分期放舱；嵌套保护

0　引言

近年来，铁路部门落实有效降低全社会物流成本等政策，推出客车化班列产品，采用“定点、定线、定时、定价、定序”全列集装箱编组的模式，最高时速120 km，客户可通过铁路95306平台提前预定舱位，铁路企业全程盯控，保障班列的安全整点运行，提升了班列产品的时效性和稳定性。

舱位分配是运输企业运力管理面临的重要难题，早期研究多集中于航空客运[1-3]及班轮运输领域[4-6]，近年来，部分学者将这些理念引入铁路货运领域。Cao等[7]在随机需求下构建集装箱舱位分配随机优化模型，设计启发式算法求得近似最优解。钱力[8]基于“4R”管理能力探讨铁路快速响应快运班列订舱的对策。张小强等[9]构建基于高收益的铁路集装箱多站段动态舱位控制线性规划模型。Bilegan等[10]考虑未来高运价的需求预测情况下的订舱需求受理系统。Feng等[11]提出一种超订预售的舱位管理策略，李笑红等[12]考虑基于货物时间价值的超订预售多级定价方案。熊家家等[13]考虑订舱及协议货流，构建商品车订舱班列开行方案设计模型，研究表明以协议货流保障稳定开行，预留舱位吸引零散货流的组织模式可提高铁路运输收益。李琳等[14]协同考虑客车化班列箱位分配与定价、开行方案问题，从而提升铁路集装箱运输企业盈利能力。目前的研究局限于单一班列或传统协议货流的舱位分配问题，未考虑客车化班列开行模式下多班次、定周期的特点，以及公共订舱模式下货流需求的时效性特征，未能更好贴近铁路生产实际。

收稿日期：2025-09-30　**修订日期**：2026-01-20
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(P2024X004)；中国铁道科学研究院集团有限公司运输及经济研究所科研项目(2024YJS04)

当前，铁路集装箱运输行业的订舱模式主要依赖于传统的“先到先得”(First Come First Served，FCFS)原则，然而这一模式在面对复杂的市场需求和有限的运输资源时，往往无法有效满足客户的多样化需求和时效性要求。因此，聚焦于面向公共订舱的铁路客车化班列舱位分配问题，构建考虑运输时效及舱位需求的舱位分配模型，创新提出了一种“分期放舱＋嵌套保护”(Phased Allocation-Nested Protection，PA-NP)的协同舱位分配策略。该策略划分多个销售周期并捕捉不同价格敏感度的客户，相比单一的分期放舱策略(Phased Allocation，PA)，增加嵌套保护机制确保高价值舱位资源不被低价值请求过早占用，在满足多样化客户需求的同时，支撑铁路货运的精细化管理和收益提升。

1　铁路集装箱客车化公共订舱班列组织模式设计

铁路集装箱运输作为现代物流体系的关键环节，正面临着从规模扩张向质量提升的战略转型。传统铁路货运组织普遍需遵循“货流集结”原则，存在计划周期长、时效波动大、透明度不高等固有瓶颈，难以契合现代物流体系对供应链稳定与可预期性的高阶需求。铁路集装箱客车化班列借鉴旅客列车“定车底、定点、定线、定时、定价”的运输组织模式，严格执行按图行车，同时实现装卸、技术站作业等环节进行流程再造与时效压缩，是一种速度更快、效率更高、服务更优的标准化铁路物流产品[15-16]。公共订舱模式下，铁路运输企业将固定的班列线路与班期、有限的舱位资源作为标准化的服务产品，通过公共信息平台向市场公开发布并提供预订服务。客户可根据自身需求，提前预订特定班列上的特定箱位，并获得铁路运输企业在运到时效、服务标准等方面的明确承诺。

在铁路集装箱客车化公共订舱班列模式下，铁路物流服务更加公开透明，要求铁路部门以“生产作业”为中心的传统管理，转向以“客户需求”为中心的现代服务管理。首先，铁路部门需要建立面向市场的产品设计与预售机制，结合货流历史需求、市场监测情况设计班列开行方案。其次，需要提前一定时间将班列产品公布至订舱平台，客户可通过铁路95306平台查询班列实时舱位和价格，根据自身需求选择不同运行线路、区段的班列产品线上预定舱位。然后，铁路部门根据接收的订舱订单，结合客户的运输时效、运价制定情况以及班列的开行计划对接收到的订舱需求进行舱位合理分配，实现铁路运输资源的高效配置。最终，在物流执行阶段，班列按计划发出，并为客户提供线上支付、箱源调配、在途追踪、处理、电子回单等信息服务。铁路集装箱客车化公共订舱班列组织模式设计如图1所示。

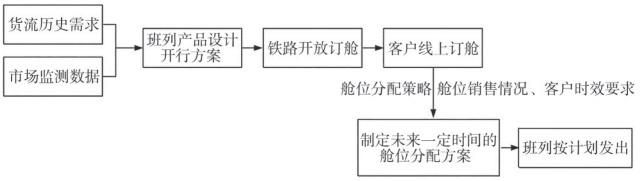


图1　公共订舱班列组织模式设计

Fig.1　Design of organizational mode of block train for public booking

2　铁路集装箱客车化公共订舱班列舱位分配优化模型建立

2.1　问题描述

为满足货主的运输需求，在某一个运输区段间，共有n个班次的铁路集装箱班列开行从站点A发往站点B，途中可经停C，D等站点，班列在经停站保持固定编组，可以进行集装箱装卸作业，可以满足A—C，C—D，A—B，C—B等OD间的集装箱运输需求。货主可在多个预订周期$T=\{t_1,t_2,\ldots,t_T\}$内在订舱系统对某一班次进行舱位预定，在每个订舱周期内有不同的剩余舱位，每个订舱周期内的班列运价统一，订舱周期越接近订舱结束时间，运输的时效性就越高，相应的运价会更高。由于客车化班列开行速度快，主要面向对时效性要求较高的光伏、家电、汽车零部件等白货提供运输服务，因此在制定舱位分配策略时需要满足货主的时效要求。

传统舱位分配采用“先到先得”的原则，这种方式只能满足一部分客户需求，并且无法兼顾客户满意度及铁路收益最大化的要求。通过研究铁路集装箱客车化公共订舱班列的舱位分配策略，在考虑货主时效性需求的情况下，以铁路收益最大化为目标，将不同OD间的运输需求匹配到具体班列班次的舱位，以提升铁路班列产品运输利润与效率。建模框架如图2所示。

2.2　模型假设与符号定义

为明确研究范围，给出以下模型假设。

(1) 货主订舱的最小单位为1个40 ft集装箱，并且为企业自备箱，不考虑收取集装箱使用费。

(2) 铁路班列开行方案以及开行频次已知，班列舱位总运力能够满足客户订舱总需求。

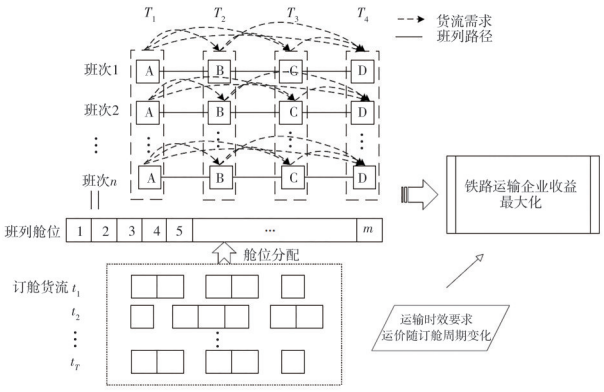


图2　建模框架

Fig.2　Modeling framework

（3）在同一订舱周期内，班列运价统一；运输价格与运输距离、箱数相关，运输单价已知。

（4）假设在途经站点的集装箱装卸作业时间固定，不受作业能力的限制。

模型涉及到的集合符号含义设定如下。

班列经停站点集合为$v_l=(v_1,v_2,\ldots,v_L)$；班列相邻经停区段集合$A=\left\{(v_l,v_{l+1})_{l=1}^{L-1}\right\}$；班列发车间隔为$H$，首趟发车时刻为$t^0$，在1个周期内班次数为$N=(1,2,\ldots,n)$；可服务OD集合$P\subseteq\{(v_o,v_d):1\leqslant o<d\leqslant L\}$，$P=(1,2,\ldots,p)$；预定周期集合$T=\{t_1,t_2,\ldots,t_T\}$。

2.3　模型构建

2.3.1　目标函数

将铁路集装箱运输收益Z最大化为目标，目标函数如公式(1)所示。其中运输收入R如公式(2)所示，同时，在收益最大化择优分配的原则下若未能满足客户的舱位需求，会影响铁路企业的信誉，形成惩罚成本C如公式(3)所示。

$$\max Z=R-C \tag{1}$$

$$R=\sum_{p\in P}\sum_{t\in T}\sum_{n=1}^{N}\pi^t(s_1+s_2d_p)x_{p,n,t} \tag{2}$$

$$C=\sum_{p\in P}\sum_{t\in T}w_{p,t}\cdot(D_{p,t}-\sum_{n\in N}x_{p,n,t}) \tag{3}$$

式中：$x_{p,n,t}$为将p在周期t的需求分配至发车为第n个班次的班列舱位数，TEU；$\pi_t\in(0,1)$为预定周期t内的运价浮动系数，π_t越接近T，π_t越小；s_1为集装箱铁路运输基价1，元/TEU；s_2为基价2，元/(TEU·km)；d_p为p之间的运输距离，km；$w_{p,t}$为单位欠箱惩罚成本，元/TEU；$D_{p,t}$为起讫点对p在周期t的订舱需求总量，TEU。

2.3.2　约束条件

（1）时效性约束。货物送达货流终点车站的时间必须小于货主的期望最晚到达时间，并且在预定周期t的起讫点对p需求分配至第n个班次的舱位数需小于等于满足时效的起讫点对p预定舱位数，即可满足货主的时效性要求。

$$\zeta_{p,n}=\begin{cases}1 & t_0+(n-1)H+\sum_{l=1}^{d-1}t^{\mathrm{run}}(v_l,v_{l+1})+\sum_{l=2}^{d}h_{v_l}\leqslant O_p\\ 0 & \text{其他}\end{cases} \tag{4}$$

$$x_{p,n,t}\leqslant D_{p,t}\zeta_{p,n} \tag{5}$$

式中：$t^{\mathrm{run}}(v_l,v_{l+1})$为区段行车时间，h；$h_{v_l}$为中间站$v_l$的装卸作业时间，h。

（2）班列容量约束。班列运行各个区段间的携载量小于等于班列的总舱位容量，班列从中间站v_l发出的班列携载量，即从中间站v_{l-1}发出的班列携载量卸下v_l为终点的箱量数，装上以v_l为起点的箱量数，需要小于等于班列的总容量。

$$y_{n,l}=y_{n,l-1}-\sum_{t\in T}\sum_{p:d=v_l}x_{p,n,t}+\sum_{t\in T}\sum_{p:o=v_l}x_{p,n,t}$$
$$l=2,3,\ldots,L-1 \tag{6}$$

$$y_{n,1}=\sum_{t\in T}\sum_{p:o=v_1}x_{p,n,t}\quad\forall n \tag{7}$$

$$0\leqslant y_{n,l}\leqslant Q^{\mathrm{train}}\quad l=1,2,\ldots,L-1 \tag{8}$$

式中：$y_{n,l}$为第n个班次从中间站v_l出发的携载量，TEU；Q^{train}为单列班列的总舱位数，TEU。

（3）不同周期放舱数量约束。在不同的预定周期内，铁路运输企业可向外开放不同数量的舱位，截至每个周期内接受的舱位数需要小于等于累计开放舱位数。

$$0\leqslant\alpha_1\leqslant\alpha_2\leqslant\ldots\leqslant\alpha_T=1 \tag{9}$$

$$R_{n,l,t}=\alpha_tQ^{\mathrm{train}} \tag{10}$$

$$\sum_{p\in P}\sum_{t=1}^{T}\chi_{p,(v_l,v_{l+1})}x_{p,n,t}\leqslant R_{n,l,t} \tag{11}$$

$$\chi_{p,(v_l,v_{l+1})}=\begin{cases}1 & o\leqslant l\leqslant d\\ 0 & \text{其他}\end{cases} \tag{12}$$

式中：α_t为在周期t内开放的舱位数比例；$R_{n,l,t}$为第n个班次区段(v_l,v_{l+1})截至周期t累计可售的舱位数上限，TEU；$\chi_{p,(v_l,v_{l+1})}$为起讫点对p在区段(v_l,v_{l+1})的占用指示变量。

（4）嵌套保护约束。铁路运输企业区分长途订舱和短途订舱，对各个区段间设置嵌套保护值，短途订单的可用容量为去除嵌套保护值后的剩余舱位额度。

$$\sum_{t=1}^{T} x_{p,n,t} \leqslant \min_{l=(o_i,d_i)} \left(Q^{\text{train}} - y_{n,l} - P_{n,l}\right)^{+} \quad (o_i,d_i) \in \text{K} \tag{13}$$

$$(Q^{\text{train}} - y_{n,l} - P_{n,l})^{+} = \max(Q^{\text{train}} - y_{n,l} - P_{n,l}, 0) \tag{14}$$

式中：(o_i,d_i)为订单i的起始车站；K为短途订单集合；$P_{n,l}$为第n个班次区段l对长途订单保留的舱位数，TEU。

（5）变量取值约束。

$$x_{p,n,t} \geqslant 0 \tag{15}$$

$$y_{n,l} \geqslant 0 \tag{16}$$

3　算例分析

3.1　算例输入数据

以A站到D站某一时速120 km铁路集装箱客车化班列为例，运行过程中停靠2个中间站B和C，考虑起停时间、技术作业时间等因素，班列平均运行时速取70 km，班列运行线路如图3所示，班列每天开行1班，每日上午8：00发车，列车最大舱位容量为50 TEU，参照程晓莉等[17]的周期细分思想，规划未来7 d内班列的舱位分配方案，货主订舱周期设为3个阶段，假设每个订舱周期内订单到达符合非齐次泊松分布，各OD间订舱数据如表1所示。

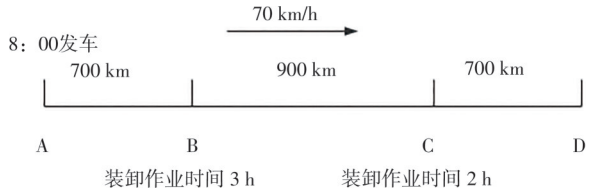


图3　班列运行线路

Fig.3　Operation route of train

表1　各OD间订舱数据

Tab.1　Booking data between OD pairs

销售周期	流向	订舱数量/TEU	最晚运达时间	销售周期	流向	订舱数量/TEU	最晚运达时间	销售周期	流向	订舱数量/TEU	最晚运达时间
1	A—C	28	第4日8：00	2	A—C	26	第4日18：00	3	A—D	26	第7日22：00
1	A—C	22	第4日23：00	2	A—C	20	第5日14：00	3	A—D	18	第7日12：00
1	A—C	46	第8日22：00	2	A—C	41	第8日22：00	3	A—D	6	第8日22：00
1	B—C	32	第3日22：00	2	B—C	28	第4日18：00	3	B—D	24	第6日20：00
1	B—C	24	第4日18：00	2	B—C	20	第5日14：00	3	B—D	16	第7日12：00
1	B—C	51	第8日22：00	2	B—C	41	第8日22：00	3	B—D	6	第8日22：00
1	B—D	8	第8日20：00	2	B—D	8	第8日20：00	3	A—C	10	第7日6：00
1	A—D	6	第8日8：00	2	A—D	8	第8日8：00				

注：最晚运达时间以规划期起始时刻(第1日0：00)为时间零点，表示客户可接受的货物运达最晚时限。

根据铁路95306公布的集装箱运价基数测算每个区段的运价，为了区分不同周期内的价格，假设每个周期内运价分别为铁路集装箱运价下浮30%，20%，10%。设定惩罚成本为向客户收取的费用的25%，并设定分期放舱比例分别为30%，65%，100%。每个区段间的单位收入及成本如表2所示。

表2　单位收入及成本

Tab.2　Unit revenue and cost

OD	单位运输价格(元/TEU，运价无下浮情况下)	单位惩罚成本/(元/TEU)
A—B	2 881.9	720.5
A—C	5 903.2	1 475.8
A—D	8 253.1	2 063.3
B—C	3 553.3	888.3
B—D	5 903.2	1 475.8
C—D	2 881.9	720.5

3.2　求解结果

根据以上算例输入数据，对嵌套保护进行设定，对长途货流A—D，B—D进行区段保护，班列运行途中B—C，C—D区段舱位资源紧张，对于第1—4个班次不设保护额度，提升前期舱位分配额度，对于第5班、第6班分别为长途订舱需求设置强保护，对于第7班(最后1个班次)设置较小保护额度，避免出现闲置。嵌套保护值设定如表3所示。

求解并比较FCFS，PA，PA-NP 3种订舱策略下的舱位分配结果，舱位分配结果如表4所示。可以看出在舱位供不应求的情况下，FCFS策略下，平均各班次

表3　嵌套保护值设定

Tab.3　Nested protection level setting

班次	AB	BC	CD
1—4	0	0	0
5	0	28	24
6	0	24	20
7	0	8	0

表4　舱位分配结果

Tab.4　Slot allocation results

舱位分配策略	班次	分配至各OD的舱位				平均装载率/%	收益/元
		A—C	A—D	B—C	B—D		
PA-NP	1	33	17	—	—	91.71	1 314 399
	2	47	3	—	—		
	3	46	3	—	1		
	4	15	3	25	7		
	5	15	28	7	—		
	6	15	6	11	6		
	7	1	—	24	8		
PA	1	33	17	—	—	84.60	1 082 281
	2	47	3	—	—		
	3	46	3	—	1		
	4	15	3	25	7		
	5	15	3	32	—		
	6	15	6	4	6		
	7	1	—	6	8		
FCFS	1	22	—	20	8	81.70	817 033
	2	21	3	26	—		
	3	14	3	33	—		
	4	30	8	12	—		
	5	21	—	27	2		
	6	16	6	2	12		
	7	—	—	—	—		

的实际装载率仅有81.7%，舱位被短途货流所占用，总收益仅为817 033元，PA-NP策略考虑了对后期到达长途货流订单舱位的预留，装载率可以提升至84.6%，收益为1 082 281元，在设置嵌套保护后，对于长途货流订单给予保护，同时逐步释放舱位，优化舱位利用率，部分低时效要求的订单分配到了后发班次，装载率提升到了91.7%，收益相较于FCFS，PA分别提升了60.8%，21.4%。

在分期放舱策略中，每个周期的放舱比例是重要的参数，为评估分期订舱策略中放舱比例对于结果的影响，在放舱比例波动的情况下进行求解，设定$\alpha_1\in[0.10,0.50]$,$\alpha_2\in[0.50,0.90]$，不同周期放舱比例下的算例求解结果如图4所示。在$(\alpha_1,\alpha_2)=(0.38,0.54)$下，铁路收益取得最大值，为1 407 912元，相较于$(\alpha_1,\alpha_2)=(0.12,0.90)$铁路收益值989 398元，提升42.3%，相较于FCFS策略提升72%。整体来看，初期的舱位资源满足大量低运价订单，增加铁路上量，适度收紧第2期的舱位开放比例，可以避免过多的低优先级订单占据资源，减少因过度分配舱位而导致的收益流失，确保了在运力不受限制的情况下，能够最大化地接纳剩余的订单，进一步提升整体收益。因此，在保持最后一期完全放开的情况下，适度提高初期放舱比例，并相对收紧第二期放舱比例，能够实现资源的最优配置，从而有效提升运输收益。

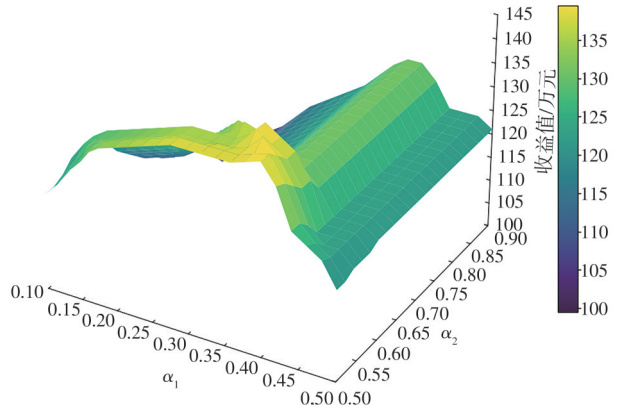


图4　不同周期放舱比例下的算例求解结果

Fig.4　Calculation results under different admission proportions of booking periods

进一步研究在PA-NP策略中嵌套保护强度设定对铁路收益与舱位利用效率的影响。为刻画不同保护水平下的舱位分配特征，引入嵌套保护强度系数m，并假设各受保护区段的嵌套保护值均按既定基准保护量乘以m进行统一放缩。对$m\in[0,1.6]$不同取值下进行舱位分配结果求解，铁路收益值及平均装载率在不同保护强度系数的算例求解结果如图5所示。随着嵌套保护强度的逐步提高，铁路收益呈现“先升后降”的变化趋势。在$m\in[0,1.3]$，适度提高嵌套保护水平能够

有效抑制低价、短途订单对瓶颈区段舱位的过度占用，为后续到达的长途高价订单预留运力资源，从而显著提升整体收益。在m=1.3时，起讫点为A—D的长途高价订单保护至64 TEU，高价订舱需求已全部兑现，铁路收益值达到最大值1 351 538元，相较于PA策略提升24.9%，平均装载率也由84.6%提升至92.9%，在m超过1.3后，铁路收益与平均装载率均出现下降趋势。这是由于过高的保护强度过度压缩了低价订单的可分配空间，即便部分舱位在后期未能被高价订单完全填充，仍因保护约束而无法向低价订单释放，导致舱位资源闲置，从而削弱了整体运输效率与收益水平。因此，根据高价订单数量或预测需求情况设置适度保护强度，能够将关键瓶颈区段的舱位有限留给长途订单，又能接收批量短途订单，实现铁路收益和舱位利用效率的最大化。综上所述，设计的PA-NP策略相较于传统的FCFS策略能够更好地提升铁路收益，满足客户需求，实现有效资源配置。

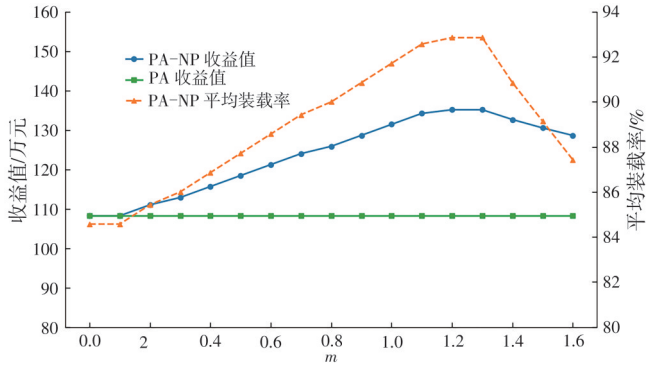


图5　不同保护强度系数的算例求解结果

Fig.5　Calculation results under different protection intensity coefficients

4　结束语

铁路集装箱班列舱位分配管理是铁路运输企业实现运输资源有效配置、有效提升铁路期望收益的重要环节之一。针对铁路客车化集装箱班列公共订舱场景，提出了融合“分期放舱＋嵌套保护”的协同舱位分配策略。算例结果表明，该策略能有效平衡长短途订单需求，显著提升舱位利用效率与铁路运营收益。研究显示通过科学的销售周期划分与适度的嵌套保护设置，可实现运力资源在时空维度上的精细化配置，推动铁路货运由粗放运营向收益管理转型。研究不仅为铁路企业提供了可操作的舱位分配决策工具，也对推进货运服务产品化、市场化具有重要实践意义。未来可在需求动态预测、运价协同优化等方面进一步探索，以增强班列产品的市场竞争力和响应灵活性。

参考文献：

[1] 邵　龙. 航班折扣票舱位分配的优化管理[J]. 民航经济与技术，1999(9)：36-39.

[2] 高　强，朱金福，陈可嘉. 航空收益管理中多航段舱位控制模型[J]. 交通运输工程学报，2005，5(4)：82-85.
GAO Qiang，ZHU Jinfu，CHEN Kejia. Multi-Leg Seat Inventory Control Model for Airline Revenue Management[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering，2005，5(4)：82-85.

[3] 朱金福，刘　玮，高　强. 航空客运舱位控制和超售综合静态建模研究[J]. 中国管理科学，2006，14(5)：68-72.
ZHU Jinfu，LIU Wei，GAO Qiang. Integrated Static Modeling of Airline Seat Inventory Control and Overbooking[J]. Chinese Journal of Management Science，2006，14(5)：68-72.

[4] 李冰州，陈　旭，武振业. 基于收益管理的海运集装箱舱位定价与分配[J]. 系统工程，2005，23(12)：69-73.
LI Bingzhou，CHEN Xu，WU Zhenye. Pricing and Slot Allocation for Container Shipping Based on Revenue Management[J]. Systems Engineering，2005，23(12)：69-73.

[5] 卜祥智，赵　辉，武振业，等. 基于收益管理的海运集装箱舱位分配随机规划模型[J]. 系统工程理论方法应用，2005，14(4)：330-334.

[6] 吴晓东，罗　利. 基于收益管理的海运集装箱舱位分配研究[J]. 集装箱化，2006，17(7)：5-6，46.
WU Xiaodong，LUO Li. Study on Slot Allocation Based on Revenue Management for Shipping Industry[J]. Containerization，2006，17(7)：5-6，46.

[7] CAO C X，GAO Z Y，LI K P. Capacity Allocation Problem with Random Demands for the Rail Container Carrier[J]. European Journal of Operational Research，2012，217(1)：214-221.

[8] 钱　力. 铁路快速响应快运班列订舱的研究[J]. 铁道货运，2019，37(10)：1-5.
QIAN Li. A Study on the Quick Response to Booking Service for Express Trains[J]. Railway Freight Transport，2019，37(10)：1-5.

[9] 张小强，庄乾秋，陈　宇，等. 铁路集装箱班列动态舱位控制策略研究[J]. 铁道学报，2016，38(2)：1-6.
ZHANG Xiaoqiang，ZHUANG Qianqiu，CHEN Yu，et al. Research on Strategy of Dynamic Slot Allocation for Railway Containers[J]. Journal of the China Railway Society，2016，38(2)：1-6.

[10] BILEGAN I C，BROTCORNE L，FEILLET D，et al. Revenue Management for Rail Container Transportation[J]. EURO Journal on Transportation and Logistics，2015，4(2)：261-283.

[11] FENG F L，ZHANG J Q，GUO X F. A Dynamic Model for Railway Freight Overbooking[J]. Journal of Central South University，2015，22(8)：3257-3264.

[12] 李笑红，徐金辰，王　力，等. 基于多级定价下超订分配的中欧

公共班列舱位控制决策研究[J]. 铁道学报，2021，43(12)：1-7.
LI Xiaohong，XU Jinchen，WANG Li，et al. Research on Slot Inventory Control for China Railway Express Public Trains Based on Multi-Level Pricing and Overbooking Slot Allocation[J]. Journal of the China Railway Society，2021，43(12)：1-7.

[13] 熊家家，张家瑞，张　娜，等. 考虑开行稳定性的商品车订舱班列开行方案设计[J]. 铁道运输与经济，2025，47(7)：1-11.
XIONG Jiajia，ZHANG Jiarui，ZHANG Na，et al. Service Plan Design for Booking Trains of Automobiles Considering Operation Stability[J]. Railway Transport and Economy，2025，47(7)：1-11.

[14] 李　琳，张小强，尹传忠. 铁路集装箱客运化班列箱位分配与定价协同优化[J/OL]. 铁道科学与工程学报(2025-09-29)[2025-09-30].https://doi.org/10.19713/j.cnki.43-1423/u.T20251067.

[15] 赵　娟，刘　畅，谢旭申，等. 铁路集装箱客车化开行停站方案与箱位预分综合优化模型研究[J]. 铁道运输与经济，2022，44(5)：32-38.
ZHAO Juan，LIU Chang，XIE Xushen，et al. Research on the Integrated Optimization Model for Stop Schedule Plan and Space Pre-Allocation of Container Trains with Passengerization Operation[J]. Railway Transport and Economy，2022，44(5)：32-38.

[16] 唐　力，申宏华，钱　琳，等. 基于铁路运输信息集成平台的货运班列全程运输数据分析及应用策略研究[J]. 铁路物流，2025，43(11)：52-58.
TANG Li，SHEN Honghua，QIAN Lin，et al. Research on Data Analysis and Application Countermeasures of Railway Freight Train's Whole-Process Transportation Based on Railway Transportation Information Integration Platform[J]. Railway Logistics，2025，43(11)：52-58.

[17] 程晓莉，张小强，陈鹏芳. 面向批量订购的铁路集装箱班列动态舱位控制[J]. 交通运输工程与信息学报，2024，22(2)：63-76.
CHENG Xiaoli，ZHANG Xiaoqiang，CHEN Pengfang. Dynamic Slot Allocation of Railway Container Trains with Batch Booking[J]. Journal of Transportation Engineering and Information，2024，22(2)：63-76.

（责任编辑：刘宁馨）

Study on Slot Allocation for Passenger-Style Container Block Trains Based on Public Booking

YAO Yanke[1]，ZHOU Lingyun[1]，CHEN Cheng[1]，GUO Dong[2]

(1. Transportation & Economics Research Institute，China Academy of Railway Sciences Corporation Limited，Beijing 100081，China；
2. Green and Low-Carbon Center，CCCC Water Transportation Consultants Co.，Ltd.，Beijing 100101，China)

Abstract: With the transformation and upgrading of railway freight towards modern logistics, the railway has introduced a passenger-style container block train product that allows customers to book slots in advance. However, the traditional first-come first-served (FCFS) slot allocation strategy cannot fully utilize transportation resources, resulting in railway revenue loss. In view of the organization mode of block trains for passenger-style public booking, a collaborative slot allocation strategy of "phased admission+nested protection" (PA-NP) was designed. By considering constraints such as train slot capacity and cargo owners' timeliness demands, a stochastic programming model aiming at maximizing railway revenue was constructed. The slot allocation scheme was solved by calling the Gurobi solver via Python, and sensitivity analyses were conducted on the admission proportion of each sales period and the intensity of nested protection. The results show that the revenue of the PA-NP strategy increases by 60.8% and 21.4% compared with FCFS and single phased admission (PA), respectively. Scientifically dividing sales periods and setting moderate nested protection levels can effectively improve railway transportation revenue, providing a theoretical basis and decision support for railway freight enterprises to implement refined revenue management and formulate scientific slot allocation schemes.

Keywords: Passenger-Style Container Block Train; Public Booking; Slot Allocation; Revenue Management; Phased Admission; Nested Protection