

# 后方仓库装卸机械调度优化研究

夏禹<sup>1</sup>, 杨会军<sup>2</sup>

(1. 陆军军事交通学院 学员五大队, 天津 300161;  
2. 陆军军事交通学院 军事运输指挥系, 天津 300161)

**[摘要]**在研究后方仓库装卸系统和物资装卸作业工艺流程的基础上,应用排队论分析了后方仓库排队系统,提出了优化度的概念,作为判断装卸系统优化程度的依据,建立了后方仓库装卸系统优化度模型,并对模型进行仿真计算,为后方仓库装卸机械调度提供了一种方法和思路。

**[关键词]**后方仓库;装卸机械;调度优化

**[中图分类号]**F252

**[文献标识码]**A

**[文章编号]**1005-152X(2021)11-0142-05

## Schedule Optimization of Rear Warehouse Loading and Unloading Machines

XIA Yu<sup>1</sup>, YANG Huijun<sup>2</sup>

(1. Fifth Student Brigade, Ground Force Military Transportation Academy, Tianjin 300161;

2. Department of Military Transportation Command, Ground Force Military Transportation Academy, Tianjin 300161, China)

**Abstract:** On the basis of the research on the rear warehouse loading and unloading system and its operation process, we applied the queuing theory to analyzing the rear warehouse queuing system and put forward the concept of optimization degree as the basis for judging the extent of optimization of the loading and unloading system. Then, we established the optimization degree model of the rear warehouse loading and unloading system, and simulated the model to provide a method and idea for the rear warehouse loading and unloading machinery scheduling.

**Keywords:** rear warehouse; loading and unloading machine; schedule optimization

## 0 引言

后方仓库是按照国防总体部署和战备意图建设于战略战役后方的各类固定仓库,是战略战役后方进行物资储备和供应的基地<sup>[1]</sup>。后方仓库作为物资器材储存、管理和供应方,是军队后勤保障中的重要环节。面对高强度的信息化战争对后勤保障的巨大需求,后方仓库能否做到高效、快捷、安全地提供物资保障,将直接决定战争的胜负。

在后方仓库物资保障工作全过程中,物资装卸所花费的时间占整个物资保障过程耗时的比例越来越大,物资装卸成为制约物资高效快捷保障的瓶颈。经过多年建设,我军后方仓库装卸装备建设取得了长足的发展,现有的装卸机械已基本覆盖后方

仓库各个保障领域,具备了完成一定的物资装卸保障任务的能力,形成了作业方式较全、作业效率较高的物资装卸搬运体系,能较好地适应平时物资供应装卸保障需求<sup>[2]</sup>。但从整体看,我军后方仓库装卸机械数量仍然较为有限,且分布较不均衡,完成战时物资大规模集中发出任务时,装卸机械仍存在一定缺口,装卸作业能力仍有所欠缺。因此,后方仓库在加快装卸机械体系建设的同时,迫切需要优化装卸机械调度,使现有的装卸机械资源实现最大保障效能。

## 1 后方仓库装卸系统分析

### 1.1 装卸系统的组成

后方仓库装卸系统是一个由库房、作业场地(铁路站台)、装卸机械、作业人员等要素共同组成的封

[收稿日期]2021-07-06

[作者简介]夏禹(1990-),男,硕士研究生,研究方向:后勤指挥管理。

闭系统。系统内各要素调度有序,协调有度,才能保证装卸系统的顺畅运转和装卸作业的高效完成。

(1)库房。库房是后方仓库用于物资长期存放的场地,是后方仓库储存区的主体设施,分散配置于储存区各处。从建筑形式来看,库房分为地面库、地下库、半地下库、洞库等,一般来说,地面库作业空间和进出通道都较为宽敞,与作业场地间的距离也更近,更有助于机械化装卸作业,地面库也是我军后方仓库的主要建筑形式。

(2)作业场地(铁路站台)。我军后方仓库均建有配套的装卸作业场地,多数大型后方仓库还连接有铁路军事专用线,并在储存区内修建有铁路站台,此类仓库兼具铁路和公路物资运输的收发功能。公路运输物资的装卸作业主要在装卸作业场地完成,铁路运输物资的叉装叉卸主要在铁路站台完成,由于部分铁路站台上修建有站台棚,影响物资的吊装,因此铁路运输物资的吊装吊卸也需在装卸作业场地完成。

(3)装卸机械。后方仓库配备的装卸机械主要包括叉车、轨道式龙门起重机、汽车起重机三类。叉车是指以货叉等各种叉具作为取货装置,能够升降、移动和装卸、搬运货物的车辆<sup>[9]</sup>。由于其兼具装卸和搬运的功能,能够实现物资从库房到作业场地的短距离移动,无需换载,因而成为后方仓库最常用的装卸机械。轨道式龙门起重机的整个门架由四套走轮平衡台车支承,其中的驱动车轮使起重机在轨道上行驶,起升机构通过导向滑轮组和吊具来装卸物资<sup>[4]</sup>,其通常用于装卸超过叉车限载的笨重物资,而后用运输车进行短距离倒运。汽车起重机同样用以实施吊装吊卸作业,但由于其限载重量较小、稳定性较差、操作较为繁琐等原因,在后方仓库中的使用场景不多,主要用于倒运作业中无航吊库房的笨重物资装卸载上下车。

(4)作业人员。后方仓库设有保管队,具体负责库存物资的收管发工作,保管队编配有装卸分队,作为后方仓库物资装卸作业的专业队伍。按照任务分工,装卸作业人员主要包括:指挥员、安全员、机械操

作手、装卸辅助人员等。

## 1.2 装卸作业工艺流程

后方仓库装卸作业工艺是指后方仓库在物资储运过程中实现物资位移的方法或程序。各个装卸机械和作业方式的组合体,构成了物资装卸工艺流程<sup>[9]</sup>。后方仓库装卸作业工艺流程主要包括叉装叉卸作业工艺流程、吊装吊卸作业工艺流程。

1.2.1 叉装叉卸作业工艺流程。叉装叉卸作业是一种物资不落地的装卸方式,装载工艺流程是:库房—叉车—作业场地—运载工具。即物资从库房被叉车取后,中间无需换载,直接搬运到作业场地,装载上车。反之为卸载工艺流程,卸载入库时,叉车可以直接开到垛位,完成堆垛。

1.2.2 吊装吊卸作业工艺流程。吊装吊卸适用于超出叉车额定载荷的笨重物资的装卸,需轨道式龙门起重机、汽车起重机、运输车或平板牵引车等装备配合完成物资装卸,其工艺流程是:库房—汽车起重机—运输车或平板牵引车—作业场地—轨道式龙门起重机—运载工具。即物资在库房中被汽车起重机吊起并装载到运输车或平板牵引车,车辆携带物资驶入作业场地,轨道式起重机将物资吊起后装载到运载工具,反之则为物资卸载流程。

## 2 基于排队论的装卸机械调度优化模型

排队论是一种随机服务系统理论,是通过对服务对象到来及服务时间的统计研究,得出数量指标的统计规律。后方仓库装卸系统作为一个随机服务系统,可以根据这些统计规律优化装卸机械调度,使之既能满足装卸保障任务需要,又能最大限度节约装卸机械资源。

### 2.1 后方仓库装卸系统中的排队问题

由于叉装叉卸为后方仓库物资装卸的主要方式,本文以叉装叉卸为例,分析装卸机械调度问题。从叉装叉卸工艺流程来看,物资装卸速度主要受单次叉取物资数量、库房距离,作业循环时间(即叉车完成一次转向、接近、起升、下降的作业循环所需的平均时间)、行驶速度等因素影响。记叉车完成一次

装卸作业的时间为  $T_c$  ,则:

$$T_c = 2t_0 + 2L_i/V$$

其中,  $t_0$  为作业循环时间,  $L_i$  为第  $i$  种物资所在库房与作业场地的距离,  $V$  为叉车行驶平均速度。

完成单车物资装载所需的平均时间记为  $T_d$  ,则:

$$T_d = \sum_{i=1}^n Q_i T_c / N_i$$

其中,  $Q_i$  为单车装载第  $i$  种物资的总量,  $N_i$  为叉车一次可叉取第  $i$  种物资的数量。

单位时间平均装车数:

$$\mu = \frac{1}{\sum_{i=1}^n Q_i T_c / N_i}$$

由于计算装载时间的相关参数为统计分析的平均数据,因此得出的结果为平均装载时间,具体的装载时间数据服从负指数分布,其分布函数可表示为:

$$F_{Td}(t) = 1 - \mu e^{-\mu t}$$

其概率密度为:

$$f_{Td}(t) = \mu e^{-\mu t}$$

后方仓库负责物资的收管发,对物资的调拨不具有决定权,只在接到上级调拨通知时启动物资收发工作。在接到上级调拨通知后,仓库可知某段时间内将发出的物资数量及到达仓库的车种车数,将该段时间内到达仓库车辆数记为  $\lambda$  。由于物资发出的运力通常由接物单位组织,因此,对于后方仓库来讲,车辆到达的具体时间是离散的随机事件,车辆到达的随机规律是影响后方仓库物资保障能力的重要因素,与各类装卸资源的调度都息息相关。通过研究其规律可以发现,其到达车流为泊松流,分布函数可表示为:

其概率密度为:

$$f_r(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

后方仓库装卸系统服务强度可以表示为:

$$\rho = \lambda / s\mu$$

其中,  $s$  表示装卸机械数量。

系统的状态概率为:

$$P_{00} = \left[ \sum_{k=0}^{s-1} \frac{1}{k!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^k + \frac{1}{s!} \frac{1}{1-\rho} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^s \right]^{-1}$$

$$P_n = \frac{1}{n!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^n P_0$$

由排队系统的性质可知,  $\rho < 1$  系统才能保持稳定,否则,队伍会越排越长,始终无法收敛,如图1所示。由此可知,排队系统中,  $\lambda / s\mu < 1$  ,即  $s > \frac{\lambda}{\mu}$  。

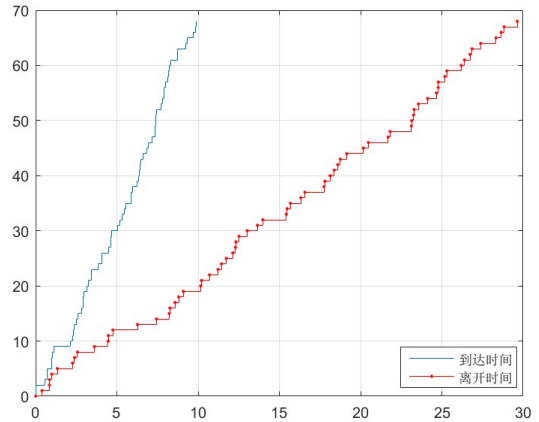


图1 排队系统不稳定状态

## 2.2 基于排队论的后方仓库装卸系统优化

装卸系统的主要评价指标:

(1)物资装载量:指某一时间内,后方仓库所能装载的物资的总和,可用某一车型的车数表示。

(2)出入库总车数:指一段时间内,仓库完成装卸作业的总车数,一辆车从入库时起,到出库时结束。

(3)平均等待时间:指用一段时间内车辆等待分配装卸机械的时间总和除以到库车辆总数,即车辆在装卸场地等待时间的平均值。

(4)平均装载时间:指用一段时间内车辆接受装卸机械装载的时间总和除以到库车辆总数,即车辆接受装载时间的平均值。

(5)平均逗留时间:指用一段时间内车辆从到达仓库到离开仓库的时间总和除以到库车辆总数,即车辆在仓库中逗留时间的平均值。

(6)系统忙闲比:指在平衡状态下,装卸系统中忙期长度与闲期长度的比值,系统忙闲比越高表明装卸机械的利用率越高。

由于系统中各评价指标中存在一定关联性,在

对系统进行评价时不必考虑所有评价指标,本文主要考虑平均逗留时间和系统忙闲比,并根据当前作业环境和要求,对其分别赋予一定的权重,分别记为 $\alpha$ 、 $\beta$ 。

系统排队长可表示为:

$$L_q = \frac{(s\rho)^s \rho}{s!(1-\rho)^2} P_0$$

则有:

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{(s\rho)^s \rho}{s!(1-\rho)^2 \lambda} P_0$$

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu}$$

在平衡状态下,忙期和闲期均为随机变量,系统忙期出现的概率为 $\rho$ ,闲期出现的概率为 $1-\rho$ ,因此系统忙闲比可表示为:

$$C = \frac{\rho}{1-\rho}$$

本文用优化度表示装卸系统的优化程度,将优化度定义为车辆平均逗留时间的倒数与系统忙闲比

分别乘以权重系数之和。优化度将平均逗留时间最短和装卸机械利用率最高为优化目标,能够定量地反映出装卸系统中的车辆装载效率和装卸机械的利用率,优化度越高,装卸系统配置越优,反之装卸系统配置越差。装卸系统的优化度 $D$ 可表示为:

$$D = \frac{\alpha}{W_s} + \beta C$$

$$st: \frac{\lambda}{\mu} < s < s_{\max}$$

### 3 数值仿真

以某车材仓库为例进行仿真,该仓库配备有叉车6台,某段时间内,物资以公路运输形式发出,运输车辆平均每小时到达6辆,平均装载效率 $\mu=2.5$ 车/h,进行物资装载,根据作业环境和作业要求,经仓库评估分析,此项任务对装载速度有一定要求,权重设置上偏向于车辆逗留时间较短, $\alpha$ 、 $\beta$ 分别取值为0.75和0.25。为保持系统稳定,须使 $\rho < 1$ ,则 $s \geq 3$ ,动用叉车数量的取值范围为(3,4,5,6)。使用MATLAB

编程进行仿真,可求出 $s$ 不同取值时装卸系统各运行参数及到达和离开时间、等待和停留时间,如图2、图3所示,从而求出该装卸系统优化度,见表1。

从装卸系统运行指标数据可以看出,随装卸机械数量增加,装卸系统的排队长度和排队时间逐渐缩短,系统忙闲比逐渐减小,表明随着装

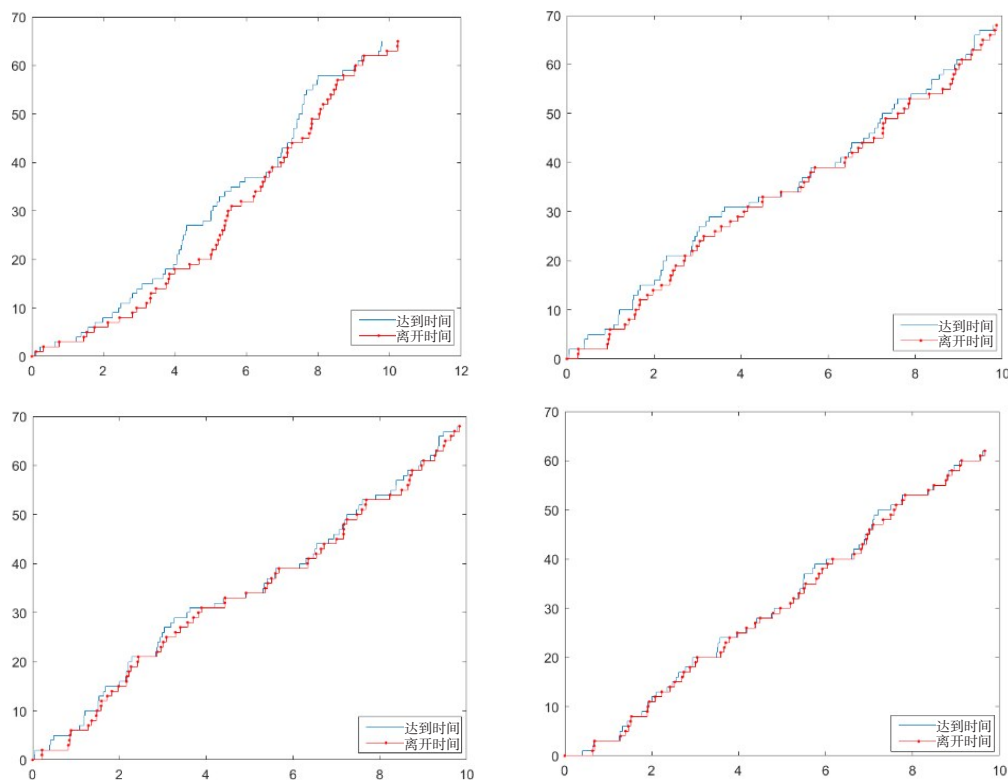


图2  $s$ 不同取值时的到达和离开时间



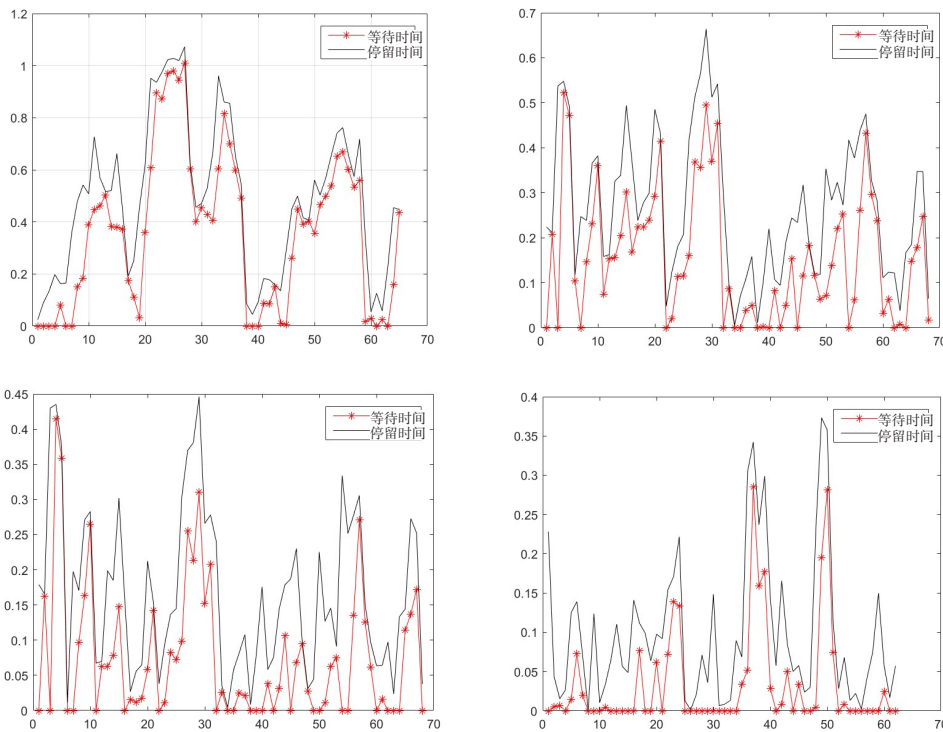


图3 s不同取值时的等待和停留时间

表1 装卸系统运行指标表

$\lambda$	$L_s$	$L_q$	$W_s$	$W_q$	C	D
3	4.988 8	2.588 8	0.831 5	0.431 5	4	1.907 9
4	2.830 6	0.430 6	0.471 8	0.071 8	1.5	1.964 6
5	2.504 8	0.104 8	0.417 5	0.017 5	0.923 1	2.027 2
6	2.426 6	0.026 6	0.404 4	0.004 4	0.666 7	2.021 3

卸机械的增加,系统的装卸效率逐渐提高,同时,随着装卸机械数量的不断增加,装卸机械处于闲期的比例大大增加,装卸机械数量对系统效率的影响显著减弱。经过对比各个装卸机械配备方案发现,当装卸机械数量为5台时,优化度最高,取值为2.027 2,因此,

(上接第111页)大提升了仓储的自动化、信息化、智能化及精细化管理水平。

[参考文献]

[1] 曹权林,王秋菊,梁鸭红,等.二维码技术在智能分布式实物仓储管理系统中的应用[J].软件导刊,2019,18(7):159-162.  
 [2] 张维霞,刘应安.基于RFID的农产品物流仓储管理系统

仓库在此时段物资装载任务中选择动用5台叉车。

4 结语

优化后方仓库装卸机械调度是在现有装备基础上,实现装卸资源合理配置、物资器材高效装卸的有效途径,对做好应急应战物资保障准备具有重要意义。本文对后方仓库装卸力量进行了初步研究,以系统的思想分析了后方仓库装卸系统和物资装卸作业工艺流程,基于排队论

的方法对后方仓库装卸机械调度优化进行了研究和探索,对我军后方仓库提高物资装卸保障能力具有一定参考价值。

[参考文献]

[1] 夏俊杰,杨晋,包亚.浅析后方仓库的精确保障[J].物流科技,2013(36):11.  
 [2] 赵自力.应急保障旅装卸力量研究[D].天津:陆军军事交通学院,2012.  
 [3] 田源.仓储管理[M].北京:清华大学出版社,2015.  
 [4] 田润良.军用物资集装化储运指导手册[M].北京:国防工业出版社,2016.  
 [5] 王熹芳.基于排队论的集装箱码头泊位与装卸机械配置仿真研究[D].天津:天津大学,2013

设计与实现[J].包装工程,2021,42(7):6.  
 [3] 李海,赵万生,李文亮,等.物流仓储管理的优化研究[J].中国储运,2021,4(7):101-102.  
 [4] 徐培玲,李志刚.基于云IOT和创新RFID的智慧仓储设计[J].山西电子技术,2021(2):38-39.  
 [5] 黄伟庆,张艳芳,曹籽文,等.基于布隆过滤器的RFID数据冗余处理算法研究[J].信息安全学报,2019,4(3).