

基于 FlexSim 的军队自动化立体仓库货位优化研究

陈元文, 吴晓波, 孙耀磊, 陈扶明

(解放军后勤工程学院, 重庆 401311)

摘要: 为提高军队自动化立体仓库出货速度和运行稳定性, 提出了在堆垛机闲时对货位进行以分类存储 L 形分区为导向的再分配优化设计。根据用户需求, 程序自动生成分类存储的 L 形分类存储货位分区信息, 并调用堆垛机对在存货品逐一判断、搬运, 让所有货品按照 L 形区域排列, 完成货位优化。利用 FlexSim 软件对具体实例进行了仿真, 结果表明, 优化后的货位能较大幅度地提高仓库的输出效率。

关键词: 自动化立体仓库; 货位再分配; L 形分类存储; FlexSim

中图分类号: TP315 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)19-0074-04

Optimization for Military AS/RS Storage Location Assignment Based on FlexSim

CHEN Yuan-wen, WU Xiao-bo, SUN Yao-lei, CHEN Fu-ming

(Logistic Engineering University of PLA, Chongqing 401311, China)

Abstract: Optimal reallocation design of military warehouse was put forward, which carried on a class-based L-shaped zone oriented optimization of stacker at leisure, to improve delivery speed and running stability of military Automatic Storage & Retrieval System (AS/RS). According to user's requirement, the program automatically generates class-based L-shaped zone information, conducts stacker to judge and move the goods one by one, so that all goods ordered in accordance with the L-shaped zone, and ultimately accomplish the optimization progress. Specific examples were simulated with FlexSim software. Simulation results show that storage location is optimized and warehouse output efficiency is improved largely.

Key words: AS/RS; reallocation; class-based L-shaped zone; FlexSim

在信息化环境下作战的今天, 后勤补给在战争中占据着越来越重的地位。以自动化立体仓库为代表的军队后勤建设在信息技术高速发展的现在受到越来越多的重视。相比普通立体仓库, 军用立体库具有出入货速率快、稳定性高、灵活度大等要求。为满足这些要求, 除了要有先进的硬件基础设施外, 管理平台、调度策略等软件平台也亟待提高^[1]。

在立体仓库的货位优化方面, 目前还没有提出关于存储策略转换等为导向的货位优化方法和技术路线, 特别在军队等需求较特殊的场合, 季节、战时等时段性需求还未得到重视和满足。笔者提出了一种新的存储货位优化思想, 在堆垛机闲时, 根据用户需求, 按季节性、战备需求等级、特殊用途等预设分类方法, 自动对货架所存货物以 L 形分类存储分区为目标进

行优化, 将需求高的货物搬运到距离出库位置更近的货位, 从而提高立体库的出库速度。

1 模型建立

1.1 存储策略以及分区

目前自动化立体仓库使用的基本存储策略有分类存储、定位存储、随机存储、临近存储、全周转率存储, 以及各基本存储策略的复合型和改进型^[2-3]。

基于军队立体库的相关设计标准和特点, 在货架的分区上, 将每个巷道两侧的两排货架构成一个大分区, 每个大分区所存货物的类别和数量基本一致。该设计能较大幅度地提高仓库的稳定性, 即使某一巷道堆垛机出现故障, 对仓库的正常输入也不

收稿日期: 2013-07-03

作者简介: 陈元文(1987-), 男, 四川德阳人, 解放军后勤工程学院硕士生, 主攻自动化立体仓库的研究设计。

构成大的影响。由于多个堆垛机可并行出货,因而保障了最大出货效率。同时,考虑到部队物资类别明显,物资需求与时间有较大关联性,因此采用分类存储策略。

分类存储是按照货物的种类存放在货架已经划分的存储区域中,并且让存储频率高的种类存放在出入库货台最近的区域。根据 Rosenblatt^[4],Eynan^[5]等人的研究,货物分类数在 10 种以下,特别在 3 种左右的情况下,出入货物的效率可以达到全周转率存储的水平。Hausman^[6]等分别证明了在单双指令行程下和等时正方(square-in-time)货架的情况下,A,B,C 等 3 类货物按照 L 形区域划分有最高的存取效率。

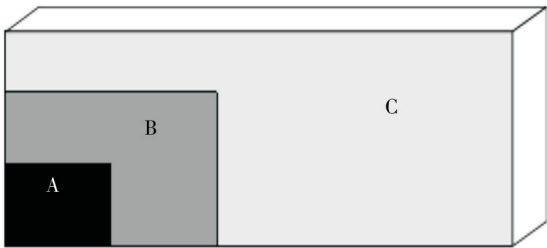


图 1 3 类货物按 L 形分区分类存储示意
Fig.1 Three categories of goods are stored according to class-based L-shaped zone

1.2 货架等基本参数假设

参照军队立体库设计标准和原则,作出以下设计和假设^[7-8]。

- 1) 单元立体式货架,货架高度 $H=20\text{ m}$,货架长度 $L=80\text{ m}$,共 4 个巷道,每个巷道有两排货架,货格尺寸长宽高 $l\times w\times h=1.35\text{ m}\times1.25\text{ m}\times1.35\text{ m}$,存放方式为单货位式,因此共有 $N_l\times N_w\times N_h=7200$ 个货位。
- 2) 堆垛机为单货位巷道式,水平运动速度 v_h 、垂直运动速度 v_v 分别为 120 m/min , 40 m/min ,货叉伸缩速度 40 m/min 。
- 3) 假设货品清单见表 1,且所有货品在多个巷道均匀分配。

1.3 关于堆垛机运输货物出库的数学模型

由于堆垛机可在水平和垂方向同时运动,不考虑堆垛机加减速的情况,第 m 列,第 n 层的货品从货位被运输到出入库货台的时间 $t_{m,n}$ 可以表示为^[9]:

$$t_{m,n}=\max\{m\cdot l/v_h,n\cdot h/v_v\}\tag{1}$$

将第 1.2 节假设的各项参数代入式(1),可以得出各单元货格在存货品的出库时间的分布见图 2。

表 1 在存货品清单

Tab.1 The inventory

	荒漠迷彩帽	常服大衣	春秋常服	夏常服
季节标识	d	d	cq	x
是否战时	y	n	n	n
数量	200	200	240	160
	冬袜	作训裤	荒漠迷彩	冬常服
季节标识	d	x	d	d
是否战时	y	n	y	n
数量	200	200	200	400
	丛林迷彩帽	迷彩胶鞋	丛林迷彩	冬皮鞋
季节标识	cq	cq	cq	d
是否战时	y	y	y	n
数量	400	320	400	320
	夏袜	棉大衣	作训服	作战靴
季节标识	cq	d	x	cq
是否战时	y	y	n	y
数量	400	240	420	400

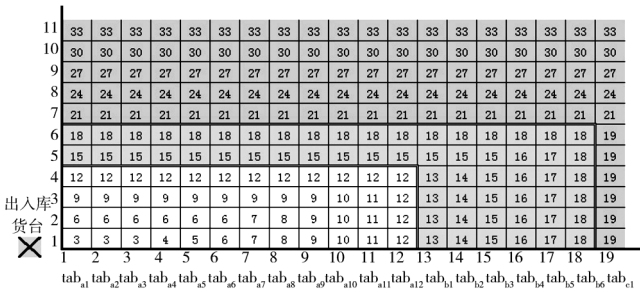


图 2 在存货品出库单位时间分布

Fig.2 Unit time distribution of goods out of the rack

如图 2 所示,时间分布呈 L 型特征且货架有 N_l 个出库时间等级(该分布由货架和堆垛机的物理参数共同决定),因此,建立 N_l 个全局表。所有出库时间为 12 的货位集合构成一个全局表 $\text{tab}12(15)$,从 $\text{tab}12(1)$ 到 $\text{tab}12(15)$ 分别存放货位位置第 12 列第 1 层,第 12 列第 2 层, ..., 第 1 列第 5 层。

图 2 中双框线为划分的分类存放的区域边界。分区数为货品总类数。分区大小和分区位置由该类货品的总量、裕量和全局表的分布决定(如全局表 $\text{tab}1, \text{tab}2, \dots, \text{tab}12$ 的元素总和为 48, $\text{tab}13, \text{tab}14, \dots, \text{tab}18$ 的元素个数和为 60)。类别 1 的区域全局表为 $\text{clA}(\text{tab}1, \text{tab}2, \dots, \text{tab}12)$,类别 2 的区域全局表为 $\text{clB}(\text{tab}13, \text{tab}14, \dots, \text{tab}18)$ 等,为方便叙述和编程,并考虑到货架重心原则,货品应由低层至高层存放,因此如 $\text{clA}(\text{tab}1, \text{tab}2, \dots, \text{tab}12)$ 全局表的元素实则由

tab1, tab2, ..., tab12 顺序展开可得。由此, 构成 3 个全局表, 各表中元素实则为某一分区中各货位按照距离出入库货台时间由近至远, 由下至上, 从右至左的顺序排列的货位坐标。

2 FlexSim 建模仿真

2.1 优化算法流程

整个立体库按照各巷道均匀分布式存储货物, 因此只需要考虑一个巷道的存储情况, 其他巷道操作类似^[10]。

货位再分配实现过程见图 3, 当系统收到用户盘库需求后(以按照季节分类 x, cq, d 为例), 首先输出在库货物清单 $rel(N)$, 并根据各类货物的数量划分目标存储区域, 将 3 个分区中所有货位按照距出入库货台最近的首要考虑原则, 货位从下到上, 从右至左的顺序, 建立分区全局表 cl_1, cl_2, cl_3 。从清单全局表 rel , 逐个查询所属分类的分区全局表中 cl_x 最靠前的空储位, 并调用堆垛机将其搬运到目标储位。直到将清单全局表中所有货品清查完成。

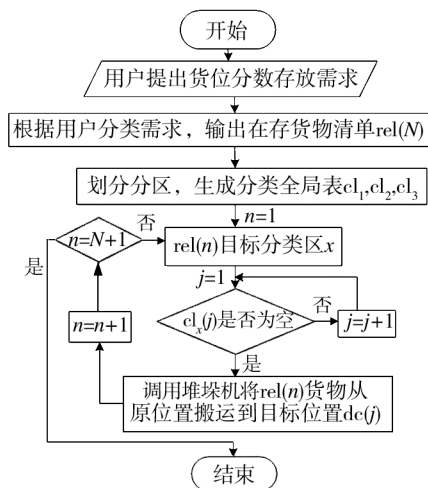


图3 货位优化流程

Fig. 3 Schematic diagram of optimization for location assignment

2.2 仿真模型构造

系统主要参数假设见 1.2 节所述, 下面着重介绍 FlexSim 中主要的系统配置。考虑到货品在 4 个巷道均匀存放, 因此, 只用对单个巷道的货位优化进行仿真分析即可, 见图 4。

其中发生器 1 按照到达序列的时间到达方式, 产生的临时实体 box 见表 2。

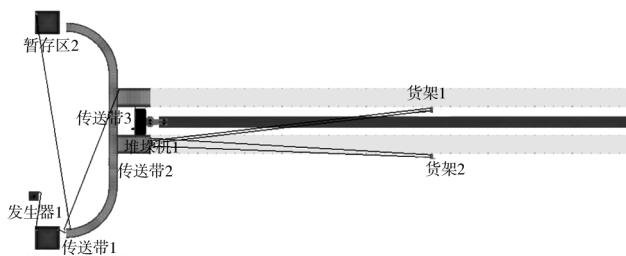


图4 仿真模型布局

Fig. 4 Layout of simulation model

表2 发生器产生的临时实体列表

Tab. 2 The list of items produced by source

临时实体名称	临时实体类型	数量
cq	1	540
d	2	440
x	3	194

在入库传送带(传送带 2)中, 临时实体流的输出属性设置为按照各 50% 的百分比发送至货架 1 和货架 2。

2.3 仿真结果对比

为了评估货位优化的效果, 该仿真以随机存储为货物的初始存储状态(便于系统生成, 其他任何存储形式的初始状态均可), 以货架平均出货速度和堆垛机总行程为主要指标, 展示了前文提出的按照 L 形分类存储优化后货架的出货能力和堆垛机功耗。其中, 存放方式是指在分类存储的条件下, 货品分区位置与出货口的距离关系, 如存放方式为 x, cq, d , 表示夏季类货品距离出货口最近, 是最急需的货品; 春秋类货品居中; 冬季类货品距离出货口最远, 是当前最不急需的货品。

优化后货品在 L 形分类存储方式下, 按照 x, cq, d 方式存放的效果见图 5。平均出货速度表示优化后

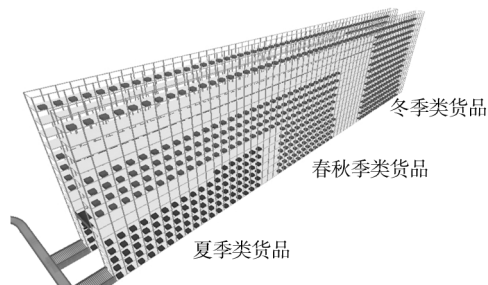


图5 货位优化后货品按照 x, cq, d 方式的存放效果

Fig. 5 Renderings of goods stored in according to x, cq, d way after optimization

的某类在存所有货品在堆垛机的运输下,完成出库的平均速度。堆垛机总行程表示完成该类货物运输出库所需要的总路程。

优化前后出货能力对比见表 3。

表 3 以随机存储为初始状态的货位优化前后的出货能力

Tab.3 Layout capabilities before and after optimization in the initial state of random storage

存储策略	存放方式	取货类别	平均出货速度/(个每分)	堆垛机总行程/m
随机存储	/	d	0.737 35	18 651.8
		cq	0.725 97	44 204.9
		x	0.724 44	54 259.6
	d,cq,x	d	1.227 61	5556.0
		cq	0.851 28	30 897.8
		x	0.603 41	75 936.6
分类存储	x,cq,d	d	0.597 45	28 722.8
		cq	0.714	43 452.5
		x	1.015	26 172.8
	cq,d,x	cq	1.060	19 303.5
		d	0.775	17 271.6
		x	0.641	66 539.9

3 结语

该优化方案由 FlexSim 进行了仿真实验验证,从仿真结果可见,在满足用户在某一时段对某一类货品需求度高的情况下,按照 L 形分类存储进行优化,出库速度最高能提高约 40% ~ 67%,减少堆垛机的能耗约 48% ~ 75%。从假设的仿真结果分析,该货位优化算法有较大实用价值,能一定程度地提高军队立体仓库在战时等紧急状态下的出货速度。

以提高立体仓库输出能力为目标,并未考虑在货位优化再分配的总时间和堆垛机能耗,因此堆垛机的运行策略还有一定的改进空间,进一步的研究能减少堆垛机在优化过程中运行的距离,从而加快货位优化完成速度和降低堆垛机能耗。

参考文献:

[1] 马腾,王占俊. 试论军事物流与军事后勤的关系[J]. 物流科技,2004(5):69-72.

MA Teng, WANG Zhan-jun. Discoursing on the Relation Between Military-logistics and Logistics[J]. Logistics Management,2004(5):69-72.

[2] GU J, GOETSCHALCKX M, MCGINNIS L F. Research on Warehouse Operation: A Comprehensive Review[J]. European Journal of Operational Research, 2007, 177(1):1-21.

[3] GU J, GOETSCHALCKX M, MCGINNIS L F. Research on Warehouse Design and Performance Evaluation: A Comprehensive Review[J]. European Journal of Operational Research, 2010, 203(3):539-549.

[4] ROSENBLATT M J, EYNAN A. Deriving the Optimal Boundaries for Class-based Automatic Storage/Retrieval Systems[J]. Management Science, 1989, 35(12):1519-1524.

[5] EYNAN A, ROSENBLATT M J. An Interleaving Policy in Automated Storage/Retrieval Systems[J]. International Journal of Production Research, 1997, 31(1):1-18.

[6] HAUSMAN W H, SCHWARZ L B, GRAVES S C. Optimal Storage Assignment in Automatic Warehousing systems[J]. Management Science, 1976, 22(6):629-638.

[7] 刘昌祺,董良. 自动化立体仓库设计[M]. 北京:机械工业出版社,2004.

LIU Chang-qi, DONG Liang. Automated Storage/Retrieval Systems[M]. Beijing:China Machine Press, 2004.

[8] 张进. 军队自动化立体仓库系统的设计与实现[D]. 济南:山东大学,2008.

ZHANG Jin. The Design and Implementation of Military Automated Storage & Retrieval System[D]. Jinan:Shandong University, 2008.

[9] 贾煜亮,缪立新. 自动化立体仓库中货位实时分配优化问题研究[J]. 北京交通大学学报(社会科学版), 2007(4):18-24.

JIA Yu-liang, MIU Li-xin. Optimization of Real-time Storage Location Assignment in Automated Storage and Retrieval System[J]. Journal of Beijing Jiaotong University (Social Sciences Edition), 2007(4):18-24.

[10] 商允伟,裴聿皇,刘长有. 自动化仓库货位分配优化问题研究[J]. 计算机工程与应用, 2004(26):16-17,21.

SHANG Yun-wei, QIU Yu-huang, LIU Chang-you. Optimization of Goods Locations Assignment of Automated Warehouse[J]. Computer Engineering and Applications, 2004(26):16-17,21.