

武器维修器材分层装箱算法研究

闫肃^{1,3}, 闫鹏程², 孙江生², 张连武²

(1. 军械工程学院, 石家庄 050003; 2. 总装军械技术研究所, 石家庄 050000; 3. 75660 部队, 桂林 541003)

摘要: 武器维修器材装箱问题是一个复杂的多约束组合优化问题。在考虑实际约束条件下, 分析了武器维修器材装箱问题, 采用空间分割、分层装载和最优选择等策略, 提出了一种基于启发式的武器维修器材装箱算法, 较好地解决了武器维修器材的优化装载问题。

关键词: 武器维修器材; 分层; 装箱算法

中图分类号: TB488 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2012)09-0081-04

Research of Layer Packaging Arithmetic for Weapon Servicing Equipment

YAN Su^{1,3}, YAN Peng-cheng², SUN Jiang-sheng², ZHANG Lian-wu²

(1. Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China; 2. Ordnance Technical Research Institute, Shijiazhuang 050000, China; 3. Unit 75660 of PLA, Guilin 541003, China)

Abstract: Encasement problem of weapon servicing equipment is a complex combinatorial optimization problem of multiple restrictions. The problem under practical restrictions was analyzed. A heuristic-based layer packaging arithmetic of weapons servicing equipment was put forward using space partitioning, layer loading and optimal choice strategies. The arithmetic better solve the optimal loading problem of weapon servicing equipment.

Key words: weapon servicing equipment; layer; packaging arithmetic

维修器材装箱问题,从本质上讲,就是按照维修器材包装、运输和储存等要求,构建维修器材装箱算法和数学模型,形成具体的维修器材装箱系统,输入待装维修器材和器材箱的参数后,系统则按照一定装箱规则 and 实际要求,产生具体维修器材装箱方案,从而降低包装消耗,提高器材装箱的空间利用率和器材包装质量^[1]。

普通货物较多考虑的是运输装卸过程中的装箱问题,因此往往过分追求空间利用率,忽视其他装箱要求;而维修器材不同于普通货物的存储和运输,有严格的存储和运输要求及规定。装箱的目的不仅要考虑运输要求,更重要是考虑维修器材长时间存储及其它功能性要求,装箱约束条件更加复杂。因此,维修器材装箱原则是:在满足维修器材包装要求的前提下,一是合理定位装箱,实现器材快速存取、快速保障;二是通过优化计算,提高装箱能力,实现资源充分利用^[2-3]。文中在启发式规则中考虑器材装箱实际约束条件,采用空间分割、按层分装与集装、最优选择

等策略,提出了一种启发式分层装箱算法。该算法已成功应用于维修器材装箱中,结果表明,文中提出的方法有效可行^[4]。

1 问题分析

1.1 目标函数

记符号 l_i, w_i, h_i 分别表示第 $i(i=1, 2, \dots, n)$ 类器材的长、宽、高; k_i 表示第 i 类器材的个数; v_r 表示集装箱 $r(r=1, 2, \dots, m)$ 的最大装载容积。问题的目标函数为最大化函数^[5]:

$$\max f = \sum_{i=1}^n k_i (l_i w_i h_i) / \left(\sum_{r=1}^m v_r \theta_r \right)$$

θ_r 为 0 或 1 的变量,当使用集装箱 r 装载货物时 $\theta_r=1$, 否则 $\theta_r=0$ 。

1.2 约束条件和要求

根据维修器材装箱特点,在实际维修器材装载过程中需要考虑的约束条件有:器材形状不同,但由于

收稿日期: 2012-02-09

作者简介: 闫肃(1984—),男,河南人,军械工程学院硕士生,主攻军事物流工程。

其相对较小,为简化模型,根据包装模式的不同可以简化为相对规整的长方体;所有器材至少可以用一种放置状态装入划分的层中;维修器材的种类和型号千差万别,为了方便管理和快速查找,同种器材尽量集中装箱;空间分割时,待装填空间一般按照长方体进行划分;尽量使用高度较小的层;器材箱均为同一型号,尺寸相同。

维修器材装箱优化问题可表述为:在一定约束条件下,将一批器材按照适当方法分别装入多个器材箱中,使装载的器材箱数量最少。

2 启发式算法模型

进行武器维修器材装箱时,器材的品种和数量较多,且不同种类的器材规格、尺寸都不尽相同,毫无规则地逐一比较器材能否装入器材箱,存在极大的盲目性,效率低,也很难确定最优的装箱方案。因此首先按照算法理论和器材包装实际,对器材的相关要素进行规整,然后在此基础上构建了一种维修器材装箱启发式算法。

2.1 器材排序方式的定义

模型处理后,每个器材都可以看作一个长方体,都有相应的一组数据与之相对应,即长方体三边长度。将这组长度按照大小形成依次增大的一组数据,记为行列式 $|l_1 \ l_2 \ l_3|$,其中 $l_1 \leq l_2 \leq l_3$ 。同时,将所有器材按照 l_1 由大到小的顺序排列;当 l_1 相同时,按照 l_2 由大到小的顺序排列;当 l_2 相同时,按照 l_3 由大到小的顺序排列。遇到同种尺寸、不同种类的器材时,同种器材集中排序。这样,所有待装器材都排入了这个序列。

2.2 器材箱层的划分

器材全部集装于规定体积的 3 种规格的层 c_i ($i=1,2,3$),其中抽屉的长、宽完全相同,高度关系满足 $c_1 = \frac{1}{6}h, c_2 = \frac{1}{3}h, c_3 = \frac{1}{2}h$ (h 为器材箱的高)。每个器材箱可以根据层之间的比例关系和器材箱体积,调整各种规格层的个数。

2.3 器材装箱规则的定义

在器材的装箱过程中,整个待装空间是一个整体,首先按照规则将整个空间看作由若干个 c_1, c_2 和 c_3 层组成的。在算法中,以 c_i 层为单位进行装填,然后依靠层关系组成整个装载空间。

1)器材装箱状态。每种器材三边都按照由小到大的顺序进行排列,所以每种器材的初始状态都相对固定,为确定每种器材在装箱过程中具体装箱状态和模型分析需要,设置了变换因子。6 个变换因子(记为 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$)分别是:

$$\alpha_1 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$\alpha_2 = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$\alpha_3 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

$$\alpha_4 = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

$$\alpha_5 = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$\alpha_6 = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

由于每个器材都有唯一的一组数据与之相对应,即行列式 $|l_1 \ l_2 \ l_3|$,且待装空间都是长方体,考虑器材长度和待装空间的 6 种关系,分析 5 种可装入关系时,变换因子可以记录每种器材在器材箱中的装填状态,同时可以参与待装填空间的计算。处理的办法是将该器材行列式分别进行变换,与变换因子相乘,即可得到新状态的行列式,进而确定器材新状态与待装空间的关系。

2)最优化装箱方式^[6]。共有 3 种装填方式。首先是沿 Z 轴方向进行装填,以层为单位进行装箱,将首序列器材 P(图 1 中阴影部分)装入器材层,此时,选择底面积最小的面为底面,底面较短边与 Z 轴平行

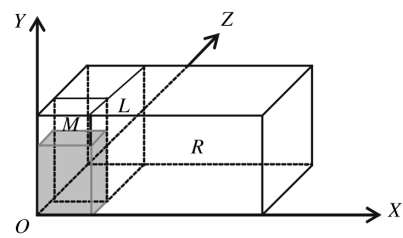


图 1 空间分解示意图

Fig. 1 Sketch map of space decomposition

放置。层空间划分为空间 M、空间 L 和空间 R。首先对空间 M 进行装填,查看器材 P 是否已装完,若还有器材 P,则将器材 P 依次在空间 M 和空间 L 中进行装填,直至装完;若已装完,则在待装器材序列中依次寻找可以在空间 M 和空间 L 中装填的最大器材。空间 L 装完后,以空间 R 中靠近原点 O 处的顶点为新原点进行装填,沿 X 轴方向装填与沿 Z 轴方向装填相同。混合装填方式就是将 2 种装填方式结合起来使用的装载方式。层装载完成后,比较 3 种装载方法,装载率高的为最优装载方式。

3)装填顺序规则^[7-8]。按照器材由前至后的顺序进行装载计算,分别检验每个器材与装载空间的关系,器材的装载顺序也整体上由前到后,某种器材装载完后要更新待装填器材序列。同时,为保证同种器材集中放置的要求,在换行和换层时要检验是否有同种器材未装填。在某一层装载完成后,检验首器材能否装入下一级别层,作为判断更换新类别层的依据,这样保证了维修器材装箱时尽可能地利用 c_1 ,然后依次是 c_2, c_3 。

2.4 器材层装箱的处理

将所有器材进行层装箱后,可以将层按照一定的规则组成器材箱,如 1 个 c_1 、1 个 c_2 和 1 个 c_3 可以组成一个装箱方式,也可以 2 个 c_2 和 2 个 c_1 组成一种装箱方式。

2.5 算法步骤

Step. 1,将所有器材按照规则进行排序,同时将首先装填的层确定为 c_3 。

Step. 2,将系统确定的层空间作为待装空间,并初始化。

Step. 3,将器材序列中的首器材装入待装空间,确定装入器材的装载位置和放置方式,划分新的装载空间。

Step. 4,判断该层中是否还有空间可以装填序列中的器材。若有,则在空间中装载器材。若没有,判断序列首器材是否可以装入下一级别的层中,若不可以装入,选用同类型新层进行装填,转入 Step. 2;若可以装入,则更换下一类别层进行装填,同时转入 Step. 2。

Step. 5,判断序列中器材是否已经装完,若没有,转入 Step. 4;若器材已装完,则对装填的层进行装箱。

Step. 6,判断剩下的层是否可以组成一个完全箱。

若可以,则进行层装箱;若不能,则将剩下的层放入一个箱中。

装箱的算法流程见图 2。

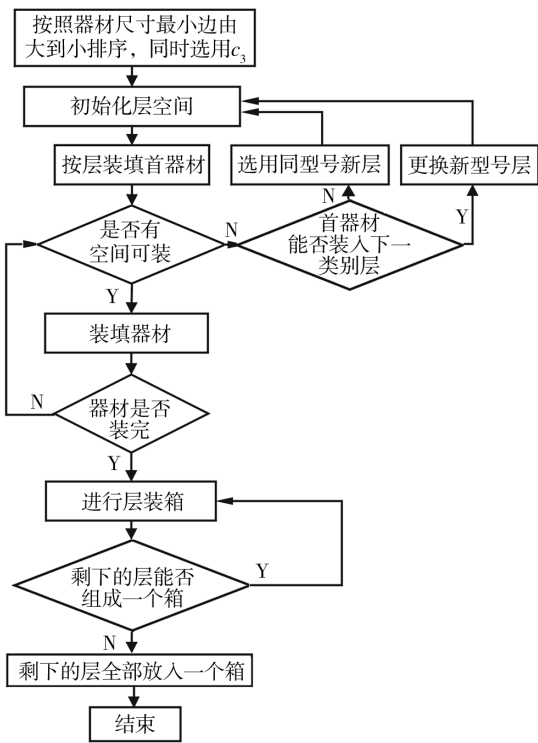


图 2 装箱算法流程

Fig. 2 Flowchart of the packaging arithmetic

3 应用实例

某部要对 4 种装备的维修器材进行集装,由于对应的维修器材种类较多,在此仅列出部分待装维修器材参数(见表 1),其中器材外观尺寸为内包装后尺寸。

计算得到的装载结果见表 2。

表 1 部分器材尺寸统计表

Tab. 1 The statistics form of some device size

器材 序号	A 装备				B 装备				C 装备				C 装备			
	外观尺寸/mm			数量	外观尺寸/mm			数量	外观尺寸/mm			数量	外观尺寸/mm			数量
	长	宽	高		长	宽	高		长	宽	高		长	宽	高	
1	120	114	60	3	28	28	22	4	76	26	20	2	57	45	22	2
2	163	56	26	2	42	23	12	1	78	17	15	4	55	30	10	1
3	170	180	47	5	31	22	20	2	64	33	31	3	85	16	16	1
4	65	62	33	3	28	9	9	3	70	15	15	3	90	20	17	3
5	43	34	27	1	34	14	10	2	38	8	8	3	70	19	11	5
6	97	61	25	4	62	16	8	2	57	10	10	2	30	8	8	2
...	...				...				...				...			

表 2 装载分布情况统计表
Tab.2 Statistics form of load distribution

装备	箱数	用途	利用率 /%	第 1 箱			第 2 箱			第 3 箱			第 4 箱			第 5 箱		
				C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃
A	3	器材包装	88.89	1	1	1	2	2		2	1							
		剩余空间	11.11									1						
B	5	器材包装	96.67	1	1	1	1	1	1	2	2		3		1		1	1
		剩余空间	3.33													1		
C	4	器材包装	95.83	1	1	1	1	1	1	4	1		3	1				
		剩余空间	4.17										1					
D	4	器材包装	91.67	1	1	1	1	1	1	2	2		2	1				
		剩余空间	8.33											1				
合计	16	器材包装	93.75	4	4	4	5	5	3	10	6		8	2	1		1	1
		剩余空间	6.25								1		1	1		1		

4 结语

通过对维修器材包装过程及要求的分析,研究并提出了一种通过空间分割、分层装载、最优选择等策略相结合的启发式优化算法,是一种解决维修器材装箱问题的有效途径,实例验证了该算法的可行性。

参考文献:

[1] 王会云. 军用包装概述[J]. 包装工程, 1998, 19(5): 23—26.
WANG Hui-yun. Overview of Military Packaging[J]. Packaging Engineering, 1998, 19(5): 23—26.

[2] 虞水俊. 军用物资器材集装优化算法研究[J]. 计算机仿真, 2005, 22(7): 26—28.
YU Shui-jun. Optimized Arithmetic of Armament's Equipment Packing [J]. Computer Emulation, 2005, 22(7): 26—28.

[3] 陈兴刚. 实施军用物资包装之我见[J]. 包装工程, 2006, 27(3): 229—230.
CHEN Xing-gang. Discussion on Implementing Integrated Packaging of Military Supplies[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(3): 229—230.

[4] 黄利强. 无碳复写纸集装箱装运算法研究[J]. 包装工

程, 2006, 27(3): 133—135.

HUANG Li-qiang. Research on the Calculation Method for Loading of Carbonless Copy Paper in Container[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(3): 133—135.

[5] 虞水俊. 雷达装备维修器材集装技术研究[J]. 计算机仿真, 2007, 24(8): 275—278.
YU Shui-jun. An Optimal Algorithm for the Loading of Maintaining Components for Radar[J]. Computer Emulation, 2007, 24(8): 275—278.

[6] 杨传民. 立方体包装件混装集装离散优化[J]. 包装工程, 2000, 21(2): 43—45.
YANG Chuan-min. The Excellent Turn of Mix Gather Packing for Cube Wrappage[J]. Packaging Engineering, 2000, 21(2): 43—45.

[7] 王利民. 集装箱装箱算法的研究及其应用[J]. 交通标准化, 2006, 153(6): 181—182.
WANG Li-min. Research on Boxing Algorithm of Containers and Its Application[J]. Communications Standardization Issue, 2006, 153(6): 181—182.

[8] 彭煜. 求解三维装箱问题的启发式分层搜索算法[D]. 厦门: 厦门大学, 2009.
PENG Yu. A Hybrid Simulated Annealing Algorithm for Container Loading Problem[D]. Xiamen: Xiamen University, 2009.