

随机规划模型。本文拟在前人研究基础上,着眼空军航材保障特点要求,秉持军事主导、需求牵引、平战一体的原则,展开空军航材配送中心选址优化研究。

1 航材配送中心选址分析

1.1 航材配送中心概述

航材配送中心^[7]是航材供应链环节中的一处物流节点,为物流下游的部队作航材配送工序。航材配送是依托航材配送中心,在集货、配货的基础上,按航材的种类、品种搭配、数量、时间等要求进行运送,其流程一般如图1所示。

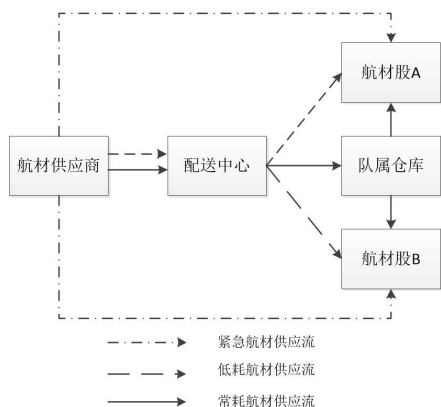


图1 航材配送流程图

对于常耗航材,按照“航材供应商-配送中心-队属仓库-航材股”的供应模式进行航材配送,由于常耗航材需求量较大,各航材股队属仓库需保持一定量库存以作缓冲,避免配送中心频繁配送;对于低耗航材,按照“航材供应商-配送中心-航材股”的供应模式进行航材配送,由于低耗航材需求极少且具有偶发性,将整个供应链中的库存集中于配送中心,由配送中心根据航材股需求进行配送;对于紧急航材,按照“航材供应商-航材股”的供应模式进行航材配送,一旦供应链发生缺材,由航材供应商直接发往航材股,以提高应急航材保障的时效性。

1.2 航材配送中心选址影响因素分析

空军航材配送中心主要负责航空兵部队的平时训练和战时作战的航空装备保障。一方面,它体现了极强的军事性,另一方面,它又体现了很强的经济性。

(1)自然环境因素。航材配送中心是存放航材

的重要场所,大多数航材对温湿度等储存条件要求较高。因此,航材配送中心地区周边的自然环境,如气候条件、地质条件、水文条件、地形条件等是很重要

的一个影响因素。
(2)经济性因素。建设成本、管理成本、运输成本等经济性因素是选址时必须要考虑的,在确保军事目的能够达成的前提下,应尽量做到航材相关物流费用最省,总成本最小,以此作为航材部门选址决策过程中的一个基本准则。

(3)军事性因素。航材保障的最终目的是为作战服务,确保战时航材配送中心能够发挥作用,是保证战斗力生成的重要源泉。这就决定了航材配送中心必须具备良好的隐蔽性和机动性,在遭受打击能够对航材进行快速转移和疏散,尽可能保存航材。

(4)建设环境状况。航材配送中心作为重要的军事装备保障中心,是航材供应链的重要节点,其周边的交通条件、基础设施状况等建设环境状况直接影响着航材保障效率,与军事效益息息相关。

(5)社会政治因素。航材配送中心的建设必须与国家法律、方针和政策相适应,与我军航材资源分布和需求相适应,与战略分布和军事发展相适应。同时,还要充分考虑周边社会治安状况,防止敌特分子和反动势力窃取情报、蓄意破坏,确保航材的安全性和保密性。

2 航材配送中心初次选址

2.1 构建评价指标体系

在分析航材配送中心选址影响因素的基础上,构建航材配送中心选址评价指标体系,如图2所示。

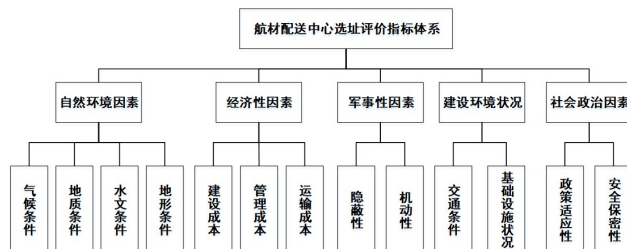


图2 航材配送中心选址评价指标体系

2.2 确定评价矩阵

以[0, 10]为打分区间,组织若干位航材和物流领

域相关专家对备选点的各项指标进行打分,取平均值作为备选点的指标评价值,从而确定出评价矩阵A。

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中, a_{ij} 为第 i 个备选点的第 j 项指标评价值;
 $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$ 。

2.3 确定指标权重

采用层次分析法^[8],组织专家对同一层次的各因素关于上一层次中某一准则的重要性进行两两比较,构造两两比较判断矩阵,并进行一致性检验;由判断矩阵计算被比较要素对于该准则的相对权重;计算各层要素对总目标的合成权重,即为指标权重 ω :

$$\omega = [\omega_1 \quad \omega_2 \quad \omega_3 \quad \cdots \quad \omega_n]^T \quad (2)$$

其中, ω_j 为第 j 项指标的权重值; $j = 1, 2, \dots, n$ 。

2.4 计算备选点综合评价

根据评价矩阵A和指标权重 ω ,进行加权求和计算,得出各备选点的综合评价价值 V :

$$V = A \omega = [v_1 \quad v_2 \quad v_3 \quad \cdots \quad v_m]^T \quad (3)$$

其中, v_i 为第 i 项指标的权重值; $i = 1, 2, \dots, m$ 。

将备选点按综合评价价值从大到小进行排序,根据择优原则进行初次选址,按照一定比例舍弃排名靠后的备选点。

3 航材配送中心二次选址

初次选址主要从定性的角度对该问题进行考量,在此基础上,还需进一步对其进行定量分析,使得总费用在任务完成率要求下达到或接近最小。假定有 m 个生产厂家经航材配送中心为 p 个场站供应航材(如图3所示),在现有场站位置确定的情况下,从初次选址后的 n 个备选点中,寻找最佳的航材配送中心位置和配送中心与场站的服务需求分配关系。在规定航材配送时间内,使得运输费用、配送费用、因保管产生的可变费用以及基建投资费用等总成本最低。

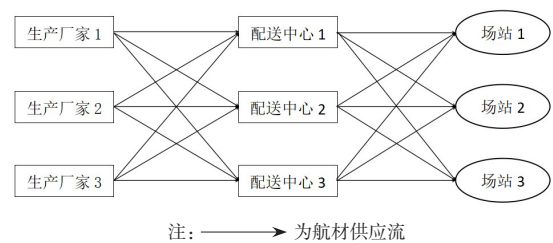


图3 配送网络示意图

3.1 模型假设

为便于建模,做以下基本假设:

- (1)由生产厂家到配送中心、配送中心到场站的运费为线性函数;
- (2)配送中心的可变费用为其流量的凹函数;
- (3)某一区域或范围内对某种备件的需求量可以确定或者预测;
- (4)配送中心的仓储容量有限;
- (5)配送中心只考虑航材进出情况,不考虑航材的存储;
- (6)航材进出时不考虑时间差。

3.2 模型参数及其含义

A_i 为第 i 个生产厂家可向配送中心供应总量; f_j 为第 j 个配送中心的固定费用; v_j 为第 j 个配送中心的可变成本系数; D_k 为第 k 个场站的需求量; a_{ij} 为从第 i 个生产厂家到第 j 个配送中心的单位运输成本; c_{jk} 为从第 j 个配送中心到第 k 个场站的单位运输成本; x_{ij} 为第 i 个生产厂家到第 j 个配送中心的运输量; y_{jk} 为第 j 个配送中心到第 k 个场站的运输量; M_j 为第 j 个配送中心的最大容量; w_j 为第 j 个配送中心的航材流通量; t_{jk} 为第 j 个配送中心到第 k 个场站的单位运输时间; T 为规定配送时间上限; z_j 为第 j 个配送中心是否被选中的决策变量(选中取1,否则取0)。

3.3 模型建立

以总费用(包括可变费用和固定费用)最小为目标,建立目标函数:

$$\min f(x, z) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} x_{ij} + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p c_{jk} y_{jk} + \sum_{j=1}^n v_j (w_j)^\theta + \sum_{j=1}^n z_j f_j \quad (4)$$

(θ 根据物流经验指数可取0.5)

约束条件:

(1)生产厂家供货量不超过其总的生产量:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq A_i \quad (i=1,2,\dots,m) \quad (5)$$

(2)配送中心配送量不低于场站的需求量:

$$\sum_{j=1}^n y_{jk} \geq D_k \quad (k=1,2,\dots,p) \quad (6)$$

(3)流量平衡:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = \sum_{k=1}^p y_{jk} = w_j \quad (j=1,2,\dots,n) \quad (7)$$

(4)容量限制:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq z_j M_j \quad (j=1,2,\dots,n) \quad (8)$$

(5)时间限制:

$$\sum_{j=1}^n t_{jk} y_{jk} \leq T \quad (k=1,2,\dots,p) \quad (9)$$

(6)变量限制:

$$x_{ij} \geq 0, y_{jk} \geq 0 \quad (i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n; k=1,2,\dots,p) \quad (10)$$

$$z_j = \begin{cases} 1, & \text{选中备选点}j \\ 0, & \text{未选中备选点}j \end{cases} \quad (11)$$

3.4 模型求解

式(4)至式(11)为混合型整数规划问题,解决此类问题的常用方法是分支界定法,但是该方法只适用于大多数小型的混合整数规划模型,对于规模较大的问题,求解起来就比较困难。Lingo 11.0软件具有执行速度快,易于输入、求解和分析的特点,本文以Lingo 11.0为基础,设计了约束整数规划求解程序对模型予以求解。

4 算例仿真

现拟在某战区范围内,开展航材配送中心试点建设,试点区域共有8个场站 C_1, C_2, \dots, C_8 , 两个生产厂家 S_1, S_2 。经上层领导统筹协调规划,挑选了7个备选点 U_1, U_2, \dots, U_7 可供航材配送中心建设。

4.1 初次选址

(1)邀请10位航材、物流领域专家对该7处备选点的各项指标值进行打分,取其平均值作为备选点的评价指标值,见表1,并依据表1中的数值构造评价矩阵A。

(2)根据层次分析法,组织专家通过构造两两比

较判断矩阵的方式,确定各项指标权重 ω , 见表2。

表1 备选点评价指标值

指标	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7
气候因素	7.5	9.5	9.0	4.2	8.0	5.8	9.3
地质因素	8.0	7.0	3.6	7.0	9.4	9.4	7.0
水文因素	9.3	4.0	7.0	4.4	5.0	9.3	4.6
地形因素	4.8	3.3	3.0	3.5	3.3	3.6	9.6
建设成本	6.8	8.0	9.3	9.6	3.4	4.2	6.0
管理成本	9.7	7.4	7.0	7.2	4.5	5.2	5.6
运输成本	6.9	9.4	4.2	4.0	6.3	5.4	5.0
隐蔽性	7.5	8.4	9.5	9.6	5.2	3.6	9.3
机动性	7.4	7.7	5.0	7.2	6.0	3.4	9.0
交通条件	8.0	6.8	9.4	9.0	3.6	4.5	9.6
基础设施状况	9.5	9.4	9.0	4.6	7.0	9.5	5.7
政策适应性	3.3	8.0	3.2	3.5	9.5	3.2	8.0
安全保密性	7.8	7.4	8.2	8.0	3.4	9.2	5.7

表2 指标权重值

一级指标	二级指标	合成权重
自然环境因素 (0.246)	气候因素(0.098)	0.024
	地质因素(0.241)	0.059
	水文因素(0.136)	0.033
	地形因素(0.525)	0.129
经济性因素 (0.332)	建设成本(0.109)	0.036
	管理成本(0.309)	0.103
	运输成本(0.582)	0.193
军事性因素 (0.172)	隐蔽性(0.540)	0.093
	机动性(0.460)	0.079
建设环境状况 (0.185)	交通条件(0.697)	0.129
	基础设施状况(0.303)	0.056
社会政治因素 (0.065)	政策适应性(0.379)	0.025
	安全保密性(0.621)	0.040

(3)根据式(3),计算可得各备选点的综合评价价值 V :

$$V = [7.39 \quad 7.35 \quad 6.32 \quad 6.26 \quad 5.33 \quad 5.36 \quad 7.35]^T$$

对综合评价价值从大到小进行排序: $v_1 \geq v_2 \geq v_7 \geq v_3 \geq v_4 \geq v_6 \geq v_5$, 根据择优原则,选取 U_1, U_2, U_3, U_4, U_7 作为初次选址后的航材配送中心备选点。

4.2 二次选址

已知生产厂家的供货量及到各配送中心的单位运费(综合考虑了运输距离、路况等因素)见表3;各配送中心备选点的固定成本、可变成本及最大容量

见表4;配送中心到各场站的单位运费及各场站的需求量见表5;配送中心到各场站的单位运输时间见表6。

表3 生产厂家供应量及其到配送中心的单位运费

生产厂家 \ 备选点	U_1	U_2	U_3	U_4	U_7	供应量
S_1	5	16	14	20	15	110
S_2	27	30	14	8	6	90

表4 备选点参数表

参数 \ 备选点	U_1	U_2	U_3	U_4	U_7
v_j	44	55	62	50	40
f_j	50	65	90	87	35
M_j	45	85	70	95	80

表5 配送中心到场站的单位运费及场站需求量

场站 \ 备选点	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
U_1	8	6	18	9	13	15	10	13
U_2	22	19	35	27	33	30	21	19
U_3	14	10	14	11	17	16	11	10
U_4	11	15	8	22	30	28	17	4
U_7	20	22	18	26	34	33	25	15
需求量	17	18	27	30	25	20	28	35

表6 配送中心到场站的单位运输时间

场站 \ 备选点	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
U_1	0.5	0.4	0.8	0.9	1.3	1.5	1.0	1.3
U_2	0.3	0.2	0.5	0.6	1.0	0.9	1.4	1.9
U_3	0.4	0.7	1.4	1.1	1.7	1.6	0.5	1.0
U_4	1.1	1.5	2.5	2.2	3.0	2.8	1.7	0.9
U_7	1.7	1.6	1.4	2.0	2.8	2.6	0.5	0.2

将上述表中的数据,代入式(4)至式(11)中,利用Lingo 11.0编程求解,得到输出结果:

$$\min f(x, z) = 5\ 546.36$$

$$Z = [z_1\ z_2\ z_3\ z_4\ z_5] = [1\ 0\ 1\ 1\ 0]$$

根据求解结果,应选择在 U_1, U_3, U_4 建立航材配送中心,并建立生产厂家与配送中心、配送中心与场站之间最佳服务需求分配关系,见表7、见表8。

表7 生产厂家—配送中心需求分配

生产厂家 \ 配送中心	U_1	U_3	U_4
S_1	45	65	—
S_2	—	—	90

表8 配送中心—场站需求分配

配送中心 \ 场站	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
U_1	—	17	3	—	25	—	—	—
U_3	—	—	12	30	—	20	3	—
U_4	17	1	12	—	—	—	25	35

4.3 结果分析

在初次选址中,从定性的角度,综合考虑航材配送中心选址过程中的各种影响因素,通过专家,判定 U_5, U_6 两地不宜进行配送中心建设;在二次选址中,从定量的角度,以成本费用最小化为目标函数,以军事需求和保障效率为约束条件,建立数学模型进行求解。经过两次选址后,最终结果表明,应在 U_1, U_3, U_4 分别设立3所航材配送中心,并建立起适宜的“生产厂家—航材配送中心—场站”需求供应关系,从而获得最优的军事经济效益。

5 结语

本文着眼空军未来发展需要,针对当前航材保障工作中存在的矛盾问题,指出了建设空军航材配送中心的必要性,并从选址问题入手,采用定性分析与定量分析相结合的方法,兼顾军事效益与经济效益,立足需求牵引、平战结合,构建了科学的航材配送中心选址模型。通过算例,验证了模型的实用性和有效性,对提升航材保障工作效率和服务质量具有一定的启发意义。

[参考文献]

- [1] 孙会君,高自友.考虑路线安排的物流配送中心选址双层规划模型及求解算法[J].中国公路学报,2003,16(2):115-119.
- [2] 杨茂盛,李霞.改进重心法在物流配送中心选址中的应用[J].物流技术,2007,26(6):60-62.
- [3] 林娜,李志.基于GIS和遗传算法的物流配送中心选址研究[J].遥感信息,2010(5):110-114.
- [4] 李绍斌,杨西龙,李耀庭,等.基于遗传算法的多军事物流配送中心选址决策[J].物流技术,2015,34(21):213-215.
- [5] 李东,匡兴华,晏湘涛,等.多阶响应下军事物流配送中心可靠选址模型[J].运筹与管理,2013,22(1):147-156.
- [6] 谢文龙,魏国强.基于情景分析的军事物流配送中心选址模型[J].计算机工程与应用,2015,51(8):255-259.
- [7] 高辉,刘信斌,王涛.空军航材配送中心的运行与管理研究[J].空军勤务学院学报,2014,25(1):21-24.
- [8] 王静静.航材配送中心选址模型的研究与应用[J].民航管理,2016(5):77-80.