

孟超,刘名,党瑞,等. 基于陕西气象部门三级备件供应保障系统的库存模型[J]. 陕西气象,2019(1):56-59.

文章编号:1006-4354(2019)01-0056-04

# 基于陕西气象部门三级备件供应保障系统的库存模型

孟超<sup>1</sup>,刘名<sup>1</sup>,党瑞<sup>2</sup>,贺易<sup>3</sup>

(1. 陕西省大气探测技术保障中心,西安 710014;2. 渭南市气象局,陕西渭南 714000;  
3. 灞桥区气象局,西安 710038)

**摘要:**备件库存方案是影响气象观测设备可用性的重要因素。从设备保障中的实际问题出发,考虑陕西省保障结构层级和备件供应影响因素的情况下,基于 METRIC 模型(可修复备件管理多级法)基本原理,建立了陕西气象部门三级备件供应保障系统的库存模型。通过实例分析,给出了备件的期望短缺数,为保障部门制定备件供应方案和备件储备标准提供了依据。

**关键词:**三级备件供应保障;METRIC 模型;备件库存;期望短缺数

**中图分类号:**P414

**文献标识码:**B

随着气象事业的快速发展,气象物资数量和种类急剧增多,设备技术不断升级更新,急需更为现代的备件管理方式。陕西省气象部门采用的省、市、台站三级备件供应保障系统<sup>[1]</sup>是较为科学的管理模式,提高了设备的可用性,缩短了设备故障维修时间,降低了设备故障率,保证了自动观测类设备稳定运行。

目前,国内外对多级备件供应保障研究较多,建立了多种备件库存模型。如美国 Sherbrooke<sup>[2]</sup>博士构建了 METRIC 模型(可修复备件管理多级法)并以其为基础延伸了多种不同算法和扩展的库存模型;Nenesbo<sup>[3]</sup>博士研究了备件需求分布不规则情况的备件多级库存分配管理。在国内,多个领域已开展研究,聂涛等<sup>[4]</sup>建立了以备件购置费用为约束,供应最大化的可修复备件供应保障模型;黄照协等<sup>[5]</sup>提出在军队三级备件保障,建立了基地级采购,基层及中继级负责维修的优化模型;刘勇等<sup>[6]</sup>研究了维修能力约束下的备件保障可用度模型;罗祎等<sup>[7]</sup>以备件维修费用为约束,建立了具有多等级的维修体系的分配模

型。本文从装备保障工作中的实际问题出发,区别于军队备件供应保障体系,充分考虑陕西省气象备件保障结构层级、层级间保障职责及影响备件供应因素的情况下,建立了陕西气象部门三级备件供应保障系统的库存模型,为供应保障部门制定备件提供方案,为备件储备标准提供理论依据。

## 1 三级供应保障系统简介

### 1.1 各级职责

三级备件供应保障系统由三级维修(省级、市级、台站)、三级库存(省级、市级、台站)、备件购置(备件供应商)以及报废处理等要素组成。作为保障对象,自动观测类设备对备件产生需求。

台站维修由台站业务科完成;市级维修由市级保障科完成,省级维修由省大气探测保障中心技术保障科完成。

台站库存负责观测场在用设备所需的备件,并且存储台站修复后的备件、入库市级调拨及自行购买的备件;市级库存负责向台站级库存提供所需的备件,并且储存市级修复后的备件、入库省

收稿日期:2018-07-09

作者简介:孟超(1985—),男,汉,河北雄县人,硕士,工程师,主要从事测技术应用研究。

基金项目:陕西省气象局青年科研基金项目(2017Y-14)

级调拨的备件及自行购买的备件;省级库存负责向市级库存提供所需的备件,并且存储省级修复后的备件及自行购买的备件。

## 1.2 结构关系

基于陕西省三级备件供应保障系统的管理模式,其组成结构关系如图1所示。如果自动观测类设备上的某部件发生故障,台站维修人员对故障部件进行诊断,并立即从设备上拆卸下故障部件。若台站级库存有该故障部件的备件,则完成现场备件更换确保设备正常运行。随后台站对该故障是否可在本级维修进行判断,如果可以维修,则维修后将部件作为台站级备件;如不能维修,将该部件提交给市级维修。市级保障单位如果可以维修,则修复后将部件返还给台站;如不能维修,将该部件提交给省级维修,并根据市级库存量调拨备件给台站。省级保障单位如果可以维修,则修复部件并返还给市级保障单位;如不能维修则进行报废处理,并根据省级库存量调拨备件给市级保障单位。

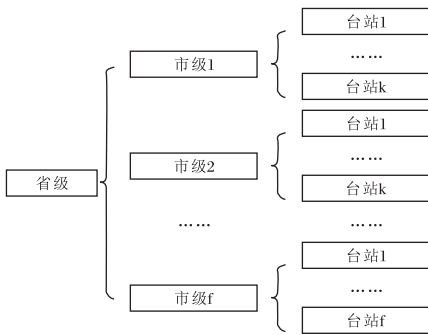


图1 三级供应保障系统的结构关系

由于各级保障单位的维修能力有限、备件申请流程繁琐以及备件购置时间长等原因,导致备件库存存在短缺的情况。当故障部件修复和购置备件到货时,备件库存短缺情况得到填补。

## 2 模型建立

### 2.1 库存模型

Sherbrooke 博士在构建了 METRIC 经典库存理论模型里,备件的库存情况为

$$s = S_{OH} + S_{DI} - S_{BO}, \quad (1)$$

式(1)中, $s$ 为备件库存量; $S_{DI}$ 为平均更换量; $S_{OH}$ 为目前库存量; $S_{BO}$ 为备件短缺量。

假设备件在平均修复时间内符合泊松过程,且故障修复时间相互独立,则任一固定周期内的需求数稳态概率分布服从泊松分布。根据帕尔姆<sup>[8]</sup>定理,

$$P(S_{DI} = x) = \frac{(\alpha T)^x e^{-\alpha T}}{x!}, \quad (2)$$

式(2)中: $\alpha$ 为备件年平均需求量, $T$ 为备件平均修复时间。

设某一随机时间段待收库存数有 $s+m$ 件,经过公式(1)计算就有 $m$ 件短缺。所以备件的期望短缺数 $E(s)$ 为:

$$\begin{aligned} E(s) &= P(S_{DI} = s+1) + 2P(S_{DI} = s+2) + \\ & 3P(S_{DI} = s+3) + \dots + mP(S_{DI} = s+m) \\ &= \sum_{m=1}^{\infty} mP(S_{DI} = s+m). \end{aligned} \quad (3)$$

### 2.2 参数定义及符号说明

充分考虑陕西省气象备件保障结构层级、层级间保障职责及影响备件供应因素的情况下,建立了陕西气象部门三级备件供应保障系统的模型。将模型涉及的参数定义及符号说明如下。

$\alpha_k^b$ —台站 $k$ 对某备件的年平均需求量; $T_k^b$ —台站 $k$ 对某备件的平均修复时间; $r_k^b$ —台站 $k$ 对某备件的修复率; $O_k^b$ —台站 $k$ 对某备件的申请接收时间,即从台站发出需求申请到收到备件的时间; $Q_k^b$ —台站 $k$ 对某备件的入库时间; $\alpha_f^r$ —市级保障单位 $f$ 对某备件的年平均需求量; $T_f^r$ —市级保障单位 $f$ 对某备件的平均修复时间; $r_f^r$ —市级保障单位 $f$ 对某备件的修复率; $O_f^r$ —市级保障单位 $f$ 对某备件的申请接收时间; $Q_f^r$ —市级保障单位 $f$ 对某备件的入库时间; $\alpha_0$ —省级保障单位对某备件的年平均需求量; $T_0$ —省级保障单位对某备件的平均修复时间; $T_1$ —省级、市级保障单位及台站采购某备件的平均时间; $T$ —省级保障单位对某备件的入库时间; $\mu_0$ —省级保障单位对某备件的年平均更换量,包括省级保障单位维修及采购未到货的备件量; $\psi$ —省级保障单位对某备件的报废率。

### 2.3 年平均需求量

市级保障单位 $f$ 对某备件的年平均需求量为所属台站不能修复备件之和,计算公式为:

$$\alpha_f^r = \sum_{k=1}^n \alpha_k^b (1 - r_k^b). \quad (4)$$

省级保障单位对某备件的年平均需求量为所属市级保障单位不能修复备件之和,计算公式为:

$$\alpha_0 = \sum_{f=1}^m \alpha_f^r (1 - r_f^r). \quad (5)$$

## 2.4 备件短缺量

根据公式(2)(3)可得,台站  $k$  对某备件短缺量计算公式为:

$$E(s_k^b) = \sum_{x=s_k^b+1}^{\infty} (x - s_k^b) P(S_{DI} = x). \quad (6)$$

式(6)中,  $Q_k^b = r_k^b T_k^b + (1 - r_k^b) O_k^b + T_1$ ,

$$P(S_{DI} = x) = \frac{(\alpha_k^b Q_k^b)^x e^{-\alpha_k^b Q_k^b}}{x!}.$$

市级保障单位  $f$  对某备件短缺量计算公式为:

$$E(s_f^r) = \sum_{x=s_f^r+1}^{\infty} (x - s_f^r) P(S_{DI} = x). \quad (7)$$

式(7)中,  $Q_f^r = r_f^r T_f^r + (1 - r_f^r) O_f^r + T_1$ ,

$$P(S_{DI} = x) = \frac{(\alpha_f^r Q_f^r)^x e^{-\alpha_f^r Q_f^r}}{x!}.$$

省级保障单位对某备件短缺量计算公式为:

$$E(s_0) = \sum_{x=s_0+1}^{\infty} (x - s_0) P(S_{DI} = x). \quad (8)$$

式(8)中,  $T = T_1 + (1 - \phi) T_0$ ,

$$P(S_{DI} = x) = \frac{(\alpha_0 T)^x e^{-\alpha_0 T}}{x!}.$$

由公式(6)、(7)、(8)可知,全省备件总期望短缺数为:

$$E(s) = \sum_{k=1}^{mm} E(s_k^b) + \sum_{f=1}^m E(s_f^r) + E(s_0). \quad (9)$$

## 3 实例分析

假设省、市、台站三级存储新型自动气象站设备的某种传感器,其中一个省级保障单位供应两个市级单位,而每个市级保障单位供应三个台站。该备件需求满足泊松过程,系统中该备件的参数见表1。

表1 新型自动气象站设备某传感器在模型中的参数

参数项目	量值	参数项目	量值
台站年平均需求量 $\alpha_k^b$	8	市级平均修复时间 $T_f^r$	0.03
报废率 $\phi$	10%	省级平均修复时间 $T_0$	0.04
台站修复率 $r_k^b$	50%	台站申请接收时间 $O_k^b$	0.02
市级修复率 $r_f^r$	50%	市局申请接收时间 $O_f^r$	0.04
台站平均修复时间 $T_k^b$	0.02	平均购置时间 $T_1$	0.10

(1)求解省级、市级保障单位对该备件平均需求量

根据公式(4)、公式(5)可得,该备件在市级保障单位年平均需求量为  $\alpha_1^r = \alpha_2^r = 12$  个,在省级保障单位年平均需求量为  $\alpha_0^r = 12$  个。

(2)假设该备件全省库存量为1个时,依次储备在不同层级,计算各层级备件期望短缺数结果见表2。

从表2中可以看出,首先三个层级保障单位的期望短缺数因库存量的变化而变化,其次当三个层级保障单位的库存量都低于年平均需求量时,三级期望短缺数之和的最小值就是最优库存方案,而存储的最优点在省级保障部门。

## 4 结语

从陕西省三级备件供应保障系统的实际情况入手,研究并建立了备件库存模型。经过实例计算表明该模型可以解决目前供应保障过程中的各层级对某种气象设备的备件年平均需求量和短缺数。根据库存模型结果,得到了备件储备的规律,分析出影响备件短缺的因素,为决策部门制定备件配备提供了依据。

但同时存在一些问题。一是模型计算过程繁琐,许多参数需要一定周期才能获得,如各级保障过程中的修复率和平均修复时间;二是针对气象观测设备的各类传感器、采集器等部件,需要重新设置各类参数;三是随着备件类型及需求量的增

表2 各层级备件期望短缺数

保障单位	省级	市级1	市级2	台站1-1	台站1-2	台站1-3	台站2-1	台站2-2	台站2-3	总和
库存量	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
短缺量	1.414	1.621	1.621	0.963	0.963	0.963	0.963	0.963	0.963	10.434
库存量	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
短缺量	2.316	0.818	1.621	0.963	0.963	0.963	0.963	0.963	0.963	10.533
库存量	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
短缺量	2.316	1.621	0.818	0.963	0.963	0.963	0.963	0.963	0.963	10.533
库存量	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
短缺量	2.316	1.621	1.621	0.342	0.963	0.963	0.963	0.963	0.963	10.715
库存量	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
短缺量	2.316	1.621	1.621	0.963	0.342	0.963	0.963	0.963	0.963	10.715
库存量	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
短缺量	2.316	1.621	1.621	0.963	0.963	0.342	0.963	0.963	0.963	10.715
库存量	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
短缺量	2.316	1.621	1.621	0.963	0.963	0.963	0.342	0.963	0.963	10.715
库存量	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
短缺量	2.316	1.621	1.621	0.963	0.963	0.963	0.963	0.342	0.963	10.715
库存量	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
短缺量	2.316	1.621	1.621	0.963	0.963	0.963	0.963	0.963	0.342	10.715

多,时间方面(修复时间、接收时间及购置时间)是影响模型的重要因素之一,因此建立陕西省气象观测类设备的备件库存储备标准和配发要求需要进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 汤文宁,张大伟. 现代气象装备供应保障管理体系建设初探[J]. 气象水文海洋仪器,2008(4):89-92.
- [2] SHERBROOKE C C. METRIC: a multi-echelon technique for recoverable item control[J]. Operations Research,1968,16:122-141.
- [3] NENES G, PANAGIOTIDOU S, TAGARAS G. Inventory management of multiple items with irregular demand: A case study[J]. European Journal of Operational Research,2010,205(2):313-324.
- [4] 聂涛,盛文. K:N 系统可修复备件两级供应保障优化研究[J]. 系统工程与电子技术,2010,32(7):1452-1455.
- [5] 黄照协,高崎,郝冰,等. 三级备件保障系统下的备件库存优化模型[J]. 数学的实践与认识,2014,44(1):193-199.
- [6] 刘勇,武昌,李阳,等. 两级备件保障系统的装备时变可用度评估模型[J]. 兵工学报,2010(2):253-256.
- [7] 罗祎,阮旻智,袁志勇. 多级维修供应下可修复备件库存建模与优化[J]. 系统工程理论与实践,2013,33(10):2624-2630.
- [8] SHERBROOKE C C. Optimal inventory modeling of systems: Multi-echelon techniques [M]. 2nd ed. Norwel: Kluwer Academic Publishers, 2008: 30-31.