

基于幂指数的电子装备大修工时对比预测模型

牛宏¹, 汪文峰²

(1. 空军94921部队, 福建 晋江 362200; 2. 空军94873部队, 福建 福清 350315)

摘要: 随着新装备大修期的到来, 针对装备大修工时预测难的问题, 根据幂指数理论, 结合电子装备的大修流程, 即拆卸、全面修复和拼装调试三个阶段, 建立电子装备大修工时幂指数对比预测模型。结合实例, 证明了该模型的合理性和操作性, 满足制定详细大修计划的要求。

关键词: 幂指数; 大修; 预测模型

中图分类号: TJ07 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2012)04-0110-04

Prediction Model of Overhaul Man-hour of Electronic Equipment Based on Power-exponent

NIU Hong¹, WANG Wen-feng²

(1. Unit 9494921 of PLA, Jinjiang 362200, China; 2. Unit 94873 of PLA, Fuqing 350315, China)

Abstract: Along with the coming of equipment overhaul period, aimed at the man-hour forecast problem of equipment overhaul, based on power-exponent theory, a prediction model of overhaul man-hour of electronic equipment was build according to overhaul flow of the equipment. The flow was three phases, which were disassembly phase, complete repairing phase, and assembling and debugging phase. The result of examples indicated that the model is rational and maneuverable; it meets the requirements of making detailed overhaul scheming.

Key words: power-exponent; overhaul; prediction model

对于大修机构来说, 预测装备大修工时是确定装备大修人力资源需求和制定装备大修计划的前提, 常用的预测模型有回归分析^[1]、神经网络^[2-3]、马儿可夫^[4]等, 但这些模型都需要大量的样本, 大量的样本数据往往很难获得。文中根据幂指数理论, 建立幂指数对比预测的方法, 其思路是将要预测的装备与该大修机构已经修理过的装备进行比较, 从而得出新装备的预

测值。该方法简单, 易操作, 结果合理, 能较为客观地预测新型装备大修的任务量, 为合理确定装备大修力量和组织装备大修提供更加科学的依据。

1 电子装备大修流程

电子装备大修流程及修理工序^[5]如图1所示。

收稿日期: 2012-02-12

作者简介: 牛宏(1975—), 男, 陕西人, 工程师, 主要研究方向为地空导弹装备作战使用与维护保障。

根据图1,不妨将装备大修过程划分为三个阶段:拆卸阶段、全面修复阶段和拼装调试阶段。

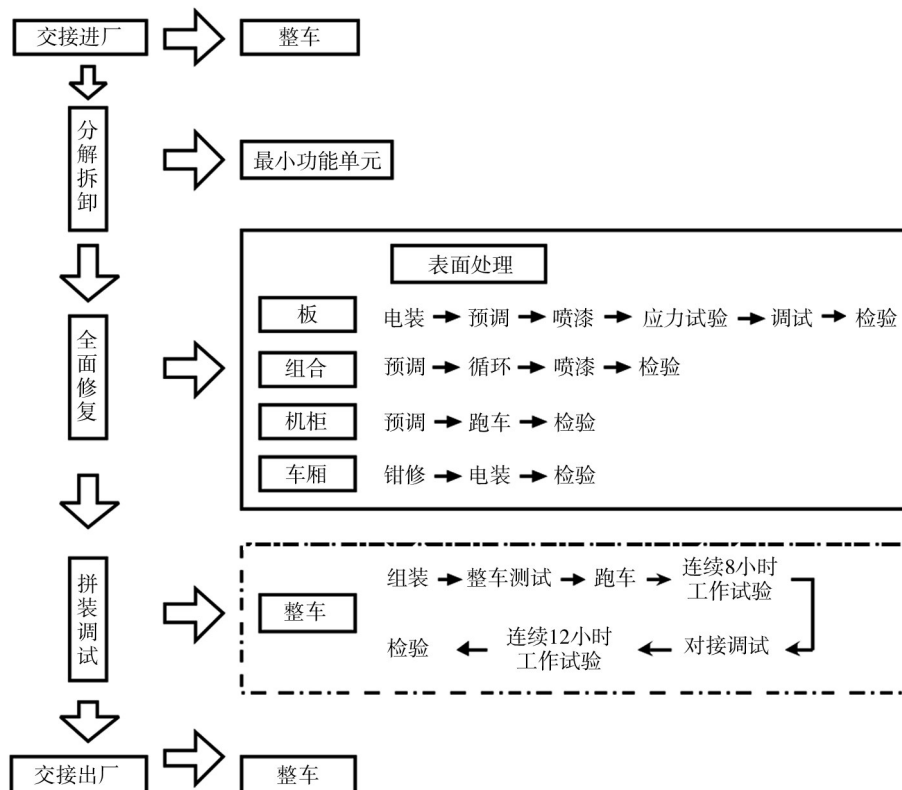


图1 装备大修流程及工序

Fig. 1 Flow and working procedure of equipment overhauling

2 模型的建立

2.1 幂指数法简介

幂指数法^[6]中,指数与决定指数的因素间存在数量关系,指数是因素向量的函数。用向量 $X=(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_N)$ 表示某指数的 N 项因素,用 I 表示指数,则有 $I=F(X)$ 。如果能找到函数 $F(X)$ 的具体形式,就得到了计算指数的模型。

根据文献[7], $F(X)$ 的具体形式为:

$$F(X) = Kx_1^{\omega_1}x_2^{\omega_2}\cdots x_i^{\omega_i}\cdots x_N^{\omega_N} \quad 0 \leq \omega_i \leq 1,$$

$$i=1, 2, \dots, N, \text{ 且 } \sum \omega_i = 1 \quad (1)$$

式中: ω_i 为幂指数,可由层次分次法求得; x_i 为影响指数的因素项; K 为调整系数,起着量级调整作用。

2.2 阶段大修影响因素集

根据大修流程的划分,综合分析各个阶段的特

点,构建各个阶段的影响因素向量集,即:

$$X_i=(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}) \quad (2)$$

式中: X_i 为第 i 阶段大修影响因素向量集; x_{ij} 为第 i 阶段大修第 j 个影响因素,其由专家调查量化,一般取值为 1~5,值越小,影响越小。

2.3 阶段大修能力指数

由式(3)可知,大修能力指数 I 是因素向量的函数,其值越大,表明该装备大修难度系数越大,所需工时越多。

$$I_i = Kx_{i1}^{\omega_1}x_{i2}^{\omega_2}\cdots x_{ik}^{\omega_k}\cdots x_{iN}^{\omega_N} \quad (3)$$

式中: I_i 为第 i 阶段大修能力指数; K 为调整系数,表明该大修厂对预测结果的保守程度,值越大,表明其预测越保守,一般在 1 左右。

2.4 幂指数获取流程

幂指数获取方法^[8]及流程如图2所示。

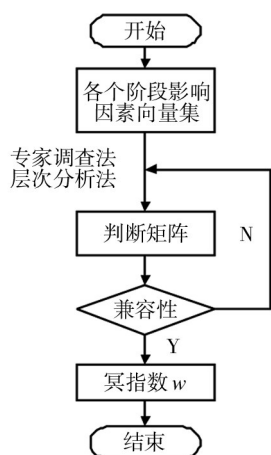


图2 幂指数获取流程

Fig. 2 Processing flow of the power-exponent

2.5 幂指数对比预测模型

不妨假设有A,B同系列两套装备:A装备为本大修厂已经完成大修的装备;B装备为新装备,需要预测其大修工时。 M_{Ai} 表示A装备第*i*阶段大修工时, I_{Ai} 表示A装备第*i*阶段大修能力指数。同理有

M_{Bi} 和 I_{Ai} 。

由大修幂指数含义:

$$\frac{M_{Bi}}{M_{Ai}} = \frac{I_{Bi}}{I_{Ai}} \quad (4)$$

故:

$$M_{Bi} = \frac{I_{Bi}}{I_{Ai}} \cdot M_{Ai} \quad (5)$$

从而B装备大修工时幂指数对比预测模型为:

$$M_B = \sum_{i=1}^n M_{Bi} \quad (6)$$

3 实例

3.1 基本假定

以某新型制导雷达(代号XX-2)为例,预测该制导雷达大修的修复时间。制导雷达大修过程的三个阶段,即拆卸阶段、全面修复阶段和拼装调试阶段中,某大修机构大修能力指数的影响因素项设定如表1。

表1 三阶段影响因素项

Table 1 The influencing factors of the three phases

阶段	影响因素项
拆卸	装备的结构布局 J_{CX} ,最小功能单元数量 S_{CX} ,技术先进度 T_{CX}
全面修复	最小功能单元数量 S_{QX} ,生产工艺 P_{QX} ,技术先进度 T_{QX} ,通用性 C_{QX}
拼装调试	最小功能单元数量 S_{PT} ,结构布局 J_{PT} ,技术先进度 T_{PT}

不妨假设该大修厂在此之前主要承担XX-1制导雷达的大修,根据该大修厂的技术力量和维修设备资源,研究XX-2制导雷达大修需要多长时间,从而合理制定XX-2制导雷达的大修计划。XX-1制导雷达在该大修厂大修工时指标见表2。

表2 XX-1制导雷达的大修时间

Table 2 The overhauling time of the XX-1 guidance radar

三个阶段	拆卸阶段	全面修复	拼装调试
大修工时/h	800	70 400	800

3.2 各个阶段大修厂的修复能力指数

在确定装备大修修复能力指数因素指标项的基础上,根据各个阶段指标项相对重要度标度法,求解

各阶段指标项权重向量,从而可得出装备各阶段大修修复能力指数。

3.2.1 拆卸阶段

大修修复能力指标项为装备的结构布局 J_{CX} 、最小功能单元数量 S_{CX} 、技术先进度 T_{CX} 。经专家评估,

得到的判断矩阵为 $\begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/5 \\ 3 & 1 & 1/3 \\ 5 & 3 & 1 \end{bmatrix}$ 。

利用方根法计算特征向量,得到权重向量为:

$$\bar{\omega} = (0.1047, 0.2583, 0.6370) \quad (7)$$

最大特征值为:

$$\lambda_{\max} = 3.0385 \quad (8)$$

判断矩阵一致性的指标CI为:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - 3}{3 - 1} = 0.01975 \leq 0.1 \quad (9)$$

故判断矩阵的一致性可以接受,判断矩阵检验是兼容的。在拆卸阶段,大修厂修复能力指数 I 计算公式为:

$$I = J_{CX}^{0.1047} S_{CX}^{0.2583} T_{CX}^{0.6370} \quad (10)$$

根据专家评分,获得大修厂对XX-2制导雷达的修复能力指数各指标项的值,可得出大修厂大修XX-1制导雷达的修复能力指数,以及预测大修厂对XX-2制导雷达的修复能力指数,即:

$$I_{CX,1} = 2^{0.1047} \cdot 3^{0.2583} \cdot 2^{0.6370} = 2.2208 \quad (11)$$

$$I_{CX,2} = 4^{0.1047} \cdot 4^{0.2583} \cdot 3^{0.6370} = 3.3302 \quad (12)$$

式中: $I_{CX,1}$ 和 $I_{CX,2}$ 分别为大修厂对XX-1和XX-2制导雷达的修复能力指数。

3.2.2 全面修复及拼装调试阶段

根据表1中大修厂修复能力指数的各指标项,同理得出在全面修复阶段和拼装调试阶段,大修厂修复能力指数 I 的计算公式分别为式(13)和(14):

$$I_{QX} = S_{QX}^{0.1178} P_{QX}^{0.0550} T_{QX}^{0.2634} C_{QX}^{0.5638} \quad (13)$$

$$I_{PT} = S_{PT}^{0.2297} J_{PT}^{0.1220} T_{PT}^{0.6483} \quad (14)$$

根据专家评分,获得修复能力指数各指标项的值,可得出大修厂大修XX-1制导雷达的修复能力指数,以及预测对XX-2制导雷达的修复能力指数,即:

$$I_{QX,1} = 3^{0.1178} \cdot 2^{0.0550} \cdot 2^{0.2634} \cdot 3^{0.5638} = 2.6367 \quad (15)$$

$$I_{QX,2} = 4^{0.1178} \cdot 4^{0.0550} \cdot 7^{0.2634} \cdot 5^{0.5638} = 5.2567 \quad (16)$$

$$I_{PT,1} = 3^{0.2297} \cdot 2^{0.1220} \cdot 2^{0.6483} = 2.1952 \quad (17)$$

$$I_{PT,2} = 4^{0.2297} \cdot 4^{0.1220} \cdot 3^{0.6483} = 3.3194 \quad (18)$$

3.3 XX-2新型制导雷达各阶段大修工时

由推导公式可计算得出各阶段的修复时间。

拆卸阶段:

$$M_{CX,2} = \frac{I_{CX,2}}{I_{CX,1}} M_{CX,1} = \frac{3.3302}{2.2208} \times 800 \approx 1200(\text{h}) \quad (19)$$

全面修复阶段:

$$M_{QX,2} = \frac{I_{QX,2}}{I_{QX,1}} M_{QX,1} = \frac{5.2567}{2.6367} \times 70400 \approx 14305(\text{h}) \quad (20)$$

拼装调试阶段:

$$M_{PT,2} = \frac{I_{PT,2}}{I_{PT,1}} M_{PT,1} = \frac{3.3194}{2.1952} \times 800 \approx 1209(\text{h}) \quad (21)$$

从而可较为准确地预测出XX-2新型制导雷达各个阶段的大修工时。

4 结语

实例中没有给出调整系数的计算,这是因为为了便于计算而假设两套同系列装备由同一组专家作出评估,故其在同样的主观评价标准下,所以两套装备的调整系数相同。最近几年,我国装备的更新速度非常快,部分新装备已面临大修问题。运用幂指数的指数比增长^[8]的边际效益,调整系数的合理运用,按大修流程的三个阶段进行合理分配,并同该大修厂已大修过的某型装备运用幂指数法进行对比,预测完成一套新型装备大修各个阶段的维修工时,实例结果也基本与实际一致。该方法为合理确定该大修厂的维修技术人员,合理制定大修计划,提高大修效率具有一定的指导意义。

参考文献:

- [1] 马秀红,宋建设,董晟飞. 基于回归分析的备件故障率预测模型[J]. 计算机仿真,2003,20(11):6—8.
- [2] 沈云峰. 基于神经网络的工程装备战损率预测[J]. 工兵装备研究,2001(3):56—60.
- [3] 王钰. 基于改进BP神经网络的预测模型及其应用[J]. 计算机测量与控制,2005,13(1):39—42.
- [4] 闫莉,陈青. 区域物流规模的改进灰色马尔可夫预测[J]. 包装工程,2009(7):52—55.
- [5] 刘晓倩. 地空导弹制导雷达大修质量评估[D]. 西安:空军工程大学,2007.
- [6] 总装备部. 国防系统分析方法[M]. 北京:国防工业出版社,2003:100—200.
- [7] 徐学文,王寿云. 现代作战模拟[M]. 北京:科学出版社,2002:2—17.
- [8] 刘军,贾道金. 运用幂指数对比法预测装备战损率[J]. 装备指挥技术学院学报,2007,17(1):6—9.