

弹载光电系统储存可靠性的相似性分析

陈忠振¹, 许路铁¹, 俞卫博¹, 姜欣明²

(1. 军械工程学院, 石家庄 050003; 2. 65186部队, 铁岭 112000)

摘要: **目的** 探索弹载光电系统储存可靠性相似性分析的一般方法。**方法** 运用相似理论,从储存可靠性的影响因素入手确定相似元,给予相似倍数合理赋值,对权重值进行平权处理,得出系统间的相似度。**结果** B,C,D系统与A系统的相似度分别为97.71%,74.17%,69.17%,有效地解决了相似度计算复杂的问题。**结论** 越是新型弹载光电系统之间储存可靠性相似度越高。

关键词: 相似理论; 储存可靠性; 弹载光电系统; 红外敏感器; 弹药

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2013.06.029

中图分类号: TJ410 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2013)06-0136-04

Similarity Analysis of Storage Reliability of Ammunition-borne Photoelectric System

CHEN Zhong-zhen¹, XU Lu-tie¹, YU Wei-bo¹, JIANG Xin-ming²

(1. Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China; 2. Troop 65186, Tieling 112000, China)

ABSTRACT: **Objective** To explore the general method for similarity analysis of storage reliability of ammunition-borne photoelectric system. **Methods** Through the use of the influencing factors to determine the similarity units, using the similarity theory, given rational assignments of similarity multiples and equally treated weight values, the similarity between the systems was obtained. **Results** The similarity between B, C, D system and A system respectively was 97.71%, 74.17%, and 69.17%. **Conclusion** The problem that similarity calculation was complex had been effectively solved and the conclusion was drawn that higher similarity of storage reliability was found between the newer ammunition-borne photoelectric systems.

KEY WORDS: similarity theory; storage reliability; photoelectric system; infrared sensor; ammunition

由于新型弹药列装时间短,缺乏自身的检测和统计数
据,对及时掌握弹药特别是弹载光电系统的储存可靠性带来了难度。对新型弹载光电系统开展
储存可靠性研究,进行储存可靠寿命预测,是一项重

收稿日期: 2013-06-19; 修订日期: 2013-07-15

Received: 2013-06-19; Revised: 2013-07-15

作者简介: 陈忠振(1987—),男,山东济南人,硕士研究生,主要从事弹药检测技术与质量评估研究。

Biography: CHEN Zhong-zhen (1987—), Male, from Jinan, Shandong, Master, Research focus: ammunition detection technology and quality assessments.

要而又紧迫的任务。因相似理论具有成本低、准确性高和较好的预测性等优点^[1-2],可充分利用已有的弹载光电系统储存可靠性研究数据和结论,对新型弹载光电系统进行储存可靠性预估提供一种有效途径。进行弹载光电系统之间相似程度分析是利用已有弹载光电系统储存可靠性数据和结论的前提。

1 相似性分析

1.1 基本理论

当两系统间存在相似性要素和相似特性时,则两系统称相似性系统,即一系统相似于另一系统^[3]。当两系统存在相似性时,系统间对应要素为相似要素,相似要素构成系统间的相似元。相似系统之间相似程度即相似度用相似元的数值表示。由于复杂系统的相似性具有层次性^[4],在进行系统相似性分析时系统的层次必须一一对应。

1.2 相似系统的数学模型

相似系统理论,不仅研究系统间存在的相似性,而且研究相似性大小。系统的相似性大小与系统的组成要素多少及其特性有关,与系统间相似要素数量和每一相似要素相似程度有关。

设A系统和B系统分别由 k 个和 l 个要素组成,相似要素有 n 个,每一要素的相似程度用相似元值 $q(u_i)$ 表示,则系统相似度 Q 为关于 $q(u_i)$ 的多元函数。可得其数学模型如图1所示。

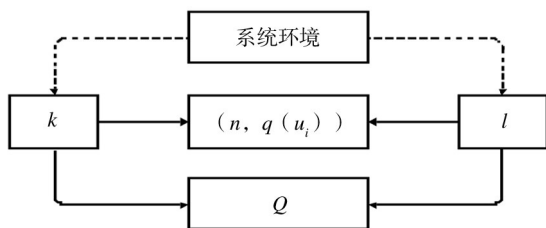


图1 相似系统的数学模型

Fig.1 The mathematical model of similarity theory

由该模型可进一步表示为:

$$Q=f(k,l,n,q(u_i)), i=1,2,3,\dots,n \quad (1)$$

式中: $1 \leq n \leq \min(k,l)$ 。

在实际应用中,通常使用公式(1)的具体表现形

式:

$$Q=Q(A,B)=\frac{n}{k+l-n} \sum_{i=1}^n \beta_i q(u_i) \quad (2)$$

式中: β_i 代表第 i 个相似元数值 $q(u_i)$ 的权重系数。

1.3 一般方法

1.3.1 相似元的确定及其计算方法

相似元的构造方法分为经典相似元、可拓相似元和模糊相似元^[5],常用的是经典相似元。相似元由相似要素构成,因此相似元的数值与相似要素的特征数目及每一特征的特征值大小有关。为了构造相似元,必须对系统间要素及其特性进行分析,通过特性相似来识别相似要素。当每一相似要素可转化为单值量时,则单值量对应成比例,结合每一特性对相似元数值影响的权重值,可构造出可量化的相似元。

根据分析可知,相似元数值由相似要素的相似倍数 c (相似要素的单值各自互成比例,其比例系数称为相似倍数)和各要素特性对相似元数值影响的权重系数 d 共同决定。

$$q(u_i)=d_i c_{i1}+d_i c_{i2}+\dots+d_m c_{im}=\sum_{j=1}^n d_j c_{ij} \quad (3)$$

式中: $0 \leq d_j \leq 1, 0 \leq c_{ij} \leq 1, 0 \leq q(u_i) \leq 1, \sum d_j=1$ 。

1.3.2 确定权重值 β_i

从客观角度可以认为,每一相似元对相似度的影响是不可能完全等同的。目前确定权重值的方法有多种:模糊数学法、数理统计、专家打分和实验方法等。周美立^[3]参考层次分析法,把相似元作为评价因素,建立评价因素集,进行了权重值确定。

1.3.3 确定相似度

在确定相似元的过程中,可确定相应的参数 k, l, n 。因此在相似元构造完成后,把计算出来的相似元数值 $q(u_i)$ 和对应的权重值 β_i 带入公式(2)可得到系统相似度。

2 相似理论在弹载光电系统储存可靠性相似分析的应用

红外敏感器作为新型弹载光电系统,由于列装时间短,无法利用自身有效数据进行储存可靠性分析。因此为了充分利用已有类似系统的储存可靠性

研究成果,现以红外敏感器为参考对象,将导引头、某X引信和某Y引信分别与其进行相似性分析,首先将红外敏感器与导引头,分别作为A系统和B系统作为重点分析。

2.1 构造相似元并确定数值

虽然红外敏感器和导引头都作为弹载光电系统,但是都是非常复杂的弹药系统,涉及很多学科的知识,因此很难从某一方面的特性进行相似性分析。在进行复杂系统相似性分析时,通常采用结构和功能相似相结合的方式^[4]。为了能够充分利用相似理论,文中从影响弹载光电系统的影响因素入手,确定相似元。在弹药研究中,通常认为影响弹药储

存可靠性的因素主要包括以下4种:弹药系统所在的储存环境;弹药系统所完成的功能;弹药系统自身的结构特性;弹药系统自身的密封性能^[6]。

将2个系统的相似元定为储存环境、功能、结构特性和密封特性,分别用 $q(u_i)$ 来表示,其中 $i=1,2,3,4$ 。在对A系统和B系统做相似分析时,可规定把A系统中的相似要素单值都取1,B系统中的要素单值与之相比,若十分相似则相似倍数 c 取1,若基本相似则相似倍数取0.5,若无相似则相似倍数 c 取0。由于弹药储存环境一致,故可认为储存环境相似元 $q(u_1)$ 值为1。

在对A系统和B系统的功能做相似分析时,可将A系统和B系统的相似特性做对比,见表1。

表1 储存环境相似元 $q(u_2)$ 中的相似倍数

Table 1 Similarity multiples of the storage environment similarity units $q(u_2)$

功能特性	保险	解除保险	探测目标	区分目标	起爆	引导命中
相似倍数 c_{2j}	c_{21}	c_{22}	c_{23}	c_{24}	c_{25}	c_{26}
A	1	1	1	1	1	1
B	1	1	1	0	1	1

根据研究需要,在现有条件下,假设每一特性对相似元值影响是平权,即 $d_j=1/6$,则根据公式(3)可得: $q(u_2)=\frac{5}{6}$,满足 $0 \leq q(u_i) \leq 1$ 的条件。

同理,在深入分析A,B系统结构特性基础上,可通过表2对相似元 $q(u_3)$ 相似分析。

将 c_{3j} 的数值和 $d_j=1/4$ 带入公式(3)可得: $q(u_3)=\frac{7}{8}$,满足 $0 \leq q(u_i) \leq 1$ 的条件。

A系统和B系统的密封特性在4个相似元中,属于比较容易对比的。同理,也可以放入表3进行相似分析。

将由表3得到的数值 c_{4j} 和 $d_j=1/5$ 带入公式(3)可得: $q(u_4)=\frac{4}{5}$,满足 $0 \leq q(u_i) \leq 1$ 的条件。由此,4个相似元值全部确定,见表4。

表2 结构特性相似元 $q(u_3)$ 中的相似倍数

Table 2 Similarity multiples of the structural property similarity units $q(u_3)$

结构特性	复杂的光、电系统	使用了集成运放与集成稳压模块	包含大量的电容器、电阻器等电子元器件	采用热敏、光敏探测元件与光学器件结的复合探测模式
相似倍数 c_{3j}	c_{31}	c_{32}	c_{33}	c_{34}
A	1	1	1	1
B	1	1	1	0.5

2.2 确定弹载光电系统相似性

由于各相似元的数值已经确定,在计算系统相似度时还要确定每个相似元对相似系统相似性影响

的权重值 β_i ,层次分析法过于复杂^[3,7]。为了简化,采用平权的方式^[7],设定 $\beta_1=\beta_2=\beta_3=\beta_4=1/4$ 。此时 k, l, n 均为4,结合公式(2)可得: $Q(A, B)=87.71\%$ 。

设某X引信和某Y引信分别为C系统和D系统,

表3 密封特性相似元 $q(u_4)$ 中的相似倍数Table 3 Similarity multiples of the sealing property similarity units $q(u_4)$

密封特性	铁筒包装	外有木质包装箱	铁筒内充氮密封	筒体与筒盖之间有橡胶密封圈	所有连接和结合面均有密封胶或润滑脂
相似倍数 c_{4j}	c_{41}	c_{42}	c_{43}	c_{44}	c_{45}
A	1	1	1	1	1
B	1	1	0	1	1

表4 A和B系统的相似元值

Table 4 Values of similarity units in systems A and B

$q(u_1)$	$q(u_2)$	$q(u_3)$	$q(u_4)$
1	5/6	7/8	4/5

采用相同方法,可得 $Q(A, C)=74.17\%$, $Q(A, D)=69.17\%$ 。

由此可见, $Q(A, B) > Q(A, C) > Q(A, D)$, B, C, D系统都与A系统在储存可靠性方面存在很大相似性,其中B系统与A系统的相似度最高。故在研究A系统储存可靠性时,可将B系统作为重点参照体,C系统和D系统也具有极高的参考价值。

3 结语

相似性分析,是新型弹载光电系统特别是红外敏感器借用已有弹载光电系统储存可靠性研究数据和结论的前提。弹药系统尤其是高新技术弹药系统是一个越来越复杂的集成系统,这给进行相似性分析带来了难度,尤其是很难选取单一的相似特性。目前针对权重值的计算方法有很多,但是针对弹药系统还没有一个统一的算法。因为弹药系统是长期储存一次消耗的产品,任何一个单元出现问题都可能导致最终作用失效,所以很难说哪个相似元权重值更大。文中从影响储存可靠性的因素入手来确定相似元和采用平权的方式确定权重值,大大简化了相似性分析的难度,可为以后进行类似分析提供参考。

参考文献:

- [1] NIKONENKO V V, PISMENSKAYA N D, ISTOSHIN A G, et al. Description of Mass Transfer Characteristics of ED and EDI Apparatuses by Using the Similarity Theory and Compartmentation Method[J]. Chemical Engineering and Processing, 2008, 47(7): 1118—1127.
- [2] MARQUES F E P, S&L D A, KARAM H A, et al. Atmospheric Surface Layer Characteristics of Turbulence above the Pantanal Wetland Regarding the Similarity Theory[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2008, 148(6—7): 883—892.
- [3] 周美立. 相似学[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1993: 183—196.
ZHOU Mei-li. Similarity Theory[M]. Beijing: China Science and Technology Press, 1993: 183—196.
- [4] 刘云, 王艾伦. 复杂系统相似性原理与相似条件[J]. 系统工程学报, 2009, 24(3): 350—354.
LIU Yun, WANG Ai-lun. Research on Similarity Principles and Requirements for Complex-system[J]. Journal of Systems Engineering, 2009, 24(3): 350—354.
- [5] 周美立. 相似系统论[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1994: 40—54.
ZHOU Mei-li. Similarity System Theory[M]. Beijing: Science and Technology Literature Press, 1994: 40—54.
- [6] 李明伦, 李东阳, 郑波. 弹药储存可靠性[M]. 北京: 国防工业出版社, 1997: 74—80.
LI Ming-lun, LI Dong-yang, ZHENG Bo. Ammunition Storage Reliability[M]. Beijing: National Defence Industry Press, 1997: 74—80.
- [7] 朱洪涛, 李东阳. 基于相似性理论的弹药相似性分析[J]. 科学技术与工程, 2007, 7(3): 381—383.
ZHU Hong-tao, LI Dong-yang. Similar Analysis of Ammunition Based on Similarity Theory[J]. Science Technology and Engineering, 2007, 7(3): 381—383.