

弹药可靠性数据分析方法研究^{*}

孙德福^{1,2}

(1 北京大学信息科学技术学院,北京 100081;2 装甲兵工程学院,北京 100072)

摘要:分析了弹药可靠性数据的产生和收集方法,指出应分别建立弹药各部件的可靠性数据库,并提出了弹药可靠性数据分析技术中的几个关键点。结合实际应用,介绍了利用主次图法对弹药可靠性数据进行失效分析的方法,由此可以找出影响产品作用可靠性的关键部件。

关键词:弹药;可靠性数据;失效分析;主次图法

中图分类号:TJ41 文献标志码:A

Research on Analytic Method about Reliability Data of Ammunition

SUN Defu^{1,2}

(1 School of Electronics Engineering and Computer Science, Peking University, Beijing 100081, China;

2 The Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China)

Abstract: The generation and collection methods of ammunition reliability data were analyzed. It is pointed that the reliability database of each component in the ammunition system should be established. Then, some key points of the ammunition's reliability data analysis were put forward. Based on practical application, a method using the primary and secondary diagram to make failure analysis of the ammunition's reliability data was introduced, which can find the key components influencing on the function reliability.

Keywords: ammunition; reliability data; failure analysis; primary and secondary diagram

0 引言

弹药产品的可靠性数据是指在弹药各项可靠性工作及活动中所产生的描述产品可靠性水平及状况的各种数据,可以是数字、图表、符号、文字和曲线等形式,收集可靠性数据是为了在弹药产品寿命内有效的利用数据,为改进弹药产品的设计、生产提供信息,为管理提供决策依据,为保证弹药产品的可靠性服务。

1 弹药产品可靠性数据的来源

弹药产品寿命周期各阶段的一切可靠性活动是弹药系统的可靠性数据的产生源,所以可靠性数据的来源贯彻于产品的设计、制造、试验、贮存、使用等的整个过程,如研制中的可靠性试验、可靠性评审报告,生产阶段的可靠性验收试验、制造、装配、检验纪录,元器件、原材料的筛选与

验收纪录,返修纪录,使用中的失效数据,报废纪录等^[1]。

弹药的可靠性数据主要从两方面得到:一是从实验室进行可靠性试验中得到,另一方面从弹药产品实际现场得到。从实验室得到的数据叫实验数据,而现场得到的数据叫现场数据,它们来自不同的寿命阶段。这两种数据是评估产品寿命各阶段的可靠性的重要依据,由于数据产生的条件不同,所用数据收集、处理分析的方法也不同,将它们有效结合,对分析弹药产品的可靠性工作有重要作用。

2 弹药系统可靠性数据的收集

2.1 确定弹药产品的可靠性数据的收集点

根据弹药系统的不同寿命阶段,将弹药系统划分为生产、验收、贮存和使用四个阶段。同时根据弹药系统的组成将其分为引信、装药弹体、

* 收稿日期:2008-09-04

作者简介:孙德福(1972-),男,山东莱西人,工程师,博士,研究方向:武器装备可靠性技术。

发射装药、药筒和点火具等,对每一个组成部分再分到零件或部件级,根据每一个零件或部件功能和结构形状将分为多种类别,如筒类、杆类、片类、簧类、电阻、电容、电池等种类。对每一个种类写出其失效事件名称,最后将每一种类零件的失效模式确定为弹药系统的可靠性数据收集点。对于新研制生产的弹药产品,应尽可能从头开始跟踪记录,以反映其不同寿命阶段的特点。

2.2 绘制数据收集的表格

根据可靠性数据收集点制定所需收集内

表 1 弹药可靠性数据收集卡

产品名称: _____ 试验阶段: _____ 厂名: _____ 负责人: _____ 年 月 日

零件类别	事件名称	检验数	失效数	检验条件	试验条件	检验时间	检验员	备注
类 别 一	事件 1							
	事件 2							
	事件 3							
	...							
类 别 二	事件 1							
	事件 2							
	...							
...								

2.3 数据收集的方式

在建立完善的数据收集系统以后,数据可依其传送的途径,按正常流通渠道进行。当数据收集系统尚不完善时,可用以下两种方式进行:一是在现场聘请信息员,让其按所要求的收集内容逐项填表,定期反馈;另一种方式是派专人下到现场收集,按预先制定好的计划进行。这两种收集方式的效果是相同的。

2.4 数据收集的质量

数据本身的质和量对数据分析的结果影响很大。从统计观点看,处理的数据量尽量大一些,分析后的结果更真实些。

在弹药产品数据的收集过程中,对质的要求也是至关重要的。首先数据收集应反映其真实性,不论在那个收集点,所记录的数据都应代表弹药产品真实状况,特别是对产品故障的描述,对产品发生失效的时机、原因、模式及造成的影响应有明确的记录。其二是数据的连续性,可靠性数据有可追溯性的特点,它反映了产品可靠性的趋势,因此要求数据的记录连续,其中最主要

的是产品开始工作、发生故障、中止工作的时间及对其中故障时的状况、返修及报废等情况的描述是重要数据。其三是数据的完整性,为了充分利用数据对弹药产品可靠性进行评估,更好的制定产品的监控措施,要求所记录的数据项尽可能完整。

弹药产品数据收集表格按试验阶段分类,可分为性能试验、生产检验、靶场试验等表格。各阶段的表格基本类似,如表 1 所示^[2]。

3 弹药系统可靠性数据库建立

弹药系统可靠性数据库是规范可靠性数据的重要途径,应用管理信息系统(MIS)建立一套具有快速报表、查询、统计、打开、保存等功能的弹药系统可靠性数据库可以对数据进行科学的管理,为定量计算提供详细的数据依据,为弹药系统科研技术工作者提供可靠性设计参考平台有很大的使用价值^[3]。

建立弹药系统可靠性数据库时,首先根据弹药系统使用阶段,分别建立发射周期前、发射周期内、安全距离内和作用时期等数据库,其中发射周期前、发射周期内、安全距离内主要考虑弹药的安全性,作用时期主要考虑弹药的作用可靠

性;再根据弹药系统的组成,分别建立引信、装药弹体、发射装药、药筒和点火具等部件数据库。依次类推,最后到达零部件级,再根据零部件的失效模式填写失效数据。可靠性数据库在弹药系统使用阶段各个过程中将逐步得到充实和完善。

4 弹药系统可靠性数据分析

4.1 失效数据的判定准则

失效数据是对弹药系统失效时状态的描述,产品不能完成规定的功能表现为:在规定的条件下工作时,一个或几个参数不能保持在要求的上、下限之间,其结构部件、组件、元件等在工作条件下破裂、断裂等,丧失完成功能的能力。根据弹药系统具体特点确定其失效判据,同时要区分关联失效和非关联失效。由于非关联失效是由于未按规定条件使用出现的失效,所以,非关联失效的数据将不予考虑。

判定准则确定之后,应对数据进行归类、分析和处理。根据零部件结构、功能和工艺等特点,通过统计或工程判断法研究其影响因素的重要度,分别给予系数(或权),并对其事件给予极值范围,以便操作。

4.2 弹药系统的可靠性数据分析

可靠性分析主要是对产品的失效进行分析,产品失效是由零部件的缺陷和性能失效引起的,也有人为因素引起的。失效分析就是要找出失效模式,分析失效原因、失效机理,该失效对产品及其分系统可能造成的影响,以寻求改善措施。

弹药产品可靠性数据分析法主要有主次分析法和寿命分布分析法两种。主次分析法是用统计的方法找出对弹药系统失效影响最大的因素,对弹药产品而言,可以从失效频数、失效原因、失效影响、发现时机等几方面进行,分析弹药产品时可以将影响弹药产品失效的频数按由大到小的事件顺序进行,再从弹药系统到分系统、部件、零件等逐层进行分析。在分析中,安全性因素应优先于作用可靠性因素。寿命分布分析是从弹药产品数据的统计分析中找出产品寿命分布规律,将其与故障发生的现象、原因进行分析比较,即可判断寿命分布的合理性,可从其规律预测产品的失效,为弹药产品的可靠性增长提

供理论依据。

4.3 利用主次图进行失效分析

对弹药产品的失效分析可以采用主次图法进行。主次图又叫巴雷特图或排列图,它是一种分析查找主要因素的直观图表,将要分析的因素按主次从左向右排列作为横坐标,纵坐标为各因素所占的百分比或累积百分比,由图可得到失效的主要原因及次要原因。

下面以某弹药组件为例利用主次分析法对其失效频次进行分析,并由此找出影响组件作用可靠性的关键部件。根据收集的可靠性数据绘制主次分析图,图 1 是该弹药组件中影响正常作用的主要部件主次分析图,图 2 是失效频次较高的部件主次分析图。

从图 1 中可看出,电源是影响该组件作用可靠性的主要部件,其次保险机构的失效也是一个重要影响因素。图 1 与图 2 比较后得出:电源虽然是该组件正常作用的核心部件,但失效频次较低;而保险机构是该组件失效频次最高、影响作用可靠性的关键部件;低频部件在故障频次排列中位居第二。由此看出,从不同的主次分析,得出的结论是不同的。

在对保险机构的主次分析中,得出了回转体部件、接电板部件、电拔销部件、惯性筒部件为关键部件,而回

(下转第 122 页)

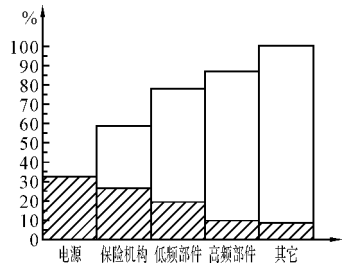


图 1 影响正常作用的主要部件排列图

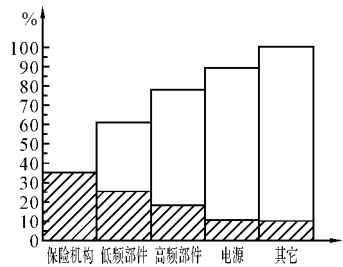


图 2 主要部件失效频次排列图

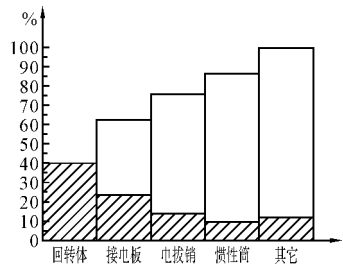


图 3 保险机构各主要部件失效频次排列图

表 1 BP 网络检验结果

P 数据空间	训练样本组	新样本组
	数据 / %	数据 / %
0 ~ 900	100	100
900 ~ 2500	0	0
2500 ~ 6400	0	0

表 2 基于 BP 网络的爆高延时方法仿真结果

项目	干扰量(最大 干扰量)/%	最大 $\Delta H/m$
基于 BP 网 络的爆高 延时方法	100 60 20	54.7 53.3 44.9
文献[1]建 立的爆高 延时方法	100 60 20	221.5 164.3 96.9

从表 2 的仿真结果可以看出,基于 BP 网络的爆高延时方法的计算精度能满足弹头解爆要求,与文献[1]建立的爆高延时计算方法相比,其爆高精度有提高,尤其在干扰量大时精度提高较大,分析其原因是 BP 网络具有较强的非线性过程辨识能力,更为真实地反映了爆高延时与轴向视加速度之间的关系,造成的方法误差较小。

另外,为了检验该 BP 网络模型能否用于导弹在线计算,在 PIII800 计算机上使用训练好的 BP 网络计算了 2000 组 ΔT ,总共用时 9s 左右,即一次计算平均只需 4.5ms,证实该方法能够适用于在线计算。

(上接第 115 页)

转体部件发生失效的频次占保险机构部件的 40%,如图 3 所示。因此提高回转体部件的工作可靠性是需要解决的重要问题。

5 结 论

在现代武器装备的质量中,弹药系统可靠性占有突出的重要地位,而可靠性数据的收集与分析技术是基础工作。通过分析表明,经过可靠性数据的收集和分析,可以发现弹药系统可靠性的

4 结 论

文中基于爆高延时的计算原理,根据 BP 网络的原理和方法,推导建立了基于 BP 网络爆高延时计算方法。通过仿真计算,证明了该方法是正确、可靠、可行的,并且其计算精度比目前的爆高延时计算方法更高。文中建立的基于 BP 网络的爆高延时计算方法对于提高爆高延时精度具有重要的应用和理论价值。但是需要注意的是 BP 网络方法在训练网络时需要选择合适的初值,否则容易陷入网络瘫痪,并且在 BP 网络训练前需要大量的仿真计算以获取训练样本,因此使用该方法计算爆高延时在发射前准备工作量较大,对发射时间有一定影响,因此在实际的工程应用中对训练样本获取和网络检验的优化方法还值得进一步研究。

参考文献:

- [1] 杨辉耀,王任成,邓方林. 弹道式再入飞行器高度惯性控制方法[J]. 宇航学报,1998,9(3):29-32.
- [2] 李曼苹,张劲峰. 基于神经网络的飞行器测高方案研究[J]. 系统工程与电子技术,2003,25(7):838-841.
- [3] 张毅. 地地导弹弹道学[M]. 北京:国防科技大学出版社,1999.
- [4] 蒋宗礼. 人工神经网络导论[M]. 北京:高等教育出版社,2001.
- [5] 陈祥光,裴旭东. 人工神经网络技术及应用[M]. 北京:中国电力出版社,2003.

薄弱环节,针对具体问题进行改进,对提高弹药系统的安全性和作用可靠性具有重要意义。

参考文献:

- [1] 张亚,徐建军,赵河明. 弹药可靠性技术与质量管理[M]. 北京:兵器工业出版社,2001.
- [2] 贺国芳,许海宝. 可靠性数据的收集与分析[M]. 北京:国防工业出版社,1995.
- [3] 吴雁,张亚. 引信失效底事件数据库的建立研究[J]. 探测与控制学报,1999,21(3):22-25.