

【武器装备】

基于 RCA 的舰船电子设备故障分析方法

周菲

(91872 部队,北京 100048)

摘要:结合舰船电子设备的具体情况,研究利用故障源分析(root cause analysis, RCA)技术对装备使用阶段故障数据进行处理和规范方法和其可靠性分析效果。

关键词:电子设备;可靠性;故障

中图分类号:TM732

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2011)10-0044-03

Fault Analysis Method of Electronic Equipment for Naval Vessel Based on RCA

ZHOU Fei

(Unit 91872 of PLA, Beijing 100048, China)

Abstract: Combined with actual situation of electronic equipment of naval vessel, the paper explored the canonical method of processing fault data in use stage of the equipment by the technique of root cause analysis for fault, and discussed its effect of reliability analysis.

Key words: electronic equipment; reliability; fault

随着信息化管理手段的丰富,很多装备积累了越来越多的故障数据,利用规范的统计方法来处理这些数据,以反映装备可靠性和使用时间关系,并提出针对性的改进建议,是装备使用阶段可靠性研究的重要内容。FMEA 是分析装备故障模式及其影响的经典方法,但是,该方法更侧重于装备设计阶段的系统分析,在装备使用阶段很少应用。本文将结合舰船电子设备的具体情况,探讨利用故障源分析(root cause analysis, RCA)技术对装备使用阶段故障数据进行处理和规范方法和其可靠性分析效果。

1 故障源分析

故障源分析(root cause analysis, RCA)是根据 FMEA 的基本原则,对经典的 FMEA 过程进行改进,使之满足使用单位对装备故障数据处理需求的一种改进 FMEA 方法^[1-4]。

RCA 的基础是经济学中常见的二八律,即 20% 的个体对系统能够产生 80% 的影响。在可靠性管理领域,该规律可以描述为:20% 或者更少的故障模式造成了系统 80% 或者更多的损失。换句话说,如果用户集中精力处理这 20% 的故障,就能够挽回 80% 的故障损失,这样,在相对比较少的投入

下,获得较大收益。

RCA 中的故障源,是指导致设备故障的基本原因,更直接地说,就是导致装备系统 80% 损失的那 20% 的故障模式,通过发现和消除这些故障源的过程,可有效防止同类故障的重复发生。

2 舰船电子设备故障数据收集表设计

基于 RCA 开展故障数据分析,可以采用 FMEA 的表格,也可以根据所分析装备的实际情况选择所关心的数据因素。对于舰船电子设备而言,本文重点考虑了故障发生时距上次故障发生的间隔时间、故障发生时间、故障部位、故障件的名称(分机、板件或者元件型号)、故障时机、故障模式、以及故障影响等。为了便于数据采集和后续处理,故障时机、故障模式和故障影响 3 个因素采用了分类单选方法。完整的数据采集表格如表 1 所示。

此次故障数据分析,从 2008 年 5 月开始,至 2010 年 1 月 20 日止,以某单位的甲、乙两条新型舰船为对象,收集了 2 条舰船的 65 余条故障信息。

收稿日期:2011-08-12

作者简介:周菲(1978—),女,工程师,主要从事装备可靠性信息管理研究。

表1 舰船电子设备故障数据表格

故障部位(接口及连接线)	故障分机及型号	故障间隔时间
故障板件及型号	故障元件及型号	故障发生时间
		年 月 日 时
故障时间	<input type="checkbox"/> 启动 <input type="checkbox"/> 正常使用 <input type="checkbox"/> 武器使用 <input type="checkbox"/> 停机 <input type="checkbox"/> 维修调试 <input type="checkbox"/> 其他(文字描述)	
故障模式	<input type="checkbox"/> 短路 <input type="checkbox"/> 断路 <input type="checkbox"/> 击穿 <input type="checkbox"/> 漂移 <input type="checkbox"/> 低效 <input type="checkbox"/> 腐蚀 <input type="checkbox"/> 老化 <input type="checkbox"/> 磨损 <input type="checkbox"/> 断裂 <input type="checkbox"/> 接触不良 <input type="checkbox"/> 待检测	
故障影响	<input type="checkbox"/> 整机功能完全丧失 <input type="checkbox"/> 整机功能部分丧失 <input type="checkbox"/> 性能指标下降 <input type="checkbox"/> 无影响	
故障现象及原因分析		

3 基于 RCA 的故障数据分析

3.1 高频故障元件的统计分析

舰船电子设备主要采取换件修理的方式,因此其故障隔离基本单元为元件,此次故障数据收集,共收集到20余类电子元件的故障数据,各类元器件的故障频次统计数据见表2。

表2 高频故障件分布情况

装备名称	故障数量	故障频次百分比/%
声纳	32	49
雷达	10	16
控制系统	5	7
通信系统	3	5
其他	15	23

基于 RCA 中的二八定律,对上述电子元器件的故障频次进行分析可知:在分类方面,超过80%的电子元器件在此近两年期间只发生了1~3次故障。对于这些故障,可以认为是随机故障,在没有更多故障数据积累的前提下,这些装备型号的故障也只能采取事后维护或者换件修理的方法。

但是,需要注意的是:故障数据中,舰上所安装声纳的故障频次高达32次,占有设备故障频次的49%,远超过其他电子元器件的随机故障频率。对声纳故障数据进一步分析,发现两条舰船中电子设备的故障总是重复发生,表明该设备有可能从设计、安装等方面存在重大缺陷。建议对此品牌的

声纳在国内范围内进行排查和改进设计,同时要准备有足够的备件,以满足舰船的维修需求。

3.2 高频故障模式分析

由于电子设备的故障模式相对比较稳定,此次故障分析,共设定了短路、接触不良、老化、磨损、漂移、击穿、腐蚀、低效、断路、断裂等10种典型故障模式。不同故障模式的出现频次见表3所示。

表3 故障模式频次分布表

故障模式	故障频次	所占百分比/%
断路	40	61.5
低效	8	12.0
短路	6	9.0
击穿	3	5.0
腐蚀	3	5.0
漂移	2	3.0
接触不良	1	1.5
老化	1	1.5
磨损	1	1.5

从表3中可以看出:断路是舰船电子设备最常见的故障模式,该故障模式的出现频次占到有登记故障模式的61%,其次是低效、短路、击穿等故障模式。对这些高频故障模式的统计,一方面有利于在现役电子设备故障诊断中进行有目

的检测,更主要的是,在后续的针对类似电子设备的改进设计中,应有意识地预防这些高频故障模式的出现,提高其可靠性。

3.3 故障影响分析

此次故障信息统计过程中,电子设备的故障影响分为无影响、性能指标下降、整机功能部分丧失、整机功能完全丧失4个级别。故障的严重程度依次上升。所收集的故障影响分布情况如表4所示。

表4 故障影响频次分布表

整机功能完全丧失	整机功能部分丧失	性能指标下降	无影响
39	22	1	1

从表7和图13可以看出,在所登记的65个故障影响中,整机功能完全丧失的为100个故障,占故障总数的58%多;如果加上整机功能部分丧失的62个故障,则具有这2个最严重影响故障则占到了故障总数的94%。这一统计比例充分说明了在拥有高密度电子设备的现代化舰船中,电子设备故障对装备整体性能的影响十分严重,有时,尽管是一个的板卡或者元件损坏了,甚至只是连接不牢固,但是故障发生后,装备有高达94%的可能会造成整个电子设备的失效或者部分失效。这一统计数据要求我们必须重视舰船电子设备的可靠性问题,通过各种手段避免这些故障的发生。

3.4 故障发生时机统计分析

故障信息登记时,增加了故障发生时机的选项,并把故障发生时机分为正常使用时、维护调试时、启动时和停机时4种情况。统计结果见表5所示。从该统计结果看,舰船电子设备的故障发生时机绝大多数集中在启动时,启动时所发生的故障占总故障数的74%。

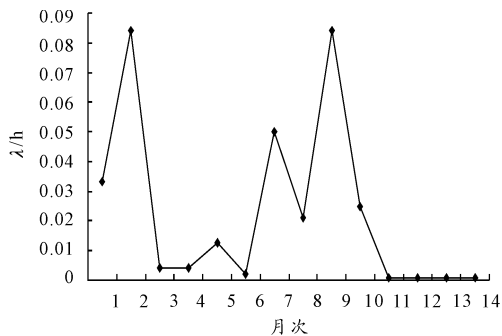
舰船启动时,故障发生率高的主要原因有以下几个方面:一是电子设备启动时的工况不确定,例如一些连接虚焊或者由于装备使用过程中震动造成的松动往往在启动瞬间造成电流过大或者负载不稳定,导致电子元器件很容易发生故障,尤其是一些原本可靠性不高或者性能有潜在缺陷的,在这种极端工作条件下,更容易暴露出这些缺陷。二是现在电子检测技术的发展使得很多复杂电子设备启动时具备了一定的自检功能,故障更容易在自检阶段被发现。

表5 故障发生时机统计表

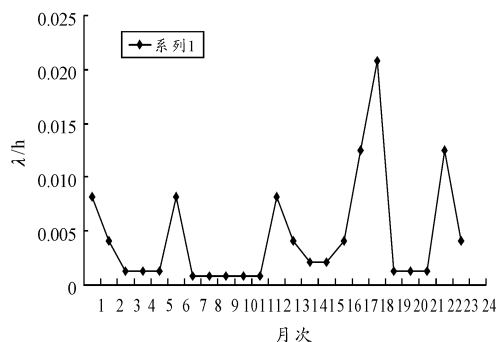
启动	正常使用	维护调试	停机
48	14	2	1

4 舰船电子设备的可靠性分析

月17日止,410天(约计14个月,每天工作8小时)时间里共发现故障40起,平均故障间隔时间为82h。平均故障率 λ (平均)=0.012次/h。按月统计,则该艇的故障率曲线如图1(a)所示。B舰从2008年3月5日到2010年1月6日,670天共登记22个故障,其故障平均间隔时间为243.6h。平均故障率 λ (平均)=0.004次/h。按月统计,该舰的故障率如图1(b)所示^[5]。



(a) A舰的故障率曲线



(b) B舰的故障率曲线

图1 两舰电子设备故障率曲线示意图

从图1可以看出:每隔半年左右,就有一次故障高发期。两艘舰船都呈现出这种规律,正常来讲,电子产品的故障规律基于指数分析,不应该有这种集中时间段的故障高发期。因此怀疑这种故障高发期与装备的训练周期或者检查周期有关。换句话说,可能有些故障,在装备不动用的时候,不能发现,只有在集中动用或者集中检查的时候,这些故障才能暴露。因此本报告所计算的平均故障间隔时间,有可能与产品的实际情况存在一定偏差。

5 结束语

课题针对舰船电子设备的故障历史数据引入了RCA分析方法,运用经济学中的二八定律确定了对舰船电子设备失效有重要影响的高频故障部件、重要故障模式故障,确保了装备维修或者改进设计的重点工作和效益,为海军各种装备故障数据的分析和维修、改进提供了科学的分析方法。

(下转第50页)