

弹载雷达系统的可靠性研究*

史连艳 宋文渊 尉广军

(军械工程学院导弹工程系 石家庄 050003)

【摘要】 弹载雷达系统作为一种成败型工作的复杂系统,具有故障后果严重及无事后维修性等特点。本文在对弹载雷达系统的储存可靠性进行计算机仿真的基础上,通过对其进行 RCM 分析,提出了周期可靠性思想,探讨了依靠该思想来维持弹载雷达系统结构定期高可靠性的方法及可靠性设计流程。

【关键词】 弹载雷达,结构可靠性,储存可靠性

Reliability Analysis of Radar System on Missile

SHI Lian-yan SONG Wen-yuan WEI Guang-jun

(Missile Engineering Department, Ordnance Engineering College Shijiazhuang 050003)

【Abstract】 As a complex system with F/S work type, the radar system on missile can't be corrective maintenance and its failure effect is critically. Based on the computer simulation of a radar system's storage reliability on missile, a cycle reliability idea is prevent in this paper through RCM analysis. According this idea, the reliability design process and a method are given to keep the system structure reliability high during a certain period.

【Key words】 radar on missile, structure reliability, storage reliability

1 引言

导弹系统在服役期内,大多时间处于存储状态,其时间占全寿命的 90% 以上,导致导弹装备日常维护费用很惊人。目前我国各型导弹的设计均要求高可靠性及高寿命,而二者与维修性的结合则考虑较少,并且由于科技的进步,武器系统的更新速度也在加快。鉴于以上原因,本文基于预防性维修理论,以某型弹载雷达为背景考虑适当减低它的可靠性寿命,提出了高可靠性周期的概念。根据这一思想设计雷达系统的结构可靠性将变目前的被动维修为主动维修,在一个可靠性周期中只适当增加一次维修费用,而降低整个周期的维修费用,同时保持高可靠度。

2 某弹载雷达系统储存可靠性分析

“可靠性是设计出来、生产出来和管理出来的”,设计出来的雷达系统的可靠性要想得以保持就必须对其存储可靠性进行研究。近年来不少学者运用计算机仿真方法寻求对可靠性的分析研究,已经取得了有意义的结论。本文采用此种方法结合数据库技术,对系统的储存可靠性进行了仿真研究。

2.1 仿真流程

- 1) 数据收集。对某型弹载雷达收集 47 个故障间隔时间,此处不罗列。
- 2) 建立故障图谱。依据一定的假设对故障发生的时间在一个可靠性周期内进行插分。
- 3) 故障规律初步分析。判断故障发生的聚集期或聚集部位,以便制定积极的措施进行维修,保证系统周期可靠性。
- 4) 确定故障概率分布,建立故障概率分布表。
- 5) 绘制可靠度和故障概率曲线。

2.2 仿真结果

根据所收集的 47 个故障间隔时间的原始数据来绘制的可靠度曲线和故障概率曲线如图 1、图 2 所示。对图 1 进行分析可知,可靠度

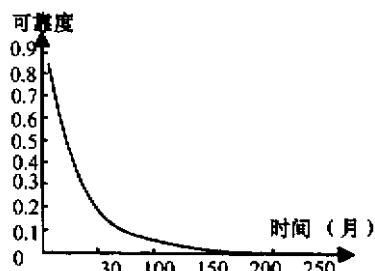


图 1 可靠度曲线

保持在 0.7 以上的时间不超过两年;图 2 的早中期及中后期故障率曲线则可计算出平均故障间隔时间:MTBF=33.74(月),平均维修费用 C=627(万元)/年。运用这种离散事件计算机仿真方法,分析系

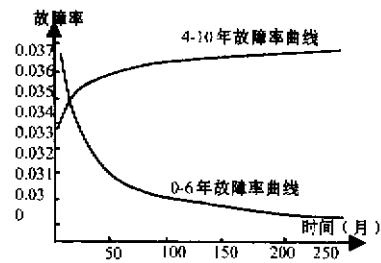


图2 故障率曲线

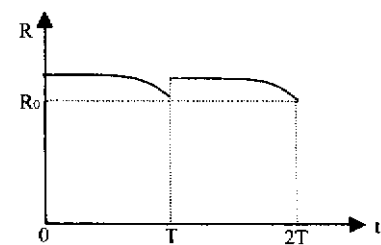


图3 设计后系统可靠度曲线

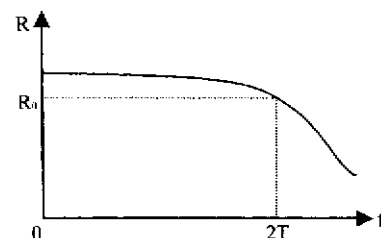


图4 设计前系统可靠度曲线

统的可靠性水平，便于制定积极的措施进行预防性维修，保证系统的周期可靠性。

3 某弹载雷达系统的结构可靠性设计

3.1 周期可靠性

周期可靠性是要求在维修间隔期内系统保持高可靠度，在系统到达设计的工作周期(T)后，通过主动维修实现系统可靠度跳跃式恢复，如图3，而不是如图4所示将系统可靠度曲线设计成一次性满足可靠性大纲的指标要求，在服役过程中等发现或出现故障后再进行事后维修。考虑预防性维修后的可靠性设计，其主要变化体现在可靠性指标的确定、分配和结构的可维修性设计上。本文在周期可靠性设计的思想基础上，提出了一种逐级等分法来进行系统结构可靠性的分配，即将影响系统的所有重要单元按其贵重度、故障影响度、获取难易程度、结构可塑性及其对可靠性、维修性和平均寿命的不同要求划分为三个等级，详见表1。其中最重要的一级将其可靠性指标设计为高可靠性高寿命；第二级设计为高可靠性高维修性，而其平均寿命应与维修间隔期、现行维修保障制度相一致，这样该级单元由于具有高维修性就可以通过高效低费用维修解决其寿命相对较短问题，从而实现与第一级单元相匹配；对于第三级单元，由于其故障后果对全系统的影响轻微，其本身只起到一些辅助作用，因此不必对其进行特别设计。

这样，系统的可靠性可视为由第一级单元组成的子系统Ⅰ和由第二级单元组成的子系统Ⅱ串联而成，设系统可靠度用 R_s 来表示，子系统Ⅰ的可靠度

为 R_1 ，子系统Ⅱ的可靠度为 R_2 ，则有

$$R_s = R_1 \cdot R_2 \quad (1)$$

表1 各级单元特点及要求一览表

项目	第一级单元	第二级单元	第三级单元
故障后果	很严重或可直接引起其他严重的故障	严重	轻微
贵重性	很贵重	不贵重	
可获取性	不易获得	容易获取	
结构可塑	不可塑	可塑	
$R(t)$ 要求	高	高	
$M(t)$ 要求		高	
寿命要求	高	低	
说明	前四项具备一项即属于该级		

对于第一级单元的可靠性设计，应按国家军用标准予以设计，对于第二级单元的可靠性设计中，各单元的平均寿命可根据其获取费用与维修费用关系综合权衡后确定，除平均寿命外的其它各项指标应与第一级相一致。在第二级单元的可靠性分配时使用等分法。设子系统Ⅱ由 N 个单元组成，每个单元的可靠度用 R_i 表示则有^[3]

$$R_2 = \prod_{i=1}^N R_i \Rightarrow R_i = N \sqrt[N]{R_2} \quad (2)$$

3.2 弹载雷达系统的预防性维修工作类型及其间隔期的确定原则

弹载雷达系统的工作类型采用逻辑决断法来确定，只不过这里的逻辑决断的依据与目前RCM中的逻辑决断有所不同，它是以元部件是否贵重、故障后果是否严重、备件是否容易得到以及部件的位置与结构是否可塑等四项为原则进行决断的。雷达维修周期对于经典成败型的重要元部件来说，由其故障规律来确定，对于其功能故障有渐变特性的重要元部件，可以找到伴随该渐变过程的表征参量，通过对参量实施有效的检测监控来确定。

3.3 周期可靠性设计步骤

- ① 确定系统结构，绘出系统功能结构图；
- ② 确定系统重要功能部件；
- ③ 重要部件的特性分析；
- ④ 可靠性指标分配；
- ⑤ 根据分配的可靠性指标确定第二级单元更换寿命；

(下转第19页)

$C_{inf\Sigma} = 0.9(0.9 \times \frac{12}{36} + 0.9 \times \frac{13}{36}) = 0.5625$

设遭受攻击后,团站 1 至旅中心站 3 的通讯线路中断,于是只剩 25 条通讯线路,即 $b=25$,非连通网数目 $B_K=1$,则

$$R_q(G') = 1 - \sum_{k=b}^L B_k(1 - q)^{L-k} q^k \cong 1$$

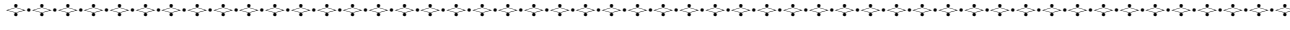
于是

$$P_{sur} = C_{over\Sigma} \cdot C_{inf\Sigma} \cdot R_q(G') = 0.9797 \times 0.5625 \times 1 = 0.55$$

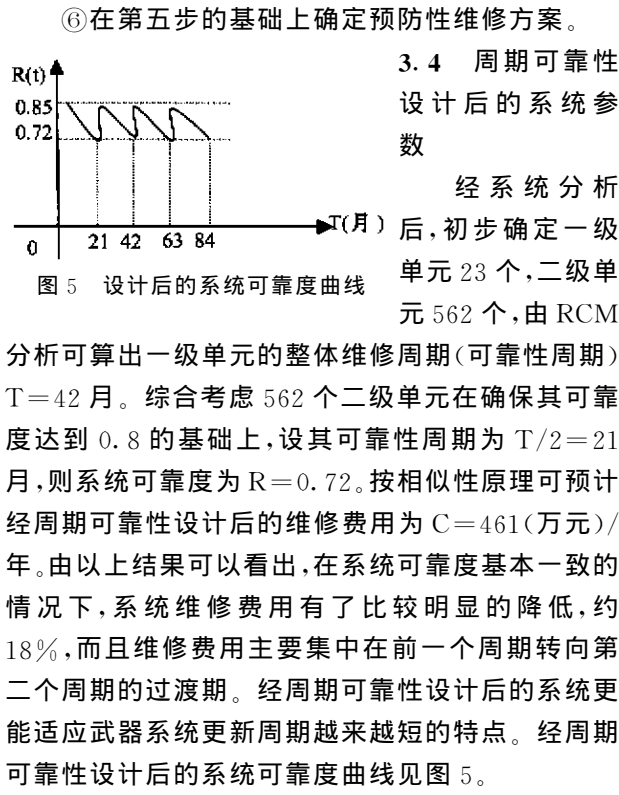
这一结果定量地描述了某集团军雷达情报网的生存能力。

5 结束语

对空监视雷达网作战效能综合评估及部署优化是当前受到广泛关注的问题,而其生存能力评估是其中的一项重要的基础性课题。本文作者提出了一种具体的定量评估方法,并将其用于现役雷达网部署优化问题的研究,达到了预期的效果。



(上接第 6 页)



4 结 论

通过上述分析可见,经过周期可靠性分析后,某弹载雷达系统在周期 T 内可靠度有较大程度的提高,而在可靠性周期内的维修费用并无明显的提高。

参 考 文 献

- 1 徐绪森,王宏济等. 装备维修工程学. 北京:国防工业出版社,1994
- 2 杨为民等. 系统可靠性数字仿真. 北京航空航天大学出版社,1990
- 3 王进才. 某型弹载雷达储存可靠性仿真研究. 军械维修工程,2000(2)
- 4 刘松. 武器系统可靠性工程手册. 国防工业出版社,1992

史连艳 硕士,1994年毕业于哈尔滨工业大学导航、制导与控制专业,现从事控制系统设计与仿真、制导系统研究工作。

宋文渊 硕士,1994年毕业于军械工程学院弹药工程专业,现从事武器运用工程与结构可靠性研究工作。

尉广军 硕士,1988年毕业于军械工程学院战术导弹工程专业,现从事检测系统设计与故障诊断工作。