

Research on the Reliability for Operational Use of the Communication-Equipment

Yangsen Zou¹, Dong Liu¹, Zhibing Pang¹, Tianyi Zhang¹, Xiongwei Yang¹, Tuanjie Zhao²

¹Air Defence Forces Command Academy, Zhengzhou, China

²71315 Military, Shangqiu, China

Email: fkb_mmes@163.com

Abstract: For the purpose of deepening the study of communication-Equipment for operational use, the text carried on some thinking and study conscientiously. On the basis of the man-machine-environment theory, this paper found the factors which affect the reliability for operational use of the communication-equipment. And this text has set up the calculation model of communication-Equipment for operational use. At last, the text brought forward three vital ways to improve the reliability. This text is very meaningful, it has some practical and theory value to the study of communication-Equipment for operational use, and it lays a foundation to thorough study of communication-Equipment for operational use too.

Keywords: the communication-equipment; man-machine-environment; reliability; operational use

通信装备作战使用可靠性研究

邹阳森¹, 刘东¹, 庞志兵¹, 张天一¹, 杨雄伟¹, 赵团结²

¹防空兵指挥学院, 郑州, 中国, 450052

²71315 部队, 商丘, 中国, 476300

Email: fkb_mmes@163.com

摘要: 为了深入研究通信装备作战使用可靠性问题, 本文结合通信装备作战使用的相关特点进行了深入的思考与探索, 文章立足于人-机-环境系统工程理论, 通过对通信装备作战使用可靠性的影响因素进行分析, 并在此基础上, 建立了具体的计算模型, 最后, 提出了提高通信装备作战使用可靠性的三个重要方法, 对进一步加深通信装备作战使用研究, 打下了坚实的基础。

关键词: 通信装备; 人-机-环境系统工程; 可靠性; 作战使用

1 引言

随着科学技术的突飞猛进, 通信装备越来越复杂, 其使用环境也日益严酷。在信息化作战中, 通信空间更为广阔透明; 通信任务更加繁重多元; 通信指挥、协同更为复杂艰难; 通信对抗更为激烈; 通信装备使用与保障费用不断增长, 这对通信装备的使用可靠性都提出了很高的要求。通信作为指挥系统中的“神经”, 其基本任务是传输各种信息。离开了通信, 就无法有效地传输信息和利用信息, 也就无法组织指挥作战。通信系统效能大大降低或失去作用, 就意味着在作战中只有被动挨打。这些都促使人们不得不认真探索通信装备的作战使用可靠性问题, 尤其是为了最大限度

基金项目: 河南省教育厅自然科学研究项目《人的“三能一体化”综合素质理论与实践》(2007880025)

地利用好现有的通信装备, 满足当前军事斗争的需要。因此, 详细分析使用过程中通信装备作战使用可靠性的影响因素, 进一步深入研究提高通信装备作战使用可靠性的措施就显得非常紧迫而且至关重要。

2 影响通信装备作战使用可靠性的因素

人-机-环系统工程理论中, 把任何一个有人参与的工作系统, 都称为人-机-环系统。根据这个定义, 可将人-机-环系统的可靠性定义为: 任何一个有人参与的工作系统, 在规定的时间内, 在规定的条件下, 无差错地完成规定任务的能力。在通信装备作战使用的这个系统内, “人”, 是指通信装备的操作人员; “机”是指通信装备; “环境”是指使用通信装备作战时特定的工作条件。很显然, 人-机-环系统的可靠性是受人、机、环

境三大因素的影响，而人、机、环三者又相互制约，相互影响，尤其是环境对人和机的影响较大。

2.1 操作人员可靠性的影响因素

在对系统可靠性进行考察时，必须充分考虑人的可靠性，因为人具有功能自由度，在各种环境下具有随机应变的能力，也正是因为这样，人才有操作和判断失误。各种研究表明，系统失效的很大一部分原因是由人的差错造成的。

影响人的可靠性因素极为复杂，但总可以归结为人的内在状态和外部因素相互作用的结果，通信装备操作使用中人的可靠性影响因素如表 1 所示。

表 1. 操作人员可靠性的影响因素

因素范畴	诱发和影响的因素
人的因素	个体因素：包括年龄、文化基础、记忆力、训练程度、实践经验、工作态度、战斗意志、视力状况和听力状况等 生理因素：包括疲劳、体弱、疾病等 心理因素：包括注意力集中度、心理紧张、心理疲劳等
工作环境	照明、温度、湿度、空气污染、噪声、有毒物质、爆炸，环境辐射等
管理制度	组织纪律、监督检查、执行力度、激励机制等

2.2 通信装备可靠性的影响因素

从应用的角度出发，把通信装备的可靠性分为固有可靠性和使用可靠性。通信装备的固有可靠性是通信装备在设计、制造过程中所赋予的，在理想的使用与保障条件下的可靠性。它综合考虑通信装备设计、制造、安装环境、维修策略和修理等因素，用于描述通信装备在计划的真实环境中使用的可靠性水平。从通信装备寿命周期过程来分析，影响通信装备使用可靠性的因素有两个方面：一是与固有可靠性有关的因素，如设计不当，材料有缺陷未检验出来，工艺超差以及不合格的元器件未被筛选出来等；二是与交付后的使用条件有关的因素。使用过程中，影响通信装备使用可靠性的因素一般包括气候条件、机械条件、辐射条件、电磁条件、生物条件和人的因素等；影响通信装备使用可靠性的工作场合一般包括装卸与运输、储存、现场操作、维修作业等。

2.3 影响操作人员-通信装备可靠性的环境因素

结合影响操作人员可靠性可能存在的环境因素，根据通信装备的工作原理和传输机制，环境因素特别是能够引起电离层变化的环境因素和特定使用地域的电磁环境对通信效能的正常发挥影响很大。

2.3.1 气候条件

气候条件包括温度、湿度、风、雨、雪、沙、尘、盐雾及其它游离气体等。由于它们对通信装备（尤其是无线电通信装备）的影响作用主要体现在传输信道的损耗上，如地波吸收、大气反射和折射、大气吸收、云、雾、雪、沙尘等引起的衰减，有时是长期的、交叉的，有时是短期的、单一的，都不同程度地影响通信装备的使用可靠性。另外温度、湿度等也可能会导致组成部件损坏或性能下降，引起故障^[2]。

2.3.2 辐射条件

辐射条件，主要有太阳辐射和核辐射。其影响结果是可引起有机材料的老化，使某些有机材料加速分解、油漆剥落、橡胶变硬开裂等，给有线通信传输线缆的架和维护增加了诸多不定因素。此外，核辐射中产生的射线和中子可能穿透屏蔽物而使通信装备的电子设备损坏^[2]。

2.3.3 电磁条件

电磁条件包括电场、磁场、闪电、雷击、电晕、放电和特定作战地域内的复杂电磁环境等。其影响结果是可使通信装备的电子设备内部和外部受到较大的电磁干扰，导致输出噪声增大、工作不稳定或丧失工作能力，甚至产生部分频点或频段不能使用的可能，这也是作战前用频筹划必须要考虑的重要方面^[2]。

2.3.4 生物条件

生物条件，包括霉菌、昆虫及啮齿类动物(白蚁、木蜂、鼠类等)。其影响结果是可使所有有机材料和部分无机材料强度降低，甚至损坏，活动部件被阻塞，材料表面绝缘，电阻降低，金属腐蚀等；白蚁、木蜂和鼠类等会咬坏电线、电缆，排出的粪便会造成短路等，这对有线通信影响较大^[2]。

3 通信装备作战使用的可靠性分析模型

3.1 人-机-环系统可靠性定义

通常，可靠性的定量指标为可靠度。依据上述对

可靠性的定义，人-机-环境系统的可靠度又可定义为：任何一个有人参与的工作系统，在规定的时间内，在规定的条件下，无差错地完成规定任务的概率。

上述定义可用数学公式描述如下：

$$R_s = (N/N_0) \times 100\% \quad (1)$$

式中， R_s —系统的可靠度； N_0 —系统执行任务的总次数； N —系统无差错地完成规定的次数。

考虑到人、机、环境三个因素对系统的影响，系统的可靠度就是关于人、机、环境三大因素的函数，其通用表达式为：

$$R_s = f(R_h, R_m, R_e) \quad (2)$$

式中， R_h —人的可靠度； R_m —机的可靠度； R_e —环境的可靠度。

由于人的可靠度和机的可靠度都直接受到环境因素的影响，为了便于对系统进行定量评价，有时可假定人的可靠度和机的可靠度都是环境的隐函数。这时，人-机-环境系统的总体可靠度可用其简化形式表达如下：

$$R_s = f(R_h(e), R_m(e)) \quad (3)^{[1]}$$

式中， R_s —系统的可靠度； $R_h(e)$ —受环境因素影响的人的可靠度； $R_m(e)$ —受环境因素影响的机的可靠度。

3.2 受环境影响的操作人员的可靠性

受环境影响的操作人员的可靠度是指在特定环境中，操作人员在规定条件下能够完成全部规定操作动作、实现特定功能的概率。

3.2.1 环境对操作人员影响相对稳定且差错模式单一时的可靠性

在通信装备使用地域中，人员素质、管理水平、机械设备、作业环境相对稳定时，人操作系统中的功能子单元的故障率是一个常数，但是，在较长的一段时间内，它又是一个随机变量，为了可靠性分析不失一般性，给出人操作系统中的功能子单元故障率的广义定义：

$$\lambda_h(t) = -\frac{1}{R_h(t)} \frac{dR_h(t)}{dt} \quad (4)$$

其中， $R_h(t)$ 为 t 时刻的可靠度。

同时对式(4)两边在(0, t)内积分，得：

$$\int_0^t \lambda_h(t) dt = \int_{R_h(0)}^{R_h(t)} -\frac{1}{R_h(t)} dR_h(t) \quad (5)$$

又因为当 $t=0$ 时， $R_h(0)=1$ ，代入式(5)解得：

$$R_h(t) = \exp[-\int_0^t \lambda_h(t) dt] \quad (6)$$

通常 $\lambda_h(t)$ 是常量，记为 λ_h ，因此有式：

$$R_h(t) = \exp(-\lambda_h t) \quad (7)$$

3.2.2 环境对操作人员影响较大时且差错模式多样时的可靠性

对于单个操作员来说，在作业环境变化较大的条件下，假设完成一项规定功能时，需要 M 个操作动作，第 i 个操作动作中共有 K 个差错模式，则操作手的操作可靠度可表示为：

$$R_h(t) = \prod_{i=1}^M [\prod_{k=1}^K (1 - C_i(t) q_{k_i} Q_{k_i})]^{S_i} \quad (8)$$

式中： S_i 为第 i ($i=1, 2, \dots, M$)个操作动作进行的次数； $C_i(t)$ 为受环境因素影响的权系数，它是时间的函数，可通过模糊层次分析法或灰色层次分析法求得； q_{k_i} 为第 i 个操作动作中第 k 个($k=1, 2, \dots, K$)个差错模式发生的概率； Q_{k_i} 表示如第 i 个操作动作中第 k 个($k=1, 2, \dots, K$)个差错模式发生，将引起功能失效的条件概率； q_{k_i} 和 Q_{k_i} 一般由统计的方法确定。

3.3 受环境影响的通信装备的可靠性

通信装备系统一般可由发信机、天线(有线通信时为传输线缆)、收信机和电源等部分组成[3]。对于车载通信装备来说，还应包括车体，这里不予考虑。本文研究的系统视为简单的人-机-环系统，其可靠性框图如图1所示：

对于上述串联系统，整个系统的可靠性可表示为：

$$R_m(e) = \prod_{i=1}^4 D_i(t) R_i(t) \quad (9)$$

式中： $R_i(t)$ 为整个通信系统第 i 个分系统的可靠度； $D_i(t)$ 为受环境因素影响的权系数； t 为系统工作的时间。

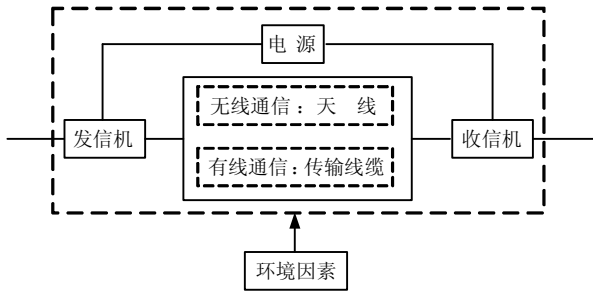


图1. 通信装备可靠性框图

3.4 通信装备作战使用的可靠性

对于简单的人-机-环系统，假定人和机是串行工作关系，则根据人-机-环境系统工程理论，可以得到：

$$R_s = R_h(e) \times R_m(e) \quad (10)$$

利用式(7)、(8)、(9)、(10)就可以求得通信装备使用的可靠性。

4 提高通信装备作战使用可靠性的方法

通过上述分析，结合通信装备使用的特点，需要从操作人员、通信装备、环境适应能力（这里主要是指通信抗干扰技术）三个方面，提出了提高通信装备作战使用可靠性的具体方法。

4.1 严格选拔人员，从严从难训练

应该根据通信专业的需求，制定具有较强针对性和实践性的操作手选拔标准。条件允许的情况下，可以建立相应的选拔软件系统进行辅助测试，对人员的身高、体重、文化程度、身体状况、心理素质、责任感等进行综合衡量。

通信的重要性决定了通信系统在高技术战争中必将成为首要打击目标，在未来作战条件下，通信装备的操作手将面临恶劣的工作环境，紧张的作战压力，高强度的工作量，这些都无法避免。只有从严从难训练，提高操作熟练程度，降低差错率，并不断强化战斗意志，才能切实提高通信装备作战使用的可靠性。

4.2 搞好装备设计，提高兼容性

当前，我军配备的通信装备呈现型号复杂、规格多样，接口独立等特点，这对战时通信装备的维修性和保障性非常不利，进而影响装备使用的可靠性。为此，我们应该搞好顶层设计，按照标准化、系列化的原则，进一步减少零、部件（元器件）的品种和规格，

统一接口标准，提高装备间的兼容性。

4.3 运用技术，增强通信抗干扰能力

通信抗干扰就是指通信装备（系统）为对抗干扰方利用多种干扰技术攻击通信电磁频谱，以提高其在通信对抗中的生存能力所采取的通信对抗技术体系、方法和措施，使其在各种干扰条件下能够保证通信正常工作。目前常用的抗干扰技术可分为扩谱技术和非扩谱技术两大类^[4]。

常用扩谱技术可分为直接序列扩谱（DS—SS）、跳频扩谱（FH—SS）以及直序和跳频混合扩谱。DS—SS的特点是保密性好，FH—SS的特点是具有频率分集功能，而当存在选择性衰落时，则适合用混合扩谱技术。

通信抗干扰的非扩谱技术主要包括三种：一是自适应天线技术。这一技术的基本思想是基于信号和干扰传来的方向差异，通过自动调整天线阵的内部参数，使方向图的主波束对准信号方向，令边波束方向对准干扰，以达到抗干扰的目的。二是猝发通信技术。它是先将信息存储起来，然后在某一瞬间以正常时10~100倍或更高速率猝发。一方面可使用较大的脉冲功率来抵御有意干扰，另一方面由于发射时间的随机性和短暂性可使敌侦收概率大大降低。三是分集技术。包括两方面的内容：分离技术（时间、频率、空间、极化分集等）与合并技术（等增益合并、选择合并、最大信噪比合并等）。通过分离与合并，提高接收端的信噪比，从而获得分集增益。分集技术在对抗多径传输引起的包络衰落和时延方面，作用十分明显。

References (参考文献)

- [1] Shengzhao Long. Study on the Dependability of Man-Machine-Environment Engineer [J]. (The Research Situation of Man-Machine-Environment Engineer, the fourth volume). Publish of HaiYang, 1999, P253-259 (Ch).
龙升照. 人-机-环境系统可靠性研究评论[J]. (人-机-环境系统工程研究进展 第四卷). 海洋出版社, 1999, P253-259
- [2] Zhibing Pang. Air Defense Forces Man-Machine-Environment Engineer [M]. Air Defense Forces Command Academy, 2008, 9. P302-319 (Ch).
庞志兵. 防空兵人-机-环境系统工程[M]. 郑州防空兵学院, 2000, P302-319
- [3] Yunsheng Li. Military Communication[M]. PLA Publish. 1996.12, P324-348 (Ch).
李云生. 军事通信学[M]. 解放军出版社. 1996.12, P324-348.
- [4] Jianguo Che. Introduction of Air Defense Forces Technic Equipment Campaign and Manage[M]. Air Defense Forces Command Academy, 1999.12, P177-179 (Ch).
车建国. 防空兵技术装备作战运用概论[M]. 郑州防空兵学院, 1999.12, P177-179.