

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

E1
333
001462051

系统战备完好性分析、 计算与检测

System Operational Readiness Analysis,
Computation and Detection

毛炳祥 白桦 程文鑫 编著



贵阳学院图书馆



GYXY1462051

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

系统战备完好性分析、计算与检测 / 毛炳祥, 白桦,
程文鑫编著. —北京: 国防工业出版社, 2012. 1
ISBN 978 - 7 - 118 - 07730 - 8

I. ①系... II. ①毛... ②白... ③程... III. ①武器装
备 - 检测 IV. ①E237

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 221574 号



※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 12 1/4 字数 288 千字

2012 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 55.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 88540777

发行邮购: (010) 88540776

发行传真: (010) 88540755

发行业务: (010) 88540717

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技和武器装备建设事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,原国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 在国防科学技术领域中,学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。
2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技和武器装备发展具有较大推动作用的专著;密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的高新技术内容的专著。
3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的新工艺、新材料内容的专著。
4. 填补目前我国科技领域空白并具有军事应用前景的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在总装备部的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由总装备部国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,原国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技和武器装备建设战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

国防科技图书出版基金
评审委员会

国防科技图书出版基金 第六届评审委员会组成人员

主任委员 王 峰

副主任委员 宋家树 蔡 镭 程洪彬

秘 书 长 程洪彬

副 秘 书 长 邢海鹰 贺 明

委 员 于景元 才鸿年 马伟明 王小谟
(按姓氏笔画排序)

甘茂治 甘晓华 卢秉恒 邬江兴

刘世参 芮筱亭 李言荣 李德仁

李德毅 杨 伟 肖志力 吴有生

吴宏鑫 何新贵 张信威 陈良惠

陈冀胜 周一宇 赵万生 赵凤起

崔尔杰 韩祖南 傅惠民 魏炳波

前 言

战备完好性的原始概念是按建制单位定义的,是指:军事单位在接到作战命令时,实施其作战计划的能力。它是在编实力、产品可用性、保障性等的函数,是军事系统遂行各项军事任务能力的一个十分重要的标志,国家的实力和安全取决于军事系统的战备完好性。

军事系统遂行各项军事任务面临的严峻而尖锐的问题是:

- (1) 军事系统在规定的作战环境中,遂行军事任务的把握有多大?
- (2) 军事系统在规定的作战环境中,成功地完成军事任务的概率有多大?
- (3) 军事系统在规定的作战环境中,遂行并完成规定的军事任务中,有哪些潜在的问题?解决这些潜在的问题有哪些途径?

军事斗争中的上述种种现实问题,无不与军事系统战备完好性密切相关。自从高新技术被大量应用于武器装备,使武器装备的复杂程度远远大于 20 世纪五六十年代,随着高新技术装备在军事系统中所占的比例日益增大,使军事系统日益复杂,多功能、多个分系统综合、执行多种任务的程度越来越高。依赖经验与定性的或各个单一指标的方法,去判断复杂的军事系统执行并完成各项作战任务的能力,已经难以满足现代战争作战环境复杂、战斗节奏快、战斗时间短、投入数量大、强度高、损耗大、指挥与控制难度大,以及对装备保障的依赖性更大的要求。具体而言,要在系统寿命周期各个阶段,综合系统的作战使用与保障的相关要素,对影响军事系统遂行各项军事任务能力的各种要素,进行定量的战备完好性分析与评价,才能比较清楚地回答上述问题,提出科学、合理的建议。

“凡事预则立,不预则废”是千古以来做任何事情,成功与失败的基本规律之一,也是警世恒言。军事系统要成功地遂行各项任务,也不例外,必须服从这个规律。用现代语言,“预”就是“准备好”,英语称 Readiness,在军事上称 Operational Readiness,常译成战备完好性,是军事系统的固有属性,可见军事系统的战备完好性,不是新的概念,而是古今中外自有战以来,时刻伴随着战争双方,是各个层次决策的重要依据之一。

“知己知彼,百战不殆”,知己就是要掌握我方实力的状态。历来,交战双方对军事系统战备完好性信息的需求,往往是决策的必要条件。为此,相应地组建了军事系统战备完好性信息管理机构的网络,成为战斗力的一个重要组成部分,从事战备完好性信息的获取、处理及报告的工作。近几十年来,高新技术在军事领域中的广泛应用,战备完好性信息网络技术也不断创新,主要表现在:战备完好性特性的量化技术、数据采集技术和信息网络技术等,使战备完好性信息的质量也大幅度地提高,主要表现在准确、完整、快速等方面,为分析和决策及时提供了有力的依据。

军事系统战备完好性的重要性、内涵及目标、实现完好性的条件、判断完好性的准则

以及完好性信息在战略上的重要地位……历代兵书战策中都提出了丰富的理论、发表了大量有价值的至理名言。近几十年来,科学技术蓬勃发展,特别是计算机和信息技术的飞速进步,使军事系统在战备完好性的量化、模拟计算以及现场实时定量检测和预计等方面成为可能,并发展为现代军事系统的一个重要组成部分。

自有战以来,由指战员驾驭装备系统去完成规定的各项军事任务,是军事系统遂行各项军事任务的基本模式。装备系统是军事系统重要的末级分系统,也是军事系统战备完好性信息的枢纽,完好的装备系统是指战员完成规定的各项军事任务的重要手段和先决条件,既是研制的目标,又是交付部队后,作战使用的要求和保障的目标。历来,决策机关、管理部门、作战使用部队和研制部门都十分关注并力求装备系统是完好的。

本书从军事系统及系统效能的一般概念,引入系统战备完好性的原始概念及其要素、要求和度量,以海军装备系统为例,主要阐述了战备完好性工程活动的几个重要方面,涉及战备完好性分析、计算、评定与检测;生命周期各阶段,战备完好性指标的形成、保持、监督和控制;进而介绍了战备完好性工程中,运用的几个重要的基本方法和工具,如系统战备完好性数量指标的计算和仿真方法;实物系统战备完好性信息的定量检测方法;并扼要地推论了将战备完好性信息管理系统纳入编制,能够有效地将大量离散的战备完好性信息转化成系统巨大的实际战斗力。战备完好性分析、计算、评定和检测,对于正处于研制阶段中的系统和设备而言,可以为综合论证报告、研制总要求、规格书、制定整个保障计划要求和论证预算的合理性,进行敏感性分析和权衡分析;对于正在使用的系统,可以找出战备完好性不足的原因,并有助于制定改进的计划和措施;对作战部队,可以帮助他们决策如何使用系统。

战备完好性是以被关注的系统能否按日历时间的进程,遂行计划任务的能力为标志,用系统能执行任务的日历时间占全部计划总时间的百分比来度量的。其概念、方法、模型通用性极强,既适用于海军系统,亦可推广应用到其他军、兵种,以及民用系统,甚至国家。

本书在借鉴美国海军开展战备完好性工程的经验,结合装备系统发展的实际,洋为中用,经多年的实践活动的基础上撰写的。前言和第1章、第2章由毛炳祥撰写;第3章由白桦撰写;第4章由程文鑫、白桦撰写;第5章由毛炳祥、程文鑫撰写。全书由毛炳祥、白桦统稿,梁海军主审。

在多年战备完好性研究的实践中,曾受到过刘继让、程旭辉、刘文化、郭瑜、黄振启、谢佑琰、张世英、刘平范、李丹、程文东、杨策等的帮助和指导;在编写本书中,梁海军对文稿精心审阅,提出了许多宝贵意见和指导。借此机会,向上述各位及其他有助于本书编写的人员,表示深切的感谢。

我们从事战备完好性工程的研究,也就是近十年在其中几个方面有所实践,毕竟战备完好性工程是一项庞大的系统工程,发展又十分迅速,我们水平有限,不足之处,敬请广大读者批评指正。

编著者

2011年5月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 战备完好性的基本概念	1
1.1.1 军事系统	1
1.1.2 军事系统的系统效能	2
1.1.3 军事系统战备完好性	3
1.1.4 系统效能与战备完好性	4
1.1.5 装备系统/设备的战备完好性	4
1.2 装备系统战备完好性的量度	6
1.2.1 装备系统的使用可用性	6
1.2.2 战备完好性与使用可用性	9
1.2.3 能执行任务率	9
1.2.4 出动架次率	10
1.2.5 舰艇及其重要系统战备完好性的计量	10
1.2.6 系统效能的展开	11
1.3 战备完好性分析与综合的特点	12
1.3.1 战备完好性分析具备系统效能分析的特点	12
1.3.2 本书的核心	13
1.3.3 本书侧重于应用	13
1.3.4 战备完好性的原始信息是量化分析的基础	13
1.3.5 方法的通用性	14
第2章 寿命周期战备完好性分析与控制	15
2.1 概述	15
2.1.1 战备完好性分析的基本要求	15
2.1.2 战备完好性分析的相关术语	16
2.1.3 战备完好性分析的基本流程及主要内容	16
2.1.4 战备完好性分析应收集的基本数据	17
2.2 制定 A_0 门限值的分析与控制	17
2.2.1 立项综合论证中, 暂行 A_0 门限值和初步 A_0 门限值的论证	17
2.2.2 立项综合论证中, 初步 A_0 门限值的论证	20
2.2.3 编制研制总要求中, 初步 A_0 门限值的论证	26

2.3	研制阶段, A_0 门限值的监督和评定要求	33
2.3.1	技术设计中, 系统/设备 A_0 门限值的监督和评定	33
2.3.2	工程样机研制性试验中, A_0 试验与评定的基本要求	33
2.3.3	作战使用试验与鉴定	36
2.3.4	被试品 A_0 估算值的调整	36
2.3.5	研制阶段作战使用试验与鉴定中, 被试系统 A_0 的评定	37
2.3.6	A_0 与费用的权衡	38
2.3.7	部署计划中, A_0 的评审	38
2.3.8	设计定型中, A_0 的评审	39
2.3.9	停产后保障计划	39
2.3.10	基本数据要求	39
2.3.11	基本文件要求	40
2.4	生产和部署阶段, 对 A_0 的监督与评定的要求	41
2.4.1	确认生产样机规格书	41
2.4.2	制定 A_0 监督计划	41
2.4.3	A_0 验证后, 更新相应文件	42
2.4.4	评估计划和管理上的变动对 A_0 的影响	43
2.4.5	生产定型	43
2.4.6	基本数据要求	43
2.4.7	基本文件要求	43
2.5	服役阶段, 对 A_0 的监督、评定与保持	43
2.5.1	监督和评定 A_0 实际值	44
2.5.2	制定实施计划保持 A_0 门限值	44
2.5.3	系统 A_0 的退化与处理	45
2.5.4	改型、延寿、退役或报废时 A_0 的分析	45
第3章	战备完好性数量指标计算方法	47
3.1	概述	47
3.1.1	数量指标计算方法的地位和作用	47
3.1.2	战备完好性数量指标计算方法的演化及发展趋势	49
3.1.3	战备完好性的数量指标	51
3.2	海军装备战备完好性的数量指标	52
3.2.1	战备完好性的主要量度	52
3.2.2	A_0 的公式族	53
3.3	任务剖面	60
3.3.1	任务剖面定义	60

3.3.2	作战使用任务剖面	62
3.3.3	后勤任务剖面	62
3.3.4	环境剖面	63
3.4	计算方法和步骤	64
3.4.1	引言	64
3.4.2	规定系统的目标 A_0	65
3.4.3	设备参数(输入数据)	66
3.4.4	任务时间线	70
3.4.5	制定任务成功的准则和允许停机时间	73
3.4.6	维修策略	74
3.4.7	后勤模式	75
3.4.8	计算战备完好性的步骤	75
3.5	计算方法的应用	79
3.5.1	计算的数据和资料准备	79
3.5.2	计算对象的任务及功能要求	80
3.5.3	舰的任务说明	81
3.5.4	系统任务剖面的制定	88
3.5.5	任务剖面的应用	91
3.5.6	开发可靠性框图	92
3.5.7	运行仿真软件(ZWX/H-1.0)及初步结果分析	93
3.5.8	结果评审和确认	93
3.5.9	权衡分析	94
第4章	战备完好性仿真软件(ZWX/H-1.0)	95
4.1	ZWX/H-1.0 建模	95
4.1.1	状态分析	95
4.1.2	战备完好性仿真的任务目标	96
4.1.3	战备完好性仿真分析	97
4.1.4	战备完好性仿真的设备参数	97
4.1.5	战备完好性仿真的系统使用规则	98
4.1.6	战备完好性仿真的模型	100
4.2	ZWX/H-1.0 算法	113
4.2.1	ZWX/H-1.0 的基本假设	114
4.2.2	ZWX/H-1.0 目标 A_0 及可靠性的算法分析	114
4.2.3	ZWX/H-1.0 的功能分解	116
4.2.4	系统可靠性框图算法	120
4.2.5	过程事件仿真算法	121
4.2.6	试验统计	121

4.3	编制战备完好性仿真的程序	122
4.3.1	ZWX/H-1.0 的程序流程	122
4.3.2	ZWX/H-1.0 的程序组成及功能	122
4.3.3	ZWX/H-1.0 的数据输入	124
4.3.4	ZWX/H-1.0 的输出	130
4.3.5	ZWX/H-1.0 参考的程序框图	130
4.4	ZWX/H-1.0 评定系统的战备完好性	145
4.4.1	计算方法和步骤	145
4.4.2	评定仿真的结果	145
4.4.3	灵敏度分析	149
第5章	战备完好性检测	152
5.1	概述	152
5.1.1	战备完好性检测的任务	152
5.1.2	战备完好性信息的可测试性	153
5.1.3	战备完好性信息定量检测的原理	156
5.1.4	战备完好性信息检测系统	156
5.2	战备完好性原始信息的采集	159
5.2.1	与战备完好性相关的日历时间	159
5.2.2	交战持续时间	160
5.2.3	与任务目标相关的保障资源信息	161
5.2.4	与系统作战效能和能力相关的事件信息	161
5.2.5	与系统各种损伤有关的事件信息	161
5.3	战备完好性信息的处理与输出	161
5.3.1	与任务相关的信息处理与输出	162
5.3.2	与使用可用性相关的信息处理和输出	165
5.4	在编系统战备完好性预计	168
5.4.1	在编系统战备完好性预计	169
5.4.2	重组系统的战备完好性预计	170
5.5	战备完好性信息管理	171
5.5.1	战备完好性信息管理的等级	171
5.5.2	战备完好性信息的特点	172
5.5.3	作战效能与战备完好性信息管理	172
	参考文献	174

CONTENTS

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Basic concept of operational readiness	1
1.1.1 Military system	1
1.1.2 System effectiveness of military system	2
1.1.3 Operational readiness of military system	3
1.1.4 System efficiency and operational readiness	4
1.1.5 Operational readiness of materiel system/equipment	4
1.2 Measurements of materiel system operational readiness	6
1.2.1 Operational availability of materiel system	6
1.2.2 Operational readiness and operational availability	9
1.2.3 Mission capable rate	9
1.2.4 Sortie generation rate	10
1.2.5 Operational readiness measurement of naval ship and the important system	10
1.2.6 Development of system effectiveness	11
1.3 Characteristics of operational readiness analysis and comprehensive	12
1.3.1 Operational readiness analysis with characteristics of system effectiveness analysis	12
1.3.2 The core of this book	13
1.3.3 This book focuses on application	13
1.3.4 Original information of operational readiness is the foundation of quantitative analysis	13
1.3.5 Methods the versatility	14
Chapter 2 Operational readiness analysis and control on life cycle	15
2.1 Overview	15
2.1.1 Basic requirements of operational readiness analysis	15
2.1.2 Operational readiness analysis related terminology	16
2.1.3 Basic process and main contents of operational readiness analysis	16
2.1.4 Operational readiness analysis should collect basic data	17
2.2 The analysis and control of the formulate A_0 threshold	17
2.2.1 In the establish project integrated argumentation, the argumentation of interim A_0 threshold and preliminary A_0 threshold	17

4.1.4	Equipment parameters of operational Readiness simulation	97
4.1.5	System using rules of operational readiness simulation	98
4.1.6	Model of operational readiness simulation	100
4.2	ZWX/H - 1.0 algorithm	113
4.2.1	Basic hypothesis of ZWX/H - 1.0	114
4.2.2	ZWX/H - 1.0 target A_0 and reliability algorithm analysis	114
4.2.3	Function decomposition of ZWX/H - 1.0	116
4.2.4	System reliable diagram algorithm	120
4.2.5	Simulation algorithms of process events	121
4.2.6	Test statistics	121
4.3	Operational readiness simulation programming	122
4.3.1	ZWX/H - 1.0 program flow	122
4.3.2	ZWX/H - 1.0 program composition and function	122
4.3.3	ZWX/H - 1.0 data input	124
4.3.4	ZWX/H - 1.0 output	130
4.3.5	ZWX/H - 1.0 reference program diagram	130
4.4	ZWX/H - 1.0 evaluate operational readiness of system	145
4.4.1	Computational methods and steps	145
4.4.2	Evaluate result of operational readiness simulation	145
4.4.3	Sensitivity analysis	149
Chapter 5	Operational readiness detection	152
5.1	Overview	152
5.1.1	Mission of operational readiness detection	152
5.1.2	Testability of operational readiness information	153
5.1.3	Principle of quantitative detection of operational readiness information	156
5.1.4	Detection system of operational readiness information	156
5.2	Operational readiness primary information gathering	159
5.2.1	Operational readiness related calendar time	159
5.2.2	Battle duration	160
5.2.3	Related support resource information with mission objectives	161
5.2.4	Related event information with system operational effectiveness and ability	161
5.2.5	With system each kind of damage related event information	161
5.3	Operational Readiness information processing and output	161
5.3.1	Related information processing and output with mission	162
5.3.2	Related information processing and output with operational availability	165
5.4	Operational readiness estimate in service system	168
5.4.1	Operational readiness estimate in service system	169

3.1.1	The status and role of computational method of the operational readiness quantitative indicators	47
3.1.2	The evolution and development trends of the quantitative indicators computational method	49
3.1.3	Quantitative indicators of operational readiness	51
3.2	Quantitative indicators of naval materiel operational readiness	52
3.2.1	Operational readiness main measure of Navy materiel	52
3.2.2	A_0 formula race	53
3.3	Mission profile	60
3.3.1	Definition of mission profile	60
3.3.2	Operational mission profile	62
3.3.3	Logistical mission profile	62
3.3.4	Environmental profile	63
3.4	Computational method and step	64
3.4.1	Introduction	64
3.4.2	Regulation system target A_0	65
3.4.3	Equipment parameters (input data)	66
3.4.4	Mission time line	70
3.4.5	Formulate mission success criteria and allow downtime	73
3.4.6	Maintenance strategy	74
3.4.7	Logistics mode	75
3.4.8	Computational steps of operational readiness	75
3.5	Computational method application	79
3.5.1	Preparation of computational data and Information	79
3.5.2	The duty and function request of the computational object	80
3.5.3	Ship mission statement	81
3.5.4	Formulation of system mission profile	88
3.5.5	Application of mission profile	91
3.5.6	Development reliable diagram	92
3.5.7	Operation simulation software (ZWX/H-1.0) and preliminary results analysis	93
3.5.8	Results review and confirmation	93
3.5.9	Trade off analysis	94
Chapter 4	Operational readiness simulation software (ZWX/H-1.0)	95
4.1	ZWX/H-1.0 modeling	95
4.1.1	State analysis	95
4.1.2	Simulation mission objectives of operational readiness	96
4.1.3	Simulation analysis of operational readiness	97

2.2.2	In the establish project integrated argumentation, the argumentation of preliminary A_0 threshold	20
2.2.3	In the formulate development total demand, the argumentation of preliminary A_0 threshold	26
2.3	Supervision and evaluation requirements of A_0 threshold in the development phase	33
2.3.1	System/equipment A_0 threshold value surveillance and evaluation in the technical design	33
2.3.2	In engineering prototype development sexual test, the basic requirements of A_0 test and evaluation	33
2.3.3	Operational test and qualification	36
2.3.4	Test product A_0 estimated adjustment	36
2.3.5	A_0 evaluation of the test system in the operational test and qualification of development phase	37
2.3.6	A_0 and expense tradeoff	38
2.3.7	A_0 review in deployment plans	38
2.3.8	A_0 review in design stereotypes	39
2.3.9	The support plan after stop production	39
2.3.10	Basic data requirements	39
2.3.11	Basic document requirements	40
2.4	To the A_0 surveillance and evaluation request in production and deployment phase	41
2.4.1	Confirm production prototype specification	41
2.4.2	Formulate A_0 supervision plan	41
2.4.3	Update the corresponding files after the A_0 is validated	42
2.4.4	Evaluate plan and management changes to the influence of A_0	43
2.4.5	Production stereotypes	43
2.4.6	Basic data requirements	43
2.4.7	Basic document requirements	43
2.5	The service stage, to A_0 the surveillance, evaluates and keeps	43
2.5.1	Surveillance and evaluates A_0 actual value	44
2.5.2	Formulate implementation plan, keep A_0 threshold	44
2.5.3	System A_0 degradation and processing	45
2.5.4	A_0 analysis in modification, life extension, decommissioning or scrap	45

Chapter 3 Computational method of operational readiness quantitative indicators

3.1	Overview	47
-----	----------------	----

5.4.2	Operational readiness estimate in reorganization system	170
5.5	Information management of military system operational readiness	171
5.5.1	The information management rank of operational readiness	171
5.5.2	Information characteristics of operational readiness	172
5.5.3	The military system operational effectiveness and operational readiness on information management	172
References		174