

维修保障数据建模 与信息分析技术

Maintenance Support Data Modeling
and Analysis of Information Technology

王广彦 白永生 温亮 著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

维修保障数据建模 与信息分析技术

王广彦 白永生 温亮 著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书围绕维修保障信息应用问题,研究了维修保障数据建模和信息分析技术。维修保障数据建模立足于为维修保障信息分析工作提供充足的数据来源,书中重点研究了维修保障数据采集需求确定技术、装备使用阶段维修保障数据建模技术、维修保障信息谱建模技术、维修保障数据采集工作体系建模技术等内容;维修保障信息分析以复杂性科学中的协同理论为指导,重点研究了维修保障信息协同化分析技术、基于数据的维修保障信息分析技术、基于元模型的维修保障信息协同化支持模式等内容。

本书可作为装备维修及管理专业的研究生教材,也可供维修保障信息研究人员、工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

维修保障数据建模与信息分析技术/王广彦,白永生,温亮著. —北京:国防工业出版社,2016. 1

ISBN 978 - 7 - 118 - 10786 - 9

I. ①维… II. ①王… ②白… ③温… III. ①武器装备 - 维修 - 军需保障 - 系统建模 IV. ①E237

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 056642 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)

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 710 × 1000 1/16 印张 20½ 字数 368 千字

2016 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—1000 册 定价 86.00 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

装备维修保障信息是指装备全寿命过程中有关维修保障的各类数据、资料等信息,包括装备维修保障系统建设与运行中的自身产生信息(装备构造原理、结构特性)和可靠性维修性保障性等装备属性信息(装备作战要求、我军现行体制等环境信息)。

维修保障信息分析是指针对制约装备维修保障相关工作顺利开展的特定问题,综合运用定性和定量研究方法,通过对维修保障信息的收集、整理、鉴别、评价、分析、综合等系列化加工过程,形成新的增值的信息产品,最终为维修保障科学决策服务。

维修保障信息是维修保障系统运行过程的重要表征,是发现问题、分析原因、掌握规律、正确决策的基础,是一种重要的维修保障资源。只有正确、全面地掌握了装备维修保障信息,才能以此为指导更有针对性地开展维修保障系统建设工作,避免决策的盲目性,并推动维修保障系统由以人力、物力投入为主导的粗放型发展模式向以信息资源为主导的集约型发展模式转变。

目前,各种信息化装备、信息化维修设备工具已陆续列装部队,装备维修保障信息的种类和数量呈现出“几何级”的剧增趋势,传统的信息收集、处理、分析模式已远远不能满足维修保障系统发展的需要。本书针对维修保障数据采集需求不明确、装备使用阶段维修保障信息管理困难、维修保障信息分析手段缺乏等问题,重点研究了维修保障数据建模技术和维修保障信息分析技术。

本书共分为十章。第1章绪论,主要介绍了维修保障信息分析的基本概念、与维修保障信息分析研究相关的学科领域、维修保障信息分析技术的发展趋势,以及本书的撰写思路。第2章将维修保障信息细分为数据、信息、知识三个层面,构建了维修保障信息分析基本流程,研究了维修保障数据对于维修保障信息分析工作的支持机制,以及常用的维修保障信息分析模型;第3章提出了模型树方法和维修保障数据关键采集对象确定技术,为科学确定维修保障数据采集需求提供了理论指导工具;第4章研究了装备使用阶段维修保障信息在装备全寿命过程中的地位与作用,提出了基于事件驱动的维修保障信息建模与组织方法;第5章从装备全寿命过程入手,研究了装备全寿命过程维修保障信息谱建模技

术,以及维修保障信息耦合性分析技术;第6章从数据采集力量、数据采集手段、数据采集时机、数据采集口径等核心要素入手,构建了维修保障数据采集工作体系模型,提出了维修保障数据采集力量确定技术和维修保障数据采集策略确定技术;第7章提出了维修保障问题分解方法,构建了集模型效应、问题演化模式、模型成熟度评价等要素于一体的维修保障信息协同化分析理论架构;第8章构建了装备维修决策支持数据分析流程,并研究了小样本数据、关联数据、间接数据三种情况下的数据分析技术;第9章研究了元模型对维修保障信息协同化分析的支持机制,介绍了图建模、线性回归建模、多维数据插值建模、关联规则建模等几种较为常用的元建模方法;第10章介绍了维修保障数据管理系统和维修保障信息分析系统的设计开发思路以及系统主要功能特点。

信息分析研究目前已经发展成为一个要素完整、结构庞大的理论体系,但本书在编排上并不追求理论结构体系的完整性,只重点介绍作者近年来在维修保障信息分析研究领域所取得的一些成果,但仍力求在各章节内部尽量保持阐述的流畅性,以使其自成体系。

第 1 章 绪论	1
1.1 维修保障信息与维修保障信息分析	1
1.2 与维修保障信息分析相关的学科领域	2
1.2.1 数据挖掘	3
1.2.2 可靠性数据分析	5
1.2.3 多学科设计优化	8
1.3 维修保障信息分析技术发展趋势分析	10
1.4 本书撰写思路	11
第 2 章 维修保障信息分析流程	13
2.1 装备维修保障信息的基本特点	13
2.2 维修保障信息分析流程构建	14
2.2.1 维修保障数据采集环节	16
2.2.2 维修保障信息分析环节	17
2.2.3 维修保障信息应用环节	18
2.3 维修保障数据对于维修保障信息分析工作的支持机制	19
2.3.1 维修保障数据对于降低维修保障信息不确定性的支持机制	19
2.3.2 维修保障数据对于提高维修保障信息可测性的支持机制	22
2.3.3 维修保障数据对于还原维修保障信息细微特征的支持机制	26
2.4 维修保障信息分析技术	32
2.4.1 维修保障信息分析模型	32
2.4.2 维修保障信息分析模型输出的知识类型	37
2.4.3 维修保障信息增值	40

第3章	维修保障数据采集需求确定	44
3.1	维修保障数据采集需求确定原理	44
3.2	模型树方法	46
3.2.1	模型树的原理	46
3.2.2	模型树的构成要素	48
3.2.3	模型树的构建步骤	49
3.3	基于模型树的维修保障数据采集需求分析	52
3.3.1	维修保障数据的需求集和最小需求集	52
3.3.2	维修保障数据最小需求集的求解方法	53
3.3.3	模型树算例分析	54
3.4	维修保障数据关键采集对象确定	58
3.4.1	维修保障信息的不确定性	58
3.4.2	基于盲数的维修保障信息不确定性计算	62
3.4.3	基于不确定性的敏感性分析	65
3.4.4	案例研究	67
第4章	装备使用阶段维修保障信息建模	78
4.1	装备全寿命过程维修保障信息演化	79
4.1.1	装备全寿命过程维修保障信息	79
4.1.2	装备全寿命过程维修保障信息演化路线	81
4.1.3	装备全寿命过程维修保障信息演化机制	84
4.1.4	运行信息与设计信息的关系	93
4.1.5	装备维修保障研发信息建模	96
4.2	基于事件驱动的维修保障信息组织建模技术	106
4.2.1	维修保障信息的单元化建模	107
4.2.2	维修保障信息的组织建模方法	108
4.2.3	维修保障信息组织建模的特点	111
4.2.4	维修保障信息的基本属性	112
4.2.5	维修保障信息示例	114
第5章	基于信息演化的维修保障信息谱建模	115
5.1	装备维修保障信息常用分类方法	115
5.1.1	按维修保障要素划分	115

5.1.2	按装备质量特性划分	118
5.1.3	按信息处理的深度划分	119
5.1.4	按产品质量状态划分	119
5.1.5	按信息的密级划分	119
5.1.6	按保障性分析记录表格划分	119
5.2	装备全寿命过程维修保障信息谱构建目的	119
5.3	装备全寿命过程维修保障信息谱构建方法	121
5.3.1	维修保障信息谱的构建要求	121
5.3.2	维修保障信息谱的基本结构	122
5.3.3	维修保障信息谱的构建过程	123
5.3.4	维修保障信息谱构建过程中的协同机制	124
5.3.5	维修保障信息谱规范化描述	126
5.3.6	装备维修保障信息谱构建示例	129
5.4	装备维修保障信息演化耦合性分析	131
5.4.1	维修保障信息耦合性判断原理	132
5.4.2	维修保障信息耦合性判断矩阵构造	133
5.4.3	维修保障信息耦合性处理原则	138
5.4.4	维修保障信息耦合性描述	139
5.4.5	维修保障信息耦合性分析示例	142
第6章	维修保障数据采集工作体系	145
6.1	维修保障数据采集工作体系设计原则	145
6.2	维修保障数据采集力量	147
6.2.1	依托数据产生源形成的数据采集力量	147
6.2.2	依托数据管理机构形成的数据采集力量	150
6.2.3	依托数据分析与应用机构形成的数据采集力量	152
6.3	维修保障数据采集手段	154
6.3.1	基于数据采集系统的数据采集	155
6.3.2	基于调查表格的数据采集	158
6.3.3	基于多媒体设备的数据采集	163
6.3.4	基于文献资料的数据采集	165
6.3.5	基于网络的数据采集	168
6.3.6	基于管理信息系统的数据采集	171
6.4	维修保障数据采集时机	175

6.4.1	实时性数据采集	175
6.4.2	周期性数据采集	177
6.4.3	一次性数据采集	180
6.5	维修保障数据采集口径	182
6.5.1	维修保障数据定向采集	182
6.5.2	维修保障数据机会采集	184
6.6	维修保障数据采集任务分配	185
6.6.1	维修保障数据采集力量确定	185
6.6.2	维修保障数据采集策略确定	187
第7章	维修保障信息协同化分析	191
7.1	维修保障信息分析的跨学科特性	191
7.2	装备维修保障信息协同化分析	194
7.3	装备维修保障信息协同化分析所涉及的专业领域	199
7.4	维修保障信息协同化分析中的问题规约	201
7.5	装备维修保障问题分解流程	204
7.6	基于模型效应的维修保障信息分析技术跨学科选择	209
7.6.1	模型效应	209
7.6.2	维修保障信息分析模型库	212
7.6.3	维修保障信息分析模型体系	214
7.7	维修保障信息分析问题的演化模式	216
7.8	维修保障信息分析模型成熟度评价	221
7.8.1	信息分析模型的生命周期	221
7.8.2	基于文献检索的模型成熟度分析	222
7.8.3	针对模型成熟度的模型选用决策分析	225
第8章	基于数据特性的维修保障信息分析技术	226
8.1	维修保障数据的收集与分析流程	226
8.1.1	支持数据及其收集程序	226
8.1.2	支持数据的分析流程	228
8.2	维修保障数据的预处理技术	230
8.2.1	维修保障数据的分类与特点	230
8.2.2	维修保障数据预处理的流程	231
8.2.3	维修保障数据的清洗	232

8.2.4	维修保障数据的规约	235
8.2.5	应用示例	237
8.3	小样本数据的分析技术	239
8.3.1	改进极大似然估计法	240
8.3.2	Bootstrap 和 Bayes Bootstrap 方法	241
8.3.3	Bayes 方法	243
8.3.4	应用示例	243
8.4	信息关联情况下的分析技术	247
8.4.1	故障相关分析的背景	247
8.4.2	基于泰勒幂级数的交互故障律分析	247
8.4.3	基于非致命冲击的寿命分布分析	250
8.4.4	应用示例	255
第9章	基于元模型的维修保障信息协同化分析实现方式	257
9.1	影响信息分析手段集成的因素	257
9.2	元模型对维修保障信息协同化分析的支持	258
9.3	典型元建模方法	261
9.3.1	图建模	261
9.3.2	线性回归建模	265
9.3.3	多维数据插值建模	269
9.3.4	关联规则建模	274
第10章	维修保障数据管理与信息分析系统设计	279
10.1	维修保障数据管理系统的体系结构设计	279
10.1.1	体系结构选择	279
10.1.2	B/S 结构在维修保障数据管理中的应用	280
10.2	维修保障数据管理系统的数据库设计	281
10.2.1	维修保障数据管理系统的数据库框架设计	281
10.2.2	数据仓库在维修保障数据管理中的应用	283
10.3	维修保障数据管理系统的界面与功能设计	284
10.3.1	维修保障数据管理系统的界面设计	284
10.3.2	维修保障数据管理系统的功能设计	286
10.4	维修保障数据管理系统应用案例	294
10.5	维修保障信息分析系统的体系结构设计	298

10.5.1	维修保障信息分析系统应用模式	298
10.5.2	图形化的维修保障信息分析过程	300
10.6	维修保障信息分析系统接口设计	302
10.7	维修保障信息分析系统的功能设计	305
10.7.1	目录管理功能	305
10.7.2	模型管理功能	307
10.7.3	模型成熟度分析功能	310
10.7.4	信息分析方案管理功能	311
10.7.5	响应分析功能	313
10.8	维修保障数据管理系统与维修保障信息分析系统关系	313
参考文献		316

1.1 维修保障信息与维修保障信息分析

装备维修保障信息是指装备全寿命过程中有关维修保障的各类数据、资料等信息,包括装备维修保障系统建设与运行中的自身产生信息,装备构造原理、结构特性、可靠性维修性保障性等装备属性信息,装备作战要求、我军现行体制等环境信息等。装备维修保障信息是指装备整个寿命周期过程中有关维修保障的数据、报告与资料的总称,是装备信息的重要组成部分。从装备全寿命的角度,维修保障信息可分为论证阶段信息、研制阶段信息和使用阶段信息等。信息资源是对客观事物变化和特征的反映,是发现问题、分析原因、掌握规律、正确决策的基础。随着军队装备保障信息化建设的逐步深入,维修保障信息的作用越来越突出,已成为论证与设计新装备可靠性维修性保障性(RMS)、分析与掌握装备的技术状态、优化与科学实施维修决策、设计与评估维修保障系统等重要依据。

维修保障信息分析是指针对制约装备维修保障相关工作顺利开展的特定问题,综合运用定性和定量研究方法,通过对维修保障信息的收集、整理、鉴别、评价、分析、综合等系列化加工过程,形成新的、增值的信息产品,最终为维修保障科学决策服务的一项具有科研性质的智能活动。

维修保障信息分析是信息分析理论与技术在装备维修保障领域的具体应用。武器装备数量庞大,涉及专业众多,涵盖范围广泛,从小型单件轻武器到大型复杂武器系统,呈现出多样的型谱结构和数量悬殊的规模部署。与此相对应,武器装备维修保障也呈现出保障对象多元、保障范围广泛、保障任务繁重、保障系统复杂等突出特点,使得武器装备维修保障信息收集、分析与处理任务重、难度大。近年来,随着我军武器装备保障信息化建设的逐步深入,各级越来越重视对维修保障信息资源的开发和利用,研制了装备管理综合信息系统、交互式电子

技术手册(IETM)、装备状态信息采集支持设备等相关软硬件平台,促进了装备维修保障信息的收集与管理。但是,现行的维修保障信息采集与应用技术手段,与复杂的武器装备维修保障实际需求相比还存在诸多亟待解决的问题和矛盾,突出地表现在两方面:一是数据采集的标准规范不完善。长期以来,由于各专业各自为政、条块分割的现象普遍存在,维修保障数据缺乏整体规划与设计,造成了装备维修保障数据采集呈现出数据格式不规范、标准不统一、数据质量差等问题,难以满足维修保障信息应用实际需求。二是信息应用技术与手段落后。收集维修保障数据关键在应用。目前,开发的武器装备维修保障信息收集与应用相关系统,主要用于支持部队的业务处理、查询统计、办公自动化等工作,只能满足一般的计划性维修工作,对于状态维修分析与决策、维修资源需求预测、维修保障方案优化等深层次的应用技术还相对落后。

本书围绕维修保障信息应用问题,重点研究维修保障数据采集管理与维修保障信息综合分析两方面内容。在很多场合下,人们对数据和信息这两个概念并不做严格区分,甚至将二者等同使用。为了便于阐述本书的基本理论与观点,本书在后续的阐述中对数据和信息的概念进行了区分。

(1) 维修保障数据指的是可从部队、试验基地、科研院所等单位直接采集的相关数据、资料、文件等。维修保障数据具有原始性,其可直接采集,无需任何转化过程,也可称为一次信息。如某型自行火炮的行驶记录表、发射记录表、火控系统使用记录表等表格由装备使用人员根据装备使用情况填写,这些表格所记录的信息即为维修保障数据。

(2) 维修保障信息。采用相关信息分析技术,将维修保障数据经过初步加工处理后,所获得的基本认识、规律、模式等内容。维修保障信息呈现出有序的、规则的特征,其把维修保障数据压缩成关键内容,清除或减少了无关的内容,也可称为二次信息。如根据装备故障记录表所记录的装备故障发生时间数据,采用可靠度统计模型,可计算得到装备可靠度曲线,该可靠度曲线即为维修保障信息。

1.2 与维修保障信息分析相关的学科领域

信息分析是一个内涵十分广泛的学术术语,经常与数据分析、数据挖掘、情报分析等概念混用,甚至在很多场合下这些概念并没有什么实质性的区别。可从广义角度和狭义角度看待信息分析这一概念。从广义角度来看,任何涉及系统建模、数据处理、决策分析等工作的活动,其本身就是一项信息分析活动,因此这些活动都可视为信息分析活动。但这种对于信息分析的泛化认识,往往冲淡

了信息分析本身所独有的特质,在这种认识下任何一项研究活动都可视为信息分析活动,实际上却模糊了信息分析的真正内涵与研究范畴。从狭义角度来看,人们不再停留于信息分析这一概念的表面认识,而是形成了一些具有特色的信息分析研究领域。尽管这些研究领域在概念描述上依然具有一定的宽泛性,但在事实上人们已经为其赋予了比较明确的研究方向,形成了比较固定的研究内容,如数据挖掘通常用于发现概念/类描述、分类、关联、预测、聚类、趋势分析、偏差分析和相似性分析及结果的可视化等问题,可靠性数据分析通常研究数据收集、分布类型检验、参数估计等问题。

本书重点介绍三个与维修保障信息分析相关的学科领域。一是数据挖掘,该领域主要研究各种知识的获取方法与技术,是一个应用性极强的学科领域,采用数据挖掘技术能够发现分类、关联、预测、聚类等知识,这些知识对于维修保障决策具有直接的指导作用;二是可靠性数据分析,该领域主要采用数理统计方法研究装备的可靠性数量特征,是一个偏向基础理论的学科领域,采用可靠性数据分析技术能够确定装备寿命分布规律、可靠性参数指标、维修间隔期等内容,对维修保障决策起着重要的理论支撑作用;三是多学科设计优化,该领域从多学科综合集成角度出发,强调充分利用各专业分析技术以实现产品性能的最优化设计,这是一个强调综合性的研究领域,其研究思路对于拓宽维修保障信息分析手段具有理论指导作用,同时对于促进维修保障信息分析技术深入发展具有直接的引领作用。

1.2.1 数据挖掘

随着信息技术的发展与普及,大量的数据与信息的积累,如何从海量的数据中提取有用的和有价值的信息,即知识,已成为信息技术研究的重要问题,数据挖掘技术应运而生。20世纪90年代,以美国信息工程领域专家为代表,开始研究数据挖掘的理论与方法。

数据挖掘(Data Mining, DM)的概念最早是在1995年的美国计算机年会(ACM)上提出的,数据挖掘就是从大量的、不完全的、有噪声的、模糊的、随机的数据中,提取隐含在其中的、人们事先不知道的、但又是潜在有用的信息和知识的过程。

另一种比较公认的定义是W. J. Frawley, G. Piatetsky - Shapiro等人提出的,数据挖掘就是从大型数据库中的数据中提取人们感兴趣的知识。这些知识是隐含的、事先未知的、潜在的有用的信息,提取的知识表示为概念(concepts)、规则(rules)、规律(regulations)、模式(patterns)等形式,后来专家们将这些形式的知识表达模式运用形式化定义来描述。

数据挖掘的一个重要过程就是从数据中挖掘知识的过程,也称为数据库中知识发现(Knowledge Discovery in Databases, KDD)过程和知识提取、数据采掘的过程等,并且可以在其过程中用于发现概念/类描述、分类、关联、预测、聚类、趋势分析、偏差分析和相似性分析及结果的可视化。

因此,可以将数据挖掘理解为:在庞大的数据库中寻找出有价值的隐藏事件,并利用人工智能、统计、预测的科学技术,将其数据进行科学有价值的提取和深入分析,找出其中的知识,并根据各类组织机构发展中的需求问题建立不同的挖掘模型,以此作为提供组织机构进行决策分析时的参考依据。

人们把原始数据视为形成知识的源泉,就像从矿石中采矿一样。原始数据可以是结构化的,如关系型数据库中的数据,也可以是半结构化的,如文本、图形、图像数据,甚至是分布在网络上的异构数据。发现知识的方法可以是数学的,也可以是非数学的;可以是演绎的,也可以是归纳的。发现了的知识可以用于信息管理、查询优化、决策支持、过程控制等,还可以用于数据自身的维护。数据挖掘的主要目标是在众多复杂类型数据中找出“金块”,能在商务(企业)数据中找出提高销售量和效益的关键因素,并且也能通过数据挖掘找出影响企业效益增长的相关因素。因此,数据挖掘是一门广义的交叉学科,它汇聚了不同领域的研究者,尤其是数据库、人工智能、数理统计、可视化、并行计算等方面的学者和工程技术人员。

数据挖掘的概念随着其发展而不断得到充实,美国的一项研究报告将 DM 视为 21 世纪十大明星产业之一。数据挖掘已成为当今知识管理、商业智能领域最热门的话题之一。越来越多的企业通过对数据挖掘概念和技术的了解与应用,达到解决信息工程领域关键技术难题的目的。

数据挖掘的用途无所不在。它可以应用在生产任务的预测与分析、生产效益的评估与分析、销售领域的预测分析、物流企业的货源预测与分析、交通肇事逃逸案的分析、超市的物品摆放、银行的贷款预测与决策分析、服装领域的职业服装号型归档、大型数据库的关联知识挖掘、企业绩效评估与分析等相关的领域中;也可以应用在更细致的研究中,例如,在金融行业出现的基于数据仓库贷款决策分析,可以将其银行和信用卡公司通过数据挖掘产品的相关技术将庞大的顾客资料做筛选、分析、推演及预测,找出哪些是最有贡献的顾客,哪些是高流失率族群,或找出一个新的产品或促销活动可能带来的响应率,如何在合适的时间提供适当的产品及服务挖掘功能。

数据挖掘技术从一开始就是面向应用的。它不仅是面向特定数据库的简单检索查询调用,而且要对这些数据进行微观、中观乃至宏观的统计、分析、综合和推理,以指导实际问题的求解,试图发现事件间的相互关联,甚至利用已有的数

据对未来的活动进行预测。这样一来,就把人们对数据的应用,从低层次的末端查询操作,提高到为各级经营决策者提供决策支持。这种需求驱动力,比数据库查询更为强大。同时需要指出的是,这里所说的知识发现,不是要求发现放之四海而皆准的真理,也不是要去发现崭新的自然科学定理和纯数学公式,更不是什么机器定理证明。所有发现的知识都是相对的,是有特定前提和约束条件、面向特定领域的,同时还要能够易于被用户理解,最好能用自然语言表达所发现的结果。

数据挖掘主要包括数据仓库、联机分析处理(On - Time Analysis Processing, OLAP), KDD 和相关的系统集成、数据标准化、数据仓库建模技术、数据挖掘技术与方法、数据集市、可视化技术、自然语言解释、人机交互、知识发现与知识推理、网络集成技术等研究内容。

1.2.2 可靠性数据分析

数据分析相对于更为一般的信息分析概念,其更加强调整量化的数据处理过程,概率统计分析方法是处理数据分析问题的主要手段。相对而言,可靠性数据分析在维修保障信息分析研究领域已经形成了较为成熟的理论体系。可靠性数据分析是通过收集系统或单元产品在研制、试验、生产和使用中所产生的可靠性数据,并依据系统的功能或可靠性结构,利用概率统计方法,给出系统的各种可靠性数量指标的定量估计。它是一种既包含数学和可靠性理论,又包含工程分析处理的方法。

可靠性数据分析作为描述、评价产品可靠性的理论方法,随着可靠性概念的提出和应用逐渐发展起来,成为可靠性工程的重要组成部分。可靠性作为一门工程技术,可以追溯到美国国防部“电子设备可靠性咨询组”(AGREE)于1957年发表的研究报告《军用电子设备可靠性》,该报告首次给出了可靠性的定义、指标及其评价方法等一套系统的概念与方法,为可靠性发展奠定了牢固基础。因此,该报告所阐述的可靠性评价方法也被看作是最早的可靠性数据分析工作之一。

可靠性经历了20世纪50年代的起步阶段,70年代的成熟阶段,90年代进入了向综合化、智能化、自动化发展的阶段,到21世纪已发展到面向全寿命、全过程、全特性的综合集成阶段,最终发展成为一门综合性的可靠性工程技术学科。其研究对象不断扩大,从电子产品扩大到机械等非电子产品;从零部件到设备再到复杂装备或系统;从硬件到软件;从重视可靠性统计试验发展到强调可靠性工程试验以及仿真试验;从可靠性发展到维修性、保障性、安全性;从军工装备扩展到民用产品。在这些发展中,产品质量得到迅速提高,可靠性理论和实践得

到丰富和完善。可靠性数据分析的研究对象也由简单到复杂,相关的可靠性数据从寿命数据扩展到非寿命数据;数据收集的范围从产品寿命试验延伸到整个产品的研制全过程和全寿命周期;数据分析方法从单元产品可靠性数据分析向系统可靠性数据分析发展,可以说,可靠性数据分析在可靠性工程实际需求下,理论和方法得到了很大的发展,形成了完整、系统的理论和方法体系。

可靠性数据分析贯穿于产品研制、试验、生产、使用和维修的全过程,进行可靠性数据分析的目的和任务也是根据在产品研制、试验、生产、使用和维修等过程中所开展的可靠性工程活动的需求而决定的。在研制阶段,可靠性数据分析用于对所进行的各项可靠性试验的试验结果进行评估,以验证试验的有效性。如进行可靠性增长试验时,应根据试验结果对参数进行评估。通过分析产品的故障原因,找出薄弱环节、提出改进措施,以使产品可靠性得到逐步增长。研制阶段结束进入生产前,应根据可靠性鉴定试验的结果,评价其可靠性水平是否达到设计的要求,为生产决策提供管理信息。在投入批生产后应根据验收试验的数据评估可靠性,检验其生产工艺水平能否保证产品所要求的可靠性水平。在投入使用的早期,应特别注意使用现场可靠性数据的收集,及时进行分析与评估,找出产品的早期故障及其主要原因,进行改进或加强质量管理,加强可靠性筛选,可大大降低产品的早期故障率,提高产品的可靠性。使用中应定期对产品进行可靠性分析和评估,对可靠性低下的产品及时进行改进,使之达到设计所要求的指标。

随着可靠性、维修性工作的深入开展,可靠性数据分析工作越来越显示出其重要的价值和作用。在现代武器装备的质量中,可靠性占有突出的重要地位。可靠性只能通过设计与生产过程的可靠性活动获得,它是可靠性设计、可靠性试验和可靠性管理的结果。可靠性数据分析给可靠性设计和可靠性试验提供了基础,为可靠性管理提供了决策依据。可靠性数据分析的任务是定量评估产品可靠性,由此提供的信息,将作为“预防、发现和纠正可靠性设计以及元器件、材料和工艺等方面缺陷”的参考,这是可靠性工程的重点。因而,借助有计划、有目的地收集产品寿命周期各阶段的数据,经过分析,发现产品可靠性的薄弱环节,进行分析、改进设计,可以使产品的质量与可靠性水平不断改进和提高。因此,可靠性数据的收集和分析在可靠性工程中具有重要的地位。

建立各级可靠性信息管理系统是有效管理和利用数据的根本办法。从20世纪50年代起,以美国为首的技术先进国家就已充分认识到这一点,特别是对与军方有关的武器装备的数据管理,由国防部归口,已有一套完善的组织系统。如全国范围的政府与工业部门数据交换网(Government Industry Data Exchange Program, GIDEP)和直属国防部的空军罗姆航空发展中心的可靠性分析中心