

英军可靠性维修性保障性标准的发展评述

摘 要：本文较系统和全面介绍英军可靠性维修性保障性（RMS）标准的发展过程及现状。并对英军 RMS 标准的特点进行了分析，阐述了标准的发展趋势，并对我军 RMS 标准工作的开展提出建议。

关键词：英军 标准 可靠性 维修性 保障性 综合后勤保障 发展评述

一、可靠性维修性保障性英军（RMS）标准的发展过程

英国国防部早在 70 年代就制定并发布可靠性及维修性（R&M）防务标准系列，其代号为 Def.Stan.00-5 Part.0、Def.Stan.00-5 Part.1、Def.Stan.00-5Part.2、Def.Stan.00-5Part.3、Def.Stan.00-5Part.4、详见表 1。

表 1 英国国防部发布的第一批 R&M 标准

标准代号	标准名称	备注
Def.Stan.00-5Part.0	装备的可靠性及维修性要求 管理要求	1981年由Def.Stan.00-40取代
Def.Stan.00-5Part.1	陆军装备可靠性、维修性和维修设计准则 一般要求	1979 年 3 月 19 日修订 1996 年 12 月 1 日取消
Def.Stan.00-5Part.2	陆军装备可靠性、维修性和维修设计准则 电气和电子部分	1996 年 12 月 1 日取消
Def.Stan.00-5Part.3	陆军装备可靠性、维修性和维修设计准则 非电气和电子部分	1996 年 12 月 1 日取消
Def.Stan.00-5Part.4	陆军装备可靠性、维修性和维修设计准则 光学部分	1996 年 12 月 1 日取消

英国国防部于 1981 年 7 月 1 日开始颁发 00-40 系列 R&M 标准的第一个标准，其代号为 Def.Stan.00-40（Part.1）“可靠性及维修性第一部分：项目和计划的管理责任及要求”并取代 Def.Stan.00-5（Part.0）“装备的可靠性及维修性要求”。自 1984 年 NATO 颁发 R&M 标准之后，英国国防部于 1986 年决定批准英国的防务采购合同以及北约内的合作项目全面采用 NATO 的 R&M 标准，并纳入 Def.Stan.00-40 的 R&M 系列中，例如，1987 年 7 月 24 日，英国国防部的 Def.Stan.00-40（Part.1）/第二版本“可靠性及维修性第一部分：项目及计划

的管理责任和要求”全文采用了北约（NATO）1984 年颁发的 ARMP-1（第一版本）“NATO 可靠性及维修性要求”。表 2 给出了 NATO 与英国国防部对应的 R&M 标准代号。

表 2 NATO 与英国国防部 R&M 标准的对应关系

序号	NATO 标准	英国国防部的对应标准	备注
1	ARMP-1（1984 年 12 月）	Def.Stan.00-40（Part.1）（1987 年 7 月）	发行三个版本
2	ARMP-2（1986 年 4 月）	Def.Stan.00-40（Part.2）（1988 年 6 月）	发行二个版本
3	ARMP-3（1988 年 5 月）	Def.Stan.00-40（Part.3）（1988 年 8 月）	发行一个版本
4	ARMP-4（1991 年 4 月）	Def.Stan.00-40（Part.4）（1991 年 12 月）	发行二个版本
5	ARMP-5（1988 年 5 月）	Def.Stan.00-40（Part.5）（1989 年 5 月）	发行一个版本
6	ARMP-6（1988 年 5 月）	Def.Stan.00-40（Part.6）（1988 年 12 月）	发行一个版本
7	ARMP-7（2001 年 7 月）	Def.Stan.00-40（Part.7）（2001 年 12 月）	发行一个版本
8	ARMP-8（1991 年 10 月）	Def.Stan.00-40（Part.8）（1992 年 7 月）	发行一个版本

为了支持 Def.Stan.00-40 系列标准，并在装备采购过程有效地贯彻顶层标准，英国国防部还颁发了一系列更详细的指导性文件，给出顶层标准实施中所需的各种程序、方法和技术，详见表 3。

表 3 Def.Stan.00-40 的支持文件

文件代号	文件名称	备注
Def.Stan.00-41	国防部 R&M 实用方法和程序指南	1993 年月首次发布
Def.Stan.00-42	可靠性及维修性保证指南	1997 年 7 月首次发布
Def.Stan.00-43	可靠性及维修性保证活动	1993 年 1 月首次发布
Def.Stan.00-44	可靠性及维修性数据收集及分类	1993 年 3 月首次发布
Def.Stan.00-49	国防部 R&M 术语定义指南	1996 年 1 月发布
Def.Stan.00-54	防务装备中与安全有关的电子设备（硬件）要求	1999 年首次发布
Def.Stan.00-55	防务装备与安全有关的软件要求	1997 年 8 月发布
Def.Stan.00- 56	防务系统安全管理要求	1996 年 12 月发布

Def.Stan.00-60	综合后勤保障	1996 年 5 月首次发布
Def.Stan.00-70	标准易修性 (Serviceability) 试验	1997 年 9 月首次发布
Def.Stan.00-71	过时淘汰管理指南	1998 年 5 月首次发布
Def.Stan.00-3	设备运输性设计指南	1985 年 5 月首次发布
Def.Stan.00-13	电子设备和含有电子设备的测试性要求	1994 年 6 月首次发布
Def.Stan.00-25	设备设计师考虑的人为因素	1987 年 9 月首次发布

值得指出的是随着现代武器装备复杂性的提高，装备的使用和保障（O&S）费用迅速增加，为了控制和降低 O&S 费用，英国国防部从 1996 年 5 月开始发布综合后勤保障系列标准（Def.Stan.00-60），随后进行了多次更改，目前已形成一套较完整的综合后勤保障标准，详见表 4。

表 4 已发布的 Def.Stan.00-60 系列标准

Def.Stan.00-60 系列标准	名称	备注
第 0 部分	综合后勤保障（ILS）的应作	1996 年 5 月首次发布
第 1 部分	后勤保障分析和后勤保障分析记录	1996 年 5 月首次发布
第 2 部分	后勤保障分析和后勤保障分析记录应用指南	1996 年 5 月首次发布
第 3 部分	软件保障的应用指南	1996 年 5 月首次发布
第 10 部分	电子文件	1996 年 5 月首次发布
第 11 部分	在 ILS 环境下电子文件的应用指南	1996 年 5 月首次发布
第 20 部分	综合供应保障程序的应用	1996 年 5 月首次发布
第 21 部分	初始供应规划程序	1996 年 9 月首次发布
第 22 部分	编码程序	1996 年 9 月首次发布
第 23 部分	采购规划程序	1996 年 9 月首次发布
第 24 部分	定货管理程序	1996 年 9 月首次发布
第 25 部分	发货程序	1996 年 9 月首次发布

二、英军 RMS 标准的现状

到 2001 年 12 月，英军已发布了一套较齐全的 RMS 标准，包括可靠性及维修性（R&M）标准（含测试性）：Def Stan 00-40、00-41、00-42、00-43、00-44、00-49，参见图 1 和表 5；安全性标准：Def Stan 00-54、00-55、00-56，参见图 2 和表 6；综合后勤保障（ILS）标准：Def Stan 00-60、00-70、00-71，参

见图 3 和表 7。

2002 年 1 月英国国防部对 00-40 系列标准“可靠性与维修性”进行了审查后,决定取消第 2 部分“第一部分的通用应用指南”、第 3 部分“北约成员国 R&M 文件的应用”第 5 部分“R&M 培训指南”和 8 部分“现成设备的采购”,目前正在使用的和刚取消的 R&M 标准参见表 5。

表 5 英军可靠性及维修性标准

代号	名称	有效版本	备注
Def Stan 00-40	可靠性与维修性		顶层标准
Def Stan 00-40 (1)	项目及计划的管理职责及要求	1999 年第 4 版	顶层标准
Def Stan 00-40 (2) *	第一部分的通用应用指南	1994 年第 2 版	00 - 40 (1) 的指南
Def Stan 00-41	国防部 R&M 实用方法和程序指南	1993 年第 3 版	00-40 (1) 及 (2) 的支持标准
Def Stan 00-40 (3) *	北约成员国的 R&M 文件的应用	1989 年第 1 版	二层标准
Def Stan 00-40 (4)	北约 R&M 要求文件的编写指南	1991 年第 1 版	二层标准
Def Stan 00-40 (5) *	R&M 培训指南	1989 年第 1 版	二层标准
Def Stan 00-40 (6)	使用中的可靠性及维修性	1988 年第 1 版	二层标准
Def Stan 00-40 (7)	适用联合 R&M 出版物的北约 R&M 术语	2001 年 7 月	二层标准
Def Stan 00-40 (8) *	现成设备的采购	1991 年第 1 版	二层标准
Def Stan 00-42	可靠性与维修性保证指南		
Def Stan 00-42 (1)	一次性使用的装置/系统	1997 年第 1 版	二层标准
Def Stan 00-42 (2)	软件	1997 年第 1 版	二层标准
Def Stan 00-42 (3)	可靠性与维修性案例	1999 年第 1 版	二层标准
Def Stan 00-42 (4)	测试性	2002 年第 1 版	草案
Def Stan 00-43	可靠性与维修性保证活动		
Def Stan 00-43 (1)	可靠性使用验证	1993 年第 1 版	二层标准
Def Stan 00-43 (2)	维修性验证	1995 年第 1 版	二层标准
Def Stan 00-44	R&M 数据收集与分类		
Def Stan 00-44 (1)	皇家海军、陆军和皇家空军的维修数据和缺陷报告	1995 年第 1 版	二层标准
Def Stan 00-44 (2)	数据分类和事故仲裁-总则	1994 年第 1 版	二层标准
Def Stan 00-44 (3)	海上事故仲裁	1997 年第 1 版	二层标准

Def Stan 00-44 (4)	地面事故仲裁	1995 年第 1 版	二层标准
Def Stan 00-49	国防部 R&M 术语定义指南	1996 年第 1 版	二层标准
Def Stan 00-13	电子设备测试性要求	1994 年第 3 版	二层标准

表 5 中的 “ * ” 号表明该标准已于 2002 年 1 月被撤消。

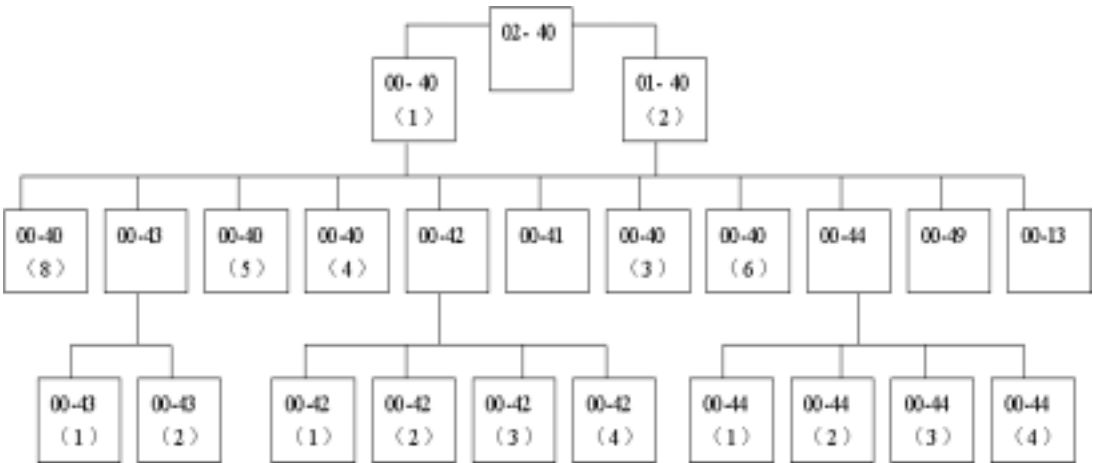


图 1 英军 R&M 标准的层次

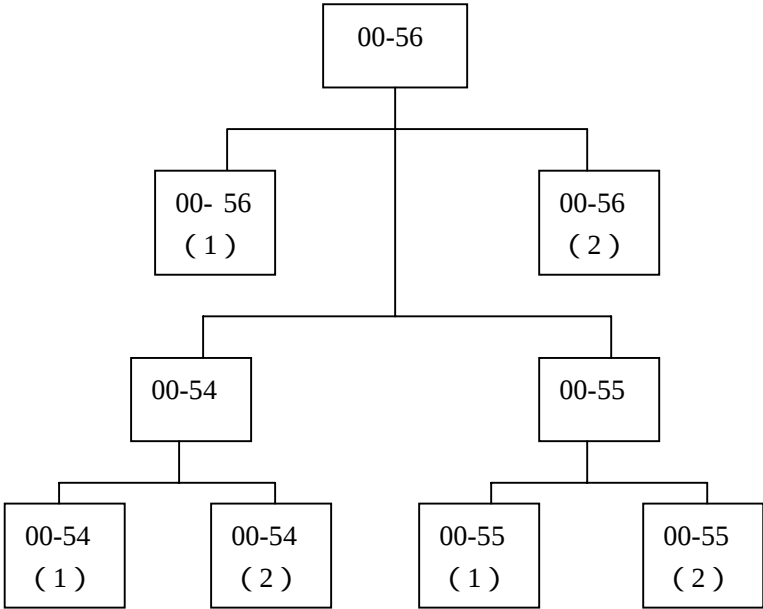


图 2 英军安全性标准层次

表 6 英军安全性标准

代号	名称	现行版本	备注
Def Stan 00-56	防务系统的安全性管理要求		
Def Stan 00-56 (1)	要求	1996 年第 2 版	顶层标准
Def Stan 00-56 (2)	指南	1996 年第 2 版	顶层标准
Def Stan 00-54	防务设备中与安全性有关的电子设备的要求		
Def Stan 00-54 (1)	要求	1999 年第 1 版	二层标准
Def Stan 00-54 (2)	指南	1999 年第 1 版	二层标准
Def Stan 00-55	防务设备中与安全性有关的软件的要求		
Def Stan 00-55 (1)	要求	1997 年第 2 版	二层标准
Def Stan 00-55 (2)	指南	1997 年第 2 版	二层标准

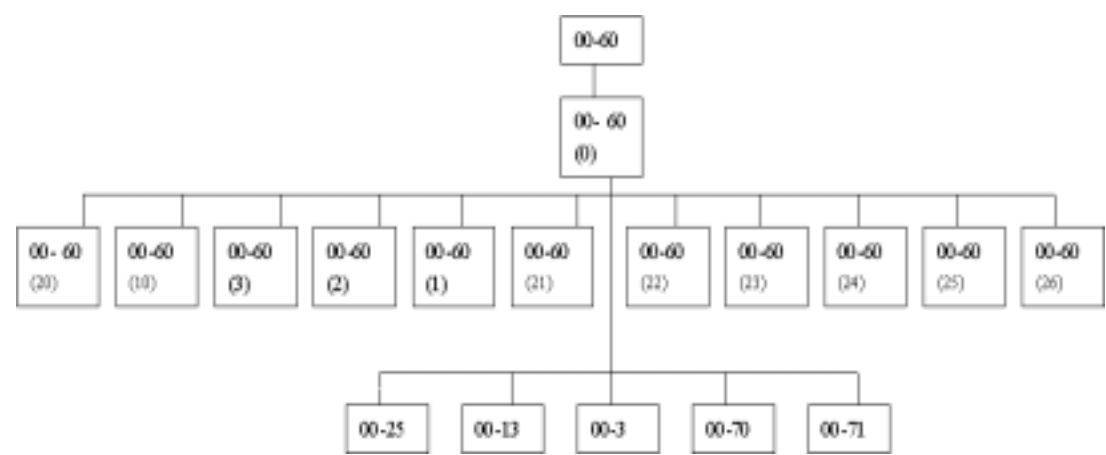


图 3 英军综合后勤保障标准层次

表 7 英军综合后勤保障标准

代号	名称	有效版本	备注
Def Stan 00-60	综合后勤保障 (ILS)		
Def Stan 00-60 (0)	综合后勤保障的应用	2002 年第 5 版	顶层标准 1996 年第 1 版
Def Stan 00-60 (1)	后勤保障分析和后勤保障分析记录	1998 年第 2 版	二层标准 1996 年第 1 版
Def Stan 00-60 (2)	后勤保障分析和后勤保障分析记录应用指南	2002 年第 5 版	二层标准 1996 年第 1 版

Def Stan 00-60 (3)	软件保障应用指南	1998 年第 2 版	二层标准 1996 年第 1 版
Def Stan 00-60 (10)	电子文件	2002 年第 5 版	二层标准 1996 年第 1 版
Def Stan 00-60 (20)	综合供应保障程序的应用	2002 年第 6 版	二层标准 1996 年第 1 版
Def Stan 00-60 (21)	初始供应规划程序	2002 年第 5 版	二层标准 1996 年第 1 版
Def Stan 00-60 (22)	编码程序	2002 年第 3 版	二层标准 1996 年第 1 版
Def Stan 00-60 (23)	采购规划程序	1998 年第 2 版	二层标准 1996 年第 1 版
Def Stan 00-60 (24)	定货管理程序	2002 年第 5 版	二层标准 1996 年第 1 版
Def Stan 00-60 (25)	发货程序	1998 年第 2 版	二层标准 1996 年第 1 版
Def Stan 00- (26)	维修管理程序	2002 年第 1 版	二层标准
Def Stan 00-70	标准易修性试验	1997 年第 1 版	二层标准
Def Stan 00-71	过时报废管理	2001 年第 2 版	二层标准 1998 年第 1 版
Def Stan 00-3	设备运输性设计指南	1987 年第 2 版	二层标准
Def Stan 00-25	设备设计师考虑的人为因素	1998 年第 2 版	二层标准

三、英军 RMS 标准的特点分析

从前面的介绍看出，北约和英军的 RMS 标准有某些相同之处，但英军的标准更为具体、涉及的内容更广、更系统。以英军的 Def.Stan 00-40(1)及 00-40 (2) 标准为例，分析它们的特点。

1、结构及编排的特点

(1) 可靠性、维修性与测试性的内容合成为一个顶层管理标准

在 ARMP-1 “ 北约可靠性及维修性要求 ” 标准和相应的 Stan 00-40(1) “ 项目及计划的管理职责及要求 ” 中，把可靠性 (R) 、维修性 (M) 、测试性 (T) 等三个学科的管理标准综合在一起。把美军军用标准中原为三个独立的管理性顶层标准 (即 MIL-STD-785、MIL-STD-470、MIL-STD-2165) 合为一个 RMT 的综合性管理标准。这种编排的优点把可靠性与维修性相关的一些工作项目，如 FMECA、R&M 权衡、软件对 R&M 影响和使用中的 R&M 等结合在一起；同样把维修性与测试性有关的工作项目，如维修方案、故障检测、维修性设计准则等工作项目结合在

一起,从而使内容更加明确、减少不必要的重复。在英军的防务标准中,把测试性作为 00-42(4) R&M 保证指南的第四部分,即作为二层标准进一步提出详细要求。

(2) 顶层标准和某些重要标准包括“要求”和“指南”两部分

在英军和北约的 R&M 标准中,顶层标准和某些重要标准通常包括“要求”和“指南”两部分。这些标准的“要求”部分,相当于美国军用标准和我国国军标的正文,“指南”部分相当于美国军用标准和我国国军标的应用指南。为了使读者便于阅读、参考和引用,这两个部分的目录完全一致,只是“指南”部分对“要求”部分的内容作了必要的解释和说明,内容更具体和详细。例如,Def Stan 00-40(2)就是 Def Stan 00-40(1)的通用应用指南。此外,英军为了贯彻 Def Stan 00-40(1)和 Def Stan 00-40(2)还颁发了 Def Stan 00-41“国防部可靠性及维修性实用方法和程序指南”。该指南对 00-40(1)提出的工作项目做了更详细的描述并增加了某些新项目以及某些实施步骤、方法和示例,与我国的国军标宣贯指南相似。

(3) 标准内容按照工作项目的顺序连续编排

北约及英军顶层标准编排的主要特点是按照工作项目的顺序连续编排。这种编排的优点是便于引用和参照,其原因是北约与英国各种报告及文章习惯采用的连续编号。

2、根据北约及英军的需要和特点制订标准

(1) 根据需要制订顶层和管理性标准

北约及英军 R&M 标准的一大特点是:根据北约及英军需要制定顶层和管理性的 R&M 标准,有关具体的设计分析和试验等的二层标准、方法标准和手册,基本上都是引用美国的军用标准,如 MIL-STD-781、MIL-STD-1629、MIL-STD-1365、MIL-HDBK-338、MIL-HDBK-217 等。

(2) 根据北约及英军特点制定 R&M 要求确定、R&M 培训、外场 R&M 验证、本国 R&M 文件的应用等标准

北约及英军由于经济实力有限,如先进战斗机、直升机等重大装备项目研制需要北约多个国家合作。例如,英国与意大利联合研制的 EH101 多用途直升机;英国、德国和意大利共同研制的“狂风”变后掠翼多用途战斗机以及 90 年代服役的由英国、德国、西班牙和意大利联合研制的欧洲战斗机 EF2000 等。由于多个国家参加研制,对这装备 R&M 要求的确定、人员 R&M 培训、外场 R&M 验证以及本国 R&M 标准的应用等问题需要有统一的规定,必须制定专门的标准来进行规范。

(3) R&M 工作项目的确定更注重工程实用性

ARMP-1 与美国的 MIL-STD-785 和 MIL-STD-470 相比较,ARMP-1 中增加了 R&M 设计准则、故障树分析(FTA)、R&M 权衡、软件影响、人为因素影响、使用中的 R&M 以及有限寿命产品等实用的内容。这些工作项目都是在当前型号研制中对 R&M 产生较大影响的实用工作项目,也是当前 R&M 工作中迫切需要解决的问题,

北约与英军的 R&M 标准中作了明确要求。

3、更加重视软件、人为因素对 R&M 的影响

(1) 重视软件 RMS 问题

在 RMS 标准中特别重视软件的 RMS 问题,在 ARMP-1 中的 318 节要求承包商应考虑软件对 R&M 带来的影响,系统的 R&M 应包括软件产生的影响,而且设计和研制阶段应尽早实施软件 R&M 策略。Def Stan 00-55 “防务设备中与安全性有关的软件的要求”和 00-60(3)“软件保障应用指南”对软件的安全性、维修性和保障性问题提出了要求,并提出实现要求的指导原则。

(2) 重视装备的人为因素问题

在 ARMP-1 中的 319 节要求承包商应考虑人为因素对 R&M 产生的影响。在 R&M 分配、预计和试验中都有应考虑人的行为对系统 R&M 产生的影响。在新装备研制中承包商应与订购方一起制定影响 R&M 的人的动作的设计准则,以及具体的分配、预计、设计和试验的方法及程序。此外,英国国防部还颁发 Def Stan 00-25 “装备设计的人为因素”,共计 13 部分,Def Stan 00-25(1)~00-25(13)。该标准从人体尺寸、人的力量及耐力、工作场地设计、应力和危险、视觉和照明、光学显视、听觉信息、声音通信、控制器、维修性设计、人与计算机交互作用等各种人为因素提出了要求和规定了措施。

4、重视综合后勤保障标准的实用性和可操作性

尽管美国国防部在 21 世纪 80 年代就发布了国防部指令 DoD5000.39 “系统和设备综合后勤保障(ILS)的采办和管理”和军用标准 MIL-STD-1388-1A “后勤保障分析”和 MIL-STD-1388-2A “后勤保障分析记录”,推动和指导美国武器装备综合后勤保障工作的开展,但至今美军仍没有可操作性好的综合保障管理标准。这些标准在型号中的应用存在着实用性和可操作性较差的问题。

英军吸收了美军的经验教训,在 1996 年 5 月至 9 月相继颁发了综合后勤保障的系列标准,为了改进这些标准的实用性和可操作性,英军颁发了 ILS 的顶层标准 Def Stan 00-60(0)“综合后勤保障的应用”、Def Stan 00-60(1)“后勤保障分析”(LSA)和“后勤保障分析记录(LASR)”及 Def Stan 00-60(2)“LSA 和 LASR 的应用指南”以指导在防务装备采购中如何应用 ILS,并对装备研制过程中如何有效开展后勤保障分析和后勤保障分析记录提供了详细指导。为保证 Def Stan 00-60(0)、00-60(1)和 00-60(2)的有效贯彻和实施,英军还颁发了上述标准的支持标准,初步形成了一个 ILS 标准体系。目前已发布的支持标准包括 Def Stan 00-60(3)“软件保障的应用指南”、Def Stan 00-60(10)“电子文件”、Def Stan 00-60(20)“综合供应保障程序(ISSP)的应用”、Def Stan 00-60(21)“初始供应规划程序”、Def Stan 00-60(22)“编码程序”、Def Stan 00-60(23)“采购规划程序”、Def Stan 00-60(24)“定货管理程序”、Def Stan 00-60(25)“发货程序”、Def Stan 00-60(26)“维修管理程序”、Def Stan 00-71 “过时淘汰管理”和 Def Stan 00-3 “设备运输性设计指南”等。

四、英军 RMS 标准发展趋势

随着科学技术飞速发展,特别是当今信息技术的日新月异的进步,RMS 标准与整个 RMS 学科的发展一样,向着综合化、信息化、军民两用和实用化的方向发展,以满足现代高技术武器装备发展的需要。

(1) 重视制订综合性标准

在 RMS 标准中,各学科及学科内部各要素的相互作用越来越明显,综合性标准越来越受重视。英军在 80 年代中颁发的一批方法性的可靠性及维修性专业标准,如 Def Stan 00-5 “陆军装备的可靠性、维修性及维修设计准则”(共 5 部分)、Def Stan 00-41(1)“可靠性设计原则”、Def Stan 00-41(2)“可靠性分配、建模和计算”、Def Stan 00-41(3)“可靠性预计”、Def Stan 00-41(4)“可靠性工程”、Def Stan 00-41(5)“可靠性试验和筛选”和 Def Stan 00-41(6)“维修性”等单项标准都有在 90 年代中期由 Def Stan 00-41 “国防部可靠性及维修性的实用方法和程序”的综合性标准替代,该标准是一本具有工程实用性强的手册型标准。

(2) 注意引用先进民用标准

2002 年 6 月北约颁发了 ARMP-1 第 3 版替代 1993 年 10 月颁发的 ARMP-1 第 2 版。新的 ARMP-1(3)经北约 R&M 工作组对现有的国际标准和国家标准进行调研后决定采用汽车工程师学会(SAE)制订的标准 SAE JA1000 “可靠性大纲”和 SAE JA1010 “维修性大纲”用于北约武器装备采购合同,作为 ARMP-1 第一部分;同时采用两个标准的应用指南给出的实现 R&M 的技术信息作为 ARMP-1 的第 2 部分,这部分在合同中不是必须执行的,但这部分的某些内容适用于合同,如可靠性增长的方法。该指南为参与 R&M 工作的政府和工业界的人员提供指导。

(3) 加强软件 RMS 标准及实用性强标准的制定

90 年代中期以来,随着信息技术的广泛应用,许多高技术装备的研制,特别是软件密集系统的研制和应用,软件的 RMS 问题引起世界各国的重视,北约和英国制定了一系列与软件 RMS 有关的标准。例如,1997 年 9 月英国国防部首次颁发了 Def Stan 00-42(2)“可靠性及维修性保证指南——软件”,对保证软件可靠性的两项关键措施“软件可靠性计划”和“软件可靠性案例”等提出详细要求,并作出具体规定。同年,还颁发了 Def Stan 00-55 “防务装备中与安全性有关的软件要求”,对如何保证装备安全性对软件提出具体要求。

此外,随着新技术特别是信息技术快速更新换代,某些先进微型器件的技术寿命为 18 个月,而现代武器装备的使用寿命一般平均在 15 年左右,长达 20~30 年,面对当前武器装备面临的新型元器件、软件、新技术快速更新的挑战,普遍出现过时淘汰的问题,英国国防部于 1998 年首次颁发了军用标准 Def Stan 00-71 “过时淘汰管理”,并于 2001 年改版,对现代武器装备研制中如何通过加强管理、制订长期计划、确定替代措施、开发新技术等途径,来经济有效地解决“过时淘汰”问题。此外,为了有效保证装备达到所要求的 R&M 水平,英国国防部于 1991 年从实际出发,制定了 Def Stan 00-42(3)“可靠性及维修性案例”确保通过 R&M 案例,跟踪产品研制过程的 R&M,及时发现存在问题,并采取措施,

使装备按计划要求达到规定的 R&M 值。

参考文献

- 1、 Defence Acquisition. Ministry of Defence Policy Paper. December 2001.
- 2、 A guide to smart procurement, “Faster, Cheaper, Better”. June 2000.
- 3、 Christopher J. Hockley, George E. Comer. NATO R&M Standards; Blueprint for Success. Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium. 1993.
- 4、 Alastair S MacKichan. Reliability Assurance – The UK Ministry of Defense Approach. Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium. 1992.
- 5、 A B Blackney, M W Watts, UK RAF Approach to Reliability and Maintainability. Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium 1987