

美军直升机基于状态的维修

Condition Based Maintenance of U.S. Army Helicopter

杨宇航 高伏 李丹 朱雅群 / 总参谋部陆航研究所

摘要:介绍了美军航空兵部队的CBM计划和CBM系统,列出了美军利用CBM系统得到的3种主要型号直升机的监控零部件清单,并分析了实施CBM计划后将会获得的效益。以“伊拉克自由”行动中CBM系统的应用为例,说明了CBM计划对作战效能的积极影响。

Abstract : This paper introduces the Condition Based Maintenance (CBM) program and system of U.S. Army Aviation, lists the monitored master parts of 3 primary models of helicopter that U.S. Army achieved using the CBM system, and analyses CBM benefits from the field. It verifies the CBM program's positive impact on campaign efficiency through CBM implementation in OIF/OEF.

关键词: 基于状态的维修; 美军航空兵; 效益; 作战效能

Keywords: CBM; U.S. Army aviation; benefits; campaign efficiency

0 引言

维修是为使装备保持、恢复或改善到规定状态所进行的全部活动^[1]。维修贯穿于装备服役全过程,维修方式的选择取决于装备自身技术状态和故障、战损情况。随着现代武器装备设计技术的不断发展,传统的维修方法和维修理念已不能适应现代装备维修的需要,因此必须不断更新维修思想,改革旧的维修方式、维修制度、维修体制和维修手段,以实现维修的快速性和灵活性。本文主要介绍基于状态的维修(CBM)在美军直升机维修保障中的应用情况。

1 现行的维修方式

从不同的角度出发,维修有不同的方法。按维修活动的目的与时机可以划分为^[2]:

1) 修复性维修(Corrective Maintenance)也称为排除故障或故障维修,是装备发生故障后,使其恢复到规定状态所进行的全部活动,包括一个或全部维修活动,如故障定位、故障隔离、部件分解、更换、

再装、调校、检验以及修复损坏件等。这种维修方式是只有装备损坏以后才能进行维修,其弊端是显而易见的。

2) 定期维修(Time Based Maintenance)是依据规定的间隔期或固定的累计工作时间或里程,按事先安排的计划进行维修。它是一种以时间为基础的预防性维

修,其优点是按照固定的修理周期,便于安排维修工作、组织维修人力和准备资源,但很难解决修理时间的固定性与装备使用状况的随机性之间的矛盾。这种维修方式一方面会造成“过剩维修”,而另一方面又不能预防由于随机因素引起的偶然故障。

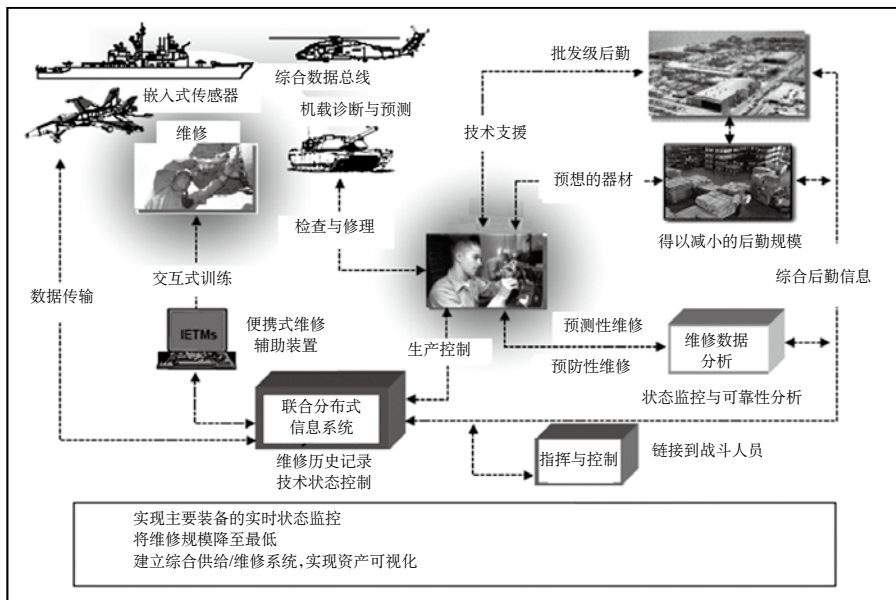


图1 CBM与未来以维修为中心的后勤保障

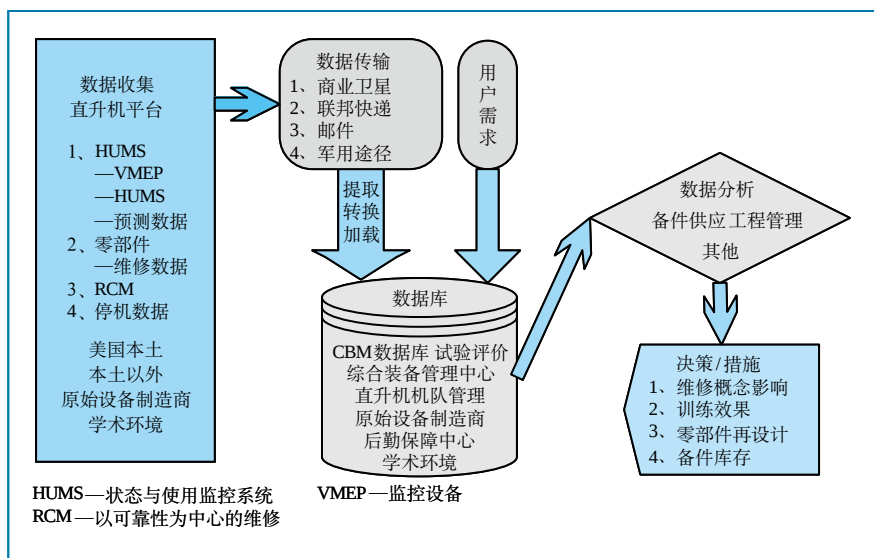


图2 美军航空兵部队CBM系统数据流程图

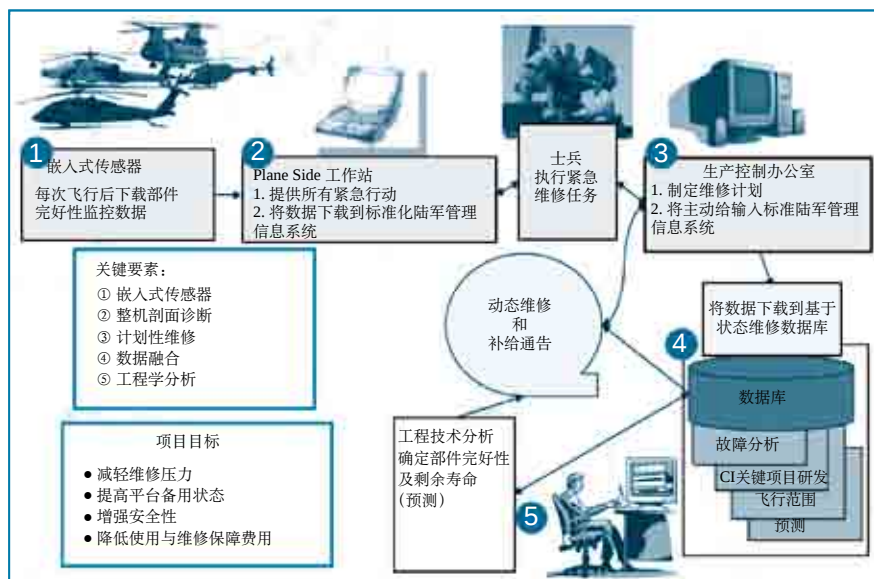


图3 美军CBM系统工作程序图

3) 视情维修 (Condition Based Maintenance) 也称为基于状态的维修, 通过检测、监控掌握装备的状况, 对其可能发生功能性故障的项目, 进行必要的预防性维修。这种维修制度把预防性维修中的定期维修变成了定期监测, 同时还对装备进行跟踪监测, 在掌握了装备技术状态的基础上开展“该修时就维修”。CBM适用于耗损故障初期有明显劣化征兆的设备, 但需要强有力的监测诊断手段作为保障。

2 CBM简介

基于状态的维修 (CBM) 是将嵌入式传感器进行的内部测试和应用便携式仪器进行的外部测试相结合, 获得武器装备的状态信息, 并对这些信息进行评估得出维修决策, 以提高武器装备的维修能力的维修方式。美国国防部认为, CBM是未来以维修为中心的后勤保障 (如图1所示) 的重要组成部分, 并在美军中自上而下的推行, 以期能够提高部队维修能力, 改善维修业务的运行状况^[3-5]。

3 美军CBM计划简介

美军航空兵部队目前正在逐步实施CBM计划, 该项计划的目标是: 减轻士兵的维修负担, 提高平台的可用性和备用状态, 降低使用与维修保障 (O&S) 费用, 提升安全性。实施该CBM计划主要包含两个阶段: 第一阶段到2011年, 要求检修的间隔时间延长, 并安装平台诊断/测试设备, 称为过渡形态; 第二阶段到2015年, 要求将直升机维修方式改为主动性的基于状态的翻修/检查。

对于CBM来说, 能否实现的关键条件主要包括嵌入式传感器、整机剖面诊断、数据融合等。在CBM计划中, 美军将通过增强诊断、预测零部件剩余寿命等完成向主动供应备件的维修方式转变, 从而提高直升机作战效能并减轻士兵的维修负担。

事实证明, 对嵌入式传感器、维修环境、直升机维修保障历史等数据进行综合分析, 可以得到近实时的评估。美军航空兵部队的CBM数据库中主要包含了处理数据的工程分析系统和5类数据资源, 这5类数据资源分别是部队级后勤保障系统 (航空兵)、部队级维修保障计划 (MSPU)、维修需求率 (MDR)、综合车辆状态管理系统 (IVHMS) 和陆军部格式2410数据库。

目前, 美军航空兵部队的CBM系统主要是由数据收集、数据传输、数据库、数据分析和决策/措施这5部分组成, 各部分关系和主要内容如图2所示。数据收集主要依靠直升机平台实现, 通过商业卫星、联邦快递、邮件或是其他军用途将数据传输到数据库中, 再根据不同的用户需求实现数据分析处理, 最后形成决策。

美军航空兵部队CBM系统的工作程序如图3所示, 主要有嵌入式传感器、Plane Side工作站、生产控制办公室、数据库和工程技术分析这5个流程。

4 美军直升机CBM应用情况

在实施CBM计划之前, 美军采用的直



图4 AH-64 A/D阿帕奇主要监控零部件清单



图5 UH-60A/L黑鹰-5主要监控零部件清单

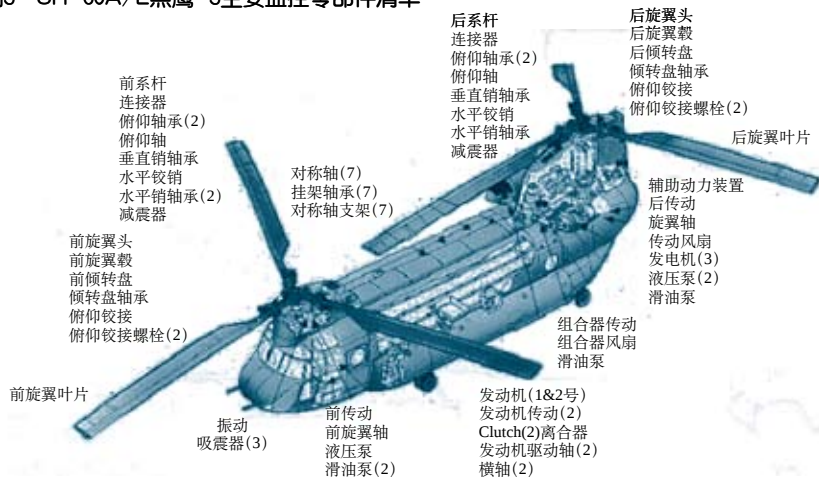


图6 CH-47D支奴干主要监控零部件清单

直升机维修方式大多是被动式的, 基于时间的翻修或检查。利用CBM系统, 美军航空兵部队共确定AH-64A/D阿帕奇、

UH-60A/L黑鹰和CH-47D支奴干3种机型共197个监控零部件, 分别为53个、56个和88个。图4至图6分别列出了这几种

机型的主要监控零部件清单, 图中所列清单是2410监控的零部件以及附加的限寿零部件(主要是转动部件)。对于这些机型来说, 目前主要通过振动方式监控, 对于结构性零部件美军在FY08系统中将另行监控。

使用CBM系统后, 美军航空兵部队维修保障取得明显的野战效益。以AH-64阿帕奇的变速箱和旋翼倾转盘轴承为例, 使用CBM系统前, 前变速箱故障后不能及时监控到故障状态, 只能等到故障特别明显时再进行维修, 造成了维修费用的增加, 对直升机状态也造成不必要的影响, 甚至导致两个齿轮以及所有轴承和连接器等附件损坏进而整个变速箱报废。使用CBM系统后, 部队可以在收到VMEP监控设备信号后就迅速更换变速箱, 这样不仅能够保证维修费用最低、故障时间最短, 而且拆卸变速箱后的分析也表明其附件未见损伤, 更换新变速箱后, 直升机各项状态指标正常。同样, 在使用CBM系统前检查旋翼倾转盘轴承时, 每次检查都需要按照技术手册逐步实施人工检查, 且要保证连续三次检查均状况良好。使用CBM系统后, 一旦有任何轴承保持器出现损坏、开裂或腐蚀情况, 机载传感器将迅速检测出故障, 极大地节省了检查的人力、物力和时间。表1是美军航空兵某部队采用CBM系统9个月后的效益情况。

在“伊拉克自由”行动和“持久自由”行动中, 美军航空兵部队共动用了118套数字化资源收集器(DSC)系统, 这些系统均采用CBM系统为作战人员和作战装备提供保障, 共保障直升机装备430余架, 总飞行小时数超过10万小时。DSC系统通过传输“标准陆军管理信息系统(STAMIS)”数据和“状态使用监控系统(HUMS)”数据完成了对装备的维修保障。其数据传输图如图7所示。

表2是装备了DSC系统和未安装DSC的两个UH-60A/L黑鹰战斗营的作战效能对比(整个伊拉克自由行动中, 部队所有作战行动都是在同等指挥条件下进行的)。由

表1 美军航空兵某部队采用CBM系统9个月后的效益情况

系统	项目	措施/效益		
		消除	延增	节省/改善
AH-64	旋翼倾转轴	50小时的轴承检查(从1750到2250个小时) - 维修作业检查(约1)小时		- 每次检查维修工时-7.4小时 - 每架机减少故障停机时间5.9小时
AH-64	旋翼	用于旋翼修程序的AVA安装		节省维修工时-2.0小时
AH-64	尾桨	用于尾桨平衡程序的AVA安装		节省维修工时-2.0小时
AH-64	APU离合器	安装AVA用于安装APU和相似轴的振动检查	250到500个小时的APU架检查	每次检查节省维修工时-28小时
AH-64	后挂架轴承	1%准备完好率提升 - 免除了2254个维修工时 - 避免了335个小时的故障停机时间 - 减免了513个小时的维修试飞	从250到2750个小时	- 每次检查节省维修工时-4.4小时 - 每架机故障停机时间减少2.2小时 - 安全性能提升/持续检查监控
AH-64	前挂架轴承			
UH-60	轴流油冷却风扇轴承		油料冷却风扇的T80组装2500到3240个小时	
UH-60	发动机输出驱动轴	用于高速轴平衡程序的AVA安装(更换/持续诊断监控)	UH-60,143架飞机/节省29.5万美元	- 每次检修节省维修工时-3.3小时 - 每架机节省故障停机时间-1.8小时
UH-60	旋翼,前吸震器	AVA安装,用于主旋翼修以及前吸震器调谐	- 准备完好率提高3.3% - 节省维修工时1237个小时 - 减少故障停机时间673小时 - MTF3148小时	节省维修工时-2.0小时
UH-60	尾桨	安装AVA,用于尾桨平衡程序		节省维修工时-2.0小时
UH-60	座舱吸震器	安装AVA,用于座舱调谐程序		节省维修工时-2.0小时
UH-60	辅助变速箱键适配器		CH-47,30架飞机/节省12.8万美元	- 识别花键断裂的故障隐患 - 减少由于适配器破损碎片进入变速箱造成发电机或齿轮损坏的可能性
CH-47	后传动风扇组合传动风扇	安装AVA,用于50个小时的振动检查	- 准备完好率提升1% - 节省维修工时632小时 - MTS(模块跟踪系统)节省32小时	- 每次节省维修工时-4小时 - 每次每架机减少故障停机时间-1.5小时
CH-47	旋翼	安装AVA,用于主旋翼修匀程序		维修工时-2.0小时
CH-47	发动机	安装AVA,用于T55发动机安装时的振动检查		维修工时-2.0小时

任务流程更加明确,持续保障的外界影响区域更小,故障检测、诊断及修理的效率更高,从而减少特定维修任务(如旋翼桨尖轨迹和平衡检查)的耗时,减少甚至节省耗时费力的人工检测,缩短申请零部件的等待时间,除此之外,最重要的是同时提高了机组和维修人员的安全性。

基于状态的维修(CBM)作为一种目前较为先进的维修方式,在美军航空兵部队已得到有效实施。采用CBM,战场指挥官预先能够充分了解机队的完好状况,提高装备的可用性。对于士兵来说,在执行紧急维

修任务时,也可以通过主动性、计划性维修满足任务需求。 **AST**



图7 美军伊拉克战场CBM数据传输图

表2 装备DSC系统与未装备DSC的战斗营作战效能对比

每个营30架机	装备DSC	未装备DSC
FMC	87%	82%
总飞行时数	21819	20388
作战节奏(小时/年/架)	727	680

表2可以看出,装备DSC的直升机与未装备DSC的直升机相比,作战效能优势体现在:全任务能力提升了5%,相当于多出1.8架机可

用;总飞行时数增加1431小时,相对于增加了2架飞机的战斗力。

5 总结

未来的陆军航空兵维修环境是预测性和主动性维修相结合的环境。对维修任务来说,基于现实条件、维修操作和实际需求进行维修,可以使

参考文献

- [1] 甘茂治,康建设,高崎.军用装备维修工程学[M].北京:国防工业出版社,2005.
- [2] 端木京顺,张净敏,武维新,王传宏.装备维修技术经济[M].北京:国防工业出版社,2003.
- [3] 美国国防部.《2003年维修政策、计划和资源手册》简介[EL/OL]. <http://210.79.226.16:81/cetin2/QRMS/ztzsbz58.htm>
- [4] CBM: Acquisition Community Connection[EB/OL]. http://acc.dau.mil/simplify/ev_en.php?ID=11939_201
- [5] Future Logistics Enterprise[EL/OL]. <http://www.dtic.mil/ndia/2002logistics/morales.pdf>

作者简介

杨宇航,高级工程师,博士后,主要从事系统工程与可靠性仿真研究。