

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.06.008

精益六西格玛在美军基地级维修中的应用

强弢

(中国国防科技信息中心 研究生部, 北京 100142)

摘要: 以提高装备维修效率、减少装备维修成本为目标, 对精益六西格玛(lean six Sigma, LSS)在美军基地级维修中的应用进行研究。针对美军基地级维修存在的问题和具备的优势, 采用“定义—测量—分析—改进—控制”流程, 对工作流程进行改进和完善, 并简析美军维修基地应用案例。结果表明, 精益六西格玛管理能有效减少维修过程中的变异与浪费, 提高装备的战备完好性。

关键词: 精益六西格玛; 基地级维修; 案例

中图分类号: TP306 **文献标志码:** A

Application of Lean Six Sigma in U.S. Depot-Level Maintenance

Qiang Tao

(Dept. of Graduate, China's National Defense Science & Technology Information Center, Beijing 100142, China)

Abstract: The application of Lean Six Sigma (LSS) in the U.S. army's depot-level maintenance was studied, which was based on the goal of improving the maintenance efficiency and reducing the cost of equipment maintenance. In allusion to the advantages and problems in the U.S. depot-level maintenance, the flow of “define-measure-analyze-improve-control” was adopted in order to improve the work process. The cases in U.S. army's depots show that lean six sigma can reduce the waste and variation in maintenance work flow, and increase the readiness of the equipments.

Keywords: lean six Sigma; depot-level maintenance; case

0 引言

精益(lean)和六西格玛(six Sigma)作为世界上具有代表性的、先进的管理理念与管理方法,正在为各行业所广泛应用,二者优势互补,通过消除浪费、减少缺陷、改进流程等手段实现了产品高品质、低成本、低库存的特点。美军基地级维修是美军装备维修保障的中坚力量,对装备的战备完好性有着重要的影响。因此,笔者以提高装备维修效率、减少装备维修成本为目标,对精益六西格玛(lean six Sigma, LSS)在美军基地级维修中的应用进行研究。

1 精益六西格玛

1.1 精益六西格玛概述^[1-3]

从字面上看,精益六西格玛由精益和六西格玛组成。精益起源于日本丰田公司,它以顾客作为根本出发点,专注于为顾客提供满意的产品与服务的同时,把流程中的非增值活动,也就是浪费降到最低程度。精益的核心思想是分析产品和价值流动过程中的浪费,充分发挥人的潜能,力争精益求精,尽善尽美。六西格玛起源于摩托罗拉公司质量管理领域的统计方法,后来发展成为一种管理模式,通

过系统地采用质量改进流程,实现无缺陷的过程设计,并对现有过程实施优化,从而控制过程的波动性。精益六西格玛吸收了精益和六西格玛2种生产模式的优点,既关注整个过程中的价值流,减少过程中的浪费,又从某个特定增值活动的流程入手,减少其波动性,弥补了单个生产模式的不足,可达到更佳的管理效果。

目前,精益六西格玛已经被GE、摩托罗拉、诺基亚、三星等世界500强企业中的2/3以上的企业采用,效果明显。随着其思想的不断传播,将在各个行业和领域得到越来越广泛的应用。

1.2 精益六西格玛管理的实施流程

精益六西格玛管理采用新的“定义(define)—测量(measure)—分析(analyze)—改进(improve)—控制(control)”实施流程,称为DMAIC II。它与传统的DMAIC过程的区别是它在实施中加入了精益的哲理、方法和工具(如图1)。

1) 定义阶段。这一阶段主要工作是定义需求,分析系统,寻找浪费或变异,确定改进机会;同时,分析组织战略和组织的资源,并确定项目的关键输出、所用资源、项目范围。

2) 测量阶段。在这一阶段,需要定义流程特性,

测量流程现状 (包括各流程需要的时间), 对测量系统分析并且评价过程能力。

3) 分析阶段。阶段工作包括对流程进行分析、查找浪费根源或变异源并确定流程及关键输入因素。

4) 改进阶段。在这一阶段需要确定输入输出变量之间的关系, 提出优化方案并且制定改进计划。

5) 控制阶段。经过定义、测量、分析和改进 4 个阶段, 最后要从事运作规范建立、流程控制实施、测量系统验证以及对实施结果进行总结等工作。

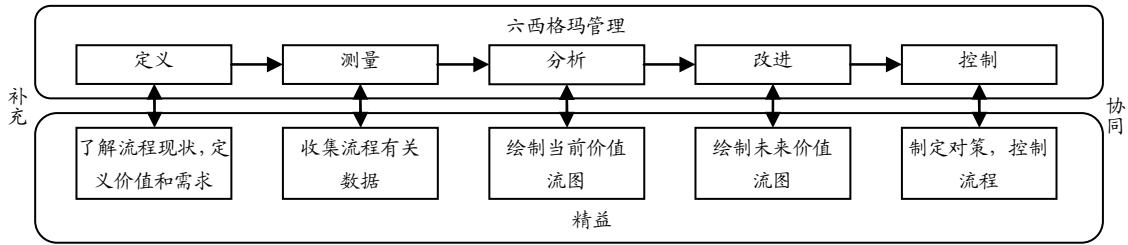


图 1 六西格玛管理与精益结合

2 美军基地级维修存在的问题与优势

目前, 美军主要采用 3 级装备维修保障作业体制, 包括基层级、中继级和基地级, 部分军种的一些新型装备采用了 2 级装备维修保障作业体制, 在取消中继级维修的基础上进行了改进。

基地级维修^[4]既包括对武器装备、武器装备部件 (如发动机)、子部件 (如发动机叶片) 和独立组件实施修理与改造, 也包括对整套武器系统 (如飞机, 舰船) 进行彻底检修。对武器装备 (尤其是长期工作于腐蚀性环境下或恶劣环境下的装备) 实施去腐蚀、结构修复等任务也是基地级维修的重要任务, 以及安装延长武器系统寿命或改进武器系统性能的升级包。

2.1 美军基地级维修存在的问题

每个美军军种都有自己的基地级维修保障机构: 陆军有 5 个修理基地, 空军有 3 个修理基地, 海军有 3 个航空修理基地和 4 个舰船修理基地。与基层级、中继级维修相比, 基地级维修的修理能力级别更高, 主要承担装备及大部件的大修、零部件制造和中继级所不能完成的维修保障任务。装备维修保障基地可以是承修若干种现役系统与设备的专业修理厂, 也可以是由设备制造商经营的修理厂; 基地的各项设施可以是固定的, 也可以是机动的。目前, 基地级维修存在问题较多, 主要表现在以下 2 个方面:

1) 维修复杂, 周期较长。美空军 C-130 运输机每 6 年就要进行一次基地级维修, 平均维修时间 164 d, 有超过 1/10 的飞机处于因基地级维修而造成的停飞状态, 如果能有效缩短维修时间, 将为空

军节省大量新飞机采购经费; 同时, 在进行基地级维修的转场过程中需要经历众多程序, 耗费大量时间。

2) 美军现阶段以及未来的需求与大修基地维修能力存在矛盾。近年来, 美军参加了海湾战争、科索沃战争、阿富汗战争和伊拉克战争等, 成千上万的装备在战场上损坏、腐蚀, 大多需要返回维修基地进行装备复原、再制造等维修工作。以表 1 的奥格登空军保障中心为例。

表 1 奥格登空军保障中心工作量统计表

	工作量/ 工	工作能 / 工	基地能 用率/ %
2001	628.1	697.4	90
2002	683.4	697.4	98
2003	687.7	697.4	90
2004	781.5	697.4	99
2005	777.5	697.4	112
2006	775.0	697.4	111
2007	764.4	697.4	111
2008	746.3	697.4	107

由表 1 可见, 美军维修基地一直处于满负荷甚至超负荷状态, 随着美军从伊拉克全面撤军, 未来将有大批装备返回维修基地进行维修, 维修能力不足是维修基地与美军需求之间存在的突出问题。

综上所述, 美军基地级维修存在一些难以解决的突出问题, 为此, 美国防部在 2007 年 3 月颁布的《美国国防部基地级维修战略规划》中, 提出在基地级维修中大力推行“持续过程改进”。“持续过程改进”主要用于对装备寿命周期费用进行优化, 同时维持装备战备状态与可使用状态, 其中精益六西格玛管理是重要部分。美军认为, 实施精益六西格玛管理, 能有效减少无用工作量, 对工作流程的改进将能大幅提升维修效率, 减轻基地的负担, 保证

装备战备完好率，潜在效益巨大。

2.2 美军基地级维修具备的优势

与基层级维修和中继级维修相比，美军基地级维修在人员体制和硬件设施上有一定的优势，使其具备了易于实施精益六西格玛管理的一些条件，主要包括以下几个方面：

1) 专业性强，具备核心维修能力，有必要实施精益六西格玛管理。从基地级维修的定位可以看出，维修基地是各种类型武器装备的维修终端，需要解决基层级和中继级维修中各种难以处理的问题，工作难度大，专业性强。按照美军的《基地级维修战略与实施规划》，国防部下属的维修基地要向各种作战环境下的部队提供其所需的灵活的装备维修能力和维修管理机制，构成了美军武器系统维持能力的核心，也是美军推行精益六西格玛管理的核心。相比之下，基层级维修由作战部队完成，从事的工作技术性较低，人员专业性要求也不高。

2) 人员文化素质水平较高，有利于实施精益六西格玛管理。据统计，直接参与国防部基地级维修工作的文职雇员接近 80 000 名，其中大多都具有专业技能。国防部人事与战备副部长作为国防部首席人力资源官，负责为整个国防领域制定具体的人力规划目标、实施方案、衡量指标、进展评估。各军种基地级维修团队协助其各自对应的人力资源管理机构，建立自己的全员队伍。可以看出，基地级维修非常重视工作人员的文化素质和专业技能，聘用大量高素质人才扩充自己的全员队伍。

3) 公私合作密切，交流频繁，易于实现精益六西格玛管理。在确保核心维修能力的前提下，美军积极开展基地级维修公私合作。维修基地在一些先进技术和手段方面，与地方开展合作的情况络绎不绝，与实现精益的企业经常性的交流以及在高校等机构中实施人员培训计划，也有助于实现精益六西格玛管理。

综上所述，美军基地级维修在人力、物力和财力等方面都具备较好基础，并在装备全寿命管理过程中起着重要作用，预期成效明显，因此，美军基地级维修具备实现精益六西格玛管理的良好基础。

3 美军基地级维修应用精益六西格玛案例

安尼斯顿陆军基地位于阿拉巴马州，是美陆军 5 个大型修理保障基地之一，享有“世界坦克再制造中心”的美誉。安尼斯顿基地是陆军唯一能对重

型和轻型履带式战车及其部件进行维修的基地，被指定为“M1 艾布拉姆斯坦克技术中心”。基地于 2002 年起引入“精益”的概念^[5-6]，在包括 M1 艾布拉姆斯坦克、M2 机枪等的再制造和维修中采取精益六西格玛管理。

安尼斯顿基地按照精益六西格玛管理的实施流程进行应用。在定义阶段，安尼斯顿基地首先确定了能用于实施精益六西格玛的资源。由于之前申请用于精益六西格玛管理的基金没有获得批准，基地只能从已有任务资金中抽出一部分实施精益六西格玛管理项目。基地从用户角度出发，定义了需求价值：陆军物资司令部常规的订单，用户看重的是产品和服务的性价比；相比之下，作战部队对于费用并不十分在意，对于装备的质量可靠性要求较高。不同的用户需求，对基地生产安排、质量控制等均会造成影响。

接下来，安尼斯顿基地将测量、分析和改进步骤进行了综合。首先，进行“价值流分析”，这一阶段，管理人员制定了“现在过程图”，并确认该过程中的浪费和无效工作；之后开发“理想状态图”，显示出在没有约束的情况下最完美的过程；然后开发一个“未来改善过程图”，介于现在和理想状况之间。这个未来过程图确认了未来 6~12 个月将要实现的目标。这 3 部分可以看作是标准精益六西格玛过程中“测量”和“分析”阶段的综合，其特点是通过 3 种状态：现有情况、完全无约束理想情况和未来改善情况，对各个因素进行了权衡比较。最后，管理人员制定了一份行动计划确认在未来所有需要实现的改变过程。这份计划包括要做的事情、项目、“Kaizen”（持续改进）以及包含行动军官和截止日期的六西格玛项目。其中，持续改进事项遵循“七星期循环”：在第一个星期，项目管理组开发一个持续改进小组框架，包括范围、可以量化的目标以及小组成员。持续改进小组由一线工人、管理者、价值链上、下游的生产者或用户以及过程保障人员组成。小组成员将利用接下来 2 个星期收集和加工数据并为之后 4 个星期需要实际进行的持续改进事项做出计划。在最后一周，持续改进小组向基地管理者汇报其工作成果。

在控制阶段，基地将改进成果确定下来，形成新的生产方式。在这之后，持续改进工作还在进行，并遵循“七星期循环”实施。

通过实施精益六西格玛转变，安尼斯顿基地实

现了飞跃。单架 M2 机枪组装时间从 2.5 工时减少到 1 个工时，并且所需人员由 18 人减少到 15 人，生产量从过去每月 50 架增加到每月超过 100 架，2006 年节省了 110 万美元经费；M1 艾布拉姆斯坦克的拆卸生产线单位拆卸时间从 260 h 减少为 230 h。2006 年，基地通过实施精益六西格玛管理，减少了 90 万个直接工时。

4 结论

对精益六西格玛管理在美军基地级维修中的应用研究结果表明：在以基地级维修为核心的维修保障中，有组织、有计划推进先进管理方法和理论的应用，能提高保障系统的效能，带来战斗力的显著增长。目前，在我军的装备维修保障中，还普遍存在保障力量不足、高新技术装备维修效率不高的问题。加强对外军先进维修思想和应用的研究与分析，

（上接第 13 页）

从图 1 和图 2 可知，EKF 的位置和速度均方根误差发散的，SRCKF 和 UKF 算法位置和速度的 RMSE 是收敛的，且 SRCKF 均方根误差低于 UKF 的均方根误差，即其估计精度较高。由图 3 可以看到，EKF 的弹道系数均方根误差较大，且是发散的。UKF 和 SRCKF 算法的均方根误差是收敛的，且 SRCKF 算法的误差比 UKF 误差大大减少，且收敛速度快。因此 SRCKF 算法大大提高了未知弹道系数的再入弹道目标的状态估计精度。

从表 1 可见，SRCKF 算法的运行时间大大低于 UKF 的运行时间，只有 UKF 运行时间的大约 1/3。因此，SRCKF 是一种有效的非线性状态估计器。

3 结论

仿真实验把平方根容积卡尔曼滤波器应用到未知弹道系数的再入弹道目标状态进行状态估计中，仿真结果显示，与 EKF 和 UKF 相比，估计精度有了显著提高，且运行速度比 UKF 算法要快得多。该滤波方法具有很好的数值特性和数值精度，且避免了计算状态和测量方程的 Jacobian 矩阵，具有实现简单的特点。

参考文献：

[1] Y. BAR-SHALOM, X. R. LI, Estimation with applications to tracking and navigation[M]. John Wiley & Sons, Inc, 2001.

能为引导我军装备维修理论的发展和维修管理体制优化提供良好借鉴。

参考文献：

[1] J. P. L. 精益 [M]. : , 2000: 9-42.

[2] . 精益六西格玛集成应用的问题研究[D]. : , 2007(5): 16-42.

[3] . 精益六西格玛在装备维修中的应用研究[J]. 价值工程, 2010, 29(4): 67-68.

[4] . 美军装备维修 [M]. : 工 , 2006: 108-118.

[5] 军 , 军, . 的装备维修量优 [J]. 工 , 2010(11): 60-62.

[6] Fred L. Hart, Lean Manufacturing and the Army Industrial Base[J]. Army Logistician, 2006, 38(6): 2-5.

[7] Alexander B. Raulerson, Lean Six Sigma at Anniston Army Depot[J]. Army Logistician, 2006, 38(6): 6-11.

[2] M.S. Grewal, A .P. Ankrews, Kalman filtering: Theory and practice using matlab[M]. second ed., John Wiley & Sons, Inc. 2001.

[3] Julier S J, Uhlmann J K. Unscented filtering and nonlinear estimation[J]. Proc of the IEEE, 2004, 92(3): 401-422.

[4] N.J. Gordon, D.J. Salmonk, A.F.M, Smith, Novel approach to nonlinear/non-Gaussian Bayesian state estimation, IEE Proceedings-F[J]. 1993, 140(2): 107-113.

[5] Arulampalam S, Askeel S, Gordon N, et al. A tutorial on particle filters for online nonlinear/non-Gaussian Bayesian tracking[J]. IEEE Trans on Signal Processing, 2002, 50(2): 174-188.

[6] K. ITO, K. Xiong, Gaussian filters for nonlinear filtering problems[J]. IEEE Trans on Automatic Control. 2000, 45(5): 910-927.

[7] Arasaratnam, S. Haykin, R.J. Elliott, Discrete-time nonlinear filtering algorithms using Gauss-Hermite quadrature[C]. Proc of the IEEE. 2007, 95(5): 953-977.

[8] Arasaratnm I, Haykin S. Cubature Kalman Filters [J]. IEEE Trans on automatic control. 2009, 54(6): 1254-1269.

[9] LI X-R, Jilkov V-P. A survey of maneuvering target tracking: Part II: ballistic target models[C]. Proc 2001 SPIE Conf on Signal and Data Processing of Small Targets. San Diego, USA: The International Society for Optical Engineering, 2001: 559-581.

[10] A.Frina. B.Ristic. D.Benvenuti. Tracking a ballistic target: comparison of several nonlinear filters[J]. IEEE Transactions on aerospace and electronic systems. 2002, 38(3): 854-867.