

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.12.004

装备维修组织精益六西格玛管理绩效评价

关玄义, 高军, 赵德勇
(军械工程学院装备指挥与管理系, 石家庄 050003)

摘要: 为全面系统地衡量装备维修组织实施精益六西格玛管理的成熟度以及推进水平, 及时发现推进过程中存在的不足, 构建装备维修组织精益六西格玛管理绩效评价指标体系模型, 建立装备维修组织精益六西格玛管理绩效评价指标体系, 并以某装备维修工厂精益六西格玛管理为例进行绩效评价。结果表明: 建立的指标体系及所用的综合评价方法是合理、有效的, 可为装备维修组织评价推行精益六西格玛管理的绩效提供有效的评价方法。

关键词: 装备维修; 精益六西格玛管理; 绩效评价

中图分类号: TJ07 **文献标志码:** A

Performance Evaluation on Lean Six Sigma Management of Equipment Maintenance Organization

Guan Xuanyi, Gao Jun, Zhao Deyong
(Dept. of Equipment Command & Management, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: In order to evaluate the advance level and maturity of lean six sigma management completely and find out the deficiency duly in equipment maintenance organization, the paper builds an evaluation index model and evaluation index system on equipment maintenance organization of lean six sigma management, by introducing instance, it's proved that the evaluation index model and the evaluation index system is logical and feasible, the paper supplies an effective evaluation method to evaluate the performance of lean six sigma management in equipment maintenance organization.

Keywords: equipment maintenance; lean six sigma management; performance evaluation

0 引言

作为世界上最为先进的管理模式之一, 精益六西格玛(lean six sigma, LSS)是一种集成了精益生产和六西格玛管理 2 种重要又相互补充的改进技术的综合方法论, 已被广泛应用于汽车制造、航天航空服务等行业^[1]。21 世纪初, 美军率先将精益六西格玛管理应用于装备维修保障中, 并取得了巨大的成功。2006 年, 美国国防部在各军种实践活动的基础上, 又将精益六西格玛管理作为推行持续过程改进战略的总体方法论, 在整个国防部范围内大力推行, 精益六西格玛管理已经成为美军变革和业务转型的重要支撑。

目前, 国内对精益六西格玛管理绩效评价研究多集中在制造企业, 大多是从企业绩效管理的角度, 应用平衡积分卡、六西格玛积分卡^[2-3]等绩效评价框架, 从领导和创利能力、员工和创新、管理和改进等维度对企业的精益六西格玛管理绩效进行评价, 而根据精益六西格玛管理的特点从装备维修保障角度进行的研究还很少。鉴于此, 笔者构建了装备维修组织精益六西格玛管理评价指标体系模型, 建立了装备维修组织精益六西格玛管理评价指标体系,

并通过实例验证该指标体系和评价方法的可行性。

1 装备维修 LSS 管理绩效评价体系建模

装备维修组织精益六西格玛管理绩效是维修组织实施精益六西格玛管理总体情况的综合反映, 是衡量维修组织实施精益六西格玛管理成熟度以及推进水平的尺度和标准^[4]。因此, 在绩效评价之前应该根据精益六西格玛管理的特点以及装备维修保障的实际情况, 构建绩效评价指标体系模型, 如图 1。该模型是建立装备维修精益六西格玛管理绩效评价指标体系的基础, 而指标体系是该模型的具体表现和细化。

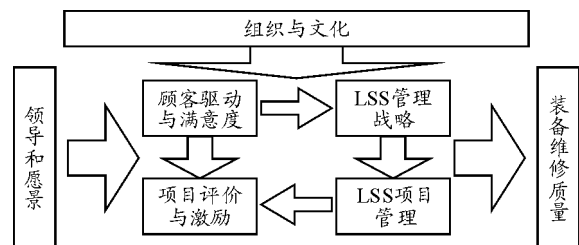


图 1 精益六西格玛管理绩效评价指标体系构建模型

在图 1 所示的绩效指标体系构建模型中, “领导和愿景”是整个装备维修组织实施精益六西格玛管

收稿日期: 2011-08-17; 修回日期: 2011-09-26

作者简介: 关玄义(1987—), 男, 甘肃人, 硕士研究生, 从事装备质量管理、通用装备物流工程及其应用研究。

理的推动力，推动着精益六西格玛管理活动的实施循环，对维修组织实施精益六西格玛管理的实施循环起着重要的支撑作用，也是整个实施过程取得成功的关键；“组织与文化”是装备维修组织长期以来形成并积淀下来的为大家所共识的行为方式，科学的组织机构、良好的组织文化能对实施精益六西格玛管理产生积极的促进作用；“装备维修质量”是整个维修组织实施精益六西格玛管理活动的最终体现形式，直接体现着改进活动的有效性；“顾客驱动与满意度”、“精益六西格玛管理战略”、“精益六西格玛项目管理”、“精益六西格玛项目评价与激励”构成了维修组织实施精益六西格玛管理的实施循环，维修组织基于“顾客驱动与满意度”将部队对装备维修质量的需求转化为实施精益六西格玛管理过程中的具体要求，从顾客需求出发，制定详细的“精

益六西格玛管理战略”，再针对具体的维修过程实施“精益六西格玛项目管理”，并对精益六西格玛管理绩效进行“评价与激励”，实现“顾客驱动与满意度”。

2 装备维修 LSS 管理绩效评价指标体系

装备维修组织精益六西格玛管理绩效评价指标体系是整个评价活动的基础和依据，笔者主要依据上节所建立的绩效评价指标体系构建模型，结合相关资料及装备维修的实际情况，首先建立初步的绩效评价指标体系，然后运用德尔菲法对初选的指标进行分析，经过优选和修改，最终从领导和愿景、精益六西格玛管理战略、精益六西格玛项目管理、项目评价与激励、顾客和满意度、组织与文化、装备维修质量 7 个方面建立装备维修精益六西格玛管理绩效评价指标体系，如表 1。

表 1 装备维修组织精益六西格玛管理绩效评价指标体系

| 目标层 | 准则层 | 子准则层 | 指标层 |
|-----------------------|--------------------------|---|---|
| 装备维修组织 LSS 管理绩效评价指标体系 | 领导和愿景 U_1 | 领导的承诺与参与 U_{11} 组织的愿景 U_{12} | 领导的承诺与参与程度 U_{111} 组织愿景的合理性 U_{121} |
| | 装备维修 LSS 战略 U_2 | 战略制定 U_{21} 战略部署 U_{22} | LSS 战略的合理性 U_{211} LSS 战略的部署程度 U_{221} |
| | 装备维修 LSS 项目管理 U_3 | 项目团队 U_{31} 项目选择 U_{32} 项目实施 U_{33} 项目风险 U_{34} | 项目团队构成合理性 U_{311} LSS 项目选择的科学性 U_{321} LSS 项目实施的规范化程度 U_{331} 项目风险接受度 U_{341} |
| | 装备维修质量 U_4 | 维修效益 U_{41} 可靠性恢复与任务成功能力 U_{42} 保障性、配套性 U_{43} 装备性能相关状态 U_{44} | 实际维修费用 U_{411} 平均修复时间 U_{412} 可靠度 U_{421} 维修保障任务成功率 U_{422} 通用件、标准件采用率 U_{431} 附件、备件配套齐全率 U_{432} 功能恢复率 U_{441} |
| | 装备维修 LSS 管理项目评价与激励 U_5 | 绩效评价系统 U_{51} 激励制度 U_{52} | 绩效评价系统科学性 U_{511} 激励制度的有效性 U_{521} |
| | 装备维修顾客驱动与满意度 U_6 | 顾客需求与响应 U_{61} 顾客满意 U_{62} | 顾客需求转化程度 U_{611} 顾客满意度 U_{621} |
| | 装备维修组织与文化 U_7 | 全员参与 U_{71} 管理制度与流程 U_{72} 推进组织构建 U_{73} 培训体系 U_{74} 信息系统与数据管理 U_{75} | 全员参与程度 U_{711} 管理制度的有效性 U_{721} LSS 推进组织的有效性 U_{731} 培训体系的系统性 U_{741} 信息系统的真实性 U_{751} 过程数据的真实性 U_{752} |

3 指标标准化及权重的确定

3.1 评价指标标准化

根据研究的需要，笔者在将定性指标将划分为好、较好、一般和差 4 个评价等级的基础上，运用模糊统计法^[5]并以隶属度的方式加以标准化。对于

定量指标标准化的方法，按照形态可以分为线性和非线性 2 类，常用的直线型标准化方法有阈值法、向量规范法、标准化法等。由于本文中定量指标类型基本属于直线型，故采用阈值法对定量指标进行标准化，再结合模糊统计法以隶属度的方法对定量指标进行统一度量。

3.2 确定评价指标的权重

在装备维修组织精益六西格玛管理绩效评价的过程中, 各个层次的指标对评价总目标的影响程度是不同的, 为了合理地确定指标体系中的各个指标的权重, 需要根据研究对象的实际情况选择合适的指标权重确定模型。在研究过程中, 由于评价信息的收集不能构成大样本数据, 所以笔者采用主观判

断法确定权重, 为便于解决群体判断矩阵的问题, 笔者运用群组 AHP 法来确定指标权重, 其计算步骤详见文献[6]。

在此, 笔者采用 Saaty 开发的成熟问卷结构和九点量表^[7], 首先设计评价指标重要性的两两比较问卷, 然后请 5 位领域研究的专家填写问卷, 最后根据 5 位专家给定的判断矩阵, 经过计算得到各个指标的权重值, 表 2 为部分指标的权重值。

表 2 部分评价指标权重表

| 指标代码 | 指标名称 | 指标级别 | 指标权重 |
|----------|--------------------|------|------|
| U_1 | 组织领导和愿景 | 一级 | 0.09 |
| U_2 | 装备维修 LSS 战略 | 一级 | 0.11 |
| U_3 | 装备维修 LSS 项目管理 | 一级 | 0.19 |
| U_4 | 装备维修质量 | 一级 | 0.26 |
| U_5 | 装备维修 LSS 管理项目评价与激励 | 一级 | 0.09 |
| U_6 | 装备维修顾客驱动与满意度 | 一级 | 0.11 |
| U_7 | 装备维修组织与文化 | 一级 | 0.15 |
| U_{21} | 战略制定 | 二级 | 0.58 |
| U_{22} | 战略部署 | 二级 | 0.42 |

4 装备维修 LSS 管理绩效模糊综合评价

根据装备维修组织精益六西格玛管理绩效评价指标体系的自身特点, 参考现有的各种综合评价方法的优缺点及使用范围, 笔者选用模糊综合评判法^[8]对装备维修组织精益六西格玛管理绩效进行综合评价。

4.1 建立评价因素集

由评价指标体系结构可设评价模型第 1 层评价因素集为

$$U = \{U_1, U_2, U_3, U_4, U_5, U_6, U_7\}$$

第 2 层评价因素集为

$$U_1 = \{U_{11}, U_{12}\}, U_2 = \{U_{21}, U_{22}\},$$

$$U_3 = \{U_{31}, U_{32}, U_{33}, U_{34}\} \dots \dots$$

第 3 层评价因素集为

$$U_{11} = \{U_{111}\}, U_{12} = \{U_{121}\}, U_{21} = \{U_{211}\},$$

$$U_{22} = \{U_{221}\} \dots \dots$$

4.2 建立评语集

建立评语集 $V = \{V_1, V_2, \dots, V_n\}$, V_n 表示对各指标做出的评价等级。一般地, 评价等级 n 取[3,7]中的整数。若 n 过大, 语言难以判断评价结果的等级归属; 若 n 过小, 则会导致评价结果不够准确。在

此, 根据装备维修组织中实施精益六西格玛管理的特点, 笔者将评语分为好、较好、一般和差 4 个等级, 即 $V = \{\text{好, 较好, 一般, 差}\}$ 。

4.3 进行模糊综合评价

首先对每个 U_{ijk} 进行单因素评价, 设指标 U_{ijk} 关于等级 V_n 的隶属度为 r_{ijkn} (模型中 i, j, k, n 的取值符合评价因素集及评语集要求), 通过模糊统计法取所有评价人员同意该指标属于某一评价等级的人数比例, 作为该指标隶属于这一评价等级的隶属度。则对指标 U_{ijk} 的单因素评价为 $R_{ijk} = (r_{ijk1}, r_{ijk2}, \dots, r_{ijkn})$, 从而得到第三层指标 U_{ij} 的模糊综合评价矩阵即隶属度矩阵为

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} R_{ij1} | U_{ij1} \\ R_{ij2} | U_{ij2} \\ \vdots \\ R_{ijk} | U_{ijk} \end{bmatrix} \quad (1)$$

经模糊运算得

$$W_{ij} \circ R_{ij} = W_{ij} \circ \begin{bmatrix} R_{ij1} | U_{ij1} \\ R_{ij2} | U_{ij2} \\ \vdots \\ R_{ijk} | U_{ijk} \end{bmatrix} = (b_{ij1}, b_{ij2}, \dots, b_{ijn}) \bullet B_{ij} \quad (2)$$

模糊算子“ \circ ”根据实际情况的不同有着不同的

使用范围,针对装备维修组织精益六西格玛管理的特点,笔者选取 $M(\bullet, \oplus)$ 算子,即加权平均算子进行模糊运算。将 U_{ij} 看成综合因素,用 B_{ij} 作为它的单因素评价矩阵,从而得到第 2 层指标 U_i 的模糊综合评价矩阵以及隶属度矩阵。对于多层次的评价,同理可以利用相同的计算方法按照从低层到高层逐层计算的模式求出最终的评价结果。对于最终的评价结果 B 需要进行分析,常用的分析方法有最大隶属度原则、最大接近度原则及加权平均原则等,根据实际需要及特点,笔者选用最大隶属度原则对结果进行分析,即若 $b_r = \max_{1 \leq k \leq p} \{b_k\}$ 则被评对象总体上来讲隶属于第 r 等

级,其中 b_k 为评价结果 B 第 k 个分量。

5 实例仿真分析

为了验证装备维修组织精益六西格玛管理绩效评价指标体系的有效性以及采用评价方法的可行性,笔者对某装备维修工厂精益六西格玛管理进行绩效评价。首先采集相关数据计算出定量指标的数值,然后请 20 位专家针对定量指标的取值以及定性指标的评价标准分别给予评价等级判定,最后用模糊统计法求得定性及定量指标的隶属度,表 3 为部分指标的评价结果。

表 3 部分指标评价结果

| 指标代码 | 指标名称 | 评价结果 | 专家评价结果统计 | | | | 指标隶属度 |
|-----------|--------------|-------------------|----------|----|----|---|--------------------------|
| | | | 好 | 较好 | 一般 | 差 | |
| U_{111} | 领导的承诺和参与程度 | 专家根据各指标评价标准给出评价结果 | 2 | 9 | 7 | 2 | (0.10, 0.45, 0.35, 0.10) |
| U_{211} | LSS 战略的合理性 | | 3 | 9 | 7 | 1 | (0.15, 0.45, 0.35, 0.05) |
| U_{221} | LSS 战略的部署程度 | | 4 | 6 | 9 | 1 | (0.20, 0.30, 0.45, 0.05) |
| U_{311} | 项目团队构成合理性 | | 3 | 6 | 8 | 3 | (0.15, 0.30, 0.40, 0.15) |
| U_{511} | 绩效评价系统的科学性 | | 4 | 6 | 9 | 1 | (0.20, 0.30, 0.45, 0.05) |
| U_{621} | 顾客满意度 | | 3 | 7 | 9 | 1 | (0.15, 0.35, 0.45, 0.05) |
| U_{731} | LSS 推进组织的合理性 | | 2 | 9 | 7 | 2 | (0.10, 0.45, 0.35, 0.10) |

对该装备维修工厂进行精益六西格玛管理绩效评价,首先可以从一级评价指标的 7 个方面分别进行评价,然后根据多层次模糊综合评价模型,利用上节所给出的方法,按照从低层到高层逐层计算的模式求出最终的评价结果。因篇幅所限,这里只对装备维修 LSS 战略 U_2 以及装备维修精益六西格玛管理绩效 U 的评价过程进行举例说明。

该评价指标包括战略制定 U_{21} 以及战略部署 U_{22} , 由于评价因素集 $U_2 = \{U_{21}, U_{22}\}$, $U_{21} = \{U_{211}\}$, $U_{22} = \{U_{221}\}$, 故 $R_{21} = R_{211}$, $R_{22} = R_{221}$ 。

装备维修组织 LSS 战略 U_2 的隶属度矩阵和权重分别为

$$R_2 = \begin{pmatrix} R_{21} \\ R_{22} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 0.15 & 0.45 & 0.35 & 0.05 \\ 0.20 & 0.30 & 0.45 & 0.05 \end{bmatrix},$$

$$W_2 = (0.58, 0.42)$$

装备维修 LSS 战略 U_2 的隶属度为

$$B_2 = W_2 \circ R_2 = (0.58, 0.42) \circ \begin{bmatrix} 0.15 & 0.45 & 0.35 & 0.05 \\ 0.20 & 0.30 & 0.45 & 0.05 \end{bmatrix} = (0.171, 0.387, 0.392, 0.05)$$

在分别对组织领导和愿景 U_1 、装备维修 LSS 战略 U_2 等 7 个指标进行了分项评价之后,分别得到了这些指标的隶属度 B_1, B_2, B_7 等。由于装备维修

组织精益六西格玛管理绩效因素集 $U = \{U_1, U_2, \dots, U_7\}$, 可根据上节计算的结果以及计算方法可得,该装备维修工厂精益六西格玛管理绩效 U 的评判矩阵以及权重向量分别为

$$R = \begin{pmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \vdots \\ B_7 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 0.186 & 0.401 & 0.365 & 0.047 \\ 0.171 & 0.387 & 0.392 & 0.05 \\ 0.138 & 0.384 & 0.361 & 0.097 \\ 0.217 & 0.408 & 0.301 & 0.073 \\ 0.236 & 0.429 & 0.243 & 0.09 \\ 0.209 & 0.399 & 0.327 & 0.065 \\ 0.152 & 0.401 & 0.302 & 0.153 \end{bmatrix},$$

$$W = (0.09, 0.11, 0.19, 0.26, 0.09, 0.11, 0.15)$$

该装备维修工厂精益六西格玛管理绩效 U 的隶属度为

$$B = W \circ R = (0.187, 0.398, 0.343, 0.067)$$

由计算结果可以看出, $\max_{1 \leq k \leq 4} \{b_k\} = b_2 = 0.398$, 根据最大隶属度原则可知被评对象总体隶属于第 2 等级,对照评语集可知该装备维修工厂精益六西格玛管理绩效评价的结论为“较好”。由计算结果也可以看出,隶属度 B 的第 2 分量 b_2 与第 3 分量 b_3 的数值比较接近,因此,在必要的时候需要对最大隶属度原则的有效性进行判断,或者选择其他的评价结果分

析方法对评价结果 B 进行有效分析。总体上看, 该装备维修工厂在装备维修中推行精益六西格玛管理进行比较顺利, 并取得了一定的效果, 但是在推行过程中还仍然存在着一些问题, 尤其是 LSS 战略还有较大的提升空间。

6 结束语

实例结果证明: 在装备维修组织中推行精益六西格玛管理, 对于全面衡量维修组织实施精益六西格玛管理的成熟度以及推进水平, 及时发现推进过程中存在的不足具有一定的实用参考价值。当然, 在装备维修组织中实施精益六西格玛管理是一项复杂的系统工程, 笔者建立的装备维修精益六西格玛管理绩效评价指标体系还不够完善, 所选用的综合评价方法也相对简单, 因此, 在实际的装备维修组织精益六西格玛管理绩效评价中, 还需要对评价指标体系不断进行调整, 或者选用其他更为先进的综合评价方法, 最终确保装备维修组织精益六西格玛管理绩效评价结果的有效性。

(上接第 10 页)

改进后, 主机的响应加速度明显降低(实测为 45g), 虽比激励加速度仍有放大, 但螺杆受的弯矩大大变小, 螺杆在新结构下所受的弯曲最大正应力 $\sigma_{\max 2}'$, 有:

$$\sigma_{\max 2}' = \frac{M}{W_z} = \frac{F_1 b}{\frac{1}{32} \pi d^3} = \frac{16.5 \times 45 \times 9.8 \times \cos 7^\circ \times 5}{\frac{1}{32} \times 3.14 \times 10^3} = 367.8 \text{ MPa} \tag{10}$$

式 (10) 表明, 改进后螺杆的弯曲最大正应力约只有改进前的一半, 弯曲正应力大大减小, 满足小于许用应力 $[\sigma]$ 的要求。

参考文献:

- [1] 马林, 何桢. 六西格玛管理[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2007.
- [2] 王雪青, 孟海涛, 刘炳胜. 基于六西格玛计分卡的企业绩效评价研究[J]. 中国农机化, 2010, 9(5): 35-38.
- [3] 周丽婷. 六西格玛计分卡与政府绩效评价体系的构建[J]. 辽宁行政学院学报, 2007, 9(4): 11-14.
- [4] 全国六西格玛管理推进工作委员会六西格玛管理评价准则课题组. 六西格玛管理评价准则[M]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [5] Huang Tien-Tsai. The Application of Fuzzy Evaluating Approach on Banking Operating Performance in Taiwan: An Empirical Study[J]. Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, 2007, 11(2): 565-569.
- [6] 徐泽水. 群组决策中专家赋权方法研究[J]. 应用数学与计算数学学报, 2001, 15(1): 20-21.
- [7] 何成铭, 李文鹏, 冯靖. 基于 DEA 和 G1 法的指标综合赋权方法[J]. 四川兵工学报, 2010, 30(10): 128.
- [8] 叶义成, 柯丽华, 黄德育. 系统综合评价技术及其应用[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2006.

3 结论

经冲击试验验证, 紧定器螺杆没有再出现弯曲现象, 其它结构也没有出现任何质量问题。试验结果证明: 由于缩短了螺杆的力臂, 减小了配合间隙, 增大了约束, 降低了受试设备的响应加速度值, 使设备满足了环境适应性要求, 因此, 安装架的结构改进措施是有效的。

参考文献:

- [1] 徐灏. 机械设计手册[M]. 北京: 机械出版社, 2000.
- [2] 沈乐年. 机械设计基础[M]. 北京: 清华大学出版社, 1997.