

文章编号:1674-8190(2019)04-496-09

# 航空装备修理工厂质量竞争力评价体系研究

刘炳琪, 胡剑波

(空军工程大学 装备管理与无人机工程学院, 西安 710051)

**摘要:** 目前,国内缺少一套科学、系统的适用于飞机、发动机和导弹等航空装备修理工厂的质量竞争力评价体系。运用系统工程理论和过程分析方法,从质量体系能力、质量支持能力、质量运行能力和质量绩效能力四个方面构建涵盖 19 项二级、60 项三级指标的质量竞争力评价指标体系;提出一种基于 G1 专家组合多重相关赋权的评价方法,全面综合决策者或专家意愿,形成一套标准化的权重系数集;依据评价准则,采用专家打分、模糊评价的方式对航空装备修理工厂质量竞争力进行评价,并作进一步分析。结果表明:该指标体系合理,评价方法可行,对航空装备修理工厂提高自身质量竞争力具有一定的指导和借鉴意义。

**关键词:** 装备修理;质量竞争力;系统工程;G1 专家组合多重相关;模糊评价

中图分类号: V249.1

文献标识码: A

DOI: 10.16615/j.cnki.1674-8190.2019.04.009

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Study on Evaluation System of Quality Competitiveness of Aviation Equipment Repairing Plant

Liu Bingqi, Hu Jianbo

(Equipment Management and UAV Engineering College, Air Force Engineering University, Xi'an 710051, China)

**Abstract:** Currently, a set of scientific, systematical quality competitiveness evaluation system are lacked in our country, which is applied to aviation equipment, including aircraft, engines and missiles repair factory. The system engineering theory and process analysis method are used to build the quality competitiveness evaluation index system in the aspects of quality system ability, quality support ability, quality operation ability and quality performance ability, which covers the quality competitiveness evaluation index system with 19 second-level and 60 third-level indexes. At the same time, an evaluation method based on the G1 expert combination of multiple relevant weights is proposed to comprehensively integrate the intention of decision makers or experts to form a set of standardized weight coefficients. According to the evaluation criteria, the quality competitiveness of aeronautic equipment repair factory is evaluated by experts using the scoring and fuzzy evaluation, and is further analyzed. The results show that the index system is rational, the evaluation method is feasible, and the system is of a certain guiding and referential significance for the aeronautic equipment repair factory to improve its quality competitiveness.

**Key words:** equipment repair; quality competitiveness; system engineering; G1 expert combination multiple correlation; fuzzy evaluation

## 0 引言

航空装备修理是一个高技术、高标准、高风险

的行业,必须以一流的标准和高品质的质量,才能确保装备安全,满足空军战训需要。质量已成为航空装备修理工厂竞争能力的关键核心要素,一旦脱

收稿日期:2018-10-22; 修回日期:2018-11-29

通信作者:胡剑波,81792345@qq.com

引用格式:刘炳琪,胡剑波. 航空装备修理工厂质量竞争力评价体系研究[J]. 航空工程进展, 2019, 10(4): 496-504.

Liu Bingqi, Hu Jianbo. Study on evaluation system of quality competitiveness of aviation equipment repairing plant[J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2019, 10(4): 496-504. (in Chinese)

离了质量,谈核心竞争力<sup>[1]</sup>将是不现实的。因此,从航空装备修理工厂实际情况出发,分析研究适用于飞机、发动机和导弹等不同修理工厂的质量影响因素,开展质量竞争力评价体系研究,对制定和调整战略决策部署、提高维修质量水平、优化质量工作评价等方面具有重要的理论意义和实践价值。

当前国内外有关质量竞争力的研究主要分为两类:一类是研究国家、行业和地区的质量竞争力评价;另一类是研究企业的质量竞争力评价。1971年,英国学者 R. Lipsey 在开展国际竞争力研究时发现质量因素的重要影响作用,进而推动各国学者开展有关质量维度的竞争力研究<sup>[2]</sup>;1989年,Seraphim 等学者为了测量质量体系在企业中的影响情况,提出一个包含 78 项的质量管理工具<sup>[3]</sup>;1996年,B. Porter<sup>[4]</sup>利用要素分析法分析出 10 个对质量管理起决定作用的要素;2002年,Kumar 提出一个包含 8 个要素框架的质量竞争力指数模型,主要用于衡量企业的管理效果<sup>[5]</sup>;同时,诸多国家通过开展国家质量奖评选以提高企业的质量竞争力,如欧洲质量奖、美国波多里奇质量奖和日本戴明质量奖等<sup>[6-7]</sup>。在国内,“质量竞争力”这一概念于 2002 年第八届亚太质量组织国际会议上首次提出,同时,唐晓芬<sup>[8]</sup>提出一个包含“基础、过程、结果”三大类要素的评价模型;国家质检总局于 2004 年正式发布《国家宏观质量水平评价指标体系框架——质量竞争力指数研究》,依据建立的质量竞争力指标体系发布全国各地区的质量竞争力指数;2011年,李卫红<sup>[9]</sup>将卓越绩效评价准则七要素贯穿于质量竞争力层次模型中的基础层、过程层和结果层,构建了基于卓越绩效评价准则的质量竞争力评价指标体系;2015年,程虹等<sup>[10]</sup>从质量管理理论和产业竞争力理论出发,以波特的钻石竞争力模型为基础,开展了制造业质量竞争力理论分析与模型构建;2018年,王馨等<sup>[11]</sup>利用系统动力学的方法,分析顾客、政府和企业三个子系统之间的因果关系,对贵州省装备制造业开展质量竞争力研究。关于质量竞争力的研究还有很多,但总体来看,不同行业、不同企业的质量竞争力表现形式千差万别,无法形成一套普遍、适用广泛的质量竞争力评价标准。尤其是航空维修企业,与一般企业相比具有独特的军队行业特点,必须专门形成一套质量竞争力评价体系,然而在这一方面的研究却相对较少。

本文通过调研工厂质量现状,借鉴有关质量竞

争力的研究成果,运用系统工程理论和过程分析方法,从质量体系能力、质量支持能力、质量运行能力和质量绩效能力四个方面构建质量竞争力评价指标体系,提出基于 G1 专家组合多重相关赋权的评价方法,实现航空装备修理工厂质量竞争力评价。

## 1 航空装备修理工厂质量竞争力评价指标体系构建

### 1.1 质量竞争力影响因素分析

构建质量竞争力评价指标体系,首先要分析影响质量竞争力的组成要素。2005年,蒋家东<sup>[12]</sup>在归纳国内外学者对企业核心竞争力定义研究的基础上,将影响质量竞争力的因素分为影响因素和结果因素;同年,温德成<sup>[13]</sup>着重把握质量的内涵,将质量竞争力分为产品质量竞争力和质量管理竞争力,并提出产品质量竞争力由根源层、支持层和表现层要素组成;《GJB 9001C-2017 质量管理体系要求》<sup>[14]</sup>和《GB/T 9580 卓越绩效准则》<sup>[15]</sup>也对影响质量的相关因素进行具体总结与归纳。借鉴以上有关质量竞争力影响因素的经典观点,系统分析适用于飞机、发动机和导弹等不同修理工厂的质量影响因素,将影响质量竞争力的因素划分为基础层、支持层、过程层和结果层(如图 1 所示)。

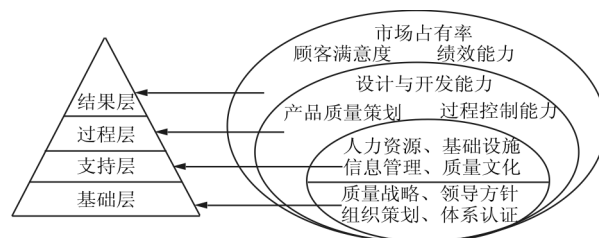


图 1 质量竞争力影响要素示意图

Fig. 1 Schematic diagram of quality competitiveness influencing factors

基础层主要由质量战略、领导方针、组织策划和体系认证组成,决定着整个企业发展前景与方向,它是保持质量管理水平的基础和产生质量竞争力的土壤。

支持层包括人力资源、基础设施、信息管理和质量文化等,是整个企业运行过程的根本保障,它是衡量一个企业质量竞争力隐性要素,是质量竞争力产生的环境条件。

过程层是整个质量竞争力影响因素的核心关

键,它直接影响整个生产、操作和服务过程的质量把控能力,包括产品质量策划、设计与开发能力、过程检测能力。

结果层是质量竞争力的显性表现,它通过顾客(部队)、市场和自身三个对象的外在表现,包括顾客满意度、市场占有率和绩效能力,直观的反映以质量赢得竞争优势的能力水平。

### 1.2 指标体系框架设计

对应于质量竞争力影响因素的基础层、支持

层、过程层和结果层,从质量体系能力、质量支持能力、质量运行能力和质量绩效能力四个方面进行航空装备修理工厂质量竞争力评价指标体系框架<sup>[16]</sup>设计。从系统论和控制论的角度出发,以待修装备为控制对象,质量体系能力和支持能力作为控制输入,质量运行是一个完整的控制过程,并且与外部具有产品及服务的交互,在完成整个维修控制过程后,输出结果即为质量绩效能力,其整体框架设计如图 2 所示。

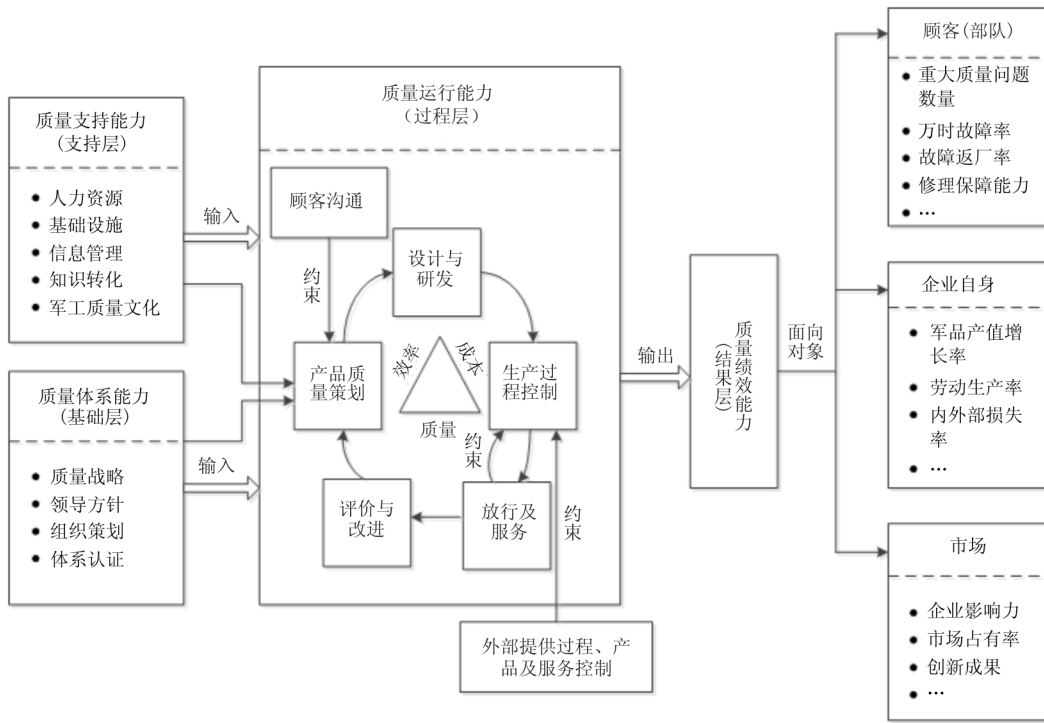


图 2 航空装备修理工厂质量竞争力评价指标体系框架

Fig. 2 Evaluation index system framework of quality competitiveness of aviation equipment repair factory

质量体系能力,指的是企业在质量方面的战略、领导、组织和体系等方面具备的基本条件,它着眼于全局,通过战略目标的制定与部署,高层领导作用的发挥,组织建设与体系策划,为形成质量竞争力提供根源性的保证。

质量支持能力,是保证整个企业合理运行的隐性要素,它不同于直接体现质量竞争力的结果因素,人力资源管理、基础设施建设、质量信息管理与利用、知识开发与转化以及具有军队特色的质量文化建设,都是企业形成质量竞争力的强力保障。

质量运行能力,指的是对直接影响质量的生产、操作和服务过程的质量把控能力,它贯穿于整

个生产、操作和服务的全过程,是整个质量形成过程的关键。它要求质量与生产之间有良好的协调性,产品质量策划、设计与研发、生产过程控制、检验放行和评价改进的整个全过程具有良好的衔接,才能实现良好的运行结果。本过程重点探索质量、效率和成本三者的内在逻辑并促进三者协调,重点强调以质量为核心,从而使企业获得优秀的系统运行能力。

质量绩效能力,主要包含外部质量绩效和内部质量绩效两方面。外部质量绩效是直接由外部顾客(工厂管理局、部队)及市场评价体现,是企业质量竞争力的外在表现;内部质量绩效则是企业本身

作为独立核算单位的内部经营业绩体现,主要包括生产绩效和财务绩效等。

### 1.3 指标体系构建

质量竞争力评价指标的选择因素相对繁杂,不像一般绩效能力评价那样直观和易考量,需要全面梳理、深入挖掘,在选取评价指标时要注意充分把握系统性、最简性、独特性、可比性、可操作性等原

则<sup>[17]</sup>。根据上述原则,以航空装备修理工厂质量竞争力评价指标体系框架的四个质量能力为一级指标,运用系统分析方法<sup>[18]</sup>自上而下对一级指标进行分解得到二级指标,然后,借鉴《GJB 9001C-2017 质量管理体系要求》和《GB/T 9580 卓越绩效准则》中具体的准则和要求,对二级指标进行具体细化,形成三级指标,进而构建质量竞争力评价指标体系,如表 1 所示。

表 1 航空装备修理工厂质量竞争力评价指标体系  
Table 1 Evaluation index system of quality competitiveness of aviation equipment repair factory

一级指标	二级指标	三级指标
1 质量体系能力	1-1 质量战略	1-1-1 高层领导作用发挥;1-1-2 体系策划与组织建设; 1-1-3 质量战略制定与部署
	1-2 体系认证	1-2-1 必备认证资质;1-2-2 其他认证资质
2 质量支持能力	2-1 人力资源管理	2-1-1 人员构成;2-1-2 人员培训;2-1-3 人员激励
	2-2 基础设施管理	2-2-1 工装设备;2-2-2 信息网络;2-2-3 监控和测量设备
	2-3 质量信息管理	2-3-1 质量信息管理统计开发和应用;2-3-2 质量信息利用
	2-4 知识管理	2-4-1 知识开发与共享;2-4-2 知识转化
	2-5 军工质量文化	2-5-1 建立质量文化理念体系;2-5-2 建立推进工作机制; 2-5-3 获得质量文化建设示范单位荣誉
3 质量运行能力	3-1 产品质量策划	3-1-1 质量保证大纲;3-1-2 产品标准化管理;3-1-3 产品技术状态管理; 3-1-4 产品修复风险应对
	3-2 设计与开发/技术研发	3-2-1 研发投入;3-2-2 研发策划与执行;3-2-3 研发成果
	3-3 外部提供过程产品及服务控制	3-3-1 采购管理;3-3-2 外委管理
	3-4 生产过程控制	3-4-1 生产组织保障;3-4-2 技术标准和管理程序执行;3-4-3 现场管理; 3-4-4 特定过程控制;3-4-5 差错预防;3-4-6 偏差控制
	3-5 放行及服务	3-5-1 检验管理;3-5-2 售后服务
	3-6 评价及改进	3-6-1 体系内部评价;3-6-2 体系外部评价;3-6-3 改进
4 质量绩效能力	4-1 内部绩效	4-1-1 产品交付检验合格率;4-1-2 质量成本趋势; 4-1-3 体系过程运行绩效指标达成率
	4-2 外部绩效	4-2-1 重大质量问题数量;4-2-2 万小时故障率;4-2-3 早期故障率; 4-2-4 故障返厂率;4-2-5 修理保障能力
	4-3 重大专项保障水平	4-3-1 重大活动保障数量;4-3-2 专项活动保障数量
	4-4 企业影响力	4-4-1 市场占有率;4-4-2 各级获奖情况;4-4-3 全国现场五星级数量
	4-5 财务绩效	4-5-1 军品产值增长率;4-5-2 全民劳动生产率;4-5-3 内部损失率; 4-5-4 外部损失率
	4-6 创新成果	4-6-1 提升维修手段,研发关键技术;4-6-2 标准起草/参与数量(国家、行业); 4-6-3 省级/国家级技术中心数量;4-6-4 国家/军队实验室数量; 4-6-5 QC 小组获奖数量

一级指标(4 项)包括质量体系能力、质量支持能力、质量运行能力和质量绩效能力,二级指标(19 项)是对各一级指标的逐层细化,如质量体系能力细化为质量战略和体系认证;质量支持能力细化为人力资源管理、基础设施管理、质量信息管理、知识管理和军工质量文化;质量运行能力从整个维修过

程出发,包括产品质量策划、设计与开发/技术研发、外部提供过程产品及服务控制、生产过程控制、放行及服务 and 评价与改进;质量绩效能力包括内部绩效、外部绩效、重大专项保障水平、企业影响力、财务绩效和创新成果。三级指标(60 项)是对二级指标的进一步细化,形成基本评价单元,在此就不

一一赘述。在三级指标底部确定可以量化的正向和负向评价准则(具体见实例分析),从而客观准确地进行质量竞争力评价与测算。

## 2 基于 G1 专家组合多重相关赋权的评价方法

### 2.1 基本原理

在评价指标体系建立的前提下,如何科学地确定指标权重系数,是质量竞争力评价的核心问题。序关系分析法(G1法)<sup>[19]</sup>是一种无须一致性检验的赋权方法,它基于某评价准则对各评价指标进行重要度排序,然后依据赋值参考表确定相邻指标之间的相对重要度之比,当相邻指标重要度之比满足一定的数学约束时,根据关系式求解各指标的权重;专家组合多重相关<sup>[20]</sup>是一种综合多位专家不同意见的方法,它通过计算各专家所赋权重之间的相关系数(正相关系数越大时,专家被认定为权威,反之同理),最终使得权威专家权重组合占据的分量重于不权威专家权重组合,进而求得指标最终权重。在完成多专家组合赋权求解后,采用线性加权的方式进行评价信息的集结,从而得到质量竞争力评价结果。

### 2.2 方法步骤

假设有  $q$  个专家分别对  $m$  个评价指标  $x_1, x_2, \dots, x_m$  进行重要度排序,令  $x_1^* > x_2^* > \dots > x_m^*$ ,  $x_1^*$  代表按照重要度的次序对  $\{x_i\}$  排序后第  $i$  个指标。为了书写方便,便于理解,将关系式  $x_1^* > x_2^* > \dots > x_m^*$  仍记为  $x_1 > x_2 > \dots > x_m$ ,并确定相邻指标之间相对重要度之比  $r_k = \omega_{k-1} / \omega_k, k = 2, 3, \dots, m, r_k$  的选择依据如表 2 所示。

表 2 赋值参考表

Table 2 Valuation reference table

$r_k$	说 明
1	两相邻指标具有同样重要性
1.2	前者指标比后者指标稍微重要
1.4	前者指标比后者指标明显重要
1.6	前者指标比后者指标强烈重要
1.8	前者指标比后者指标极端重要

其中,相邻指标之间相对重要度之比要满足一

定的数学约束,即  $r_{k-1} > 1/r_k, k = 2, 3, \dots, m$ 。

计算单个专家的初始权重系数,即

$$\omega_m = (1 + \sum_{k=2}^m \prod_{i=k}^m r_i)^{-1} \quad (1)$$

$$\omega_{k-1} = r_k \omega_k \quad (k = 2, 3, \dots, m) \quad (2)$$

重复式(1)式(2),确定  $q(q \geq 2)$  个专家的初始权重,建立初始多专家权重矩阵为

$$W = \begin{bmatrix} \omega_1^1 & \omega_2^1 & \dots & \omega_m^1 \\ \omega_1^2 & \omega_2^2 & \dots & \omega_m^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \omega_1^q & \omega_2^q & \dots & \omega_m^q \end{bmatrix} \quad (3)$$

根据上述的初始多专家权重矩阵,计算相关系数矩阵,具体计算如下:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1q} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2q} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{q1} & r_{q2} & \dots & r_{qq} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\text{式中: } r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^m (\omega_k^i - \bar{\omega}^i) (\omega_k^j - \bar{\omega}^j)}{\sqrt{\sum_{k=1}^m (\omega_k^i - \bar{\omega}^i)^2} \sqrt{\sum_{k=1}^m (\omega_k^j - \bar{\omega}^j)^2}}$$

$$\bar{\omega}^i = \sum_{k=1}^m \omega_k^i / m。$$

对相关系数矩阵  $R$  进行归一化处理,满足权重之和为 1,即

$$R' = \begin{bmatrix} r'_{11} & r'_{12} & \dots & r'_{1q} \\ r'_{21} & r'_{22} & \dots & r'_{2q} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r'_{q1} & r'_{q2} & \dots & r'_{qq} \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\text{式中: } r'_{ij} = r_{ij} / \sum_{j=1}^q r_{ij}。$$

综上所述, $W$  是  $q \times m$  阶矩阵, $R'$  是  $q \times q$  阶矩阵,即定义专家加权权重矩阵为:

$$\bar{\omega} = R' \times W \quad (6)$$

式中: $\bar{\omega}$  为  $q \times m$  阶矩阵。

此时的专家加权权重矩阵  $\bar{\omega}$  并不具有收敛性,为使其收敛,即每位专家对各指标赋予的权重具有一致性,需要对专家加权权重进行循环计算,具体步骤如下:

①将  $\bar{\omega}$  看成新一轮的初始多专家权重矩阵,计算其相关系数矩阵并归一化处理,如式(3)~式(5);

②计算新的专家加权权重矩阵,如式(6);

③根据专家加权权重矩阵的收敛效果,决定是否进行循环计算。

由于新一轮专家加权权重矩阵是从上一轮信息集结而来,因此其相关系数矩阵收敛性得到进一步强化,专家加权权重矩阵也进一步收敛(此定理的证明可参照文献[20])。选择最终收敛的加权权重矩阵的任意一行,对其绝对值进行归一化处理,最终求得指标权重  $\bar{\omega}^* = [\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m]$ 。

在指标权重确定之后,依据评价准则(见实例分析)采用专家打分的方式对各三级指标进行评价打分(百分制),得到指标得分矩阵  $\beta = [\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m]$ 。特别注意的是,对于无法量化的指标,采用模糊评价(非常好、较好、一般、不好、非常差)的方法

进行评价,并依据专家意愿进一步转化为相应分数。最后利用评价方程  $Y = \bar{\omega}^* \times \beta^T$  进行评价信息集结,自底向上求得整个指标体系的评价总得分。

### 3 实例分析

以空军某航空装备修理工厂为试点,邀请 12 家航空装备修理工厂的总质量师成立专家组,通过调查问卷的方式对各级指标进行重要度排序并确定相邻指标之间重要度之比,采用 G1 专家组合多重相关赋权方法求解权重系数。然后,邀请行业内的 3 名评估专家依据评价准则内容对三级指标进行评价打分(百分制),如表 3 所示。

表 3 三级指标评价表

Table 3 Level 3 indicator evaluation

三级指标	评价准则内容	指标权重值	指标评价值			
			专家 1	专家 2	专家 3	平均值
1-1-1	质量安全形势分析会参与度、讲授质量安全课次数、赴用户质量走访完成率、重大故障查处参与度、管理评审参与度	0.32	81	80	80	80.3
1-1-2	体系文件制定、质量组织机构搭建及配备人员比例	0.28	84	85	82	83.7
1-1-3	质量战略制定、年度分步战略目标实现率	0.40	85	83	81	83.2
1-2-1	装备承制资格、保密资格	0.58	90	88	88	88.8
1-2-2	测量管理体系、环安培训、装备研制资格、培训体系	0.42	88	86	89	87.6
2-1-1	中高级职称人员比例、审核人员占总人数比例、质量人员学历构成比例、检验人员配置比例	0.40	80	82	82	81.3
2-1-2	培训大纲制定、培训计划完成率、上岗培训考核一次通过率	0.30	84	84	81	83.0
2-1-3	建立明确的管理、技术、操作人员职业发展通道,人员激励政策满意率	0.30	72	73	74	72.9
2-2-1	工装设备维护率、关键设备完好率、设备发生事故率	0.36	90	87	89	88.5
2-2-2	办公自动化系统建设、信息设备保密合格率	0.36	74	73	71	72.7
2-2-3	监控和测量设备送检率、测量软件确认率、周期送检合格率	0.28	82	84	82	82.7
2-3-1	信息手动统计、自动统计、综合统计	0.40	72	74	71	72.4
2-3-2	质量信息反馈处理及时率、利用率	0.60	75	75	73	74.2
2-4-1	法规、标准、文件等知识更新及时率,网络知识平台建立	0.50	85	89	86	86.3
2-4-2	形成书籍或学术论文发表数量	0.50	75	75	71	73.7
2-5-1	运用“质量”观念开展质量文化建设工作	0.44	89	88	89	88.5
2-5-2	建立质量文化建设骨干队伍机制,并实践运用	0.36	80	78	76	78.0
2-5-3	获得各级质量文化建设示范单位荣誉数量	0.20	81	85	83	82.7
3-1-1	编制并实施质量保证大纲	0.35	90	93	91	91.1
3-1-2	实施标准化管理流程	0.20	83	85	80	82.4
3-1-3	落实技术状态管理措施	0.15	79	79	77	78.4
3-1-4	风险应对措施及时性和有效性	0.30	71	72	70	70.7
3-2-1	研发经费投入比重、研发人员投入比重、研发人员素质比重	0.34	85	83	83	83.8

续表

三级指标	评价准则内容	指标权重值	指标评价值			
			专家 1	专家 2	专家 3	平均值
3-2-2	研发整体策划充分性、研发实施计划完成率	0.28	88	86	89	87.7
3-2-3	首件鉴定一次通过率、试修工艺文件评审一次通过率、大修取证审查一次通过率	0.38	90	91	88	89.9
3-3-1	采购合同执行率、采购计划完成率、采购入库合格率、器材到期复检油封率	0.60	77	79	74	76.7
3-3-2	外委入厂检验合格率、交货准时率、外委单位评价率	0.40	85	84	88	85.7
3-4-1	执行修理项目许可、计划指标完成率、生产流程改进、工时管理、装备修理周期提升	0.15	87	89	83	86.4
3-4-2	制定文件符合性、执行过程违反问题次数	0.30	92	94	91	92.4
3-4-3	建立产品标识、批次、防护、环境控制现场管理制度,明确现场管理目标并实时监测和改进	0.15	81	84	81	81.8
3-4-4	制定关键过程、特殊过程管理控制程序,并组织予以控制	0.15	79	79	82	79.8
3-4-5	制定有关人为差错调查和预防相关管理程序,并组织予以控制,人为差错逐年递减率	0.15	80	79	74	77.4
3-4-6	不合格品、器材代用项数降低比率、串件项数降低比率	0.10	78	74	75	75.6
3-5-1	制定检验标准、错漏降低比例、提升检验效能方法运用	0.50	84	86	82	84.0
3-5-2	外场排故一次成功率、故障排除技术文件覆盖率、全年顾客投诉次数	0.50	87	89	89	88.3
3-6-1	审核计划完成率、审核问题整改率、发现严重不符合项数	0.42	84	86	86	85.4
3-6-2	二、三方审核一次通过率,发现严重不符合项数量、审核发现问题与自查发现问题数量比率	0.33	90	93	91	90.9
3-6-3	年度产品质量改进计划完成率	0.25	91	94	88	90.8
4-1-1	产品交付检验合格率	0.30	93	90	90	90.8
4-1-2	质量成本降低比率	0.30	81	84	83	82.6
4-1-3	体系过程运行绩效指标达成率	0.40	86	84	87	85.7
4-2-1	重大问题数量	0.25	95	90	88	90.8
4-2-2	万小时故障率	0.20	91	94	90	91.9
4-2-3	早期故障率	0.20	89	93	92	91.1
4-2-4	故障返厂率	0.20	94	93	91	92.7
4-2-5	交付准时率	0.15	88	81	80	83.0
4-3-1	重大活动保障数量	0.55	80	85	81	81.9
4-3-2	专项活动保障数量	0.45	88	84	87	86.1
4-4-1	拳头产品市场占有率、新开发产品市场占有率	0.48	92	94	94	93.3
4-4-2	国家级、省级、军级获奖数量	0.28	88	85	86	86.1
4-4-3	全国现场五星级数量	0.24	85	86	88	86.1
4-5-1	军品产值增长率	0.22	81	84	81	81.8
4-5-2	全员劳动生产率	0.22	88	84	82	84.7
4-5-3	内部损失率	0.24	84	82	80	82.0
4-5-4	外部损失率	0.32	80	75	79	77.7
4-6-1	维修手段创新、研发关键技术	0.26	75	78	75	76.0
4-6-2	(国家、行业)标准起草/参与数量	0.23	70	74	70	71.4
4-6-3	省级/国家级技术中心数量	0.20	74	71	72	72.1
4-6-4	国家/军队实验室数量	0.20	76	71	75	74.0
4-6-5	QC 小组获奖数量	0.11	85	88	83	85.2

上述表格确定了三级指标的权重与评价值,求解指标权重的原始数据及步骤由于文章篇幅有限,在此不作具体介绍。

基于以上计算结果,采用加权求和算法求得二级指标评价值,并基于 G1 专家组合多重相关赋权方法确定二级指标权重系数,如表 4 所示。

表 4 二级指标评价表  
Table 4 Level 2 indicator evaluation

二级指标	指标权重系数	指标评价值
1-1	0.55	82.4
1-2	0.45	88.3
2-1	0.19	79.3
2-2	0.23	81.2
2-3	0.27	73.5
2-4	0.18	80.1
2-5	0.13	83.6
3-1	0.15	81.3
3-2	0.19	87.2
3-3	0.11	80.3
3-4	0.27	84.1
3-5	0.12	86.2
3-6	0.16	88.6
4-1	0.17	86.3
4-2	0.23	90.3
4-3	0.18	83.8
4-4	0.16	89.6
4-5	0.13	81.2
4-6	0.13	74.8

进而采用同样的方法求得一级指标的权重系数和评价值,如表 5 所示。

表 5 一级指标评价表  
Table 5 Level 1 indicator evaluation

一级指标	指标权重系数	指标评价值
1	0.13	85.1
2	0.21	78.9
3	0.27	84.8
4	0.39	85.1

将表 5 中各一级指标的权重系数和评价值代入评价方程,得到总体质量竞争力评价值  $Y=0.13 \times 85.1+0.21 \times 78.9+0.27 \times 84.8+0.39 \times 85.1=83.7$ 。

由评价结果可知,该航空装备修理工厂的综合质量竞争力评价值为 83.7 分,处于良好级别,能够较好的完成维修任务,保证维修质量。对一级指标

的评价值做进一步分析,质量支持能力的评价值只有 78.9 分,显著降低了整体质量竞争力水平,暴露出该厂的质量支持能力建设方面存在短板。详细分析其主要原因在于 2-1 人力资源管理和 2-3 质量信息管理水平较低,在下一步建设中要针对具体的评价准则和要求重点改进以上两个方面。

在实际评价过程中,由于质量竞争力指标构成相对复杂,包含不同层次和类别,往往存在指标赋权不合理、不均衡的风险。采用本文提出的 G1 专家组合多重相关赋权方法,经实例验证,得到的各层级指标权重能够满足各航空装备修理工厂的意愿,且每一层级内的指标权重未出现较大差异,使权重能够最大意义体现质量竞争力的本质内涵。同时,选择专家打分和模糊评价相结合的方式对指标进行评价,得出的定量结果既可以为优化自身质量能力提供数据支撑,也能够对各参评航空装备修理工厂质量总体水平进行排序,发挥内外部竞争机制效应。综上所述,该评价方法能够合理、有效的完成质量竞争力评价。

### 3 结 论

(1) 提出一种基于 G1 专家组合多重相关赋权的评价方法,该方法能够全面综合不同决策者或专家之间的意愿,更加科学地集结不同的专家偏好信息,从而保证质量竞争力评价指标权重的合理性和可靠性。

(2) 实例分析表明,该指标体系能够全面涵盖整个航空装备修理工厂质量竞争力的评价要素,其评价方法能够全面征求 12 家航空装备修理工厂的权重意愿,并以评价打分方式直观反映工厂质量竞争力总体水平,评价结果可信用度高、说服力强,为进一步制定和调整战略决策部署、提高维修质量水平、优化质量工作评价等方面提供指导与支持。

### 参考文献

- [1] 金碚. 企业竞争力测评的理论与方法[J]. 中国工业经济, 2003(3): 5-13.  
Jin Bei. Theory and method of enterprise competitiveness evaluation[J]. China Industrial Economics, 2003(3): 5-13. (in Chinese)
- [2] Rahman K A. Firms' competitive and national comparative advantages as joint determinants of trade competition[J]. Review of World Economics, 1991, 127(1): 83-97.



- [3] Porter M E. The competitive advantage of nations[M]. New York: The Free Press, 1990.
- [4] Porter B. Identification of the critical factors of TQM[J]. Decision Sciences, 1996, 27(1): 1-21.
- [5] Kalpande S D, Gupta R C, Dandekar M D. Identification of important factors for implementation of TQM[J]. Management and Enterprise Development, 2013(12): 411-424.
- [6] 李军. 三大质量奖比较研究及其启示[J]. 世界标准化与质量管理, 2004(7): 37-39.  
Li Jun. Comparative study and inspiration of three quality awards[J]. World Standardization and Quality Management, 2004(7): 37-39. (in Chinese)
- [7] Barkley D L. Evaluations of regional competitiveness: making a case for case studies[J]. The Review of Regional Studies, 2008(2): 121-143.
- [8] 唐晓芬. 质量竞争力研究[J]. 上海质量, 2002(10): 12-16.  
Tang Xiaofen. Research on quality competitiveness[J]. Shanghai Quality, 2002(10): 12-16. (in Chinese)
- [9] 李卫红. 基于卓越绩效评价准则的制造业质量竞争力评价[J]. 科技管理研究, 2011, 31(22): 44-47.  
Li Weihong. Evaluation on the manufacturing industry quality competitiveness based on criteria for performance excellent[J]. Science and Technology Management Research, 2011, 31(22): 44-47. (in Chinese)
- [10] 程虹, 陈川. 制造业质量竞争力理论分析与模型构建[J]. 管理学报, 2015, 12(11): 1695-1702.  
Cheng Hong, Chen Chuan. Theory analysis and model building of manufacturing quality competitiveness[J]. Chinese Journal of Management, 2015, 12(11): 1695-1702. (in Chinese)
- [11] 王馨, 潘世成, 王婷. 贵州省装备制造制造业质量竞争力系统动力学分析[J]. 中国集体经济, 2018(5): 84-85.  
Wang Xin, Pan Shicheng, Wang Ting. System dynamics analysis of quality competitiveness of equipment manufacturing industry in Guizhou Province[J]. China Collective Economy, 2018(5): 84-85. (in Chinese)
- [12] 蒋家东. 企业质量竞争力的内涵及其评价方法[J]. 航空标准化与质量, 2005(3): 17-21.  
Jiang Jiadong. Connotation and evaluation method of enterprise quality competitiveness[J]. Aeronautic standardization & Quality, 2005(3): 17-21. (in Chinese)
- [13] 温德成. 产品质量竞争力及其构成要素研究[J]. 世界标准化与质量管理, 2005(6): 4-8.  
Wen Decheng. Research on product quality competitiveness and its constituent elements[J]. World Standardization and Quality Management, 2005(6): 4-8. (in Chinese)
- [14] 中央军委装备发展部. GJB 9001C-2017 质量管理体系要求[S]. 北京: 中央军委装备发展部, 2017.  
Central Military Commission Equipment Development Department. GJB 9001C-2017 quality management system requirements[S]. Beijing: Central Military Commission Equipment Development Department, 2017. (in Chinese)
- [15] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 19580-2012 卓越绩效评价准则[S]. 北京: 中国国家标准化管理委员会, 2012.  
National Standardization Administration Committee of China. GB/T 19580-2012 excellence performance evaluation criteria[S]. Beijing: National Standardization Administration Committee of China, 2012. (in Chinese)
- [16] 唐萌. 制造业企业质量竞争力评价模型研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2014: 13-42.  
Tang Meng. Research on evaluation model of quality competitiveness of manufacturing enterprises[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2014: 13-42. (in Chinese)
- [17] 李琳琳, 路云飞, 张壮, 等. 基于信息优势的指控系统指标体系构建及建模[J]. 系统工程与电子技术, 2018, 40(3): 577-582.  
Li Linlin, Lu Yunfei, Zhang Zhuang, et al. System construction and modeling of command and control system index based on information superiority[J]. System Engineering and Electronics, 2018, 40(3): 577-582. (in Chinese)
- [18] 王瑛. 系统分析方法[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2018.  
Wang Ying. The methods of system analysis[M]. Xi'an: Xi'an Jiaotong University Press, 2018. (in Chinese)
- [19] 徐吉辉, 谢文俊. 综合评价理论、方法与军事应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2014.  
Xu Jihui, Xie Wenjun. Comprehensive evaluation theory, method and military application[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2014. (in Chinese)
- [20] 孙德忠, 喻登科, 田野. 一种基于专家组合多重相关的主观赋权方法[J]. 统计与决策, 2012(19): 88-90.  
Sun Dezhong, Yu Dengke, Tian Ye. A subjective weighting method based on multi-correlation of expert combination[J]. Statistics & Decision, 2012(19): 88-90. (in Chinese)

### 作者简介:

刘炳琪(1995—),男,硕士研究生。主要研究方向:质量竞争力评价、装备维修保障与评估。

胡剑波(1965—),男,博士,教授,博导。主要研究方向:装备维修保障与评估、智能控制理论与应用。

(编辑:丛艳娟)