

DOI:10.20033/j.1003-7241.(2026)10-0043-07

基于多维评价指标体系的来料检验方案动态优化方法

贾国庆, 周 侠, 唐 涛, 李学明

(株洲中车时代电气股份有限公司 供应链管理中心, 湖南 株洲 412000)

摘 要: 为有效解决智能制造环境下传统来料检验方法存在的效率低、成本高以及缺乏动态适应性的问题, 融合多源质量数据与层次分析法, 提出了一种面向多维评价指标体系的来料检验方案动态优化方法。该方法以入库检验、生产制造过程以及运用现场 3 类质量数据为基础, 构建了包含批次合格率、过程不良率、投诉次数等 9 项指标的多维评价框架; 采用层次分析法确定指标权重, 建立 0~100 分的年度质量绩效评估模型; 依据 GB/T 2828.1 设计“全检、加严、正常、放宽、免检”5 级检验等级, 制定了日、季度和年度 3 级动态调整规则。通过在某装备制造企业 9 万余个物料编码上进行实证显示: 单批次检验时间由 2.5 h 降至 1.2 h, 效率提升 52%, 检验人力减少 40%。因基于物料质量绩效表现采取了动态检验方案, 高风险物料漏检率明显下降, 供应商平均合格率由 92% 提高到 98%, 年节约检验费用 75 万元。结果表明, 该方法以数据为纽带, 将质量表现与检验资源的精准映射, 为复杂供应链环境下的高效来料质量控制提供了可复制的数据驱动解决方案。

关键词: 数据驱动; 多维评价指标; 来料检验; 动态优化; 层次分析法; 质量绩效评估

中图分类号: TP274; TP183; F273

文献标志码: A

文章编号: 1003-7241(2026)10-0043-07

Dynamic optimization method for incoming inspection scheme based on multi-dimensional evaluation index system

Jia Guoqing, Zhou Xia, Tang Tao, Li Xueming

(Supply Chain Management Center, CRRC Zhuzhou Electric Co., Ltd., Zhuzhou 412000, Hunan, China)

Abstract: To effectively solve the problems of low efficiency, high cost, and lack of dynamic adaptability in traditional incoming inspection methods in intelligent manufacturing environments, a dynamic optimization method for incoming inspection schemes based on a multidimensional evaluation index system is proposed by integrating multi-source quality data and analytic hierarchy process. This method is based on three types of quality data: incoming inspection, production and manufacturing process, and on-site application. It constructs a multidimensional evaluation framework that includes nine indicators, including batch qualification rate, process defect rate, and complaint frequency. Using the analytic hierarchy process to determine indicator weights, establish an annual quality performance evaluation model with scores ranging from 0 to 100. According to GB/T 2828.1, a five level inspection level of "full inspection, stricter inspection, normal inspection, relaxed inspection, and exemption inspection" is designed, and dynamic adjustment rules for daily, quarterly, and annual levels are formulated. Empirical results from over 90000 material codes in a certain equipment manufacturing enterprise show that the inspection time for a single batch has been reduced from 2.5 hours to 1.2 hours, resulting in a 52% increase in efficiency and a 40% reduction in inspection manpower. Due to the adoption of a dynamic inspection plan based on material quality performance, the missed inspection rate of high-risk materials has significantly decreased, and the average pass rate of suppliers has increased from 92% to 98%, saving an annual inspection cost of 750000 yuan. The results indicate that this method uses data as a link to accurately map quality performance and inspection resources, providing a replicable data-driven solution for efficient incoming material quality control in complex supply chain environments.

Keywords: data-driven; multi-dimensional evaluation index; incoming material inspection; dynamic optimization; analytic hierarchy process; quality performance evaluation

全球供应链重构与智能制造转型正深刻改变现代制造业的生态格局。在此背景下, 企业采购物料的种类和复杂度显著增加。例如, 某典型制造企业的月均来料批次超过 2 万次, 涉及 10 万余种物料编码与近千家供应商。传

统来料检验策略多依赖固定抽样方案(如 GB/T 2828.1 标准^[1])或全检模式, 存在检验效率低、资源分配僵化、动态适应性不足等缺陷。尤其对于质量表现稳定的物料, 冗余检验导致成本浪费; 而对高风险物料, 检验频次不足则

收稿日期: 2025-12-29; 录用日期: 2026-01-21

基金项目: 湖南省创新型省份建设专项(2024GK1020)

作者简介: 贾国庆(1983—), 硕士, 高级工程师, 研究方向为检验检测技术。

通信作者: 李学明(1985—), 博士, 正高级工程师, 研究方向为数据挖掘与智能运维技术。

引用本文: 贾国庆, 周侠, 唐涛, 等. 基于多维评价指标体系的来料检验方案动态优化方法[J]. 自动化技术与应用, 2026, 45(10): 43-48, 72. (Jia Guoqing, Zhou Xia, Tang Tao, et al. Dynamic optimization method for incoming inspection scheme based on multi-dimensional evaluation index system[J]. Techniques of Automation and Applications, 2026, 45(10): 43-48, 72.)

可能引发严重质量事故(如某企业因轴承缺陷导致年损失超200万元)。因此,如何基于实时质量数据动态优化检验方案,实现资源精准配置,成为智能制造时代质量管理的核心挑战。

传统来料检验以统计学方法为主,如基于可接受质量限(acceptable quality limit, AQL)的抽样检验^[2-3]。此类方法虽能控制批次风险,但依赖固定抽样比例,难以适应物料质量表现的动态变化^[4]。例如,对质量稳定的物料持续采用高抽样比例,导致资源浪费;而对高风险物料,固定比例可能漏检关键缺陷。此外,全检模式虽能保证质量,但成本高昂且效率低下,难以应对大规模物料管理需求。

现有来料检验策略的不足主要体现在如下三方面。一是数据孤岛问题:质量管理体系与检验系统缺乏集成,数据流通依赖人工操作,导致决策滞后。二是评价维度单一:传统方法多关注单一指标(如合格率),忽视供应商绩效、生产过程质量、客户反馈等多维度数据的综合影响。三是动态调整机制缺失:检验策略调整依赖人工经验,缺乏量化模型支持,难以实现实时响应。上述问题限制了检验效率与质量成本的优化潜力,亟需一种融合多源数据、支持动态决策的新型优化方法。

本文通过构建基于层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)^[5]的多维度质量评价模型并设计动态反馈机制来克服了传统方法的局限性。层次分析法是一种将复杂决策问题分解为多个层次,并通过定性与定量分析相结合来进行系统分析的方法。其中,文献[6]利用改进层次分析法来确定综合效益评价体系的主观权重,提升了多维度效益的评价过程的系统性。文献[7]结合事故树分析法和层次分析法建立风险评估模型,而层次分析法可确定各层风险指标的权重。文献[8]将单一层次分析法、专家群组分析和熵权法相结合,这不仅可以反映专家的知识经验,还克服了主观随意性较大的缺陷。文献[9]针对项目后投资评价对电网建设的重要性,提出一种基于混合评价策略的综合评估模型。文献[10]基于AHP理论构建一种新的施工质量控制模型。文献[11]研究了融合层次分析法和模糊理论的智能电表可靠性评估模型,有效提升了智能电表计量性能。文献[12]建立了一种基于层次分析-模糊综合评价法的检验检测实验室安全评价体系并通过具体案例验证了评价体系的可行性。AHP方法可以将问题分解,建立层次结构,然后构建两两比较判断矩阵并且计算比较元素的相对权重和各层元素的组合权重。本文期望通过层次分析法和动态调整机制的研究提升检验效率与质量管控水平,从而实现动态检验方案的实时优化。

1 来料检验方案动态优化策略

1.1 总体思路

本文所提来料检验方案动态优化流程如下图1所示,其主要由动态检验物料清单确认、物料检验等级初始化、

日/季度调整规则设计、多维年度质量评估模型构建、数据采集与预处理、动态调整机制设计等过程组成。

首先来料检验人员(incoming quality control, IQC)综合考虑物料类别、物料特性以及物料供方等因素,确认需要进行动态检验的物料清单,然后依据各物料的历史质量表现并参考GB/T 2828.1《计数抽样检验程序》标准^[1],形成检验策略库(根据严格程度分为全检、加严检验、正常检验、放宽检验和免检共5种)并对各物料检验等级进行初始化,得到各物料的初始检验等级值。接着,依据设定周期(每日或每季度)内物料批数量和检验结果中A、B和C类问题的数量制定日、季度调整规则,并综合考虑物料入库质量、生产过程质量和现场运用质量,采用层次分析法建立多维年度质量评估模型。最后,来料检验系统每日采集物料检验数据,定期(每日末、每季度末)监测是否满足日/季度调整规则,或在每年末判断当前各物料检验等级与年度检验等级评估结果是否一致,若满足日/季度调整规则或年度检验等级评估结果与该物料当前检验等级不相符则根据调整规则或评估结果来对各物料当前物料检验等级进行动态调整,调整完在下一个周期执行新的来料检验策略。下面对整个流程的主要过程原理进行详细阐述。

1.2 数据采集与预处理

外购物料的质量表现数据主要包括来料检验现场、制造现场和用户现场。来料检验现场是物料质量数据的主要来源之一,包括入库检验结果、不合格项点、入库批次合格率等。其中检验结果、不合格项点等数据可由来料检验系统(incoming inspection system, IIS)记录^[12-14],而入库批次合格率、重大质量问题数等信息可通过供应商关系管理系统(supplier relationship management, SRM)^[15-18]获取。生产制造现场的物料质量情况也是重要的数据来源,包括物料在生产过程中的表现、缺陷率、返工率等,该数据可通过制造执行系统(manufacturing execution system, MES)^[19-24]获取。用户现场的反馈数据,如客户投诉、退货率、维修记录等,能够反映物料在实际使用中的质量表现,可通过质量管理体系(quality management system, QMS)^[25-27]获取。

1.3 多维年度质量评价模型构建

1.3.1 多维评价指标体系设计

为全面评价各物料的年度质量表现,为检验策略动态调整提供数据支撑,可综合利用入库检验、生产制造过程以及现场运用等环节相关质量数据来建立年度多维质量评价模型。结合实际经验,设计各环节评价物料质量的部分关键评价指标如表1所示。

1.3.2 基于AHP的多维质量评价模型

确定好物料质量的关键评价指标后,需研究各评价指标的权重,目前工程中普遍采用的方法有专家评估法和AHP。其中AHP是由美国运筹学教授Saaty^[5]提出,它在专家知识和主观经验基础上,通过利用具有严密逻辑性的

数学方法来尽量剔除主观成分,并且可根据判断矩阵是否具有满意的一致性来检验权值的合理性,使权值比专家评估法确定的权重系数更符合客观实际并易于定量表示^[6],因此,本文采用 AHP 法来确定权重。

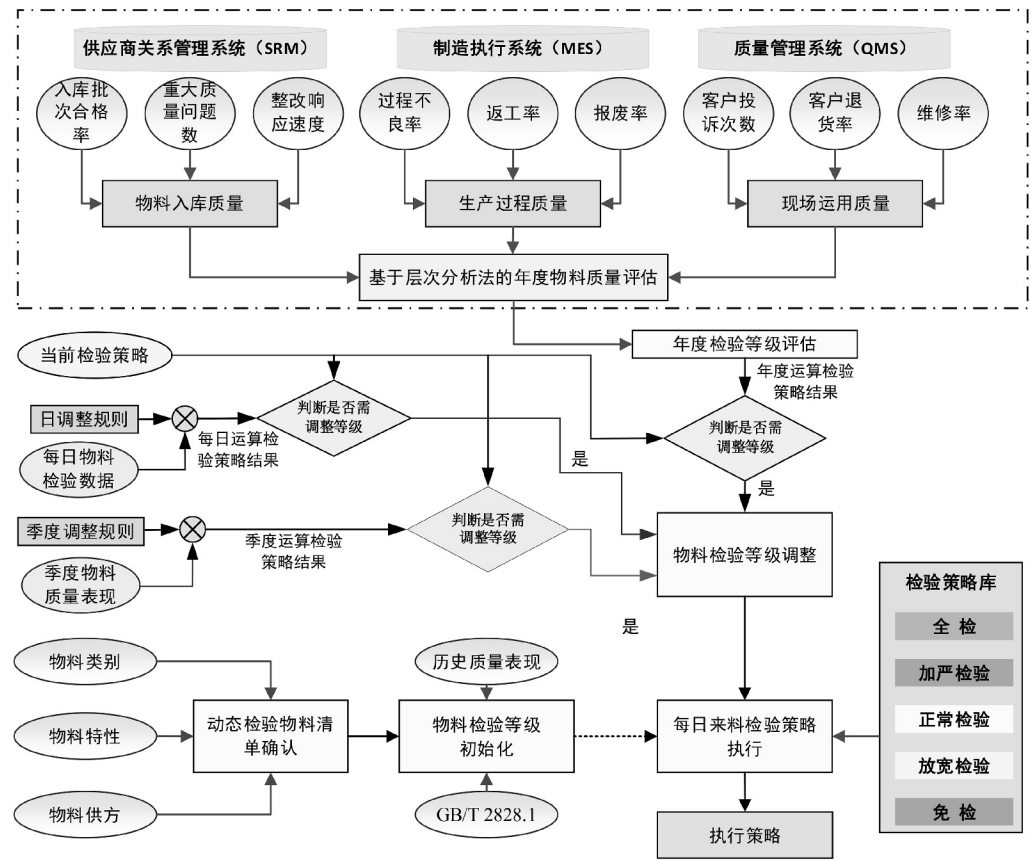


图 1 来料检验方案动态优化流程框

Fig. 1 Flowchart of the dynamic optimization process for incoming inspection schemes

表 1 关键评价指标(部分示例)

Tab. 1 Key evaluation indicators (partial examples)

指标所属类别	评价指标	数据来源
物料入库质量	入库批次合格率	SRM 系统
	重大质量问题数	SRM 系统
	整改响应速度	SRM 系统
生产过程质量	过程不良率	MES 系统
	返工率	MES 系统
	报废率	MES 系统
现场运用质量	投诉次数	QMS 系统
	退货率	QMS 系统
	维修率	QMS 系统

用 AHP 进行评价指标的权重计算主要有如下 5 个步骤:建立层次结构评价指标、构造判断矩阵、计算权向量及其一致性检验、计算全局权向量及其一致性检验、综合质量绩效计算。下面对其进行详细阐述。

1) 建立层次结构评价指标。

在深入分析实际问题的基础上,将有关的各个因素按照不同属性自上而下地分解成若干层次,同一层的诸因素从属于上一层的因素或对上层因素有影响,同时又支配下一层的因素或受到下层因素的作用。本文根据相关评价指标分类情况,将物料年度质量绩效评估的层次设计为目标层、准则层和指标层,如图 2 所示。

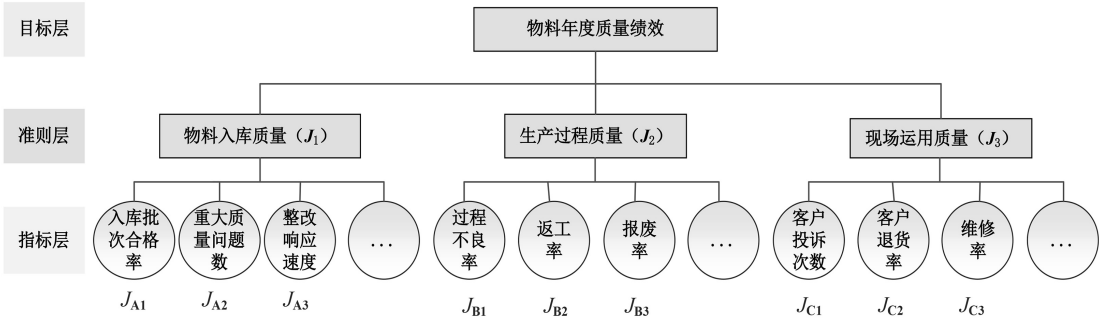


图 2 评价指标层次结构

Fig. 2 Hierarchical structure of evaluation indicators

2) 构造判断矩阵。

在确定各层次各指标之间的权重时,AHP 通过两两相互比较,以尽可能减少性质不同因素相互比较的困难,以提高准确度。从第一级评价指标开始,对于从属于(或影响)上一层每个因素的同层诸指标,构造成对比较的判断矩阵,直到最下层。

比较同一级第 i 个元素与第 j 个元素相对重要性时,使用数量化的相对权重 c_{ij} 来描述。假设共有 n 个元素参与比较,对全部元素作两两之间的对比,构造矩阵 $C = (c_{ij})_{n \times n}$ 并称之为判断矩阵。成对矩阵中 c_{ij} 的取值一般参考表 2 所示重要程度判断方法。从表 2 可以看出,成对比矩阵中各元素具有如下特点: $c_{ij} > 0, c_{ji} = 1/c_{ij}$,且当 $i = j$ 时, $c_{ij} = 1$ 。

表 2 重要程度判断表

Tab. 2 Importance scale for pairwise comparison

重要程度	c_{ij}	c_{ji}
指标 i 和指标 j “同等重要”	1	1
指标 i 比指标 j “稍微重要”	3	1/3
指标 i 比指标 j “明显重要”	5	1/5
指标 i 比指标 j “强烈重要”	7	1/7
指标 i 比指标 j “绝对重要”	9	1/9
指标 i 比指标 j 介于各等级之间	2,4,6,8	1/2,1/4,1/6,1/8

根据物料的技术特点,采用表 2 所示重要程度判断表相关原则依次对物料入库质量(J_1)、生产过程质量(J_2)、现场运用质量(J_3)共 3 个准则进行两两比较,形成判断矩阵 C 。

$$C = \begin{pmatrix} 1 & c_{12} & c_{13} \\ \frac{1}{c_{12}} & 1 & c_{23} \\ \frac{1}{c_{13}} & \frac{1}{c_{23}} & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

式中, c_{12} 为指标 J_1 相对指标 J_2 的重要程度, c_{13} 为指标 J_1 相对指标 J_3 的重要程度, c_{23} 为指标 J_2 相对指标 J_3 的重要程度。

3) 计算权向量及其一致性检验。

如果矩阵 C 是完全一致的成对比较矩阵,应该有: $c_{ij}c_{jk} = c_{ik}, 1 \leq i, j, k \leq n$ 。但实际上在构造成对比较矩阵时要求满足上述众多等式是不可能的。因此允许成对比较矩阵存在一定的不一致性。利用式(2)对 C 进行一致性检验。

$$C_R = \frac{C_1}{R_1} \quad (2)$$

式中, C_R 为判断矩阵的随机一致性比率; $C_1 = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$ 为判断矩阵的一般一致性指标, $\lambda_{\max}$ 为判断矩阵 C 对应的最大特征根; R_1 为判断矩阵的平均随机一致性指标,其值仅与矩阵 C 阶数 n 有关,不同 n 对应的 R_1 值可通过查表得到。

当基于式(2)计算出来的 $C_R < 0.1$ 时,判断矩阵 C 具有合格的一致性(其不一致程度是可以接受);否则就调整成对比较矩阵 C ,直到达到满意的一致性为止。对最大特征值 $\lambda_{\max}$ 对应的特征向量进行标准化,即可得到权向量:

$$\omega_j = [\omega_{j1}, \omega_{j2}, \omega_{j3}] \quad (3)$$

4) 计算全局权向量及其一致性检验。

从高层到低层逐一分析,构建判断矩阵、检验一致性并求出对应的权向量。低层次的所有权向量组合成一个新的矩阵,对应的高一层次的权向量与这个新的矩阵相乘,即得到该层嵌套关系的组合权向量。逐级分析,最终得到对于目标层的全局权向量。

以物料入库质量(J_1)为例,对其所属指标入库批次合格率(J_{A1})、重大质量问题数(J_{A2})和整改响应速度(J_{A3})进行两两比较,形成判断矩阵 A 。

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

式中, a_{12} 为指标 J_{A1} 相对指标 J_{A2} 的重要程度, a_{13} 为指标 J_{A1} 相对指标 J_{A3} 的重要程度, a_{23} 为指标 J_{A2} 相对指标 J_{A3} 的重要程度。

基于式(2)计算出来的 $C_R < 0.1$ 时,判断矩阵 A 具有合格的一致性(其不一致程度是可以接受);否则就调整成对比较矩阵 A ,直到达到满意的一致性为止。对 A 对应的最大特征值对应的特征向量进行标准化,即可得到权向量:

$$\omega_{JA} = [\omega_{JA1}, \omega_{JA2}, \omega_{JA3}] \quad (5)$$

同理,可计算出与生产过程质量(J_2)和现场运用质量(J_3)对应的判断矩阵 B 和 C 的最大特征值对应的权向量 $\omega_{JB} = [\omega_{JB1}, \omega_{JB2}, \omega_{JB3}]$ 和 $\omega_{JC} = [\omega_{JC1}, \omega_{JC2}, \omega_{JC3}]$ 。

将准则层权重结果分别与指标层各权向量相乘,得到各指标的全局权重如式(6)所示。

$$\begin{cases} [k_{A1}, k_{A2}, k_{A3}] = \omega_{J1} \cdot [\omega_{A1}, \omega_{A2}, \omega_{A3}] \\ [k_{B1}, k_{B2}, k_{B3}] = \omega_{J2} \cdot [\omega_{B1}, \omega_{B2}, \omega_{B3}] \\ [k_{C1}, k_{C2}, k_{C3}] = \omega_{J3} \cdot [\omega_{C1}, \omega_{C2}, \omega_{C3}] \end{cases} \quad (6)$$

式中, k_{A1}, k_{A2}, k_{A3} 代表物料入库质量(J_1)所属的各指标的全局权重; k_{B1}, k_{B2}, k_{B3} 代表生产过程质量(J_2)所属的各指标的全局权重; k_{C1}, k_{C2}, k_{C3} 代表现场运用质量(J_3)所属的各指标的全局权重,且所有指标权重之和为 1。

5) 综合质量绩效计算。

在物料年度质量绩效评估过程中,由于指标较多,评价标准不一,需要基于指标性质进行差异化处理,将指标转换成 0~100 的标准分值。以入库批次合格率(J_{A1})为例,基于工程应用经验,可设计图 3 如下分段函数来实现 J_{A1} 与该指标质量绩效标准值 q_{JA1} 的标准化处理。

同理,可根据实际情况建立其他指标与质量绩效标准值之间的映射关系,从而完成所有指标的标准化处理。

完成所有指标 $q_l, l = 1, \dots, s$ 的标准化处理后,可基

于第 4 步计算出来的各指标的 全局权重 $k_l, l = 1, \dots, s$ 基于式 (7) 完成物料的年度质量绩效得分 Q_{AHP} 的计算。

$$Q_{\text{AHP}} = \sum_{i=1}^n (k_i \cdot q_i) \tag{7}$$

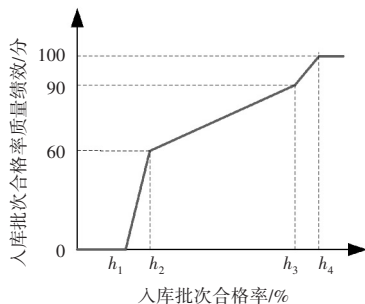


图 3 批次合格率标准化处理示例

Fig. 3 Example of standardizing batch qualification rate

1.4 检验等级动态调整机制设计

基于物料的相关质量表现数据计算出相关评价指标以及相应的质量绩效得分后,即可根据相关标准来设计相关动态调整机制。

1.4.1 检验等级及相关抽样规则

基于 GB/T 2828.1《计数抽样检验程序》,依据检验严格程度,将物料检验等级划分为“全检”、“加严检验”、“正常检验”、“放宽检验”和“免检”共 5 个等级。每个检验等级对应不同的抽样比例。每个等级对应的抽样比例以及质量绩效标准分如表 3 所示。例如,“全检”适用于质量表现极差的物料,抽样比例为 100%;“免检”适用于质量表现极好的物料,抽样比例为 0。

表 3 检验等级划分及相关说明

Tab. 3 Inspection-level classification and description

检验等级	等级代号	抽样比例/%	对应质量绩效得分
全检	A	100	0~59
加严检验	B	32 (AQL=0.65)	60~74
正常检验	C	20 (AQL=1.0)	75~84
放宽检验	D	13 (AQL=2.5)	85~94
免检	E	0	95~100

1.4.2 日/季度调整规则

在完成当日来料检验任务后,基于每日检验结果实时调整物料的后续检验方案,具体规则为,若物料当前检验方案为“全检”、“加严检验”或“正常检验”,则不再进行调整;若物料当前检验方案为“放宽检验”或“免检”,则若当日出现判定为供方责任不合格次数 ≥ 1 ,则上调一级物料检验等级。比如,当日出现判定为供方责任不合格次数 ≥ 1 ,当前检验等级为“正常检验”,则不再调整;当前检验等级为“放宽检验”,则调整为“正常检验”;当前检验等级为“免检”,则调整为“放宽检验”。

在每个季度(3、6、9、12 月份)的最后一天统计本季度物料质量表现,并根据质量问题类型、次数进行调整。质量问题依据从严重到不严重,依次分为 A、B、C 三个等级。

统计运算周期内出现的供方责任不合格次数,每当 A 类问题 ≥ 2 次或 B/C 类问题 ≥ 4 次时,上调 1 档检验等级,直至达到检验等级最高的“全检”等级,此为检验等级上调规则;当运算周期(即每季度)内质检批数量 ≥ 5 批, A 类问题不合格 0 次、B/C 类问题不合格 ≤ 2 次,则下调物料检验等级 1 级,直至达到检验等级最低的“免检”等级,此为检验等级下调规则。季度调整后,物料质量绩效得分按调整后检验等级固定为对应分值:免检 100 分,放宽检验 90 分,正常检验 80 分,加严检验 70 分,全检 55 分。

1.4.3 年度检验等级评估

每年第四季度完成季度调整后,进行本年度年度质量绩效评估并根据年度质量绩效评估结果调整年度检验等级。首先基于各物料年度相关质量数据和 AHP 多维质量评价模型,可计算出物料年度质量绩效得分 Q_{AHP} , 然后利用式 (8) 完成各物料最新质量绩效得分计算,即

$$Q_1 = Q_0 - 10 + Q_{\text{AHP}} \times 20\% \tag{8}$$

式中, Q_0 为第四季度质量绩效得分, Q_1 为经过年度质量绩效评估后的最新质量绩效得分。

完成年度质量绩效得分计算后,可基于表 3 调整物料的检验方案到与最新质量绩效得分对应的检验等级。

2 典型案例分析

2.1 案例背景

以某型号轴承为例,该物料年采购量达 2 000 批次,但供应商质量波动较大,2022 年因轴承缺陷导致的生产停线事故达 3 次,直接损失超 200 万元,企业亟需通过优化来料检验策略提升质量控制能力。

2.2 优化方案实施

步骤 1 检验资源需求确认与标准化。梳理技术规格与检验项点。针对该型号轴承物料,明确技术规格书中的关键参数(如内径公差 $\pm 0.01\text{mm}$ 、硬度 HRC58~62),制定检验作业指导书,包含尺寸测量、硬度测试、表面探伤等 12 项检验项点。

步骤 2 数据接口及相关模型开发与部署。开发采集 SRM、MES、QMS 至 IIS 系统的相关数据接口,形成统一的物料质量数据库。基于 1.3 节所述方法采用层次分析法(AHP)构建质量评价模型,并基于 1.4.2 节完成日、季度相关调整规则库建设与系统功能模块开发。

步骤 3 数据采集及动态调整机制执行。通过 IIS 系统实时监测轴承相关质量数据,数据清洗后提取关键字段信息,例如供应商代码、检验批次、缺陷类型(A/B/C 类)、缺陷数量、责任判定(供方/厂内)等。

实时监测相关质量数据,满足运算条件(每日、每季度、每年度)时,结合日/季度调整规则或年度质量绩效评估结果,对轴重检验等级进行实时调整。以某次季度调整为例,如表 4 所示,某供应商 a 在 2024 年度 Q4 内轴承 1 检验批次 52 批, A 类问题 3 次(阈值为 2 次),触发检验等级从“正常”上调至“加严检验”。同时,另一供方 b 的轴

承2在2025年度Q1内C类问题仅1次,无A类问题, Q_{AHP} 得分85分,对应本季度得分从80分升至87分,检验等级从“正常”下调至“放宽检验”。

同时根据供方联动机制,组织对A类问题开展交办、整改。B、C类问题主要集中在外观不良、条码不识别等方

面,组织供方整改并发布了小而广问题警告函。同步将同类风险通报给同品类的各家供方,要求提前预防管控。

2.3 优化效果

通过实施本文所述动态检验优化方案,来料检验效果明显,主要体现在如下3个方面。

表4 物料动态检验调整(示例)
Tab. 4 Dynamic inspection adjustment (example)

物料	供应商	2024年第3季度		2024年第4季度		2025年第1季度				
		季度绩效得分	检验等级	质量表现	季度绩效得分	检验等级	质量表现	AHP年度得分	季度绩效得分	检验等级
轴承1	供方a	80	C	A类问题3次	70	B	C类问题1次	80	76	C
轴承2	供方b	80	C	来料4批, 无不合格记录	80	C	来料8批, C类问题1次	85	87	D
轴承3	供方c	80	C	来料15批, 无不合格记录	90	D	来料2批, 无故障记录	90	98	E
轴承4	供方d	80	C	A类问题2次, B类问题4次	55	A	C类问题1次	77	60	A

1) 提升了检验效率。该企业近3年采购物料编码90300个,涉及品类901种。来料检验动态优化策略制定以来,已推广到76713个物料编码,涉及773个品类,编码、物料类别覆盖率分别达到84.9%、85.8%。其中,免检和放宽检验的物料占比分别达到32.5%、31.1%,检验人力投入减少40%;高风险物料检验频次增加30%,全年物料漏检率为0。平均单批次检验时间从2.5h降至1.2h,效率提升52%。新的策略优化了检验资源配置,缩短了检验周期。

2) 降低了质量成本。据统计,检验人力成本减少28%,全年节约检验费用约75万元。来料检验入库批次年故障率从1.91%下降到1.31%,制造生产过程批次故障率从1.26%下降至0.84%,间接损失减少3000万元以上。

3) 提升了质量管理水平。系统自动生成质量分析报告,通过数据驱动决策的模式,工程师决策效率提升60%。同时,通过动态联动反馈,63家主要供应商主动优化工艺,物料平均合格率从92%提升至98%。

3 结论

本文提出了“质量表现—检验等级—资源分配”的动态映射框架,克服了传统静态抽样检验的局限性。通过AHP方法构建兼顾定量与定性数据的多维度评价模型,为复杂供应链环境下的质量决策提供了可量化的方法论支持。此外,设计的多周期动态调整机制(日、季度、年度规则)兼顾了实时反馈调整与长期优化。通过某装备制造企业的实证分析,验证该方法可使检验效率提升52%,物料平均合格率提升6%,并且有效降低了质量成本,为智能制造环境下质量管控的敏捷化资源分配、数据驱动的决策转型以及供应链协同优化提供理论与实践参考。

参考文献

[1]战宇. 政采孤立批验收抽样标准:GB/T 2828.2 优势—基于统计模型与实践案例的深度论证[J]. 中国招标,2025(12):230-234.

[2]刘征宇,汪海涛. 成功概率抽样检验在器材批产中的应用分析[J]. 环境技术,2024,42(12):193-197,204.

[3]李俊杰,王垒,师文宝. 关于电子产品正常抽样方案AQL值方法实践与探索[J]. 电子产品世界, 2024, 31(4):73-76.

[4]曹阳华,刘永龄,苏宝华,等. 基于工序性能指数的连续批外购件计量抽样检验方案研究[J]. 标准科学,2025(11):135-142.

[5]Saaty T L. The analytic hierarchy process: decision making in complex environments[M]. New York: McGraw-Hill, 1980:29-68.

[6]魏新航,张玉琢,白云龙,等. 新型电力负荷管理系统综合效益评价体系[J]. 科学技术与工程, 2025, 25(17):7208-7218.

[7]康瑞,李凌海,牟睿聆,等. 因天气影响的航空器绕飞管制安全评估及策略分析[J]. 科学技术与工程, 2024, 24(6):2590-2600.

[8]夏子立,景强,高文博,等. 基于权重融合法的跨海桥梁部位及部件权重体系分析[J]. 科学技术与工程, 2023, 23(5):2171-2180.

[9]韩立芝,刘明红,刘灵爽,等. 基于混合评价策略的综合评价模型在电网建设中的应用[J]. 自动化技术与应用,2025,44(8):169-173.

[10]董国录. 小型水利水电工程施工质量控制模型构建[J]. 自动化技术与应用,2024,43(9):176-179.

[11]王辉,罗璇,贾宏刚,等. 层次分析法和模糊理论的智能电表可靠性评估模型[J]. 自动化技术与应用,2025,44(5):113-116,125.

[12]江黎丽. 基于层次分析-模糊综合评价法的检验检测实验室安全评价体系研究[J]. 现代职业安全,2025(3):47-50.

[13]白俊峰,武杏楷. M公司来料检验的质量控制改善研究[J]. 质量探索,2021,18(1):73-80.

[14]黄诚,李红光,王柱,等. 某电机公司供应商来料质量提升研究与改善方案实施[J]. 机电工程技术,2022,51(12):65-68,98.

[15]徐强. 食品企业来料检验的品质管理[J]. 中国食品工业, 2023(11):41-46.

[16]夏烨. SRM系统的价值、功能与发展前景浅探[J]. 供应链管理, 2020,1(5):117-128.

[17]郝洪星,张翔宇,赵兴旺,等. 计量供应商绩效评价管理系统设计[J]. 电子测量技术,2019,42(2):33-36.

(下转第72页)