

# 质量与可靠性管理文献综述

卢林佳

江西理工大学经济管理学院, 江西 赣州

收稿日期: 2024年10月5日; 录用日期: 2024年10月31日; 发布日期: 2024年11月11日

## 摘要

质量与可靠性管理在现代工业和服务业中占据着至关重要的位置。高质量和高可靠性的产品和服务不仅能提升企业的市场竞争力, 还能提高客户满意度和忠诚度。随着全球化进程的加快和技术进步, 企业面临的市场环境和竞争压力也在不断变化, 质量与可靠性管理成为企业生存和发展的关键。本文通过构建一个系统化的理论框架, 结合具体行业的实际案例, 综述了质量与可靠性管理领域的主要研究成果和发展趋势, 为研究人员和实践者提供参考。

## 关键词

质量, 可靠性管理, 企业生存发展, 市场环境

# Review of the Literature on Quality and Reliability Management

Linjia Lu

School of Economics and Management, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou Jiangxi

Received: Oct. 5<sup>th</sup>, 2024; accepted: Oct. 31<sup>st</sup>, 2024; published: Nov. 11<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

Quality and reliability management occupies a vital position in the modern industry and service industry. High-quality and high reliability products and services can not only enhance the market competitiveness of enterprises, but also improve customer satisfaction and loyalty. With the acceleration of globalization and technological progress, the market environment and competitive pressure facing enterprises are also constantly changing, and quality and reliability management has become the key to the survival and development of enterprises. By constructing a systematic theoretical framework, combined with the practical cases of specific industries, this paper summarizes the main research results and development trends in the field of quality and reliability management,

providing reference for researchers and practitioners.

## Keywords

Quality, Reliability Management, Enterprise Survival and Development, Market Environment

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



## 1. 质量管理

### 1.1. 质量管理理论

质量管理理论的发展经历了多个阶段，从早期的质量检验(Inspection)到全面质量管理(Total Quality Management, TQM)，再到六西格玛(Six Sigma)和精益生产(Lean Production)。每种理论都有其独特的优缺点和适用范围，需要结合企业实际情况进行选择。

#### 1.1.1. 全面质量管理(TQM)

全面质量管理(TQM)强调全员参与，通过持续改进来提升产品和服务的质量。TQM 的核心思想是“顾客至上、预防为主、持续改进、全员参与”。TQM 在丰田公司得到了广泛应用。丰田将 TQM 与其独特的生产体系相结合，形成了著名的“丰田生产方式”(TPS)，通过强调质量与持续改进，丰田在全球范围内树立了高质量、高可靠性的形象。丰田通过 TQM 成功实现了减少浪费、提高效率和优化流程的目标，确保了产品的高度可靠性和市场竞争力。

解超[1]探讨了 TQM 在中国企业中的实施效果，研究表明，通过实施 TQM，中国企业在产品质量和客户满意度方面取得了显著提升。研究也指出，由于文化差异和管理水平的限制，TQM 在中国的实施过程中面临一些挑战，如员工参与度不足和持续改进的难度较大。

#### 1.1.2. 六西格玛

六西格玛是一种以数据为基础的质量改进方法，旨在通过减少缺陷和变异来提高质量。其核心工具包括 DMAIC(定义、测量、分析、改进、控制)和 DMADV(定义、测量、分析、设计、验证)。摩托罗拉公司是六西格玛的创始者，其通过六西格玛方法，将产品缺陷率降低到每百万机会中不超过 3.4 次的高标准，从而大幅度提升了产品的质量。摩托罗拉的六西格玛实施不仅提高了生产效率，还显著降低了运营成本，这使得六西格玛成为许多大型制造企业提升质量的重要手段。

谢亚荣[2]通过实证研究验证了六西格玛在电力设备制造业中的应用效果，研究结果显示，六西格玛能够显著降低生产过程中的缺陷率，提高产品质量和生产效率。同时，研究还表明，成功实施六西格玛需要企业高层的支持和全员的积极参与。对于中小企业来说，六西格玛的高成本和复杂性可能成为实施的障碍。例如，某些中小型制造企业在实施六西格玛时发现，尽管能够减少产品缺陷，但由于缺乏足够的资源和培训，员工难以完全掌握 DMAIC [3]流程，导致实际效果不如预期。因此，六西格玛更适合那些拥有足够资源和技术支持的大型企业，而对于中小企业，可以考虑选择更加简化的质量改进方法。

#### 1.1.3. 精益生产

精益生产[4]是一种通过消除浪费、提高生产效率和灵活性的生产管理方法。典型工具包括价值流图

(VSM)、5S 管理和看板管理。其核心理念是“精益思想”，即通过持续改进和员工参与，实现价值最大化和浪费最小化。但是，精益生产并非适用于所有企业。例如，在电子产品制造行业，由于技术更新较快，企业常常面临需求波动的挑战，精益生产可能难以应对突发性订单或市场需求的快速变化。在这种情况下，企业需要结合精益生产的理念，制定灵活的生产策略，以适应快速变化的市场环境。

郭晓婷[5]对智能制造环境下的精益生产的概念进行了界定和解释以及智能制造环境下研究精益生产实施策略的重要性。然后，根据智能制造对精益生产的影响，提出了智能制造环境下精益生产的实施策略。最后，通过案例分析，验证了智能制造环境下精益生产实施策略的有效性和可行性。结果表明，通过合理利用智能制造技术和精益生产方法，企业可以实现生产效率和质量的双重提升，提高市场竞争力和可持续发展能力。

## 1.2. 质量管理工具与技术

质量管理工具和技术是实现质量改进的重要手段。常用的工具包含以下几种。

### 1.2.1. 统计过程控制(SPC)

统计过程控制(SPC)通过控制图监控生产过程中的变异，及时发现和纠正异常。SPC 是一种基于统计方法的过程控制技术，通过对生产过程中的数据进行统计分析，确定过程是否处于受控状态，从而采取相应的改进措施。

郭欢欢[6]等分析了 SPC 在制造业中的应用，指出 SPC 能够有效监控生产过程中的质量波动，及时发现和纠正异常，进而提高产品质量。研究也指出，SPC 的有效性依赖于数据的准确性和员工的技能水平，如果数据采集不准确或员工技能不足，SPC 的效果将受到影响。

### 1.2.2. 失效模式与影响分析(FMEA)

失效模式与影响分析(FMEA)用于识别潜在失效模式，评估其影响，并制定预防措施。FMEA 是一种系统的预防性分析方法，通过识别潜在的失效模式及其影响，评估失效的严重性、发生频率和检测难度，从而制定相应的预防措施。在汽车制造行业，FMEA 被广泛应用于产品设计和生产环节。例如，福特汽车公司在其新车型开发过程中使用 FMEA 识别潜在的失效模式，并提前采取预防措施。这不仅降低了产品发布后的故障率，还提高了客户满意度。

奚立峰[7]等在制造过程中应用 FMEA，取得了显著的质量改进效果。研究表明，通过 FMEA 的应用，企业能够提前识别和预防潜在的失效模式，减少生产过程中的质量问题。研究也指出，FMEA 的应用需要全面的数据支持和多部门的协作。例如，某些企业在实施 FMEA 时，由于不同部门之间缺乏协同，导致问题识别不全面，从而影响了产品的可靠性改进。

### 1.2.3. 质量功能展开(QFD)

质量功能展开(QFD)通过将客户需求转化为设计要求，提高产品的设计质量。QFD 是一种系统的产品设计和开发方法，通过将客户需求转化为具体的设计要求，确保产品设计符合客户期望。松下公司(Panasonic)在其新产品开发中广泛应用了 QFD 工具，通过将客户的需求转化为具体的产品设计要求，确保产品能够满足市场的期望。QFD 帮助松下公司推出了一系列深受客户喜爱的电子产品，大幅提高了产品的市场竞争力。

李龔[8]等综述了 QFD 在新产品开发中的应用，并提出了优化策略。通过 QFD 的应用，企业能够更好地理解客户需求，优化产品设计。研究也指出，QFD 的应用需要企业对客户需求有深入的理解，并且需要多部门的协作。因此，QFD 的成功实施要求企业具备强大的市场调研能力和高效的内部协作机制。

## 2. 可靠性管理

### 2.1. 可靠性管理理论

可靠性管理关注产品在规定条件下和规定时间内无故障工作的能力。通过科学的设计、测试和维护方法，可以有效提升产品的可靠性，延长其使用寿命，降低故障率。主要理论包括以下内容。

#### 2.1.1. 可靠性工程

可靠性工程涉及产品设计、制造和维护各阶段的可靠性研究。**Bath tub** 曲线描述了产品寿命周期的故障率变化。可靠性工程是一种系统的工程方法，通过分析和优化产品的设计、制造和维护过程，提高产品的可靠性。在航空领域，波音公司(Boeing)通过可靠性工程改进了其飞机的设计与制造流程。波音公司应用 **Bath Tub** 曲线来分析飞机部件在生命周期内的故障率，并根据该曲线的特性，采取不同的维护策略。例如，波音通过提高零部件的设计可靠性，减少了产品在生命周期的早期和后期故障，并在中期通过预防性维护确保故障率维持在低水平。

赵靖[9]等提出了基于 **Bath tub** 曲线的可靠性改进策略，研究表明，通过优化产品的设计和制造过程，企业能够显著提高产品的可靠性，延长产品的使用寿命。研究也指出，可靠性工程的实施需要全面的数据支持和系统的工程方法。

#### 2.1.2. 可靠性设计

可靠性设计通过冗余设计、容错设计等方法提高系统的可靠性。特斯拉(Tesla)在其自动驾驶系统中应用了冗余设计，以确保系统在关键传感器失效时仍能正常运行。其自动驾驶系统中集成了多个传感器(如雷达、摄像头和激光雷达)，如果其中一个传感器失效，其他传感器能够接管其功能，确保系统在关键时刻仍具备可靠的操作能力。这种冗余设计不仅提高了系统的可靠性，还增强了车辆的安全性。

孙怀义[10]等提出了基于冗余设计的系统可靠性优化方案，研究表明，通过可靠性设计，企业能够显著提高产品的可靠性，减少产品的故障率。研究也指出，可靠性设计的实施需要全面的设计知识和系统的工程方法。

## 2.2. 可靠性管理工具与技术

可靠性管理工具与技术主要用于提高产品的可靠性并降低故障率。常用工具包括以下几种。

### 2.2.1. 可靠性测试

可靠性测试如环境试验[11]、应力测试等，用于验证产品在不同条件下的可靠性，是一种系统的测试方法，通过模拟产品在实际使用条件下的工作环境，验证产品的可靠性。博世(Bosch)公司在其汽车电子部件的开发过程中，广泛应用了环境测试和应力测试。博世会将其电子部件放入高温、低温、潮湿和振动等极端环境中，模拟真实使用中的极端条件，从而评估其产品在不同环境下的可靠性。通过这种可靠性测试，博世成功避免了许多潜在的质量问题，并确保了其电子部件的稳定性和可靠性。

王德言[12]等通过环境试验提升了电子元器件的可靠性，研究表明，通过可靠性测试，企业能够提前识别和预防潜在的可靠性问题，优化产品设计，提高产品的可靠性。研究也指出，可靠性测试的实施需要全面的测试设备和系统的测试方法。

### 2.2.2. 可靠性维护

可靠性维护包括预防性维护(PM)和预测性维护(PdM)，以减少故障发生率。可靠性维护是一种系统的维护方法，通过定期检查和维护设备，预防设备故障，延长设备的使用寿命。

西门子(Siemens)在其工业设备中应用了预测性维护技术，通过实时监控设备运行状态，提前预测设

备的故障发生时间,通过安装在设备上的传感器,实时收集振动、温度、压力等数据,结合大数据分析技术预测设备可能发生故障的时间点,并在故障发生前进行维护,从而大幅减少了设备的停机时间。

周晓军[13]等在制造业中应用预测性维护,显著降低了设备故障率,研究表明,通过可靠性维护,企业能够显著提高设备的可靠性,减少设备的故障率,降低维护成本。研究也指出,可靠性维护的实施需要全面的维护计划和系统的维护方法。

### 2.2.3. 可靠性建模与仿真

可靠性建模与仿真[14]通过计算机仿真技术预测产品的可靠性表现。福特汽车公司(Ford)在其车辆开发过程中,广泛应用了蒙特卡罗[1]仿真技术。通过建立车辆的可靠性[15]模型,福特能够对车辆在不同驾驶条件下的表现进行仿真预测[16],从而优化产品设计并减少故障的发生,通过这种仿真技术,大幅降低了新车发布后的早期故障率[17],并提高了客户满意度。

朱陆陆[18]结合蒙特卡罗仿真方法,提升了某机械系统的可靠性评估精度,研究表明,通过可靠性建模与仿真,企业能够提前识别和预防潜在的可靠性问题,优化产品设计,提高产品的可靠性。研究也指出,可靠性建模与仿真的实施需要全面的数据支持和系统的仿真方法。

### 2.2.4. 可靠性增长管理

可靠性增长[19]管理通过识别和消除产品中的潜在缺陷来提高可靠性。三星电子(Samsung Electronics)在其手机产品的生命周期管理中,应用了可靠性增长模型。通过持续的产品质量监控和数据反馈,识别并改进了产品设计中的潜在缺陷,提升了产品的整体可靠性。在新产品发布后的早期,三星通过快速收集用户反馈并进行分析,及时发现并修复问题,确保后续生产的产品质量得到进一步提升。

赵靖等提出了一种新的可靠性增长模型,并验证了其在电子产品中的有效性,研究表明,通过可靠性增长管理,企业能够显著提高产品的可靠性,减少产品的故障率。研究也指出,可靠性增长管理的实施需要全面的数据支持和系统的管理方法。

## 3. 质量与可靠性管理的整合

近年来,质量与可靠性管理[20]逐渐走向整合,形成了全面的质量与可靠性管理(Total Quality and Reliability Management, TQRM)。TQRM 强调在产品生命周期的各个阶段均衡考虑质量和可靠性,通过系统化的管理和技术手段,实现更高的客户满意度和更低的成本。西门子公司(Siemens)是 TQRM 的先行者之一,通过在产品生命周期的各个阶段均衡考虑质量和可靠性,西门子成功实现了高质量产品的稳定交付,并通过智能制造技术优化了生产流程,进一步提高了产品的可靠性。TQRM 不仅帮助西门子提升了客户满意度,还显著降低了运营成本,为企业创造了更大的市场优势。TQRM 的实施对企业的资源和技术要求较高,尤其是在产品生命周期的各个环节中都需要有系统的质量与可靠性管理方法。因此,对于中小型企业来说,可能需要根据实际情况,选择更加简化的整合方案。

陈启民[21]在其研究中提出了 TQRM 的实施框架,并验证了其在制造业中的应用效果,研究表明,通过 TQRM 的实施,企业能够显著提高产品的质量和可靠性,降低生产成本,提高市场竞争力。研究也指出, TQRM 的实施需要企业高层的支持和全员的积极参与。

## 4. 国内外研究现状对比

### 4.1. 国际研究现状:智能化与可持续发展

#### 4.1.1. 智能制造与大数据分析

国际研究,特别是欧美发达国家,重点关注智能制造与大数据分析的结合。例如,通用电气(GE)通

过结合人工智能和大数据分析技术,实现了生产设备的预测性维护,减少了设备故障和停机时间。德国的工业 4.0 [22]战略推动了智能制造的发展,德国企业在全球制造业转型中扮演了重要角色。西门子等企业通过将物联网技术与制造系统整合,建立了高度自动化和智能化的生产流程,显著提升了产品质量。

#### 4.1.2. 可持续发展与质量管理

欧美企业越来越重视可持续发展[23]在质量管理中的应用。通过将环境保护和资源节约纳入质量标准,企业可以实现绿色制造。例如,宜家通过在供应链[17]中引入环保材料和优化生产流程,既提升了产品质量,也减少了对环境的影响。

### 4.2. 国内研究现状: 工具应用与智能制造的起步

#### 4.2.1. 工具应用的广泛推广

中国的质量管理研究和实践更多集中在质量管理工具的推广和应用。全面质量管理(TQM) [24]和六西格玛已经在大中型企业中取得一定成效,但在中小企业的应用中,仍面临着资源不足、文化差异等障碍。特别是在员工参与度和持续改进方面,中国企业在实施过程中往往难以达到预期效果。

#### 4.2.2. 智能制造的初步应用

近年来,中国企业开始引入智能制造技术,尤其是在大企业中,通过物联网和大数据技术实现生产流程的智能化和自动化。例如,华为和海尔等公司正在利用工业互联网平台改进其质量管理流程,实现了实时数据监控和生产优化。相比于欧美,中国的智能制造在中小企业的推广仍处于起步阶段,技术应用的深度和广度尚不足。

### 4.3. 国内外研究差异的细化分析

#### 4.3.1. 技术创新的广度与深度差异

欧美国家的研究和应用侧重于技术驱动的质量管理变革,特别是通过人工智能、大数据与工业物联网的结合,实现全自动化和智能化的质量管理体系。而中国的研究更多集中在如何有效实施已有的管理工具上,技术创新与应用的深度仍有差距。

#### 4.3.2. 政策支持与产业环境的差异

欧美国家通过国家战略和政策支持推动了智能制造和可持续发展。例如,德国的工业 4.0 战略和美国的智能制造计划为企业提供了广泛的技术和资金支持。而中国的《中国制造 2025》战略尽管为企业提供了方向指引,但在政策落地和中小企业支持方面仍存在较大挑战。国内的政策体系尚需进一步完善,特别是在帮助中小企业引入智能制造和数字化管理工具方面。

## 5. 未来研究方向

未来的质量与可靠性管理研究将更加注重以下几个方面。

### 5.1. 智能制造与工业 4.0

随着物联网、大数据和人工智能技术的发展,智能制造[25]为质量与可靠性管理提供了新的机遇。智能制造通过集成和应用先进的信息技术,实现生产过程的智能化和自动化[26],从而提高产品的质量和可靠性。任娇[27]探讨了工业 4.0 背景下的质量管理系统的设计与应用,研究表明,通过智能制造技术的应用,企业能够实现生产过程的实时监控[28]和优化,提高产品的质量和可靠性。研究也指出,智能制造的实施需要全面的信息技术支持和系统的管理方法。

## 5.2. 可持续发展

在环境保护和资源节约的背景下，如何在质量与可靠性管理中融入可持续发展理念成为新的研究热点。可持续发展强调在产品的设计、生产和使用过程中，减少资源消耗和环境影响，实现经济、社会和环境的协调发展。汪骏[29]提出了基于可持续发展的质量管理策略，并进行了案例分析，研究表明，通过可持续发展的质量管理策略，企业能够在提高产品质量和可靠性的同时，减少资源消耗和环境影响，实现经济效益和社会效益的双赢。研究也指出，可持续发展的质量管理策略的实施需要全面的政策支持和系统的管理方法。

## 5.3. 多学科交叉

结合材料科学、计算机科学和管理学等多学科的研究成果，提升质量与可靠性管理的理论深度和应用广度。多学科交叉研究能够为质量与可靠性管理提供新的理论和方法，推动质量与可靠性管理的发展。沙敏[30]等通过跨学科研究，提出了培养模式，研究表明，通过多学科交叉培养，企业能够获得更全面的复合型人才，进而提升企业的实力。

## 5.4. 大数据与人工智能

大数据和人工智能技术[31]在质量和可靠性管理中的应用越来越广泛，如预测性维护和智能质量监控系统。大数据和人工智能技术能够通过数据分析和机器学习，提高质量与可靠性管理的效率和效果。袁焯[32]等研究了基于大数据的智能质量控制系统[33]，研究表明，通过大数据和人工智能技术[34]的应用，企业能够实现生产过程的实时监控和优化，提高产品的质量和可靠性。研究也指出，大数据和人工智能技术[35]的应用需要全面的数据支持和系统的技术方法。

## 6. 结论

质量与可靠性管理是一个动态发展的领域，随着技术进步和市场需求的变化，不断涌现出新的理论、方法和工具。通过对现有文献的综述，可以发现，未来的研究将更加注重智能化、可持续和跨学科的融合，为提升产品和服务的质量与可靠性提供更加全面和有效的解决方案。企业在实施质量与可靠性管理时，需要全面的数据支持和系统的管理方法，同时需要高层的支持和全员的积极参与，才能实现预期效果。

## 参考文献

- [1] 解超. 全面质量管理在企业经营管理中的应用研究[J]. 市场周刊, 2024, 37(14): 13-16.
- [2] 谢亚荣. 简谈精益六西格玛在电力设备制造业中的应用[J]. 中国质量, 2024(2): 89-91.
- [3] 龙响光, 潘杰义, 冯泰文. 精益生产与企业环境管理对制造业可持续发展绩效的影响研究[J]. 软科学, 2018, 32(4): 68-71+76.
- [4] 王松. 精益生产理念在制造业成本管理中的应用分析[J]. 上海企业, 2024(9): 105-107.
- [5] 邬晓婷. 智能制造环境下的精益生产实施策略[J]. 汽车工艺师, 2024(9): 47-51+56.
- [6] 郭欢欢, 杨福常, 吕洲, 等. 浅析发动机制造业机加线 SPC 质量控制系统[J]. 汽车零部件, 2020(8): 70-73.
- [7] 奚立峰, 徐刚. FMEA 在过程管理中的应用[J]. 工业工程与管理, 2002, 7(1): 37-39.
- [8] 李龔, 刘敏. QFD 方法与应用研究理论综述[J]. 上海管理科学, 2005, 27(1): 62-63.
- [9] 赵靖, 张汝波, 顾国昌. 考虑故障相关的软件可靠性增长模型研究[J]. 计算机学报, 2007, 30(10): 1713-1720.
- [10] 孙怀义, 王瑞, 刘琴, 等. 冗余设计技术的有效性研究[J]. 自动化与仪器仪表, 2007(6): 3-5.
- [11] 马乐乐, 曲春林, 闫圣利, 等. 浅谈 PFMEA 在轮胎制造业的应用[J]. 橡塑技术与装备, 2020, 46(9): 7-10.

- [12] 王德言, 管博, 罗伟强, 等. 环境与可靠性试验方法研究[J]. 环境技术, 2017, 35(4): 5-7+18.
- [13] 周晓军, 奚立峰, 李杰. 一种基于可靠性的设备顺序预防性维护模型[J]. 上海交通大学学报, 2005, 39(12): 2044-2047.
- [14] Madu, C.N. (2007) Continued Need for Quality and Reliability Management Research. *International Journal of Quality & Reliability Management*, **24**, 301-303. <https://doi.org/10.1108/ijqrm.2007.04024aaa.001>
- [15] Berthier, L., Ghimentì, F. and van Wijland, F. (2024) Monte Carlo Simulations of Glass-Forming Liquids Beyond Metropolis. *The Journal of Chemical Physics*, **161**, Article 114105. <https://doi.org/10.1063/5.0225978>
- [16] 武文娟. 面向制造业的矿用减速器可靠性工程技术研究[D]: [硕士学位论文]. 太原: 太原理工大学, 2013.
- [17] 王品. 基于优化神经网络的数控机床主轴可靠性预测模型研究[D]: [硕士学位论文]. 沈阳: 沈阳航空航天大学, 2022.
- [18] 朱陆陆. 蒙特卡洛方法及应用[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中师范大学, 2014.
- [19] Li, L. and Zou, G. (2024) A System-Level Reliability Growth Model for Efficient Inspection Planning of Offshore Wind Farms. *Journal of Marine Science and Engineering*, **12**, Article 1140. <https://doi.org/10.3390/jmse12071140>
- [20] Carnerud, D. (2017) Exploring Research on Quality and Reliability Management through Text Mining Methodology. *International Journal of Quality & Reliability Management*, **34**, 975-1014. <https://doi.org/10.1108/ijqrm-03-2015-0033>
- [21] 陈启民. 在设计质量管理过程融入可靠性管理的实践与思考[J]. 中国质量监管, 2023(10): 100-101.
- [22] 杜治强. 自动化技术助力工业 4.0 智能制造[J]. 电脑迷, 2018(28): 154.
- [23] 牟志奇. 全面质量管理推动公司可持续发展[J]. 上海质量, 2021(11): 66-67.
- [24] 刘大成. 工业互联网时代的全球供应链体系变革[J]. 中国经贸导刊, 2020(21): 17-20.
- [25] 高元娇, 王金花, 王曼霞, 等. PDCA 循环法在食品检验过程质量控制中的应用[J]. 中国标准化, 2024(17): 197-201.
- [26] 刘惠玲, 许可嘉. 智能制造关键技术概述[J]. 质量与认证, 2020(11): 48-49.
- [27] 任娇. 工业 4.0 智能制造全生命周期柔性生产线的研发与应用[J]. 科技与创新, 2021(10): 180-181.
- [28] Goecks, L.S., Habekost, A.F., Coruzzolo, A.M. and Sellitto, M.A. (2024) Industry 4.0 and Smart Systems in Manufacturing: Guidelines for the Implementation of a Smart Statistical Process Control. *Applied System Innovation*, **7**, Article 24. <https://doi.org/10.3390/asi7020024>
- [29] 汪骏. 质量管理体系在中小企业可持续发展中的应用探究[J]. 产品可靠性报告, 2024(8): 52-54.
- [30] 沙敏, 张正勇, 张庆民, 等. 以学科交叉推动质量管理工程复合应用型人才培养的探索与实践[J]. 教育现代化, 2019, 6(54): 1-6.
- [31] Elkateb, S., Métwalli, A., Shendy, A. and Abu-Elanien, A.E.B. (2024) Machine Learning and IoT-Based Predictive Maintenance Approach for Industrial Applications. *Alexandria Engineering Journal*, **88**, 298-309. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.12.065>
- [32] 袁焯, 张永, 丁汉. 工业人工智能的关键技术及其在预测性维护中的应用现状[J]. 自动化学报, 2020, 46(10): 2013-2030.
- [33] 冯瑞琳. 基于人工智能与制造业的深度融合发展分析[J]. 现代商贸工业, 2019, 40(24): 193-194.
- [34] 蒋文兵. 浅析互联网、大数据、人工智能与实体经济深度融合策略[J]. 价值工程, 2020, 39(7): 72-74.
- [35] 张小伟. 人工智能与大数据在制造业中的应用研究[J]. 水上安全, 2024(8): 80-82.