

# 电子产品制造企业质量控制与成本优化模型的构建及应用

田雨娜

安徽大学

DOI:10.12238/ej.v8i5.2616

**[摘要]** 本文聚焦电子产品制造企业,针对其质量控制与成本优化问题展开研究。分析面临的零配件质量不稳定、成本高昂、生产决策复杂及次品率波动等问题,构建基于假设检验、动态规划和蒙特卡洛模拟的模型。该模型能精准把控质量、削减成本、辅助决策,在质量控制与成本优化方面发挥重要作用,助力企业提升竞争力。

**[关键词]** 电子产品制造; 质量控制; 成本优化; 假设检验; 动态规划; 蒙特卡洛模拟

**中图分类号:** O213.1 **文献标识码:** A

## Construction and application of quality control and cost optimization model for electronic product manufacturing enterprises

Yu'na Tian

Anhui University Hefei Anhui

**[Abstract]** This paper focuses on electronic product manufacturing enterprises, and studies their quality control and cost optimization. The problems such as unstable quality of spare parts, high cost, complicated production decision and fluctuation of defective rate are analyzed, and a model based on hypothesis testing, dynamic programming and Monte Carlo simulation is constructed. This model can accurately control quality, cut costs, assist decision-making, play an important role in quality control and cost optimization, and help enterprises enhance their competitiveness.

**[Key words]** electronic product manufacturing; Quality control; Cost optimization; Hypothesis test; Dynamic planning; Monte Carlo simulation

### 引言

在电子产品制造行业,市场竞争激烈程度与日俱增。产品质量与成本控制成为企业发展的核心要素,二者相互关联又彼此制约。一方面,高质量产品能提升品牌形象、赢得市场份额;另一方面,有效控制成本是企业盈利的关键。然而,实际生产中存在诸多难题,构建科学的质量控制与成本优化模型迫在眉睫,对企业可持续发展意义重大。

#### 1 构建质量控制与成本优化模型的价值

##### 1.1 精准把控产品质量,增强市场竞争实力

模型利用假设检验和正态分布近似理论,结合功效分析确定抽样检测的最佳样本量,能够准确识别出次品率超标的零配件批次,从生产源头把控产品质量。在零配件质量检测中,针对核心组件零配件1和零配件2,通过科学的抽样检测,确保不合格零配件不进入后续生产环节,降低成品次品率。高质量的产品可减少售后维修、退换货等情况,降低售后成本,提升消费者满意度和忠诚度,有助于企业树立良好品牌形象,在激烈的市场竞争中脱颖而出,扩大市场份额,增强市场竞争实力。

##### 1.2 有效削减生产成本,提升企业经济效益

在抽样检测中,模型优化样本量以确保准确性并减少检测次数。在生产决策中,模型利用动态规划评估检测、装配和拆解的成本效益,模拟不同策略组合以找到成本最低的方案。此外,通过蒙特卡洛模拟评估多工序中的策略,进一步降低成本,提高经济效益。

##### 1.3 科学辅助企业决策,应对生产复杂状况

电子产品制造企业在生产中面临次品率波动和工序变化等不确定性因素,这对决策构成挑战。质量控制与成本优化模型能为企业提供科学决策支持,帮助企业应对这些不确定性<sup>[1]</sup>。在次品率动态变化时,模型借助抽样检测方案实时获取次品率信息,并据此动态调整生产策略。模型通过分析不同策略下的成本和利润,指导企业选择最优策略,确保在多变的生产环境中维持良好利润。此外,模型还优化了多工序生产中的检测点设置和不合格品处理,提升了决策效率和生产流畅性。

#### 2 质量控制与成本优化面临的问题

##### 2.1 零配件质量不稳定

一方面, 供应商提供的零配件次品率难以精准预估, 即使声称次品率不超一定标准, 但实际批次间可能存在较大波动。这使得企业难以准确判断每一批次零配件的质量, 增加了质量把控的难度。另一方面, 不同批次的零配件在生产工艺、原材料使用等方面可能存在差异, 这种差异可能导致部分零配件虽外观合格, 但实际性能不符合要求, 影响产品的整体性能和稳定性。在实际生产中, 由于无法提前知晓这些潜在问题, 企业往往只能通过抽样检测来评估, 而抽样检测本身存在局限性, 可能遗漏部分不合格品, 使得不合格零配件进入生产环节, 进而增加成品的次品率, 对产品质量控制造成极大困扰。

## 2.2 生产环节成本高昂的困境

从检测环节来看, 对零配件和成品进行全面检测虽能有效保证质量, 但检测成本会随着检测范围和频率的增加而迅速上升。装配环节, 若零配件未经严格检测直接进入, 可能导致装配过程中出现问题, 增加装配成本和时间成本; 而对所有零配件进行检测以确保质量, 又会增加检测费用。此外, 不合格品的处理成本也不容忽视。当出现不合格成品时, 无论是选择拆解回收还是直接废弃, 都伴随着较高的成本。拆解需要投入拆解设备、人力等成本, 且拆解后的零配件再次检测也需成本; 直接废弃则意味着资源浪费和前期投入成本的损失。

## 2.3 多工序多零配件生产决策的复杂性

在多工序生产流程中, 每个工序的次品率都会对后续工序产生影响, 如何合理设置检测点, 在保证产品质量的同时不增加过多检测成本, 成为一个难题。对于不同的零配件, 其质量状况、重要性以及检测成本都各不相同, 企业需要权衡是否对每个零配件进行检测、何时检测以及对检测出的不合格品如何处理<sup>[2]</sup>。同时, 不同的生产策略组合会产生不同的成本和质量结果, 而可能的策略组合数量庞大, 在涉及多个零配件和多道工序时, 仅检测和拆解策略组合就可能达到数万种。面对如此复杂的决策空间, 企业难以快速准确地找到最优的生产策略, 这既影响产品质量的有效控制, 又不利于成本的优化管理。

## 2.4 次品率动态波动引发的决策难题

生产过程中, 设备状态、原材料和操作人员差异等因素会引起次品率波动。由于次品率通常通过抽样获得, 存在误差, 企业难以准确掌握。次品率波动可能导致现有决策失效, 检测策略可能滞后, 成本预算也可能偏差, 影响成本控制。企业需调整决策应对这些变化, 但缺乏实时数据和预测工具使决策困难, 难以平衡质量与成本。

## 3 质量控制与成本优化模型的构建策略

### 3.1 基于假设检验的抽样检测策略

针对零配件质量不稳定的问题, 我们构建了基于假设检验的抽样检测模型。该模型首先设定零假设  $H_0: p \geq p_0$  (零配件次品率小于等于标称值) 和备择假设  $H_1: p < p_0$  (次品率大于标称值)。利用二项分布作为统计模型基础, 通过随机挑选零配件并记录次品数量, 计算实际观测的次品率。当样本量较大时, 利用正态分布近似二项分布简化计算, 通过标准化检验统计

量  $Z$  与标准正态分布临界值比较, 判断是否拒绝零假设。样本量计算公式为:

$$n = \left( \frac{Z \cdot \sqrt{p_0 \cdot (1 - p_0)}}{\Delta} \right)^2$$

其中,  $Z$  是标准正态分布的临界值,  $p_0$  是供应商声称的标称次品率,  $\Delta$  是允许的误差范围。

### 3.2 运用动态规划的生产决策模型

为了解决生产环节成本高昂的问题, 我们构建了运用动态规划的生产决策模型。该模型将生产过程的各个阶段视为决策节点, 在每个节点上综合考虑零配件检测成本、购买成本、装配成本、成品检测成本、次品损失、拆解成本等多维度成本因素<sup>[3]</sup>。模型通过引入二元决策变量, 结合检测决策和次品率构建动态计算式, 具体公式如下:

零件购买成本:

$$L_{\text{零配件}} = \sum_{i=1}^8 (n_i \times c_i)$$

零配件检测成本:

$$C_{\text{零配件检测}} = \sum_{i=1}^8 (D_i \times C_{\text{检测}i} \times n_i)$$

半成品装配费用:

$$C_{\text{半成品装配}} = \sum_{i=1}^3 (n_{\text{半成品}i} \times C_{\text{装配}i})$$

半成品检测费用:

$$C_{\text{半成品检测}} = \sum_{i=1}^3 (D_{\text{半成品}i} \times C_{\text{检测}i} \times n_{\text{半成品}i})$$

半成品拆解费用:

$$C_{\text{半成品拆解}} = \sum_{i=1}^3 (R_{\text{半成品}i} \times C_{\text{拆解}i} \times \alpha_{\text{半成品}i} \times n_{\text{半成品}i})$$

成品装配费用:

$$C_{\text{成品装配}} = n_{\text{成品}} \times C_{\text{装配}}$$

成品检测费用:

$$C_{\text{成品检测}} = D_{\text{成品}} \times C_{\text{检测}} \times n_{\text{成品}}$$

成品拆解费用:

$$C_{\text{成品拆解}} = R_{\text{成品}} \times C_{\text{拆解}} \times \alpha_{\text{成品}} \times n_{\text{成品}}$$

成品调换成本:

$$L_{\text{调换成本}} = n_{\text{退回成品数量}} \times C_{\text{调换损失}}$$

总成本是所有零配件、半成品和成品的购买成本、检测成本、装配费用、拆解费用及调换损失的总和:

总成本 =  $L_{\text{零配件}} + C_{\text{零配件检测}} + C_{\text{半成品装配}} + C_{\text{半成品检测}} +$

$C_{\text{半成品拆解}} + C_{\text{成品装配}} + C_{\text{成品检测}} + C_{\text{成品拆解}} + L_{\text{调换成本}}$

总收入为合格成品的销售收入:

$$\text{总收入} = n_f \times 200$$

因此, 总利润的最终表达式为:

$$\text{总利润} = \text{总收入} - \text{总成本}$$

### 3.3 借助蒙特卡洛模拟的多策略评估模型

针对多工序多零配件生产决策的复杂性, 我们构建了借助蒙特卡洛模拟的多策略评估模型。该模型确定多个决策变量, 包括是否检测零配件、半成品、成品, 以及是否拆解半成品、成品。根据历史数据和预设的概率分布生成随机样本, 针对每个决策变量的不同组合, 模拟生产过程。计算各策略组合下的多项成本, 如零配件购买成本、检测成本、装配费用、拆解费用等, 将所有成本相加得到总成本, 同时计算合格成品销售收入得出总利润。对大量策略组合进行模拟, 计算每种策略组合在长期运行中的平均成本和平均利润, 评估不同检测和拆解策略组合的潜在影响。

### 3.4 结合抽样检测的次品率动态调整模型

为了应对次品率动态波动引发的决策难题, 我们构建了结合抽样检测的次品率动态调整模型。在零配件阶段, 采用问题一中设计的抽样检测方案, 在95%置信水平下, 从每批次零配件中随机抽取108个样本, 若次品数量大于等于16个, 则拒收该批次零配件, 通过此方式获取该批次零配件的真实次品率。对于问题二, 根据抽样检测得到的零配件1与2的次品率, 运用组合模型计算成品次品率。在问题三的复杂生产流程中, 先根据各零配件次品率计算半成品次品率, 再由半成品次品率计算成品次品率。在生产过程中, 随着检测的进行, 实时更新零配件次品率数据, 并据此动态调整半成品和成品的次品率, 为后续生产决策提供更准确的数据支持。

## 4 质量控制与成本优化模型的应用作用

### 4.1 在质量控制方面的作用

在零配件质量把控环节, 借助科学的抽样检测方案, 企业能够精准识别次品率超标的零配件批次, 防止不合格零配件进入生产流程, 从源头保障产品质量。在生产过程中, 通过对成品次品率的精确计算与分析, 依据零配件检测策略调整成品检测环节, 及时发现潜在质量问题。如利用动态规划模型综合考量各环节因素, 合理安排检测工序, 对可能出现质量问题的环节重点检测, 确保最终产品符合质量标准, 降低次品流出风险, 维护企业产品质量声誉。

### 4.2 在成本优化方面的作用

在抽样检测阶段, 模型合理确定样本量, 减少不必要的检测次数, 降低检测成本。在生产决策过程中, 通过模拟多种策略组合, 对比不同策略下的成本效益, 帮助企业找到成本最低的方案。在不合格品处理环节, 借助蒙特卡洛模拟评估拆解与废弃的成本差异, 选择成本最优的处理方式, 实现资源的有效利用, 从而在保证产品质量的同时, 全方位优化企业生产成本, 提升企业经济效益。

## 5 结语

在电子产品制造领域, 精准把控质量、削减成本、辅助决策, 虽面临计算复杂等问题, 但仍为企业发展提供有力支持。随着技术与研究深入, 模型有望不断完善, 持续助力企业在激烈市场竞争中稳健前行, 实现质量与效益的协同提升。

### [参考文献]

- [1]尹静,蔡红亚,许月娥.电子制造业生产过程质量管理方式探寻[J].数码世界,2019,(10):220.
- [2]王晓明,赵武,陈领,等.基于制造成熟度的产品设计方案评价研究[J].机械制造,2021,59(02):1-6.
- [3]陈万庆.基于产品质量的小型电子制造企业MES方法及其应用[D].浙江理工大学,2017.

### 作者简介:

田雨娜(2004--),女,汉族,安徽省安庆市人,本科,学生(安徽大学2022级),研究方向:概率论与数理统计、统计建模与预测、数据分析等。