

# 整机产品抽样检验中样本量确定方法的实践研究

王 文

山西大众电子信息产业集团有限公司 山西 太原 030024

**摘 要：**在整机产品抽样检验中，样本量确定是关键环节。整机产品具备结构复杂、功能多样、质量影响因素多元等特征。本文详细阐述了抽样检验基本原理及样本量作用，深入分析总体特征、检验要求、产品属性、资源限制等因素对样本量的影响。对比经验法、统计学方法、辅助性方法等常用样本量确定方法，提出方法选择适配机制、样本量确定实施路径及实践操作关键点等应用策略，为整机产品抽样检验样本量确定提供科学指导。

**关键词：**整机产品；抽样检验；样本量确定；影响因素；应用策略

引言：整机产品作为工业制造核心产出，在推动产业发展和满足社会需求方面意义重大。抽样检验作为质量控制重要手段，通过科学选取样本推断总体质量，解决了全数检验的局限。而样本量确定是抽样检验方案设计的核心，其大小直接影响检验结果准确性、成本及效率。整机产品因结构复杂、质量影响因素多，样本量确定更具挑战性。深入研究其样本量确定方法，对提高整机产品质量、优化检验流程、降低企业成本具有重要现实意义。

## 1 整机产品抽样检验的基本概念与原理

### 1.1 整机产品的特点

整机产品作为工业制造领域的核心产出，通常具备显著的结构复杂性特征。这类产品往往由多个子系统、功能模块及零部件通过精密的机械装配或电子连接构成，各组件间存在复杂的交互关系与层级结构<sup>[1]</sup>。这种多层次架构使得质量影响因素呈现链式传导特性，任何一个环节的微小偏差都可能通过系统放大效应影响最终产品性能。功能多样性是整机产品的另一典型特征，现代工业产品常集成机械控制、数据处理、能源转换、环境感知等多种功能，不同功能模块对质量的要求存在差异，导致质量评价维度呈现多元化趋势。质量影响因素的多元性体现在产品设计、原材料选用、生产工艺控制、装配精度保障、使用环境适应性等多个层面，这些因素相互交织形成复杂的质量影响网络，使得全面质量管控面临技术与管理双重挑战。

### 1.2 抽样检验的基本原理

抽样检验是质量控制的重要技术手段，本质是科学选取代表性样本推断总体质量。它基于概率论与数理统计理论，按既定规则从待检批中抽取部分单元全面检测，再用统计推断评估整体质量。此方式解决了全数检验在破坏性检测、批量生产中的局限，平衡了质量管控与资源

投入。实施中，系统误差源于检验方法缺陷或仪器偏差，使测量结果持续偏离真实值；随机误差由偶然因素导致，检测数据围绕真实值随机波动。通过优化抽样方案、校准设备、控制环境等，可降低两类误差影响，确保推断可靠。检验程序方面，除负责部门另有规定，检验开始用正常检验。连续提交检验批质量变化时，依转移规则调整抽样检验严格性，采用不同宽严程度的抽样方案。除需转移规则改变严格性外，下一批检验沿用当前严格性方案。各类不合格品或缺陷原则上分别调整，为管理方便也可不独立调整。

### 1.3 样本量在抽样检验中的作用

样本量的科学确定是抽样检验方案设计的核心，直接影响检验结果的置信水平与决策风险。样本大小即样本中样本单位总数，用符号 $n$ 表示。从统计特性而言，样本量与检验精度正相关。较大的样本容量能更充分反映总体质量特征，显著降低抽样误差，提高检验结论准确性。然而，样本量增加会提升检测成本、延长检验周期、降低生产效率。反之，样本量过小虽可节约资源，但因信息量不足，误判风险上升，影响质量管控有效性。实际应用中，需综合考量可接受质量水平、检验批规模、生产过程稳定性、检测设备精度等因素，通过统计计算确定最优样本容量，平衡质量推断的科学性与经济性、时效性，为生产过程质量控制提供可靠决策依据。此外，样本量的合理确定与抽样方案类型紧密相关，不同风险水平要求下，要采用差异化样本量计算方法，以实现质量管控目标与资源投入的最优配置。平均样本大小（ASN）指为做出接收或拒收决定，每批抽取样本单位个数的平均值。

## 2 影响整机产品样本量确定的因素分析

### 2.1 总体特征

总体特征在样本量确定中起着基础性作用，其中总

体规模和总体变异性是两大关键要素。总体规模对样本量有着直接且重要的影响。总体较小时,样本能较全面地反映总体特征,所需样本量相对较少<sup>[2]</sup>。随着总体规模扩大,样本需覆盖更广范围以准确捕捉总体特性,样本量需相应增加。不过,这种增加并非线性关系,当总体规模达到一定程度,样本量增长速度会放缓。因为过多的样本不仅边际效益递减,还会增加检验成本与时间。总体变异性也是影响样本量的重要因素。不同质量特性下,总体变异性差异明显。像产品尺寸精度这类质量特性,总体分布集中、变异性小,样本能较好代表总体,所需样本量就少。而产品性能稳定性等受多种因素影响的质量特性,总体变异性大,样本需更多才能涵盖各种可能情况,准确反映总体真实状态,对样本量要求也就更高。因此,在确定样本量时,要充分考虑总体规模和变异性,以实现科学合理的抽样。

## 2.2 检验要求

检验精度是衡量抽样检验结果准确程度的重要指标,高精度检验对样本量有着迫切需求。精度要求越高,意味着对总体特征的估计需要越精确,这就要求样本能够提供更丰富的信息。为了达到高精度,样本需要覆盖总体中更多的细节和变化,因此样本量必须足够大,以降低抽样误差,提高检验结果的可信度。检验的严格程度与样本量变化紧密相关。不同质量水平要求下,样本量呈现出不同变化趋势。当质量要求较为宽松时,允许存在一定质量波动,此时样本量可以适当减少,因为少量的样本在一定程度上也能满足对总体质量的大致判断。而当质量要求非常严格时,为了确保每一个可能影响质量的因素都被充分考虑到,避免出现漏检或误判,需要增加样本量,以更全面地检查产品,保证整体质量符合高标准。

## 2.3 产品属性

产品的复杂性对样本量确定有着特殊要求。复杂产品通常涉及多个零部件、多种工艺和众多质量影响因素,各因素之间相互关联、相互作用,使得产品质量呈现出复杂的特性。由于质量影响因素众多,仅依靠少量样本很难全面反映产品的真实质量状况,因此需要更多样本从不同角度、不同层面进行检查,以确保对产品质量的准确评估。产品的关键性在样本量确定中也是重要考量因素。关键产品往往承担着重要功能或在关键环节使用,其质量安全直接关系到整个系统或项目的成败。为确保关键产品质量万无一失,在样本量确定时需要更加谨慎,增加样本量可以更全面地检测产品可能存在的潜在问题,降低质量风险,保障关键产品的可靠性和稳定性。

## 2.4 资源限制

检验成本是影响样本量合理确定的重要因素。在实际生产中,检验成本包括人力、物力、设备等多方面的投入。成本约束下,不能无限制地增加样本量。需要在保证检验结果具有一定可靠性的前提下,综合考虑成本因素,找到一个成本与检验效果的最佳平衡点,确定合理的样本量。检验时间对样本量选择也有着直接影响。在生产过程中,检验时间往往受到生产周期、交货期等因素的限制。时间紧张时,无法进行大规模的抽样检验,需要在有限时间内完成检验任务,这就要求适当减少样本量,但同时要确保样本量能满足基本的检验要求,保证检验结果的有效性。

## 3 整机产品样本量确定的常用方法及比较

### 3.1 经验法应用特征

经验法通过归纳历史检验数据形成判断依据,其核心逻辑在于利用同类产品或相似生产条件下的抽样经验进行类比推断。该方法操作流程简洁,检验人员仅需根据产品类型、生产批次规模等要素,从既有的经验数据库中匹配对应样本量参数<sup>[3]</sup>。这种模式在中小型企业中应用广泛,尤其适用于生产流程稳定、质量波动较小的成熟产品检验。但该方法存在显著局限性,历史数据的时效性难以保证,当生产工艺、原材料供应商等关键要素发生变更时,原有经验可能失效。更严重的是,经验法无法量化推断误差,不同检验人员对经验规则的理解差异可能导致样本量确定结果偏离实际需求。

### 3.2 统计学方法技术体系

统计学方法构建于概率论基础之上,通过建立数学模型实现样本量的精确计算。显著性水平作为假设检验的门槛参数,通常设定为0.05或0.01,直接决定第一类错误概率上限;效应大小反映质量特性差异的可检测程度,在均值比较中体现为组间差异与标准差的比值;样本方差则通过预实验或历史数据估算获得,是衡量总体离散程度的关键指标。具体计算公式因检验类型而异,均值检验采用两独立样本t检验公式,比例检验使用正态近似公式,方差检验则应用卡方分布公式。这些方法在医药、航空等高可靠性领域占据主导地位,其优势在于能将推断误差控制在预设范围内,但要求检验人员具备扎实的统计基础,且计算过程涉及复杂参数设定,稍有疏忽即可能导致结果偏差。例如,在航空领域进行某关键部件检验时,通过统计学方法计算得出样本量为80-120个。

### 3.3 辅助性方法发展现状

实验模拟方法借助计算机技术构建虚拟检验环境,通过蒙特卡洛模拟等算法生成大量随机样本,观察不同样

本量下的检验效能变化。该方法能直观展示样本量与检验精度的动态关系，特别适用于复杂系统或多变量交互场景，但模拟结果的准确性高度依赖模型验证水平。例如，通过实验模拟方法对某复杂整机产品进行检验效能分析，生成1000-5000组随机样本进行观察。专家判断法整合多领域专业意见形成综合决策，在缺乏历史数据或统计基础的创新产品检验中具有独特价值。该方法实施时需组织跨学科专家团队，通过德尔非法等结构化研讨程序达成共识，但专家主观偏好可能影响判断客观性，且决策过程缺乏透明度，难以进行事后审计验证。当前发展趋势是将专家经验与统计模型相结合，构建混合决策系统以兼顾科学性与实用性。

#### 4 整机产品样本量确定方法的实践应用策略

##### 4.1 方法选择适配机制

在整机产品样本量确定的方法选择上，要构建动态评估框架，综合考量产品特性、生产规模及质量要求等多维度因素<sup>[4]</sup>。针对总体规模差异采取不同策略，小批量产品因生产数量有限、数据积累不足，可先用经验法，借鉴过往类似产品检验经验快速形成初步判断，再用统计学方法验证修正，确保样本量确定准确；大批量生产场景应优先运用统计模型，借助历史数据预估总体变异性参数，为样本量计算提供科学依据；复杂产品检验常需多种方法组合，如航空发动机检测，既用统计学方法确定关键部件样本量，又借助专家判断法评估非量化风险因素，最后通过加权算法形成综合方案，兼顾科学性与实用性。此外，方法选择要考虑组织能力边界，中小企业可开发简化版统计工具，降低使用门槛；大型企业可构建含机器学习算法的智能决策系统，提升决策精准度与效率。

##### 4.2 样本量确定实施路径

样本量确定实施需遵循特定路径。检验目的解析要深入挖掘质量管控真实需求，例如表面精度检验可能隐含对加工稳定性的监控需求，样本量既要反映当前批次质量，又要支撑过程能力分析，助力生产持续改进。信息收集阶段应建立多源数据融合机制，将生产记录、设备日志、供应商数据等纳入分析框架，全面获取产品质量相关信息，尤其要关注质量特性间的相关性，避免孤立处理参数导致样本量低估，影响检验结果准确性。计

算过程要保持方法适用性，均值检验用t分布公式，比例检验用正态近似法，方差检验用卡方分布模型，确保计算结果科学可靠。验证环节要构建闭环反馈机制，通过模拟抽样检验计算结果稳健性，对偏离预期的情况进行根源分析，及时调整样本量确定方案，保证检验工作有效性。

##### 4.3 实践操作关键点

实践操作中，样本量下限控制要建立双重保障。从统计有效性角度，要确保置信度，使样本能准确代表总体质量特征；从工程实际角度，要设定最小检验单元，满足生产实际操作需求。例如电子元器件筛选，即便统计模型建议较小样本量，也要保持足够数量覆盖不同生产班次影响，避免遗漏潜在质量问题。上限控制应引入成本效益分析，当增加样本带来的质量收益低于检验投入时，停止扩充样本量，实现质量管控与成本控制平衡。抽样方法与样本量协同优化也很关键，分层抽样可降低层内变异性减少总样本量，提高检验效率；系统抽样能提高操作效率但可能引入周期性偏差，需根据产品特性选择匹配方案。最终确定的样本量方案要形成标准化文件，明确检验条件变更时的重新评估触发机制，确保样本量确定工作规范、持续。

##### 结束语

整机产品抽样检验中样本量确定涉及多方面因素，需综合考量总体特征、检验要求、产品属性及资源限制等。不同方法各有优劣，在实践应用中应根据具体情况选择适配方法，遵循科学的实施路径，把握关键操作要点。通过合理确定样本量，既能保证检验结果可靠性，又能有效控制检验成本与时间，提升整机产品质量管控水平，增强企业在市场中的竞争力。

##### 参考文献

- [1]冷俊.简述产品抽样检验工作实务[J].五金科技,2023,51(1):68-72.
- [2]杨靖.质量监督检验中化工产品抽样的控制方法[J].化工管理,2021(30):143-144.
- [3]常琮泽.探析产品质量监督中抽样检验标准的使用[J].中国标准化,2021(6):144-145.
- [4]权薇,黄凯旋,刘慧强,等.产品质量监督抽样检验标准的应用探讨[J].标准科学,2021(2):113-116,119.