

电梯制造端质量控制模型的探索

吕博文¹ 何楷²

1 杭州市消费者权益保护委员会秘书处（杭州国家电子商务产品质量监测处置中心），浙江杭州，310000；

2 杭州市特种设备检验科学研究院（杭州市特种设备应急处置中心），浙江杭州，310000；

摘要：本文围绕电梯制造端的精益质量控制模型，系统梳理了“制检分离、源头质量不稳、过程检测与数据闭环断裂”等共性问题，提出以CTQ分解为主线、以预防为核心、以数据驱动为支撑的整体现代化治理框架。研究从厂内质量控制与供应链质量管理两条主轴入手，构建“标准—执行—监测—纠正—再标准”的闭环，并通过SPC、MSA、PPAP/APQP与QRQC等方法实现多层次协同。进一步以质量文化为抓手，强调领导示范、员工赋能与学习型组织建设，促成“缺陷零容忍、异常可视化、问题即时化”的治理常态。该模型兼顾一致性、交付与成本，形成可复制、可扩展的内建质量体系，为电梯产品全生命周期的可靠性与韧性提供方法论依据。

关键词：精益质量；电梯制造；源头质量；过程智能检测

DOI：10.64216/3080-1508.25.04.053

引言

电梯产品具备多学科耦合、零部件繁多、装配链长与安全等级高等特征，任何微小偏差都可能在制造链条中被放大并转化为系统性质量风险。传统以“末端检出”为主的管控模式，在需求波动与定制化程度走高的背景下，暴露出反馈滞后、职责错配与数据碎片化等结构性短板^[1]。

1 电梯制造端的质量控制常见问题

1.1 制检分离与职责错配

在部分制造车间，质量控制仍主要依赖专职检验，形成制与检相互分离的链式流程。此模式导致质量信息反馈链条延长、问题处置闭环延迟，异常在工序之间传递受阻。同时，考核机制易诱发形式化的合规行为，掩盖了制程波动与工艺失配^[2]。一线操作人员对图样、工艺及验收标准的理解不足，使自检与互检形同虚设，源头缺陷易外溢至下道工序，最终演变为返修、让步接收及交付风险。更深层次的症结在于质量责任未深入岗位角色，质量工程的预防、策划与过程能力提升工作被末端的结果检出取代，工序能力指数的改进与现场标准化执行脱节，难以形成由生产者直接负责的闭环责任机制。

1.2 源头质量不稳与供应商控制薄弱

来料质量波动是制造端最常见的风险放大因素。如果缺乏基于历史不良率与影响度的分级策略，检验资源易于错配；关键物料未实施前置控制与同步验证，常在安装阶段集中暴露问题。一些企业在供应商准入环节更重价格与交付，对工艺能力、量产一致性及变更管控的

审查不足；先期质量策划和生产件批准过程流于形式，制程文件与样件验证缺乏现场证据支撑。驻厂审核、技术要求澄清和双向培训不够到位，致使供应商对主机厂图样要求、检验方法与关键特性理解偏差。缺乏基于数据的持续评价与奖惩联动机制，导致复发性不良难以降低，最终推高全链条成本并增加交付不确定性。

1.3 过程检测落后与数据闭环断裂

制造现场仍以离线抽检和人工比对为主，在线及自动化检测覆盖不足；量具溯源、周期校准及使用一致性控制不严，测量系统误差易影响判定准确性。二维或三维视觉、在线力矩与磁通监测、尺寸轮廓扫描等手段尚未大规模应用，难以及时捕捉关键特性漂移。在数据层面，检验记录分散于纸质单据或孤立系统，追溯编码、装箱扫描与缺陷数据库未能贯通，统计过程控制与预警机制缺失，导致问题的发现、分析、纠正与验证环节无法形成完整闭环。由此造成隐性缺陷流入成品，一致性波动放大，现场返修率上升。根本问题不在于设备智能化程度不足，而在于检测策略与工艺控制策略不同步，数据未能有效反哺工艺，无法构建以预防为核心的过程质量控制体系。

2 电梯制造端的精益质量控制模型建设

2.1 厂内质量控制

2.1.1 质量职能下沉

质量职能下沉的核心在于将预防与改进职责嵌入产品和流程的最小闭环单元，使决策在现场完成并由现场数据驱动。班组长应承担质量策划的角色，主导关键

特性展开、变更评审和首件确认；工艺与设备工程师负责工装夹具、防错机构及维护标准，使失效提前暴露并可控停机；操作员需具备自检互检权限与标准作业工具，出现异常时可立即停线并触发安灯与临时控制；质量工程师则转向机制设计与数据建模，运用统计过程控制、过程能力分析、抽样策略与问题解决方法为一线决策提供支持。为避免责任分散，应通过职责分配矩阵明确边界，利用分层过程审核作保障，并将缺陷成本、再发生率、一次合格率与响应时效纳入绩效考核，确保权责对等与反馈高效闭环^[3]。配合技能分级与资格维护，确保关键岗位持证上岗并定期复审；通过周度快速响应质量会议与班组改进行动，将现场数据转化为可执行的工艺优化与防错升级。

2.1.2 源头质量控制

源头质量控制聚焦于来料一致性与设计/工艺的可制造性匹配，从而在进入产线前最大程度消减风险。一是建立分级供应商管理机制，以质量记录、过程能力、变更纪律与交付稳定为维度实施动态评级与准入退出；关键物料需执行先期质量策划与样件批准，结合计量一致性验证、过程审核和驻厂见证确保量产条件稳定。二是强化设计与制造协同，在图样冻结前完成可制造性和可装配性评审、容差叠加分析与关键特性流转，必要时进行公差重分配与材料替代评估，以降低装配灵敏度与装配力波动。三是在物流与仓储环节实施批次追溯、环境控制与先进先出，防止混批、污染与性能衰减；对易损件设定保管期限与再检点。通过上述措施及定期来料质量评估，可有效减少下游返修与系统性波动；对于复发性不良应设定惩罚门槛并共享改进收益，促使供应方与制造方形成风险共担、收益共享的合作关系^[4]。

2.1.3 过程智能检测

过程智能检测旨在以“在线、实时、闭环”为原则，将检测从结果判定转变为过程调节工具，使质量保障与生产节拍同步。在关键部件与总装工位引入力矩、电流、振动与温升等多源信号监测，结合规则与模型进行异常识别和趋势预警；在尺寸与几何公差控制中采用在线视觉、三维轮廓扫描与自动扭矩采集，实现全数或高频检测；量测系统的重复性与再现性需通过量测系统分析定期确认，并与设备状态、刀具寿命和换型记录关联预警。数据管理方面，以统一主数据与追溯编码为基础，建立统计过程控制与异常看板，触发自适应工艺窗口调整、停线与临时控制；通过复盘与参数优化将经验沉淀为标准，形成缺陷不流入、波动可控、参数可追的闭环控制。

对于关键工序引入虚拟计量室理念，在生产现场近端快速完成验证与偏差修正，缩短反馈周期；采用边缘计算保障数据实时性与信息安全。最终，通过过程签名比对建立产品健康档案，将装配特征与出厂测试结果绑定，实现对运行表现的前馈关联，为持续迭代提供数据支撑。

2.2 供应链质量管理

2.2.1 质量主体责任制

质量主体责任制强调由设计者、制造者和放行者对其产品质量承担直接责任，并通过职责分配矩阵明确主机厂、一级供方及下游分供方的责任边界。在制度上，供方作为过程的直接管理者，对关键特性实现、过程能力保持、变更纪律执行及放行凭证完整性承担首要责任；主机厂则负责质量策划与监督，通过先期审核、首批鉴定及驻厂见证确保量产条件符合要求。在运行中，应设置分级质量关口，异常一旦超出阈值立即启动停供、遏制及再验证程序，并通过问题解决闭环对再发生率进行问责。在经济管理上，建立失效成本分摊和质量预警机制，将退货率、质保损失和停线损耗计入结算，兼顾惩戒与激励。在绩效评价方面，通过季度评分卡将来料合格率、交付及时率、问题闭环率及审核发现清零率等指标与供方培育计划挂钩，确保授权与问责对等，防止责任外推与能力透支。

2.2.2 制造标准化

制造标准化是将设计意图转化为可重复的过程实践，其核心在于同图、同法、同规与同验的统一。首先，在技术文件管理方面，应实现图样版本唯一性、特殊特性标识、控制计划与作业指导书的有机结合，所有变更通过工程变更流程同步更新至工装、治具与程序。其次，在过程控制方面，应为关键工序设定参数窗口，建立首件及换型再验证制度和防错点清单；量测系统需按周期进行分析验证，计量器具应溯源并按点检卡执行，确保判定结果一致性。再次，在物流与包装环节，应统一批次与序列号标识、环境防护要求及标签与扫描规则，避免混批和污染。最后，在验收与放行环节，应统一采样计划、仲裁规则及放行证据模板，以支持快速追溯和跨厂互认。通过分层稽核与过程审核，形成标准、执行、改进与再标准的闭环，降低人员依赖与区域差异，提升规模效应。

2.2.3 供方质量改善

供方质量改善以能力提升、问题闭环与绩效驱动为核心，旨在将被动纠正转化为主动控制。首先，通过评

分卡识别质量瓶颈供方,制定分级成熟度评估和辅导路线图,推动失效模式分析与控制计划重构,工装治具与防错设计升级,并引入统计过程控制和过程签名监测,确保关键特性受控与波动可视。其次,建立系统化问题解决机制,对重大不良实施结构化分析与快速响应,结合根因验证、再发生防护和有效性确认清单,防止问题复发;对系统性波动,采用试验设计和公差重分配,实现参数优化与变差降低的长期改善。再次,通过设立质量代言人和改进教练,建立例会与知识库,将优秀经验沉淀并可复制推广。最后,将来料质量水平、复发率和审核发现清零率等指标纳入价格分级和订单优先排序,设置退出与再准入门槛,促使供方在经济激励下持续投入,实现从合格供货向稳定供货与协同创新的转变。

2.3 质量文化建设

2.3.1 领导示范与治理机制

领导层是质量文化的关键推动者,应以深入现场、以身作则和对数据负责为基本准则,定期参与首件确认、复盘重大失效并裁定改进优先级,确保决策以事实为基础。治理体系应将质量与安全和伦理同等对待,设立跨部门质量委员会,明确变更、放行与停线的授权范围和问责路径。考核指标不应仅关注产量与成本,而应兼顾一次合格率、过程能力、停线响应时效和客户投诉闭环处理,并以趋势与波动评价管理有效性。对违规操作和数据造假零容忍,通过角色明确、流程透明和审计独立性,形成从战略到现场一致的治理闭环,使质量成为企业声誉和竞争韧性的核心资产。

2.3.2 员工参与与能力赋能

高质量产品源自高参与度的组织,应将班组建设为质量治理的最小单元,使操作员具备自检、互检、异常停线和提出改进建议的权力,并通过安灯系统、问题墙和分层日管理等方式固化参与渠道。在能力建设方面,应建立与岗位匹配的资格矩阵并定期复审,围绕图样解读、计量基础、统计过程控制、问题解决方法和防错设计开展分级培训,使员工具备看得懂、测得准、说得清和改得动的能力。在激励机制上,可采用渐进式改善积分与公开表彰,将改善成果纳入绩效与晋升通道,鼓励跨工序协作与知识共享。对可控范围内的失败实行无责复盘,避免因惩罚导致沉默,将外部要求转化为员工自

觉追求质量的内在动力。

2.3.3 学习型组织与持续改进

学习型组织通过数据循环与知识沉淀实现自我进化。首先,以标准化记录和追溯编码建立现场记忆,使每次偏差都能被准确定位、比较和度量;随后,通过结构化问题解决工具确保根因分析、有效性验证与防错固化的完整闭环。其次,建设可检索的知识库与最佳实践库,按零部件、工序与关键特性分类组织,使经验从个人积累转化为组织资产。再次,利用统计过程控制与趋势分析进行前馈预警,将改进从事后补救前移至过程调节。最后,通过定期复盘和同行评审促进跨厂区和跨供应链的学习扩散,使改进从单点突破演变为系统性升级,形成标准、执行、评估与再标准的迭代节奏,保障电梯产品全生命周期的一致性与可靠性。

3 结语

本文提出的电梯制造端精益质量控制模型,以CTQ牵引、多层闭环与文化赋能为核心,实现了从“结果检出”向“过程控变”的范式转移。实务路径表明:当质量职责前移到现场、标准与数据贯通到设备与物料、改进机制固化到组织日常时,来料波动被有效抑制,装配一致性与一次合格率稳步提升,停线与返修得到显著压降。面向未来,建议在三方面深化:其一,以数字主线与边缘计算强化实时性与可追溯性;其二,以跨厂区知识库与同侪评审提升改进扩散效率;其三,以风险与机会双轮驱动,将监管合规与客户价值统一于同一度量体系。由此,电梯制造可在安全与可靠性的前提下,达成成本—质量—交付的稳健平衡,并形成可移植至相邻行业的质量治理模板。

参考文献

- [1] 李昆,李继波,吴璠. 电梯新检规对检验机构质量管理的新要求[J]. 中国特种设备安全,2025,41(07):30-34.
- [2] 朱泓光,陈国仪. 电梯定期检验的检验质量控制与风险分析[J]. 产品可靠性报告,2025,(04):76-77.
- [3] 韩振红. 电梯限速器的寿命分析及延长其寿命的质量控制方法[J]. 机电信息,2024,(12):56-60.
- [4] 严鑫焱. 数字化背景下X电梯公司质量管理优化研究[D]. 浙江工商大学,2024.