

降低轮胎硫化机故障不良品率的探索

李杨, 褚建建, 郝文娟, 孙敏

(山东丰源轮胎制造股份有限公司, 山东 枣庄 277300)

摘要: 轮胎硫化机是轮胎生产的关键设备, 其稳定性和可靠性对于生产效率和产品质量具有决定性影响。然而, 实际生产中的轮胎硫化机故障和不良品问题一直是棘手的问题。本文分析了轮胎硫化机故障的原因, 并提出了一系列降低不良品率的措施。通过 QC 工具的运用, 设备管理更加规范, 解决了设备存在的重大隐患, 设备问题造成的不良率及生产成本明显下降, 设备废品不良率由 2022 年的 0.023% 下降至 2023 年的 0.014 5%, 改善后, 不良率下降 0.008 5%。

关键词: QC 工具; 产品质量; 设备管理

中图分类号: TQ330.47

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2024)08-0051-05

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2024.08.012

0 引言

轮胎的形状和结构的固化过程离不开轮胎硫化机, 它的稳定运行对于确保最终产品的质量和性能至关重要。然而, 硫化机的故障和不良品问题不仅直接影响轮胎外观质量、影响了生产效率, 而且存在很大的轮胎安全隐患, 容易引起轮胎肩空、欠硫、脱层, 甚至爆胎问题。

设备废品类缺陷是轮胎生产过程中的普遍及主要问题图 1, 其中设备缺陷最主要集中在生产过程中的硫化环节。2022 年 1~12 月硫化环节废品共发生 8 220 条, 其中设备废品类缺陷 2 039 条, 占整体废品量 24.8%、设备故障废品不良率 0.028%, 是不合格品的主要类别问题。设备废品类缺陷给企业每年都会造成巨额的损失, 所以解决设备废品类缺陷是企业当前重要的工作之一。

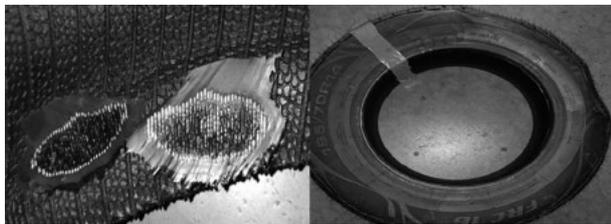


图 1 设备类缺陷图片

1 对目标的可行性分析

1.1 掌握现状

对轮胎各种质量问题进行统计, 将数据绘制成排列

图后进行分析。分析结果如图 3 所示, 设备废品率占总数的 26.2%, 影响产品质量, 所以可以确定设备废品类问题是质量问题的主要部分, 对此问题进行分析是可行的。

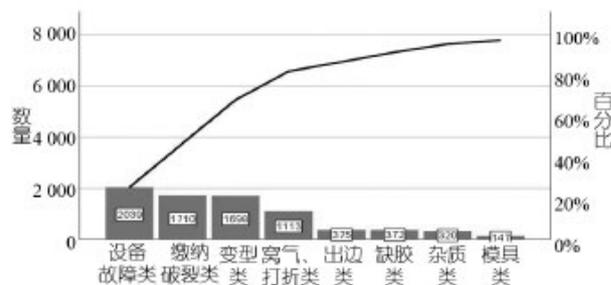


图 2 不合格品分类统计

1.2 可行性分析

1.2.1 人员保障

企业具有较为完善的培训机制, 同步实现部门、车间及班组间实时联动, 可保障全面提高员工素质。同时, 与丰源集团精益求精 QC 小组进行合作, 加强了校企之间的联系, 学校为企业也提供了人员的保障。

1.2.2 强烈的责任感

具有工程技术支撑, 员工具有高度的工作责任心, 及强烈的求学需求和热情。我们小组成员本着学术的要求和严谨的态度, 对此工作具有责任意识 and 负责的

作者简介: 李杨 (1988-), 男, 助理工程师, 本科, 主要从事轮胎制造及制造过程中的工艺和质量管控工作。

收稿日期: 2024-01-22

态度。

1.2.3 资源保证

利用现有优势资源，可对工艺流程进行优化，不需要额外投入资金及人力。同时，学校在专业技术方面能够提供大量支持，拥有大量的学术资源。

结论：降低轮胎设备废品问题不良率到 14.8% 是可行的。

2 要因分析

2.1 关联图分析

结合问题，采用工业工程中的“5M1E”中的“5M”即人、机、料、法、环五个方面对问题进行研究，并且制作了关联图进行分析，如图 3 所示。



图 3 设备问题关联图分析

质量检测：加强生产过程中的质量检测，对出现异常的产品进行追溯和处理。

2.2 根因分析

末端因素一：标准作业的执行，操作人员的不规范操作，如温度控制不当、压力调节错误等，都可能引发故障。

末端因素二：加压缸风管断裂，加压缸风管材料无法满足现场高温要求。

末端因素三：出现异常连续生产，设备缺乏定期的维护和保养，使得一些潜在的故障风险无法被及时发现。

末端原因四：加压泵故障，硫化机机械部件磨损严重，增加了故障的风险。

末端原因五：氮气泄露，密封圈损坏未及时发现进行更换。

为找出主要的原因，我们小组对五条末端原因进行逐一的分析确认。

2.2.1 末端因素一：标准作业的执行

员工存在制度执行不严格问题如图 4，未按标准

项进行点检；且存在偷步漏步的现象，未能按照《硫化标准化看板》进行操作。

车间学习教育、绩效考核机制需要完善，并强化落实执行。如下图中所示，部分员工识别质量隐患和解决问题的能力不够，导致出现设备不良品。



图 4 员工操作不当产生质量问题

保全工每班对硫化机依据《硫化设备日常点检表》进行点检，硫化工对硫化机的工艺介质、成品胎的外观进行点检，工艺员和工序巡检员对机台点检执行情况进行抽检。日常点检能提前发现设备异常并进行维修减少设备类废品的发生。

其中统计员工标准操作和设备类废品的关系如图 5：

周期	检查项目	检查次数/周	合格次数	设备类废品
2022年3月第一周	依据标准作业执行	300	230	45
2022年3月第二周	依据标准作业执行	300	240	40
2022年3月第三周	依据标准作业执行	300	220	45
2022年3月第四周	依据标准作业执行	300	250	30
2022年4月第一周	依据标准作业执行	300	260	30
2022年4月第二周	依据标准作业执行	300	260	26
2022年4月第三周	依据标准作业执行	300	270	20
2022年4月第四周	依据标准作业执行	300	260	25
2022年5月第一周	依据标准作业执行	300	245	40
2022年5月第二周	依据标准作业执行	300	240	43
2022年5月第三周	依据标准作业执行	300	240	41
2022年5月第四周	依据标准作业执行	300	243	47

图5 员工标准操作和设备类废品的关系

由数据分析可知：是要因！

2.2.2 末端因素二：加压缸风管断裂

硫化过程中存在设备不良，其中加压缸风管因耐不住高温出现爆裂的现象，如图6。



图6 高温出现加压缸风管爆裂

加压缸风管控制加压缸进出动作，加压缸进不到位硫化机将不会合模或开模导致设备废品的发生。其中随着温度的升高、风管爆裂的频次逐步增加，如图7。

月份	白天平均温度/℃	加压缸附近温度/℃	风管爆裂次数/次
7月份	33	68	40
8月份	34	68	41
9月份	28	50	26
10月	22	48	20
11月	14	45	5
12月	7	40	4

图7 环境温度、加压缸附近温度与风管爆裂关系

由数据分析可知：是要因！

2.2.3 末端因素三：出现异常连续生产

硫化机出现曲线异常时存在连续性的现象。曲线异常连续发生时将产生连续性设备废品的发生。在小组调查中，硫化曲线异常主要分为介质波动产生的影响，如图8。

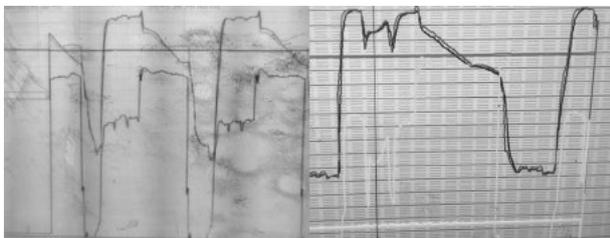


图8 曲线异常照片

每出现1次曲线异常，硫化机未终止生产活动的活，会产生2条废品。

由数据分析可知：是要因！

2.4.4 末端原因四：加压泵故障

加压缸泵主要作用是提供加压缸压力即合模力，加压缸泵故障将导致合模力不达标产生“凸台废品”。统计每月设备故障废品，其中加压缸泵故障产生的废品数据如图9。

月份	设备故障类废品/条	加压缸泵故障废品/条	加压缸泵故障占比%
2022年5月	149	4	2.68%
2022年6月	173	4	2.31%
2022年7月	193	6	3.11%
2022年8月	147	8	5.44%

图9 加压缸泵故障产生的废品数据

通过数据显示，加压缸泵故障产生的废品对每月的设备故障不良品数量无绝对影响。

2.2.5 末端原因五：氮气泄露

硫化工序的工艺采用“蒸汽+氮气”的方式，其中设备的密封性影响轮胎的致密性，氮气泄露检测可以检测设备的密封性。氮气泄露分为三个阶段，其中氮气三级压差泄露直接产生设备故障废品。针对氮气泄露是否影响设备故障不良品数量的问题，设计利用SPSS软件对氮气泄露的量和设备故障废品量的关系进行分析。结果如图10所示。

月份	氮气泄露发生次数	三级压差泄露次数	氮气泄露废品	设备故障类废品	氮气泄露废品占比
2022年5月	121	6	12	149	8.05%
2022年6月	131	5	10	173	5.78%
2022年7月	130	7	14	193	7.25%
2022年8月	123	6	12	147	8.16%

图10 氮气泄露与废品率关系

通过数据显示，氮气泄露产生的废品对每月的设备故障不良品数量无绝对影响。

3 对策的制定

对策的制定如图11。

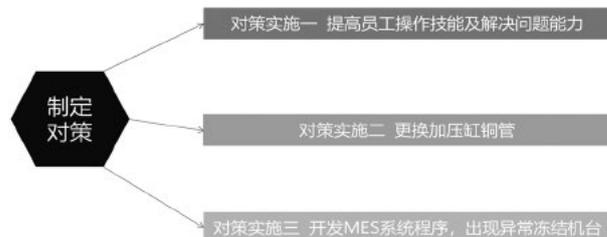


图11 对策的制定

4 对策的实施

4.1 对策实施一：提高员工操作技能及解决问题能力

加强对操作人员的培训如图 12，提高他们的技能水平，确保他们能规范操作硫化机。为实现员工工作的标准化，加强操作技能的培训，现操作工技能等级提升至 3 级且维修工技能等级提升至 3 级；维修工技能等级提升至 1 级。技能等级提升后，设备故障废品不良废品率降低。

时间	检查项目	检查次数/月	合格次数	设备故障类废品
2023年1月	依据标准作业执行	1200	1025	105
2023年2月	依据标准作业执行	1200	1030	111
2023年3月	依据标准作业执行	1200	1068	92
2023年4月	依据标准作业执行	1200	1085	74

图 12 对策实施一效果

4.2 对策实施二：更换加压缸铜管

为了解决加压缸风管爆裂的问题，企业首先加快更换风管的频次、每年 3 月份和 6 月份各更换一次，虽然有所降低但严重制约生产效率和生产成本。最后通过对不同材质的风管进行验证，最终选取铜管替换塑料材质的风管，如图 13，表 1。

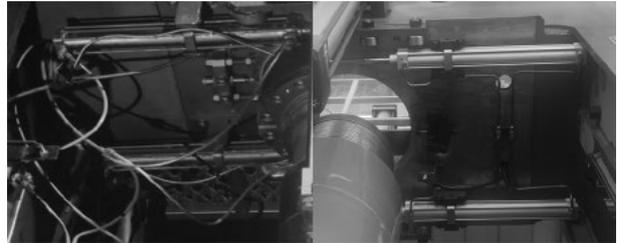


图 13 塑料风管（左）铜制风管（中）风管价格对比（右）

表 1 更换前与更换后数据

更换前数据（塑料风管）			更换后数据（铜管）			
时间	风管断裂次数	产生废品	时间	对策	风管断裂次数	风管断裂产生废品
2022 年 9 月	26	52	2023 年 1 月	更换加压缸铜管	0	0
2022 年 10 月	20	40	2023 年 2 月	更换加压缸铜管	0	0
2022 年 11 月	6	12	2023 年 3 月	更换加压缸铜管	0	0
2022 年 12 月	5	10	2023 年 4 月	更换加压缸铜管	0	0

4.3 对策三 开发 MES 系统程序，出现异常冻结机台

信息化管理：采用信息化管理系统，实时监控硫化机的运行状态，提供预警，以提前发现问题。开发“MES 系统曲线异常冻结功能”通过匹配报警参数能冻结曲线异常机台避免连续性设备故障废品的发生，降低设备故障不良率，如图 14、图 15。

102左模	CLH102L	1#	冻结不可用	左热板温度报警自.
102右模	CLH102R	1#	冻结不可用	左热板温度报警自.
103左模	CLH103L	1#	冻结不可用	左热板温度报警自.
104左模	CLH104L	1#	冻结不可用	右热板温度报警自.
104右模	CLH104R	1#	冻结不可用	右热板温度报警自.
107左模	CLH107L	1#	冻结不可用	左热板温度报警自.
107右模	CLH107R	1#	冻结不可用	左热板温度报警自.
109左模	CLH109L	1#	冻结不可用	右热板温度报警自.

图 14 开发 MSE 系统“曲线异常冻结功能”及报警参数界面

时间	杜绝连续性曲线异常次数	减少连续性废品
2023年1月	10	20
2023年2月	12	24
2023年3月	11	22
2023年4月	11	22

图 15 数据对比

5 效果验证及效益分析

5.1 效果验证

硫化机设备故障类废品数量大幅降低如图 16：2022 年度硫化机设备故障类废品量占总废品量 24.8%、不良品率为 0.028%，通过有效措施地开展进入 2023 年 1 月份以来，硫化机设备故障类废品率逐月下降，效果明显，到 2022 年 4 月份达到 0.013%，2023 年 1~4 月不良率平均 0.014 5%，较去年下降 0.0085%，达到预期目标！

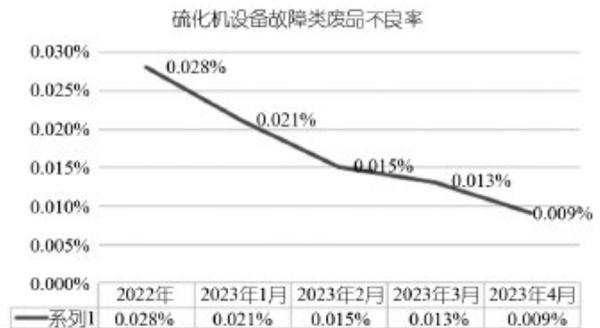


图 16 硫化机设备故障类废品不良率折线图

5.2 效益分析

5.2.1 直接经济效益测算

获取的经济效益 = 单胎质量损失 × (2022 年硫化机设备故障类不良率 - 2023 年 1~4 月份硫化机设备

故障类不良率) × 2023 年 1~4 月总产量 = 200 元 / 条 × (0.028% - 0.0145%) × 2 672 207 条 = 74 821.7 元。

5.2.2 间接经济效益

小组成员运用质量工具、工程技术解决质量问题的能力得到加强, 质量意识得到明显提升。

改善了产品质量能力水平, 顾客满意度得到提升; 稳定了现场生产的工艺水平, 一线职工的工艺纪律性得到加强。

6 总结与进一步规划

降低轮胎硫化机故障不良品率需要从多个角度进行考虑和实施, 通过本次 QC 小组活动, 设备管理更加规范, 解决了设备存在的重大隐患, 同时, 质量管理水平及管理能力和能力得到大大提高, 通过小组采取的相关措施, 设备问题造成的不良率及生产成本明显下降, 质量稳定性、生产效率均得到提高, 全体组员主要总结了以下几点内容:

(1) 设备造成的不良率及生产成本下降明显, 设备

废品不良率由去年的 0.023% 下降至今年的 0.0145%, 改善后, 不良率下降 0.0085%, 按照目前产量, 平均每月减少 227 条废品, 每月减少 7.5 万元经济损失。

(2) 设备废品的降低不但可以提高生产效率, 还可以保证产品质量; 在今后的工作中, 要利用本次小组活动的经验和方法, 精益求精, 将设备管理工作推上更高的水平。

(3) 本次 QC 活动开展较为顺利, 比预期提前完成目标, 这不仅需要企业领导层的支持, 还需要相关部门的配合, 共同推动这一工作的开展。在今后再遇到业务难题时, 可多借鉴此次的成功经验, 部门间通力合作, 集思广益, 提高解决问题的能力。

(4) 本次活动再次证明了 QC 小组的优越性, 在解决问题的效率及效果方面均具有明显优势。下一步协同不同部门、不同专业的人员团结起来, 发挥各自的长处, 是质量管理活动一种重要的形式, 可在全公司重点推广。

Exploration of reducing the defect rate of tire vulcanizing machines

Li Yang, Chu Jianjian, Hao Wenjuan, Sun Min

(Shandong Fengyuan Tire Manufacturing Co. LTD., Zaozhuang 277300, Shandong, China)

Abstract: Tire vulcanizing machine is a key equipment in tire production, and its stability and reliability have a decisive impact on production efficiency and product quality. However, the problems of tire vulcanizing machine malfunctions and defective products in actual production have always been thorny issues. This article analyzes the causes of tire vulcanizing machine failures and proposes a series of measures to reduce the defect rate. Through the use of QC tools, equipment management has become more standardized and major hidden dangers in the equipment have been resolved. The defect rate and production cost caused by equipment problems have significantly decreased, with the defect rate dropping from 0.023% in 2022 to 0.0145% in 2023. After improvement, the defect rate decreased by 0.0085%.

Key words: QC tools; product quality; device management

(R-03)

