

# 精益管理在检验检测实验室中的应用

王在彬, 郭晓雷, 陈仁熙, 孙莹莹, 林兆盛\*

(华测检测认证集团股份有限公司, 深圳 518101)

**摘要:** 近年来, 我国检验检测机构数量持续增长, 行业整体营业收入也大幅增加。然而, 随着市场竞争的加剧, 检验检测机构面临成本和效率的双重挑战。本文以华测检测认证集团股份有限公司为对象, 介绍了该检测实验室引入精益管理的理念, 包括平准化模型、电子实验记录本和机器人自动化等工具, 总结了这些工具的应用案例, 指出精益管理优化了实验室工作流程和资源配置, 提高效率, 降低成本, 并讨论了精益管理在检验检测领域的潜在优势和推广前景, 为相关检验检测机构提供了参考和借鉴样本。

**关键词:** 精益管理; 检验检测实验室; 工作流程; 资源配置; 效率; 成本

## Application of lean management in inspection and testing laboratory

WANG Zai-Bin, GUO Xiao-Lei, CHEN Ren-Xi, SUN Ying-Ying, LIN Zhao-Sheng\*

(Centre Testing International Group Co., Ltd., Shenzhen 518101, China)

**ABSTRACT:** In recent years, the number of inspection and testing institutions in China has continued to grow, and the industry's overall revenue has also increased significantly. However, as market competition intensifies, inspection and testing institutions face dual challenges of cost and efficiency. This article took Centre Testing International Group Co., Ltd. as an example to introduce the concept of lean management in the laboratory, including the use of standardization models, electronic laboratory notebooks, and robot automation tools, pointed out that lean management optimizes laboratory workflow and resource allocation, improves efficiency and reduces cost, and discussed the potential advantages and promotion prospects of lean management in the field of inspection and testing, providing reference and exemplar for relevant inspection and testing institutions.

**KEY WORDS:** lean management; inspection and testing laboratory; workflow; resource allocation; efficiency; cost

## 0 引言

随着经济的发展和进步, 人们对产品质量和安全的要求日益提高<sup>[1]</sup>, 检验检测行业也因此得到了迅速发展。目前, 我国拥有大量检验检测机构<sup>[2]</sup>, 整体发展态势良好。然而, 随着市场竞争的加剧, 这些机构面临着成本和效率的双重挑战<sup>[3]</sup>。如何在确保高质量服务的同时有效控制成本并提升效率, 成为检验检测机构亟待解决的问题<sup>[4-5]</sup>。在这种背景下, 精益管理作为一种以减少浪费、提高效率为核心的管理理念<sup>[6]</sup>, 逐渐被引入检验检测机构<sup>[7]</sup>。精益管理最早由丰田公司在制造业中推行<sup>[8]</sup>, 通过系统性的优化和改进, 显著提高了生产效率和产品质量。

近年来, 精益管理的理念和方法逐步扩展到服务业和知识型行业<sup>[9]</sup>, 包括检验检测领域<sup>[10]</sup>。

本文旨在探讨精益管理在检验检测机构中的应用, 通过具体案例分析其在提升工作效率、降低运营成本方面的显著成效。本文以华测检测认证集团股份有限公司为例, 详细介绍其在精益管理方面的实践和成果, 通过引入平准化模型<sup>[11]</sup>、称量自动采集系统、电子实验记录本 (electronic lab notebook, ELN) 等工具<sup>[12]</sup>, 华测检测认证集团股份有限公司不仅优化了工作流程, 还大幅降低了人工成本和设备维护费用。希望通过对成功案例的分析, 为其他检验检测机构提供参考和借鉴, 推动行业整体效率和服务质量的提升。

\* 通信作者: 林兆盛, 高级工程师, 主要研究方向为食品安全检测、检验检测机构数字化。E-mail: freedom.lin@cti-cert.com

\* Corresponding author: LIN Zhao-Sheng, Senior Engineer, Centre Testing International Group Co., Ltd., Shenzhen 518101, China. E-mail: freedom.lin@cti-cert.com

## 1 检验检测机构现存问题

### 1.1 人工成本占比较高

人工成本是检验检测机构最主要的成本构成之一<sup>[13]</sup>。检验检测机构需要聘用各岗位的技术人员、实验人员和管理人员, 以确保检测过程的专业性和高效性。此外, 人工成本还包括员工培训、福利待遇、招聘等方面的支出。

检验检测机构市场竞争激烈, 客户要求的周期短质量高, 客户的订单不固定, 并且客户还会临时改变交付周期, 为了保证交付, 需要安排加班完成检测任务, 以至于实验人员加班较多, 工作较累, 人员流动性较大, 从而导致人员的招聘成本, 加班费成本都会增加。

同时, 实验室的测试项目微生物测试项目, 部分理化检测项目, 农药残留和兽药残留项目的前处理步骤中的实验操作都需要检验人员人工来操作, 自动化程度低, 各岗位上的人员相对较多, 也增加了人员成本。

### 1.2 设备成本高、利用不充分

设备成本是检验检测机构最主要的成本构成之一。检验检测机构需要根据不同测试项目的不同标准采购不同的仪器设备, 而且设备的维护保养和修理都需要一定的经费支出。

设备管理是实验室管理中的重要工作, 实验室检测任务重, 设备在使用过程中的维护保养工作不到位, 设备维护保养不及时、不规范时, 会导致设备损耗加速, 影响仪器设备的使用寿命, 增加设备维护保养的成本、维修频率和维修成本。

实验室运营效率不高时, 会造成设备利用不充分, 部分仪器设备闲置, 同样会影响设备维护成本。

### 1.3 耗材成本高

耗材成本是检验检测机构必不可少的支出, 也是实验室成本的一部分。不同的检测项目, 需要配备不同的实验耗材。随着市场需求的多样化, 测试项目的增加, 机构需要不断引进新的器材和耗材, 以满足不同测试项目的要求。

### 1.4 租赁和场地成本

租赁和场地成本是检验检测机构的固定支出。检测机构需要拥有适当的场所来进行样品检测和实验操作, 这意味着机构需要支付租金和相关的设施维护费用。另外, 一些特殊项目的检测可能需要特殊的检测场地。

总之, 随着检验检测机构的发展, 政府的监管力度不断增加, 法律法规对检验检测机构的要求越来越严<sup>[14-15]</sup>, 为了适应市场的要求, 满足法律法规、标准的要求, 检验检测机构的人员成本、设备成本、耗材成本等都在不断增加。

## 2 检测行业精益管理工具

### 2.1 平准化模型

平准化模型的定义因其应用背景而异, 但总体上都旨在通过某种形式的优化或调整, 实现系统性能的平衡和效率的最大化<sup>[16]</sup>。在生产管理和运营研究中, 平准化模型则涉及生产过程中的资源分配和时间安排, 以实现生产效率的最大化和生产过程的稳定性<sup>[17]</sup> (如图 1)。

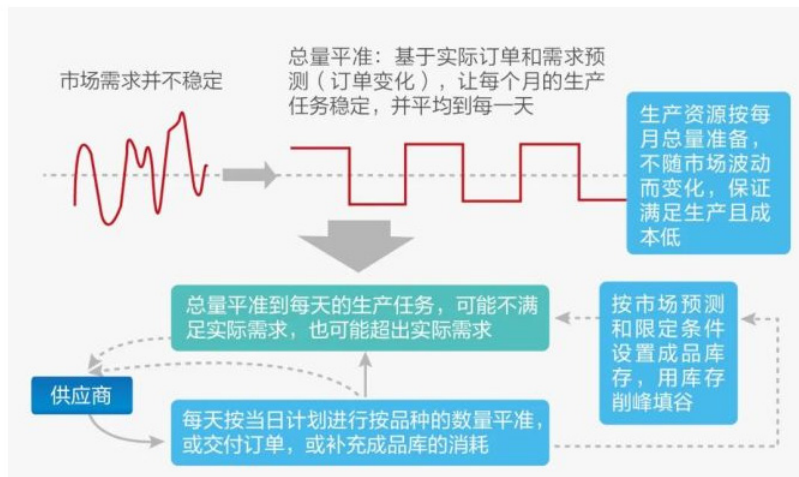


图 1 平准化模型

Fig.1 Standardization model

### 2.2 电子实验记录本

ELN 是一种利用计算机和网络技术来记录、管理和共享实验数据的软件工具<sup>[18]</sup>。

### 2.3 机器人过程自动化

机器人过程自动化 (robotic process automation, RPA) 是一种通过软件机器人来执行重复性、规则性的任务的技术<sup>[19]</sup>。

### 2.4 排班

排班是在精益生产或管理框架下优化人员配置和 workflows 的过程<sup>[20]</sup>。

## 3 精益管理的应用改善案例分析

### 3.1 平准化模型的应用案例分析

#### 3.1.1 现状与问题

检验检测机构客户订单不稳定, 且客户要求的交付周期不固定, 以致样品不能批量处理, 会造成人员工作效率不高, 人员加班多, 并且还不能按时完成交付。

#### 3.1.2 实施过程

实验室通过价值流图分析整个实验室的工作流程, 在各个

环节中分析存在的 7 大浪费，汇总 7 大浪费的占比，分析存在的信息流和物流的问题。改善前的问题主要是样品的称量会存在堆积，样品的流转时间不固定，影响检验人员的检测进度。通过建立平准化模型，把称量中心设置为调节样品进度的中心，以实现了对订单的排序等，从改善前不稳定的需求，实现改善后稳定有序的输出。

### 3.1.3 成效评估

建立平准化的模型，最终确定了以称量中心作为大水塘建立流动模型。见图 2。

通过平准化模型，对不同周期的订单进行排序、排单，有效地将不同周期的订单进行错配安排，在保证订单周期的情况下，提升了设备、人员、场地等关键成本项目的利用率。

## 3.2 电子实验记录本的应用案例分析

### 3.2.1 现状与问题

检验检测机构要保证测试数据的准确性和溯源性，数据的溯源性体现在实验记录上，实验记录包括人员、设备、物料、测试方法、环境和设施等，溯源记录不但多，并且基本是手写记录。手写记录需要花费人员很多时间，同时填写记录时错误率比较高。

### 3.2.2 实施过程

2022 年 4 月实验室 ELN 项目立项，开发工作至 2022 年 11 月份，历时 8 个月，上线 ELN 模板覆盖实验室测试项目 95% 以上，并快速复制到了其他实验室。在开发、上线过程中，还通过技

术创新创造性解决了许多记录管理中的难题，比如采集记录自动生成技术、温湿度和设备校准有效期自动抓取技术等。

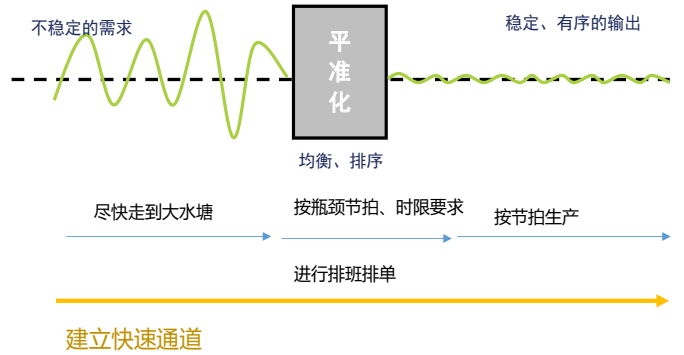


图 2 流动模型  
Fig.2 Flow model

在精益改善过程中，工作的流程会相应地减少。图 3 是上线 ELN 后，使用前和使用后的流程的减少。且由于 ELN 记录与实验室信息管理系统 (laboratory information management system, LIMS) 信息采用了自动关联的技术，过去经常容易出现错误的共有信息如设备编号、称样量等的错误率大幅降低。

### 3.2.3 成效评估

某实验室改善成果：改善后流程减少了 4 步，效率提升 35%；核减人员 3 名；耗材成本每年节约纸张、硒鼓、记录存放场地 3.6 万；原始记录的差错退改率下降了 80% (见表 1)。

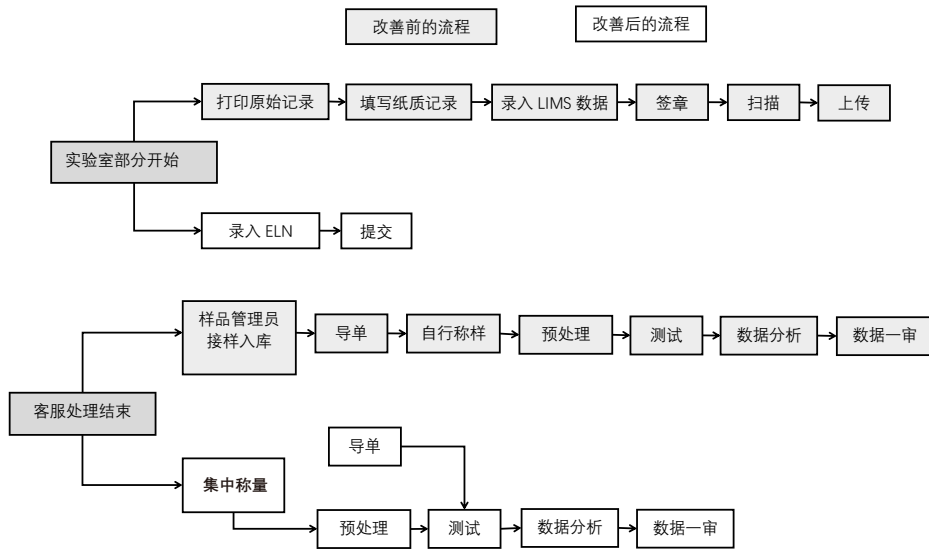


图 3 使用 ELN 前后实验室流程对比

Fig.3 Comparison of laboratory flow before and after using ELN

表 1 ELN 使用前效果评估

Table 1 Evaluation form for the effects before and after utilizing ELN

项目	人力	效率	耗材成本	原始记录质量
改善前	35 人	2 min/ 份	纸张：70 箱 / 年 硒鼓：125 个 / 年 记录存放场地：20 m <sup>2</sup> / 年	退改率：0.5%
改善后	32 人	1.3 min/ 份	0	退改率：0.1%
改善效益	3 人	35%	3.6 万	提升 80%

3.3 机器人过程自动化的应用

3.3.1 现状与问题

检验检测机构测试项目多且复杂, 人工操作的岗位多。而有些岗位操作相对比较简单, 一天 8 h 都是简单动作的重复, 人员工作不但累而且产生的价值小。

3.3.2 实施过程

根据各个室的工作岗位操作的实际情况, 开发了不同的

RPA, 来代替人员的简单操作。比如系统录入岗位, 样品平台接收、ICP-MS 谱图打印、发布制样任务、发送报告、酶标仪自动进样、分子生物谱图整理岗位之前都是人工操作, 开发不同 RPA 之后, 这些岗位就用 RPA 代替了人工操作。

3.3.3 成效评估

用 RPA 代替了人工操作, 提高了工作效率, 节约了人员成本。开发的 RPA 效果如表 2, 数据处理效率大幅提升, 缩短流程。

表 2 RPA 使用前后效果评估  
Table 2 Evaluation of effects before and after implementing RPA

RPA 项目名称	改善前	改善后	改善效果
系统数据录入	27 万 / 年	2 万 / 一次性	-27 万 / 年
样品自动接收	4.5 h	5 min	-4.5 h/d
ICPMS 谱图打印	1.5 h	2 min	1~2 h/d, 充分利用晚上时间, 样品流动加快 4~5 h
自动发布制样任务	10 h	9 h	-1 h/d
兽残建批	1 h	2~3 min	-1 h/d
自动发送 LIMS 报告	1 h	1 min	-1 h/d, 报告流动加快 1~2 h
酶标仪自动排样	15 min	1 min	-14 min/d
分子生物导谱图	30 min	1 min	-1 h/ 周

3.4 智能排班工具应用案例分析

3.4.1 现状与问题

检验检测机构中的许多检测项目, 检测流程中前处理和仪器上机是串联流程, 理想状态两者节拍应该一致, 若前处理显著超过仪器上机速度, 势必造成过量生产的浪费。过量生产会导致人员没有必要的超负荷工作, 增加了人员的成本, 而没有增加有效产出。所以可以通过统筹前处理和仪器上机的工作安排, 统一节奏, 减少前处理环节不必要的超负荷工作。

3.4.2 实施过程

以试点实验室岗位 A 为例, 该岗位在忙季时, 前处理人员

加班达到 2.4 h, 因此开展了前处理排班。通过将每天应完成工作根据人员负荷、设备进度等因素定量、定时进行安排, 固定工作节拍, 减少人员超负荷工作的可能性, 平均减少了每天的加班时间 0.6 h; 且因为工作节拍固定, 减少了协调仪器等时间, 从而加快整体样品检测流动时间, 从 7.5 个工作日下降到了 4.3 个工作日。

在岗位 A 取得成功以后, 试点实验室还推广到岗位 B, 该岗位的氮吹仪的设备利用率提高了 5%, 改善成果具备持续性的改进。在多个岗位试点过程中, 实验室开发了排班小工具, 进一步缩短排班工作的时间, 提升工作效率 (图 4)。

单项目排班按钮
多项目排班按钮

项目A	人数	一批次数量	操作步骤	挑选样品	加标	加乙腈/拧盖子	超声	加乙腈饱和正己烷	离心	去掉上层溶液	氮吹	定容、涡旋	建批
	1	42	设备/min 人操作/min 人一天只要做一次的事情/min 单批次可在设备操作时间做的事/min		10	5	10	30	20	50	40	150	30

图 4 排班工具介绍  
Fig.4 Introduction of shift too

3.4.3 成效评估

如表 3, 通过排班, 提升了数据完成的及时率, 节约了成本。岗位 A 通过排班, 前处理人员每天加班时间减少 0.6 小时, 出单时间加快了 3.2 个工作日。岗位 B 数据完成及时率提升 15%; 人员数核减 3 人。

3.5 自动化设备

3.5.1 现状与问题

检验检测机构测试项目前处理步骤过程中用到的小型设备相对比较多, 不同的设备会影响工作效率。同时, 因客户

订单不固定, 样品量多的时候, 比如移液枪一次只能移一次, 为了在同一时间里处理更多的样品, 可以换更为快捷更高效的设备。

3.5.2 实施过程

保证按照标准要求、保证测试质量的情况下, 通过对小型设备的更新换代, 或者提出更满足实验室高效工作的定制化需求给供应商, 供应商开发出更优质更高效的设备。

3.5.3 成效评估与展望

通过引入 QuEChERS 农残前处理电动工具, 每个样品的过柱

时间每天可节约 1.5~2.0h; 与供应商共同开发了超磁半自动分液器, 每天可以节约 30 min; 引用了多步等分移液器, 效率提升 100% 以

上。通过引入自动化设备, 不但节约了时间, 还提升了工作效率。未来还可以利用机器人等先进技术, 进一步提升自动化水平。

表 3 排班前后效果评估  
Table 3 Evaluation of effects before and after scheduling

改善团队	类别	改善前	改善后	效果
岗位 A	提交数据的及时率(%)	70%	85%	+15%
	人员数量	20	17	-3 人
	前处理人员加班时间(h/ 人 /d)	2.4 h	1.8 h	-0.6 h
岗位 B	出单时间(工作日)	7.5	4.3	-3.2
	人员取一级水走动时间(min)	30	5	-25

## 4 结束语

本文通过深入分析华测检测认证集团股份有限公司实施精益管理的具体案例, 探讨了精益管理在检验检测机构中的应用价值。华测检测认证集团股份有限公司某实验室通过引入平准化模型等工具, 在提升工作效率、降低运营成本方面取得了显著成效。平准化模型和称量自动采集系统的应用有效平衡了工作负荷, 优化了生产计划, 减少了人为误差, 显著提高了整体工作效率。ELN 的实施使得数据录入更加准确, 实验记录管理更加高效, 有效提升了数据的准确性和可追溯性。自动化设备在样品处理和数据输入环节的应用, 大幅提高了工作效率, 减少了人为错误。智能排班工具优化了员工排班, 提高了人员利用率, 增强了员工满意度。自动化设备的引入进一步提升了工作效率和数据准确性, 降低了人工成本。

本研究表明, 精益管理作为一种先进的管理理念和方法, 能够有效帮助检验检测机构应对面临的挑战, 推动行业的高质量发展。未来, 随着精益管理的不断推广和深化, 检验检测机构将能够进一步提升服务质量和市场竞争力, 实现可持续发展, 为精益管理在检验检测领域的应用提供了理论和实践基础, 也为后续实践和研究提供了有益的参考和指导。

## 参考文献

- [1] 任坤秀. 我国产品质量现状的研究[J]. 上海财经大学学报, 2000, (05): 29-35.
- [2] 王仁宏, 高雷. 我国认可检验机构超千家支撑经济发展 [EB/OL]. [2024-06-14]. <http://finance.people.com.cn/n1/2024/0614/c1004-40256701.html> [2024-09-24].
- [3] 杨立伟, 宗海云, 张楷, 等. 中国检验检测行业发展现状及趋势探析[J]. 中国市场, 2022, (33): 13-16.
- [4] 陈展苗, 李建俊. 加强成本管理在提高检验科质量及效益中的作用[J]. 中医药管理杂志, 2021, 29(10): 137-138.
- [5] CARLSON RO, FAZLOLLAAH A, HERNANDEZ JS. A primer on the cost of quality for improvement of laboratory and pathology specimen processes [J]. Am J Clin Pathol, 2012, 138(03): 347-354.
- [6] 孙杰. 全面精益管理概念的界定[J]. 工业工程与管理, 2009, 14(02): 129-134.

- [7] 秦菁, 梁洁仪, 苏杜威, 等. 应用精益管理方法提升实验室管理水平[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(23): 8621-8626.
- [8] 贾新光. 精益生产方式为什么诞生在丰田[J]. 汽车与配件, 1997, (23): 28-29, 31.
- [9] 赵向农. 精益服务: 服务业提高持久竞争力的基本选择[J]. 经济体制改革, 2005, (02): 159-161.
- [10] 李华昌, 王蕾. 我国检验检测服务业发展战略思考[J]. 中国有色金属, 2017, (S2): 469-472.
- [11] 郑保军, 李智勇, 陈向婷, 等. 平准化成本在核电项目中的应用研究[J]. 建筑经济, 2019, 40(12): 82-87.
- [12] 彭茗, 吴晓鸾, 陈晓萍, 等. 药品检测实验室LIMS系统溶出度 ELN通用模板的建立[J]. 药物分析杂志, 2022, (03): 537-546.
- [13] 彭笑蓉. 检验检测机构人员要素的管理[J]. 上海计量测试, 2017, 44(05): 55-56.
- [14] 郭栋. 浅析检验检测机构资质管理[J]. 工程质量, 2016, 34(02): 66-69.
- [15] 检验检测机构监督管理办法[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2021, 1735(16): 30-33.
- [16] 徐贤浩, 马士华. 基于顾客化大量生产模式的计划平准化模型的最优算法的研究[J]. 武汉科技大学学报(自然科学版), 2000, (02): 215-217.
- [17] 丁继武, 刘洪伟, 许丹. 平准化生产模型研究及应用分析[J]. 工业工程, 2015, 18(01): 31-36.
- [18] BIRD CL, WILLOUGHBY C, FREY JG. Laboratory notebooks in the digital era: the role of ELNs in record keeping for chemistry and other sciences [J]. Chem Soc Rev, 2013, 42(20): 8157-8175.
- [19] RENUKA J, SAHANA S, ANUSHA ND, et al. RPA for human resource operations [J]. Inter J Eng Res Technol, 2019, (04).
- [20] 赵宏宇. 试述精益管理进班组工作的关键环节与步骤[J]. 人力资源管理, 2016, 115(04): 81-82.

## 作者简介

王在彬, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为检验检测实验室的质量管理和运营管理等。

林兆盛, 高级工程师, 主要研究方向为食品安全检测、检验检测机构数字化。