

文章编号:1007-2780(2019)07-0640-06

## TFT-LCD 行业液晶损失分析与降低研究

黎关超\*, 何 伟, 沈 水, 周 波, 林子锦,

董 哲, 程怀宗, 杨 霖, 曾小强

(北京京东方显示技术有限公司, 北京 100176)

**摘要:**随着 TFT-LCD 行业的发展, 如何最大化降低产品制程中的损失来提升公司经营利润, 逐步成为业内各大企业不断探索的课题。本文主要对液晶损失(面板段损失金额最大的物料)进行了探讨, 通过大数据技术的应用, 分析出影响液晶损失的全部 11 项因子, 对比筛选出最关键的 4 项, 从配方优化、瓶底剩余改善、切线填充量减少、自动脱泡频率降低、测量频率降低等方面研究了液晶损失降低的方向。研究表明, 对影响液晶损失的主要因子进行管控和改善, 使液晶损失率降低 4.86%, 年收益 1 688 万元/年。

**关键词:** LCD; 损耗; 液晶; 大数据技术; 瓶底剩余; 填充量; 自动脱泡; 测量频率

**中图分类号:** TN27    **文献标识码:** A    **doi:** 10.3788/YJYXS20193407.0640

## Analysis and reduction research of liquid crystal loss in TFT-LCD industry

LI Guan-chao\*, HE Wei, SHEN Shui, ZHOU Bo, LIN Zi-jin, DONG Zhe,

CHENG Huai-zong, YANG Ji, ZENG Xiao-qiang

(Beijing BOE Display Technology Co., Ltd., Beijing 100176, China)

**Abstract:** With the development of TFT-LCD industry, how to reduce the loss in product manufacturing process to improve the company's operating profit has gradually become the subject of continuous exploration by major enterprises in the industry. This paper mainly probes liquid crystal loss (the material with the largest loss amount in panel section). Through the application of big data technology, 11 factors affecting liquid crystal loss are analyzed, and 4 of the most critical ones are selected by comparison. Then, the reduction direction of liquid crystal loss is studied from recipe optimization, bottle bottom residual improvement, filling amount reduction of job change, auto degas frequency reduction, measurement frequency reduction and other aspects. The results show that by controlling and improving the main factors affecting liquid crystal loss, the loss rate is reduced by 4.86% and the annual profit is 16.88 million yuan per year.

**Key words:** LCD; loss; liquid crystal; big data technology; bottle bottom residual; filling amount reduction; auto degas; measurement frequency

收稿日期: 2019-02-16; 修订日期: 2019-04-30.

\* 通信联系人, E-mail: liguanchao@boe.com.cn

## 1 引言

自从液晶显示器在 20 世纪 70 年代被发明之后,经过 40 多年飞速的发展,我国液晶面板产业每年总价值已接近千亿元<sup>[1]</sup>。随着行业的不断发展,各大面板厂商持续寻求生产环节的改善,力求最大化降低产品制程中的损失<sup>[2]</sup>,以期通过更高的经营利润在日趋激烈的竞争环境中占得先机<sup>[3]</sup>。产品制程中的损失,是指超出理论物料清单<sup>[4]</sup>(Bill of Material, BOM)的部分,按照损耗的种类分为基板和物料两大块。本文主要对面板段损失金额最大(323 万元/月)的物料-液晶的损失进行了探讨,通过大数据技术的应用收集了大量数据,分析出影响液晶损失的全部因子 11 项,并通过柏拉图对比筛选出最关键的 4 项,然后从配方(Recipe)优化、瓶底剩余改善、切线填充量减少、自动脱泡频率降低、测量频率降低等方面研究了液晶损失降低的方向,创建了一整套系统的降低物料损失的管控模式。

## 2 液晶损失分类

液晶(LC)是液晶面板生产过程中使用的重要原料之一,主要包括液晶采购、生产领料、投料、使用过程中的正常滴注及损耗、盘点回收等过程(图 1)。在采购、领用、投料、盘点等环节基本不发生损耗,损失集中于使用及损耗过程中由于安装、检测、设备异常、瓶底剩余、过滤器和管道残留、报废等原因引起的未应用在合格基板上的损耗部分。

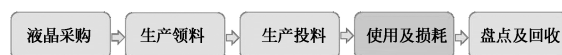


图 1 液晶使用过程

Fig.1 Using process of liquid crystal

本文创新性地引入了大数据技术<sup>[5]</sup>,对液晶生产过程产生的大量半结构化文件-设备日志(Log)数据进行采集、清洗、加工,将半结构化数据转换为结构化数据,并聚焦液晶损失业务场景和分析需求,选取最优建模方法包括层次分析、因动分析、回归分析等方法分析提取特征值建立多

表 1 液晶损失类型

Tab.1 Type of liquid crystal loss

| 编号 | 损失类型          | 计算标准                            | 计算方式        | 主要特征值                            |
|----|---------------|---------------------------------|-------------|----------------------------------|
| L1 | 型号切换引起的过滤器填充量 | 每次固定量                           | 110 mg/次×次数 | Adjust 包访<br>悼累 Step 50 次        |
| L2 | 型号切换引起的校准量    | (测量值-目标值)/目标值小于 0.1%时满足,超过时继续调节 | 测量后-测量前的净值  | Adjust Spec Count : 2            |
| L3 | 换瓶引起的校准量      | (测量值-目标值)/目标值小于 0.1%时满足,超过时继续调节 | 测量后-测量前的净值  | Adjust Spec Count : 2            |
| L4 | 型号切换引起的测量量    | (测量值-目标值)/目标值,小于 0.5%时满足,超过时调节  | 测量后-测量前的净值  | BAL 6- Head No12<br>MEASURE DATA |
| L5 | 换瓶引起的测量量      | (测量值-目标值)/目标值,小于 0.5%时满足,超过时调节  | 测量后-测量前的净值  | BAL 6-Head No12<br>MEASURE DATA  |
| L6 | 定期检测损失        | 每 15 张玻璃板自动测试一次                 | 测量后-测量前的净值  | BAL 3-Head No5<br>MEASURE DATA   |
| L7 | 定期自动空白吐出损失    | 每 100 张玻璃板自动进行一次空白吐出            | 每次固定 0.47 g | 四行记录,其中一行为-Auto Degas            |

续 表

| 编号  | 损失类型                   | 计算标准                             | 计算方式           | 主要特征值                      |
|-----|------------------------|----------------------------------|----------------|----------------------------|
| L8  | 闲置(超过 5 min)<br>自动吐出损失 | 滴数固定 10 滴,滴量在配方中定义               | 滴数×滴量          | 三行记录,其中一行为-Dummy 配免        |
| L9  | 瓶底剩余量                  | 一套设备 12~16 瓶,任何一瓶瓶底量少于更换基准量时全部更换 | 每瓶瓶底剩余量        | 人工记录和测量每瓶瓶底剩余量             |
| L10 | 过滤器和管道内残留量             | 按每种型号液晶每天固定值计入损耗                 | 残留量/更换天数       | 人工记录和测量每种液晶型号在每天每台设备每个喷头的量 |
| L11 | 基板报废引起的液晶损失            | 报废基板中的液晶量                        | 基板报废量×每张基板液晶单耗 | 根据 MES 中的产品批号历史分到设备        |

维度分析模型,对数据充分挖掘,细分出 11 项液晶损失类型(表 1)。

3 液晶损失要因筛选

如上所述,液晶损失类型聚集于 11 个类型。通过创新性的引入大数据技术,实现连续 3 个月的数据采集,将数据分类计算并与实际结果进行对比,对模型和算法进行优化迭代,最终实现液晶损失数据精准分析。然后将数据按照柏拉图(图 2)对比筛选出最关键的 4 项。

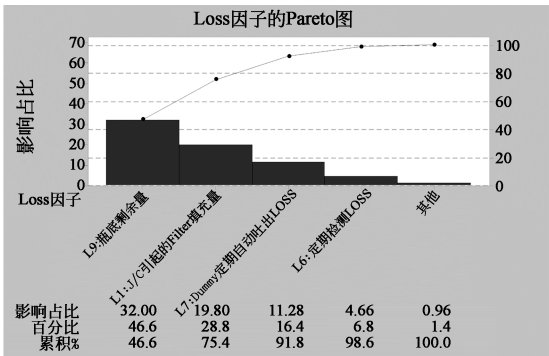


图 2 液晶损失因子的柏拉图  
Fig.2 Pareto of liquid crystal loss

4 液晶损失改善研究

根据上文柏拉图分析,影响液晶损失的主要因子为:瓶底剩余量、型号切换引起的过滤器填充量、定期自动空白吐出和定期测量。

4.1 瓶底剩余量改善

液晶瓶瓶底为凸底构造,瓶底剩余量在 10 g 时,液晶瓶凸底会露出液面(图 3),管路中会吸入空气,导致过滤器走空。为防止此风险,瓶底剩余量要保持 10 g 以上。

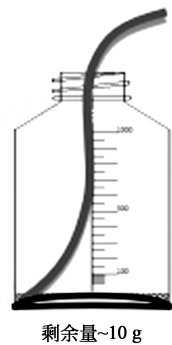


图 3 液晶瓶瓶底构造  
Fig.3 Bottom structure of liquid crystal bottle

此外,一台液晶滴注设备有 12~16 瓶液晶分别安装在相应的滴头上;由于工艺液晶滴下图样设计特点,同一个基板的液晶由若干滴头共同滴下完成,但是各滴头的滴数可能存在差异(图 4),造成了各滴头消耗速度不一致,滴数多的滴头会先达到更换基准;为减少物料更换对稼动的影响,在实际生产中同一设备的液晶是一起更换的,这样滴数少的滴头液晶瓶内剩余量较多产生额外的损失。

4.1.1 瓶底剩余量改善-增设缓冲槽

原状态:液晶瓶底部有液面感知传感器,当传感器检出液面低下时发生报警;因液晶瓶截面积大,故残留液晶量较多。

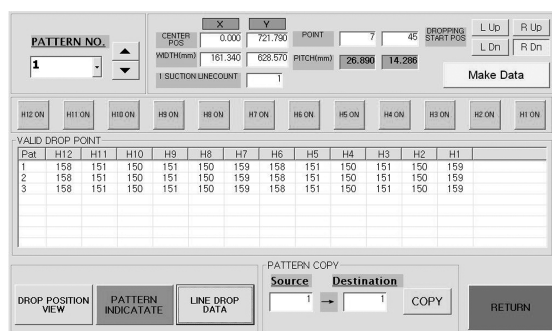


图 4 55" G1 液晶滴下图样

Fig.4 LC drop pattern of 55" G1

本文创新性的变更液晶过滤器的构造,在液晶过滤器上增加缓冲槽,从而将传感器感知从截面积较大的液晶瓶液面变更至截面积较小的过滤器液面(图 5),更便于精确控制瓶底剩余量。

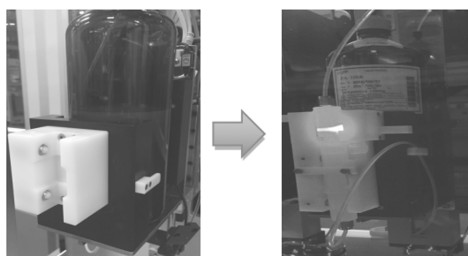


图 5 缓冲槽增设

Fig.5 Addition of buffer tank

另外,为确保瓶底剩余量按照管理基准执行,建立作业人员和稽核人员和作业人员双查的机制,通过表格化的记录管理监控和分析异常情况。

#### 4.1.2 瓶底剩余量改善-配方优化

经过大数据分析,发现部分型号(如 G1/JB/GN/PA 等)各滴头消耗速度不一致,导致瓶底剩余液晶有较大的差距。以 55" G1 B2 Panel 为例:该面板由 6 个滴头共同滴下,改善前各滴头滴数在 150~159,最大值与最小值差距高达 9(6%),在消耗速度最快的滴头(159 滴)达到瓶底更换基准(20 g)时,消耗速度最慢的滴头(150 滴)仍超过 80 g,造成较多的浪费。

在液晶滴下图样(LC Pattern)<sup>[6]</sup>不变的情况下,通过图样重叠将滴数优化,以此降低滴头的滴数差异。相邻图样的矩形有公用边,液晶滴头之间的液晶点可以相互调整,H6 少滴 5 点,其他滴头将少滴的位置补上,总滴数不变。改善后各滴头的滴数均为 153~154(图 6),最大值与最小值

差距缩小至 1(0.6%),消耗慢的滴头多损失量控制在 5 g 左右。

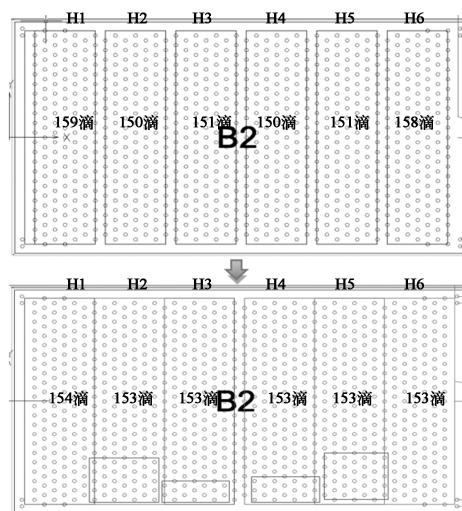


图 6 配方优化

Fig.6 Optimization of the recipe

#### 4.2 型号切换引起的过滤器填充量改善

在型号切换过程中,设备需要进行过滤器填充动作来排出过滤器和管道中的空气,以防止管道内的气泡导致的精度不良风险。为了避免填充不足,作业人员填充往往将填充量设置较大的数值或者重复进行填充,且对所有的情况均使用默认参数,造成液晶大量浪费。改善前参数为:液晶填充 30 次,泵排泡 5 次。

在改善过程中,本文根据不同的情况进行了测试改善:

##### (1)切线安装新泵

本过程由于将过滤器和泵重新进行了连接,作业过程中不可避免混入了空气,填充和脱泡次数过少时无法确认气体是否完全排出,次数过多会浪费液晶。

对液晶填充和泵排泡两因子分别按 6 水平(5/10/15/20/25/30)和 5 水平(1/2/3/4/5)进行一般全因子的 DOE 试验,观察测试结果。然后对选定模型进行回归分析和模型改进,得出回归方程和最优的参数设置,最后进行双比例检验,得出最合适的参数:液晶填充 10 次,泵排泡 3 次。

##### (2)切线只换瓶

由于泵未更换,所以无需进行吐出状态确认,只吐出 1 次即可。

同时,对过滤器按寿命进行管控,对泵进行目

视检查,确保过滤器和泵的状态良好,减少备件异常导致的填充次数增加。

#### 4.3 定期自动空白吐出改善

LC 设备在运行过程中有一个周期性的空白吐出(也称 Auto Degas,如图 7 所示)动作,目的是将泵内液晶全部排空,防止泵内气泡导致的精度不良风险。

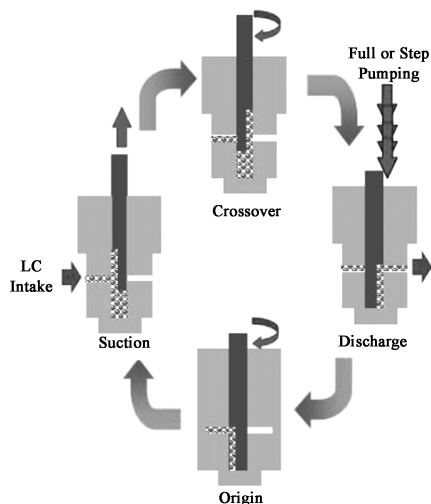


图 7 自动脱泡的动作图解

Fig.7 Diagram of Auto Degas action

对 Auto Degas 频率( $X$ )与 Auto Degas 本身产生的液晶损失( $Y_1$ )及出现精度不良后产生的液晶损失( $Y_2$ )进行实验测试,根据实验数据,绘制图像,验证相关性。

如图 8 所示,在有气密性管控的情况下,Auto Degas 频率取 1/100 为最佳值。

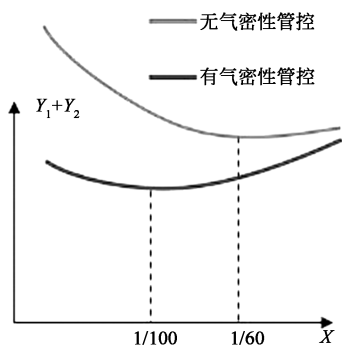


图 8 自动脱泡频率与损失的关系曲线

Fig.8 Relation curve of Auto Degas frequency and loss

#### 4.4 定期测量改善

液晶滴注设备在运行过程中,为减少品质风险、保证液晶滴下精度,需要定期测量校准,这个

过程消耗的液晶与测量频率正相关。鉴于液晶滴注设备滴下精度较高的特点<sup>[7]</sup>,将测量频率适当的延长,同时兼顾精度异常后不良损失的影响,将测量频率由 1 次/10 片延长至 1 次/15 片,进行为期一个月的测试。如图 9 所示,10 月为测试月份,精度不良的玻璃基板,较以往的月份无明显异常,11 月量产导入。

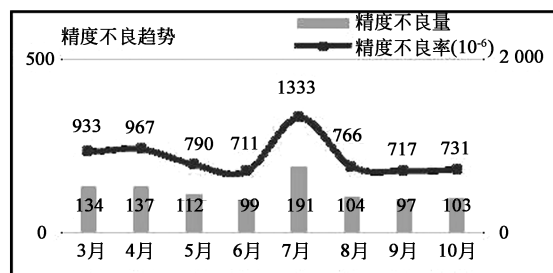


图 9 精度不良趋势

Fig 9 Trend of precision

## 5 结 论

本文创新性地导入大数据技术,通过对生产数据进行采集、处理和分析,建立起一整套实时监控液晶损失的线上数据系统,通过大量的数据分析总结出影响液晶损失的主要影响因素,分别通过机理改善和实验设计等措施进行相应改善:

(1)瓶底剩余量,通过增设缓冲槽和配方优化,并建立双查机制,瓶底剩余量由 35 g 降低至 21 g。

(2)型号切线引起的过滤器填充量,对只换瓶和安装新泵两种不同情况进行区别管理,并对液晶填充和泵排泡两个影响因子使用 DOE 的实验得出最佳的设备参数。

(3)空白定期自动吐出,对自动脱泡频率与 Auto Degas 本身产生的液晶损失及出现精度不良后产生的液晶损失进行试验,绘制曲线图像,得出最佳的空白吐出周期:1 次/100 sh。

(4)定期测量,将测量频率适当的延长,同时兼顾精度异常后不良损失的影响,并进行一个月的测试后,最终确定测量频率 1 次/10 片 1 次/15 片。

通过建立大数据系统和对主要影响因子进行机理改善及实验设计的思路和方法,在半年的时间里实现液晶损失由 12.73%降低至 7.87%,降低

4.86%,年收益达1 688万人民币左右,大力提高了企业的效益和竞争力。下一步工作将在巩固以上改善措施的基础上从瓶底改造、备件优化管理等方向上进一步研究和降低。

### 参 考 文 献:

- [1] 夏国忠.液晶面板配套行业现状及我国的发展机遇[J].时代金融,2016(4):180,182.  
XIA G Z. LCD panel supporting industry status and China's development opportunities [J]. *Times Finance*, 2016 (4): 180, 182. (in Chinese)
- [2] 徐永杰.苹果新一代数据线项目成本管理研究[D].长春:吉林大学,2013.  
XU Y J. The project cost control investigation of the new generation data cable in apple[D]. Changchun: Jilin University, 2013. (in Chinese)
- [3] 赵汉青,曹明路.我国液晶面板产业智能制造发展现状总结与差距分析[J].工业技术创新,2018,5(5):94-97.  
ZHAO H Q, CAO M L. Development summarization and gap analysis on the intelligent manufacturing of LCD industry in China [J]. *Industrial Technology Innovation*, 2018, 5(5): 94-97. (in Chinese)
- [4] 张辉,石胜友,石倩.面向 PLM 的 BOM 数据管理与实践[J].制造业自动化,2018,40(8):30-34.  
ZHANG H, SHI S Y, SHI Q. PLM-oriented BOM data management and practice [J]. *Manufacturing Automation*, 2018, 40(8): 30-34. (in Chinese)
- [5] 张娜,马燕,崔桓睿,等.大数据技术进展与发展趋势[J].通讯世界,2019(2):78-79.  
ZHANG N, MA Y, CUI H R, et al. Big data technology progress and development trend [J]. *Telecom World*, 2019(2): 78-79. (in Chinese)
- [6] 见帅敏,解洋,夏高飞,等.TFT-LCD边角漏光不良机理分析及改善研究[J].液晶与显示,2017,32(6):455-460.  
JIAN S M, XIE Y, XIA G F, et al. Analysis and improvement of TFT-LCD edge light-leaking mechanism [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2017, 32(6): 455-460. (in Chinese)
- [7] 杨国波,王永茂,王向楠,等.ODF工艺中液晶滴下量的优化[J].液晶与显示,2011,26(3):324-328.  
YANG G B, WANG Y M, WANG X N, et al. Optimization of LC drop amount in ODF and PS process [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2011, 26(3): 324-328. (in Chinese)

### 作者简介:



黎关超(1984—),男,硕士,湖北通城人,资深高级工程师,2010年于中国矿业大学(北京)获得硕士学位,主要从事液晶显示面板的产品BOM和Loss费用降低、良率监控、不良解析和改善工作。