

文章编号:1007-2780(2017)10-0787-07

TFT-LCD 行业异物不良改善研究

黎关超,王 超,何 伟,刘 坤,沈 水,曾小强

(北京京东方显示技术有限公司 CELL 生产运营部,北京 100176)

摘要:在 TFT-LCD 行业,异物对产品品质的影响约占 95%,直接关系到企业效益。因此,如何有效控制异物影响成为业内各大企业不断探索的课题。本文分析了 Cell 异物的成因和分类,并通过人员作业改善、设备改善、原辅材改善、处理方法改善、环境改善、维修改善等方面研究了异物改善的方向。研究表明,技术手段升级和现场管理强化结合对异物不良改善有重要作用,使 Cell 异物不良整体降低 0.84%。

关键词:LCD;异物;人员作业;设备;原辅材;处理方法;环境;维修

中图分类号:TN87 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20173210.0787

Research and improvement of particle defect in TFT-LCD industry

LI Guan-chao, WANG Chao, HE Wei, LIU Kun, SHEN Shui, ZENG Xiao-qiang

(CELL Manufacturing Department of Beijing BOE Display Technology CO., Ltd.
Beijing 100176, China)

Abstract: In the TFT-LCD industry, the impact on the quality of particle is about 95% and directly relates to the effectiveness of enterprises. Therefore, how to effectively control the impact of particle has become an ongoing topic in the industry. This paper analyzes the causes and classification of Cell particle, and studies the direction of particle through the improvement of operation, equipment, raw and auxiliary material, handling method, environment, repair and other aspects. The results show that the combination of technical means and site management have an important effect on the improvement of particle, and make Cell particle reduce 0.84%.

Key words: LCD; particle; personnel operations; equipment; raw and auxiliary material; processing method; environment; repair

1 引 言

近年来, TFT-LCD 技术以其低工作电压、低功耗、低辐射、低空间占用率以及轻、薄、美观等优势,

已逐步完全取代 CRT 技术^[1]。作为 TFT-LCD 行业的第一大不良:异物不良,对产品品质的影响约占 95%^[2],直接关系到企业效益。异物不良,是指在生产中存在于空气以及设备当中的微观粒子,在 TFT-LCD 生产过程中,吸附于基板

收稿日期:2017-04-06;修订日期:2017-06-11.

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

表面,影响基板的导光,致使 TFT-LCD 产生的微观不良,影响产品品质。异物不良的改善和管控是每一个液晶面板厂家面临的重大挑战。本文通过分析异物不良的分类和成因机理,并通过生产实践中人员作业改善、设备改善、原辅材改善、处理方法改善、环境改善、维修改善等方面研究了异物改善的方向,收集了大量的数据,创建了一整套系统的改善异物不良的管控模式。

2 异物不良分类

在 Array、CF 以及 Cell 的各工序生产过程中,异物不良根据发生位置和 Size 的不同表现出不同的不良,大致可以分为以下几类(如表 1)^[3]:

第一类:异物落在 Gate/Data/Common 线上或交点处,造成线不良,如 Short、Open、Remain 类等;

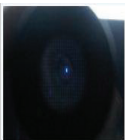
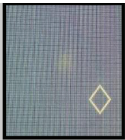
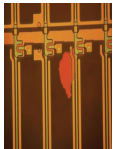
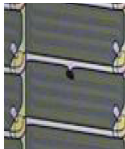
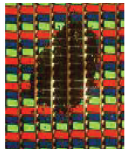
第二类:异物 Size 较小,落在像素区,影响该区域的液晶偏转从而形成 S 级亮点或暗点类不良;

第三类:异物 Size 较大,落在 Panel 内部,形成有 Gap 性的不良,点灯表现为带晕状不良,晕分别呈黄色、白色及黑色,判定为圆形 Particle 和黑白点;

第四类:异物呈散状或线性分布,判定为线性 Particle、Zara Particle 和散状 Particle^[4]。

表 1 异物造成的不良分类

Tab.1 Adverse classification caused by particle

	第一类	第二类	第三类	第四类
点灯照片				
FA 照片				

3 异物发生源头分析

异物不良大小通常都在数微米至数百微米之

间,在洁净间各处均有可能发生。按照其发生来源,可分为以下几类:

(1)人员:现场作业人员由于作业习惯、作业手法等方面存在的差异,在实际的作业中都会存在各种各样的问题^[5](如图 1)。有些是共性的,有些是个性的,各种各样问题的存在,都有可能在一定程度上导致异物的高发。



图 1 人员作业不良习惯

Fig.1 Bad working habits

(2)设备:设备长期运转过程中易造成磨损,带入基板后形成异物不良,这需要日程工作加强点检,及时发现和处理。除此之外,清洗设备是异物改善的关键,是重中之重。主要原因:一是清洗设备主要作用是清洗异物,清洗设备清洗能力的强弱直接关系异物去除^[6];二是湿法清洗设备极易受微生物污染:基板表面的异物被 DIW 清洗后易在清洗设备的 Tank 和管道堆积,形成微生物(如图 2),而微生物在适宜的环境中会以几何倍数迅速繁殖;微生物积累较多后,会不断析出,易导致线性异物高发(短时间快速析出)和圆形异物偏高(长时间缓慢析出)。



图 2 设备内微生物

Fig.2 Microorganisms in equipment

(3)材料:生产过程使用的各项原材料(如液晶、PI 液、Seal 胶等)以及穿戴的辅材(如无尘服、无尘鞋、头套等)的洁净度也是异物的一个重要来源,需要在生产过程中严格管控原辅材的洁净度。

表 2 液晶洁净度管控基准

Tab.2 Cleanliness control benchmark of liquid crystal

Size/ μm	Cleanliness/(ea/mL)
≥ 0.5	< 10
≥ 1.0	< 8
≥ 2.0	< 5
≥ 5.0	不可有

(4)处理方法:在生产过程中,对相同事件的采取不同的处理方法,通常会导致不同的影响,例如碎片处理方法、物料准备手法等。以碎片异常为例(如图 3),碎片发生时,基板碎裂形成各种粒径的玻璃碎屑,位置非常分散而且部分碎屑由于粒径较小难以被肉眼发现;同时,在碎片处理的过程中,人员大量进出设备,作业幅度较大,对异物发生率也会发生不利影响。在这个异常处理过程中,选择和运用合适的方法,对减少异常带来的影响有着重要的意义。



图 3 碎片异常

Fig.3 Abnormity of fragment

(5)环境:环境可分为洁净间大环境和设备内小环境。目前洁净间大环境保持较高洁净度方式主要为:厂房 FFU(Fan Filter Unit,风机过滤机组)按一定速率向环境吹气,并通过回风夹道的回气带动洁净间空气的循环和净化^[7]。设备内 EFU(Fan Filter Unit in Equipment,安装于设备内的风机过滤机组)与 FFU 作用相同,通过气流循环来净化设备内空气,但是由于空间较狭窄,气流循环不畅时易形成局部涡流。因此,环境本身的洁净度以及自我净化的速度对异物的形成、转移和净化有着重要的影响。

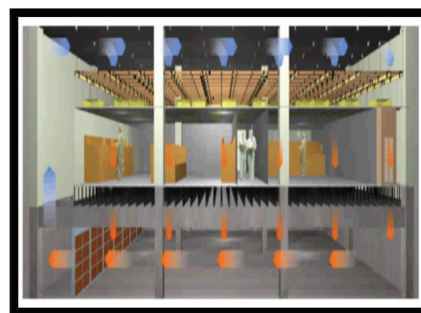


图 4 洁净间气流循环

Fig.4 Air circulation in clean room

4 异物改善研究

如上所述,异物主要受人员作业、设备、原辅材、处理方法、环境等因素影响;另一方面,通过出货端的维修改变异物的大小和高度,提升基板等级,对异物改善也有重要的意义。

4.1 人员作业改善

TFT 行业虽然自动化程度很高,但是在部分工艺人员作业还是比较频繁的,为了尽量避免人员间差异化作业导致的异物高发,这就需要给现场作业人员制定统一标准,实现作业标准化^[8]。

本论文的创新之处在作业标准化的实施上:设立专业性的稽查组织,专门负责各项措施的落实情况。对稽查人员严格培训,提升稽查人员的技能,并对人员定期考核。另一方面,在监督措施的实施过程中,不断对现场的作业人员进行教育

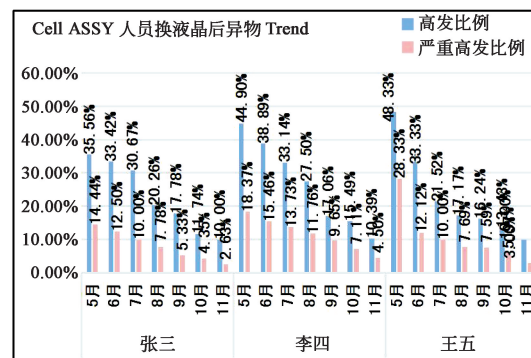


图 5 Cell ASSY 换液后异物不良趋势

Fig.5 Particle trend after changing liquid crystal in Cell ASSY

备注:以换液后前 5 个 Lot 平均发生率(α)与整批次发生率(AVE)比较; $\alpha \geq 3$ 倍 AVE,严重高发; 1.5 倍 AVE $\leq \alpha < 3$ 倍 AVE,一般高发; $\alpha < 1.5$ 倍 AVE,不高发。

和改善,促使其提高洁净意识,向标准化作业看齐;同时,通过对比发现和梳理流程中的不足,不断优化和改善流程。如图 5 所示,标准化和专项稽查实施后,人员作业对异物不良影响显著降低。

4.2 设备改善

从提升设备清洗能力和减少微生物污染两方面进行异物改善。

4.2.1 提升设备清洗能力—HPMJ

HPMJ(超高压微细颗粒喷淋清洗)是一种利用高压泵将水加压后用特殊 Nozzle 喷出的超强清洗能力的设备,对 S 级(1~3 μm)Particle 有较强的清洗能力,对高 PPI 产品清洗效果更好,能大幅提升清洗能力。其与一般清洗模組的区别如表 3 所示。

表 3 HPMJ 与一般清洗模組技术对比

Tab.3 Technical comparison between HPMJ and ordinary cleaning units

模組	技术对比
HPMJ	高压: 8~14 MPa 高均匀性: 超精密 Nozzle, 使喷水雾达到 21 μm 量级 去静电: 高压 Pump 产生离子, 去除静电
Rinse	普通 PVC 0.1~0.5 MPa Nozzle, 竖直水柱

在导入 HPMJ 设备后,异物发生率 Trend 如图 6 所示,显著降低。

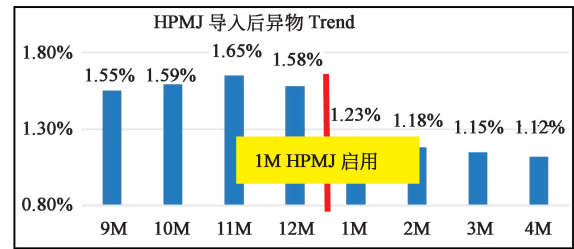


图 6 HPMJ 改善效果
Fig.6 Effect of HPMJ

4.2.2 减少微生物污染^[9]—KOH 清洗

对于微生物的污染去除,一般是采取氧化剂(如 H₂O₂)将其氧化析出或者加入催化剂(如 KOH)促进微生物分解析出。在实际生产中,

H₂O₂类氧化剂对微生物去除效果有限,本论文着重研讨了 KOH 清洗的方法和周期对微生物污染的去除效果。

4.2.2.1 KOH 清洗方法

以 16%浓度的 KOH 洗剂稀释后倒入 Tank,然后循环冲洗 1 h,排掉碱液并用 DIW(Deionized water,去离子水)循环冲洗 30 min,排掉废液并更换 DIW Filter;重复以上流程多次(视 PM 时间合理安排)。为避免冲洗掉的微生物堵塞 Nozzle,可在清洗前将 Nozzle 卸下用超声波清洗。

在 KOH 清洗过程中,可导入高压水枪(水压:10 MPa)冲洗 KOH 清洗不足的地方(腔室内角落和管道连接处等),协助提升 KOH 清洗效果。另外,在 DIW 循环冲洗的过程中,先用 Tank3(直纯水)冲洗管道,最后阶段用 Tank1/2(循环水)冲洗管道,更有利于 KOH 清洗后废液排除,如图 7 所示。

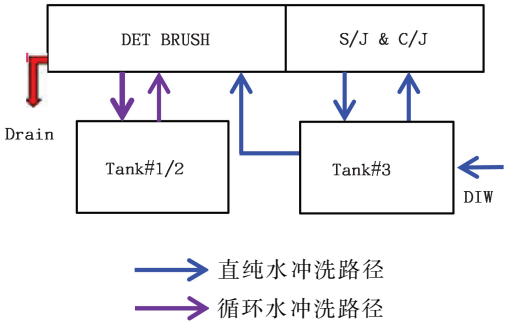


图 7 DIW 循环冲洗
Fig.7 Circulating washing of DIW

KOH 清洗后效果如图 8 所示。

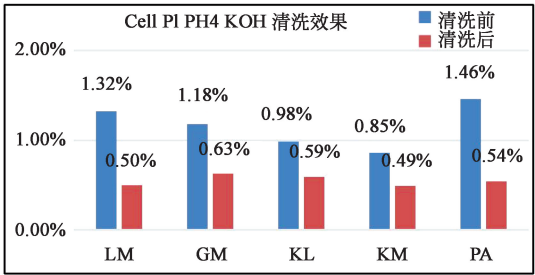


图 8 PI KOH 清洗改善效果
Fig.8 Effect of KOH cleaning in PI

4.2.2.2 KOH 清洗周期

管道经 KOH 清洗后在一定时间内管道洁净度大幅提升,对异物不良降低有较大意义。但随

着时间积累,会在清洗设备的管道内再次聚集微生物,形成新的隐患。而每次 KOH 清洗的时间较长($>12\text{ h}$),对产能有较大影响。制定合适的清洗周期,减少对产能影响同时保证 KOH 清洗效果的持续性有着重要的意义。

以 ASSY PH2 为研究对象,32Inch 各型号为研究型号,观察和分析 KOH 清洗前后的数据变化趋势,结果如图 9 所示。

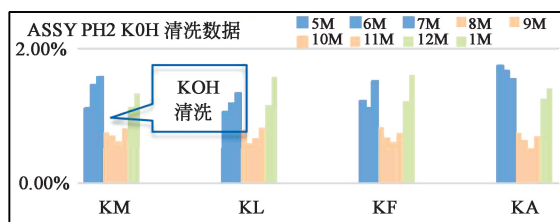


图 9 PI KOH 清洗改善效果

Fig.9 Effect of KOH cleaning in ASSY

由以上研究可知,当 KOH 清洗后第 5 个月时数据开始恶化,KOH 清洗周期制定为 1 次/4 个月。

4.3 原辅材改善

从原材和辅材两个方面进行改善。

4.3.1 原材

以液晶为例,分析原材对异物影响。在生产实践中,不同厂家的液晶在同一款产品的异物发生率有较大的差异。通过和厂家共同检讨,推动 SOP 标准的制订优化和实施、洁净辅材的升级、作业细节的优化、生产布局的调整等措施(如图 10),提升液晶生产环境的洁净度并减少制成过程的污染,对减少原材造成的异物有重要的意义(如图 11)。

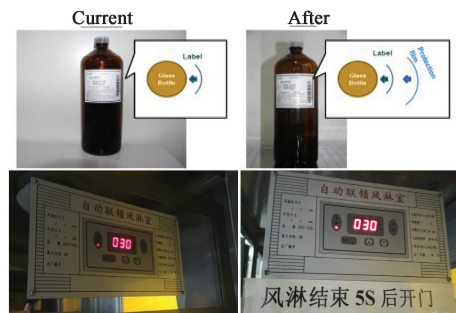


图 10 液晶原材改善措施

Fig.10 Improvement measures of liquid crystal

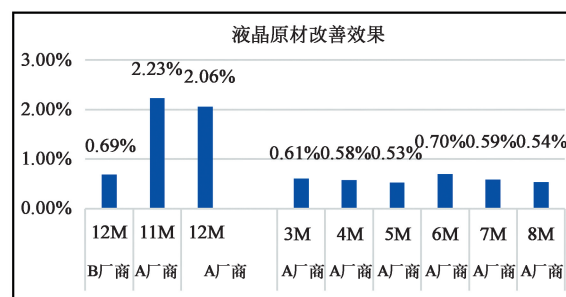


图 11 液晶原材改善效果

Fig.11 Improvement effect of liquid crystal material

4.3.1 辅材

洁净间穿戴的洁净辅材直接与环境和设备接触,在人员进行物料更换或日常清洁等作业时有 Lint 异物掉落风险,其中以无尘服影响最大。原使用的百级无尘服是衣帽分离的,人体身上的异物极易从衣帽连接处散发出去。本研究使用全新理念设计:衣帽一体的十级无尘服,并将无尘服面部开孔率缩减 40%,制造出洁净度更高、对异物管控更为严格的新型无尘服,差异数据见表 4。

表 4 百级和十级无尘服差异比较

Tab. 4 Difference between one hundred and ten clean clothes

差异比较	十级无尘服	百级无尘服
衣帽设计	连体	分离
面料	2.5 mm 白面格	5 mm 白面格
口罩	增加单层口罩	无
空气中发尘量	≤ 50 个/(ft) ³	≤ 400 个/(ft) ³

十级无尘服导入后,Lint 类不良直线下降,如图 12 所示。

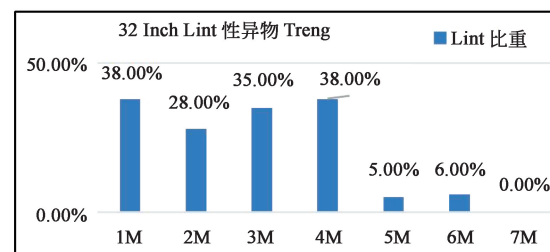


图 12 十级无尘服设计及其对异物影响

Fig.12 Design of ten clean clothes and its influence on particle

4.4 处理方法改善

以碎片为例,研究不同处理方法对异物的影响。碎片发生时,基板碎裂形成各种粒径的玻璃碎屑,位置非常分散而且部分碎屑由于粒径较小难以被肉眼发现;同时,在碎片处理的过程中,人员大量进出设备,作业幅度较大,对异物发生率也会发生不利影响。

通过研究,发现:制定并优化碎片流程,优化碎片处理工具(导入真空吸管转接头等),尤其是增加 Dummy 流品数量对减少碎片导致的异物不良有重要意义。(如图 13 所示,以碎片后 5 个 Lot 异物平均发生率作比较)经过测试,碎片后进行 80sh Dummy 流品可最大程度减少碎片异常影响。

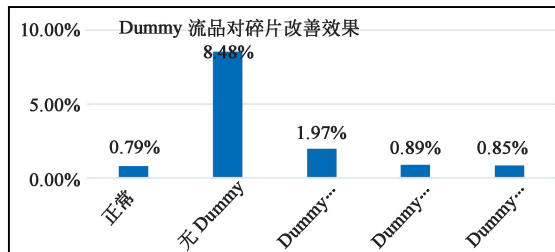


图 13 Dummy 流品对碎片改善效果

Fig.13 Improvement effect of fragmentation with dummy flow

4.5 环境改善

在环境改善的过程中,易遇到局部区域负压的难题:气流方向从洁净间 3F → 4F,存在气流紊乱、环境中异物随气流移动进入设备进而带入最终产品中的风险。导入强排地板 (ACF, Access floor Chemical Filter unit) 可解决局部气流逆流的难题(如图 14)。

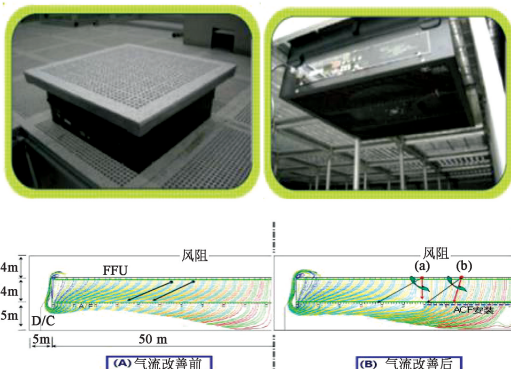


图 14 强排地板构造和原理

Fig.14 Construction and principle of ACF

强排地板是将空气过滤器安装于地板内部形成一体化结构的新型工具,主要是利用内置风扇高速旋转的作用改变气流的走向,从而达到改善洁净间和设备的偏流现象及换气量,还可清除异味,气体、颗粒等污染物。其构造及原理和实际应用效果如图 15 所示。

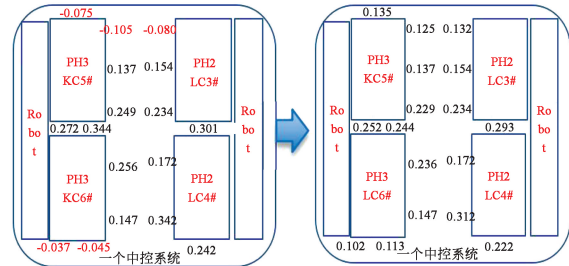


图 15 强排地板对气流改善效果

Fig.15 Effect of air flow with ACF

4.6 维修改善

维修是采取某种方式使异物发生形变使不良变小或者消失达到提级的目的^[10]。本文所指的按压维修,就是采用压力研磨计,通过一定压力按压不良位置,使异物发生形变,从而使 Cell 盒厚达到 Spec In,实现不良级别 N 级提升到 P/S/Q 级。在实际应用中,通过按压压力测试、优化维修工具、维修手法提升等举措,维修对良率的贡献保持在 0.20% 左右(如图 16 所示)。

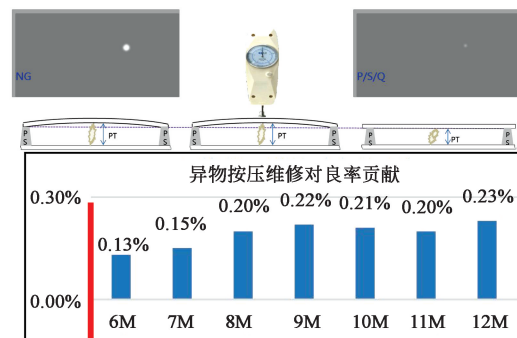


图 16 异物按压维修原理及对良率贡献

Fig.16 Principle and contribution to yield of press repair for particle

5 结 论

通过以上研究和分析,我们总结出一套系统的改善异物的思路和方法。这套方法就是从人机料法环和维修改善等方面出发,将现场管理和技

术手段结合。通过强化现场管理实现现有能力的最大化;强化现场人员管理降低人员作业影响,认真实施管道清洗方案并不断优化,对原辅材的洁净度加强管控减少原辅材影响,对维修人员的手法加强管控和教育;同时通过开拓和创新新的技术手段将现有能力提升至一个新的水平;导入清洗能力更强的清洗设备,导入更优的管道清洗设备和微生物预防设备,导入更优的气流监控设备,

检讨和导入更优的维修设备。

通过这套管理和技术结合的思路和方法,在一年半的时间内实现 Cell 异物由 1.48%降低至 0.64%,降低 0.84%,年收益达 4800 万人民币左右,大力的提高企业的效益和竞争力。为了生产出更低的异物不良产品,需要管理者从管理和技术双方向努力研究,深耕细分、颠覆创新,这也是本研究最有意义和最具价值的地方。

参 考 文 献:

- [1] 彭志红,袁野,林韵英,等.国内液晶显示技术的发展概况[J].电视技术,2013,37(S2):425-426.
PENG Z H, YUAN Y, LIN Y Y, *et al.* Development review of crystal liquid display in China [J]. *Video Engineering*, 2013, 37(S2): 425-426. (in Chinese)
- [2] 张钟石,高章飞,刘俊豪.一种新型 TFT-LCD 行业异物监控与反馈系统[C]//2014 中国平板显示学术会议.南京:中国光学学会电子行业协会液晶分会,中国物理学会液晶分会,中国电子学会,2014:462-465.
ZHANG Z S, GAO Z F, LIU J H. A new type of foreign TFT-LCD industry monitoring and feedback system [C]//*Chinese FPD Conference*. Nanjing: The Chinese Institute of Electronics, 2014: 462-465. (in Chinese)
- [3] 叶超前,钮曼萍,王祥臻,等.TFT-LCD 行业 Particle 管控和改善方法研究[J].电子世界,2016(14):198-199.
YE C Q, NIUM P, WANG X Z, *et al.* Research on Particle control and improvement method in TFT-LCD industry [J]. *Electronics World*, 2016(14): 198-199. (in Chinese)
- [4] 刘利萍,吴涛,刘俊豪,等.小尺寸 FFS 产品 Zara 分析与改善研究[J].液晶与显示,2014,29(5):697-702.
LIU L P, WU T, LIU J H, *et al.* Analysis and improvement of small size FFS mode Zara defect [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2014, 29(5): 697-702. (in Chinese)
- [5] 杨宏强.现场管理的常用方法及其特点[J].管理工程师,2012(3):4-11.
YANG H Q. Common methods and characteristics of field management [J]. *Management Engineer*, 2012(3): 4-11. (in Chinese)
- [6] 刘永恒.液晶显示器的清洗技术[J].洗净技术,2004,2(3):38-47.
LIU C H. LCD cleaning technology (1) [J]. *Cleaning Technology*, 2004, 2(3): 38-47. (in Chinese)
- [7] 元荣载,李丽,李政良.通过 LCD 洁净间气流改善提升良品率[J].洁净与空调技术,2012(1):9-13.
YUAN R Z, LI L, LI Z L. Increase TFT LCD yield by improvement of clean room airflow [J]. *Contamination Control & Air-Conditioning Technology*, 2012(1): 9-13. (in Chinese)
- [8] 李朝晖.现代企业成本管理存在的问题及应对策略[J].商场现代化,2007(4):149-150.
LI Z H. Problems and countermeasures of modern enterprise cost management [J]. *Market Modernization*, 2007(4): 149-150. (in Chinese)
- [9] 金颖珊.浅谈室内微生物污染及防治[J].生物技术世界,2015(10):34.
JIN Y S. On indoor microbial contamination and its prevention and cure [J]. *Biotech World*, 2015(10): 34. (in Chinese)
- [10] 王新新,徐江伟,邹伟金,等.TFT-LCD 缺陷检测系统的研究[J].电子测量与仪器学报,2014,28(3):278-284.
WANG X X, XU J W, ZOU W J, *et al.* Research on detection system for TFT-LCD defects [J]. *Journal of Electronic Measurement and Instrument*, 2014, 28(3): 278-284. (in Chinese)

作者简介:黎关超(1984—),男,湖北通城人,硕士,高级工程师,主要从事液晶显示面板的产品良率监控及不良解析和改善工作。E-mail:liguanchao@boe.com.cn