



中国首款量产印刷屏亮相国际大展 像印报纸一样造屏幕

湖北日报讯（记者张真真）当地时间3月3日，世界移动通信大会在西班牙巴塞罗那（简称“巴展”）开幕。这一全球通信领域极具规模和影响力的展会上，中国首款量产印刷OLED 4K显示屏亮相，引发业内广泛关注。

这一印刷屏由TCL华星历经11年研发，在其武汉基地实现量产。

印刷造屏技术及工艺，是相较于常用的蒸镀工艺而言。蒸镀工艺，是在复杂的真空腔体内，把粉末状的红绿蓝发光材料加热成气体，再通过掩膜版精确凝固到玻璃基板的指定位置，通电后点亮发光材料实现多彩显示。而印刷工艺，就像一台高精度的打印机，通过喷嘴将液态发光材料精准地滴在目标位置，像印报纸一样造屏幕。

“印刷造屏最显著的优势是节约材料，降低生产成本。”TCL华星印刷OLED中心的中心长曹蔚然介绍，蒸镀工艺中，绝大部分材料会残留在掩膜版上，利用率不到30%，而印刷工艺能达到95%以上。

更重要的是，印刷工艺用来生产中大尺寸OLED屏幕，有着独特优势。蒸镀工艺用到的掩膜版仅微米级厚，相当于头发

丝的数十分之一。生产中大尺寸屏幕就要把掩膜版做大，效果很难保证。而印刷OLED技术，只需要增加喷头等设备即可。

曹蔚然介绍，印刷造屏需要重新研发材料和设备，来满足极致的工艺要求：1毫升的液体需分成10亿滴，每秒滴下4万次，每一滴都精准无误，确保铺展、干燥后完全均匀。

2013年，TCL华星启动印刷OLED显示屏研发。历经11年突围，这项技术终于推开了市场的大门。2024年11月16日，TCL华星宣布，国内首支投产的印刷OLED显示屏产线，在武汉基地实现量产。

巴展上展示的，正是这款“武汉造”。这款OLED 21.6吋专业显示屏，采用4K高分辨率，性能提升的同时降低蓝光辐射，DCI-P3色域覆盖率超过99%，目前应用在高端医疗显示领域，已向客户交付。

二十世纪八九十年代起，显示屏产业在全球兴起。从LCD、LED到OLED，在美国、日韩到中国，我国显示行业一直在追赶。“印刷OLED技术，是目前显示行业里第一个由中国企业引领全球进入到商用阶段的技术。”TCL华星官方这样表述。



TCL华星武汉基地展厅内，模拟智能汽车驾驶舱内，各种尺寸形状的显示屏。（湖北日报全媒体记者 魏铖 摄）

TCL华星首款量产印刷OLED 4K专业显示屏（21.6吋）



“追赶了几十年，我们终于穿越无人区”

湖北日报全媒体记者 张真真

“早期我们也有过摇摆，并不是所有人都支持印刷OLED，还有人建议跟进LG Display或三星的方向。”3月5日，TCL华星印刷OLED中心的中心长曹蔚然回忆说。

路线之争

2013年，LG Display用蒸镀工艺产出55吋OLED屏，迅速引发业界关注。LG Display采用“白光OLED”技术，即通过蒸镀三层白光材料，再加上滤光片，实现红绿蓝三色显示。此后，三星主导的“蓝光OLED”方案也是类似，蒸镀3层蓝光材料，覆盖量子点材料，转换成红绿颜色，称为QD-OLED。

走出自己的路并非易事。TCL曾有过惨痛的教训——2004年，在电视技术从CRT（显像管）向LCD（液晶屏）过渡时，由于对技术趋势的误判，公司2年内亏损超20亿元。

“但是，技术创新没有捷径可走，只有依靠自主研发、人才储备和长期的投入。”争论之时，TCL创始人、董事长李东生一锤定音。

追随意意味着专利和供应链受制于人。放眼中国屏幕生产企业，许多公司跟随三星，投资了数百亿元建设蒸镀产线。结果三星轻松盈利，中国企业的产线却长期亏损。

方向明确，TCL华星2014年与TEL合作，利用爱普生研发的打印设备，成功制作出了31吋OLED屏幕样品，并成功点亮，初步验证了印刷OLED技术的可行性。

2015年，TCL投资印刷OLED设备公司Kateeva，组建4.5代印刷OLED实验产线。到2017年，TCL华星开发出31吋透明印刷OLED屏幕，进一步验证了技术的可行性。

量产困境

2019年，TCL华星的小尺寸OLED屏幕产线t4在武汉量产，积累7年的OLED研发中心把重心转向印刷OLED工艺，调动更多专家筹备量产。

然而，筹建量产线的难度极高。技术的瓶颈、供应链的不完善，像一道道壁垒，阻挡着前进的脚步。

“在印刷OLED领域，一个环节的供应商只有一到两家。”2014年加入研发团队的郝鹏说，“结果是处处博弈不过人家，价格难谈、交付时间无法保证，还不一定能满足规格要求。而且，出了他们那个门，不一定找到东西。”团队全球遍访几乎所有可能的供应商，每个月测试的器件和材料数以千计，为量产提供依据。

曹蔚然还记得，参加国际展会时，他们常常带着多块屏幕，因为一块屏幕显示没多久，就会出现质量下降。

TCL华星印刷OLED中心面板设计部部长韩佰祥说，印刷过程中，滴加的发光材料容易出现厚度不均的情况，造成“咖啡环”效应，影响显示效果和寿命。

曹蔚然提出用无机阳极材料的新方案，缓解印刷工艺容易带来的成膜均一性问题。“曹蔚然做了很多类似实验，器件性能大幅提升，越来越接近量产的标准。”韩佰祥说。

为了能更实惠地验证量产，TCL华星找到了一个方式：借用JOLED在2019年中建成的量产线当作中试线。JOLED是一家专注于开发和生产用于中小尺寸显示器的印刷OLED面板的企业，总部和工厂位

于日本。

经过艰难谈判，2020年4月，JOLED同意合作，但条件极其苛刻：TCL要向JOLED注资20亿元；合作期仅3年，且只帮TCL华星试产一个产品，最多3期；TCL华星的工程师只能提出需求，后续的产品设计、生产，全部由JOLED完成。

但由于设备老旧，JOLED生产出的屏幕不能点亮。而JOLED的失败，恰恰给了TCL华星工程师更多介入的机会。

2022年5月，无数次失败后，他们终于造出了能点亮的65吋屏幕。

然而，JOLED由于经营问题，于2023年3月27日宣布破产。

经反复沟通，TCL华星买下JOLED产线中的印刷设备，自己建产线。

2023年12月，3000多个集装箱、上万吨的设备，抵达武汉。

“如果只是复刻一遍JOLED产线，不会遇到太多困难，但我们还希望能够改造升级，难度不亚于从头新建一条量产线。”曹蔚然说。拆除、搬运和运输过程中，不少设备的包装破损，进入灰尘。在屏幕生产过程中，灰尘是良率杀手。仅清理烘烤机中的灰尘，就投入数个工程师做了一个多月。

2024年6月的一个深夜，TCL华星10多位工程师守在武汉的屏幕模组车间。他们的面前，是一块孤零零的屏幕。

工程师们穿着包裹严密的无尘服，与每一台设备、每一道工序隔开，这样的环境待上30分钟已是极大考验。

然而，他们盯了3个多小时。终于，屏幕点亮了！

工程师们挥舞着拳头，紧紧相拥。11年，他们成功了！

时代突围

1877年，德国物理学家奥托·雷曼（Otto Lehmann）首次观察到液晶化现象。这一意外的发现，让液晶成为显示万物的全新窗口，也衍生出一个庞大的显示产业链条。

20世纪60年代，美国无线电公司（RCA）在实验室研发出液晶显示器。20世纪八九十年代，显示屏产业化在全球迅速兴起，从LCD、LED到OLED屏幕，中国显示企业一直在沿用国际巨头的技术和工艺。

“印刷OLED技术，是目前显示行业里第一个由中国企业引领全球进入到商用阶段的技术。”TCL华星官方这样表述。

“追赶几十年，我们终于在显示技术的某些领域，穿越了无人区。”长期关注科技发展的华中科技大学公共管理学院教授钟书华说。

曹蔚然介绍，量产经过持续优化，印刷OLED技术分辨率已突破至300PPI以上，光学效率相较第一代材料提升了2倍。“未来，我们将通过持续技术创新和研发投入，逐步推动印刷OLED在全尺寸主流电子消费产品上的普及，提高在中尺寸应用的拓展和渗透率。”

同时，TCL华星牵头，联合武汉精立电子技术有限公司、武汉市精微科技有限公司、广州华睿光电材料有限公司、华中科技大学、武汉市新型显示科技成果转化中试平台，共同组建了武汉市新型显示产业创新联合实验室。该实验室将打造印刷OLED技术研发和产业化核心平台，重点攻克印刷OLED的量产工艺、材料研发和设备开发等核心技术，推动武汉成为全球印刷OLED技术的研发和制造中心，带动湖北新型显示产业链的升级与发展。

自2014年在武汉投资建设显示面板基地以来，TCL华星在汉显示面板投资已近800亿元。近日，全国人大代表、TCL创始人、董事长李东生撰文纵论提升核心能力、实现跨越发展。

坚定发展信心 提升核心能力 实现跨越发展

全国人大代表
TCL创始人、董事长 李东生

过去一年，中国经济稳中有进，高质量发展扎实推进。习近平总书记在今年举行的民营企业座谈会上提出，新时代新征程民营经济发展前景广阔、大有可为，广大民营企业和民营企业家大显身手正当其时。李强总理在政府工作报告中提出，有效激发各类经营主体活力，坚持和落实“两个毫不动摇”，扎扎实实落实促进民营经济发展的政策措施。习近平总书记的重要讲话为民营经济发展指明了方向，大大提振了民营企业信心，我深受鼓舞。

在此背景下，企业要如何实现企业高质量发展？作为科技制造企业，我认为要以全球领先为目标，战略引领、创新驱动、先进制造、全球经营，推动企业持续发展。

首先，战略引领产业转型升级，推动企业持续发展。企业发展要站高望远，看到未来三五年产业和市场的趋势。TCL每年滚动更新5年的发展战略规划，安排新项目投资和新产业布局，让企业持续发展。过去5年，TCL整体营收（TCL实业与TCL科技两个产业集团）从1528亿元到3126亿元，年均增长率达15.3%。

其次，加强创新驱动，特别是从0到1的原发性技术突破。技术创新是在行业内卷中脱颖而出的有力手段，所谓“创新破万卷”。TCL持续加大研发投入，年投入达140亿元，累计申请专利11.3万件，其中30%用于基础技术研发。AI技术的发展为中国企业提供了新的追赶机会，尤其是在新材料和新工艺领域，AI大模型帮助中国企业绕过传统壁垒，加速技术突破。与此同时，技术专利能力也是进入国际市场的“敲门砖”，随着全球市场份额的提升，中国企业面临更多专利壁垒挑战。通过提升技术能力，逐步实现专利收支平衡，为海外业务拓展保驾护航。

第三，加快发展先进制造，推动新型工业化。先进制造是制造业由大变强的必由之路。企业要实现从规模扩张向技术引领、价值创造的转变，就要通过AI、大数据等数字技术，开发工业软件和高端装备，构建新型工业化能力。TCL华星建立了星智大模型，有力提升企业效率效益，2024年创造经济效益达5.4亿元。未来，TCL将投资建设企业AI算力中心，将AI与生产制造及产品技术研发深度融合，构建更加完善的智能制造体系，推动制造业向智能化、绿色化、高端化方向迈进。

第四，坚定全球化经营，实现从中国公司向全球化公司的跃变。近年经济全球化格局发生深刻变化，但中国工业产出占全球超过30%，而国内市场仅能吸纳20%，因此必须坚定全球化战略，通过全球市场实现更大价值。中国企业要调整全球化方式，从输出产品转向与当地共建工业能力，以全球化经营打破贸易壁垒。TCL坚定推进全球化战略，构建全球产业链，深化海外本土经营。过去5年，TCL海外营收增长持续高于国内增长，出口也保持较高增速，企业海外营收年均增长率超19%，出口增长率达17.8%。2月20日，TCL正式成为奥林匹克全球合作伙伴，开启企业全球化的全新篇章。未来TCL将借助奥运平台，以科技赋能体育，以体育连接世界，向全球领先企业迈进。

当前，全球产业格局正经历深刻变革，中国企业迎来前所未有的发展机遇。我们用持续扩大投资的实际行动展示民营企业的信心和决心。过去4年，TCL在半导体显示产业累计新增投资1080亿元，今年还将继续加大投资。我坚信，企业要敢于投资未来才能赢得未来！