

量子点显示材料

受益于显示技术进步浪潮

分析师：王剑雨 S0260511080001



020-87574012



wangjianyu@gf.com.cn

分析师：郭敏 S0260514070001



021-60750613



gzguomin@gf.com.cn

分析师：周航 S0260516080006



020-87575171



zhouhang@gf.com.cn

核心观点：

- **量子点：发光性能独特的纳米材料，连接显示行业的现在与未来**

量子点材料可广泛应用于发光器件、太阳能电池、催化、生物标记和生物医学等领域的基础研究和应用开发。在显示领域，量子点显示已经成为有机发光显示（OLED）的重要竞争对手，有可能成为下一代显示技术。

量子点具有发光峰窄、可精确调节发光颜色、发光效率高特点，是LCD显示器的理想改进方案甚至是替代品。量子点发光技术分为两种不同激发方式，分别是量子点背光源技术（QD LCD）和量子点发光二极管显示技术（QLED）。

- **量子点显示：全面提升传统LCD，大屏显示主流技术路线的潜在竞争者**

直至今日，显示器颜色性能表现领域还有很大的改进空间。QD LCD方案是用低成本实现宽色域的理想方案，它可以充分利用并且简化现有LCD液晶面板生产线，生产出高达110%NTSC色域的量子点电视，在色域指标上明显领先于其他显示方案。

QLED的结构与OLED技术非常相似，只是将OLED的有机材料替换成量子点无机材料，同样是由电致发光而无需背光模组，使得产品相比QD LCD技术更轻薄，更节能，同时解决了液晶显示产品固有的漏光、对比度低、可视角度差、响应速度慢等问题，此外QLED具备制造曲面屏的潜质，是显示领域的未来之星。

- **量子点技术商业化进程**

量子点背光源技术（QD LCD）已经比较成熟，目前市场上的量子点显示产品均采用该方案，预计几年内市场规模将迅速成长。

量子点发光二极管显示技术（QLED）技术难度较高，尚未实现商业化，由于QLED性能更为优越，预计相关技术取得突破后，市场空间更大。

- **QD LCD：具备市场潜力，前景向好**

QD LCD市场：预期高速增长，空间广阔。据IHS数据，2015年QD LCD显示产品出货量为170万台，预计到2021年显示产品出货量达到3130万台，年复合增长率62%。而根据显示器供应链顾问公司（DSCC）较为乐观的预测，2016年至2021年量子点电视出货量将从400万台增长至9520万台，年复合增长率高达89%。

QD LCD成本分析：逐步趋近传统LCD，较OLED具备绝对优势。QD LCD中市场规模最大、最成熟的显示方案是QDEF薄膜，其成本变化将显著影响量子点显示的发展。据DSCC预测，随着技术走向成熟，QDEF成本将迅速下降，2016年采用QD LCD背光模组成本与传统LCD背光模组成本相差89%（即77美元），至2021年，该数字将下降为19%（即8美元），同时QD LCD较OLED的价格优势将逐渐扩大。在此过程中，量子点电视的渗透率将得到提升。

QDEF：预计将成为光学薄膜的重要单品。

- **风险提示**

1、量子点电视推广不及预期；2、大量企业进入致行业竞争激烈；3、产品价格下降致盈利下滑。

目录

一、量子点：发光性能独特的纳米材料.....	6
(一) 量子点结构性能概览.....	6
(二) 量子点：具备广阔应用领域的新材料.....	8
二、量子点：连接显示行业的现在与未来.....	11
(一) 量子点背光源技术（QD LCD）.....	12
(二) 量子点发光二极管显示技术（QLED）.....	16
三、量子点显示：全面提升传统 LCD，大屏显示主流技术路线的潜在竞争者.....	22
(一) 色彩标准发展历程.....	22
(二) QD LCD：低成本的宽色域方案.....	25
(三) QLED：显示领域的未来之星.....	31
(四) 量子点显示潜在瓶颈.....	33
四、QD LCD：具备市场潜力，前景向好.....	34
(一) QD LCD 市场：预期高速成长，空间广阔.....	34
(二) QD LCD 成本分析：逐步趋近传统 LCD，较 OLED 具备绝对优势.....	36
(三) QDEF：预计将成为光学薄膜的重要单品.....	39
(四) QLED 市场规模.....	40
五、风险提示.....	40

图表目录

图 1 量子点常用元素及核-壳结构	7
图 2 量子点结构示意图	7
图 3 量子点的光学效应	7
图 4 量子点材料大小与发光颜色对应关系	8
图 5 量子点应用方向	8
图 6 量子点显示领域应用-量子点薄膜	9
图 7 量子点照明领域应用	9
图 8 量子点太阳能领域应用	10
图 9 量子点太阳能能量转换	10
图 10 量子点生命科学领域示意图	11
图 11 三基色合成示意图	12
图 12 绿色、红色量子点生长示意图	13
图 13 液晶电视面板和 LED 背光示意图	13
图 14 量子点光线转换示意图	13
图 15 量子点背光与普通 LED 背光对比	14
图 16 QD LCD 三种封装方法示意图 1	14
图 17 QD LCD 三种封装方法示意图 2	15
图 18 QDEF 结构示意图	15
图 19 On-chip 元件结构	16
图 20 量子点白光发光二极管结构示意图	17
图 21 QLED 元件结构及发光原理	17
图 22 单层混合量子点显微镜图与示意图	18
图 23 多层三色混合量子点示意图与显微镜图	19
图 24 白色单化合物量子点分子结构转变图	19
图 25 相分离技术制备单层量子点过程示意图	20
图 26 喷墨打印示意图	21
图 27 喷墨打印的量子点发光图案	21
图 28 纳米单层转移印花工艺示意图	21
图 29 凹版转移印刷	22
图 30 色域标准发展历程	23
图 31 不同色域标准的色域范围	24
图 32 QD LCD 和传统 LCD 背光结构对比	25

图 33	不同产品显示色域对比	25
图 34	白光 LED (左) 与量子点显示 (右) 对比图	26
图 35	不同 NTSC 色域显示效果对比图	26
图 36	白光 LED 光线过滤示意图	27
图 37	量子点光线过滤示意图	27
图 38	2014 年量子点电视价格	30
图 39	2015 年量子点电视价格	30
图 40	OLED 和 LCD 结构图对比	31
图 41	QLED 和 OLED 的外量子效率对比	32
图 42	QDEF 使用寿命测试	33
图 43	IHS 量子点显示产品出货量预测 (百万台)	34
图 44	DSCC 量子点电视出货量预测 (百万台)	34
图 45	量子点显示终端产品销售量预测 (百万台)	35
图 46	量子点终端显示产品尺寸预测 (百万台)	35
图 47	各封装方式的量子点显示产品销售量预测 (百万台)	36
图 48	量子点显示是否含镉预测 (百万台)	36
图 49	QDEF 成本预测 (美元/平方米)	37
图 50	55 英寸 QD LCD 与传统 LCD 背光模组成本对比	37
图 51	55 英寸不同显示方案成本预测	37
图 52	65 英寸不同显示方案成本预测	38
图 53	75 英寸不同显示方案成本预测	38
图 54	电视价格渗透率曲线	39
图 55	电视面板市场预测 (百万台)	39
图 56	QLED 市场规模预测 (百万美元)	40
表 1	量子点主要合成材料	6
表 2	量子点结构	6
表 3	RGB 三基色对应的 CdSe 粒径尺寸	8
表 4	量子点材料相关参数表	12
表 5	QD LCD 三种封装方法对比	16
表 6	QLED 器材相关参数表	18
表 7	不同色域标准覆盖颜色范围	24
表 8	量子点与 RG 荧光粉对比	28
表 9	量子点与 BG+RPH 对比	28

表 10 QLED、OLED、LCD 性能对比	32
表 11 QLED 应用前景	32
表 12 不同情境下 QDEF 市场规模	40

一、量子点：发光性能独特的纳米材料

(一)量子点结构性能概览

量子点 (Quantum Dot) 是把导带电子、价带空穴及激子在三个空间方向上束缚住的半导体纳米结构。这种约束可以归结于静电势 (由外部的电极, 掺杂, 应变, 杂质产生), 两种不同半导体材料的界面 (例如: 在自组量子点中), 半导体的表面 (例如: 半导体纳米晶体), 或者以上三者的结合。简略地讲, 量子点是由有限数目的原子组成, 三个维度尺寸均在纳米数量级 (1-10nm) 的微粒。

市场上使用的量子点材料多是化合物半导体量子点, 分为 III-V 族量子点材料和 II-VI 族量子点材料, 此外还可以由两种或两种以上半导体材料混合组成。

表 1 量子点主要合成材料

元素半导体量子点	IV 族量子点材料	Si 量子点、Ge 量子点
化合物半导体量子点	III-V 族量子点材料	InAs、InGaAs、InGaN、GaN 量子点
	II-VI 族量子点材料	ZnTe、CdS、ZnO、CdSe 量子点
异质结量子点	两种或以上的半导体材料	CdS / HgS / CdS、CdSe / ZnS 量子点

数据来源: CNKI、广发证券发展研究中心

量子点一般为球形或类球形, 分为单一结构和核-壳结构两种。市场上使用的量子点材料多为核-壳结构量子点。

表 2 量子点结构

单一结构	整个颗粒的组成成分均是均一的量子点	
核-壳结构	I-型量子点	核-壳量子点中核材料的能带隙小于壳材料的能带隙, 如 CdSe / ZnS 量子点, 内核上的电子的限域效应很强, 内核上的电子无法跳到外壳, 该种量子点荧光不受壳表面态的影响, 性能稳定。
	II-型量子点	核-壳量子点中核材料的能带隙大于壳材料的能带隙, 内核上电子的限域效应不强, 内核的电子能跳到壳上, 该种量子点的壳层起不到钝化作用, 因而会使量子点的发射波长红移, 荧光寿命增加。

数据来源: CNKI、广发证券发展研究中心

图1 量子点常用元素及核-壳结构

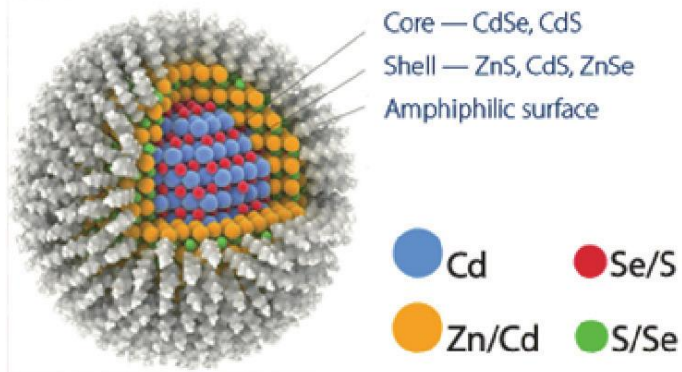
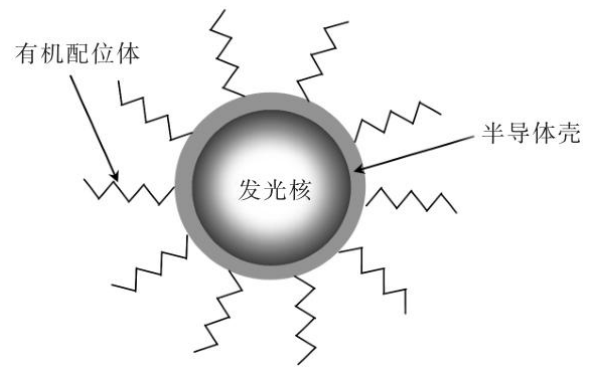


图2 量子点结构示意图



数据来源：CNKI、广发证券发展研究中心

数据来源：CNKI、广发证券发展研究中心

作为一种新颖的半导体纳米材料，量子点具有许多独特的纳米性质，其主要光学性质包括宽吸收峰、窄发射峰、荧光效率、发射波长可调等。其中，最重要的特性是在受到光或电的刺激后，不同材料、不同尺寸的量子点材料可以发出特定颜色的光线。

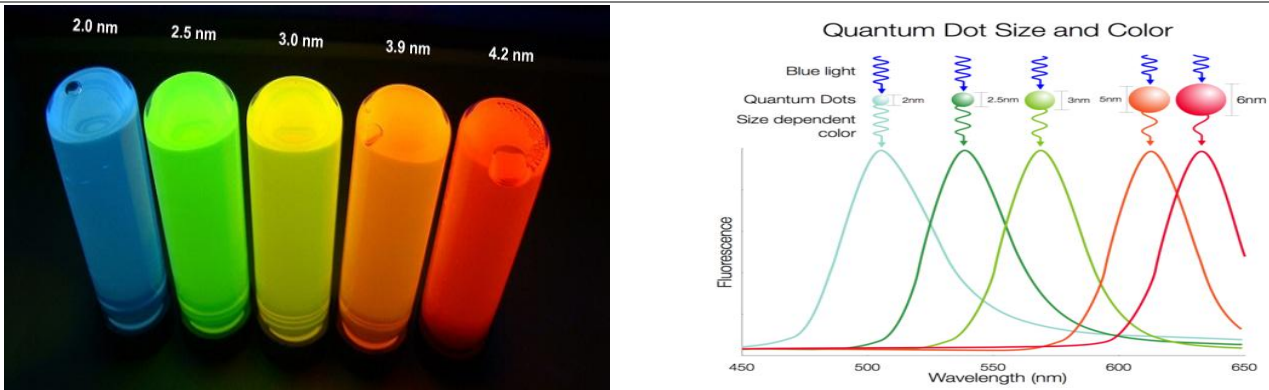
图3 量子点的光学效应



数据来源：纳晶科技、广发证券发展研究中心

简言之，量子点的尺寸越小，所发出的光波长越短，对应的颜色越蓝，相应的大尺寸的量子点发出的光越红。

图4 量子点材料大小与发光颜色对应关系



数据来源: Nanosys、广发证券发展研究中心

表3 RGB三基色对应的CdSe粒径尺寸

三基色	波长/nm	CdSe 粒径尺寸/nm
R (红)	635	6.6
G (绿)	525	2.6
B (蓝)	460	2.0

数据来源: CNKI、广发证券发展研究中心

(二)量子点: 具备广阔应用领域的新材料

利用量子点独特的纳米特性,量子点材料可广泛应用于发光器件、太阳能电池、催化、生物标记和生物医学等领域的基础研究和应用开发。

图5 量子点应用方向

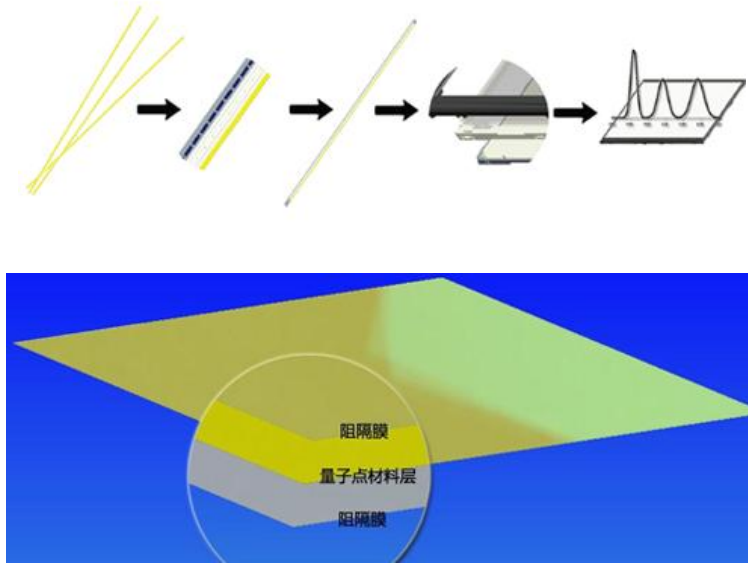


数据来源: Nanoco、广发证券发展研究中心

➤ 显示领域

量子点通过电致发光或光致发光，能够发射出纯净光线，显著增强色彩显示效果，同时降低显示器能耗。量子点显示已经成为有机发光显示（OLED）的重要竞争对手，有可能成为下一代显示技术。量子点显示应用的产品包括光转换元件/光电转换元件、量子点电视、量子点平板电脑、量子点智能手机等。

图 6 量子点显示领域应用-量子点薄膜

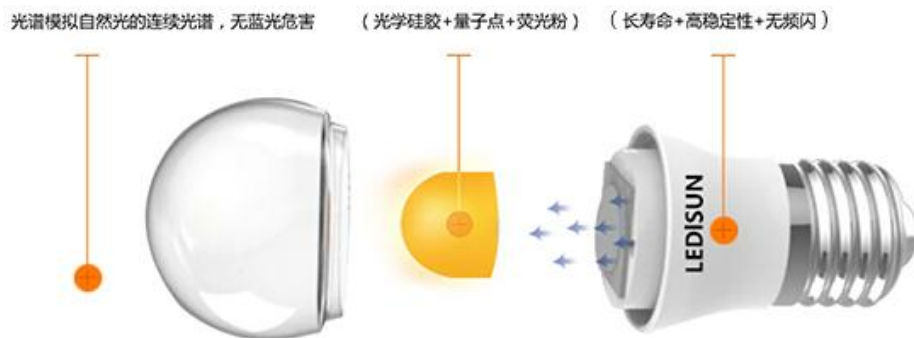


数据来源：纳晶科技、广发证券发展研究中心

➤ 照明领域

量子点照明技术能有效改善 LED 灯面临的照明对象颜色失真的问题，在 LED 灯节能高效、明亮持久的基础上，可以调整颜色和提高光的质量。量子点照明应用的产品包括量子点固态白光光源器件、LED 照明等。

图 7 量子点照明领域应用

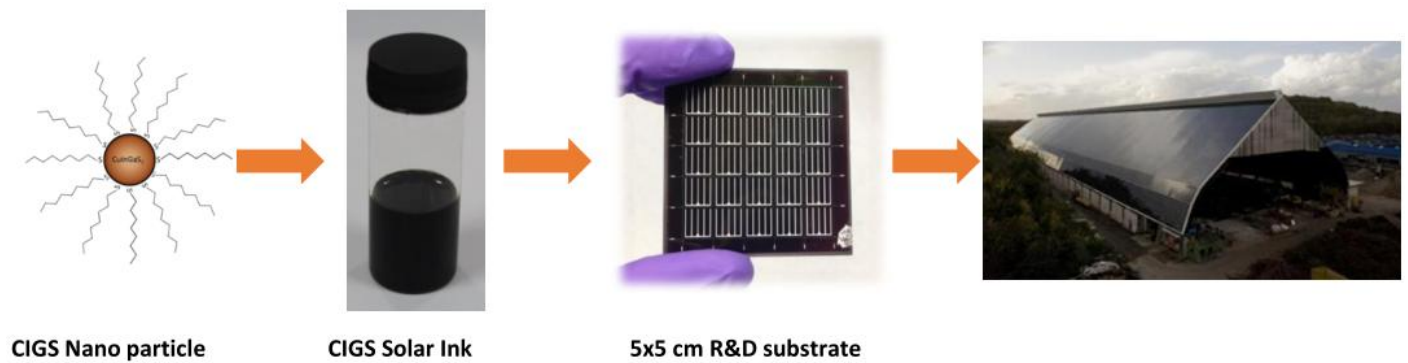


数据来源：纳晶科技、广发证券发展研究中心

➤ 太阳能领域

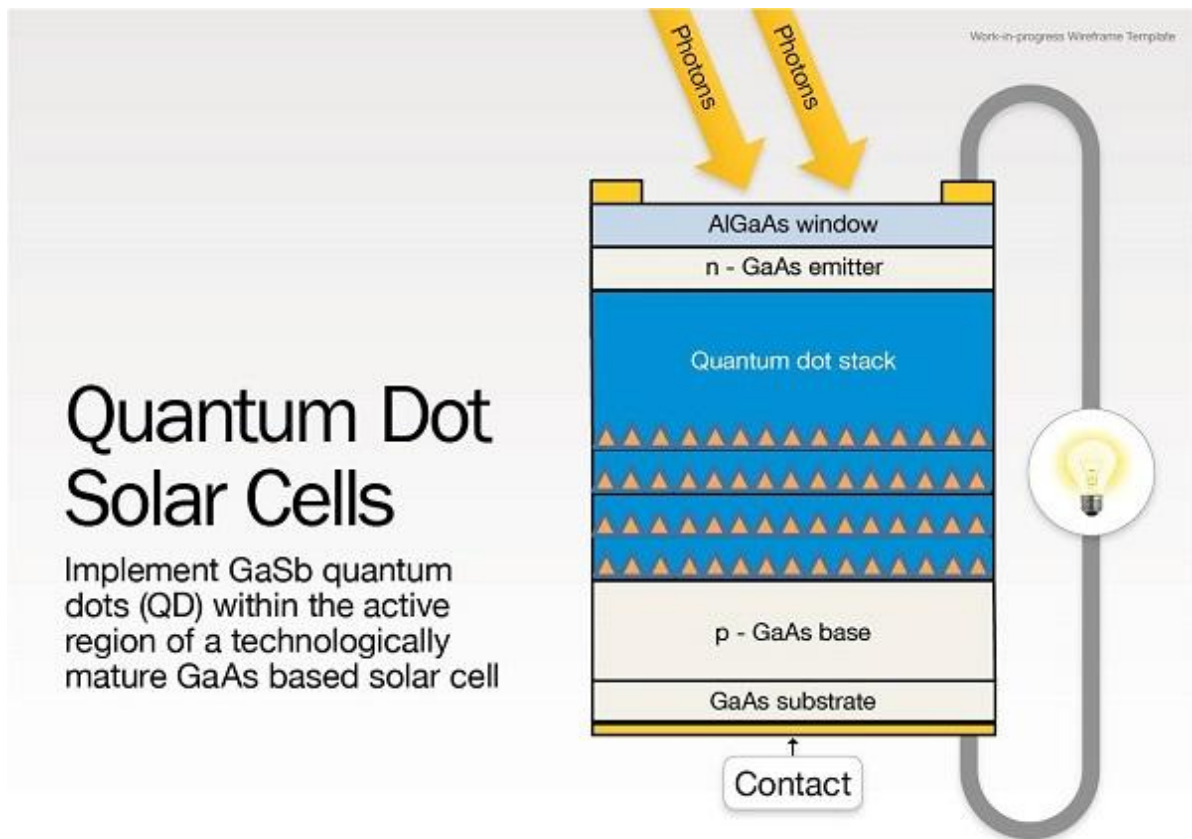
量子点材料本身具有纳米颗粒的多种性质，可以吸收宽范围的太阳能量，将其开发应用于可印刷油墨，未来有望制造出高效、低成本和轻量量的太阳能电池。

图 8 量子点太阳能领域应用



数据来源：Nanoco、广发证券发展研究中心

图 9 量子点太阳能能量转换

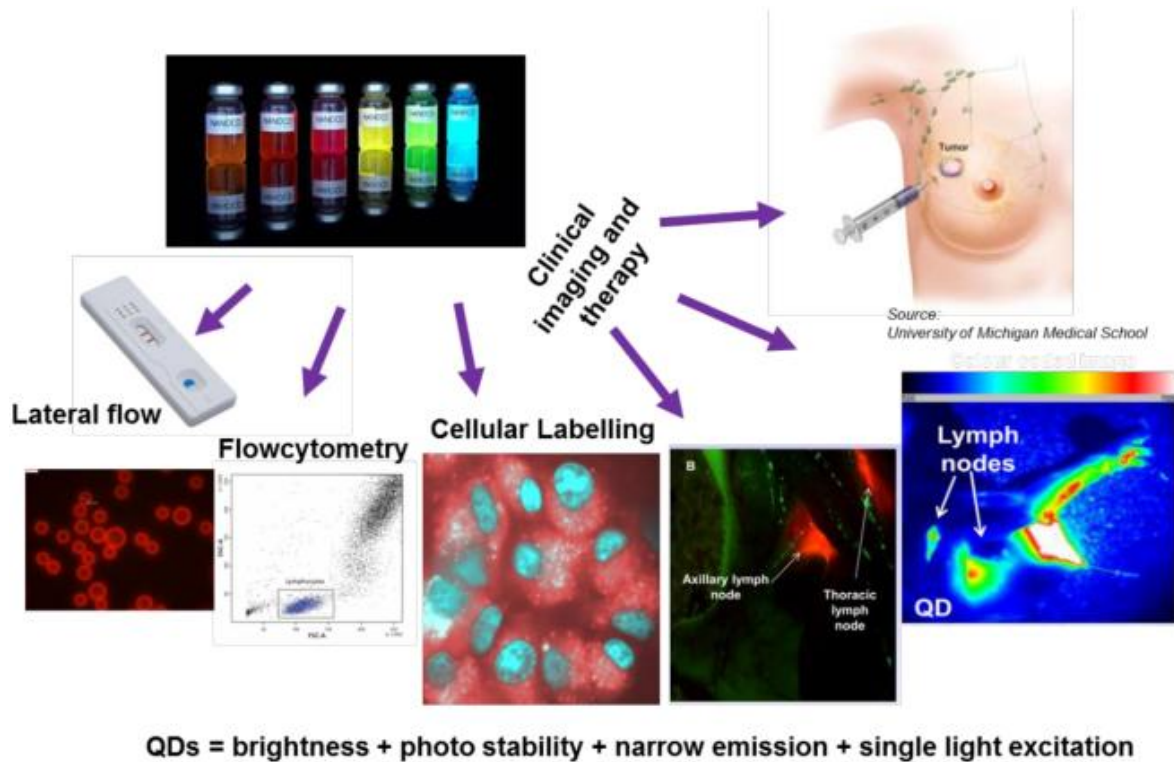


数据来源：Wikipedia、广发证券发展研究中心

➤ 生命科学领域

量子点检测试剂通过结合抗原抗体反应的特异性与量子点荧光的敏感性，可以对抗体或抗原进行定性、定位或定量检测，提供改进的体内和体外生物学成像。

图 10 量子点生命科学领域示意图



数据来源：Nanoco、广发证券发展研究中心

二、量子点：连接显示行业的现在与未来

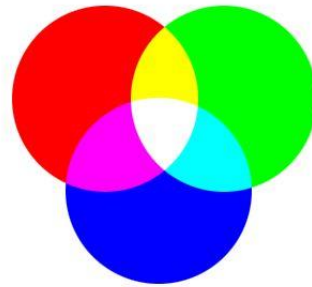
量子点的光学特性由其尺寸和形状决定，通过改变量子点大小可以精确控制其发出的光的颜色，提高发光效率。量子点具有发光峰窄、可精确调节发光颜色、发光效率高等特点，是 LCD 显示器的理想改进方案甚至是替代品。

➤ 量子点显示性质

- 1、色纯度高，发光谱峰较窄且分布对称；
- 2、发射光谱可调，通过控制量子点尺寸和材料可改变其发射波长，进而控制发光颜色；
- 3、色彩表现力好，覆盖的色域大于 100%NTSC；
- 4、发光效率高，量子效率高达 90%，光稳定性好；
- 5、具有实现纳米级像素的潜力，可用于制造超高分辨率屏幕。

量子点显示主要通过混合蓝光、红光、绿光实现白光显示，目前量子点材料中，绿色量子点发光效率最高，红光次之，蓝光最差。

图 11 三基色合成示意图



数据来源：CNKI、广发证券发展研究中心

表 4 量子点材料相关参数表

颜色	中心波长/nm	半峰宽/nm	外量子效率/%	发光效率/lm W ⁻¹	电流效率/cd A ⁻¹
红	640	28	20.5	18	19
绿	526	30	20.3	79	81
蓝	463	24	11.2	5	6

数据来源：CNKI、广发证券发展研究中心

➤ 量子点材料

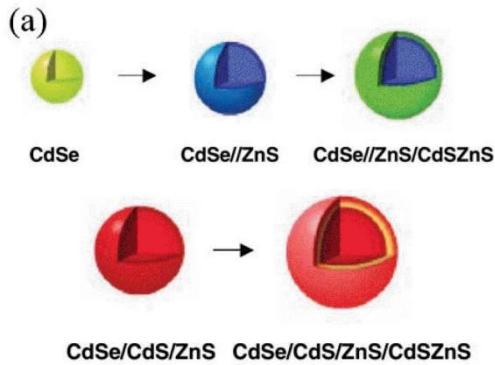
目前使用的量子点材料主要有硒化镉（CdSe）系列和磷化铟（InP）系列，前者主要由 QD Vision 所采用，后者主要由 Nanoco 采用，而 Nanosys 采用磷化铟和镉混合量子点方案。两种量子点各有优劣，硒化镉胜在发光效率高、色域表现力更为宽广；磷化铟则由于不含镉，不受欧盟 ROHS 标准的限制。

量子点发光技术分为两种不同激发方式，分别是量子点背光源技术(QD LCD)和量子点发光二极管显示技术(QLED)，详细介绍如下：

(一)量子点背光源技术(QD LCD)

量子点背光源技术(QD LCD)是一种光致发光技术。利用量子点的发光特性，通过绿色、红色量子点将蓝色 LED 光转化为高饱和度的绿光和红光，并同其余未被转换的蓝光混合得到白光等各种颜色，在屏幕上显示宽广色域的颜色。

图 12 绿色、红色量子点生长示意图



数据来源: Wiley-VCH、广发证券发展研究中心

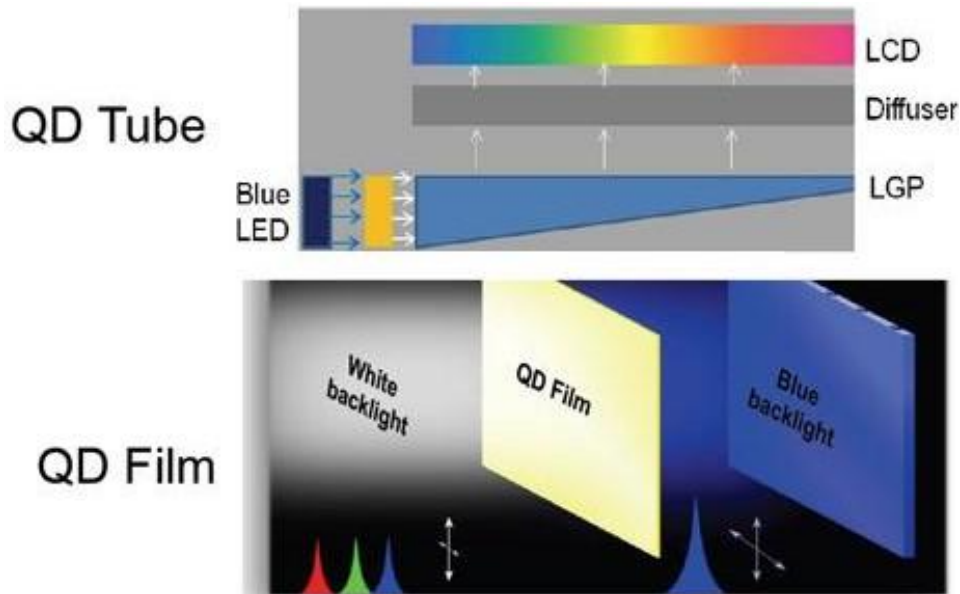
图 13 液晶电视面板和 LED 背光示意图



数据来源: Wiley-VCH、广发证券发展研究中心

量子点背光源技术主要分为管式量子点背光源和薄膜式量子点背光源，前者主要由美国的 QD Vision 生产，称为 Color IQ 光学元件；后者主要由美国的 Nanosys 公司生产，称为 QDEF 薄膜。

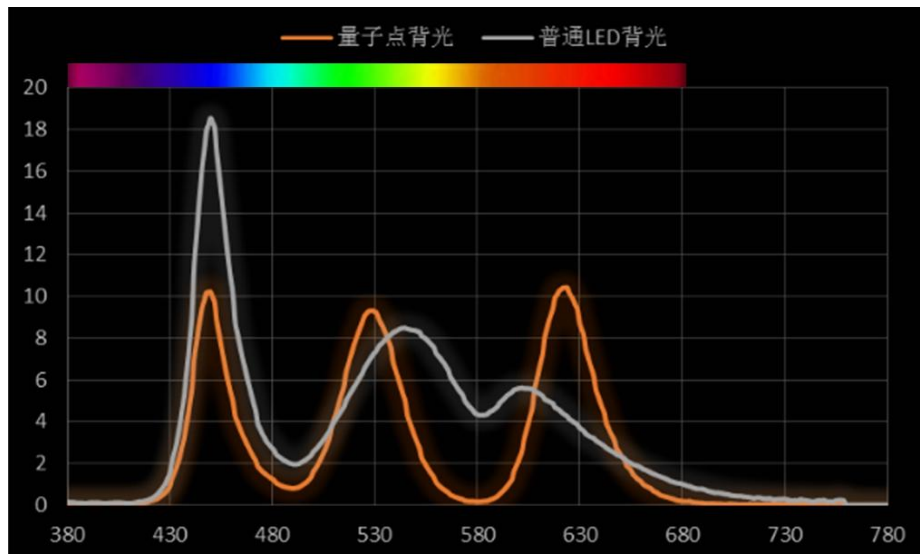
图 14 量子点光线转换示意图



数据来源: Pconline、广发证券发展研究中心

由于三色光由蓝光直接转换而来，量子点背光源相比普通 LED 背光具有更高纯度的三基色，通过调整量子点材料大小分布，可以创造出更真实、更均衡的色彩表现。

图 15 量子点背光与普通 LED 背光对比

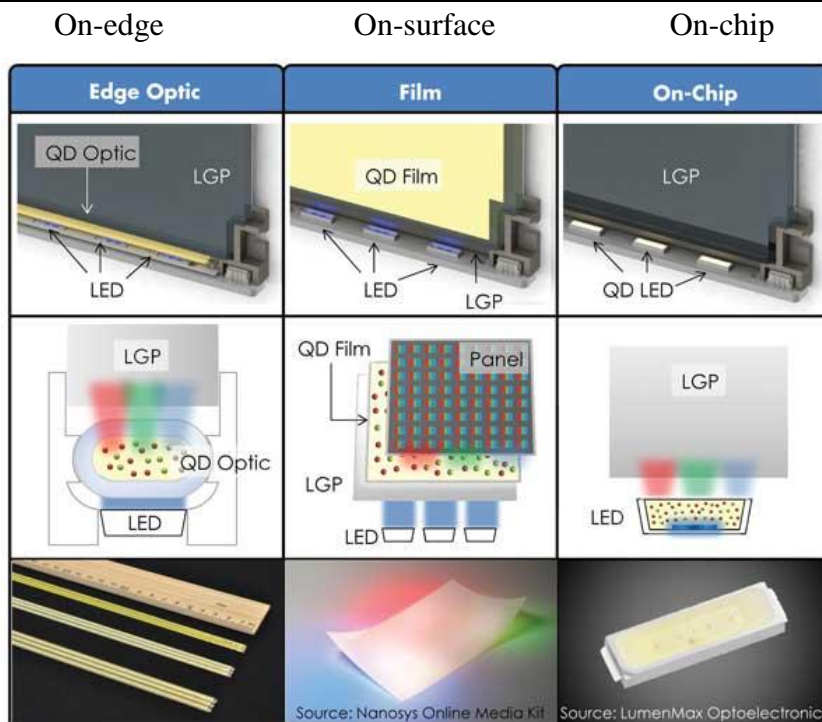


数据来源：纳晶科技、广发证券发展研究中心

➤ QD LCD 三种封装方法

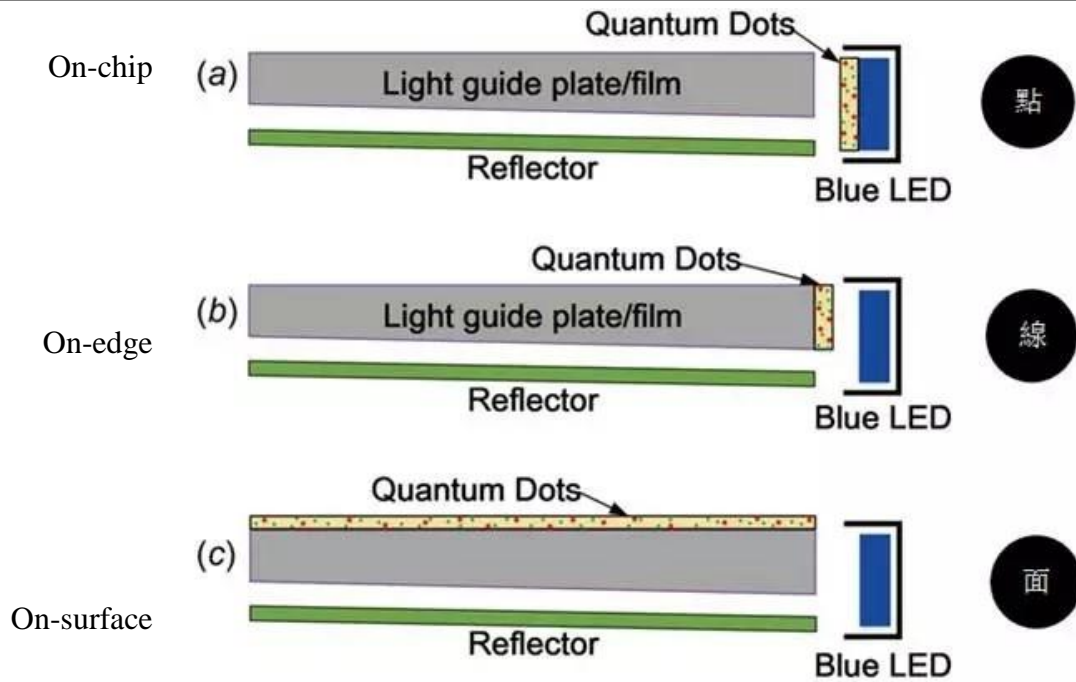
目前主要有三种方法将量子点封装进 LCD 显示器, 分别是 On-surface、On-edge、On-Chip, 对应将量子点材料置于不同的位置。

图 16 QD LCD 三种封装方法示意图 1



数据来源：QD Vision、Nanosys、LumenMax、广发证券发展研究中心

图 17 QD LCD 三种封装方法示意图 2

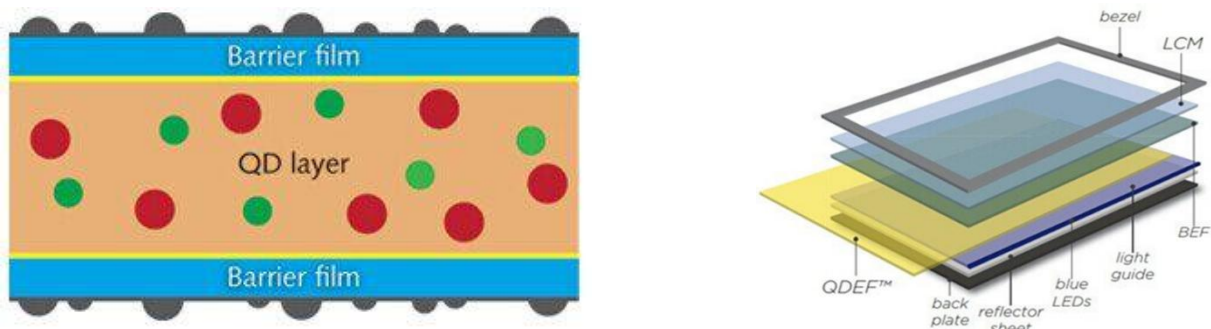


数据来源：E视角、广发证券发展研究中心

第一种封装方法 On-surface 是将量子点嵌入两层氧气阻隔薄膜中，再将量子点薄膜放置于 LED 背光和液晶盒之间。这种方法消耗的量子点材料较多，但技术成熟，近年来三星、LG、TCL 等各大厂商均采用该法。目前主要是 3M 和 Nanosys 的 QDEF 技术，以及 Nanoco 的 CFQD 技术采用这种封装方法。

以 3M 和 Nanosys 的 QDEF 技术为例，其液晶面板最外层覆盖着一层透明、柔性的超薄屏障层膜，厚度仅有 55 μ m，可以有效防止水、氧气对内部量子点膜的侵蚀，水氧穿透率小于 1*10⁻³g/m²/day，其轻薄度、柔韧性、抗撞击性均优于玻璃材质。通过独特的夹层结构设计，有效减小了热量和光通量对量子点的损耗，目前 QDEF 的寿命为 2-3 万小时，3M 预计未来能达到 7 万小时。

图 18 QDEF 结构示意图



数据来源：Nanosys、广发证券发展研究中心

第二种封装方法 On-edge 是将量子点放在密封玻璃管内，置于屏幕边缘的 LED 条上方，由于侧光式 LED 背光相较整个显示屏面积小得多，该方法消耗的量子点较少，约为 On-surface 用量的百分之一，但对量子点的稳定性要求较高。目前主要是 QD Vision 的 Color IQ 技术采用这种封装方法。

第三种封装方法 On-chip 是将量子点直接封装到 LED 管内，可以最大化量子点效率，量子点材料消耗仅约为 On-surface 的万分之一，但是由于这种方法要求量子点材料在高温环境保持稳定，且封装技术要求高，目前行业内暂时没有公司采用这种封装方法。最新的技术方向是在量子点与蓝光源之间留出部分空间，以降低量子点工作温度。

图 19 On-chip 元件结构



数据来源：unima薄膜新材网、广发证券发展研究中心

表 5 QD LCD 三种封装方法对比

指标	On-surface	On-edge	On-chip
量子点耦合方法	置于薄膜上,再覆盖到显示面板表面	置于 LED 管和导光板之间	直接置于 LED 管内
工作温度	接近室温	中等温度	高温 (150°C)
材料用量	大量	中等	少量
优势	1. 适合规模化生产 2. 较小的光通量和较低的温度 3. 容易装配到已有的产品	性能表现和材料要求中等	光转换效率最高
劣势	1. 耗用材料较多 2. 成本较高	1. 装置需要增加额外空间 2. 结构脆弱	1. 材料耐热性要求高 2. 对空气密闭性要求高

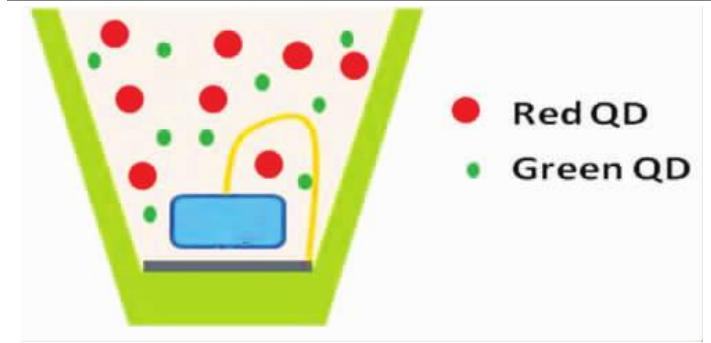
数据来源：Nanoco、广发证券发展研究中心

(二)量子点发光二极管显示技术 (QLED)

QLED 全称是“Quantum Dot light Emitting Diode”，即量子点发光二极管，又名量子屏显示技术，其原理是是将量子点层置于电子传输和空穴传输有机材料层之间，外加电场使电子和空穴移动到量子点层中，电子和空穴在这里被捕获到量子点层并

且重组，从而发射光子。通过将红色量子点、绿色量子点和蓝光荧光体封装在一个二极管内，实现直接发射出白光。

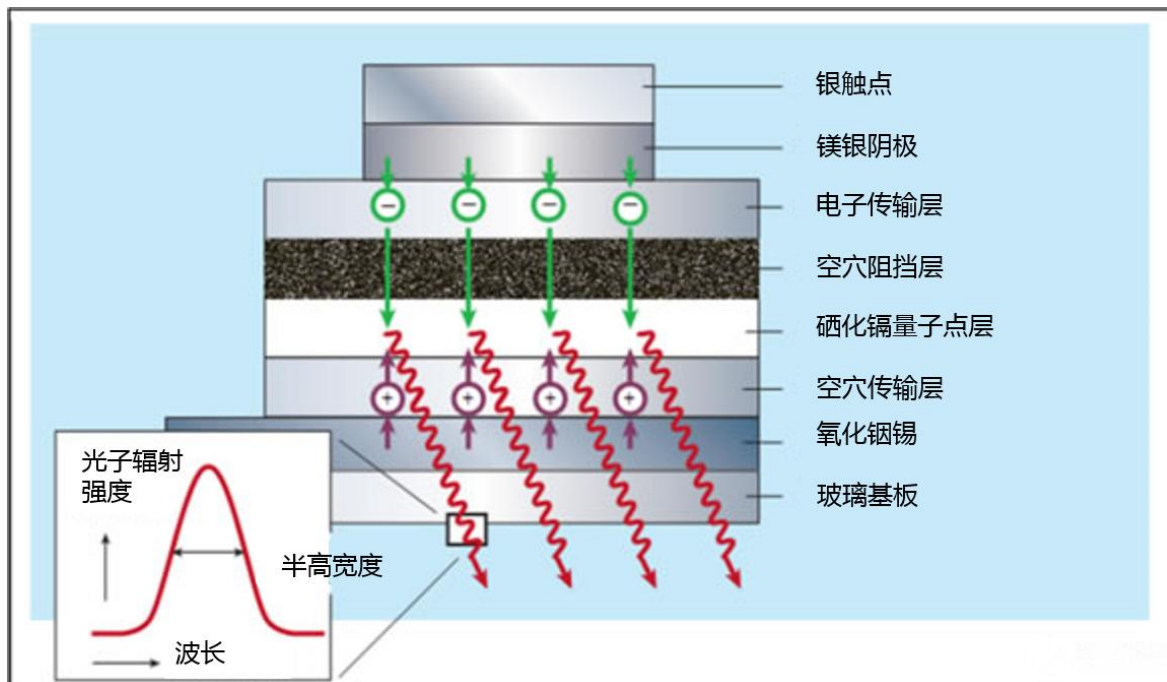
图 20 量子点白光发光二极管结构示意图



数据来源：CNKI、广发证券发展研究中心

QLED 元件是层叠结构，包括玻璃基板、空穴注入层、空穴传输层、量子点发光层、空穴阻挡层、电子传输层等。其结构与 OLED 相似，主要不同在于 QLED 的发光材料为无机量子点材料，而 OLED 采用有机材料。QLED 具有主动发光、发光效率高、响应速度快、光谱可调、色域宽广等特点，而且比 OLED 性能更加稳定，寿命更长。

图 21 QLED 元件结构及发光原理



数据来源：Kimhoejoon、广发证券发展研究中心

目前研究 QLED 显示技术已经成为一大潮流，2016 年国际信息显示学会 SID 论坛上共发表了 37 篇相关文章，其中有 15 篇与 QLED 器材相关。最新的 QLED 器材相关参数如下表所示：

表 6 QLED 器材相关参数表

颜色	中心波长/nm	半峰宽/nm	外量子效率/%	电流效率/cd A ⁻¹	色坐标/CIE1931 (x, y)
蓝	463	24	11.2	6.1	(0.14, 0.05)
绿	526	27	18.3	70	(0.17, 0.73)
红	631	27	12	12.3	(0.69, 0.30)

数据来源：NanoPhotonica、广发证券发展研究中心

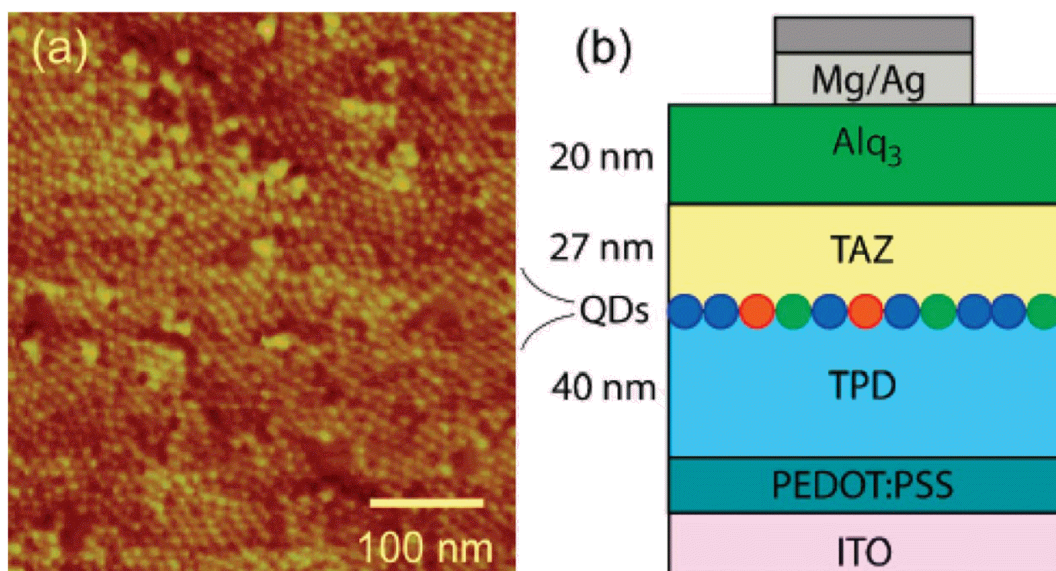
➤ QLED 生产技术原理发展历程

QLED 器件制造方法是通过生产纳米级量子点薄层的工艺，将不同颜色量子点混合或分层堆叠在一起，使其发射的不同光线混合成白光。

早期 QLED 通过有机/无机混合结构将蓝光量子点、绿光量子点和红光量子点混合在单个薄层里。通过调节白光光谱，在其 CRI 值为 86 时，外量子效率 (EQE) 达到最大值 0.36%。

下图是原子力显微镜 (AMF) 下显示了 40nm 厚的 4-丁基苯基-二苯基胺 (TPD) 膜上形成约 1.1 个单层蓝色量子点。

图 22 单层混合量子点显微镜图与示意图

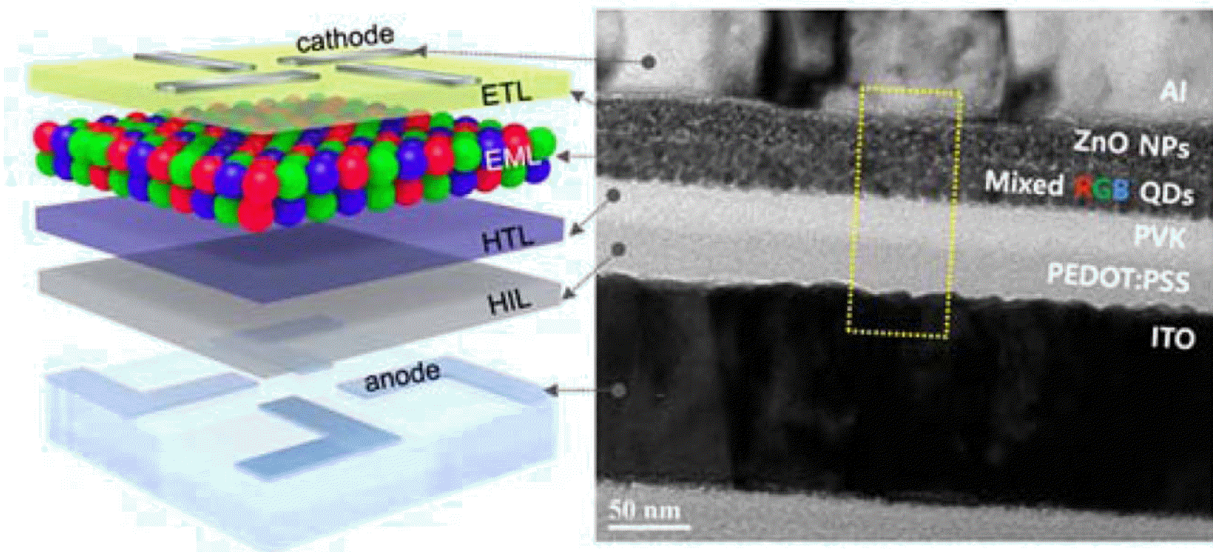


数据来源：ACS、广发证券发展研究中心

现在发展出多层量子点混合旋涂工艺，包括二色（蓝色和黄色）、三基色（蓝色、绿色和红色）、四色（蓝色、青色、黄色和红色），下图的三色量子点 QLED 的

显示亮度达到 23000cd/m^2 ，外量子效率（EQE）达到 10.9%。

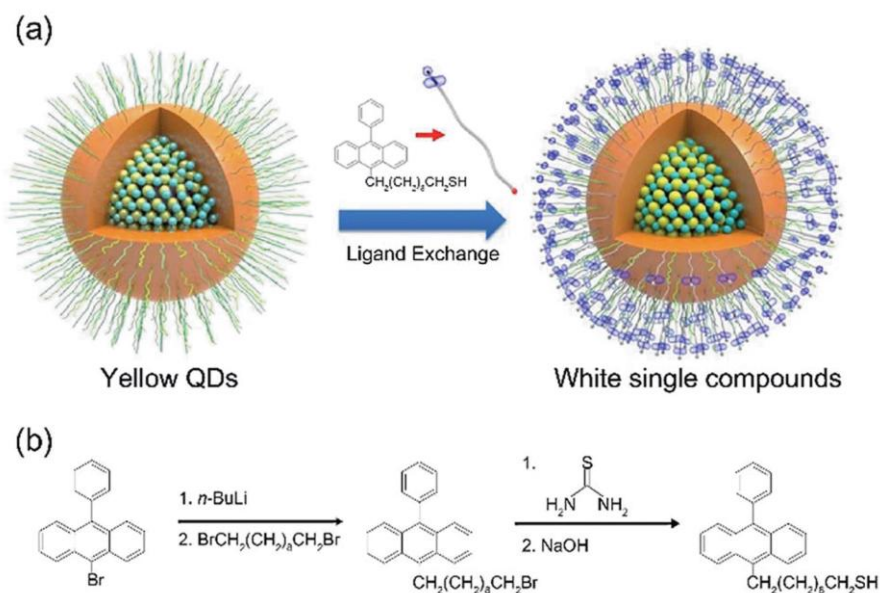
图 23 多层三色混合量子点示意图与显微镜图



数据来源：ACS、广发证券发展研究中心

最新技术已经合成了能直接发射白光的单化合物量子点，其原理是将发射蓝光的荧光体嫁接到发射黄光的 CdSe/ZnS 量子点的表壳上，通过控制量子点的尺寸和蓝色荧光体的数量实现色温调节。该技术制造的单一白光量子点具有 2680cd/m^2 的亮度水平，以及 0.81cd/A 的效率，可大大简化量子点制造工艺流程。

图 24 白色单化合物量子点分子结构转变图



数据来源：RSC、广发证券发展研究中心

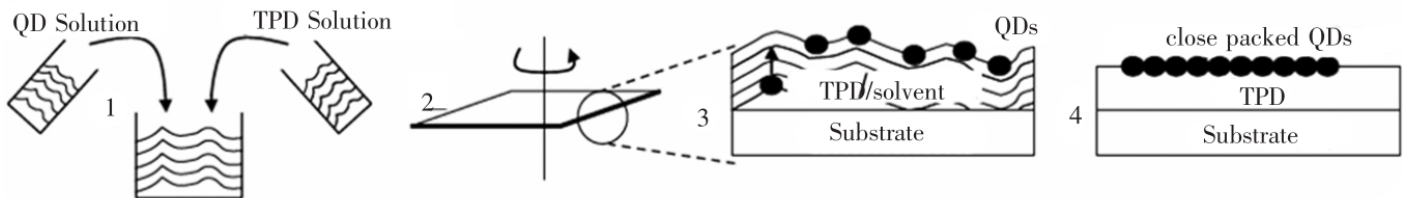
➤ QLED 制备工艺

将量子点按照设计的排列方式进行涂覆是制作量子点显示设备的必要工艺，现在比较成熟的 QLED 器件制备技术有相分离技术、喷墨打印技术、转印技术。

1、相分离技术

相分离法的原理是将量子点和溶剂混合，使用旋涂技术在薄膜上形成单层量子点，再利用不同材料熔点不同的性质，通过加热使得溶剂分离，从而制成 QLED 器件。相分离法的优点是适合制备大面积有序胶体单层量子点，而且通过控制溶液浓度、量子点尺寸和形状等可以制成高效率、高色彩饱和度的 QLED。缺点是由于使用旋涂技术，只能制备单色显示屏。

图 25 相分离技术制备单层量子点过程示意图

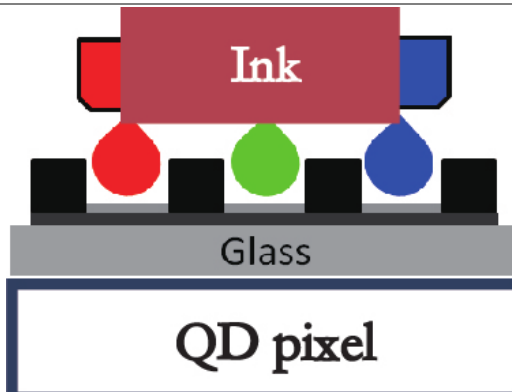


数据来源：CNKI、广发证券发展研究中心

2、喷墨打印技术

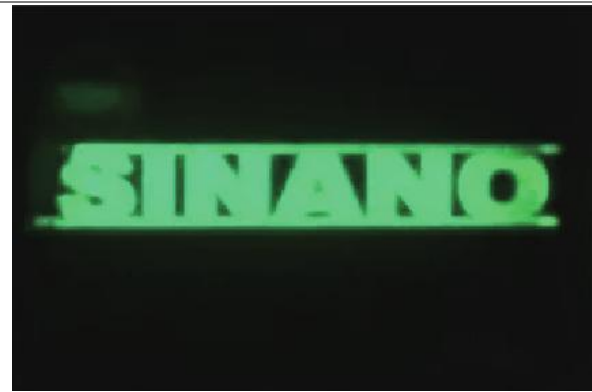
喷墨打印技术是用纳米级的喷头将把量子点溶剂打印到基底材料表面。因为量子点材料具有尺寸细小、可溶性好等特性，适合采用印刷工艺，喷墨打印技术具有工艺简单、成本低、方便制备发光图案、可制作柔性器件、适合大尺寸器件制备等优势。目前国内外对相关技术具有掌握，如 QD Vision 利用喷墨打印技术实现批量生产大面积 QLED 显示屏，国内中科院苏州纳米所也已成功实现喷墨打印制备电致发光量子点器件，成品粗糙度低于 2.2nm，达到了旋涂工艺的精度，在低于 9V 的电压驱动下，发光亮度超过 4000cd/m²。

图 26 喷墨打印示意图



数据来源：CNKI、广发证券发展研究中心

图 27 喷墨打印的量子点发光图案

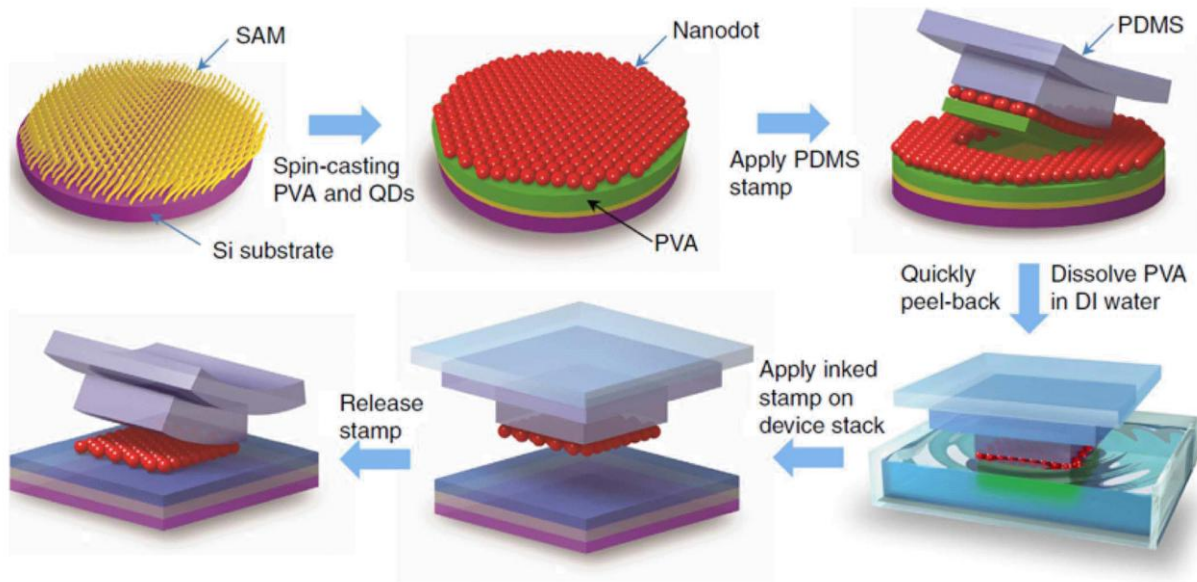


数据来源：CNKI、广发证券发展研究中心

3、转印技术

转印技术是利用有图案的硅片制成类似“墨水印章”，然后用“印章”通过分子间作用力（范德华力）“吸取”合适的量子点，无需溶剂即可将其印压在薄膜基片上，基片上平均每平方厘米约含 3 万亿个量子点。转印技术解决了喷墨打印技术可能出现有机溶剂污染显示器的问题，制造的显示器密度和量子一致性更高，显示器画面更明亮、更节能，并且适用于可卷曲便携式显示器、柔性发光设备、光电设备等领域。

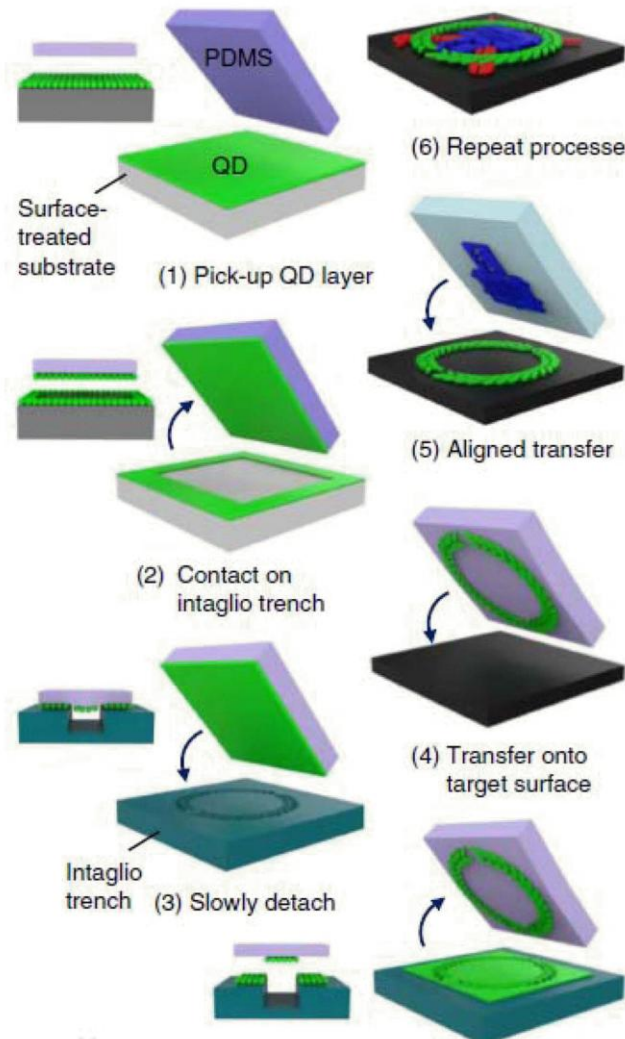
图 28 纳米单层转移印花工艺示意图



数据来源：NPG、广发证券发展研究中心

凹版转印工艺适用于生产高分辨率屏幕，这种转移印刷工艺利用凹雕沟槽来产生像素尺寸受控且均匀的全色量子点阵列，其可实现每英寸 2460 像素（ppi）的分辨率。用该工艺制造的显示器件发光峰度为 $14000 \text{ cd} / \text{m}^2$ ，外量子效率（EQE）为 2.3%。

图 29 凹版转移印刷



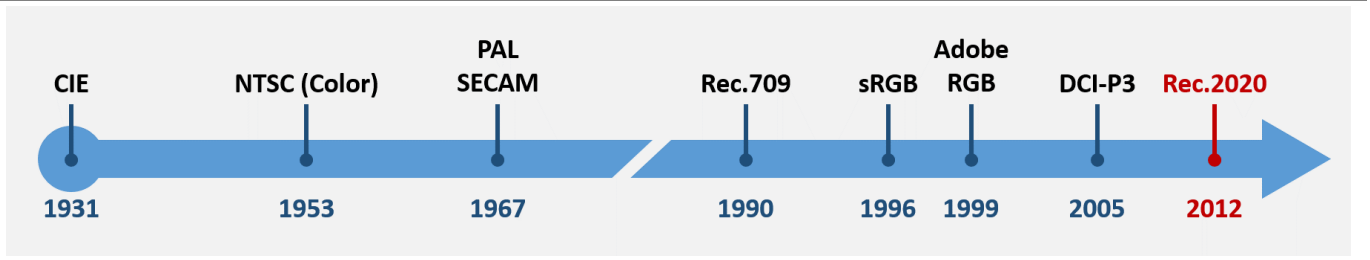
数据来源：NPG、广发证券发展研究中心

三、量子点显示：全面提升传统 LCD，大屏显示主流技术路线的潜在竞争者

(一) 色彩标准发展历程

每一次显示技术革命，都来源于人们对色彩的不断追求。近一个世纪来，人们对色彩标准要求越来越严格，从最低规格的 Rec.709 到最新的 Rec.2020，色域范围几乎扩大了一倍。色彩标准的发展历程梳理如下：

图 30 色域标准发展历程



数据来源：QD Vision、广发证券发展研究中心

➤ CIE（1931年）

1931年，国际照明委员会（英语国际照明委员会）批准了CIE RGB色彩空间，通常被称为“CIE”，这是历史上首次定义了可被人眼感知的全部可见光谱。CIE是最高的色域基准，后续的色域标准都是其子集。

➤ NTSC（1953年）/ PAL / SECAM（1967年）

这三个标准是自20世纪50年代以来用于世界各地的模拟广播和电视的主要标准，随着数字高清广播时代的来临，在2010年后基本都被淘汰了。

➤ Rec.709（1990年）

Rec.709于1990年由国际电信联盟（ITU）引入，现在是全世界数字高清广播和电视的主要标准。它也用于DVD和蓝光媒体和播放器。尽管在近40年后才推出，Rec.709色域实际上比NTSC覆盖的CIE更少。

➤ sRGB（1996年）

随着个人计算机的日益普及，1996年HP和Microsoft使用与Rec.709相同的色域引入了sRGB颜色标准。sRGB是目前全世界最常用的标准，除了电视机之外几乎每个设备。它用于互联网流媒体，显示器，投影机，相机，打印机，游戏机，智能手机，平板电脑，触摸屏等。

➤ Adobe RGB（1999年）

Adobe于1999年推出Adobe RGB，该标准最初旨在解决与将显示颜色与CMYK打印颜色精确匹配相关的挑战。现在主要被艺术家和摄影师所使用，因为其拥有比sRGB更宽的色域。

➤ DCI-P3（2005年）

DCI-P3是由电影，电视和娱乐公司联盟于2005年推出的。它主要设计用于确

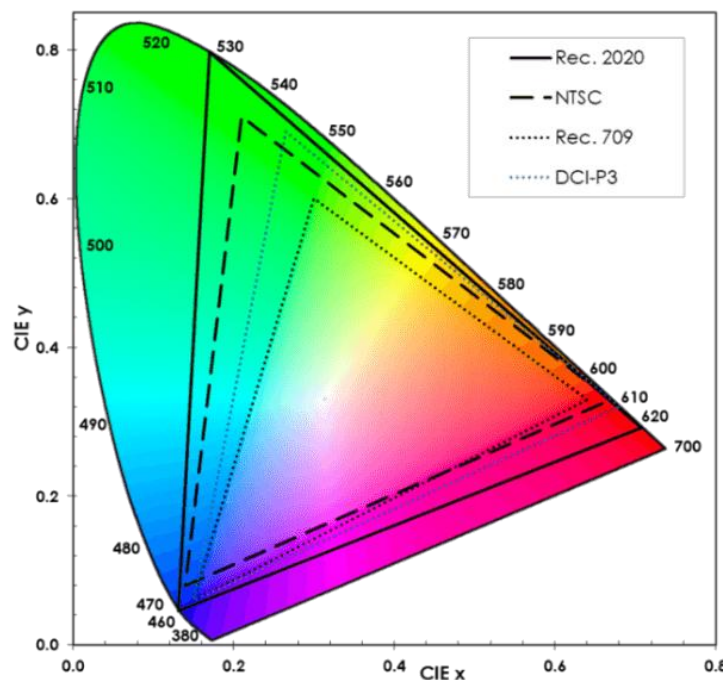
保从原始捕获到最终投影的一致内容质量。由于其强调数字生产和分配，主要被专业创造者用于电影级相机，投影仪和投影设备。

➤ Rec.2020 (2012年)

2012年由国际电信联盟(ITU)针对超高清(UHD)显示器提出 Rec.2020 标准,也称为 BT.2020。Rec.2020 规格的色域是全视觉光谱的三分之二,几乎是 Rec.709 (今天的电视标准)的两倍,可以使设备显示前所未有的 680 亿种颜色。

下面的 CIE 色域图中,马蹄形形状内的颜色代表人眼可以看到的所有颜色,三角形表示当今使用最广泛的色域标准的颜色空间,以及不同色域标准可以再现多少可见光谱。

图 31 不同色域标准的色域范围



数据来源: QD Vision、广发证券发展研究中心

表 7 不同色域标准覆盖颜色范围

色域标准	占 CIE 色域百分比
Rec.2020	66.60%
NTSC	47.30%
DCI-P3	45.50%
Rec.709 / sRGB	33.50%

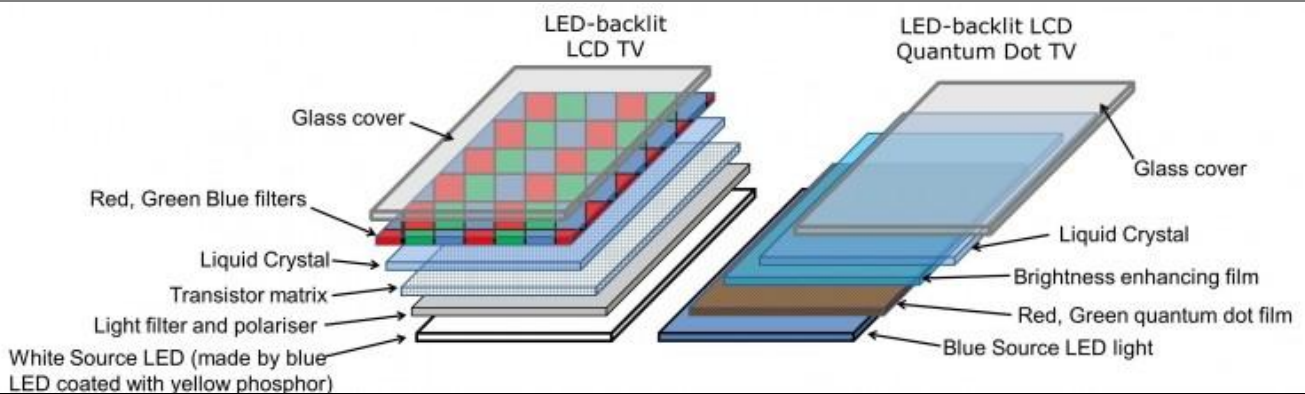
数据来源: QD Vision、广发证券发展研究中心

可以发现，最新的 Rec.2020 色域标准覆盖的范围是最大的，达到人眼可察觉颜色的 67%，代表着现今显示行业的最高标准。但是仍然有三分之一的 CIE 范围未被覆盖到，换言之，显示器颜色性能表现领域还有很大的改进空间。

(二)QD LCD: 低成本的宽色域方案

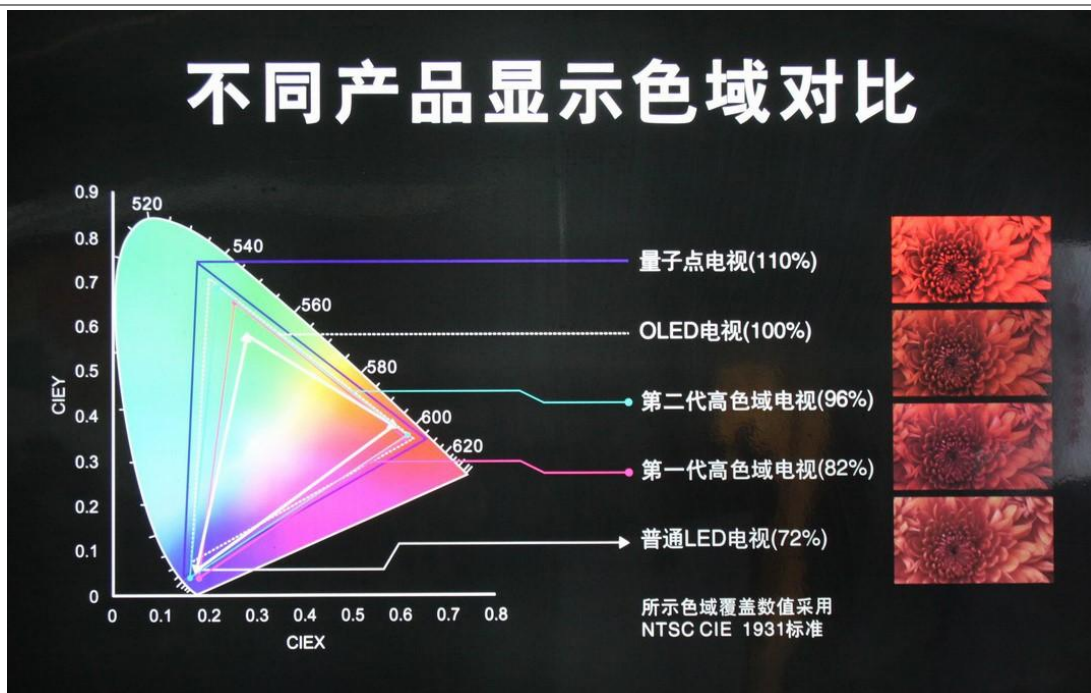
QD LCD 方案是用低成本实现宽色域的理想方案，它可以充分利用并且简化现有 LCD 液晶面板生产线，生产出高达 110%NTSC 色域的量子点电视，在色域指标上明显领先于其他显示方案。

图 32 QD LCD 和传统 LCD 背光结构对比



数据来源：中关村在线、广发证券发展研究中心

图 33 不同产品显示色域对比

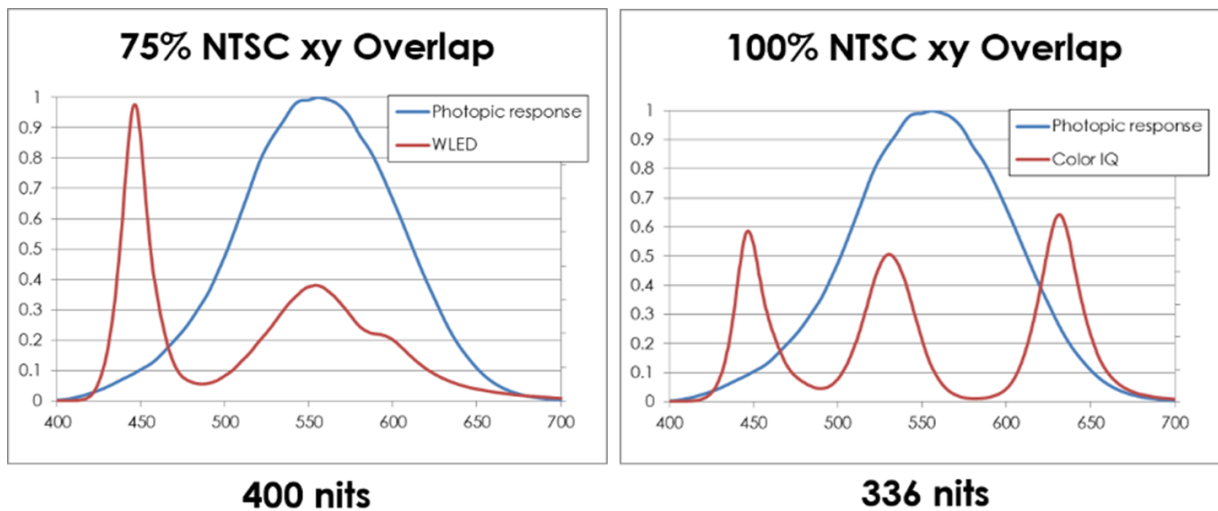


数据来源：TCL、广发证券发展研究中心

➤ QD LCD 与白光 LED 对比

色域表现：常规白光 LED 背光技术无法发射足够的红光和绿光，光线整体偏蓝；而 QD LCD 技术中的量子点能高效地将蓝光转换成红光和绿光，得到更鲜艳均衡的色彩。对比白光 LED 和量子点显示的光谱分布图可发现，量子点显示拥有更窄的 RGB 峰值，使其达到了 100%NTSC 标准，而普通白光 LED 具有蓝色 LED 光峰值和宽泛黄色光，只能达到 75%NTSC 标准。

图 34 白光 LED (左) 与量子点显示 (右) 对比图



数据来源：QD Vision、广发证券发展研究中心

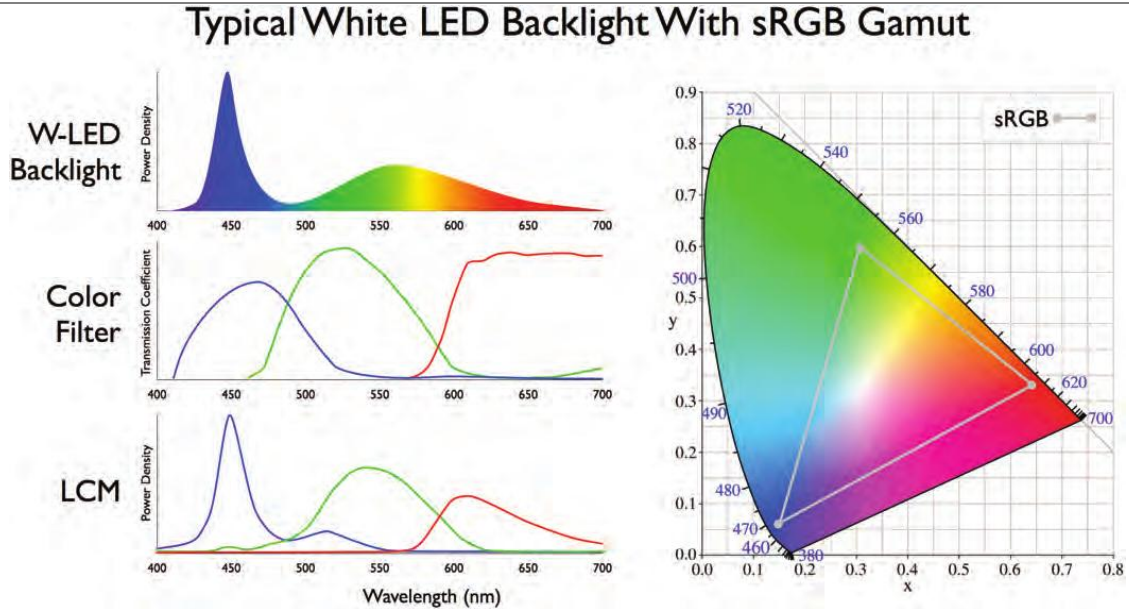
图 35 不同 NTSC 色域显示效果对比图



数据来源：乐视手机、广发证券发展研究中心

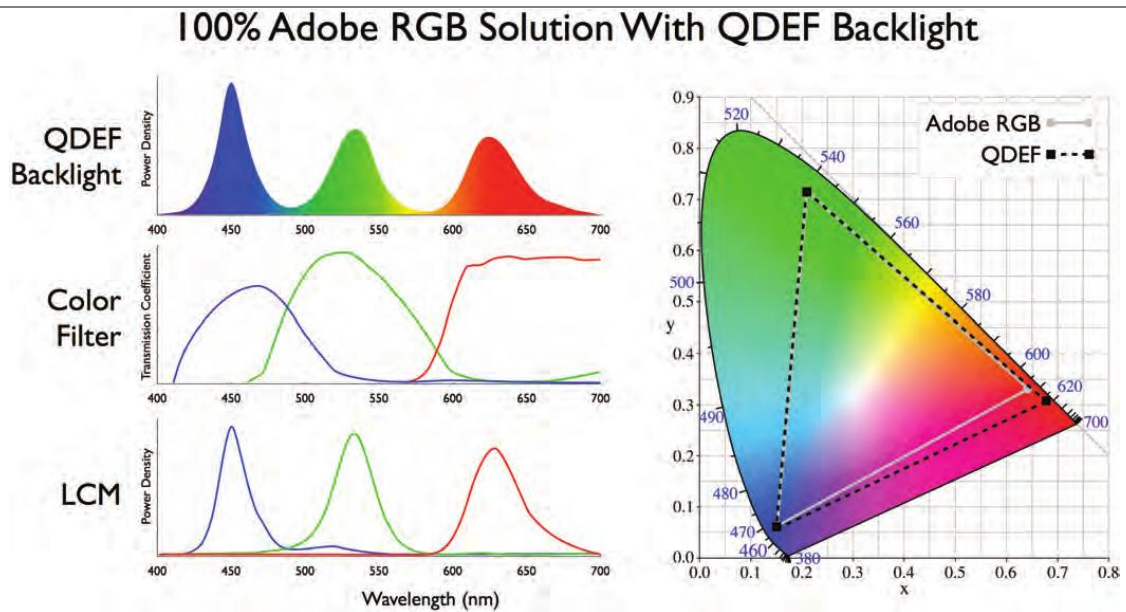
能耗：白光 LED 由于波峰宽广，经过滤光片过滤后损失大量光线，导致能量利用率较低；而量子点显示的光谱红绿蓝光分布均衡，光线得到有效利用。因此，在同等亮度的情况下，量子点显示产品的能耗远低于白光 LED。

图 36 白光 LED 光线过滤示意图



数据来源：Nanosys、广发证券发展研究中心

图 37 量子点光线过滤示意图



数据来源：Nanosys、广发证券发展研究中心

➤ 与 RG 荧光粉对比

色域表现：量子点显示产品基本都能达到 100%NTSC 色域，而采用 RG 荧光粉方案的显示器只能达到 85-90%NTSC 色域。

显示效果：在 3D 显示等高端领域，RG 荧光粉屏幕在频闪背光的 120Hz 面板上会留下移动模糊的痕迹，类似高速移动的条纹影像，这是因为荧光粉具备长达 8 毫秒的辐射寿命。相较之下，量子点材料的辐射寿命极短，只有数十纳秒，量子点显示播放视频更为流畅清晰，避免了模糊效果。

能耗：为了获得更好的色彩表现效果，采用 RG 荧光粉的显示器通常采用更厚的色彩滤光片来提高光线的纯度，以减少红绿蓝光混在一起，相应地，由于损失掉更多光线，必须配以更高功率的背光灯。而量子点因为波长可调且光线波峰窄、纯度高，光线利用率高，能有效地减少能耗，以 QD Vision 的 Color IQ 为例，在同等色域表现的情况下，可比 RG 荧光粉减少 50% 能耗。

表 8 量子点与 RG 荧光粉对比

需求	量子点	RG 荧光粉
全色彩	★	
低能耗	★	★
低成本	★	★
面向未来	★	
今天可用	★	

数据来源：QD Vision、广发证券发展研究中心

➤ 与蓝绿 LED+红荧光粉 (BG+RPH) 对比

成本：量子点显示方案可以集成到现有的白色 LED 显示器生产线，在所有全色域显示方案中性价比最高。而采用 BG+RPH 方案的显示器需要昂贵的绿色 LED，额外的 LED 驱动，以及更复杂的电子线路，其总成本比量子点方案高两倍，却只能达到同等色彩表现。

能耗：由于绿色 LED 的低效率和红色荧光粉的宽频谱，很多光线被过滤掉或超出了肉眼光谱，导致 BG+RPH 方案的能耗比量子点方案高一倍。

表 9 量子点与 BG+RPH 对比

需求	量子点	BG+RPH
全色彩	★	★
低能耗	★	
低成本	★	
面向未来	★	
今天可用	★	★

数据来源：QD Vision、广发证券发展研究中心

➤ 与 OLED 对比

色域表现：OLED 电视机使用的有机材料产生的蓝光、绿光、红光不够饱和，商用 OLED 电视机只能达到 90%NTSC 色域，相比之下，量子点电视一般都能达到 100%NTSC。

能耗：OLED 使用的有机材料是宽带光谱发射器，器产生的光线不能穿透玻璃基板的 RGB 颜色过滤器，而量子点显示由于光谱可调，能达到更高效能。2015 年 OLED 电视机能源之星评比显示，其能耗为 150kW h，而量子点电视能耗为 115kW h，二者相差约 25%。

成本：光学显示最重要的领域还是电视机等大屏显示市场，而 OLED 在大屏显示方面成本居高不下，这也导致 OLED 电视机产销量低于量子点电视。

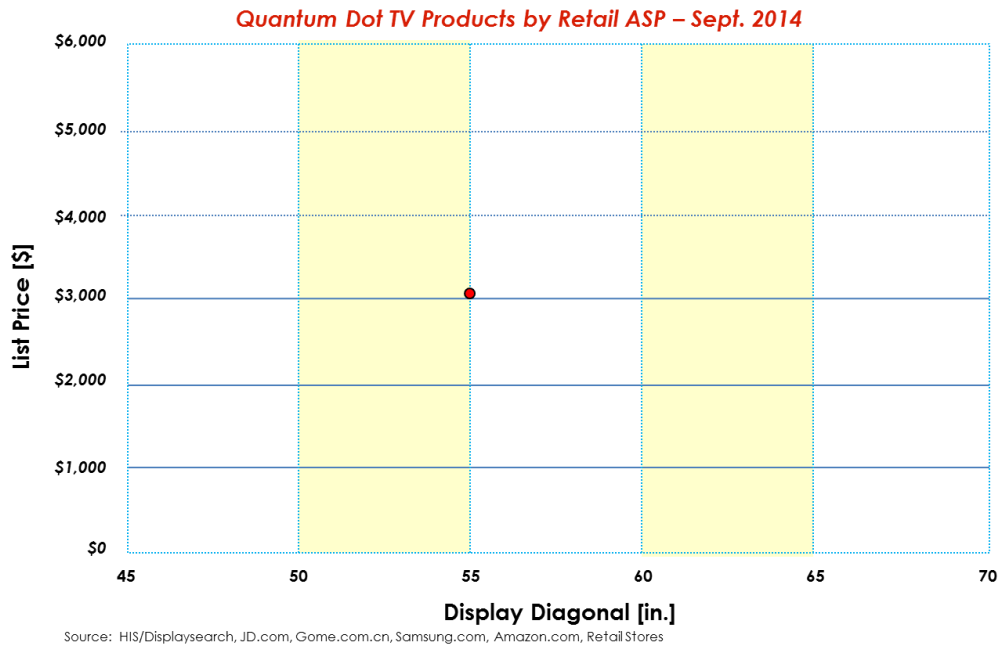
总体来看，量子点显示发展的内外部环境较为有利。

在色域方面，进入新世纪以来，人们对显示产品色彩追求越来越高，最新的 Rec.2020 色域标准已经达到人眼可视范围的 67%，而该标准正被越来越多的厂商和消费者所接受。2015 年，蓝光光盘协会正式建立 Rec.2020 作为超高清蓝光规格的色域，美国消费电子协会（CEA）发布了其对 HDR（高动态范围）的新定义，其中就包含了 Rec.2020 标准。同时，日本广播公司 NHK 也已经宣布他们将以完整的 Rec2020 色彩播放 2020 年奥运会。量子点显示能最大程度达到 Rec.2020 标准，预计将随着 Rec.2020 标准的推广而受益。

在能耗方面，当代世界经济发展开始强调绿色环保，低能耗电子产品渐渐收到热捧，而量子点正是显示方案中最节能的选择之一。由于量子点具有极高的光子转换效率，几乎可以将入射光的每个光子转换成窄光谱范围内的光子，换言之，对于相同的色域性能，量子点显示屏需要更少的能量。以 QD Vision 的 Color IQ 显示方案为例，同等条件下相比传统 LED 电视可节省 50%-100% 的能量消耗。

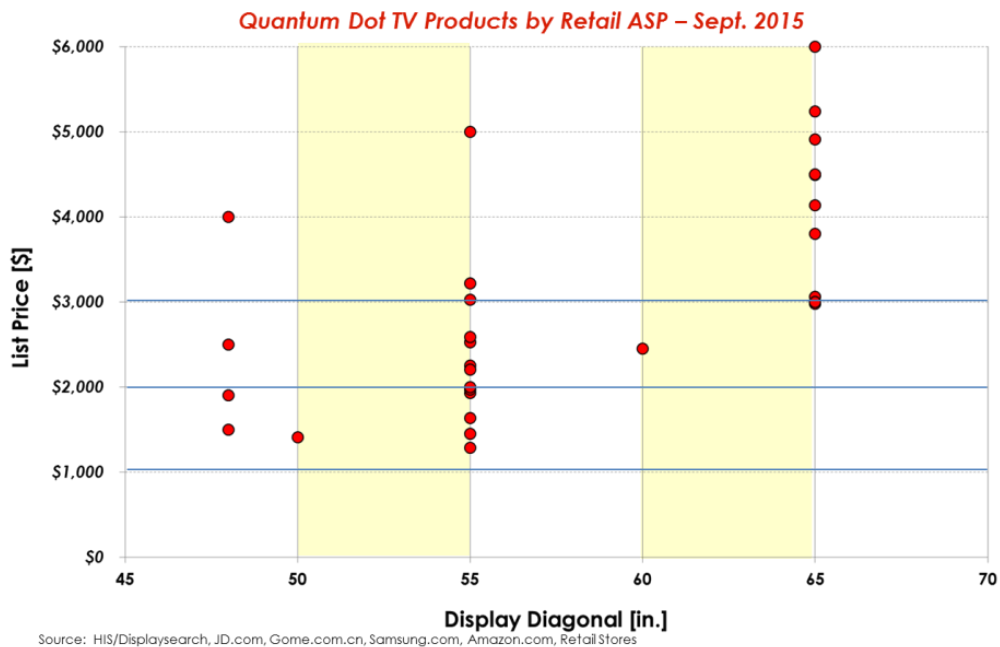
在成本方面，近年来量子点电视价格逐步下降，产品竞争力和普及度提升明显。以柏林消费电子展（IFA）为例，2014 年仅有一款量子点电视展出，55 寸电视价格为 3000 美元，而 2015 年 IFA 展会有 30 款量子点电视，其中，大部分 55 寸电视机价格均低于 3000 美元。

图 38 2014 年量子点电视价格



数据来源: Displaysearch、广发证券发展研究中心

图 39 2015 年量子点电视价格



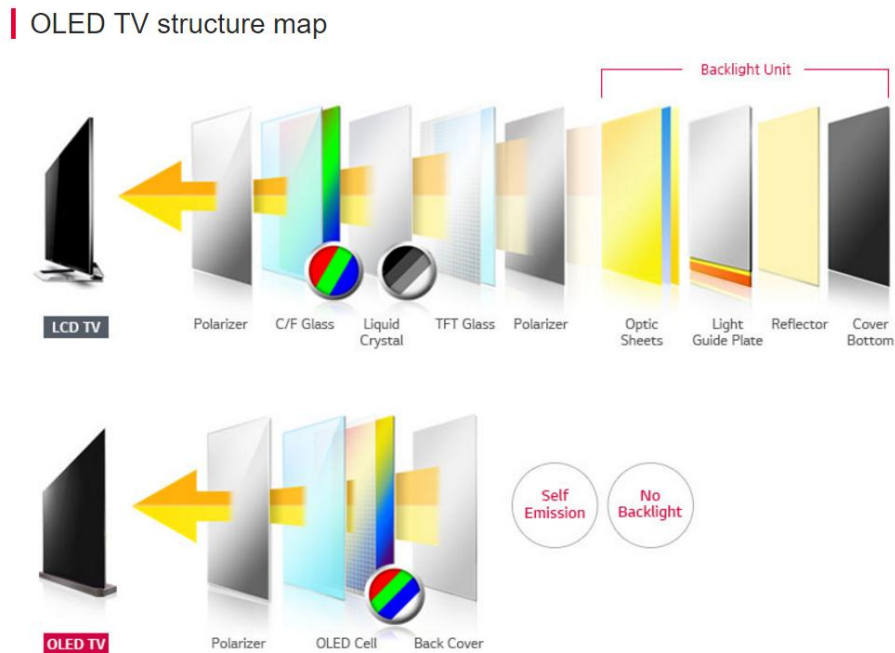
数据来源: Displaysearch、广发证券发展研究中心

在追求宽色域、低能耗的潮流背景下，量子点显示能最大程度达到 Rec.2020 标准，同时大大减少了能源消耗，结合其成本下降趋势和发展速度，预计未来量子点显示方案将逐渐成为市场主流选择。

(三)QLED: 显示领域的未来之星

QLED 的结构与 OLED 技术非常相似，只是将 OLED 的有机材料替换成量子点无机材料，同样是由电致发光而无需背光模组，使得产品相比 QD LCD 技术更轻薄，更节能，同时解决了液晶显示产品固有的漏光、对比度低、可视角度差、响应速度慢等问题。此外，QLED 具备制造曲面屏的潜质，使其潜在应用领域拓展到手机、平板电脑和智能穿戴设备等。

图 40 OLED 和 LCD 结构图对比



数据来源: LG Display、广发证券发展研究中心

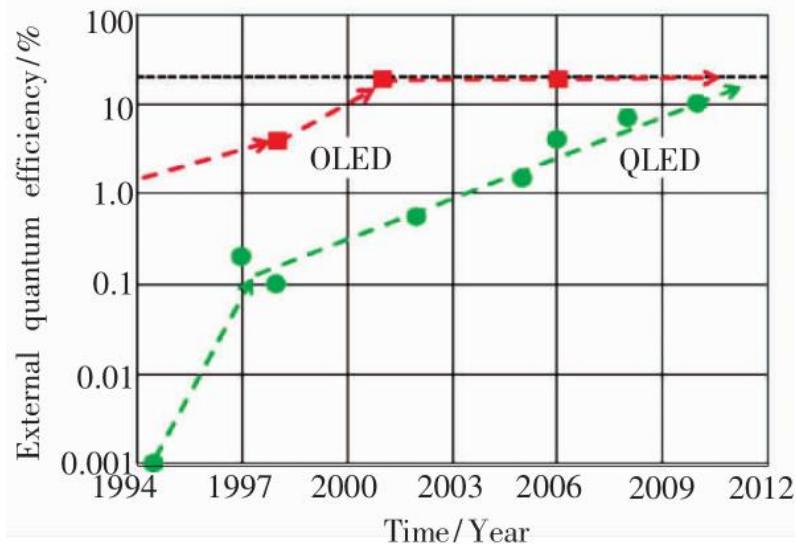
QLED 对标的竞争对手是新一代显示技术 OLED。经过近二十年发展，QLED 在对比度、视角、外量子效率等方面已经与 OLED 不相伯仲，而在色域、寿命、能耗指标取得领先。未来二者的竞争最要集中在成本方面，更低成本的方案将抢占更大的显示市场。

表 10 QLED、OLED、LCD 性能对比

	QLED	OLED	LCD
色域	140%NTSC	110%NTSC	70%NTSC
对比度	1,000,000:1	1,000,000:1	10,000 :1
背光	不用	不用	需要
视角	180°* 180°	180°* 180°	≤ 160°* 90°
寿命	长	短	长
厚度	≤1.5mm	≤1.5mm	≥2.5mm
工作温度范围	宽	宽	窄
耐冲击	强	强	弱
实现柔性显示	容易	容易	难
耗电量	低	中	高

数据来源：纳晶科技、广发证券发展研究中心

图 41 QLED 和 OLED 的外量子效率对比



数据来源：CNKI、广发证券发展研究中心

QLED 的屏幕囊括了小于 1 英寸的微显示屏到大于 80 英寸的超大屏,其应用场景包括可穿戴设备、手机、pad、个人电脑、家用电视和家庭影院,前景十分广阔。

表 11 QLED 应用前景

	微显示	小屏	中屏	大屏	超大屏
尺寸 (inch)	< 1	1-10	10-32	32-80	>80
主要应用场景	可穿戴设备	手机 pad	个人电脑	家用电视	家庭影院
技术要求: 分辨率 (PPI)	>1000	>300	< 300	120-200	80-120
现阶段技术	OLED	LCD / OLED	LCD	LCD	激光
QLED 是否可用	可用	可用	可用	可用	可用

数据来源：纳晶科技、广发证券发展研究中心

(四)量子点显示潜在瓶颈

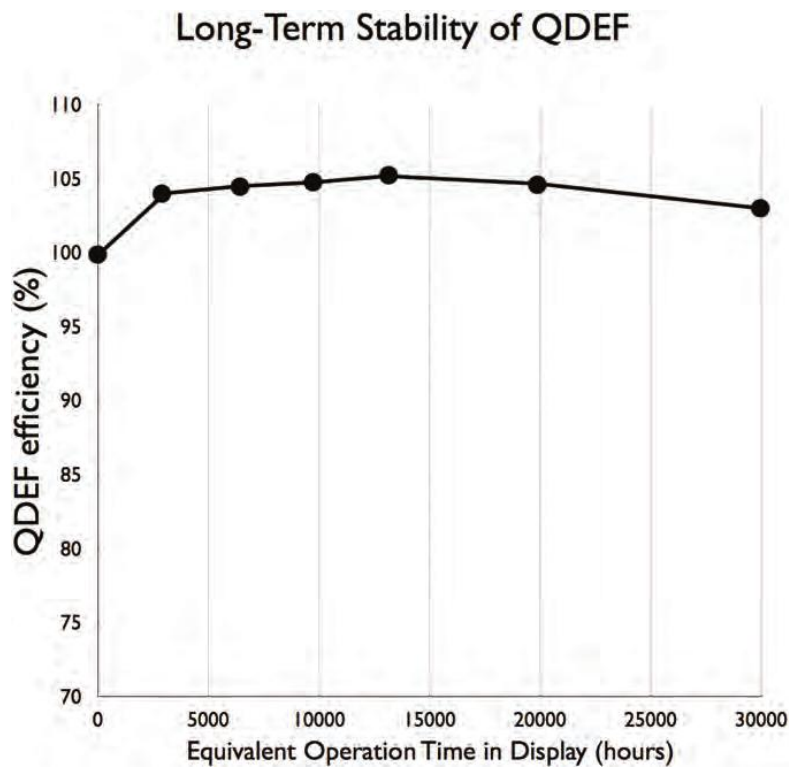
➤ 成本

与现有 LCD 产品对比，量子点显示产品成本仍较高，限制了其大规模推广。未来 QLED 与 OLED 竞争的关键因素也在于成本，两种技术路线谁的成本能率先实现突破，可能就决定了未来显示领域的发展方向。后文将深入进行成本分析。

➤ 使用寿命

现在量子点产品的使用寿命为 2-3 万小时，对比传统 LCD 仍有差距。2014 年浙江大学彭笑刚教授等人研发出寿命超过 10 万小时的深红色 QLED 器件，表面相关技术突破仍在不断进行中。

图 42 QDEF 使用寿命测试



数据来源：CNKI、广发证券发展研究中心

➤ 产能

如果量子点显示的未来按照 IHS 等调研机构的乐观预测发展，未来量子点材料将供应不足，而有能力制造高质量量子点薄膜的公司也只有 3M 等少数厂家，所以量子点显示领域未来发展可能会遇到产能瓶颈问题。

➤ 供应链

量子点产品涉及到高端纳米材料，整条供应链技术壁垒较高，而传统 LCD 生产厂家产值低、技术水平有限，未来大规模发展可能面临供应链问题。

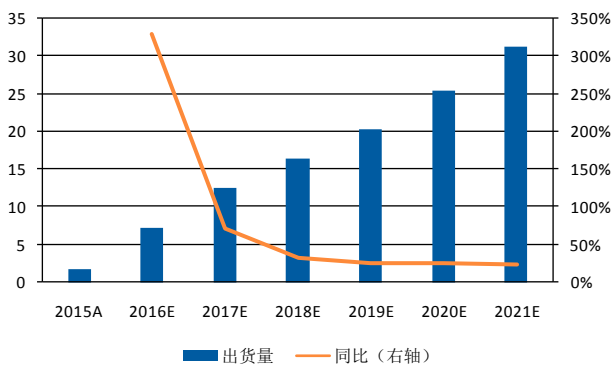
四、QD LCD: 具备市场潜力，前景向好

近年来量子点显示市场发展迅速，市场潜力较大。其中，量子点背光源技术(QD LCD)已经比较成熟，目前市场上的量子点显示产品均采用该方案，预计几年内市场规模将迅速成长。而量子点发光二极管显示技术(QLED)技术难度较高，尚未实现商业化，由于 QLED 性能更为优越，预计相关技术取得突破后，市场空间更大。

(一)QD LCD 市场: 预期高速增长，空间广阔

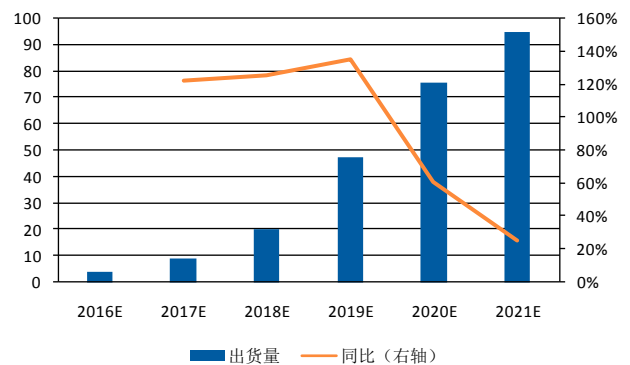
据 IHS 数据，2015 年 QD LCD 显示产品出货量为 170 万台，预计到 2021 年显示产品出货量达到 3130 万台，年复合增长率 62%。而根据显示器供应链顾问公司(DSCC)较为乐观的预测，2016 年至 2021 年量子点电视出货量将从 400 万台增长至 9520 万台，年复合增长率高达 89%。无论是保守估计还是乐观估计，量子点显示市场前景都非常广阔。

图 43 IHS 量子点显示产品出货量预测 (百万台)



数据来源: IHS、广发证券发展研究中心

图 44 DSCC 量子点电视出货量预测 (百万台)

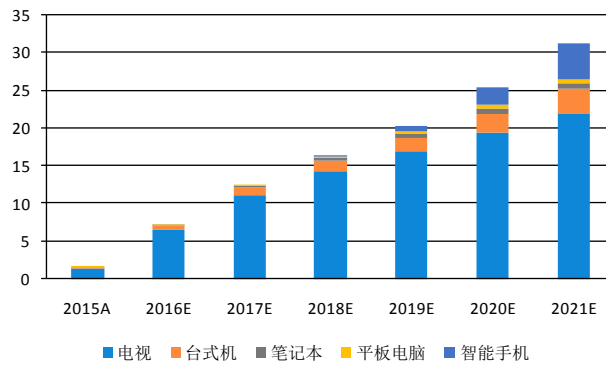


数据来源: DSCC、广发证券发展研究中心

➤ 按终端产品类型分析

量子点电视是量子点显示市场最主要的产品，IHS 预计至 2021 年，量子点电视销售量为 2200 万台，2015-2021 年年复合增长率为 58%，并占据量子点显示产品的绝大部分。

图 45 量子点显示终端产品销售量预测（百万台）

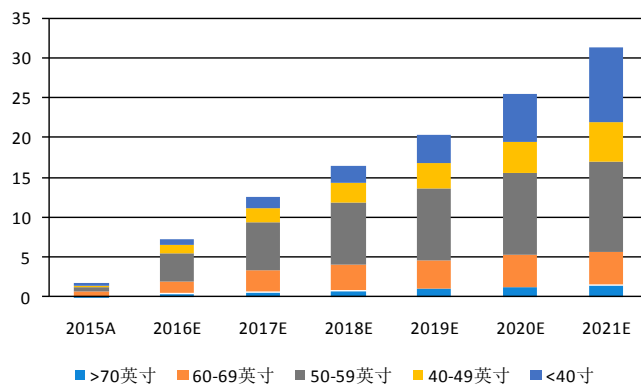


数据来源：IHS、广发证券发展研究中心

按产品尺寸分析

量子点产品尺寸主要集中在 40-70 英寸的电视机，IHS 预计未来占比保持在 65%-84%之间；小于 40 寸产品将随着量子点电脑显示屏、笔记本、平板电脑和手机的兴起而逐渐提升份额，预计到 2021 年占比达到 30%。

图 46 量子点终端显示产品尺寸预测（百万台）

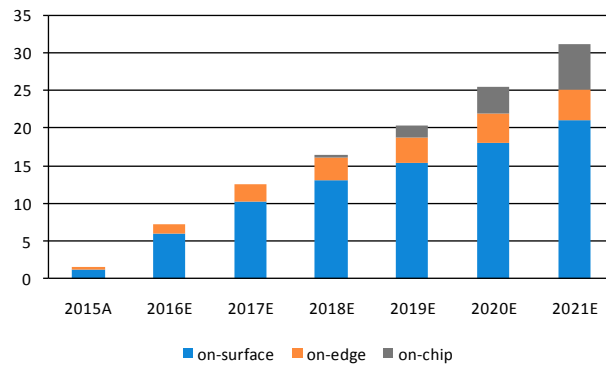


数据来源：IHS、广发证券发展研究中心

按封装类型分析

据 IHS 统计，2015 年采用 On-surface 封装方式的量子点显示产品占总规模的 75%，其余产品均采用 On-edge 封装方式，而 On-chip 封装方式由于技术难度较高，预计到 2018 年才能实现商用。

图 47 各封装方式的量子点显示产品销售量预测 (百万台)

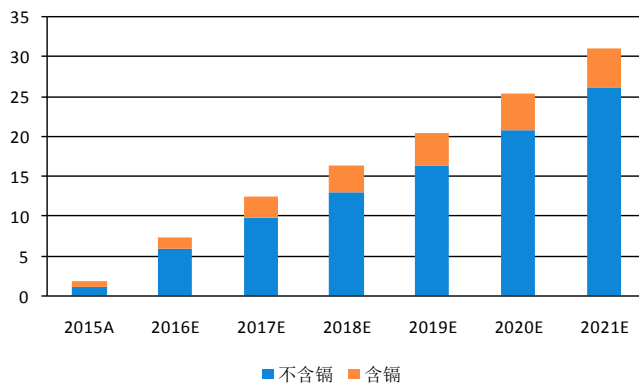


数据来源: IHS、广发证券发展研究中心

► 按是否含重金属镉分析

近年来各国环保政策逐渐趋严,如欧盟制定 RoHS 标准,严格限制电子产品材料中重金属含量,预计不含镉的量子点显示产品的市占率将从 2015 年的 65% 增长到 2021 年的 84%。

图 48 量子点显示是否含镉预测 (百万台)

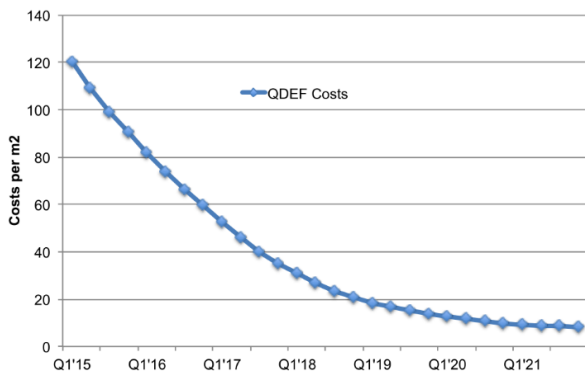


数据来源: HIS、广发证券发展研究中心

(二)QD LCD 成本分析: 逐步趋近传统 LCD, 较 OLED 具备绝对优势

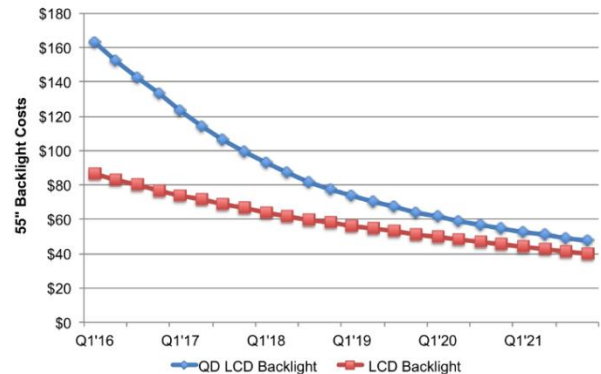
QD LCD 中市场规模最大、最成熟的显示方案是 QDEF 薄膜,其成本变化将显著影响量子点显示的发展。据 DSCC 预测,随着技术走向成熟,QDEF 成本将迅速下降,2016 年采用 QD LCD 背光模组成本与传统 LCD 背光模组成本相差 89%(即 77 美元),至 2021 年,该数字将下降为 19%(即 8 美元)。

图 49 QDEF 成本预测 (美元/平方米)



数据来源: DSCC、广发证券发展研究中心

图 50 55 英寸 QD LCD 与传统 LCD 背光模组成本对比

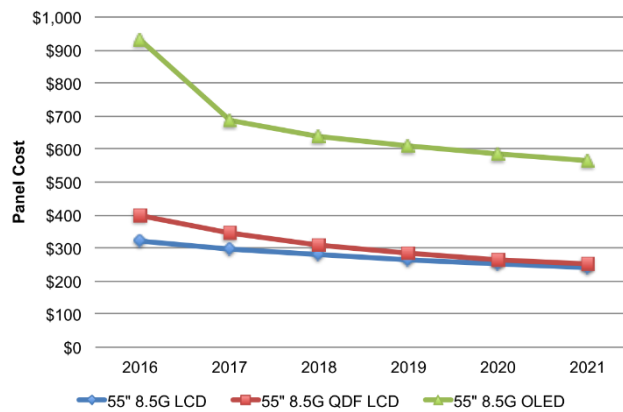


数据来源: DSCC、广发证券发展研究中心

具体按照 55 英寸、65 英寸和 75 英寸三个未来主流显示器尺寸来分析对比 QD LCD、OLED 和传统 LCD 的成本。

对于 55 英寸显示屏, 预计 QD LCD 与传统 LCD 的价差将从 2017 年的 25% 缩窄至 2021 年的 4%; 而 QD LCD 与 OLED 的价差却反而扩大了, 预计 2017 年 OLED 比 QD LCD 成本高 99%, 到了 2021 年上升至 125% (即 323 美元), 这也将直接推高 OLED 电视和量子点电视的价格差距。

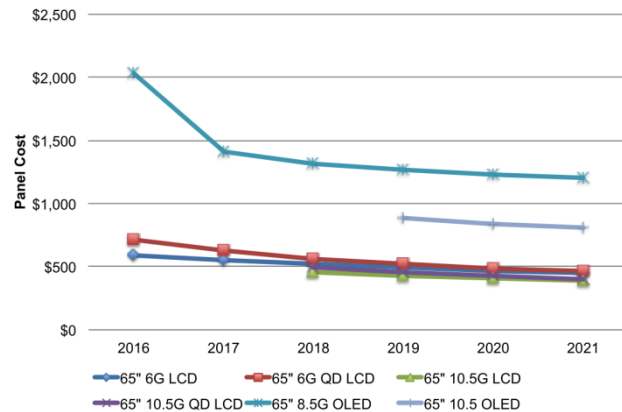
图 51 55 英寸不同显示方案成本预测



数据来源: DSCC、广发证券发展研究中心

对于 65 英寸显示屏, 2016 年 6G 的 QD LCD 比 6G 的传统 LCD 成本高 20%, 至 2021 年, 该比率下降至 3%。预计从 2018 年开始, 10.5G 的 QD LCD 与传统 LCD 产品成本将开始低于 6.5G 产品, 而 OLED 的 10.5G 产品需到 2019 年才开始商用。

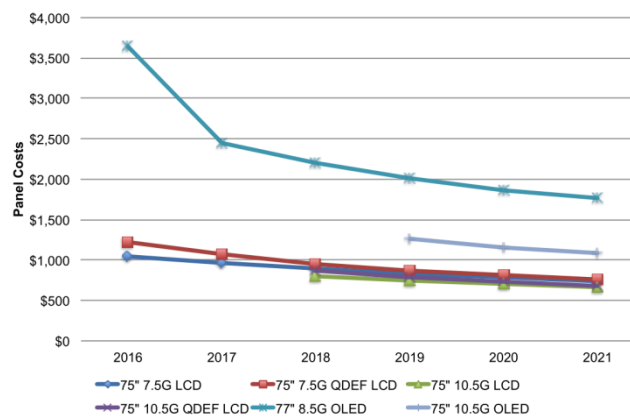
图 52 65 英寸不同显示方案成本预测



数据来源：DSCC、广发证券发展研究中心

对于 75 英寸显示屏，预计到 2021 年 QD LCD 比传统 LCD 成本高 3%（即 21 美元），折算成零售价贵 60 美元，而 OLED 比 QD LCD 成本高 60%（即 400 美元），同样的，这也将直接推高 OLED 电视和量子点电视的价格差距。

图 53 75 英寸不同显示方案成本预测

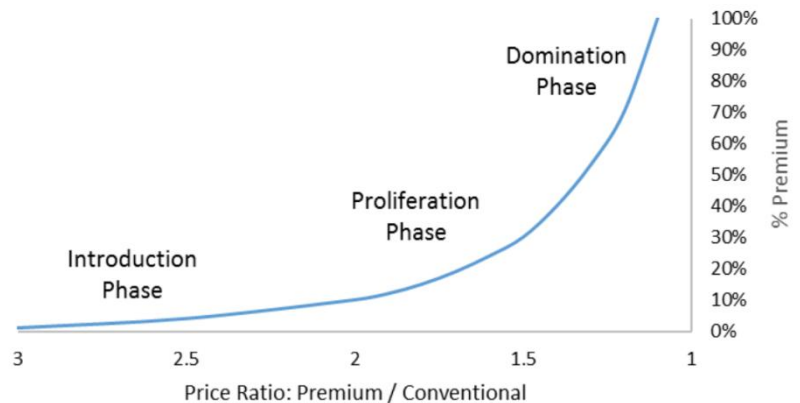


数据来源：DSCC、广发证券发展研究中心

电视产品渗透率与成本价格关系

通过分析电视发展史中 LED 背光电视、1080P 电视和智能电视等的发展路径，可以发现在新产品开拓阶段，新旧产品价格比率通常在 2 倍以上，随后随着新产品不断扩张成熟，产品价格比率逐渐趋向于 1，而产品渗透率也逐步提高至接近 100%。对于 OLED，由于其产品技术难度大，特别是大屏产品良率低，导致产量不足，预计将停留在开拓阶段，享受高价红利但渗透率较低。而对于 QD LCD，由于它是在传统 LCD 基础上进行改进，生产的技术难度和投资要求均较低，有望按照渗透率曲线发展走向大规模应用。

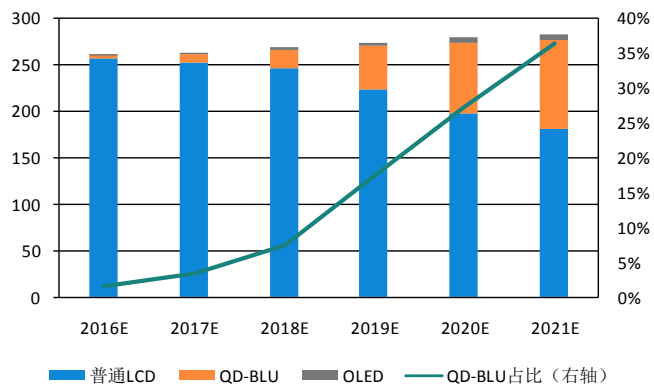
图 54 电视价格渗透率曲线



数据来源：DSCC、广发证券发展研究中心

根据 DSCC 预测, 2016 年量子点电视占比 2%, 至 2021 年该比例将提升至 36%, 而其竞争产品 OLED 至 2021 年占全部电视机比例不超过 3%。

图 55 电视面板市场预测 (百万台)



数据来源：DSCC、广发证券发展研究中心

(三)QDEF: 预计将成为光学薄膜的重要单品

我们对不同情境下 QDEF 薄膜的市场规模进行测算, 假设如下:

- QDEF 售价区间参考 DSCC 的成本预测加成必要销售毛利率, 取 20-120 美金/平米, 变动单位 20 美金/平米;
- QD LCD 的应用领域以大屏显示为主, 且小屏产品对 QDEF 的消费量贡献不大, 在此仅以全球电视出货量结合 QD LCD 电视渗透率为基础进行测算;
- 据 WitsView 调研数据, 2016 年全球电视出货量 2.19 亿台; QD LCD 渗透率取 10%-40%, 渗透率变动单位 10%;
- 单位电视所需的 QDEF 薄膜面积采用 55 英寸产品计算, 并不考虑损耗。

测算结果显示,在相对保守和相对乐观的情形下,QDEF的市场规模分别为3.65亿美金和87.66亿美金,QDEF均有望在未来成为光学薄膜的一类重要单品。

表 12 不同情境下 QDEF 市场规模

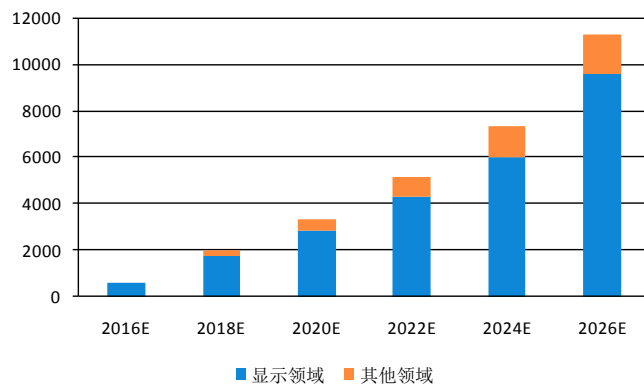
QDEF 市场规模 (亿美金)		QDEF 售价 (美金/平米)					
		20	40	60	80	100	120
QD L	10%	3.65	7.31	10.96	14.61	18.26	21.92
CD 渗透率 (%)	20%	7.31	14.61	21.92	29.22	36.53	43.83
	30%	10.96	21.92	32.87	43.83	54.79	65.75
	40%	14.61	29.22	43.83	58.44	73.05	87.66

数据来源: DSCC、WitsView、广发证券发展研究中心

(四)QLED 市场规模

受技术瓶颈限制,目前 QLED 尚未实现大规模商用, IDTechEx 预计到 2026 年 QLED 市场规模有望达到 112 亿美元,其中显示领域规模为 96 亿美元。

图 56 QLED 市场规模预测 (百万美元)



数据来源: IDTechEx Research、广发证券发展研究中心

五、风险提示

- 1、量子点电视推广不及预期;
- 2、大量企业进入致行业竞争激烈。
- 3、产品价格下降致盈利下滑。

广发基础化工行业研究小组

- 王剑雨: 首席分析师, 中国人民大学经济学博士, 曾先后工作于综合开发研究院(中国深圳)、粤海控股集团有限公司, 2009年进入广发证券发展研究中心。
- 郭敏: 资深分析师, 同济大学材料学硕士, 4年基础化工和新材料行业研究经验, 2014年进入广发证券发展研究中心。
- 周航: 高级分析师, 华南理工大学管理学硕士, 工学学士, 2014年进入广发证券发展研究中心。

广发证券—行业投资评级说明

- 买入: 预期未来12个月内, 股价表现强于大盘10%以上。
- 持有: 预期未来12个月内, 股价相对大盘的变动幅度介于-10%~+10%。
- 卖出: 预期未来12个月内, 股价表现弱于大盘10%以上。

广发证券—公司投资评级说明

- 买入: 预期未来12个月内, 股价表现强于大盘15%以上。
- 谨慎增持: 预期未来12个月内, 股价表现强于大盘5%-15%。
- 持有: 预期未来12个月内, 股价相对大盘的变动幅度介于-5%~+5%。
- 卖出: 预期未来12个月内, 股价表现弱于大盘5%以上。

联系我们

	广州市	深圳市	北京市	上海市
地址	广州市天河区林和西路9号耀中广场A座1401	深圳福田区益田路6001号太平金融大厦31楼	北京市西城区月坛北街2号月坛大厦18层	上海市浦东新区富城路99号震旦大厦18楼
邮政编码	510620	518000	100045	200120
客服邮箱	gfyf@gf.com.cn			
服务热线				

免责声明

广发证券股份有限公司具备证券投资咨询业务资格。本报告只发送给广发证券重点客户, 不对外公开发布。

本报告所载资料的来源及观点的出处皆被广发证券股份有限公司认为可靠, 但广发证券不对其准确性或完整性做出任何保证。报告内容仅供参考, 报告中的信息或所表达观点不构成所涉证券买卖的出价或询价。广发证券不对因使用本报告的内容而引致的损失承担任何责任, 除非法律法规有明确规定。客户不应以本报告取代其独立判断或仅根据本报告做出决策。

广发证券可发出其它与本报告所载信息不一致及有不同结论的报告。本报告反映研究人员的不同观点、见解及分析方法, 并不代表广发证券或其附属机构的立场。报告所载资料、意见及推测仅反映研究人员于发出本报告当日的判断, 可随时更改且不予通告。

本报告旨在发送给广发证券的特定客户及其它专业人士。未经广发证券事先书面许可, 任何机构或个人不得以任何形式翻版、复制、刊登、转载和引用, 否则由此造成的一切不良后果及法律责任由私自翻版、复制、刊登、转载和引用者承担。