



苹果加速入局折叠屏，核心环节有望深度受益

折叠屏手机行业

苹果入局折叠屏产品，带动行业加速发展

传统手机进入存量时代，折叠屏定义智能手机新形态。据 TrendForce 数据，2024 年全球折叠屏手机出货量为 1780 万台，预计 2027 年有望增长至 7000 万台，2024-27 年 CAGR 为 57.8%。据 IT 之家，苹果有望于 2026 年推出折叠 iPhone，有望带动折叠屏手机实现加速放量。

增量环节 1：铰链

铰链作为折叠屏手机的核心组件，负责支撑和引导屏幕的开合、悬停。铰链尺寸虽小但结构复杂，内部包含上百个零部件，并要满足 20 万次以上的开合寿命，对于零部件的强度、精度、耐磨性等要求极高。与此同时，在折叠屏整机轻薄化设计趋势下，铰链设计要在开合顺畅的基础上，兼顾轻薄耐用，有效改善折痕等问题。因此，各大厂商积极进行产品迭代，对铰链的结构、材质和工艺等进行全面升级。

按形态看，折叠屏铰链主要分为水滴和 U 型两种。其中，水滴型铰链折痕相对更浅，并可有效减少屏幕磨损。华为、OPPO、小米、vivo 等折叠屏基本都采用水滴型铰链。

按制造工艺看，折叠屏铰链以 MIM 工艺为主。与此同时，为进一步减少折痕并实现折叠屏轻量化，铰链有望引入液态金属和钛合金 3D 打印等创新材料和工艺。

增量环节 2：盖板

柔性盖板是折叠屏屏幕的关键组件，需要兼具透明度、可折叠性、及良好的可恢复性。

按材料看，折叠屏柔性盖板常用的两种材料是透明聚酰亚胺（CPI）和超薄柔性玻璃（UTG）。相比 CPI 材质，UTG 材料具备透光性更好、硬度高、耐刮擦、触感好、回弹性好等优势，因此，UTG 逐渐取代 CPI 材料成为目前市场主流的折叠屏柔性盖板材料。据 CINNO Research 数据，2023 年国内折叠屏智能手机 UTG 使用占比提升至 70%，并呈现持续提升态势。此外，不等厚超薄玻璃（UFG）作为特殊的 UTG 玻璃，有望成为下一代主流方案，

按制作工艺看，UTG 的生产分为一次成型法和二次成型法。其中，一次成型法技术壁垒较高，主要被几家国外大型显示玻璃制造商掌握，制作工艺主要包括溢流下拉法、窄缝下拉法和浮法。二次成型法（减薄法）批法批量生产技术门槛较低，生产成本可控，是目前国内厂商主要采用的方案。但相

评级及分析师信息

行业评级：推荐

行业走势图



分析师：单慧伟

邮箱：shanhw@hx168.com.cn

SAC NO: S1120524120004

联系电话：

分析师：陈天然

邮箱：chentn1@hx168.com.cn

SAC NO: S1120525060001

联系电话：

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

较于一次成型工艺，二次成型法的产品存在外观良率欠佳，大规模生产时产品一致性不足等问题。

投资建议

苹果加速入局折叠屏，有望带动折叠屏手机实现加速放量，并有望引领折叠屏产业链实现创新升级。我们看好折叠屏 UTG 盖板、铰链等核心增量环节以及液态金属、3D 打印等新工艺。相关受益标的：1) UTG：蓝思科技；2) 铰链：领益智造、统联精密、精研科技；3) 液态金属：宜安科技；4) 3D 打印：华曙高科、铂力特。

风险提示

下游需求不及预期，新品推出节奏不及预期，新技术落地不及预期等

正文目录

1. 折叠屏手机加速渗透，引领智能手机创新	5
1.1. 传统手机进入存量时代，折叠屏定义智能手机新形态	5
1.2. 苹果入局折叠屏手机，带动折叠屏手机加速出货	6
1.3. 轻薄化+价格下探，助力折叠屏手机进一步渗透	7
1.4. 铰链、盖板构成折叠屏手机主要增量环节	9
2. 铰链：折叠屏核心零部件，各品牌积极布局打造差异化	10
2.1. 产品方案：水滴型铰链符合轻量化趋势，成为主流方案	10
2.2. 制造工艺：MIM 为主，液态金属与 3D 打印为辅	12
3. 盖板：实现折叠的核心部件，加速推进 UTG 技术布局	16
3.1. 产品方案：UTG 技术优势显著，成为首选材料	16
3.2. 制造工艺：成型、切割、钢化为核心难点	19
4. 投资建议	21
5. 风险提示	22

图表目录

图 1 全球智能手机出货量及同比增速（百万台，%）	5
图 2 全球智能手机竞争格局（按出货量计，2024）	5
图 3 主要品牌折叠屏手机发售进度（2019-25Q1）	5
图 4 不同折叠屏手机形态	6
图 5 全球折叠屏手机出货量（百万台）	7
图 6 全球折叠屏手机竞争格局（按出货量计）	7
图 7 中国折叠屏手机出货量及同比增速（千台，%）	7
图 8 中国折叠屏手机竞争格局（按出货量计，2024）	7
图 9 折叠屏手机用户使用痛点	8
图 10 折叠状态机身厚度变化（毫米）	8
图 11 折叠屏手机重量变化（克）	8
图 12 折叠屏手机平均售价	9
图 13 头部手机厂商折叠屏铰链方案	10
图 14 采用 U 型铰链的 Galaxy Z Flip4 和采用水滴形铰链的 Galaxy Z Fold5 对比	10
图 15 采用 U 型铰链的 Galaxy Z Flip4 和采用水滴形铰链的 Galaxy Z Fold5 对比	10
图 16 小米 MIX Fold 4 龙骨转轴 2.0	11
图 17 全球折叠屏手机铰链市场规模（十亿美元）	11
图 18 折叠屏手机铰链产业链	12
图 19 MIM 工艺流程图	12
图 20 MIM 的成本优势	13
图 21 MIM 的技术优势	13
图 22 中国 MIM 行业市场规模（亿元）	13
图 23 中国 MIM 行业下游应用（2020 年）	13
图 24 普通金属和非晶合金材料的原子结构区别	14
图 25 液态金属产品加工流程	14
图 26 荣耀 Magic V2 铰链轴盖采用钛合金 3D 工艺	16
图 27 OPPO Find N5 0.15 毫米钛合金 3D 打印铰链	16
图 28 手机屏幕结构	17
图 29 盖板玻璃结构图	17
图 30 国内折叠屏智能手机 UTG 占比	18
图 31 全球 UTG 出货量及同比增速（千片，%）	18
图 32 UTG 产业链	18
图 33 UFG 示意图	19
图 34 盖板玻璃需要切割的特定形状	21

请仔细阅读在本报告尾部的重要法律声明

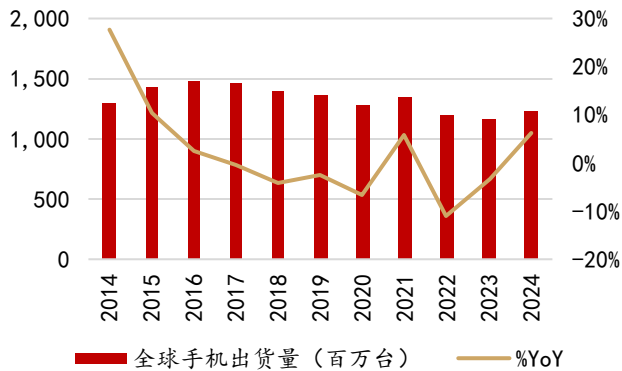
表 1 三星 Galaxy Fold 1（折叠屏手机）与 Galaxy S9（非折叠屏手机）BOM 对比（美元）	9
表 2 MIM 工艺具体优势	13
表 3 液态金属与其他金属材料对比	14
表 4 四种合金物理性能对比	15
表 5 3D 金属打印技术与传统精密加工技术比较	16
表 6 折叠屏盖板 CPI 与 UTG 对比	17
表 7 UTG 一次成型法制造工艺	19
表 8 四种化学刻蚀薄化工艺	20
表 9 超薄玻璃钢化工艺	21
表 10 相关受益标的	22

1. 折叠屏手机加速渗透，引领智能手机创新

1.1. 传统手机进入存量时代，折叠屏定义智能手机新形态

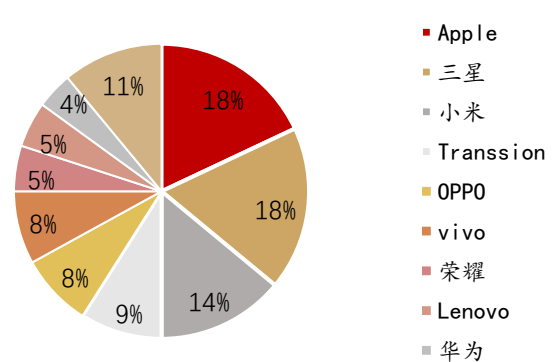
2024 年全球智能手机出货量回暖。全球智能手机市场在经历连续两年下滑后强势反弹，据 IDC 数据，2024 年全球智能手机出货量达 12.38 亿部，同比+6.4%。据 Canalsys 数据，苹果、三星、小米占据半壁江山，CR3 为 50%。

图 1 全球智能手机出货量及同比增速（百万台，%）



资料来源：IDC，华西证券研究所

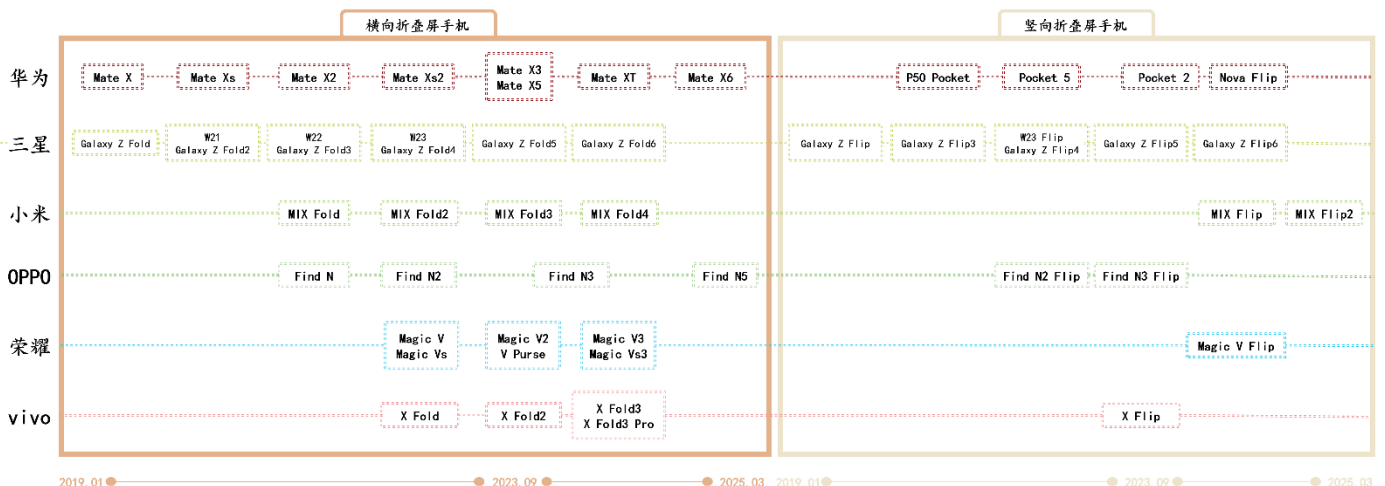
图 2 全球智能手机竞争格局（按出货量计，2024）



资料来源：Canalsys，华西证券研究所

存量竞争市场下，技术创新成为行业破局关键。折叠屏技术凭借形态创新带来的差异化体验，以及对大屏与便携性矛盾的有效解决，成为当前智能手机领域最受关注的创新方向。2018 年，柔宇科技发布全球首款消费级量产折叠屏手机 FlexPai，开启折叠屏手机产业新趋势。2019 年起，三星、华为、小米、OPPO、荣耀和 vivo 等厂商纷纷入场，新机密集发布助力折叠屏手机实现加速渗透。

图 3 主要品牌折叠屏手机发售进度（2019-25Q1）



资料来源：艾瑞咨询，各公司官网，华西证券研究所

折叠屏手机不同的折叠方式衍生出差异化产品形态，主要折叠形态为横折式和竖折式，二者从不同维度拓展了智能手机的使用场景与用户体验。据 Counterpoint 数据，2024 年中国横折叠和竖折叠手机占比分别为 67.4%和 32.6%。

- **横折式折叠屏手机：**以“手机变平板”为设计理念，横向对折的结构使其在展开后能够呈现接近平板电脑的大屏视野，契合移动办公、影音娱乐与多任务处理需求，让用户在处理文档、观看视频或多窗口操作时获得更沉浸的体验，折叠后又能保持常规手机的便携性。
- **竖折式折叠屏手机：**锚定“极致便携”的设计思路，通过纵向折叠大幅缩小机身纵向尺寸，折叠后小巧的体积可轻松收纳于口袋或随身包中，既满足了用户对便携性的需求，展开时又能恢复常规手机屏幕尺寸，保障日常社交、拍照等功能的使用体验。

图 4 不同折叠屏手机形态

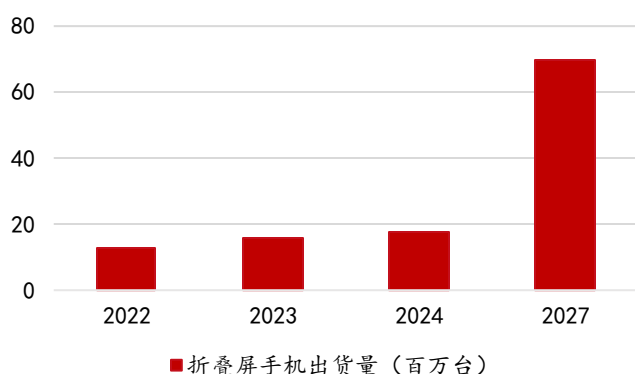


资料来源：各公司官网，华西证券研究所

1.2. 苹果入局折叠屏手机，带动折叠屏手机加速出货

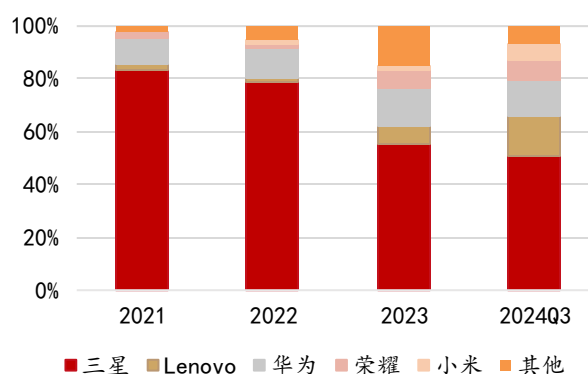
折叠屏手机出货量稳步增长，三星占据主导地位。据 TrendForce 数据，2024 年全球折叠屏手机出货量为 1780 万台，预计 2027 年有望增长至 7000 万台，2024-27 年 CAGR 为 57.8%。随着国产品牌的加速入局，三星的市占率逐年下滑，24Q3 市占率为 51.2%。据 IT 之家，苹果有望于 2026 年推出折叠 iPhone，有望带动折叠屏手机实现加速放量。

图 5 全球折叠屏手机出货量（百万台）



资料来源：TrendForce，华西证券研究所

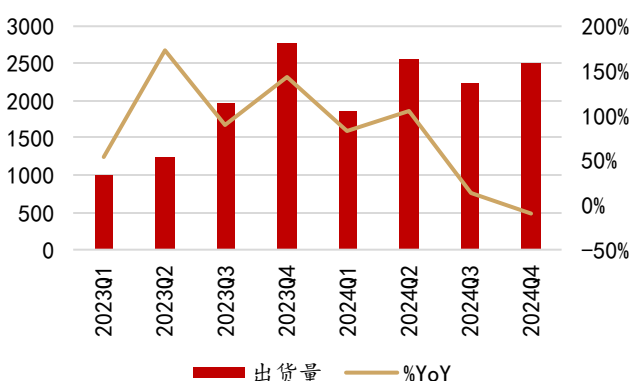
图 6 全球折叠屏手机竞争格局（按出货量计）



资料来源：IDC，华西证券研究所

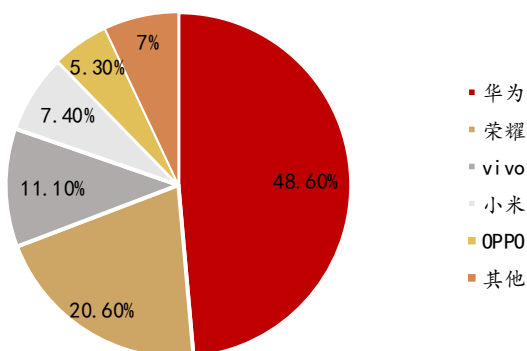
中国折叠屏手机出货量增长态势显著。据 IDC 数据，2024 年中国折叠屏手机出货量约为 917 万台，同比增长 30.8%。其中，华为引领国内市场，荣耀、vivo、小米、OPPO 正在加速。据 IDC 数据，华为以 48.6% 的市场份额占据绝对领先地位；荣耀以 20.6% 份额位居第二；vivo (11.1%)、小米 (7.4%) 和 OPPO (5.3%) 分列三至五位。

图 7 中国折叠屏手机出货量及同比增速（千台，%）



资料来源：IDC，艾瑞咨询，华西证券研究所

图 8 中国折叠屏手机竞争格局（按出货量计，2024）

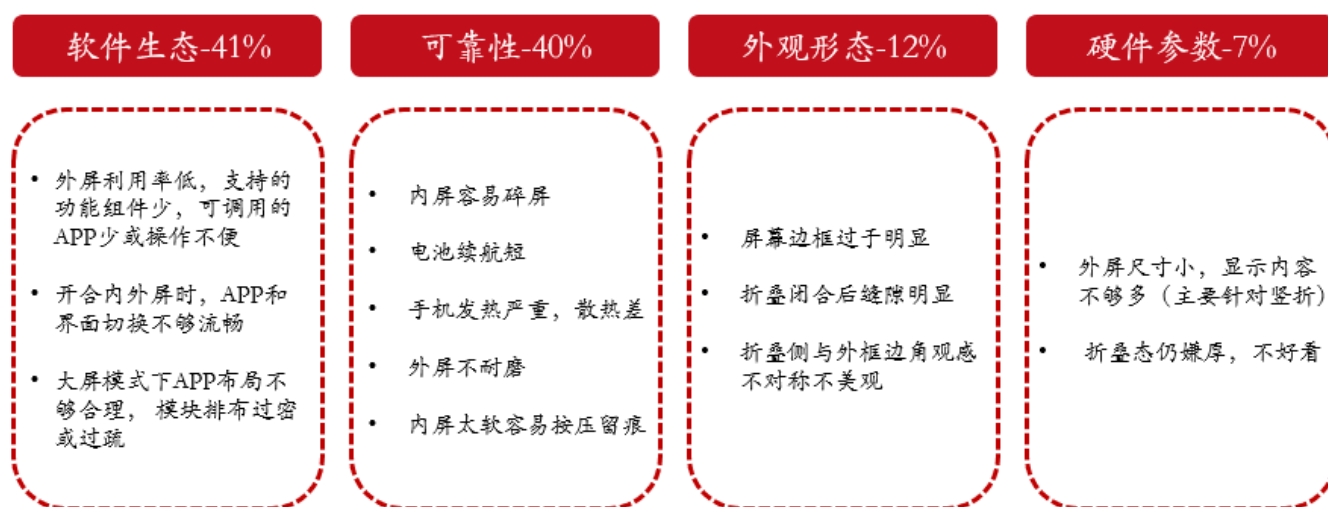


资料来源：IDC，华西证券研究所

1.3. 轻薄化+价格下探，助力折叠屏手机进一步渗透

折叠屏手机作为“超级终端”的属性日益显著，逐步成为用户数字化办公与生活的核心载体，软件和硬件层面的短板逐渐成为制约其用户体验的关键因素。硬件端，高强度使用时，折叠痕迹明显、散热效果差、电池续航短的问题日益突出；软件端，外屏有效利用率低、内外屏切换不流畅也成为使用过程中的主要痛点。

图9 折叠屏手机用户使用痛点

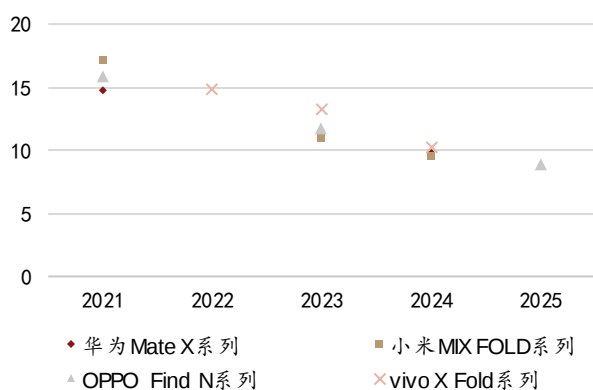


资料来源：艾瑞咨询，华西证券研究所

发展趋势#1：机身轻薄化

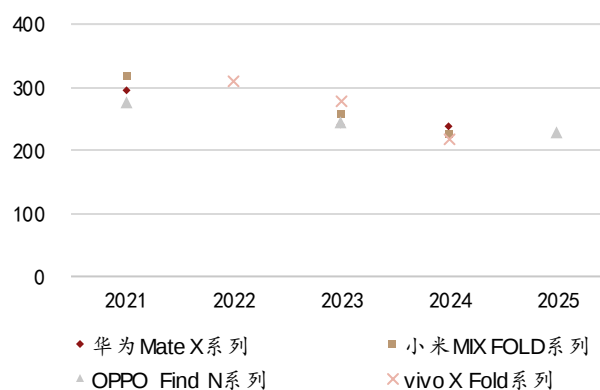
主流厂商折叠屏手机厚度及重量持续优化。随着新型铰链设计、创新材料的应用等，折叠屏手机逐步实现轻薄化。据艾瑞咨询数据，2021-23Q3 横折叠手机的平均厚度由 15.1mm 减薄到了 11.1mm，平均重量由 289.2g 减重到了 252.8g。

图10 折叠状态机身厚度变化（毫米）



资料来源：各公司官网，华西证券研究所

图11 折叠屏手机重量变化（克）

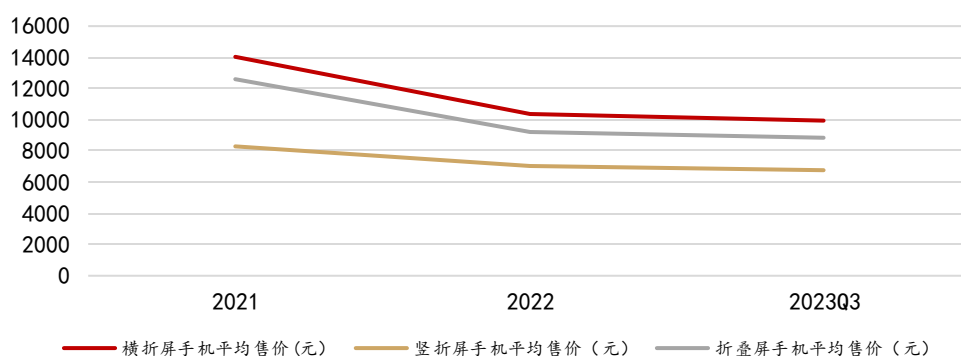


资料来源：各公司官网，华西证券研究所

发展趋势#2：价格亲民化

得益于供应链国产化、规模效益、政策补贴以及市场竞争等因素，折叠屏手机价格自面世以来不断下探。据艾瑞咨询数据，2021-23Q3，横折叠手机均价从 14032 元降至 9942 元，竖折叠手机均价从 8294 元降至 6766 元。与此同时，据 CINNO Research 数据，2024 年折叠屏手机价格呈现持续下行趋势，24Q3 中国市场折叠屏手机平均价格降至 8700 元，同比-12%，其中，竖折款式的平均价格降至 5900 元。

图 12 折叠屏手机平均售价



资料来源：艾瑞咨询，华西证券研究所

1.4. 铰链、盖板构成折叠屏手机主要增量环节

铰链和盖板是折叠屏手机核心价值增量。据 CGS-CIMB RESEARCH 数据，三星 Galaxy Fold1 的整机物料成本为 636.70 美元，其中显示模组（含盖板）和机械结构件（含铰链）的成本占比分别为 34.4%和 13.7%。相较于非折叠机型 Galaxy S9+，这两部分的成本占比分别提升 13.3%和 5.8%。而据宽得数据，华为 Pura X 的整机成本中，显示模组和铰链系统的占比分别为 45%和 25%，两者合计占据总成本的 70%。

表 1 三星 Galaxy Fold 1（折叠屏手机）与 Galaxy S9（非折叠屏手机）BOM 对比（美元）

	折叠屏手机 BOM		非折叠屏手机 BOM		成本变化（相对于 S9）	
	Galaxy Fold1	成本占比	Galaxy S9	成本占比	成本变化	成本占比变化
显示模组	\$218.8	34.4%	\$79.0	21.0%	\$139.8	+13.3%
机器/机电结构件	\$87.5	13.7%	\$29.8	7.9%	\$57.7	+5.8%
相机	\$48.5	7.6%	\$38.0	10.1%	\$10.5	-2.5%
处理器	\$71.0	11.2%	\$67.0	17.8%	\$4.0	-6.7%
电源管理	\$10.9	1.7%	\$8.8	2.3%	\$2.1	-0.6%
蓝牙/WLAN	\$7.0	1.1%	\$7.0	1.9%	\$0	-0.8%
存储芯片	\$79.0	12.4%	\$57.0	15.2%	\$22.0	-2.8%
射频前端	\$21.0	3.3%	\$19.0	5.1%	\$2.0	-1.8%
传感器	\$7.0	1.1%	\$5.5	1.5%	\$1.5	-0.4%
电池	\$9.2	1.4%	\$4.9	1.3%	\$4.3	+0.1%
配件	\$19.0	3.0%	\$15.5	4.1%	\$3.5	-1.1%
其他	\$57.8	9.1%	\$44.5	11.8%	\$13.1	-2.8%
总成本	\$636.7	100%	\$375.8	100%	\$260.9	

资料来源：CGS-CIMB RESEARCH，华西证券研究所

2. 铰链：折叠屏核心零部件，各品牌积极布局打造差异化

2.1. 产品方案：水滴型铰链符合轻量化趋势，成为主流方案

铰链：折叠屏手机的核心组件，负责支撑和引导屏幕的开合、悬停。铰链尺寸虽小但结构复杂，内部包含上百个零部件，并要满足 20 万次以上的开合寿命，对于零部件的强度、精度、耐磨性等要求极高。与此同时，在折叠屏整机轻薄化设计趋势下，铰链设计要在开合顺畅的基础上，兼顾轻薄耐用，有效改善折痕等问题。因此，各大厂商积极进行产品迭代，对铰链的结构、材质和工艺等进行全面升级。

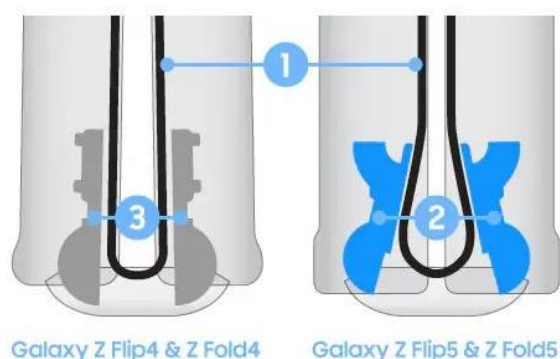
图 13 头部手机厂商折叠屏铰链方案



资料来源：各公司官网，华西证券研究所

按形态看，折叠屏铰链主要分为水滴和 U 型两种。其中，U 型铰链对折后屏幕折叠区域的弯曲半径较小（1.5mm），容易产生较深的折痕。水滴型铰链弯折区域半径更大（3.0mm），屏幕折叠式折叠处的弯曲更为自然，折痕相对更浅；并且水滴形状的两侧都有折叠点，可以减少显示屏上的压力，有效减少屏幕磨损。同时，水滴型铰链还可使两个屏幕在折叠时完全无缝衔接，从而使得折叠屏产品更加纤薄。据材料科学与工程技术，华为、OPPO、小米、vivo 等内折叠手机基本都采用的水滴型铰链，三星 Galaxy Z Fold 5 系列也淘汰了成本较低的 U 型铰链，转为采用水滴型铰链，增加了可容纳的屏幕空间与使用寿命的同时，将手机厚度降低了 2 毫米左右。

图 14 采用 U 型铰链的 Galaxy Z Flip4 和采用水滴形铰链的 Galaxy Z Fold5 对比



资料来源：材料科学与工程技术，华西证券研究所

图 15 采用 U 型铰链的 Galaxy Z Flip4 和采用水滴形铰链的 Galaxy Z Fold5 对比



资料来源：材料科学与工程技术，华西证券研究所

基于水滴型铰链的结构方案，国内厂商持续推进铰链实现进一步轻量化。国内厂商一方面对复杂的铰链结构进行精简设计；另一方面引入航天级金属、MIM 高强度、液态金属、碳纤维复合材料等创新材料，在提高铰链的机械强度与耐用性的同时，有效实现铰链的轻量化。据材料科学与工程，小米 MIX Fold 4 搭载的龙骨转轴 2.0，重构三级连杆设计，整体结构简化，零件数量从 198 个减少到 137 个，转轴体积减少 34%；与此同时，龙骨转轴 2.0 还导入超强度材料及超精密工艺，在减薄的基础上，大幅提升铰链的耐用性与可靠度。

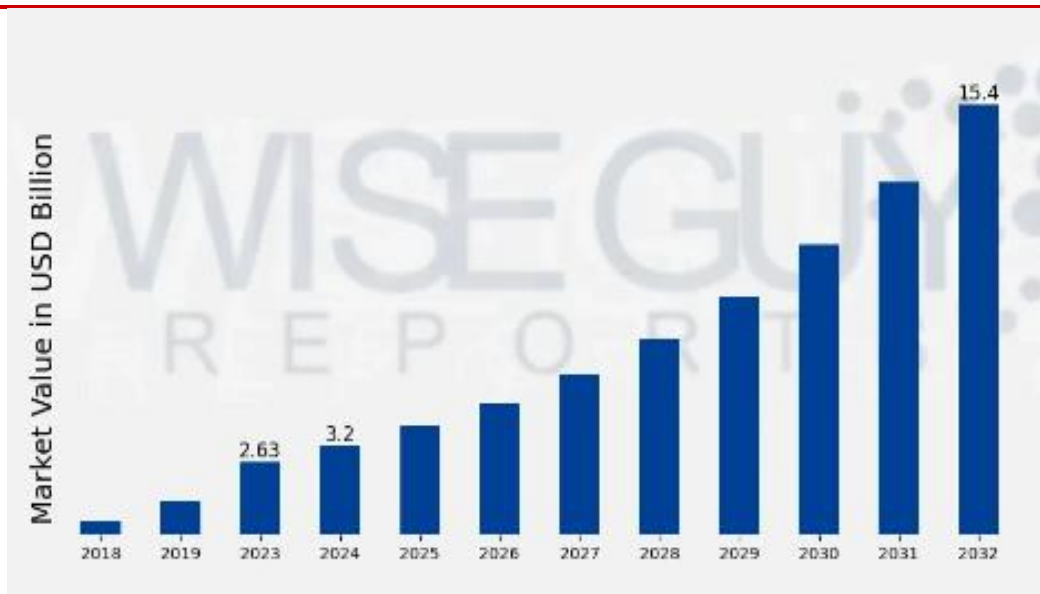
图 16 小米 MIX Fold 4 龙骨转轴 2.0



资料来源：材料科学与工程，华西证券研究所

伴随铰链技术的持续升级迭代，折叠屏手机铰链的市场规模有望保持增长态势。据 Wise Guy Reports 预测，2024 年全球折叠屏手机铰链市场规模约为 32 亿美元，预计 2032 年有望增长至 154 亿美元，2024-32 年 CAGR 为 21.69%。

图 17 全球折叠屏手机铰链市场规模（十亿美元）



资料来源：Wise Guy Reports，华西证券研究所

请仔细阅读在本报告尾部的重要法律声明

图 18 折叠屏手机铰链产业链



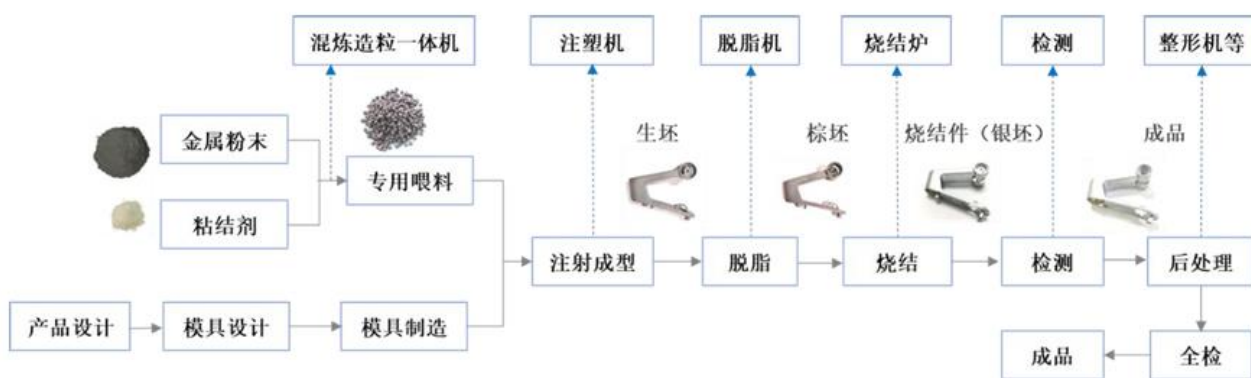
资料来源：势银膜链，东方财富网等，华西证券研究所

2.2. 制造工艺：MIM 为主，液态金属与 3D 打印为辅

2.2.1. MIM 工艺：可大批量生产复杂的金属产品，成本优势显著

MIM（金属注射成型）是一种先进的精密金属成型工艺。其工艺流程主要包括四个阶段：1) 造粒：先将特定金属粉末与粘结剂混合均匀，通过造粒形成喂料；2) 注射：通过注射成型设备将混合料注入模具型腔，塑造出所需形状。3) 脱脂：将生胚中粘结剂去除，得到棕坯。4) 烧结：将棕坯放进高温、高压控制的熔炉中，彻底去除粘结剂，并使金属粉末致密化，形成具有特定性能的金属产品。此外，为进一步提升产品质量与精度，后续还需对烧结后的制品进行整形、表面处理、热处理、机加工等工艺处理，使产品性能达到最佳状态。

图 19 MIM 工艺流程图

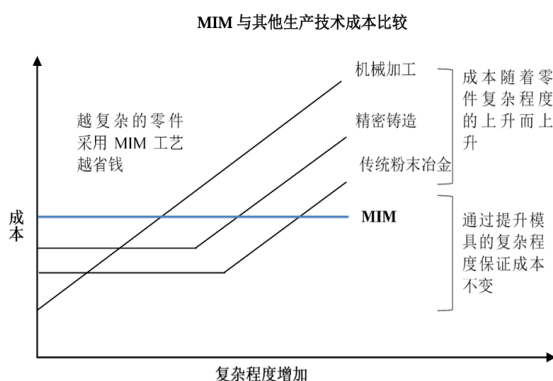


资料来源：统联精密招股说明书，华西证券研究所

随着铰链复杂度和加工精度的持续提升，MIM 技术的技术优势和成本优势有望进一步凸显。传统金属加工技术如冷锻、锻压、冲压适合用于加工二维、零件结构简单的产品，对于三维、复杂形状产品的加工，存在一定的难度。CNC 技术无需模具设计制作，自由度及加工精度颇高，但材料浪费严重，且在加工超小件、三维造型复杂的零件方面耗时长、产量低、成本高。而 MIM 技术结合了塑料注射成形和粉末冶金的技术优势，不仅利用塑料注塑成形技术实现复杂形状零件的大批量、高效率成型；同时还具备常规粉末冶金工艺工序少、无切削或少切削、经济效益高等优点，可以用于大批量生产三维形状、复杂结构、精密尺寸的金属产品，且具备显著的成本优势。

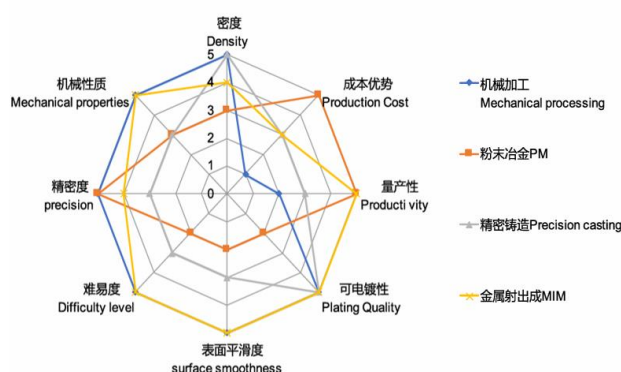
请仔细阅读在本报告尾部的重要法律声明

图 20 MIM 的成本优势



资料来源：统联精密招股说明书，华西证券研究所

图 21 MIM 的技术优势



资料来源：统联精密招股说明书，华西证券研究所

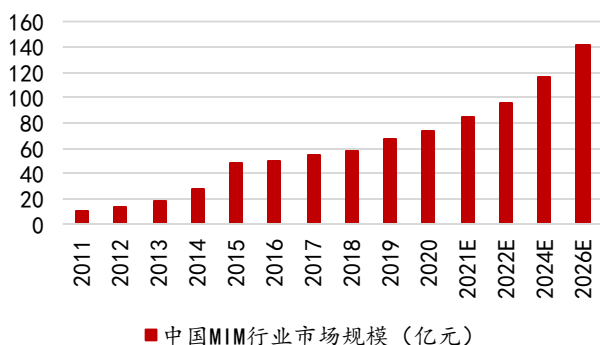
表 2 MIM 工艺具体优势

序号	优势	具体表现
1	设计自由度高	MIM 工艺以类塑胶注塑的方式，实现复杂金属零件的直接成形，支持三维自由设计，理论上塑胶可达成的结构，MIM 均能实现。
2	物理化学性能优异	MIM 产品组织均匀致密，烧结密度可达理论值 98% 以上，物理化学性能优异，其强度、硬度、延伸率等力学指标显著优于传统粉末冶金制品。
3	精度高	MIM 产品一次成形尺寸精度可达 $\pm 0.3\%$ ，一般精度要求的产品无需后工，如配合其他加工方式，可以获得更高的尺寸精度。
4	材料可选范围丰富	MIM 工艺适用材料广泛，几乎覆盖全品类金属材料，尤其适配高性能需求场景。当前主流应用材料包括铁基、镍基、铜基、钛基金属及合金。
5	外观表现精致	MIM 工艺的烧结坯表面粗糙度 (Ra) 可做到 $1\mu m$ ，更可以通过各种表面处理方式获得炫目的外观效果。
6	量产能力灵活	MIM 工艺具备高度灵活的产能调节能力，可实现从日均数百件到数十万件的快速扩产响应。
7	原料利用率极高	MIM 工艺原料利用率接近 100%，是一种近净成形技术，有效避免材料浪费。
8	批量成本优势	结构复杂产品利用 MIM 工艺批量生产成本优势明显。

资料来源：统联精密招股说明书，华西证券研究所

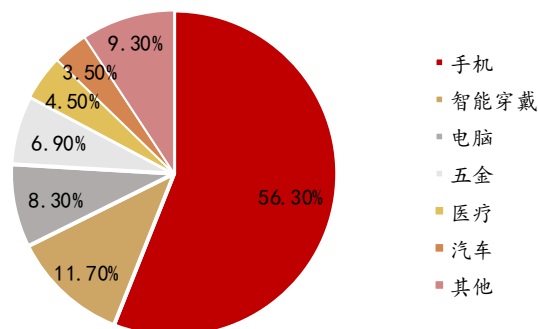
我国 MIM 行业快速发展，消费电子应用占比超 50%。随着 MIM 工艺技术的逐步成熟，MIM 产品在电子产品、汽车、医疗、五金、机械等领域的应用逐步增多。我国 MIM 行业市场规模不断扩大。据铂力特招股说明书数据，2026 年 MIM 市场规模有望增长至 141.4 亿元，2020-26 年 CAGR 为 11.65%。从下游应用来看，我国 MIM 的市场应用主要分布于消费电子领域，占比达 56.3%。

图 22 中国 MIM 行业市场规模（亿元）



资料来源：铂力特招股说明书，华西证券研究所

图 23 中国 MIM 行业下游应用（2020 年）

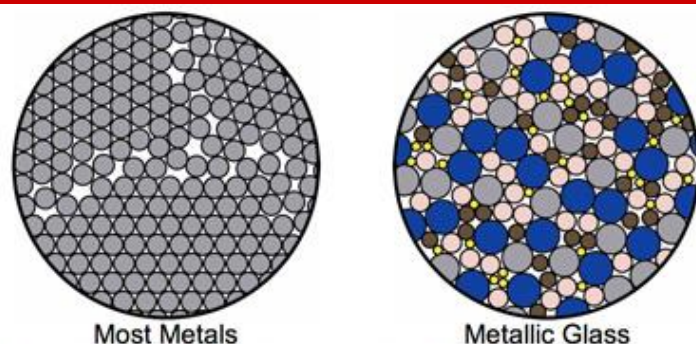


资料来源：铂力特招股说明书，华西证券研究所

2.2.2. 液态金属工艺：性能优异，提升折叠屏耐用性、减少折痕

液态金属即非晶合金，是指与通常情况下金属材料的原子排列呈现的周期性和对称性所不同的非结晶状态的金属。非晶合金材料长程无序的结构使得其具备了特殊的性能，如高强度、高硬度、高光洁度、耐腐蚀和耐磨性等，其抗弯强度、抗拉强度、弹性形变等均优于其他常用金属材料。

图 24 普通金属和非晶合金材料的原子结构区别



资料来源：铖丰材料公司官网，华西证券研究所

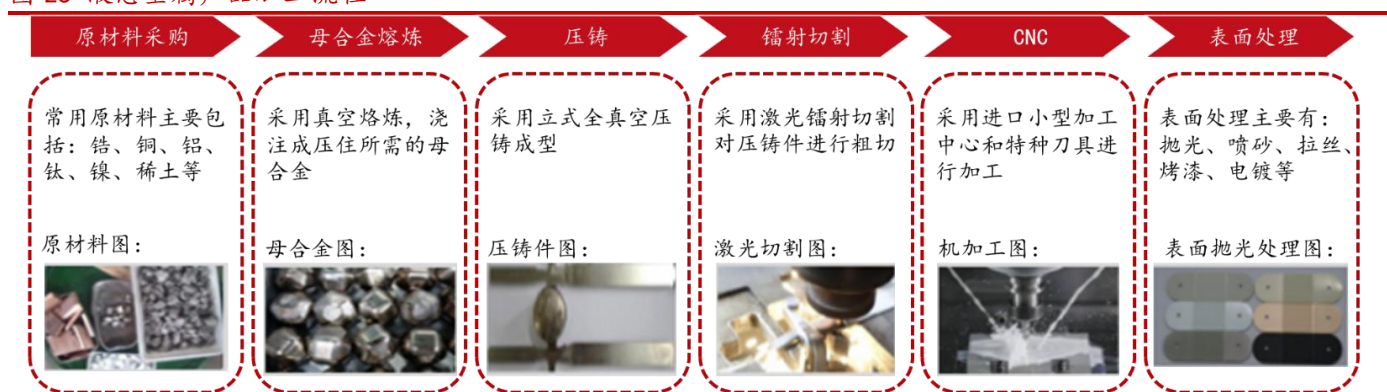
表 3 液态金属与其他金属材料对比

材料	块体非晶 (液态金属)	不锈钢 (SU304)	铝合金 (6061-T5)	铝合金 (ADC12)
屈服强度 (MPa)	1500	310	146	165
抗拉强度 (MPa)	1800	515	185	331
维氏硬度	500	129	70	96
弹性模量 (GPa)	90	193	69	70
弹性极限 (%)	2	0.16	0.21	0.47
导热率 (W/m·K)	5	16	209	92
成型方式	压铸	CNC	CNC	压铸

资料来源：常州世竞官网，华西证券研究所

液态金属加工工艺是一种利用金属在液态或半固态状态下进行成型的先进制造技术。相较于传统加工方式，液态金属加工优势显著。其加工流程高效，后处理工序精简，依托模具成型可实现规模化量产，且成型精度高。与此同时，液态金属在生产过程中的原材料、产品等无毒副作用，对环境的影响小，具备更多的生产优势。

图 25 液态金属产品加工流程



资料来源：常州世竞官网，华西证券研究所

请仔细阅读在本报告尾部的重要法律声明

锆基液态金属已广泛应用于头部品牌折叠屏手机铰链。相比不锈钢材质的折叠屏铰链，锆基液态金属的折叠屏手机铰链能够在厚度较小的情况下达到铰链支撑折叠屏手机的强度和精度的要求，同时由于液态金属本身卓越的弹性变形能力，使产品的疲劳性能远远好于其他材料，反复弯折后不易产生塑性变形形成折痕，因此更适合用来制造折叠屏手机铰链。据极果网，目前华为、荣耀、OPPO 等头部品牌均已搭载液态金属材质的折叠屏铰链。与此同时，据 IT 之家，苹果折叠屏也将采用液态金属铰链，提升耐用性的同时，实现“无折痕”的效果。

2.2.3. 3D 打印工艺：助力折叠屏实现轻量化，有望加速渗透

钛合金重量轻、强度高，适合轻量化的消费电子产品。钛合金具有高比强度，意味着相同的极限承载能力下，所需钛合金的重量轻于其他的金属材料，高度契合折叠屏手机对于“轻量化+高强度”的性能需求。

表 4 四种合金物理性能对比

材料	密度 (g/cm ³)	抗拉强度 (MPa)	比强度 (σ_b/ρ)	弹性模量 (10 ⁴ MPa)	硬度 (BHN)	熔点 (°C)
铝合金	2.7	100-270	57	7.15	75-120	660
锌合金	6.7	280-400	52	7.05	65-450	385
镁合金	1.8	250-343	191	4.41	60-75	650
钛合金	4.5	250-1646	366	11.76	270-310	1668

资料来源：钛谷之声，华西证券研究所

钛合金传统工艺加工难度大，3D 打印可大幅降低制造难度。钛合金热传导率较低，传统加工方法（如铸造、切削等）加工中热量集聚产生的高温会破坏钛合金零件的表面完整性，导致零件几何精度下降和出现严重减少其疲劳强度的加工硬化现象。与此同时，据特种铸造数据，传统加工方法会产生大量的废料，导致钛合金铸件材料利用率不足 50%，复杂薄壁钛合金铸件材料利用率不足 30%。除此之外，还存在生产周期长、复杂结构加工困难等技术瓶颈。而 3D 金属打印技术（又称金属增材制造），与钛合金材料具有更高的适配性。其优点在于：

- **材料利用率较高。**与传统精密加工技术相比，3D 打印技术可节约大量材料，特别是对较为昂贵的金属材料而言，可显著节约材料成本。
- **缩短新产品研发及实现周期。**3D 打印工艺成形过程由三维模型直接驱动，无需模具、夹具等辅助工具，可以极大的降低产品的研制周期，并节约昂贵的模具生产费用，提高产品研发迭代速度。
- **可高效成形更为复杂的结构。**3D 打印的原理是将通过将复杂的三维实体变为若干个二维截面，并逐层堆积金属材料来制造三维物体，故可以实现传统精密加工较难实现的复杂结构钛合金铸件产品，提高零件成品率，同时提高产品质量。
- **实现一体化、轻量化设计。**3D 打印技术可对铸件结构进行拓扑优化及一体化成形设计，可以进一步减轻重量，同时还避免了传统工艺多零件分体设计、制造、焊接、热处理、机加工等复杂工序及成本。
- **实现优良的力学性能。**基于 3D 打印快速凝固的工艺特点，成形后的制件内部冶金质量均匀致密，无其他冶金缺陷；同时快速凝固的特点，使得材料内部组织为细小亚结构，成形零件可在不损失塑性的情况下使强度得到较大提高。

表 5 3D 金属打印技术与传统精密加工技术比较

项目	3D 金属打印技术	传统精密加工技术
技术原理	“增”材制造 (分层制造、逐层叠加)	“减”材制造 (材料去除、切削、组装)
技术手段	SLM、LSF 等	磨削、超精细切削、精细磨削与抛光等
适用场合	小批量、复杂化、轻量化、定制化、功能一体化 零部件制造	批量化、大规模制造，但在复杂化零部件制造方面存在局限
使用材料	金属粉末、金属丝材等(受限)	几乎所有材料(不受限)
材料利用率	高，可超过 95%	低，材料浪费
产品实现周期	短	相对较长
零件尺寸精度	$\pm 0.1\text{mm}$ (相对于传统精密加工而言偏差较大)	$0.1\text{--}10\text{ }\mu\text{m}$ (超精密加工精度甚至可达纳米级)
零件表面粗糙度	$\text{Ra}2\text{ }\mu\text{m}\text{--}\text{Ra}10\text{ }\mu\text{m}$ 之间 (表面光洁程度较低)	$\text{Ra}0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以下 (表面光洁度较高，可达镜面效果)

资料来源：铂力特招股说明书，华西证券研究所

荣耀发布全球首款钛合金铰链折叠屏手机，带动钛合金在折叠屏领域的应用。2023 年 7 月 12 日，荣耀正式发布折叠旗舰荣耀 Magic V2，闭合状态下厚度仅 9.9 毫米，重量仅 231g。该产品铰链轴盖首次采用钛合金 3D 打印工艺，宽度相较于铝合金材质降低 27%，强度却提升 150%，从而带动折叠屏整体厚度和重量的下降。2025 年 2 月 13 日，OPPO 正式发布折叠旗舰 Find N5，实现全球首款量产 0.15 毫米钛合金 3D 打印铰链，铰链翼板的强度提升 120%，外转轴中框的抗冲击与跌落性能提升 100%，铰链整体刚度提升 36%。

图 26 荣耀 Magic V2 铰链轴盖采用钛合金 3D 工艺



资料来源：3D 打印资源库，华西证券研究所

图 27 OPPO Find N5 0.15 毫米钛合金 3D 打印铰链



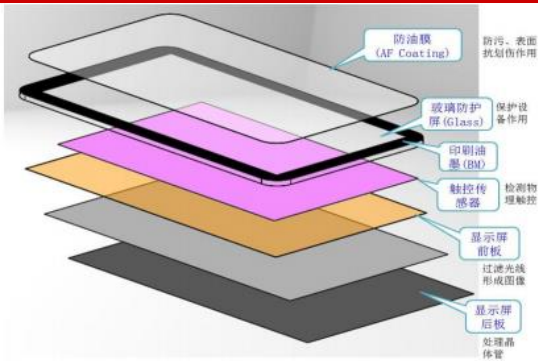
资料来源：3D 打印资源库，华西证券研究所

3. 盖板：实现折叠的核心部件，加速推进 UTG 技术布局

3.1. 产品方案：UTG 技术优势显著，成为首选材料

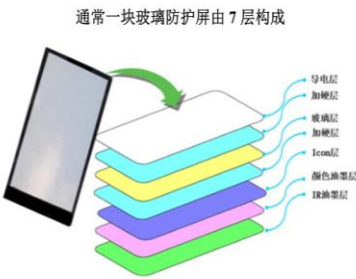
玻璃防护屏：又称盖板玻璃 (Cover Glass/Lens)，通常由导电层、玻璃层、油墨层等 7 层组成，是一种具有强度高、透光率高、韧性好、抗划伤、憎污性好、聚水性等特点的玻璃镜片，其内表面须能与触控模组和显示屏紧密贴合、外表面有足够的强度，达到对平板显示屏、触控模组等的保护、产品标识和装饰功能，是消费电子产品的重要零部件。

图 28 手机屏幕结构



资料来源：蓝思科技可转债说明书，华西证券研究所

图 29 盖板玻璃结构图



资料来源：信濠光电招股说明书，华西证券研究所

柔性盖板是折叠屏屏幕的关键组件，它需要兼具透明度、可折叠性、硬度和防刮能力、光滑平整且轻薄，以及良好的可恢复性。目前折叠屏柔性盖板常用的两种材料是透明聚酰亚胺（CPI）和超薄柔性玻璃（UTG）。

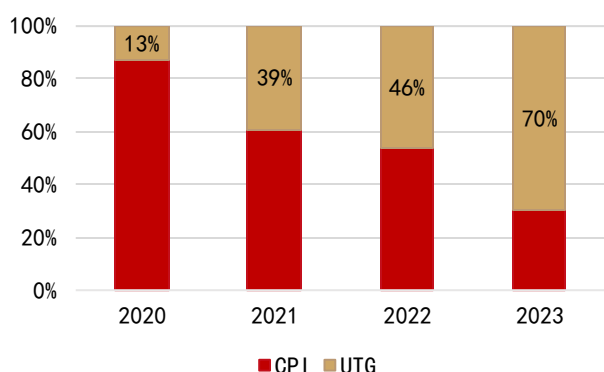
表 6 折叠屏盖板 CPI 与 UTG 对比

	CPI	UTG
硬度	软	硬
平整度	一般	优良
厚度	≤50 μm	30-200 μm
透光性	≤90%	>90%
耐热性	<300℃	>600℃
抗刮擦性	一般	优良
成本	高	更高
外观及触感	一般	优良
折叠性能	优良	一般
折叠半径	优良	一般
量产情况	已实现量产	已实现量产

资料来源：Omdia，TrendForce，功能膜世界，华西证券研究所

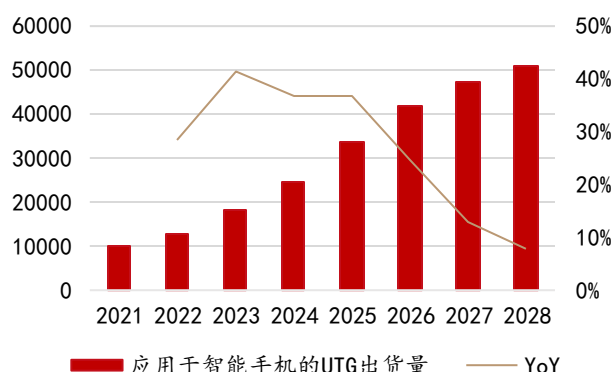
UTG 替代 CPI 成为折叠屏盖板主流应用方案。2019 年折叠屏手机开始大规模商业化量产，CPI 凭借其优良的折叠性能，成为众多折叠屏手机品牌的主流盖板材料。随着折叠屏手机的逐步发展，CPI 薄膜容易老化、密封性差、硬度低、易刮花等问题愈发明显。2020 年，三星可折叠屏手机 Galaxy Z Flip 引入可折叠超薄玻璃 UTG（Ultra Thin Glass）盖板，改变 CPI 一元的市场格局。相比 CPI 材质，UTG 材料具备透光性更好、硬度高、耐刮擦、触感好、回弹性好等优势，因此，UTG 逐渐取代 CPI 材料，成为目前市场主流的折叠屏柔性盖板材料。据 CINNO Research 数据，2023 年国内折叠屏智能手机 UTG 使用占比提升至 70%，呈现持续提升态势。随着主流品牌纷纷采用 UTG 技术，UTG 出货量有望持续提升。据 Omedia 预测，2028 年 UTG 出货量将超过 5100 万片，2024-28 年 CAGR 为 19.99%。

图 30 国内折叠屏智能手机 UTG 占比



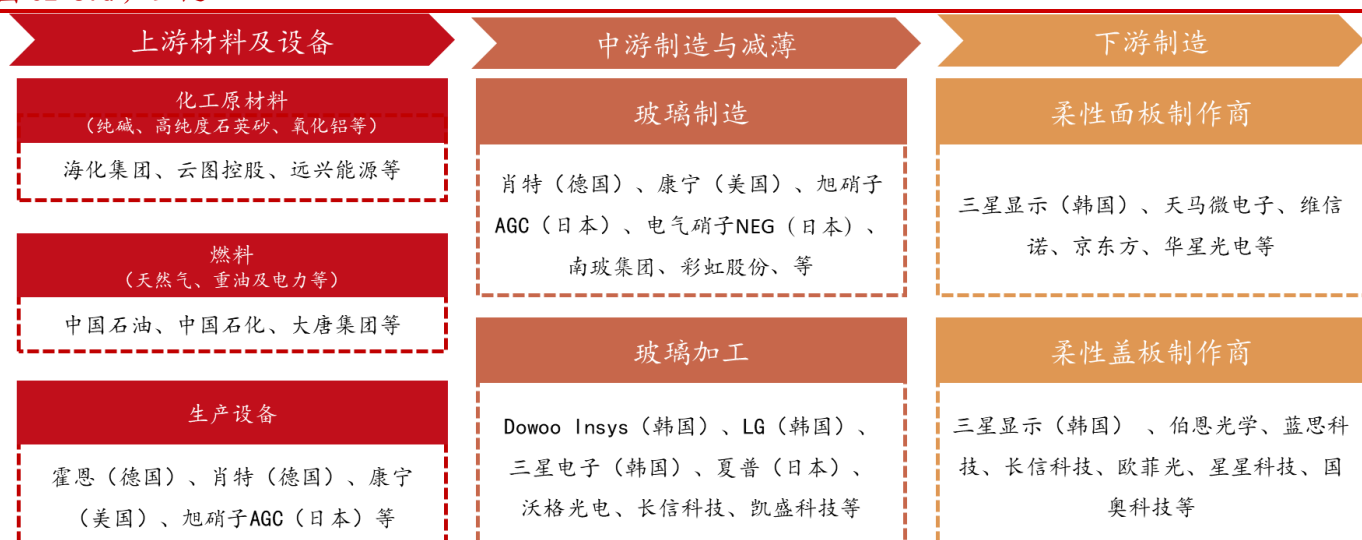
资料来源：CINNO Research，华西证券研究所

图 31 全球 UTG 出货量及同比增速（千片，%）



资料来源：Omdia，华西证券研究所

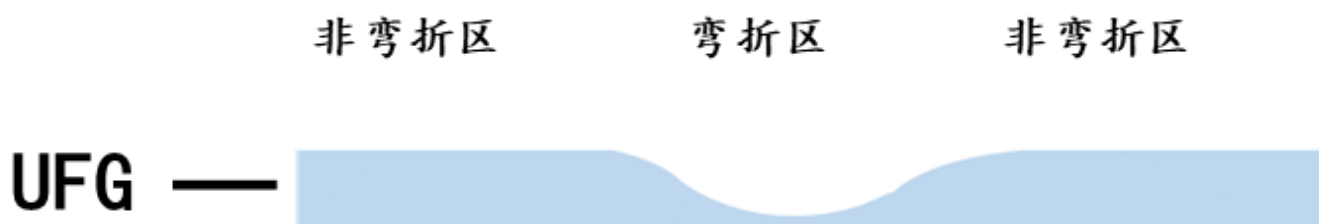
图 32 UTG 产业链



资料来源：国奥显示与半导体，华西证券研究所

不等厚超薄玻璃 UFG 有望成为下一代主流方案。当前主流的等厚 UTG 玻璃为了保证折叠性能，玻璃弯折区需要保持 30um 厚度，而两边非弯折区的屏幕同样 30um 时非常脆弱，因此需要在表面贴上一层塑料 PET 膜进行保护。但是贴膜方案仍然会有折痕、塑料质感明显，且硬度还是不足。不等厚超薄玻璃（UFG）作为一种特殊的 UTG，屏幕中间弯折区厚度 30um，两边非弯折区的厚度为 70-150um。这样既保证了中间折叠部分的可弯折性能，同时也保证了两边屏幕的强度。两边非弯折区的屏幕不需要再贴 PET 塑料膜，而是采用镀膜的方式就能够保证强度和防飞散等性能，带给消费者更轻薄、更高级质感的体验。

图 33 UFG 示意图



资料来源：拓米集团，华西证券研究所

3.2. 制造工艺：成型、切割、钢化为核心难点

3.2.1. 成型：二次成型技术国产替代率高

UTG 的生产分为一次成型法和二次成型法。

- **一次成型法：**是指通过下拉法制程直接生产出 $30\mu\text{m}$ 左右的超薄原片，在原片的基础上再进行切割、研磨、强化、镀膜等加工后制成 UTG 盖板。一次成型法技术壁垒较高，主要被几家国外大型显示玻璃制造商掌握，美国康宁（CORNING）和日本电气硝子（NEG）使用溢流下拉法，德国肖特（SCHOTT）使用窄缝下拉法，旭硝子（AGC）使用浮法技术。

表 7 UTG 一次成型法制造工艺

生产工艺	溢流下拉法	狭缝下拉法	浮法
示意图			
主导公司	美国康宁、日本电气硝子	德国肖特	日本旭硝子
流程	玻璃溶液搅拌、澄清后通过铂金通道引入溢流槽，溢满后从两侧均匀溢流，沿锥形部分向下流动并在下部融合下拉形成玻璃。	将熔融玻璃液导入铂金金槽，经铂金漏板狭缝流出后由拉边机、牵引辊拉引成超薄玻璃。	将玻璃熔窑中熔融玻璃液输送至液态锡槽，利用密度差使其漂浮于锡液表面，通过拉边机控制厚度，经辊引引出后完成退火、切割等后段加工。
优点	- 生产玻璃的厚度可达到 0.05mm 左右，玻璃两个边部可采用对辊控制 - 可以进行双面加热和冷却，易于实现温度控制，非常适合卷绕； - 在整个成形和退火过程中不与外界固液界面接触，制成的玻璃板表面纯净无暇且光滑，无须再研磨抛光。高，无需打磨抛光	投资小、占地少、建设周期短	产量高，玻璃面积大，容易做成生产线，可以连续生产大吨位和大规格的产品
缺点	- 需要平衡性良好的调整下拉熔融玻璃的张力和保持熔融玻璃的横向张力； - 溢流口处整个板宽方向玻璃液溢出量要一致； - 难以做成大面积，产量低，板宽窄，	由于长时间承受较高的应力，铂金漏板容易变形，导致狭缝的宽度不一致，流经狭缝的玻璃液，会产生厚度不均匀等缺陷，玻璃表面需要二次抛	- 随着玻璃厚度的减薄，拉引量会越来越低，使浮法工艺大吨位生产优势减弱； - 随着玻璃厚度的减薄，需要增加拉边机的数量，这就造成拉薄区长度增加； - 浮法成形时，玻璃下表面会被锡液污染，

请仔细阅读在本报告尾部的重要法律声明

受溢流槽的尺寸所限，板宽通常不足浮法玻璃板宽的一半。

光，才能保证电子信息显示基板的要求。

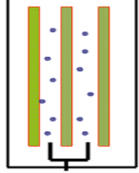
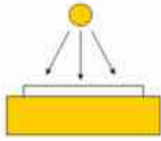
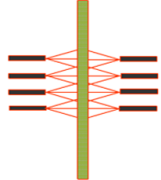
- 下拉时玻璃的粘度变化范围大，从低粘性区域到接近固体区域，不易控制玻璃基板的变形过程。

形成渗锡层，表面粗糙，对于厚度较薄且柔软的柔性玻璃而言后续处理困难很大。

资料来源：《柔性玻璃的生产及发展概况》，《柔性玻璃产业发展现状及发展趋势》，功能膜世界，华西证券研究所

- **二次成型法（减薄法）**：将相对较厚的玻璃原片通过化学减薄至 30 μm 左右的特定厚度，再进行 UTG 盖板后制程加工。化学蚀刻减薄工艺是利用氢氟酸化学溶液 (HF) 与玻璃基板表面的二氧化硅进行化学反应而使其溶解的原理，对面板进行刻蚀而将玻璃厚度变薄，主要工艺有浸泡式减薄法、单片水喷洒平式、单片直立喷洒式、瀑布流式。由于二次成型法批量生产技术门槛较低，生产成本可控，且在厚度及尺寸规格上灵活性高，能够满足客户多样化需求，是目前国内厂商主要采用的方案。但相较于一次成型工艺，二次成型法的产品存在外观良率欠佳，大规模生产时产品一致性不足。

表 8 四种化学刻蚀薄化工艺

对比类型	蚀刻薄化方式图示	优点	缺点
多片直立浸泡式		可以同时处理多片玻璃，产量高、成本较低。	装置大型，外围产生沉淀物，白色泡沫，对技术要求较高
单片水喷洒平式		可以处理两面不同蚀刻要求；化学液可有效回收利用使成本相对降低。	薄化后玻璃基板均匀性变差，需再次研磨；喷洒面积及力道不易控制，容易形成凹点。
单片直立喷洒式		可以处理两面不同蚀刻要求；化学液可有效回收，使成本相对降低；抛光次数可减少。	蚀刻表面易产生凹点，需要后续抛光处理。
瀑布流式		基板上无需任何压力；高回收比例，废液最少。	效率低，上下端的均匀性差。

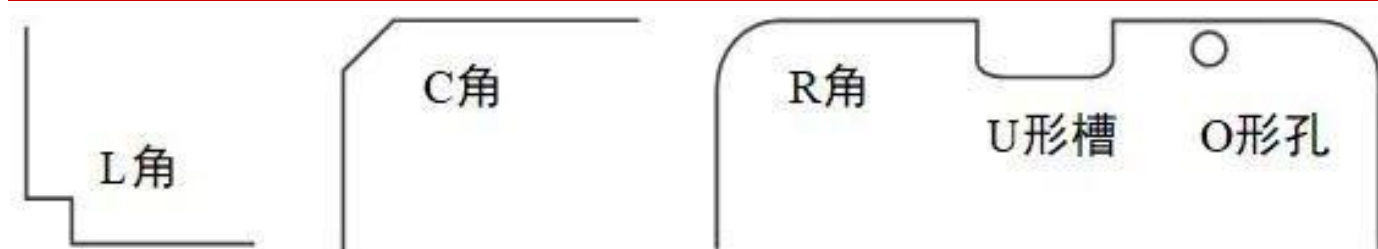
资料来源：沃格光电招股说明书，华西证券研究所

3.2.2. 切割：采用非接触式激光切割进行加工

柔性玻璃受其成型方法的影响，边缘会形成异状缺陷，需要对其边缘进行切割处理，消除拉边机造成的影响。与此同时，柔性玻璃还需要进行切割加工，成为特定形状的玻璃产品，例如手机盖板的“水滴屏”、“刘海屏”等，为前置的摄像头预留空间。传统平板玻璃切割方法常用金刚石刀轮或硬质合金刀轮，该方法优点在于操作简单、生产成本低廉，但边缘破损严重，极易形成裂纹无法满足柔性玻璃的切割，因此需要进行非接触式的激光切割来对柔性玻璃进行加工。

请仔细阅读在本报告尾部的重要法律声明

图 34 盖板玻璃需要切割的特定形状



资料来源：功能膜世界，华西证券研究所

3.2.3. 钢化：化学钢化工艺成为首选

超薄玻璃之所以机械强度低，原因在于超薄玻璃表面和内部存在大量微裂纹，在外力与环境介质的作用下极易发生裂纹扩展，从而使玻璃遭到破坏。为了克服这个弱点，可对玻璃进行钢化提高强度。UTG 超薄玻璃的钢化方法主要有物理钢化、化学钢化和层压法。其中，化学钢化后的玻璃表面压应力大且均匀，因而强度更高、热稳定性好，玻璃表面平整光滑并且玻璃不易发生光学畸变及物理变形，成为 UTG 盖板加工企业选择的工艺。

表 9 超薄玻璃钢化工艺

	原理	特点
物理钢化	通过加热介质对玻璃进行加热，加热到玻璃的转变温度与玻璃的软化温度之间的某个温度后（对于普通的钠钙玻璃来说，约为 650-700℃），在冷却介质中迅速冷却，由于玻璃表面比玻璃内部冷却的快，玻璃表面粘度增加，急剧收缩而产生压应力，玻璃内层形成张应力，使玻璃获得较高的强度。	• 平板玻璃经物理钢化后不能切割、钻孔以及研磨抛光，钢化前要将平板玻璃按照形状及尺寸的要求进行机械加工 • 不太适合生产较薄的玻璃， • 可能会有自爆问题，会伤及人体。
化学钢化	根据离子扩散的机理来改变玻璃表面的化学组成。即在一定温度下，把含有小半径碱金属离子的玻璃沉浸在含有大半径碱金属离子的熔盐中，在化学位梯度的推动下，玻璃中的小半径碱金属离子与熔盐中的大半径碱金属离子互相交换，产生互扩散过程，扩散到玻璃表面的大离子占据了玻璃亚表面层中小离子的位置，使得玻璃表面体积膨胀产生“挤塞”现象，导致玻璃表面上产生了很大应力的压应力层，有效消除微裂纹或抑制微裂纹的扩展，显著提高玻璃的强度	• 化学钢化后的玻璃表面压应力大且均匀，因而强度更高、热稳定性好，玻璃表面平整光滑并且玻璃不易发生光学畸变及物理变形，对玻璃的形状尺寸没有任何要求。 • 经离子交换后的玻璃可以切割、钻孔等冷加工处理且无自爆现象，成品率高。 • 适合于钢化特薄（厚度小于 1 mm）、厚薄不均、要求精度高的玻璃。
层压法	在相对高的温度下在玻璃表面覆盖另一层玻璃。所层压的玻璃应具有比内层玻璃低的热膨胀系数。当快速冷却的时候，内层玻璃处于拉应力状态，所层压的玻璃处于压应力状态。	

资料来源：屏芯视界，华西证券研究所

4. 投资建议

苹果加速入局折叠屏，有望带动折叠屏手机实现加速放量，并有望引领折叠屏产业链实现创新升级。我们看好折叠屏 UTG 盖板、铰链等核心增量环节以及液态金属、3D 打印等新工艺。相关受益标的：1) UTG：蓝思科技；2) 铰链：领益智造、统联精密、精研科技；3) 液态金属：宜安科技；4) 3D 打印：华曙高科、铂力特。

请仔细阅读在本报告尾部的重要法律声明

表 10 相关受益标的

公司名称	代码	股价（元）	市值（亿元）	归母净利润（亿元）			PE		
				2025E	2026E	2027E	2025E	2026E	2027E
蓝思科技*	300433.SZ	23.74	1,182.91	50.34	63.96	75.70	23.50	18.49	15.63
领益智造*	002600.SZ	9.20	644.75	25.00	34.03	41.93	25.79	18.95	15.38
统联精密	688210.SH	24.21	38.79	1.34	2.06	3.16	29.04	18.80	12.29
精研科技	300709.SZ	39.25	73.04	-	-	-	-	-	-
宜安科技	300328.SZ	11.68	80.64	-	-	-	-	-	-
华曙高科	688433.SH	36.68	151.92	1.02	1.34	1.70	148.48	113.25	89.26
铂力特	688333.SH	62.40	169.58	2.04	2.92	4.04	83.24	58.16	41.93

资料来源：，华西证券研究所

注：标*采用华西预期，其他均采用一致预测，收盘价截至 2025.7.4

5. 风险提示

下游需求不及预期，新品推出节奏不及预期，新技术落地不及预期等。

分析师承诺

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求客观、公正，结论不受任何第三方的授意、影响，特此声明。

评级说明

公司评级标准	投资 评级	说明
以报告发布日后的 6 个月内公司股价相对上证指数的涨跌幅为基准。	买入	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数达到或超过 15%
	增持	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数在 5%—15%之间
	中性	分析师预测在此期间股价相对上证指数在-5%—5%之间
	减持	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数 5%—15%之间
	卖出	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数达到或超过 15%
行业评级标准		
以报告发布日后的 6 个月内行业指数的涨跌幅为基准。	推荐	分析师预测在此期间行业指数相对强于上证指数达到或超过 10%
	中性	分析师预测在此期间行业指数相对上证指数在-10%—10%之间
	回避	分析师预测在此期间行业指数相对弱于上证指数达到或超过 10%

华西证券研究所：

地址：北京市西城区太平桥大街丰汇园 11 号丰汇时代大厦南座 5 层

网址：<http://www.hx168.com.cn/hxzq/hxindex.html>

华西证券免责声明

华西证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具备证券投资咨询业务资格。本公司签约客户使用。本公司不会因接收人收到或者经由其他渠道转发收到本报告而直接视其为本公司客户。

本报告基于本公司研究所及其研究人员认为的已经公开的资料或者研究人员的实地调研资料，但本公司对该等信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本报告所载资料、意见以及推测仅于本报告发布当日的判断，且这种判断受到研究方法、研究依据等多方面的制约。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及预测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息始终保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者需自行关注相应更新或修改。

在任何情况下，本报告仅提供给签约客户参考使用，任何信息或所表述的意见绝不构成对任何人的投资建议。市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告视为做出投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在任何情况下，本报告均未考虑到个别客户的特殊投资目标、财务状况或需求，不能作为客户进行客户买卖、认购证券或者其他金融工具的保证或邀请。在任何情况下，本公司、本公司员工或者其他关联方均不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告而导致的任何可能损失负有任何责任。投资者因使用本公司研究报告做出的任何投资决策均是独立行为，与本公司、本公司员工及其他关联方无关。

本公司建立起信息隔离墙制度、跨墙制度来规范管理跨部门、跨关联机构之间的信息流动。务请投资者注意，在法律许可的前提下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。在法律许可的前提下，本公司的董事、高级职员或员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处为华西证券研究所，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。