



计算机行业研究

买入（维持评级）

行业专题研究报告

证券研究报告

计算机组

分析师：刘高畅（执业 S1130525120005）
liugaochang@gjzq.com.cn

分析师：郑元昊（执业 S1130525120004）
zhengyuanhao@gjzq.com.cn

联系人：孙恺祈
sunkaiqi@gjzq.com.cn

IPHONE20 周年展望

行业观点

■ 3D 打印减碳提效契合行业 ESG 诉求，精简工序支撑消费电子高端化升级。

在全球 ESG 监管趋严与双碳目标的双重驱动下，消费电子行业正面临减碳压力与资源效率提升的双重挑战，3D 打印技术凭借材料高利用率、再生资源适配性及工序精简的核心优势，成为行业践行绿色发展、推动高端化升级的关键解决方案。传统 CNC 减材工艺在钛合金等高端材料加工中不仅材料利用率偏低，还需经过电镀、化学抛光等多道污染性表面处理工序，易产生含重金属的废水废气。而 3D 打印大幅提升了原材料利用率，还可直接利用再生钛粉实现资源循环利用，同时省去了传统电镀等污染工序，从源头降低了环境负荷。苹果与 OPPO 的实践已印证这一技术的价值：苹果通过 3D 打印再生钛金属部件，在保障产品性能与美学的同时，有效缩减了环境足迹；OPPO 则借助 3D 打印钛合金铰链，实现了折叠屏机型的轻薄化升级与结构可靠性提升。据芯语，iPhone 18 系列物料端正在测试屏下 3D 人脸解锁，同时还在测试微透玻璃，有望推动一波供应链加速。

■ 打磨抛光是 3D 打印核心后处理环节，工艺适配决定产品品质与技术量产落地。

3D 打印完成零部件成型后，打磨、抛光是适配消费电子高端化与精密化要求的核心后处理环节，也是实现打印部件从“成型”到“成品”转化的关键步骤。因 3D 打印的成型工艺特性，部件表面会存在层纹、微凸起等缺陷，若不处理会影响产品的外观质感、装配精度与使用性能，而打磨、抛光可通过物理或化学方式消除这类问题，让部件表面光洁度、平整度达到消费电子量产标准。打磨作为首要精整步骤，核心是去除层纹、支撑残留与表面不平整，会根据金属、聚合物等不同材料类型，选择不同适配方法；抛光则是打磨后的精加工，通过机械、化学、热抛光等不同技术路线，实现部件的镜面或高光泽效果。同时，消费电子不同品类的 3D 打印部件，打磨抛光的工艺选择会围绕使用场景与外观要求差异化适配。打磨、抛光环节的工艺水平直接决定着最终产品的品质与市场接受度，其工艺优化不仅能满足消费电子对外观、手感、精度的极致要求，更能进一步释放 3D 打印的工艺优势，推动该技术在消费电子领域的规模化量产与多品类应用。

■ 产业信号：中上游大幅扩产，下游规模量产前夕。

3D 打印产业链中上游技术突破与成本优化持续落地，下游消费电子领域迎来规模化应用的关键契机，全产业链发展势能全面释放。上游钛粉制备端，粉末冶金法取代传统熔铸法成为主流，氢化脱氢+球化法等新工艺通过提升得粉率、优化成本结构，实现钛粉价格大幅下降，同时海外企业技术革新与国内产能升级进一步推动钛粉性价比提升，直接牵引 3D 打印钛粉需求快速增长。中游设备环节，激光器效率提升、激光器数量增加、打印机成型尺寸扩大的三重效率升级，大幅提升了 3D 打印的生产效率与制件能力，破解了大尺寸复杂构件的制造瓶颈，国内头部设备厂商业绩也迎来快速增长，行业进入业绩爆发期。下游消费电子成为 3D 打印技术落地的核心场景，钛合金材料的广泛应用与端侧 AI 时代的散热、轻量化需求，让 3D 打印在难加工材料成型、复杂结构制造上的优势充分凸显，不仅解决了传统工艺的加工痛点，还能实现产品性能与形态的双重升级。苹果、OPPO、荣耀、小米等头部品牌纷纷在折叠屏铰链、智能穿戴部件、手机结构件等产品中应用 3D 打印技术，完成从原型制作到规模量产的突破，推动消费电子制造工艺迎来革新，也为 3D 打印技术的多场景落地奠定了基础。

■ 相关标的：

华曙高科、大族激光、宇晶股份、蓝思科技、飞沃科技、宇环数控、哈森股份、汇创达、银邦股份、铂力特等。

风险提示

- 下游应用拓展不及预期风险，原材料价格波动风险，技术路线迭代风险，地缘政治及汇率波动风险。



内容目录

一、消费电子为什么需要 3D 打印？——ESG+精简工序	3
二、3D 打印有哪些后续环节？——打磨、抛光环节	5
三、产业链最近有哪些加速信号？——中上游大幅扩产，下游规模量产前夕	7
四、相关标的	14
风险提示	14

图表目录

图表 1: 3D 打印技术有较高的材料利用率与再生资源适配性	3
图表 2: 电镀主要工艺流程及污染物排放	4
图表 3: OPPO Find N5 的 3D 打印钛合金屈曲铰链虽然小了 26%，但刚性提高了 36%	4
图表 4: OPPO Find N5 的折叠厚度压缩至 8.93mm，重量仅 229g	4
图表 5: 3D 打印成品表面粗糙，有较明显的层纹问题	5
图表 6: 金属打印零件打磨抛光前后对比	6
图表 7: Apple Watch Ultra 3 钛金属表壳等注重外观质感，以激光抛光、化学机械抛光为主	6
图表 8: OPPO Find N5 钛合金铰链这类精密功能性部件，打磨抛光则以机械打磨+超声波精抛光为主	6
图表 9: 粉末冶金法下的钛粉制备工艺	7
图表 10: 氢化脱氢+球化法 VS 传统雾化法	8
图表 11: 传统雾化法钛粉得粉率均低于 50%	8
图表 12: IperionX 基于 HAMR 技术革新传统钛废料回收利用流程	9
图表 13: 3D 打印对于钛粉需求有望快速增长	9
图表 14: 3D 打印产业覆盖打印材料、设备、服务等诸多环节	10
图表 15: 多激光器方案可兼顾打印复杂几何结构的灵活性和高效性	11
图表 16: 多激光器方案可兼顾打印复杂几何结构的灵活性和高效性	12
图表 17: 3D 打印头部厂商业绩进入爆发期	12
图表 18: 超薄均热板能够高效消除局部热点，保障高功率柔性电子设备稳定运行	13
图表 19: 手机散热中均热板二维热传导效果优于热管一维热传导	13
图表 20: Apple Watch Ultra 3 和 Series 11 采用 3D 打印打造边框节约 50%的原材料	14
图表 21: 华为 Mate 系列钛合金中框通过 3D 打印实现减重	14
图表 22: 苹果 iPhone Air USB-C 接口采用 3D 打印技术	14



一、消费电子为什么需要 3D 打印？——ESG+精简工序

在全球 ESG 监管趋严与双碳目标双重驱动下，消费电子行业正面临严峻的减碳压力与资源效率挑战，3D 打印技术凭借其材料高利用率与再生资源适配性，成为企业践行绿色发展的关键路径。传统 CNC 减材制造工艺在钛合金等高端材料加工中材料利用率仅 30%-70%，产生大量废料；而 3D 打印增材制造模式通过“近净成形”特性，将钛粉利用率提升至 95%以上，大幅减少生产环节的资源消耗，同时该技术还可直接利用钛废料、再生钛粉进行生产，实现资源的循环利用。以苹果为例，其在 Apple Watch Ultra 3、钛金属款 Apple Watch Series 11 及 iPhone Air 的 USB-C 端口中，均采用 100%回收的航空级钛金属粉末进行批量化增材制造，使原材料用量较前代产品减少 50%，预计 2025 年全年可节省超 400 公吨钛原料。这一转变不仅体现“用此前一块表所需的材料制造出两块表”的效率革命，更有力支撑了苹果“Apple 2030”碳中和目标。正如苹果环境与供应链创新副总裁 Sarah Chandler 所言：“3D 打印技术在材料效率方面有着巨大潜能，而这正是实现 Apple 2030 的关键。”这种从减材制造向增材制造的系统性转变，使企业能够在不牺牲产品性能与美学标准的前提下，实现环境足迹的系统性缩减，契合消费电子行业 ESG 发展诉求。

图表1：3D 打印技术有较高的材料利用率与再生资源适配性

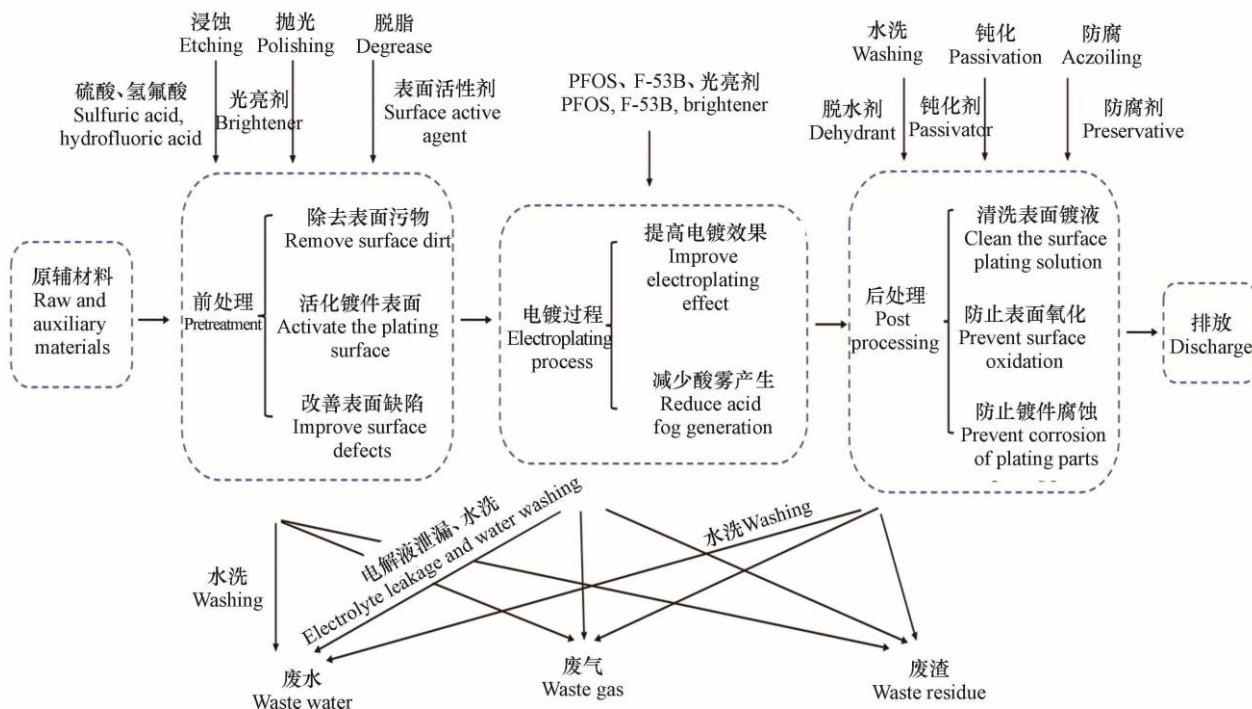


来源：苹果官网，国金证券研究所

3D 打印的环境效益不仅体现在原材料利用率的提升上，更延伸至后续表面处理工序的精简，从根本上减少了传统制造中污染性工艺环节的环境负荷。传统消费电子制造中，金属部件往往需经过电镀、化学抛光、阳极氧化等多道表面处理工序，这些工艺涉及重金属离子、酸碱废液及有机溶剂的使用，会产生大量有害废弃物。例如电镀过程会产生含六价铬、重金属离子的废水与废气，不仅处理成本高昂，还极易造成土壤和水体污染，且欧盟等地区已对六价铬等相关有害物质实施了严格管控。相比之下，3D 打印可通过工艺参数精准调控，直接打造出表面光洁度、耐腐蚀性达标的高端金属部件，无需额外电镀处理；同时，与传统 CNC 加工需要切削液、润滑剂和催化脱粘剂等危险化学品不同，3D 打印“几乎不需要额外的油、润滑剂或冷却水”，从根本上消除了有害废弃物对空气、水源和土壤的污染风险。以苹果 Apple Watch Ultra 3 和 Series 11 的钛金属表壳为例，其通过选择性激光熔化技术一次成型后，仅需经过粗脱粉、超声波精脱粉、带电金属丝切割及自动光学检测等物理工序，即可达到抛光镜面质感或轻量化耐用性标准，无需传统钛合金加工中常见的化学蚀刻或电镀前处理。这种“工序精简”不仅缩短了生产周期，更规避了电镀等工艺带来的废水、废气排放问题，使企业在满足 ESG 合规要求的同时，降低了环保治理成本，实现了环境效益与经济效益的双重优化。



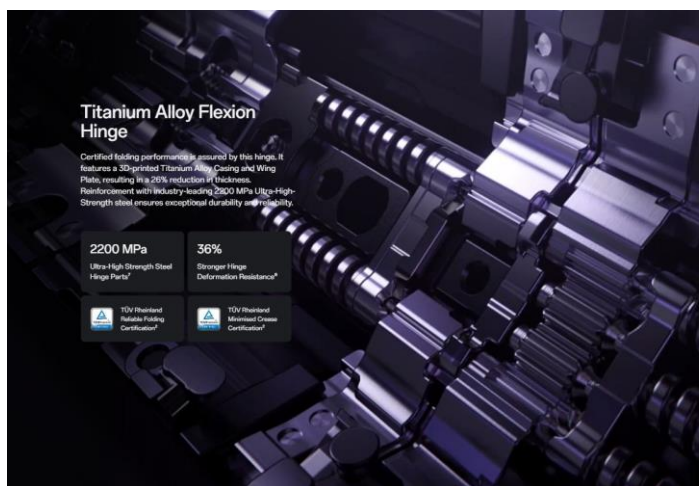
图表2：电镀主要工艺流程及污染物排放



来源：《电镀行业排放重金属及全氟化合物时空分布及风险评估》，国金证券研究所

消费电子高端化、轻薄化的产品升级趋势，对制造工序的精简性与高效性提出了更高要求，而3D打印凭借核心的一体化成型能力，成为破解传统制造工艺痛点、简化生产流程的关键方案。传统工艺制造精密部件需经过开坯、锻造、切削、拼装等多道工序，不仅生产周期长，还易因多环节加工产生公差累积，影响产品精度与结构可靠性。相比之下，3D打印技术可实现复杂结构的一体化成型，直接制造出折叠屏铰链、钛合金边框等精密部件，从根本上消除了多组件拼装的工序环节，同时规避了拼装带来的连接失效风险。以OPPO Find N5为例，其与铂力特合作开发的钛合金铰链系统，铰链翼板厚度从0.3mm突破至0.15mm，在实现26%体积缩减的同时，刚性提升36%、强度提升120%、抗冲击性能提升100%。为进一步强化机身结构并兼顾轻量化，OPPO还将3D打印钛合金铰链与7000系列铝合金框架、碳纤维部件结合，最终让Find N5的折叠厚度压缩至8.93mm，不仅优于荣耀Magic V2的9.9mm、Magic V3的9.2mm，成为轻薄度领先的折叠屏机型，还顺利通过10万次折叠寿命测试，充分适配了消费电子行业快速迭代的产品节奏，也以先进的3D打印钛合金铰链重新定义了可折叠智能手机的制造格局。

图表3：OPPO Find N5的3D打印钛合金铰链虽然小了26%，但刚性提高了36%



来源：VoxelMatters, OPPO 官网, 国金证券研究所

图表4：OPPO Find N5的折叠厚度压缩至8.93mm，重量仅229g



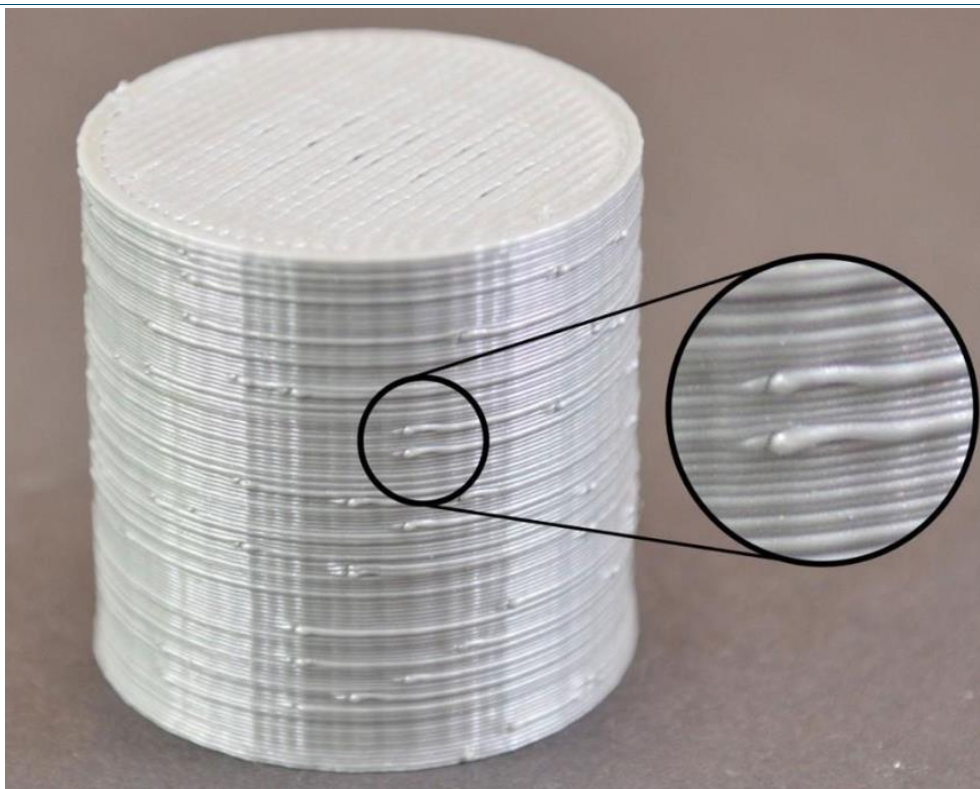
来源：VoxelMatters, OPPO 官网, 国金证券研究所



二、3D 打印有哪些后续环节？——打磨、抛光环节

3D 打印完成零部件成型后，并非直接达到消费电子等终端领域的应用标准，需通过一系列后处理工序优化部件的表面质量、尺寸精度与结构性能，其中打磨、抛光是核心后续环节，也是决定 3D 打印部件能否适配消费电子高端化、精密化要求的关键步骤。与传统制造的后处理不同，3D 打印部件因成型工艺特性，表面会存在层纹、微凸起等问题，若直接应用会影响部件的外观质感、装配精度甚至使用性能，而打磨、抛光环节可通过物理或化学方式消除这类缺陷，让部件表面光洁度、平整度达到消费电子产品的量产标准，同时配合其他辅助后处理工序，实现 3D 打印部件从“成型”到“成品”的转化。

图表5：3D 打印成品表面粗糙，有较明显的层纹问题



来源：esun 官网，国金证券研究所

打磨是 3D 打印后处理的首要精整步骤，其核心目标是去除打印过程中产生的层纹、支撑结构残留以及表面不平整部分。根据材料类型和打印工艺的不同，打磨方法有所差异：

- 对于金属 3D 打印件，打磨通常使用砂纸、砂轮或旋转锉刀等工具，从粗目数（80-120 目）逐步过渡到细目数（600-2000 目），以降低表面粗糙度。打磨方向应与层纹垂直，以减少划痕并提高效率。对于复杂几何体，喷砂处理（使用 Al_2O_3 粉末或玻璃珠）可均匀处理难以手工触及的表面区域；
- 对于聚合物打印件（如 FDM 工艺的 PLA/ABS），打磨需特别注意壁厚控制，避免过度打磨导致结构强度下降。通常采用从 100-150 目粗砂纸开始，逐步升级至 400-600 目细砂纸的分阶段策略。

抛光是在打磨基础上的进一步精加工，旨在实现镜面或高光泽效果。主要技术路线包括：

- 机械抛光：使用抛光膏配合抛光布、帆布轮或羊绒轮，通过抛光机进行表面处理；
- 化学抛光：针对特定材料采用化学药剂处理。例如，ABS 塑料件可通过丙酮蒸汽抛光，使表面材料轻微融化后自然流平，实现镜面效果；光敏树脂件则使用酒精清洗后喷涂透明光油或环氧树脂，经 UV 固化形成光滑表面。金属件可采用电解抛光，通过电化学溶解去除微观凸起，可显著降低表面粗糙度；
- 热抛光：适用于 FDM 打印的热塑性材料，使用热风枪或火焰快速扫过表面（距离约 10cm），使塑料轻微融化变光滑，但需严格控制温度避免变形。



图表6：金属打印零件打磨抛光前后对比



来源：嘉立创 3D 打印，国金证券研究所

消费电子不同品类的 3D 打印部件，打磨抛光的工艺选择与操作重点存在差异化适配，核心围绕产品的使用场景与外观要求展开。对于 Apple Watch 钛金属表壳、iPhone 钛合金边框这类注重外观质感的装饰性与功能性结合部件，抛光环节以激光抛光、化学机械抛光为主，追求镜面级的表面光洁度，同时保证边框的边角弧度精准，适配整机的装配间隙；对于 OPPO Find N5 钛合金铰链这类精密功能性部件，打磨抛光则以机械打磨+超声波精抛光为主，优先保障铰链配合面的光滑度，减少折叠过程中的摩擦损耗，同时兼顾非配合面的基础光洁度，避免毛刺影响折叠体验，这类部件的抛光精度还需控制在微米级，确保铰链的折叠顺滑性与结构稳定性。

图表7：Apple Watch Ultra 3 钛金属表壳等注重外观质感，以激光抛光、化学机械抛光为主



来源：苹果官网，国金证券研究所

图表8：OPPO Find N5 钛合金铰链这类精密功能性部件，打磨抛光则以机械打磨+超声波精抛光为主



来源：南极熊 3D 打印，国金证券研究所

3D 打印的打磨、抛光环节虽为后处理工序，但对 3D 打印技术在消费电子领域的规模化应用起到关键支撑作用，其工艺水平直接决定了最终产品的品质与市场接受度。消费电子行业对产品的外观、手感、精度有着极致要求，即便 3D 打印实现了部件的一体化精密成型，若打磨抛光环节存在瑕疵，仍会影响产品的高端质感与使用性能；同时，打磨抛光工艺的不断优化，也能进一步释放 3D 打印的工艺优势，让中空点阵、随形内腔等复杂结构的部件不仅具备结构



性能优势，还能满足消费电子的外观标准，推动 3D 打印技术在折叠屏手机、高端智能穿戴、AIPC 等更多消费电子产品类中实现规模量产。

三、产业链最近有哪些加速信号？——中上游大幅扩产，下游规模量产前夕

上游：钛粉工艺改良驱动成本大幅改善，牵引 3D 打印钛粉需求量激增。

钛及钛合金因具有密度低、强度高、耐腐蚀、生物相容性好等特点被广泛应用于军事、航空、医疗等领域。传统铸锻钛合金生产工艺复杂，成本高，严重限制了钛合金的应用，粉末冶金技术制备钛合金降低了生产成本。

钛合金的制备工艺主要分为传统熔铸法和粉末冶金法。前者受限于繁复的开坯锻造、高温下杂质控制难度大、加工温度范围窄等问题造成利用率低、生产成本低；后者有效避免了上述问题。

- 传统熔铸法：由于钛的熔炼温度一般为 1800~2000℃，钛在高温下比较活泼，活性较高，在熔炼过程中易与坩埚材料发生反应，制备的钛合金中存在夹杂、成分偏析等问题，而且在小于 882.5℃时，钛的晶格结构为密排六方，变形抗力大，热加工温度范围窄，加工困难。此外，由于熔铸钛合金的组织粗大，必须经过繁复的加工锻造以保证其综合性能，造成铸锻钛合金的利用率低，生产成本低。
- 粉末冶金法：以金属粉末为原料，通过成形、烧结获得最终制品的工艺，具有近净成形的特点。利用粉末冶金技术制备钛合金减少了繁复的开坯锻造过程，同时通过近净成形制坯，能缩短后续塑性加工环节，从而简化生产流程，提高材料利用率，使生产成本大幅度降低。粉末冶金钛合金具有晶粒细小、组织均匀、无成分偏析等优点

图表9：粉末冶金法下的钛粉制备工艺

制粉方法	原料	粉末形貌	工艺及粉末特点
氢化脱氢法	电解钛或海绵钛	不规则形状	成本低，工艺简单，粉末粒度范围宽，O、N 含量高
还原法	四氯化钛或二氯化钛	海绵形	O、N 等杂质含量低，纯度高，流动性好，需要后续分离过程
雾化法	钛丝	球形	杂质含量低，球形度好，粒度大小均匀，粒度较粗
射频等离子体球化法	氢化钛颗粒	球形	纯度高，表面形貌好，内部空隙少，流动性好，生产技术较难

来源：《钛及钛合金粉末制备与成形工艺研究进展》，国金证券研究所

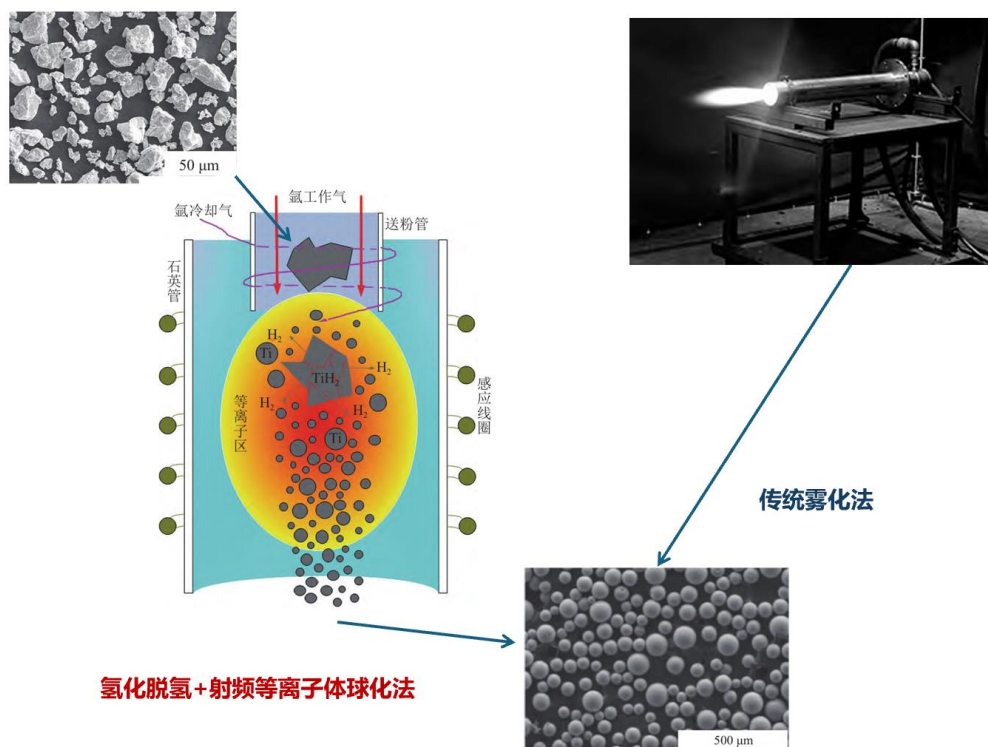
相比于传统雾化法，氢化脱氢+球化法的得粉率更高驱动大幅降本。氢化脱氢+球化法可以直接利用低成本的海绵钛或钛碎料作为原料，先通过氢化脱氢工艺低成本制备出不规则钛粉，再通过射频等离子体瞬间熔融使其球化，球化率可以达到 100%，细粉收得率 >80%，无空心粉，无卫星球，使得球形钛粉的价格大幅度降低。相比之下，传统雾化法很难制备 100 微米以下的钛粉，得粉率较低，因而成本较高。

换言之，我们认为：传统气雾化法下，单位可用钛粉成本 ≈ 总粉量的雾化全流程成本 ÷ 可用粉量；氢化脱氢+球化法下，单位可用钛粉成本 ≈ (氢化脱氢成本+球化成本 × 目标粉量) ÷ 目标粉量。因而在雾化得粉率较低的情况下，新工艺路线通过将低成本、高得粉率的固态制粉工艺与高端球形化工序进行功能解耦，使高能耗、高成本环节仅服务于目标粒径粉末，从而在提升可用得粉率的同时，显著摊薄单位可用钛粉成本。

据《Titanium Powder: Properties, Production Methods, and Industrial Applications》，3D 打印一般需要颗粒 15-45 微米、球度>90%的钛粉，因而传统雾化工艺得粉率较低。原材料（钛海绵或废料）约占钛粉成本的 40-60%，钛粉价格根据品级、纯度和生产方式不同，氢化脱氢粉末的平均价格约为 75-120 美元/kg，而气雾化球形粉末约为 200-400 美元/kg，氢化脱氢+球化法制备的钛粉相较传统气雾化球形粉末降本 60-70%。

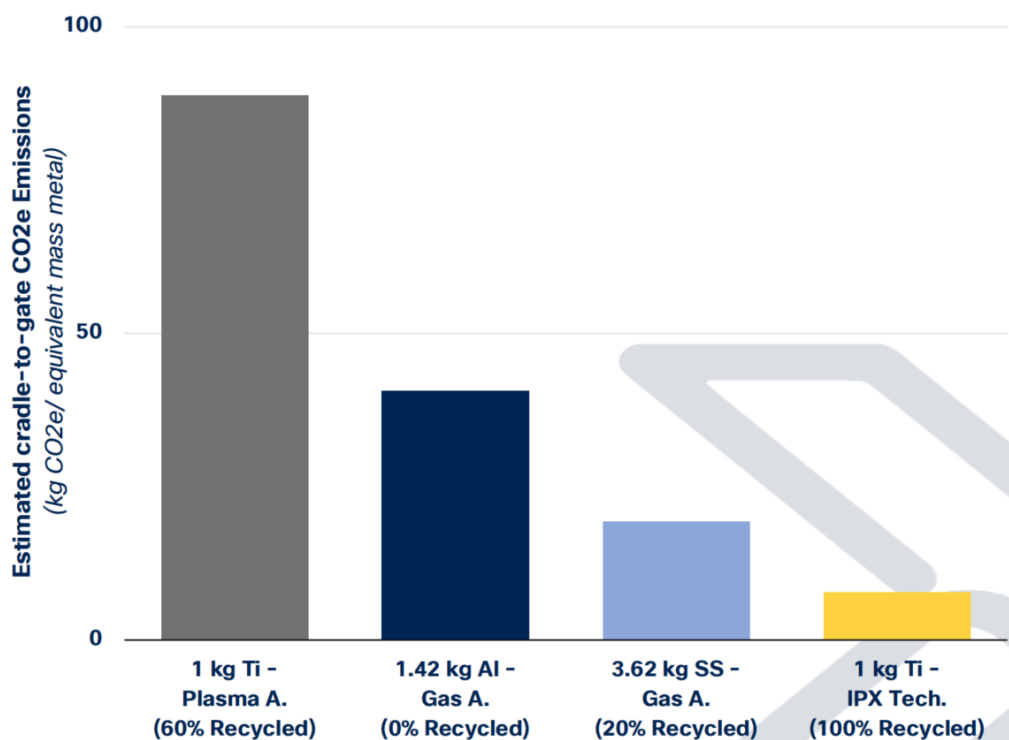


图表10: 氢化脱氢+球化法 VS 传统雾化法



来源:《钛及钛合金粉末制备与成形工艺研究进展》,《等离子火炬雾化制备金属3D打印专用钛合金粉体技术分析》,国金证券研究所

图表11: 传统雾化法钛粉得粉率均低于50%



来源: IperionX IR PPT, 国金证券研究所

IperionX 公司获得国防部用于钛生产和增材制造的 4,710 万美元资助。2026 年 1 月, IperionX



获得美国国防部资金资助，资金将用于扩建 IperionX 的钛制造园区，其中包括初级和二级冶金以及先进的制造技术。据该公司称，扩产将包括传统的半成品和用于 3D 打印的原材料。

据 IperionX IR PPT，公司基于 HAMR 技术革新传统钛废料回收利用流程，得粉率高达 85-95%，价格由过去 75 美元/kg 降至 55 美元/kg，目前钛粉产能约 200 吨。根据公司向澳大利亚证券交易所提交的文件，公司已开始在其弗吉尼亚钛制造园区将钛产能扩大至每年 1,400 吨，该园区预计于 2027 年年中投入使用，此次扩建预计将耗资 7,510 万美元。

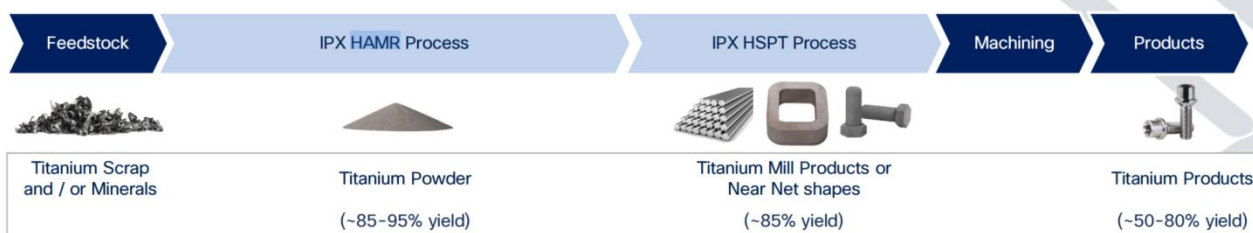
图表12: IperionX 基于 HAMR 技术革新传统钛废料回收利用流程

IperionX has a simple, low waste, vertically integrated solution

Current Industry



IPERIONX



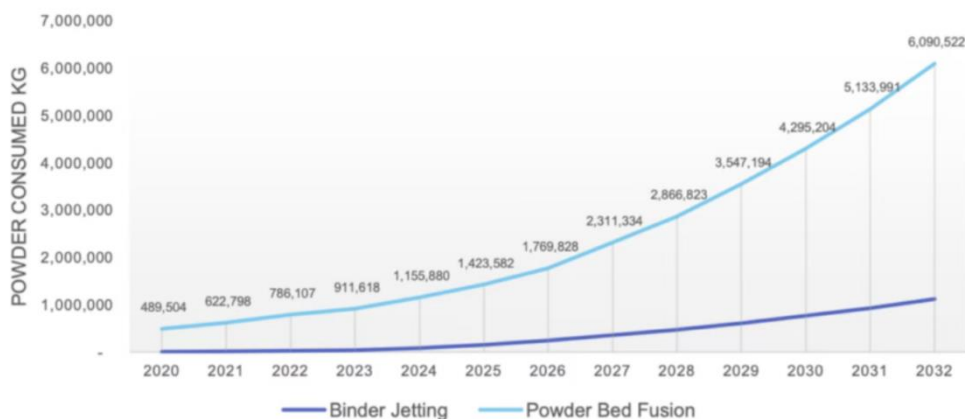
来源: IperionX IR PPT, 国金证券研究所

据南极熊,国内 3D 打印用钛合金粉末的价格已经从 2023 年的 600 元/kg 降到 2024 年的 300 元/kg 以下,降幅高达 50%。据 3R 思锐,再生 TC4 钛合金粉有望降至 200 元/kg。

钛粉价格的大幅降低有望牵引下游应用百花齐放,据 AM Research《2024 年增材制造用钛粉》,钛 3D 打印粉末市场预计从 2023 年的 2.14 亿美元增长到 2032 年的 14 亿美元。

图表13: 3D 打印对于钛粉需求有望快速增长

Exhibit 5-3: AM Titanium Powder Demand by Consuming AM Process, Binder Jetting vs. Powder Bed Fusion, Global (Kg)



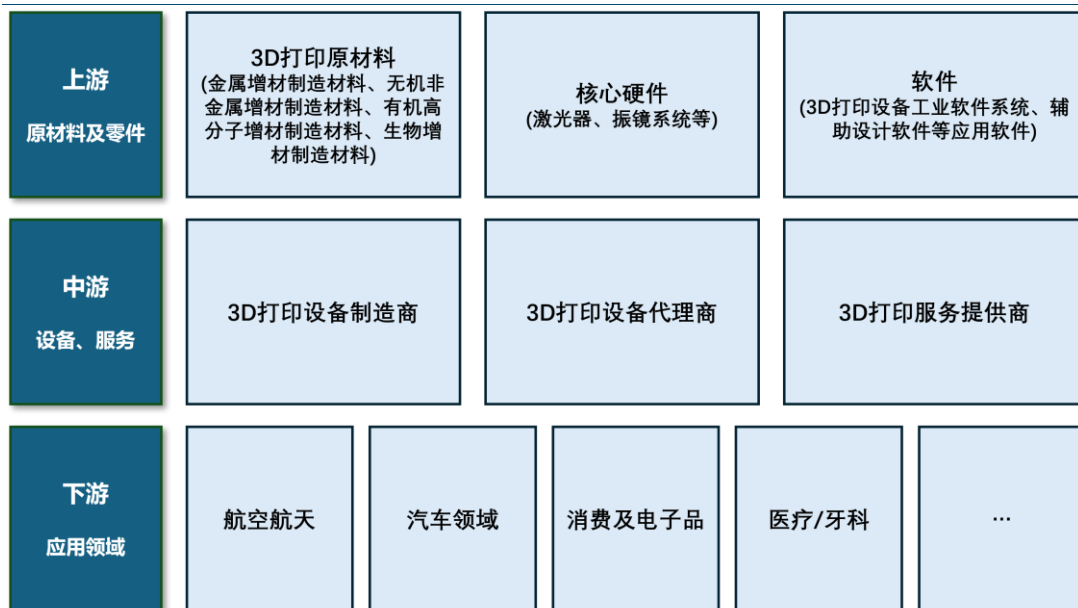
来源: 南极熊 3D 打印, 国金证券研究所

中游: 3D 打印机三重效率通胀牵引设备环节业绩进入爆发期。



按照产业链分工，3D 打印上游包括金属、高分子等打印材料，激光器、振镜系统等硬件，工业软件系统等软件；中游包括设备制造商、代理商、服务商；下游客户面向航空航天、工业、消费、医疗、科研等千行百业。

图14：3D 打印产业覆盖打印材料、设备、服务等诸多环节



来源：华曙高科招股说明书，国金证券研究所

我们认为，3D 打印机三重效率通胀驱动制造环节进一步降本。激光器打印效率提升+激光器数量提升+打印机尺寸提升三重通胀之下驱动打印效率指数级释放，同时进一步压降制造成本。

- 激光器打印效率提升：2000W 光束整形激光器，让粉末床融合 3D 打印速度提高 3 倍。2024 年 11 月，高功率半导体和光纤激光器供应商 nLIGHT 宣布将在 Formnext 2024 展会上推出新型 CoronaAFX-2000 激光器。传统 3D 打印激光器通常采用高斯分布，这对工业级 3D 打印提出了挑战。德国弗劳恩霍夫增材制造技术研究所激光粉末床熔融部门负责人 Philipp Kohlwes 表示：“高功率激光的能量集中通常导致能量分布不均。如果激光中心的能量过高，可能会导致熔池不均匀，从而产生飞溅和质量缺陷。”

金属 3D 打印中的激光束整形技术通过在烧结金属粉末之前调整激光束的形状来解决这一问题。这些调整后的光束轮廓可以使熔池中的能量分布更均匀，从而提高 3D 打印过程的稳定性。Kohlwes 强调，这种技术可以将过程稳定性提升 40%。nLight 表示，AFX-2000 采用创新的动态光束整形技术，能够提供高达传统激光器两倍的功率，同时保持生产过程的稳定性。高功率不仅提升了打印速度，还有效降低了高质量零件的生产成本，从而大幅提高了整体生产率。

华曙高科于 2025 年 TCTASIA 展业内首发自研光束整形技术。目前该技术适配 FS721M、FS350M 等多款机型，实现国内外多台销售装机，未来将拓展至更多大型设备。该技术采用大功率激光器与环形光斑设计，结合大层厚工艺及优化扫描线间距，适配不锈钢、钛合金等多种金属材料，零件致密度超 99.95%。同等激光器数量下，150 μm 层厚环形光斑打印效率较 60 μm 层厚高斯光斑提升 1.5-2.5 倍，其中钛合金效率提升 245%、铝合金 236%。

- 激光器数量提升：从双激光到 64 激光。尼康 SLM Solutions 是最早推出多激光系统的公司之一。十多年前，该公司发布了其双激光器 SLM 280 系统。如今，SLM 280 已发展到第三代——SLM 280 PS，并被奥迪和布加迪等汽车制造商广泛采用。目前，尼康 SLM Solutions 的旗舰机型是 NXG XII 600，这是一款配备 12 台激光器、构建体积为 600 x 600 x 600 毫米的选择性激光熔化系统，总激光功率高达 12 千瓦。该设备已被 Divergent Technologies 和 GKN Aerospace 等企业采用，并且多家用户一次性安装了多台 NXG XII 600。2024 年，易加三维在 TCT 亚洲展上发布了其全新 EP-M2050 系统，该系统初始配置 36 台激光器，并可扩展至 49 台或 64 台，最大构建体积达 2050x2050x1100mm，且 Z 轴高度可扩展至 2000mm。此外，铂力特和华曙高科等行业领导者也迅速跟进，通过增加激光器数量，满足大型零部件打印需求，同时提高生产效率。



根据英国制造技术中心（MTC）发布的报告，激光器在多激光系统中的相互作用是最大的技术挑战之一。如果不能有效优化激光器之间的“拼接”过程，可能会带来更多制造缺陷。MTC 增材制造高级研究工程师 Alex Hardaker 表示：“用户需要特别关注多个激光器之间的相互作用。不仅是激光器在单个零件上同时工作时的拼接问题，还要考虑气流是否会将一个熔池产生的烟雾或飞溅物带到另一个激光器区域。”这些因素及其对零件质量的影响都必须在认证过程中加以考虑，这也增加了测试的复杂性。此外，还需考虑多激光系统中校准漂移对设备长期运行的影响，并据此制定合理的校准周期，以确保零件的一致性。

图表15：多激光器方案可兼顾打印复杂几何结构的灵活性和高效性



来源：3D 打印资源库，国金证券研究所

➤ 打印机尺寸提升：华曙高科推出 197L 建造体积大尺寸高效率连续增材制造系统。

2025 年，华曙高科推出大尺寸高效率连续增材制造系统 FS721M-H-8-CAMS，通过更大成形尺寸、工艺革新、CAMS 连续生产等核心优势，破解大尺寸复杂构件在精度、效率与成本上的制造瓶颈。相较于 FS721M-8-CAMS 设备，其 Z 轴尺寸（含成形基板厚度）增加 67%，建造体积达 197L，不仅能实现复杂结构高精度一体化成形，确保大尺寸工件结构和性能的协同优化，而且可满足批量高效生产。



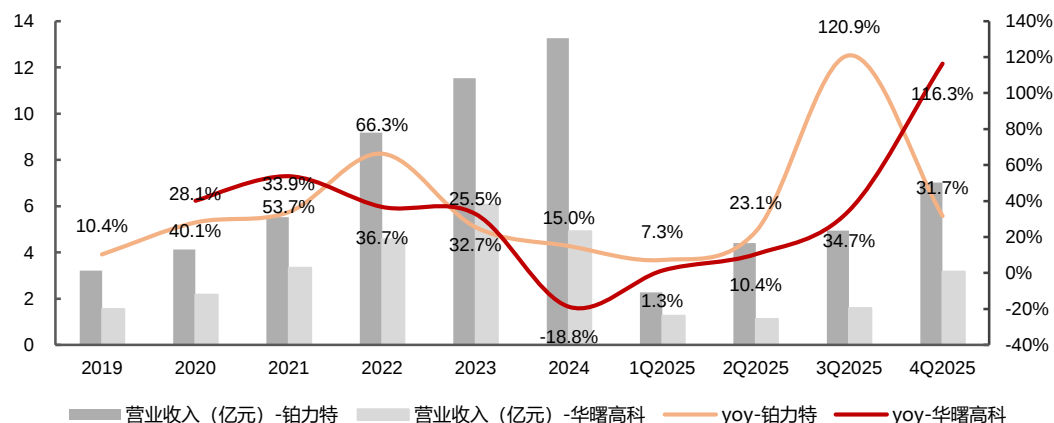
图表16：多激光器方案可兼顾打印复杂几何结构的灵活性和高效性



来源：南极熊 3D 打印，国金证券研究所

国内 3D 打印头部厂商受益打印机效率提升业绩释放进入爆发期。从营收规模看，华曙高科与铂力特均保持了长期的增长态势，3Q25 以来营收增速明确迎来拐点向上。

图表17：3D 打印头部厂商业绩进入爆发期



来源：ifind，国金证券研究所



下游：消费电子 3D 打印迎加速契机，有望开启大规模量产新纪元。

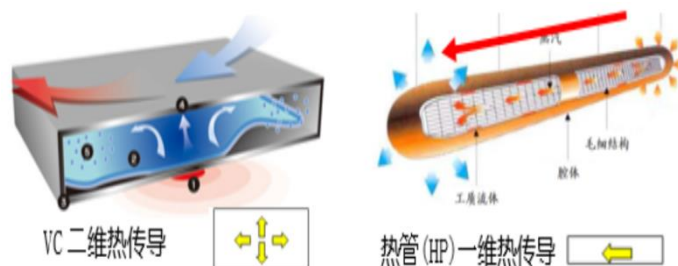
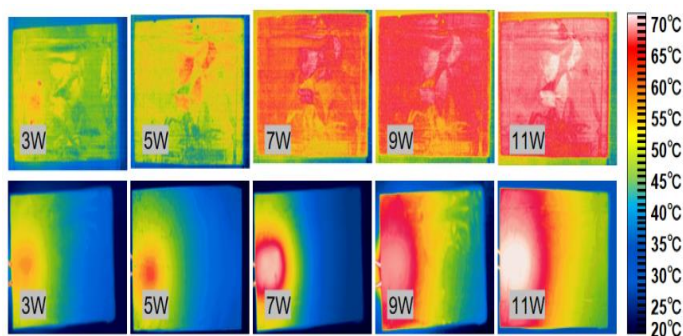
突破钛合金加工与定制化瓶颈，有望开启大规模量产新纪元。在 3C 领域，随着折叠屏手机对轻薄化与耐用性的极致追求，钛合金成为铰链轴盖等关键部件的首选材料，金属 3D 打印凭其在难加工材料上的成本优势与复杂结构成形能力，已成为钛合金精密构件的主流制造方案。

端侧 AI 时代，传统工艺难以解决散热与轻量化的平衡难题。随着 AI 大模型在手机及 AIPC 等移动端落地，芯片瞬时的高算力会引发热流密度激增，与设备极致轻薄化的空间限制形成矛盾，必须依靠均热板高效气液相变导热机制保障高性能运转。传统工艺均面临问题，比如传统刚性金属均热板，难以适配折叠屏及可穿戴设备等形态的动态弯曲需求，聚合物基柔性方案则面临高温工况下，析出的不可凝气体会降低产品质量。

3D 打印赋能端侧 AI 设备热管理。面对超薄尺寸、柔性形态与高效散热难以兼顾的痛点，高精度 3D 打印利用微米级材料堆叠技术实现一体化成型，能够构建出耐受反复弯曲且结构连续的精密毛细芯，突破了传统工艺的制造束缚，成功制备出兼具优异机械柔性及热稳定性的超薄均热板，为新一代自适应柔性电子设备提供了关键的热管理解决方案。

图表18：超薄均热板能够高效消除局部热点，保障高功率柔性电子设备稳定运行

图表19：手机散热中均热板二维热传导效果优于热管一维热传导



来源：《High-precision additive manufacturing enabled ultra-thin flexible vaporchamber for adaptive and efficient electronic cooling》，国金证券研究所

来源：华为官网，国金证券研究所

（注：上图为超薄均热板）

3D 打印破解钛合金加工难题，成为消费电子高端化关键。钛合金凭借优异的比强度与高端质感，成为消费电子摆脱同质化、迈向高端化的核心材料，然而其加工难度大导致的低良率与高成本限制了大规模应用。

- 传统 CNC 减材工艺，面临钛合金难切削、刀具磨损快、加工周期长、材料利用率低等成本难题。
- 3D 打印技术，具备极致设计自由度，可精准构建中空点阵、随形内腔，制造出传统工艺难及的轻量化形态；同时，3D 打印将钛粉利用率大幅提升至 95% 以上，在有效摊薄原材料损耗成本的基础上，更通过一体化成型设计消除了多组件拼装产生的公差累积与连接失效风险，增强了精密结构件的整体可靠性。

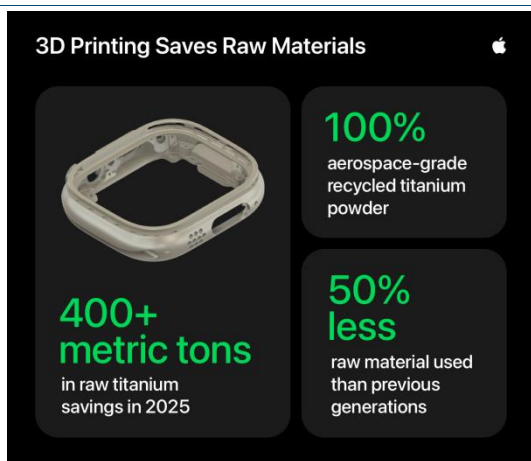
国内外头部手机大厂，不约而同选择 3D 打印赋能创新落地。

- OPPO Find N5：该旗舰折叠屏机型首次深度应用国产 SLM 技术打造钛合金铰链，其铰链关键部件厚度从 0.3mm 突破至 0.15mm，由此实现铰链翼板强度提升 120%、外转轴中框抗冲击与跌落性能提升 100%、铰链整体刚度提升 36%，整机折叠态厚度同步压缩至 8.93mm。
- 荣耀 Magic V2：作为全球首款将 SLM 技术用于折叠屏铰链轴盖的量产机型，成功消除多部件组装公差，为整机闭合状态 9.9mm 的极致轻薄形态提供极佳支撑。铰链宽度在降低 27% 的同时实现结构强度提升 150%，并完美通过 40 万次折叠寿命测试。
- 小米 Watch 5：在可穿戴设备领域，小米推出了业内首款量产级 3D 打印钛合金表带，利用 SLM 技术构建出传统工艺无法实现的镂空晶格结构。得益于复杂几何成型能力，该表带在保持极致强度的前提下将重量控制在 43g，较同体积不锈钢减重 50% 并兼具透气排汗功能。



- 苹果多款产品：致力于推动制造工艺的系统性变革，正通过将 3D 打印技术从原型制作推向大规模量产。苹果已成功在 Apple Watch Ultra 3、Series 11 及新款 iPhone Air 的 USB-C 端口中应用 100%回收钛金属粉末进行批量化增材制造，不仅将原材料用量减少 50%，预计年省超 400 公吨钛，有力支撑“Apple 2030”碳中和目标。根据安徽增材制造科技报道，苹果在 iPhone 钛合金边框的试制中创新引入电子束熔化技术，成功构建内部点阵晶格结构，使边框吸能性能提升 50%。此外，苹果 iPhone Air USB-C 接口采用 3D 打印技术。

图表20: Apple Watch Ultra 3 和 Series 11 采用 3D 打印打造边框节约 50%的原材料



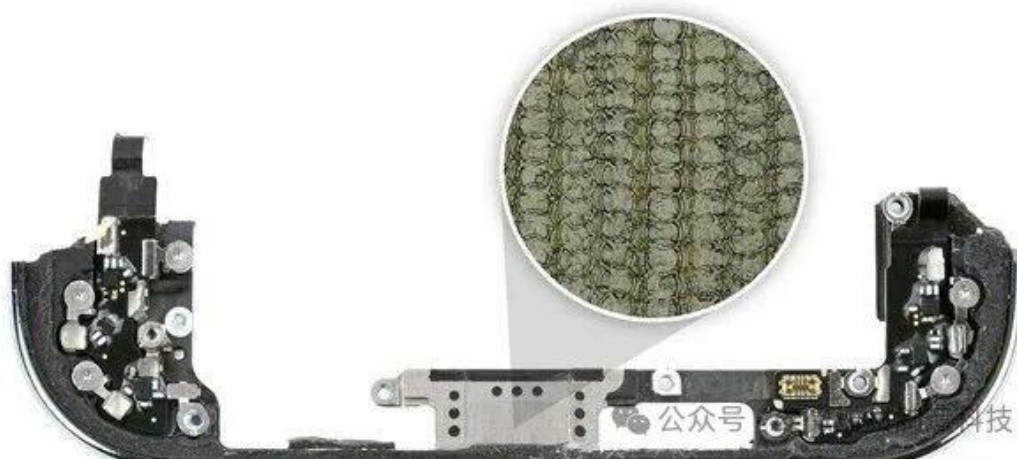
来源：苹果官网，国金证券研究所

图表21: 华为 Mate 系列钛合金中框通过 3D 打印实现减重



来源：链一 CMF 创新研究，国金证券研究所

图表22: 苹果 iPhone Air USB-C 接口采用 3D 打印技术



来源：安徽增材制造科技，国金证券研究所

四、相关标的

华曙高科、大族激光、宇晶股份、蓝思科技、飞沃科技、宇环数控、哈森股份、汇创达、银邦股份、铂力特等。

风险提示

■ 下游应用拓展不及预期风险

若航空航天领域的资本开支放缓，或消费电子巨头在新产品中采纳 3D 打印技术的节奏推迟，将直接抑制中游设备厂商的出货量及业绩增速。

■ 原材料价格波动风险

产业链上游高度依赖钛合金、高温合金等高品质金属粉末，若基础大宗商品价格大幅波动，



或高品质粉末产能释放不足，将直接导致生产成本上升，侵蚀 3D 打印制造环节的毛利率水平。

■ 技术路线迭代风险

增材制造技术路线繁多，若粘结剂喷射等新兴低成本技术取得突破性进展，可能会对当前主流的激光熔融技术路线造成替代冲击，重塑竞争格局。

■ 地缘政治及汇率波动风险

鉴于 3D 打印在军工及航天领域的敏感性，若国际贸易环境恶化，海外实施更严格的进出口管制，将限制国产头部设备厂商的出海进程，并可能影响部分核心元器件（如高端芯片、特种激光器）的供应链安全。



行业投资评级的说明：

买入：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 15%以上；

增持：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 5%—15%；

中性：预期未来 3—6 个月内该行业变动幅度相对大盘在 -5%—5%；

减持：预期未来 3—6 个月内该行业下跌幅度超过大盘在 5%以上。



特别声明：

国金证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

任何形式的复制、转发、转载、引用、修改、仿制、刊发，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发，需注明出处为“国金证券股份有限公司”，且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，但国金证券及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。本报告反映撰写研究人员的不同设想、见解及分析方法，故本报告所载观点可能与其他类似研究报告的观点及市场实际情况不一致，国金证券不对使用本报告所包含的材料产生的任何直接或间接损失或与此有关的其他任何损失承担任何责任。且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，在不作事先通知的情况下，可能会随时调整，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与国金证券其它业务部门、单位或附属机构在制作类似的其他材料时所给出的意见不同或者相反。

本报告仅为参考之用，在任何地区均不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告提及的任何证券或金融工具均可能含有重大的风险，可能不易变卖以及不适合所有投资者。本报告所提及的证券或金融工具的价格、价值及收益可能会受汇率影响而波动。过往的业绩并不能代表未来的表现。

客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突，而不应视本报告为作出投资决策的唯一因素。证券研究报告是用于服务具备专业知识的投资者和投资顾问的专业产品，使用时必须经专业人士进行解读。国金证券建议获取报告人员应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。

在法律允许的情况下，国金证券的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告并非意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许向其发送、发布该研究报告的人员。国金证券并不因收件人收到本报告而视其为国金证券的客户。本报告对于收件人而言属高度机密，只有符合条件的收件人才能使用。根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告仅供国金证券股份有限公司客户中风险评级高于 C3 级（含 C3 级）的投资者使用；本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的建议或策略。对于本报告中提及的任何证券或金融工具，本报告的收件人须保持自身的独立判断。使用国金证券研究报告进行投资，遭受任何损失，国金证券不承担相关法律责任。

若国金证券以外的任何机构或个人发送本报告，则由该机构或个人为此发送行为承担全部责任。本报告不构成国金证券向发送本报告机构或个人的收件人提供投资建议，国金证券不为此承担任何责任。

此报告仅限于中国境内使用。国金证券版权所有，保留一切权利。

上海

电话：021-80234211

邮箱：researchsh@gjzq.com.cn

邮编：201204

地址：上海浦东新区芳甸路 1088 号

紫竹国际大厦 5 楼

北京

电话：010-85950438

邮箱：researchbj@gjzq.com.cn

邮编：100005

地址：北京市东城区建国门内大街 26 号

新闻大厦 8 层南侧

深圳

电话：0755-86695353

邮箱：researchsz@gjzq.com.cn

邮编：518000

地址：深圳市福田区金田路 2028 号皇岗商务中心

18 楼 1806



【小程序】
国金证券研究服务



【公众号】
国金证券研究