

计算机行业深度报告

低空经济基础设施之【通信】

增持（维持）

2024年05月09日

证券分析师 王紫敬

执业证书：S0600521080005

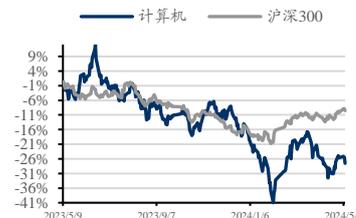
021-60199781

wangzj@dwzq.com.cn

投资要点

- 5G-A 是面向深度应用的 5G 进阶版：**2021 年 4 月，国际标准化组织 3GPP 正式确定 5G-Advanced（5G-A）为 5G 下一阶段演进官方名称，从 Rel-18 开始。这标志着全球 5G 发展进入新阶段。5G-A 在连接速率、时延、连接能力和智能化水平等方面都有很大提升，主要面向六大应用场景：沉浸实时、智能上行、工业互联、通感一体、千亿物联和天地一体。我们预计 5G-A 首版标准协议 R18 将于 2024 年上半年冻结，2024 年将成为 5G-A 商用元年。
- 试点落地，低空经济推动加速：**工信部及各地政府近期出台多项政策推动 5G-A 标准落地，深圳、山东、辽宁、浙江等多地均已 5G-A 通感一体、无源物联等场景验证。运营商加速商用部署，中国移动规划 2024 年底 5G-A 覆盖超过 300 个城市，2025 年进入 5G-A 规模发展期，争取到 2026 年底实现 5G-A 全量商用。5G-A 是低空通信的重要方式，可以提供更大容量的数据存储，更彪悍的计算能力，为异地的更多地面人员提供服务（例如视频观看），并且可以接入更多无人机，并保证低时延。除通信外，5G-A 提供厘米级定位精度可以协助导航，并且可以通过多基站协同，利用现有站址实现对空域更广范围的覆盖，实现低空监测。
- 低空发展提高覆盖要求，AAU 相关厂商有望受益：**根据产业调研，未来有望部署百万量级个 5G-A 基站，其中大约 70% 由 5G 基站改造。5G/6G 频段资源持续扩充，为了应对未来频谱频点的逐渐提升，5G-A 基站需要引入更多通道来保证垂直或者水平覆盖范围足够宽，ELAA（超大规模天线阵列）技术是目前公认的 5G 技术演进方向之一，在低空应用尤为重要。对此，5G-A 基站的核心升级部分为 AAU（有源天线单元）。5G-A 平均通道数在 5G 的 3 倍以上，将带来 AAU 设备中天线振子、滤波器 etc 需求快速提升。
- 投资建议和相关标的：**低空经济发展对高带宽、低时延等提出更高要求，有望促进 5G-A 通感一体基站加速布局。**5G-A 基站建设已经成为各地低空基础设施试点中的重要组成部分**，各大运营商已经开始加紧 5G-A 技术测试验证，未来相关频段资源有望进一步扩充。5G-A 基站以改造升级为主，新建为辅，要求基站支持通道数成倍增加，AAU 相关核心元器件厂商有望直接受益。**建议关注：1) 滤波器：**灿勤科技、通宇通讯、大富科技、武汉凡谷等；**2) 天线振子：**科创新源、硕贝德等。此外，随着 5G-A 覆盖面扩大，飞行器端通信相关零部件有望升级，**建议关注通信模组相关厂商：**广和通、美格智能等。
- 风险提示：**政策推进不及预期，行业竞争加剧。

行业走势



相关研究

- 《低空经济基础设施之【监视】》
2024-04-19
- 《从莱斯信息看低空经济如何投资》
2024-04-09

内容目录

1. 5G-A: 面向深度应用的 5G 进阶版	4
1.1. 5G-A 是什么?	4
1.2. 5G-A 核心能力	5
2. 商用元年开启, 低空经济推动加速落地	6
2.1. 5G-A 试点快速铺开	6
2.2. 低空经济推动 5G-A 加速	7
3. 低空发展提高覆盖要求, AAU 相关厂商有望受益	8
3.1. 5G-A 基站的市场空间	8
3.2. 覆盖要求提升, AAU 相关厂商有望受益.....	8
4. 投资建议及相关标的	11
5. 风险提示	11

图表目录

图 1: 3GPP 的 5G 标准各版本发布时间表	4
图 2: 5G-A 网络能力关键指标	4
图 3: 5G-A 能力演进图	5
图 4: 5G-A 应用场景	5
图 5: 无人机最大拉远探测距离达人才公园满量程	6
图 6: 无人机借助地面基站通信方式	7
图 7: 5G 基站基本组成	9
图 8: M-MIMO 天线振子排布图	9
图 9: AAU 内部结构	10
图 10: 天线振子图示	10
图 11: 滤波器图示	11
表 1: 5G-A 基站的投入规模测算	8

1. 5G-A: 面向深度应用的 5G 进阶版

1.1. 5G-A 是什么？

5G-A 是 5G 技术演进的下一阶段。随着 5G 大规模商用，全球业界开启了 5G 下一阶段演进技术研究和探索。2021 年 4 月，国际标准化组织 3GPP 正式确定 5G-Advanced (5G-A) 为 5G 下一阶段演进官方名称，从 Rel-18 开始。这标志着全球 5G 发展进入新阶段。我们预计 5G-A 首版标准协议 R18 将于 2024 年上半年冻结，2024 年将成为 5G-A 商用元年。

图1: 3GPP 的 5G 标准各版本发布时间表



数据来源：华为官网，东吴证券研究所

5G-A 在连接速率、时延、连接能力和智能化水平等方面都有很大提升。相比 5G，5G-A 下行峰值从 1Gbps 升级到 10Gbps，上行峰值从 0.1Gbps 上升到 1Gbps，连接密度从百万/km² 升级到千万/km²，定位精度从亚米级上升到厘米级。

图2: 5G-A 网络能力关键指标

ID	网络能力	关键指标
1	速率	下行 10Gbps; 上行 1Gbps
2	绿色	10 倍比特能效
3	网络 AI	Level 4/5
4	空口 AI	内生智能
5	感知	广域亚米精度
6	定位	cm 级
7	物联	10,000,000 连接/km ²

数据来源：《5G-Advanced 场景需求与关键技术》，东吴证券研究所

1.2. 5G-A 核心能力

5G-A 主要面向六大应用场景：沉浸实时、智能上行、工业互联、通感一体、千亿物联和天地一体。5G 时代的核心能力是 eMBB（增强移动宽带，即更快的上网速度）、mMTC（海量连接物联网，即可以连接控制更多设备）、uRLLC（高可靠低时延，主要应用于工控和自动驾驶等）。

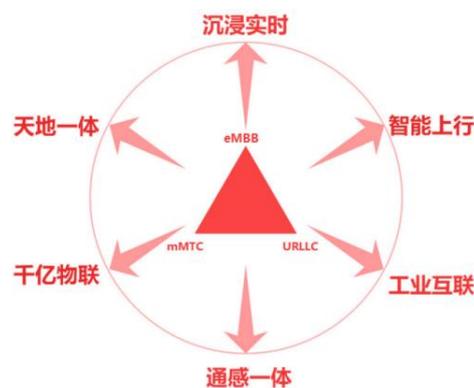
在 5G 的基础上，5G-A 拓展了三大能力：UCBC（上行超宽带，如高清视频回传等）、RTBC（宽带实时交互，能力目标是在给定时延下带宽提升 10 倍，可以打造人与虚拟世界交互的沉浸式体验，支持 XR 等应用）、HCS（通信感知融合，支持低空监管、智慧交通等）。

图3：5G-A 能力演进图



数据来源：通信产业报，东吴证券研究所

图4：5G-A 应用场景



数据来源：《5G-Advanced 场景需求与关键技术》，东吴证券研究所

2. 商用元年开启，低空经济推动加速落地

2.1. 5G-A 试点快速铺开

政策推动 5G-A 标准落地。2023 年 8 月，工信部等四部门联合印发《新产业标准化领航工程实施方案（2023—2035 年）》，提出要研制面向垂直行业的非地面网络、新型无源物联、通信感知一体化等 5G 演进（5G-A）技术标准。2023 年 10 月，上海提出到 2026 年底要初步建成以 5G-A 和万兆光网为标志的全球双万兆城市。2023 年 12 月，《深圳市支持低空经济高质量发展的若干措施》提出要同步推进 5G-A 应用示范。

多地开展 5G-A 试点应用。近期，中国移动联合中兴通讯在深圳共同完成了 5G-A 通感一体低空场景能力验证测试，本次测试以多个 5G-A 自发自收通感一体基站实现多站协同，成功验证了拉远探测、多目标复杂轨迹探测、多站协同下的无人机连续轨迹跟踪、低空安防的电子围栏入侵预警、美团外卖无人机航线感知等测试用例，基本覆盖了低空感知场景全业务。此外，山东、辽宁、浙江等多地均已 5G-A 通感一体、无源物联等场景验证。

图5：无人机最大拉远探测距离达人才公园满量程



数据来源：《5G-Advanced 场景需求与关键技术》，东吴证券研究所

运营商推进商用部署。中国移动将分三个阶段实现 5G-A 全覆盖，2024 年底覆盖超过 300 个城市，2025 年进入 5G-A 规模发展期，争取到 2026 年底实现 5G-A 全量商用。根据中国移动规划，第一阶段是 5G-A 商用启动期，2024 年底将实现 5G-A 终端种类超 20 款、5G-A 终端销量超 2000 万、5G-A 行业标杆 100 个。第二阶段是 5G-A 规模发展期，这一阶段主要实现通感一体&网络 AI 应用&无源物联&XR 多媒体增强规模发展；第三阶段是 5G-A 全量商用期，这一阶段主要是探索星地融合&绿色低碳。

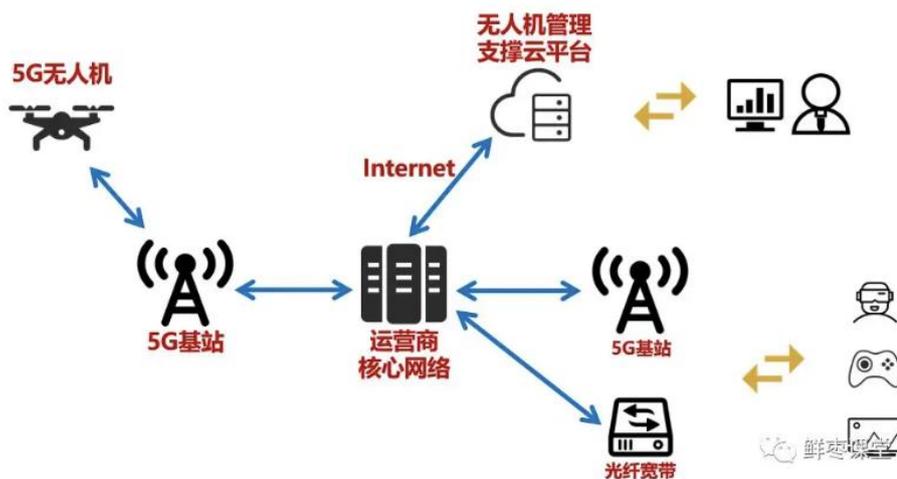
2.2. 低空经济推动 5G-A 加速

传统无人机通过 Wi-Fi 或蓝牙点对点通信，Wi-Fi 或蓝牙的通讯距离非常有限。以 Wi-Fi 为例，通常只能控制在 300~500 米的视距范围以内（特定条件限制下，可以达到 1 公里以上）。

为了解决通信能力对无人机飞行范围的约束问题，无人机主要有以下几种通信方式：

- 1) **借助地面基站通信。** EVTOL 与地面通信主要有三种目的：图传、数传和遥控。借助 5G/5G-A 等地面基站，可以提供更大容量的数据存储，更彪悍的计算能力，为异地的更多地面人员提供服务（例如视频观看），并且可以接入更多无人机。通过在基站附近设置边缘计算中心，无人机相关的数据可以在边缘计算中心完成计算，而不用送往更远的云计算中心，从而保证了低时延（服务于自动驾驶）。此外，5G/5G-A 支持的 D2D（Device to Device）通信能力，可以让无人机与无人机之间实现直接通信，更好地服务于自动驾驶和机群协同。

图6：无人机借助地面基站通信方式



数据来源：鲜枣课堂，东吴证券研究所

- 2) **卫星通信。** 卫星通信是一种高速、长距离、强信号的无线通信方式，具有稳定性好、耐干扰等优点，适用于遥感、实时视频、灾难救援等应用场景。但缺点是价格昂贵。
- 3) **地面自组无线电台直连。** 工信部为采用直连通信的无人机划分了专用的通信频段。2023 年工信部印发《民用无人驾驶航空器无线电管理暂行办法》，要求通过直连通信方式实现遥控、遥测、信息传输功能的民用无人驾驶航空器通信系统无线电台，应当使用下列全部或部分频率：1430-1444MHz、2400-2476MHz、5725-5829MHz。其中，1430-1444MHz 频段频率仅用于民用无人驾驶航空器遥测与信息传输下行链路；1430-1438MHz 频段频率专用于警用无人驾驶航空器通信系统或警用直升机，1438-1444MHz 频段频率用于其他单位和个人民用无

人驾驶航空器通信系统。

除了通信之外，5G-A 提供厘米级定位精度可以协助导航，并且可以通过多基站协同，利用现有站址实现对空域更广范围的覆盖，实现低空监测。

3. 低空发展提高覆盖要求，AAU 相关厂商有望受益

3.1. 5G-A 基站的市场空间

根据产业调研，未来有望部署共百万量级个 5G-A 基站，其中大约 70% 由 5G 基站改造。5G-A 基站部署主要包括宏基站（主要覆盖范围 200 米以上）和微基站（覆盖范围 50-200 米），在一些室内公共场所或者企业环境，可能还需要部署皮基站和飞基站。根据产业调研，按照未来部署 100 万个 5G-A 基站计算，仅 5G-A 宏基站和微基站的投入规模就有望接近 700 亿元。

表1: 5G-A 基站的投入规模测算

5G-A 基站	改造	新建
宏基站（万个）	35	15
宏基站单站投入（万元）	8	20
微基站（万个）	35	15
微基站单站投入（万元）	2	3
总规模（亿元）	350	345
整体 5G-A 投入规模（亿元）	695	

数据来源：产业调研，东吴证券研究所

3.2. 覆盖要求提升，AAU 相关厂商有望受益

频段资源持续扩充。工业和信息化部令第 62 号公布新版《中华人民共和国无线电频率划分规定》，自 2023 年 7 月 1 日已经开始施行，在 6GHz、26GHz、40GHz、70GHz 等频段为 IMT（国际移动通信）系统新增频率划分，为 5G/6G 系统频率使用提供规则地位，在全球率先将 6GHz 频段划分用于 IMT 系统，为 5G/6G 发展提供充足的中频段频率资源。我们预计未来相关频段资源有望持续扩充。

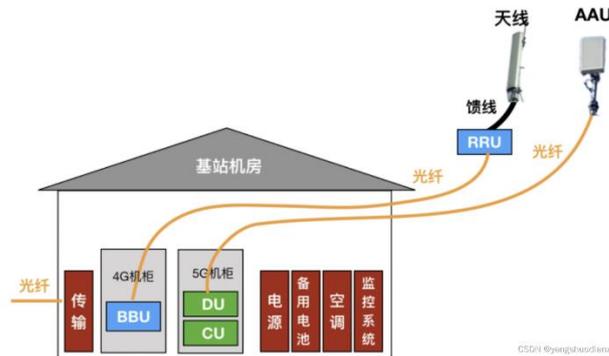
为了应对未来频谱频点的逐渐提升，5G-A 基站需要引入更多通道来保证垂直或者水平覆盖范围足够宽，利于更多用户接入，同时，更多通道数具有更多的自由度，能实现更高的 MU 空分流数，从而增加小区容量。一方面，可以部署集中式 ELAA-MM（Extremely Large Aperture Array Massive MIMO，超大规模天线阵列），即每个基站的天面部署更多的无源振子和更多的通道数。另一方面，还可以通过分布式 ELAA-MM 将超大规模的天线振子拆成多个分布式 M-MIMO 模块，来实现泛在万兆连续体验。

ELAA 技术是目前公认的 5G 技术演进方向之一，在低空应用尤为重要。基于多用户波束成形的原理，在基站端布置几百根天线，对几十个目标接收机调制各自的波束，

通过空间信号隔离，在同一频率资源上同时传输几十条信号。5G-A 基站用于低空领域，对覆盖范围、信号强度、低时延等都提出了更高要求，因此 ELAA 技术对于低空应用尤为重要。

5G-A 基站的核心升级部分为 AAU。 为了实现超大规模天线阵列部署，在 5G 基站基础上，5G-A 基站主要升级 AAU（Active Antenna Unit，有源天线单元）设备，DU（分布单元）/CU（集中单元）则以软件升级为主。

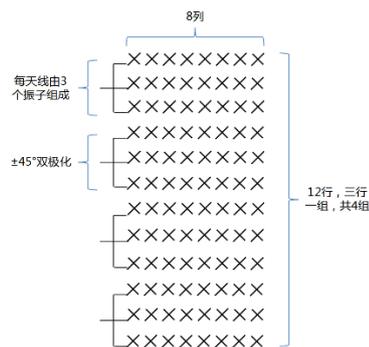
图7: 5G 基站基本组成



数据来源：CSDN，东吴证券研究所

5G-A 平均通道数在 5G 的 3 倍以上。 5G Massive MIMO AAU 一般采用 192 个天线振子，支持 64 路发射和接收信号，通常一个 5G 宏基站覆盖 3 个扇区。而 5G-A 基站将 AAU 设备从 64 通道提升到 128 通道，并且尤其在低空应用场景可能需要增加到 5 个扇区。**单基站的平均通道数由 5G 的 192 通道升级到 5G-A 的 640 通道。**

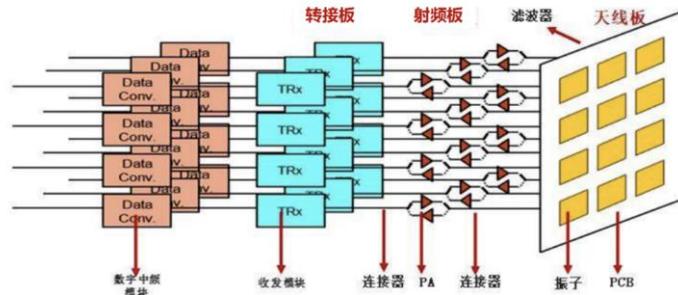
图8: M-MIMO 天线振子排布图



数据来源：腾讯云，东吴证券研究所

天线振子、滤波器等需求将快速提升。 5G-A 对信号强度、覆盖范围等方面的更高要求，不仅会带来 AAU 设备中天线振子、滤波器、功率放大器（PA）等元器件的需求量提升，同时也会要求元器件本身的技术升级。我们认为其中天线振子、滤波器等厂商均有望核心受益。目前国产化能力较强的主要是天线振子和滤波器。

图9: AAU 内部结构

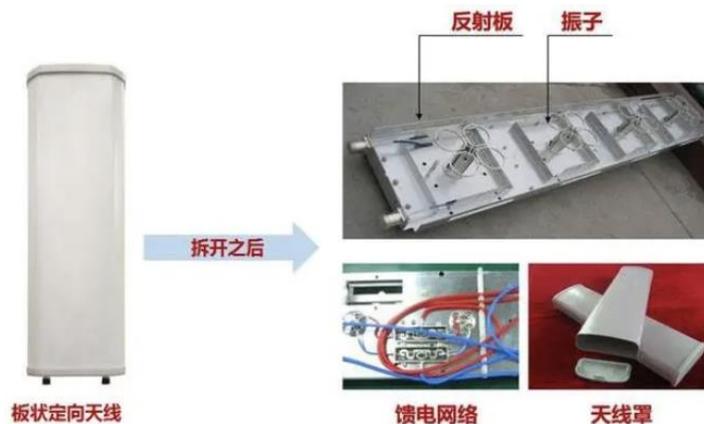


数据来源: 腾讯云, 东吴证券研究所

天线振子是基站天线发射和接收高频振荡信号的关键部件, 随着通信技术发展, 对振子的质量及性能的要求越来越高, 要求低介电损耗、耐高温、轻量化等特性。5G-A 将进一步促进天线振子厂商的技术升级, 例如使用塑料振子等高分子材料, 以提升天线增益水平。我们预计 5G-A 基站新建和改造有望促进天线振子量价齐升。

目前天线振子的厂商主要包括科创新源、硕贝德等。

图10: 天线振子图示

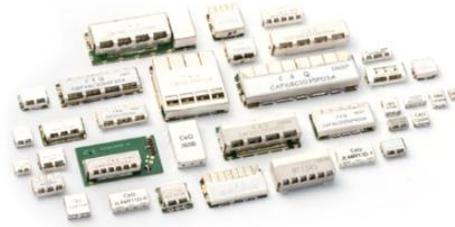


数据来源: 艾博检测, 东吴证券研究所

滤波器主要用于将特定频率范围内的信号通过, 并抑制其他频率范围内的信号。3G/4G 时代, 金属腔体滤波器是通讯市场主流。在 5G 时代, 基站的高度集成化和小型化发展对于滤波器的尺寸、重量、功率和发热性能有更高的要求 (4G RRU 重量在 13-20kg 之间, 5G AAU 重量在 38-47kg 之间), 行业中开始关注小型金属腔体滤波器、塑料滤波器和陶瓷介质滤波器这 3 种方案。其中小型金属腔体滤波器受限于工艺瓶颈, 目前主要应用于 2.6GHz 以下的低频段中, 未来可能不会大规模覆盖, 塑料滤波器仍处于研发试用阶段。因此陶瓷介质滤波器将成为 5G-A 特别是毫米波等高频段的主流方案。

陶瓷介质滤波器以陶瓷为材料制作而成, 没有金属腔体, 电磁波谐振发生在介质材料内部, 具有高介电常数、高 Q 值、插入损耗小、体积小、重量轻、成本低等特点, 可承受功率高, 具有良好的选频作用, 便于大规模集成。

图11: 滤波器图示



数据来源：灿勤科技官网，东吴证券研究所

随着 5G-A 基站通道数的增加，滤波器需求有望大幅提升。目前灿勤科技、通宇通讯、东山精密等都有布局，传统的腔体滤波器厂商大富科技、武汉凡谷等也已经具备陶瓷滤波器相关产品。

为了匹配地面基站升级，飞行器端通信模组、天线等也有望随之升级。在 5G-AR18 标准冻结后，5G-A 通信模组有望快速推出量产。在 4G/5G 通信模组有布局的厂商，如广和通、美格智能等均有望受益。

4. 投资建议及相关标的

低空经济发展对高带宽、低时延等提出更高要求，有望促进 5G-A 通感一体基站加速布局。2024 年将成为 5G-A 商用元年，各大运营商已经开始加紧 5G-A 技术测试验证，年内将开始在城市商用部署。

AAU 相关厂商有望核心受益。5G-A 基站以改造升级为主，新建为辅，升级部分以 AAU 设备为主，5G-A 核心基于超大规模天线阵列技术，要求基站支持通道数成倍增加，并且需要提高相关核心元器件性能，带动 AAU 设备元器件相关厂商需求。

建议关注：

滤波器：灿勤科技、通宇通讯、大富科技、武汉凡谷等；

天线振子：科创新源、硕贝德等。

此外，随着 5G-A 覆盖面扩大，飞行器端通信相关零部件有望升级，建议关注通信模组相关厂商：广和通、美格智能等。

5. 风险提示

1、政策推进不及预期：中央和各地政府陆续出台了低空经济领域政策，如果后续现有政策和配套政策推进力度不及预期，可能导致低空经济行业的发展和落地不及预期。

2、行业竞争加剧：目前国内产业相关企业众多，如果后续优质企业增加，可能会带来竞争加剧影响。

免责声明

东吴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。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，本公司及作者不对任何人因使用本报告中的内容所导致的任何后果负任何责任。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

在法律许可的情况下，东吴证券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并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明出处为东吴证券研究所，并注明本报告发布人和发布日期，提示使用本报告的风险，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

东吴证券投资评级标准

投资评级基于分析师对报告发布日后 6 至 12 个月内行业或公司回报潜力相对基准表现的预期（A 股市场基准为沪深 300 指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普 500 指数，新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的），北交所基准指数为北证 50 指数），具体如下：

公司投资评级：

- 买入：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准在 15% 以上；
- 增持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于 5% 与 15% 之间；
- 中性：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于 -5% 与 5% 之间；
- 减持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于 -15% 与 -5% 之间；
- 卖出：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准在 -15% 以下。

行业投资评级：

- 增持：预期未来 6 个月内，行业指数相对强于基准 5% 以上；
- 中性：预期未来 6 个月内，行业指数相对基准 -5% 与 5%；
- 减持：预期未来 6 个月内，行业指数相对弱于基准 5% 以上。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议。投资者买入或者卖出证券的决定应当充分考虑自身特定状况，如具体投资目的、财务状况以及特定需求等，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。

东吴证券研究所
苏州工业园区星阳街 5 号
邮政编码：215021
传真：（0512）62938527
公司网址：<http://www.dwzq.com.cn>