

通信行业

行业研究/深度报告

5G 频谱即将发放，带来产业全新机遇

深度研究报告/通信行业

2018 年 08 月 16 日

报告摘要：

● 频谱是5G部署的必要资源

频谱本质上是客观存在的物理资源。ITU（国际电信联盟）的 WRC 大会，统一规划全球的频谱，以保持国家/区域间的频谱使用一致性。随着制式演进，单载波带宽分别由 2G 的 200KHz/3G 的 5MHz/4G 的 20MHz，增加到 5G 的 100M(Sub 6G)和 400M（毫米波），连续的大带宽频谱成为 5G 首选，因此 5G 在 4G 频谱基础上进行了扩展，全新的频谱资源分配关系到运营商制式选择以及产业链成熟度。

● 5G支持全频谱部署，C-BAND成为主流

从技术本身，5G NR 可以用于低频、中频、微波等各个频段，低频适用于广覆盖、低时延场景；微波适用于大带宽场景；中频较为均衡，较好的兼顾了网络系统的覆盖和容量。由于目前 2G、3G、4G 网络已经占用了绝大部分低频段频谱，因此 Sub 6G 下较高频谱基本处于空闲状态，特别是其中的 C-Band（3400~3800MHz 频段）正成为各国分配的重点。微波频段，美国、加拿大、日本、韩国主要支持 28G 方案，中国和欧盟主要支持 24G 方案，目前仅美国、韩国在毫米波领域部署较为激进。

● 5G部署带来全新机遇

5G 以其更高的频谱利用率、更多的带宽获得更快的终端速率，相对 4G 站点峰值和均值速率 5G 均有显著提升。空口速率提升的关键是大规模天线技术（Massive MIMO）的应用以及频谱大带宽的叠加，产品形态演进，对系统射频器件提出新的需求。回传网络对大带宽的支持，接入/汇聚/核心节点将需要由当前 4G 网络的 10G/100G，升级至 50G/100/200G，甚至 400G。

● 建议关注

烽火通信；光迅科技；中际旭创；飞荣达；生益科技；沪电股份

烽火通信：是国内光通信领域领先企业，在传输网上设备具备较强的竞争优势，未来将受益 5G 带来的传输网的大规模建设。光迅科技：是领先的光器件厂商，具备传输网、接入网和企业数据网等领域从芯片到器件、模块、子系统的全产业链应用，今年开始大举进军数据中心高速光模块市场。中际旭创：全球光模块领域核心企业，发布定增积极布局 5G 光模块。飞荣达：与 5G 基站主流设备商紧密合作，创新开发出全新一代塑料天线振子，工艺与 4G 完全不同，具有独特技术优势。生益科技：国内最大的覆铜板制造商，自主研发碳氢材料应用于功放领域已实现规模量产。沪电股份：主营的 PCB 支撑 5G 基站的建设，正在加大投入研发高频、高速 PCB，更好地适应 5G 市场的需求。

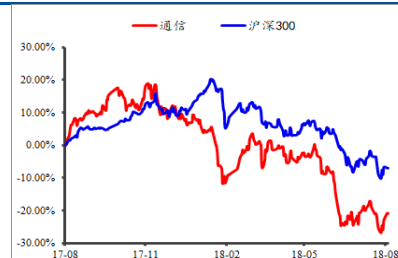
● 风险提示：

5G 发展不及预期；运营商投资不及预期。

推荐

维持评级

行业与沪深 300 走势比较



资料来源：wind，民生证券研究院

分析师：杨锐

执业证号：S0100517110001

电话：021-60876701

邮箱：yangkun@mszq.com

研究助理：杨妙姝

执业证号：S0100118010011

电话：010-85127532

邮箱：yangmiao@mszq.com

盈利预测与财务指标

| 代码 | 重点公司 | 现价 8 月 15 日 | EPS | | | PE | | |
|--------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 2018E | 2019E | 2020E | 2018E | 2019E | 2020E |
| 600498 | 烽火通信 | 32.03 | 0.88 | 1.12 | 1.46 | 35 | 28 | 21 |
| 002281 | 光迅科技 | 23.73 | 0.64 | 0.83 | 1.07 | 37 | 28 | 22 |
| 300308 | 中际旭创 | 47.28 | 1.73 | 2.56 | 3.06 | 27 | 18 | 15 |
| 300602 | 飞荣达* | 40.11 | 0.83 | 1.29 | 2.07 | 47 | 30 | 19 |
| 600183 | 生益科技* | 10.56 | 0.58 | 0.76 | 0.96 | 18 | 14 | 11 |
| 002463 | 沪电股份* | 4.90 | 0.19 | 0.26 | 0.34 | 26 | 19 | 14 |

资料来源：wind (*来自 wind 一致性预测)、民生证券研究院

目 录

| | |
|---------------------------------------|----|
| 一、频谱是 5G 网络部署的必需资源 | 4 |
| (一) 全球无线通信频谱资源 ITU 统一划分, 各国自主选择 | 4 |
| (二) 5G 载波支持更大带宽 | 4 |
| (三) 评价频谱价值主要包括覆盖能力、产业链成熟度等 | 5 |
| 二、C-BAND 成为主流, 存量频谱可重耕 | 6 |
| (一) 5G 频谱分配, 全球 C-BAND 支持度最高 | 6 |
| (二) 5G 支持全频谱接入, 存量频谱未来可重耕 | 9 |
| 三、5G 部署带来全新机遇 | 10 |
| (一) 3.5G 和 4.9G 频段覆盖能力分析 | 10 |
| (二) 站点容量提升, 空口速率和回传带宽适应新需求 | 11 |
| (三) 空口速率提升的重要手段是应用大规模天线技术 | 12 |
| (四) 回传流量的增加要求回传网络升级换代 | 13 |
| 四、建议关注 | 14 |
| 五、风险提示 | 16 |

一、频谱是 5G 网络部署的必需资源

（一）全球无线通信频谱资源 ITU 统一划分，各国自主选择

2018 年 9 月 10 日 3GPP 第 81 次全会，Release 15 即将完成第一个完整 5G NR SA 版本的最终冻结，这也意味着 5G NR 第一个版本的标准化接近尾声，商用/试商用大幕即将开启。面对 5G 产业加速的现实催化，5G 迈入真正产业化时代的门槛——频谱，海外，韩国、英国已完成第一阶段频谱拍卖，欧美日澳等其他发达国家在 2018 年下半年也多有 3.4GHz-3.8GHz 频段的拍卖和分配计划；国内，5G 试商用频谱预计即将正式发放，三大运营商有望获得新的 5G NR 频谱。

什么是频谱？频谱本质上是客观存在的物理资源。比如我们听到的声音，可见的光线，其实质是具有一定震动频率的波。不同频率的电磁波是承载空间通信的一种物理资源，ITU（国际电信联盟）的 WRC 大会，统一规划全球的频谱，以保持国家区域间的频谱使用一致性。但不同国家选择的频段不同，对终端漫游将产生影响。为获得更多的频谱资源，2015 年召开的 WRC15 大会重点对于已有 4G 频谱进行扩展，重点用于 IMT 5G 新系统，其规划如下：

- **<3G Hz（低频部分）**：470MHz-698 MHz，698 MHz-790 MHz，1427-1518 MHz
- **3GHz~6GHz**：3300 MHz-3400 MHz，3400 MHz-3600 MHz，3600 MHz- 3800 MHz，4800 MHz-4990 MHz，5150-5925 MHz
- **>6GHz（毫米波部分）**：24.25 GHz -27.5GHz，31.8 GHz-33.4 GHz，37 GHz-40.5 GHz，42.5 GHz-43.5 GHz，45 GHz-47 GHz，47 GHz-47.2 GHz，47.2 GHz-50.2 GHz，50.4 GHz-52.6 GHz，66 GHz-76 GHz，81 GHz-86 GHz

考虑具体产业化，截至 2018 年 8 月 1 日，3GPP RAN4 对于 5G NR 引入频段也进行了具体定义。主要将 5G 可用频段划分为两个频率范围 FR（Frequency Range）：

- **FR1：450MHz-6GHz**
- **FR2：24.25GHz-52.6GHz**（后续可能根据需要扩展）

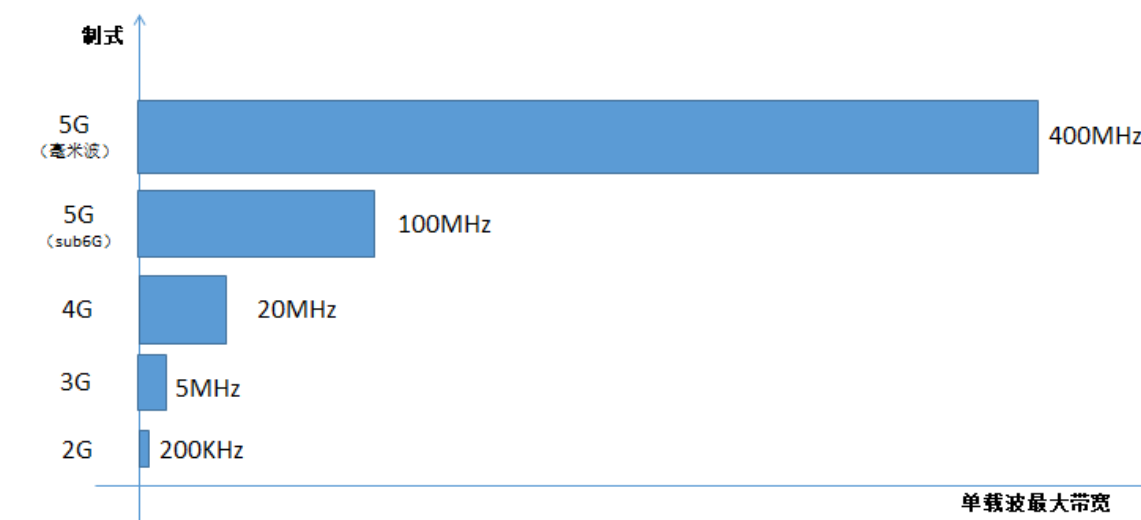
3GPP 38.101 协议主要规定了 5G NR 频段号和 NSA 中和 LTE 联合使用的频段。其主要包含 600-900MHz、1.7-1.9GHz、3.5GHz、4.8GHz、26-28GHz 以及 39GHz。在以上协议规定的频段内，理论上目前 5G 版本均支持部署。具体采用哪一个频段，将由各国根据本国的实际情况，自主选择。

（二）5G 载波支持更大带宽

5G 在应用场景上满足增强移动宽带（eMBB）、海量机器通信（mMTC）、超高可靠低时延通信（uRLLC）等应用场景，其中增强移动宽带（eMBB）所需的高速率，主要依靠载频的大带宽来实现。回顾 2G/3G/4G 技术，随着每一代移动通信技术对于数据业务支持能力越来越好，下载速率越来越快，我们发现每一代技术的载频带宽均出现大幅增长，分别由 2G 时代 200KHz/3G 时代 5MHz/4G 时代 20MHz，增加到 5G Sub6G 频谱 100MHz，甚至是毫米

波的单载波 400MHz。虽然 2G/3G 均有类似于 4G 的载波聚合技术，可以将多个载波聚合同时使用，如 4G 5 个 20MHz 载波，也可以实现 100MHz 载波，但系统的复杂度更高，需要同时协调多个处理数据通道。5G 支持载波高带宽，也对现有频谱资源提出了新的挑战，由于频谱资源紧张，已分配频谱基本都已部署，因此 5G 频谱规划主要面向 3.5GHz 以上 6GHz 以下，以及毫米波等，当前网络尚未部署应用的频段。

图 1：2G/3G/4G/5G 单载波最大带宽



资料来源：民生证券研究院整理

（三）评价频谱价值主要包括覆盖能力、产业链成熟度等

从覆盖能力上看，低频价值高于高频。频谱作为物理资源，有自身的属性。频率越高，波长越短，其穿透损耗越大，意味着覆盖效果越差。高频电磁波遇到障碍物好比遇到了反射镜，会折回散射；而低频电磁波具有较好的绕射能力，可以绕开障碍物继续传播。由于低频频谱其良好的覆盖属性，运营商以较少的站点，形成较好的覆盖，节约建网投资，自然获得运营上的青睐。英国 2013 年的 4G 频谱拍卖，700M-800M 的频谱每 MHz 2250-2750 万英镑，远远高于 2.6GHz 的 365 万英镑，也远高于 2018 年 4G 的 2.3GHz 频段 515 万英镑拍卖价格。

频谱分配关系到运营商运营制式选择以及产业链成熟度。从全球产业链成熟角度，获得支持的频段国家越多，产业研发投入回报比越高，产业链越易成熟。从目前 5G 全球各国家/区域的支持频谱通用性角度来看，C-Band (3400~3800MHz 频段) 将成为全球漫游性最佳频段，也将是 5G 初始部署的黄金频段。低频段的频谱发放和既有频段的重耕，预计较 C-Band 会延后，至少在初始阶段，全球低频频谱很难有规模应用。3.5G 中频段由于其良好的覆盖效果和较大的带宽（100M 以上连续频谱），获得绝大多数国家的青睐。韩国已基本完成 5G 频段划分，同时包含了 C-Band 和高频部分；欧洲大多数国家在 2018 年下半年也会完成 C 波段的 5G 频谱分配；美国 C-Band 的 5G 频谱规划近期也呼之欲出。高频段（毫米波部分）除了美国、韩国较为积极外，其他国家对于微波频段支持 5G 目前并未有太多渴求，预计成熟商用至少在 2021 年之后。

当一个网络制式或者频段没有获得大多数国家的使用和认可的话，意味着生产厂商在产

品实现上不会对该方向投入过多力量，难以形成规模效应，成本很难下降，只能依靠定向投资补贴。回顾历史，3G 阶段中国移动擎起 TD-SCDMA 大旗时，全球产业链对 TD-SCDMA 的支持可谓凤毛麟角。中国移动花费 6 年时间，全周期累计投入超过 3000 亿，TD-SCDMA 网络从商业上依然没有获得预想的成功。在 4G 阶段，中国移动使用 1.8GHz/2.6GHz LTE TDD 频段，而 TDD 频段在欧美国家并非 4G LTE 主流频段，中国移动定制终端须支持 5 模 10 频（3GSM+3WCDMA+2TDS+2LTE），其中 WCDMA 频段非移动制式，但是终端需要支持以适应漫游需求；之后，中国移动继续推动 5 模 13 频（3GSM+3WCDMA+2TDS+5LTE）包含更多 LTE FDD 的漫游频段，以避免终端支持频段不足导致的漫游受限。由此可见，如果已分配频段非全球主流频段，则产业链很难快速成熟，需要加大定向投资力度加速其真正商用。

二、C-band 成为主流，存量频谱可重耕

（一）5G 频谱分配，全球 C-Band 支持度最高

截止 2018 年 7 月，除了韩国、英国和西班牙已完成正式 5G 频谱发放和拍卖，其他国家的 5G 频谱拍卖/分配也在有序进行中。中频段 3.3G-5G 频谱由于较好的兼顾了网络系统的覆盖和容量，特别是其中的 C-Band（3400~3800MHz 频段）成为各国分配的重点。

2017 年 11 月 15 日，工信部官网发布《关于第五代移动通信系统使用 3300-3600MHz 和 4800-5000MHz 频段相关事宜的通知》。其中 3.3-3.4GHz 原则上限于室内使用，4.9GHz 频段预留 10M 以满足对射电天文电台的干扰保护。工信部官方微信介绍，本次发布的中频段 5G 系统频率使用规划，能够兼顾系统覆盖和大容量的基本需求，是我国 5G 系统先期部署的主推频段。

我们统计各国中频段频谱已分配、待分配和实验测试情况如图所示：

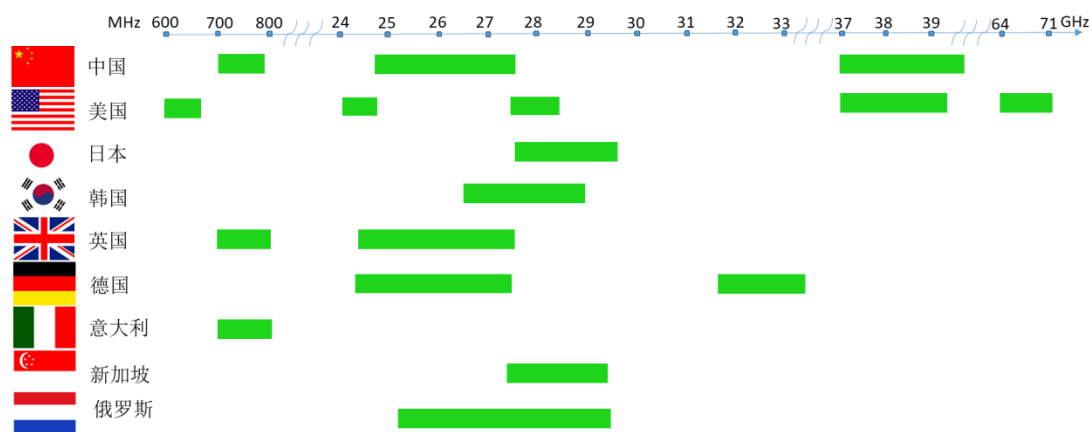
图 2：各国中频段 5G 频谱规划



资料来源: GSMA, 民生证券研究院

此外, 根据 ITU 和 3GPP 定义, 以及各国的实验频率、计划频率划分, 考虑到除了中频段以外, 低频段稀缺频谱和更高频段毫米波频谱也在未来有可能用于 IMT 网络, 全球部分国家也对该类型频谱进行了预规划或相应实验计划。目前高频段, 美国、加拿大、日本、韩国主要支持 28G 方案, 而中国和欧盟主要支持 24G 方案, 其中美国、韩国毫米波部署较为激进。

图 3: 低频和微波频段各国 5G 频谱规划



资料来源: GSMA, 民生证券研究院

表 1: 各国中频段 5G 频谱规划

| 国家区域 | 时间 | 5G 中频段 | 其他频段 |
|------|------|---|---|
| 韩国 | 2018 | 6 月拍卖 3.5GHz 280MHz 频谱 (3.42-3.7GHz, 三家 80+100+100MHz), | 6 月份拍卖 28GHz 频段 2.4GHz (26.5-28.9GHz, 每家 800MHz) 频谱 |
| 日本 | 2019 | 预计 2019 年 3 月分配, 2020 年东京奥运会之前 | 计划 2019 年 3 月发放, 最多 27.5-29.5GHz |

| | | | |
|------|-----------|--|---|
| | | 实现 5G 网络正式商用。 计划 3.6-4.2GHz 和 4.4-4.9GHz 共发放不超过 500MHz 频谱 | 共 2GHz 频谱。 |
| 澳大利亚 | 2018 下半年 | 预计拍卖 3575-3700MHz。将对 5G 频谱拍卖进行竞业限制，并要求 ACMA 对城市地区和偏远地区分别设定 60MHz 和 80MHz 的分配限制 | |
| 新西兰 | 2018 年下半年 | 预计拍卖 3400-3600MHz。 | |
| 美国 | 2018 年 | <p>2017 年 8 月, FCC 发布扩展灵活使用 3.7-4.2GHz、5.925-6.425GHz 和 6.425-7.125GHz 三大中频段的咨询。2018 年 2 月, 美国 FCC 主席在 MWC 上表示将在几个月内制定 3.7-4.2GHz 频段用于商用地面移动网络的措施。</p> <p>2018 年 2 月, 美国商务部国家电信和信息管理局 (NTIA) 与国防部 (DOD) 联合宣布拟将目前用于军用雷达的 3450-3550MHz 频段重新调整为商用无线使用。</p> <p>2017 年公布咨询针对 3.7-4.2GHz、5.925-6.425GHz 和 6.425-7.125GHz, 宣称 2018 年 7 月会有中频谱规划 (进展待跟进)</p> | <p>2016 年 7 月, FCC 公布将 24GHz 以上频段用于 5G 的新规则, 规划四大高频段用于 5G 移动网络和固定无线:</p> <p>27.5-28.35GHz(28GHz)、37-38.6GHz(37GHz)、38.6-40GHz(39GHz)和 64 -71GHz。其中, 28GHz、37GHz 和 39GHz 为授权频谱, 64 -71GHz 为未授权频谱, 合计约 11GHz 带宽。</p> <p>2017 年 11 月, FCC 又新增了共 1700MHz 带宽用于促进 5G 网络部署, 包括 24GHz 频段上的 700MHz 带宽 24.25-24.45GHz、24.75-25.25GHz 和 47GHz 频段上的 1GHz 带宽 47.2-48.2GHz</p> <p>2018 年 3 月, FCC 决定于 2018 年 11 月 14 日拍卖 28GHz 频段, 随后进行 24GHz 频段拍卖, 预计 1.55G 频谱可用</p> <p>2017 年 4 月, 美国 FCC 完成 600MHz 频谱拍卖, 释放出 2×35MHz 带宽的频段, T-Mobile 正计划用 600MHz 来部署 5G。</p> |
| 英国 | 2018 | 18 年 4 月 9 日第一阶段 5G 频谱 (3.4G 新增 150M) 拍卖结束: (3410-3480) + (3410-3480); 2019 年继续拍卖: 3.6-3.8GHz | <p>2019 年计划拍卖 700MHz</p> <p>英国 Ofcom 以欧盟无线电频谱小组 (RSPG) 公布的《欧洲 5G 频谱战略路线图》为参考, 已确定 700MHz、3.4-3.8GHz 和 24.25-27.5GHz 分别作为 5G 的低、中、高频段</p> |
| 法国 | 2019 | 计划 2020 年为 5G 分配 300MHz 连续带宽的 C-Band 频谱 C-band (3.5-3.8G), 计划 2026 年继续分配 3460 - 3800MHz 用于 5G | |
| 德国 | 2018 下半年 | 2017 年 7 月发布 5G 频率框架: 2GHz 频段 (1920-1980MHz/2110-2170MHz)、C 波段 (3.4-3.8GHz) 3400-3700MHz (300M), MNO 3700-3800MHz (100M), 垂直行业 | <p>确认 26GHz(24.25-27.5GHz)、28GHz(27.5-29.5GHz)和 32GHz(31.8-33.4GHz)为 5G 毫米波频段, 并认为 26GHz 最重要。</p> <p>700MHz 频段(738-753Hz 频段作为 SDL)</p> |
| 意大利 | 2018 下半年 | C-band (3.6-3.8G) | 700MHz |
| 西班牙 | 2018 下半年 | C-band (3.6-3.8G) | |
| 芬兰 | 2018 下半年 | C-band (3.4-3.8G) | |
| 奥地利 | 2019 | C-band (3.4-3.8G) | |
| 俄罗斯 | 2019 | 2020 年开始部署 5G, 2024 年覆盖所有大城市。目前 5G 测试频段为 3.4-3.8GHz 和 25.25-29.5GHz 频段。 | |
| 新加坡 | | 1-6GHz 频段。新加坡资讯通信媒体发展管理局 IMDA 考虑将 1427-1518MHz(L 频段)和 3.4-3.6GHz(扩展 C 波段)分配给移动通信网络 | <p>小于 1GHz 频段。IMDA 计划于 2021 年将 800MHz 频段分配给移动通信网络</p> <p>大于 6GHz 频段。IMDA 重点关注 28GHz 毫米波频段</p> |
| 瑞士 | | 瑞士电信监管机构也将在明年 1 月拍卖 2.6GHz 和 3.4-3.8GHz 频段的 5G 频谱。 | 将在明年 1 月拍卖 700MHz、1400MHz |
| 瑞典 | | 瑞典计划在明年拍卖 3.4-3.8GHz 频段的频谱。 | 瑞典电信监管机构已对运营商开放 |

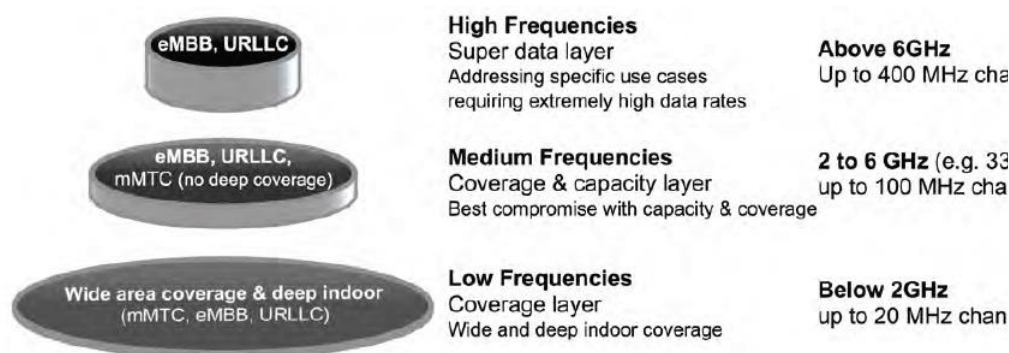
| | | |
|--|--|--------------|
| | | 700MHz 的频谱申请 |
|--|--|--------------|

资料来源：GSMA，民生证券研究院

（二）5G 支持全频谱接入，存量频谱未来可重耕

从技术本身，5G NR 可以用于低频、高频、微波等各个频段，低频适用于广覆盖、低时延场景，高频适用于高带宽场景，中频应用较为均衡。目前已有的 2G、3G、4G 网络已经占用了大部分低频段的 IMT 频谱，可用部分已不多。而 5G 的设计初衷，就是要在高带宽、高频谱效率上做文章，高带宽是容量扩充的先决条件，而已分配的频谱普遍不具备高带宽的能力，因此当前全球将主要以 C-Band 作为主力应用频谱。

图 4：高/中/低频谱满足不同的应用场景



资料来源：GSMA，民生证券研究院

现有制式频谱使用离散，短期不具备较大带宽支持 5G 的能力。随着存量频谱逐步向先进制式演进，5G 未来可用频谱可观。国内，中国联通和中国电信一直致力于 2G 网络的完全退出，中国移动也试图将 3G 频谱逐步释放。海外一些运营商，例如 Vodafone，提出到 2025 年希望完成部分区域 LTE+5G 的覆盖。但是由于 2G/3G 用户良好的覆盖、套餐用户粘度、低端手机更新周期慢、边远地区需要基础网络等原因，我国频谱清退工作必然是因时因地、逐步推进的过程。5G 建设周期将伴随新频谱、旧频谱的结合使用，未来 2G/3G/4G 频谱可能进一步释放。从长远来看，LTE 和 5G 一道将成为未来主力网络制式，更多重耕的频谱资源也会向 5G 倾斜。

图 5：国内 2G/3G/4G 频谱分配

| | 制式 | | 上行频率 | 下行频率 | 带宽 | 分制式合计 | 分模式合计 |
|------|----|----------|-----------|-----------|----|-------|-------------------|
| 中国移动 | 2G | GSM | 885-909 | 930-954 | 24 | 49 | |
| | | | 1710-1735 | 1805-1830 | 25 | | |
| | 3G | TD-SCDMA | 2010-2025 | | 15 | 15 | |
| | 4G | TDD-LTE | 1885-1915 | | 20 | | FDD:39 TDD:145 |
| | | | 2320-2370 | | 50 | 130 | |
| 中国联通 | | | 2575-2635 | | 60 | | |
| | 2G | GSM | 909-915 | 954-960 | 6 | 16 | |
| | | | 1735-1745 | 1830-1840 | 10 | | |
| | 3G | WCDMA | 1940-1965 | 2130-2155 | 25 | 25 | FDD:61 TDD:40 |
| | | FDD-LTE | 1745-1765 | 1840-1860 | 20 | 20 | |
| 中国电信 | 4G | TD-LTE | 2300-2320 | | 20 | 40 | |
| | | | 2555-2575 | | 20 | | |
| | 2G | CDMA | 825-840 | 870-885 | 15 | 15 | |
| | 3G | CDMA2000 | 1920-1940 | 2110-2130 | 20 | 20 | |
| | | FDD-LTE | 1765-1785 | 1860-1880 | 20 | 20 | FDD:50 TDD:40 |
| | 4G | TD-LTE | 2370-2390 | | 20 | 40 | |
| | | | 2635-2655 | | 20 | | |

资料来源：GSMA，民生证券研究院

三、5G 部署带来全新机遇

（一）3.5G 和 4.9G 频段覆盖能力分析

2017 年 11 月工信部官网发布《关于第五代移动通信系统使用 3300-3600MHz 和 4800-5000MHz 频段相关事宜的通知》，中频段部分成为部署 5G 首先使用频段。我们对中频段的两个频段做了覆盖测算。网络覆盖分为上下行，一般而言，由于基站侧功率不受限，下行覆盖一般不是问题。上行由于终端发送功率受限，往往覆盖距离受限。

图 6：基站/终端覆盖场景设定

| | |
|---------------------|--------------------------|
| 基站发射天线通道数 | 64 |
| 基站接收天线通道数 | 64 |
| 终端发射天线通道数 | 2 |
| 终端接收天线通道数 | 4 |
| 信道带宽 (MHz) | 100M |
| 基站发送功率 | 200W (53dBm) |
| 手机发射功率 | 400mW(26dBm) |
| 覆盖场景 | 密集城区 |
| 传播模型 | Uma-NLOS O2I 3GPP 38.901 |
| 建筑物平均高度 (m) | 25 |
| 发射天线高度 (m) h_{BS} | 25 |
| 接收天线高度 (m) h_{ut} | 1.5 |
| 时隙配置 (UL: DL) | 1:3 |

资料来源：民生证券研究院整理

我们在此选取上行 1M 边缘速率作为典型计算值，考虑 3.5G 和 4.9G 的覆盖比较，

- 4.9G 上行覆盖半径为 3.5G 上行覆盖半径的 76.7%
- 折算上行 4.9G 覆盖面积为 3.5G 上行覆盖面积的 58.9%

➤ 4.9G 达到同样的覆盖效果，需要的站址数是 3.5G 站址数的 1.6~1.7 倍。

通过测算：如果运营商采用 4.9G 频段进行全网覆盖，需要的站址数是 3.5G 站址数的 1.6~1.7 倍。

图 7：信道测算

| | 下行网络→终端 | | 上行终端→网络 | | 下行网络→终端 | | 上行终端→网络 | |
|--------------|---------|-------|---------|-------|---------|--------|---------|-------|
| 频段 | 3.5G | | | | 4.9G | | | |
| 边缘覆盖比例 | 90% | | | | 90% | | | |
| 小区边缘速率(Mbps) | 20 | 5 | 5 | 1 | 20 | 5 | 5 | 1 |
| 半径(m) 室内覆盖 | 307.5 | 532.3 | 142.7 | 231.7 | 235 | 407.8 | 109.5 | 177.8 |
| 半径(m) 室外覆盖 | 1220.9 | 2113 | 566 | 919.7 | 1027 | 1778.9 | 477.7 | 775.6 |

资料来源：民生证券研究院整理

考虑到目前运营商基本已经完成重点城市的全覆盖和大部分农村地区的广覆盖，初始 5G 建设会依托已有站点进行覆盖，乡镇/农村在初始阶段将不会成为目标区域。三大运营商目前站点数量，根据 2018 年 4 月发布的年报所示，中国移动 187 万站，中国电信 117 万站，中国联通 90 万站，合计约 395 万站。考虑到 5G 频谱覆盖性能较 4G 频谱差异，若 5G 站点完成全覆盖，可能需要额外增加 20%-50% 的站点，初始预计 5G 建站整体周期总规模 480-600 万站。

据行业调研，目前 4.9G 虽然是我国待分配 IMT 频段之一，但是支持厂家有限。诺基亚是第三阶段工信部测试唯一宣称支持 4.9G 设备的网络厂家，爱立信明确表示目前主要集中在 3.5G 频段设备。综合考虑国际频段部署和使用，可以预见，4.9G 频段 5G 部署将会面临较大的产业链压力，未来系统和终端可能面临成本较高、产品迭代速度慢等问题。

（二）站点容量提升，空口速率和回传带宽适应新需求

5G 以其更高的频谱利用率、更宽的带宽获得更高的系统容量和更快的终端速率。相对 4G 站点典型的流量值，5G 站点峰值和均值速率均有显著提升。我们从空口和回传两个方面分析站点峰值提升对设备带来的影响。

5G 基站分为 CU、DU 和 AAU 三部分，CU 和 DU 的部署方案主要包括：

- CU-DU 合设，对应多个小区；
- CU-DU 分设，即 CU 和 DU 独立部署；

CU DU 合设方案类似 LTE 宏站站点现有状态。对上述第一个类似 LTE 站点部署的典型场景进行测算。5G 基站回传带宽需求应满足用户峰值速率和小区峰值吞吐量需求，按照 CU 和 DU 合设，S111 站型配置，信道带宽 100MHz，子载波间隔 30KHz，终端 4 天线接收；毫米波采用 2 个载波 800MHz，进行估算如下表所示：

图 8：4G/5G 基站流量典型值

| 参数 | LTE FDD | 5G 中频段 | 5G 高频 |
|------|--|--|--|
| 频谱资源 | 1.8G, 20MHz | 3.4-3.6G, 100MHz | 28G 以上, 800MHz |
| 基站配置 | 3 cell, 2T4R | 3 cell, 64T64R | 3 cell, 2T2R |
| 频谱效率 | 峰值 7.5bps/Hz, 均值 2bps/Hz | 峰值 40bps/Hz, 均值 7.8bps/Hz | 峰值 20bit/hz, 均值 5bit/hz |
| 其他配置 | 10%封装开销, FDD,5% Xn 接口流量 | 10%封装开销, 1:3TDD 时隙配比,5% Xn 接口流量 | 10%封装开销, 1:3TDD 上下行配比 |
| 小区峰值 | $20 \times 7.5 \times 1.1 = 175\text{Mbps}$ | $100 \times 40 \times 1.1 \times 0.75 = 3.3\text{Gbps}$ | $800\text{MHz} \times 20\text{bit/hz} \times 1.1 \times 0.75 = 13.2\text{G}$ |
| 小区均值 | $20 \times 2 \times 1.1 \times 1.05 = 46\text{Mbps}$ | $100 \times 7.8 \times 1.1 \times 0.75 \times 1.05 = 0.675\text{Gbps}$ | $800\text{MHz} \times 5\text{bit/hz} \times 1.1 \times 0.75 = 3.3\text{G}$ |
| 单站峰值 | $175 + 46 \times 2 = 267\text{Mbps}$ | $3.3 + 0.675 \times 2 = 4.65\text{Gbps}$ | $13.2\text{G} + 3.3\text{G} \times (3-1) = 19.8\text{G}$ |
| 单站均值 | $46 \times 3 = 138\text{Mbps}$ | $0.675 \times 3 = 2.03\text{Gbps}$ | $3.3\text{G} \times 3 = 9.9\text{G}$ |

资料来源: IMT2020 推进组, 工信部, 民生证券研究院整理

结合上述计算分析, 相较于 LTE 主流制式, 空口速率和回传流量在 5G 时代均有显著提升, Sub 6G 频谱提升近 20 倍, 毫米波提升近 80 倍。

(三) 空口速率提升的重要手段是应用大规模天线技术

空口速率提升的关键是多天线技术的应用和频谱大带宽的累加。大规模天线 (MassiveMIMO) 技术是提升频谱效率最重要的手段。大规模天线在 5G 时代是商用产品的主流选择。5G 大规模天线技术和现有 RRU 射频设备不同, 需要更多的天线阵子和支持更宽的带宽, 其工艺更复杂, 和天线集成程度更高。

大规模天线达到效率提升的关键是多流传输和波束赋型, 其应用需引入更多的射频单元和更高的 AAU 集成度。5G 规定一个终端最多可以使用 8 流传输, 即相当于不同的数据流同时发送给终端, 好比一条路上同时跑 8 辆车到达同一目的地; 而多流传输意味着干扰增强, 使用波束赋型技术可以一定程度减少干扰提高容量。波束赋型技术本质上是一种发送接收联合技术, 通过信道质量反馈进行功率注水, 或者本身射频器件具备方向调整功能, 从终端角度看, 仿佛是网络侧“定向”发送给终端的信息内容。多流传输和波束赋型势必要求射频 RRU 和天线之间紧密配合, 4G 时代 RRU 和天线分厂家的情况在 5G 时代会有较大改变。

GaN 氮化镓技术将在基站射频中扮演重要角色。基站 RRU 单元占据基站整体耗电的 60% 以上, 而 RRU 单元中 PA 功耗占据 RRU 整体耗电 (PA、收发通道、ACDC 转化等) 的 80%-90%, 传统的 PA 工艺采用 LDMOS (横向扩散金属氧化物半导体) 工艺, 目前功率效率已到瓶颈期。而 GaN 器件可以提升功率效率 10%, 每年节电数量可期。GaN 具有更高的功率转化效率, 更快的转换速度以及更高的功率密度。GaN 将于未来 5~10 年成为 3W 以上 RF 功率应用的主流技术。飞思卡尔等企业已于 2015 年完成 GaN 射频功率晶体管, 并极力游说各大运营商使用。由于在 4G 发展时期, 该项技术成本较高, 并未得到推广, 在 5G 时期, 顺势 5G 基站新建东风, GaN 将有望替代应用 LDMOS 作为基站主流 PA 供件, 规模应用也将因批量生产降低成本。

基站数量的增多、高频的使用, 势必将带来射频器件、天馈线数量上的增量。运营商在目前的部署中, 已经需要考虑到未来引入更多天线的平滑演进, 据 ABI Research 统计, 到 2019 年全球发货的 FDD 天线中, 6 端口以上比例将超过了 60% 并逐年增加已经成为行业主流产品形态。考虑到目前的规模和 5G 时代逐步增加的基站数量, 以及大规模天线的广泛使用, 射

频器件/天馈线集成度将更高、数量也迎来爆发期。

（四）回传流量的增加要求回传网络升级换代

回传流量的增加，势必要求回传承载网络针对 5G 的升级。对比 LTE，按照上述计算 5G 在回传网络数据流量有数量级的提升。根据不同的区域类型和布网需求，我们预计升级和扩容会同步进行。目前，5G 实验网络即将开始建设，按照特定的网络建设步骤，从实验网获得的建设经验和数据，将对不同场景下进行汇总，并按照各个地域的需求完成总站点数的评估和回传网络的需求预计。按照 5G 基本的回传架构，可以大致分为前传、中传、回传三部分：

图 9：5G 回传逻辑图



对于前传部分，由于大量使用 AAU 导致前传容量增加，光纤直驱和 WDM 波分技术的结合使用将会得到进一步使用；中传部分，面对回传流量的显著提升，传统 IPRAN 负荷已不足以支撑中传数据量，OTN 功能可能下沉到接入环部分；回传部分，综合接入点大量使用 CU 集中部署，需要将 10G OTN 升级为 100G OTN。

图 10：传输光模块需求

| 承载方式 | 前传 | 中传 | 回传 |
|-------|--|--------|---|
| D-RAN | - | - | 接入环：25Gbps、50Gbps； 汇聚/核心： N×100/200/400Gbps |
| C-RAN | 接口：25Gbps、N×25Gbps 的 eCPRI、自定 CPRI 接口等 | 同回传接入环 | 接入环：50Gbps 及以上 汇聚/核心： N×100/200/400Gbps |
| 4G | 接口：CPRI <10G(选项 8) | - | 接入环：GE 为主，少量 10GE； 汇聚/核心：10GE 为主，少量 40GE。 |

资料来源：信通院，民生证券研究院整理

四、建议关注

频谱资源分配是运营商部署 5G 的前提，只有当运营商获知可以使用的频谱资源，则网络如何建设/规划，即可明确，如建站数量、网络互操作等。目前各国已经陆续开始拍卖，国内预期也将在近期推出分配方案。相对于 4G/3G/2G，5G 单载波带宽 Sub6G 达到 100M/毫米波 400M，5G 对数据业务的支持能力大幅提升。为了能够实现高速率，5G 的空口大带宽，并主要通过 Massive MIMO 技术，回传网带宽也将由现网主力 10G/40G 光模块升级至 50G/100G/400G。

（一）烽火通信

1、国内光传输领域领先企业

5G 频谱发放在即，预商用一触即发。公司作为光传输设备龙头企业，在国内 OTN 集采中份额一直排名前列。在 5G 试商用即将开启背景下，运营商对承载网投入将逐渐加大，OTN 设备采购规模有望持续保持高增长。同时，随着网络流量规模爆发，网络设备需不断更新换代，对 100G OTN 甚至 400G OTN 需求也将不断扩大。

2、光纤光缆持续高景气，公司显著受益

受益今年光纤光缆集采量大，公司业务有望保持高增长。预计 2018 年中国光缆需求有望持续创新高。烽火通信作为光纤光缆行业龙头企业，近年来持续大比例中标三大运营商集采项目，2017 年产能高达 4000 万芯公里，预计 2018 年继续保持高速发展态势。同时，公司海外市场拓展成效显著，营收占公司总量超过 20%，并制定 2020 年过百亿规模的战略规划。

3、打造 ICT 全产业链生态，烽火星空稳步向前。

烽火星空作为网络安全国家队，政府客户群稳定，转民用潜力价值巨大。同时，大数据、云计算和智慧城市取得显著成绩。烽火大数据已广泛应用于公安、军队、铁路等；云计算方面公司与湖北省政府全面合作打造楚天云，同时正在积极“走出去”，洽谈外省政务云项目并已经取得积极进展。

3、两大集团合并，打造中国通信设备新格局。

6 月 27 日，国务院国资委正式下发通知，同意武汉邮科院和电信技术研究院并购重组，成立中国信息通信科技集团有限公司，并于 7 月正式挂牌。两大央企合并有望实现强强联合、优势互补，涵盖有线+无线全领域产品，业务一体化能力有望进一步提高。

表 2：烽火通信估值表

| 股票名称 | 股票代码 | 总市值（亿元） | 收盘价（元） | EPS | | | PE | | |
|------|--------|---------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | 2018E | 2019E | 2020E | 2018E | 2019E | 2020E |
| 烽火通信 | 600498 | 347 | 31.12 | 0.88 | 1.12 | 1.46 | 35 | 28 | 21 |

资料来源：wind，民生证券研究院

（二）光迅科技

1、国内领先光器件厂商，拥有核心芯片优势

公司是专业从事光电子器件及子系统产品研发、生产、销售及技术服务的公司，是全球领先的光电子器件、子系统解决方案供应商。在电信传输网、接入网和企业数据网等领域构筑了从芯片到器件、模块、子系统的综合解决方案。受益于 5G 建设，运营商对高速光模块采购量将不断提升，公司在传输网、接入网侧均具备领先优势，未来将持续受益。同时，公司具备核心芯片的生产能力，已实现 10G VCSEL/DFB/EML/APD 全系列芯片实现商用，并已布局 25G PD/DFB/EML 芯片开发。2017 年，公司实现营收 45.5 亿元，同比增长 12.2%，2014-2017 年，复合增长率达 23.2%；实现净利润 3.34 亿元，同比增长 17.3%，2014-2017 年复合增长率 32.4%。

2、发布定增，进军数据中心光模块市场

数据量的爆发促进数据中心建设的发展，进而带动数据中心光模块市场的需求。为了更好的适应市场需求，创造新的利润增长点，2018 年 5 月公司发布定增计划，募集不超过 102,000 万元用于数据通信用高速光收发模块产能扩充项目，布局数通市场 100G 光模块产品，项目投产后预计新增年产 80.89 万只 100 Gb/s 光模块。

表 3：光迅科技估值表

| 股票名称 | 股票代码 | 总市值（亿元） | 收盘价（元） | EPS | | | PE | | |
|------|--------|---------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | 2018E | 2019E | 2020E | 2018E | 2019E | 2020E |
| 光迅科技 | 002281 | 152 | 23.41 | 0.64 | 0.83 | 1.07 | 37 | 29 | 22 |

资料来源：wind，民生证券研究院

（三）中际旭创

1、国际光模块核心企业，全球领先

公司是全球领先的光模块厂商，产品覆盖 10G、25G、40G 和 100G，且正在积极开发 400G 产品和布局 5G 市场。公司 2017 年实现营收 23.57 亿元，同比增长 1690.82%；归母净利润 1.61 亿元，同比增长 1506.36%。一季度营收和净利润继续保持高速增长，营收环比四季度增长 14.86%。公司一季度营收和净利润继续保持高速增长，营收环比四季度增长 14.86%。从苏州旭创业绩来看，一季度净利润约 1.66 亿元，环比下降 3.5%，主要是受到原材料库存价格影响，一季度毛利率水平有所承压，下降 2.51 个百分点，预计二季度会有所回升。未来公司将持续受益于数据中心迅猛发展带来的光模块的海量需求。

1、深耕数据中心市场，受益下游需求旺盛

公司多年来深耕数据中心市场，与谷歌、亚马逊等国际互联网公司开展了紧密合作。随着全球云计算快速发展，数据中心规模也将呈现高速增长。全球数据中心建设热情持续高涨，据 Synergy Research 预测，2017 年全球范围内的超大规模数据中心已经超过 390 个，比一年前的 300 个有明显增长。中际旭创作为数据中心光模块龙头企业，具有 10G/25G/40G/100G 全产品线，技术能力居国内同行领先水平。公司 40G/100G 高端光模块占比达到 83.29%，其中 100G 光模块 CWD4 日益成为业界最主流产品，市场需求增长强劲。公司 400G 产品预计 2019 年上半年可以小批量出产。

2、发布定增扩产能，积极布局 5G 市场

今年 4 月，公司发布定增计划，计划非公开发行不超过 9477 万股，募集资金不超过 15 亿元，主要用来 400G 光模块的研发、安徽铜陵光模块产业园的建设。在 400G 光模块项目方面，项目达产后将形成 45 万只 400G 产能。安徽铜陵光模块产业园项目计划进一步扩大 100G 光模块产能，满足下游客户日益增长的需求，同时研发、设计和制造 5G 无线通讯光模块产品，项目达产后将形成 160 万只 100G 光模块和 140 万只 5G 无线通讯模块产能。光模块市场在需求稳定的情况下，产能是能否获得大订单的因素，公司通过定增积极扩充产能，为业绩市场保驾护航。

表 4：中际旭创估值表

| 股票名称 | 股票代码 | 总市值（亿元） | 收盘价（元） | EPS | | | PE | | |
|------|--------|---------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | 2018E | 2019E | 2020E | 2018E | 2019E | 2020E |
| 中际旭创 | 300308 | 230 | 47.28 | 1.73 | 2.56 | 3.06 | 27 | 18 | 15 |

资料来源：wind，民生证券研究院

（四）其他建议关注公司

飞荣达：与 5G 基站主流设备商紧密合作，创新开发出全新一代塑料天线振子，工艺与 4G 完全不同，具有独特技术优势，未来有望受益 5G 建设对于天线设备的大规模采购；生益科技：国内最大的覆铜板制造商，自主研发碳氢材料应用于功放领域已实现规模量产，向购买日本中兴化成 PTFE 产品的全套工艺、技术和设备解决方案并获得相关产品突破；沪电股份：主营的 PCB 支撑 5G 基站的建设，加大投入研发高频、高速 PCB，更好地适应 5G 市场的需求。

五、风险提示

5G 发展不及预期；运营商投资不及预期。

插图目录

| | |
|--------------------------------|----|
| 图 1: 2G/3G/4G/ 5G 单载波最大带宽..... | 5 |
| 图 2: 各国中频段 5G 频谱规划..... | 6 |
| 图 3: 低频和微波频段各国 5G 频谱规划..... | 7 |
| 图 4: 高/中/低频谱满足不同的应用场景 | 9 |
| 图 5: 国内 2G/3G/4G 频谱分配..... | 9 |
| 图 6: 基站/终端覆盖场景设定 | 10 |
| 图 7: 信道测算 | 11 |
| 图 8: 4G/5G 基站流量典型值..... | 11 |
| 图 9: 5G 回传逻辑图..... | 13 |
| 图 10: 传输光模块需求 | 13 |

表格目录

| | |
|-------------------------|----|
| 表 1: 各国中频段 5G 频谱规划..... | 7 |
| 表 2: 烽火通信估值表 | 14 |
| 表 3: 光迅科技估值表 | 15 |
| 表 4: 中际旭创估值表 | 16 |

分析师与研究助理简介

杨锐，硕士研究生，9年行业从业经验，长期从事无线产品研发、系统交付、解决方案销售等工作，2015年8月加入民生证券。

杨妙姝，对外经济贸易大学经济学硕士，两年运营商从业经历，2017年加入民生证券。

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和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。

民生证券研究院：

北京：北京市东城区建国门内大街28号民生金融中心A座17层；

上海：上海市浦东新区世纪大道1168号东方金融广场B座2101室；

深圳：深圳市福田区深南大道7888号东海国际中心A座28楼。

评级说明

| 公司评级标准 | 投资评级 | 说明 |
|--|------|----------------------------|
| 以报告发布日后的 12 个月内公司股价的涨跌幅相对同期的沪深 300 指数涨跌幅为基准。 | 强烈推荐 | 相对沪深 300 指数涨幅 20% 以上 |
| | 谨慎推荐 | 相对沪深 300 指数涨幅介于 10%~20% 之间 |
| | 中性 | 相对沪深 300 指数涨幅介于-10%~10% 之间 |
| | 回避 | 相对沪深 300 指数下跌 10% 以上 |
| 行业评级标准 | | |
| 以报告发布日后的 12 个月内行业指数的涨跌幅相对同期的沪深 300 指数涨跌幅为基准。 | 推荐 | 相对沪深 300 指数涨幅 5% 以上 |
| | 中性 | 相对沪深 300 指数涨幅介于-5%~5% 之间 |
| | 回避 | 相对沪深 300 指数下跌 5% 以上 |

免责声明

本报告仅供民生证券股份有限公司(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。

本报告是基于本公司认为可靠的已公开信息,但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断,在不同时期,本公司可发出与本报告所刊载的意见、推测不一致的报告,但本公司没有义务和责任及时更新本报告所涉及的内容并通知客户。

本报告所载的全部内容只提供给客户做参考之用,并不构成对客户的投资建议,并非作为买卖、认购证券或其它金融工具的邀请或保证。客户不应单纯依靠本报告所载的内容而取代个人的独立判断。本公司也不对因客户使用本报告而导致的任何可能的损失负任何责任。

本公司未确保本报告充分考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。本公司建议客户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。

本公司在法律允许的情况下可参与、投资或持有本报告涉及的证券或参与本报告所提及的公司的金融交易,亦可向有关公司提供或获取服务。本公司的一位或多位董事、高级职员或/和员工可能担任本报告所提及的公司的董事。

本公司及公司员工在当地法律允许的条件下可以向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务以及顾问、咨询业务在内的服务或业务支持。本公司可能与本报告涉及的公司之间存在业务关系,并无需事先或在获得业务关系后通知客户。

若本公司以外的金融机构发送本报告,则由该金融机构独自为此发送行为负责。该机构的客户应联系该机构以交易本报告提及的证券或要求获悉更详细的信息。

未经本公司事先书面授权许可,任何机构或个人不得更改或以任何方式发送、传播本报告。本公司版权所有并保留一切权利。所有在本报告中使用的商标、服务标识及标记,除非另有说明,均为本公司的商标、服务标识及标记。