

量子科技专题系列二

2024年12月13日



中航证券有限公司

AVIC SECURITIES CO., LTD.

里程碑式突破，谷歌发布Willow芯片

行业评级：增持

分析师：刘牧野
证券执业证书号：S0640522040001

股市有风险 入市需谨慎

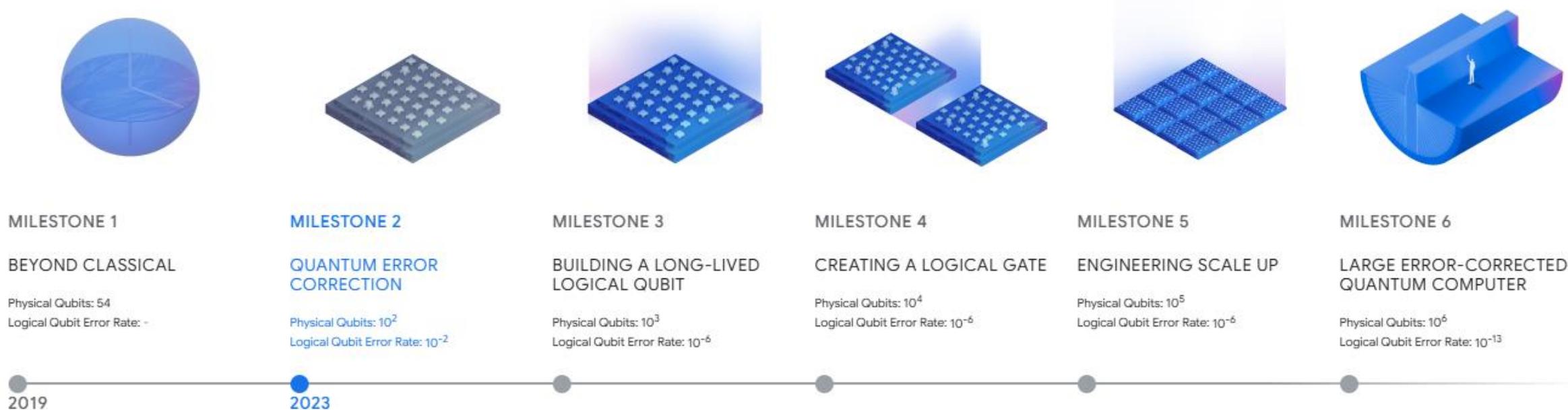
- **谷歌发布Willow，量子计算取得突破性进展：**2024年12月10日，谷歌发表了最新量子芯片Willow的研究成果，再次取得了里程碑式的突破。Willow基本上继承了上一代量子芯片Sycamore的所有优点，但实现了更大的里程碑式的突破。Willow的T1时间（测量量子比特可以保留激发的时间长短——关键的量子计算资源）接近100 μ s（微秒），比Sycamore芯片的20微秒提了5倍。Willow的错误率较Sycamore降低了两倍，因此适合进行扩展并走向实际应用。
- **量子纠错能力突破：**谷歌的Willow实现了错误率的指数级降低——首次达成“低于阈值”的里程碑成就。Google Quantum AI的创始人&负责人Hartmut Neven对此进一步解释说：作为第一个低于阈值的系统，这是迄今为止最令人信服的可扩展逻辑量子比特原型。**这项成果表明，有用的、规模非常大的量子计算机真的可以造出来。**
- **投资建议：**当前量子科技产业处于研发和产业探索阶段，对大部分相关公司的营收贡献度较少。国内上市公司参与到了产业链的各个环节。建议关注全方位布局量子信息技术的国盾量子，以及业务涉及量子科技领域的西部超导、福晶科技、神州信息等。
- **风险提示：**量子信息技术发展不及预期、量子技术市场需求不及预期、科技逆全球化的风险

谷歌发布Willow，量子计算取得突破性进展



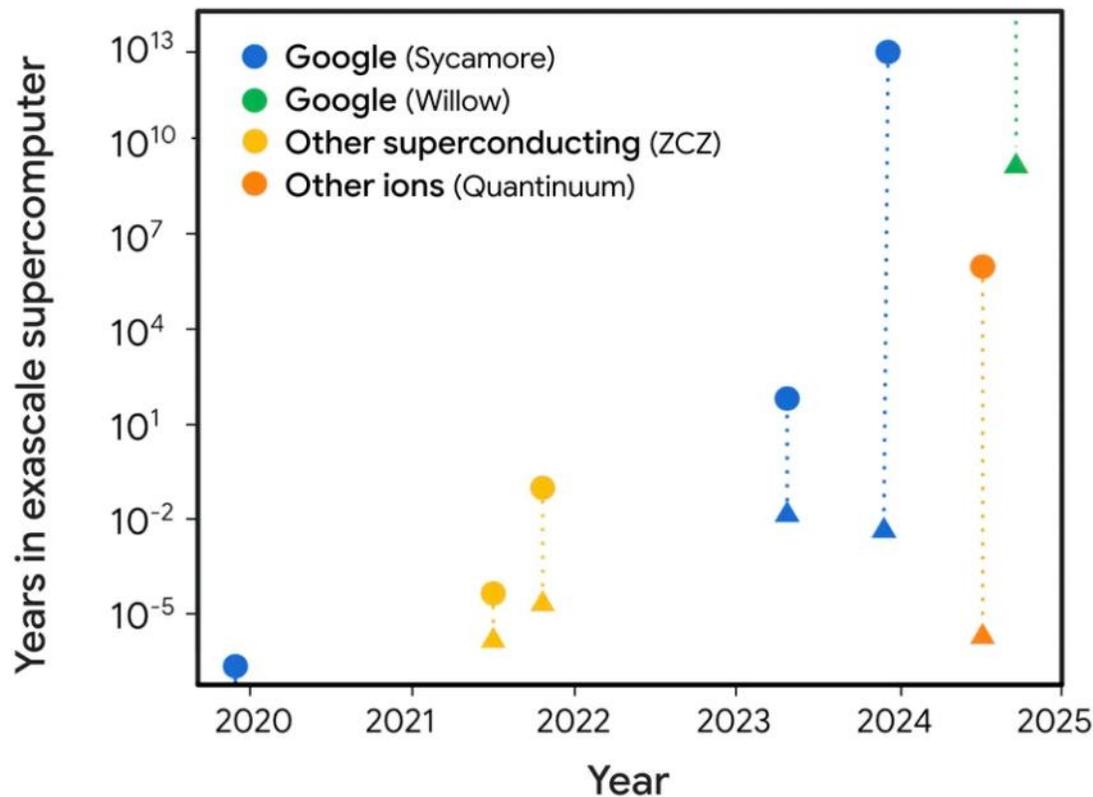
- 2019年11月23日，谷歌发表了一项量子计算突破，超导量子芯片Sycamore仅用200秒就完成了一项计算，而世界最快的超级计算机需要1万年。
- 2024年12月10日，谷歌发表了最新量子芯片Willow的研究成果，再次取得了里程碑式的突破。Willow基本上继承了Sycamore的所有优点，但实现了更大的里程碑式的突破。Willow的T1时间（测量量子比特可以保留激发的时间长短——关键的量子计算资源）接近100 μs（微秒），**比Sycamore芯片的20微秒提了5倍。**
- 在过去30年里，量子计算存在一个根本性的挑战：随着量子比特数量的增加，错误率会急剧上升。谷歌量子计算路线图显示，其第二里程碑的工作重点为实现纠错量子计算的容错能力。**Willow的错误率较Sycamore降低了两倍，因此适合进行扩展并走向实际应用。**

图：谷歌量子计算路线图



- 在随机电路采样 (RCS) 基准测试中, Willow用不到5分钟就完成了一项计算, 而当今最快超级计算机Frontier则需要 10^{25} 年才能完成, 也就是10,000,000,000,000,000,000,000年。为了让大家直观理解这个数字的概念, 谷歌说“这个时间比宇宙的年龄还要大”。

图: Willow与其他量子技术的计算能力对比



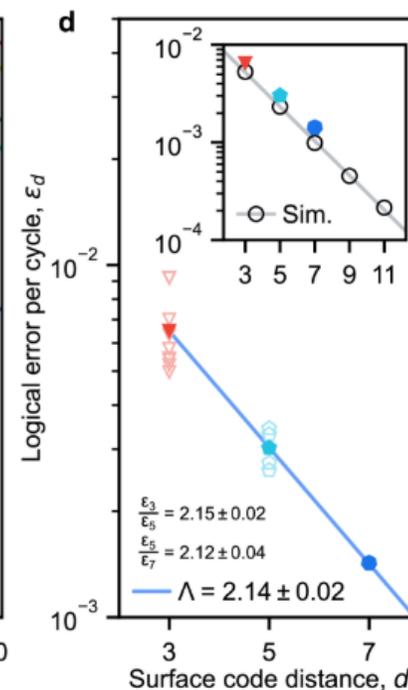
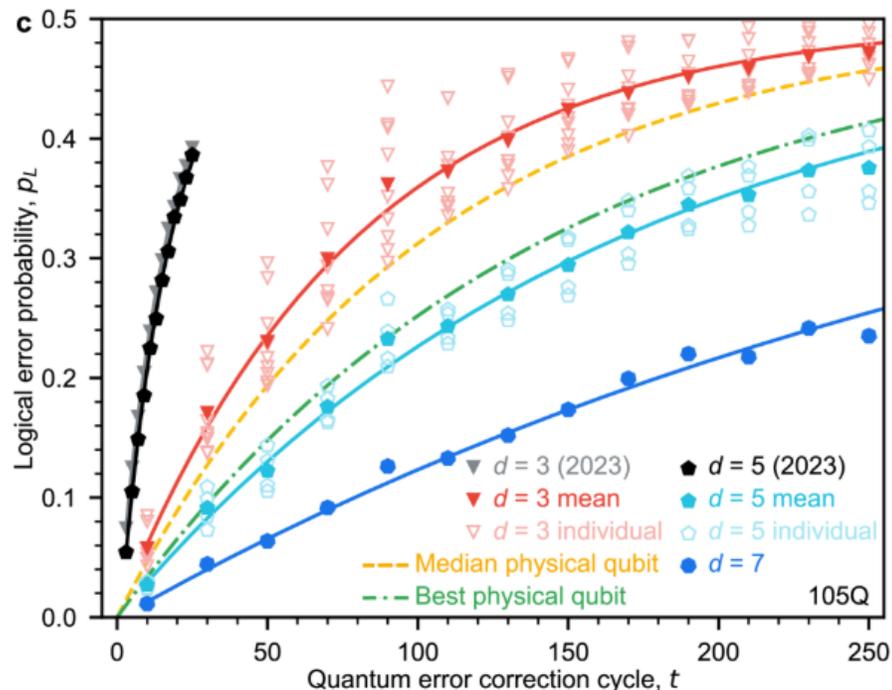
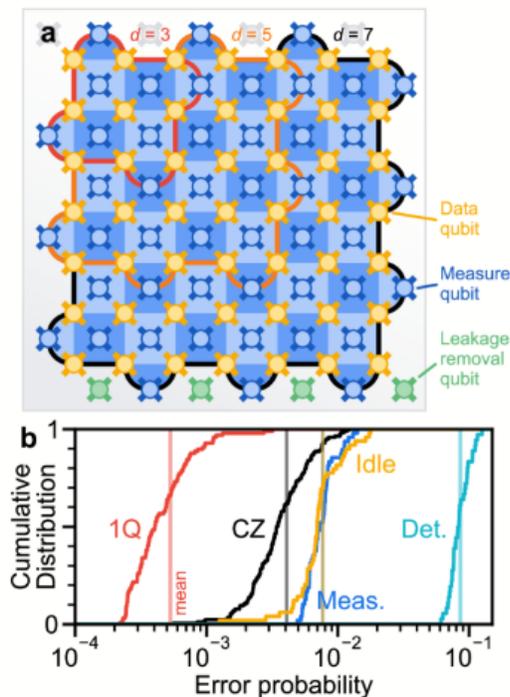
备注: 计算成本受可用内存的影响很大。因此, 谷歌的估算考虑了一系列场景。从内存无限的理想情况 (▲) 到更实用、在 GPU 上可并行执行的实现 (●)

量子纠错能力突破

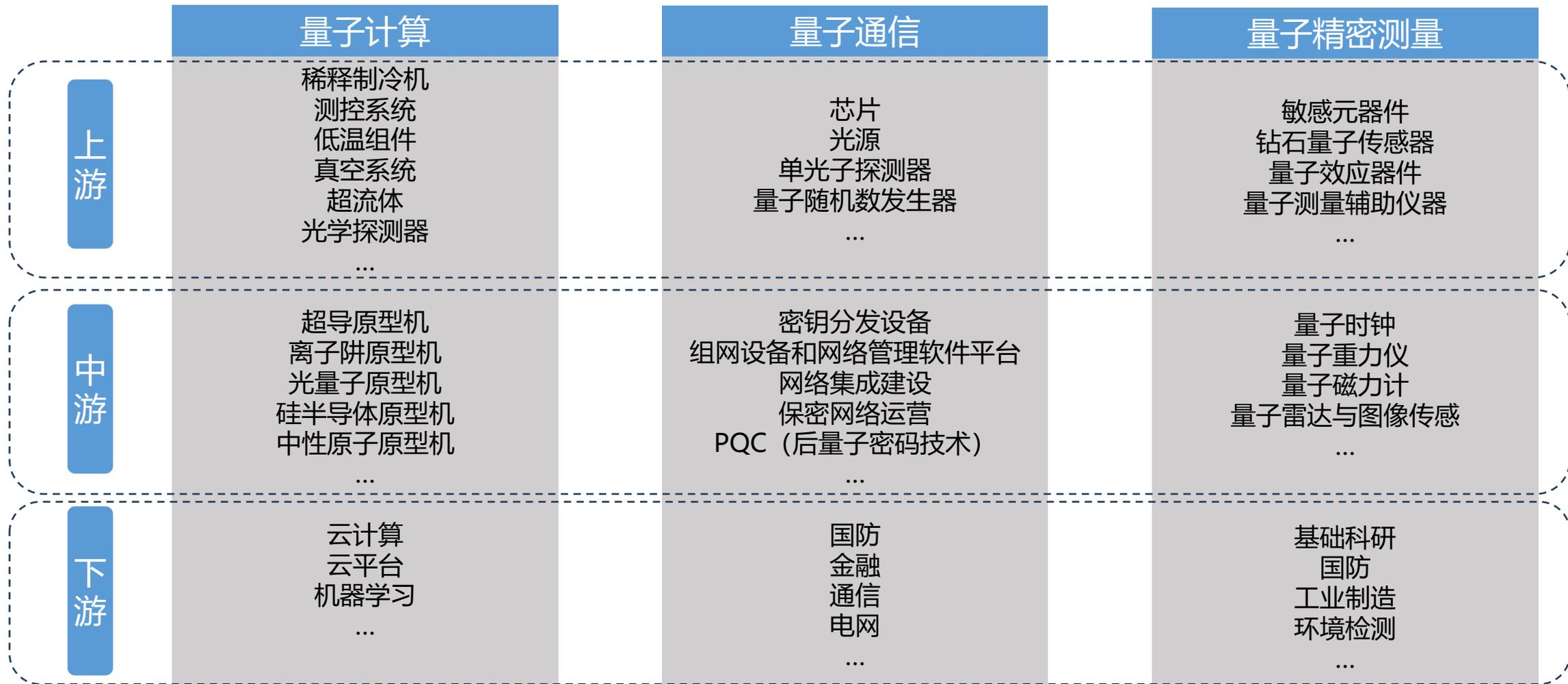


- 量子纠错 (Quantum error correction) 提供了实现实际量子计算的路径，并通过将多个物理量子比特组合成一个逻辑量子比特，其中随着更多量子比特的加入，逻辑错误率被指数地抑制。然而，这种指数抑制，仅发生在物理错误率低于临界阈值时。
- 谷歌的Willow实现了错误率的指数级降低——首次达成“低于阈值”的里程碑成就。Google Quantum AI的创始人&负责人Hartmut Neven对此进一步解释说：作为第一个低于阈值的系统，这是迄今为止最令人信服的可扩展逻辑量子比特原型。**这项成果表明，有用的、规模非常大的量子计算机真的可以造出来。**

谷歌在2024年8月的论文显示，其研究团队将表面码从码距3扩展到码距5、7时，通过增加物理量子比特，实现了逻辑量子比特错误率的指数级下降。该研究实现了码距从5到7的跨越，并证明了码距增加后的错误率抑制效果更好。基于这一结果，未来随着规模与性能的不断扩展，有望实现大规模容错量子计算。



图：量子信息技术产业链



- 当前量子科技产业处于研发和产业探索阶段，对大部分相关公司的营收贡献度较少。国内上市公司参与到了产业链的各个环节。建议关注全方位布局量子信息技术的国盾量子，以及业务涉及量子科技领域的西部超导、福晶科技、神州信息等。

图：A股量子科技相关标的

公司名称	量子技术/产品	PE(TTM)	流通市值(亿元)	2023年收入同比	2024年至今涨幅
中兴通讯	QKD量子设备、量子虚机、量子储存	15.93	1260	1.05%	21.25%
天奥电子	量子雷达	97.03	75	-8.42%	19.74%
国盾量子	超导量子计算、量子通信、科研仪器	-263.07	263	15.87%	155.69%
福晶科技	非线性光学晶体、精密光学元件、激光器件	75.15	160	1.73%	27.49%
西部超导	NbTi超导线缆	38.64	299	-1.62%	-12.43%
格尔软件	抗量子密码领域技术	101.27	36	-14.89%	14.38%
神州信息	与国盾量子合作	5,650.08	137	0.47%	24.98%
国芯科技	与合肥硅臻合作成功研发量子密码产品	-44.54	84	-9.65%	7.87%
吉大正元	抗量子密码算法	-36.38	47	-16.94%	38.46%

- 量子信息技术发展不及预期。大部分量子技术处于工程实验验证和原型样机研发的技术攻坚期，未来技术产品化存较大不确定性。
- 市场需求不及预期。目前主导量子产业发展的主要动力为国家政府行为，如果后续没有政府持续支持，或者未出现广泛的下游应用，量子科技的市场空间将受限。
- 科技逆全球化的风险。美国、日本等国已经对中国实施量子技术的封锁，如果国内技术不能实现自身突破，产业将受限于国外的科技封锁。

我们设定的上市公司投资评级如下：

- 买入**：未来六个月的投资收益相对沪深300指数涨幅10%以上。
增持：未来六个月的投资收益相对沪深300指数涨幅5%~10%之间。
持有：未来六个月的投资收益相对沪深300指数涨幅-10%~+5%之间。
卖出：未来六个月的投资收益相对沪深300指数跌幅10%以上。

我们设定的行业投资评级如下：

- 增持**：未来六个月行业增长水平高于同期沪深300指数。
中性：未来六个月行业增长水平与同期沪深300指数相若。
减持：未来六个月行业增长水平低于同期沪深300指数。

中航科技电子团队介绍：

首席：赵晓琨 SAC执业证书：S0640122030028
十六年消费电子及通讯行业工作经验，曾在华为、阿里巴巴、摩托罗拉、富士康等多家国际级头部品牌终端企业，负责过研发、工程、供应链采购等多岗位工作。曾任职华为终端半导体芯片采购总监，阿里巴巴人工智能实验室供应链采购总监。

分析师：刘牧野 SAC执业证书：S0640522040001
约翰霍普金斯大学机械系硕士，2022年1月加入中航证券。拥有高端制造、硬科技领域的投研经验，从事科技、电子行业研究。

研究助理 刘一楠 SAC执业证书：S0640122080006
西南财经大学金融硕士，2022年7月加入中航证券，覆盖半导体设备、半导体材料板块。

分析师承诺

负责本研究报告全部或部分内容的每一位证券分析师，再次申明，本报告清晰、准确地反映了分析师本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也将不会与本报告中的具体推荐或观点直接或间接相关。

风险提示：投资者自主作出投资决策并自行承担投资风险，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。

免责声明

本报告由中航证券有限公司（已具备中国证券监督管理委员会批准的证券投资咨询业务资格）制作。本报告并非针对意图送发或为任何就送发、发布、可得到或使用本报告而使中航证券有限公司及其关联公司违反当地的法律或法规或可致使中航证券受制于法律或法规的任何地区、国家或其它管辖区域的公民或居民。除非另有显示，否则此报告中的材料的版权属于中航证券。未经中航证券事先书面授权，不得更改或以任何方式发送、复印本报告的材料、内容或其复印本给予任何其他人。未经授权的转载，本公司不承担任何转载责任。

本报告所载的资料、工具及材料只提供给阁下作参考之用，并非作为或被视为出售或购买或认购证券或其他金融票据的邀请或向他人作出邀请。中航证券未有采取行动以确保于本报告中所指的证券适合个别的投资者。本报告的内容并不构成对任何人的投资建议，而中航证券不会因接受本报告而视他们为客户。

本报告所载资料的来源及观点的出处皆被中航证券认为可靠，但中航证券并不能担保其准确性或完整性。中航证券不对因使用本报告的材料而引致的损失负任何责任，除非该等损失因明确的法律或法规而引致。投资者不能仅依靠本报告以取代行使独立判断。在不同时期，中航证券可发出其它与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告及该等报告仅反映报告撰写日分析师个人的不同设想、见解及分析方法。为免生疑，本报告所载的观点并不代表中航证券及关联公司的立场。

中航证券在法律许可的情况下可参与或投资本报告所提及的发行人的金融交易，向该等发行人提供服务或向他们要求给予生意，及或持有其证券或进行证券交易。中航证券于法律容许下可于发送材料前使用此报告中所载资料或意见或他们所依据的研究或分析。