

中信证券研究部

核心观点



李景涛
汽车及零部件行业
联席首席分析师
S1010520120003



尹欣驰
汽车及零部件行业
首席分析师
S1010519040002



罗俊成
半导体行业分析师
S1010520050003



连一席
产业策略
首席分析师
S1010523020002



丁奇
云基础设施行业
首席分析师

特斯拉向 FCC 递交毫米波雷达文件，业界推断 HW 4.0 或将接入 4D 毫米波雷达。国内市场方面，4D 毫米波雷达已搭载于飞凡 R7、深蓝 SL03 等量产车型，产品有望加速渗透。目前，威孚高科、经纬恒润正与 4D 毫米波雷达芯片供应商 Arbe 紧密合作进行产品研发，华域汽车的 4D 毫米波雷达已实现小批量供货，保隆科技的相关产品也已处于研发测试阶段；4D 毫米波雷达有望带动元器件量价齐升，上游元器件供应商有望受益。

■ 特斯拉 HW 4.0 或将接入 4D 毫米波雷达，产品应用大势所趋。2 月 16 日，Twitter 博主 Greetheonly 发布特斯拉 HW 4.0 的实物图片，指出该产品具备至少两个以太网接口。此前，特斯拉曾向 FCC 递交毫米波雷达相关文件。该产品采用由 6 发射通道、8 接收通道组成的射频芯片组，工作频率为 76-77GHz。业界普遍推断该产品为 4D 毫米波雷达。结合上述信息，Greetheonly 推断 HW 4.0 中新增的以太网接口将接入 4D 毫米波雷达。国内市场方面，4D 毫米波雷达已搭载于飞凡 R7、深蓝 SL03 等量产车型，渗透至 20 万元价格区间。若特斯拉 HW 4.0 真正应用 4D 毫米波雷达，该产品的商业化趋势有望进一步确立。

■ 我们预计 2025 年悲观/中性/乐观情况下国内 4D 毫米波雷达市场空间分别为 23.2 亿/30.3 亿/36.8 亿元。4D 毫米波雷达通过增加发射、接收通道数量，提升纵向分辨能力，从而解决传统毫米波雷达无法有效识别静止物体、测量角度误差范围较大的问题，并有望将前向感知距离提升至 300m 以上。另一方面，现阶段激光雷达的产品单价约 600-2000 美元，4D 毫米波雷达约为 150-200 美元，相比激光雷达性价比优势显著。我们预计悲观/中性/乐观情况下，2025 年国内 4D 毫米波雷达市场空间分别为 23.2 亿/30.3 亿/36.8 亿元，2030 年国内 4D 毫米波雷达市场空间分别为 106.2 亿/146.1 亿/150.1 亿元。

■ 国内供应商布局多种技术路线，量产订单突破临界点已至。目前，4D 毫米波雷达的主要包括级联、集成芯片、级联+虚拟孔径成像 3 种技术方案：1) 级联方案基于成熟的标准雷达芯片打造，前期开发难度低，大陆集团、采埃孚、华域汽车等供应商均采用此方案。其中，华域汽车 LRR30 最多可以输出 1024 点 4D 点云，最远探测距离达 300m，已实现对友道智途的小批量供货。2) 集成芯片方案将多发多收天线集成在一颗 ASIC 芯片中，能够大幅缩小产品体积，但芯片尚未完全成熟，成本较高。Arbe 为该芯片的头部供应商，威孚高科、经纬恒润均基于 Arbe 芯片进行产品开发。其中，经纬恒润的 4D 毫米波雷达具有 48 路发射和 48 路接收通道，探测距离达 350m，并可实现方位向 1° 和俯仰向 1.5° 的真实孔径分辨率，该产品有望于今年实现量产应用。威孚高科的 4D 毫米波雷达已获得干线物流项目定点。3) 级联+虚拟孔径成像方案通过算法实现天线数量倍增，当前技术壁垒较高，现有参与者以傲酷和几何伙伴为主。

■ 风险因素：技术与产品迭代风险；产品推广速度低于预期；汽车行业销量下滑风险；智能汽车扶持政策的力度低于预期；出现智能驾驶的恶性事故。

■ 投资建议：4D 毫米波雷达已搭载于飞凡 R7、深蓝 SL03 等量产车型。若特斯拉 HW 4.0 真正应用 4D 毫米波雷达，该产品的商业化趋势有望进一步确立。根据我们的测算结果，2022 年国内 4D 毫米波雷达市场空间约为 0.2 亿元。我们预计中性情况下，2025 年该市场空间有望大幅增长至 30.3 亿元。国内供应商正处于量产订单突破临界点，我们推荐已完成 4D 毫米波雷达样机研发的经纬恒润、已实现干线物流项目定点的威孚高科、已实现小批量供货的华域汽车、正在进行产品开发测试的保隆科技。元器件方面，4D 毫米波雷达有望带动元器件量价齐升，我们推荐 PCB 头部供应商沪电股份、生益科技并建议关注景旺电子；建议关注集成芯片方案头部芯片供应商 Arbe。

购买 大陆 4D毫米波雷达样品

购买 Arbe 4D毫米波雷达样品

欢迎加微信联系：1914 55 94319

S1010519120003



简志鑫
汽车及零部件分析师
S1010522090004



董军韬
汽车及零部件分析师
S1010522090003



武平乐
汽车及零部件分析师
S1010522080002

重点公司盈利预测、估值及投资评级

简称	代码	收盘价 (元)	EPS (元)			PE			评级
			21A	22E	23E	21A	22E	23E	
威孚高科	000581.SZ	23.90	2.55	1.90	2.38	9	13	10	增持
经纬恒润-W	688326.SH	175.62	1.22	2.08	2.66	144	84	66	买入
华域汽车	600741.SH	19.31	2.05	2.18	2.46	9	9	8	买入
保隆科技	603197.SH	48.46	1.29	0.97	2.48	38	50	20	买入
沪电股份	002463.SZ	15.92	0.56	0.72	0.87	28	22	18	买入
生益科技	600183.SH	17.59	1.22	0.64	0.84	14	27	21	买入

资料来源: Wind, 中信证券研究部预测

注: 股价为 2023 年 2 月 22 日收盘价

汽车行业

评级 **强于大市 (维持)**

购买 大陆 4D毫米波雷达样品
购买 Arbe 4D毫米波雷达样品
欢迎加微信联系: 1914 55 94319

目录

特斯拉或将应用 4D 毫米波雷达，产品有望加速放量	5
特斯拉 HW 4.0 或将接入 4D 毫米波雷达	5
4D 毫米波雷达已搭载于飞凡 R7、深蓝 SL03 等量产车型	6
4D 毫米波雷达性价比高，市场规模料将快速增长	7
与传统毫米波雷达和激光雷达相比，4D 毫米波雷达具备性价比优势	7
中性情况下，2025 年国内 4D 毫米波雷达市场空间有望超过 30 亿元	9
国内供应商布局多种技术路线，有望实现订单突破	11
多种技术路线并存，产品逐步走向成熟	11
国内多家供应商已有布局，量产订单突破临界点已至	13
元器件量价齐升，头部供应商有望受益	15
风险因素	17
投资策略	17

购买 大陆 4D毫米波雷达样品
购买 Arbe 4D毫米波雷达样品
欢迎加微信联系：1914 55 94319

插图目录

图 1：特斯拉毫米波雷达设计图	5
图 2：特斯拉 HW 3.0（上方）和 HW 4.0（下方）	6
图 3：飞凡 R7 的传感器最高配置	7
图 4：长安深蓝 SL03 纯电版	7
图 5：传统毫米波雷达点云	8
图 6：2020 年 6 月，台湾某辆开启 Autopilot 的 Model 3 撞上侧翻的白色大卡车	8
图 7：4D 毫米波雷达探测距离更长、视野更宽	9
图 8：2017-2030 年各级别智能驾驶渗透率	9
图 9：德州仪器级联系统实物图	11
图 10：Arbe Phoenix	12
图 11：傲酷的 4D 毫米波雷达产品规划	12
图 12：经纬恒润 4D 毫米波雷达探测效果	13
图 13：威孚高科基于 Arbe 雷达芯片组开发 4D 毫米波雷达	13
图 14：华域汽车 4D 毫米波雷达	14
图 15：保隆科技 4D 毫米波雷达	14
图 16：Arbe 部分合作伙伴	15

表格目录

表 1：4D 毫米波雷达在各级别智能驾驶中的渗透率	10
表 2：4D 毫米波雷达价格趋势	10
表 3：各级别智能驾驶的 4D 毫米波雷达搭载量预测	10
表 4：国内 4D 毫米波雷达市场空间	11
表 5：沪电股份汽车板主要产品情况	16
表 6：沪电股份主要汽车 PCB 工厂情况	16
表 7：景旺电子汽车板关键技术情况	16
表 8：生益科技汽车相关产品介绍	17
表 9：重点跟踪公司盈利预测	18

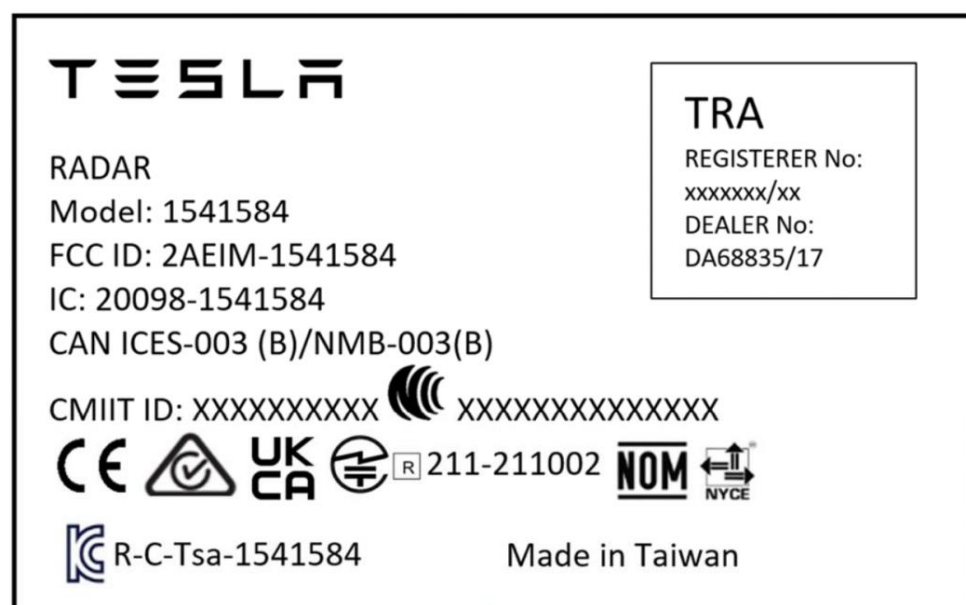
购买 大陆 4D毫米波雷达样品
购买 Arbe 4D毫米波雷达样品
欢迎加微信联系：1914 55 94319

■ 特斯拉或将应用 4D 毫米波雷达，产品有望加速放量

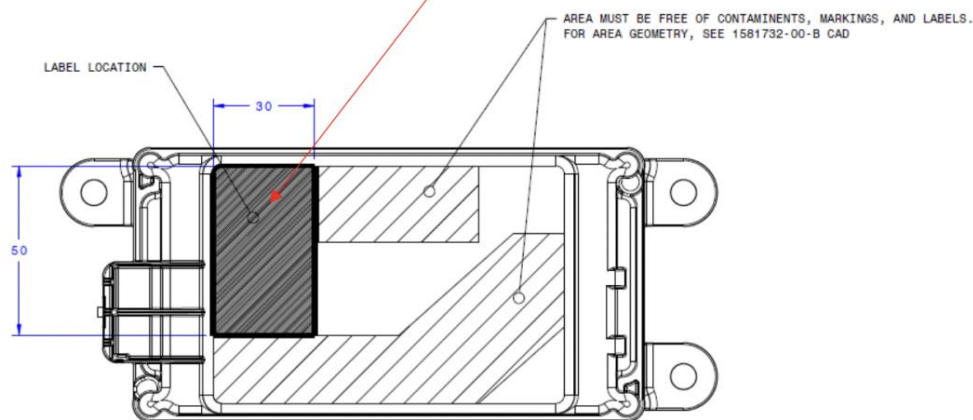
特斯拉 HW 4.0 或将接入 4D 毫米波雷达

特斯拉或将在量产车型上应用 4D 毫米波雷达。2022 年 6 月，特斯拉向 FCC 美国联邦通信委员会递交了毫米波雷达的相关材料。材料审核通过后，该产品可投放至美国市场。该毫米波雷达采用由 6 发射通道、8 接收通道组成的射频芯片组，工作频率为 76-77GHz，扫描帧率为 15Hz。另一方面，Twitter 用户 Greentheonly 在特斯拉软件更新中发现了名为 Phoenix 的毫米波雷达选项，并推测其为 Arbe 的 4D 毫米波雷达 Phoenix。在特斯拉向 FCC 递交的材料中，“Phoenix”字样再次出现。基于上述信息，业界推断该产品为 4D 毫米波雷达，且可能搭载于特斯拉的量产车型。

图 1：特斯拉毫米波雷达设计图



EUT Bottom View

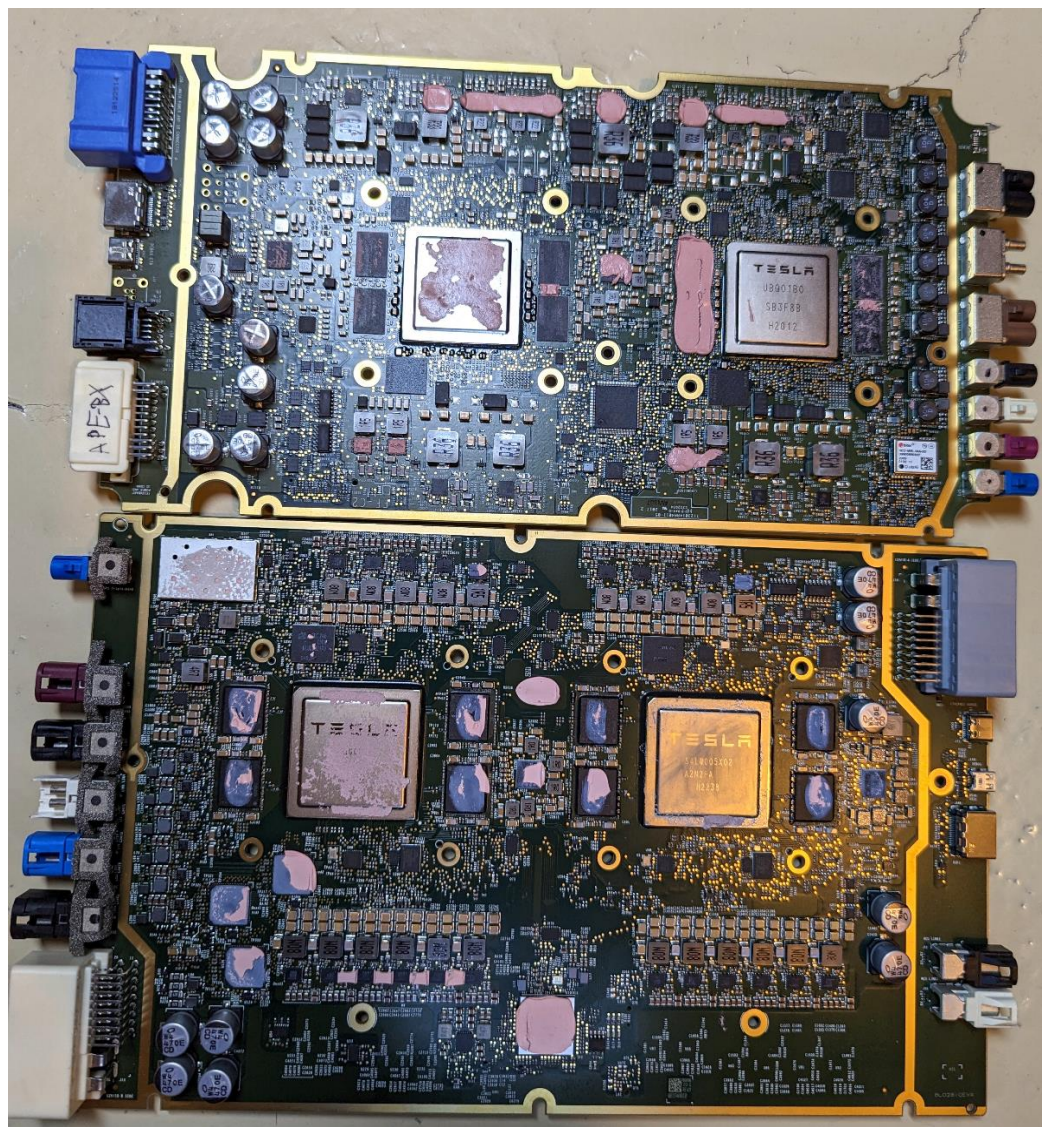


资料来源：FCC 官网

购买 大陆 4D毫米波雷达样品
购买 Arbe 4D毫米波雷达样品
欢迎加微信联系：1914 55 94319

Greentheonly 推断特斯拉 HW 4.0 可能接入 4D 毫米波雷达。2023 年 2 月 16 日，Twitter 用户 Greentheonly 发布了特斯拉 HW 4.0 的实物图。该产品将应用于特斯拉改款 Model X，具备至少两个以太网接口。考虑到传统毫米波雷达通过 CAN 或 CAN-FD 连接，而 4D 毫米波雷达数据量大，需要使用百兆以太网。根据 Greentheonly 推断，HW 4.0 或将接入 4D 毫米波雷达，并应用于特斯拉 Model X 等量产车型。

图 2：特斯拉 HW 3.0（上方）和 HW 4.0（下方）



资料来源：Twitter（用户 ID：greentheonly）

4D 毫米波雷达已搭载于飞凡 R7、深蓝 SL03 等量产车型

飞凡 R7 搭载采埃孚 4D 毫米波雷达，能够支持高速 NOA、记忆泊车等功能。2022 年 9 月上市的飞凡 R7 全系搭载采埃孚 Premium 4D 毫米波雷达。其中，飞凡 R7 旗舰版共配备 2 颗 4D 毫米波雷达，其他型号则可选装 1 颗。结合全车 12 个摄像头、4 个毫米波雷达、12 个超声波雷达等传感器，搭载 4D 毫米波雷达的飞凡 R7 均有望通过 OTA 方式，实现高速 NOA、记忆泊车等功能。

购买 大陆 4D毫米波雷达样品
购买 Arbe 4D毫米波雷达样品
欢迎加微信联系：1914 55 94319

图 3：飞凡 R7 的传感器最高配置



资料来源：飞凡官网

纯电版深蓝 SL03 可选装一颗 4D 毫米波雷达，可实现上下匝道辅助、全速自适应巡航等功能。纯电版深蓝 SL03 的价格区间为 18.99 万-22.19 万元，可选装一颗 4D 毫米波雷达。该 4D 毫米波雷达为森思泰克 STA77-8，其感知距离为 350m，角分辨率达 0.7° ，有利于增强车辆的感知能力。结合全车 10 个摄像头、4 个毫米波雷达、12 个超声波雷达等传感器，深蓝 SL03 能够实现上下匝道辅助、全速自适应巡航等功能。

图 4：长安深蓝 SL03 纯电版



资料来源：长安深蓝官网

■ 4D 毫米波雷达性价比高，市场规模料将快速增长

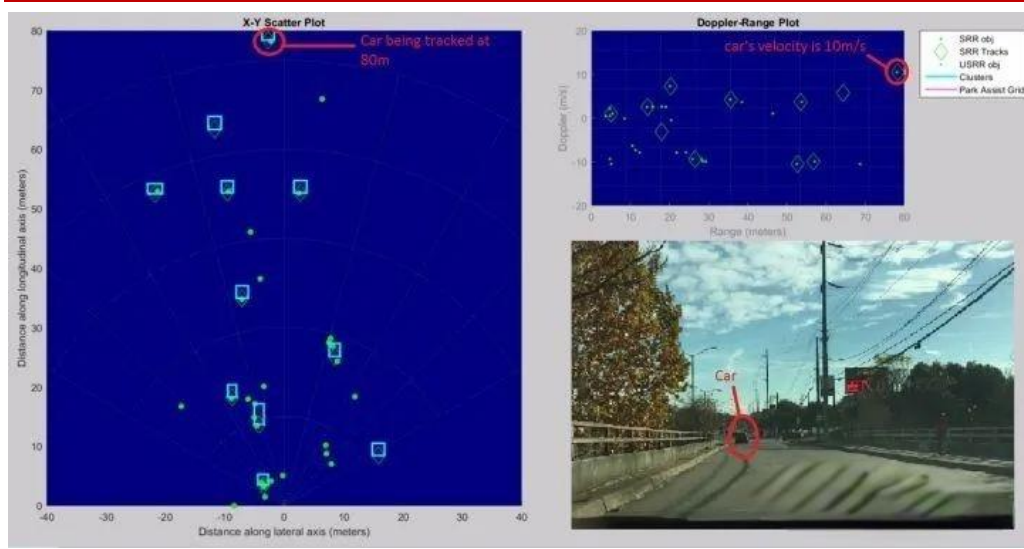
与传统毫米波雷达和激光雷达相比，4D 毫米波雷达具备性价比优势

传统毫米波雷达存在感知局限，在智能驾驶系统中权重较低。传统毫米波雷达具有很强的测距、测速能力，且不受天气和能见度等恶劣环境影响，能够与摄像头形成互补。但

购买 大陆 4D毫米波雷达样品
购买 Arbe 4D毫米波雷达样品
欢迎加微信联系：1914 55 94319

传统毫米波雷达没有 Z 向分辨能力，容易将路边低小的障碍物、空中障碍物与路面上的静态车辆混淆，进而带来不必要的刹车。为了提升用户体验，毫米波雷达的感知结果被赋予了较低的权重。

图 5：传统毫米波雷达点云



资料来源：焉知智能汽车（微信公众号）

业界智能驾驶方案曾引发多起交通事故。目前，业界智能驾驶方案大多以摄像头为主传感器。视觉方案高度依赖于现有的目标模型库，且容易受到强光等极端环境影响，对白色物体的识别能力也比较弱。因此，若视觉方案未能及时发现前方障碍物，且毫米波雷达的感知结果被系统过滤，容易引发交通事故。智能驾驶车辆多次撞上白色大卡车，即是出于上述原因。

图 6：2020 年 6 月，台湾某辆开启 Autopilot 的 Model 3 撞上侧翻的白色大卡车



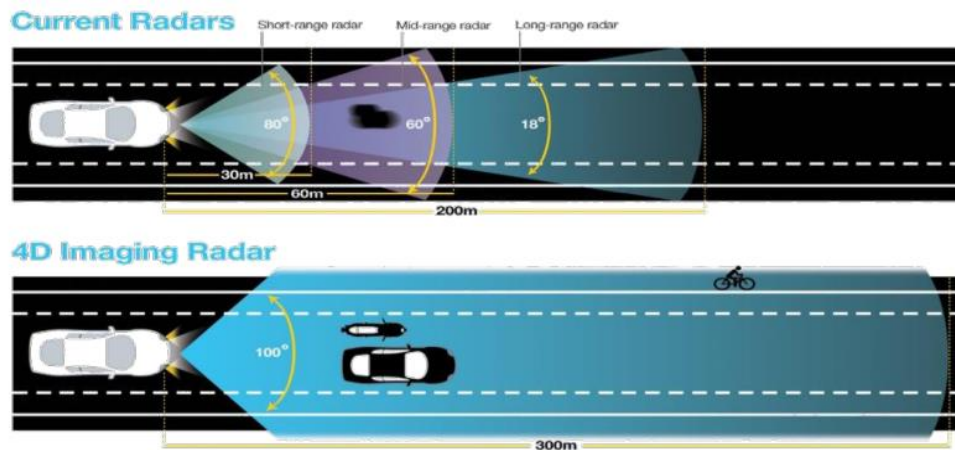
资料来源：智车营

与传统毫米波雷达、激光雷达相比，4D 毫米波雷达具备性价比优势。4D 毫米波雷达通过增加发射、接收通道的个数，与传统毫米波雷达相比增加了高度探测，能够在没有激

购买 大陆 4D毫米波雷达样品
购买 Arbe 4D毫米波雷达样品
欢迎加微信联系：1914 55 94319

光雷达参与的情况下解析目标的轮廓与类别，并将前向感知距离提升至 300m 以上。另一方面，当前激光雷达单价约为 600-2000 美元，采埃孚、大陆集团等 tier1 的 4D 毫米波雷达单价约为 150-200 美元，而 4D 毫米波雷达性价比优势凸显。

图 7：4D 毫米波雷达探测距离更长、视野更宽

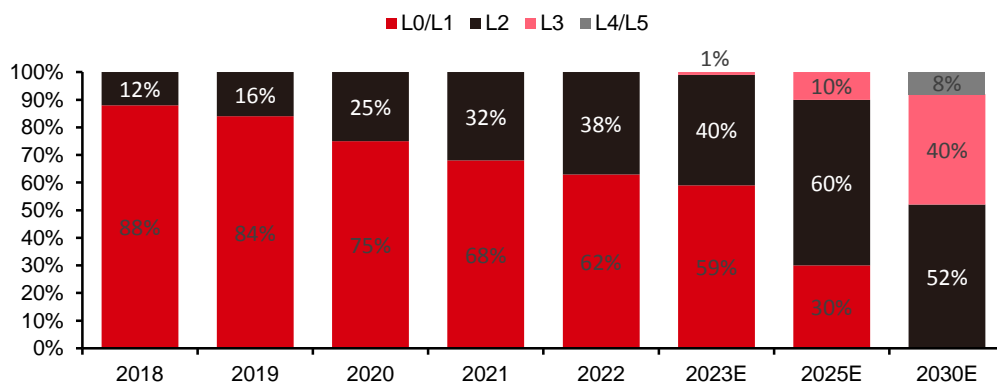


资料来源：Arbe 官网

中性情况下，2025 年国内 4D 毫米波雷达市场空间有望超过 30 亿元

我们预计 2025 年 L2/L3 级智能驾驶渗透率分别为 60%/10%。智能化为汽车行业的核心趋势，L2 级智能驾驶快速渗透，其渗透率已由 2017 年的 6% 提升至 2022 年的 38%。我们预计 2025/2030 年，L2 级智能驾驶渗透率分别为 60%/52%。随着自动驾驶技术的进步、相关零部件成本的下降与法律法规的逐步放宽，我们预计 2025 年 L3 级别自动驾驶渗透率为 10%。2030 年，L3/L4 及以上级别智能驾驶渗透率进一步提升至 40%/8%。

图 8：2017-2030 年各级别智能驾驶渗透率



资料来源：易车网，汽车之家及懂车帝等汽车论坛，Marklines，中信证券研究部测算及预测

我们分三种情况测算国内 4D 毫米波雷达市场空间，主要差异在于其在 L2 级别中的渗透率。我们认为在 L3 及以上级别智能驾驶车型中，4D 毫米波雷达将作为激光雷达的补充或替代方案。而对于 L2 级别车型，我们分为悲观/中性/乐观三种情况进行测算：1）悲

购买 大陆 4D毫米波雷达样品
购买 Arbe 4D毫米波雷达样品
欢迎加微信联系：1914 55 94319

观情况下，4D 毫米波雷达仅渗透至搭载或计划搭载激光雷达的车型；2）中性情况下，4D 毫米波雷达将渗透至搭载智能驾驶域控制器的 L2 级别车型；3）乐观情况下，4D 毫米波雷达的潜在渗透范围进一步拓展至 L2 级别所有车型。基于上述假设，我们悲观/中性/乐观情况下，2025 年 4D 前向雷达在 L2 级别中的渗透率分别为 5%/6%/10%，4D 角雷达在 L2 级别中的渗透率分别为 2%/5%/6%。

表 1：4D 毫米波雷达在各级别智能驾驶中的渗透率

			2022	2023E	2025E	2030E
4D 前向雷达	L2	悲观	0.2%	0.5%	5%	20%
		中性	0.2%	0.7%	6%	34%
		乐观	0.2%	0.9%	10%	37%
	L3		0	10%	25%	50%
	L4/L5		0	0	0	40%
4D 角雷达	L2	悲观	0	0.4%	2%	8%
		中性	0	0.5%	5%	26%
		乐观	0	1%	6%	27%
	L3		0	5%	15%	25%
	L4/L5		0	0	0	10%

资料来源：中信证券研究部预测

我们预计悲观/中性/乐观情况下，2025 年国内 4D 毫米波雷达市场空间分别为 23.2 亿/30.3 亿/36.8 亿元。价格方面，我们预计 2025/2030 年 4D 前向雷达的单价分别为 945/662 元，4D 角雷达的单价分别为 378/265 元。配置数量方面，我们预计 L2 及以上级别车型至多搭载 1 颗 4D 前向雷达，L2（非域控）/L2（域控）/L3/L4 及以上级别车型至多搭载 2/4/4/6 颗 4D 角雷达。结合上文对 4D 毫米波雷达渗透率的预测，我们预计悲观/中性/乐观情况下，2025 年国内 4D 毫米波雷达市场空间分别为 23.2 亿/30.3 亿/36.8 亿元，2030 年国内 4D 毫米波雷达市场空间分别为 106.2 亿/146.1 亿/150.1 亿元。

表 2：4D 毫米波雷达价格趋势（单位：元）

	2022	2023E	2025E	2030E
4D 前向雷达	1500	1350	945	662
4D 角雷达	600	540	378	265

资料来源：Vehicle，中信证券研究部预测

表 3：各级别智能驾驶的 4D 毫米波雷达搭载量预测

	L0/L1	L2（非域控）	L2（域控）	L3	L4/L5
4D 前向雷达	0	1	1	1	1
4D 角雷达	0	2	4	4	6

资料来源：中信证券研究部预测

购买 大陆 4D毫米波雷达样品
 购买 Arbe 4D毫米波雷达样品
 欢迎加微信联系：1914 55 94319

表 4：国内 4D 毫米波雷达市场空间（单位：亿元）

	2022	2023E	2025E	2030E
悲观	0.6	2.0	23.2	106.2
中性	0.2	2.4	30.3	146.1
乐观	0.2	2.7	36.8	150.1

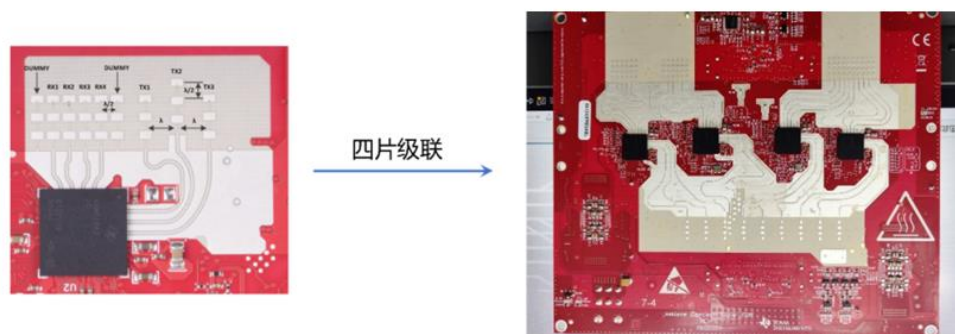
资料来源：中汽协，Vehicle，中信证券研究部预测

国内供应商布局多种技术路线，有望实现订单突破

多种技术路线并存，产品逐步走向成熟

级联方案以成熟的标准雷达芯片为基础，在业内得到广泛应用。级联方案通常应用德州仪器、英飞凌、恩智浦等公司的标准雷达芯片，通过 2 级联、4 级联或 8 级联方式增加天线数量，形成多发多收通道。由于该方案基于成熟芯片打造，前期开发难度低，有利于加快产品上市节奏。目前，大陆集团、采埃孚、博世、安波福、华为、华域汽车等零部件供应商，均基于级联方案打造 4D 毫米波雷达。但由于级联方案由多颗芯片级联而成，产品尺寸较大、功耗较高。另一方面，天线之间存在互相干扰的问题，零部件供应商需要解决信噪比较低的问题。

图 9：德州仪器级联系统实物图



单芯片三发四收雷达系统，虚拟通道数12

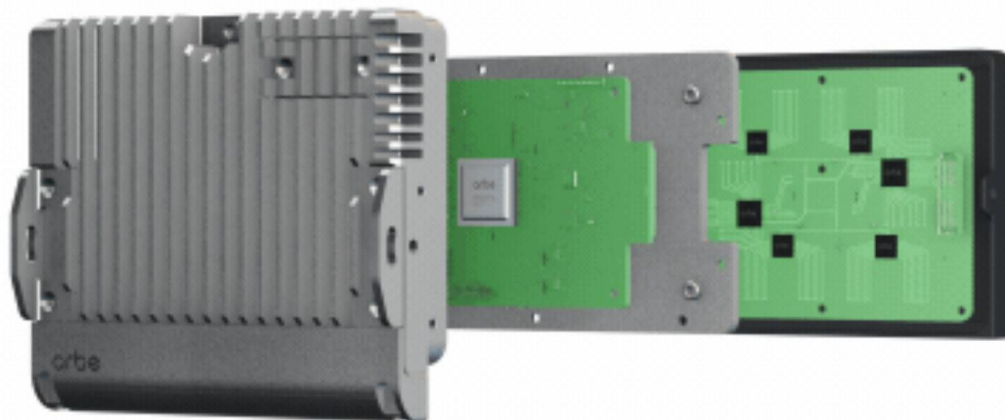
四片级联4D成像雷达系统，虚拟通道数192

资料来源：佐思汽研

集成芯片方案集成度更高，对技术应用的要求提升。集成芯片方案通过将多发多收天线集成在一颗芯片中，以 ASIC 芯片实现上述功能。与级联方案相比，集成芯片方案集成度更高，有利于大幅缩小 4D 毫米波雷达的体积，降低产品功耗。但由于芯片方案尚未完全成熟，该方案成本较高。根据 Vehicle 数据，现阶段集成芯片方案的 4D 毫米波雷达单价约为 300-400 美元，级联方案则为 150-200 美元。同时，采用集成芯片方案的厂商需要解决天线密集布置、天线之间互相干扰等问题，对技术应用的要求更高。目前，Arbe、Uhhnder、Vayaar 为该技术路线的代表性企业。

购买 大陆 4D毫米波雷达样品
购买 Arbe 4D毫米波雷达样品
欢迎加微信联系：1914 55 94319

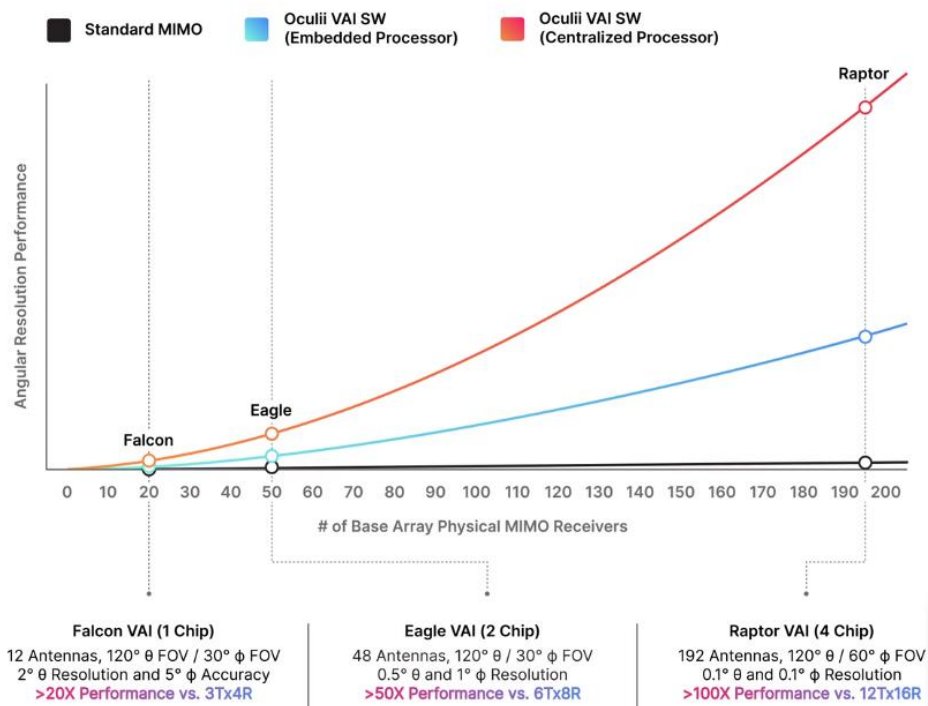
图 10: Arbe Phoenix



资料来源: Arbe 官网

级联+虚拟孔径成像方案通过算法实现天线数量倍增。对于传统毫米波雷达而言，产生多种波形的唯一方法是增加接收天线数量。级联+虚拟孔径成像方案在标准雷达芯片的基础上，借助虚拟孔径成像算法进行相位调制，使得每根接收天线在不同时间产生不同的相位响应，从而将原有物理天线虚拟至十倍甚至数十倍，角分辨率能够从 10° 提升至 1° 。与级联方案相比，该方案使用的芯片数量更少，有利于缩小产品尺寸，降低产品功耗。与集成芯片方案相比，该方案使用的芯片更加成熟，且不依赖于特定厂商的芯片方案，兼容度更高。该方案在虚拟孔径成像算法、天线布局等方面具有较高壁垒，目前的主要参与者为傲酷和几何伙伴。

图 11: 傲酷的 4D 毫米波雷达产品规划



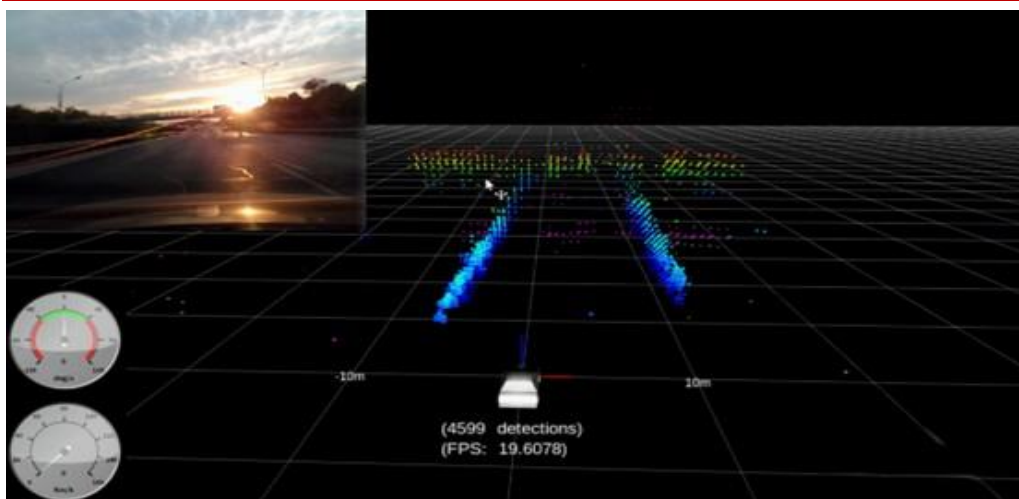
资料来源: 傲酷官网

购买 大陆 4D毫米波雷达样品
购买 Arbe 4D毫米波雷达样品
欢迎加微信联系：1914 55 94319

国内多家供应商已有布局，量产订单突破临界点已至

经纬恒润 4D 毫米波雷达研发进展顺利，已向 Arbe 大批量订购芯片。经纬恒润基于 Arbe 雷达芯片组开发的 4D 毫米波雷达，具有 48 路发射和 48 路接收通道，探测距离达 350m，并可实现方位向 1° 和俯仰向 1.5° 的真实孔径分辨率，能够满足 L2+及以上级别智能驾驶系统的需求。根据公司官网，公司 4D 毫米波雷达研发进展顺利，且预计将于今年实现量产应用。公司已于 2022 年 11 月向 Arbe 订购 34 万个雷达芯片组，计划应用于 2023 年和 2024 年的 4D 毫米波雷达量产产品。

图 12：经纬恒润 4D 毫米波雷达探测效果



资料来源：经纬恒润官网

威孚高科与 Arbe 展开合作，其 4D 毫米波雷达已获得干线物流定点项目。威孚高科同样基于 Arbe 雷达芯片组，开发集成芯片方案的 4D 毫米波雷达产品。公司官网显示，公司于 2021 年实现 4D 毫米波雷达的首批原型样件试制和交付，目前处于技术研发和市场应用快速发展阶段，并已获得干线物流项目定点。

图 13：威孚高科基于 Arbe 雷达芯片组开发 4D 毫米波雷达

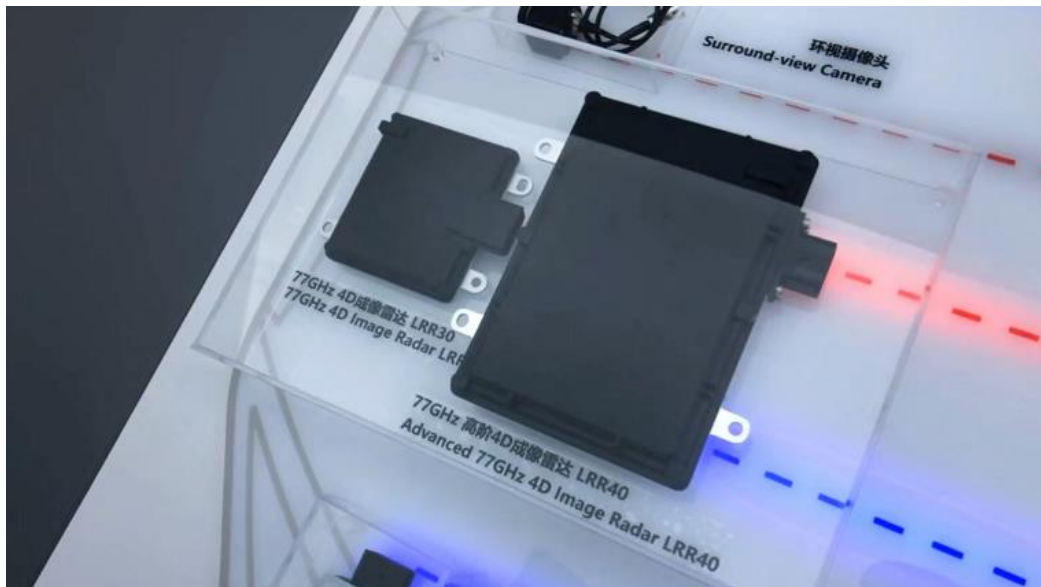


资料来源：Arbe 官网

购买 大陆 4D毫米波雷达样品
购买 Arbe 4D毫米波雷达样品
欢迎加微信联系：1914 55 94319

华域汽车布局两款 4D 毫米波雷达，LRR30 已实现小批量供货。华域汽车采用级联方案，规划了 LRR30 和 LRR40 两款 4D 毫米波雷达。其中，LRR30 采用 2 片 MMIC 级联，具备 6 路发射和 8 路接收通道，最多可以输出 1024 点 4D 点云，能够追踪 64 个目标，最远探测距离达 300m。LRR40 采用 4 片级联，具备 12 路发射和 16 路接收通道，最多可以输出 3072 点 4D 点云，能够追踪 128 个目标，最远探测距离达 350m。根据公司公告，公司 4D 毫米波雷达产品已实现对友道智途相关项目的小批量供货。

图 14：华域汽车 4D 毫米波雷达



资料来源：华域汽车官网

保隆科技的两款 4D 毫米波雷达正处于开发测试阶段。保隆科技规划了 24 发 12 收、48 发 48 收两款 4D 毫米波雷达。上述产品的最远探测距离达 300m，水平/垂直视场角分别为 $110^\circ / 30^\circ$ ，并可实现方位向 1° 和俯仰向 1.6° 的真实孔径分辨率。目前，公司的 4D 毫米波雷达产品正处于开发测试阶段，有望提升 ACC/AEB/FCE 等 ADAS 功能的用户体验。

图 15：保隆科技 4D 毫米波雷达



资料来源：保隆科技官网

购买 大陆 4D毫米波雷达样品
购买 Arbe 4D毫米波雷达样品
欢迎加微信联系：1914 55 94319

元器件量价齐升，头部供应商有望受益

由于 4D 毫米波雷达相较传统毫米波雷达存在阵列设计、抗干扰、高性能等提升，对 PCB 尺寸、层数、材料、孔加工密度等规格提出更高要求，单颗雷达的 PCB 价值量由 50~70 元提升至 150~200 元。我们认为，Arbe、沪电股份、景旺电子、生益科技等头部元器件供应商有望受益于 4D 毫米波雷达的应用趋势。

Arbe：集成芯片方案头部芯片供应商，生态体系日益丰富。 Arbe 为集成芯片方案的代表性企业，其雷达芯片组具有 48 路发射和 48 路接收通道，形成 2304 个虚拟通道，芯片典型功耗低于 4W。同时，Arbe 提供专用的毫米波雷达处理器芯片，通过在其中增加雷达信号处理硬件加速模块，解决数据高吞吐量的问题。目前，Arbe 已经与法雷奥、维宁尔、经纬恒润、威孚高科等零部件供应商建立合作关系，生态体系日益丰富。

图 16：Arbe 部分合作伙伴



资料来源：Arbe 官网

沪电股份：全球 PCB 领先厂商，汽车相关技术底蕴雄厚，4D 车载雷达已实现量产。 公司是全球 PCB 领先厂商，专注于企业通讯市场板、汽车板市场，根据其 2022 年业绩快报，公司全年整体收入 83.36 亿元，同比+12%，归母净利润 13.61 亿元，同比+28%，收入中企业通讯/汽车/其他占比 63%/23%/14%（22H1 数据）。**聚焦汽车来看，产品端，**公司产品覆盖广泛，应用于 4D 车载雷达、自动驾驶域控制器、智能座舱域控制器、车载网关等领域的产品已量产。此外，公司自 2014 年 4 月起与 Schweizer 开展深度合作，并于 2017 年 4 月投资持股 Schweizer，目前持股比例约 19.74%，助力汽车测距雷达发展。**产能端，**沪利微电（150 万平米）、黄石二厂（75 万平米）、黄石一厂可支持不同规格汽车产品，满足客户各类需求。**客户端，**公司与博世、大陆等汽车 Tier1 保持深度合作，受益 4G 毫米波雷达商用化。

购买 大陆 4D毫米波雷达样品
购买 Arbe 4D毫米波雷达样品
欢迎加微信联系：1914 55 94319

表 5：沪电股份汽车板主要产品情况

最终产品	沪电 PCB 技术
刹车系统，转向系统，动力系统，新能源电机系统，电池管理系统，逆变器，自动驾驶辅助系统(雷达、摄像头)，车身电子，车载娱乐设施，导航等	双面到十二层通孔板，机械盲孔，HD，HF/RF 混压板，半折弯板，3~6oz 厚铜板，嵌陶瓷板，嵌铜块板等

资料来源：沪电股份官网，中信证券研究部

表 6：沪电股份主要汽车 PCB 工厂情况

工厂名称	设计产能	主要产品	主要下游客户
沪利微电	150 万平方米	高端汽车板	博世、大陆等
黄石二厂	75 万平方米	传统汽车板	
黄石一厂	-	中低端汽车板（由沪利微电转入）	

资料来源：沪电股份公告，中信证券研究部

景旺电子：内资全品类 PCB 龙头，汽车占比 35%+，配合客户供应 4D 毫米波雷达。内资 PCB 龙头厂商，产品包括 RPCB、FPCB、MPCB、HDI 等，是目前国内少数集成全面 PCB 产品线的优质 PCB 厂商，产品广泛应用于通讯、计算机及网络、消费电子、汽车电子、工控等行业，根据其 2022 年业绩快报，公司全年整体收入 105.14 亿元，同比+10%，归母净利润 10.58 亿元，同比+13%，我们测算其汽车相关收入占比 35~40%。**聚焦汽车来看，产品端，**公司技术产品种类繁多（如厚铜，HDI，高频，高速等），应用于车联系统、自动驾驶和电动化汽车，掌握高可靠测试独立、高追溯性能力、散热管理等关键技术。在雷达领域可支持供应传统毫米波雷达、4D 毫米波雷达、激光雷达、超声波雷达等。**产能端，**江西、龙川、珠海、深圳均具备生产基地，均可生产汽车相关产品。**客户端，**公司是全球领先 tier1 厂商的供应商，包括博世、法雷奥、德尔福、海拉、北京恒润等；公司亦切入整车及重点供应链公司，如特斯拉、比亚迪等客户，在 4D 毫米波雷达上与客户积极合作。

表 7：景旺电子汽车板关键技术情况

序号	关键技术	序号	关键技术
1	高可靠性测试独立	5	高密度互联（HDI）
2	高追溯性能力	6	Semi-flex
3	散热管理	7	Rigid-flex
4	厚铜≥105um	8	高频毫米波

资料来源：景旺电子官网，中信证券研究部

生益科技：覆铜板龙头，具备 4D 毫米波雷达 CCL 能力并常年与国际 Tier1 保持合作。公司是全球覆铜板龙头，全球市场份额排名第二，产品结构持续升级，在 5G、服务器、新能源汽车等领域的高频高速产品持续突破，亦不断拓展封装基板、HDI、柔性覆铜板等。**聚焦汽车来看，产品端，**具备多规格（不同 Tg/Td/CTE/CTI）汽车 CCL 产品，亦拥有传统毫米波雷达、4D 毫米波雷达（不同 Dk/Df）等产品。**产能端，**苏州生益（2002 年成立，覆盖消费、汽车、高速型应用等）、江西生益（2017 年成立，覆盖汽车、高速型应用等）具备汽车领域能力。**客户端，**公司是博世、大陆等汽车 Tier1 的核心供应商，拥有常年合作关系。

购买 大陆 4D毫米波雷达样品
购买 Arbe 4D毫米波雷达样品
欢迎加微信联系：1914 55 94319

表 8：生益科技汽车相关产品介绍

产品名称	产品简要描述	Tg	Td	CTE	CTI
S1151G	汽车用无卤高 CTI 板	155	380	2.8%	PLC0
Autolad1	汽车用高性能无铅兼容中 Tg 板	156	353	2.8	PLC3
Autolad3	汽车用高性能无铅兼容高 Tg 板	180	355	2.4	PLC3
Autolad1G	汽车用无卤，中等损耗，高 TgHDI 材料				
Autolad2G	汽车用高 CTI 高性能无卤无铅兼容高 Tg 板	175	402	2.2	PLC0
Autolad2GH	汽车用高 CTI 高性能无卤无铅兼容高 Tg 板	175	402	2.1	PLC0
Autolad3G	汽车用超低 CTE 高性能无卤无铅兼容高 Tg 材料	190	408	1.8	PLC3
产品名称	产品简要描述	Dk	Df		
mmWave G	毫米波雷达用低损耗高频碳氢覆铜板	3.15	0.002		
mmWave77	毫米波雷达用低损耗 PTFE 覆铜板	3.0	0.0010		

资料来源：生益科技官网，中信证券研究部

■ 风险因素

技术与产品迭代风险：目前 4D 毫米波雷达存在多种技术路线，各技术路线尚未完全成熟，若产品发展过程中遭遇技术瓶颈，将影响其商业化前景；

产品推广速度低于预期：4D 毫米波雷达尚处于应用初期，属于前瞻性的新产品，若下游主机厂的应用速度不及预期，将影响产品的变现能力；

汽车行业销量下滑风险：汽车产业是国民经济的支柱产业，汽车销量会受到宏观经济波动、环保政策等诸多因素的影响。如果未来宏观经济出现下滑，可能导致汽车行业销量下滑，进而对产业链相关公司业绩产生不利影响；

智能汽车扶持政策的力度低于预期：若中央和地方政府降低智能汽车政策扶持力度，4D 毫米波雷达的商业化落地将受到影响，进而影响产业链公司的营收、利润；

出现智能驾驶的恶性事故：若智能驾驶相关产品卷入恶性交通事故，将加深消费者对于智能驾驶技术的顾虑，进而影响产业链公司相关产品的订单获取。

■ 投资策略

4D 毫米波雷达已搭载于飞凡 R7、深蓝 SL03 等量产车型。若特斯拉 HW 4.0 真正应用 4D 毫米波雷达，该产品有望加速渗透。我们测算，2022 年国内 4D 毫米波雷达市场空间约为 0.2 亿元。我们预计中性情况下，2025 年该市场空间有望大幅增长至 30.3 亿元。国内供应商正处于量产订单突破临界点，我们推荐已完成 4D 毫米波雷达样机研发的**经纬恒润**、已实现干线物流项目定点的**威孚高科**、已实现小批量供货的**华域汽车**、正在进行产品开发测试的**保隆科技**。

元器件方面，4D 毫米波雷达有望带动元器件量价齐升，我们推荐 PCB 头部供应商**沪元股份**、**生益科技**并建议关注**景旺电子**；建议关注集成芯片方案头部芯片供应商**Arbe**。

购买 大陆 4D毫米波雷达样品
购买 Arbe 4D毫米波雷达样品
欢迎加微信联系：1914 55 94319

表 9：重点跟踪公司盈利预测

简称	代码	收盘价 (元)	EPS (元)				PE				评级
			21A	22E	23E	24E	21A	22E	23E	24E	
威孚高科	000581.SZ	23.90	2.55	1.90	2.38	2.65	9	13	10	9	增持
经纬恒润-W	688326.SH	175.62	1.22	2.08	2.66	3.84	144	84	66	46	买入
华域汽车	600741.SH	19.31	2.05	2.18	2.46	2.78	9	9	8	7	买入
保隆科技	603197.SH	48.46	1.29	0.97	2.48	3.42	38	50	20	14	买入
沪电股份	002463.SZ	15.92	0.56	0.72	0.87	1.09	28	22	18	15	买入
生益科技	600183.SH	17.59	1.22	0.64	0.84	1.06	14	27	21	17	买入

资料来源：Wind，中信证券研究部预测

注：股价为 2023 年 2 月 22 日收盘价

购买 大陆 4D毫米波雷达样品
 购买 Arbe 4D毫米波雷达样品
 欢迎加微信联系：1914 55 94319

■ 相关研究

- 汽车行业电动重卡行业专题—电动重卡方兴未艾，加速渗透奇点已至 (2023-02-14)
- 汽车行业 2023 年 1 月销量点评—1 月产销阶段性承压，最差的时间已经过去(2023-02-13)
- 汽车行业重卡行业销量点评—1 月销量同比-52%，季节性因素不改复苏趋势(2023-02-07)
- 汽车行业造车新势力月报 2023 年 2 月—新势力销量阶段性承压，产品矩阵将继续完善 (2023-02-03)
- 汽车行业 2022 年 12 月销量点评—12 月产销环比正增长，零售修复好于批发(2023-01-13)
- 汽车行业景气度盘点专题—利空因素逐渐出尽，汽车底部特征明显 (2023-01-09)
- 汽车行业重卡行业销量点评—12 月销量同比-6%，重卡行业大周期拐点已至(2023-01-05)
- 汽车行业广州车展专题报告—广州车展有望成为疫后汽车复苏排头兵 (2023-01-03)
- 汽车行业 2022 年 11 月销量点评—11 月产销承压，看好疫后汽车消费复苏 (2022-12-12)
- 汽车行业 2023 年投资策略—以迂为直，以患为利 (PPT) (2022-12-07)
- 汽车行业电动重卡行业专题—特斯拉 Semi 量产交付，电动重卡方兴未艾 (2022-12-06)
- 汽车行业海外汽车消费复苏专题报告—复盘海外防疫政策对汽车销量的影响(2022-12-06)
- 汽车行业 2023 年投资策略—以迂为直，以患为利 (2022-11-18)
- 汽车行业基金持仓分析报告—22Q3 汽车板块景气持续，基金持仓维持高位 (2022-11-16)
- 汽车及汽车零部件行业研究概述—掘金汽车产业：自主崛起，智能加速 (2022-11-15)
- 汽车行业 2022 年三季报回顾及展望—行业 Q3 业绩环比修复，机遇与挑战并存 (2022-11-13)
- 汽车行业 2022 年 10 月销量点评—10 月汽车产销环比下滑，出口销量创新高(2022-11-11)
- 汽车行业重大事项点评—智能网联试点政策出台，产业链公司料将受益 (2022-11-07)
- 汽车行业重卡行业销量点评—10 月销量同比-6%，跌幅收窄，拐点渐近 (2022-11-04)
- 汽车行业 2022 年 9 月销量点评—9 月汽车批发端持续同环比增长，符合预期(2022-10-12)
- 汽车行业重卡行业销量点评—9 月销量环比+13%，行业正在从底部走出 (2022-10-10)
- 汽车行业 2022 年 8 月销量点评—8 月行业产销维持三成增长，期待“金九银十”到来 (2022-09-13)
- 汽车行业 2022 年中报回顾及展望—何妨吟啸且徐行 (2022-09-08)
- 智能电动汽车产业深度研究报告—智能握手电动，创新驱动进步 (2022-08-25)
- 汽车行业两轮车子行业专题报告—厚积薄发：行业质变进行时，利润池持续扩容 (2022-08-24)

购买 大陆 4D毫米波雷达样品
购买 Arbe 4D毫米波雷达样品
欢迎加微信联系：1914 55 94319

分析师声明

主要负责撰写本研究报告全部或部分内容的分析师在此声明：(i) 本研究报告所表述的任何观点均精准地反映了上述每位分析师个人对标的证券和发行人的看法；(ii) 该分析师所得报酬的任何组成部分无论是在过去、现在及将来均不会直接或间接地与研究报告所表述的具体建议或观点相联系。

一般性声明

本研究报告由中信证券股份有限公司或其附属机构制作。中信证券股份有限公司及其全球的附属机构、分支机构及联营机构（仅就本研究报告免责条款而言，不含 CLSA group of companies），统称为“中信证券”。

本研究报告对于收件人而言属高度机密，只有收件人才能使用。本研究报告并非意图发送、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。本研究报告仅为参考之用，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。中信证券并不因收件人收到本报告而视其为中信证券的客户。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并自行承担投资风险。

本报告所载资料的来源被认为是可靠的，但中信证券不保证其准确性或完整性。中信证券并不对使用本报告或其所包含的内容产生的任何直接或间接损失或与此有关的其他损失承担任何责任。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、价值及收益可跌可升。过往的业绩并不能代表未来的表现。

本报告所载的资料、观点及预测均反映了中信证券在最初发布该报告日期当日分析师的判断，可以在不发出通知的情况下做出更改，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中信证券其它业务部门、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。中信证券并不承担提示本报告的收件人注意该等材料的责任。中信证券通过信息隔离墙控制中信证券内部一个或多个领域的信息向中信证券其他领域、单位、集团及其他附属机构的流动。负责撰写本报告的分析师的薪酬由研究部门管理层和中信证券高级管理层全权决定。分析师的薪酬不是基于中信证券投资银行收入而定，但是，分析师的薪酬可能与投行整体收入有关，其中包括投资银行、销售与交易业务。

若中信证券以外的金融机构发送本报告，则由该金融机构为此发送行为承担全部责任。该机构的客户应联系该机构以交易本报告中提及的证券或要求获悉更详细信息。本报告不构成中信证券向发送本报告金融机构之客户提供的投资建议，中信证券以及中信证券的各个高级职员、董事和员工亦不为（前述金融机构之客户）因使用本报告或报告载明的内容产生的直接或间接损失承担任何责任。

评级说明

投资建议的评级标准		评级	说明
报告中投资建议所涉及的评级分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后 6 到 12 个月内的相对市场表现，也即：以报告发布日后的 6 到 12 个月内的公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。其中：A 股市场以沪深 300 指数为基准，新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以摩根士丹利中国指数为基准；美国市场以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为基准；韩国市场以科斯达克指数或韩国综合股价指数为基准。	股票评级	买入	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅 20%以上
		增持	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于 5%~20%之间
		持有	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-10%~5%之间
		卖出	相对同期相关证券市场代表性指数跌幅 10%以上
	行业评级	强于大市	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅 10%以上
		中性	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-10%~10%之间
		弱于大市	相对同期相关证券市场代表性指数跌幅 10%以上

购买 大陆 4D毫米波雷达样品
 购买 Arbe 4D毫米波雷达样品
 欢迎加微信联系：1914 55 94319

特别声明

在法律许可的情况下，中信证券可能（1）与本研究报告所提到的公司建立或保持顾问、投资银行或证券服务关系，（2）参与或投资本报告所提到的公司的金融交易，及/或持有其证券或其衍生品或进行证券或其衍生品交易，因此，投资者应考虑到中信证券可能存在与本研究报告有潜在利益冲突的风险。本研究报告涉及具体公司的披露信息，请访问 <https://research.citicsinfo.com/disclosure>。

法律主体声明

本研究报告在中华人民共和国（香港、澳门、台湾除外）由中信证券股份有限公司（受中国证券监督管理委员会监管，经营证券业务许可证编号：Z20374000）分发。本研究报告由下列机构代表中信证券在相应地区分发：在中国香港由 CLSA Limited（于中国香港注册成立的有限公司）分发；在中国台湾由 CL Securities Taiwan Co., Ltd. 分发；在澳大利亚由 CLSA Australia Pty Ltd.（商业编号：53 139 992 331/金融服务牌照编号：350159）分发；在美国由 CLSA（CLSA Americas, LLC 除外）分发；在新加坡由 CLSA Singapore Pte Ltd.（公司注册编号：198703750W）分发；在欧洲经济区由 CLSA Europe BV 分发；在英国由 CLSA（UK）分发；在印度由 CLSA India Private Limited 分发（地址：8/F, Dalamal House, Nariman Point, Mumbai 400021；电话：+91-22-66505050；传真：+91-22-22840271；公司识别号：U67120MH1994PLC083118）；在印度尼西亚由 PT CLSA Sekuritas Indonesia 分发；在日本由 CLSA Securities Japan Co., Ltd. 分发；在韩国由 CLSA Securities Korea Ltd. 分发；在马来西亚由 CLSA Securities Malaysia Sdn Bhd 分发；在菲律宾由 CLSA Philippines Inc.（菲律宾证券交易所及证券投资者保护基金会）分发；在泰国由 CLSA Securities (Thailand) Limited 分发。

针对不同司法管辖区的声明

中国大陆：根据中国证券监督管理委员会核发的经营证券业务许可，中信证券股份有限公司的经营经营范围包括证券投资咨询业务。

中国香港：本研究报告由 CLSA Limited 分发。本研究报告在香港仅分发给专业投资者（《证券及期货条例》（香港法例第 571 章）及其下颁布的任何规则界定的），不得分发给零售投资者。就分析或报告引起的或与分析或报告有关的任何事宜，CLSA 客户应联系 CLSA Limited 的罗鼎，电话：+852 2600 7233。

美国：本研究报告由中信证券制作。本研究报告在美国由 CLSA（CLSA Americas, LLC 除外）仅向符合美国《1934 年证券交易法》下 15a-6 规则界定且 CLSA Americas, LLC 提供服务的“主要美国机构投资者”分发。对身在美国的任何人士发送本研究报告将不被视为对本报告中所评论的证券进行交易的建议或对本报告中所述任何观点的背书。任何从中信证券与 CLSA 获得本研究报告的接收者如果希望在美国交易本报告中提及的任何证券应当联系 CLSA Americas, LLC（在美国证券交易委员会注册的经纪交易商），以及 CLSA 的附属公司。

新加坡：本研究报告在新加坡由 CLSA Singapore Pte Ltd.，仅向（新加坡《财务顾问规例》界定的）“机构投资者、认可投资者及专业投资者”分发。就分析或报告引起的或与分析或报告有关的任何事宜，新加坡的报告收件人应联系 CLSA Singapore Pte Ltd.，地址：80 Raffles Place, #18-01, UOB Plaza 1, Singapore 048624，电话：+65 6416 7888。因您作为机构投资者、认可投资者或专业投资者的身份，就 CLSA Singapore Pte Ltd. 可能向您提供的任何财务顾问服务，CLSA Singapore Pte Ltd 豁免遵守《财务顾问法》（第 110 章）、《财务顾问规例》以及其下的相关通知和指引（CLSA 业务条款的新加坡附件中证券交易服务 C 部分所披露）的某些要求。MCI（P）085/11/2021。

加拿大：本研究报告由中信证券制作。对身在加拿大的任何人士发送本研究报告将不被视为对本报告中所评论的证券进行交易的建议或对本报告中所载任何观点的背书。

英国：本研究报告归属于营销文件，其不是按照旨在提升研究报告独立性的法律要件而撰写，亦不受任何禁止在投资研究报告发布前进行交易的限制。本研究报告在英国由 CLSA（UK）分发，且针对由相应本地监管规定所界定的在投资方面具有专业经验的人士。涉及到的任何投资活动仅针对此类人士。若您不具备投资的专业经验，请勿依赖本研究报告。

欧洲经济区：本研究报告由荷兰金融市场管理局授权并管理的 CLSA Europe BV 分发。

澳大利亚：CLSA Australia Pty Ltd（“CAPL”）（商业编号：53 139 992 331/金融服务牌照编号：350159）受澳大利亚证券与投资委员会监管，且为澳大利亚证券交易所及 CHI-X 的市场参与主体。本研究报告在澳大利亚由 CAPL 仅向“批发客户”发布及分发。本研究报告未考虑收件人的具体投资目标、财务状况或特定需求。未经 CAPL 事先书面同意，本研究报告的收件人不得将其分发给任何第三方。本段所称的“批发客户”适用于《公司法（2001）》第 761G 条的规定。CAPL 研究覆盖范围包括研究部门管理层不时认为与投资者相关的 ASX All Ordinaries 指数成分股、离岸市场上市证券、未上市发行人及投资产品。CAPL 寻求覆盖各个行业中与其国内及国际投资者相关的公司。

印度：CLSA India Private Limited，成立于 1994 年 11 月，为全球机构投资者、养老基金和企业提供股票经纪服务（印度证券交易委员会注册编号：INZ000001735）、研究服务（印度证券交易委员会注册编号：INH000001113）和商人银行服务（印度证券交易委员会注册编号：INM000010619）。CLSA 及其关联方可能持有标的公司的债务。此外，CLSA 及其关联方在过去 12 个月内可能已从标的公司收取了非投资银行服务和/或非证券相关服务的报酬。如需了解 CLSA India “关联方”的更多详情，请联系 Compliance-India@clsacsa.com。

未经中信证券事先书面授权，任何人不得以任何目的复制、发送或销售本报告。

中信证券 2023 版权所有。保留一切权利。

购买 大陆 4D毫米波雷达样品
购买 Arbe 4D毫米波雷达样品
欢迎加微信联系：1914 55 94319