

# 汽车行业深度报告：EMB 线控制动是发展智能底盘、实现主动安全的关键基础，2026 有望迎来量产元年



刘浩 分析师  
Email:liuhao3@lczq.com  
证书:S1320523080001

## 投资要点：

**EMB 软硬件解耦的系统架构更适配未来智能网联汽车制动的最终解决方案。** EMB 取消了 iBooster、制动主缸、液压管路等零部件，通过电信号控制分布在轮毂处的执行器直接建立制动力，是真正意义的线控制动，可实现区域/中央集中控制融合。EMB 具备制动响应快（ $\leq 100\text{ms}$ ）、效率高、系统质量轻等优点，满足 ADAS 对快速、精准制动的需求。

**2025 年技术标准落地、2026 年法规制约将解除，进一步加速 EMB 上车进程。** 2025 年 5 月，《GB 21670-2025 乘用车制动系统技术要求及试验方法》正式发布，将于 2026 年 1 月 1 日实施，其中首次新增 EMB 相关技术要求，填补此前“无标可依”的法规空白。2025 年 5 月，《轻型汽车自动紧急制动系统技术要求及试验方法》完成起草，要求所有的乘用车必须安装 AEBS，预计将进一步促进 EMB 需求增加，推动商业化落地。

**国内 EMB 市场规模 2026-2030 年 CAGR 或超 70%。** 预计 2026 年 EMB 将进入小规模量产阶段，预计 2028 年开始，随着技术不断发展、关键零部件国产化率提高，成本有望逐步降低，渗透率逐步提高；到 2030 年，国内 EMB 市场规模有望超 115 亿元。

**投资建议：** 在智能网联汽车快速发展的趋势下，无人物流车/快递车、无人矿卡、无人短驳车、Robotaxi 等给 EMB 上车提供了更多样的实现场景。其中，乘用车混合线控制动方案（EHB+EMB）或为初期相对容易实现的方案。商用车载重大、能耗高，对制动性能、安全性、经济效益等需求迫切性更高，商业化落地或快于乘用车。本土企业量产节点普遍瞄准 2025-2026 年，预计部分企业产品有望在 2025 年完成上车试验，并于 2026 年实现小批量装车。相关上市公司：万安科技（002590.SZ）、伯特利（603596.SH）、亚太股份（600692.SH）、拓普集团（601689.SH）、凯众股份（603037.SH）、均普智能（688306.SH）、耐世特（01316.HK）。

**风险提示：** 法规落地不及预期；汽车产销不及预期；技术发展不及预期；技术路线变革。

## 投资评级：看好（维持）

### 市场表现



### 相关报告

## 目 录

1. 制动技术发展简介 .....	4
1.1 燃油车时代和新能源汽车初期：真空助力器→电子真空泵 .....	4
1.2 新能源汽车和智能网联汽车时代：EHB 和 EMB 有望并行发展 .....	4
2. EMB 线控制动介绍 .....	7
2.1 EMB 实现软硬解耦，通过电信号直接、独立控制各车轮制动力 .....	7
2.2 乘用车：EHB+EMB 方案或最早实现上车 .....	8
2.3 商用车：EMB 商业化落地或快于乘用车 .....	9
2.4 市场规模：预计新增以智能网联市场为主，2030 年有望超 115 亿元 .....	11
2.5 参与公司：本土企业加速布局，量产节点普遍瞄准 2025-2026 年 .....	12
3. EMB 线控制动发展驱动因素 .....	14
3.1 ADAS 与 EMB 可实现双向赋能 .....	14
3.2 国内标准落地、法规制约将解除，加速 EMB 商用化落地 .....	15
3.3 集成式电子电气架构的高度解耦特性促使 EMB 需求增长 .....	16
3.4 48V 电源系统可助力 EMB 功率、安全等各项性能提升 .....	17
4. 投资建议 .....	18
风险提示 .....	18

## 图表目录

图 1	真空助力制动系统工作原理示意图 .....	4
图 2	电子真空泵工作原理示意图 .....	4
图 3	与自动驾驶各等级对应的制动技术发展趋势 .....	5
图 4	EHB 有 Two-Box 和 One-Box 两种技术方案 .....	5
图 5	EMB 与 EHB 结构对比 .....	6
图 6	EMB 完整方案结构 .....	7
图 7	EMB 工作原理示意图 .....	7
图 8	坐标系统机电制动执行器 SEMB .....	8
图 9	坐标系统机电制动执行器 SEMB 主要参数 .....	8
图 10	Audi 的 EHCB 系统采用真空助力器+电子真空泵+EMB（后轮） .....	8
图 11	Brembo 智能制动系统 SENSIFY 采用 EHB（前轮）+EMB（后轮） .....	9
图 12	EMB 与传统气制动系统结构和维保比较 .....	9
图 13	EMB 与传统气制动系统制动距离比较 .....	9
图 14	商用车制动系统发展历程 .....	10
图 15	恒创智行商用车 EMB 系统的组成 .....	10
图 16	百度无人矿卡 .....	11
图 17	Nuro 无人配送车 .....	11
图 18	2025-2030 年线控制动发展目标 .....	11
图 19	汽车智能驾驶系统架构发展路线 .....	14
图 20	谋行科技 EMB 综合解决方案 .....	15
图 21	汽车电子电气架构发展示意图 .....	16
图 22	特斯拉电子电气架构示意图 .....	17
图 23	零跑汽车“四叶草”电子电气架构示意图 .....	17
图 24	车辆低压电网功率演进图 .....	18
表 1	two-box 和 one-box 两种方案的比较 .....	6
表 2	EHB 和 EMB 特点对比 .....	7
表 3	国内 EMB 市场规模预测 .....	12
表 4	国内外布局 EMB 的厂商及发展情况（不完全统计） .....	13
表 5	国内与 EMB 相关的标准和法规（不完全统计） .....	16

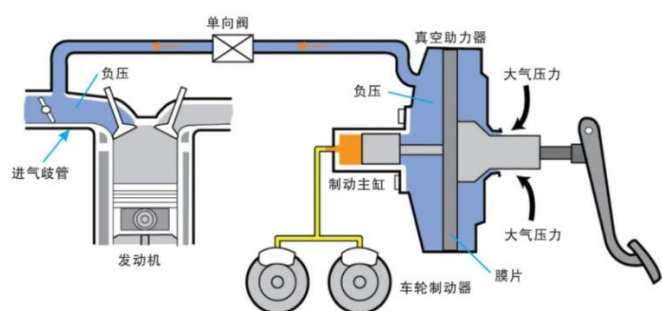
## 1. 制动技术发展简介

### 1.1 燃油车时代和新能源汽车初期：真空助力器→电子真空泵

在传统燃油车时代，一般采用真空助力器实现制动系统的增压助力。传统真空助力制动系统分为输入单元（踏板）、助力单元（真空助力器）和执行单元（车轮制动器）三个部分组成，其中真空助力器为关键零部件，助力推杆与踏板机械连接，真空单向阀与发动机进气歧管连接（提供真空源），制动主缸推杆与制动主缸活塞连接。在车辆制动时，驾驶员踩下制动踏板，助力推杆推动助力器活塞运动，助力器前后气室产生压强差实现助力，制动主缸推杆推动主缸内的活塞运动以产生液压力，使储液罐中的液压油进入前后制动油缸推动制动活塞，进一步推动制动钳/制动蹄对制动盘施加压力，最终实现车辆制动。真空助力器的真空源依赖内燃机的进气歧管负压，在内燃机关闭时无法实现助力。同时，其结构复杂、体积/重量较大、响应速度慢，无法实现制动压力的快速、精确控制，也无法匹配汽车底盘智能化发展的要求，预计未来将逐步淘汰。

在新能源汽车发展初期，采用电动真空泵替代内燃机提供真空源。纯电动汽车由于没有内燃机，无法使用进气歧管负压提供真空源，因此在发展初期出现了一种过渡产品——电动真空泵。工作时，电动真空泵须匹配压力感应模块、控制系统、气罐和管路等，和压力感应模块与真空助力器的真空单向阀相连，提供真空源。但是，由于电子真空泵存在噪音大、寿命短等问题，没有被沿用下来。

图1 真空助力制动系统工作原理示意图



资料来源：《新能源汽车维修从入门到精通（彩色图解+视频）》，联储证券研究院

图2 电子真空泵工作原理示意图

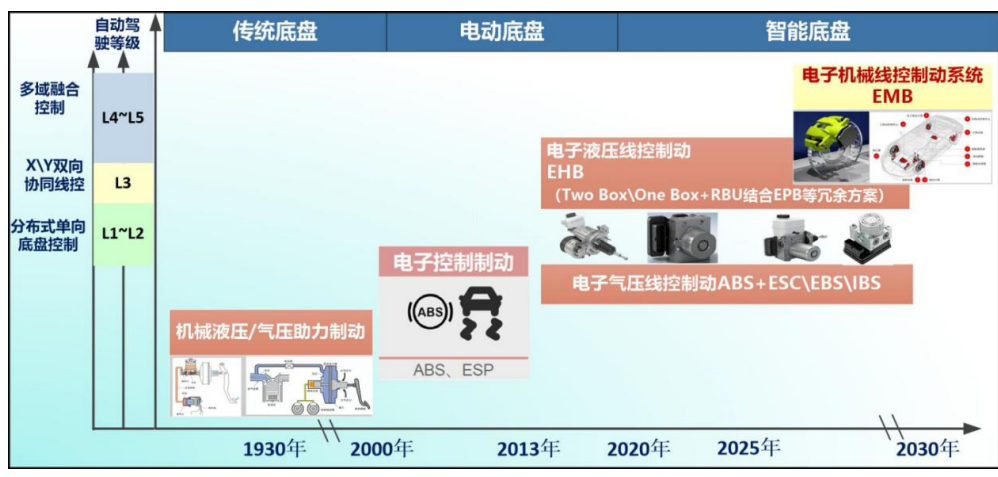


资料来源：OFweek 智能汽车网，联储证券研究院

### 1.2 新能源汽车和智能网联汽车时代：EHB 和 EMB 有望并行发展

在智能汽车时代，采用电动助力器的线控制动系统（BBW, Brake-by-Wire System）更加契合未来智能底盘技术的发展。随着技术进步，以及对车辆操控性、安全性要求的提升，驻车制动系统由机械制动向电子驻车制动（EPB）发展；行车制动系统由传统液压、气压制动发展为液压、气压融合电子的系统，并逐渐向更先进的线控制动系统，如电子液压制动系统（EHB, Electro-Hydraulic Brake System）和电子机械制动系统（EMB, Electro-Mechanical Brake System）发展。特别在近二十年，防抱死系统（ABS, Anti-Brake System）、电子稳定控制系统（ESC, Electronic Stability Controller）和自动紧急制动系统（AEBS, Advanced Emergency Braking System）等实现快速应用。同时，汽车高级驾驶辅助系统（ADAS, Advanced Driving Assistance System）的发展，对车辆智能底盘和制动系统提出了更高的要求，结构更简单、响应更快、能够结合能量回馈和智能驾驶的线控制动系统在此阶段快速发展。目前来看，线控制动的两种技术路线——电子液压制动系统 EHB 和电子机械制动系统 EMB，有望在智能汽车时代并行发展。

图3 与自动驾驶各等级对应的制动技术发展趋势

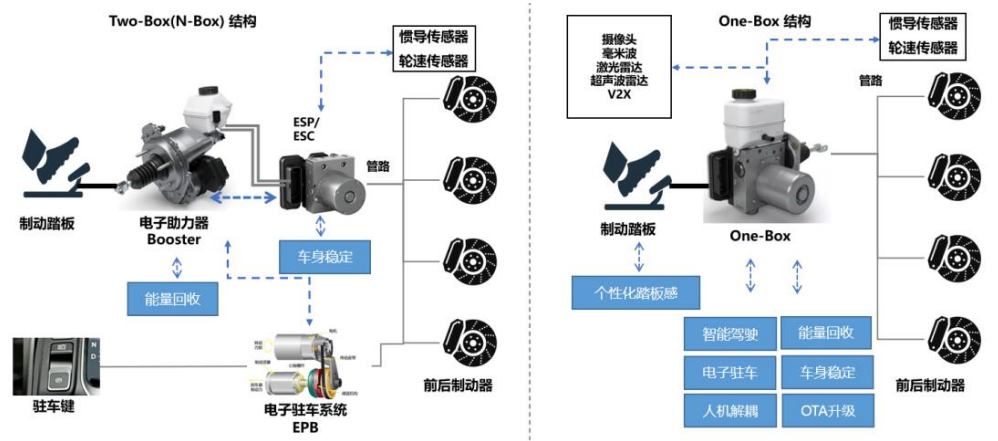


资料来源：中国汽车工程学会，联储证券研究院

**EHB 凭借成熟的液压冗余体系占据目前主流市场，搭配制动冗余的 one-box 有望加速应用。**EHB 以液压制动为基础，实现助力的电控化。目前市场中最具代表性的 EHB 产品由 Bosch 在 2013 年正式推出，系统采用 iBooster 替代真空助力器，并相应增加了各类传感器和 ECU，其他部分例如液压系统基本维持不变，制动响应时间大幅减少，制动距离也相应缩短，提高了制动安全性。

根据 iBooster 和 ESC 的集成与否，EHB 可分为 two-box 和 one-box 两种方案。Two-box 技术成熟，为目前市场主流方案，iBooster 和 ESC 独立，相应需要两套 ESC 系统，具备制动冗余。One-box 将 iBooster 和 ESC 集成于一体，集成度高，体积、重量减小，仅需一套 ECU，具备性能、成本等方面的优势，但需要具备 ESC 技术和经验基础，且控制逻辑复杂，技术难度较高。Bosch 的 IPB（Integrated Power Brake）为目前市场中较领先的 one-box 方案产品，在搭配 RBU（Redundant Brake Unit）系统后实现冗余功能，可应用于高级别自动驾驶系统。目前国内外供应商例如 Bosch、Continental、ZF、伯特利和亚太股份等均等在加快布局 one-box 方案，市场份额有望进一步提高。

图4 EHB 有 Two-Box 和 One-Box 两种技术方案



资料来源：架桥资本，联储证券研究院



表1 two-box 和 one-box 两种方案的比较

	two-box	one-box
组成结构	ECU+制动踏板+iBooster+ESP+制动轮缸+制动钳+制动盘	ECU+制动踏板+集成式电子助力器 (iBooster+ESP) +制动轮缸+制动钳+制动盘
集成度	低	高
成本	高	低
冗余	有冗余功能	须搭配 RBU 系统实现冗余功能
能量回收	制动减速度 $\leq 0.3g$ , 搭配 ESP hev 可实现协调式能量回收	制动减速度 $0.3-0.5g$ , 可实现协调式能量回收
优势	<ul style="list-style-type: none"> <li>技术相对成熟, 实现难度较低;</li> <li>制动踏板不解耦, 无须改造, 能直观感受到刹车系统 (例如刹车片) 变化等;</li> <li>有制动冗余, 满足自动驾驶需求。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>集成度高, 零部件数量少, 便于整车布置;</li> <li>仅需一套 ECU, 成本较低;</li> <li>制动响应时间更短;</li> <li>踏板完全解耦, 不直接作用于主缸, 踏板感调节不受基础制动零件束缚, 不同车型可以标定相同的踏板感。</li> </ul>
劣势	<ul style="list-style-type: none"> <li>系统整体占用空间较多;</li> <li>须两套 ECU 控制系统 (EHB 和 ESC 各一套), 成本较高。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>实现技术难度较高, 控制逻辑复杂, 需要有 ESP 技术和经验基础;</li> <li>无制动冗余, 单独使用不满足自动驾驶需求;</li> <li>感受不到制动系统 (例如刹车片) 变化, 可能存在安全隐患。</li> </ul>
发展阶段	较为成熟, 应用广泛	发展相对较晚, 量产应用正在加速

资料来源: 佐思汽车研究, 焉知智能汽车, 联储证券研究院

**EMB 彻底电子化的架构更适配未来智能网联汽车制动的最终解决方案, 性能更高、规模化量产成本更低。** EHB 系统因复杂液压管路和零部件, 做区域融合难度高; EMB 的执行机构和制动踏板无机械/液压连接, 取消了 iBooster、制动主缸、液压管路等零部件, 将电机集成在制动器上, 通过传动装置直接驱动制动钳实现制动功能, 是真正意义上的全线控制制动, 可实现软硬件解耦, 实现区域/中央集中控制融合。同时, EMB 具备制动响应快 (响应时间  $\leq 100ms$ )、效率高、系统质量轻、空间占用率低等优点, 满足 ADAS 对快速、精准制动的要求, 能更好地实现车辆智能化控制。另外, 从成本角度看, EMB 第一阶段 BOM 成本可与当前 EHB 看齐, 对比不带制动冗余的 one-box 系统稍贵些, 对比带冗余的 one-box 系统基本相当 (高级别智能驾驶要求制动系统带冗余), 未来大规模量产则成本更低。

**EMB 大规模量产仍面临诸多挑战, 技术难度高、商业应用难度大。** EMB 需要在高温、高振动、水浸等复杂工况下长时间运行, 承受复杂的物理干扰和电磁干扰, 对制动电机及整个系统的容错性和可靠性要求极高。例如在长下坡工况中, 系统须经受长时间热冲击 (制动盘  $600^{\circ}C$  高温), 需解决散热问题, 不能出现制动力热衰退; 需通过双电源、双芯片等冗余设计应对电子失效风险, 需要进行长周期的可靠性验证; 此外, 未来 EMB 还需要与域控和 ADAS 进行深度融合, 软件开发难度较大、可靠性要求较高。

图5 EMB 与 EHB 结构对比



资料来源: 谋行科技, 联储证券研究院

表2 EHB 和 EMB 特点对比

	EHB	EMB
方案原理	集中式（制动踏板后），电动助力器取代真空助力器，配合液压系统+制动机构进行制动。	分布式（四个轮毂处），无液压系统，由电机+控制器+传动机构+制动机构组成。
响应时间	100-150ms	80-100ms
优势	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 技术成熟，应用较广；</li> <li>◆ 成本相对较低；</li> <li>◆ 电动助力器失效时，液压系统可作为冗余备份。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 结构紧凑，集成度高，有利于整车布置和轻量化；</li> <li>◆ 响应时间更快，适用 AEB 更高要求；</li> <li>◆ 无液压油泄露风险，更加环保；</li> <li>◆ 可实现软硬件解耦，实现区域控制融合；</li> <li>◆ 冗余设计与快速响应特性天然适配高级别 ADAS 需求。</li> </ul>
劣势	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 液压系统需要多条管路、各类阀体等，结构较复杂，维修复杂，总体重量较大；</li> <li>◆ 有液压油泄露风险，会降低制动力，且可能污染环境；</li> <li>◆ 与集成控制融合难度较高。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 工作环境恶劣，需要在高温、高振动、水浸等情况中长时间运行，存在 EMC 干扰；</li> <li>◆ 需要多重冗余，对系统容错性和可靠性要求极高；</li> <li>◆ 轮侧空间有限，工程难度较大；</li> <li>◆ 现阶段成本、研发成本相对较高。</li> </ul>
发展阶段	国内外已有成熟量产应用，国内市场外资公司占主导地位，内资公司逐渐发展成熟。	国内外均未有成熟量产应用，国内公司已加速布局，2026 年有望小批量量产。

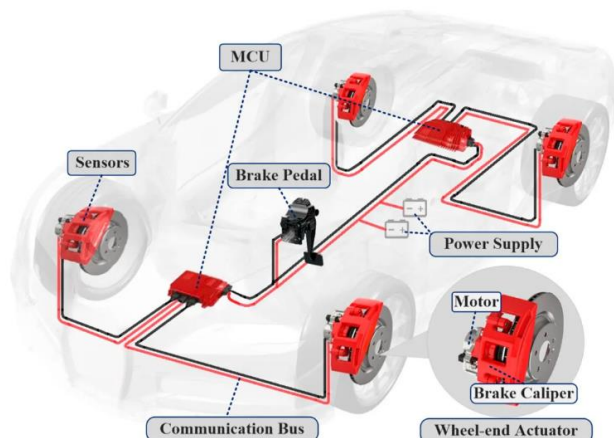
资料来源：汽车测试网，懂车帝，搜狐汽车，联储证券研究院

## 2. EMB 线控制动介绍

### 2.1 EMB 实现软硬解耦，通过电信号直接、独立控制各车轮制动力

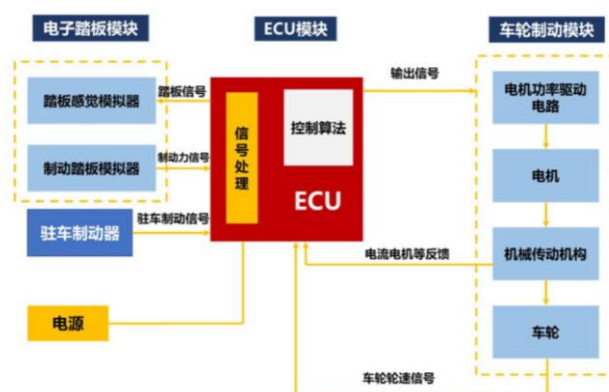
EMB 系统包括前后电子制动卡钳（后轴带有 EPB 驻车功能）、控制器（1 个主控制器+1 个冗余控制器）、踏板模拟器和转速/转矩等各类传感器、通信/供电线缆等零部件，其中控制器整合了 ABS、ESC、TCS、AEB 和 EBD 等多重算法，是 EMB 的控制中心。工作中，控制器接收踏板模块、雷达和摄像头等信号，并根据车速、方向盘转角等车辆行驶状态，由内置的控制算法计算出四个车轮各自所需的制动力，控制前后轮四个电机输出力矩，再经过驱动机构、制动钳传输至制动盘，最终实现车辆制动和车身稳定控制。

图6 EMB 完整方案结构



资料来源：高工智能汽车，联储证券研究院

图7 EMB 工作原理示意图



资料来源：知乎，联储证券研究院

图8 坐标系统机电制动执行器 SEMB



资料来源：坐标系，联储证券研究院

图9 坐标系统机电制动执行器 SEMB 主要参数

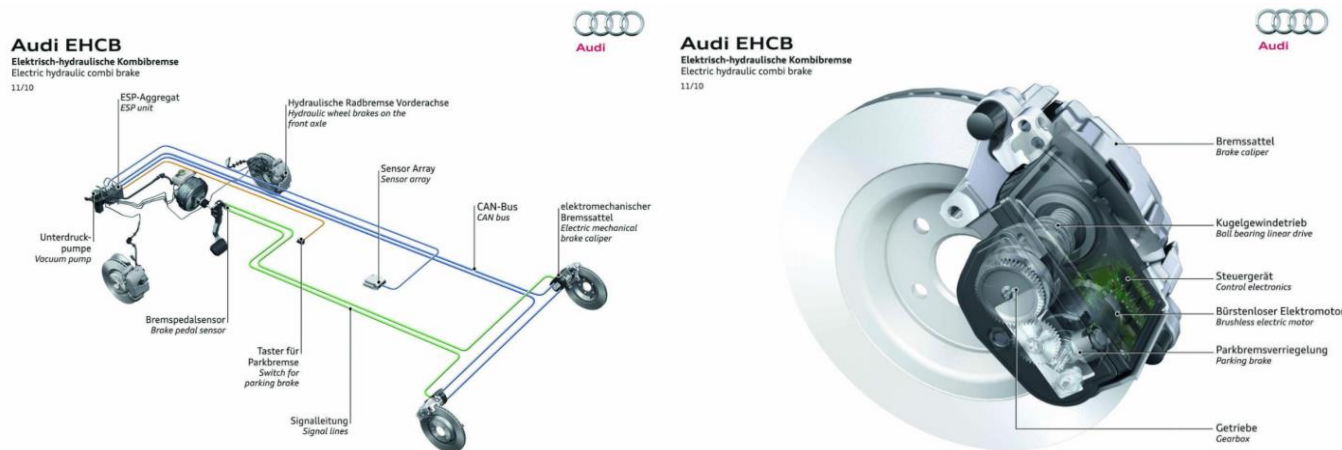
主要参数特点	
工作温度	-40°C~120°C
最大电流	60.0A max.
电机类型	三相直流无刷电机
减速机构	齿轮+行星排
运动转换机构	滚珠丝杠
驻车功能	后轴集成EPB驻车
NVH	~55dB
TTL	≤ 90ms

资料来源：坐标系，联储证券研究院

## 2.2 乘用车：EHB+EMB 方案或最早实现上车

乘用车混合线控制动方案（EHB+EMB）或为初期相对容易实现的方案。EMB 对应的底盘开发、设计难度较高，且制动系统功能安全等级要求高，开发成本高、验证周期长，目前市场中还没有成熟的量产应用。由于 EMB 方案量产应用难度较高，部分车企和零部件厂商采用折中的混合线控制动方案，例如 Audi 的 EHCB 系统（Electric Hydraulic Combi Brake）方案，采用真空助力器+电子真空泵+EMB（后轮）的组合，前轮保留了传统制动系统，后轮则应用 EMB 方案，减少了从车辆前部延伸到后轮的复杂液压管路，并且弥补了电子真空泵在可靠性上的不足。Brembo 的智能制动系统 SENSIFY 也采用混合线控制动方案，采用 EHB（前轮）+EMB（后轮）的组合，包括两套 ECU，分别控制前后执行器，并互为制动备份。

图10 Audi 的 EHCB 系统采用真空助力器+电子真空泵+EMB（后轮）



资料来源：Audi，联储证券研究院



图11 Brembo 智能制动系统 SENSIFY 采用 EHB（前轮）+EMB（后轮）



资料来源：搜狐汽车，联储证券研究院

### 2.3 商用车：EMB 商业化落地或快于乘用车

商用车载重大、能耗高，对制动性能、安全性、经济效益等要求更高。商用车传统气制动系统零部件数量多、结构复杂，并存在响应延迟和能耗高等问题，特别是在湿滑或复杂路面上制动距离显著延长，且车身稳定性较难控制。比传统气压制动系统，EMB 无需复杂气动管路，零部件数量减少 70%以上，重量减轻 80-100kg，节省了大量底盘空间；EMB 响应速度 $\leq 100\text{ms}$ （气压系统 $> 400\text{ms}$ ），可缩短 10%以上的紧急制动距离，且系统整体效率较高，能耗仅为传统气制动系统的 40%左右；同时，还可集成 ABS、ESC 和 TCS 等安全功能，进一步提高车辆的安全性。因此，未来商用车采用各项性能更佳的 EMB 可以实现更好的操稳性和安全性。

图12 EMB 与传统气制动系统结构和维保比较



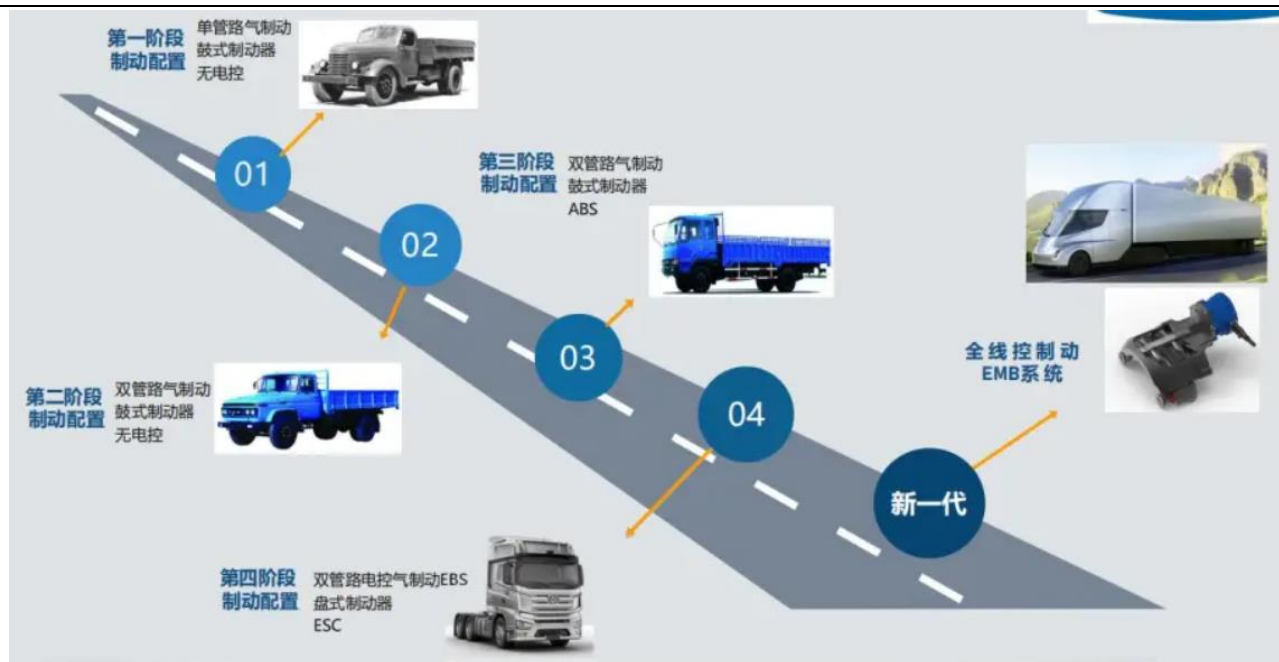
资料来源：恒创智行，联储证券研究院

图13 EMB 与传统气制动系统制动距离比较



资料来源：恒创智行，联储证券研究院

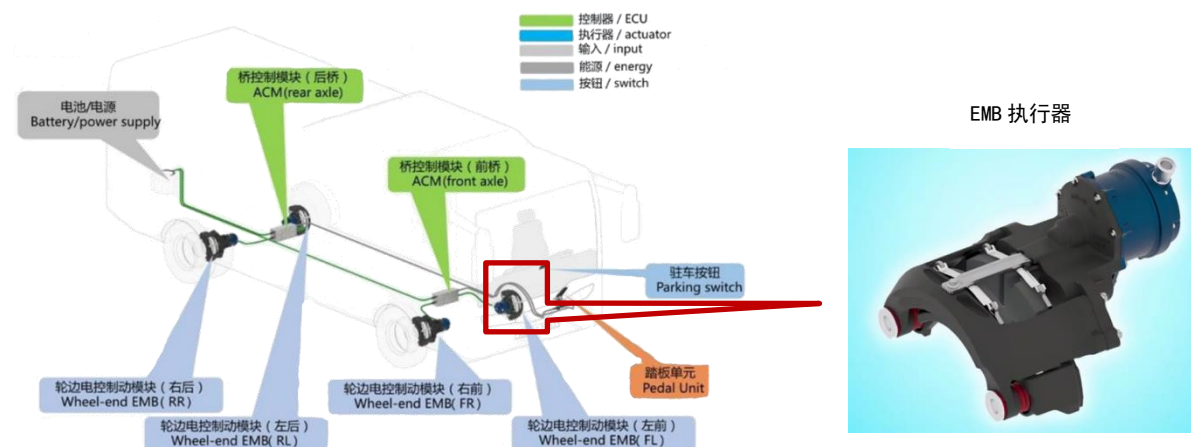
图14 商用车制动系统发展历程



资料来源：恒创智行，联储证券研究院

商用车具备空间和底盘设计优势。相对乘用车，商用车轮边空间更大（常见 22.5 英寸+），可容纳高功率永磁电机和散热模块，解决 EMB 核心痛点（电机散热和磁体耐高温问题）；且底盘结构相对简单，整车布置、设计余地较大，更容易实现 EMB 执行机构的选型和布置。

图15 恒创智行商用车 EMB 系统的组成



资料来源：恒创智行，联储证券研究院

商用车智能网联应用场景更加丰富。商用车在港口机械、无人矿卡、无人物流车/快递车等场景应用较多，或可产生更好的经济价值。各 EMB 方案供应商亦可根据多种特殊场景，在前期通过满足客户的定制开发或者小批量的装车需求进行业务拓展。

图16 百度无人矿卡



资料来源：百度 Apollo，联储证券研究院

图17 Nuro 无人配送车



资料来源：亿欧智库，联储证券研究院

## 2.4 市场规模：预计新增以智能网联市场为主，2030 年有望超 115 亿元

中国汽车工程学会规划 EMB 产品目标在 2025 年完成样机研制，并在 2030 年实现在商用车规模装载，在乘用车小规模装载。根据汽车工程学会发布的线控制动发展规划，到 2030 年线控制动有望在支持 OTA 升级、底盘信号集中域控、执行器冗余备份、主干网络通信速率、网络安全、电气系统架构等方面实现全线技术发展，在智能驾驶汽车中实现大规模应用。在智能网联汽车的快速成长下，国内有望出现具有国际竞争力的头部零部件企业，打破长期以来国际零部件巨头的垄断，并形成完整的自主可控的供应链体系。

图18 2025-2030 年线控制动发展目标

	2025年	2030年
产品目标	线控液压、气压制动产品满足L3级别自动驾驶安全需求；EMB完成样机研制	线控液压、气压产品满足L4安全需求和冗余要求；EMB批量应用；高电压线控产品完成研制
技术目标	响应、精度、一致性、部件可靠性等性能达国际一流水平；电制动力学控制、状态估计、传感等算法集成到域控	寿命、可靠性达到国际一流水平；算法集成到域控或中央控制，实现软硬分离
企业目标	自主线控制动企业初步形成品牌效应	培育有国际竞争力的线控制动企业
市场目标	电液（onebox、twobox）、电气（EBS、ABS+ESC等）线控制动在电动及燃油高端车型实现批量应用	电助力线控制动系统在新能源车、智能汽车大规模应用
产业链目标	关键部件产业链实现自主可控	完整的自主可控产业链

资料来源：中国汽车工程学会，联储证券研究院

在智能网联汽车发展的大趋势之下，无人物流车/快递车、无人矿卡、无人短驳车、Robotaxi 等的快速发展给 EMB 的上车提供了更多样的实现场景。预计部分企业的 EMB 产品有望在 2025 年完成上车试验，并于 2026 年开始实现装车。我们预测 2026 年相关法规落地后，EMB 将进入小规模量产阶段，渗透率预计达到 1%，以 2026 年 4000 元左右的单车价值计算，2026 年市场规模预计达到 14.17 亿元；预计从 2028 年开始，随着技术不断发展，以及关键零部件的国产化，在 EMB 相关产业链具备一定规模后（渗透率 5%+），价格有望逐步降低；到 2030 年，预计 EMB 应用范围进一步扩大（渗透率 15%），国内市场规模有望超过 115 亿元，2026-2030 年 CAGR 超 70%。



**表3 国内 EMB 市场规模预测**

	2024	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
汽车销量（万辆）	3143.60	3489.40	3541.74	3558.23	3561.18	3570.15	3572.95
EMB 渗透率	0.00%	0.00%	1.00%	2.00%	5.00%	10.00%	15.00%
EMB 搭载量（万辆）	0.00	0.00	35.42	71.16	178.06	357.02	535.94
平均单车价值（元）	-	-	4000.00	3800.00	3420.00	2736.00	2188.80
市场规模（亿元）	-	-	14.17	27.04	60.90	97.68	117.31

资料来源：中汽协，联储证券研究院测算

## 2.5 参与公司：本土企业加速布局，量产节点普遍瞄准 2025-2026 年

目前，EMB 技术在国内外均未实现广泛应用，正处于从实车试验验证向量产应用过渡的阶段，国内外诸多厂商正加速布局，推进商业化落地进程。在国内市场，随着法规逐步放开、供应链日益升级完善，本土企业凭借开放合作、成本优势、快速迭代能力，有望抓住弯道超车的绝佳机遇，打破 EHB 阶段市场国外厂商的垄断地位，实现国产替代。

**1) 国际传统制动系统厂商：**包括 Bosch、Continental、ZF、Brembo 等，线控系统发展较早，长期垄断 EHB 高端市场，并在 EMB 研发、试验等布局较早，综合竞争力较强。

**2) 国内传统汽车底盘厂商：**包括伯特利、亚太股份、弗迪科技、京西集团等，部分企业已完成各类试验验证，具备上车条件，例如伯特利的 EMBA 轮首样已于 2023 年 8 月完成制作，并已进行冬季试验验证。

**3) 国内初创公司：**包括坐标系、华申瑞利、千顾科技等，有些已经实现首样开发，并实现上车试验，例如坐标系 EMB 产品已获得多家国内一线整车厂的联合开发订单，并完成了相关车型的全套 EMB 系统联合冬测，计划于 2025 年底正式量产装车（风行星海 V9）。

**EMB 商业化产品量产节点普遍瞄准在 2025-2026 年。**多家头部企业已明确 EMB 产品化路径并启动量产筹备工作，加快 EMB 系统的样车测试、产线建设与主机厂导入，例如 **Bosch** 新一代 EMB 已获三家中国主机厂订单，计划于 2025 年第四季度量产；**伯特利** 计划投资年产 60 万套 EMB 研发及产业化项目，计划于 2025 年下半年小批量生产，于 2026 年上半年正式量产；**坐标系** EMB 产品覆盖 25kN、35kN、45kN、65kN 夹紧力，并完成定价——全系任意车型配置成本仅 3488 元，计划于 2025 年底正式量产；**炯熠电子** 完成了全国产化芯片 EMB 的冬季测试，获得头部主机厂的量产定点，计划于 2025 年下半年量产，并已完成年产 15 万套 EMB 量产生产线准备；**华申瑞利** 正推进多个头部主机厂量产定点，计划于 2026 年第三季度量产；**千顾科技** 已推出 A 样硬件和开发平台，计划于 2026 年第四季度实现量产。



**表4 国内外布局 EMB 的厂商及发展情况（不完全统计）**

	供应商	计划量产时间	发展情况
外资	Bosch	2025 年四季度	已开发出用于电动车和自动驾驶的 EMB 原型系统，新一代 EMB 系统已获三家中国主机厂订单，计划 2025 年第四季度量产。
	ZF	-	2025 年 1 月初宣布已与一家全球知名汽车制造商达成协议，将在合同期内为近 500 万辆汽车配套干式线控制动系统。
	Continental	-	已深度参与 EMB 的整车集成开发，与本土主机厂共建联合实验室。依照其“未来制动系统”路线图，分阶段从传统液压制动向全电动干式制动系统演进。FBS2 “前湿后干”方案已获全球客户订单，FBS3 全干式制动系统在黑河冬季测试中完成了与国内主机厂的联合验证。
	Hitachi Astemo	-	面向高级别自动驾驶和软件定义汽车平台，计划覆盖从乘用车到轻型商用车的全产品线。
	Brembo	2025 年	2021 年，SENSIFY™ 的 EMB 制动系统原本计划在 2024 年完成量产，目前规划 2025 年开启。
	Mando	-	2021 年 CES 展上发布了 EMB 样机。
内资	伯特利	2025 年下半年小批量生产，2026 年上半年正式量产	2024 年完成 EMB A 样制作，并进行冬季试验验证。2025 年计划投资年产 60 万套电子机械制动 EMB 研发及产业化项目。
	亚太股份	-	EMB 产品已通过极寒环境测试（-30℃），进入 B 样阶段，在实车试驾中展现出了优异的平顺性与制动性能。集成轮毂电机、电子机械制动（EMB）等系统的角模块技术完成研发，支持车辆原地转向、横向移动等功能，可为 L4 级自动驾驶提供底盘解决方案。
	拓普集团	-	在 2025 年粤港澳大湾区车展上首次公开展示 EMB 系统。
	恒创智行（万安科技）	-	前身为瑞典瀚德集团与浙江万安科技合资的“瀚德万安”，2023 年改制为内资企业，深耕商用车 EMB 领域，产品已经过包括 250 万次耐久试验、高低温测试、强化道路及 EMC 测试，确保性能稳定可靠。2023 年冬标验证了 ABS、制动力分配、失效模式及辅助制动等功能，展现了对智能驾驶的适应性。EMB 产品涵盖三大主要规格，已针对 19.5 寸与 22.5 寸中型车辆完成 DV 验证，覆盖 20 吨以下车型，并正推进 60 吨牵引车/挂车的验证，预计 2025 年完成全系列 DV 验证，满足量产准入。已布局商用车 EMB 产线，年产能达 3 万套，涵盖智能踏板、桥控模块及卡钳模块，实现全机械化装配与检测。
	坐标系	2025 年底	通过 Tier 0.5 模式与车企深度绑定（奇瑞、东风柳汽、吉利远程等），从产品定义阶段介入，缩短研发周期并降低成本。与东风柳汽签署 EMB 战略采购合同，与吉利远程 N72 签约 EMB 项目定点。
	京西智行（京西重工）	2026 年	EMB 产品覆盖 25kN、35kN、45kN、65kN 夹紧力，能够满足多样化需求，全系任意车型配置成本仅 3488 元。与林泉电机、汉拿等核心供应商签署量产保障协议，构建从电机传动到域控芯片的国产化供应链，产能规划达 80 万套/年。
	弗迪动力	待定	2026 年将在德、日、美设立技术中心，直接对接国际车企需求。目前已有三家欧洲车企启动工程验证，某德系豪华品牌更将坐标系纳入 2027 年 EMB 架构首选供应商。
	精工菲格	-	提出“2035 全线控”战略，已于 2023 年和 2025 年初连续在中国、欧洲、北美开展冬季寒区 EMB 测试，第三代 EMB 已经过大庆和瑞典三轮冬季测试，并在盐城开展夏季测试，进入全面验证和算法优化阶段。
	华申瑞利	2026 年第三季度	已获凯翼汽车和悠跑科技战略合作，规划于 2026 年初启动 EMB 生产线筹备与供应链协同，于 2026 年底在国内量产。
	谋行科技	-	比亚迪旗下公司，EMB 研发与新能源车型深度协同，量产时间待定。
	炯熠电子（凯众股份、万安科技）	2025 年下半年	2025 年 3 月初，长城汽车与全资子公司精工菲格共同研发的 EMB 产品，正式通过了功能安全 ASIL D 等级认证，获国内首张 EMB 产品功能安全认证证书。
	拿森科技	-	2025 年初完成近亿元 A 轮融资，累计融资超亿元，正推进多个头部主机厂量产定点，计划 2026 年第三季度量产。EMB 产品支持 ASIL-D 功能安全，夹紧力精度达 1%，已通过两轮冬测验证。
	千顾科技	2026 年四季度	完成了 A 样、B 样的所有软硬件测试，以及两轮高附测试及第一轮冬季标定整车测试。2024 年 12 月，发布乘用车 EMB 线控制动系统和商用车 EMB 线控制动系统，覆盖小型、中型及大型的不同尺寸规格的车辆，标准化产品响应速度可以做到 100ms 以内，并有三款不同夹紧力的产品设计来匹配不同客户不同车型的需求。同时第一条专业化的 EMB 智能化柔性产线正式启动，可支持乘用车及轻型商用车系列化 EMB 卡钳式执行器的装配及下线检测，设计年产能 40 万套。

利氪科技

2026 年

与蒂森克虏伯联合研发双电机全干式 EMB，2024 年完成冬测，计划 2026 年量产。2025 年 4 月推出了 EMB-LK®电子机械制动系统，可满足 3.5 吨位的乘用车响应时间小于 85ms，采用冗余安全设计，可满足 ASIL-D 最高功能安全等级，预计将于 2026 年在头部车企的高端车型首发量产。

资料来源：腾讯，拓普集团，高工智能汽车，盖世汽车，坐标系，盖世汽车，汽车观察，懂车帝，太平洋汽车，拿森科技，千顾科技，联储证券研究院

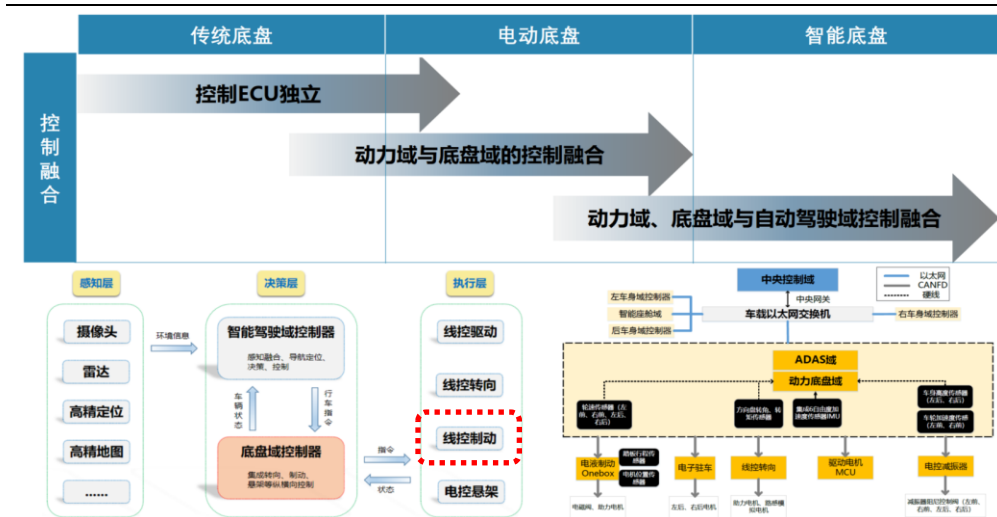
### 3. EMB 线控制动发展驱动因素

#### 3.1 ADAS 与 EMB 可实现双向赋能

线控制动技术是实现主动安全的底层基础，EMB 更适配未来 L4-L5 等高级别智能驾驶系统。新能源汽车已成为电动化、智能化、网联化的创新集成类产品，安全性是保障智能驾驶的重中之重。随着自动驾驶等级的提高，对制动系统性能的考验也更加严苛，在目前的 L2 及 L2+阶段，以 ABS、ESP 为基础的 EHB 得以快速发展。而在未来的智能网联汽车时代，L4 及以上智能驾驶要求车辆的行驶安全性，特别在极限工况下的安全性必须得到严格保障。因此，要求底盘控制技术，特别是各执行机构具有快速的响应、精确的控制、全冗余的设计等更高的性能要求。目前来看，各企业在研、试验的双电源、双芯片、踏板第三路冗余等多冗余架构的 EMB 制动系统可解决电子失效风险，响应时间可缩短至 80ms 以内，同时满足 ADAS 的精准控制需求。

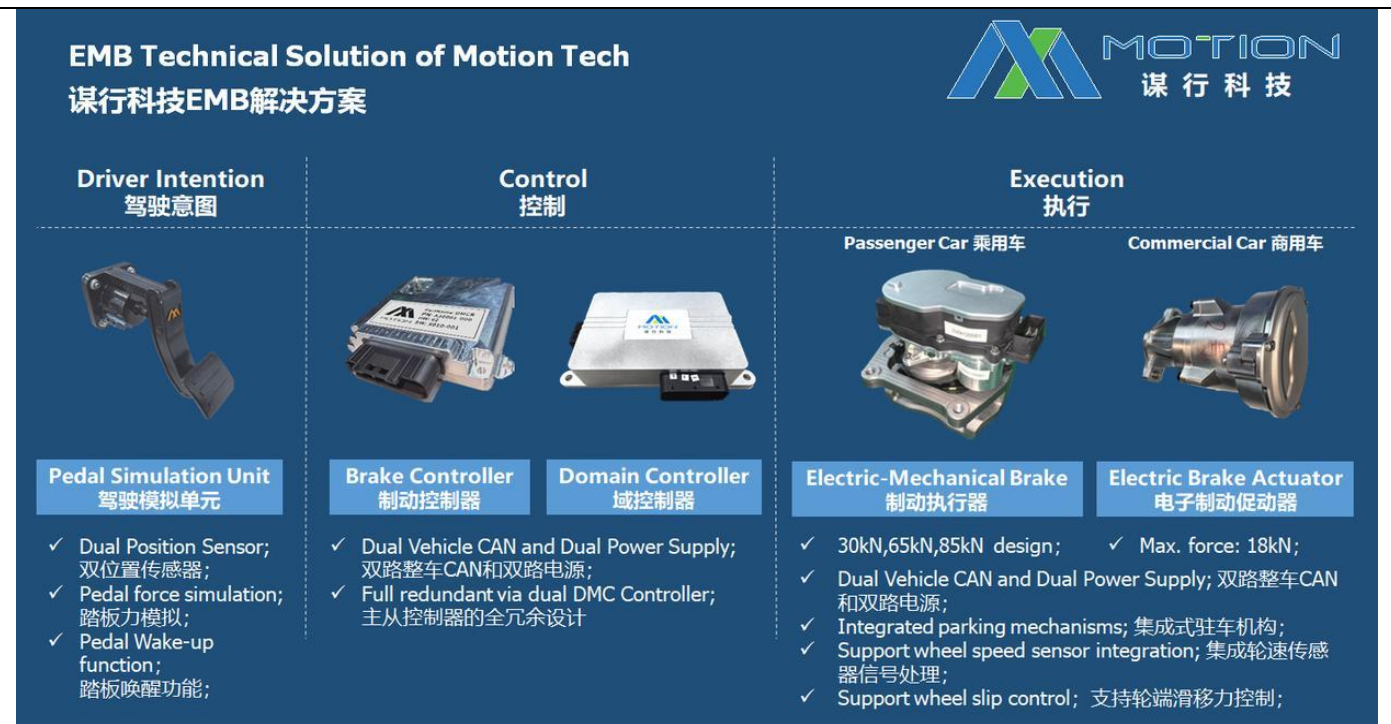
未来汽车智能底盘技术要求实现 X(驱动/制动系统)、Y(转向系统)、Z(悬架系统)三个方向的深度协同，具备高度的集成化控制能力。目前，汽车底盘技术已从传统底盘发展到电动底盘，智能底盘技术初步实现应用，电动化、智能化技术得到有效发展。根据汽车智能底盘路线图，智能底盘是为智能驾驶系统、座舱系统、动力系统提供承载平台，具备认知、预判和控制车轮与地面间相互作用、管理自身运行状态的能力，具体实现车辆智能行驶任务的系统。由此，智能底盘在传统被动底盘的基础上，构型要素进一步外延，感知层、决策层和执行层的涵盖内容进一步丰富，使得 EMB 线控制动系统成为执行层的关键组成部分。未来智能底盘的竞争，将更加强调 XYZ 的技术整合和协同能力，软件定义底盘将在 EMB 技术的基础上更多强调系统级综合性能。

图19 汽车智能驾驶系统架构发展路线



资料来源：中国汽车工程学会，联储证券研究院

图20 谋行科技 EMB 综合解决方案



资料来源：谋行科技，联储证券研究院

### 3.2 国内标准落地、法规制约将解除，加速 EMB 商用化落地

国内 EMB 标准制定紧跟欧盟，商用车 EMB 团体标准已先行。2018 年起，欧洲经委会（ECE）开始讨论 EMB 纳入 UN R13 会议的议题。2024 年上半年，ECE 完成 EMB 的修订版标准草稿版，在 2024 年提交审议并计划于 2025 年正式发布。国内从 2019 年开始，中汽中心把 EMB 标准列入制动行标工作“十四五规划”。2022 年 9 月，商用车 EMB 团体标准 T/CAAMTB 85-2022 推出，引入更严苛的台架和实车测试流程，推动国内建立 EMB 专属测试规范。

**2026 年法规制约解除，EMB 的商业化落地预计将加速。**乘用车和商用车制动系统技术要求及试验方法 GB 21670 和 GB 12676 的推出，标志着我国 EMB 法规取得重大进展。2024 年 9 月，国家标准《GB 21670 乘用车制动系统技术要求及试验方法》发布二次征求意见稿，首次新增 EMB 相关技术要求，且核心内容与欧标 ECE R13-H 对齐，标准直接面向全球，破除出海障碍。同年，《GB 12676 商用车制动系统技术要求及试验方法》开启修订，添加对商用车 EMB 相关的技术要求。2025 年 5 月 30 日，国家标准《GB 21670-2025 乘用车制动系统技术要求及试验方法》正式发布，将于 2026 年 1 月 1 日实施，其中首次新增电力传输制动系统 ETBS，包含 EMB 的相关技术要求，填补此前“无标可依”的法规空白，这意味着到 2026 年 EMB 已具备量产上车的法规要求。

国内市场汽车大规模前装 AEBS 进入倒计时，预计将促进 EMB 需求和商业化落地。2025 年 5 月，强制性国家标准《轻型汽车自动紧急制动系统技术要求及试验方法》完成起草，进入公开征求意见阶段，与《GB 21670》修订版形成协同。对比现行标准，由推荐性转为强制性，且适用范围有所扩大，要求“M1 和 N1 类汽车应装备自动紧急制动系统”，意味着所有的乘用车必须安装自动紧急制动系统（AEBS）。EMB 的快速响应特性高度兼容 AEBS，该标准正式落地后，预计将进一步推动国内 EMB 的需求增加及商业化落地。



表5 国内与 EMB 相关的标准和法规（不完全统计）

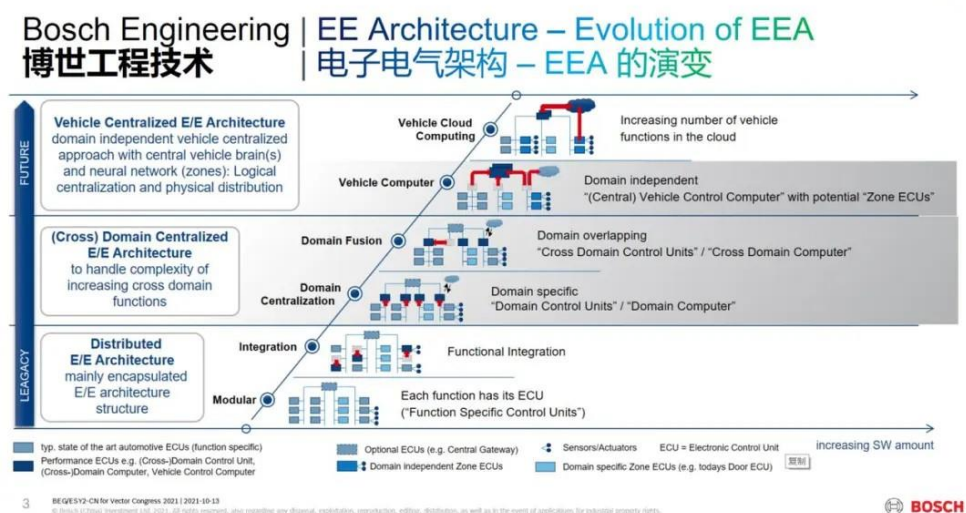
时间	标准/法规名称	核心内容	状态
2026 年（预计）	《GB 12676 商用车制动系统技术要求及试验方法》修订版	新增商用车 EMB 的台架试验方法及性能要求（如制动压力精度 $\pm 5\%$ ），与乘用车标准保持协同。	修订中
2025 年 5 月	《GB 21670-2025 乘用车制动系统技术要求及试验方法》	新增 EMB 技术条款，对供电冗余、制动性能冗余及耐用可靠性等指标均制定严格标准。	正式版发布
2025 年 5 月	《轻型汽车自动紧急制动系统技术要求及试验方法》	将替代现行国标 GB/T 39901-2021。要求“M1 和 N1 类汽车应装备自动紧急制动系统”，其中，M1 类汽车主要指轿车、SUV、MPV 等乘用车，N1 类汽车主要指轻型载货汽车。	公开征求意见阶段，截止日期为 2025 年 6 月 30 日
2024 年 9 月	《GB 21670 乘用车制动系统技术要求及试验方法》二次征求意见稿	首次纳入 EMB 技术要求，包括冗余设计（双电源/双芯片）、响应时间（ $<100\text{ms}$ ）、能量回收兼容性等，明确 EMB 需通过高温（ $600^\circ\text{C}+$ ）和电磁干扰测试。	计划 2026 年 7 月正式发布，与欧标 ECE R13 接轨
2022 年 9 月	《T/CAAMTB 85-2022 商用车电子制动卡钳总成性能要求及台架试验方法》	首个 EMB 专用标准，涵盖商用车 EMB 卡钳的机械性能（如夹紧力、疲劳寿命）、耐久性及测试流程，填补国内 EMB 标准化空白。	已实施，团体标准

资料来源：工信部，中汽协，联储证券研究院

### 3.3 集成式电子电气架构的高度解耦特性促使 EMB 需求增长

随着智能驾驶向高级别发展，感知元器件增多、数据海量增长，例如激光雷达、毫米波雷达、摄像头等传感器采集的数据，传统汽车的分布式电子电气架构受限于分散的 ECU 和嵌入式软件架构，算力利用率低、功能集成难度大且迭代缓慢，无法满足高级别智能驾驶的需求。因此，整车电子电气架构（EEA）开始向集中化发展，例如博世将 EEA 划分为六个阶段：模块化（Modular）、集成化（Integration）、域集中（Domain Centralization）、域融合（Domain Fusion）、整车中央计算平台（Vehicle Computer）、车-云计算（Vehicle Cloud Computing）。当前，多个车企聚焦于功能域控制器集中-多域控制器融合架构发展阶段，例如特斯拉、零跑汽车、小鹏汽车等。集成式电子电气架构要求软硬件高度解耦，EMB 的全电子化架构完全取代液压管路，可实现制动系统的完全解耦，支持软件定义制动策略（开发个性化驾驶体验），能更好地适配域控制器与中央计算平台（或云平台），从而实现与整车运动控制（VMC）的深度融合，并与转向、悬架等底盘系统协同实现更高效、多功能的车辆动态控制。

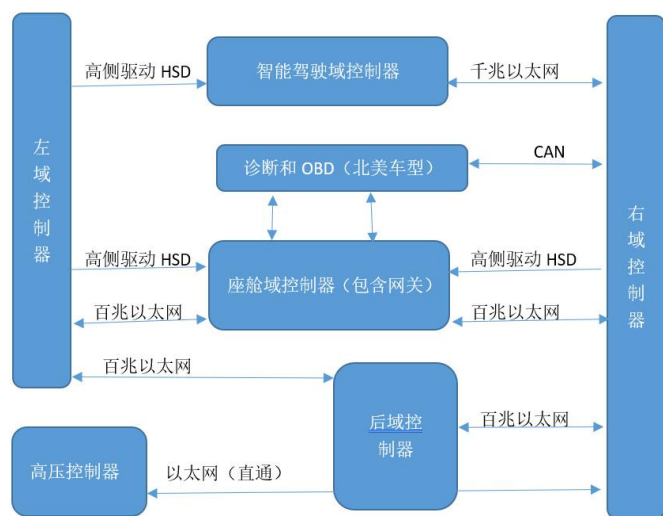
图21 汽车电子电气架构发展示意图



资料来源：博世，联储证券研究院

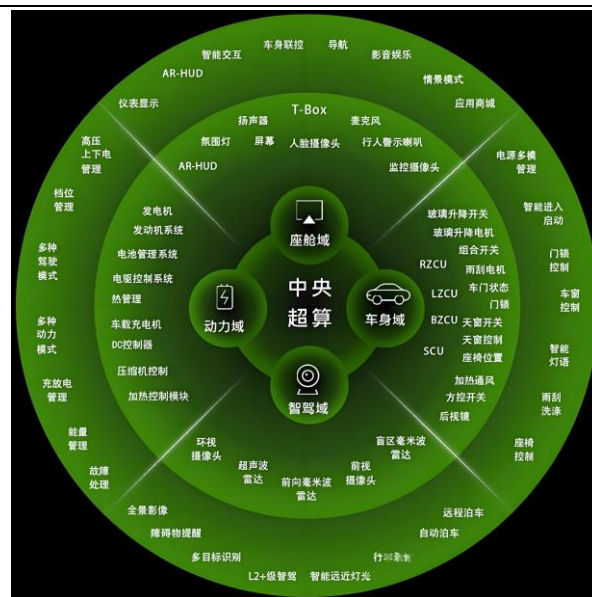


图22 特斯拉电子电气架构示意图



资料来源：新浪汽车，联储证券研究院

图23 零跑汽车“四叶草”电子电气架构示意图



资料来源：零跑汽车，联储证券研究院

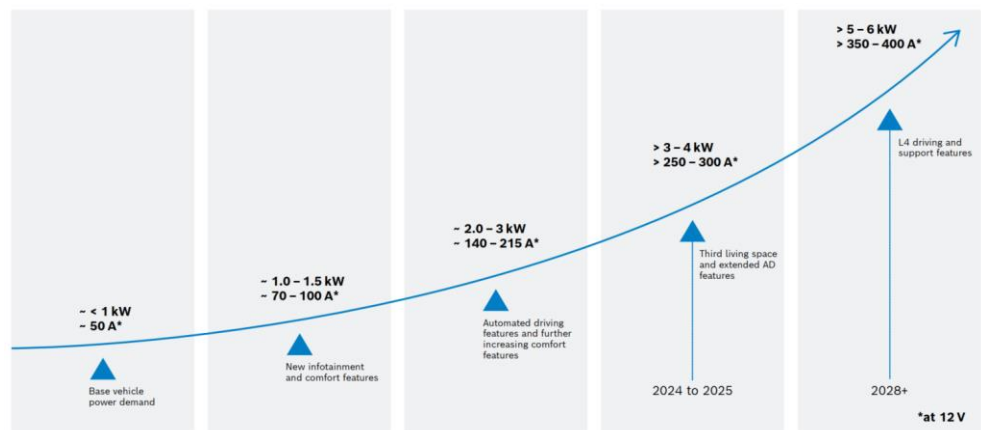
### 3.4 48V 电源系统可助力 EMB 功率、安全等各项性能提升

48V 电源系统最早出现在燃油汽车的 48V 轻混系统，随着汽车电动化、智能化的快速发展，电气化零部件、智能驾驶和智能座舱等功能不断增多，汽车在高功率需求、能效优化、轻量化等方面要求提高，48V 电源系统逐渐开始替代 12V 系统。特别是高级别智能驾驶对制动系统各项性能的要求进一步提升，在 48V 系统环境下，EMB 可以更好的发挥快速响应、多重安全冗余等优势。随着 48V 电源系统的应用，为 EMB 提供了必要的功率基础与安全冗余能力，为 EMB 量产落地提供更多的支持条件。

**48V 系统可实现 EMB 高功率、高制动力、低能耗支持。**高级别智能驾驶系统要求 EMB 响应快，因此电机需要具备较高的比功率。在传统 6V、12V 系统下，小功率电机难以满足性能需求，而大功率电机又有体积和空间布置限制，因此限制了整个系统的性能。48V 系统可以满足 EMB 的瞬时高功率需求（1-3kW），使电机响应速度更快，制动精度更高，制动力更大，有助于实现更短距离的制动，提高车辆的制动性能和安全性。并且，在相同功率下又可以显著减小电流，降低能量损耗（ $P_{loss}=I^2R$ ）、减轻线束重量（电流降低可用更小规格线缆），进一步提高系统能效，优化结构布置。

**48V 系统使 EMB 安全冗余能力增强。**48V 系统更易实现 EMB 双电源备份，满足 ASIL-D 功能安全等级（最高等级）要求。例如，小米的 48V EMB 方案采用全冗余供电和通信设计，确保单点故障时系统仍可运行。同时，48V 电压等级（ $\leq 60V$ ）符合安全标准，无需额外高压防护措施。短期看，混合电压架构（48V+12V）仍是主流；长期看，随着功率器件和相关标准完善（如 ISO 21780），全 48V EMB 系统将逐步普及。

图24 车辆低压电网功率演进图



资料来源：博世，联储证券研究院

## 4. 投资建议

**EMB 软硬件解耦的系统架构更适配未来智能网联汽车制动的最终解决方案。** EMB 取消了 iBooster、制动主缸、液压管路等零部件，通过电信号控制分布在轮毂处的执行器直接建立制动力，是真正意义的线控制动，可实现区域/中央集中控制融合。EMB 具备制动响应快（ $\leq 100\text{ms}$ ）、效率高、系统质量轻等优点，满足 ADAS 对快速、精准制动的需求。

**2025 年技术标准落地、2026 年法规制约将解除，进一步加速 EMB 上车进程。** 2025 年 5 月，《GB 21670-2025 乘用车制动系统技术要求及试验方法》正式发布，将于 2026 年 1 月 1 日实施，其中首次新增 EMB 相关技术要求，填补此前“无标可依”的法规空白。2025 年 5 月，《轻型汽车自动紧急制动系统技术要求及试验方法》完成起草，要求所有的乘用车必须安装 AEBS，预计将进一步促进 EMB 需求增加，推动商业化落地。

**预计国内 EMB 市场规模 2026-2030 年 CAGR 超 70%。** 我们预测 2026 年 EMB 将进入小规模量产阶段，渗透率乐观预计或达到 1%，以 2026 年单车价值 4000 元计算，当年市场规模达 14.17 亿元；预计 2028 年开始，随着技术不断发展、关键零部件国产化率提高，成本有望逐步降低；到 2030 年，预计国内 EMB 市场规模有望超 115 亿元。

在智能网联汽车快速发展的趋势下，无人物流车/快递车、无人矿卡、无人短驳车、Robotaxi 等给 EMB 上车提供了更多样的实现场景。其中，乘用车混合线控制动方案（EHB+EMB）或为初期相对容易实现的方案。商用车载重大、能耗高，对制动性能、安全性、经济效益等需求迫切性更高，商业化落地或快于乘用车。**本土企业量产节点普遍瞄准 2025-2026 年，预计部分企业产品有望在 2025 年完成上车试验，并于 2026 年实现小批量装车。**

**相关上市公司：**万安科技（002590.SZ）、伯特利（603596.SH）、亚太股份（600692.SH）、拓普集团（601689.SH）、凯众股份（603037.SH）、均普智能（688306.SH）、耐世特（01316.HK）。

## 风险提示

法规落地不及预期；汽车产销不及预期；技术发展不及预期；技术路线变革。

### 免责声明

联储证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司的客户使用。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，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。

本报告的信息均来源于本公司认为可信的公开资料，但本公司及其研究人员对该等信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的资料、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，可能会随时调整。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。本公司不保证本报告所含信息及资料保持在最新状态，对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本公司力求报告内容客观、公正，但本报告所载的资料、工具、意见、信息及推测只提供给客户作参考之用，不构成任何投资、法律、会计或税务的最终操作建议，本公司不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保。本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。投资者应当充分考虑自身特定状况，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。

投资者应注意，在法律许可的情况下，本公司及其本公司的关联机构可能会持有本报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司正在提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。

本报告版权归“联储证券股份有限公司”所有。未经事先本公司书面授权，任何机构或个人不得对本报告进行任何形式的发布、复制。任何机构或个人如引用、刊发本报告，需注明出处为“联储证券研究院”，且不得对本报告进行有悖原意的删节或修改。

### 分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，本报告所表述的任何观点均精准地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法，结论不受任何第三方的授意或影响。我们所得报酬的任何部分无论是在过去、现在及将来均不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

### 投资评级说明

投资建议的评级标准		评级	说明
评级标准为报告发布日后的 6 个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的相对市场表现。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；香港市场以恒生指数为基准。	股票评级	买入	相对同期基准指数涨幅在 10%以上
		增持	相对同期基准指数涨幅在 5%~10%之间
		中性	相对同期基准指数涨幅在 -5%~+5%之间
		减持	相对同期基准指数跌幅在 5%以上
	行业评级	看好	相对表现优于市场
		中性	相对表现与市场持平
		看淡	相对表现弱于市场

### 联储证券研究院

#### 青岛

地址：山东省青岛市崂山区香港东路 195 号 8 号楼 11、15F  
 邮编：266100

#### 上海

地址：上海市浦东新区滨江大道 1111 弄 1 号中企国际金融中心 A 栋 12 层  
 邮编：200135

#### 北京

地址：北京市朝阳区安定路五号院 13 号楼 B 座 14 层  
 邮编：100029

#### 深圳

地址：广东省深圳市南山区沙河街道深云路 2 号侨城一号广场 28-30F  
 邮编：518000