



汽车

优于大市（维持）

证券分析师

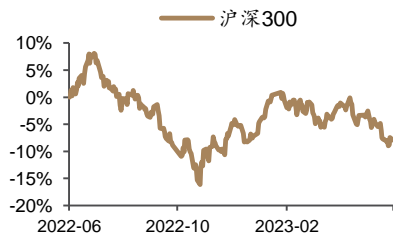
俞能飞

资格编号：S0120522120003

邮箱：yunf@tebon.com.cn

研究助理

市场表现



相关研究

- 《旭升集团(603305.SH): 新能源轻量化实现首次腾飞, 户储&铝瓶开启二次成长曲线》, 2022.11.28
- 《上声电子(688533.SH): 汽车声学系统国内龙头, 深度受益汽车电动化》, 2022.11.4
- 《英搏尔(300681.SZ): 营收放量初现, 上下游两端着力筑稳增长格局》, 2022.10.29
- 《英搏尔(300681.SZ): 下游需求迅猛增长, 叠加技术迭代实现量价齐升》, 2022.9.22

汽车轻量化势不可挡, 一体化压铸东风已至

投资要点:

- **政策指引+电动化持续渗透, 推动汽车轻量化发展加速。**2021年全国机动车保有量增长至3.95亿辆, 四项污染物排放总量为1557.7万吨, 同比-2.2%, 减排速度有所放缓。而相关研究表明, 车重每减轻10%, 油耗可降低6%-8%。“双碳”政策及燃油车减耗目标下, 汽车轻量化发展刻不容缓。此外对新能源汽车而言, 续航里程焦虑仍是客户主要关切, 而整车重量每降低10kg, 续航里程可增加约2.5km。叠加新能源汽车三电系统重量大, 加速催化汽车轻量化发展。
- **材料、结构、工艺轻量化为汽车减重三大着手点。**①**材料轻量化:**采用高强度钢、铝合金、镁合金、碳纤维等代替传统钢材料, 通过降低密度和用量实现整车减重, 四者之间呈现减重效果和成本递增态势。其中铝合金减重性价比, 据美国铝业公司研究, 汽车典型零件用铝的一次轻量化效果为30%-40%, 二次轻量化效果可升至50%, 中长期增量可观。此外工程塑料应用领域正由内外饰件延伸至功能结构件, 发展前景广阔。②**结构轻量化:**包括尺寸、形状、形貌及拓扑优化等, 其中尺寸优化发展最早最为成熟; 拓扑优化是在结构布局尚未确定的情况下进行优化设计, 极具应用价值。③**工艺轻量化:**包括一体化压铸、激光拼焊、热成形、液压成形、压力铸造及轻量化连接技术等, 各种方式协同发展、各有应用。
- **一体化压铸助力整车制造成本下探及效率提升, 大规模应用确定性强。**一体化压铸是将传统汽车生产中冲压和焊装整合为压铸, 工艺高度简化。随着特斯拉率先推出, 免热合金材料、大吨位压铸机及配套模具等上游环节不断取得突破, 行业具备向大型化、一体化压铸转型的必要条件。此外与冲焊工艺相比, 一体化压铸能显著降低产线、材料、人力及续航成本, 提升生产效率。以普通电动车电池容量80kwh为例, 采用一体压铸车身能实现减重10%, 续航里程提升14%, 若保持续航不变, 则电池容量可减少10kwh。按磷酸铁锂电池pack成本800元/kwh计算, 可降低成本8000元。必要条件已具+优势显著, 一体化压铸大规模应用确定性强。
- **一体化压铸产业链上游为压铸机、材料与模具厂商, 中游为铝合金压铸厂, 下游为主机厂。**①**上游:**一体化压铸需要免热合金材料, 国内立中集团、上海交大、广东鸿图、湖北新金洋等已研制成功, 材料端竞争充分。一体化压铸对模具的强度及韧性要求更高, 模具端以未上市企业为主, 当前6000吨模具已量产, 12000吨正在研发中。大型压铸机是实现一体化压铸的基础, 力劲科技为行业龙头, 12000吨以上压铸机有望助力整车级别一体化压铸件。②**中游:**国内压铸行业集中度较低, 中游压铸厂商纷纷布局, 文灿、鸿图、拓普等较为领先。③**下游:**特斯拉率先推出一体化压铸, 引领行业发展方向。大众全新SSP平台将引入一体化压铸, 后车身一体式铝压铸样件成功下线。国内新势力奋起直追, 蔚来较为领先; 吉利、比亚迪、长城等传统车企也已入局。
- **风险提示:**汽车销量不及预期, 轻量化渗透不及预期, 原材料价格波动风险

行业相关股票

股票代码	股票名称	市值(亿元人民币)	EPS(元)			PE(倍)		
			2022A	2023E	2024E	2022A	2023E	2024E
605208.SH	永茂泰	31	0.37	0.43	0.72	35.94	22.07	13.02
0558.HK	力劲科技	115	0.46	0.45	0.60	26.19	20.13	15.11

资料来源: wind 一致预期(截至6月15日收盘), 德邦研究所

内容目录

1. 政策指引+电动化持续渗透，汽车轻量化发展加速	6
1.1. 机动车是大气污染重要来源，发展汽车轻量化实现节能减排刻不容缓	6
1.2. 燃油车减耗目标高，整车减重可有效提升燃油效率	7
1.3. 电动车三电系统重量大，提升续航里程需求推动轻量化发展	8
2. 材料、结构、工艺轻量化为汽车减重三大着手点	9
2.1. 材料轻量化：高强度钢为当前主流，铝合金增量可期	10
2.1.1. 高强度钢：价格最低、屈服强度和抗拉强度高，当前应用最为广泛	10
2.1.2. 铝合金：减重性价比高，中长期增量可观	12
2.1.3. 工程塑料：由内外饰件延伸至功能结构件，发展前景广阔	14
2.1.4. 碳纤维：减重幅度最大，成本高+回收利用困难制约发展	15
2.1.5. 镁合金：减重效果仅次于碳纤维，腐蚀问题和制造工艺难题有待突破	18
2.2. 结构轻量化：几种方式各具优势，拓扑优化为事前优化极具应用价值	20
2.3. 工艺轻量化：多种轻量化工艺协同发展，热成形过去十年应用广泛	21
3. 一体化压铸助力整车制造成本下探、效率提升	23
3.1. 一体化压铸降本增效，设备成本、模具制造难度、材料要求为主要壁垒	23
3.2. 上游材料、模具、设备屡获突破，中游压铸制造企业众多	26
3.2.1. 上游：材料端竞争充分，模具端未上市企业为主，设备端力劲科技位居龙头	27
3.2.2. 中游：文灿、鸿图等布局企业数量多，压铸制造行业集中度较低	29
3.3. 特斯拉引领轻量化发展，大众、新势力等纷纷跟进	29
3.3.1. 特斯拉：率先推出一体化压铸，引领行业发展方向	29
3.3.2. 大众：全新 SSP 平台将引入一体化压铸，后车身一体式铝压铸样件成功下线	32
3.3.3. 新势力奋起直追，传统车企纷纷跟进	34
4. 投资建议	37
5. 风险提示	37

图表目录

图 1: 2022 年全国汽车保有量达 3.2 亿辆, 同比+5.6%	6
图 2: 汽车成为全国主要大气污染源, 2017 年汽车氮氧化物排放量占全国比重达 33.34%	6
图 3: 2021 年机动车四项污染物排放总量为 1557.7 万吨, 同比-2.2%, 汽车减排速度有所放缓	6
图 4: 2019 年传统能源乘用车油耗为 6.46L/100km, 较 2018 年降低 0.16L/100km.....	7
图 5: 2025 年传统能源乘用车新车油耗目标为 5.6L/100km, 2030 年为 4.0L/100km, 减耗压力大	7
图 6: 2035 年燃油乘用车整车轻量化系数目标降幅为 25%.....	8
图 7: 新能源汽车渗透率持续提升, 2022 年单月最高达 36.2%	8
图 8: 2022 年全国新能源汽车保有量大幅增长至 1310 万辆	8
图 9: 2035 年纯电动乘用车轻量化系数目标降幅为 35%	9
图 10: 通过材料、结构设计以及工艺轻量化可以实现汽车轻量化压铸	9
图 11: 各高强度钢抗拉强度及延展率	11
图 12: 高强度钢可以应用于汽车面板、车体框架以及底盘等	11
图 13: 铝合金具有减重效果好、提高汽车性能等多重优势	13
图 14: 2020 年中国汽车市场铝合金部件渗透率	13
图 15: 铝合金在汽车上的使用	13
图 16: 工程塑料在汽车领域的应用已延伸至结构性及功能性部件	14
图 17: 中国碳纤维国产化率逐步提升, 2021 年达 47%	16
图 18: 碳纤维材料在汽车轻量化设计中主要应用于车身结构、底盘部件、内饰件等多领域	17
图 19: 镁合金是汽车轻量化的理想材料, 性能优点显著	18
图 20: 镁合金可用于汽车壳体、支架、扶手结构以及汽车显示系统等多领域	18
图 21: 车用镁合金正处于导入期, 单车用镁量有较大提升空间	18
图 22: 预计 2025 年中国乘用车镁合金铸件需求量达 60 万吨	18
图 23: 刚度低、耐腐蚀性差、生产成本高是当前镁合金广泛应用受阻的主要原因	19
图 24: 板材液压成形技术示意图	21
图 25: 传统汽车生产制造包括冲压、焊装、涂装、总装	23
图 26: 传统工艺下车体总成需要 9 道工序	24
图 27: 一体化压铸下车体总成仅需 2 道工序	24

图 28: 传统冲压&焊接工艺需要超 370 个零件, 一体化压铸则直接输出下车体总成 2-3 个, 经少量焊接完成下车体总成制造	25
图 29: 一体化压铸具有降本提效等多重优势	25
图 30: 一体化压铸具有设备、模具、原材料及工艺等方面壁垒	25
图 31: 压铸高速充型的技术参数	26
图 32: 一体化压铸对模具的要求	26
图 33: 一体化压铸产业链及相关公司	26
图 34: 特斯拉 Model 3 后车身区域有 70 个零部件	30
图 35: 特斯拉 Model Y 一体压铸后车身精简为 1 个零件	30
图 36: 特斯拉 Model Y 一体式压铸后底板总成	30
图 37: 特斯拉独家配方的高强度合金材料	31
图 38: CTC 技术可以节省 370 个零部件, 为车身减重 10%, 续航里程增加 14%	31
图 39: 大众汽车 MLB-evo 平台混合车身结构示意图	32
图 40: 大众汽车 MLB-evo 平台底盘示意图	32
图 41: 全新一代途锐采用铝材+高科技钢混合式车身结构, 减重 106 公斤	32
图 42: 新一代奥迪 A8 车身材料示意图	33
图 43: 新一代奥迪 A8 车身结构示意图	33
图 44: 新一代奥迪 A8 车身连接方式	33
图 45: 车身采用多种复合连接方式	33
图 46: 大众全新 SSP 平台	34
图 47: 大众汽车后车身一体式铝压铸件样件	34
图 48: 蔚来 ET5 超高强度钢铝混合车身	34
图 49: 蔚来 ES8 全铝车身	34
图 50: 蔚来 ES8 采用了 7 种先进的连接技术	35
图 51: 理想 one 动力总成采用“四点悬置”设计	36
图 52: 理想 one 底盘用料	36
图 53: 一体化超大压铸车身后舱	36
图 54: 长城柠檬平台	36
表 1: 不同类型高强钢的特点及对比一览	10
表 2: 铝合金材料综合优势明显	14
表 3: 五大工程塑料在汽车上应用各有不同	15
表 4: 大丝束整体性能逊于小丝束, 多用于工业领域	15

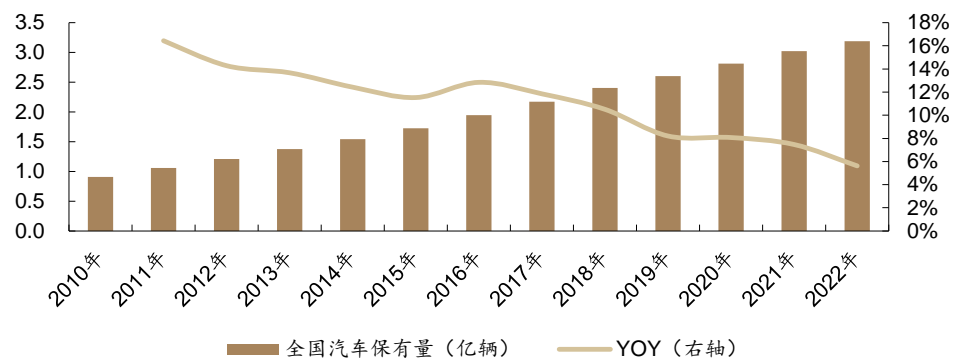
表 5: 几种结构优化方式对比.....	20
表 6: 工艺轻量化方法对比	22
表 7: 压力铸造方法对比	22
表 8: 轻量化机械点连接技术比较.....	23
表 9: 全球主要免热处理铝合金材料厂商.....	27
表 10: 以广州型腔为首的国内模具厂商正紧密研发大型模具.....	28
表 11: 全球主要大型压铸机生产厂商	29
表 12: 主要压铸厂商在汽车一体化压铸的布局	29
表 13: 各公司估值情况 (截至 6 月 15 日收盘)	37

1. 政策指引+电动化持续渗透，汽车轻量化发展加速

1.1. 机动车是大气污染重要来源，发展汽车轻量化实现节能减排刻不容缓

机动车保有量持续增长，2022 年达 4.17 亿辆，其中汽车占比 76.5%。据公安部统计，2022 年全国机动车保有量达 4.17 亿辆，其中汽车为 3.19 亿辆，同比+5.6%，每年以约 2000 万辆的速度增长；机动车驾驶人数量达 5.02 亿，其中汽车驾驶人数量为 4.64 亿。此外，2022 年全国有 84 个城市的汽车保有量超过百万辆，同比增加 5 个城市，39 个城市超 200 万辆，21 个城市超 300 万辆，其中北京、成都、重庆、上海超过 500 万辆，苏州、郑州、西安、武汉超过 400 万辆。高汽车保有量使得尾气排放对环境污染严重。

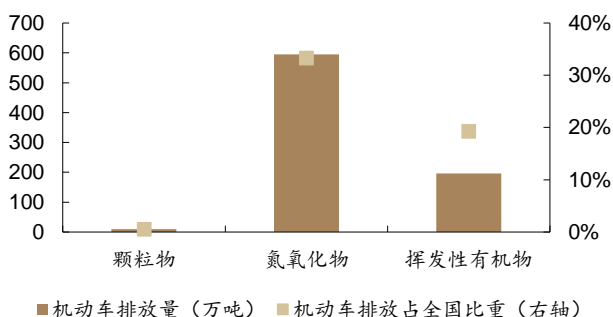
图 1：2022 年全国汽车保有量达 3.2 亿辆，同比+5.6%



资料来源：公安部，wind，德邦研究所

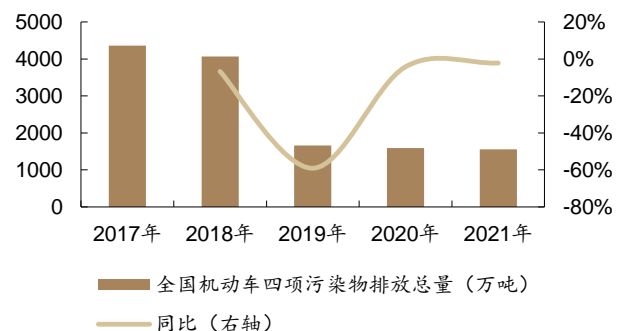
机动车成为重要大气污染源，碳减排目标下汽车低碳化发展刻不容缓。根据中国政府网发布的《第二次全国污染源普查公报》，2017 年全国大气氮氧化物排放量 1785.22 万吨，颗粒物排放量 1684.05 万吨，挥发性有机物排放量 1017.45 万吨。2017 年统计汇总机动车保有量 2.67 亿辆，其排放氮氧化物 595.14 万吨、颗粒物 9.58 万吨、挥发性有机物 196.28 万吨，分别占全国比重为 0.57%、33.34%、19.29%。对此，《节能与新能源汽车技术路线图 2.0》提出，我国汽车技术发展的总体目标之一为汽车产业碳排放总量先于国家碳减排承诺于 2028 年左右提前达到峰值，到 2035 年排放总量较峰值下降 20% 以上，汽车减排、低碳化发展迫在眉睫。

图 2：汽车成为全国主要大气污染源，2017 年汽车氮氧化物排放量占全国比重达 33.34%



资料来源：《第二次全国污染源普查公报》，中国政府网，德邦研究所

图 3：2021 年机动车四项污染物排放总量为 1557.7 万吨，同比-2.2%，汽车减排速度有所放缓



资料来源：生态环境部，营口生态环境公众号，德邦研究所

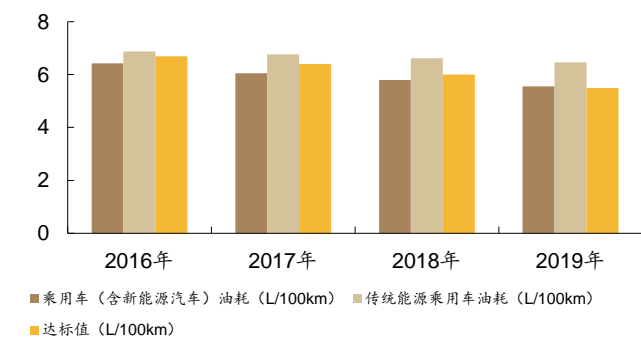
我国机动车污染排放减排速度放缓，汽车节能减排进入攻坚期。近年来随着我国污染治理政策持续大力推进，全国机动车四项污染物排放量持续降低，2017年全国机动车保有量3.10亿辆，四项污染物排放总量为4359.7万吨；2021年全国机动车保有量增长至3.95亿辆，与此同时，四项污染物排放总量降至1557.7万吨，年均降速达22.7%。这“一升一降”背后彰显了我国污染防治颇具成效。然而，尽管从总量上看全国机动车四项污染物排放量持续下降，减排速度却有所放缓，2018-2021年排放量分别同比-6.8%、-59.1%、-4.3%、-2.2%，汽车节能减排进入攻坚期。

汽车整车重量与燃油消耗显著相关，汽车轻量化节能减排效果显著。汽车轻量化就是在保证汽车的强度和安全性性能的前提下，尽可能地降低汽车的整备质量，从而提高汽车的动力性，减少燃料消耗，降低排气污染。世界铝业协会的报告指出，汽车整车重量降低10%，燃油效率可提高6%-8%。大众汽车研究认为，汽车整备重量每减少100千克，每公里二氧化碳排放可减少8-11g，百公里油耗可降低0.3-0.5升。因此，在当前汽车减排压力日益增大的背景下，汽车轻量化对于节约能源、减少排放、实现可持续发展战略具有十分积极的意义。

1.2. 燃油车减耗目标高，整车减重可有效提升燃油效率

燃油车油耗持续降低，但减耗目标下仍压力重重。根据《节能与新能源汽车技术路线图2.0》，得益于高压压缩比(12-13)+米勒循环+变排量附件+低摩擦技术等先进节能技术的大量应用，汽油机热效率逐步靠近40%（国际先进水平），全国乘用车（含新能源汽车）油耗、传统能源乘用车油耗均持续下降，2019年分别为5.56、6.46L/100km。同时技术路线图提出，考虑到节能技术进步和综合工况切换的影响，至2025年乘用车（含新能源汽车）油耗、传统能源乘用车油耗目标分别为4.6、5.6L/100km，2035年分别为2.0、4.0L/100km，减耗压力重重。

图 4：2019 年传统能源乘用车油耗为 6.46L/100km，较 2018 年降低 0.16L/100km



资料来源：《节能与新能源汽车技术路线图2.0》，德邦研究所

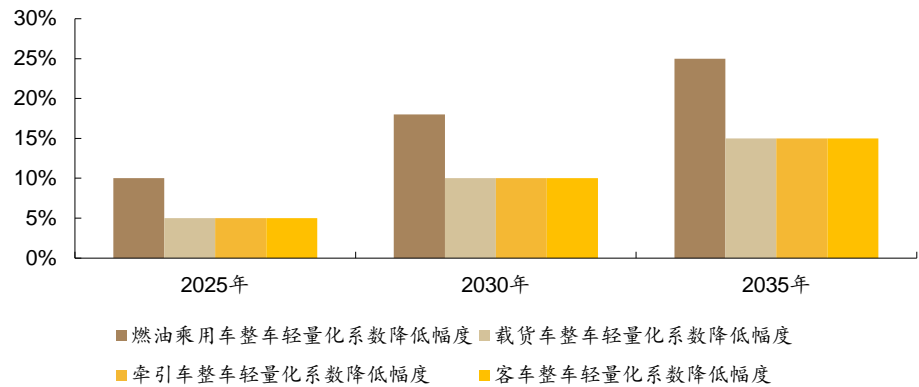
图 5：2025 年传统能源乘用车新车油耗目标为 5.6L/100km，2030 年为 4.0L/100km，减耗压力大



资料来源：《节能与新能源汽车技术路线图2.0》，德邦研究所

轻量化成为燃油车发展重点方向，2025年燃油乘用车整车轻量化系数降幅目标为10%。在燃油车减耗目标下，大力发展汽车轻量化技术、持续构建汽车轻量化技术开发和应用体系变得至关重要。《节能与新能源汽车技术路线图2.0》摒弃以整车装备质量和轻质材料用量为衡量标准的传统做法，引入整车轻量化系数等作为衡量整车轻量化水平的依据，并提出2025年、2030年、2035年我国燃油乘用车整车轻量化系数需分别降低10%、18%、25%，载货车、牵引车和客车分别降低5%、10%、15%。

图 6：2035 年燃油乘用车整车轻量化系数目标降幅为 25%

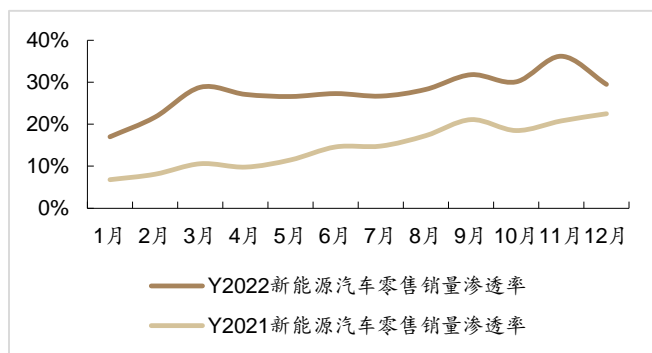


资料来源：《节能与新能源汽车技术路线图 2.0》，德邦研究所

1.3. 电动车三电系统重量大，提升续航里程需求推动轻量化发展

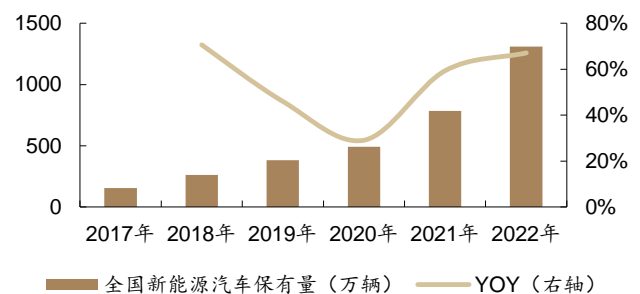
2022 年新能源汽车渗透率同比快速提升，全国新能源汽车保有量大幅增长至 1310 万辆。据公安部统计，2022 年全国新能源汽车保有量达 1310 万辆，占汽车总量的 4.10%，扣除报废注销量比 2021 年增加 526 万辆，增长 67.13%。其中，纯电动汽车保有量 1045 万辆，占新能源汽车总量的 79.78%。2022 年全国新注册登记新能源汽车 535 万辆，占新注册登记汽车总量的 23.05%，与上年相比增加 240 万辆，增长 81.48%。新注册登记新能源汽车数量从 2018 年的 107 万辆到 2022 年的 535 万辆，呈高速增长态势。

图 7：新能源汽车渗透率持续提升，2022 年单月最高达 36.2%



资料来源：乘联会，德邦研究所

图 8：2022 年全国新能源汽车保有量大幅增长至 1310 万辆



资料来源：公安部，wind，德邦研究所

与燃油车相比，新能源汽车减重需求更为迫切：

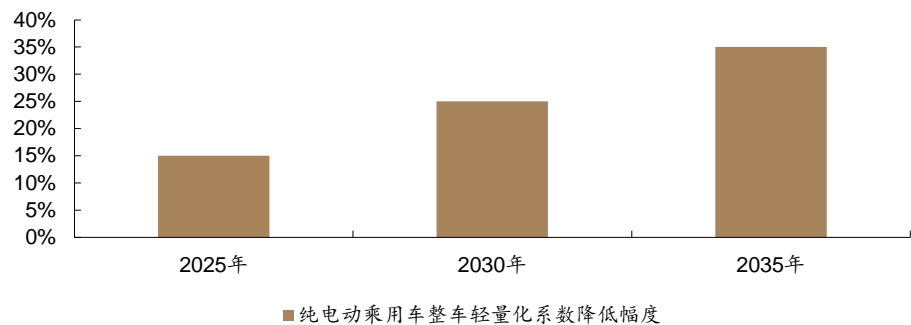
1) 新能源车整车质量高于传统燃油车。与燃油车配备发动机、变速箱不同，新能源汽车动力来源于电池、电驱、以及电控三大系统，合计占整车质量的 30-40%。在现有电池密度水平下，新能源汽车的动力系统质量显著高于燃油车。尤其是围着网联化、智能化不断推进，未来搭载相关配置后，整车质量将进一步提升。

2) 新能源汽车续航里程为用户核心关切，降低整车质量提升续航能力将进一步增强新能源汽车竞争力。一般而言，新能源汽车续航里程取决于电池容量、电机效率、温度、工况等多种因素影响。尽管当前新推出车型续航里程有所增加，然而实际行驶续航里程往往与官方公布的有较大差距，甚至在冬季出现续航减半的

现象，这严重影响了消费者的购买决策。而国家新能源汽车技术创新中心研究表明，降低整车质量能显著提升续航里程，整车重量每降低 10kg，续航里程可增加约 2.5km。

因此，中国汽车工程学会提出到 2025 年、2030 年、2035 年纯电动乘用车轻量化系数分别降低 15%、25%、35%。

图 9：2035 年纯电动乘用车轻量化系数目标降幅为 35%



资料来源：《节能与新能源汽车技术路线图 2.0》，德邦研究所

2. 材料、结构、工艺轻量化为汽车减重三大着手点

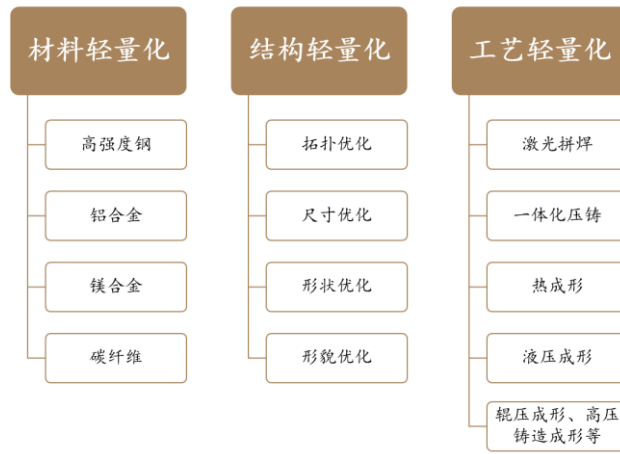
为满足汽车轻量化压铸的技术需求，目前行业内主要在材料、结构设计、工艺三方面进行突破，根据产业前沿技术：

1) 材料轻量化：选用结构强度有保障的、密度相对低的材料代替传统的钢材，包括高强度钢、铝合金、镁合金、碳纤维等材料。从而通过降低材料密度和用量实现整车减重。从减重效果来看，碳纤维最好；从成本来看，高强度钢较低。

2) 结构轻量化。在不影响车身基本状态的情况下，通过采用先进的优化设计方法和技术手段，优化车身结构参数，去除零部件冗余部分的同时实现壁化、中空化、小型化、复合化，从而提高材料利用率。通过合理的结构设计减少材料用量实现轻量化。根据设计变量及优化问题类型的不同，结构轻量化可分为拓扑优化、尺寸优化、形状优化、形貌优化四种。一般而言，采用新材料和新工艺会使得开发成本大幅增加，而结构优化由于未采用新的材料，实现减重的同时能降低成本，是车身轻量化最常用的方法之一。

3) 工艺轻量化。激光拼焊技术是汽车厂商最常用的方法，其原理是采用不等厚度轧制板，通过计算机实时控制和调整轧辊的间距，以获得沿轧制方向上按预先定制的厚度连续变化的板料。此外还有液压成形、热成形；辊压成形技术；低（差）压铸成型技术以及各种汽车轻量化连接技术等。值得一提的是，特斯拉推出的一体化压铸技术则在制造工艺端和材料端引领革新。

图 10：通过材料、结构设计以及工艺轻量化可以实现汽车轻量化压铸



资料来源：懂车帝，盖世汽车，产业前沿技术，德邦研究所

2.1. 材料轻量化：高强度钢为当前主流，铝合金增量可期

在三大轻量化手段中，材料轻量化是基础。在采用轻量化材料的基础上，通过优化结构、升级工艺等方式，实现整车减重。因此在轻量化材料发展方面，《节能与新能源汽车技术路线图 2.0》指出，我国自主轻量化技术开发和应用体系的构建，近期以完善高强度钢应用为体系重点，中期以形成轻质合金应用体系为方向，远期形成多材料混合应用体系为目标。

2.1.1. 高强度钢：屈服强度和抗拉强度高，当前应用最为广泛

高强度钢板屈服强度高、抗拉强度高。按照国际钢铁协会 USL-AB 项目，可将钢种按其力学性能进行分类，分为低强钢（软钢）、高强钢以及超高强钢。低强钢的抗拉强度 $R_m (\sigma_b) < 270MPa$ ，屈服强度 $Re (\sigma_s) < 210MPa$ ；超高强钢的抗拉强度 $R_m (\sigma_b) > 700MPa$ ，屈服强度 $Re (\sigma_s) > 550MPa$ ；高强钢的力学指标介于这两者之间。其中，低强度钢分为 IF 钢和软钢；普通高强度钢分为碳锰钢、BH 钢、高强度 IF 钢和 HSLA 钢等；先进高强度钢 (AHSS) 包括双相钢 (DP 钢)、相变诱发塑性钢 (TRIP 钢)、复相钢 (CP 钢) 和马氏体钢 (MS 钢) 等。

表 1：不同类型高强钢的特点及对比一览

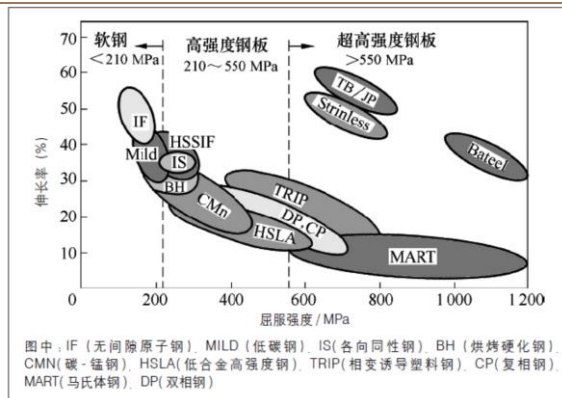
种类	性能特点	典型运用
双相钢 (DP 钢)	无屈服延伸、无室温时效、低屈强比、高加工硬化指数和高烘烤硬化值	DP 系列高强钢是目前结构类零件的首选钢种，大量应用于结构件、加强件和防撞件。如车底十字构件、轨、防撞杆、防撞杆加强结构件等
复相钢 (CP 钢)	晶粒细小，抗拉强度高；屈服强度高；具有良好的弯曲性能、高扩孔性能、高能量吸收能力和优良的翻边成形性能	底盘悬挂件、B 柱、保险杠、座椅滑轨等
相变诱导塑性钢 (TRIP 钢)	良好的成形性能，能均匀变形；高碰撞吸收能力、高强度塑性、高 N 值	结构相对复杂的零件，如 B 柱加强板、前纵梁等
马氏体钢 (MS 钢)	屈强比高，抗拉强度高，延伸率相对较低，需要注意延迟开裂的倾向。具有高碰撞吸收能、高强度塑性和高 N 值	简单零件的冷冲压和截面相对单一的辊压成形零件，如保险杠、门槛加强板和侧门内的防撞杆等
淬火延性钢 (QP 钢)	以马氏体为基体相，利用残余奥氏体在变形过程中的 TRIP 效应，能实现较高的加工硬化能力，比同级别超高强钢拥有更高的塑性和成形性能	适用于形状较为复杂的汽车安全件和结构件，如 A、B 柱加强件等
孪晶诱发塑性钢 (TWIP 钢)	TWIP 钢为高 C、高 MN、高 AL 成分的全奥氏体钢。通过孪晶诱发的动态细化作用，能实现极高的加工硬化能力。具有超高强度和超高塑性	具有非常优越的成形性能和超高强度，适用于对材料拉伸和胀形性能要求很高的零件，例如复杂形状的汽车安全件和结构件
硼钢 (PH 钢或 B 钢)	超高强度 (抗拉强度达 1500MPa 以上)，有效提高碰撞性能，车身轻量化；零件形状复杂，成形性好；尺寸精度高	安全结构件，如前、后保险杠、A 柱、B 柱、中通道等

资料来源：《高强度汽车钢》(卜子华、徐淑琼)，知钢公众号，德邦研究所

整车中钢材用量大，占整车自重 55-60%。据汽车材料网，以现代轿车用材为

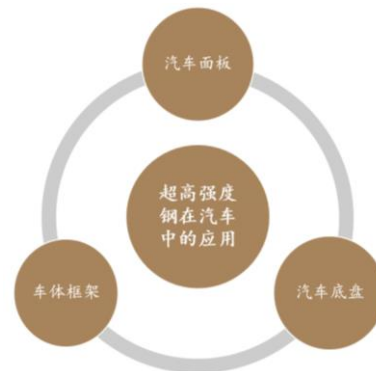
例，按照重量换算，钢材占汽车自重的 55%-60%，铸铁占 5%-12%，有色金属占 6%-10%，塑料占 8%-12%，橡胶占 4%，玻璃占 3%，其他材料（油漆、各种液体等）占 6%-12%。可见钢材在汽车中用量较大，高强度钢板的应用能减轻冲压件的重量，节省能源和降低冲压产品成本。用于汽车零件的高强度钢板，其抗拉强度可以达到 600-800MPa，而相应的普通冷轧软钢板的抗拉强度只有 300MPa。目前，全球最大的钢铁公司 Acelor 开发了热冲压成形钢板 USIBOR1500。该钢板为镀锌板，镀层质量为 120-160g/m²，淬火后力学特性明显，强度值可达到 1600MPa。

图 11：各高强度钢抗拉强度及延展率



资料来源：《车身轻量化实现的思路及途径》慕温周等，德邦研究所

图 12：高强度钢可以应用于汽车面板、车体框架以及底盘等



资料来源：AEE 汽车技术平台微信公众号，德邦研究所

根据 AEE 汽车技术平台，高强度钢可以应用于汽车面板、车体框架以及底盘等多个部位：

1) **汽车面板**：车顶、车门等部件要求具有变形刚度和抗凹陷性，主要使用抗拉强度为 340-390MPa 的烘烤硬化钢板（BH 钢板）。BH 钢板的屈服强度在烘烤涂漆时升高，可在不损失成形性的前提下，提高抗凹陷性，减薄钢板。现在有的车型已使用 440MPa 级 BH 型高强度钢板。新马自达 2 的车身结构中就使用了 440、590、780 和 980Mpa 级别的高强度钢板和超高强度钢板。

2) **车体框架**：随着正面撞击、侧面撞击的撞击安全性标准的提高，结构件、加强件等主要使用 590MPa 级高强度钢板，也有厂家使用 780MPa 级、980MPa 级高强度钢板。有些厂家甚至采用将 390MPa、440MPa 级高强度钢板冲压成形后，对强化部分进行高频加热和淬火，以使部件局部抗拉强度达到 1200MPa，并在冲压加热钢板的同时进行冷却，以使部件整体抗拉强度达到 1470MPa 的方法。此外，还有采用激光拼焊方法，将不同厚度、不同材质钢板拼合起来，使材料配置适用于所要求材质和使用部位。

3) **汽车底盘**：汽车底盘的用材已从传统的 440MPa 级热轧板发展到 780MPa，最大减重达 30%。近年来，高强度钢板在底盘上的使用比例正在急剧增加。今后，高强度钢板的使用比例及更高强度钢板的应用有望进一步提高。

多个项目证实高强度钢能在不增加成本的条件下实现轻量化。根据《轧钢》杂志，为了推进高强度钢在汽车上的应用，国际钢铁协会组织开展了多个项目，包括超轻钢制车（ULSAB）、先进概念车超轻钢制车身计划（ULSAB-AVC）、未来钢制汽车（FSV）等。

1) ULSAB 项目：主要目标是减小车身质量、提高结构强度、提高安全性、简化制造工艺及降低生产成本。ULSAB 车身重量 203kg, 与对标车相比减重 25%，高强度钢应用比例 91%。冷冲压成形应用比例 42.8%，激光拼焊板应用比例 44.9%，液压成形比例 9.3%。

2) ULSAB-AVC 项目：通过车辆的整体设计来实现车身的轻量化，高强度钢的应用比例达到 97%。在成形技术方面，有 30% 以上的零件采用激光拼焊板，20% 以上的零件采用液压成形技术。

3) FSV 项目：表明先进高强度钢能够达到碰撞安全五星评价的要求，并降低车辆在整个使用周期内的总排放量，在不增加成本的条件下实现轻量化。

2.1.2. 铝合金：减重性价比高，中长期增量可观

铝合金减重效果、提升汽车性能、循环利用等优势显著。铝合金是地壳中含量最为丰富的绿色金属，与其他材料相比，铝件不但轻、比强度高，而且易于成形，吸能效果好，耐腐蚀，循环利用价值大。此外，铝合金在减重的同时，能实现汽车更好的刹车性、更优的操控性、更好的驾驶舒适度和更突出的动力。根据汽车材料网，其具体优势优势在于：

1) 减重、节能减排效果好。

①减重效果。根据美国铝业学会的报告，汽车中每使用 1kg 铝，可以获得 2.2kg 的减重效果，且服役期内将减少 20kg 尾气排放。铝合金由于密度较钢材小，用在汽车零部件上能够实现二次轻量化。据美国铝业公司的研究，汽车典型零件用铝的一次轻量化效果可达 30%-40%（以高强度钢代替普通钢材能减重约 11%），二次轻量化效果可提高至 50%。

②减排效果。汽车的油耗一定程度上与整车质量相关，一般而言，整车质量越大，汽车油耗越高。而二氧化碳排放量又与油耗呈正相关。因此通过降低整车质量，能够减少汽车油耗，从而使得二氧化碳排放量减少。

2) 提高行驶性能、安全性能、舒适性及稳定性。

①行驶性能。由于使用铝合金能够减轻汽车质量，从而能够减少百公里加速时间，提升行驶性能。据美国铝业协会研究，若铝合金在汽车中实现 25% 的轻量化效果，那么汽车加速到 96.56km/h 的时间就能够缩短 4s。

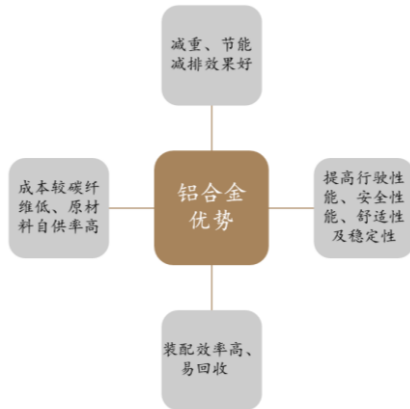
②安全性能。在同样设计要求条件下，铝合金吸收碰撞的性能比钢材优异。因此当汽车发生碰撞时，与钢材相比，铝合金材料更容易形成褶皱和变形，会多吸收 50%-70% 的冲击力，从而提高汽车安全性。

③舒适性及稳定性。铝合金在汽车上使用通常会使得汽车整体重心降低，汽车驾驶的舒适性及稳定性相应得到提高。

3) 装配效率高、易回收。铝合金整体车身需要点焊的部分较少，加工工序缩短，且其不易生锈，不需要做防锈处理，可显著提高汽车装配效率。此外，由于铝合金熔点较低，在使用期间腐蚀率低且程度轻微，因此便于回收利用。

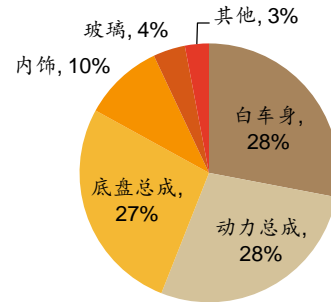
4) 成本较碳纤维低、原材料自供率高。铝合金价格仅高于高强度钢，远低于碳纤维复合材料。而镁合金由于自身化学特性，耐腐蚀性不及铝合金，一定程度上限制了其在汽车领域的大规模应用。因此综合而言，现阶段铝合金是理想的汽车轻量化材料。此外，我国氧化铝、电解铝产量均为世界第一，原材料自供率高。

图 13：铝合金具有减重效果好、提高汽车性能等多重优势



资料来源：汽车材料网微信公众号，德邦研究所

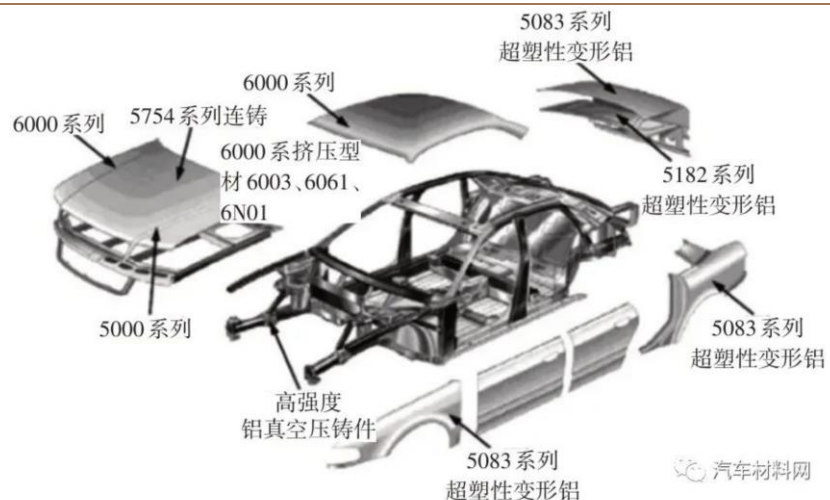
图 14：2020 年中国汽车市场铝合金部件渗透率



资料来源：盖世汽车微信公众号，德邦研究所

铝合金主要用于白车身、动力总成、底盘、内饰等，并向其他部件不断渗透。根据汽车材料网，铝合金最初是作为热交换器部件材料在汽车上应用，继而用于汽车轮毂、发动机汽缸活塞及缸体等部件。2012 年以后，发达国家强化了行人保护法规，企业在汽车制造时覆盖件大量采用铝合金板材。2020 年，北美汽车引擎盖铝化率接近 75%，车门、行李箱盖、顶棚的铝化率超过 25%。以奥迪、捷豹、F-150 卡车、TESLA-S 品牌的新能源汽车为代表的车身全铝化推动了铝合金板材在结构件上的应用。

图 15：铝合金在汽车上的使用



资料来源：汽车材料网微信公众号，德邦研究所

铝合金为轻量化最优材料之一，中长期增量可观。与高强度钢相比，铝合金由于密度低，减重效果更明显，且不存在镁合金易腐蚀、加工成本高昂以及碳纤维原材料价格高、回收利用较为困难等问题。此外，铝合金优良的金属性质使其可以更好地结合结构、工艺轻量化，达到综合减重的目的。《节能与新能源汽车技术路线图》中规划了我国轻量化分阶段目标，2025 年与 2030 年单车铝合金将分

别达到 250kg、350kg，用量将大幅超越高强度钢。未来随着轻量化趋势不断加深，轻量化材料、技术不断提升，铝合金将成为汽车市场主要的材料，长期增量优势明显。

表 2：铝合金材料综合优势明显

材料	密度 (g/cm ³)	被替代材料	减重幅度
高强度钢	7.85	钢	10%
铝合金	2.7	钢、铸铁	40-60%
镁合金	1.74	钢、铸铁	60-75%
镁合金	1.74	铝合金	25-35%

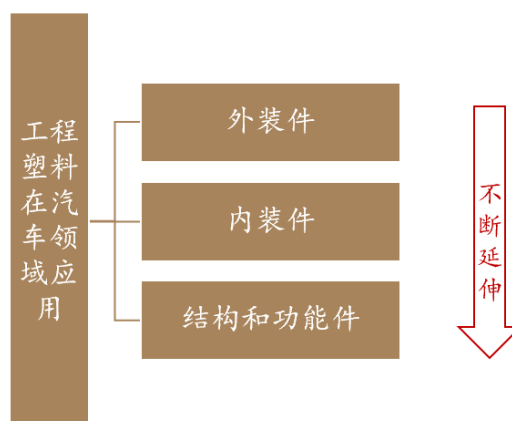
资料来源：星源卓镁招股书，新材料在线，德邦研究所

2.1.3. 工程塑料：由内外饰件延伸至功能结构件，发展前景广阔

塑料种类繁多，是汽车轻量化的重要材料。随着汽车节能减排、新能源汽车的兴起，汽车轻量化成为行业主流，塑料在汽车上的应用也越来越多。根据各种塑料不同的使用特性，通常将塑料分为通用塑料、工程塑料和特种塑料三种类型。工程塑料用于汽车的主要作用是使汽车轻量化，从而达到节油高速的目的。发达国家将汽车用塑料量作为衡量汽车设计和制造水平高低的一个重要标志，世界上汽车塑料单用量最大的是德国，塑料用量占整体材料的 15%。据汽车工艺师，新能源汽车高压电气部分，在性能满足要求的情况下将部分金属更换为塑料可以减重 30%左右。目前一辆纯电动车采用塑胶轻量化可减重 100KG 左右，实现节能减排。

车用塑料中通用塑料使用比例最高，工程塑料前景广阔。根据前瞻产业研究院数据，在车用塑料中，通用塑料价格最低，使用量比例最高，其次是工程塑料，特种工程塑料价格较高，使用比例较低。在所有的车用塑料中，聚丙烯所占份额最高达 37%，其次是聚氨酯，占比 17%，ABS 树脂占 12%，复合材料占 12%，高密度聚乙烯占 11%，聚碳酸酯占 7%，聚甲基丙烯酸甲酯占 4%。新能源、轻量化直接促进塑料件在汽车上的应用，比如内外饰中的塑料保险杠、挡泥板、车轮罩等配件的使用已成为常态，新一轮的产品变革中，塑料前端框架、塑料尾门等也将成为重点发展对象，我国车用工程塑料消费潜力较大。

图 16：工程塑料在汽车领域的应用已延伸至结构性及功能性部件



资料来源：汽车材料网微信公众号，德德邦研究所

汽车领域主要用到的工程塑料有五大类，包括聚酰胺 (PA)、聚甲基丙烯酸酯 (PMMA)、聚甲醛 (POM)、聚碳酸酯 (PC)、聚氨酯 (PUR)。这五大工程塑料

性能特性各不相同，在汽车上的用途也各有偏重。

表 3：五大工程塑料在汽车上应用各有不同

种类	介绍	应用
聚酰胺 (PA)	俗称尼龙，工业常用的有 PA6、PA66 和 PA610。收缩率 1%-2%，需注意成型后吸湿的尺寸变化。吸水率 100%，相对吸湿饱和时能吸 8%，合适壁厚：2-3.5mm	软管（制动软管、燃油管）、燃烧油过滤器、空气过滤器、机油过滤器、水泵壳、水泵叶轮、风扇、制动液罐、动力转向液罐、白叶窗、前大灯壳、安全带等
聚甲基丙烯酸酯 (PMMA)	俗称有机玻璃，耐室外老化，有极好的透光性，适合有一定强度要求的透明结构件	汽车照明标志牌、车门玻璃和灯玻璃罩
聚甲醛 (POM)	俗称塑钢，收缩率 2%-3.5%，合适壁厚：1.5-2.5mm	仪表板手套箱附件、各种阀门（排水阀门、空调器阀门等）、各种叶轮（水泵叶轮、暖风器叶轮、油泵轮等）、各种电器开关及电器仪表上的小齿轮、各种手柄及门锁等
聚碳酸酯 (PC)	具有突出的冲击韧性和抗蠕变性能，耐热性好，耐寒性也很好。收缩率 0.5%-0.7%，合适的壁厚为 2-3.5mm。PC 加入玻纤可改善其收缩率、机械强度和耐温性，在 100℃ 左右长期使用刚性会增加，可用退火改善内应力	灯罩，左右轮罩护板，仪表挡板本体 (PC+ABS)、左右风框盖、中间风框盖 (PC+ABS)、后保险杠缓冲垫等
聚氨酯 (PUR)	根据聚合反应生成物的不同，PUR 常分为硬质 PUR 和软质 PUR。	汽车内饰和吸收振动的零部件

资料来源：工程塑料应用公众号，德邦研究所

工程塑料在汽车领域的应用已从汽车用内外饰零部件延伸至结构性及功能性部件。根据汽车材料网，车用塑料有很多以往传统材料没有的优点，主要表现在重量轻、有良好的外观装饰效果、有多种实际应用功能、有良好的理化性能、容易加工成型、节约能源，可持续利用等各方面。1) 在汽车外装件上的应用是为了以塑代钢，减轻汽车自重。主要应用包括：保险杠、挡泥板、车轮罩、散热器格栅、扰流板等。2) 在汽车内装件上的应用是为了安全、环保和舒适。主要应用包括：仪表板、车门内板、副仪表板、杂物箱、座椅后护板等。3) 结构件和功能件主要采用高强度的工程塑料，主要应用包括：油箱、散热器水室、空滤器壳体、风扇叶片等。

2.1.4. 碳纤维：减重幅度最大，成本高+回收利用困难制约发展

聚丙烯腈 (PAN) 基碳纤维使用最为广泛，大丝束更多应用工业领域。碳纤维增强聚合物基复合材料 (Carbon Fiber Reinforced Polymers, CFRP) 是由有机纤维经碳化和石墨化处理而得到的微晶石墨材料，作为含碳质量分数大于 90% 的高强度、高模量的纤维状碳材料，其沿纤维轴方向强度极高。碳纤维按原料来源划分，主要分为聚丙烯腈 (PAN) 基碳纤维、沥青基碳纤维及粘胶基碳纤维。其中，粘胶基碳纤维开发早，但强力低，应用较少；沥青基碳纤维弹性模量好，但抗拉强度和抗压强度低，且沥青的提取成本高。目前，PAN 基碳纤维使用范围最广，产量占比超过 90%。PAN 基碳纤维丝束按单丝数量划分，分为小丝束和大丝束。小丝束碳纤维一般应用于飞机、航天器上，因此被称为“航空级”碳纤维，大丝束碳纤维被称为“工业级”碳纤维。与小丝束相比，大丝束性能较差但价格低，且足以满足碳纤维优异的性能。

表 4：大丝束整体性能逊于小丝束，多用于工业领域

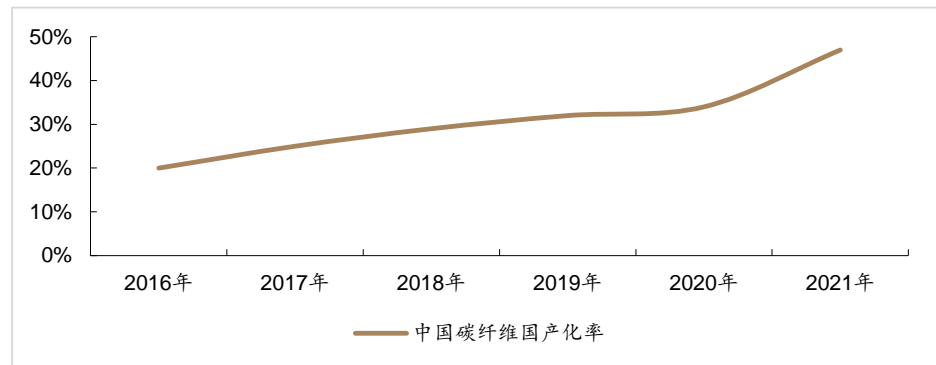
种类	展开程度	单层厚度	粘连、断丝	比强度	比模量	总体性能	应用领域
大丝束	较差	较厚	易	小	小	较差	汽车等
小丝束	较好	较薄	不易	较大	较大	较好	飞机、航天器

资料来源：复材应用技术微信公众号，德邦研究所

日美碳纤维发展处于领先地位，中国正加快发展步伐，2021 年碳纤维国产化率水平已达 47%。我国碳纤维行业起步于 20 世纪 60 年代，几乎和日美等国家同时起步，但由于相关知识储备不足、知识产权归属等问题，发展缓慢。同时，日

本、美国等国家对碳纤维核心技术形成垄断，我国碳纤维生产技术和装备水平整体落后于国外。2000年以来，国家加大对于碳纤维领域自主创新的支持力度，将碳纤维列为重点研发项目。伴随着国家政策的大力扶持，国内碳纤维行业在技术上取得重大突破，产业化程度快速提升，应用领域不断扩大，地区上目前已形成以江苏、山东和吉林等地为主的碳纤维聚集地。国内主要企业有吉林化纤、中复神鹰、中材科技、光威复材等。据前瞻产业研究院，2021年中国大陆地区碳纤维产能首次超过美国成为全球最大产能国，产能达到6.34万吨，占全球总产能比重超过30%，产量达到2.43万吨，同比增长30.03%。

图 17：中国碳纤维国产化率逐步提升，2021 年达 47%



资料来源：《2021 全球碳纤维复合材料市场报告》，中商产业研究院，德邦研究所

碳纤维具有独特的性能优势，根据汽车材料网，相较于其他汽车材料而言，其优势有以下几个方面：

1) 力学性能优异：汽车上使用的碳纤维增强树脂基复合材料密度仅为 1.5-2.0g/cm³，是普通碳钢密度的 20-25%，质量是同体积铝合金的约 2/3。尽管密度低，但碳纤维综合力学性能高于传统的金属材料，抗拉强度达到了钢材 3-4 倍。CFRP 的振动阻尼特性也优于轻金属，例如通常轻合金发生震动后需要 9s 震动才能停止，而 CFRP 震动 2s 便可以停止。

2) 一体化制造：除了轻量化，模块化与整体化是汽车结构发展的重要趋势。采用复合材料能够在其成型过程中制成形状各异的曲面，能够完成汽车零部件的一体化制造。一体化成型制造能够大幅度减少汽车零部件数量以及零部件之间的连接工序，从而使得生产周期大幅缩短。

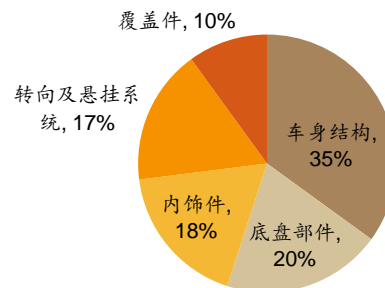
3) 吸能抗冲击性强：CFRP 粘弹性较好，同时碳纤维和基体之间会因为局部的微小摩擦而产生界面应力，在优异的粘弹性与界面摩擦力共同作用下，CFRP 汽车制件能够表现出优越的吸能抗冲击能力。再者，经过特殊制作的碳纤维复合材料，其具有的碰撞吸能结构可以在剧烈碰撞状态下碎裂成很小的碎片，最大化分散撞击能量，其能量吸收能高出普通金属材料的 5 倍左右，极大提升了汽车的安全性。

4) 耐腐蚀性好：碳纤维丝束和树脂材料共同组成了碳纤维增强聚合物基复合材料，其耐酸碱性能也较为优异，因此无需进行表面防腐处理，其寿命是普通钢材的约 2-3 倍。

风电叶片、体育休闲和碳-碳复材为碳纤维当前主要应用领域。2021 年，国

内碳纤维需求量占比前三的领域依次是风电叶片、体育休闲和碳碳复材，分别占比 36%、28%、11%，建筑、压力容器、航空航天、汽车、船舶等其他领域的需求占比均不足 10%。在汽车领域，尽管碳纤维当前应用比例不高，但应用领域较为广泛，包括车身结构、底盘部件、内饰件等多领域。

图 18：碳纤维材料在汽车轻量化设计中主要应用于车身结构、底盘部件、内饰件等多领域



资料来源：汽车轻量化技术创新战略联盟微信公众号，德邦研究所

碳纤维在汽车领域早有应用，轻量化是其应用的主要发展趋势之一。据复材应用技术，20 世纪 70 年代末，福特公司将碳纤维复合材料应用在汽车轻量化上的研究取得了较好的效果；美国道奇蝰蛇和 2014 款雪佛兰科尔维特使用碳纤维材料生产了发动机罩和其他部位；日本帝人公司进一步提高了碳纤维产能以满足丰田汽车公司和通用汽车公司的需求；东丽与戴姆勒股份公司合作研发奔驰碳纤维复合材料部件；德国大众高尔夫 7 使用碳纤维车顶，可减重 18-20 磅；宝马 7 系采用碳纤维材质比老款减重 230kg。在中国，江苏奥新新能源于 2015 年 1 月成功研发了我国首辆碳纤维新能源汽车；北京现代汽车成功研发了碳纤维发动机盖覆盖件等一系列碳纤维复合材料部件；奇瑞汽车开发了一款碳纤维复合材料的电动汽车。

材料成本、加工工艺及材料回收再利用问题制约碳纤维在汽车领域的应用。根据汽车轻量化技术创新战略联盟，当前阻碍碳纤维材料在新能源汽车领域中得到大范围普及运用的关键在于：

1) 材料成本高昂。碳纤维材料与传统的钢材料及铝合金相比较，其实际加工更为昂贵，部分汽车采用碳纤维材料后，仅车身的材料成本价就高达上万元，部分采用优质碳纤维材料的汽车车身甚至超过 2 万元。

2) 加工工艺局限使得碳纤维制品抗穿刺性能差。相对于传统材料来说，碳纤维材料抗剪断能力较弱，因此在具体应用过程中必须要进行重叠成型，以此来保障应用后的质量及效果。此种生产工艺促使碳纤维材料具有良好的抗冲击性能，但实际抗穿刺性能却较差，在受力过大的情况下将会出现构件断裂等问题，并且此问题在出现后无法进行修复，仅能够更换处理。

3) 材料回收再利用。CFRP 不能自然降解，焚烧或填埋是早期通行的处理方法，但 CFRP 废弃物焚烧会产生大量有毒、有害气体，影响自然环境，同时填埋焚烧后的废渣也会造成土壤二次污染；而填埋法处理 CFRP 废弃物在污染土壤同时会占用大量土地资源。目前主要回收方法有机械回收法、热回收法及溶剂回收法等，但国内 CFRP 回收尚未形成规模化、产业化。

2.1.5. 镁合金：减重效果仅次于碳纤维，腐蚀问题和制造工艺难题有待突破

镁合金性能优点显著，用于汽车壳体、支架、扶手结构以及汽车显示系统等多领域。镁合金作为最轻的金属材料，具有密度低、强度高、散热性能好、抗震减噪性能优等特征。压铸镁合金的密度仅为铝合金的 2/3，钢铁的 1/4，比强度和比刚度均优于钢和铝合金，远高于工程塑料。由于其特性优良，可用于汽车壳体、支架、扶手结构以及汽车显示系统等多领域，目前市场客户群体对于车灯散热支架、仪表盘支架、转向支架、中控骨架以及车载显示屏框架等车身部件关注度相对较高，接受程度较好。

图 19：镁合金是汽车轻量化的理想材料，性能优点显著

密度低、强度高	散热性好	抗震减噪性能好	良好的压铸性能	切削加工性能好	资源丰富，易于回收
<ul style="list-style-type: none"> 压铸镁合金的密度仅为铝合金的 2/3，钢铁的 1/4 比强度优于钢和铝合金，高于工程塑料 	<ul style="list-style-type: none"> 镁合金导热系数约为铝合金导热系数的 1/2，镁合金散热片在根部与顶部可以形成较大的空气温差，加速空气对流，提高散热效率 	<ul style="list-style-type: none"> 在弹性范围内，镁合金受到冲击载荷时，吸收的能量比铝合金高 镁合金可吸收其振动延长机械寿命 	<ul style="list-style-type: none"> 镁合金具有很好的流动性和快速凝固率，能生产表面精细、棱角清晰的零件，并能防止过量收缩以保证尺寸公差 	<ul style="list-style-type: none"> 是所有常用金属中较容易加工的材料，允许较高的切削速度，能缩短切削加工时间，延长刀具使用寿命 	<ul style="list-style-type: none"> 中国是镁资源大国，原镁产量占世界总产量的 80% 以上 镁合金压铸件废弃后可直接回收再利用，被称为“21 世纪绿色工程材料”

资料来源：星源卓镁招股书，德邦研究所

图 20：镁合金可用于汽车壳体、支架、扶手结构以及汽车显示系统等多领域



资料来源：星源卓镁投资者关系活动记录表，德邦研究所

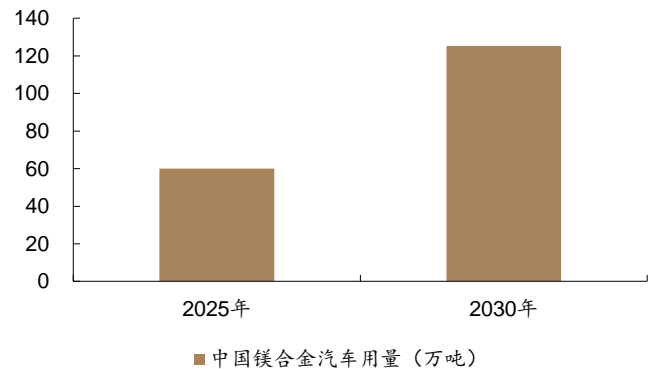
《节能与新能源汽车技术路线图 2.0》中提到 2025 年、2030 年单车镁合金用量目标分别为 25、45kg。而 2016 年中国生产的汽车单车镁合金用量只有 7.3kg，增长空间广阔。当前镁合金应用正处于从导入期向成长期过渡的生命周期。随着镁合金应用技术的逐渐成熟以及性价比的提升，镁合金将具有较为广阔的市场空间。根据乘联会预测，2025 年中国狭义乘用车零售销量约为 2400 万辆，据此 2025 年中国汽车镁合金需求量约 60 万吨。提前布局镁合金压铸的生产企业有望率先享受行业发展红利

图 21：车用镁合金正处于导入期，单车用镁量有较大提升空间

项目	2020年	2025年	2030年
车辆整备质量	较2015年减重10%	较2015年减重20%	较2015年减重35%
镁合金	单车用量达到15kg	单车用量达到25kg	单车用量达到45kg
镁合金整车占比	1.2%	2%	4%

资料来源：《节能与新能源汽车技术路线图 2.0》，德邦研究所

图 22：预计 2025 年中国乘用车镁合金铸件需求量达 60 万吨



资料来源：乘联会，德邦研究所测算

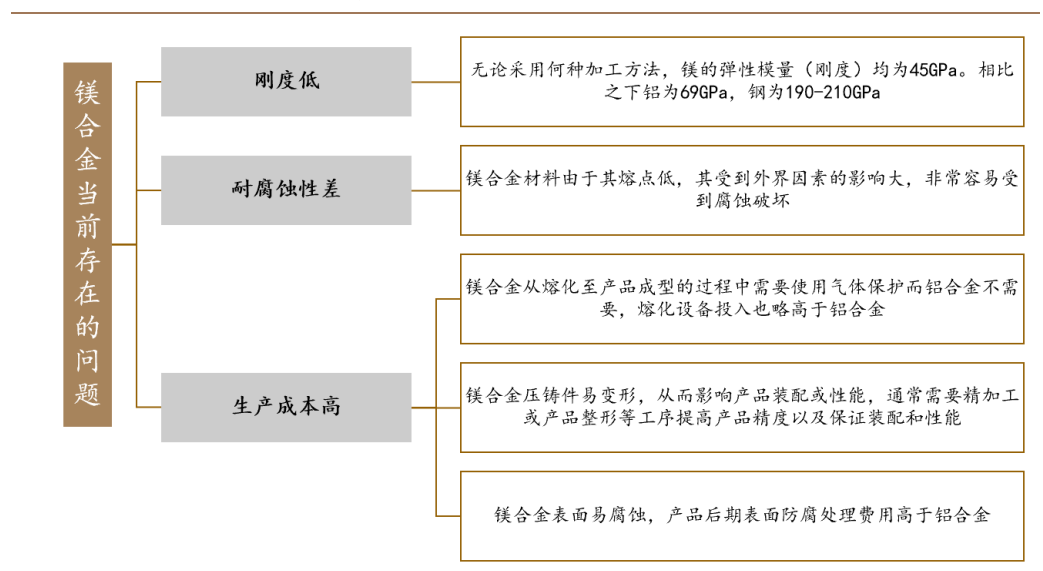
据汽车材料网，刚度低、耐腐蚀性差、生产成本高是当前镁合金广泛应用受阻的主要原因，具体而言：

1) 刚度低。无论采用何种加工方法，镁的弹性模量（刚度）均为 45GPa。相比之下，铝为 69GPa，钢为 190-210GPa。许多部件的刚度有限，这是镁需要克服的一个重大障碍。低刚度材料需要更大的横截面才能达到相同的性能，这通常会导致成本增加和部件尺寸变大，从而使部件难以安装在车辆内的允许空间（即封装空间）中。

2) 腐蚀问题。镁合金材料由于其熔点低，其受到外界因素的影响大，非常容易受到腐蚀破坏。

3) 镁合金压铸件的生产成本高于铝合金压铸件。主要原因包括：①镁合金从融化至产品成型的过程中需要使用气体保护而铝合金不需要，融化设备投入也略高于铝合金；②镁合金压铸件易变形，从而影响产品装配或性能，通常需要精加工或产品整形等工序提高产品精度以及保证装配和性能；③镁合金表面易腐蚀，产品后期表面防腐处理费用高于铝合金。

图 23：刚度低、耐腐蚀性差、生产成本高是当前镁合金广泛应用受阻的主要原因



资料来源：汽车材料网微信公众号，星源卓镁招股书，德邦研究所

据 AEE 汽车技术平台，镁合金材料的成形方法分为铸造加工成形和塑性成形，制造工艺同样制约了镁在汽车领域的广泛应用。

1) 铸造成形。当前主要运用方法，且压铸方法是镁合金铸造成形方法中应用最广泛的。最近发展起来的镁合金压铸新技术包括充氧压铸和真空压铸，充氧压铸在生产汽车镁合金零部件上的应用较广泛，真空压铸可生产出 AM60B 镁合金汽车方向盘和轮毂。镁合金成形以铸造工艺为主，但铸件的缺陷限制了镁合金性能的提高，局限了镁合金的广泛应用。

2) 塑性成形。镁合金使用塑性成形方法，可有效地消减铸件缺陷的影响，通常采用热处理强化和形变强化可明显地提高合金的性能，但由于镁的密排六方结构，变形难度比钢、铝和铜等要大。如果直接运用铝合金已有的塑性成形方法，往往会使得镁合金材料的成品率很低，使塑性加工成形成本过高，影响了镁合金在各领域的应用。因此，加快发展镁合金塑性成形方法也是研究的热点和发展的趋势。

2.2. 结构轻量化：几种方式各具优势，拓扑优化为事前优化极具应用价值

据《汽车结构轻量化的研究与进展》，结构轻量化是指通过参数优化（尺寸、形状、位置和厚度等）、形貌优化、拓扑优化等方式对零件进行开发和设计，在刚度、强度保持不变或增加的基础上，改变零部件的形状和形式，以减少重量。

1) 尺寸优化：发展最早，也是最为成熟的一种汽车结构轻量化技术。尺寸优化的原理是在结构的类型、材料、外形以及布局给定的情况下，以满足典型工况下的刚度、强度和模态为约束条件，以汽车结构质量最小作为目标函数，将部件的尺寸作为设计变量，来搭建优化数学模型的一种优化方法。王继峰《参数优化技术在汽车车架轻量化中的应用》一文中以车架厚度为自变量，对重型汽车车架进行了结构轻量化设计，经过优化后，车架部分梁厚度减小，车架总质量由 691kg 降低到 654kg，减轻了 5.4%轻量化效果显著。

2) 形状优化：不改变现有拓扑模式下，以零部件的几何外形作为设计变量进行优化，结构受力更均匀，材料利用更充分。形状优化的主要原理是在汽车结构的类型、布局 and 材料给定的情况下，对结构的几何外形进行改变，使得结构受力更加均匀，材料利用更加充分，从而达到汽车结构轻量化。一般而言，形状优化主要分为有参形状优化（对于形状规则的结构，将结构的几何外形进行参数化，然后对参数进行优化）和无参形状优化（对于形状不规则的结构，以形状变量为设计变量，对结构进行形状优化）。

3) 形貌优化：能在减轻结构质量的同时能满足强度、频率等要求，尤其适合于板壳结构。形貌优化的原理是以加强筋、凹凸结构的形状、位置和数量等为变量，在不显著增加质量的条件下，以形状为变量改善钣金结构件的刚度及模态等。形貌优化由于不删除材料，能在减轻结构质量的同时能满足强度、频率等要求，可以灵活设定平面起筋的类型，包括高度，宽度和角度，从而满足工艺要求，尤其适合于板壳结构。

4) 拓扑优化：在结构布局尚未确定的情况下进行优化设计，极具应用价值。与尺寸优化和形状优化不同，而拓扑优化是在概念设计阶段，在布局尚未确定的情况下进行优化设计，是有限元分析和数学优化方法的有机结合。其原理是在指定的设计空间内，在满足约束条件和设计目标的前提下，在一个给定的空间区域内，依据已知的外载及支承等约束条件，寻找承受单载荷或多载荷物体的最佳结构材料分配方案，从而使结构的刚度达到最大或使输出位移、应力等均达到规定要求的一种结构设计方法。其优点在于可以避免设计的盲目，提高结构设计的效率，用较少的材料生产出合格的产品，达到结构轻量化等工程目的。

表 5：几种结构优化方式对比

结构优化方式	含义	特点	优点
尺寸优化	以零部件尺寸参数为设计变量，寻找最优设计参数的组	发展最早，最为成熟的一种汽车结构轻量化技术	在结构的类型、材料、外形以及布局给定的情况下，通过搭建数学优化模型使汽车结构质量最小
形状优化	不改变现有拓扑模式下，以零部件的几何外形作为设计变量进行优化	汽车结构的类型、布局和材料给定	在汽车结构的类型、布局和材料给定的情况下，使得结构受力更加均匀，材料利用更加充分
形貌优化	以加强筋、凹凸结构的形状、位置和数量等为变量，在不显著增加质量的条件下，改善钣金结构件的刚度及模态等	在板形结构中寻找最优的加强筋分布	能在减轻结构质量的同时能满足强度、频率等要求。形貌优化尤其适合于板壳结构，它可以灵活的设定平面起筋的类型，包括高度，宽度和角度，从而满足工艺要求
拓扑优化	在给定的设计空间中找到关键的载荷传递路径的优化方法	在概念设计阶段，在布局尚未确定的情况下进行优化设计	可以避免设计的盲目，提高结构设计的效率，用较少的材料生产出合格的产品，达到结构轻量化等工程目的

资料来源：《汽车结构轻量化的研究与进展》（赵晓东等），《电动汽车车身结构轻量化研究进展》（周成军等），《参数优化技术在汽车车架轻量化中的应用》（王继峰），德邦研究所

2.3. 工艺轻量化：多种轻量化工艺协同发展，热成形过去十年应用广泛

轻量化工艺作为汽车轻量化的三大途径之一，可以从制造层面有效地帮助汽车达到节能减重的效果。汽车轻量化技术追求在保证汽车使用性能、安全性和性价比的前提下，将轻量化结构设计与多种轻量化材料、轻量化工艺技术集成应用，降低汽车的整车质量，从而减少燃料消耗，提高汽车动力，减轻排放污染。工艺轻量化以汽车整体轻量化设计为基础，综合考虑所采用轻量化材料的特性、轻量化结构设计的要求和产品成本控制而采用的制造技术。

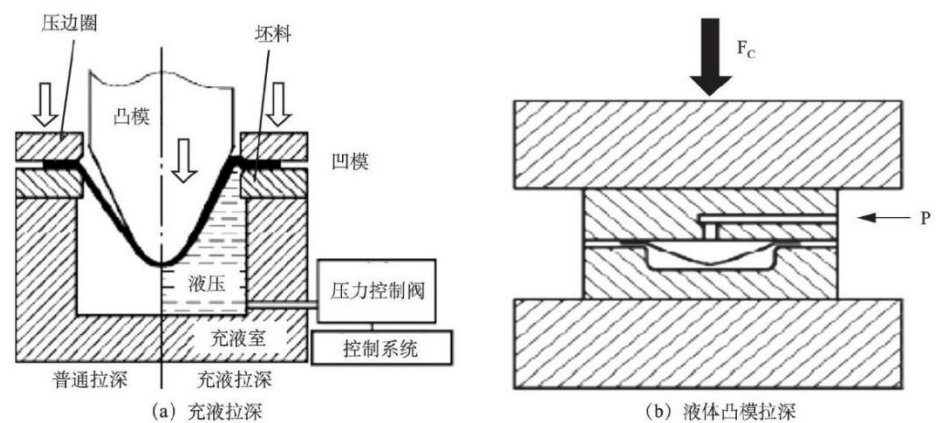
1) 激光拼焊：可实现不同材料之间的焊接

激光拼焊技术是指采用先进的激光技术及设备，将一定数量的不同材质、厚度、涂层的钢材、铝合金等材料通过自动拼合和焊接组成一块整体板材，通过冲压制造成为零部件，用以满足不同的零部件因作用不同而需具有不同材料性能、厚度及抗腐蚀性等要求。根据零部件的构造及功能需求、材料性质及厚度等要素的区别，汽车车身焊接所采用的激光拼焊技术主要包含直线焊接、折线焊接、曲线焊接、多零件组合焊接等形式，利用激光设备采用拼焊方式将不同性质的材料焊接成拼焊板，进而冲压形成最终所需的零部件，这样的工艺使得现代汽车既轻便又节能。

2) 液压成形：可将形状复杂、要求高精度、空心化的零部件一次整体成形

液压成形是以液体为传力介质，在液体压力和模具型腔的共同作用下，将标准的管材或板材制成结构复杂的单一整体结构件，用其代替传统焊接或铸造工艺，既节省工序又发挥了材料的最大效能。高强钢的液压成形技术可以在保持各项安全性能指标的同时，实现减重与空间合理利用。液压成形可分为板料液压拉深成形、管材液压胀形、壳体液压成形。按照模腔内液体所承受压力大小差异，还可以划分为高压成形和低压成形两种。

图 24：板料液压成形技术示意图



资料来源：《液压成形技术及其在汽车工业中的应用介绍》（刘渊媛、叶盛薇），德邦研究所

3) 热成形：过去十年的首选技术

热成形技术是将板材加热到奥氏体温度后，然后在模具中进行热成形，经通水冷却，在保持零件良好形状的前提条件下得到高强度的马氏体组织。热成形工艺能够很好地解决冷成形过程中存在裂纹、回弹、起皱等缺点，该方法制造的零

件满足汽车轻量化中重量轻、强度高等特点，符合生产及市场需求，在过去十年中迅速发展成为汽车制造中首选的制造工艺技术。

表 6：工艺轻量化方法对比

方法	优点	缺点	应用场景
激光拼焊	可实现不同材料之间的焊接；可焊材料种类广泛；对高熔点材料焊接效果好；无需后续矫正变形，废品率低；接头力学性能好，焊缝组织致密、强度高	要求装配位置的精确度高；设备及相关工艺系统价格高；对焊件的最大可焊厚度有上限；受板材的金属性能、冲压性能等多方面因素的影响	适用于既要保证具有一定韧性，又要保证其前后的材料具备一定的抗撞击强度的零部件焊接，如前后门内板、前后纵梁、侧围、底板、轮罩、风挡玻璃框架、轮罩板等
液压成形	可减少零件与模具数量，降低制造费用；减少后续机械加工和组装的焊接量；提高强度与刚度	液压元件制造精度要求高；实现定比传动困难；油液受温度的影响、易被污染，影响系统工作可靠性；发生故障不易排查	设计特殊、形状复杂的元件，如排气系统；要求整体结构强度高的零部件，如副车架零件；要求稳定性强、精确度高的零件，如动力系统
热成形	可在保持安全性条件下有效降低零件重量；钢板变形能力大幅提高，且冲压变形力小；钢板回弹系数降低，零件尺寸精度高；冲压噪音比冷冲压小；零件成形后表面硬度大，耐磨性好	CAE 仿真精度较差，产品开发难度大，零件固有废品率高；操作前需要加热炉处理，生产能耗高；生产过程中需要加热和保压淬火，生产效率低；现阶段技术门槛和投资门槛比较高	该技术在提高车体整体结构的强度和刚度，同时可以采用更少的材料达到降低轻量化目的，主要适用于横向支撑梁、悬置固定梁、纵向承载梁、前缓冲梁、A 柱、B 柱、门槛及车顶侧梁等

资料来源：《热成形钢在汽车轻量化中的应用及其焊接性能研究》刘岩等，《液压成形技术及其在汽车工业中的应用介绍》（刘渊媛、叶盛薇），《汽车车身中高强度钢热成形技术的应用》（李伟）等，德邦研究所

三种汽车工艺轻量化技术具有不同的优势，未来可以根据汽车不同部分零件的特点和需求选择对应的技术。激光拼焊技术的最大优点在于可以将不同厚度、不同材质、不同强度、不同冲压性能和不同表面处理状况的板坯拼焊在一起，再进行冲压成形。液压成形技术的最大优点在于可以将形状复杂、要求高精度、空心化的零部件一次整体成形，适用于汽车领域的沿构件轴线变化的圆形、矩形截面或各种异形截面空心构件，例如排气管道、发动机、副车架主管等部分，具有提高成形件的强度与刚度、减少模具数量、降低生产成本的优势。热成形技术适用于对舒适性、强度和安全性要求高的零件，典型的热冲压零件有前、后门左右防撞杆（梁），前后保险杠横梁，A/B 柱、地板中通道和车顶加强梁、悬置固定架等部分，在不降低安全性的同时，达到降低汽车重量的轻量化目的。

4) 压力铸造：铸造方法多样，各有优劣

压力铸造是一种将液态或半固态金属或合金，或含有增强物相的液态金属或合金，在压力下以较高的速度填充入压铸型的型腔内，并使金属或合金在压力下凝固形成铸件的铸造方法。压力铸造可分为低压压铸、高压压铸、真空高压铸造、差压铸造、挤压铸造等。

表 7：压力铸造方法对比

铸造方法	原理	优缺点	应用场景
高压铸造	将熔融金属浇入压射套筒后封闭，通过压射杆将其快速高压的注入型腔中，冷却凝固形成铸件	具有生产效率高、尺寸精密、壁厚薄等优点，缺点为易产生气孔，力学性能低	应用于缸体、缸盖、变速箱箱体、发动机罩等壁薄件
低压铸造	将型腔安置在密封的坩埚上方，在坩埚中通入压缩空气，形成压力后助推熔融金属上升填充型腔，冷却凝固形成铸件	优点为铸件纯度高、成形好、组织致密；生产操作易实现机械化，缺点为装备和模具投资较大，在生产铝合金铸件时，坩埚和升液管长期使用易受侵蚀而报废，并使金属液性能恶化	应用于副车架、轮毂、气缸体、气缸盖、活塞、悬架系统及转向系统的轻量化构件
真空高压铸造	在高压铸造的基础上加设高真空控制系统、真空阀等装置，在熔融金属填充前将型腔内的气体抽出，使模具型腔中形成真空，并保持到填充结束	能消除或显著减少压铸件内的气孔和溶解气体，提高压铸件力学性能和表面质量，但所需模具的密封结构更复杂，生产及设备安装成本更高	应用于尺寸大、结构复杂、对力学性能要求较高的车身结构件
差压铸造	在低压铸造的基础上，铸型外罩一个密封套，同时向坩埚和罩内通入压缩空气，但坩埚内的压力略高，使坩埚内的液态金属在压差作用下经升液管进入铸型并结晶	生产率高，易于实现机械化和自动化；可以生产形状复杂的薄壁铸件，铸件尺寸精度高；压铸件中可嵌铸零件，可以省去装配工序，简化制造工艺	应用汽车零部件包括转向节、连杆、车轮支架等
挤压铸造	采用较低的充型速度和小扰动，使液态或半固态金属在高压下凝固，以获得可热处理的高致密度铸件的成型工艺	具有模具结构简单、加工费用低、力学性能高(可达到同类锻件水平)等优点，但不适用于制造壁薄零部件	应用于高强度结构件、发动机活塞、汽车空调系统部件等

资料来源：Wondersa，德邦研究所

5) 连接技术：轻量化关键技术之一，复合连接可使不同连接方式优势互补

连接技术是轻量化制造技术发展的关键技术之一，它关系到被连接结构的性能、重量、加工工艺、装配、安全与回收等诸多方面。传统的连接技术主要有电阻点焊和惰性气体保护焊接/活性气体保护焊接 (MIG/MAG)。但随着越来越多的材料轻量化设计需要，激光焊接、铆接与自冲钢接、粘接及复合连接等新的连接技术逐步发展并得到越来越多的应用。机械连接技术包括压焊、钳铆、自冲铆接、盲铆和折叠等。采用机械连接技术代替电阻点焊其优点在于：可用于多种材料组合或夹层材料，允许表面带有涂层，不需加热（变形小、不改变材料性能），无需预处理及加工。粘接技术是指利用适宜的胶黏剂作为工艺材料，采用适当的接头形式和合理的粘接工艺而达到连接目的。粘接连接产生连续的连接，应力分布更加均匀，因而与点焊和机械连接的局部的、断续的连接相比，提高了连接刚度。

表 8：轻量化机械点连接技术比较

技术	操作	优点	缺点	典型应用	代表车型
Clinching (无铆连接)	双侧	费用省、不划伤涂层、表面质量好	工艺条件高、静态强度不高	车身覆盖件、天窗	明锐、英朗
SPR (锁铆连接)	双侧	工艺稳定能耗低、生产效率高	消耗铆钉、铆接力大	侧围、车门、覆盖件	奥迪 Q7、宝马 7 系
SSR	双侧	解决夹有热成型钢的多层连接	消耗铆钉、适用范围窄	热成型与铝板多层连接	奥迪 Q7
FDS (流钻螺丝技术)	单侧	疲劳性能良好、可连接大厚度	钉尺寸受限、防腐能力降低	门槛等封闭半封闭型腔	凯迪拉克 CT6
RIVTAC 技术	单侧	简单快速、可在线监控	冲击噪声大、需刚性支撑	减震器座、后地板横梁	奔驰 C 级、Model X
Automatic Blind Rivet (抽芯铆钉)	单侧	正拉强度高、无需预开孔	难以自动化、穿透力大	车门防撞梁	宝马 7 系

资料来源：《多材料车身机械点连接技术的应用》(段吉超，杨冰，张乙琳，秦兴国)，德邦研究所

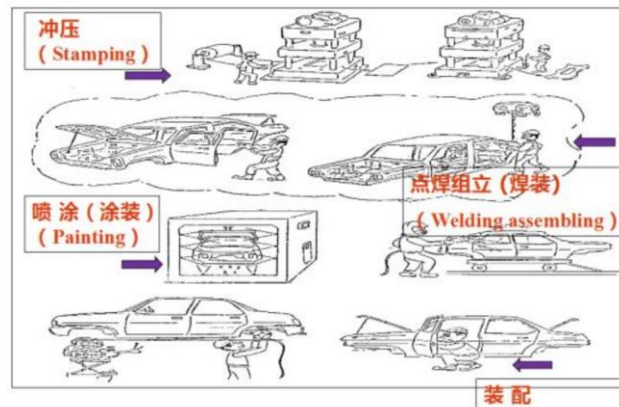
复合连接是将两种连接方法组合在一起使用的连接技术，如铆接-粘接、点焊-粘接、激光焊接-MIG 等，应用前景广阔。复合连接的主要优点是可以使不同连接方式的优势互补，接头扭转刚度和疲劳强度高，密封性好，并可改善汽车的噪声、振动与声振粗糙度 (NVH) 性能。对于复合材料的连接技术来说，选用连接方法需要考虑传递载荷的大小、连接部位的重要程度、被连接件的材料特性等因素，并且环境状况、可检测性、可拆卸性及可修理性以及工艺性和制造成本等方面也是不可忽略的。奥迪 A8 在车身连接工艺中，采用了多种复合连接方式。

3. 一体化压铸助力整车制造成本下探、效率提升

3.1. 一体化压铸降本增效，设备成本、模具制造难度、材料要求为主要壁垒

一体化压铸将传统汽车生产中冲压和焊装整合为压铸，工艺高度简化。传统汽车生产制造由冲压、焊装、涂装、总装四大工艺组成。其中，冲压就是将金属板材压制成车身所需的各个组成部件，而后再采用焊接或铆接组合的方式制造出大型铝制件。而一体化压铸则是采用特大吨位压铸机，把冲压与焊装改为压铸，前两步合成一步，将多个单独、分散的零部件高度集成，直接铸造出大部件。

图 25：传统汽车生产制造包括冲压、焊装、涂装、总装



资料来源：新浪汽车，车驰界微信公众号，德邦研究所

一体化压铸模式与传统“冲压+焊接”模式相比，其优势表现在以下几个方面：

1) 生产线、材料、人力三重降本。

①**生产线建设成本及占地面积降低。**传统汽车制造工艺由于需要单独加工的零部件众多，每个零部件均需布置机器和模具，以及生产线周边的机器臂、传输线、夹具等，全套生产线规模大、占地多、成本高。相较而言，一体化压铸将多个单独、分散的零部件高度集成，仅需要 1 大型压铸机，少量辅机及模具，省去了热处理设备、塑型设备、钝化设备等，产线建设成本及占地面积大幅下降，采用大型压铸机后，工厂占地面积减少了 30%。

②**材料利用率提升。**传统车身在冲压过程中原材料不可避免地会产生边角料，且其用料复杂，不同零部件通常对应不同种类及材料型号，传统冲压-焊接工艺，通常板材利用率仅为 60%-70%。然而一体化压铸是将液体金属一比一等同于铸件用料，材料利用率更高。此外由于仅使用单一铝合金，车身回收后可直接融化重制，回收利用率在 90% 以上。

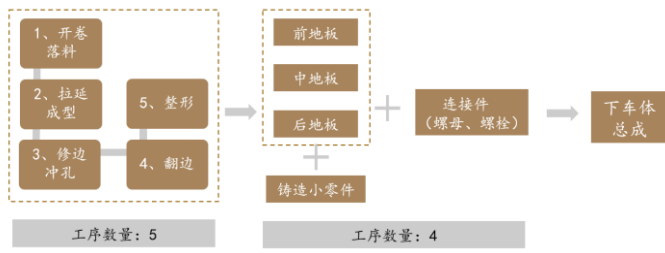
③**人力成本降低。**传统车身制造涉及焊接工序，焊接点众多，需要大量的焊接技术工人，目前国内主流焊装工厂通常配备 200-300 个工人。采用一体压铸技术后，由于焊接点减少，所需的技术工人至少可缩减到 30-40 人。

2) 工艺流程简化，生产效率提升。

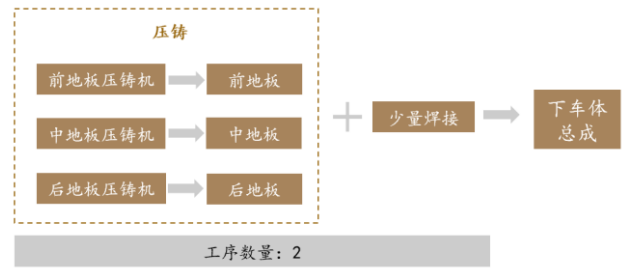
传统车身的制造工艺主要分为冲压-焊装-涂装-总装四大环节。主车厂采购由全国各供应商通过冲压、压铸制造的多个结构件，将之组装连接（包括焊接、铆接、涂胶等）在一起，形成汽车的白车身总成。而一体化压铸工序中冲焊与热处理工作量减少、省去大量涂胶工艺环节，生产效率得到大幅提升。特斯拉 Model Y 后地板采用一体式压铸工艺，所有零件一次压铸成型，应用了新合金材料，一体压铸的后地板总成不再热处理，制造时间由传统工艺的 1h-2h 缩减至 3min-5min。

图 26：传统工艺下车体总成需要 9 道工序

图 27：一体化压铸下车体总成仅需 2 道工序

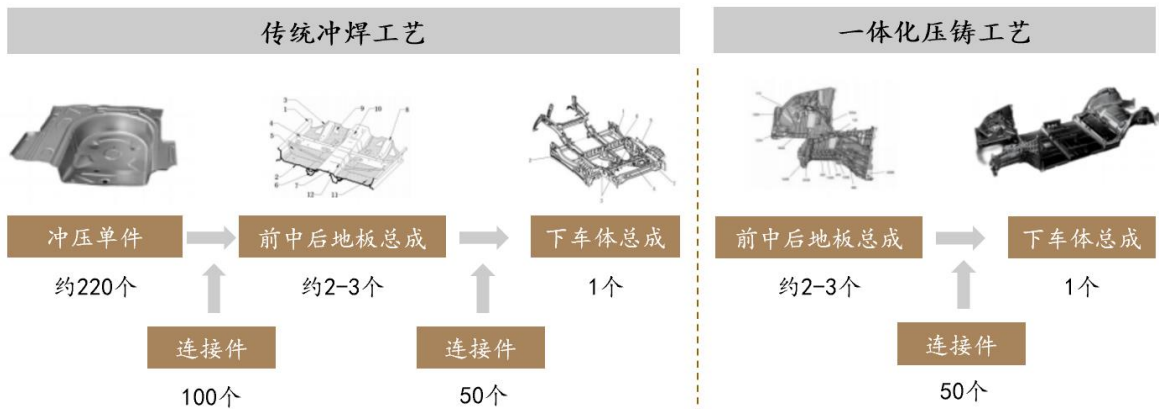


资料来源：车乾信息微信公众号，德邦研究所



资料来源：车乾信息微信公众号，德邦研究所

图 28：传统冲压&焊接工艺需要超 370 个零件，一体化压铸则直接输出下车体总成 2-3 个，经少量焊接完成下车体总成制造

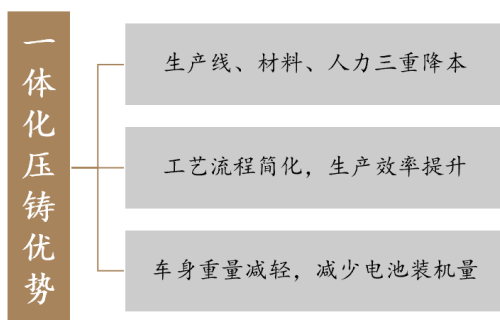


资料来源：车乾信息微信公众号，德邦研究所

3) 车身重量减轻，减少电池装机量。

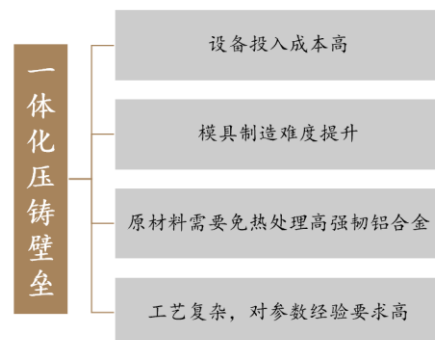
根据车乾信息，电池降本为钢换铝式车身材料增加成本的 6.6 倍。特斯拉新一代一体压铸底盘有望降低 10% 车重，对应续航里程增加 14%。以普通电动车电池容量 80kwh 为例，若采用一体压铸车身减重并保持续航里程不变，则电池容量可减少约 10kwh。按照磷酸铁锂电池 pack 成本 800 元/kwh 计算，则可降低成本 8000 元。

图 29：一体化压铸具有降本提效等多重优势



资料来源：车乾信息微信公众号，德邦研究所

图 30：一体化压铸具有设备、模具、原材料及工艺等方面壁垒



资料来源：车乾信息微信公众号，德邦研究所

除上述优势外，一体化压铸同样具有一定劣势或是进入壁垒，具体而言：

1) 设备投入成本高。一体化压铸件的投影面积更大，压铸机需要更大的锁模力防止模具脱落，目前市场上最大规格的压铸机为 12000T。随着锁模力提升，一台重型压铸机的采购价往往要上亿，而传统冲压机仅需千万元。

2) 模具制造难度提升。模具是决定零部件的精密程度，支撑零部件强度的关键。压铸模具较为复杂，加工成本高，随着压铸机锁模力不断提升，对模具抗压力、形状设计要求提升明显，模具的设计难点在于需要考虑热平衡、脱模、进浆料方向等等诸多问题。此外模具原材料的选取与创新也至关重要，材料端需要较高的高温稳定性、高温强度、耐磨性、韧性、导热性等性能。

图 31：压铸高速充型的技术参数

性能	要求	最高
压射比压	几千至几万 kpa	2×10^5 kpa
压射充型速度	10-50m/s	100m/s
充型时间	一般在 0.01-0.2s 之内	
高速充型下熔体可以快速填充模具型腔，精确复制型腔的尺寸、形状以及表面特征。		

资料来源：车乾信息微信公众号，德邦研究所

图 32：一体化压铸对模具的要求

性能要求					
良好的切削性和锻造性	高的耐磨性和耐腐蚀性	热膨胀系数小和抗高温氧化性	抗冲击韧性和回火稳定性	良好的导热性和抗疲劳性	较小的热处理形变和好的淬透性

资料来源：车乾信息微信公众号，德邦研究所

3) 原材料需要免热处理高强韧铝合金。一体化压铸零件通常具有尺寸大、壁厚薄、结构复杂等特点，这就对铝合金材料性能提出了更高的要求。综合考虑使用性能、工艺特点和生产条件等因素，一体化压铸铝合金材料不仅在常规性能上比普通压铸高，而且还有其独特的要求。包括高韧性、优异的铸造性能、高的连接包容性、更高的微量元素和杂质元素的容忍度以及长效高效的变质剂。

4) 工艺复杂，对参数经验要求高。一体化压铸工艺复杂，全工艺要素均有较高要求。压铸工艺对生产合格的汽车结构件十分重要，正确地选择压射模式、压射参数等有利于减少铸件中的缺陷。压铸冷却水的布局、周边机的设置、采用的压力参数等是通过多年项目的经验积累下来的，因此如果要保证较高的产品良率，需要多年压铸参数经验的累积。

3.2. 上游材料、模具、设备屡获突破，中游压铸制造企业众多

一体化压铸产业链的上游为压铸机、材料与模具厂商，中游为铝合金压铸厂，下游为主机厂。一体化压铸有两种业务模式，一种是自研模式：主机厂直接采购压铸机、材料和模具等物料，自建工厂生产铸件，代表车企有特斯拉、小鹏和沃尔沃。另一种为采购模式：主机厂直接向压铸厂商采购铸件，由压铸厂商采购相关的物料，生产铸件后交付给主机厂，代表车企有高合、蔚来、理想。当前自研模式的代表企业特斯拉已经开始与压铸厂商接触，长期来看，由于主机厂自建厂房与产线成本较高，并且汽车销量可能会成为产能利用率的压制因素，因此采购模式有望成为长期主流。

图 33：一体化压铸产业链及相关公司

上游	中游	下游
<p>材料</p> <ul style="list-style-type: none"> 立中集团 永茂泰 帅翼驰 特斯拉 美国铝业 德国莱茵菲尔德 <p>模具</p> <ul style="list-style-type: none"> 合力科技 广州型腔 赛维达 宁波臻至 <p>压铸机</p> <ul style="list-style-type: none"> 力劲科技 海天金属 伊之密 意德拉 瑞士布勒 	<p>压铸商</p> <ul style="list-style-type: none"> 广东鸿图 文灿股份 拓普集团 旭升股份 爱柯迪 泉峰汽车 美利信 伯特利 <p>主机厂（自研）</p> <ul style="list-style-type: none"> 特斯拉 小鹏 沃尔沃 小米 	<p>主机厂</p> <ul style="list-style-type: none"> 特斯拉 蔚来 小鹏 理想 高合 长安 长城 沃尔沃 大众

资料来源：汽车轻量化技术创新战略联盟微信公众号，佐思汽研等，德邦研究所

3.2.1. 上游：材料端竞争充分，模具端未上市企业为主，设备端力劲科技位居龙头

1) 材料：一体化压铸需要免热处理铝合金材料

热处理易致大尺寸铸件形变，免热处理材料成为重要技术壁垒。热处理是保障压铸零部件机械性能的有效途径，但也易引起汽车零部件尺寸变形及表面缺陷。一体化压铸的大型铝合金部件对精度要求较高，热处理过程易引起汽车零部件尺寸变形及表面缺陷，虽然通过矫正工艺可以改善一定的尺寸精度，但会降低良品率，导致成本急剧上升，因此免热处理铝合金材料是大型一体化压铸结构件的关键。国外免热处理铝合金材料厂商主要有美国铝业、德国莱茵菲尔德和特斯拉，国内厂商正在积极研发，目前立中集团、上海交大、广东鸿图、湖北新金洋已研制成功。

表 9：全球主要免热处理铝合金材料厂商

企业	材料	性能指标	客户	备注
美国铝业	EZCast-NHT™	抗拉强度 268MPa，屈服强度 117MPa，断后伸长率 14.1%		
德国莱茵菲尔德	Castasil-37	抗拉强度 260-300MPa，屈服强度 120-150MPa，断后伸长率 10-14%		
特斯拉			特斯拉	专利名为“Die Cast Aluminum Alloys for structural Components”，能够降低生产成本
帅翼驰	代理美国铝业 6000 系合金 A210EXTruStrong			
立中集团		抗拉强度≥220MPa，屈服强度≥110MPa，延伸率≥12%	文灿股份	从 2016 年开始立项免热处理合金项目的研发，于 2020 年申请并相继获得了国家发明专利证书
上海交大、华人运通	TechCast™	流动性高于同级别材料 15%以上，强塑积高出 30%以上，保证了整车碰撞等性能达到更高维度	华人运通、拓普集团	有望在高合汽车后续车型上大批量采用
广东鸿图				公司自主研发的免热处理铝合金材料已获得国家授权发明专利（ZL201510830880.X）。该专利材料性能及使用成本对比国内外同类产品均处于领先水平，并已应用于一体化压铸产品开发试制

湖北新金洋

 抗拉强度 280MPa, 屈服
 强度 130MPa, 延伸率
 13%

 目前公司内书完成多批次稳定性验证, 并交付
 客户小批量生产适用

资料来源: 中华压铸网微信公众号, 汽车轻量化技术创新战略联盟微信公众号, 中国有色金属报, 德邦研究所

立中集团为国内铝合金材料龙头, 公司研发的高韧高强铝合金材料打破国外垄断。立中集团始创于 1984 年, 是全球先进的再生铝合金、汽车轻量化产品和新材料制造商, 也是国内合金新材料龙头企业。公司拥有立中合金、立中车轮、四通新材和立中新能源四大板块, 目前已实现了功能合金新材料、再生铸造铝合金、铝合金车轮三大细分行业的引领。集团研发的免热处理合金材料, 实现了汽车零部件在一体化、大尺寸、薄壁、结构复杂和热处理易变形的新能源汽车结构件上的“铝代钢”材料替代, 打破了国外企业在该领域的产品垄断和技术封锁。

2) 模具: 6000 吨模具已量产, 12000 吨正在研发中

一体化压铸对模具的强度及韧性要求更高。与其他铸造工艺相比, 压铸工艺特性主要体现在“高速充型与高压凝固”上, 在温度、真空、成型方案、工艺参数、后处理等方面都比传统铸造工艺存在更高要求。相比普通压铸的模具, 一体化压铸模具更复杂, 对强度和韧性要求更高。一般压铸厂商不具备大型压铸模具的设计能力, 通过外部采购来满足需求, 目前我国的大型压铸模具厂商主要有广州型腔、宁波臻至、宁波赛维达、合力科技等。

表 10: 以广州型腔为首的国内模具厂商正紧密研发大型模具

企业	模具布局	合作客户
广州型腔	开发出国内首套 6800 吨超大型一体化铝合金压铸结构件模具; 为美利信提供 8800 吨配套模具与广东鸿图、力劲股份合作研发 12000 吨超级智能压铸单元	广东鸿图等
宁波臻至	投资 1.5 亿元建设年产 300 套压铸模具的项目	
宁波赛维达	已具备年产 50 套 6000T 模具以上生产能力; 国内首款 9000 吨大型一体式车身结构件模具于 2022 年 4 月交付, 12000-2000 吨一体式车身结构件模具正在研发中	文灿股份、特斯拉、华人运通
合力科技	拟投资大型一体化模具及精密铝合金部品智能制造项目, 项目达产后, 将新增 75 套中大型一体化模具的产能	
重庆广澄模具		美利信
德国肖弗勒模具	总投资 2000 万欧元的高端汽车模具加工项目落户浙江嘉兴市海盐县	特斯拉

资料来源: 中华压铸网微信公众号, 压铸实践, 合力科技公告, 海盐发布公众号, 德邦研究所

文灿股份、广东鸿图等大型压铸厂商已向上游延伸布局模具。除第三方独立的模具制造企业外, 国内大型压铸厂商文灿股份也在进产业链延伸, 布局上游模具端。其下属子公司文灿模具积累了大量车身结构件的项目经验, 公司采用高真空压铸技术生产车身结构件, 该技术使型腔真空度可以做到 30 毫巴以下, 压铸出来的产品可以用于热处理, 更好地提升材料机械性能。此外, 广东鸿图下属公司进行模具自制。此类大型压铸厂商向产业链上游延伸布局, 将极大提升其行业竞争力。在一体化压铸件生产过程中, 压铸厂商希望通过集合材料端、模具端、工艺端等各项技术能力, 积累 know-how 以求扩大自身综合竞争力, 后期有望为主机厂提供完整的解决方案。

3) 压铸机: 力劲科技为行业龙头, 12000 吨以上压铸机有望助力整车级别一体化压铸件

大型压铸机是汽车实现一体化压铸的基础。根据佐思汽研, 一般来说一体化压铸所需要的压铸机锁模力都在 6000T 以上, 当前全球能生产 6000T 压铸机的企业有海外的意德拉集团 (力劲科技全资子公司) 和瑞士布朗集团, 国内的力劲科技、海天金属和伊之密, 其中力劲科技为国内龙头。更大吨位的压铸机意味着

压铸件的尺寸和结构可以进一步突破，目前特斯拉、力劲科技、广东鸿图、海天金属等企业均在研发 12000 吨以上的压铸机。2022 年 9 月，力劲科技与广东鸿图发布 12000 吨超大型智能压铸单元，这是迄今为止全球最大吨位的压铸机，有望助力整车级别一体化压铸件。

表 11：全球主要大型压铸机生产厂商

厂商	产品系列	锁模力 (吨)	客户
国内	力劲科技	IMPRESS&D-Series	特斯拉、文灿股份、拓普集团、广东鸿图、长城精工
	伊之密	DM-H	云海金属、一汽、长安
	海天金属	HDC	旭升股份、美利信
国外	意德拉集团	GIGA PRESS	特斯拉
	布勒集团	Fusion	沃尔沃、大众、爱柯迪、宜安科技、汉德曼

资料来源：中华压铸网微信公众号，佐思汽研，德邦研究所

3.2.2. 中游：文灿、鸿图等布局企业数量多，压铸制造行业集中度较低

目前国内压铸行业集中度较低，参与企业众多。根据文灿股份招股说明书，截至 2016 年国内注册压铸相关企业超 12600 家，企业主要分布在广东、江苏、浙江、重庆、山东等地，生产规模较大、专业化程度较高的企业主要集中在珠三角和长三角地区。国内自主品牌的汽车压铸供应商可分为两大类，一类是下游主机厂配套压铸事业部或压铸子公司，为主机厂提供压铸件产品配套，如长城汽车的压铸事业部、比亚迪的弗迪精工、一汽集团旗下的一汽铸造等。另一类是第三方汽车压铸件供应商，其中仅少数企业具备生产中大型压铸产品能力。

表 12：主要压铸厂商在汽车一体化压铸的布局

企业	大型压铸设备	设备供应商	配套车企
文灿股份	2 台 6000 吨、2 台 7000 吨、3 台 9000 吨	力劲科技	蔚来、理想
拓普集团	6 台 7200 吨	力劲科技	高合
广东鸿图	1 台 6800 吨，另采购力劲大型智能压铸单元 8 套（含 12000 吨）	力劲科技	小鹏、特斯拉、比亚迪
旭升股份	未来三年向海天金属订购偶总价约 2 亿元的压铸岛设备，机型覆盖 1300-4500 吨、6600 吨、8800 吨	海天金属	
泉峰汽车	1 台 6000 吨、1 台 8000 吨		
宜安科技	1 台 6100 吨	布勒集团	
美利信	2 台 6600 吨、3 台 8800 吨	海天金属	
海威股份	规划部署 6 台套力劲 6600 吨和 9000 吨超大型智能压铸单元	力劲科技	
爱柯迪	2022 年拟购入 45 台压铸机，其中包括两台 6100 吨和 2 台 8400 吨	布勒集团	
云海金属	2 台 6800 吨、2 台 7000 吨	力劲科技、伊之密	
江西森萍科技	6000 吨、9000 吨、120000 吨	力劲科技	

资料来源：中华压铸网微信公众号，佐思汽研，德邦研究所

3.3. 特斯拉引领轻量化发展，大众、新势力等纷纷跟进

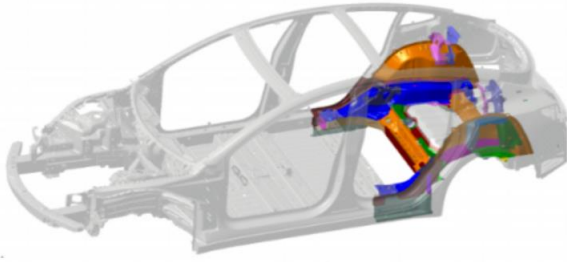
3.3.1. 特斯拉：率先推出一体化压铸，引领行业发展方向

特斯拉率先推出一体化压铸后车身，Model Y 的后车身实现减重提效。2020 年 4 月 30 日，特斯拉在一季度财报文件中首次披露了 Model Y 的一体化压铸后车身。和 Model 3 相比，这块区域实现了将 70 个零件精简为 1 个零件的进步。将 Model 3 后车身 70 个零件合而为一之后，Model Y 的后车身制造时间大大缩短，是 Model 3 的几分之一。此外，尽管 Model Y 相比 Model 3 尺寸全面增大，但

Model Y 的一体压铸后车身仅重 66 公斤，反比尺寸更小的 Model 3 同样部位轻了 10-20 公斤。

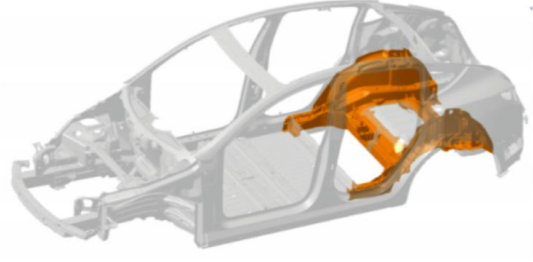
图 34：特斯拉 Model 3 后车身区域有 70 个零部件

图 35：特斯拉 Model Y 一体压铸后车身精简为 1 个零件



Model 3 rear underbody
70 pieces of metal

资料来源：特斯拉，电动星球 News 微信公众号，德邦研究所



Model Y rear underbody
2 pieces of metal (eventually a single piece)

资料来源：特斯拉，电动星球 News 微信公众号，德邦研究所

后地板成功减重后，Model Y 实现一体式压铸后地板总成。根据汽车工艺师公众号，2020 年 9 月特斯拉宣布 Model Y 将采用一体式压铸后地板总成，原来通过零部件冲压、焊接组装的后地板总成将采用一体式压铸一次成型，相比原来形式可减少 79 个部件，焊点由 700-800 个减少到 50 个，同时由于应用了新型铝合金材料，特斯拉一体压铸的后地板总成不需要进行热处理，整个制造时间由传统工艺的 1-2h 缩减至 3-5min，并且能够在厂内直接供货，整体制造成本下降 40%。同时，特斯拉宣布下一步计划将应用 2-3 个大型压铸件替换由 370 个零件组成的整个下车体总成，质量将进一步降低 10%，对应续航里程可增加 14%。此外，特斯拉已经申请采用巨型压铸设备一次压铸整个白车身的专利技术。

图 36：特斯拉 Model Y 一体式压铸后地板总成



(a)后地板



(b)下车身

资料来源：汽车工艺师微信公众号，德邦研究所

前身车和 Cybertruck 一体化压铸接力后底板总成。Model Y 后底板总成采用的是 6000 吨压铸机，而要实现前身车和 Cybertruck 一体化压铸需要更大锁模力的压铸机。2020 年 3 月特斯拉在财报会上宣布已经订购 8000 吨压铸机用来生产 Cybertruck 车身后底板。Cybertruck 采用一体成形金属无烤漆框架将铁、铝、硅和镁等金属块送进炉内，以摄氏 850 度高温融化后，通过多道的气体、碳化硅等物质加工，将液态金属灌入模具，高压成形后以机械手臂取出，再通过 X 光和激光检验加工，完成整个工序。

根据电动新视界，Giga Press 压铸机和铝合金配方为特斯拉一体化压铸的壁垒。特斯拉的一体化压铸机 Giga Press，由特斯拉和压铸机厂商 IDRA Group 联合定制，深度参与了软硬件的设计制造，其大小与房子相当，长 19.5 米、高 5.3 米，重达 410 吨。除了压铸机定制设计与开发的技术壁垒之外，如果没有大批量生产带来的规模效益，车企很难分摊压铸工艺使用的昂贵的压铸机和压铸模具的综合成本。Giga Press 所使用的铝合金材料是特斯拉为改进生产工艺的独家配方，是一种不需要涂层和热处理的高强度合金。由前苹果合金专家查尔斯·柯伊曼主导研发，柯伊曼 2016 年加入特斯拉，同时领导特斯拉和 Space X 的材料工程团队。

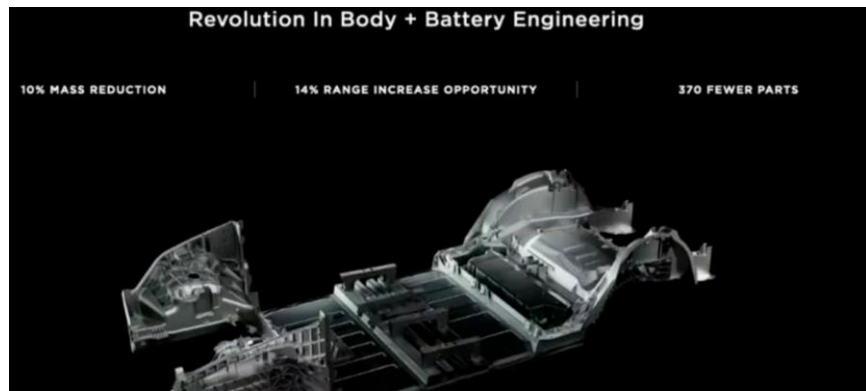
图 37：特斯拉独家配方的高强度合金材料



资料来源：电动新视界微信公众号，德邦研究所

CTC 技术配合一体化压铸技术，开辟新方向。在 2020 年 9 月的电池日上，特斯拉发布了全新的整包封装技术 CTC (Cell to Chassis)，即取消 Pack 设计，直接将电芯或模组安装在车身上。CTC 技术有助于将车辆的结构平台进一步单元化，从而进一步降低制造成本。马斯克曾表示，采用了 CTC 技术后，配合一体化压铸技术，可以节省 370 个零部件，为车身减重 10%，将每千瓦时的电池成本降低 7%。除特斯拉，宁德时代计划在 2025 年实现集成化 CTC，2030 年实现智能化 CTC。根据宁德时代董事长曾毓群介绍，宁德时代的集成化 CTC 技术不仅会重新布置电池，还会纳入包括电机、电控、DC/DC、OBC 等动力部件。

图 38：CTC 技术可以节省 370 个零部件，为车身减重 10%，续航里程增加 14%

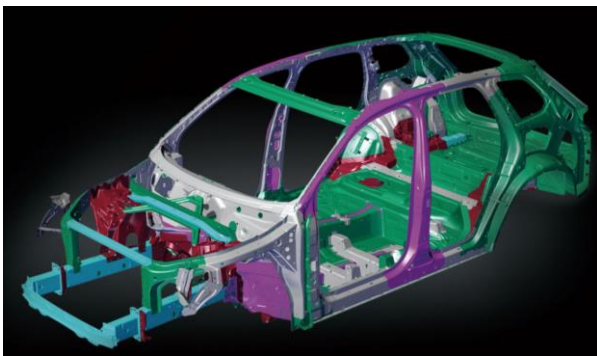


资料来源：电动新视界微信公众号，德邦研究所

3.3.2. 大众：全新 SSP 平台将引入一体化压铸，后车身一体式铝压铸样件成功下线

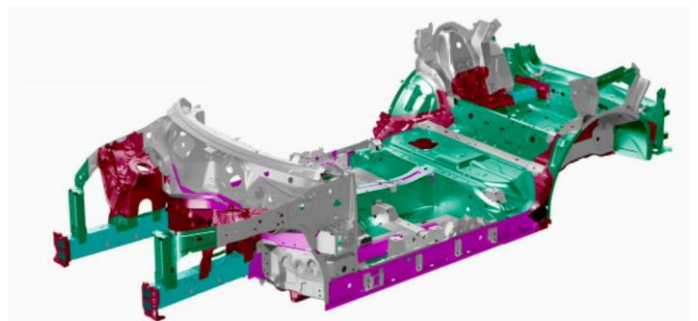
大众汽车 **MLB-evo** 平台混合车身结构材料轻量化，采用 **52%高强度钢材和 48%铝合金材料**，减重同时整车性能提升。占比 13% 的热成型钢被用于需要极高强度的 A、B 柱等关键位置，1400mPA 抗拉强度保证驾驶舱在受到碰撞后依然为驾乘者提供周全保护；使用比例达 39% 的冷成型钢则被用于前围板、前后翼子板等部位，防止在驾驶舱被挤压时发生车门无法打开的情况。发动机舱盖板、前后车门板及侧围板等部位的铝制板材占车身选材的 30%，在保证轻量化的同时，还与采用挤压铝型材的防撞梁、吸能盒等一同吸收和弱化碰撞时激发的能量。此外，15% 铝铸件材料加持于前后避震器支座等部件也令整车性能得到进一步提升。

图 39：大众汽车 MLB-evo 平台混合车身结构示意图



资料来源：大众官网，德邦研究所

图 40：大众汽车 MLB-evo 平台底盘示意图



资料来源：大众官网，德邦研究所

全新一代途锐是首款使用混合式车身结构的 SUV，实现减重 106 公斤。MLB Evo 平台采用了纵置发动机布局，使得车身前后配重更加平衡，同时动力配置自由度也更高。更合理的布局和轻量化设计，不仅能够提升车辆舒适性，也能提升驾控体验。大众官网显示，作为诞生于 MLB Evo 平台的杰出之作，全新一代途锐是首款使用混合式车身结构的大众汽车品牌 SUV 车型。其不仅将混合式车身结构的众多优点集于一身，而且纵置发动机架构也能大幅提升车辆的基准设计性能。根据大众官网数据，上述技术的运用让全新一代途锐在重量减轻 106 公斤的同时，安全性也有所保障，取得了欧盟新车安全评鉴协会碰撞测试五星安全认证。

图 41：全新一代途锐采用铝材+高科技钢混合式车身结构，减重 106 公斤



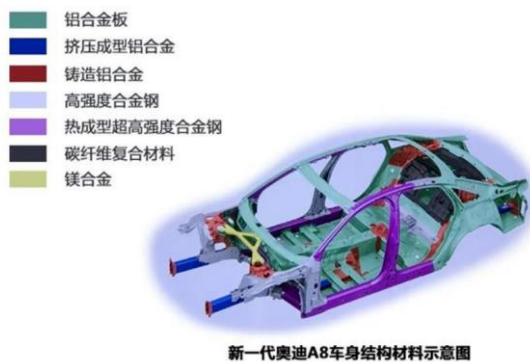
行李箱容积	810-1,800升
安全气囊	10个
混合车身结构：铝材/高科技钢材	48%/52%
预碰撞安全系统识别前方危险区域内行人	时速4-65公里内

资料来源：大众官网，德邦研究所

4 种轻量化材料+14 种车身连接工艺，奥迪 A8 全新推出。

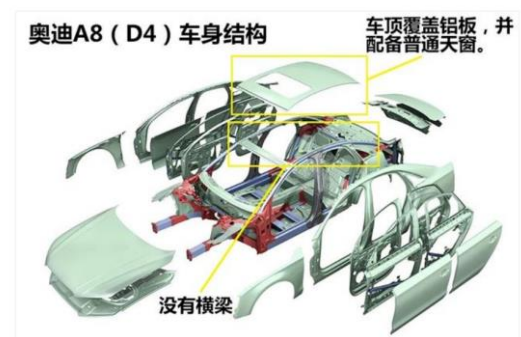
1) **材料**：根据 AI 汽车制造业数据，新一代奥迪 A8 车身材料除了铝合金、高强度合金钢、镁合金外，首次应用了碳纤维复合材料，占比分别为 58%、40.5%、0.5%、1%。车身的整体框架由铝型材搭建，关键部位采用铝制铸件进行联接，保证结构强度，车身表面采用铝制钣金件。碳纤维复合材料的应用使得后座背板密度减少 45%，重量减轻 50%。四种材料如果按照种类再进行细分的话，材料种类可以达到 29 种，其中包括 11 种钢材、16 种铝材、1 种镁材和 1 种碳纤维复合材料。

图 42：新一代奥迪 A8 车身材料示意图



资料来源：AI 汽车制造业微信公众号，德邦研究所

图 43：新一代奥迪 A8 车身结构示意图

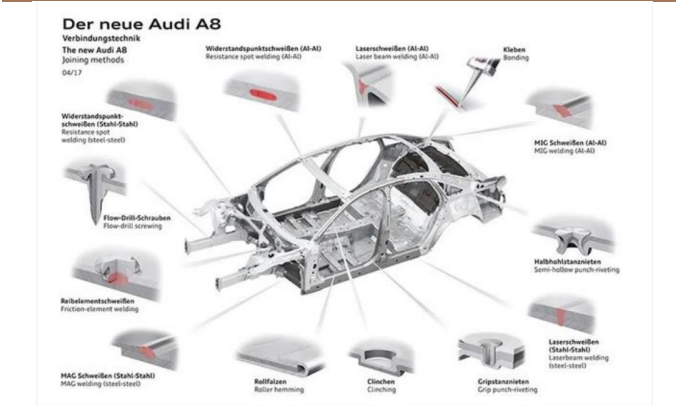


资料来源：AI 汽车制造业微信公众号，德邦研究所

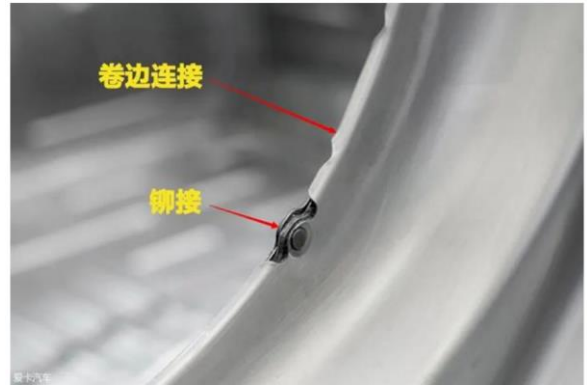
2) **连接工艺**：多种材质的应用意味着车身连接方式需要进行改进和优化，尤其是碳纤维材质的加入对车身连接技术提出了更高的要求。基于跑车奥迪 R8 的经验，新一代奥迪 A8 车身的连接方式达到了 14 种，其中包括 MIG 焊、远程激光焊等 8 种热连接技术和冲铆连接、卷边连接等 6 种冷连接技术。

图 44：新一代奥迪 A8 车身连接方式

图 45：车身采用多种复合连接方式



资料来源：AI 汽车制造业微信公众号，德邦研究所



资料来源：AI 汽车制造业微信公众号，德邦研究所

大众推出下一代 SSP 平台，计划开始应一体化压铸。根据智电汽车，SSP 平台是一个集纯电动、全面互联和高度可扩展性于一身的全新汽车平台，这套平台将在 2024 年正式启动，SSP 平台是在 MQB、MSB、MLB 等三个燃油车平台，和 MEB、PPE 两个纯电动汽车平台基础上，整合成一个全新的可扩展系统平台，适用于集团旗下所有品牌和所有级别车型的机电一体化平台架构。SSP 平台将电池、软件、车身、自动驾驶等方面进行整合，生产更加简洁，效率更高。而 SSP 平台最大的亮点就是完美实现四电机布局，可以达成前轮/后轮/全轮驱动模式。大众计划于 SSP 平台开始应用一体压铸，车身一体式铝压铸件样件已成功下线。

图 46：大众全新 SSP 平台

图 47：大众汽车后车身一体式铝压铸件样件



资料来源：智电汽车微信公众号，德邦研究所



资料来源：《中国压铸》微信公众号，德邦研究所

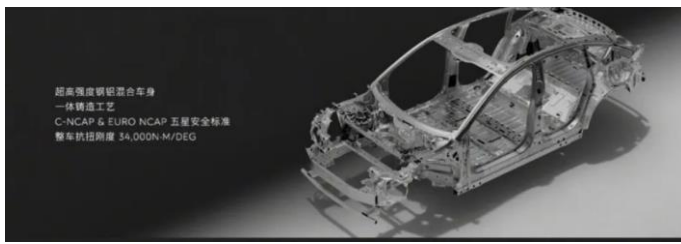
3.3.3. 新势力奋起直追，传统车企纷纷跟进

国内新势力车企积极布局“一体化压铸”，蔚来、小鹏、理想等奋起直追。

1) 蔚来：国内新势力中，蔚来 ET5 率先应用一体铸造技术，轻量化、安全性领先。2021 年 10 月，蔚来汽车宣布成功验证开发了可用于制造大型压铸件的免热处理材料，将大量应用在蔚来第二代平台车型上。蔚来 ET5 车的车身后备箱用 C611 合金一体化压铸，用的是力劲公司 60MN 压铸机生产的。整车抗扭刚度由 31kNm/deg 上升到 34kNm/deg，同时后车身质量降低 30%。

图 48：蔚来 ET5 超高强度钢铝混合车身

图 49：蔚来 ES8 全铝车身



资料来源：汽车材料网微信公众号，德邦研究所



资料来源：AI 汽车制造业微信公众号，德邦研究所

蔚来 ES8 使用全铝车身，集结了轻盈、坚固、安全等特性。ES8 的白车身采用了源于飞行器的全铝架构平台，拥有着仅 335kg 重的白车身重量，轻量化指数为 2.02。扭转刚度达到了 $44140N \cdot m/deg$ ，而较高的扭转刚度对操控性和 NVH 大有益处。除了车身之外，ES8 的底盘，悬挂，轮毂，刹车系统以及电池组外壳也是全铝材质。在选择具体哪种铝合金材质时，ES8 做了多轮材料优化，最终选择了 7 系铝中的 7003 系列。且在材料的横截面，ES8 也进行了优化，以保证碰撞时截面力增大，提高材料的强度以及韧性，安全系数进一步提升。

多种先进连接技术，提高整车安全性。ES8 白车身使用 7 种先进的连接技术，分别为 FDS（热融自攻铆接）、RSW（铝点焊）、CMT（冷金属过渡弧焊）、SPR（自冲铆接）、Adhesive 结构胶、Laser（激光焊接）、Monobolt（高强度抽芯拉铆），确保车身连接强度，令效能和可靠性达到最佳，提高整车安全性。

图 50：蔚来 ES8 采用了 7 种先进的连接技术



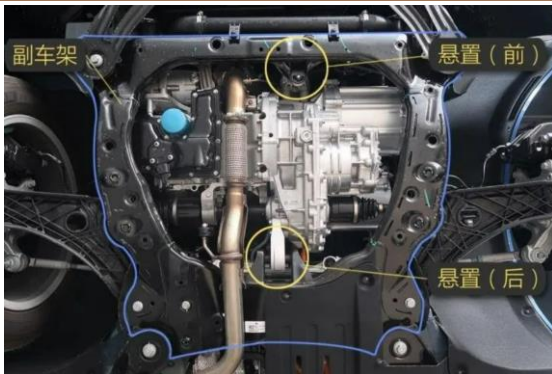
资料来源：AI 汽车制造业微信公众号，德邦研究所

2) 小鹏：SEPA 2.0 “扶摇”全域智能进化架构将采用前后一体式铝压铸车身。在小鹏汽车 2023 技术架构发布会上，小鹏正式发布 SEPA 2.0 “扶摇”全域智能进化架构。小鹏 G6 作为首款诞生于“扶摇”架构的车型，将采用前后一体式铝压铸车身，前后一体压铸集成零件数为 161 个，最大锁模力可达 12000 吨。凭借该工艺，其整车扭转刚度大幅提升至 $4.2KN \cdot m/deg$ ，比传统车身提升 50%，更大程度提升车身安全性。

3) 理想：理想 one 动力总成和底盘采用了轻量化设计。①动力总成：理想 one 选用了全框式副车架和动力总成“四点悬置”设计，较粗壮的钢梁承载着动力总成前、后两个选址点，剩下左右两个悬置则安装在车身纵梁上。②底盘：理想 ONE 的转向节采用了铝合金材质，下控制臂则为工程塑料与钢板的组合打造，后

悬架中则更多使用了铝合金材料。

图 51：理想 one 动力总成采用“四点悬置”设计



资料来源：汽车材料网微信公众号，德邦研究所

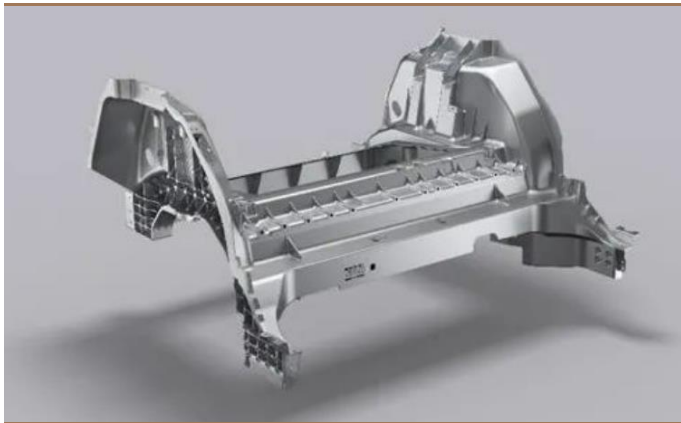
图 52：理想 one 底盘用料



资料来源：汽车材料网微信公众号，德邦研究所

4) 高合：2021 年 12 月 20 日，高合汽车宣布与上海交通大学轻合金国家工程中心达成战略合作，并在技术开发层面取得实质性进展，双方全球首发 TechCast™ 超大铸件用低碳铝合金。该材料的流动性高于同级别材料 15% 以上，强塑积高 30% 以上，保证了整车碰撞等性能达到更高维度。TechCast™ 首次量产应用是在高合汽车与拓普集团合作的基于 7200 吨巨型压铸机正向开发的一体化超大压铸车身后舱，这标志着高合汽车成为国内首个量产落地该技术的汽车厂商。高合汽车旗舰车型 HiPhi Z 首次搭载了一体化超大车身后舱结构件，该部件是汽车零部件领域已知最大的一体化铝合金压铸件，实现减重 20% 的同时还大幅增强局部刚性与稳定性。

图 53：一体化超大压铸车身后舱



资料来源：盖世汽车社区微信公众号，高合汽车，德邦研究所

图 54：长城柠檬平台

轻量化

理念——合适的材料用在合适的位置

保持完整的环状路径结构，提升抗扭性能、顶压性能及侧面翻滚性能；
同时根据不同位置的载荷工况，选择合适的材料种类，物尽其用，发挥最大材料效能

1. 拓扑优化	2. 新材料	3. 新结构	4. 新工艺
应用拓扑优化和MDO多学科设计优化技术，对杆路、接头/断面进行优化。	高强度比例 > 70%，更强的安全性能	“一体式”热冲压成形门环（新H6）	不等厚钢板轧制工艺技术（TRB）
			1.2 1.0 1.2 顶盖后横梁 顶盖后横梁 前副驾横梁

资料来源：智电汽车微信公众号，德邦研究所

除造车新势力外，长安、东风、长城等传统车企也开始布局汽车一体化压铸领域。2023 年长安汽车首个一体化前机舱铸件于 1 月 15 日晚成功产出，标志着长安汽车跻身成为国内掌握超大型一体化结构件研制及生产调试技术的企业，一体化车身项目正式迈入实体铸件阶段。此外，东风汽车也在布局一体化压铸，上海交大中标其车身结构件材料项目。长城推出了全球化高智能模块化技术平台——柠檬平台，该平台从设计、材料、结构、工艺全过程确保轻量化性能打造；使用高强度钢超过 70%，通过使用“一体式”热冲压成形门环和“不等厚”钢板（TRB）的应用，降低零部件厚度，减少零搭接边，减轻重量，在保障了车身强度的同时减轻了车体重量。

4. 投资建议

建议关注积极布局汽车轻量化产业链的相关公司。

表 13：各公司估值情况（截至 6 月 15 日收盘）

股票代码	公司名称	市值 (亿元人民币)	EPS (元)			PE (倍)		
			2022A	2023E	2024E	2022A	2023E	2024E
605208.SH	永茂泰	31	0.37	0.43	0.72	35.94	22.07	13.02
0558.HK	力劲科技	115	0.46	0.45	0.60	26.19	20.13	15.11

资料来源：wind 一致预期，德邦研究所

5. 风险提示

汽车销量不及预期，轻量化渗透不及预期，原材料价格波动风险

信息披露

分析师与研究助理简介

俞能飞：德邦证券研究所智能制造组组长，机械设备首席分析师。厦门大学经济学硕士，曾于西部证券、华西证券、国泰君安等从事机械、中小盘研究，擅长挖掘底部、强预期差、高弹性标的的研究。作为团队核心成员获得 2016 年水晶球机械行业第一名；2017 年新财富、水晶球等中小市值第一名；2018 年新财富中小市值第三名；2020 年金牛奖机械行业最佳行业分析团队。

分析师声明

本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本报告所采用的数据和信息均来自市场公开信息，本人不保证该等信息的准确性或完整性。分析逻辑基于作者的职业理解，清晰准确地反映了作者的研究观点，结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

投资评级说明

	类别	评级	说明
1. 投资评级的比较和评级标准： 以报告发布后的 6 个月内的市场表现为比较标准，报告发布日后 6 个月内的公司股价（或行业指数）的涨跌幅相对同期市场基准指数的涨跌幅；	股票投资评级	买入	相对强于市场表现 20%以上；
		增持	相对强于市场表现 5%~20%；
		中性	相对市场表现在-5%~+5%之间波动；
		减持	相对弱于市场表现 5%以下。
2. 市场基准指数的比较标准： A 股市场以上证综指或深证成指为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以标普 500 或纳斯达克综合指数为基准。	行业投资评级	优于大市	预期行业整体回报高于基准指数整体水平 10%以上；
		中性	预期行业整体回报介于基准指数整体水平-10%与 10%之间；
		弱于大市	预期行业整体回报低于基准指数整体水平 10%以下。

法律声明

本报告仅供德邦证券股份有限公司（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。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，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。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。

市场有风险，投资需谨慎。本报告所载的信息、材料及结论只提供特定客户作参考，不构成投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况。在法律许可的情况下，德邦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。

本报告仅向特定客户传送，未经德邦证券研究所书面授权，本研究报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。如欲引用或转载本文内容，务必联络德邦证券研究所并获得许可，并需注明出处为德邦证券研究所，且不得对本文进行有悖原意的引用和删改。

根据中国证监会核发的经营证券业务许可，德邦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。