

马氏体高强钢：汽车轻量化的成本优势何在？

报告要点

新能源车的发展带来轻量化需求。新能源车由于动力系统由燃油向电驱动的转变，三电系统特别是电池的重量较大，从而带来了迫切的轻量化需求。例如蔚来汽车在 2017 年底推出的第一款车 ES8 就选择了全铝车身设计。

轻量化的代价。按照目前的市场价格，采用以铝代钢的轻量化方案，每减重 1kg 需要花费成本大约 17.5 元。铝合金在带来良好的轻量化效果的同时也大幅增加了车企的物料成本。

新能源车的市场变化和技术迭代以及钢材的技术进步，带来了以钢代铝的替代可能。随着电池技术进步，电池包的整体重量不断降低。同时新能源车的价格竞争越来越激烈，马氏体钢以其高强度低成本的优势成为车企轻量化材料的新选项。未来轻量化材料的选择可能会出现从铝合金重新回归钢材的趋势。

马氏体高强钢的应用有望给车企带来 1000 元/车的成本下降。初步估算马氏体钢可以在电池包壳体、一体式门环和下车体等领域替代铝合金，单车原材料成本节省约 1000 元。其潜在市场规模可能会达到 213 亿元。

钢铁

评级：看好

日期：2024.09.12

分析师 孙亮

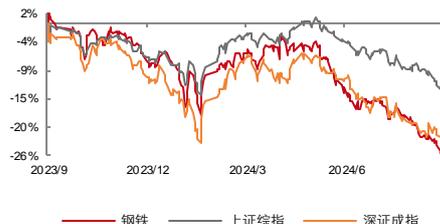
登记编码：S0950524040001

☎：(021) 6110 2509

✉：sunl8@wzq.com.cn

行业表现

2024/9/11



资料来源：Wind，聚源

风险提示：

- 1、受限于车企的底盘系统的复杂性和底盘研发高昂的费用，重新选材会受到一定的限制，这会影响高强钢在底盘系统的替代进度；
- 2、若电池电芯技术没有进一步发展，会导致电池包能量密度提升停滞，如此电池包壳体轻量化需求会阻碍高强钢在这个领域突破。

内容目录

1.新能源汽车的轻量化趋势	4
1.1.传统燃油车的车身选材	4
1.2.新能源汽车大发展带来了轻量化需求	4
1.3.轻量化的代价	5
2.新能源汽车的发展带来的钢铝用材的新变化	5
2.1.电池能量密度持续提升，轻量化要求降低	6
2.2.电池包重量的演变和发展	6
2.3.新能源汽车的蓝海市场-在低价位上拼成本	7
2.4.高强度钢技术进步带来了新的降本希望	8
2.5.国内钢厂对于铝硅镀层热成型钢的技术突破以及带来的成本降低	9
3.马氏体高强度钢在车身领域的不同应用及其经济性差异	9
3.1.马氏体高强度钢在电池包壳体领域的应用	9
3.2.马氏体高强度钢在其他领域的应用	10
3.2.1 马氏体高强度钢在汽车一体式门环的应用	10
3.2.2 马氏体高强度钢在下车体上的应用	11
3.2.3.马氏体高强度钢在防撞梁上的应用	12
3.3.马氏体高强度钢应用带来的成本效益	13
3.3.1.马氏体高强度钢替代铝合金用于电池包壳体带来的成本效益	13
3.3.2.马氏体高强度钢替代铝合金用于防撞梁带来的成本效益	14
3.3.3.马氏体高强度钢用于一体式下车体带来的成本效益	14
4.潜在市场规模可能超百亿，单车可节省成本近千元	14
4.1.马氏体高强度钢在电池包壳体、防撞梁和下车体等领域的市场规模超百亿	14
4.2.轻量化材料替换为马氏体高强度钢单车成本下降 1000 元	15
5.风险提示	15

图表目录

图表 1: 捷豹 XFL 全铝车身参数	4
图表 2: 新能源车比传统燃油车重量增加	5
图表 3: 轻量化成本估算	5
图表 4: 电池包能量密度不断提升	6
图表 5: 电池包能量密度提升带来的电池包减重效果示例	6
图表 6: 电池包重量下降 续航提升	7
图表 7: 纯电车型在不同价位的渗透率 (2023 年)	7
图表 8: 高强度钢与铝合金的性能对比	8
图表 9: 高强度钢对比铝合金的成本优势	8
图表 10: 同级热成型钢价格对比-宝钢 VS VAMA	9
图表 11: 钢制电池包壳体和铝电池包壳体的设计方案对比	10
图表 12: 热冲压马氏体钢零件加工过程	10
图表 13: 东风风行星海 V9 采用一体式热冲压门环	11

图表 14: VAMA 高强钢一体式门环方案	11
图表 15: 宝钢高强钢一体式门环方案.....	11
图表 16: 下车体普通高强钢分体焊接组装方案.....	11
图表 17: 下车体马氏体高强钢一体式热成型方案.....	11
图表 18: 汽车防撞梁不同选材方案的轻量化效果对比.....	12
图表 19: 汽车防撞梁不同选材方案的安全性对比-低速碰撞.....	13
图表 20: 马氏体高强钢电池包方案带来的降本效果.....	13
图表 21: 马氏体高强钢用于防撞梁降本估算.....	14
图表 22: 马氏体高强钢在 5-30 万车型区间的潜在价值量测算	14
图表 23: 马氏体高强钢市场规模在不同新能源车渗透率下的变化趋势	14
图表 24: 使用马氏体高强钢给整车重量带来的综合影响.....	15
图表 26: 使用马氏体高强钢做轻量化材料单车节省成本.....	15

1. 新能源汽车的轻量化趋势

轻量化需求带来的车身材料变革。新能源车由于动力系统由燃油向电驱动的转变，三电系统特别是电池的重量较大，使得新能源车的整车重量要大于燃油车，所以新能源车有迫切的轻量化需求，由此带来了轻质铝合金在汽车制造中的使用占比大幅增加。但由于铝合金单价较高，在车身选择铝合金完成轻量化目标的同时其物料成本却大幅上升，带来了一定的成本压力。

1.1.传统燃油车的车身选材

传统燃油车车身以钢为主。汽车工业从大规模批量化生产以来，便开始大量使用钢铁材料，这主要得益于其价廉、机械性能高和易于加工的优点，因此市场上传统的燃油车无论是结构类零部件还是功能性的零件，都大量使用了不同种类的钢铁材料。

传统燃油车中，奥迪 A8 曾经使用过全铝车身结构，而目前依然采用全铝车身工艺的车型是捷豹的 XFL，具体参数如图 1。从捷豹 XFL 的数据来看，采用了全铝车身设计方案之后，其整备质量大约是 1.8 吨，官方显示减重效果在 20%-40% 之间。

图表 1：捷豹 XFL 全铝车身参数



品牌	车型	价格(万)	整备质量 (kg)	减重效果
捷豹	XFL	39.99	1825	20%-40%

资料来源：奇瑞捷豹路虎官网，五矿证券研究所

高端传统燃油车品牌使用全铝车身构造对于消费者的驾驶体验而言，并没有实质性的提升或者改变，因此在传统车时代，全铝车身减重更多的是高端车制造的噱头。

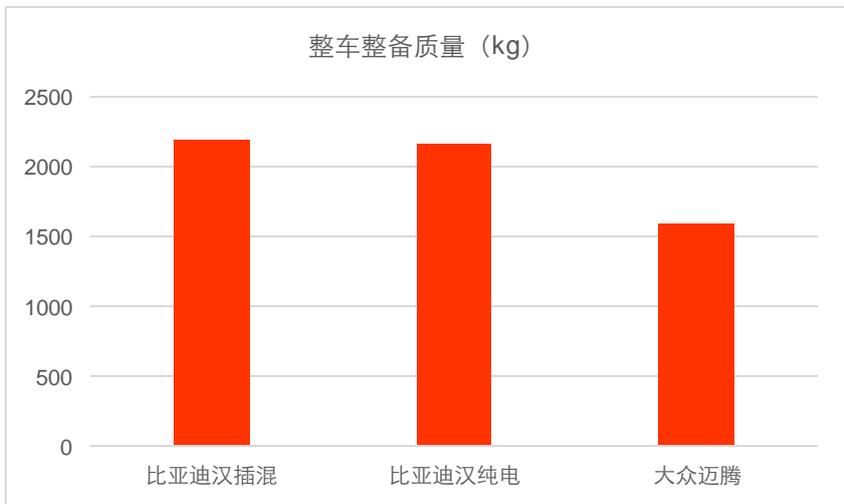
在传统车领域，钢材仍然是车身材料的主流选择，轻质的铝合金材料更多是在价格 40 万以上的部分豪华车型的特定零部件上有所应用。

1.2.新能源汽车大发展带来了轻量化需求

新能源车三电系统的重量增加带来了车身轻量化的迫切需求。新能源车的能源方式发生转变，由原来的燃油发动机加传动系统的模式更替为目前的三电系统，而受限于电池能量密度有限的问题，电池组的重量增加导致了新能源车的整车质量要高于原来的传统燃油车。我们以同级别的两款 B 级车为例进行说明。从表 2 的数据可以看出，同样作为 B 级车的比亚迪汉和大众迈腾，传统燃油车迈腾的重量只有 1.6 吨，而比亚迪汉则达到了近 2.2 吨的重量。对于同级别车型而言，新能源车和燃油车的车身、底盘和内外饰等总成系统的重量是类似的，说明新能源车增加的大约 600kg 的重量主要来自于三电系统。

图表 2: 新能源车比传统燃油车重量增加

	比亚迪汉插混	比亚迪汉纯电	大众迈腾
整车整备质量 (kg)	2200	2170	1599



资料来源: 工信部, 五矿证券研究所

为了将整车重量控制在一个合理的范围, 在新能源车的设计中, 车企往往通过以铝代钢的方式来实现轻量化。

1.3. 轻量化的代价

各家车企在选择轻量化材料完成其轻量化目标的同时, 也带来了造车成本的上升。我们根据目前车用钢材和铝合金的市场单价, 从材料本身的成本差异角度做了以下分析。

在制造同样的一个汽车冲压零部件时, 如果采用铝合金作为原材料, 假设其原材料用量是 10kg, 那么如果改成采用钢材作为原材料, 钢材的使用量大约是 18kg, 单纯原材料增加的成本大约是 138 元, 而整体零件减重了 8kg, 基于这个比例, 计算得知每减重 1kg, 增加的成本大约是 17.26 元。当然这仅仅考虑了原材料替换带来的成本增加, 而替换铝合金后带来的制造成本的上升尚未考虑在内。由此可见选用轻量化材料虽然带来了整车重量的降低, 同时也带来了成本的大幅提升。

图表 3: 轻量化成本估算

轻量化成本					
铝板价格 (元/kg)	钢板价格 (元/kg)	铝制零件重量 (kg)	钢制零件重量 (kg)	成本差 (元)	单位减重成本 (元/kg)
22.8	4.995	10	18	138.09	17.26

资料来源: 机械工程师, SMM, 五矿证券研究所测算

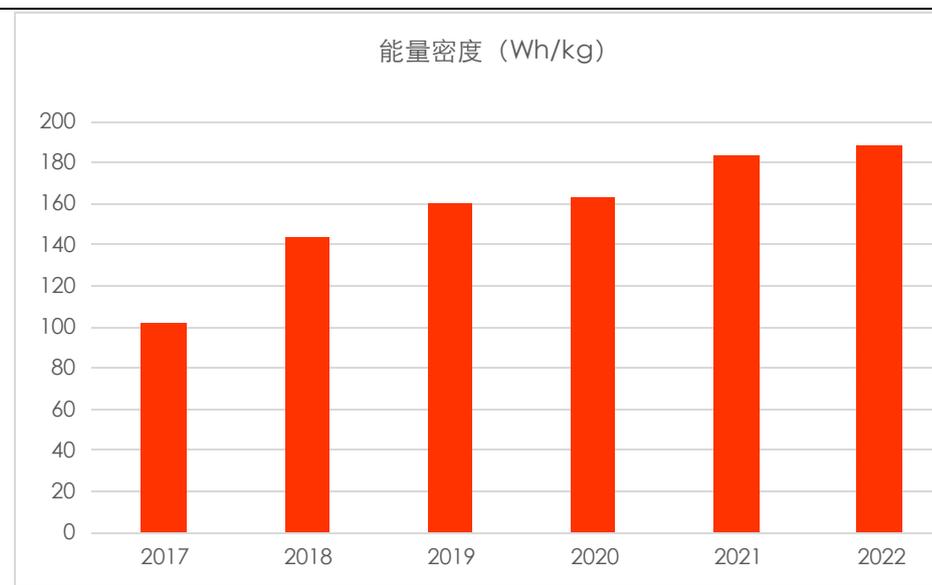
2. 新能源汽车的发展带来的钢铝用材的新变化

新能源汽车的技术进步和价格竞争正在改变目前的钢铝选材的格局。随着电池技术的不断进步和三电控制系统的不断优化, 电池包能量密度不断提升, 同时钢铁材料技术也在不断进步, 为车身的轻量化提供了更多的选择。目前新能源车市场渗透率在不断提高, 随之而来的价格竞争不断加剧。车企在做新车型设计时可能会考虑在部分零件上用钢重新替代一部分铝, 降低物料成本压力。

2.1. 电池能量密度持续提升，轻量化要求降低

电池包能量密度提升缓解了电池包壳体严苛的轻量化需求。从 2017 年开始，新能源车电池包技术进入快速更新迭代的赛道，图表 4 是三元锂电池包能量密度的变化趋势。由数据可以发现，电池包能量密度从开始的 100Wh/kg 逐步上升，到 2022 年已经达到 180Wh/kg 左右的水平。这主要得益于电池包设计优化、单体电池能量提升以及电池包壳体轻量化等几个方面的综合作用。

图表 4：电池包能量密度不断提升



资料来源：工信部，五矿证券研究所

由于电池包能量密度的提升，也带来了电池包重量的降低。我们以市场上常见的 60KWh 的电池包为例，对比了电池包能量密度提升前后理论上电池重量的变化。从图表 5 可以发现，在电池容量 60KWh 固定不变的前提下，2017 年某款车的电池包能量密度大约是 102Wh/kg，推算得知其对应的电池包总重量是 590kg，而到 2022 年某车型的电池包能量密度达到近 189Wh/kg，推算对应的电池包总重量是 318kg，整体电池包理论重量可以降低 272kg，理论计算结果显示，因电池包能量密度提升带来的减重效果明显。

图表 5：电池包能量密度提升带来的电池包减重效果示例

电池容量 (KWh)	2017 年电池包能量密度 (Wh/kg)	原先电池包重量 (kg)	2022 年电池包能量密度 (Wh/kg)	目前电池包重量 (kg)	电池包重差值 (kg)
60	101.75	590	188.8	318	272

资料来源：工信部，五矿证券研究所测算

2.2. 电池包重量的演变和发展

电池包整体重量不断下降。我们收集了从 2020 年以来，市场上搭载 50KWh 电池容量的相关车型的数据，在图表 6 中分别列出了它们的电池容量和续航的变化数据，这类车型的续航普遍在 400-450km 左右，从 2020 年以来，在续航里程不断增加的前提下，电池包的重量却在逐步下降。

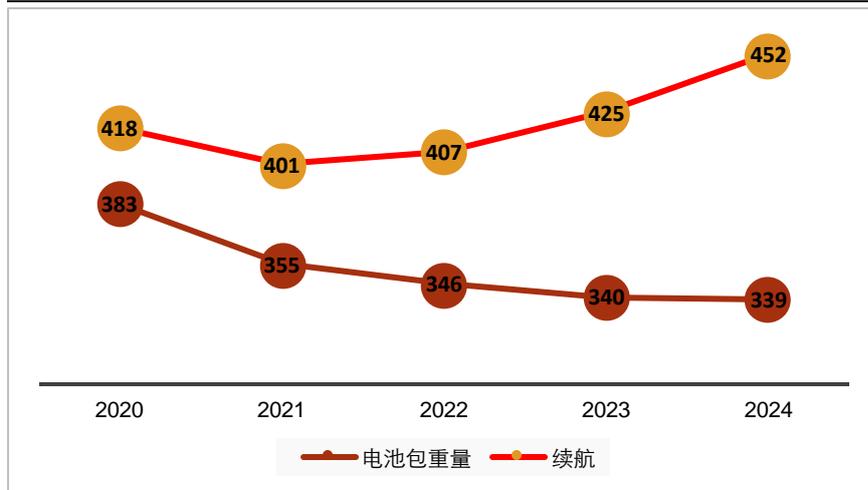
从图表 6 的数据来看，这类车型的电池包容量都在 50KWh 出头，2020 年的秦 D1 的续航在 418km，其电池包容量 54KWh，重量 383kg。而到 2024 年，同级别的 MINI COOPER SE 续航达到了 452km，而其电池包容量 51.5KWh，重量只有 339kg，电池包重量降低了 44kg。

综合以上分析，因为电池能量密度提升而带来的电池包重量下降，这个结果在一定程度上缓

解了新能源车轻量化的压力，车企以往不计成本的单纯依靠车身材料的轻量化实现减重的需求压力降低，可能会转向更加合理的选材方案来平衡轻量化和成本之间的关系。

图表 6: 电池包重量下降 续航提升

年份	汽车生产企业	通用名称	车辆型号	电量 (Kwh)	电池包重量 (kg)	续航
2020	比亚迪	秦 D1	BYD7007BEV	54	383	418
2021	奇瑞	ARRIZO e	NEQ7000SEVJ60	50.9	355	401
2022	东风汽车	风神 E70	DFM7001G1F2SBEV	52.85	346	407
2023	上汽大众	ID.4 X	SVW6461LEV	52.8	340	425
2024	光束汽车	MINI COOPER SE	SAL7000AB01ABEV	51.497	339	452



资料来源: 工信部, 五矿证券研究所

2.3. 新能源汽车的蓝海市场-在低价位上拼成本

价格竞争力是车企能否打开市场销量的关键因素。按照 2023 年国内新能源车辆销售数据, 依价格区间进行统计, 由图表数据可知, 销量占比最大的三个价位段分别是 10-15 万, 15-20 万和 20-25 万, 这三个价位的乘用车 2023 年销量合计为 1324 万辆, 占 2023 年中国乘用车销售量的 61%, 因此 10-25 万价位段的乘用车是整个乘用车市场的主流销售区间。而新能源纯电车在这个区间的 2023 年销量只有 237.6 万台, 其渗透率仅仅有 18%, 尚有 80% 的增量空间可以开拓。而要想在这个竞争激烈的存量市场中撬动市场份额, 价格竞争无疑是有力的武器, 因此如何降低车辆的成本是摆在每家车企面前的课题。

图表 7: 纯电车型在不同价位的渗透率 (2023 年)

价格段 (万)	(0-5]	(5-10]	(10-15]	(15-20]	(20-25]	(25-30]	(30-35]	(35-40]	(40-50]	(50-100]	(100+]
销量 (万台)	42.02	207.19	642.73	345.74	335.50	88.45	180.59	122.71	98.86	84.53	21.59
纯电占比 (%)	99.24	37.21	17.94	24.27	11.43	40.89	31.61	24.03	7.09	8.46	3.70



资料来源 ThinkerCar, 五矿证券研究所

2.4. 高强度钢技术进步带来了新的降本希望

马氏体高强度钢的高强度特性和远低于铝合金的价格使其成为潜在的轻量化替代材料。近些年，随着钢铁行业高强度钢技术的逐步成熟和其在汽车领域的应用的推广，高强度钢在汽车轻量化的工作中扮演者越来越重要的角色。在这个背景下，各家钢铁材料供应商也研发出了新一代的马氏体高强度钢产品来满足市场需求。

宝钢发布了 2GPa 超薄吉帕钢，其最高强度达到了 2000Mpa，并与东风柳汽紧密合作，将这种材料用于一体式双门洞大门环的设计方案中。这种方案减少了 7 个零件，轻量化效果 > 10%，这个产品的发布意味着国产材料在这一领域突破了以往外资企业垄断的局面，国产材料可以做到平行替换。

VAMA 发布了 Usibor® 1500 和 Usibor® 2000 两个牌号的高强度钢，与原来传统冷成形钢种相比，可实现减重 30%至 50%。其在保险杠、防撞梁、电池包底部护盾以及一体式冲压门环等领域均已有了广泛的应用。

由以下图表 8 可见，新一代的马氏体高强度钢对比上一代高强度钢在机械性能上有了质的飞跃。其抗拉强度达到了上一代高强度钢的 3 倍，是目前常用的 6061 铝合金材料强度的 5 倍左右。这为高强度钢在汽车轻量化领域的进一步应用打下了基础。

图表 8: 高强度钢与铝合金的性能对比

	马氏体高强度钢	DP590 高强度钢	6061-T6 铝合金
屈服强度 (Mpa)	≥1400	340-460	241
抗拉强度 (Mpa)	≥1800	≥590	290

资料来源: GBT20564.4, ASTM20914, VAMA, 五矿证券研究所

图表 9: 高强度钢对比铝合金的成本优势

	马氏体高强度钢	马氏体高强度钢	铝合金	1.2mm 钢 VS 铝	1.5mm 钢 VS 铝
厚度 (mm)	1.2	1.5	3.2		
重量 (kg/m ²)	9.42	11.78	8.64	9.03%	36.28%
单价(元/kg)	7.7	7.7	22.8		
总价(元)	72.53	90.67	196.99	-63.18%	-53.97%

资料来源: 万方数据-《纯电动汽车动力电池包轻量化技术综述》李日步, 五矿证券研究所

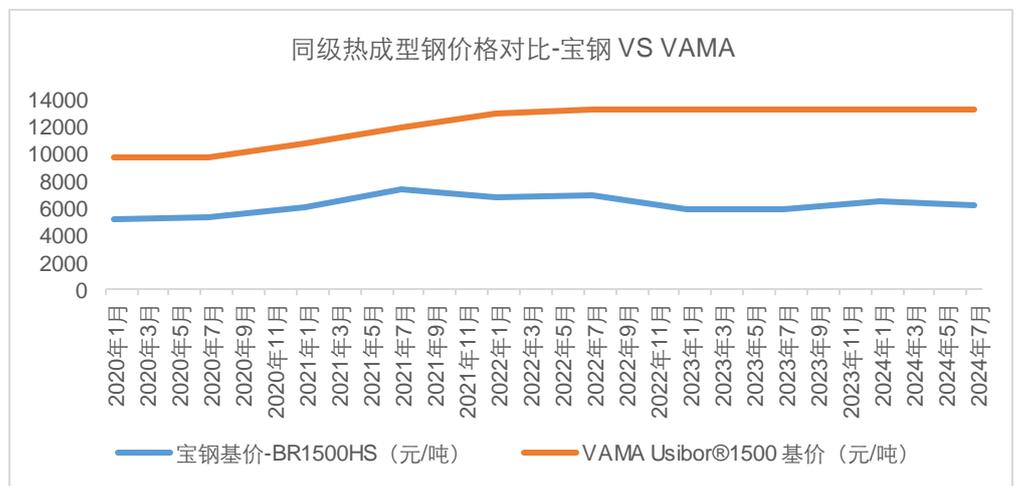
为了对比以钢代铝之后的金属零部件的重量和成本变化，在图表 9 中，我们模拟选取同一个

零件进行测算，对于原来采用 3.2mm 厚度铝合金板制造的冲压零件，对应的选取 1.5mm 后续的马氏体高强钢进行替代。零件造型尺寸完全不发生变化的前提下，用 1.5mm 厚度的钢替代铝制零件后，其重量会增加 36%，而单纯材料的成本降幅可以达到 54%。如果换用 1.2mm 的钢来替代铝，那么重量增加是 9%，而成本下降 63%。说明在轻量化领域，使用新一代马氏体高强钢替代目前价格较高的铝合金已经成为一种可能的方案。

2.5.国内钢厂对于铝硅镀层热成型钢的技术突破以及带来的成本降低

铝硅镀层热成型马氏体钢的专利限制拉高了材料价格。此专利一直掌握在世界钢铁巨头安塞乐米塔尔公司手里，在国内以专利授权的形式由 VAMA 进行生产销售，价格较高，对于使用方而言成本压力较大。宝钢在 2017 年发布了关于带镀层的钢制热冲压产品及其制造方法，在一定程度上取得了突破。我们收集了近几年 VAMA 发布的 Usibor®1500 以及同级别宝钢材料 BR1500HS 的价格，其中宝钢 BR1500HS 应该没有镀层，参考价格时应予以考虑再增加镀层的成本。从价格走势和对比可以看出，即使再增加一部分镀层成本，宝钢材料依然具备较大的价格优势。

图表 10：同级热成型钢价格对比-宝钢 VS VAMA



资料来源：宝钢，VAMA，五矿证券研究所

3.马氏体高强钢在车身领域的不同应用及其经济性差异

从目前的市场发展情况来看，马氏体高强钢在电池包壳体、一体式门环、下车体以及防撞梁等领域均有批量应用的可能性，特别是电池包壳体和防撞梁已经有车企在使用此类材料。

3.1.马氏体高强钢在电池包壳体领域的应用

在新能源车发展之初出现过纯钢制电池包，因其成本低、制造工艺简单而被采用，但因为当时选材较少采用新一代的高强钢材料，导致整体电池包重量偏大，电池包能量密度较低。随着新能源车的技术发展，目前市场上主流的电池包采用了钢铝混合的设计方案，以此来降低电池包壳体重量，提升能量密度和车辆续航能力。

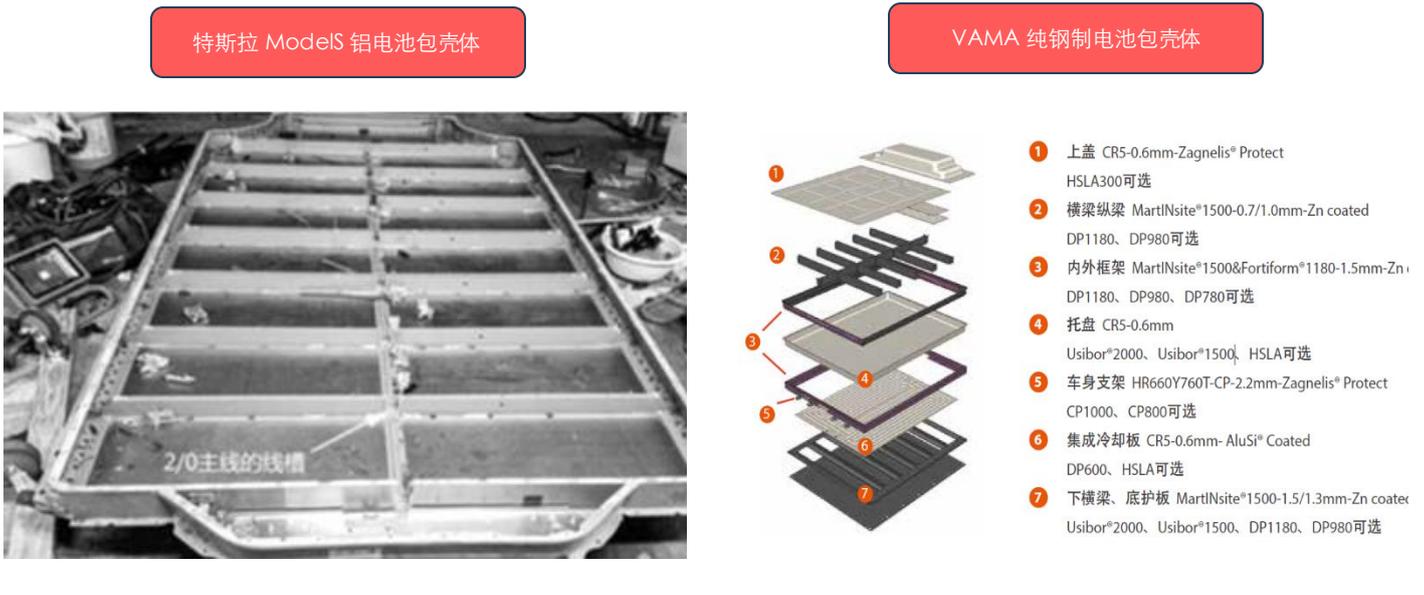
钢制电池包壳体和铝电池包壳体的设计方案对比。在图表 11 中列出了两种不同材质的电池包壳体设计方案。

特斯拉 ModelS 电池包壳体采用了以铝为主的设计方案，其下壳体采用了 6mm 的铝合金板材作为底板，而四周框架和下车体连接安装点为铝型材，前端使用铝铸件，中间型材横梁作为电池模组的安装位置。而在 ModelS 之后推出的 Model3 则采用了轻量化效果更好的铝板材料冲压件作为底板，其厚度只有 3.2mm，框架结构依然采用铝型材和铝铸件来制造。上壳体

(上盖)采用钢制冲压件进行密封。特斯拉的电池包能量密度从2012年上市的Model S 142 W·h/kg到2017年上市的Model 3 168 W·h/kg,除了电芯由18650转换到2170单体能量密度提升了20%,另外比较重要是电池包壳体的轻量化做得更好。

而VAMA推出的纯钢制电池包壳体(S-in motion®钢制电池包解决方案),框架件采用辊压成型,结构设计模块化,以降本作为产品切入点,相较于目前铝制电池包壳体,降本40%以上。同时,钢制电池包以高强钢为主(抗拉强度450MPa以上),关键部位采用先进超高强钢(抗拉强度可高达2000MPa),相较于其他普通钢制电池包,减重效果明显,与铝制电池包重量差异仅15%左右。此外,钢制电池包在热扩散要求和抗侵入效果方面更加安全可靠,完全满足国标要求。

图表 11: 钢制电池包壳体和铝电池包壳体的设计方案对比



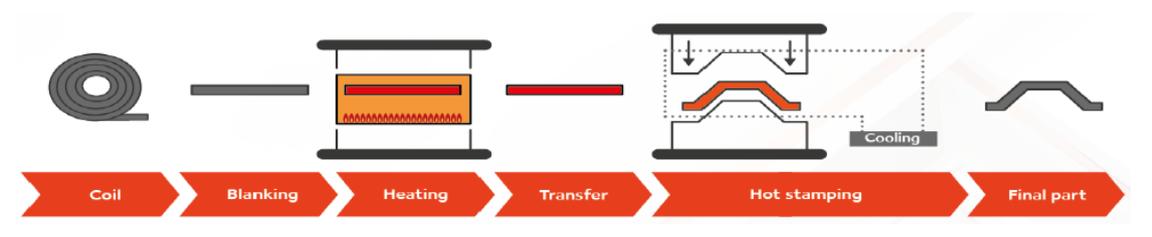
资料来源: VAMA, AT&M 视界, 五矿证券研究所

3.2.马氏体高强钢在其他领域的应用

马氏体高强钢的应用拓展性很高。除了电池包壳体之外,马氏体高强钢也可以广泛应用于强度要求比较高的轻量化领域,例如下车体、防撞梁以及一体式门环等部位,后续随着电池技术的进步和电池包能量密度提升,马氏体高强钢在这些领域的应用可能会得到进一步的释放。

结合热成型技术,这种高强钢材料在保证高强度的同时还能保证复杂造型零件的成型性能。图表 12 中展示了马氏体高强钢的热成型工艺。在一定的温度下进行热成型冲压避免了冷冲压工艺中常见的零件开裂等问题,扩展了这种高强钢的应用范围。

图表 12: 热冲压马氏体钢零件加工过程



资料来源: VAMA, 五矿证券研究所

3.2.1 马氏体高强钢在汽车一体式门环的应用

目前 VAMA 发布的马氏体高强钢 Usibor®1500 和 Usibor®2000 已经批量用于汽车白车身的一体式门环制造。图表 13 中是东风风行星海 V9，其门环采用了马氏体高强钢一体式热冲压工艺。图表 14 展示了这类材料的工艺方案，通过激光拼焊和热成形技术，做到了以单片式冲压的方式替代原来的多个零件的拼接工艺，无需后续组装，门环的减重幅度相对基准比对数据达到 20% 以上，同时能更有效的满足车身强度的要求，降低零件综合成本。目前特斯拉的 Model Y 车型已经采用了这种方案。

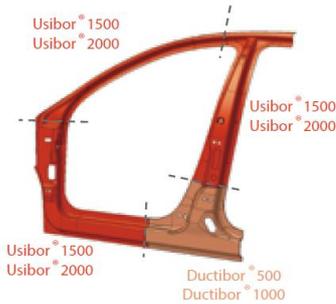
宝钢也发布了其 2GPa 的一体式热成型门环的马氏体高强钢材料-2GPa 超薄吉帕钢（图表 15），并与东风合作在星海品牌一款轿车上搭载了这款材料并进行了实车验证。通过这种 2GPa 高强钢的热成型双门洞大门环的设计，减少零件 7 个，轻量化率≥10%。

图表 13: 东风风行星海 V9 采用一体式热冲压门环



资料来源：东风风行官网，五矿证券研究所

图表 14: VAMA 高强钢一体式门环方案



资料来源：VAMA，五矿证券研究所

图表 15: 宝钢高强钢一体式门环方案



资料来源：宝钢，五矿证券研究所

3.2.2 马氏体高强钢在下车体上的应用

在后车体骨架上，热成型高强钢也成功起到了减重降本的效果。在 VAMA 发布的设计方案中，对比原有的分体式零件组装高强钢方案，可见从工艺复杂度和轻量化两个方面都得到了优化。

图表 16: 下车体普通高强钢分体焊接组装方案



资料来源：VAMA，五矿证券研究所

图表 17: 下车体马氏体高强钢一体式热成型方案



资料来源：VAMA，五矿证券研究所

图表 16 展示了下车体原有的分体式设计方案，此方式大量使用了上一代的高强钢，且是分

体冲压后再做焊接组装，装配工艺复杂，需要大量的焊点对各个子零件进行连接。

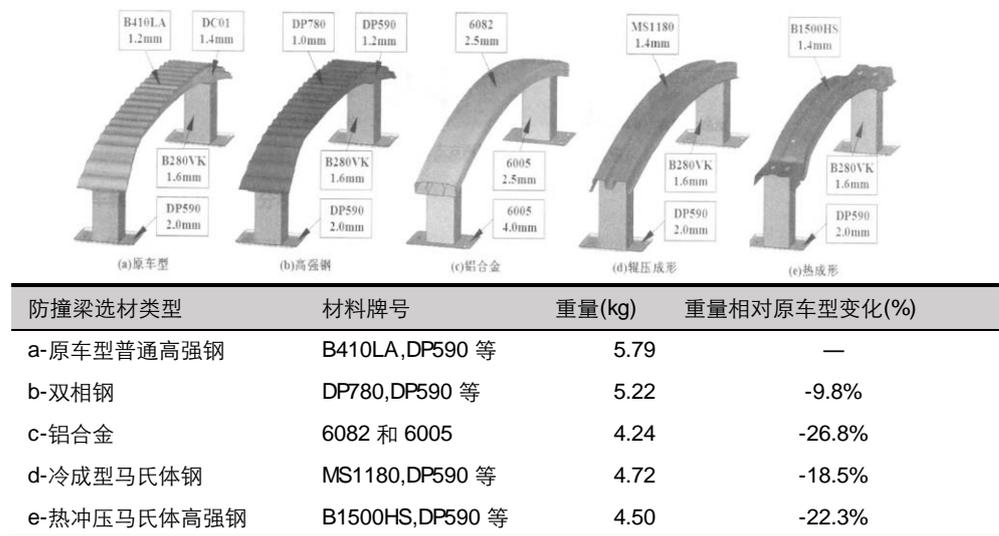
图表 17 是新一代马氏体高强钢的设计方案。主要由新一代的马氏体高强钢进行制造，同时结合使用了新的一体式热成型方案进行冲压成型，工艺得以简化，原先的 136 个焊点直接取消。同时重量减少了 1.4kg，减重比例 9.7%，材料利用率也从 74%提升到 86%，每个总成零件可以减少 4.3kg 的材料损耗。

3.2.3.马氏体高强钢在防撞梁上的应用

防撞梁是汽车结构中非常重要的安全保障零件，在碰撞中发挥极其重要的作用，其优劣直接决定了对于车内乘员的安全保障是否充分。

在以往价格 30 万以下的中低端车型中，很多车型使用了普通的低合金钢进行制造因钢材本身强度有限，导致零件重量较大，防碰撞效果不佳。随着近些年汽车行业对车身轻量化和安全性的关注越来越多，各种新的轻量化方案层出不穷。以下图表 18 中对比了不同选材方案的轻量化效果。

图表 18：汽车防撞梁不同选材方案的轻量化效果对比



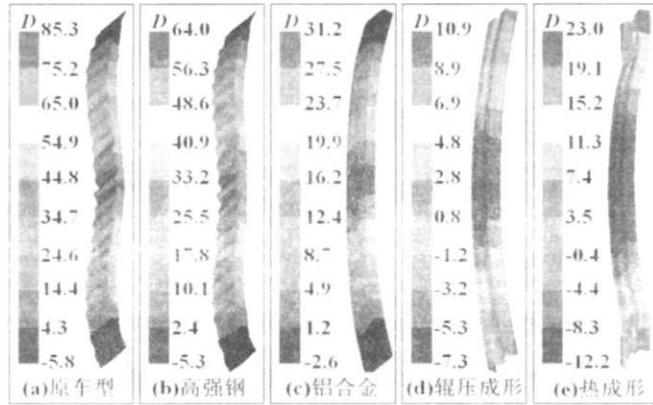
资料来源：万方数据《不同轻量化方式防撞梁的碰撞性能对比和选用》张敬文，五矿证券研究所

从图表的轻量化数据得知，轻量化效果最好的是铝合金和热成型马氏体高强钢制造的防撞梁，铝合金防撞梁重量 4.24kg，减重 26.8%，而马氏体高强钢重量 4.5kg，减重 22.3%，两者减重效果基本接近。而马氏体高强钢的价格则明显低于铝合金。

为了进一步考察不同材料制造的防撞梁的安全防撞性能，在图表 19 中列出了低速碰撞测试中不同防撞梁的实际效果。

图表 19 中 D 代表防撞梁在低速碰撞后发生的塑性变形的位移，此数据越小代表防撞梁形变越小，对车身的保护作用更优，安全性越高。其中 a-原车型和 b-双相钢防撞梁发生了较大的塑性变形，防撞梁中部发生明显弯曲，最大位移 D_{max} 分别为 85.3mm 和 64.0mm。铝合金防撞梁塑性变形较小，仅防撞梁中部具有塌陷的趋势， D_{max} 是 31.2mm。而辊压防撞梁和热成型防撞梁在低速碰撞中主要发生弹性变形，碰撞结束后防撞梁发生弹性恢复，因此外形保持完好，其中辊压防撞梁的 D_{max} 仅为 10.9mm，热成型防撞梁的 D_{max} 仅为 23.0mm。由于辊压防撞梁和热成型防撞梁没有发生明显的塑性变形，因此在发生低速碰撞后无须更换，可对车身起到良好的保护作用，并节约大量的维修成本。可见热成型马氏体高强钢用于防撞梁可以起到很好的安全防护作用并节省维修费用。

图表 19: 汽车防撞梁不同选材方案的安全性对比-低速碰撞



资料来源: 万方数据《不同轻量化方式防撞梁的碰撞性能对比和选用》张敬文, 五矿证券研究所

3.3.马氏体高强钢应用带来的成本效益

3.3.1.马氏体高强钢替代铝合金用于电池包壳体带来的成本效益

高强钢材料价格远低于铝合金的特性使其成为性价比更高的轻量化材料。我们以目前钢铝混合电池包壳体和新的马氏体高强钢电池包壳体进行对比, 假设钢铝混合电池壳体的材料用量是 100kg, 对于钢铝混合方案的壳体, 其钢材用量按 30% 计算, 其余为铝板材或者铝型材和铝铸件。纯钢制方案参考 VAMA 公司发布的电池包壳体钢制方案, 由于换用钢材带来的电池包壳体的重量增加比例参考 VAMA 发布的信息, 按照 15% 计算, 不考虑加工过程的附加值和损耗, 只考虑材料替代本身带来的变化。

具体计算数据参考图表 20 中的数据, 对于钢铝混合电池包, 其钢材成本约 150 元, 铝材成本约 1610 元, 两者合计 1760 元。而换成纯钢制方案之后, 按照 7.7 元/kg 的高强钢成本进行测算, 材料用量在钢铝混合电池包基础上上浮 15% 达到 115kg, 那么整体成本是 885.5 元。

综合以上因素, 由计算得知, 对于一个 100kg 的钢铝混合制电池包壳体, 用马氏体高强钢制电池包壳体替代钢铝混合电池包壳体之后, 成本降低大约 874.5 元, 材料成本降低幅度大约 49%。

图表 20: 马氏体高强钢电池包方案带来的降本效果

	材料类别	材料单价 (元/kg)	材料用量 (kg)	成本合计(元)
钢铝混合	普通钢材	5	30	150
	铝材	23	70	1610
纯钢方案	高强钢材	7.7	115	885.5
节省成本				874.5
降本幅度				49.69%

资料来源: VAMA,SMM, 五矿证券研究所测算

马氏体高强钢用于电池包壳体成本效益总结。首先可以充分利用现有的产线。从行业发展来看, 用马氏体高强钢的电池包壳体方案, 其可以充分利用行业内现有的制造工艺和产线, 不需要过多额外的投资便可以进行制造组装, 对行业的固定投资要求较低。

其次, 从轻量化效果和降本两个方面的综合对比来看, 马氏体高强钢电池包壳体方案比原来上一代的钢制电池包方案有了很大的进步, 对比钢铝混合电池包壳体, 重量增加可以控制在 15% 左右, 而相应带来的成本降低幅度可以达到 49%, 这对于车企的降本目标可以带来很大的帮助。

3.3.2.马氏体高强钢替代铝合金用于防撞梁带来的成本效益

按照图表 21 的数据，单根防撞梁的铝重量和钢重量分别是 4.24kg 和 4.5kg，由此计算得知用马氏体高强钢替代铝材制造防撞梁单根成本节省大约是 63 元，后防撞梁参考前防撞梁数据，那么整车两个防撞梁总成本可节省大约 126 元。

图表 21：马氏体高强钢用于防撞梁降本估算

铝重量 (kg)	钢重量 (kg)	单根防撞梁成本差 (元)	前后防撞梁总差 (元)
4.24	4.5	62.87	125.74

资料来源：VAMA,SMM，五矿证券研究所测算

3.3.3.马氏体高强钢用于一体式下车体带来的成本效益

由图表 16 和图表 17 可见，一体式热冲压下车体的材料用量可以减少 4.31kg，如果按照高强钢 7.7 元/kg 的单价进行计算，每个零件节省的费用是 33 元。

4. 潜在市场规模可能超百亿，单车可节省成本近千元

5-30 万价格区间的车用车销量占据整个乘用车市场的近 75%，如果新能源车在这个区间渗透率达到 100%，马氏体高强钢的总体潜在市场规模将会达到 193 亿元，用马氏体高强钢替代铝合金可以为单车节省成本可能会达到 1000 元。

4.1.马氏体高强钢在电池包壳体、防撞梁和下车体等领域的市场规模超百亿

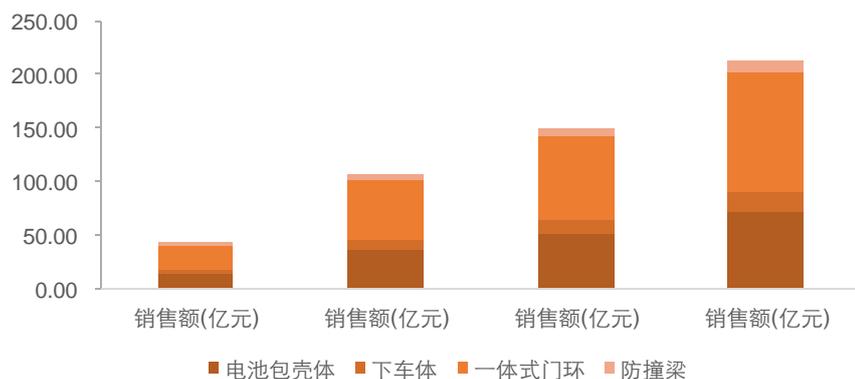
根据马氏体高强钢的市场应用情况，其在电池包壳体和防撞梁等领域已经有实际的应用。我们根据单车使用量和 5-30 万车型的销量数据对其潜在的市场规模进行测算。

图表 22：马氏体高强钢在 5-30 万车型区间的潜在价值量测算

应用零部件	单车材料用量	20%渗透率		50%渗透率		70%渗透率		100%渗透率	
	kg/辆	总用量(mt)	销售额(亿元)	总用量(mt)	销售额(亿元)	总用量(mt)	销售额(亿元)	总用量(mt)	销售额(亿元)
电池包壳体	57.5	186300	14.35	465750	35.86	652050	50.21	931500	71.73
下车体	15	48600	3.74	121500	9.36	170100	13.10	243000	18.71
一体式门环	89.6	290304	22.35	725760	55.88	1016064	78.24	1451520	111.77
防撞梁	9	29160	2.25	72900	5.61	102060	7.86	145800	11.23
合计	171.1	554364	42.69	1385910	106.72	1940274	149.40	2771820	213.43

资料来源 ThinkerCar, VAMA, 万方数据, 五矿证券研究所测算

图表 23：马氏体高强钢市场规模在不同新能源车渗透率下的变化趋势



资料来源：ThinkerCar, VAMA, 万方数据, 五矿证券研究所

按照电池包壳体、防撞梁和下车体这三个零部件在单车上的用量进行计算。其中 5-30 万价位段的乘用车在 2023 年度总销量为 1620 万台，按照马氏体高强钢渗透率 20%-50%-70%-100% 的不同水平来计算，马氏体高强钢的消耗量和市场价值如图表 22 所示。图表 23 展示了不同渗透率下马氏体高强钢的市场变化趋势，如果 5-30 万区间新能源车达到 70% 的渗透率，其市场规模大约是 149 亿元，如果 5-30 万区间新能源车渗透率达到 100%，那么市场规模约为 213 亿元。

4.2. 轻量化材料替换为马氏体高强钢单车成本下降 1000 元

如果马氏体高强钢用于电池包壳体、下车体、防撞梁和一体式门环，由于门环和下车体重量均呈现了下降趋势，我们综合考虑和计算了其给整车重量带来的影响，估计整体重量增加大约 4kg 左右。

图表 24：使用马氏体高强钢给整车重量带来的综合影响

	一体式门环	下车体	电池包壳体	防撞梁	合计
重量变化 (kg)	-9.8	-1.4	15	0.26	4.06

资料来源：VAMA，万方数据《不同轻量化方式防撞梁的碰撞性能对比和选用》张敬文，五矿证券研究所测算

按照相关行业测试数据，每增加 50kg 车重大约会降低 4km 的续航里程，那么 4kg 的增重会降低 0.32km 的续航，我们选取大众 ID.4 X 的技术参数作为参考标杆，其电池容量 52.8KWh，续航 425km，由此得知需要增加 0.04KWh 的电池来弥补增加的 4kg 重量带来的续航衰减。如果按照 800 元/Kwh 的电池包价格进行估算，带来的电池成本增加 32 元。

图表 25：整车重量增加带来的电池成本上升

重量增加 (kg)	续航减少	电池容量增加 (KWh)	成本增加 (元)
50	4km		
4	0.32	0.04	32

资料来源：万方数据-《电动汽车续航提升仿真技术》崔振阳，五矿证券研究所测算

综合以上信息，我们计算了马氏体高强钢用于上述四类零件后，在材料方面给整车带来的成本优化。由计算可知单车成本节省大约是 1000 元。其中电池包壳体材料替换带来的成本降低占绝大部分。

整体来看，成本降低的同时，整车重量增加控制在了一个较小的范围。

图表 26：使用马氏体高强钢做轻量化材料单车节省成本

	应用零部件				合计
	电池包壳体	下车体	防撞梁	电池成本增加	
节省成本 (元)	874.5	33	126	-32	1001.5

资料来源：VAMA，万方数据《不同轻量化方式防撞梁的碰撞性能对比和选用》张敬文，SMM，五矿证券研究所测算

5. 风险提示

- 1、受限于车企的底盘系统的复杂性和底盘研发高昂的费用，重新选材会受到一定的限制，这会影响高强钢在底盘系统的替代进度；
- 2、若电池电芯技术没有进一步发展，会导致电池包能量密度提升停滞，如此电池包壳体轻量化需求会阻碍高强钢在这个领域的突破。

分析师声明

作者在中国证券业协会登记为证券投资咨询(分析师),以勤勉的职业态度,独立、客观地出具本报告。作者保证:(i)本报告所采用的数据均来自合规渠道;(ii)本报告分析逻辑基于作者的职业理解,并清晰准确地反映了作者的研究观点;(iii)本报告结论不受任何第三方的授意或影响;(iv)不存在任何利益冲突;(v)英文版翻译与中文版有所歧义,以中文版报告为准;特此声明。

投资评级说明

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;香港市场以恒生指数为基准;美国市场以纳斯达克综合指数或标普500指数为基准。	股票评级	买入	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报在20%及以上;
		增持	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报介于5%~20%之间;
		持有	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报介于-10%~5%之间;
		卖出	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报在-10%及以下;
		无评级	预期对于个股未来6个月市场表现与基准指数相比无明确观点。
行业评级	看好	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%~10%之间;	
	看淡	预期行业整体回报低于基准指数整体水平-10%以下。	

一般声明

五矿证券有限公司(以下简称“本公司”)具有中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。本公司不会因接收人收到本报告即视其为客户,本报告仅在相关法律许可的情况下发放,并仅为提供信息而发放,概不构成任何广告。本报告的版权仅为本公司所有,未经本公司书面许可,任何机构和个人不得以任何形式对本研究报告的任何部分以任何方式制作任何形式的翻版、复制或再次分发给任何其他人。如引用须联络五矿证券研究所获得许可后,再注明出处为五矿证券研究所,且不得对本报告进行有悖原意的删节和修改。在刊载或者转发本证券研究报告或者摘要的同时,也应注明本报告的发布人和发布日期及提示使用证券研究报告的风险。若未经授权刊载或者转发本报告的,本公司将保留向其追究法律责任的权利。若本公司以外的其他机构(以下简称“该机构”)发送本报告,则由该机构独自为此发送行为负责。

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、价值及投资收入或将产生波动;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;本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时,本公司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。

本报告的作者是基于独立、客观、公正和审慎的原则制作本研究报告。本报告的信息均来源于公开资料,本公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证,也不保证所包含信息和建议不发生任何变更。本公司已力求报告内容的客观、公正,但文中的观点、结论和建议仅供参考,不包含作者对证券价格涨跌或市场走势的确定性判断。在任何情况下,报告中的信息或意见不构成对任何人的投资建议,投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。在任何情况下,本公司、本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利,不与投资者分享投资收益,也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。本公司及作者在自身所知范围内,与本报告中所评价或推荐的证券不存在法律法规要求披露或采取限制、静默措施的利益冲突。

五矿证券版权所有。保留一切权利。

特别声明

在法律许可的情况下,五矿证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易,也可能为这些公司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。因此,投资者应当考虑到五矿证券及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突,投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

联系我们

上海	深圳	北京
地址:上海市浦东新区陆家嘴街道富城路99号震旦国际大厦30楼 邮编:200120	地址:深圳市南山区滨海大道3165号五矿金融大厦23层 邮编:518035	地址:北京市海淀区首体南路9号4楼603室 邮编:100037

Analyst Certification

The research analyst is primarily responsible for the content of this report, in whole or in part. The analyst has the Securities Investment Advisory Certification granted by the Securities Association of China. Besides, the analyst independently and objectively issues this report holding a diligent attitude. We hereby declare that (1) all the data used herein is gathered from legitimate sources; (2) the research is based on analyst's professional understanding, and accurately reflects his/her views; (3) the analyst has not been placed under any undue influence or intervention from a third party in compiling this report; (4) there is no conflict of interest; (5) in case of ambiguity due to the translation of the report, the original version in Chinese shall prevail.

Investment Rating Definitions

The rating criteria of investment recommendations		Ratings	Definitions
The ratings contained herein are classified into company ratings and sector ratings (unless otherwise stated). The rating criteria is the relative market performance between 6 and 12 months after the report's date of issue, i.e. based on the range of rise and fall of the company's stock price (or industry index) compared to the benchmark index. Specifically, the CSI 300 Index is the benchmark index of the A-share market. The Hang Seng Index is the benchmark index of the HK market. The NASDAQ Composite Index or the S&P 500 Index is the benchmark index of the U.S. market.	Company Ratings	BUY	Stock return is expected to outperform the benchmark index by more than 20%;
		ACCUMULATE	Stock relative performance is expected to range between 5% and 20%;
		HOLD	Stock relative performance is expected to range between -10% and 5%;
		SELL	Stock return is expected to underperform the benchmark index by more than 10%;
		NOT RATED	No clear view of the stock relative performance over the next 6 months.
	Sector Ratings	POSITIVE	Overall sector return is expected to outperform the benchmark index by more than 10%;
		NEUTRAL	Overall sector expected relative performance ranges between -10% and 10%;
		CAUTIOUS	Overall sector return is expected to underperform the benchmark index by more than 10%.

General Disclaimer

Minmetals Securities Co., Ltd. (or "the company") is licensed to carry on securities investment advisory business by the China Securities Regulatory Commission. The Company will not deem any person as its client notwithstanding his/her receipt of this report. The report is issued only under permit of relevant laws and regulations, solely for the purpose of providing information. The report should not be used or considered as an offer or the solicitation of an offer to sell, buy or subscribe for securities or other financial instruments. The information presented in the report is under the copyright of the company. Without the written permission of the company, none of the institutions or individuals shall duplicate, copy, or redistribute any part of this report, in any form, to any other institutions or individuals. The party who quotes the report should contact the company directly to request permission, specify the source as Equity Research Department of Minmetals Securities, and should not make any change to the information in a manner contrary to the original intention. The party who re-publishes or forwards the research report or part of the report shall indicate the issuer, the date of issue, and the risk of using the report. Otherwise, the company will reserve its right to taking legal action. If any other institution (or "this institution") redistributes this report, this institution will be solely responsible for its redistribution. The information, opinions, and inferences herein only reflect the judgment of the company on the date of issue. Prices, values as well as the returns of securities or the underlying assets herein may fluctuate. At different periods, the company may issue reports with inconsistent information, opinions, and inferences, and does not guarantee the information contained herein is kept up to date. Meanwhile, the information contained herein is subject to change without any prior notice. Investors should pay attention to the updates or modifications. The analyst wrote the report based on principles of independence, objectivity, fairness, and prudence. Information contained herein was obtained from publicly available sources. However, the company makes no warranty of accuracy or completeness of information, and does not guarantee the information and recommendations contained do not change. The company strives to be objective and fair in the report's content. However, opinions, conclusions, and recommendations herein are only for reference, and do not contain any certain judgments about the changes in the stock price or the market. Under no circumstance shall the information contained or opinions expressed herein form investment recommendations to anyone. The company or analysts have no responsibility for any investment decision based on this report. Neither the company, nor its employees, or affiliates shall guarantee any certain return, share any profits with investors, and be liable to any investors for any losses caused by use of the content herein. The company and its analysts, to the extent of their awareness, have no conflict of interest which is required to be disclosed, or taken restrictive or silent measures by the laws with the stock evaluated or recommended in this report.

Minmetals Securities Co. Ltd. 2019. All rights reserved.

Special Disclaimer

Permitted by laws, Minmetals Securities Co., Ltd. may hold and trade the securities of companies mentioned herein, and may provide or seek to provide investment banking, financial consulting, financial products, and other financial services for these companies. Therefore, investors should be aware that Minmetals Securities Co., Ltd. or other related parties may have potential conflicts of interest which may affect the objectivity of the report. Investors should not make investment decisions solely based on this report.

Contact us

Shanghai

Address: 30/F, Zhendan International Building, No.99 Fucheng Road, Lujiazui Street, Pudong New District, Shanghai
Postcode: 200120

Shenzhen

Address: 23F, Minmetals Financial Center, 3165 Binhai Avenue, Nanshan District, Shenzhen
Postcode: 518035

Beijing

Address: Room 603, 4F, No.9 Shoutinan Road, Haidian District, Beijing
Postcode: 100037