

免热处理铝合金材料行业专题

——一体化压铸催生需求，再生铝头部企业受益

行业研究 · 专题报告

有色金属 · 铝

投资评级：维持

证券分析师：刘孟峦
010-88005312
liumengluan@guosen.com.cn
S0980520040001

联系人：焦方冉
18560060679
jiaofangran@guosen.com.cn

摘要

- ◆ **铝是主要的汽车轻量化材料：**铝的密度仅为钢的1/3左右，汽车用铝量提升主要是为了实现轻量化，轻量化可降低燃油车油耗和排放，可增加电动车续航里程。目前单车用铝量为140kg左右，未来10年有望翻倍。
- ◆ **一体化压铸催生免热处理铝合金需求：**随着压铸件的不断大型化，热处理可能造成这类大型、薄壁压铸件变形，后续整形难度以及报废率将大幅提升。因此需要开发适用于大型、薄壁压铸件的免热处理铝合金材料，使材料无需进行热处理，在铸态条件下就能达到力学性能要求，近年来其开发与应用逐渐成为研究热点。
- ◆ **免热处理材料百花齐放，产业链上下游齐参与。**国外的美国铝业公司、德国莱茵菲尔特对免热处理铝材早有研究并拥有成熟的合金牌号，整车企业特斯拉也申请了一系列免热处理合金牌号并用于结构件生产。国内企业也在积极研发适用于大型薄壁压铸件的免热处理材料，目前拥有相关专利的既有压铸生产商如广东鸿图，也有再生铝生产商如立中集团、瑞格金属、永茂泰等，高校如上海交大。另外也有不少企业在积极研发、送样，并申请专利。
- ◆ **免热处理铝合金牌号众多。**目前来看免热处理铝合金可分为Al-Si系和Al-Mg系两大类，各个牌号在此框架下进行成分调整和工艺路线制定。目前成熟的免热处理材料往往拥有一个免热处理合金牌号体系，如美国铝业、莱茵菲尔特、特斯拉、上海交大等。
- ◆ **存在专利和认证壁垒，先发优势明显。**通过梳理各个免热处理铝合金材料牌号成分可以发现，一些材料是在已有专利的基础上进行成分微调、生产工艺调整，成功研发免热处理铝合金材料的企业都会尽快申请专利进行保护；整车厂为避免专利纠纷会选择具有专利保护的合金牌号，专利是进行整车前期试验和认证的门槛。研发和认证壁垒：虽然免热处理合金研发不存在高不可攀的技术门槛，但需要上游材料企业、压铸厂、模具厂、整车厂合作研发。研发壁垒不仅在于合金成分调整、工艺路线调整，关键是材料生产商与压铸厂、整车厂绑定合作，不断试错，生产出符合整车性能要求的材料。
- ◆ **头部再生铝企业迎来发展契机：**
 - ① **头部再生铝企业具备多点布局优势：**大型一体化压铸件不便于长距离运输，且运费昂贵，压铸机往往布局在整车周边。铝合金材料企业只有多点布局，才能更加靠近下游客户，实现多客户覆盖，同时节省材料的运输费用。而中小型再生铝企业往往只有单一厂区，无法做到覆盖更多客户。
 - ② **免热处理铝合金终将使用再生铝作为原料：**一体化压铸大量使用原生铝，原生铝碳排放是再生铝20倍以上，将显著提高材料的碳排放量，是长期隐忧。只有通过进一步研究，探索使用再生铝生产免热处理材料，才能解决碳排放问题。再生铝企业具备废铝采购渠道及经验优势，且对再生铝的性能理解更加深刻，未来有望主导材料端。
 - ③ **头部再生铝企业在免热处理材料研发、生产、销售环节均具备明显优势：**传统再生铝行业充分竞争，毛利率较低。免热处理材料兴起后，压铸厂往往选择与大型再生铝企业合作研发生产免热处理铝合金，材料认证通过后形成稳定的合作关系，具备先发优势。未来可能由少数行业头部企业主导免热处理材料研发、生产和销售，竞争格局明显改善，产品毛利润有望远高于当前水平。

相关标的

立中集团、顺博合金、永茂泰

风险提示

由于疫情或其他因素，导致汽车产销不及预期；新能源汽车渗透率低于预期，导致行业需求增速偏低；由于技术革新，免热处理铝合金材料被高强度钢、镁合金替代的风险。

行业分析

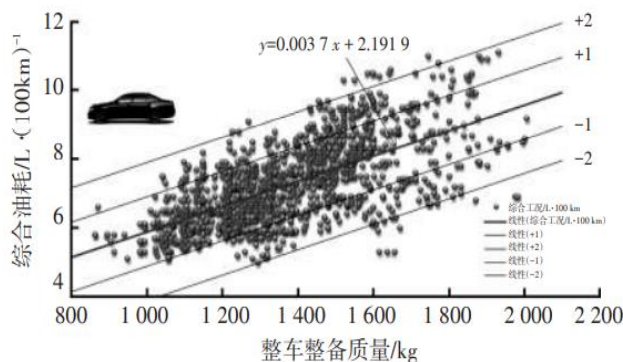
一体化压铸催生免热处理材料

- ◆ **铝是主要的汽车轻量化材料：**铝的密度仅为钢的1/3左右，汽车用铝量提升主要是为了实现轻量化，轻量化可降低燃油车油耗和排放，可增加电动车续航里程。目前单车用铝量为140kg左右，未来10年有望翻倍。
- ◆ **铝铸造件占汽车用铝65%，在汽车用铝中居主体地位。**车用铝压铸件当中，有64%用于发动机缸体缸盖和各类壳体，有16%用于铝合金车轮，13%用于散热系统，5%用于底盘及悬架系统，1%用于车身覆盖件。压铸铝合金的成分及其含量对铸件的力学性能影响显著，对于不同铸件的性能要求，应选用不同压铸工艺及相应的铝合金成分。压铸铝合金牌号繁多，目前工业领域中压铸铝合金应用广泛的是Al-Si二元合金系、Al-Mg二元合金系、Al-Si-Mg合金系、Al-Si-Cu合金系等。
- ◆ **一体化压铸催生免热处理铝合金需求：**随着压铸件的不断大型化，热处理可能造成这类大型、薄壁压铸件变形，后续整形难度以及报废率将大幅提升。因此需要开发适用于大型、薄壁压铸件的免热处理铝合金材料，使材料无需进行热处理，在铸态条件下就能达到力学性能要求。免热处理压铸铝合金材料一方面可以直接在铸态下使用规避上述问题，另一方面还可以降低零件制造成本，近年来其开发与应用逐渐成为研究热点。

铝的性能：轻量化、高性价比的车用材料

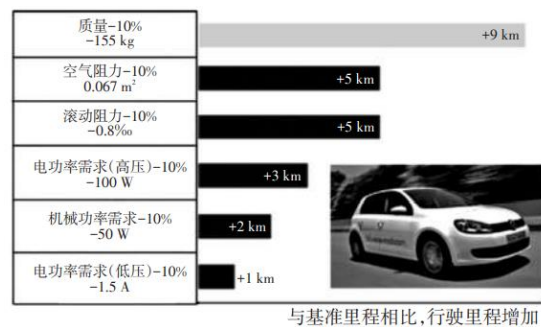
- ◆ **铝-优良的汽车轻量化材料**：铝的密度为2.7g/cm³，仅为钢密度的34%，铜密度的30%。纯铝硬度较软，但添加合金元素后强度大幅提高，且塑形优良，可加工成复杂形状，是一种优良的汽车轻量化材料。
- ◆ **铝的轻量化优势使汽车用铝需求空间广阔**。铝的密度仅为钢的1/3左右，汽车用铝量提升主要是为了实现轻量化。根据2020年中国汽车工程学会牵头编制的《节能与新能源汽车技术路线图2.0》，汽车轻量化是节能汽车、新能源汽车和智能网联汽车的共性基础技术，不但可以实现有效减排、还能提升车辆加速性、制动性、操稳性等诸多性能。
- ◆ **单车用铝量具有翻倍空间**：根据汽车工程学会编制的车轻量化技术路线图，对于车用材料，短期以完善高强度钢应用体系为重点，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，其中铝在轻质合金应用当中居于主体地位。根据国际铝业协会数据，2020年我国乘用车单车用铝量约140kg，而根据2017年发布的汽车工业轻量化技术路线，到2025年单车用铝量超过250kg，到2030年单车用铝量超过350kg，汽车用铝增长空间广阔。

图1：三厢轿车油耗与整备质量



资料来源：《车身材料与车身轻量化》、国信证券经济研究所整理

图2：E-Golf阻力和功率需求对行驶里程的影响



资料来源：《车身材料与车身轻量化》、国信证券经济研究所整理

表1：铝铸件减重效果显著：铸钢（铁）与铸铝件重量对比

零件名称	铸铁件质量 (A) /kg	铸铝件质量 (B) /kg	(A) / (B)
发动机缸体	3.5-18	1.8-9	2:1
发动机缸盖	18-27	13.5-32	(3.8-4.4): 1
转向机壳	3.6-4.5	1.4-1.8	(2.5-2.6): 1
传动箱壳	13.5-23	5-8.2	(2.7-2.8): 1
制动鼓	5.0-9	1.8-3.6	(2.5-3.1): 1
水泵壳	1.8-5.8	0.7-2.3	(2.4-2.6): 1
机油泵壳	1.4-2.3	0.5-0.9	(2.6-2.8): 1

资料来源：《汽车压铸与铸造铝合金》、国信证券经济研究所整理

铝压铸在车用铝材中居主体地位

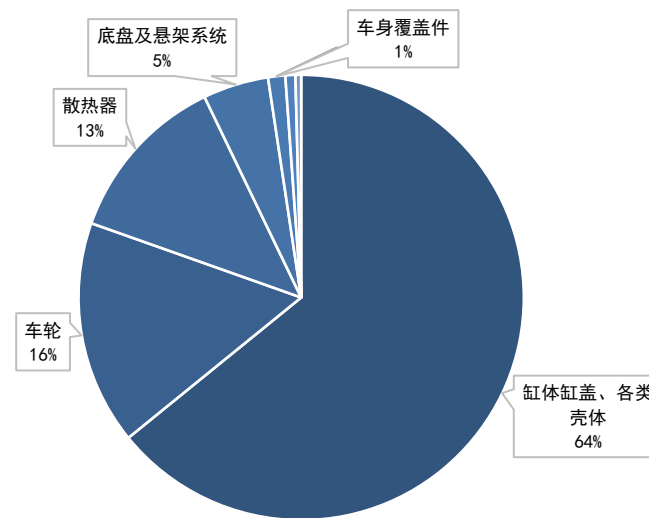
- ◆ 采用铝合金代替钢铁来加工汽车零部件早期可以追溯到20世纪初，当时美国福特公司T型汽车和意大利法拉利公司的360赛车都采用铝制车身；20世纪40年代，意大利菲亚特公司研制出了铝合金气缸盖，并应用到部分车型上；20世纪50年代，德国的一家公司对低压铸造技术进行改进，生产出了复杂结构的铝合金压铸件，并开始大量生产发动机后盖、空冷缸盖等铝合金压铸件；20世纪60年代以后，由于高压压铸技术的发展，压铸铝合金在汽车中的应用大幅增加，铝合金压铸件逐步替代铸铁，用量逐年增加，奠定了现代汽车工业广泛采用铝合金压铸件的基础。
- ◆ **铝铸造件占汽车用铝65%**：根据2019年国际铝业协会对欧盟所有在售车型详细调研，铝铸造件在汽车铝材中占主要地位。2019年欧盟乘用车单车用铝量为179.2kg，其中铝铸造件116kg，占比64.7%，铝板带箔34kg，铝挤压材19kg，铝锻造件10.2kg；据美国铝业协会的数据，2020年北美地区轻型车用铝中，铝铸件占比达到65.1%。
- ◆ 车用铝压铸件当中，有64%用于发动机缸体缸盖和各类壳体，有16%用于铝合金车轮，13%用于散热系统，5%用于底盘及悬架系统，1%用于车身覆盖件。

图3：各种工艺铝材在汽车上的用量



资料来源：国际铝业协会、国信证券经济研究所整理

图4：汽车用铝合金铸件占比

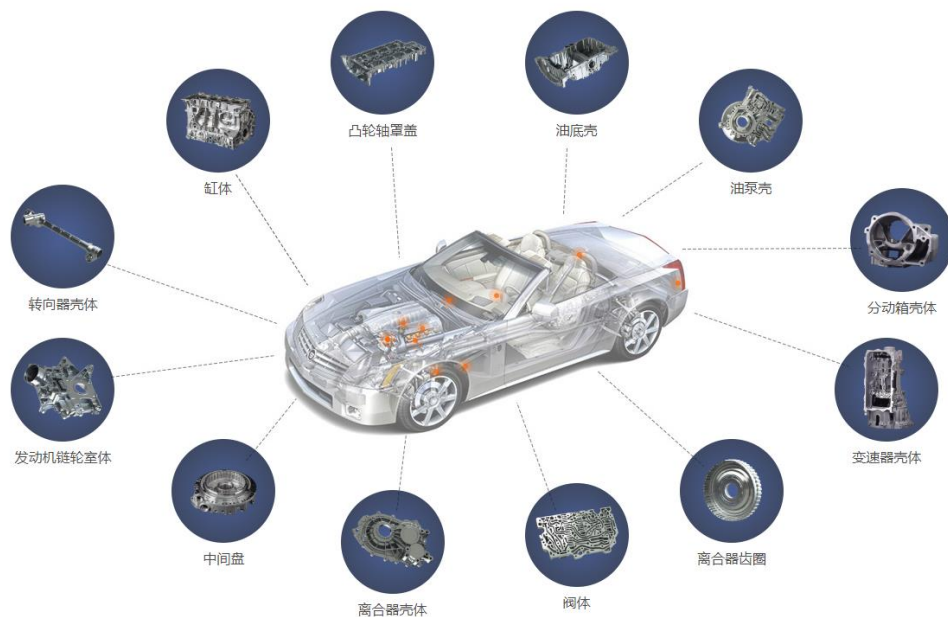


资料来源：《压铸铝合金的应用及研究进展》、国信证券经济研究所整理

铝压铸件多用于复杂形状壳体

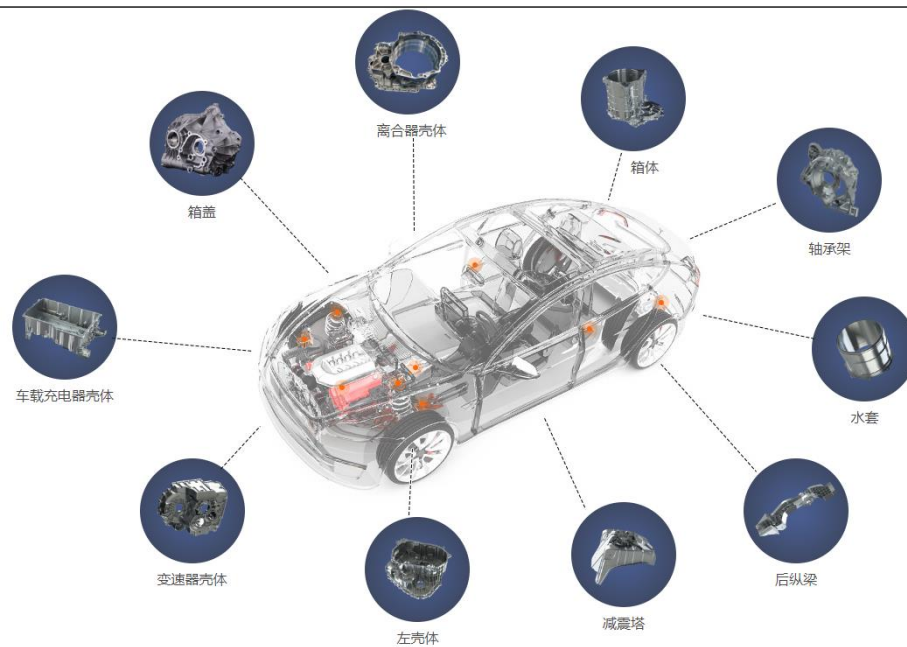
- ◆ **动力系统：**缸体、缸体盖、缸盖罩、曲轴箱、气缸盖罩盖、油底壳、活塞、泵体、泵盖、进气管、发电机壳体、发动机齿轮室、六缸摇臂座、发动机各类支架等
- ◆ **传动系统：**变速器壳体、变速器油路板、离合器壳体、换挡拨叉、变速箱支架
- ◆ **转向系统：**链条盖、齿条壳体与蜗轮壳体
- ◆ **底盘总成：**悬置支架与横梁。

图5：燃油车铝压铸产品



资料来源：渝江压铸官网、国信证券经济研究所整理

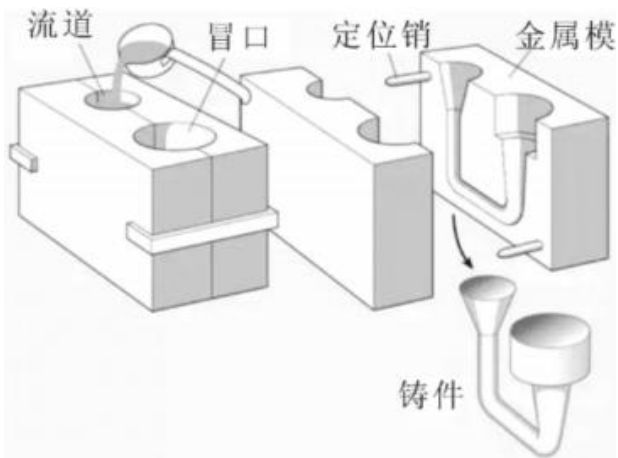
图6：新能源汽车铝压铸产品



资料来源：渝江压铸官网、国信证券经济研究所整理

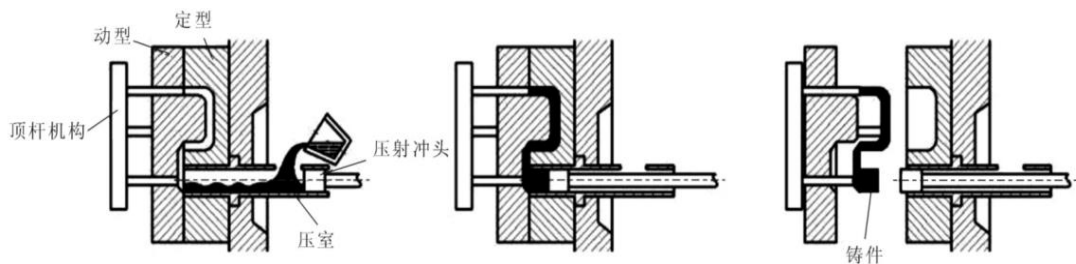
- ◆ 铸造是实现零部件成型的基础工艺之一，其具有生产效率高、一次成形复杂铸件、生产成本低等优点，被广泛应用于航空航天、汽车等领域。铸造按工艺可分为重力铸造、离心铸造、挤压铸造、压力铸造等。
- ◆ 压铸 (High Pressure Die Casting, HPDC)，是高压铸造的简称，是指将熔融的液态金属或半固态金属以较大的压力 (20-120MPa) 和速度 (20-100m/s) 压入模具型腔，并使之在较高的外部压力作用下凝固的成型工艺。在压铸过程中，金属液能够快速的充满模具型腔，在外部压力作用下，不仅能够保持金属液与模具型腔尺寸和形状的一致性，而且在模具型腔的强冷作用下，外部压力使得金属液与模具紧贴，从而使铸件-模具作为整体具有优异的散热性，从而使金属液能够获得较大的过冷度，增加形核的核心，使金属液在极短的时间内完成凝固，获得晶粒细小、组织均匀的铸件。
- ◆ 相对于其他铸造成型工艺，压铸工艺所生产的铸件表面质量更好、精度更高，而且基本不需要后续的机械加工，具有较高程度的自动化工序，从而能够获得较高的生产效率和经济效益。

图7：传统的重力铸造示意图



资料来源：《轻合金铸造技术发展历程与展望》、国信证券经济研究所整理

图8：压力铸造工艺示意图

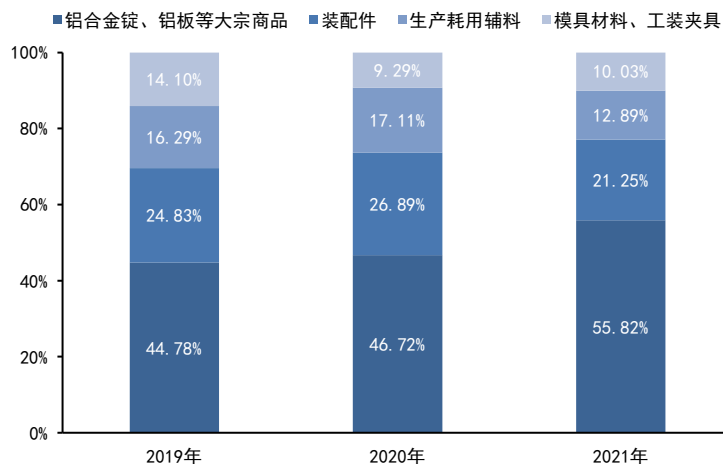


资料来源：《轻合金铸造技术发展历程与展望》、国信证券经济研究所整理

铝压铸的原料主要是再生铝

- ◆ **铝压铸对杂质允许含量较宽。**铝压铸的原料主要是铝及其他合金元素，由于压铸铝合金对杂质允许含量比较宽，特别是铝合金中对力学性能影响比较敏感的铁含量，在压铸铝合金中允许含量较高，这既是压铸成型工艺要求的，也是压铸高压充填和迅速凝固方式决定的。因此压铸所用的铝合金原料绝大部分来自再生铝。
- ◆ **使用再生铝可节省小金属添加费用。**根据不同合金牌号，压铸铝合金当中需要添加一定量的Mg、Si、Mn等合金元素，而废铝本身含有上述合金元素。再生铝生产过程中对元素进行除杂、调配，即可产出符合国家标准压铸铝合金牌号，省去了添加合金元素的费用。尤其2021年以来小金属Mg、Si等价格飙升，再生铝的经济性进一步凸显。
- ◆ **铝压铸上游材料供应商即再生铝生产商。**再生铝生产商是铝压铸企业的上游，国内主要再生铝企业如立中集团、顺博合金、怡球资源、永茂泰等下游客户主要来自汽车行业。

图9：某铝压铸企业原料采购占比



资料来源：美利信招股书、国信证券经济研究所整理

表2：某铝压铸企业2021年前5大供应商

序号	供应商	金额（万元）	占比	主要采购内容
1	重庆赛能铝合金有限公司	23,688.85	14.06%	铝合金锭
2	重庆剑涛铝业有限公司	14,637.50	8.69%	铝合金锭
3	重庆汇仁有色金属有限责任公司	14,116.64	8.38%	铝合金锭、外协加工
4	顺博合金	12,520.73	7.43%	铝合金锭
5	东莞市美利勤精密金属有限公司	1,903.30	1.13%	外协加工

资料来源：美利信招股书、国信证券经济研究所整理

铝压铸件的合金系列



- ◆ 压铸铝合金的成分及其含量对铸件的力学性能影响显著，对于不同铸件的性能要求，应选用不同压铸工艺及相应的铝合金成分。目前工业领域中压铸铝合金应用广泛的是Al-Si二元合金系、Al-Mg二元合金系、Al-Si-Mg合金系、Al-Si-Cu合金系等。
- ◆ **Al-Si合金**：Si是Al-Si系合金中的主要添加元素，其比热容较大，在凝固过程中会产生很大的凝固潜热，能够提高合金的流动充型能力。该系合金Si含量范围较广，通常为5%-25%，为了提高合金的综合性能，一般需要在合金中添加 Mg、Cu、Mn以及稀土元素。Al-Si系合金牌号繁多（如ADC12，A380，A356合金等），是应用极为广泛的一类铸造铝合金，适于大型薄壁复杂零件的生产，如减震塔、副车架、液压泵壳体等。
- ◆ **Al-Mg合金**：该系耐腐蚀性能强，室温力学性能优良，但是铸造性能较差，力学性能受壁厚影响较大。
- ◆ **Al-Cu合金**：Al-Cu系合金的铸造性能不如Al-Si，容易在压铸过程中产生裂纹。由于Cu元素的添加，合金流动性有所提高，但是耐腐蚀性急剧降低。Al-Cu系合金具有优越的热处理强化效果，并且在高温下性能稳定，一般用于在高温下服役的零部件。

表3：各压铸铝合金特点及应用举例

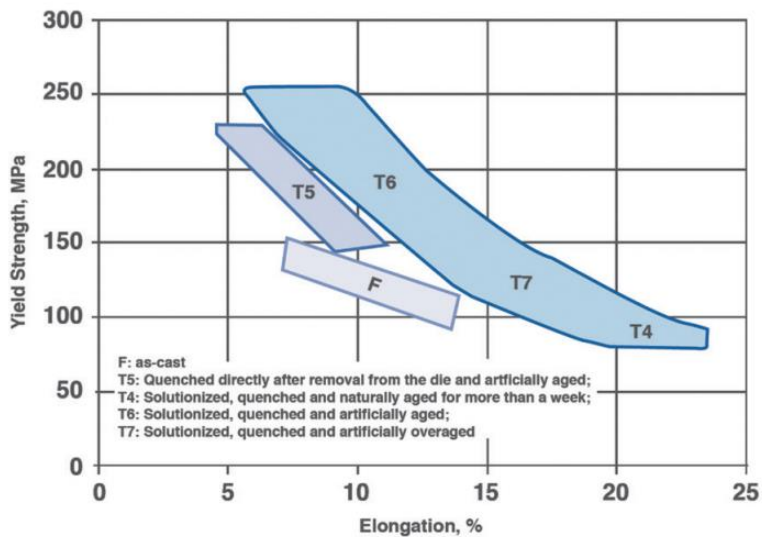
合金系列	牌号	代号	合金特点	应用举例
Al-Si 系	YZAISi12	YL102	共晶铝-硅合金。具有好的抗热裂性能和很好的气密性以及很好的流动性，不能热处理强化抗拉强度低，适于大型薄壁复杂铸件的生产，机械加工性略差	用于承受低负荷、形状复杂的薄壁铸件，如各种仪表壳体、汽车机匣、牙科设备、活塞等
Al-Si-Mg 系	YZAISi10Mg	YL101	亚共晶铝-硅合金。合金的成型性较好，具有较高的比强度和比模量，耐热性和抗疲劳性较好，多被用于汽车关键结构零部件的生产	汽车车轮罩、摩托车曲轴箱、自行车车轮、船外机螺旋桨等
	YZAISi10	YL104		
Al-Si-Cu 系	YZAISi9Cu4	YL112	具有好的铸造性能和力学性能，很好的流动性、气密性和抗热裂性，较好的力学性能、切削加工性、抛光性和铸造性能，适于强度要求高的铸件的生产	常用作齿轮箱、空冷气缸头、发报机机座、割草机罩子、气动刹车、汽车发动机零件，摩托车缓冲器、发动机零件及箱体，农机具箱体、缸盖和缸体，3C产品壳体，电动工具、缝纫机零件、渔具、煤气用具、电梯零件等。典型用途为带轮、活塞和气缸头等
	YZAISi11Cu3	YL113	过共晶铝-硅合金。具有特别好的流动 性、中等的气密性和好的抗热裂性，特别是具有高的耐磨性和低的热膨胀系数	主要用于发动机机体、刹车块、带轮、泵和其他要求耐磨的零件
	YZAISi17Cu5Mg	YL117		
Al-Mg 系	YZAlMg5Si1	YL302	强度较高，塑性较好，具有优异的抗腐蚀性、表面处理特性和机械加工性，但其热膨胀系数及凝固收缩率较大，多被用于耐腐蚀性及表面质量要求较高的铸件的生产	汽车变速器的油泵壳体，摩托车的衬垫和车架的联结器，农机具的连杆、船外机螺旋桨、钓鱼竿及其卷线筒等零件

资料来源：《汽车压铸及铸造铝合金》、国信证券经济研究所整理

热处理是提高压铸铝力学性能的有效方法

- ◆ **热处理是提高铝合金性能的一种有效方法：**铝合金的性能是由其显微组织来控制的，在特定温度下，控制铝合金的加热速度，在规定时间内达到一定温度后进行快速冷却，使铝合金的内部组织发生改变。合理的热处理制度对于铝合金材料显微组织的改善有着极为重要的作用。
- ◆ **不同的热处理工艺对铝压铸件力学性能影响很大。**热处理一般不改变工件的形状和整体的化学成分，而是通过改变工件内部的显微组织，或改变工件表面的化学成分，赋予或改善工件的使用性能。经过合理设计的固溶时效热处理，合金中的铸造内应力被消除、耐蚀性和尺寸稳定性增强、组织成分均匀化，有效提升合金的高温力学性能。如美国铝业的370合金，铸态（图中F）下的屈服强度和延伸率都处于偏低水平，而经过T4-T7不同热处理工艺后，合金的屈服强度和延伸率得到大幅提升。

图10：不同热处理工艺对美铝370合金力学性能影响



资料来源：Alcoa、国信证券经济研究所整理

表4：不同热处理工艺对铸件力学性能影响很大

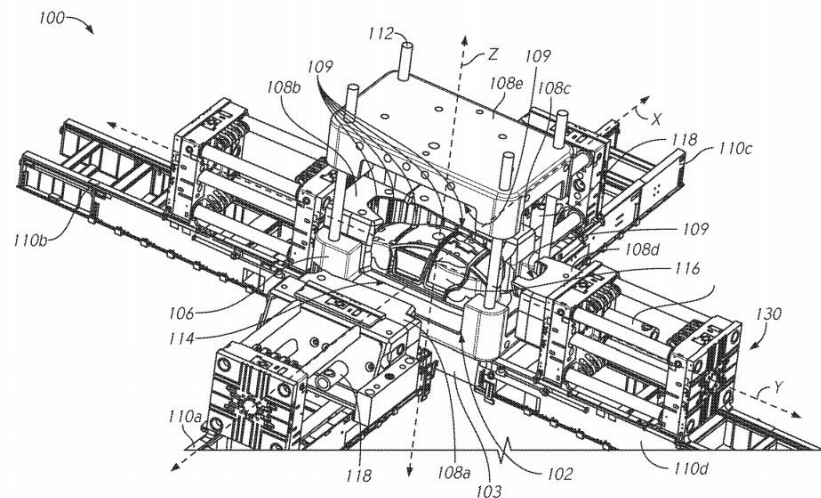
编号	热处理工艺	屈服强度/Mpa	抗拉强度/Mpa	伸长率/%
1	(310±3)°CX0.5 h	182.3	301.8	8.6
2	(310±3)°CX1.0 h	164.8	286.5	8.3
3	(310±3)°CX1.5 h	152.8	278.6	8.6
4	(310±3)°CX2.0 h	158.4	278.3	8.7
5	(330±3)°CX0.5 h	136.8	260.2	10.6
6	(330±3)°CX1.0 h	127.2	246.8	13.5
7	(330±3)°CX1.5 h	126.2	244.7	13.7
8	(330±3)°CX2.0 h	123.5	240.0	13.8
9	(350±3)°CX0.5 h	135.2	260.7	10.6
10	(350±3)°CX1.0 h	125.9	247.0	11.9
11	(350±3)°CX1.5 h	118.2	235.9	13.5
12	(350±3)°CX2.0 h	112.3	229.1	16.3

资料来源：《热热处理对压铸AlSi10MnMg减震塔组织及力学性能的影响处理》、国信证券经济研究所整理

一体化压铸催生免热处理铝合金材料需求

- ◆ 2020年9月22日，马斯克在特斯拉电池日发布会上介绍：特斯拉Model Y将采用一体式压铸后地板总成，实现提高效率，减重降本的效果。特斯拉的开创性在于，将一体化压铸的应用范围，从以往较小的汽车铝压铸零部件，拓展到了体积超大的汽车结构件，并且还实现了规模化量产。
- ◆ **一体化压铸效率高：**一体化压铸技术将传统造车工艺中的冲压和焊装合并，Model 3后底板的70多个零部件被一体压铸为Model Y的2个大件，生产制造成本节省约20%，制造时间从2小时缩短为90秒，同时还有提升精度级别、提高原材料回收利用率 and 缩短车型开发周期的优势。
- ◆ **一体化压铸催生免热处理铝合金需求：**随着压铸件的不断大型化，热处理可能造成这类大型、薄壁压铸件变形，后续整形难度以及报废率将大幅提升。免热处理压铸铝合金材料一方面可以直接在铸态下使用规避上述问题，另一方面还可以降低零件制造成本，近年来其开发与应用逐渐成为研究热点。

图11：特斯拉一体化压铸专利示意图



资料来源：Google Scholar、国信证券经济研究所整理

图12：一体化压铸后地板



资料来源：压铸周刊、国信证券经济研究所整理

行业分析

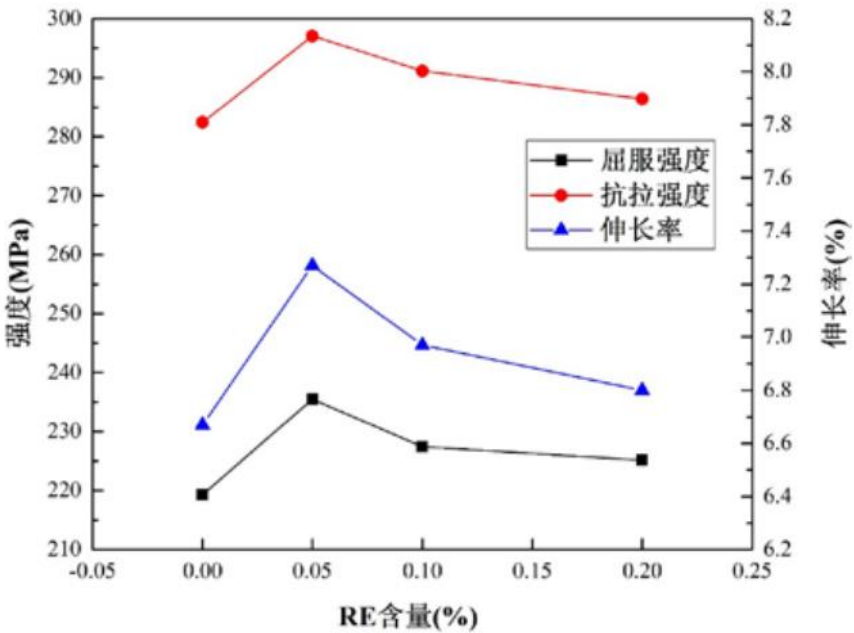
现有免热处理材料概览

- ◆ **免热处理材料百花齐放，产业链上下游齐参与。**国外的美国铝业公司、德国莱茵菲尔德对免热处理铝材早有研究并拥有成熟的合金牌号，整车企业特斯拉也申请了一系列免热处理合金牌号并用于结构件生产。国内企业也在积极研发适用于大型薄壁压铸件的免热处理材料，目前拥有相关专利的既有压铸生产商如广东鸿图，再生铝生产商如立中集团、瑞格金属、永茂泰等，高校如上海交大。还有很多免热处理材料专利，但还没有获得实际应用。另外也有不少企业在积极研发、送样，并申请专利。
- ◆ **免热处理铝合金牌号众多。**目前来看免热处理铝合金可分为Al-Si系和Al-Mg系两大类，各个牌号在此框架下进行成分调整和工艺路线制定。目前成熟的免热处理材料往往拥有一个免热处理合金牌号体系，如美国铝业、莱茵菲尔德、特斯拉、上海交大等。
- ◆ **存在专利壁垒。**通过梳理各个免热处理铝合金材料牌号成分可以发现，一些材料是在已有专利的基础上进行成分微调、生产工艺调整，成功研发免热处理铝合金材料的企业都会尽快申请专利进行保护；整车厂为避免专利纠纷会选择具有专利保护的合金牌号，专利是进行整车前期试验和认证的门槛。
- ◆ **研发和认证壁垒，先发优势明显。**虽然免热处理合金研发不存在高不可攀的技术门槛，但需要上游材料企业、压铸厂、模具厂、整车厂合作研发。研发壁垒不仅在于合金成分调整、工艺路线调整，关键是材料生产商与压铸厂、整车厂绑定合作，不断试错，生产出符合整车性能要求的材料。压铸厂试验初期可能选择几款材料，但到验证后期只锁定1-2款材料进行装车、碰撞试验，因此先发优势明显。

开发免热处理材料：调整合金成分+工艺路线设计

- ◆ 一般传统的压铸铝合金中主要加入的合金元素有Si、Fe、Cu等，其中Si元素的加入能增强铝合金的流动性，Fe元素的加入有利于压铸件脱模，Cu元素的加入能增强铸件强度，各种不同合金元素的加入使铝合金具有不同的性质及优缺点。
- ◆ 压铸铝合金中也常加入稀土元素，稀土元素的原子半径大于铝元素的原子半径，铝元素的晶体结构是面心立方晶格，稀土元素为密排六方晶格，因此稀土元素在铝合金中的溶解度小，不易生成固溶体。铝合金中加入稀土元素，会富集在固液界面的前面，出现成分过冷现象，提高铝合金的力学性能。对于合金中的Fe元素等杂质，稀土元素可与其发生反应，净化铝液。
- ◆ 工艺包括是熔炼过程中的细化工艺、合金化工艺、电磁搅拌工艺、铸造工艺等进行调整。

图13：添加适量稀土元素可提高合金力学性能



资料来源：《高强韧压铸铝合金材料研究与应用》、国信证券经济研究所整理

表5：不同合金元素在压铸铝合金中的作用

主要合金元素 在压铸铝合金中所起的作用	
硅 Si	显著改善流动性，减小收缩率，降低机加工性能、热裂倾向性和热膨胀系数，提高气密性、耐磨性、耐蚀性和导热性
铜 Cu	提高流动性，显著提高强度、硬度、抗蠕变性能和抗疲劳强度，改善机加工性能，降低耐蚀性
镁 Mg	提高流动性，提高强度、硬度、韧性和抗冲击性，改善机加工性能
锰 Mn	增加合金强度，提高耐热性、耐蚀性和刚性，减小粘型性
锌 Zn	提高流动性，与铝形成固溶体，具有一定强化效果，改善机加工性能，降低耐蚀性

数据来源：《压铸铝合金的应用及研究进展》、国信证券经济研究所整理

免热处理材料分为Al-Si系和Al-Mg系



◆ 行业内领先的公司针对需求开发了一系列的免热处理材料。目前汽车结构件非热处理压铸铝合金的研究主要集中在Al-Si系和Al-Mg系两大类，主流的免热处理材料都是在传统Al-Si系合金基础上通过添加合适的化学变质元素，并结合实际压铸的凝固条件，形成细小晶粒和充分弥散的细化组织，获得以前传统固溶时效强化才能获得的力学性能。

表6：铝硅系免热处理压铸合金化学成分

合金名称	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Sr	其它
Castasil 37	8.5-10.5	0.15	0.05	0.35-0.6	0.06	0.07	—	0.01-0.015	Mo, Zr
Aural 6	9.5 -11.5	0.1-0.25	0.02	0.3-0.7	0.15	0.03	0.04-0.15	0.01-0.015	—
C611	4.0-7.0	0.15-0.2	—	0.4-0.8	0.15-0.25	—	0.1	0.01-0.015	—
Aural 5	6.5-8.5	0.1-0.25	0.02	0.35-0.7	0.1-0.4	0.03	0.15	0.01-0.015	—
Tesla Alloy 1	6.5-7.5	0.4	0.4-0.8	0.35-0.7	0.1-0.4	—	0.15	0.015-0.03	V, Cr
Tesla Alloy 2	6.0-11.0	0.5	0.3-0.8	0.35-0.8	0.15-0.4	—	0.15	0.015-0.05	V, Cr
Tesla Alloy 3	6.0-11.0	0.5	0.3-0.8	0.35-0.8	0.1-0.4	—	0.15	0.015-0.05	V, Cr
立中集团专利	9.1-10.0	0.15	0.03	0.35-0.6	0.06	0.05	0.06-0.15	0.015-0.025	Mo, Zr

资料来源：《汽车结构件用非热处理压铸铝合金研究进展》，Google Scholar，国信证券经济研究所整理

表7 Al-Mg系非热处理压铸合金化学成分（质量分数）

合金名称	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Sr	其它
C446F	0.25	0.2	-	1.1-1.4	2.8-3.6	0.05	0.15	-	
A152					~3.0				
A153	1.2-1.6				~4.0				
Magsimal 59	1.8-2.6	0.2	0.03	0.5-0.8	5.0-6.0	0.07	0.2	-	Be
Castaduct 42	0.2	1.5-1.7	0.2	0.15	4.1-4.5	0.3	0.2	-	Be
SJTU-Al-Mg-Cu-Mn			0.5-1.5	0.6-0.9	4.5-7.5		0.1-0.2		Be, Re
SJTU-Al-Mg-Si-Mn	2.0-3.6			0.6-0.9	6.0-8.0		0.15-0.2		Be, Ca, V, Zr, Re

资料来源：《汽车结构件用非热处理压铸铝合金研究进展》，国信证券经济研究所整理

美国铝业公司：免热处理铝合金材料先行者

- ◆ **成熟的材料体系：**美国铝业公司在免热处理铝合金行业布局较早，形成了一系列免热处理铝合金牌号，其中有Al-Si系的C611，也有Al-Mg系的560合金及A152/A153合金，且美国铝业公司的免热处理铝合金均已大规模应用。美铝仅为下游的铸造厂提供各种铸造铝合金锭，并不直接参与铝铸件的生产。
- ◆ **力学性能达标：**美国铝业公司开发的免热处理铝合金材料，铸态条件下的抗拉强度都在268MPa以上，屈服强度在120MPa以上，延伸率在15%以上。
- ◆ **A152/A153合金，**是美铝为改善热裂性能而开发的新型压铸合金。该合金分为低Mg的A152合金和高Mg的A153合金两个牌号，A152合金镁含量3%，A153合金镁含量4%。其中A152可以实现屈服强度150MPa和抗拉强度265MPa，断后伸长率11%的力学性能，A153可以实现屈服强度170MPa和抗拉强度280MPa，断后伸长率9%的力学性能。

表8：美国铝业公司开发的免热处理铝合金力学性能

合金牌号	抗拉强度（Mpa）	屈服强度（Mpa）	延伸率（%）	折弯角（°）
560	268±6	153±3	20±3	
C611	268	123	16.2	45
A152	267-283	142-150	14-17	

资料来源：Alcoa，国信证券经济研究所整理

表9：美国铝业公司开发的免热处理铝合金牌号

合金牌号	Si	Fe	Mn	Mg	Cu	Zn	Ti	Sr
560.0	0.25	0.20	1.10-1.40	2.80-3.60		0.05	0.15	
560.1	0.25	0.15	1.10-1.40	2.85-3.60		0.05	0.15	
C611	6.0-9.0	<0.15	0.4-0.8	0.15-0.3			<0.10	0.01-0.03
A152				3.0				
A153				4.0				

资料来源：Alcoa，国信证券经济研究所整理



美铝免热处理铝合金牌号：560合金

图14：美国铝业公司560合金用于日产GT-R车门板



资料来源：Alcoa、国信证券经济研究所整理

表10：美铝560材料已批量用于以下车型

Porsche 911 Turbo (door)
Porsche 911/Boxter new (body component)
Nissan GT-R (door, body component)
Audi A8 (body component)
Audi R8 Spider (body component)
Jaguar XJ (body component)
Jaguar XK (body component)
Ferrari - all (body component)
Ferrari F142 (door)
Karmann, Bentley Continental GTC (roof structure component)

资料来源：Alcoa、国信证券经济研究所整理

◆ 美铝560材料是一款2008年开发的成熟免热处理材料。早于一体化压铸技术兴起之前，2008年，美铝所开发的560免热处理铸造铝合金已用于日产GT-R的大尺寸车门零部件。尼桑这款车门零部件在德国索斯特（Soest）生产，是当时最大尺寸的真空压铸汽车零部件，投影面积0.5m²，壁厚仅仅2mm-3mm，重量仅5.5kg，实现减重35%。

表11：美铝560材料成分及性质

合金成分							
合金牌号	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti
560.0	0.25	0.2		1.1-1.4	2.8-3.6	0.05	0.15
560.1	0.25	0.15		1.1-1.4	2.85-3.6	0.05	0.15
合金性质							
合金牌号	抗拉强度（MPa）	屈服强度(Mpa)	延伸率(%)				
560-F	268±6	153±3	20±3				
AlSi10MnMg-T6	204±4	139±3	16±1.3				

资料来源：Alcoa、国信证券经济研究所整理

◆ 美铝所开发的560合金是一种免热处理的铸造铝合金，以Mn和Mg作为主合金元素起固溶强化的作用。560合金铸件的性能对热处理不敏感，通常以F态供货，抗拉强度、屈服强度和延伸率等力学性能均超过经过T6热处理工艺的AlSi10MnMg合金铸件。

美铝免热处理铝合金牌号：C611

- ◆ C611铝合金材料是美国铝业公司为大型压铸件开发的一款免热处理材料，是美国铝业公司EZCast™系列其中的一个牌号。使用C611材料生产的压铸件单件重量可达100kg。C611材料在汽车工业当中已经广泛应用，该材料成功应用于Audi A8以及Ferrari 360 Modena的全铝车身。铸态的C611铝合金材料屈服强度123MPa，屈服强度268MPa，延伸率达16.2%，折弯角达45°。
- ◆ C611合金的硅含量与最为广泛使用的铸造铝合金A356的硅含量相当，具有非常好的流动性，同时又具备卓越的防粘模能力，过去多年被欧美许多压铸厂家广泛地应用于薄壁结构件（例如减震塔）的生产。
- ◆ 2021年10月20日，国内某造车新势力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，这是中国车企首次将该材料验证并应用于大型结构件上。某再生铝企业作为该项目的联合合作伙伴，该再生铝企业使用的材料即来自美铝授权的C611合金。

表12：不同填充距离下C611材料力学性能

填充距离（m）	屈服强度（Mpa）	抗拉强度（Mpa）	延伸率（%）
0.5-0.7	108	234	16.9
0.75-0.1	116	237	16.9
1-1.25	118	253	11.8
1.25-1.5	127	260	14.6

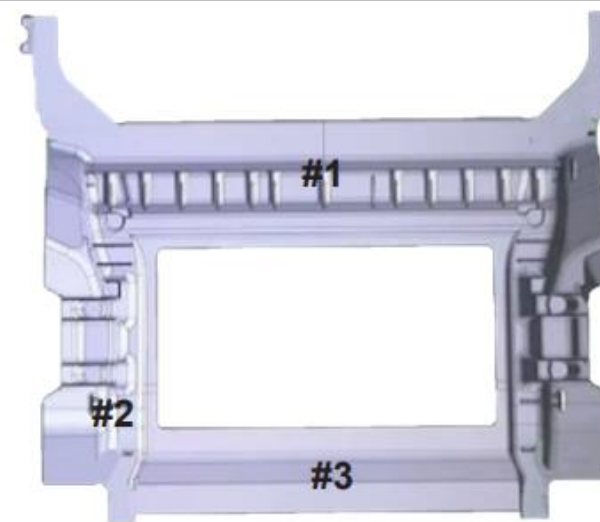
资料来源：Alcoa、国信证券经济研究所整理

表13：美铝C611用于不同部件的力学性能

部件	屈服强度（Mpa）	抗拉强度（Mpa）	延伸率（%）
减震塔	117	268	14.1
后底板#1	118	228	10
后底板#2	132	241	11.8
后底板#2	122	252	13.2

资料来源：Alcoa、国信证券经济研究所整理

图15：用C611材料制作的汽车后底板大型压铸件



资料来源：Alcoa、国信证券经济研究所整理

- ◆ 德国莱茵菲尔德开发了一系列免热处理铝合金，既有Al-Si系的Castasil 37合金，即AlSi9MnMoZr，也有Al-Mg系的Magsimal 59合金。
- ◆ Castasil 37是莱茵菲尔德公司开发的一款非热处理压铸合金，该合金不含Mg，因此不具备时效硬化效应，同时增加了Mo和Zr来进行弥散强化。

表14 Castasil 37的拉伸力学性能

状态	壁厚/mm	Mg（质量分数）/%	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	断后伸长率/%
F	2~3	≤0.06	120-150	260-300	10-14
F	3~5	≤0.06	100-130	230-280	10-14
F	3.5（特征值）	0.01	107	268	12.5
F	3.5（特征值）	0.06	112	261	9.95
F	3.5（特征值）	0.21	121	262	8.7

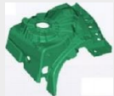
资料来源：《汽车结构件用非热处理压铸铝合金研究进展》，国信证券经济研究所整理

表15 Magsimal 59的拉伸力学性能

状态	壁厚 /mm	屈服强度 /MPa	抗拉强度 /MPa	断后伸长 率/%
F	<2	≥220	>300	10-15
F	2-4	160-220	310-340	12-18
F	4-6	140-170	250-320	9-14
F	6-12	120-145	220-260	8-12

资料来源：《汽车结构件用非热处理压铸铝合金研究进展》，国信证券经济研究所整理

图16：莱茵菲尔德免热处理铝合金的应用

合金	Silafont-36;AlSi10MnMg	Magsimal-59;AlMg5Si2Mn	Castasil-37;AlSiMnMoZr	
图片				
重量	3.1Kg	2.3Kg	3.5Kg	
尺寸	450x420x330mm	590x450x340mm	380x380x340mm	
铸造状态	T6 热处理	无热处理	无热处理	
铸造厂	戴姆勒(德国)	乔治费歇尔(澳大利亚)	吉文铸造伍斯特有限公司(英国)	
壁厚	中心浇口 7mm 到 2.5mm	2.5mm	3mm	4mm
备注	一出二 三板模，真空辅助工 艺，T6 热处理	零件设计必须遵循考虑更 高的收缩率和铸造温度的 准则	特性是取决于真空辅助工艺，即使 在较厚的部分中也可以提供 120 MPa 的屈服强度	
模具寿命	100	80	100	
抗拉强度	>180 MPa	>290 MPa	>230MPa	>220MPa
屈服强度	>120 MPa	>160 MPa	>120 MPa	>105 MPa
伸长率 A%	>10%	>7%	>10%	>10%

资料来源：《汽车轻量化压铸结构件技术解说》、国信证券经济研究所整理

- ◆公司于2020年1月申请专利《一种铝合金结构件材料及其制备方法》，具有优越的铸造性能和充型能力，及较好的高温耐腐蚀性和高温性能稳定性、良好的传热性和导电性。该合金力学性能可以达到：在铸态条件下，抗拉强度 $\geq 220\text{MPa}$ 、屈服强度 $\geq 110\text{MPa}$ 、伸长率 $\geq 12\%$ 。将其应用于汽车电池包壳体，可一次铸造成形，相对于不锈钢，可以省去盒底焊接工艺，且适用寿命长。
- ◆与国内外其他几款免热处理材料的力学性能对比，公司的产品性能表现良好。公司采用了低Mo变质技术，Mo含量仅为国际同类变质含量的1/5-1/7，解决了一体化过程中的偏析性问题，同时较国外同类材料价格可降低15%-20%，进一步提升了国产材料的国际市场竞争力。

表16：几款免热处理材料力学性能对比

合金名称	专利申请时间	抗拉强度 (Mpa)	屈服强度 (Mpa)	延伸率 (%)
立中集团	2020年1月	≥ 220	≥ 110	≥ 12
美铝C611		268	123	16.2
广东鸿图	2015年11月	≥ 230	≥ 150	≥ 6

资料来源：Google Scholar，国信证券经济研究所整理

(19)中华人民共和国国家知识产权局



(12)发明专利申请



(10)申请公布号 CN 111139381 A
(43)申请公布日 2020.05.12

(21)申请号 202010018461.7

C22C 1/06(2006.01)

(22)申请日 2020.01.08

B22D 43/00(2006.01)

H01M 2/02(2006.01)

(71)申请人 保定隆达铝业有限公司

地址 072550 河北省保定市徐水区朝阳北

大街(徐)299号

申请人 隆达铝业(顺平)有限公司

隆达铝业(烟台)有限公司

(72)发明人 郭军辉 叶艳平 赵玉兵 赵文博

冉栓堂

(74)专利代理机构 北京汇信合知识产权代理有

限公司 11335

代理人 张焕响

(51)Int.Cl.

C22C 21/02(2006.01)

C22C 1/03(2006.01)

权利要求书1页 说明书7页

(54)发明名称

一种铝合金结构件材料及其制备方法

(57)摘要

本发明公开了一种铝合金结构件材料，涉及铝合金铸造领域，本发明具体限定了合金中不同元素的含量，通过合金化、除渣、除气、预热和铸造等制造工艺，制备得到的铝合金结构件材料具有优越的铸造性能和充型能力，及较好的高温耐腐蚀性和高温性能稳定性、良好的传热性。本发明中铝合金力学性能可以达到抗拉强度 $\geq 220\text{MPa}$ 、屈服强度 $\geq 110\text{MPa}$ 、伸长率 $\geq 12\%$ ，将其应用于汽车电池包壳体，可一次铸造成形，相对于不锈钢，可以省去盒底焊接工艺，且适用寿命长，从而促进高性能结构件用铝合金材料的国产化生产，对推动汽车轻量化发展具有重大意义。

CN 111139381 A

资料来源：Google Scholar，国信证券经济研究所整理

- ◆ **获得专利：** 公司从2016年开始立项免热处理合金项目的研发，通过材料成分配比、工艺路线设计、性能指标设定、过程能力保障等方面进行了设计和研究，于2020年申请并相继获得了国家发明专利证书。
- ◆ **竞争优势：客户拓展优势：** 公司拥有广泛且稳定的新能源汽车客户市场基础，目前直接为蔚来、理想、小鹏、威马、华人运通及牛创等多家新能源车企提供铝合金车轮的产品配套服务，并完成了某国际头部新能源车企的工厂认证；同时公司的铸造铝合金材料也是蔚来、小鹏等造车新势力的二级供应商。公司与新能源汽车客户的深入合作，将为公司免热处理合金材料的产品认证和市场推广奠定基础。公司的免热处理合金目前已实现了市场应用，用于生产某高端新能源汽车电池包以及电池包支架等结构件。
- ◆ **强强联合：** 2022年5月，公司与文灿股份签订战略合作框架协议，在新能源汽车的大型一体化车身结构件、一体化铸造电池盒箱体等产品的材料开发和工艺应用领域建立战略合作关系。共同开发适用于大型一体化铝铸件的免热处理材料，立中集团负责材料配方的研发，文灿股份负责材料最佳应用工艺条件的研发，通过双方的合作与开发，提升材料批量应用的成熟度和经济性。文灿股份在进行新项目研发及项目量产中，在性能、成本、稳定性、交付方面有优势的情况下，在立中集团能满足文灿股份产能需求的前提下，将优先向文灿股份的客户推荐用立中集团材料生产甲方产品，立中集团应配合文灿股份通过客户对材料的认证。

表17：立中集团免热处理铝合金材料专利成分									
合金名称	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Sr	其它
Castasil 37	8.5-10.5	0.15	0.05	0.35-0.6	0.06	0.07	—	0.01-0.015	Mo, Zr
C611	4.0-7.0	0.15-0.2	—	0.4-0.8	0.15-0.25	—	0.1	0.01-0.015	—
立中集团专利	9.1-10.0	0.15	0.03	0.35-0.6	0.06	0.05	0.06-0.15	0.015-0.025	Mo, Zr
资料来源：Google Scholar，国信证券经济研究所整理									

◆ 特斯拉在2021年1月申请了一款用于结构件的压铸铝合金材料专利，一共有3个牌号，均为Al-Si系免热处理材料，其中硅含量的范围较宽。专利描述中对该合金的要求是在铸造态的屈服强度和极限尖冷弯角应分别大于135MPa和24° 以满足铸件的性能要求。

表18：特斯拉免热处理铝合金材料成分

合金名称	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Sr	其它
Tesla Alloy 1	6.5-7.5	0.4	0.4-0.8	0.35-0.7	0.1-0.4	—	0.15	0.015-0.03	V, Cr
Tesla Alloy 2	6.0-11.0	0.5	0.3-0.8	0.35-0.8	0.15-0.4	—	0.15	0.015-0.05	V, Cr
Tesla Alloy 3	6.0-11.0	0.5	0.3-0.8	0.35-0.8	0.1-0.4	—	0.15	0.015-0.05	V, Cr

资料来源：《汽车结构件用非热处理压铸铝合金研究进展》，Google Scholar，国信证券经济研究所整理

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau

(43) International Publication Date
29 July 2021 (29.07.2021)

(51) International Patent Classification:
C22C 21/02 (2006.01) C22F 1/043 (2006.01)
C22C 21/04 (2006.01) B22D 17/00 (2006.01)

(21) International Application Number:
PCT/US2021/014177

(22) International Filing Date:
20 January 2021 (20.01.2021)

(25) Filing Language:
English

(26) Publication Language:
English

(30) Priority Data:
62/964,554 22 January 2020 (22.01.2020) US
63/093,608 19 October 2020 (19.10.2020) US

(71) Applicant: TESLA, INC. [US/US]; 3500 Deer Creek Road, Palo Alto, California 94304 (US).

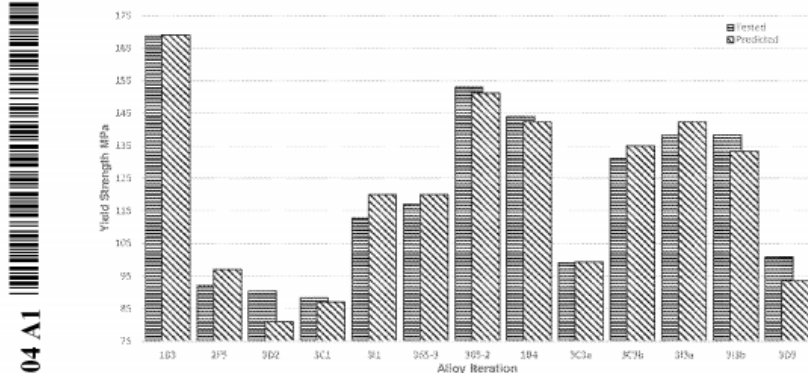
(72) Inventors: STUCKI, Jason; c/o Tesla, Inc., 3500 Deer Creek Road, Palo Alto, California 94304 (US). PAT-TINSON, Grant; c/o Tesla, Inc., 3500 Deer Creek Road, Palo Alto, California 94304 (US). HAMILL, Quinn; c/o Tesla, Inc., 3500 Deer Creek Road, Palo Alto, California 94304 (US). PRABHU, Avinash; c/o Tesla, Inc., 3500 Deer Creek Road, Palo Alto, California 94304 (US).

(74) Agent: FULLER, Michael L.; KNOBBE MARTENS OLSON & BEAR LLP, 2040 Main Street, Fourteenth Floor, Irvine, California 92614 (US).

(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of national protection available): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,

(54) Title: DIE CAST ALUMINUM ALLOYS FOR STRUCTURAL COMPONENTS



(57) Abstract: An alloy composition comprising Al is described, wherein the alloy comprises a yield strength of at least about 130 MPa and a bend angle of at least about 20° at a 3 mm section thickness when as-cast and without further processing. Processes for forming the alloy are also described.

资料来源：Google Scholar，国信证券经济研究所整理

- ◆ 广东鸿图是国内铝压铸头部企业，是唯一一家自研自制免热处理材料的压铸厂。公司2015年开始研发免热处理材料，于2016年获得专利授权。
- ◆ 公司目前已研发三种具有自主知识产权的高强度高韧性压铸铝合金材料，可不进行热处理即可达到结构件的力学性能要求。该合金属于Al-Si-Mn-Mg-Re系，除下表列示成分外，还含有0.1%-0.2%的稀土元素。
- ◆ 2022年1月，公司正式下线国内首个6800T大型压铸单元生产的新能源汽车底盘一体化结构件。该压铸单元将继续用于新能源车一体化前舱总成、一体化后底板总成及一体化电池托盘等轻量化零部件的制造。公司于2022年6月获得小鹏汽车定点，为小鹏某车型提供底盘一体化结构件产品。

表19：广东鸿图免热处理铝材料成分及性质

合金成分							
合金牌号	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Sr	Ti
广东鸿图	7.5-8.5	≤0.15	≤0.05	0.3-0.4	0.2-0.3	0.01-0.02	≤0.1
合金性质							
合金牌号	抗拉强度（MPa）	屈服强度(Mpa)	延伸率(%)				
广东鸿图	150	230	6				

资料来源：Google Scholar、国信证券经济研究所整理

(19) 中华人民共和国国家知识产权局



(12) 发明专利申请



(10) 申请公布号 CN 105316542 A
(43) 申请公布日 2016.02.10

(21) 申请号 201510830880.X

(22) 申请日 2015.11.25

(71) 申请人 广东鸿图科技股份有限公司

地址 526108 广东省肇庆市高要市金渡镇世纪大道 168 号

(72) 发明人 张百在 徐飞跃 余亮 汪学阳
安肇勇 黄志垣 万里

(74) 专利代理机构 武汉东喻专利代理事务所
(普通合伙) 42224

代理人 宋业斌

(51) Int. Cl.

G22C 21/02(2006.01)

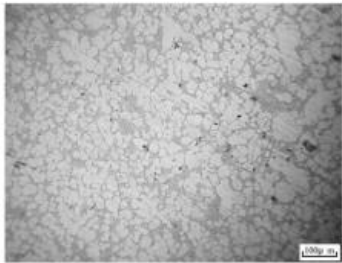
权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

一种高强度高韧性压铸铝合金及其制品

(57) 摘要

本发明公开了一种高强度高韧性压铸铝合金及其制品，该合金属于 Al-Si-Mn-Mg-Re 系，其由以下质量百分比的组分组成：硅 7.5%~8.5%，锰 0.3%~0.4%，镁 0.2%~0.3%，稀土 0.1~0.2%，锆 0.01%~0.02%，铁≤0.15%，钛≤0.10%，铜≤0.05%，其余为铝和不可避免的微量杂质，其中微量杂质的单个元素的含量≤0.05%，且微量杂质的总量≤0.15%，所述制品由上述高强度高韧性压铸铝合金制备而成。本发明压铸铝合金具有高强度高韧性，无需进行 T6 热处理在铸态下就可获得良好力学性能。若通过 T6 热处理，则材料的力学性能会进一步提高。该合金材料可满足轿车轻量化发展需求，用于轿车底盘副车架、车门立柱等关键零部件的制造。



CN 105316542 A

资料来源：Google Scholar、国信证券经济研究所整理

◆ **已成功开发2种合金体系5个亚型的免热处理压铸铝合金材料：**针对铝合金薄壁压铸件，上海交通大学开发了一系列的Al-Si系和Al-Mg系免热处理合金材料，并申请了一系列专利。JDA1（Al-Si-Mn-Mg-RE）和JDA2（Al-Mg-Si-Mn）铝合金，两类铝合金的特点是不需要经过热处理即可达到较高的强度和塑性。JDA1具有优秀的压铸工艺性能和良好的机械加工性能、可焊性、抛光性能、延展性，常规压铸后自然时效即可达到德国Silafont36铝合金T6热处理后的力学性能。JDA2具有优异的抗腐蚀性能和良好的可焊性、抛光性能、延展性，常规压铸后自然时效即可超过德国Magsimal 59铝合金T6热处理后的性能。两类非热处理压铸铝合金特别适合生产薄壁类的汽车部件。JDA1铝合金目前已经在通用汽车Cadillac-CT6上获得了批量应用，用于制备发动机支架（底盘系统）。

◆ **材料应用：**2021年12月，华人运通高合汽车宣布，与上海交通大学轻合金国家工程中心在新材料新工艺开发、低碳轻合金产业化应用、人才培养等方面达成战略合作，并已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，将在高合汽车后续车型上大批量采用。

表20：上海交大免热处理系列牌号与其他牌号对比

	上海交大铝合金牌号						其他工业应用的合金牌号			
	JDA1 (F)	JDA1b (F)	JDA1c (F)	JDA1c (T6)	JDA2a(F)	JDA2b(F)	AlSi10MnMg(Silafont 36) (T7)	AlSi10MnMg(Silafont 36) (T6)	AlMg5Si2(Magsimal-59) (F)	AlSi9Cu3(F)
抗拉强度 (MPa)	300-330	260-300	300-350	>360	300-320	360-400	180-240	250-280	280-340	280-285
屈服强度 (MPa)	180-200	130-150	220-250	>330	160-180	200-240	120-160	160-200	160-220	150-165
延伸率 (%)	6-8	12-15	4-6	2-4	15-20	10-15	10-14	6-8	12-16	2-3

资料来源：压铸周刊，国信证券经济研究所整理

(19) 中华人民共和国国家知识产权局



(12) 发明专利申请



(10) 申请公布号 CN 114411020 A
(43) 申请公布日 2022.04.29

(21) 申请号 202210038413.3

(22) 申请日 2022.01.13

(71) 申请人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路800号

申请人 凤阳爱尔思轻合金精密成型有限公司

(72) 发明人 彭立明 袁灵洋 杨磊 肖刚 杨超

(74) 专利代理机构 上海汉声知识产权代理有限公司 31236

代理人 胡晶

(51) Int. Cl.

C22C 21/04 (2006.01)

C22C 1/03 (2006.01)

B22D 17/00 (2006.01)

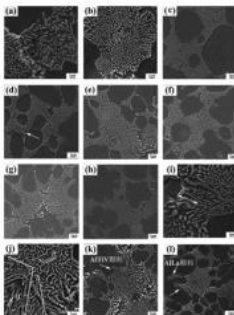
权利要求书1页 说明书9页 附图1页

(54) 发明名称

一种非热处理强化高强高韧压铸铝硅合金及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种非热处理高强高韧压铸铝硅合金及其制备方法。该合金中各组分的重量百分比为：Si 8.0-10.0%、Mg 0.1-0.5%、Mn 0.5-0.8%、Cu 0.05-0.5%、Ti 0.05-0.2%、Sr 0.01-0.05wt.%、V 0.01-0.1%、RE 0.01-0.15%、Fe<0.2wt.%；其他杂质总量和≤0.4%，余量为Al。在Sr变质细化共晶Si的基础上，制备时引入V和RE元素，进一步显著细化共晶Si组织，使合金在含有较高Si含量的情况下获得高强、高韧的特性，从而满足大型车身结构件对压铸铝合金材料流动性、强度、塑性的要求。该合金可在压铸态条件下获得：屈服强度120-160MPa，抗拉强度260-320MPa，延伸率10-15%；其在压铸态下具有高强高韧的特点，并可实现良好的压铸性能。



CN 114411020 A

资料来源：Google Scholar，国信证券经济研究所整理

- ◆ 公司早在2012年就与上海交大共同研发高强韧压铸铝合金材料，此Al-Si-Mn-Mg系压铸铝合金通过加入强化元素Zn，并采用Sr/稀土复合变质剂变质，改善其组织，在压铸非热处理状态下可获得屈服强度达160MPa、抗拉强度达270MPa、延伸率达7%的高强度与高韧性兼顾压铸铝合金，并且具有良好的压铸性能，于2019年申请了发明专利，2020年授权，产品用于大众汽车发动机油底壳，2013年开始已连续多年大批量供货。
- ◆ 公司正在自主研发或与高校、下游汽车零部件客户合作研发的高热导率铝合金材料、免热处理高强高韧铝合金材料、免热处理高延伸率铝合金材料、高强度一体化压铸铝合金材料，产品具有更高的延伸率，抗拉强度、屈服强度等综合性能良好，部分材料处于向汽车零部件客户送样、试制阶段。

表21：永茂泰免热处理铝材料成分及性质

合金成分%

合金牌号	Si	Fe	Re	Mn	Mg	Sr	Zn
永茂泰	9-11	≤0.16	0.05-0.35	0.5-0.8	0.1-0.5	50-400ppm	1-3

合金性质

合金牌号	抗拉强度 (MPa)	屈服强度(Mpa)	延伸率(%)
永茂泰	160	270	7

资料来源：Google Scholar、国信证券经济研究所整理

(19)中华人民共和国国家知识产权局



(12)发明专利申请



(10)申请公布号 CN 109881056 A

(43)申请公布日 2019. 06. 14

(21)申请号 201910228703.2

(22)申请日 2019. 03. 25

(71)申请人 上海永茂泰汽车零部件有限公司

地址 201715 上海市青浦区练塘镇章练塘路577号第3、4幢

申请人 上海交通大学

(72)发明人 彭立明 韩盼文 袁灵洋 郑飞燕

徐宏 胡志恒 应伟勇

(74)专利代理机构 上海汉声知识产权代理有限公司 31236

代理人 庄文莉

(51) Int. Cl.

G22C 21/04(2006.01)

G22C 1/03(2006.01)

B22D 17/00(2006.01)

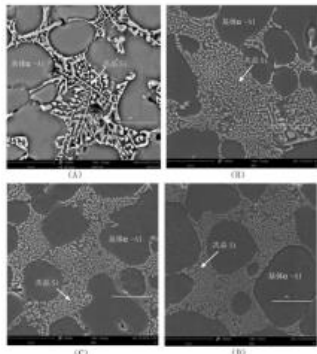
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种高强韧压铸铝合金及其制备方法

(57)摘要

本发明涉及一种高强韧压铸铝合金及其制备方法，该压铸铝合金中各组分的重量百分比为：Si 9.0wt%-11.0wt%；Mg 0.1wt%-0.5wt%；Mn 0.5wt%-0.8wt%；Sr 50ppm-400ppm；Zn 1.0wt%-3.0wt%；Re 0.05wt%-0.35wt%；Fe w(Fe)≤0.16wt%；其余杂质总量小于或等于0.25%，余量为Al。此Al-Si-Mn-Mg系压铸铝合金通过加入强化元素Zn，并采用Sr/稀土复合变质剂变质，改善其组织，在压铸非热处理状态下可获得屈服强度达160MPa、抗拉强度达270MPa、延伸率达7%的高强度与高韧性兼顾压铸铝合金，并且具有良好的压铸性能，极大地满足了汽车行业零部件的应用需求。



CN 109881056 A

资料来源：Google Scholar、国信证券经济研究所整理

行业趋势

头部再生铝企业迎来发展契机

- ◆ **头部再生铝企业具备多点布局优势：**大型一体化压铸件不便于长距离运输，且运费昂贵，压铸机往往布局在整车周边。头部再生铝企业多点布局，更加靠近下游客户，实现多客户覆盖，同时节省材料的运输费用。而中小型再生铝企业往往只有单一厂区，无法做到覆盖更多客户。
- ◆ **免热处理铝合金终将使用再生铝作为原料：**一体化压铸大量使用原生铝，将显著提高材料的碳排放量，是长期隐忧。我国原生铝的碳排放量是再生铝的20倍以上，只有通过进一步研究，探索使用再生铝生产免热处理材料，才能解决碳排放问题。再生铝企业具备废铝采购渠道及经验优势，且对再生铝的性能理解更加深刻，未来有望主导材料端。
- ◆ **头部再生铝企业在免热处理材料研发、生产、销售环节均具备明显优势：**传统再生铝行业充分竞争，毛利率较低。免热处理材料兴起后，压铸厂往往选择与大型再生铝企业合作研发生产免热处理铝合金，材料认证通过后会形成稳定的合作关系。未来可能由少数行业头部企业主导免热处理材料研发、生产和销售，竞争格局明显改善，产品毛利润有望远高于当前水平。

头部再生铝企业具备多点布局优势

- ◆ **多点布局覆盖更多客户，节约运费。**大型一体化压铸件不便于长距离运输，且运费昂贵，压铸机往往布局在整车周边。铝合金材料企业只有多点布局，才能更加靠近下游客户，实现多客户覆盖，同时节省材料的运输费用。而中小型再生铝企业往往只有单一厂区，无法做到覆盖更多客户。
- ◆ **铝液直供模式互利共赢：**铝液直供指生产铝液并以液态铝的形式直接销售给客户使用。铝液直供省去了客户二次重熔铝合金锭的熔炼工序，可以减少客户对熔炼设备和工人的投入，避免铝合金锭重熔造成的材料和能源损耗，并能有效防止由于铝合金锭重熔所造成的质量波动，为铸造工序提供更可靠的原料，同时可以减少客户铝合金锭的采购库存及对客户流动资金的占用，是较为先进的铸造行业铝原料的供应方式。立中集团、顺博合金、永茂泰等行业头部企业均在不同生产基地向客户直供铝液。如永茂泰等在客户铸造车间的同一厂区内就地供应液态的铝合金。

图17：顺博合金生产基地布局在汽车产业聚集地



资料来源：公司公告、国信证券经济研究所整理

表22：头部再生铝企业多点布局

再生铝企业	产能区域布局
立中集团（300428.SZ）	在天津、河北保定、吉林长春、河北秦皇岛、山东烟台、山东滨州、广东广州、广东清远、广东英德、湖北武汉、江苏扬中和扬州等地区建有铸造铝合金材料生产基地，现有总产能130万吨，产品销售覆盖东北、华北、华东、西北和华南等多个国内主要汽车产业生产集群地
永茂泰（605208.SH）	在安徽广德、四川成都、上海嘉定拥有4处铝合金锭和铝合金液直供基地，总产能22.7万吨。
顺博合金（002996.SZ）	在重庆、广东清远、湖北老河口、江苏溧阳、安徽马鞍山等地设有铝合金锭及铝液直供基地，总产能75万吨。
帅翼驰	上海、宁波、广东惠州、河南、重庆、包头，2020年全集团制造、销售铝合金35万吨。
新格集团	重庆、山东日照、山东滨州、四川成都、长春、包头、河南巩义，产能超100万吨。

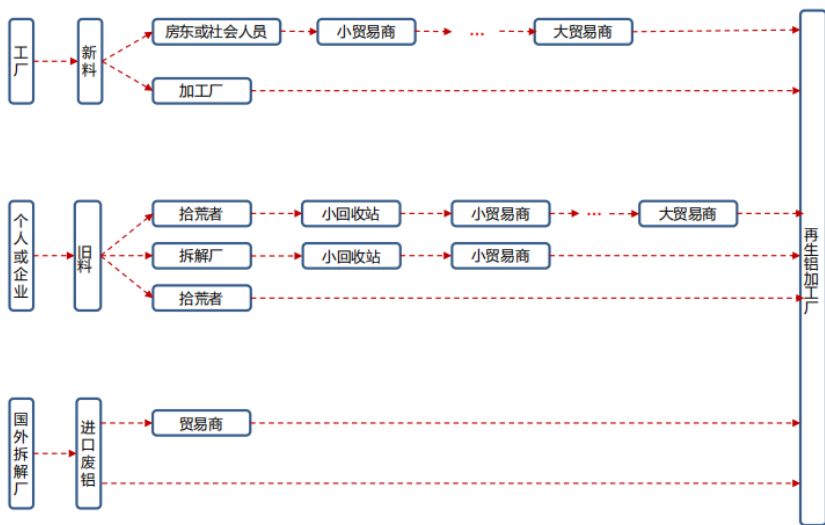
资料来源：各公司公告、各公司官网、国信证券经济研究所整理

免热材料终将使用再生铝



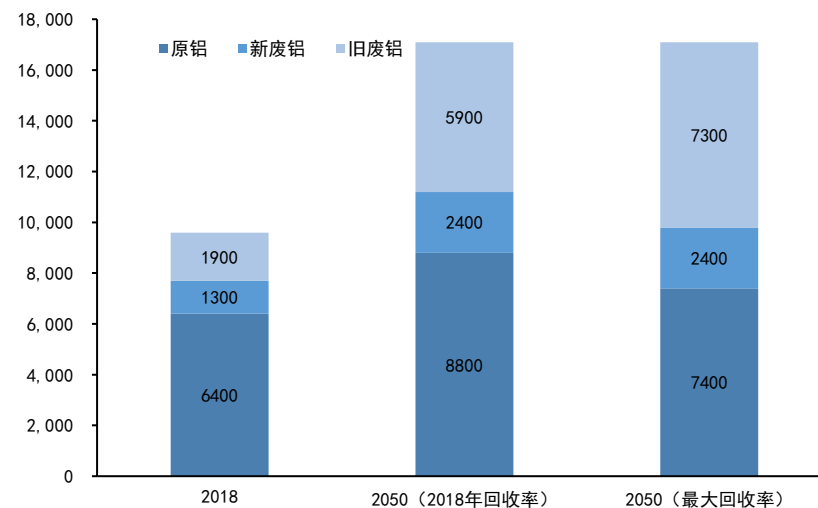
- ◆ **再生铝碳排放远低于原生铝。**铝产业高排放环节主要在电解过程，再生铝只需将废铝熔融除杂添加合金元素，因此碳排放远小于原铝。根据欧洲铝业协会的数据，生产1吨再生铝能耗仅为原铝5%，仅产生0.5吨二氧化碳排放。根据国内的数据，与生产等量的原铝相比，生产1吨再生铝相当于节约3.4吨标准煤，节水14立方米，减少固体废物排放20吨。
- ◆ **当前免热处理铝合金使用的是原生铝。**由前面章节介绍可知，用于大型薄壁一体化压铸件的免热处理铝合金材料处于大规模推广初期，企业对该材料的认识还处于摸索阶段，因此免热处理铝合金对各合金成分控制严格，需使用电解铝，精确添加各类合金元素制造。而一体化压铸所取代的原有小型压铸件，则大部分由再生铝制造。由此带来一体化压铸件的碳排放远高于原有小压铸件。
- ◆ **免热处理铝合金终将使用再生铝作为原料。**一体化压铸大量使用原生铝，将显著提高材料的碳排放量，是长期隐忧。只有通过进一步研究，探索使用再生铝生产免热处理材料，才能解决碳排放问题。另外如果全球铝行业要在2050年实现碳中和目标，必须加强废铝循环使用，废铝在铝供应结构当中占比会进一步提高。再生铝企业具备废铝采购渠道及经验优势，且对再生铝的性能理解更加深刻，未来有望主导材料端。

图18: 废铝回收渠道



资料来源：SMM、国信证券经济研究所整理

图19：全球铝供应结构展望

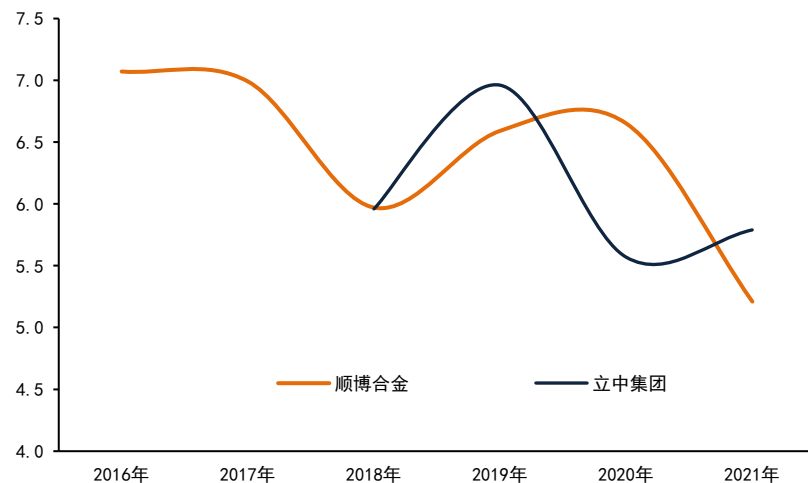


资料来源：IAI、国信证券经济研究所整理

再生铝行业竞争格局改善

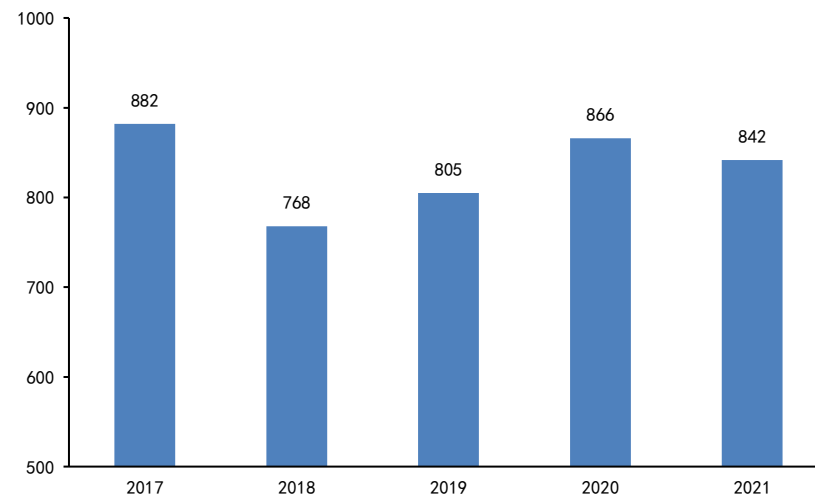
- ◆再生铝行业市场竞争充分。2021年再生铝产量为830万吨，同比增长12.16%，实现产品产值约1800亿元，同比增长38.5%。截至2021年年底，国内再生铝建成产能1579.5万吨。全国再生铝企业约1000余家，行业集中度极低，大部分为规模较小的小型企业，根据中国有色金属工业协会再生金属分会的数据，目前行业单厂最大产能为38万吨/年，产能达到10万吨/年的企业仅30家。行业龙头立中集团2021年铸造铝合金产量83.2万吨，市占率10%；顺博合金2021年产销量约60万吨，市占率7.2%。
- ◆头部再生铝企业在免热处理材料研发、生产、销售环节均具备明显优势：压铸厂往往选择与大型再生铝企业合作研发生产免热处理铝合金，材料认证通过后会形成稳定的合作关系。压铸厂试验初期可能选择几款材料，但到验证后期只锁定1-2款材料进行装车、碰撞试验，因此先发优势明显。未来可能由少数行业头部企业主导免热处理材料研发、生产和销售，具备先发优势，竞争格局明显改善，产品毛利润有望远高于当前水平。

图20：铸造铝合金业务毛利率偏低（%）



资料来源：Wind、国信证券经济研究所整理

图21：顺博合金产品吨毛利润（元/吨）



资料来源：公司公告、国信证券经济研究所整理

- ◆ **立中集团**：公司主营功能中间合金新材料、再生铸造铝合金材料和铝合金车轮产品三大业务，各业务板块均为细分行业龙头，其中功能中间合金产能11万吨，再生铝铸造铝合金产能130万吨，铝合金车轮产能2000万只。公司自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，逐步实现了该材料的市场化应用和推广。
- ◆ **顺博合金**：公司拥有再生铸造铝合金产能75万吨，分布在重庆、广东清远、湖北老河口、江苏溧阳、安徽马鞍山等地，另有在建产能45万吨，预计2025年产能达130-140万吨；公司介入变形铝合金领域，推进重庆奥博5万吨铝板带箔、湖北15万吨再生铝棒、安徽马鞍山50万吨变形铝合金原料项目，预计2025年变形铝合金原料产能达30-40万吨。
- ◆ **永茂泰**：公司拥有再生铸造铝合金产能22.7万吨，分布在安徽广德、四川成都、上海嘉定。公司下游客户集中，华域皮尔博格占公司2021年销售收入61%。公司与上海交大合作研发的高强韧压铸铝合金材料，属于免热处理材料，延伸率达7%，主要用于汽车发动机油底壳，已获得发明专利授权。此外，公司正在研发高热导率铝合金材料、免热处理高延伸铝合金率材料、高强度一体化压铸铝合金材料等。
- ◆ **怡球资源**：公司在江苏太仓、马来西亚共计拥有30万吨铸造铝合金产能。公司建立了国际化的废铝采购网络，2016年收购美国废旧金属回收企业Metalico，成功向上游延伸进入美国废旧金属回收市场，不仅获取了产业链上游利润，而且保障公司稳定获取原材料供应，增强了公司原料采购议价能力。公司拟在马来西亚新建130万吨再生铸造铝合金产能。

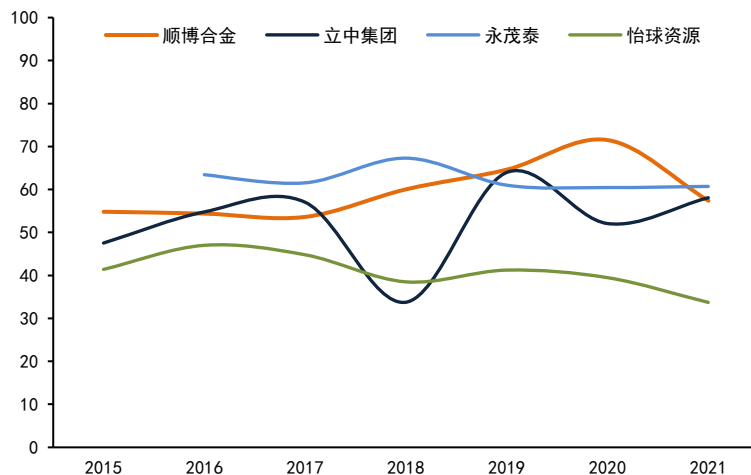
表23：相关上市公司估值

	简称	股价（7月14日）	EPS				PE				总市值（百万元）	投资评级
			2021	2022E	2023E	2024E	2021	2022E	2023E	2024E		
300428.SZ	立中集团	34.85	0.73	1.08	1.81	2.31	48	32	19	15	21,501	无评级
002996.SZ	顺博合金	16.20	0.78	0.91	1.10	1.35	21	18	15	12	7,112	增持
605208.SH	永茂泰	14.55	1.21	N/A	N/A	N/A	12	N/A	N/A	N/A	3,693	无评级
601388.SH	怡球资源	3.41	0.39	0.46	0.73	1.1	9	7	5	3	7,507	无评级

资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理 备注：立中集团、永茂泰、怡球资源业绩预测来自Wind一致预期。

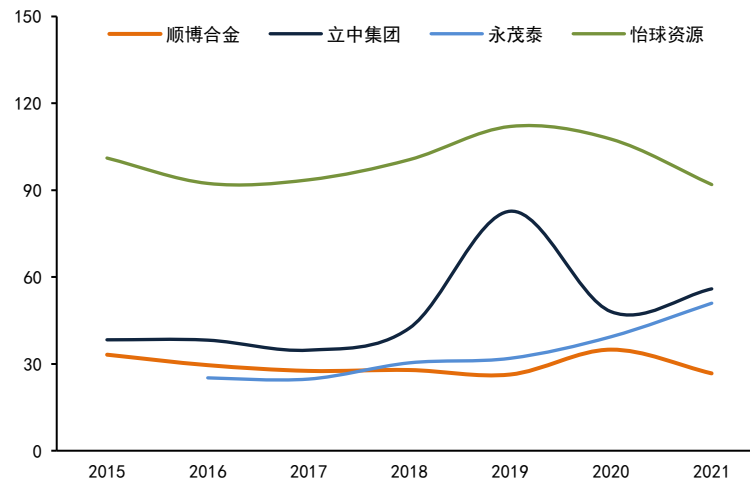
相关上市公司财务对比

图22：应收账款周转天数



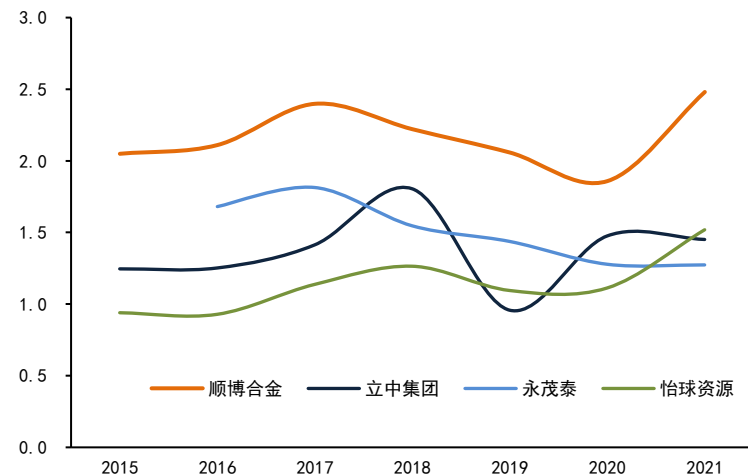
资料来源：公司公告、国信证券经济研究所整理

图23：存货周转天数



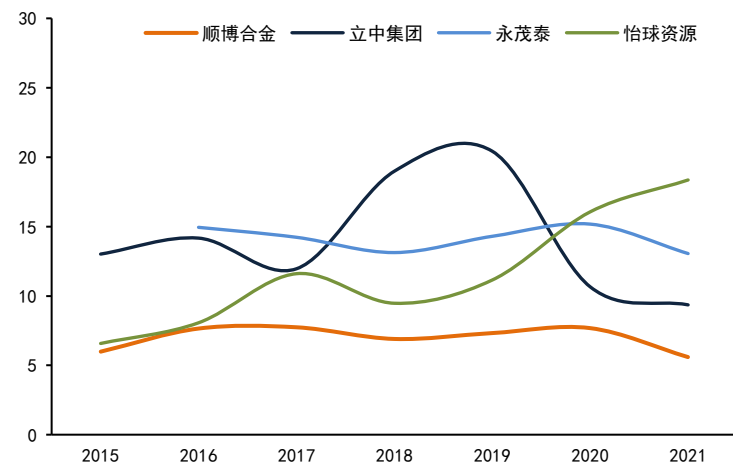
资料来源：公司公告、国信证券经济研究所整理

图24：总资产周转率



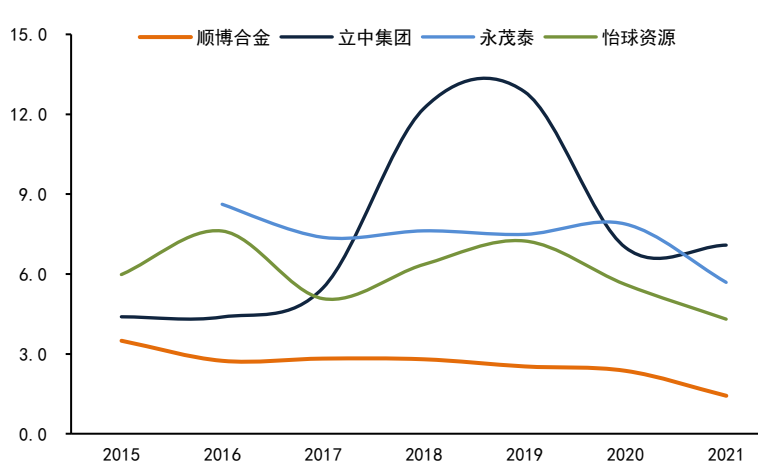
资料来源：公司公告、国信证券经济研究所整理

图25：销售毛利率 (%)



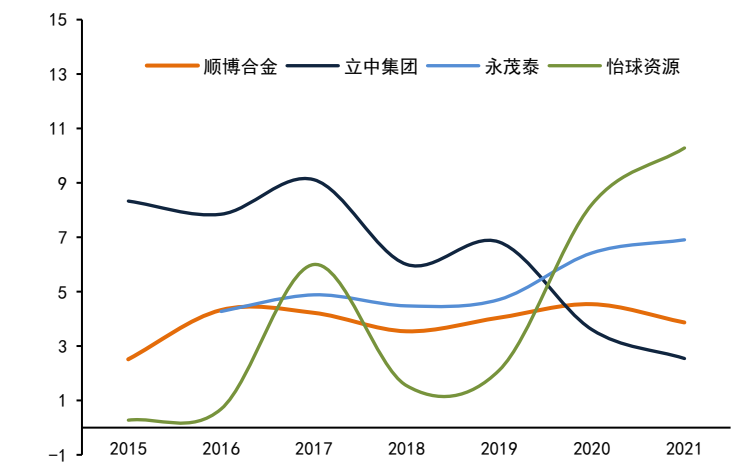
资料来源：公司公告、国信证券经济研究所整理

图26：期间费用率 (%)



资料来源：公司公告、国信证券经济研究所整理

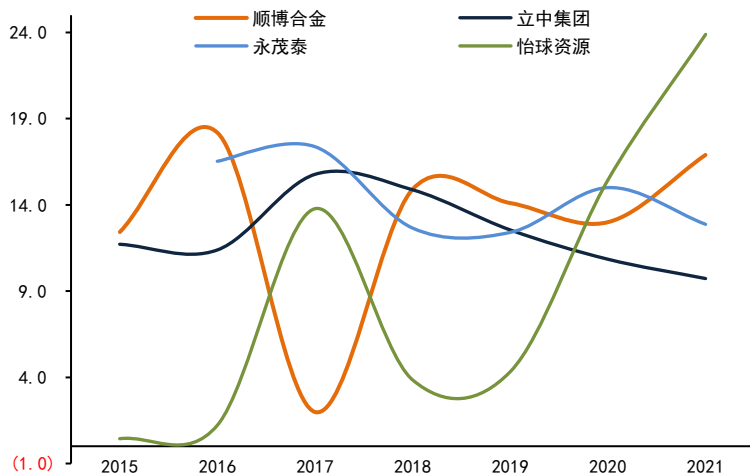
图27：销售净利率 (%)



资料来源：公司公告、国信证券经济研究所整理

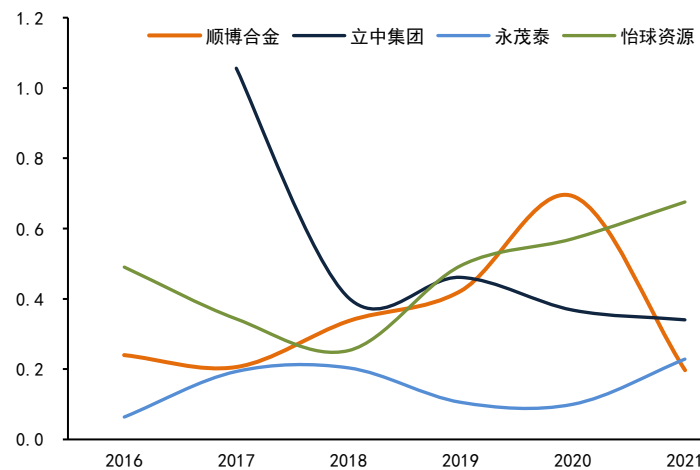
相关上市公司财务对比

图28: ROE (%)



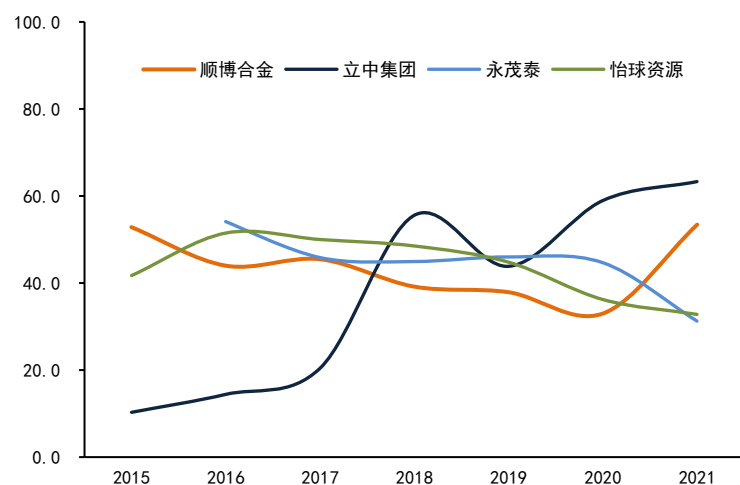
资料来源：公司公告、国信证券经济研究所整理

图31: 货币资金/短期债务



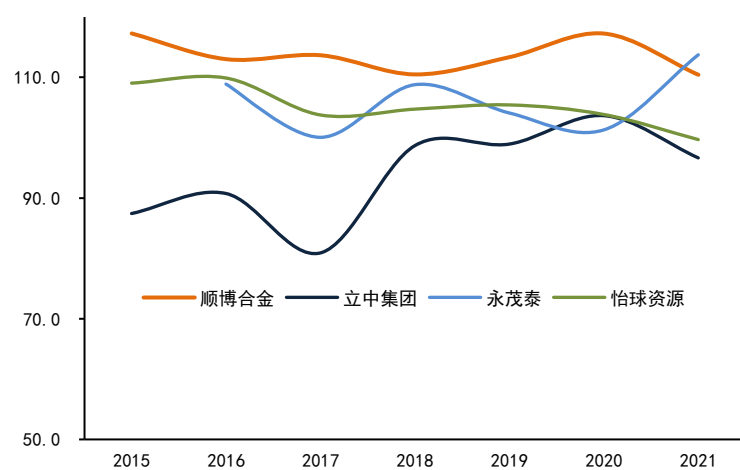
资料来源：公司公告、国信证券经济研究所整理

图29: 资产负债率 (%)



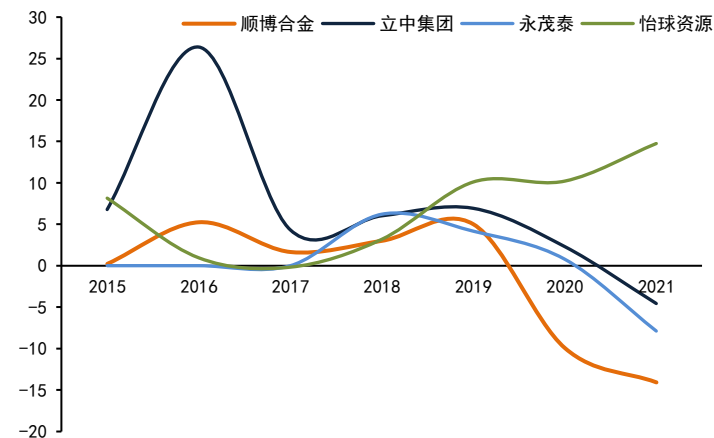
资料来源：公司公告、国信证券经济研究所整理

图32: 收现比



资料来源：公司公告、国信证券经济研究所整理

图30: 现金流量利息保障倍数



资料来源：公司公告、国信证券经济研究所整理

- 一、由于疫情或其他因素，导致汽车产销低迷，行业下游需求不及预期的风险；
- 二、新能源汽车渗透率低于预期，导致行业需求增速偏低的风险；
- 三、因免热处理材料技术不成熟，无法满足力学性能导致一体化压铸推进受阻的风险；
- 四、由于技术革新，免热处理铝合金材料被高强度钢、镁合金替代的风险。

免责声明

国信证券投资评级		
类别	级别	定义
股票投资评级	买入	预计6个月内，股价表现优于市场指数20%以上
	增持	预计6个月内，股价表现优于市场指数10%-20%之间
	中性	预计6个月内，股价表现介于市场指数±10%之间
	卖出	预计6个月内，股价表现弱于市场指数10%以上
行业投资评级	超配	预计6个月内，行业指数表现优于市场指数10%以上
	中性	预计6个月内，行业指数表现介于市场指数±10%之间
	低配	预计6个月内，行业指数表现弱于市场指数10%以上

分析师承诺

作者保证报告所采用的数据均来自合规渠道；分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求独立、客观、公正，结论不受任何第三方的授意或影响；作者在过去、现在或未来未就其研究报告所提供的具体建议或所表述的意见直接或间接收取任何报酬，特此声明。

重要声明

本报告由国信证券股份有限公司（已具备中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）制作；报告版权归国信证券股份有限公司（以下简称“我公司”）所有。本报告仅供我公司客户使用，本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式使用、复制或传播。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以我公司向客户发布的本报告完整版本为准。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但我公司不保证该资料及信息的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映我公司于本报告公开发布当日的判断，在不同时期，我公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。我公司不保证本报告所含信息及资料处于最新状态；我公司可能随时补充、更新和修订有关信息及资料，投资者应当自行关注相关更新和修订内容。我公司或关联机构可能会持有本报告中所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或争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。本公司的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告意见或建议不一致的投资决策。

本报告仅供参考之用，不构成出售或购买证券或其他投资标的的要约或邀请。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何个人的投资建议。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。投资者应结合自己的投资目标和财务状况自行判断是否采用本报告所载内容和信息并自行承担风险，我公司及雇员对投资者使用本报告及其内容而造成的一切后果不承担任何法律责任。

证券投资咨询业务的说明

本公司具备中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。证券投资咨询，是指从事证券投资咨询业务的机构及其投资咨询人员以下列形式为证券投资人或者客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或者间接有偿咨询服务的活动：接受投资人或者客户委托，提供证券投资咨询服务；举办有关证券投资咨询的讲座、报告会、分析会等；在报刊上发表证券投资咨询的文章、评论、报告，以及通过电台、电视台等公众传播媒体提供证券投资咨询服务；通过电话、传真、电脑网络等电信设备系统，提供证券投资咨询服务；中国证监会认定的其他形式。

发布证券研究报告是证券投资咨询业务的一种基本形式，指证券公司、证券投资咨询机构对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向客户发布的行为。



国信证券
GUOSEN SECURITIES

国信证券经济研究所

深圳

深圳市福田区福华一路125号国信金融大厦36层

邮编：518046 总机：0755-82130833

上海

上海浦东民生路1199弄证大五道口广场1号楼12楼

邮编：200135

北京

北京西城区金融大街兴盛街6号国信证券9层

邮编：100032