

中国机械 China Machinery

锂电激光专题：电池技术+制造工艺进步下，判断激光应用量持续提升

Lithium Laser: More Application Expected with Advancement of Battery Technology and Manufacturing Process

观点聚焦 Investment Focus

股票名称	评级	股票名称	评级
三一重工	Outperform	联赢激光	Outperform
潍柴动力	Outperform	天宜上佳	Outperform
先导智能	Outperform	银都股份	Outperform
晶盛机电	Outperform	安徽合力	Outperform
恒立液压	Outperform	伊之密	Outperform
迈为股份	Outperform	中际联合	Outperform
捷佳伟创	Outperform	中密控股	Outperform
杰瑞股份	Outperform	天准科技	Outperform
杭氧股份	Outperform	弘亚数控	Outperform
双良节能	Outperform	快克股份	Outperform
帝尔激光	Outperform	运达科技	Outperform
郑煤机	Outperform	凯迪股份	Outperform
浙江鼎力	Outperform		
创世纪	Outperform		
海目星	Outperform		
捷昌驱动	Outperform		

(Please see APPENDIX 1 for English summary)

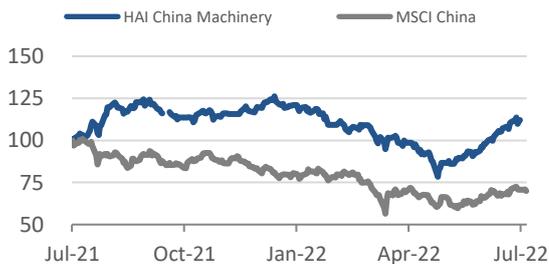
激光技术已广泛应用在锂电池制造各环节，优势明显。激光技术具有高效精密、灵活、可靠稳定、焊材损耗小、自动化和安全程度高等特点，被充分应用于锂电池切割、清洗、焊接、打码等工序中。激光切割和激光焊接已成为目前动力电池制造中主要的激光工艺，较传统工艺优势明显。

激光焊接：现阶段价值量约为 1000-3000 万元/GWh，我们判断未来随着大圆柱等新电池技术推动、制造工艺提升，激光焊接用量有望持续提升。激光焊接在锂电池生产中具有高精度、高效率及多种材料适用等优势，目前主要应用于中道电芯制造环节与电池 PACK 环节，当前激光焊价值量约为 1000-3000 万元/GWh。往后看，我们判断锂电池制造中激光焊接量有望上行，主要增量市场在于：1) 新电池技术：以 4680 大圆柱为例，其对激光工艺要求更高，且相比方形电池、小圆柱电池分别在焊接工序、所需焊接设备数量上有所增加；2) 激光焊接在电池制造工序上渗透率提升：激光焊接可解决异种金属焊接问题，比如电池 PACK 中汇流排焊接有望替代为激光焊接，我们判断未来激光焊接渗透率有望上行。

激光切割：极片激光切割替代加速，叠片技术路线下极耳/极片切割量有望提升。激光切割技术可应用于锂电池制造过程中的极耳切割成型、极片分切以及隔膜分切等工序，相比模切，激光切割具有精确度更高、运营成本较低等优势，有助于电池生产提效降本。当前，传统模切效率已成为锂电池产线提效瓶颈，激光切割应用量有望加大，主要增长点在于：1) 激光切割替代传统模切：MOPA 激光器兼具成本与性能优势，有望逐步替代传统极片模切工序；2) 叠片技术路线带来激光切割量上行：相比卷绕工艺，叠片技术路线下的极耳数量增加、正负极片裁切量（热复合叠片技术）上行，有望带来激光切割量上行。

投资建议：重点关注竞争力显著、与优质电池厂深度绑定的先导智能、海目星、联赢激光，建议关注赢合科技、利元亨、杰普特。

风险提示：下游电池扩产项目进程不及预期；新技术推动不及预期及不确定性风险；设备投资额下降过快；新冠疫情不受控制导致电池厂投资延后；新能源汽车政策效果不及预期；行业竞争加剧；回款风险。



资料来源：Factset, HTI

Related Reports

乘联会预计 6 月新能源车零售近 50 万辆，建议关注锂电设备（CPCA announced nearly 500000 new energy vehicles retailed in June. Recommended to pay attention to Li-ion battery equipment.）(4 Jul 2022)

机械周报：宁德时代发布麒麟电池，国常会确定加大汽车消费支持政策，建议关注锂电设备（CATL Launches CTP 3.0 Battery "Qilin", Automotive Consumption Supporting Policies Proposed by State Council）(27 Jun 2022)

机械周报：新能源设备景气度持续，5 月印度培育钻石出口同比大幅增长（The Prosperity in New Energy Equipment Continued, India's Exports of Laboratory-Grown Diamonds Increased Significantly in May）(20 Jun 2022)

余炜超 Weichao She
weichao.she@htisec.com

1. 激光焊接：工艺壁垒较高，大圆柱等新电池技术拉动焊接量上行

激光技术具有高效精密、灵活、可靠稳定、焊材损耗小、自动化和安全程度高等特点被充分应用于锂电池切割、清洗、焊接、打码等工序中。根据激光制造网官方微信公众号信息，在国家政策的大力支持及新能源汽车推广应用进程加快的带动下，中国车用动力电池需求大幅增长。新能源汽车电池、电机、电控三大核心零部件中，核心部件动力电池在整车成本中所占比例高，也直接决定整车续航里程。锂电池的生产制造是由一道道工序连接而成，其生产过程主要分为极片制造、电芯制作以及电池组装三部分。锂电池质量直接决定新能源汽车的性能，因此对其制造工序有着极高的精度要求。激光技术作为先进的“光”制造工具，以其高效精密、灵活、可靠稳定、焊材损耗小、自动化和安全程度高等特点，被应用于动力电池部件加工的切割、清洗、焊接和打码等工序中。

图1 激光技术在动力电池中的主要应用



资料来源：激光制造网，海通国际

表1 激光焊接较传统焊接的优势

技术类型	优势及环节
激光焊接	激光焊接是利用激光束对物体进行熔化并实现焊接的工艺，在动力电池生产中主要用于中段电芯、后段模组 PACK 环节。相比传统的氩弧焊、电阻焊等方式，激光焊接具有热影响区小、非接触加工、加工效率高等显著优势，不同材料均能实现优异的焊接效果，是动力电池生产中不可或缺的标准工艺。
激光切割	锂电池的加工对精度质量要求比较高，在激光技术出现前，锂电池产业通常使用传统机械进行加工和切割，但传统模切刀设备在使用过程中，会不可避免地出现磨损，粉尘掉落并产生毛刺，进而引起电池过热、短路、甚至爆炸等各类危险问题。为了避免锂电池加工品质不佳造成的危险，使用激光进行切割更适合。与传统的机械切割相比，激光切割拥有无物理磨损、切割形状灵活、边缘质量控制、精确性更高和运营成本较低等优势，有利于降低制造成本、提高生产效率、大幅缩短新产品模切周期。
激光清洗	在锂电池制造工艺中，在焊接极耳之前，需要先清洗掉待焊接极耳区域的涂层。去除涂层的方法主要有机械刮除、贴发泡胶和激光清洗。其中机械刮除法容易损伤极片，并且难以保证涂层清除干净；贴发泡胶法工序较多，生产成本低，且不适用于阳极水性浆料。而激光清洗具有绿色、高效、清洗效果好、对铜箔损伤小等优点，被公认为是用于去除锂电池阳极极片正反面的涂膜，使铜箔裸露直接进行极耳焊接的优选方法。
激光打标	为更好的把控产品品质，追溯锂电池的全程生产信息，包括原料信息、生产过程和工艺、产品批次、生产厂家及日期等，需要将关键信息存储在二维码内并在电池上进行标识。传统的油墨喷打码技术存在易摩擦，长时间容易缺失信息等问题，而激光打标具有永久性、防伪性高、精度高、耐磨性强、安全可靠等特点，可以为产品品质追踪提供最佳的解决方案。

资料来源：激光制造网，海通国际

2. 激光焊接：工艺壁垒较高，大圆柱等新电池技术拉动焊接量上行

2.1 原理：保障电池安全性，焊接质量取决于激光器能量控制与过程工艺参数

激光焊接具有熔深深、速度快、变形小等诸多优点，可大幅提升动力电池的安全性。根据联赢激光招股说明书，激光焊接作为一种现代焊接技术，具有熔深深、速度快、变形小、对焊接环境要求不高、功率密度大、不受磁场的影响、不局限于导电材料、不需要真空的工作条件并且焊接过程中不产生 X 射线等优势，被广泛应用于高端精密制造领域，尤其是新能源汽车及动力电池行业。动力电池焊接部位多、难度大、精度要求高，动力电池厂商对电池生产设备的自动化、安全性、精密性、加工效率的要求也高。激光焊接技术独特的优势可大幅提升电池的安全性、可靠性、一致性，降低成本，延长使用寿命，成为了动力电池厂商最优的选择。性、可靠性、一致性，降低成本，延长使用寿命，成为了动力电池厂商最优的选择。

表 2 激光焊接较传统焊接的优势

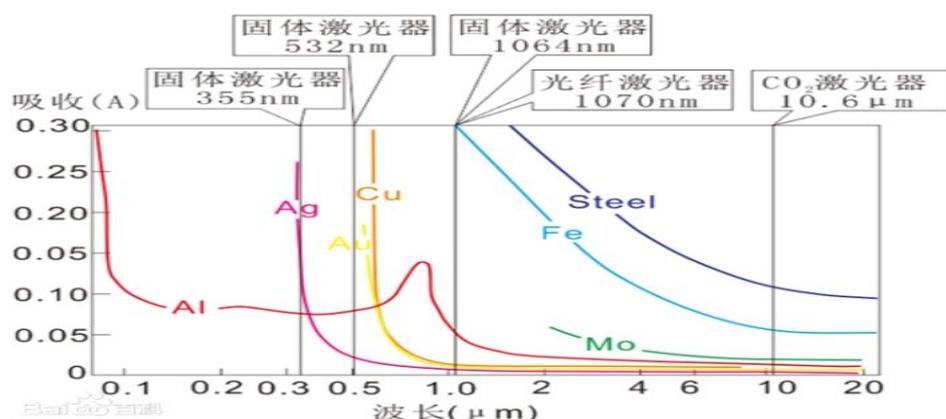
焊接方法	材料	深宽比	功率密度 (W/cm ²)	热形变	焊接质量
激光焊接	金属、非金属	<10	10K-100M	很小	质量高;单面焊降低重量,焊接强度高
电阻焊接	金属	<2	100-1M	显著	双面焊增加重量,焊接强度低
电弧焊	金属	<2	1K-100K	显著	焊接点/缝大,增加重量,焊接强度低
电子束焊接	金属、非金属	<30	1M-100M	很小	质量高;但是过程复杂,需要真空和消磁

资料来源：联赢激光招股说明书，海通证券研究所

决定激光焊接质量的主要核心要素为激光器能量控制及焊接工艺技术。

①**激光器能量控制**：根据联赢激光招股说明书，由于被焊接的材料对不同波长激光的吸收率不同（可以从 5%到 50%不等），激光器选择不同，焊接效果完全不同。为了对焊件输出统一、稳定的焊接激光束，就需要激光输出功率具有良好的一致性或者能够精确控制激光输出功率，功率过低会导致焊接熔融不足而影响焊接质量，功率过高或上下波动会导致飞溅、气孔等不良效果。因此，激光器能量的控制就成为激光焊接最为关键的技术之一。

图2 不同波长对应不同金属吸收率不同



资料来源：AMReference，海通国际

②**焊接工艺技术**：根据联赢激光招股说明书，激光与物质的作用过程较为复杂，激光焊接效果与激光波长、功率密度大小、焊接时间、焊接头角度、焦点距离、焊件对激光的吸收率及清洁程度、焊件的厚度及导热性能、保护气体类型及流量等数十种因素有关。因此，激光焊接工艺技术也是影响焊接质量关键的因素之一，需要激光焊接工艺技术人员不断摸索总结，长时间实验积累才能够获得良好的焊接效果。

表 3 激光技术在动力电池中的优势及环节

激光器类别	区别与关联性	优势	劣势
YAG 激光器	固体激光器的一种，增益介质为 YAG 晶体，波长为 1064nm	1) 易于分成多束光，可同时或分时多点焊接；2) 峰值功率高，适合点焊；3) 价格低，具有成本优势；	1) 光束质量相较于光纤激光器差；2) 光电转换效率较光纤激光器低
光纤激光器	固体激光器的一种，增益介质为掺稀土离子的纤芯，波长为 1070nm	1) 光束质量好；2) 光电转换效率高	1) 价格高；2) 分光成本高
半导体激光器	固体激光器的一种，增益介质为化合物半导体，波长为 808-976nm	1) 光电转换效率比光纤激光器高；2) 成本低于光纤激光器	光束质量比光纤激光器差
复合激光器	由半导体激光器与光纤激光器合成的激光器，波长为 1070nm 和 808-976nm	可以对铝材同时进行预热和焊接，有效防止飞溅、气孔、裂纹等焊接不良发生，对激光难焊材料铝材的焊接很有效	激光器结构复杂，制作难度大
蓝光激光器	半导体激光器的一种，波长为 450nm 左右	铜及铜合金对蓝光的吸收率比传统波长激光提高 3 至 10 倍，对铜材焊接飞溅有很好的抑制能力，可大幅提升焊接强度、效率及美观度，对激光难焊材料铜的焊接很有效	蓝光无法直接光纤合束，需要先进行空间合束，因此制作难度大、工艺要求高

资料来源：联赢激光招股说明书，海通国际

按照工作原理焊接可分为五种类型，根据不同的应用要求选取不同的焊接方式，以达到最佳效果。根据联赢激光招股说明书，根据工作原理的不同，适配不同的加工场景，激光焊接可分为热传导焊、深熔焊、复合焊接、激光钎焊和激光传导焊接五种。根据不同的客户、不同的加工应用场景，选取合适的焊接方式，以达到最佳的焊接效果。

表 4 激光焊接的类别及选择对比

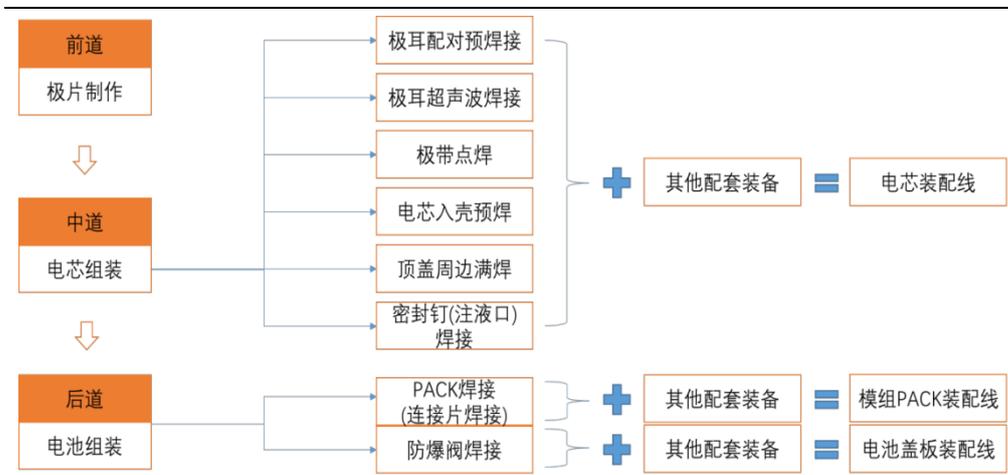
项目	热传导焊接	深熔焊	复合焊接	钎焊	激光传导焊接
工作原理	激光束在表面熔化相配零件，熔融材料混合并凝固	高强度导致了延伸到材料深处的锁眼的形成，产生又深又窄的焊缝	激光焊接和 MAG 焊接，MIG 焊接，WIG 焊接或者等离子焊接的组合	激光束加热相配零件，从而熔化焊料。熔融的焊料流入到接缝，连接相配零件	激光束通过透射的相配零件，熔化另外一份吸收激光的零件。当焊接形成时相配零件是夹紧的
使用激光器	主要是固体激光器（连续和脉冲），半导体激光器	主要是 CO2 激光器，连续的固体激光器	CO2 激光器，连续固体激光器	连续固体激光器，半导体激光器	半导体激光器，连续固体激光器
焊接材料	钢、不锈钢、还有钛、铜、铜合金、贵重金属	钢、不锈钢、铝、钛	主要是钢和铝	钢和铝	塑料：热塑性塑料、热塑性弹性体
重要工艺参数	激光功率、功率密度、焊接速度或者脉冲持续时间、工件上光束直径、保护气体	激光功率、功率密度、焊接速度、聚焦直径、活跃气体和保护气体、填充剂（如需）	填充剂、激光功率、功率密度、焊接速度、活跃气体和保护气体、辅助装置参数	钎焊材料、激光功率、进给功率、工件上的光束直径	材料性能：吸附度、传输率、散射；激光功率、光束形状和直径、进给功率、沿着焊缝的热量输入
聚焦直径	0.3-1mm	0.1-0.6mm	0.3-0.6mm	0.5-3mm	1-2mm
重要质量标准	冶金性能、无缺陷、可见边缘上的光滑表面、一致性	冶金性能、无缺陷、所需的宽度和深度、低热量输入和畸变	冶金性能、无缺陷、一致性	光滑和无孔的焊接表面、强度、熔合、一致性	强度、一致性、不渗透性
机械和系统	手动工作站、基于坐标的激光设备、机器人	基于坐标的激光设备、机器人、远程激光焊接单元	基于坐标的激光设备、机器人	主要是机器人	扫描光学系统、基于坐标的激光设备、机器人

资料来源：联赢激光招股说明书，海通国际

2.2 应用现状：电芯制造、PACK 焊接价值量约 1000-3000 万/GWh

在动力电池的生产中使用激光焊接的环节在电芯制造环节与电池 PACK 环节。根据联赢激光官网信息，在动力电池的生产中，使用激光焊接的环节主要包括：
 ①中道工艺：极耳的焊接（包括预焊接）、极带的点焊接、电芯入壳的预焊、外壳顶盖密封焊接、注液口密封焊接等；②后道工艺：包括电池 PACK 模组时的连接片焊接，以及模组后的盖板上的防爆阀焊接等。

图3 目前动力电池需要焊接的场景



资料来源：联赢激光官网，海通国际

前激光焊价值量约为 1000-3000 万元/GWh。根据联赢激光招股说明书，激光焊接设备在动力电池厂商投入中约占比 5-15%，根据高工锂电官网信息，按照动力电池单 GWh 设备投资额约为 2 亿元测算，目前动力电池激光焊接设备单 GWh 投入在 1000 万元至 3000 万元。

表5 激光焊接主要场景及特点

应用场景	采用技术	能力细节	激光焊接难点
极耳带焊接	超声波焊接	<120 层,总厚度<0.8mm(当>100 层时,焊头压缩铝箔时,容易导致铝箔破损)	一般动力电池铝壳厚度都要求达到 1.0 毫米以下，主流厂家目前依据电池容量不同壳体材料厚度以 0.6mm 和 0.8mm 两种为主。焊接方式重要分为侧焊和顶焊，其中侧焊的重要好处是对电芯内部的影响较小，飞溅物不会轻易进入壳盖内侧。由于焊接后可能会导致凸起，这对后续工艺的装配会有些微影响，因此侧焊工艺对激光器的稳定性、材料的洁净度和顶盖与动力电池铝壳的配合间隙有较高的要求。而顶焊工艺由于焊接在一个面上，可采用更高效的振镜扫描焊接方式，但对前道工序入壳及定位要求很高，对设备的自动化要求高。目前动力电池铝壳占整个动力电池的 90%以上。铝材的激光焊接难度较大，会面对焊痕表面凸起问题、气孔问题、炸火问题、内部气泡问题等。表面凸起、气孔、内部气泡是激光焊接的致命伤，很多使用由于这些原由不得不停止或者想办法规避。重要是采用的光纤芯径过小或者激光能量设置过高所致。引起炸火(也称飞溅, Splash)的因素也很多，如材料的清洁度、材料本身的纯度、材料自身的特性等，而起决定性用途的则是激光器的稳定性。在动力电池焊接当中，焊接工艺技术人员会依据客户的电池材料、形状、厚度、拉力要求等选择适宜的激光器和焊接工艺参数，包括焊接速度、波形、峰值、焊头倾斜角度等来设置合理的焊接工艺参数，以保证最终的焊接效果满足动力电池厂家的要求。
顶盖周边焊接及密封钉焊接	激光焊接	实现密封，先点焊再全焊，对密封要求高，尤其密封钉焊接这边，需要避免虚焊带来的漏液问题	
极耳和端子/连接板焊接	电阻焊接	焊接厚度<0.4mm 的镍带和铜带，焊接厚度<0.2mm 铜带	
	激光焊接	焊接厚度可达 1mm 的厚极耳材料要求端子/连接板厚度>1.5 倍极耳厚度	
极耳和母线 (BusBar)焊接	激光焊接	可焊接多层材料对于任何材料,穿透焊接深度可达 1mm	
	Mirco-TIG	对于铜材料,单点熔深尺寸可达 3.8mm 可实现轨迹焊接	
	电阻焊接	同以上“极耳和端子焊接”更厚的材料可采用钎焊	

资料来源：超声技术和应用 Hightech 微信公众号、钜大锂电，海通国际

2.3 需求：全球“缺芯”下半导体厂扩大资本开支，设备景气度持续上行

4680 大圆柱对激光工艺要求更高，且相比方形电池、小圆柱电池焊接量有望上行。

1) 4680 电池对激光工艺要求更高，极耳形态不受控制是工艺难点。根据华经产业研究院官网信息，4680 电池采用全极耳工艺，打破了传统电池一正一负两个极耳的模式，其工艺难点在于极耳形态不受控，易发生短路，制造时两段封闭，电解液渗入阻碍大，并且多极耳很难折叠整齐，对激光工艺要求更高。

2) 4680 大圆柱电池激光焊接相比方形电池、小圆柱电池分别在焊接工序、所需焊接设备上有所增加。根据华经产业研究院官网信息，1) 相比方形电池，大圆柱的全极耳所需的面焊，其激光焊接工序从 5 道增加至 7 道；2) 从小圆柱电池看，单 GWh 相较于 18650 和 21700 电池产线增加 5 台焊接设备。结合上述情况，我们认为，4680 大圆柱的激光焊接需求相比方形电池、小圆柱电池有望增长。

表 6 国内外电池厂商大圆柱电池布局情况

国家	电池厂商	大圆柱电池布局情况
日本	松下	2021 年 10 月 26 日，松下首次展示了其为特斯拉打造新型 4680 电池试制品；计划 2022 年 3 月在日本的议价工厂试生产新型 4680 电池
韩国	LG 化学	2021 年 3 月已开始为特斯拉 4680 电池建造一条试点生产线，最早有望在年内开始运营；正在考虑在美国和欧洲设立 4680 工厂，以便为特斯拉供货。
	三星 SDI	据韩国媒体 TheElec 报道，宝马将于三星 SDI 合作开发新的圆柱电池，尺寸介于 21700 和 46800 之间。
中国	亿纬锂能	2021 年 11 月 6 日公告将投资 20GWh 乘用车用大圆柱电池生产线及辅助设施项目总额约为 32 亿元，建成达产后预计可形成 20GWh/年的乘用车用大圆柱电池产能；公司于 2021 年 4 月与 StroeDot 签订协议，双方就电动汽车 4680 电池分三个阶段进行合作，有效期至 2024 年 12 月 31 日；目前亿纬锂能已布局了 46800 和 46950 两大型号
	江淮汽车	2021 年 2 月，江淮汽车于 CBAK 能源科技签署一项为期三年的联合产品开发战略合作协议，双方将联合开发 4680 锂电池及电池组。
	比克	国内首发 4680 全极耳大圆柱电池的电池企业。比克电池于 2021 年 3 月透露，正于国内外多个客户合作进行全极耳大圆柱电池的开发，4680 电芯样品预计年内实现批量下线
	蜂巢能源	蜂巢能源董事长表示 2021 年蜂巢能源将切入大圆柱领域；蜂巢能源在山海车站创新日展示了 46800 电芯研发成果，采用了于特斯拉相同的无极耳结构

资料来源：华经产业研究院，海通国际

其他焊接环节技术：解决异种金属焊接问题，比如电池 PACK 中汇流排焊接有望替代为激光焊接，我们判断，随着激光焊接工艺不断上行，激光焊接渗透率有望上行。

以方形电池后道模组/PACK 中汇流排焊接存在的 Al/Cu 异质金属焊接为例：

① Al、Cu 对光吸收率低，且容易产生高脆性金属化合物是 Al/Cu 难点：根据《汽车电池模组 Al/Cu 异种金属激光焊接技术新进展》，由于 Al 和 Cu 的材料物理性能迥异，Al/Cu 异种金属激光焊接具有若干挑战性的限制。一个主要是在 1 μ m 的激光波长下 Al 的吸收率低，而 Cu 的吸收率更低；另一个挑战来自 Al-Cu 合金的冶金性能，即高脆性的金属化合物可能导致裂纹的形成。可能形成 Cu 含量为 50%-80% 的金属间化合物相。

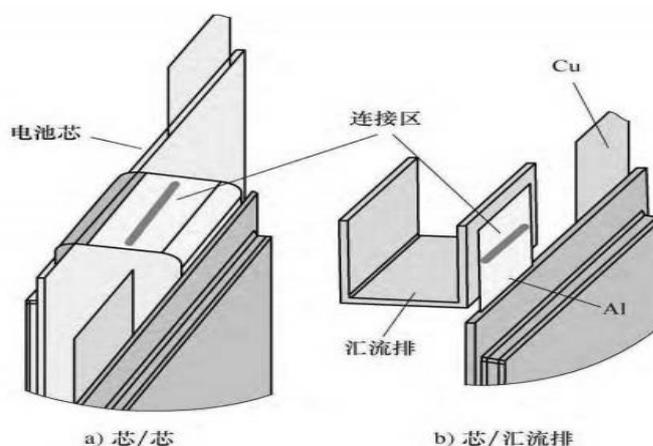
表 7 Al 和 Cu 的材料物理性能

物理指标	Al	Cu
热传导性能 / [W/(m·K)]	226	390
比热容 / (kg·°C)	946	385
热胀系数 / (10 ⁶ /°C)	24	17
密度 / (g/cm ³)	2.71	8.93
熔点 / °C	660	1083
吸收率 (%)	6	3

资料来源：《汽车电池模组 Al/Cu 异种金属激光焊接技术新进展》，海通国际

汇流排焊接目前激光焊接仍无法解决脆性化合物问题，但激光焊接为大概率方向。根据联赢激光官网，由于铜和铝之间采用激光焊接后易形成脆性化合物，无法满足使用要求，通常采用超声波焊接外，铜和铜、铝和铝一般均采用激光焊接。同时，由于铜和铝传热均很快，且对激光反射率高，连接片厚度相对较大，因此需要采用较高功率的激光器才能够实现焊接。通过九种不同参数及方法的调整实验，其中 7 种有不同增益，我们认为，随着未来激光工艺的不断进步，汇流排 Al/Cu 激光焊接存在问题有望得到解决，激光焊接为大概率方向。

图 4 汇流排多层异种金属焊接



资料来源：《汽车电池模组 Al/Cu 异种金属激光焊接技术新进展》，海通国际

表 8 PACK 段汇流排焊接解决方案梳理：激光焊接为大概率方向

方法名称	具体方法	效果及结论
双波段激光点焊	利用可同时发射绿光波段和红外光波段的调制脉冲激光源，调制的冶金脉冲形状导致熔池在同一频率下发生周期性运动，由此产生的熔体周期性振荡和周期性凝固导致了环形定向凝固线。	与连接异种金属的热脉冲相比，具有调制激光功率的冶金脉冲形状更为可取，因为所实现的 Al-Cu 合金元素均匀分布对于避免局部金属间相的形成至关重要。绿光波段的激光可以提高耦合效率并稳定焊接过程。
新型高亮度激光	采用 400W 的新一代工业光纤激光器实验，形成 15 μ m 左右的光斑，同时聚焦点附近的横向喷嘴产生受控的 Ar 气流（速率为 15L/min），从而尽可能避免焊缝上的氧化和内部缺陷。脆性金属间化合物形成取决于薄板的放置方式，当 Al 位于 Cu 上部时，熔化区形成 3 种化合物，而 Cu 位于 Al 上部仅形成一种化合物，极大降低了裂纹敏感性。	与目前的电阻点焊，超声焊接等连接技术相比，新型高亮度激光带来更大的优势，包括更快的处理速度精确的、非接触式的、小的受热区域和较大的自动化能力，可优化 Al-Cu 异种金属薄板的高速焊接
低压环境	在 100mbar 低压环境下使用 FOCUS LaVa95 激光真空室和最大激光功率为 2kW 的 IPC YLS-2000-SM 激光器来焊接 2mm 厚度的 Al/Cu 金属薄板，束流整形是通过一个具有二维束流振荡的 IPC D50 焊接头在真空室外实现的。可通过光束位置控制来控制 Al-Cu 熔合比率，进而实现异种金属无缺陷焊接。	在焊缝厚度小于 80 μ m 的情况下，激光焊缝的导电性能不会明显减弱。由于高功率激光束的集中能量输入，从而缩短冶金反应时间，避免不受控的脆性金属间化合物的形成。如果增加焊缝厚度，可能增加金属间化合物相的厚度，则会对接触质量产生不利影响。
空间光束振荡	使用最大功率为 1kW 的 IPGYLR 1000-SM 单模光纤激光器（波长为 1064nm，最大功率为 1000W），将环形光束振荡应用于 Al/Cu 薄板的激光搭接焊接。摆动幅度能显著影响焊缝宽度、熔深和深宽比，焊接速度为 156mm/s，摆动幅度为 0.5mm 时，可获得最优焊缝，最大断裂载荷可达 120kgf；双焊缝的抗剪切力可提高 10%~20%；熔合区内的显微硬度有所提高；通过优化参数获得较低的接触电阻，双焊缝是最佳选择。	连续激光焊接异种金属材料时，沿着焊缝方向产生的大裂纹是一个重大问题，使用单模光纤激光器和空间光束振荡，可实现焊缝中两种材料的均匀混合，改善异种金属焊接头质量。
激光钎焊	使用单模 Trumpf TruFiber 400 光纤激光器，结合 Scanlab HS20 2D 扫描仪头，实现了用于锂离子电池模块的低接触电阻铝铜异种金属激光束钎焊技术。红外波长为 1070nm，最大功率为 400W，焦点直径为 31 μ m，调制周期为 1/TM = 10kHz，扫描频率均设为 500Hz，激光束聚焦在 Al 板表面下方 1mm 处，施加 9L/min 的氩气保护气体，在 Al-Cu 搭接位置中心焊接长度为 30mm 的单焊缝。	激光钎焊焊缝熔合区与 Cu 侧的界面处存在金属间化合物 Al ₂ Cu 相（EDS3）和极窄的 Al ₂ Cu 相，相薄膜层（EDS2），其中富铝 Al ₂ Cu 相具有 Al-Cu 金属间化合物体系中最低的电阻率（8.0 μ Qcm）。
激光功率	采用最大功率为 4kW 的 HLD4002 接照射到铝表面，离焦量为 0mm。结果表明，通过精确实现热输入控制，可控制 Cu 的熔化量，获得优良的 Al/Cu 激光搭接接头。	随着激光功率的增加，更多的 Cu 扩散到金属熔合区中，导致熔合区中形成粗大的 Al ₂ Cu 相以及更严重的 Cu 元素团聚现象。所有 Al-Cu 金属间化合物区域的厚度均随着激光功率的增加而增加。
激光脉冲形状	采用 Trumpf HL204P 型 Nd:YAC 激光器，平均功率为 200W，功率峰值为 6kW，波长为 1064nm，聚焦光斑为 635 μ m。设计使用的脉冲形状有：标准方形脉冲、正步进脉冲、正步进台阶脉冲、负步进脉冲、负步进台阶脉冲、中央峰值脉冲。	在恒定脉冲能量（E = 13J）和恒定脉冲距离（d = 0.32mm）条件下，有预热的脉冲形状能获得更好的焊缝几何结构与更高的拉伸载荷，因为最初的预热阶段提高了焊接熔池温度，导致在有效焊接峰值功率阶段之前上层母材的吸收率更高。
激光脉冲间距	采用 Trumpf HL204P 型 Nd:YAG 激光器研究激光脉冲形状的同时，也研究了脉冲距离对 Al/Cu 异种金属薄板脉冲激光焊缝的影响。选择的脉冲距离分别为：0.1mm、0.32mm、0.55mm、0.8mm 和 1.2mm。脉冲距离为 0.55mm 时，可获得最高延性，此时达到最大拉伸荷载	在脉冲距离为 0.1mm 时，焊接区域中存在较多 Al-Cu 金属间化合物，接头延性低。延性随着脉冲间隔距离的增加而增加，脉冲间隔达到 0.55mm 后，延性则随着脉冲间相互作用的减弱而再次降低。
激光脉冲整形	采用波长为 1030 的 2kW 激光器研究激光振荡和脉冲调制的联合作用下 0.4mm 厚度板材 Cu-Al 异种金属深熔深激光搭接焊接行为，离焦量为 0mm，焦点直径为 89 μ m，激光束振幅为 0.75mm，进给速度为 30mm/s	光束振荡和脉冲调制的联合作用提高了焊接头的塑性。与 D 型方形脉冲相比，A 型脉冲具有规定预热阶段、有效焊接加热阶段和冷却阶段，有利于提高剪切强度

资料来源：《汽车电池模组 Al/Cu 异种金属激光焊接技术新进展》，海通国际

3. 激光切割：极片激光切割替代加速，高倍率电池推动极耳/极片切割量提升

3.1 优势：较模切具精确度更高、运营成本较低等优势，助力电池生产提效降本

激光切割技术可应用于锂电池制造过程中的极耳切割成型、极片分切以及隔膜分切等工序，相比模切，激光切割具有精确度更高、运营成本较低等优势，有助于电池生产提效降本。根据维科网锂电官方微信公众号信息，传统模切会不可避免地出现磨损，粉尘掉落并产生毛刺，进而引起电池过热、短路、甚至爆炸等各类危险问题。为了避免锂电池加工品质不佳造成的危险，使用激光进行切割更适合。与传统的机械切割相比，激光切割拥有无物理磨损、切割形状灵活、边缘质量控制、精确性更高和运营成本较低等优势，有利于降低制造成本、提高生产效率、大幅缩短新产品模切周期。

表 9 锂电池领域激光切割领域、应用场景、难点总结

激光切割应用领域及优势	极耳切割成型	极片分切	隔膜分切
切割对象	极耳是电池正负极引出的金属导体，充放电时会跟外界接触	锂电电子电池极片经过浆料涂敷，干燥和辗压之后，形成集体及两面涂层的三层复合结构	隔膜采用塑料膜制程，承担放置短路以及过热时阻隔电池中电流传导的功能
切割工艺	激光在极片上切割出正负极耳朵，极耳对齐度，尺寸、粉尘毛刺等将引起自放电或短路	利用激光束照射电池极片使极片迅速形成孔洞，光束移动使孔洞连续形成切缝	隔膜卷料经分切工序分割成复合要求的规格尺寸和品质要求的卷料
激光切割优势	激光切割能实现无耗材，速度快，切割质量稳定，设计灵活性高，适用于不同类型的规格的电池	激光切割具有生产效率高工艺稳定性好的特点	隔离膜是有机化合物构成采用激光切割效果好

资料来源：超越激光官网，海通国际

3.2 极耳切割：激光切割为主流技术，放卷速度与张力控制是竞争要点

激光极耳成型是目前主流技术，工艺参数、控制系统、切割工位设计决定切割的速度和质量。根据利元亨官网信息，传统上极耳成型主要使用机械模切工艺。机械模切工艺有模具损耗快、换模时间长、灵活性差和生产效率低等局限性，已经越来越不能满足锂电池制造的发展要求。由于激光切割技术的诸多优点，随着高功率、高光束质量纳秒激光器、单模连续光纤技术的成熟，目前激光极耳切割逐渐成为极耳成型技术的主流。稳定的放卷速度、张力及极片宽度方向位置控制，精确稳定的放卷速度、张力和纠偏控制是实现高质量高速度极耳成型的基础。

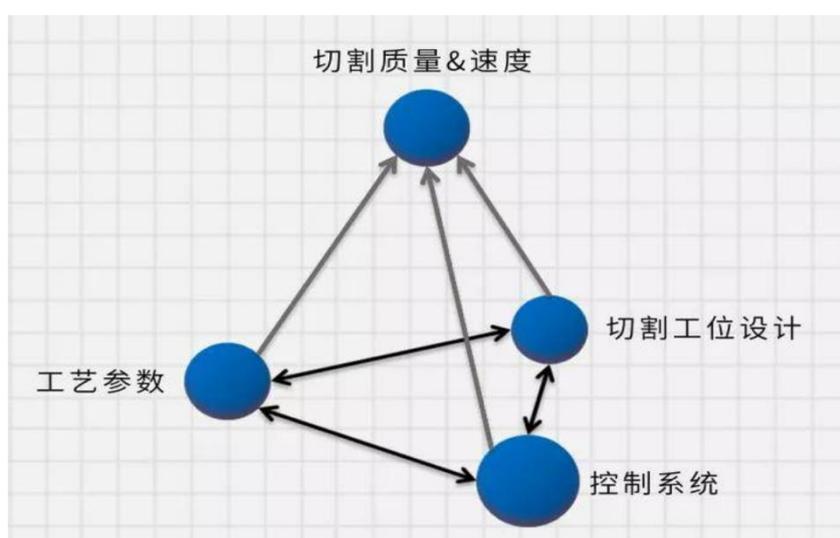
以海目星为例，根据维科号官网引用第二届新能源汽车及动力电池国际交流会上海目星软件专家苗健辉的演讲内容，海目星拥有独家集成化张力技术，是由驱动和反馈系统构成，整个反馈系统结合了整体带入实时的趋势，采用理论算法和实际反馈闭环相结合的开发理念，将驱动性能和调解性能衔接为一体，张力波动可以控制在 2% 以内，以及多样切割兼容技术，可实现飞行切割一键换行，满足了客户定制化的需求。

表 10 激光切割较传统模切优势明显

切割方式	优势	劣势/难点
激光切割	1) 切割效率高, 速度快, 不受极耳数量的限制; 2) 维护成本低, 无耗材; 3) 切割形状、尺寸、间距灵活变换, 毛刺少; 4) 针对不同极耳材料、厚度, 灵活调节激光参数适配; 5) 一台设备兼容多种极耳片。	1) 一次性投入成本高; 2) 厂商自动化能力要求高
传统模切	一次性投入成本低	1) 刀具损耗, 需定期更换; 2) 模具更换时间长; 3) 切割形状比较限制, 调节麻烦; 4) 切割极耳材料比较限制; 5) 速度较慢, 最高速度 40-50 米/分钟

资料来源: 锐科激光官网, 海通国际

图5 极耳激光成型质量的主要影响因素

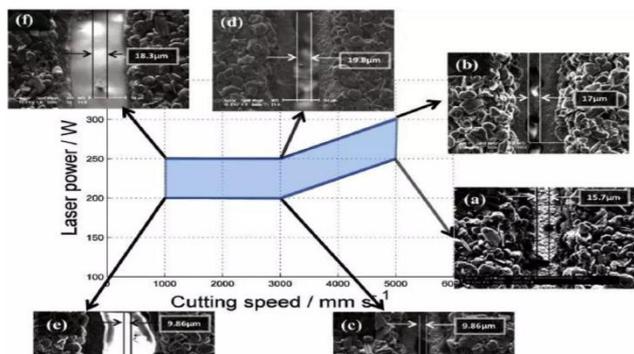


资料来源: 利元亨官网, 海通国际

3.3 极片切割: 传统模切效率成产线提效瓶颈, MOPA 技术兼具成本与性能优势

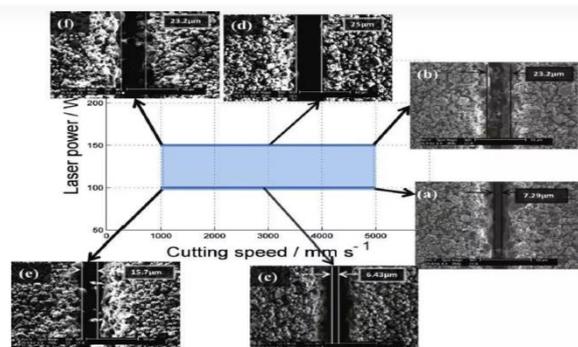
圆盘分切和模切品质质量不稳定; 激光能量和切割移动速度是两个主要的工艺参数。根据动力电池网信息, 极片切割有圆盘分切和模切、激光切割三种方式, 圆盘分切和模切都存在刀具磨损问题, 这容易引起工艺不稳定, 导致极片裁切品质差, 引起电池性能下降; 激光能量和切割移动速度是两个主要的工艺参数, 对切割质量影响巨大。当激光功率太低或者移动速度太快时, 极片不能完全切开, 而当功率太高或移动速度太低时, 激光对材料作用区域变大, 切缝尺寸更大。

图6 不同的激光切割工艺条件下单面涂层负极极片的切边形貌



资料来源：动力电池网，海通国际

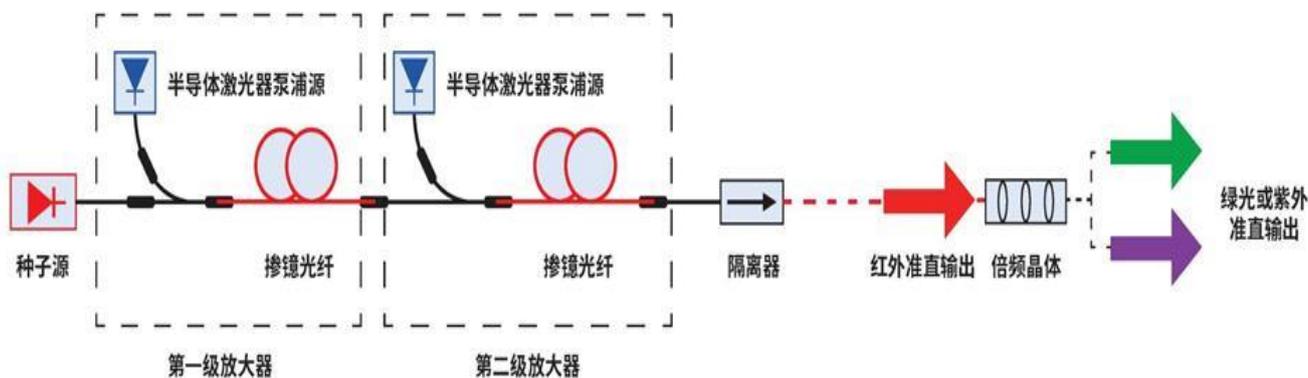
图7 不同的激光切割工艺条件下单面涂层正极极片的切边形貌



资料来源：动力电池网，海通国际

MOPA 是一种激光调制技术，兼具高峰值功率和高光束质量的最优方式，杰普特获宁德时代定点。根据高工锂电官网信息，目前杰普特特殊定制的极片切割脉冲光纤激光器，产线切割效率可达 120m/min，切割毛刺小于 7 μ m，热影响区小于 50 μ m，也是市场唯一一款真正做到无毛刺无热影响的激光器，变频、变功率响应时间最快 < 10 μ s，可有效减少拐角衔接处参数变化带来的质量问题。根据杰普特《关于收到供应商定点通知的公告》，2022 年 3 月 22 日，杰普特公告收到宁德时代定点通知，提供 MOPA 脉冲光纤激光器，应用于动力电池电芯制造的极片切割工序。根据英诺激光招股说明书，MOPA 技术是将具有高光束质量的种子信号光和泵浦光，通过一定的方式耦合进双包层光纤进行放大，从而实现对种子光源的高功率放大；激光器的 MOPA 结构是解决超快激光兼具高峰值功率和高光束质量的最优方式。

图8 MOPA 纳秒/亚纳秒激光器工作原理图



资料来源：英诺激光招股说明书，海通国际

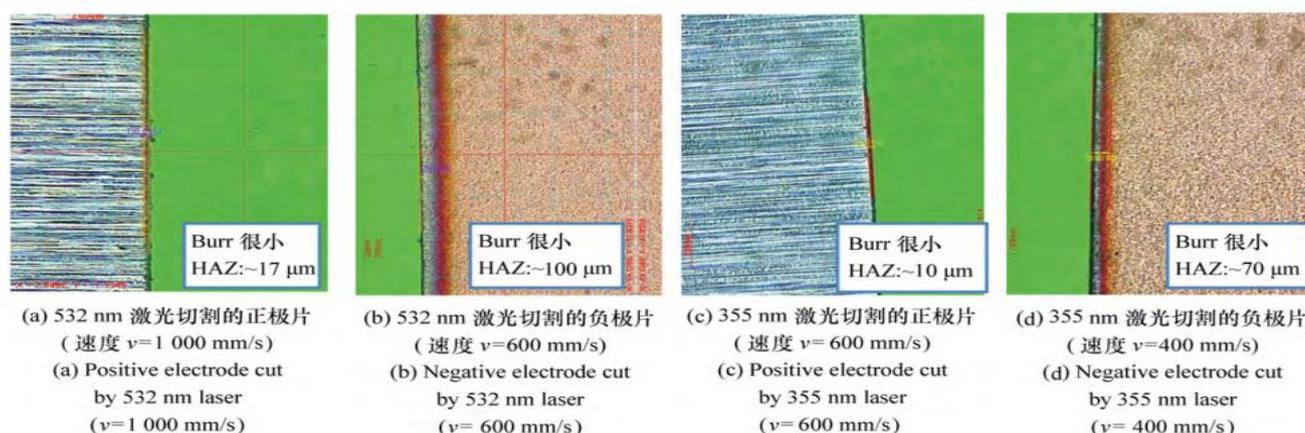
皮秒是长期最优选择，MOPA 是目前最具性价比选择。根据《锂离子电池动力电池极片的激光切割分析》，除了脉宽外，重复频率、光束模式、激光波长也对切割质量有影响。因此窄脉宽、高重复频率的皮秒激光器是切割铝箔和铜箔最理想的激光器。但由于皮秒技术未完全成熟，价格还很高，难以工业推广。而脉宽相对“窄”的 MOPA 激光器价格低廉，切割的正极片也完全满足工业要求，是切割正极片性价比最高的激光器，随着其脉宽的减少和频率的增加，其应用前景会越来越好。

表 11 各种激光器切割正负极片的质量

激光器及相应参数	正极	负极	评价
532nm 皮秒激光器@T=10ps, F=300 kHz,P=9.1 W	毛刺:6 μm HAZ:10μm 切速:2 800mm/s	毛刺:无,HAZ:无熔融热影响区 切速:800mm/s	最优
1 064 nm MOPA 激光器@r=20ns, F=760 kHz,P=100W	毛刺:10 μm HAZ:20 μm 切速:2 800mm/s 以上	毛刺:很小 HAZ:熔融区 60μm 切速:800mm/s	较优
355nm 固体激光器@T=20ns, F=40 kHz,P=8W	毛刺:小 HAZ:10μm 切速:600mm/s	毛刺:较小,HAZ:>70μm 切速:400mm/s	一般
1064nm 调 Q 光纤激光器@T=100ns, F=100kHz,P=100 W	毛刺:15 μm,HAZ:60μm 切速:1800mm/s	毛刺:~,HAZ:200 μm 切速:500mm/s	较差
532nm 固体激光器@T=20ns, F=40kHz,P=16 W	毛刺:小 HAZ:17μm 切速:1000mm/s	毛刺:~,HAZ:100~200 μm 切速:600 mm/s	较差

资料来源:《锂离子动力电池极片的激光切割分析》,海通国际

图9 改变波长对切割质量的影响不明显(固体激光器)

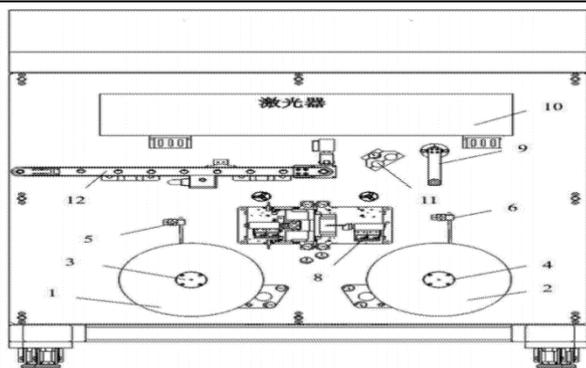


资料来源:《锂离子动力电池极片的激光切割分析》,海通国际

3.4 隔膜切割: 隔膜激光切割仍在布局阶段, 热影响控制是难点

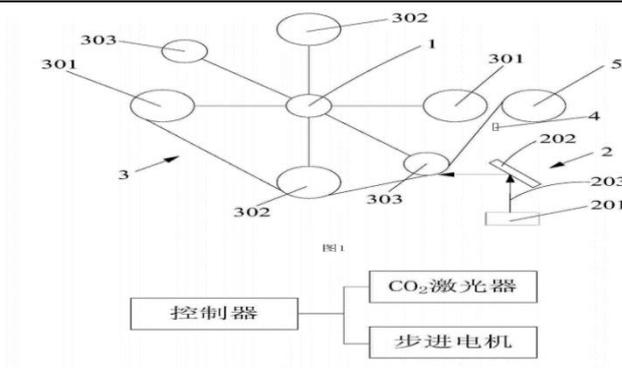
隔膜切割目前以刀具切割为主, 目前已有两项激光切割技术专利。根据专利之星检索系统信息: ①专利一: 根据《一种隔膜激光切割机》专利内容, 隔膜的切割通常以钢材质隔膜切刀进行切割。采用隔膜切刀切割, 结构稳定性较差, 切刀需要定期更换, 隔膜切口处的效果不好, 容易起毛刺或卷翘, 结构复杂, 不便调试和维护。通过激光切割可解决以上问题; ②专利二: 根据《锂电池隔膜生产用激光切割设备》专利内容, 通过激光切割组件切割由翻转辊交替切换两个隔膜卷曲组件卷绕的隔膜, 实现了自动化均匀切割隔膜的功能, 避免了切割过程中的脱粉、挑丝、碎膜以及切不断的现象, 便于在批量生产线中实用。

图10 专利一南京博能自动化科技有限公司专利



资料来源：专利之星检索系统官网，海通国际

图11 专利二江苏安瑞达新材料有限公司专利



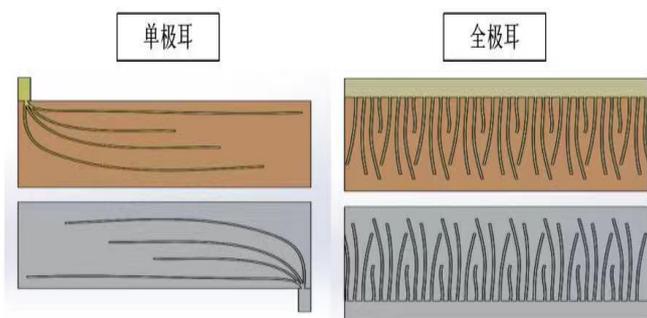
资料来源：专利之星检索系统官网，海通国际

热影响控制仍是难点，紫外激光存在替代传统模切可能。根据储能电气官网信息，锂离子电池隔膜 PP 膜与 PE 膜两者的熔点不同，PE 隔膜在 130°C 左右，PP 隔膜在 160°C 左右。根据英诺激光招股说明书，在薄膜非金属材料加工等领域，高能量的紫外光子直接破坏非金属材料表面的分子键，使分子脱离物体，这种方式不会产生高热量反应，因此通常被称为“冷加工”，紫外激光机在微加工领域具有不可替代的优势。我们判断，在目前仍是模切为主的隔膜切割环节，由于隔膜较低的熔点导致激光切割热影响控制仍是难点，紫外激光以“冷加工”的优势存在替代传统模切可能。

3.5 叠片工艺技术：有望带来激光切割需求增加

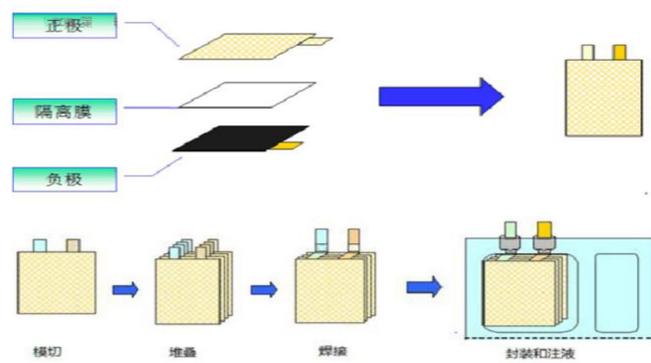
方形叠片工艺中激光极耳、极片切割需求有望增加。根据格普瑞电池官网信息，方形叠片法由于各个正负极片之间互相隔绝，所以每个极片都要安装一个极耳，然后分别焊接在一起，形成最终的正负极，但卷绕法为了减少工序，只会隔几层才安装一个极耳，总数通常只有前者的一半。基于以上情况，我们判断，叠片工艺相比卷绕工艺，极耳数量增加一倍，叠片工艺下极耳切割需求量预计上行，同时叠片工艺需要多次裁切正负极片（热复合技术工艺），极片切割需求也会有所增加。

图12 4680 极耳数量显著增加



资料来源：逸飞激光官网，海通国际

图13 方形卷绕流程图



资料来源：睿特超声官网，海通国际

4. 其他应用：激光清洗、激光打标

4.1 激光清洗：避免清洗损伤等问题，提升电池制造工艺水平

极片涂覆前激光清洗可以有效避免原湿式乙醇清洗造成的损伤；电池焊接前激光清洗采用脉冲激光使基底受热震动膨胀令污染物克服表面吸附力脱离基底达到去污的作用；电池组装过程中激光清洗可对绝缘板、端板进行激光清洗，清洁电芯表面脏污，粗化电芯表面，提高贴胶或涂胶的附着力。根据 C114 通信网官网信息：

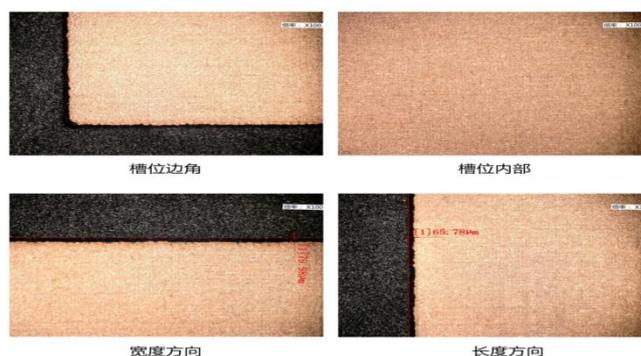
极片涂覆前：锂电池的正负极片是在金属薄带上涂覆锂电池正负极材料而成，金属薄带在涂覆电极材料时，需要对金属薄带进行清洗，金属薄带一般为铝薄或铜薄，原来的湿式乙醇清洗，容易对锂电池其他部件造成损伤。激光干式清洗机能够有效解决以上问题。

图14 激光清洗在动力电池上的应用



资料来源：水滴激光官网，海通国际

图15 激光清洗效果显微镜照片

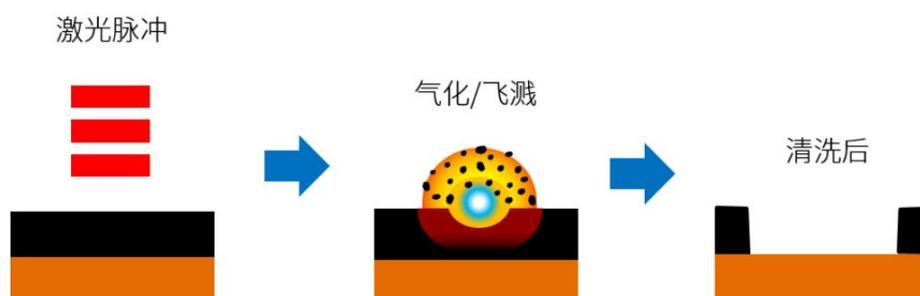


资料来源：高工锂电，海通国际

电池焊接前：根据 C114 通信网官网信息，采用脉冲激光直接辐射去污，使其表面温度升高而发生热膨胀，热膨胀使污染物或者基底振动，从而使污染物克服表面吸附力脱离基底表面从而达到去除物体表面污渍的目的。这种方式可以有效地去除电芯极柱端面的污物、粉尘等，为电池焊接提前做准备，以减少焊接的不良品。

电池组装过程中：根据 C114 通信网官网信息，为了防止锂电池发生安全事故，一般需要对锂电池电芯进行外贴胶处理，以起到绝缘的作用，防止短路的发生以及保护线路、防止刮伤。对绝缘板、端板进行激光清洗，清洁电芯表面脏污，粗化电芯表面，提高贴胶或涂胶的附着力，且清洗后不会产生有害污染物，属于环保的绿色清洗方法，这在全球高度关注环保的情况下越发显出它的重要性。

图16 激光清洗原理示意图



资料来源：高工锂电，海通国际

4.2 激光打标：为动力电池提供更高效安全的信息追踪可能

传统打标技术缺点明显。根据奇铭激光科技官网信息，传统的打标技术有几种，分别是喷墨打标、钢针雕刻打标、贴纸标识等，但这些方式都有对应的工艺缺陷，例如喷墨打标需要耗材，喷后墨水没干进行其他工序会有掉色可能等；钢针雕刻速度较慢加工效率低等，由此应运而生的新型技术便是激光打标技术。

图17 利元亨激光打标机



资料来源：利元亨官网，海通国际

安全性上均有不同程度提升。根据楚天中谷联创官网信息，为更好的把控产品品质，追溯锂电池的全程生产信息，包括原料信息、生产过程和工艺、产品批次、生产厂家及日期等，需要将关键信息存储在二维码内并在电池上进行标识。传统的油墨喷打码技术存在易摩擦，长时间容易缺失信息等问题，而激光打标具有永久性、防伪性高、精度高、耐磨性强、安全可靠等特点，可以为产品品质追踪提供最佳的解决方案。

表 12 激光打标的主要优势

	主要优势
激光打标	<p>可以大幅度降低生产成本，减少耗材，提高生产效率。</p> <p>永久性标记，防伪效果明显，激光喷码技术可以有效的防止产品标识假冒。</p> <p>增加附加值，提高产品品质及形象，提升品牌知名度。</p> <p>激光打标设备可靠，性能稳定，激光器2万小时免维护，可24小时连续工作，省电节能。</p> <p>激光打标机不会产生任何对人体和环境有害的化学物质，是环保安全的高科技产品。</p> <p>激光能以极细的光束标刻在产品材料本身，打标精度极高，控制准确无误，清晰完美诠释了标记内容，且环保安全，没有任何腐蚀性，彻底隔绝了化学污染，对于操作人员也是一种贴心的保护，保证了生产现场的干净整洁，减少了后期投入，减少了噪音污染。</p>

资料来源：创轩激光官网，海通国际

5. 优质标的：先导智能、海目星、联赢激光、赢合科技、利元亨、杰普特

5.1 激光激光打标：为动力电池提供更高效率安全的信息追踪可能

先导智能是全道整线方案供应商，具备海内外客户激光设备切入的先发优势。根据先导智能 2021 年年报信息，公司致力于成为全球领先的智能制造整体解决方案服务商，打造世界级创新型企业。提供涵盖方壳电池、圆柱电池、软包电池、固态电池等各类电池类型在内的锂电池智造整线解决方案。公司是国内装备企业中最早进行国际化布局的公司之一，目前已在美国、德国、瑞典、日韩等地设立分子公司。目前公司所产设备已远销欧洲、美国和日韩等地，将进一步规划全球化研发中心和生产制造基地，不断加强海外市场的开拓工作。我们认为，公司是全道整线方案供应商，具备海内外客户激光设备切入的先发优势。

公司在多行业拥有多种激光技术能力及锂电激光设备储备。根据先导智能 2021 年年报信息，激光精密加工装备已应用于消费电子、显示面板、半导体、汽车、锂电、光伏等行业，提供激光精密切削加工、相关联行业的测量和自动化智能车间解决方案。包括激光切割、激光焊接、激光打标、激光蚀刻、激光开孔等智能装备和整线服务。拥有激光极耳成型机及激光模切分切一体机设备储备。

图18 先导智能激光极耳成型机



资料来源：先导智能官网，海通国际

图19 先导智能激光模切分切一体机（一分四）



资料来源：先导智能官网，海通国际

5.2 海目星：极耳切绝对龙头，装配焊接段、极片切割有望突破

在技术储备上，海目星致力于提高极耳切与装配线效率，同时延伸至叠片技术，极片切割激光研究等，随着产品性能增强与类型增多，未来有望获取更多的订单红利。

1) 现有产品：公司致力提升极耳激光切与动力电池装配效率。根据公司 2020 年年报内容：①公司动力电池集群式智能装配关键技术研发项目已进入产业化实施阶段，拟将整线产能从 20PPM 提升至 50PPM 以上；同时根据高工锂电官方微信公众号的报道，公司在方形铝壳装配线上已出货最高产能设备为 56PPM，同时具高度集成性。②公司超高速极耳激光切进入产业化实施阶段，拟达到目标为开发出超高速激光切割技术，激光切割速度达到 120m/min。

2) 产品拓展：公司向叠片、激光极片切割等工艺探索、拓展，有望获取更多订单红利。根据公司 2020 年年报内容：①公司极片高速激光切裁叠关键技术研究项目的目标是将激光切割、裁切、叠片以及热复合技术进行整合，目前已进入产业

化实施阶段。同时，根据高工锂电官方微信公众号报道 2021 新能源汽车产业发展金坛长荡湖峰会（高工锂电为主办方之一）内容，在产品与创新上海目星激光积极探索叠片制程需求（MEB 平台）、切叠一体机（MEB 平台）、4680 等新产品新技术的研发及应用。如海目星切叠一体机的终极目标速度为 500-600 片/分钟，占地面积要接近现有的卷绕工艺，综合成本优于现有工艺；②公司锂电池电芯极片 200 米高速切割技术研发项目正在开发，可使激光制片速度达到 200m/min，制造成本降低约 30%，目前行业技术水平最高可达 120m/min。我们认为，随着公司产品系列的不断拓展，未来在锂电制造关键工艺中涉及的设备种类有望增加，获取更多订单红利。

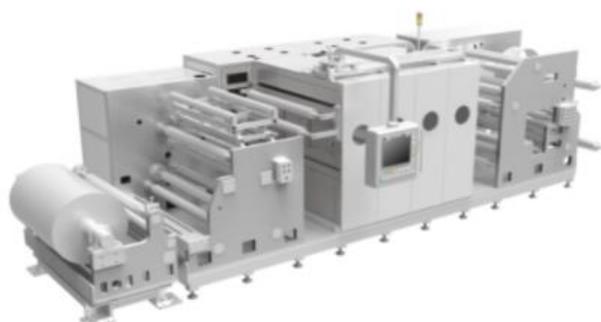
表 13 海目星锂电池领域研究项目情况

项目名称	项目目标	同行业技术水平比较
动力电池集群式智能装配关键技术研发	1.整线产能从 20PPM 提升到 50PPM 以上 2.设备成本降低 30% 3.设备体积减小，设计时间缩短，产品加工过程可视化，并减少现场安装时间	目前行业技术水平单台产能最高只能达到 20PPM，不能满足行业未来发展需求，且设备的智能化、兼容性、可维护性等与市场需求有差距，还有较大的提升空间
锂电池电芯极片激光裁切一体化关键技术研发	1.实现设备生产速度 ≥ 300 PPM，同时兼容极片长度 100-250mm（含极耳），宽度为 80-550mm 产品的加工能力 2.制造成本降低 20%，设备维护成本降低 30%以上	行业内仅有样机速度达到 240PPM，尚未大批量生产
锂电池电芯极片 200 米高速切割技术研发	激光制片速度达到 200m/min，制造成本降低约 30%	目前行业技术水平最高可达 120m/min
锂电池电芯极片一出四卧式激光切割技术研发	产能达到现有一出二的激光制片设备的两倍，制造成本降低约 30%	目前行业均为一出二的激光制片设备
锂电池电芯高速入壳预焊技术研发	1.方形铝壳装配线中的合芯工艺、包膜工艺以及入壳工艺的整合，合并为一体机 2.减少电芯物流过程中的碰撞，产能提高 3 倍，成本降低 40% 3.设备占地面积降低 30%	行业内除公司外，其他公司暂无此技术可用于产品批量生产

资料来源：海目星《2020 年年度报告》、招股说明书，海通国际

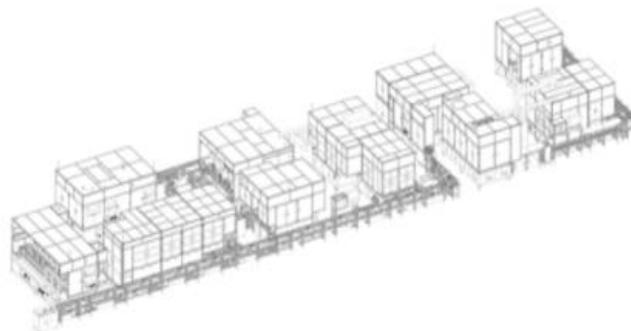
海目星积累大量优质客户，极片激光切割设备成熟后有望快速切入。根据公司《2021 年年度报告》，在动力电池领域，公司作为国内重要的动力电池设备供应商，自成立以来就定位于服务下游各应用场景的龙头企业，专注于优势产品的推广，并不断巩固产品领先性。经过不懈努力，公司客户包括宁德时代、特斯拉、中创新航、蜂巢能源、力神、长城汽车、瑞浦能源、亿纬锂能、欣旺达等国内、国际主流动力电池企业保持着良好的合作关系，在动力电池设备行业积累了丰富的经验。我们认为，公司积累了大量国内外优质客户，在极片激光切割设备成熟后有望快速切入。

图 20 海目星高速激光制片机（卧式）



资料来源：海目星官网，海通国际

图 21 海目星全自动方形铝壳电池装配线



资料来源：海目星官网，海通国际

5.3 联赢激光：专注动力电池焊接领域，拥有强激光焊接技术壁垒

联赢激光专注动力电池焊接领域，行业龙头客户对其产品技术高度认可。根据联赢激光《2021年年度报告》，公司是国内领先的精密激光焊接设备及自动化解决方案供应商，专业从事精密激光焊接机及激光焊接自动化成套设备的研发、生产、销售。公司在对激光焊接质量要求极高的动力电池领域的市场地位尤为突出，根据高工产研锂电研究所（GGII）统计的2021年动力电池装机量前十名企业均采用过公司的产品与服务，体现了行业龙头客户对公司产品及技术的高度认可。

联赢激光拥有强激光焊接领域研发及技术优势。根据联赢激光《2021年年度报告》优势主要体现在两方面：①技术研发优势：公司副董事长、研发负责人牛增强博士长期从事各种激光电源及控制系统的研究工作，拥有深厚的学术背景及研发经验。公司先后与深圳大学、华南师范大学、香港理工大学、华南理工大学等、华中科技大学、哈尔滨工业大学、中科院半导体研究所等高校及研究所合作进行技术研发。在激光器、自动化控制、焊接工艺等领域研发成果颇丰，截至2021年12月31日，公司已经获得专利208项，其中发明专利20项，另外还拥有软件著作权193项；②解决问题能力：对于各种焊接材料如：钢铁、不锈钢、铜、铝、锡、金、银、塑料等均有系统的工艺数据积累，且长期的客户服务使公司对下游客户所处行业有着较为深刻的理解，可以快速专业地为客户提供定制化的行业解决方案。

表 14 联赢激光拥有 8 大领先激光设计及自动化技术

核心技术	简介	公司核心技术所处位置
激光能量控制技术	通过各种实时能量负反馈控制，保证激光输出的能量长期具有良好的重复性，有效减少焊接不良率，提高焊接质量。通过能量负反馈控制技术也可以实现激光输出功率的任意波形控制，进行更加精准的焊接过程控制。通过数字激光能量校准技术，可以实现输出激光能量与设定激光能量一致。	国际领先
多波长激光同轴复合焊接技术	国内领先、国际先进的激光同轴复合焊接技术。在国内首先采用两种不同波长的光纤激光器和半导体激光器组合的同轴复合激光焊接机，实现两种激光器的优势叠加，满足不同客户的各种需求，有效减少铜铝等难焊材料的焊接缺陷，增加良品率。	国内领先/国际先进
蓝光激光器焊接技术	由于铜合金对蓝光的吸收率比传统激光提高3至10倍，因此对焊接飞溅有很好的抑制能力，可以广泛应用于动力电池、消费电子、马达和变压器等的焊接，获得优质的焊接效果。	国内领先/国际先进
实时图像处理技术	通过运用3D检测技术，实现自动焊接跟踪和焊前焊后检测。	国内领先/国际先进
智能产线信息化管理和工业云平台技术	将互联网技术应用于工业产线设备，通过智能云服务，实现工业生产智能化控制。	国内领先/国际先进
激光焊接加工工艺技术	先后实验设计优化了1300多类部件的激光焊接工艺，积累了同种金属、异种金属、塑料、玻璃等多个材料领域的焊接经验，并形成了激光摆动（Wobble）焊接技术、高频脉冲焊接技术（MOPA）、平顶光束（光束整形）焊接技术、激光多波长同轴复合焊接技术、激光送丝钎焊技术、激光飞行焊接技术、激光同步焊接技术、激光锡焊等多项激光焊接工艺专利技术。	国内领先/国际先进
自动化系统设计技术	先后完成交付600多种非标定制自动化激光焊接系统，满足了1300多种类的部件的焊接要求。产品行业涵盖动力电池、光通讯、计算机、家用电器、太阳能、汽车配件、厨卫五金、仪器仪表、医疗器件、眼镜及航空航天等28个激光加工领域。	国内领先/国际先进
激光光学系统开发技术	公司一直自主研发激光焊接头等外围光学系统，激光焊接头的适用功率从5W覆盖到6000W量级，波长从紫外266nm覆盖到2000nm，并且成功开发了国内第一款多波长同轴复合焊接头，适用功率可以达到单波长6000W的水平。	国内先进

资料来源：公司《2021年年度报告》，海通国际

5.4 联赢激光：专注动力电池焊接领域，拥有强激光焊接技术壁垒

赢合科技聚焦核心锂电中道设备，已获得国内外一线客户的认可。根据公司2021年年度报告，公司锂电池自动化装备广泛应用于锂电池生产的前中段主要工序。通过持续研发和创新，公司的涂布机、辊压机、分切机、制片机、卷绕机、叠片机、组装线等系列核心设备的技术性能行业领先，已获得国内外一线客户的认可。在2021年度，公司收获了来自宁德时代、比亚迪、蜂巢能源、亿纬锂能、欣旺达、珠海冠宇、LG能源、ACC、宝马等国内外一线客户的锂电设备订单。

赢合科技拥有激光模切机等产品储备，推出一出六激光模切一体机。根据公司2021年年度报告，激光模切机等产品的效率和性能均达到行业领先水平，并在此基础上成功推出了涂布辊压分条一体机、激光模切卷绕一体机、激光模切叠片一体机等产品。公司在2021年推出的一出六激光模切分切一体机设备，可适应150mm-800mm极片宽度，稳定运行线速度达80m/min，激光切割毛刺和极片分切毛刺均得到较大改善，远优于同行一出二或一出四设备，设备集成化程度高，减少了工序的流转，间接提高了客户材料的利用率。

图22 赢合科技激光极耳成型机



资料来源：赢合科技官网，海通国际

图23 赢合科技激光动力卷绕一体机



资料来源：赢合科技官网，海通国际

表 15 赢合科技激光切割较传统模切优势明显

主要研发项目名称	项目目的	项目进展	拟达到的目标
激光裁切一体机	弥补传统锂电池极耳成型及传统五金模切机的应用缺陷，进一步提升公司激光切设备的产品领先性	进行中	效率最大可达 260m/min、切割精度 $< \pm 0.2\text{mm}$
一出六激光模切分切一体机	破传统的一出一与一出二等模式，进一步提升公司激光切设备的产品领先性	已完成	生产速度可达到 80m/min~120m/min，设备优率 $\geq 99.5\%$ ，CPK: 1.33，切割毛刺 $\leq 6\mu\text{m}$ ，达到国内全自动化领先水平
高速激光极耳成型机	进一步提升公司激光切设备的产品领先性	已完成	研制最高效率可达 120m/min 的样机，实现切割毛刺 $\leq 7\mu\text{m}$ ，热影响区域 $\leq 30\mu\text{m}$ 。

资料来源：赢合科技《2021年年度报告》，海通国际

5.5 利元亨：拥有激光模切机等产品储备，已获得国内外一线客户认可

利元亨重视激光技术的研发，不断增加激光技术的应用场景。根据利元亨《2021年年度报告》，公司是国内锂电池制造装备行业领先企业之一，已与新能源科技、宁德时代、比亚迪、蜂巢能源、欣旺达等知名厂商建立了长期稳定的合作关系，并积极布局海外业务，获得包括北美、德国和韩国等国外一线客户的锂电设备订单。且持续研发激光控制、激光焊接、激光切割、激光清洗技术，增加激光技术应用场景，而且“锂电池激光焊接关键技术研究及产业化应用”经广东省机械工程学会鉴定为“国际先进水平”。

表 16 利元亨在研项目情况

项目名称	进展或阶段性成果	拟达到目标	技术水平	具体应用前景
激光实验室项目	中试阶段	①本项目主要研究激光切割、激光焊接、激光打标、钻孔、清洗及视觉检测等技术；②可应用于新能源领域、汽车部品领域、精密电子领域等；③进行高速运动控制技术、视觉监控检测技术、焊缝跟踪技术等前瞻性预研。	①在激光焊接方面，研发多功能焊接平台，实现多功能焊接，适用范围更广；②对于正极极片和负极极片的激光清洗相较于行业有较大的性能优势，尤其是在清洗效率和清洗效果上优势明显，其中，负极极片清洗效率 $\leq 1.101s$ ，残留粒径 $\leq 0.035mm$ ；正极极片：残留粒径 $< 0.04mm$ 。	可以广泛应用于动力电池制片、装配、模组 pack 的智能制造产线和消费电池智能制造产线。
激光模切分条一体机	初样设计阶段	①模长： $< 3000mm \pm 1.5mm$ 3000 ~ 6000mm $\pm 2mm$ 6000 ~ 12000mm $\pm 3mm$ ②②纵向毛刺： $< 15\mu m$ （以集流体为基准）；③热影响： $< 70\mu m$ ；④切割速度：70m/min。	①超宽极片模长兼容（ $< 12000mm$ ），实现从消费锂电到动力锂电的跨领域变革；②沉降式废料收集专利技术，从根源上突破除尘难题；优化控制算法，支持各种形状尺寸的极耳高速高精度切割；③行业先进复合切割腔体成型技术，突破“背板切工工艺粉尘堆积和悬空切的极片抖动”顽疾。	随着新能源行业的迅速发展，锂电池厂商迫切需要加快技术和设备的升级，高性能激光切割设备必将成为锂电池制造设备厂商的急需产品，具有广阔的市场前景。
基于激光工艺的产品装配技术研究	初样设计阶段	①PPM： $\geq 44PPM$ ；②优率：99.8%；③顶盖焊接速度： $\geq 310mm/s$ ；④动力电池切割速度： $> 1.5m/s$ ；⑤热影响区： $\leq 100\mu m$ ；⑥毛刺： $\leq 30\mu m$ ；⑦激光器功率： $\geq 3000W$ ，调制频率 0-10KHz，最高重复频率 6MHz。	①研发出高速振镜系统，有效打标速度可达 9000mm/s，以及研发出 3D 振镜飞行焊接系统，打标速度可达 20000mm/s 且幅面均匀（ $46\mu m$ ）；②建立 10 万级室内洁净度的激光器工程研究实验室并搭建激光器工作站，为激光器的研发创造更加严格的实验环境以及更好的实验条件，使得对于激光器的研发，能够提高功率稳定性以及激光工艺处理效果。	激光应用领域广泛，包括激光焊接、激光打标、激光切割、激光清洗等，可应用于新能源领域、汽车部品领域、安防领域等，具有广泛的市场前景

资料来源：公司《2021 年年度报告》，海通国际

利元亨重视激光技术的研发，不断增加激光技术的应用场景。根据利元亨《2021 年年度报告》，公司是国内锂电池制造装备行业领先企业之一，已与新能源科技、宁德时代、比亚迪、蜂巢能源、欣旺达等知名厂商建立了长期稳定的合作关系，并积极布局海外业务，获得包括北美、德国和韩国等国外一线客户的锂电设备订单。且持续研发激光控制、激光焊接、激光切割、激光清洗技术，增加激光技术应用场景，而且“锂电池激光焊接关键技术研究及产业化应用”经广东省机械工程学会鉴定为“国际先进水平”

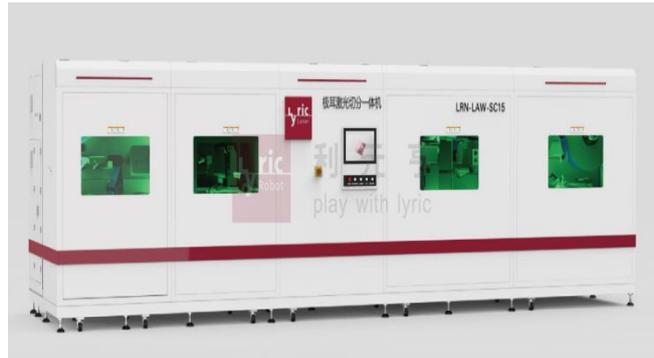
利元亨在激光切割中拥有激光模切分条一体机、激光极耳分切一体机等产品储备。根据公司官网，公司拥有激光模切分条一体机、激光极耳分切一体机等激光产品储备，激光极耳分切一体机已达到 120m/min 生产速度，切割毛刺最大 7 μm 。激光模切分条一体机已达到 12000mm 超宽兼容， $\pm 1.5mm$ 精度，热影响区小于 70 μm ，纵向毛刺小于 15 μm 。

图24 激光模切分条一体机



资料来源：利元亨官网，海通国际

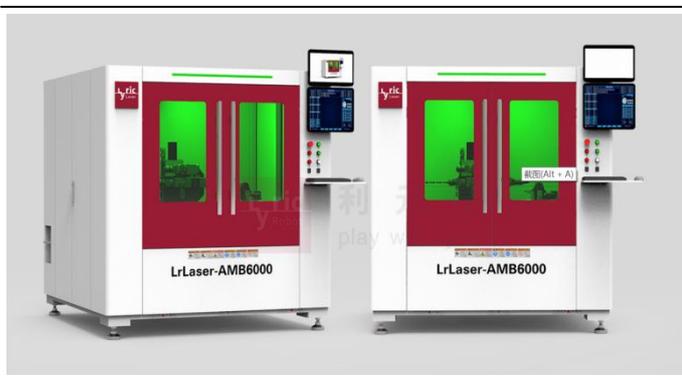
图25 激光极耳分切一体机



资料来源：利元亨官网，海通国际

在激光焊接中拥有圆柱电池焊接机，刀片电池焊接机等激光焊接设备储备。根据公司官网信息，刀片电池焊接机使用公司自主研发的 POS 激光焊接技术，以及三维激光数控运动控制技术，结合可调节环形光斑模式激光器输出光斑，最大有效焊接速度可达 300mm/s。帮助锂电池企业提升产品性能和降低成本。圆柱电池焊接机可实现圆柱电池顶盖封口焊接、电池极耳焊接、圆柱电池侧缝焊接等焊接工艺环节。

图26 刀片电池焊接机



资料来源：利元亨官网，海通国际

图27 圆柱电池焊接机



资料来源：利元亨官网，海通国际

5.6 杰普特：MOPA 激光器领域国产龙头，已实现极片无毛刺切割效果

杰普特是中国首家商业化批量生产 MOPA 脉冲光纤激光器的厂商。根据公司《2021 年年度报告》，经过十余年的科研积累和业务发展，公司搭建了国际化的研发营销平台，积累了丰富的专利技术、研发经验和客户资源，赢得了一定的市场占有率和品牌知名度，成为中国首家商业化批量生产 MOPA 脉冲光纤激光器的厂商。

MOPA 激光器优势明显，公司产品已适用于电芯制造极片。根据高工锂电官网信息，公司 MOPA 脉冲光纤激光器产品具有脉宽可调、频率范围广、响应速度快、首脉冲可用、全温度范围内输出功率波动小、体积小、噪声低等特点。产品脉冲频率和脉冲宽度独立可控，通过两项激光参数调整搭配，可实现恒定的高峰值功率输出。在动力电池领域，杰普特通过配套赢合科技、大族激光、联赢激光、光大激光等知名激光装备制造制造商，已成功进入到动力电池头部企业供应链中。2021 年荣获在国家级专精特新“小巨人”企业称号，紧跟客户需求，为新能源领域研发出适用于动

力电池电芯制造的极片切割的 MOPA 脉冲激光器。根据公司《关于收到供应商定点通知的公告》，2022 年 3 月 22 日，公司被选定为宁德时代的供应商，为宁德时代提供 MOPA 脉冲光纤激光器，应用于动力电池电芯制造的极片切割工序。

图28 杰普特 M8 系列激光器 (MOPA)



资料来源：杰普特官网，海通国际

图29 杰普特 M7 系列激光器 (MOPA)



资料来源：杰普特官网，海通国际

6. 风险提示：新技术推动不及预期、行业竞争加剧等

1) 下游电池扩产项目进程不及预期：电池厂商可能会因上游原材料供给紧缺、下游新能源需求不确定而对电池扩产项目的投资进程。如果项目进程放缓，对公司的业绩弹性会产生一定的影响。

2) 新技术推动不及预期：假如 4680 等新技术节奏推动比预期慢，或者技术发展路线变化，则对锂电设备公司有一定的风险。

3) 设备投资额下降过快：电池产线因效率提升或变革性技术等使得单位 GWH 设备投资额大幅下降，则对公司收入与利润会造成较大影响。

4) 新冠疫情不受控制导致电池厂投资延后：如果疫情再次爆发不受控制，则整个锂电设备投资情况有可能相比本文测算更延后。

5) 新能源汽车政策效果不及预期：新能源汽车目前处于从政策驱动向市场驱动的关键阶段，如果政策执行效果不及预期，则新能源汽车销量、动力电池与锂电设备需求会受到影响。

6) 行业竞争加剧：如果行业竞争加剧，即别家设备厂商凭借技术实力或者低价竞争等手段获取公司客户订单，会影响公司的竞争力与获单能力，从而影响公司收入与利润。

7) 回款风险：如果下游电池厂盈利能力下行、行业竞争加剧，设备厂商可能在回款上需要让步，应收账款周转变差、坏账风险增加。

APPENDIX 1

Summary

Laser technology has been widely used in all aspects of lithium battery manufacturing, with obvious advantages. Laser technology has the characteristics of high efficiency, precision, flexibility, reliability, and stability, low welding material loss, high degree of automation and safety and is fully used in lithium battery cutting, cleaning, welding, coding, and other processes. Laser cutting and welding have become the main laser processes in the current power battery manufacturing, with obvious advantages over traditional techniques.

Laser welding: the current value is about RMB 10-30 million/GWh, speculated that the amount of laser welding is expected to continue to increase with the promotion of new battery technologies such as large cylinders and the improvement of manufacturing processes. Laser welding has the advantages of high precision, high efficiency, and application of various materials in the production of lithium batteries. Currently, it is mainly used in manufacturing intermediate cells and battery PACK technology. The current value of laser welding is about RMB 10-30 million/GWh.

We predict that the amount of laser welding in lithium battery manufacturing is expected to rise. The primary increments come from: 1) New battery technology: Taking the 4680 cylindrical battery as an example, it has higher requirements for the laser process. Compared with the prismatic cell and the small cylindrical cell, the number of welding equipment required in the welding process has increased; 2) The penetration rate of laser welding in the battery manufacturing process is improved: Laser welding can solve the problem of dissimilar metal welding. For example, the busbar welding in the battery pack can be replaced by laser welding.

Laser cutting: The application of laser cutting in pole piece cutting begins to accelerate, and the cutting volume of lugs/pole pieces is expected to increase under lamination technology. Laser cutting can be used in lug cutting and forming, pole piece slitting, and battery diaphragm slitting in the manufacturing process of lithium batteries. Compared with die-cutting, laser cutting has the advantages of higher accuracy and lower operating costs, which helps to improve battery production efficiency and reduce costs. The efficiency of traditional die-cutting has become a bottleneck for improving the efficiency of lithium battery production lines, and the application of laser cutting is expected to increase. The primary increment comes from:

- 1) Laser cutting replaces traditional die-cutting: MOPA laser has both cost and performance advantages and is expected to replace the conventional pole piece die-cutting process gradually.
- 2) The lamination technology leads to an increase in the amount of laser cutting: Compared with the winding process, the number of tabs under the lamination technology route increases, and the cutting amount of positive and negative plates (thermal composite lamination technology) increases, increasing the amount of laser cutting.

Top picks: Wuxi Lead Intelligence Equipment, Shenzhen Hymson Laser Intelligent Equipments, United Winners Laser, Shenzhen Yinghe Technology, Guangdong Lyric Robot Automation, Shenzhen JPT Opto-Electronics

Risks: Subpar downstream battery expansion project; Subpar new technology promotion and uncertainty risks; Falling equipment investment, Delayed battery factories investment caused by Covid-19; Subpar new energy policy; Intensified industry competition; Repayment risk.

附录 APPENDIX

重要信息披露

本研究报告由海通国际分销，海通国际是由海通国际研究有限公司(HTIRL)，Haitong Securities India Private Limited (HSIPL)，Haitong International Japan K.K. (HTIJKK)和海通国际证券有限公司(HTISCL)的证券研究团队所组成的全球品牌，海通国际证券集团(HTISG)各成员分别在其许可的司法管辖区内从事证券活动。

IMPORTANT DISCLOSURES

This research report is distributed by Haitong International, a global brand name for the equity research teams of Haitong International Research Limited ("HTIRL"), Haitong Securities India Private Limited ("HSIPL"), Haitong International Japan K.K. ("HTIJKK"), Haitong International Securities Company Limited ("HTISCL"), and any other members within the Haitong International Securities Group of Companies ("HTISG"), each authorized to engage in securities activities in its respective jurisdiction.

HTIRL 分析师认证 Analyst Certification:

我，余炜超，在此保证 (i) 本研究报告中的意见准确反映了我们对本研究中提及的任何或所有目标公司或上市公司的个人观点，并且 (ii) 我的报酬中没有任何部分与本研究报告中表达的具体建议或观点直接或间接相关；及就此报告中所讨论目标公司的证券，我们（包括我们的家属）在其中均不持有任何财务利益。I, Weichao She, certify that (i) the views expressed in this research report accurately reflect my personal views about any or all of the subject companies or issuers referred to in this research and (ii) no part of my compensation was, is or will be directly or indirectly related to the specific recommendations or views expressed in this research report; and that I (including members of my household) have no financial interest in the security or securities of the subject companies discussed.

利益冲突披露 Conflict of Interest Disclosures

海通国际及其某些关联公司可从事投资银行业务和/或对本研究中的特定股票或公司进行做市或持有自营头寸。就本研究报告而言，以下是有关该等关系的披露事项（以下披露不能保证及时无遗漏，如需了解及时全面信息，请发邮件至 ERD-Disclosure@htisec.com）

HTI and some of its affiliates may engage in investment banking and / or serve as a market maker or hold proprietary trading positions of certain stocks or companies in this research report. As far as this research report is concerned, the following are the disclosure matters related to such relationship (As the following disclosure does not ensure timeliness and completeness, please send an email to ERD-Disclosure@htisec.com if timely and comprehensive information is needed).

海通证券股份有限公司和/或其子公司（统称“海通”）在过去 12 个月内参与了 600031.CH 的投资银行项目。投资银行项目包括：1、海通担任上市前辅导机构、保荐人或主承销商的首次公开发行项目；2、海通作为保荐人、主承销商或财务顾问的股权或债务再融资项目；3、海通作为主经纪商的新三板上市、目标配售和并购项目。

Haitong Securities Co., Ltd. and/or its subsidiaries (collectively, the "Haitong") have a role in investment banking projects of 600031.CH within the past 12 months. The investment banking projects include 1. IPO projects in which Haitong acted as pre-listing tutor, sponsor, or lead-underwriter; 2. equity or debt refinancing projects of 600031.CH for which Haitong acted as sponsor, lead-underwriter or financial advisor; 3. listing by introduction in the new three board, target placement, M&A projects in which Haitong acted as lead-brokerage firm.

600031.CH 目前或过去 12 个月内是海通的投资银行业务客户。

600031.CH is/was an investment bank clients of Haitong currently or within the past 12 months.

广州锐弘机电设备有限公司目前或过去 12 个月内是海通的客户。海通向客户提供非证券业务服务。

广州锐弘机电设备有限公司 is/was a client of Haitong currently or within the past 12 months. The client has been provided for non-securities services.

海通在过去的 12 个月中从广州锐弘机电设备有限公司获得除投资银行服务以外之产品或服务的报酬。

Haitong has received compensation in the past 12 months for products or services other than investment banking from 广州锐弘机电设备有限公司.

海通担任 000338.CH 有关证券的做市商或流动性提供者。

Haitong acts as a market maker or liquidity provider in the securities of 000338.CH.

评级定义 (从 2020 年 7 月 1 日开始执行):

海通国际 (以下简称“HTI”) 采用相对评级系统来为投资者推荐我们覆盖的公司: 优于大市、中性或弱于大市。投资者应仔细阅读 HTI 的评级定义。并且 HTI 发布分析师观点的完整信息, 投资者应仔细阅读全文而非仅看评级。在任何情况下, 分析师的评级和研究都不能作为投资建议。投资者的买卖股票的决策应基于各自情况 (比如投资者的现有持仓) 以及其他因素。

分析师股票评级

优于大市, 未来 12-18 个月内预期相对基准指数涨幅在 10%以上, 基准定义如下

中性, 未来 12-18 个月内预期相对基准指数变化不大, 基准定义如下。根据 FINRA/NYSE 的评级分布规则, 我们会将中性评级划入持有这一类别。

弱于大市, 未来 12-18 个月内预期相对基准指数跌幅在 10%以上, 基准定义如下

各地股票基准指数: 日本 – TOPIX, 韩国 – KOSPI, 台湾 – TAIEX, 印度 – Nifty100, 美国 – SP500; 其他所有中国概念股 – MSCI China.

Ratings Definitions (from 1 Jul 2020):

Haitong International uses a relative rating system using Outperform, Neutral, or Underperform for recommending the stocks we cover to investors. Investors should carefully read the definitions of all ratings used in Haitong International Research. In addition, since Haitong International Research contains more complete information concerning the analyst's views, investors should carefully read Haitong International Research, in its entirety, and not infer the contents from the rating alone. In any case, ratings (or research) should not be used or relied upon as investment advice. An investor's decision to buy or sell a stock should depend on individual circumstances (such as the investor's existing holdings) and other considerations.

Analyst Stock Ratings

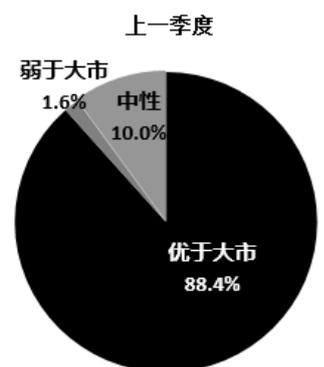
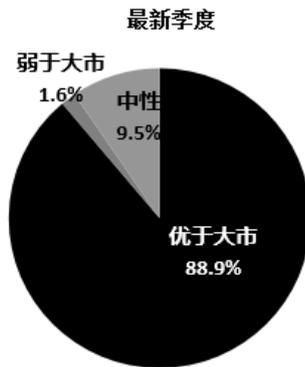
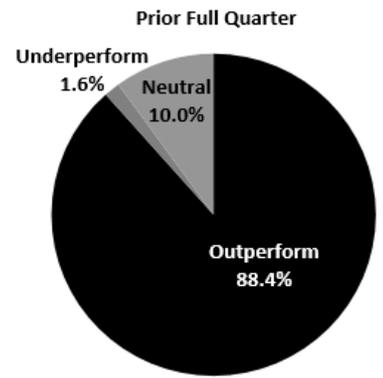
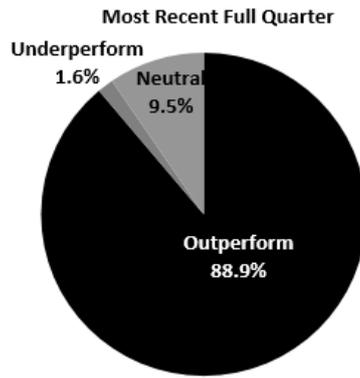
Outperform: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to exceed the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below.

Neutral: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to be in line with the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below. For purposes only of FINRA/NYSE ratings distribution rules, our Neutral rating falls into a hold rating category.

Underperform: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to be below the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below.

Benchmarks for each stock's listed region are as follows: Japan – TOPIX, Korea – KOSPI, Taiwan – TAIEX, India – Nifty100, US – SP500; for all other China-concept stocks – MSCI China.

评级分布 Rating Distribution



截至 2022 年 3 月 31 日海通国际股票研究评级分布

	优于大市	中性 (持有)	弱于大市
海通国际股票研究覆盖率	88.9%	9.5%	1.6%
投资银行客户*	6.8%	5.8%	0.0%

*在每个评级类别里投资银行客户所占的百分比。

上述分布中的买入, 中性和卖出分别对应我们当前优于大市, 中性和落后大市评级。

只有根据 FINRA/NYSE 的评级分布规则, 我们才将中性评级划入持有这一类别。请注意在上表中不包含非评级的股票。

此前的评级系统定义 (直至 2020 年 6 月 30 日):

买入, 未来 12-18 个月内预期相对基准指数涨幅在 10%以上, 基准定义如下

中性, 未来 12-18 个月内预期相对基准指数变化不大, 基准定义如下。根据 FINRA/NYSE 的评级分布规则, 我们会将中性评级划入持有这一类别。

卖出, 未来 12-18 个月内预期相对基准指数跌幅在 10%以上, 基准定义如下

各地股票基准指数：日本 – TOPIX, 韩国 – KOSPI, 台湾 – TAIEX, 印度 – Nifty100; 其他所有中国概念股 – MSCI China.

Haitong International Equity Research Ratings Distribution, as of Mar 31, 2022

	Outperform	Neutral (hold)	Underperform
HTI Equity Research Coverage	88.9%	9.5%	1.6%
IB clients*	6.8%	5.8%	0.0%

*Percentage of investment banking clients in each rating category.

BUY, Neutral, and SELL in the above distribution correspond to our current ratings of Outperform, Neutral, and Underperform.

For purposes only of FINRA/NYSE ratings distribution rules, our Neutral rating falls into a hold rating category. Please note that stocks with an NR designation are not included in the table above.

Previous rating system definitions (until 30 Jun 2020):

BUY: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to exceed the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below.

NEUTRAL: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to be in line with the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below. For purposes only of FINRA/NYSE ratings distribution rules, our Neutral rating falls into a hold rating category.

SELL: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to be below the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below.

Benchmarks for each stock's listed region are as follows: Japan – TOPIX, Korea – KOSPI, Taiwan – TAIEX, India – Nifty100; for all other China-concept stocks – MSCI China.

海通国际非评级研究: 海通国际发布计量、筛选或短篇报告，并在报告中根据估值和其他指标对股票进行排名，或者基于可能的估值倍数提出建议价格。这种排名或建议价格并非为了进行股票评级、提出目标价格或进行基本面估值，而仅供参考使用。

Haitong International Non-Rated Research: Haitong International publishes quantitative, screening or short reports which may rank stocks according to valuation and other metrics or may suggest prices based on possible valuation multiples. Such rankings or suggested prices do not purport to be stock ratings or target prices or fundamental values and are for information only.

海通国际 A 股覆盖: 海通国际可能会就沪港通及深港通的中国 A 股进行覆盖及评级。海通证券 (600837.CH)，海通国际于上海的母公司，也会于中国发布中国 A 股的研究报告。但是，海通国际使用与海通证券不同的评级系统，所以海通国际与海通证券的中国 A 股评级可能有所不同。

Haitong International Coverage of A-Shares: Haitong International may cover and rate A-Shares that are subject to the Hong Kong Stock Connect scheme with Shanghai and Shenzhen. Haitong Securities (HS; 600837 CH), the ultimate parent company of HTISG based in Shanghai, covers and publishes research on these same A-Shares for distribution in mainland China. However, the rating system employed by HS differs from that used by HTI and as a result there may be a difference in the HTI and HS ratings for the same A-share stocks.

海通国际优质 100 A 股 (Q100) 指数: 海通国际 Q100 指数是一个包括 100 支由海通证券覆盖的优质中国 A 股的计量产品。这些股票是通过基于质量的筛选过程，并结合对海通证券 A 股团队自下而上的研究。海通国际每季对 Q100 指数成分作出复审。

Haitong International Quality 100 A-share (Q100) Index: HTI's Q100 Index is a quant product that consists of 100 of the highest-quality A-shares under coverage at HS in Shanghai. These stocks are carefully selected through a quality-based screening process in combination with a review of the HS A-share team's bottom-up research. The Q100 constituent companies are reviewed quarterly.

MSCI ESG 评级免责声明条款: 尽管海通国际的信息供货商 (包括但不限于 MSCI ESG Research LLC 及其附属公司 (「ESG 方」)) 从其认为可靠的来源获取信息 (「信息」), ESG 方均不承担或保证此任何数据的原创性、准确性和/或完整性, 并明确表示不作出任何明示或默示的担保, 包括可商售性和针对特定目的的适用性。该信息只能供阁下内部使用, 不得以任何形式复制或重新传播, 并不得用作任何金融工具、产品或指数的基础或组成部分。此外, 信息本质上不能用于判断购买或出售何种证券, 或何时购买或出售该证券。即使已被告知可能造成的损害, ESG 方均不承担与此任何资料有关的任何错误或遗漏所引起的任何责任, 也不对任何直接、间接、特殊、惩罚性、附带性或任何其他损害赔偿 (包括利润损失) 承担任何责任。

MSCI ESG Disclaimer: Although Haitong International's information providers, including without limitation, MSCI ESG Research LLC and its affiliates (the "ESG Parties"), obtain information (the "Information") from sources they consider reliable, none of the ESG Parties warrants or guarantees the originality, accuracy and/or completeness, of any data herein and expressly disclaim all express or implied warranties, including those of merchantability and fitness for a particular purpose. The Information may only be used for your internal use, may not be reproduced or disseminated in any form and may not be used as a basis for, or a component of, any financial instruments or products or indices. Further, none of the Information can in and of itself be used to determine which securities to buy or sell or when to buy or sell them. None of the ESG Parties shall have any liability for any errors or omissions in connection with any data herein, or any liability for any direct, indirect, special, punitive, consequential or any other damages (including lost profits) even if notified of the possibility of such damages.

盟浪义利 (FIN-ESG) 数据通免责声明条款: 在使用盟浪义利 (FIN-ESG) 数据之前, 请务必仔细阅读本条款并同意本声明:

第一条 义利 (FIN-ESG) 数据系由盟浪可持续数字科技有限责任公司 (以下简称“本公司”) 基于合法取得的公开信息评估而成, 本公司对信息的准确性及完整性不作任何保证。对公司的评估结果仅供参考, 并不构成对任何个人或机构投资建议, 也不能作为任何个人或机构购买、出售或持有相关金融产品的依据。本公司不对任何个人或机构投资者因使用本数据表述的评估结果造成的任何直接或间接损失负责。

第二条 盟浪并不因此收到此评估数据而将收件人视为客户, 收件人使用此数据时应根据自身实际情况作出自我独立判断。本数据所载内容反映的是盟浪在最初发布本数据日期当日的判断, 盟浪有权在不发出通知的情况下更新、修订与发出其他与本数据所载内容不一致或有不同结论的数据。除非另行说明, 本数据 (如财务业绩数据等) 仅代表过往表现, 过往的业绩表现不作为日后回报的预测。

第三条 本数据版权归本公司

改、复制、编译、汇编、再次编辑、改编、删减、缩写、节选、发行、出租、展览、表演、放映、广播、信息网络传播、摄制、增加图标及说明等, 否则因此给盟浪或其他第三方造成损失的, 由用户承担相应的赔偿责任, 盟浪不承担责任。

第四条 如本免责声明未约定，而盟浪网站平台载明的其他协议内容（如《盟浪网站用户注册协议》《盟浪网用户服务（含认证）协议》《盟浪网隐私政策》等）有约定的，则按其他协议的约定执行；若本免责声明与其他协议约定存在冲突或不一致的，则以本免责声明约定为准。

SusallWave FIN-ESG Data Service Disclaimer: Please read these terms and conditions below carefully and confirm your agreement and acceptance with these terms before using SusallWave FIN-ESG Data Service.

1. FIN-ESG Data is produced by SusallWave Digital Technology Co., Ltd. (In short, SusallWave)'s assessment based on legal publicly accessible information. SusallWave shall not be responsible for any accuracy and completeness of the information. The assessment result is for reference only. It is not for any investment advice for any individual or institution and not for basis of purchasing, selling or holding any relative financial products. We will not be liable for any direct or indirect loss of any individual or institution as a result of using SusallWave FIN-ESG Data.
2. SusallWave do not consider recipients as customers for receiving these data. When using the data, recipients shall make your own independent judgment according to your practical individual status. The contents of the data reflect the judgment of us only on the release day. We have right to update and amend the data and release other data that contains inconsistent contents or different conclusions without notification. Unless expressly stated, the data (e.g., financial performance data) represents past performance only and the past performance cannot be viewed as the prediction of future return.
3. The copyright of this data belongs to SusallWave, and we reserve all rights in accordance with the law. Without the prior written permission of our company, none of individual or institution can use these data for any profitable purpose. Besides, none of individual or institution can take actions such as amendment, replication, translation, compilation, re-editing, adaption, deletion, abbreviation, excerpts, issuance, rent, exhibition, performance, projection, broadcast, information network transmission, shooting, adding icons and instructions. If any loss of SusallWave or any third-party is caused by those actions, users shall bear the corresponding compensation liability. SusallWave shall not be responsible for any loss.
4. If any term is not contained in this disclaimer but written in other agreements on our website (e.g. *User Registration Protocol of SusallWave Website*, *User Service (including authentication) Agreement of SusallWave Website*, *Privacy Policy of Susallwave Website*), it should be executed according to other agreements. If there is any difference between this disclaimer and other agreements, this disclaimer shall be applied.

重要免责声明:

非印度证券的研究报告: 本报告由海通国际证券集团有限公司 (“HTISGL”) 的全资附属公司海通国际研究有限公司 (“HTIRL”) 发行，该公司是根据香港证券及期货条例 (第 571 章) 持有第 4 类受规管活动 (就证券提供意见) 的持牌法团。该研究报告在 HTISGL 的全资附属公司 Haitong International (Japan) K.K. (“HTIJKK”) 的协助下发行，HTIJKK 是由日本关东财务局监管为投资顾问。

印度证券的研究报告: 本报告由从事证券交易、投资银行及证券分析及受 Securities and Exchange Board of India (“SEBI”) 监管的 Haitong Securities India Private Limited (“HSIPL”) 所发行，包括制作及发布涵盖 BSE Limited (“BSE”) 和 National Stock Exchange of India Limited (“NSE”) 上市公司 (统称为「印度交易所」) 的研究报告。HSIPL 于 2016 年 12 月 22 日被收购并成为海通国际证券集团有限公司 (“HTISG”) 的一部分。

所有研究报告均以海通国际为名作为全球品牌，经许可由海通国际证券股份有限公司及/或海通国际证券集团的其他成员在其司法管辖区发布。

本文件所载信息和观点已被编译或源自可靠来源，但 HTIRL、HTISGL 或任何其他属于海通国际证券集团有限公司 (“HTISG”) 的成员对其准确性、完整性和正确性不做任何明示或暗示的声明或保证。本文件中所有观点均截至本报告日期，如有更改，恕不另行通知。本文件仅供参考使用。文件中提及的任何公司或其股票的说明并非意图展示完整的内容，本文件并非/不应被解释为对证券买卖的明示或暗示地出价或征价。在某些司法管辖区，本文件中提及的证券可能无法进行买卖。如果投资产品以投资者本国货币以外的币种进行计价，则汇率变化可能会对投资产生不利影响。过去的表现并不一定代表将来的结果。某些特定交易，包括设计金融衍生工具的，有产生重大风险的可能性，因此并不适合所有的投资者。您还应认识到本文件中的建议并非为您量身定制。分析师并未考虑到您自身的财务情况，如您的财务状况和风险偏好。因此您必须自行分析并在适用的情况下咨询自己的法律、税收、会计、金融和其他方面的专业顾问，以期在投资之前评估该项建议是否适合于您。若由于使用本文件所载的材料而产生任何直接或间接的损失，HTISG 及其董事、雇员或代理人对此均不承担任何责任。

除对本文内容承担责任的分析师除外，HTISG 及我们的关联公司、高级管理人员、董事和雇员，均可不时作为主事人就本文件所述的任何证券或衍生品持有长仓或短仓以及进行买卖。HTISG 的销售员、交易员和其他专业人士均可向 HTISG 的相关客户和公司提供与本文件所述意见相反的口头或书面市场评论意见或交易策略。HTISG 可做出与本文件所述建议或意见不一致的投资决策。但 HTIRL 没有义务来确保本文件的收件人了解到该等交易决定、思路或建议。

请访问海通国际网站 www.equities.htisec.com，查阅更多有关海通国际为预防和避免利益冲突设立的组织和行政安排的内容信息。

非美国分析师披露信息: 本项研究首页上列明的海通国际分析师并未在 FINRA 进行注册或者取得相应的资格，并且不受美国 FINRA 有关与本项研究目标公司进行沟通、公开露面和自营证券交易的第 2241 条规则之限制。

IMPORTANT DISCLAIMER

For research reports on non-Indian securities: The research report is issued by Haitong International Research Limited (“HTIRL”), a wholly owned subsidiary of Haitong International Securities Group Limited (“HTISGL”) and a licensed corporation to carry on Type 4 regulated activity (advising on securities) for the purpose of the Securities and Futures Ordinance (Cap. 571) of Hong Kong, with the assistance of Haitong International (Japan) K.K. (“HTIJKK”), a wholly owned subsidiary of HTISGL and which is regulated as an Investment Adviser by the Kanto Finance Bureau of Japan.

For research reports on Indian securities: The research report is issued by Haitong Securities India Private Limited (“HSIPL”), an Indian company and a Securities and Exchange Board of India (“SEBI”) registered Stock Broker, Merchant Banker and Research Analyst that, inter alia, produces and distributes research reports covering listed entities on the BSE Limited (“BSE”) and the National Stock Exchange of India Limited (“NSE”) (collectively referred to as “Indian Exchanges”). HSIPL was acquired and became part of the Haitong International Securities Group of Companies (“HTISG”) on 22 December 2016.

All the research reports are globally branded under the name Haitong International and approved for distribution by Haitong International Securities Company Limited (“HTISCL”) and/or any other members within HTISG in their respective jurisdictions.

The information and opinions contained in this research report have been compiled or arrived at from sources believed to be reliable and in good faith but no representation or warranty, express or

implied, is made by HTIRL, HTISCL, HSIPL, HTIJKK or any other members within HTISG from which this research report may be received, as to their accuracy, completeness or correctness. All opinions expressed herein are as of the date of this research report and are subject to change without notice. This research report is for information purpose only. Descriptions of any companies or their securities mentioned herein are not intended to be complete and this research report is not, and should not be construed expressly or impliedly as, an offer to buy or sell securities. The securities referred to in this research report may not be eligible for purchase or sale in some jurisdictions. If an investment product is denominated in a currency other than an investor's home currency, a change in exchange rates may adversely affect the investment. Past performance is not necessarily indicative of future results. Certain transactions, including those involving derivatives, give rise to substantial risk and are not suitable for all investors. You should also bear in mind that recommendations in this research report are not tailor-made for you. The analyst has not taken into account your unique financial circumstances, such as your financial situation and risk appetite. You must, therefore, analyze and should, where applicable, consult your own legal, tax, accounting, financial and other professional advisers to evaluate whether the recommendations suits you before investment. Neither HTISG nor any of its directors, employees or agents accepts any liability whatsoever for any direct or consequential loss arising from any use of the materials contained in this research report.

HTISG and our affiliates, officers, directors, and employees, excluding the analysts responsible for the content of this document, will from time to time have long or short positions in, act as principal in, and buy or sell, the securities or derivatives, if any, referred to in this research report. Sales, traders, and other professionals of HTISG may provide oral or written market commentary or trading strategies to the relevant clients and the companies within HTISG that reflect opinions that are contrary to the opinions expressed in this research report. HTISG may make investment decisions that are inconsistent with the recommendations or views expressed in this research report. HTI is under no obligation to ensure that such other trading decisions, ideas or recommendations are brought to the attention of any recipient of this research report.

Please refer to HTI's website www.equities.htisec.com for further information on HTI's organizational and administrative arrangements set up for the prevention and avoidance of conflicts of interest with respect to Research.

Non U.S. Analyst Disclosure: The HTI analyst(s) listed on the cover of this Research is (are) not registered or qualified as a research analyst with FINRA and are not subject to U.S. FINRA Rule 2241 restrictions on communications with companies that are the subject of the Research; public appearances; and trading securities by a research analyst.

分发和地区通知:

除非下文另有规定, 否则任何希望讨论本报告或者就本项研究中讨论的任何证券进行任何交易的收件人均应联系其所在国家或地区的海通国际销售人员。

香港投资者的通知事项: 海通国际证券股份有限公司("HTISCL")负责分发该研究报告, HTISCL 是在香港有权实施第 1 类受规管活动(从事证券交易)的持牌公司。该研究报告并不构成《证券及期货条例》(香港法例第 571 章)(以下简称"SFO")所界定的要约邀请, 证券要约或公众要约。本研究报告仅提供给 SFO 所界定的"专业投资者"。本研究报告未经过证券及期货事务监察委员会的审查。您不应仅根据本研究报告中所载的信息做出投资决定。本研究报告的收件人就研究报告中产生或与之相关的任何事宜请联系 HTISCL 销售人员。

美国投资者的通知事项: 本研究报告由 HTIRL, HSIPL 或 HTIJKK 编写。HTIRL, HSIPL, HTIJKK 以及任何非 HTISG 美国联营公司, 均未在美国注册, 因此不受美国关于研究报告编制和研究分析人员独立性规定的约束。本研究报告提供给依照 1934 年"美国证券交易法"第 15a-6 条规定的豁免注册的「美国主要机构投资者」("Major U.S. Institutional Investor")和「机构投资者」("U.S. Institutional Investors")。在向美国机构投资者分发研究报告时, Haitong International Securities (USA) Inc. ("HTI USA") 将对报告的内容负责。任何收到本研究报告的美国投资者, 希望根据本研究报告提供的信息进行任何证券或相关金融工具买卖的交易, 只能通过 HTI USA。HTI USA 位于 340 Madison Avenue, 12th Floor, New York, NY 10173, 电话 (212) 351-6050。HTI USA 是在美国于 U.S. Securities and Exchange Commission ("SEC") 注册的经纪商, 也是 Financial Industry Regulatory Authority, Inc. ("FINRA") 的成员。HTIUSA 不负责编写本研究报告, 也不负责其中包含的分析。在任何情况下, 收到本研究报告的任何美国投资者, 不得直接与分析师直接联系, 也不得通过 HSIPL, HTIRL 或 HTIJKK 直接进行买卖证券或相关金融工具的交易。本研究报告中出现的 HSIPL, HTIRL 或 HTIJKK 分析师没有注册或具备 FINRA 的研究分析师资格, 因此可能不受 FINRA 第 2241 条规定的与目标公司的交流, 公开露面和分析师账户持有的交易证券等限制。投资本研究报告中讨论的任何非美国证券或相关金融工具(包括 ADR)可能存在一定风险。非美国发行的证券可能没有注册, 或不受美国法规的约束。有关非美国证券或相关金融工具的信息可能有限制。外国公司可能不受审计和汇报的标准以及与美国境内生效相符的监管要求。本研究报告中以美元以外的其他货币计价的任何证券或相关金融工具的投资或收益的价值受汇率波动的影响, 可能对该等证券或相关金融工具的价值或收入产生正面或负面影响。美国收件人的所有问询请联系:

Haitong International Securities (USA) Inc.
340 Madison Avenue, 12th Floor
New York, NY 10173
联系人电话: (212) 351 6050

DISTRIBUTION AND REGIONAL NOTICES

Except as otherwise indicated below, any Recipient wishing to discuss this research report or effect any transaction in any security discussed in HTI's research should contact the Haitong International salesperson in their own country or region.

Notice to Hong Kong investors: The research report is distributed by Haitong International Securities Company Limited ("HTISCL"), which is a licensed corporation to carry on Type 1 regulated activity (dealing in securities) in Hong Kong. This research report does not constitute a solicitation or an offer of securities or an invitation to the public within the meaning of the SFO. This research report is only to be circulated to "Professional Investors" as defined in the SFO. This research report has not been reviewed by the Securities and Futures Commission. You should not make investment decisions solely on the basis of the information contained in this research report. Recipients of this research report are to contact HTISCL salespersons in respect of any matters arising from, or in connection with, the research report.

Notice to U.S. investors: As described above, this research report was prepared by HTIRL, HSIPL or HTIJKK. Neither HTIRL, HSIPL, HTIJKK, nor any of the non U.S. HTISG affiliates is registered in the United States and, therefore, is not subject to U.S. rules regarding the preparation of research reports and the independence of research analysts. This research report is provided for distribution to "major U.S. institutional investors" and "U.S. institutional investors" in reliance on the exemption from registration provided by Rule 15a-6 of the U.S. Securities Exchange Act of 1934, as amended. When distributing research reports to "U.S. institutional investors," HTI USA will accept the responsibilities for the content of the reports. Any U.S. recipient of this research report wishing to effect any transaction to buy or sell securities or related financial instruments based on the information provided in this research report should do so only through Haitong International Securities (USA) Inc. ("HTI USA"), located at 340 Madison Avenue, 12th Floor, New York, NY 10173, USA; telephone (212) 351 6050. HTI USA is a broker-dealer registered in the U.S. with the U.S. Securities and Exchange Commission (the "SEC") and a member of the Financial Industry Regulatory Authority, Inc. ("FINRA"). HTI USA is not responsible for the preparation of this research report nor for the

analysis contained therein. Under no circumstances should any U.S. recipient of this research report contact the analyst directly or effect any transaction to buy or sell securities or related financial instruments directly through HSIPL, HTIRL or HTIJKK. The HSIPL, HTIRL or HTIJKK analyst(s) whose name appears in this research report is not registered or qualified as a research analyst with FINRA and, therefore, may not be subject to FINRA Rule 2241 restrictions on communications with a subject company, public appearances and trading securities held by a research analyst account. Investing in any non-U.S. securities or related financial instruments (including ADRs) discussed in this research report may present certain risks. The securities of non-U.S. issuers may not be registered with, or be subject to U.S. regulations. Information on such non-U.S. securities or related financial instruments may be limited. Foreign companies may not be subject to audit and reporting standards and regulatory requirements comparable to those in effect within the U.S. The value of any investment or income from any securities or related financial instruments discussed in this research report denominated in a currency other than U.S. dollars is subject to exchange rate fluctuations that may have a positive or adverse effect on the value of or income from such securities or related financial instruments. All inquiries by U.S. recipients should be directed to:

Haitong International Securities (USA) Inc.
340 Madison Avenue, 12th Floor
New York, NY 10173
Attn: Sales Desk at (212) 351 6050

中华人民共和国的通知事项: 在中华人民共和国（下称“中国”，就本报告目的而言，不包括香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾）只有根据适用的中国法律法规而收到该材料的人员方可使用该材料。并且根据相关法律法规，该材料中的信息并不构成“在中国从事生产、经营活动”。本文件在中国并不构成相关证券的公共发售或认购。无论根据法律规定或其他任何规定，在取得中国政府所有的批准或许可之前，任何法人或自然人均不得直接或间接地购买本材料中的任何证券或任何权益权益。接收本文件的人员须遵守上述限制性规定。

加拿大投资者的通知事项: 在任何情况下该等材料均不得被解释为在任何加拿大的司法管辖区内出售证券的要约或认购证券的要约邀请。本材料中所述证券在加拿大的任何要约或出售行为均只能在豁免向有关加拿大证券监管机构提交招股说明书的前提下由 Haitong International Securities (USA) Inc. (“HTI USA”) 予以实施，该公司是一家根据 National Instrument 31-103 Registration Requirements, Exemptions and Ongoing Registrant Obligations (“NI 31-103”) 的规定得到「国际交易商豁免」 (“International Dealer Exemption”) 的交易商，位于艾伯塔省、不列颠哥伦比亚省、安大略省和魁北克省。在加拿大，该等材料在任何情况下均不得被解释为任何证券的招股说明书、发行备忘录、广告或公开发行。加拿大的任何证券委员会或类似的监管机构均未审查或以任何方式批准该等材料、其中所载的信息或所述证券的优点，任何与此相反的声明即属违法。在收到该等材料时，每个加拿大的收件人均将被视为属于 National Instrument 45-106 Prospectus Exemptions 第 1.1 节或者 Securities Act (Ontario) 第 73.3(1) 节所规定的「认可投资者」 (“Accredited Investor”)，或者在适用情况下 National Instrument 31-103 第 1.1 节所规定的「许可投资者」 (“Permitted Investor”)。

新加坡投资者的通知事项: 本研究报告由 Haitong International Securities (Singapore) Pte Ltd (“HTISSPL”) [公司注册编号 201311400G] 于新加坡提供。HTISSPL 是符合《财务顾问法》 (第 110 章) (“FAA”) 定义的豁免财务顾问，可 (a) 提供关于证券，集体投资计划的部分，交易所衍生品合约和场外衍生品合约的建议 (b) 发行或公布有关证券、交易所衍生品合约和场外衍生品合约的研究分析或研究报告。本研究报告仅提供给符合《证券及期货法》 (第 289 章) 第 4A 条项下规定的机构投资者。对于因本研究报告而产生的或与之相关的任何问题，本研究报告的收件人应通过以下信息与 HTISSPL 联系：

Haitong International Securities (Singapore) Pte. Ltd
50 Raffles Place, #33-03 Singapore Land Tower, Singapore 048623
电话: (65) 6536 1920

日本投资者的通知事项: 本研究报告由海通国际证券有限公司所发布，旨在分发给从事投资管理的金融服务提供商或注册金融机构（根据日本金融机构和交易法 (“FIEL”) 第 61 (1) 条，第 17-11 (1) 条的执行及相关条款）。

英国及欧盟投资者的通知事项: 本报告由从事投资顾问的 Haitong International Securities Company Limited 所发布，本报告只面向有投资相关经验的专业客户发布。任何投资或与本报告相关的投资行为只面对此类专业客户。没有投资经验或相关投资经验的客户不得依赖本报告。Haitong International Securities Company Limited 的分支机构的净长期或短期金融权益可能超过本研究报告中提及的实体已发行股本总额的 0.5%。特别提醒有些英文报告有可能此前已经通过中文或其它语言完成发布。

澳大利亚投资者的通知事项: Haitong International Securities (Singapore) Pte Ltd, Haitong International Securities Company Limited 和 Haitong International Securities (UK) Limited 分别根据澳大利亚证券和投资委员会（以下简称“ASIC”）公司（废除及过度性）文书第 2016/396 号规章在澳大利亚分发本项研究，该等规章免除了根据 2001 年《公司法》在澳大利亚为批发客户提供金融服务时海通国际需持有澳大利亚金融服务许可的要求。ASIC 的规章副本可在以下网站获取：www.legislation.gov.au。海通国际提供的金融服务受外国法律法规规定的管制，该等法律与在澳大利亚所适用的法律存在差异。

印度投资者的通知事项: 本报告由从事证券交易、投资银行及证券分析及受 Securities and Exchange Board of India (“SEBI”) 监管的 Haitong Securities India Private Limited (“HTSIPL”) 所发布，包括制作及发布涵盖 BSE Limited (“BSE”) 和 National Stock Exchange of India Limited (“NSE”) (统称为「印度交易所」) 研究报告。

本项研究仅供收件人使用，未经海通国际的书面同意不得予以复制和再次分发。

版权所有：海通国际证券集团有限公司 2019 年。保留所有权利。

People's Republic of China (PRC): In the PRC, the research report is directed for the sole use of those who receive the research report in accordance with the applicable PRC laws and regulations. Further, the information on the research report does not constitute "production and business activities in the PRC" under relevant PRC laws. This research report does not constitute a public offer of the security, whether by sale or subscription, in the PRC. Further, no legal or natural persons of the PRC may directly or indirectly purchase any of the security or any beneficial interest therein without obtaining all prior PRC government approvals or licenses that are required, whether statutorily or otherwise. Persons who come into possession of this research are required to observe these restrictions.

Notice to Canadian Investors: Under no circumstances is this research report to be construed as an offer to sell securities or as a solicitation of an offer to buy securities in any jurisdiction of Canada. Any offer or sale of the securities described herein in Canada will be made only under an exemption from the requirements to file a prospectus with the relevant Canadian securities regulators and only by Haitong International Securities (USA) Inc., a dealer relying on the "international dealer exemption" under National Instrument 31-103 Registration Requirements, Exemptions and Ongoing Registrant Obligations ("NI 31-103") in Alberta, British Columbia, Ontario and Quebec. This research report is not, and under no circumstances should be construed as, a prospectus, an offering

memorandum, an advertisement or a public offering of any securities in Canada. No securities commission or similar regulatory authority in Canada has reviewed or in any way passed upon this research report, the information contained herein or the merits of the securities described herein and any representation to the contrary is an offence. Upon receipt of this research report, each Canadian recipient will be deemed to have represented that the investor is an “accredited investor” as such term is defined in section 1.1 of National Instrument 45-106 Prospectus Exemptions or, in Ontario, in section 73.3(1) of the Securities Act (Ontario), as applicable, and a “permitted client” as such term is defined in section 1.1 of NI 31-103, respectively.

Notice to Singapore investors: This research report is provided in Singapore by or through Haitong International Securities (Singapore) Pte Ltd (“HTISSPL”) [Co Reg No 201311400G. HTISSPL is an Exempt Financial Adviser under the Financial Advisers Act (Cap. 110) (“FAA”) to (a) advise on securities, units in a collective investment scheme, exchange-traded derivatives contracts and over-the-counter derivatives contracts and (b) issue or promulgate research analyses or research reports on securities, exchange-traded derivatives contracts and over-the-counter derivatives contracts. This research report is only provided to institutional investors, within the meaning of Section 4A of the Securities and Futures Act (Cap. 289). Recipients of this research report are to contact HTISSPL via the details below in respect of any matters arising from, or in connection with, the research report:

Haitong International Securities (Singapore) Pte. Ltd.

10 Collyer Quay, #19-01 - #19-05 Ocean Financial Centre, Singapore 049315

Telephone: (65) 6536 1920

Notice to Japanese investors: This research report is distributed by Haitong International Securities Company Limited and intended to be distributed to Financial Services Providers or Registered Financial Institutions engaged in investment management (as defined in the Japan Financial Instruments and Exchange Act (“FIEL”) Art. 61(1), Order for Enforcement of FIEL Art. 17-11(1), and related articles).

Notice to UK and European Union investors: This research report is distributed by Haitong International Securities Company Limited. This research is directed at persons having professional experience in matters relating to investments. Any investment or investment activity to which this research relates is available only to such persons or will be engaged in only with such persons. Persons who do not have professional experience in matters relating to investments should not rely on this research. Haitong International Securities Company Limited’s affiliates may have a net long or short financial interest in excess of 0.5% of the total issued share capital of the entities mentioned in this research report. Please be aware that any report in English may have been published previously in Chinese or another language.

Notice to Australian investors: The research report is distributed in Australia by Haitong International Securities (Singapore) Pte Ltd, Haitong International Securities Company Limited, and Haitong International Securities (UK) Limited in reliance on ASIC Corporations (Repeal and Transitional) Instrument 2016/396, which exempts those HTISG entities from the requirement to hold an Australian financial services license under the Corporations Act 2001 in respect of the financial services it provides to wholesale clients in Australia. A copy of the ASIC Class Orders may be obtained at the following website, www.legislation.gov.au. Financial services provided by Haitong International Securities (Singapore) Pte Ltd, Haitong International Securities Company Limited, and Haitong International Securities (UK) Limited are regulated under foreign laws and regulatory requirements, which are different from the laws applying in Australia.

Notice to Indian investors: The research report is distributed by Haitong Securities India Private Limited (“HSIPL”), an Indian company and a Securities and Exchange Board of India (“SEBI”) registered Stock Broker, Merchant Banker and Research Analyst that, inter alia, produces and distributes research reports covering listed entities on the BSE Limited (“BSE”) and the National Stock Exchange of India Limited (“NSE”) (collectively referred to as “Indian Exchanges”).

This research report is intended for the recipients only and may not be reproduced or redistributed without the written consent of an authorized signatory of HTISG.

Copyright: Haitong International Securities Group Limited 2019. All rights reserved.

<http://equities.htisec.com/x/legal.html>
