

日期：2019年7月16日

行业：机械设备-激光设备



分析师：倪瑞超

Tel：021-53686179

E-mail：niruichao@shzq.com

SAC 证书编号：S0870518070003

超快激光，精密加工的利器

■ 投资摘要

● **超快激光的定义、特点、技术。**超快激光器包括皮秒、飞秒激光器，其特点是脉冲时间极短和高峰值功率。为了实现以上特点，主要通过三大核心技术：调Q技术、锁模技术、CPA技术来实现。超快激光技术难度随着脉冲时间缩短逐步上升。

● **超快激光的应用及市场空间。**超快激光由于脉冲时间极短和高峰值功率实现了对材料的冷加工，目前主要用于精密加工，应用的行业包括OLED、半导体、医疗等精密行业。到2020年，超快脉冲激光器的市场规模有望超过15亿美元，其增长速度是整个激光市场增长速度的两倍，预计增速达20%~30%。而且随着超快激光器的功率提升，将会使得市场应用越来越广泛。

● **国外企业投入大公司怀抱、国内小荷才冒尖。**国外超快激光器公司发展呈现两个格局：一是拥有自己的核心技术，后被激光行业的龙头企业收购，投入大企业的怀抱；二是自身独立发展。目前被大企业收购成为主流。主要在于超快激光企业一般都属于初创企业，规模不大，但激光行业龙头企业关注到超快激光较快的增长和市场潜力，纷纷通过并购进入到超快激光行业。国内的超快激光器目前处于发展初期，但是也诞生了出了华日激光、贝林激光、安扬激光等优秀企业。从产品的布局来看，目前大部分企业都已经具备皮秒激光的量产能力，逐渐提升皮秒激光器的功率，目前最高功率达到50W。飞秒激光器目前主要为国外厂家为主，特别是紫外飞秒激光器为国外厂家控制和垄断，国内目前部分企业已经突破紫外飞秒激光器的研发生产制造。

■ 投资建议

建议关注国内的超快激光行业，重点关注通过收购进入超快激光的激光龙头企业，以及部分未上市的超快激光企业。

■ **风险提示。**1)、宏观经济放缓导致下游需求减弱；2)、行业竞争加剧导致的价格战。

报告编号：NRC19-IR13

首次报告日期：2018年11月19日

相关报告：无

目录

一、超快激光的定义、特点、技术.....	3
1、超快激光的快是脉冲时间极短和高峰值功率.....	3
2、超快激光的核心技术.....	5
二、超快激光的应用及市场空间.....	7
1、超快激光主要应用于精密加工.....	7
2、行业增速快，下游需求旺盛.....	8
三、国外企业投入大公司怀抱、国内小荷才冒尖.....	9
1、国外企业投入大公司怀抱.....	9
2、国内市场小荷才冒尖.....	10
四、投资建议.....	12
五、风险提示.....	12

图表目录

图 1 激光器分类.....	3
图 2 超短脉冲激光分类.....	6
图 3 飞秒激光的技术原理.....	7
图 4 全面屏玻璃面板切割.....	8
图 5 陶瓷指纹模组切割.....	8
图 6 半导体晶圆切割.....	8
图 7 部分国外超快激光企业.....	10
表 1 激光器分类及各种激光器特点.....	4
表 2 时间区分.....	5
表 3 国内典型的超快激光企业.....	11

2018 年诺贝尔物理学奖，授予了用于生成高强度的超短脉冲激光的方法：啁啾脉冲放大技术（CPA）；2019 年光纤激光器明星企业公告拟收购超快激光器企业国神国电。这两个事件让超快激光引发格外关注，本文将对超快激光进行分析。主要讨论以下问题：

- 1) 超快激光有哪些特点？与一般的激光器的区别？
- 2) 超快激光器的市场空间如何？
- 3) 目前国内、国外超快激光器的市场格局如何？

一、超快激光的定义、特点、技术

1、超快激光的快是脉冲时间极短和高峰值功率

激光器的分类以及光纤激光器的结构。激光器是激光的发生装置，主要由泵浦源、增益介质、谐振腔等组成。泵浦源为激光器的光源，谐振腔为泵浦光源与增益介质之间的回路，增益介质指可将光放大的工作物质。

激光器可以从增益介质、运转方式、输出波长等角度进行分类。

图 1 激光器分类

增益介质	输出方式	输出波长
<ul style="list-style-type: none"> • 气体激光器 • 液体激光器 • 固体激光器 • 半导体激光器 • 光纤激光器 	<ul style="list-style-type: none"> • 连续激光器 • 脉冲激光器 	<ul style="list-style-type: none"> • 红外激光器 • 可见光激光器 • 紫外激光器

数据来源：创鑫激光招股说明书 上海证券研究所

1) 按增益介质区分，激光器分为：气体激光器、液体激光器、固体激光器、半导体激光器、光纤激光器。各种不同激光器的工作物质、特点和应用，如下表。其中光纤激光器指利用掺稀土元素的玻璃光纤作为增益介质的激光器。光纤激光器一般用光纤光栅作为谐振腔，泵浦源作为泵浦源，泵浦光从合束器耦合进入增益光纤，在包层内多次反射穿过掺杂纤芯，选择合适的光纤长度和掺杂离子浓度可以实现对泵浦光的充分吸收，形成粒子数反转并输出激光。

表 1 激光器分类及各种激光器特点

类型	名称	工作物质	波长 (μm)	激励方 式	输出功 率	能量转 换功率	特点	应用	
气体激光器	原子	氦-氖	He-Ne	0.6328	气体放电	$\leq 1\text{W}$	0.01%	激光美容、测量	
	分子	二氧化碳	CO ₂	10.6	气体放电	几瓦之几 千瓦	30%	单色性好, 能量转换 率高	美容、工业和军事
		氮分子	N ₂	0.3371	气体放电				
	离子	氩	Ar ⁺	0.488	气体放电	30-50W	1%	能量转换率不高	彩色电视、信息储 存
固体激光器	He-Cd	He-Cd	0.4416	气体放电					
	红宝石	Cr ³⁺ -Al ₂ O ₃	0.6943	光泵浦					
	钕铝石榴石 YAG	Nd ³⁺ -YAG	1.06	光泵浦	20kw	0.5%~ 1%	输出功率高, 能量转 换率低, 单色性差。	测距, 材料加工, 军事等方面	
	钕玻璃	Nd ³⁺	1.06	光泵浦					
液体激光器	染料	染料	0.585	激光泵浦		5%-20%	输出波长可调, 易制 备、便宜	科学研究、医学	
半导体激光器	GaAs/ GaAlAs	GaAs 砷化镓	0.85	电流注入			能量转换效率高, 体 积小, 重量轻, 结构 简单, 寿命长, 单色 性差。	光纤通信, 光信息 储存, 光信息处 理、军事等. 未来 发展方向	
	InP/InGaAsP	InP 磷化铟	1.3	电流注入	维阵列可 到 350kW	20%~ 40%			
新型 激光 器	掺入某些激活离子的光纤为工作物质, 或者利用光纤自身的非线性光学效应制成的激光器 晶体激光器、稀土类掺杂光纤激光器、塑料光纤激光器和非线性光学效应光纤激光器		1.46-1.65	导体激光 二极管	上万瓦	30%	小型化、集约化, 高 转换效率, 高能量输 出高光束质量, 无需 光学准直, 维护少。	机械技工、远距离 光纤通信、军事 等。未来发展方向	
自由电 子激光 器		自由电子束							

数据来源: 百度文库 上海证券研究所

2) 按输出波长, 可分为红外激光器、可见光激光器、紫外激光器等。

3) 根据输出方式的不同, 可将激光器分为连续激光器和脉冲激光器。

连续激光器可以在较长一段时间内连续输出激光, 工作稳定、热效应高, 其输出激光在稳定运行时的任何时刻都保持连续不中断。其一般用于金属材料的连续高速切割、焊接, 以及表面热处理、激光熔敷等宏观加工。

脉冲激光器激光以脉冲形式, 按照一定的频率、幅度、波形被调制后呈现周期性输出, 每一个光脉冲周期内的最高功率即为脉冲光纤激光器的峰值输出功率。以脉冲形式输出激光, 主要特点是峰值功率

高、热效应小。特别适合于高精度打标、精密焊接、精密切割等微观领域加工。

超快激光的特点是脉冲时间极短和高峰值功率。超快激光属于脉冲激光的一种。根据激光峰值功率的定义，其为脉冲的能量除以脉冲的持续时间（脉宽）。单脉冲能量一般比较固定，为了获得高的峰值功率，主要是通过降低脉宽，即脉冲持续时间。根据脉冲时间的差异，脉冲激光器分为纳秒激光器、皮秒激光器和飞秒激光器。可以看到皮秒的时间为 10^{-12} 秒，飞秒的时间为 10^{-15} 秒，脉冲时间极短，所以称为超快激光。超快激光的快在于脉冲时间极短，目前超快激光器在研究上已经发展到阿秒级别。

表 2 时间区分

区分	单位	时间
毫秒	1ms	1 毫秒=0.001 秒= 10^{-3} 秒
微秒	1 μ s	1 微秒=0.000001= 10^{-6} 秒
纳秒	1ns	1 纳秒=0.000000001 秒= 10^{-9} 秒
皮秒	1ps	1 皮秒=0.000000000001 秒= 10^{-12} 秒
飞秒	1fs	1 飞秒=0.000000000000001 秒= 10^{-15} 秒
阿秒	1as	1 阿秒= 10^{-18} 秒

数据来源：上海证券研究所

超快激光的特点是脉冲时间极短和高峰值功率。随着脉冲能量急剧上升，高功率密度足以剥离外层电子。由于激光与材料相互作用的时间很短，离子在将能量传递到周围材料之前就已经从材料表面被烧蚀掉了，不会给周围的材料带来热影响，因此也被称为“冷加工”。不会出现加工面的熔融、裂缝现象。高精度、高质量、高分辨率，加工区域可小于焦斑尺寸，突破衍射极限。其主要优点包括：

①脉冲宽度很短。可以用于处理持续时间非常的物理化学过程。例如：瞬态成像、超快光开关、高速光通信。

②光谱含量非常丰富。可以用于激光光谱检测。例如：脉冲整形、通信中的光谱编码。

③峰值功率非常高。用于激光加工、激光医学手术、激光核聚变。

2、超快激光的核心技术

超快激光为了实现脉冲时间极短和高峰值功率，主要通过三大核心技术：调 Q 技术、锁模技术、CPA 技术。

①调 Q 技术：

调 Q 技术主要是在谐振腔内插入 Q 开关器件，通过周期性改变

腔损耗，实现调 Q 脉冲激光输出。在激光器内加入一个损耗可调节器件，在大部分时间区域内，激光器的损耗很大，几乎无光输出。在某一个极短的时间内，减小器件的损耗，从而使激光器输出一个强度极高的短脉冲。

②锁模技术：

激光器中满足谐振腔共振条件的波长叫做纵模。正常工作的激光器中，起振的各纵模的相位是杂乱无章的，因此在时域上表现出的是一个连续光；若纵模的相位（差）保持恒定时，激光在时域上的表象就是一个脉冲，若保持恒定的纵模个数越多，产生的脉冲就越窄，这个过程我们称之为锁模。

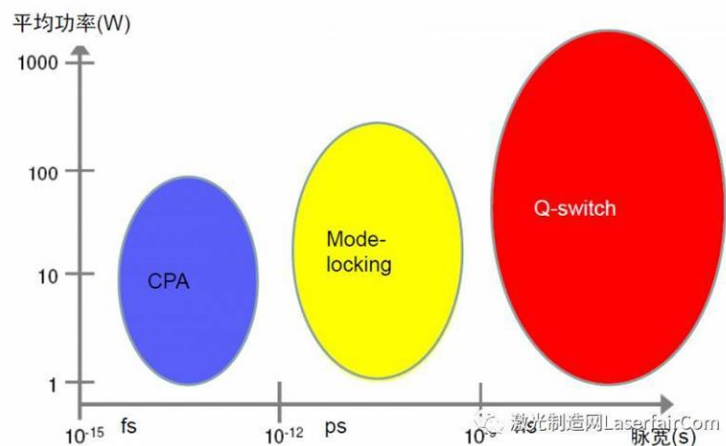
③CPA 技术：啁啾脉冲放大技术

光学系统的光学损伤阈值和非线性效应如自聚焦往往限制了放大系统可达到的最大峰值功率，从而限制了单脉冲能量，此时如果用放大后的脉冲宽度越宽，在峰值功率一定的前提下能获得单脉冲能量就越大。先对超短脉冲在色散介质引入线性啁啾，先在时域上展宽需要放大的脉冲，在单脉冲能量不变的情况下降低峰值功率。然后再对展宽后的脉冲进行放大，这样在放大到同样峰值功率时，由于脉宽的展宽，能得到的单脉冲能量就更大，最后时域压缩脉冲（一般通过相反色散量的延时线），就可以获得更高峰值功率的脉冲。

调 Q 技术产生的脉冲激光一般在纳秒量级，而锁模技术实现的激光是皮秒量级，更高量级的飞秒激光通过 CPA(啁啾脉冲放大技术)实现。

图 2 超短脉冲激光分类

超短脉冲激光的现状 (Actual Status)

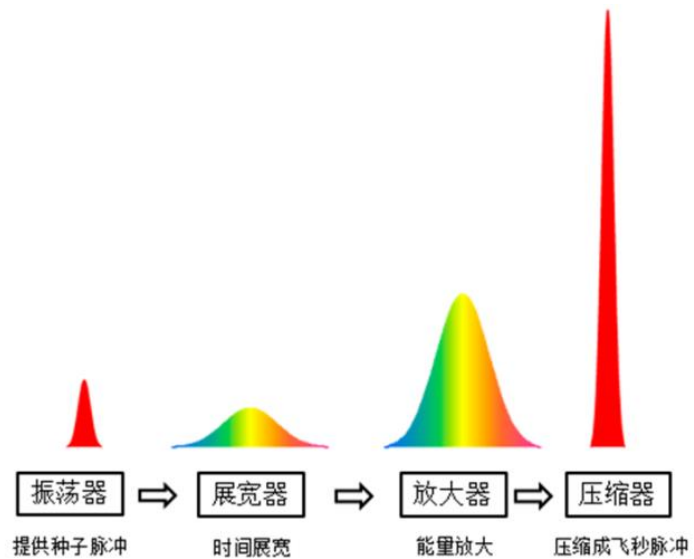


数据来源：搜狐 上海证券研究所

超快激光技术难点随着脉冲时间缩短逐步上升。以飞秒激光为例，根据傅里叶变化关系，要产生超短飞秒脉冲必须具有宽光谱的增益介质，譬如钛宝石。增益介质的带宽决定了最终能实现的脉宽。所以用作飞秒激光增益介质的要求会高一些，现在主要是钛宝石，部分 Yb3+ 掺杂晶体和玻璃光纤。

飞秒激光用到锁模和 CPA 技术，飞秒激光系统要用到加工精细的啁啾镜等光学元器件以及高功率抽运源，激光系统比较复杂。

图 3 飞秒激光的技术原理



数据来源：贝林激光 上海证券研究所

二、超快激光的应用及市场空间

1、超快激光主要应用于精密加工

超快激光是冷加工，对材料能够干净地实现切割加工，并且不破坏周围区域或形成粗糙的边缘，主要用于精密加工。加工的材料包括玻璃、蓝宝石、热敏材料等。应用的行业包括 OLED、半导体、医学等精密行业。

(1) OLED 行业

①屏幕切割：用于将 AMOLED 柔性基板，切割成指定尺寸与数量的 Cell 并排出。用于全面屏手机面板玻璃，够有效的减小崩边，提高玻璃强度。

②模组切割：用在手机指纹模组切割，其切割线笔直，边缘光滑，无热损伤，无碳化。用于摄像头模组的屏下钻孔。

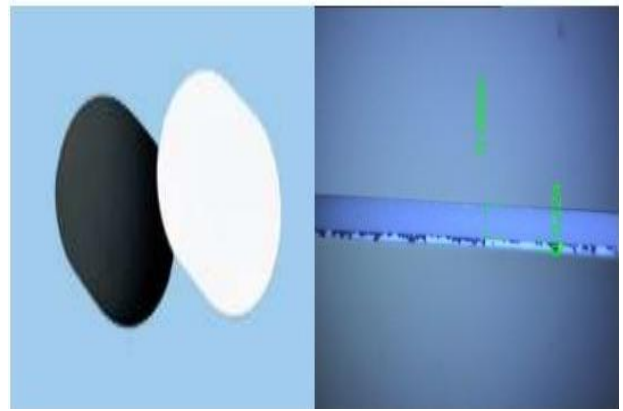
③激光修复：用在 OLED 面板亮点等修复，设备通过 AOI 系统自动寻找不良点并自动使用激光修复不良点。

图 4 全面屏玻璃面板切割



数据来源：贝林激光 上海证券研究所

图 5 陶瓷指纹模组切割

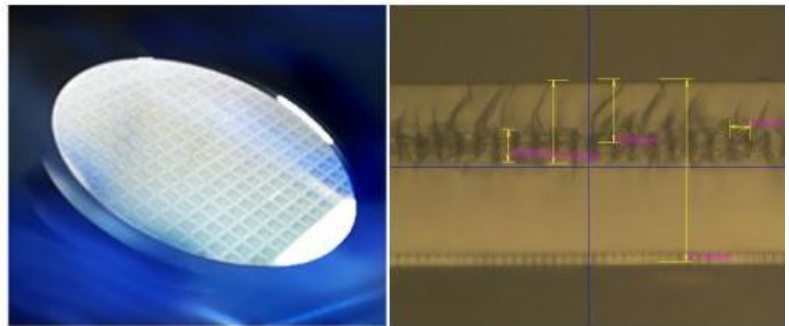


数据来源：贝林激光 上海证券研究所

(2) 半导体行业

用在半导体晶圆划片，激光在极短时间内破坏材料分子，不产生任何热影响，不会对晶圆表面带来粉尘污染。

图 6 半导体晶圆切割



数据来源：贝林激光 上海证券研究所

(3) 医学行业

目前应用比较多的是视力矫正。利用飞秒激光作为超精密的外科手术刀，其最大的优势是精确度高、引起并发症的概率小，其平均波动在：10~15um，是板层刀精确度的 3 倍，而实际发生角膜瓣并发症的概率更是低数万倍。

2、行业增速快，下游需求旺盛

随着 5G 通讯、OLED 显示、医疗等行业的发展，对精密加工的需求越来越旺盛，超快激光的市场潜力无穷。根据预估到 2020 年，超快脉冲激光器的市场规模有望超过 15 亿美元，其增长速度是整个

激光市场增长速度的两倍，预计增速达 20%~30%。而且随着主要超快激光器的功率提升，将会使得市场应用越来越广泛。

三、国外企业投入大公司怀抱、国内小荷才冒尖

1、国外企业投入大公司怀抱

国外超快激光器公司发展呈现两个格局：一是拥有自己的核心技术，后被激光行业的龙头企业收购，投入大企业的怀抱；二是自身独立发展。目前被大企业收购成为主流。主要在于超快激光企业一般属于初创企业，规模都不大，而且超快激光成本较高，初期应用有限。但激光行业龙头企业关注到超快激光较快的增长和市场潜力，纷纷通过并购进入到超快激光行业。例如：2018 年德国通快收购了超短脉冲激光器制造商德国 AMPHOS 公司；相干公司 2015 年收购超短脉冲激光器 Raydiance 公司。

而其中独立发展的典型公司是法国的 Amplitude Laser Group 公司。公司是超快激光器在工业与科研领域的领跑者，成立于 2001 年，总部位于法国波尔多（Bordeaux），生产飞秒激光器和激光器系统，用于导体、平板显示、消费电子、医疗器械精密制造等工业领域。目前年销售额超 8000 万欧元。

图 7 部分国外超快激光企业

地点	企业	代表产品及特点	主要应用方向
美国	Lumentum, 及收购的 Time bandwidth	紧凑型皮秒微加工激光器 PicoBlade 2、皮秒微加工激光器 PicoBlade、工业级高功率皮秒激光器 ARGOS	微加工、生命科学、计量学
	Raydiance (已被 Coherent 收购)	高性能的皮秒、飞秒激光器	汽车燃油喷嘴钻孔、医疗设备加工、消费电子加工
	Spectra-Physics (已被 MKS 收购)	超快激光器 Spirit1030	微纳机械加工、生物成像、医学、科学研究
	Clark-MKR Inc.	飞秒激光器	科研及工业用
德国	Amphos (已被 Trumpf 收购)	Amphos 超短脉冲激光	微加工、薄膜光伏模式、激光划片、激光切割、硅边缘隔离、微流体装置
	EdgeWave	px-系列、FX-系列	工业生产、医疗、环境工程、微加工
	Lumera (已被 Coherent 收购)	皮秒激光器	医疗
英国	Fianium (已被 NKT 收购)	超快光纤激光器	科研, 材料加工
瑞士	Onefive (已被 NKT 收购)	Onefive Origami 低噪声 孤子飞秒光纤激光器	材料加工、医疗
立陶宛	EKSPLA	LightWire FF200	激光领域基础研究及工业应用
	Light Conversion	飞秒激光器	微纳加工的商业和科研领域
法国	Amplitude Systemes	飞秒放大器 Amplifiers、Tangor、飞秒光纤激光器 Fiber lasers	微纳加工的商业和科研领域

数据来源: 搜狐 上海证券研究所

2、国内市场小荷才冒尖

国内的超快激光器目前处于发展初期,但是也诞生了出了华日激光、贝林激光、安扬激光等优秀企业。从产品的布局来看,目前大部分企业都已经具备皮秒激光的量产能力,逐渐提升皮秒激光器的功率,目前最高功率达到 50W。飞秒激光器目前主要为国外厂家为主,特别是紫外飞秒激光器为国外厂家控制和垄断,国内目前部分企业已经突破紫外飞秒激光器的研发生产制造。下面将对典型企业进行说明:

(1) 华日激光

产品：最新推出用于玻璃切割的 50W 的皮秒激光器、高能量的 35W 飞秒激光器。2017 年超快激光销售额 2000-3000 万元

(2) 贝林激光

产品：贝林激光从 2012 年就开始批量制造皮秒激光器，累计销售数量超 1000 台（截至 2019 年 3 月）。目前贝林激光的激光器已大批量应用于半导体、触摸屏、特殊材料微细加工等领域，并根据市场变化不断推陈出新。2018 年开始量产皮秒紫外激光器，尤其是 30W 皮秒紫外激光器得到商用；另外，其飞秒激光器也在 2018 年开始推向市场。

技术：在技术研发方面，贝林激光自 2014 年开始自主研发种子源，目前已有 600 多台种子源（截至 2019 年 3 月）正在市场上运行，且品质可靠。

(3) 安扬激光

产品：安扬激光公司的研发的 FemtoYLTM-Vary 多波长工业飞秒激光器，填补了国内在绿光和紫外飞秒激光领域的空白。2017 年超快激光销售额 2000 万元。

技术：核心模块全部由安扬激光自行研发和生产。

(4) 卓镭激光

产品：拥有三条产品线，工业产品线、医疗美容产品线和科研产品线。卓镭激光自主研发的 BLAZER 系列工业级超快激光器实现进口替代，在国内 LCD 全面屏切割领域市场占有率在行业前列。2019 年完成完成近亿元 B 轮融资。

表 3 国内典型的超快激光企业

公司	销售金额	核心产品
华日激光	2017：2 亿元，超快激光销售额 2000-3000 万元	50W 皮秒激光器、35W 飞秒激光器
贝林激光		纳秒激光器和皮秒激光器
安扬激光	2017 年超快激光销售额 2000 万元	FemtoYLTM-Vary 多波长飞秒激光器的输出功率为 20W（红外），8W（绿光）和 3W（紫外）。
卓镭激光	2017 年：6000 万元	GRAVER 系列纳秒激光、GENIUS 系列紫外皮秒激光器和 BLAZER 系列皮秒激光器。

数据来源：各公司官网 上海证券研究所

四、投资建议

建议关注国内的超快激光行业，重点关注通过收购进入超快激光的激光龙头企业，以及部分未上市的超快激光企业。

五、风险提示

- 1)、宏观经济放缓导致下游需求减弱；
- 2)、行业竞争加剧导致的价格战；

分析师承诺

倪瑞超

本人以勤勉尽责的职业态度，独立、客观地出具本报告。本报告依据公开的信息来源，力求清晰、准确地反映分析师的研究观点。此外，本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也将不会与本报告中的具体推荐意见或观点直接或间接相关。

公司业务资格说明

本公司具备证券投资咨询业务资格。

投资评级体系与评级定义

股票投资评级：

分析师给出下列评级中的其中一项代表其根据公司基本面及（或）估值预期以报告日起6个月内公司股价相对于同期市场基准沪深300指数表现的看法。

投资评级	定义
增持	股价表现将强于基准指数 20%以上
谨慎增持	股价表现将强于基准指数 10%以上
中性	股价表现将介于基准指数 $\pm 10\%$ 之间
减持	股价表现将弱于基准指数 10%以上

行业投资评级：

分析师给出下列评级中的其中一项代表其根据行业历史基本面及（或）估值对所研究行业以报告日起 12 个月内的基本面和行业指数相对于同期市场基准沪深 300 指数表现的看法。

投资评级	定义
增持	行业基本面看好，行业指数将强于基准指数 5%
中性	行业基本面稳定，行业指数将介于基准指数 $\pm 5\%$
减持	行业基本面看淡，行业指数将弱于基准指数 5%

投资评级说明：

不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准，投资者应区分不同机构在相同评级名称下的定义差异。本评级体系采用的是相对评级体系。投资者买卖证券的决定取决于个人的实际情况。投资者应阅读整篇报告，以获取比较完整的观点与信息，投资者不应以分析师的投资评级取代个人的分析与判断。

免责声明

本报告中的信息均来源于公开资料，我公司对这些信息的准确性及完整性不做任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。报告中的信息和意见仅供参考，并不构成对所述证券买卖的出价或询价。我公司及其雇员对任何人使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失概不负责。

在法律允许的情况下，我公司或其关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行或财务顾问服务。

本报告仅向特定客户传送，版权归上海证券有限责任公司所有。未获得上海证券有限责任公司事先书面授权，任何机构和人均不得对本报告进行任何形式的发布、复制、引用或转载。

上海证券有限责任公司对于上述投资评级体系与评级定义和免责声明具有修改权和最终解释权。