

一周解一惑系列：

射线干法选煤技术前景广阔

2022年12月28日

- **本周关注：景津装备、郑煤机、天地科技、苏试试验**
- **本周核心观点：信贷宽松刺激实体经济活力，通用设备数据表征开始复苏，板块估值处于历史低位，同时光伏板块新技术、新工艺层出不穷，建议关注技术变化带来的设备需求。**
- **射线干法选煤技术渗透率有望快速提升。**煤炭经过分选提质后，燃烧效率可提高 10%~15%，铁路运力可节约 18%。由于我国动力煤大多属于不粘煤、长焰煤和褐煤等，如果采用传统湿法选煤工艺对其进行分选，则煤泥入水后水分增加、发热量降低，影响选煤厂的经济效益，进而在一定程度上制约煤炭企业洗选动力煤的积极性和主动性。为提高动力煤入选比例，煤泥提质和减量化生产势在必行。在动力煤洗选过程中，要尽量减少进入分选系统的粉煤量，即粉煤尽可能少下水，最好不下水。**1) 目前湿法选煤占比高达 95%：**煤研分选的方法以分选介质来分类主要包括湿选与干选。湿法选煤又称洗煤，主要有跳汰分选、重介质分选和浮选等湿选方法，是目前我国选煤厂常用的选煤方法。干法选煤在分选过程不使用水，一般包括人工挑选、智能光电干选、风力煤矸分选、复合式干选、空气重介质流化等。湿法选煤每入选 1t 原煤的耗水量为 0.03-0.08m³，部分选煤厂易泥化煤泥产率达到 30%；**2) 射线类干法选煤技术未来前景更高：**干法选煤技术主要包括光电选煤 (γ 射线和 X 射线选煤)、风力选煤、空气重介质流化床选煤、选择性破碎选煤、摩擦选煤、高梯度磁选煤、静电选煤等，其中得到大规模工业化应用的主要为复合式干法选煤 (复合式的定义是干法选煤设备利用风力和机械振动力的共同作用来实现煤和矸石基本按密度差分离) 和射线选煤。**2015 年起随着大数据技术的发展，有些企业开始进行高精度智能射线干选机的研发，智能射线干选技术进入快速开发期。从经济效益角度来看，射线干法设备产线的总体投资回收期为 2~3 年 (以美腾科技的 TDS 为例)。**
- **更换周期将至，分选设备替换需求约 566 亿。**煤炭机械设备长期处于极端环境和高负荷工作状态，分选装备的使用寿命一般在 8 至 10 年。2012 年，煤炭采选业的投资额为 5,370.24 亿元，为过去数十年投资高峰，此后数年受能源领域供给侧结构性改革，化解煤炭过剩产能风险的影响，逐年降低相关投入。2016 年起，煤炭开采和洗选业固定资产投资额下降趋势放缓，2018 年固定资产投资额回升至 2,804.63 亿元。2019 年固定资产投资额较 2018 年增长 29.60%，2020 年与 2019 年基本持平略有下降，2021 年固定资产投资额较 2020 年增长 11.10%。伴随煤炭开采和洗选业市场趋于稳定，以及过往 8 至 10 年的煤炭机械设备更新改造周期到来，存量众多的湿法选煤设备迎来更新改造的高峰期，这也给智能干选设备市场提供了分选装备存量替代的市场空间。**预计中国煤炭行业干法智能分选市场空间 566 亿元。**我们假设 2025 年煤炭年产量 46 亿吨，原煤的整个入洗率按照“十四五”规划中的 85%以上测算，动力煤的比例按照 88%来测算，干法对湿法的替代按照 70%来测算，6 毫米以下的煤炭（占 30%）剔除。参考美腾科技的数据，单台 TDS 产品年处理量为 70 万吨，计算下来预估 2409 台。TDS 产品（针对 25mm 以上矸石的分选）和 TGS 产品（针对 6-25mm 矸石的分选）数量配置比例约 1:1，再加上智能仪器与智能系统的改造，估算出市场需求约 566 亿元。以上估算还不包括国外煤炭市场和国内外的矿业市场。
- **风险提示：**行业的配套服务能力不及预期、“碳达峰”、“碳中和”对煤炭行业带来的中长期挑战。

推荐
维持评级

分析师 李哲

执业证书: S0100521110006
电话: 13681805643

邮箱: lizhe_yj@mszq.com

分析师 罗松

执业证书: S0100521110010
电话: 18502129343
邮箱: luosong@mszq.com

相关研究

- 1.一周解一惑系列：商业可控核聚变及先行受益产业链-2022/12/18
- 2.机械行业 2023 年度投资策略：万类霜天竞自由-2022/12/16
- 3.一周解一惑系列：压缩空气储能及产业链梳理-2022/12/11
- 4.光伏石英砂坩埚深度报告：供需缺口，头部石英坩埚公司拉大差距的好时机-2022/12/08
- 5.一周解一惑系列：电镀铜技术及产业梳理-2022/12/04

目录

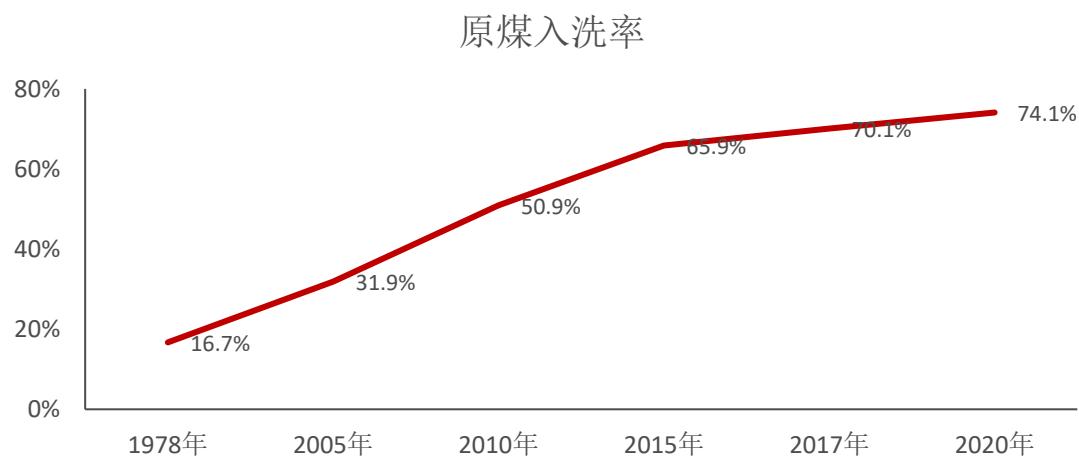
1 射线干法选煤技术渗透率有望快速提升	3
1.1 选煤是煤炭清洁利用的源头和基础	3
1.2 目前湿法选煤占比高达 95%，但干法前景更好	3
1.3 射线类干法选煤技术未来前景更高	5
2 更换周期将至，分选设备替换需求约 566 亿	7
2.1 煤矿分选设备更新周期将至	7
2.2 设备替换累计需求近 566 亿元	7
3 风险提示	9
插图目录	10
表格目录	10

1 射线干法选煤技术渗透率有望快速提升

1.1 选煤是煤炭清洁利用的源头和基础

煤炭是我国最大的空气污染源，约 80% 的 CO₂、85% 的 SO₂、67% 的 NO_x、70% 的悬浮物来自燃煤。选煤是煤炭洁净利用的源头和基础，其是采用机械或物理化学方法去除原煤中的有害杂质，改善煤炭质量，使其满足某种特殊用途，从而实现煤炭的清洁、高效利用的过程。每入选 1 亿 t 原煤，可排除矸石和黄铁矿硫 1800 万 t、150 万 t，减少二氧化硫排放量 49 万 t；同时，煤炭经过分选提质后，燃烧效率可提高 10%~15%，铁路运力可节约 18%。由于我国动力煤大多属于不粘煤、长焰煤和褐煤等，如果采用传统湿法选煤工艺对其进行分选，则煤泥入水后水分增加、发热量降低，影响选煤厂的经济效益，进而在一定程度上制约煤炭企业洗选动力煤的积极性和主动性。为提高动力煤入选比例，煤泥提质和减量化生产势在必行。在动力煤洗选过程中，要尽量减少进入分选系统的粉煤量，即粉煤尽可能少下水，最好不下水。

图 1：我国原煤入洗率情况



资料来源：掌桥科研，《我国干法选煤技术发展现状与应用场景》，中研网，民生证券研究院

1.2 目前湿法选煤占比高达 95%，但干法前景更好

煤矸分选的方法以分选介质来分类主要包括湿选与干选。湿法选煤又称洗煤，主要有跳汰分选、重介质分选和浮选等湿选方法，是目前我国选煤厂常用的选煤方法。干法选煤在分选过程不使用水，一般包括人工挑选、智能光电干选、风力煤矸分选、复合式干选、空气重介质流化等。

表 1：与湿法选煤相比，干法选煤具有环保、高精度、降本等优势

分类	选煤方法	处理粒度级 (mm)	主要特点
重介浅槽	重介浅槽	200~13	重介质浅槽分选机是依据悬浮物下沉原理，以磁铁矿粉和水作为介质，在水平流与上升流的共同作用下，比重介质轻的煤上浮，比重介质重的矸石下沉实现分选。重介浅槽分选既适合低密度分选出精煤，又适合高密度排矸，适用于难选和极难选煤，但系统相对复杂，需要添加重介系统、需要脱介和介质回收系统，产生介质消耗，生产成本高
	重介旋流器	50~0.5	采用磁铁矿粉及水作为介质、靠离心力分选、产生煤泥副产品
湿法选煤	动筛跳汰	300~50 (25)	动筛跳汰机利用筛板做上下往复运动，使筛板上的物料按密度分选。动筛跳汰机优点是工艺简单、用水量较少、辅助设备少，适于易选煤；缺点是要求入料必须均匀，入料不均匀会造成矸石中带精煤，分选精度低于重介浅槽分选机
	块煤跳汰	50 (200) ~13	跳汰机分选采用定筛跳汰机分选动力煤，适于易选煤，具有系统简单、动力消耗小、设备台数少、投资成本及运营成本低等优点，缺点是分选精度低，特别
	末煤跳汰	50 (100) ~0.5	对于难选煤，矸石带精煤现象比较严重，降低了精煤回收率
	干扰床分选机	1.0~0.25	采用水作为分选介质、靠干扰沉降进行分选
干法选煤	浮选	0.5~0	采用水及气泡作为分选介质、靠颗粒的表面疏水性能进行分选
	智能光电分选	300~50	智能光电选技术不耗水、不产生煤泥、不用介质，节能环保、并可自主智能运行，在动力块煤分选方面无论是从单位产能投入比、生产成本、分选效率等方面有优势
		100~25	
	风选	80~6	智能光电选技术不耗水、不产生煤泥、不用介质，节能环保、并可自主智能运行，在动力块煤分选方面无论是从单位产能投入比、生产成本、分选效率等方面有优势
	空气重介质流化床	100~6	采用空气及磁铁矿粉作为分选介质、靠重力进行分选

资料来源：美腾科技招股说明书，民生证券研究院

湿法选煤中的浅槽重介分选机、跳汰机等设备，具有使用经验成熟、设备处理能力大、筛选精度高等优点，在动力煤块煤分选中得到了广泛应用。根据美腾科技招股说明书可知，目前主流的分选方法为湿法选煤，占比 95.76%；干法选煤总占比为 4.24%，其中智能光电选占比为 3.25%，传统风选占比为 0.99%。湿法选煤是我国选煤装备主要依赖的技术工艺方法，但随着我国对煤炭行业节能增效以及煤矿智能化要求的不断提高，湿法选煤的弊端日益凸显。**湿法选煤每入选 1t 原煤的耗水量为 0.03-0.08m³，部分选煤厂易泥化煤泥产率达到 30%。**¹

从地域分布的角度来说，国内煤炭资源丰富的地区主要坐落于中西部干燥和水资源匮乏地区，因此湿法选煤在这些地区的应用会受到水资源的严重制约，同时也使我国煤炭的利用率与许多发达国家形成了较大差距。对于部分易泥化的煤，湿法选煤会导致额外的煤泥产生，从而导致煤的回收率下降，造成额外的损耗。从环境保护的角度，湿法选煤技术会在应用中产生大量煤泥水，煤泥水中夹杂的细粒粘土、泥砂和煤会对环境造成污染。因此，大力推行干选技术是选煤业的重大趋势，同时，在保证提高煤炭的分选精度的条件下，干选技术也能缓解对环境的影响。

¹《干法选煤技术创新进展及其节能节水降污效果分析》

表 2：我国煤炭分选情况分析

湿法分选占比	干法分选占比	不入选（洗）占比	合计
66.28%	2.93%	30.79%	100%
湿法占入选（洗）的比例	干法占入选（洗）的比例	其中，光电分选占入选（洗）比例	合计
95.76%	4.24%	3.25%	100%

资料来源：美腾科技招股说明书，民生证券研究院

预计井下“采选充填”一体化趋势下加快干法选煤技术渗透率提升。井下选煤技术具有良好的社会经济效益，未来井下排矸应用场景也是煤炭未来拓展方向。开展井下选煤，实现矸石直接井下充填，有助于避免大量矸石升井造成的能耗，而且减少环境污染，节约地面矸石处理费用，降低选煤厂的设备负荷和磨损，矸石充填能置换出大量“三下”压煤，使煤炭资源回收率最大化，具有较好的经济效益；井下选煤还可以减少地表矸石堆积占用土地，降低矸石堆放造成的污染和安全隐患，减少地表沉陷对地面建筑和生态环境的危害。井下选煤发展的重要性日益凸显，智能干选设备未来在井下场景的应用也将进一步推广，针对井下环境特点，研究适合井下狭小空间、适应井下恶劣工况的高安全性、高可靠性智能干选设备。智能干选技术推动煤矿井下“采选充”一体化模式的推广。

1.3 射线类干法选煤技术未来前景更高

干法选煤技术主要包括光电选煤 (γ 射线和 X 射线选煤)、风力选煤、空气重介质流化床选煤、选择性破碎选煤、摩擦选煤、高梯度磁选煤、静电选煤等，**其中得到大规模工业化应用的主要为复合式干法选煤（复合式的定义是干法选煤设备利用风力和机械振动力的共同作用来实现煤和矸石基本按密度差分离）和射线选煤。**

复合干法：复合式干法分选机是在美国无风干式摇床和俄罗斯风选机的基础上自发研制的干选设备，通过机械振动和上升气流的悬浮作用实现床面上物料的松散和分层，并在床面做螺旋翻转运动，密度低的煤粒上浮，高密度的矸石下沉，从而实现分选。**其出现早于射线类，主要使用 80mm 以下小粒径煤矸石分选，但其缺点也非常明显，分选可能偏差，Ep 值为 0.17-0.28，而且粉尘也是较大的环节污染问题；**

射线干法：截至到 2014 年，国内报道的射线干法分选机分选精度整体水平为：矸石带煤 5%~10%，煤中带矸 10%~20%。由于分选精度低，无法替代传统的湿法重介分选，未得到广泛推广。2015 年起随着大数据技术的发展，有些企业开始进行高精度智能射线干选机的研发，智能射线干选技术进入快速开发期。

表 3：目前国内主要干法分选设备技术指标对比

干法分选设备	FGX 系列	FX 系列	CFX 系列	射线识别系列
入料粒级/mm	< 80	< 120	< 80	300~25
入料外水/%	< 9	< 10	< 10	不限制
可能偏差 Ep/(g·cm - 3)	0.2	0.28	0.17	—
不完善度	0.1	-	0.085	—

资料来源：《TDS 智能干选机分选宁东矿区低变质烟煤的研究应用》，民生证券研究院

注：FGX 系列，FX 系列，CFX 系列为目前市场应用较广泛的复合干法

对于 25mm 以下的煤矸石分选，美腾科技也推出了 TGS 产品，未来 TDS+TGS 联合可以实现煤矸石全粒径的分选，同时射线类产品技术迭代随着芯片技术及大数据技术的升级而持续升级，符合国家智能化大趋势。

从经济效益角度来看，射线干法设备产线的总体投资回收期为 2~3 年（以美腾科技的 TDS 为例）。湿选在选煤过程中会产生很多煤泥，经过测算可以得到一个 300 万吨的煤矿产生 1700 万的煤泥（按照 635 元/吨煤泥价格计算），而一条分选线搭配一台设备以及相关的配套设备与系统，预计 300 万吨的煤矿共需投资 3500~4000w 左右的规模，预计产品投资回收期为 2~3 年。根据美腾科技官网的首台赵庄 TDS 设备案例也可以看到，采用 TDS 智能干选机代替手选，执行“打煤”工艺，一期选用 1 台 TDS18-305 型智能干选机，2016 年 6 月投入运行，11 月检测矸中带煤率平均为 0.85%；产品具有处理能力大、分选粒级宽、分选精度高、运行稳定等特点，**采用 TDS 智能干选机每年仅增加排矸量一项就产生 1382.4 万元经济效益。**

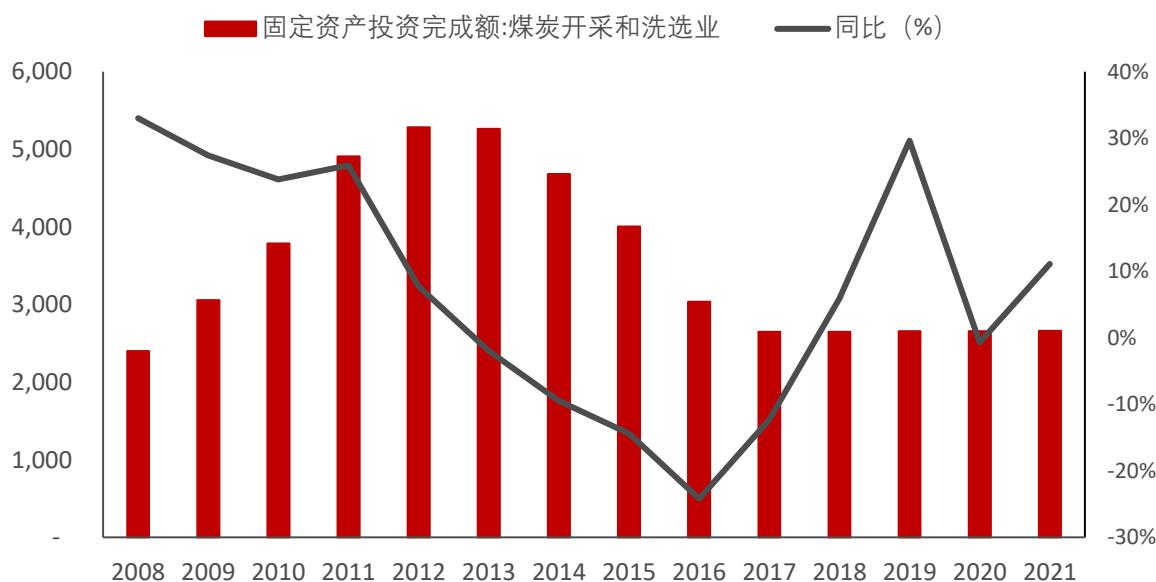
2 更换周期将至，分选设备替换需求约 566 亿

2.1 煤矿分选设备更新周期将至

选煤装备迎来智能更新改造的存量替代需求。2008 年以来，煤炭采选业固定资产投资经历周期性波动，在 2012 年达到峰值后逐步下滑，直至近两年出现止跌企稳的迹象，2018 年煤炭采选业固定资产投资额增长 5.90%，2019 年同比增长 29.60%，2020 年与 2019 年基本持平略有下降，煤炭采选业已进入新一轮固定资产更新当中。

煤炭机械设备长期处于极端环境和高负荷工作状态，分选装备的使用寿命一般在 8 至 10 年。2012 年，煤炭采选业的投资额为 5,370.24 亿元，其中设备工器具投入为 1,668.33 亿元，为过去数十年投资高峰，此后数年受能源领域供给侧结构性改革，化解煤炭过剩产能风险的影响，逐年降低相关投入。2016 年起，煤炭开采和洗选业固定资产投资额下降趋势放缓，2018 年固定资产投资额回升至 2,804.63 亿元，其中设备工器具投资额回升至 812.54 亿元。2019 年固定资产投资额较 2018 年增长 29.60%，2020 年与 2019 年基本持平略有下降，2021 年固定资产投资额较 2020 年增长 11.10%。伴随煤炭开采和洗选业市场趋于稳定，以及过往 8 至 10 年的煤炭机械设备更新改造周期到来，存量众多的湿法选煤设备迎来更新改造的高峰期，这也给智能干选设备市场提供了分选装备存量替代的市场空间。

图 2：目前处在我国煤炭开采与洗选业固定资产投资周期回升阶段



资料来源：国家统计局，民生证券研究院

2.2 设备替换累计需求近 566 亿元

智能射线分选设备将与智能干选技术对接，加快矿场智能化建设。煤矿智能化和选煤厂智能化趋势对分选装备提出了更高的数字化、信息化需求，智能干选设备除了要满足在分选核心算法及处理能力的智能化要求外，还需要能够与整个选煤工厂智能系统进行对接，实现智能干选设备与其他智能模块相协调，提升智能工厂运行效率。智能干选设备基于本身的智能化数字化属性，更易接入智能工厂系统平台，未来智能干选设备将与大系统平台深入融合，实现整个

工厂运行层面的智能化数字化。

我们预计中国煤炭行业干法智能分选累计市场空间 566 亿元，目前处在加速替代阶段。 我们假设 2025 年煤炭年产量 46 亿吨，原煤的整个入洗率按照“十四五”规划中的 85%以上测算，动力煤的比例按照 88% 来测算，干法对湿法的替代按照 70% 来测算，6 毫米以下的煤炭（占 30%）剔除。参考美腾科技的数据，单台 TDS 产品年处理量为 70 万吨，计算下来预估 2409 台。TDS 产品（针对 25mm 以上矸石的分选）和 TGS 产品（针对 6-25mm 矸石的分选）数量配置比例约 1:1，再加上智能仪器与智能系统的改造，总体的一条产线价值量约为 2350 万元左右。以上估算还不包括国外煤炭市场和国内外的矿业市场。

表 4：我国煤炭分选市场空间测算

指标	预估参数
煤炭年产量（亿吨）	46
入洗率（%）	85%
动力煤比例（%）	88%
干法替代比例（%）	70%
细煤占比（%）	30%
TDS 设备单台处理量（万吨）	70
TDS 设备需求量（台）	2409
TGS 设备需求量（台）	2409
TDS 设备价格（万/台）	500
TGS 设备价格（万/台）	850
相关智能仪器与系统搭建（万/条）	1000
干选设备市场空间（亿）	566.0

资料来源：国家能源局，民生证券研究院测算

3 风险提示

1) **行业的配套服务能力不及预期。**智能装备制造业和智能系统产业对技术水平要求较高，涉及机、光、电、气、大数据、人工智能等领域，所以行业的整体发展需要产业链其他配套环节的协调发展，但受限于国内大多数从业企业的技术研发实力薄弱，规模较小，造成行业发展的协调性不强，部分配套产品的精密制造技术相对落后，整体配套能力不强，部分部件需要进行国产替代。

2) **“碳达峰”、“碳中和”对煤炭行业带来的中长期挑战。**随着国家碳达峰与碳中和的逐步推进，虽然中短期内煤炭的产能不会快速大幅下降，但中长期来看我国煤炭消费总量及煤炭消费比重均将下降，将给煤炭加工企业造成长远冲击。

插图目录

图 1：我国原煤入洗率情况	3
图 2：目前处在我国煤炭开采与洗涤业固定资产投资周期回升阶段.....	7

表格目录

表 1：与湿法选煤相比，干法选煤具有环保，高精度，降本等优势.....	4
表 2：我国煤炭分选情况分析	5
表 3：目前国内主要干法分选设备技术指标对比.....	5
表 4：我国煤炭分选市场空间测算	8

分析师承诺

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并登记为注册分析师，基于认真审慎的工作态度、专业严谨的研究方法与分析逻辑得出研究结论，独立、客观地出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。本报告清晰准确地反映了研究员的研究观点，结论不受任何第三方的授意、影响，研究员不曾因、不因、也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接受到任何形式的补偿。

评级说明

投资建议评级标准	评级	说明
以报告发布日后的 12 个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的涨跌幅为基准。其中：A 股以沪深 300 指数为基准；新三板以三板成指或三板做市指数为基准；港股以恒生指数为基准；美股以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为基准。	推荐	相对基准指数涨幅 15%以上
	谨慎推荐	相对基准指数涨幅 5%~15%之间
	中性	相对基准指数涨幅-5%~5%之间
	回避	相对基准指数跌幅 5%以上
	推荐	相对基准指数涨幅 5%以上
	中性	相对基准指数涨幅-5%~5%之间
	回避	相对基准指数跌幅 5%以上

免责声明

民生证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。

本报告仅供本公司境内客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告仅为参考之用，并不构成对客户的投资建议，不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，客户应当充分考虑自身特定状况，不应单纯依靠本报告所载的内容而取代个人的独立判断。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容而导致的任何可能的损失负任何责任。

本报告是基于已公开信息撰写，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，且预测方法及结果存在一定程度局限性。在不同时期，本公司可发出与本报告所刊载的意见、预测不一致的报告，但本公司没有义务和责任及时更新本报告所涉及的内容并通知客户。

在法律允许的情况下，本公司及其附属机构可能持有报告中提及的公司所发行证券的头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或正在争取提供投资银行、财务顾问、咨询服务等相关服务，本公司的员工可能担任本报告所提及的公司的董事。客户应充分考虑可能存在的利益冲突，勿将本报告作为投资决策的唯一参考依据。

若本公司以外的金融机构发送本报告，则由该金融机构独自为此发送行为负责。该机构的客户应联系该机构以交易本报告提及的证券或要求获悉更详细的信息。本报告不构成本公司向发送本报告金融机构之客户提供的投资建议。本公司不会因任何机构或个人从其他机构获得本报告而将其视为本公司客户。

本报告的版权仅归本公司所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式、任何目的进行翻版、转载、发表、篡改或引用。所有在本报告中使用的商标、服务标识及标记，除非另有说明，均为本公司的商标、服务标识及标记。本公司版权所有并保留一切权利。

民生证券研究院：

上海：上海市浦东新区浦明路 8 号财富金融广场 1 幢 5F；200120

北京：北京市东城区建国门内大街 28 号民生金融中心 A 座 18 层；100005

深圳：广东省深圳市福田区益田路 6001 号太平金融大厦 32 层 05 单元；518026