

➤ **超导**凭借其独特性质，可用于电力传输、磁悬浮、量子计算等领域，目前**超低温仍是超导实现商业化的主流途径**。超导是指在一定条件下电阻等于零，电流可在超导体内无损耗流动的现象。目前超导现象需要在超低温或超高压环境下才能产生。3月7日，罗切斯特大学发现的“室温超导”技术引发热议，但该现象需要在一万个大气压条件下产生，目前“室温超导”暂不具备商业化可行性，超低温仍是目前超导应用于商业化场景的唯一方法。超导体存在零电阻、完全抗磁性和量子隧穿效应三大特殊性质，有着独特的应用场景：1) 基于超导材料的零电阻性质和完全抗磁性，在超导材料中加载大电流，可以实现大电流运输、强磁场、磁悬浮等颠覆性技术；2) 基于量子隧穿效应，超导能够应用于量子计算和实现弱磁场探测。因此超导材料被广泛应用在电力传输、医疗器械、电子通信、国防军事、科学研究等多领域。

➤ **高温超导成本低、性能优，发展前景广阔**。高温超导体是指 T_c (临界温度) $\geq 25K$ 的超导材料。低温超导材料临界温度均小于 $25K$ ，需要在造价高昂的液氮 ($4.2K$) 环境下工作，而高温超导体可在较为廉价的液氮环境下工作，大大节约制冷成本。此外，高温超导应用限制更少，商业化前景广阔：1) 高温超导感应加热效率高、加热质量高，目前联创光电已量产高温超导加热炉并成功交付验收；2) 高温超导电力传输可以在液氮环境中，利用超导特性使得电能传输损耗趋近于零。2021年上海投建全球首条 35 千伏公里级超导电缆，可节省 70% 的地下管廊空间。3) 磁约束可控核聚变通过产生强磁场约束带电粒子运动，可以加热粒子至数亿度高温，从而产生热核反应。相比低温超导材料，高温超导材料可以在较强磁场强度下稳定工作，从而帮助减小可控核聚变装置体积，节约成本。

➤ **高温超导相关公司梳理**。联创光电高温超导感应加热技术国际领先，公司设计的国际首台兆瓦级超导感应加热装置工业样机被运往中铝集团正式投入生产，首批产品于 22 年 3 月验收。永鼎股份子公司东部超导主要从事超导电缆、超导磁体、超导限流器等产品的研发生产，子公司苏州新材料研究有限公司主业为新型高温超导带材的研究开发。西部超导是我国超导材料的龙头企业，业务广泛，在高温超导材料领域专注 Bi-2223 和 MgB2 的研发和产业化。百利电气子公司北京英纳超导主要从事铋系高温超导线材的研发生产。

➤ **风险提示**：1) 高温超导技术研发进度不及预期。2) 高温超导产业化进程不及预期。

重点公司盈利预测、估值与评级

代码	简称	股价 (元)	EPS (元)			PE (倍)			评级
			2021A	2022E	2023E	2021A	2022E	2023E	
600363	联创光电	31.77	0.51	0.79	1.14	61	40	28	/
600105	永鼎股份	4.75	0.09	0.19	0.25	53	25	19	推荐
688122	西部超导	87.80	1.60	2.33	3.12	55	38	28	推荐

资料来源：Wind，民生证券研究院预测；

(注：股价为 2023 年 3 月 10 日收盘价；未覆盖公司数据采用 wind 一致预期)

推荐

维持评级



分析师 方竞

执业证书：S0100521120004

电话：15618995441

邮箱：fangjing@mszq.com

研究助理 宋晓东

执业证书：S0100122110017

电话：15201752107

邮箱：songxiaodong@mszq.com

相关研究

1. 电子行业周报 20230228: Chiplet: AI 芯片算力跨越的破局之路-2023/02/28
2. 电子行业周报 20230222: ChatGPT 开启行业变革, Chiplet 引领破局之路-2023/02/22
3. 汽车电子月报: 充电政策+禾赛上市催化, 电动化智能化加速-2023/02/14
4. 磁性元器件深度报告: 乘新能源之风, 磁性元器件破竹建瓴-2023/02/13
5. 电子板块 2022 年四季度基金持仓分析: 半导体持仓降幅较大, 关注景气复苏机遇-2023/01/31

目录

1 超导技术应用范围广，产业化已较为成熟	3
1.1 超导是指材料电阻消失的特殊现象	3
1.2 超导已实现成熟的产业化应用.....	4
2 高温超导成本低、性能优，发展前景广阔	6
2.1 高温超导性能优异	6
2.2 高温超导产业化应用前景广阔.....	6
3 高温超导相关公司梳理	8
3.1 联创光电.....	8
3.2 永鼎股份.....	8
3.3 西部超导.....	8
3.4 百利电气.....	8
4 风险提示	9
插图目录	10
表格目录	10

1 超导技术应用范围广，产业化已较为成熟

1.1 超导是指材料电阻消失的特殊现象

超导，全称超导电性，是指在一定条件下电阻等于零，电流可在其间无损耗流动的现象，具备这种特性的材料被称为超导材料或超导体。超导的实现路径目前全球有两个技术方向：1) 超低温；2) 超高压。但由于以现在的技术水平难以创造大范围的极端高压环境，利用超低温实现超导是目前超导现象商业化的唯一手段，目前利用超低温实现超导的方式又可以分为低温超导和高温超导两种类型。

“室温超导”技术引发热议，但目前仍不具备商业化可行性。3月7日，罗切斯特大学和 Unearthly Materials 的 Ragan P. Dias 团队在 1 GPa (10 kbar) 的压力下，在 20 °C (294 K) 的氮掺杂氢化镱中实现了常温下的超导性。此项技术引发了大量关注，但目前来看该发现主要意义为物理学研究，由于大规模创造一万个大气压的极高压强环境实现难度较大，目前室温超导商业化难度极大。

表1：超导实现路径分类

实现路径	分类	温度范围	具体内容
极端低温	低温超导	$T_c < 25K$	超导物理中将临界温度在液氮温区的超导体称为常规超导体或低温超导体， $T_c < 25K$ ，目前已实现商业化的包括 NbTi ($T_c=9.5K$) 和 Nb ₃ Sn ($T_c=18k$)
	高温超导	$T_c \geq 25K$	超导物理中将临界温度在液氮温区以上的超导体被称为高临界温度超导体， $T_c \geq 25K$ ，有实用价值的主要有铋系（例如 Bi ₂ Sr ₂ Ca ₂ Cu ₃ O _{7-δ} ， $T_c=110K$ ）、钇系（例如 YBa ₂ Cu ₃ O _{7-δ} ， $T_c=92K$) 和 MgB ₂ ($T_c=40K$) 材料等。
极端高压	-	最高可达室温	在最新研究成果中，由罗切斯特大学和 Unearthly Materials 的 Ragan P. Dias 团队在实验中 1 GPa (10 kbar) 的压力下，在 20 °C (294 K) 的氮掺杂氢化镱中实现了常温下的超导性。

资料来源：西部超导招股书，网易新闻，民生证券研究院

由于超导体存在零电阻、完全抗磁性和量子隧穿效应三大特殊性质，超导材料近年来受到广泛关注。零电阻是超导材料最基本的性质，电阻为零时可以无损耗地传输电能；完全抗磁性指超体会把原来处于体内的磁场排挤出去，使内部的磁感应强度为零；量子隧穿效应是指在薄绝缘层隔开的两种超导体之间有电流通过，但超导结上并不出现电压。

表2：超导材料的特殊性质

性质	描述
零电阻	超导材料最基本的性质，一定极端条件下其电阻变为零，可以无损耗地传输电能。超导材料的零电阻特性可用于输电和制造大型磁体。
完全抗磁性	将超导体置于外磁场中时，超体会表现出完全抗磁性，即把原来处于体内的磁场排挤出去，其内部的磁感应强度为零，人们将此种现象称为“迈斯纳效应”。利用超导材料的完全抗磁性，可以制造超导磁悬浮列车。
量子隧穿效应	量子隧穿效应是指在薄绝缘层隔开的两种超导体之间有电流通过，但超导结上并不出现电压。超导材料的量子隧穿效应可用于弱电磁信号的检测，超导量子干涉仪 (SQUID) 是目前人类所掌握的能测量弱磁场的手段中最灵敏的仪器，可以探测强度为地磁场十亿分之一到百亿分之一的磁信号。

资料来源：西部超导招股书，民生证券研究院

超导的产业链包括上游的矿物资源原材料，中游的超导线材和超导磁体，以及下游的超导设备。目前低温超导领域以铌基超导材料（NbTi 和 Nb₃Sn）为主，高温超导主要包括铋系（BSCCO）、钇系（YBCO）、二硼化镁（MgB₂）等材料。

表3：超导产业链

产业链	主要产品	具体介绍
上游	高温超导：铋、锶、钇、钡、硼 低温超导：钛、铌、锡	在原材料环节，超导线材对原材料有很高的要求，工艺过程复杂，技术条件严格，但原材料的消耗量并不大，上游原材料对超导线材行业的影响并不明显。
中游	超导线材和超导磁体	低温超导线材主要为 NbTi 和 Nb ₃ Sn 超导导线，高温超导线材包括 YBCO 带材、BSCCO 带材、MgB ₂ 线材等；超导磁体是由超导线材绕制而成的能产生强磁场的超导线圈，并包括其运行所必要的低温恒温容器。
下游	超导设备	下游行业主要为各类超导设备，例如磁共振成像仪、磁控直拉单晶硅技术、核磁共振谱仪、质子加速器等。

资料来源：西部超导招股书，前瞻产业研究院，民生证券研究院

1.2 超导已实现成熟的产业化应用

目前全球超导市场以低温超导为主，我国低温超导开发和制备技术处于世界前列，高温超导技术应用同样快速发展。

超导的零电阻、完全抗磁性和量子隧穿效应三大特性使其区别于普通材料，有着独特的应用场景：1) 基于超导材料的**零电阻性质和完全抗磁性**，在超导材料中加载大电流，可以实现大电流运输、强磁场、磁悬浮等颠覆性技术；2) 基于**量子隧穿效应**，超导能够应用于量子计算和实现弱磁场探测。因此超导材料被广泛应用于电力传输、医疗器械、电子通信、国防军事、科学研究等多领域。

表4：超导终端需求应用场景及优点

领域	产品	优点
电子通信	超导通信电缆	1) 超导线路传递数据的速率高达每秒 1 亿次，比现有光纤通信的通信速率还快 100 倍；
	超导量子干涉仪	2) 用超导器件制成的超导量子干涉仪，能够测出极其微弱的电磁波，被广泛用于电子工业；
	超导量子计算机	3) 用超导芯片制成的超导计算机，运算速度快，计算机体积小，功耗小，高效率运算时间长。
交通运输	磁悬浮列车	1) 应用超导电磁线圈于磁悬浮可以产生更大的悬浮力和驱动力，而且更加节能、环保；
	超导推进系统	2) 超导推进系统具有单机容量大、效率高、噪音低、重量轻、尺寸小等优点。
军事领域	超导储能装置	1) 超导储能装置可应用于激光、粒子束和电磁武器发射器的储能，武器耗能更小、威力更大；
	超导滤波器	2) 超导滤波器是军事装备领域重要的元器件，可用于预警飞机、雷达、电子战设备、导弹制导部件等装备，能大幅提高接收机的灵敏度和选择性、增强抗干扰能力、加长预警时间、减小发射机功率。
电力能源	超导限流器	1) 超导限流器在短路故障时能迅速调整电流，提高电网的稳定性，改善供电的可靠性和安全性；
	超导输电电缆	2) 利用超导导线书店能够免去常规输电 10% 以上电力损失，电费开支节省 15% 以上；
	超导电机	3) 超导电机重量轻、紧凑性好，能够大大减少金属的使用量，降低成本；
	超导变压器	4) 超导变压器重量小体积小、更加节能环保，抗突发短路能力强。
医疗设备	MRI	由于超导磁体可以实现常规材料无法到达的磁场强度、磁场梯度和磁场均匀度，被广泛应用于医疗检测与诊断，能够提高检测的精确性，其中最主要的应用产品有：MRI 设备、NMR 设备以及心脑血管图等设备。
	心脑磁图	
	医用加速器	

资料来源：《中国工程科学》，前瞻产业研究院，民生证券研究院

目前超导应用最广泛的场景包括核磁共振成像和磁控直拉单晶硅技术：

1) 磁共振成像 (MRI)：磁共振成像是目前最精确、应用最广泛的医疗影像仪之一，但当前我国人均 MRI 拥有量与发达国家存在较大差距：截至 2022 年，我国核磁共振设备人均拥有量为 8 台/百万人，日本为 55 台/百万人，美国为 39 台/百万人。需求缺口大的同时，国内 MRI 市场又基本被国外公司 (GE、PHILIPS、SIEMENS) 垄断，因此国家将磁共振成像设备列为当前优先发展的高技术产业化重点领域之一，我国 MRI 产业发展潜力大。

2) 磁控直拉单晶硅技术 (MCZ)：磁控直拉单晶硅技术通过磁场对导电硅流体的热对流形成抑制作用，大幅改善晶体完整性、均匀性减少晶体的杂质和缺陷，实现大尺寸高质量单晶硅的快速生长。其中采用超导磁体提供 5000Gs 稳定磁场的 MCZ 技术是目前国内外生产 300mm 以上大尺寸半导体级单晶硅的最主要方法。而随着半导体产业的发展，中国已成为全球增长速度最快的单晶硅生产和消费国家，其中 MCZ 产品占总产量的 70%-80%。当前使用超导材料制作的 300mm 以上大尺寸单晶硅片成为国际主流，能够大大降低运行成本与能耗，从而带动下游超导线材和超导磁体的发展。

图1：磁共振成像示意图



注：左图为 MRI 用超导材料，中图为 MRI 扫描仪，右图为头部成像

资料来源：西部超导招股书，民生证券研究院

图2：磁控直拉单晶硅炉示意图



资料来源：西部超导招股书，民生证券研究院

2 高温超导成本低、性能优，发展前景广阔

2.1 高温超导性能优异

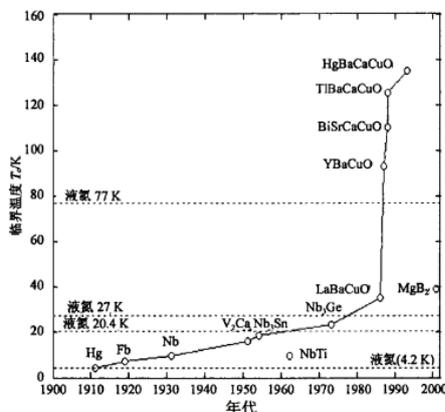
高温超导体是指 T_c (临界温度) $\geq 25K$ 的超导材料。人类最初发现的高温超导体是 1986 年瑞士科学家贝德诺兹和米勒制备的 T_c 为 35K 的镧—钡—铜—氧材料。此后各国科学家不断探索，不断提升已知高温超导体的最高临界温度。

相较传统的低温超导，高温超导具有使用成本低、应用限制少两大优势。随着目前高温超导材料的逐步成熟，未来高温超导有望在一些领域替代传统低温超导方案，并拓展新的应用领域，发展前景广阔。

1) 低温超导材料临界温度均小于 25K，需要在造价高昂的液氦 (4.2K) 环境下工作，而高温超导体可在较为廉价的液氮环境下工作，大大节约制冷成本。

2) 超导材料只有在电流密度 $<$ 临界电流密度 J_c 、环境温度 $<$ 临界温度 T_c 、外加磁场强度 $<$ 临界磁场强度 H_c 时才能进入超导状态。相比于主流低温超导材料 NbTi，目前应用较广的高温超导材料 YBCO 超导区域有了显著的拓展，应用场景更为广泛。

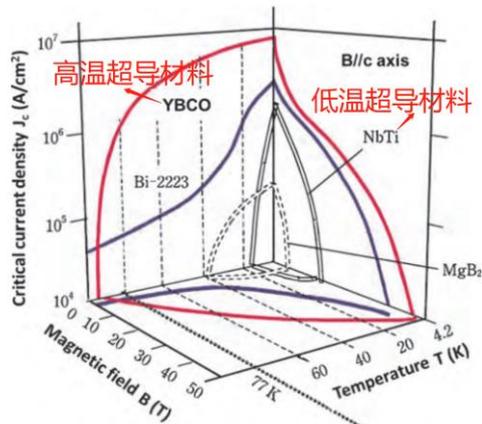
图3：超导体 T_c 提高的历史简图



资料来源：金建勋等《高温超导材料与技术的发展及应用》，民生证券研究院

*注：图中虚线自下而上为 4.2K 液氦、20.4K 液氦、27K 液氮、77K 液氮

图4：高温及低温超导体超导区域对比



资料来源：蔡传兵等《强磁场用第二代高温超导带材研究进展与挑战》，民生证券研究院

*注：图中 NbTi 为低温超导材料，其余为高温超导材料

2.2 高温超导产业化应用前景广阔

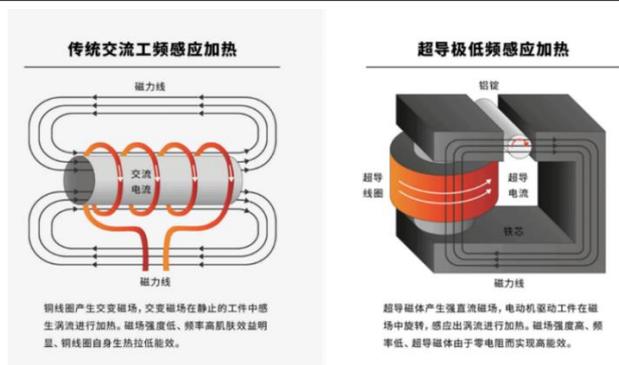
目前高温超导在感应加热、电力传输领域已得到初步应用，在可控核聚变领域应用的可行性得到证实。

1) 高温超导感应加热：高温超导感应加热主要利用 YBCO 等超导磁体产生强直流磁场，由电动机驱动金属工件在磁场中旋转，感应出涡流进行加热。相比传统

交流感应加热，高温超导感应加热具有效率高、加热质量高、可加热金属种类多、安装维护简单便捷四大优势。目前国内超导感应加热厂商主要为联创光电，产品已进入量产阶段。

2) 高温超导电力传输：高温超导电力传输系统包括电缆本体、冷却系统、监控系统等，其中冷却系统使用液氮，相比维持低温超导所需的液氦大大降低成本。2021年12月22日，国网上海市电力公司牵头完成的世界首条35千伏千米级超导电缆示范工程投入运行。该电缆全商业化运行，全长1.2千米，设计电流1.2安培，全球输送容量最大、长度最长，至今已稳定运行一年有余。

图5：超导感应加热与传统交流感应加热对比图



资料来源：联创超导官网，民生证券研究院

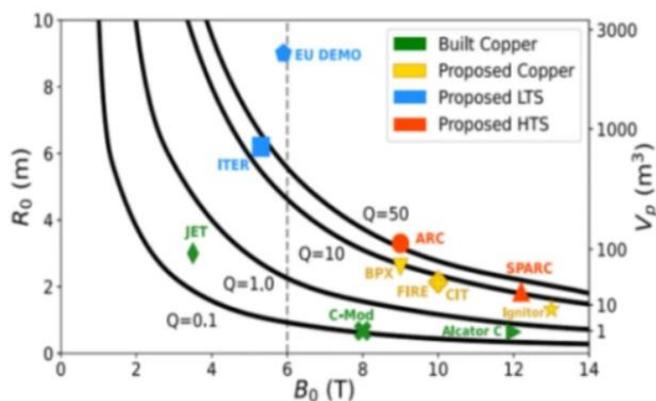
图6：上海千米级超导电缆铺设走向图



资料来源：焦婷等《从专利情报分析我国高温超导电缆的技术发展和保护现状》，民生证券研究院

高温超导材料用于可控核聚变的可行性已得到证实。磁约束可控核聚变通过产生强磁场约束带电粒子运动，可以加热粒子至数亿度高温，从而产生热核反应。目前，托卡马克装置已成为实现可控核聚变的主要途径，其体积与磁场强度呈负相关关系。相比低温超导材料，高温超导材料可以在较强磁场强度下稳定工作，从而帮助减小托卡马克装置体积，节约成本。2021年9月，MIT使用YBCO材料制成的高温超导磁体成功产生了高达20特斯拉的磁场，计划于2025年制成首个实现能量增益的磁约束聚变装置。

图7：托卡马克装置尺寸与磁场强度呈负相关



资料来源：腾讯新闻，等离子体物理研究所，民生证券研究院

3 高温超导相关公司梳理

3.1 联创光电

联创光电高温超导感应加热技术国际领先，积极推动产品市场化进程。2021年1月，公司设计的国际首台兆瓦级超导感应加热装置工业样机被运往中铝集团正式投入生产，首批产品于22年3月验收，各项性能指标完美符合要求。此外，公司于2022年11月4日和广亚铝业达成合作，将利用高温超导感应加热技术帮助广亚铝业进行节能技改，加速公司高温超导感应加热设备的市场化进程。目前联创光电正在计划拓展产能，且高温超导加热下游需求较大，公司可利用技术优势不断拓展客户群体，推广产品。

3.2 永鼎股份

公司下属全资子公司东部超导科技(苏州)有限公司专注第二代高温超导(2G-HTS)带材，主要从事超导电缆、超导磁体、超导限流器、超导电机的产业化发展以及超导变压器、全超导电力系统集成的研发推广。永鼎股份下属的苏州新材料研究所有限公司主营研发新型高温超导(HTS)千米长带材的研究开发。

3.3 西部超导

西部超导是我国超导材料的龙头企业，业务广泛。在超导领域主要从事超导材料的研发、生产和销售，是目前国内唯一实现超导线材商业化生产的企业。在高温超导材料方面：专注Bi-2223和MgB₂的研发和产业化，已掌握核心制备技术；重点发展20T以上全超导磁体、高性能核磁共振MRI/NMR用超导线材、低成本千米级高温超导涂层导体织构化基带及功能层沉积技术、高性能Bi系和铁基超导线材制备技术；参与研制出国际首台0.6T MgB₂核磁共振成像仪。

3.4 百利电气

百利电气下属控股子公司北京英纳超导技术有限公司是国内较早成立的专业研发高温超导材料的企业，主要从事铋系高温超导线材的研发生产，获得多项高温超导线材制备及高温超导应用领域的核心技术授权专利。

4 风险提示

1) 高温超导技术研发进度不及预期。相当一部分高温超导材料仍处于实验室阶段，具有制备困难、有害环境、不易保存、临界条件苛刻等多种问题，如果高温超导材料研发进展不及预期，则可能影响产业应用进展。

2) 高温超导产业化进程不及预期。目前我国实用化超导材料，尤其是高温超导的批量化制备技术尚显薄弱，科研成果商业化转化衔接不足，目前行业仍处于产业化初级阶段。如果高温超导产业化进度不及预期，则可能对行业公司发展产生影响。

插图目录

图 1: 磁共振成像示意图.....	5
图 2: 磁控直拉单晶硅炉示意图.....	5
图 3: 超导体 Tc 提高的历史简图.....	6
图 4: 高温及低温超导体超导区域对比.....	6
图 5: 超导感应加热与传统交流感应加热对比图.....	7
图 6: 上海千米级超导电缆铺设走向图.....	7
图 7: 托卡马克装置尺寸与磁场强度呈负相关.....	7

表格目录

重点公司盈利预测、估值与评级.....	1
表 1: 超导实现路径分类.....	3
表 2: 超导材料的特殊性质.....	3
表 3: 超导产业链.....	4
表 4: 超导终端需求应用场景及优点.....	4

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。本报告清晰地反映了研究人员的研究观点，结论不受任何第三方的授意、影响，研究人员不曾因、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收到任何形式的补偿。

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
行业评级	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