

寻找氢的能源定位——从日本和马斯克的分歧说起

电气设备

评级：看好

日期：2024.05.24

分析师 蔡紫豪

登记编码：S0950523070002

✉：caizihao@wkzq.com.cn

分析师 张鹏

登记编码：S0950523070001

☎：18373169614

✉：zhangpeng1@wkzq.com.cn

报告要点

日本是在氢能源的方向上走的最早、最坚定的国家之一，是全世界第一个把氢能作为国家战略的国家。然而，马斯克则表示“氢气是我能想象到的能源存储最愚蠢的事情”。如何看待日本和马斯克的分歧？如何理解氢在能源体系中的定位？我们试着结合氢的物理属性和应用场景，提出我们的思考。

针对氢在能源体系中的定位，我们构建了四维指标：热值价格、体积能量密度、质量能量密度、能量效率。氢的在质量能量密度方面有优势，在体积能量密度、能量效率方面存在劣势。从热值价格角度，氢并没有贵的离谱：以 20 元/kg 的氢气价格计算，氢的热值处于中游水平。如果氢能价格下降到 10 元/kg，则氢的热值价格接近天然气。

氢能主要应用场景将集中于“难电气化”领域，重卡、长时储能、热电联动等场景构成补充。“电-氢-电”循环的不足 40% 的能量效率确实有很大劣势。但我们认为，除了能量效率外，还要考虑到质量能量密度和体积能量密度，并结合具体的应用场景。1) 在水泥、玻璃、钢铁等难以电气化的领域，氢能是最可行的减碳路径。2) 在重卡等对重量敏感领域，氢能可以发挥高质量能量密度优势；3) 即使在“电-氢-电”的循环中，两个“电”的时间、空间可能发生的变化，其内含的经济价值也是不一样的，在跨季节长时储能场景，氢能依然可以发挥经济价值。4) 如果考虑热电联动，氢能源依然是一种经济高效的能源。

天然气和氢气具有天然的联系，氢能的定位可以类比天然气，看好天然气和氢气的融合发展。天然气的主要成分甲烷是含氢量最高的烃类，天然气和氢能有着天然的联系。天然气和氢都是绿色清洁的能源，都具有较高的质量能量密度，但在体积能量密度上存在短板。从储运方式来看，天然气和氢气的储运有相似之处，天然气的存量基础设施可以重复利用于氢能。从应用场景来看，天然气和氢能的应用场景亦有相似之处。天然气的消费结构以工业燃料和城市燃气需求为主，其次为天然气发电、化工用气。在这些领域中，氢气同样可以扮演角色。

投资建议：建议关注氢能储、运、加全产业链布局的中集安瑞科。

行业表现

2024/5/23



资料来源：Wind，聚源

相关研究

- 《五大指标洞察行业变化（23 年&24Q1）——电网储能电力》（2024/5/17）
- 《光伏、风电行业 2024 年年报一季报总结：业绩承压，否极泰来》（2024/5/16）
- 《锂电行业点评：中游材料受益于以旧换新政策，IRA 法案或边际宽松》（2024/5/10）
- 《锂电材料行业 2024 年 Q1 财报点评：盈利承压，有望进入底部区间》（2024/5/9）
- 《五矿证券新能源产业趋势跟踪（24 年 4 月下旬）：以旧换新政策落地，叠加北京车展共同刺激汽车市场需求》（2024/5/6）
- 《氢能爆发，基建先行，储运设备国产化进程几何》（2024/4/22）
- 《锂电行业点评：低空经济和半固态电池有望促进高能量密度电池发展》（2024/4/19）
- 《新能源产业趋势跟踪（24 年 4 月上）：新兴市场的电池需求有望逐步打开》（2024/4/18）
- 《新能源产业趋势跟踪（24 年 3 月下）：新能源车单月渗透率新高，小米首车上市破圈》（2024/4/8）
- 《五矿证券新能源产业趋势跟踪（24 年 3 月上）：需求回暖供给释放延迟，光伏底部渐清晰》（2024/3/20）

风险提示： 1、市场竞争加剧。氢能的市场前景吸引众多公司布局，可能导致竞争加剧，影响企业盈利能力。
2、技术变动风险。氢能行业仍在产业初期，技术路线存在变数，相关技术的变动可能影响企业盈利。

内容目录

一、氢能观点的对撞：日本 VS 马斯克	3
二、寻找氢的能源定位	4
1、能源视角下，氢能的四维指标	4
2、氢能的应用场景探寻	6
三、定位对标：现有能源中，谁和氢气最为类似？	11
四、投资建议	14
风险提示	14

图表目录

图表 1：日本氢能发展的重要节点	3
图表 2：不同能源的单位热值价格（元/MJ）	4
图表 3：不同能源的单位质量热值（MJ/kg，LHV）	5
图表 4：不同能源的单位体积热值(MJ/Nm ³ ，LHV)	5
图表 5：P2X 的能量效率	6
图表 6：建材行业首批重大科技攻关项目	6
图表 7：德国的氢能一体化项目西海岸 100	8
图表 8：中国与欧洲的氢冶金项目	8
图表 9：2060 年中国氢冶金发展的路线	9
图表 10：纯电重卡和氢能重卡对比	9
图表 11：日本家庭用燃料电池系统数量	11
图表 12：天然气的排放指标明显由于煤炭	12
图表 13：天然气消费量在 2040 年之前仍有增长空间	12
图表 14：天然气和氢气的性质最为相似	13
图表 15：2023 年中国天然气消费结构	13
图表 16：天然气与新能源融合发展路径	14

日本是在氢能源的方向上走的最早、最坚定的国家之一。2017年，日本就发布了《氢能基本战略》，是全世界第一个把氢能作为国家战略的国家。然而，氢能源的反对之声也不少见。马斯克就曾说过“氢气是我能想象到的能源存储最愚蠢的事情”。如何理解氢在能源体系中的？我们试着结合氢的物理属性和应用场景，提出我们的思考。

一、氢能观点的对撞：日本 VS 马斯克

日本对待氢能源的态度非常积极。早在1973年，日本就成立了“氢能源协会”。2009年，日本政府发布了《燃料电池汽车和加氢站2015年商业化路线图》，明确燃料电池的商业化进程。

福岛核电站事故是日本能源政策的一个巨大转折点。福岛核电站事故使日本被迫放弃了对核能的期待，从而更加重视氢能源。2013年安倍政府推出《日本再复兴战略》，提到4次“氢能”，把发展氢能源提升为国策，并启动加氢站建设的前期工作。2014年，内阁修订了《日本再复兴战略》，发出建设“氢能社会”的呼吁。同年日本提出第四次《能源基本计划》，将氢能源定位为与电力和热能并列的核心二次能源，提出建设“氢能社会”，并公布了《日本氢和燃料电池战略路线图》。对日本来说，2014年可以说是“氢能社会”的元年。2017年，日本提出了《氢能战略》，是全球第一个提出氢能战略的国家。2023年，日本在原有氢能战略的基础上又进行了一定的修正。

图表 1: 日本氢能发展的重要节点

年份	政策规划
1973	日本成立“氢能源协会”，以大学研究人员为中心进行氢能技术研发，氢能与燃料电池的发展拉开序幕
1993	新能源和产业综合开发机构 NEDO 牵头开展了一项为期 10 年的氢能源系统技术研究开发项目
2008	日本燃料电池商业化协会制定 2015 年向普通用户推广燃料电池车计划
2009	日本政府发布《燃料电池汽车和加氢站 2015 年商业化路线图》，再次明确了日本燃料电池的商业化进程
2013	安倍晋三政府推出《日本再复兴战略》，把发展氢能提升为国策，并启动加氢站建设的前期工作
2014	日本内阁修订《日本再复兴战略》，发出建设“氢能源社会”的呼吁；发布《第四次能源基本计划》，将氢能定位为与电力和热能并列的核心二次能源，提出建设“氢能源社会”；公布《日本氢和燃料电池战略路线图》
2015	安倍晋三政府在施政方针演说中表达了实现“氢能社会”的决心，旨在继续建造燃料电池加氢站之后，通过氢能发电站的商业运作来增加氢能流动量并降低价格；NEDO 出台氢能白皮书，将氢能定位为国内发电的第三支柱
2017	日本发布《氢能基本战略》，将氢能作为重要的二次能源进行示范应用，提出 2030 年实现氢燃料电池发电商业化，建立大规模氢能供给系统，2050 年全面普及氢燃料电池汽车，建成零碳氢燃料供给系统；鼓励家用燃料电池消费，采用 ENE-FARM 替代家庭传统能源
2018	日本政府牵头组织车企、能源、气体、金融企业多方合作，建立 Jpan H2 Mobility 经营实体，加快推进氢能基础设施建设和运营
2019	日本发布氢能利用进度表，明确氢能应用的关键目标；在与国际能源署合作发布的报告《氢能的未来》中，日本呼吁尽快启动第一条氢贸易国际航线；日本将大规模拓展氢气海外贸易，积极发展燃料电池汽车海外销售市场
2020	日本提出碳中和行动计划，明确到 2030 年将年度氢能供应量增加到 300 万吨，到 2050 年达到 2000 万吨。重点发展氢燃料电池动力汽车、船舶和飞机，2050 年将现有传统燃料船舶全部转化为氢、氨、液化天然气等低碳燃料动力船舶；开展燃氢轮机发电技术示范；推进氢还原炼铁工艺技术开发；
2021	日本通过《第六次能源计划》，明确电力行业通过氢/氨发电和基于碳捕集、利用与封存 (CCUS) 技术创新火力发电模式；电气化不可行的部门（如高温、高压需求）将通过使用氢

能、合成甲烷和合成燃料进行脱碳。2030年氢/氨发电占比将实现1%。

2023 发布《氢能战略（修订版）》，新设定了到2040年氢（含氨）供应量1200万吨/年的目标。日本将致力于实现到2030和2050年氢能供应成本30日元/立方米（约合1.5元人民币/立方米）和20日元/立方米，以及2030年氨供应成本10日元/立方米氢当量的目标。明确低碳氢排放量低于3.4千克CO₂/千克H₂

资料来源：《全球氢能产业发展的现状与趋势》张然，中国科学院科技战略咨询研究院，五矿证券研究所

马斯克一直是氢能的反对者。马斯克认为氢能源车为“一种非常糟糕且愚蠢的技术”，并且氢能源也是“储能领域最愚蠢的选择”。马斯克的核心逻辑在于转换效率——“为了产生一公斤的氢气，所需的电量高达55度，而用这相同的电量，一辆电动车能够轻松驾驶逾400公里。反观，用一公斤氢气，汽车的行驶距离却仅为约80公里。”

怎么看待氢在能源系统中的定位？日本是否选择了错误的路线？

二、寻找氢的能源定位

我们认为，“电-氢-电”循环确实在能量效率角度存在劣势，但能量效率并非唯一考量因素。在很多“难电气化”的领域，氢能依然是降低碳排放的最可行手段。同时，如果考虑热电联动，氢的能量效率也可以大幅提升。

1、能源视角下，氢能的四维指标

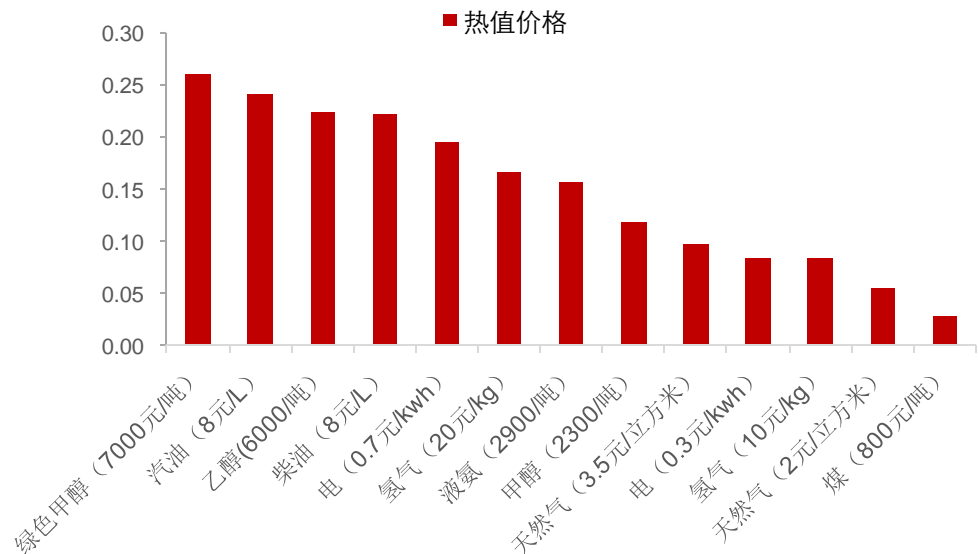
我们认为，在氢能源应用推广的过程中，核心关注两点：经济性和应用场景。基于以上两点，我们进一步延伸出4个指标：热值价格、体积能量密度、质量能量密度、能量效率。

(1) 热值价格

乙醇、甲醇、汽油、天然气、氢气，不同类型的能源有不同的价格。我们将上述能源价格统一为单位热值价格——能提供1MJ热值对应的价格。

可以看出，不同燃料的热值价格有很大差异。氢的热值价格并非高到离谱。按20元/kg的绿氢价格估算，其单位热值的价格依然低于汽油、柴油。如果绿氢价格能下降到10元/kg，其单位热值的价格可以和天然气竞争。从这个角度来看，氢作为能源有很大的发展前景。

图表2：不同能源的单位热值价格（元/MJ）

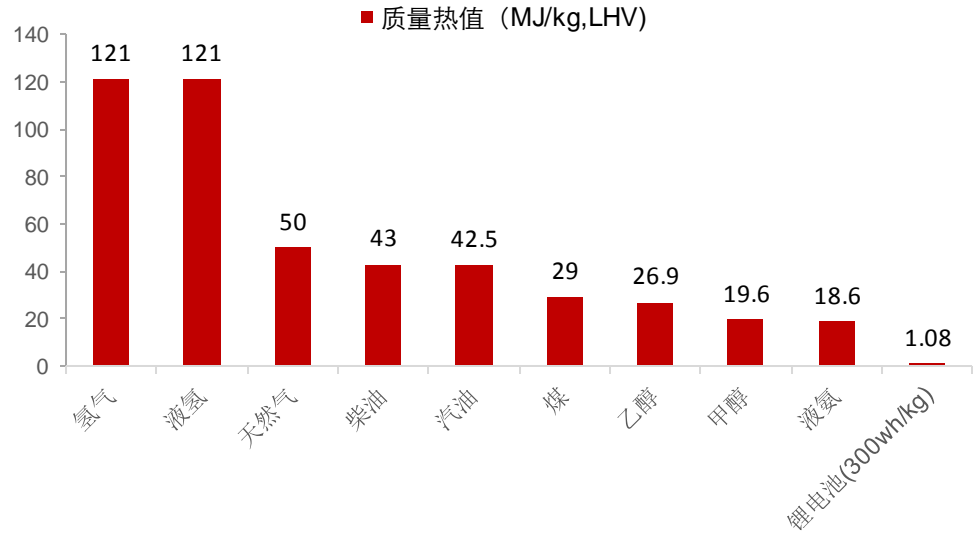


资料来源：氢能百问百答手册，五矿证券研究所

2) 质量能量密度

氢的质量热值非常高，这是氢能源的长板。如果对燃料的质量非常敏感，氢是非常合适的能量载体。比如在航天飞机中，就经常以液氢作为燃料。与此相对应的是锂电池。以能量密度300wh/kg的锂电池为例，换成为MJ单位后，质量热值只有1.08MJ/kg，明显偏低。这也导致锂电池不适合于一些对重量敏感的应用场景。

图表 3: 不同能源的单位质量热值 (MJ/kg, LHV)



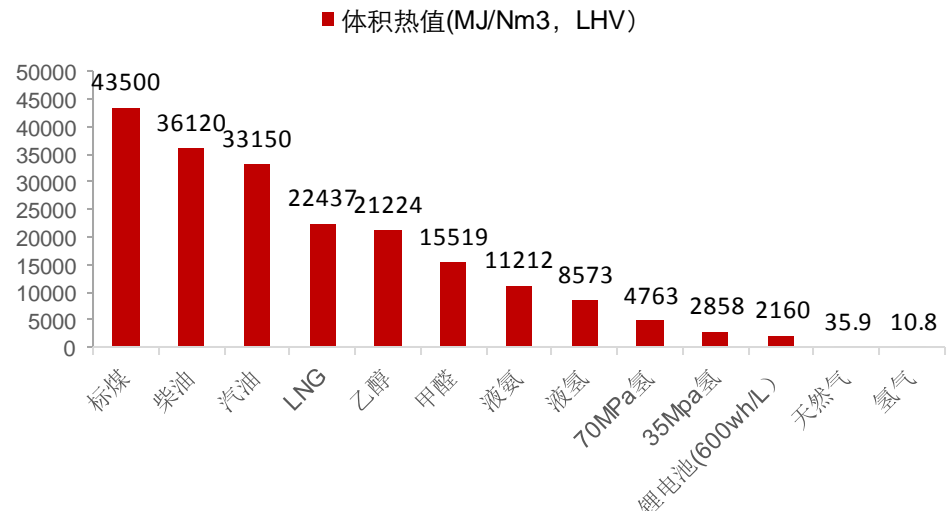
资料来源: 氢能百问百答手册, 五矿证券研究所

3) 体积能量密度

1 立方米氢气的热值约 10.8MJ，大约为天然气的 1/3，更是远低于 LNG、汽油、柴油。即使加压到 70Mpa 的水平，氢气体积热值依然大约只有 LNG 的 1/5，只有汽油的 1/7。这就决定了氢气适合于对体积要求不高的领域，比如工业上的连续生产。

从体积热值看，在 35/70Mpa 的压力下，氢的体积热值还是比锂电池还高。但丰田的氢燃料动力汽车 Mirai 的后备箱空间并不宽裕。锂电池可以做成不规则的异型，来适应车内空间。但储氢罐只能做成圆柱形，因此在车上的实际空间表现并不突出。

图表 4: 不同能源的单位体积热值(MJ/Nm3, LHV)

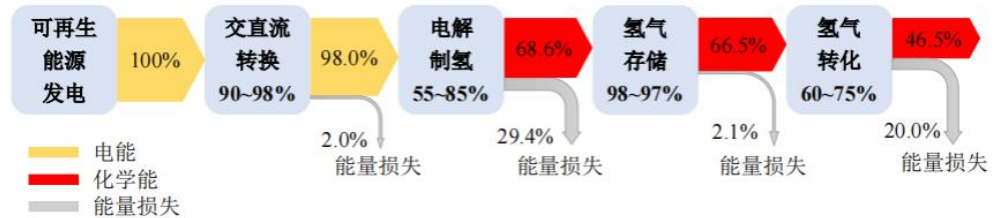


资料来源: 氢能百问百答手册, 五矿证券研究所

4、能量效率

对锂电池来说，电量一次充放循环的利用效率大约在 90%左右。而对“电-氢-电”的循环来说，能量利用率不足 40%。以电解水制氢为例，目前电解水制氢的效率约 70%，燃料电池的效率约 50%~60%。也就是说即使不考虑中间储运过程的损失，“电-氢-电”能量转换效率也只有 35%~42%。在 P2X (power to X, 用氢+电力制备氨、醇、各种碳氧化合物等) 的流程中，能量的利用效率约 40%~55%。能量效率确实是当前氢能的短板所在。

图表 5: P2X 的能量效率



资料来源：电力多元转换 (Power-to-X)：技术路径、应用与挑战 (李亚楼, 王丹丹, 赵飞, 李芳), 五矿证券研究所

2、氢能的应用场景探寻

“电-氢-电”循环的不足 40%的能量效率确实有很大劣势。但我们认为，除了能量效率外，还要考虑到质量能量密度和体积能量密度，并结合具体的应用场景。针对氢的应用场景，本文强调三点：

- 1) 电气化并不是万能的，在难以电气化的领域，氢能是最可行的减碳路径。
- 2) 在“电-氢-电”的循环中，两个“电”的时间、空间可能发生的变化，其内含的经济价值也是不一样的，特别是针对高可再生能源占比的电力系统。虽然“电-氢-电”的能量利用效率不足 40%，但其经济价值却不一定低。
- 3) 如果考虑热电联动，氢能源依然是一种经济高效的能源。

(1) 难电气化领域，氢能是最可行的减碳路径。

在玻璃、水泥、高炉炼钢等领域，电气化难以推行，氢气成为减碳重要手段。2021 年，中国建材行业首批重大科技攻关项目“揭榜”，其中就包括绿色氢能煨烧水泥熟料关键技术、玻璃熔窑利用氢能成套技术及装备。

图表 6: 建材行业首批重大科技攻关项目

榜单任务	序号	揭榜项目名称
绿色氢能煨烧水泥熟料关键技术	1	绿色氢能煨烧水泥熟料关键技术应用基础与中试研究
	2	氢供氢替代煤在水泥熟料产线中的绿色氢能降碳工业化示范应用
	3	双供氢系统水泥熟料氢能煨烧及窑炉烟气 CO2 转换利用中试研究
新型低碳凝胶材料研发与示范应用	4	新型低碳水泥基材料研发与应用示范
	5	高贝利特硫铝酸盐低碳凝胶材料的研究与应用示范
	6	基于活化铝硅酸盐的绿色低碳凝胶材料研发与应用示范
	7	普适性低碳硫(铁)铝酸盐水泥制备与工程应用
新型固碳凝胶材料制备及工业窑炉尾气 CO2 材料化利用关键技术	8	新型固碳凝胶材料制备及水泥窑废气中 CO2 材料化利用关键技术

	9	新型固碳胶凝材料制备及工业窑炉尾气 CO ₂ 材料化关键技术
	10	碳化活性水泥基材料制备及工业窑尾养护水泥混凝土制品关键技术与应用
	11	新型固碳胶凝材料制备及工业窑炉尾气 CO ₂ 材料化利用关键技术
	12	水泥窑炉烟气 CO ₂ 催化转化利用关键技术研究
水泥窑炉烟气 CO ₂ 催化转化利用关键技术研究	13	建材行业窑炉烟气 CO ₂ 电催化转化制备合成气关键技术研究
玻璃熔窑利用氢能成套技术及装备	14	玻璃熔窑利用氢能成套技术及装备
	15	玻璃熔窑利用氢能成套技术装备与工程示范
大尺寸多规格锂铝硅玻璃研制及生产	16	锂铝硅风挡玻璃原片的国产化研制
	17	大尺寸多规格锂铝硅玻璃研制及生产
	18	大尺寸多规格锂铝硅玻璃关键技术开发及产业化
大型科技高性能次承力复合材料结构件关键技术研究	19	民机用高性能次承力复合材料结构件关键技术研究
深海复合材料耐压舱段研制及示范应用	20	深海复合材料耐压舱段研制及示范应用
核动力堆高放射性废液固化玻璃研制及应用	21	核动力堆高放废液固化玻璃研制及应用
	22	核动力堆高放废液固化玻璃研制及应用

资料来源：澎湃新闻，五矿证券研究所

玻璃行业

玻璃生产过程的 CO₂ 排放主要来自玻璃的熔化环节（占 75%~85%）和配合料中碳酸钠 Na₂CO₃、石灰石 CaCO₃ 和 白云石 CaMg (CO₃) 等硅酸盐分解排放（占 15%~25%）。玻璃熔化过程采用的主要燃料有天然气、重油、煤焦油、石油焦粉和煤气等。这些化石燃料的燃烧会释放大量的 CO₂。玻璃行业减碳的主要路径有 2 个方向：电气化和氢能。

- 1) 使用电熔窑熔化玻璃。玻璃的电熔化是基于其在 800~900 °C 成为电导体的特性。中国上世纪 70 年代就开始了玻璃电熔技术的研究，但直至今日，电熔窑仍然受到窑炉大小、玻璃组成和配合料中所含碎玻璃数量的限制。目前 100t/d 以下的电熔窑技术已经成熟，200~250t/d 的电熔窑有一定运营经验，极少数单位有 300~350t/d 电熔窑的概念设计。
- 2) 使用氢燃料替代化石燃料。根据秦皇岛玻璃工业研究设计院测算，当氢能替换率为 30% 时，可以实现燃烧过程减碳 10%~15%。2021 年，肖特尝试在美因茨总部的熔炉中首次使用氢气和天然气的混合物进行大规模熔化试验，将氢气比例（按体积计）将逐渐增加到 35%。2024 年，肖特进一步使用 100% 氢气生产光学玻璃。2023 年，圣戈班在德国赫尔佐根拉特工厂使用 30% 以上氢气进行平板玻璃试生产，证明了用大量氢气制造平板玻璃的技术可行性，并将使工厂的直接二氧化碳排放量减少 70%。

水泥行业

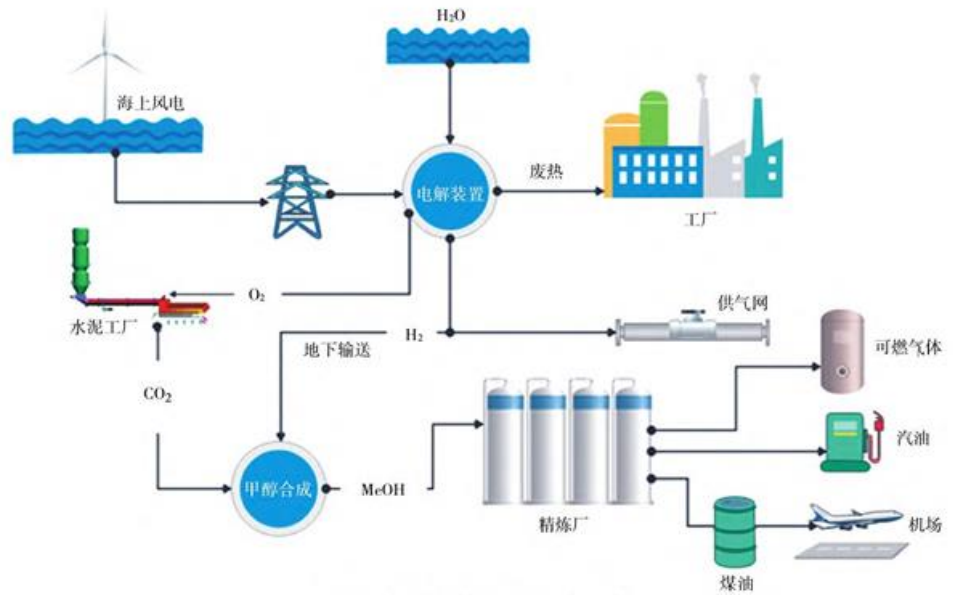
氢能在水泥工业中的应用方式主要有两种：(1) 氢气作为燃料直接燃烧产生热量，用于煅烧水泥熟料；(2) 氢气与熟料生产过程中产生的 CO₂ 发生反应，制备甲醇作为燃料，用于熟料煅烧或向其他企业供能。

国际知名水泥公司 Heidelberg、CEMEX 等均将发展氢能列为重要技术发展方向。

德国 Heidelberg 公司建立的汉森水泥氢气技术示范项目首次成功将混合燃料（39% 氢气、12% 肉骨粉、49% 甘油）用于商业规模的水泥制备。

德国首个氢能技术项目“西海岸 100”，利用海上风电进行电解水制氢，电解水过程的废热用于工业领域；副产物氧气用于当地水泥厂生产；主产物氢气一部分通过管道外送，另一部分与水泥厂产生的二氧化碳一起用于生产甲醇。

图表 7：德国的氢能一体化项目西海岸 100



资料来源：双碳背景下水泥行业氢能的发展现状及趋势（李华军等），五矿证券研究所

钢铁行业

氢冶金主要分为 3 种工艺：（1）传统高炉的富氢冶炼工艺，（2）氢基竖炉冶炼工艺，（3）基于流化床反应器的氢还原铁工艺。其中传统高炉富氢冶炼容易实现规模化，但因喷吹氢气体量受限，使得高炉富氢还原的碳减排幅度为 10~20%，碳减排潜力有限；氢基竖炉冶炼工艺需要高品位球团矿(66%以上)，全球可用产能约 2 亿吨并且扩产空间有限；基于流化床反应器的氢还原铁工艺目前还处在初期探索阶段,技术不够成熟。

河钢氢冶金示范工程一期工程使用以焦炉煤气为还原气体的高压竖炉零重整氢冶金技术，CO₂ 减排比例达到 70%，产品金属化率已达 95%以上。宝武钢铁 2500 立方米富氢碳循环氧气高炉商业示范项目已全线贯通，预期目标是：高炉利用系数提高 40%，固体燃料比降低 30%，铁水碳排放强度整体下降 21%，减排二氧化硫 55 吨/年、减排氮氧化物 75 吨/年。

在海外，H2 Green Steel 采用氢冶金技术，计划到 2030 年每年生产 500 万吨绿色钢铁。目前 H2 Green Steel 已经与保时捷、宝马、梅赛德斯等公司签订了价值 1.3 亿美元的 7 年期绿色氢衍生钢供应协议。

图表 8：中国与欧洲的氢冶金项目

企业	项目信息
宝武	富氢碳循环高炉（研发阶段） 100 万吨氢气直接还原铁
河钢	120 万吨氢气直接还原铁
酒钢	煤基氢冶金（研发阶段）
建龙	产能 30 万吨氢基熔融还原（副产氢）
日照	产能 50 万吨氢基直接还原铁（副产氢）
晋南	两座 1860 立方米（约每年 300 万吨）高炉规模化喷吹氢气项目

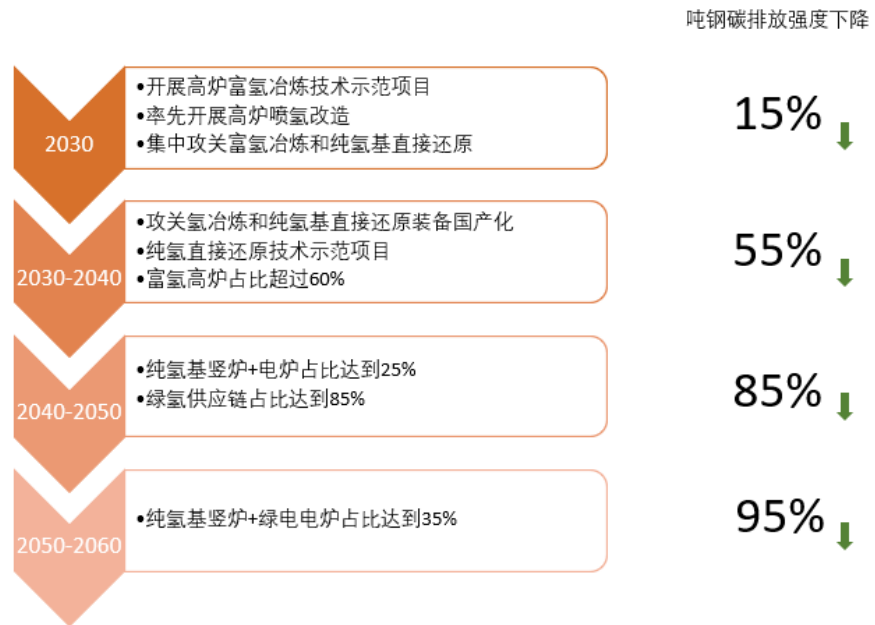
中晋太行	30万吨氢气直接还原铁
HRBRIT (瑞典)	2025年氢基零碳钢铁示范工厂
H2 Green Steel (瑞典)	2030年500万吨非化石钢铁
ThyssenKrupp (德国)	年产120万吨氢直接还原铁
ArcelorMittal(德国、法国)	产能10万吨绿氢直接还原铁

资料来源：RMI，五矿证券研究所

当前氢冶金成本依然偏高。生产一吨铁需焦炭 340kg，如果采用氢冶金方法需要氢气 89kg。仅考虑燃料成本，以焦炭价格 2000 元/吨估算，需要氢气成本为 7.64 元/kg 才可以实现平价。如果碳税为 200 元，生产一吨铁的 CO2 排放量 1.25 吨，氢气成本大约 10.45 元/kg 时可以实现平价。

自然资源保护协会在《面向碳中和的氢冶金发展战略研究》提出了现阶段到 2060 年氢冶金发展的路线图和政策建议。报告认为中国在 2040 年之前以高炉富氢冶炼技术为主，2040 年之后氢基直接还原技术有望大规模推广。2060 年，钢铁行业吨钢碳排放强度有望下降 95%。

图表 9：2060 年中国氢冶金发展的路线



资料来源：NRDC，五矿证券研究所

(2) 发挥质量能量密度优势，助力重卡电气化

但由于锂电池的质量能量密度低，所以纯电并不适合于长途重载的场景，而氢能重卡可以发挥高质量能量密度优势。

轻量化是卡车行业发展的热点方向。在总载重量不变的前提下，通过降低自重可以提升载货量，实现更好的经济效益。而对纯电重卡来说，要提升续航就需要增加电池的装载量，这无疑会增加卡车的自重，与轻量化趋势形成了矛盾。纯电重卡要实现 400km 的续航需要 2.85 吨的电芯。相比氢能重卡，纯电重卡的载重能力会减少大约 3 吨。运费按每吨公里 0.4 元计算，意味着每 100km 会少 120 元收入。按 1 年行驶 10 万公里计算，3 吨的重载能力会减少 12 万收入。此外，氢能重卡在补能速度、低温适应性方面亦有优势。

图表 10：纯电重卡和氢能重卡对比

纯电电动汽车	燃料电池汽车
--------	--------

功率密度	1-1.5kw/L	3-4kw/L (电堆)
能量密度	170w h/kg (磷酸铁锂)	500w h/kg
续航	200-300km (配备 300-400kwh 电量)	400km (配备 110kw 氢燃料系统 +100kw h 锂电) ●35Mpa*8 标准气罐: 400km ●70Mpa*8 标准气罐: 600-800km ●液氢储罐: 1000km
寿命	3 万小时	1.5-2 万小时

资料来源: 罗兰贝格, 五矿证券研究所

(3) 充分利用电的“时”“空”差异, 长时储能仍有可为

尽管“电-氢-电”的循环中, 能量效率不足 40%。但如果不同“时”“空”的电价差足够大, 依然具备经济性。尤其是在跨季节的长时储能领域, 两大特点决定氢/氨是最为可行的调节手段。

1) 储能容量大。2023 年 Q1, 中国太阳能发电量为 612 亿 kwh, 相比三季度少发电 208 亿 kwh。未来随着可再生发电比例的进一步提升, 发电量的季度不平衡会愈发明显。而季度间的发电量波动在百亿 kwh 级别, 如此体量的电量无法用锂电池、空气压缩等方式进行调节。2024 年公布的新型储能项目示范名单中, 空气储能示范项目的最大规模为 300MW/1800Mwh, 对应的储能时长也就 6h。而跨季节长时储能需要应对一个月份、一个季度的用电需求, 6h 的储能并不能满足需求。最合理的发电方式还是燃气轮机形式, 但考虑到减碳需求, 燃料可以替换为氢/氨。特别是氨更容易以液态储存, 大大降低了储存成本。另外, 氨本身就是大宗商品, 存在大体量的流通市场, 可以通过市场手段利用社会库存, 无需专为储能需求大规模新建储存设施。

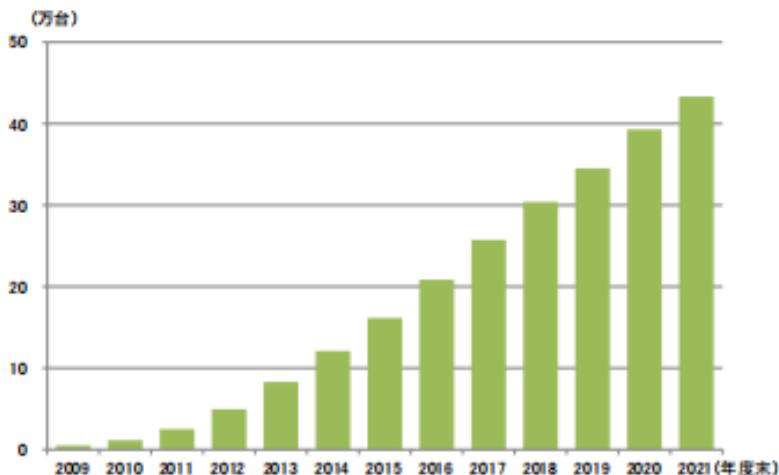
2) 循环次数少。电化学储能项目一般到做到一天一充一放, 甚至两充两放。但对长时储能来说, 可能是一年一充一放。这就导致跨季节长时储能的主要成本是折旧, 对初始投资成本更为敏感。在这种场景下, 燃气轮机是更好的发电形式。由于氢燃气轮机只和功率相关, 可以做到发电功率和发电能量的完全解耦。一台氢燃气轮机机组可以匹配数百小时的燃料, 从而压缩每度电的折旧成本。

(4) 热电联动, 突破效率的瓶颈

燃料电池的能量利用效率大约在 50-60%。但是如果考虑热电联动, 能量利用率可以达到 90% 以上。考虑热电联动后, “电-氢-电”循环的能量效率可以提升到 60% 以上。

日本在家庭热电联动方面走的比较领先。松下的热电联动系统 ENE•FARM 700W 燃料电池, 综合能源转换效率高达 97%。目前日本氢燃料电池热电联动系统的累计安装数已经突破 40 万台, 其中燃料电池的氢气来自天然气重整。

图表 11：日本家庭用燃料电池系统数量



资料来源：日本能源白皮书 2023，五矿证券研究所

《氢能产业发展中长期规划（2021—2035）》中提到，要“根据各地既有能源基础设施条件和经济承受能力，因地制宜布局氢燃料电池分布式热电联供设施，推动在社区、园区、矿区、港口等区域内开展氢能源综合利用示范。”

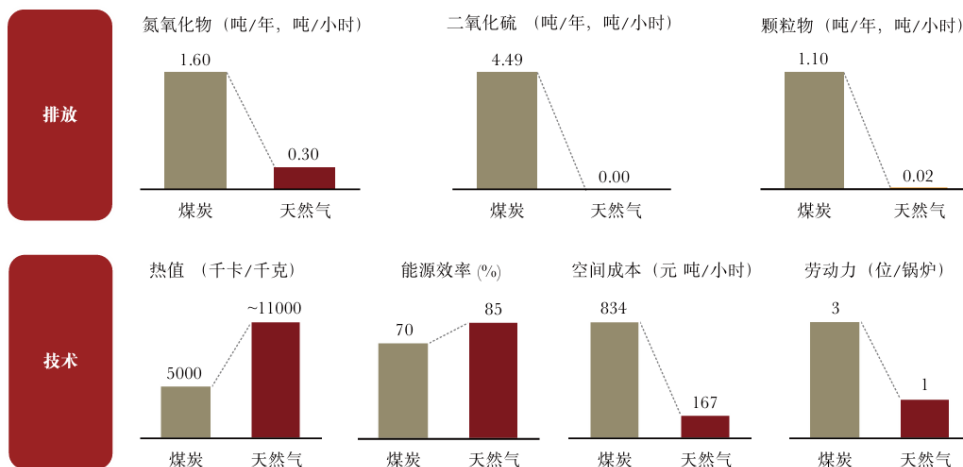
热电联动的关键还是有低成本的氢源，当前更看好工业园区场景。假设氢成本为 20 元/kg，1Kg 氢气发 15kwh 的电，即使考虑供热成本，也没有太多的经济性。当前阶段，使用低成本的工业副产氢是目前比较有前景的方向。2023 年，开元化工氢燃料电池热电联供示范项目开工。开元化工所使用的氢气为氯碱化工副产氢，目前氢气除生产自用、外售，年富余氢气约 2343.66 万 Nm³。该项目是国内氯碱行业首次尝试将副产氢气作为能源加以综合利用。项目建成后，不仅可以满足周边燃料电池车的用氢需求，每年预计还可以减少 16GWh 电力外购，减少 1 万吨蒸汽外购，减排 CO₂ 超过 1 万吨。

三、定位对标：现有能源中，谁和氢气最为类似？

对比往往可以帮助我们更好的理解。我们认为，天然气和氢的物理性质、储运方式、应用领域都具有相似性。探寻氢的定位，可以从天然气的发展中寻找借鉴。在氢能发展的初期，天然气和氢的融合发展将会是氢能发展中的主旋律。待氢能源发展成熟之后，氢能将会部分替代天然气。

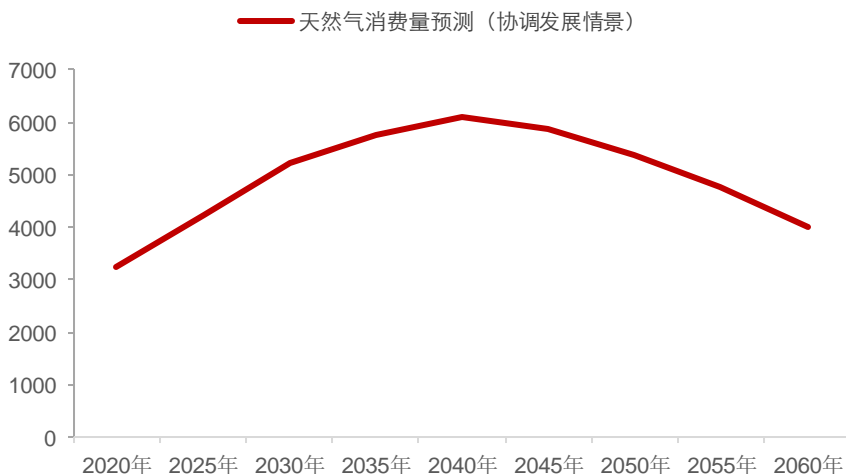
天然气被称为连接化石能源和新能源的“桥梁能源”。天然气虽是化石能源，但在等热值情况下碳排放比煤炭减少约 45%。依托清洁、低碳、灵活高效的优势，天然气需求将会保持增长。根据中国石化发布的《中国能源展望 2060》，预计到 2040 年前后，天然气消费达峰，峰值 6100 亿立方米，之后随着电气化发展以及氢能成本的下降，天然气消费领域被逐步挤压。2023 年中国天然气消费量为 3900 亿立方米，这意味着距离天然气需求顶峰还有 56% 的增长空间。

图表 12: 天然气的排放指标明显由于煤炭



资料来源: PWC, 五矿证券研究所

图表 13: 天然气消费量在 2040 年之前仍有增长空间



资料来源: 中国能源展望 2060, 五矿证券研究所

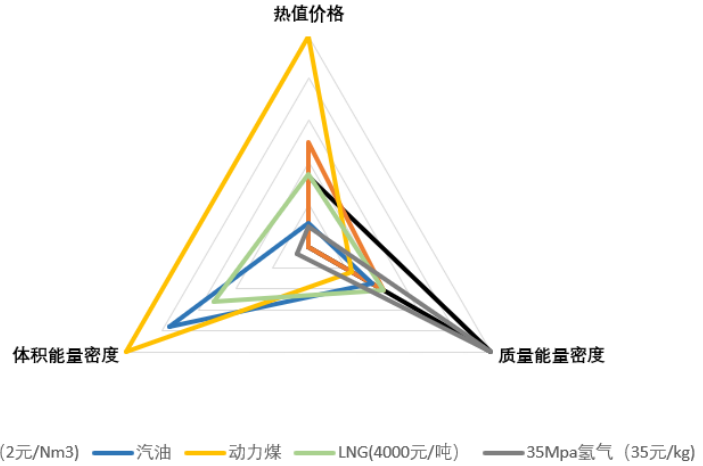
天然气和氢能存在天然的联系。

从分子构成角度来看, 天然气的主要成分甲烷是含氢量最高的烃类。

从物理性质角度来看, 氢和天然气的性质最为相似。相比汽油和动力煤, 两者都具备较高的质量能量密度, 但在体积能量密度上存在劣势; 两者都更加低碳绿色。如果氢气成本下降到 10 元/kg, 两者的热值价格也将类似。

图表 14: 天然气和氢气的性质最为相似

	氢 (10元/kg)	天然气 (2元/Nm ³)	汽油 (8元/L)	动力煤 (800元/吨)	LNG (4000元/吨)	35Mpa氢气 (35元/kg)
热值价格(元/MJ)	0.08	0.06	0.24	0.03	0.08	0.29
质量能量密度 (MJ/kg)	121	50	42.5	29	50	121
体积能量密度(MJ/Nm ³)	10.8	35.9	33150	43500	22437	2858

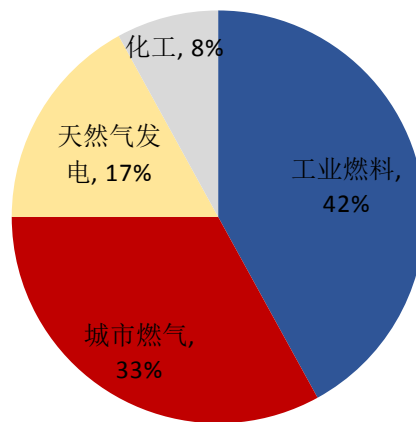


资料来源: 氢能百问百答手, 五矿证券研究所

天然气和氢气的储运方式也有类似之处, 天然气基础设施有重复利用于氢气的潜力。能源体系是一个庞大的体系, 能源体系的转型要充分利用已有基础设施进行融合创新, 尽量避免推到重构。中国已经建成庞大的天然气运输网络, 可以与氢能源融合发展, 降低氢气储运成本, 提升天然气设施的利用率。

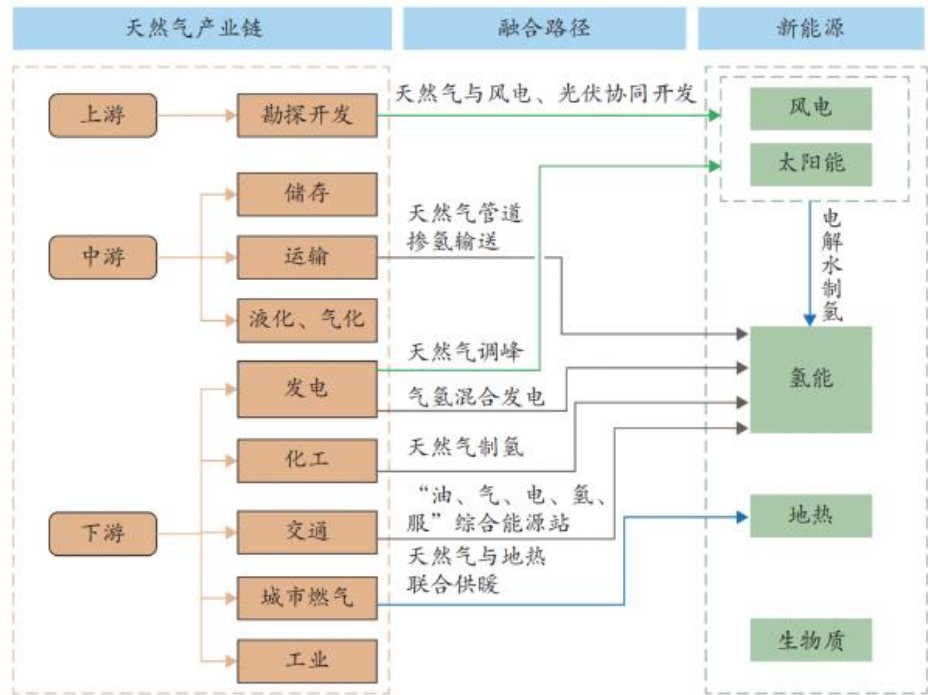
天然气和氢气的应用场景亦有相似之处。天然气的消费结构中, 以工业燃料和城市燃气需求为主, 其次为天然气发电、化工用气。在这些行业中, 氢气同样可以扮演角色。比如在水泥、玻璃领域, 氢气可以替代天然气燃烧供热。在城市燃气领域, 天然气掺氢已被证实可行。氢燃气轮机预计 2030 年完成开发, 届时氢也可以用来大规模发电。在氢能重卡尚未普及之时, 天然气重卡可以作为很好的过渡手段。

图表 15: 2023 年中国天然气消费结构



资料来源: “双碳”背景下天然气与新能源融合发展路径及策略 (石云等), 五矿证券研究所

图表 16: 天然气与新能源融合发展路径



资料来源：“双碳”背景下天然气与新能源融合发展路径及策略（石云等），五矿证券研究所

四、投资建议

随着碳中和的进一步推进，氢能源有望迎来更大的发展。建议关注氢能储、运、加全产业链布局的中集安瑞科。

风险提示

1. 市场竞争加剧。氢能源的市场前景吸引众多公司布局，可能导致竞争加剧，影响企业盈利能力。
2. 技术变动风险。氢能源行业仍在产业初期，技术路线存在变数，相关技术的变动可能影响企业盈利。

分析师声明

作者在中国证券业协会登记为证券投资咨询(分析师),以勤勉的职业态度,独立、客观地出具本报告。作者保证:(i)本报告所采用的数据均来自合规渠道;(ii)本报告分析逻辑基于作者的职业理解,并清晰准确地反映了作者的研究观点;(iii)本报告结论不受任何第三方的授意或影响;(iv)不存在任何利益冲突;(v)英文版翻译与中文版有所歧义,以中文版报告为准;特此声明。

投资评级说明

投资建议的评级标准		评级	说明
报告中投资建议所涉及的评级分为股票评级和行业评级(另有说明的除外)。评级标准为报告发布日后6到12个月内的相对市场表现,也即以报告发布日后的6到12个月内的公司股价(或行业指数)相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。其中:A股市场以沪深300指数为基准;香港市场以恒生指数为基准;美国市场以纳斯达克综合指数或标普500指数为基准。	股票评级	买入	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报在20%及以上;
		增持	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报介于5%~20%之间;
		持有	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报介于-10%~5%之间;
		卖出	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报在-10%及以下;
		无评级	预期对于个股未来6个月市场表现与基准指数相比无明确观点。
	行业评级	看好	预期行业整体回报高于基准指数整体水平10%以上;
		中性	预期行业整体回报介于基准指数整体水平-10%~10%之间;
		看淡	预期行业整体回报低于基准指数整体水平-10%以下。

一般声明

五矿证券有限公司(以下简称“本公司”)具有中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。本公司不会因接收人收到本报告即视其为客户,本报告仅在相关法律许可的情况下发放,并仅为提供信息而发放,概不构成任何广告。本报告的版权仅为本公司所有,未经本公司书面许可,任何机构和个人不得以任何形式对本研究报告的任何部分以任何方式制作任何形式的翻版、复制或再次分发给任何其他人。如引用须联络五矿证券研究所获得许可后,再注明出处为五矿证券研究所,且不得对本报告进行有悖原意的删节和修改。在刊载或者转发本证券研究报告或者摘要的同时,也应注明本报告的发布人和发布日期及提示使用证券研究报告的风险。若未经授权刊载或者转发本报告的,本公司将保留向其追究法律责任的权利。若本公司以外的其他机构(以下简称“该机构”)发送本报告,则由该机构独自为此发送行为负责。

本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断,本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入或将产生波动;在不同时期,本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告;本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时,本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改,投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本报告的作者是基于独立、客观、公正和审慎的原则制作本研究报告。本报告的信息均来源于公开资料,本公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证,也不保证所包含信息和建议不发生任何变更。本公司已力求报告内容的客观、公正,但文中的观点、结论和建议仅供参考,不包含作者对证券价格涨跌或市场走势的确定性判断。在任何情况下,报告中的信息或意见不构成对任何人的投资建议,投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。在任何情况下,本公司、本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利,不与投资者分享投资收益,也不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。本公司及作者在自身所知情范围内,与本报告中所评价或推荐的证券不存在法律法规要求披露或采取限制、静默措施的利益冲突。

五矿证券版权所有。保留一切权利。

特别声明

在法律许可的情况下,五矿证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易,也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此,投资者应当考虑到五矿证券及其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突,投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

联系我们

上海	深圳	北京
地址:上海市浦东新区东方路69号裕景国际商务广场A座2208室 邮编:200120	地址:深圳市南山区滨海大道3165号五矿金融大厦23层 邮编:518035	地址:北京市海淀区首体南路9号4楼603室 邮编:100037

Analyst Certification

The research analyst is primarily responsible for the content of this report, in whole or in part. The analyst has the Securities Investment Advisory Certification granted by the Securities Association of China. Besides, the analyst independently and objectively issues this report holding a diligent attitude. We hereby declare that (1) all the data used herein is gathered from legitimate sources; (2) the research is based on analyst's professional understanding, and accurately reflects his/her views; (3) the analyst has not been placed under any undue influence or intervention from a third party in compiling this report; (4) there is no conflict of interest; (5) in case of ambiguity due to the translation of the report, the original version in Chinese shall prevail.

Investment Rating Definitions

The rating criteria of investment recommendations		Ratings	Definitions
The ratings contained herein are classified into company ratings and sector ratings (unless otherwise stated). The rating criteria is the relative market performance between 6 and 12 months after the report's date of issue, i.e. based on the range of rise and fall of the company's stock price (or industry index) compared to the benchmark index. Specifically, the CSI 300 Index is the benchmark index of the A-share market. The Hang Seng Index is the benchmark index of the HK market. The NASDAQ Composite Index or the S&P 500 Index is the benchmark index of the U.S. market.	Company Ratings	BUY	Stock return is expected to outperform the benchmark index by more than 20%;
		ACCUMULATE	Stock relative performance is expected to range between 5% and 20%;
		HOLD	Stock relative performance is expected to range between -10% and 5%;
		SELL	Stock return is expected to underperform the benchmark index by more than 10%;
		NOT RATED	No clear view of the stock relative performance over the next 6 months.
	Sector Ratings	POSITIVE	Overall sector return is expected to outperform the benchmark index by more than 10%;
		NEUTRAL	Overall sector expected relative performance ranges between -10% and 10%;
		CAUTIOUS	Overall sector return is expected to underperform the benchmark index by more than 10%.

General Disclaimer

Minmetals Securities Co., Ltd. (or "the company") is licensed to carry on securities investment advisory business by the China Securities Regulatory Commission. The Company will not deem any person as its client notwithstanding his/her receipt of this report. The report is issued only under permit of relevant laws and regulations, solely for the purpose of providing information. The report should not be used or considered as an offer or the solicitation of an offer to sell, buy or subscribe for securities or other financial instruments. The information presented in the report is under the copyright of the company. Without the written permission of the company, none of the institutions or individuals shall duplicate, copy, or redistribute any part of this report, in any form, to any other institutions or individuals. The party who quotes the report should contact the company directly to request permission, specify the source as Equity Research Department of Minmetals Securities, and should not make any change to the information in a manner contrary to the original intention. The party who re-publishes or forwards the research report or part of the report shall indicate the issuer, the date of issue, and the risk of using the report. Otherwise, the company will reserve its right to taking legal action. If any other institution (or "this institution") redistributes this report, this institution will be solely responsible for its redistribution. The information, opinions, and inferences herein only reflect the judgment of the company on the date of issue. Prices, values as well as the returns of securities or the underlying assets herein may fluctuate. At different periods, the company may issue reports with inconsistent information, opinions, and inferences, and does not guarantee the information contained herein is kept up to date. Meanwhile, the information contained herein is subject to change without any prior notice. Investors should pay attention to the updates or modifications. The analyst wrote the report based on principles of independence, objectivity, fairness, and prudence. Information contained herein was obtained from publicly available sources. However, the company makes no warranty of accuracy or completeness of information, and does not guarantee the information and recommendations contained do not change. The company strives to be objective and fair in the report's content. However, opinions, conclusions, and recommendations herein are only for reference, and do not contain any certain judgments about the changes in the stock price or the market. Under no circumstance shall the information contained or opinions expressed herein form investment recommendations to anyone. The company or analysts have no responsibility for any investment decision based on this report. Neither the company, nor its employees, or affiliates shall guarantee any certain return, share any profits with investors, and be liable to any investors for any losses caused by use of the content herein. The company and its analysts, to the extent of their awareness, have no conflict of interest which is required to be disclosed, or taken restrictive or silent measures by the laws with the stock evaluated or recommended in this report.

Minmetals Securities Co. Ltd. 2019. All rights reserved.

Special Disclaimer

Permitted by laws, Minmetals Securities Co., Ltd. may hold and trade the securities of companies mentioned herein, and may provide or seek to provide investment banking, financial consulting, financial products, and other financial services for these companies. Therefore, investors should be aware that Minmetals Securities Co., Ltd. or other related parties may have potential conflicts of interest which may affect the objectivity of the report. Investors should not make investment decisions solely based on this report.

Contact us

Shanghai

Address: Room 2208, 22F, Block A, Eton Place, No.69 Dongfang Road, Pudong New District, Shanghai
Postcode: 200120

Shenzhen

Address: 23F, Minmetals Financial Center, 3165 Binhai Avenue, Nanshan District, Shenzhen
Postcode: 518035

Beijing

Address: Room 603, 4F, No.9 Shoutinan Road, Haidian District, Beijing
Postcode: 100037