

华辰装备 (300809.SZ) :

丝杠磨床受益于机器人浪潮，合作长光所切入光刻机赛道

【华西机械团队】

分析师：黄瑞连

SACNO: S1120524030001

邮箱: huangr1@hx168.com.cn

2025年4月18日

请仔细阅读在本报告尾部的重要法律声明

◆**华辰装备：立足精密磨削赛道，持续拓品类的高端磨床龙头。**公司是国内高端精密磨削装备龙头，深耕数控轧辊磨床行业的同时，不断在高端精密磨削领域扩张，亚 μ 级复合磨削系列、精密螺纹/导轨磨床等新品引领进口替代。数控轧辊磨床为公司主要收入来源，2024H1收入占比为87%；新产品目前处于业务开拓期，后续有望带动公司进入新一轮快速增长阶段。**1) 业绩方面：**2015-2023年营收/归母净利润CAGR分别为11%/10%，近几年受宏观经济等影响业绩出现较大波动，2024Q1-3营收/归母净利润为2.93/0.58亿元，同比-16%/-40%，结合公司在手订单及新品突破情况，业绩拐点有望出现。**2) 盈利水平出色：**2018-2024Q1-3公司净利率中枢超过20%，明显领跑整个机床板块，充分反映公司主业赛道壁垒较高，产品竞争力强。公司公告股权激励方案，要求2025-2028年净利润/营业收入年复合增速不低于20%，机床行整体承压背景下，股权激励目标指引未来乐观增长。

◆**轧辊磨床竞争优势明显，将引领高端产品国产替代。**下游钢铁、汽零行业对于成本管控极致，传导至中游压轧环节，轧辊需达到极高精度（ μm 级别），由此对轧辊磨床提出更高要求。**1) 具体来看，轧辊磨床加工精度要求 $\leq 1\mu\text{m}$ ，表面粗糙度在 $0.01\mu\text{m}$ - $0.4\mu\text{m}$ ，部分达到纳米级；同时还需要实现高速加工，因此属于难度较大的细分品类之一。**高质量磨削要求对主轴、丝杠传动、砂轮等部件优化，构成核心壁垒。**2) 2022年国内数控轧辊磨床市场规模约18亿元，行业集中度较高，德国HERKULES、意大利POMINI、华辰装备等占据高端市场。**公司在热轧、冷轧等领域已对标海外，2018年以来在宝钢、首钢等国内外大型钢厂持续进口替代。公司市占率超30%，盈利水平出色，竞争优势明显，充分受益于下游需求高端化转型。

◆**丝杠磨床受益机器人产业趋势，合作长光所切入半导体赛道。**从轧辊磨削延伸到亚 μ 级复合磨削，进一步细分到螺纹/导轨、光学元件等磨削，本质上都属于高端精密磨削领域，是公司技术在更小工件领域的创新与复用，也是新品实现快速突破的原因。**1) 机器人：**人形机器人产业趋势明确，磨床为丝杠扩产核心设备，我们预计量产百万台对应磨床市场需求达108亿元。公司新品指标对标海外，贝斯特、南理工、福立旺等客户明确下单，技术验证顺利的同时，产业化真实落地进度领先，公司综合卡位优势明显，后续订单有望快速兑现。**2) 半导体：**镜头加工复杂，需要控制在纳米级别的加工精度和表面质量。公司与长光大器成立合资公司，即提供磨床设备作为技术验证，还参与关键的镜坯前道铣磨环节，超精密磨削实力得到认可。

◆**投资建议：**我们预计公司2024-2026年营业收入为4.98、6.48和8.97亿元，同比+4%、30%和38%；2024-2026年归母净利润为0.88、1.12和1.96亿元，同比-25%、27%和74%；2024-2026年EPS为0.35、0.44和0.77元，2025/04/18公司股价38.22元对应PE为110、86、49倍，考虑到公司为国内高端磨削设备龙头，丝杠磨床深度受益于机器人浪潮，同时切入光刻机高壁垒赛道，整体成长性突出，首次覆盖，给予“增持”评级。

◆**风险提示：**新品技术突破不及预期、人形机器人产业化不及预期、行业竞争加剧、外部制裁超预期等。

一

华辰装备：立足精密磨削赛道，持续拓品类的高端磨床龙头

二

轧辊磨床竞争优势明显，将引领高端产品国产替代

三

丝杠磨床受益机器人产业趋势，合作长光所切入光刻机赛道

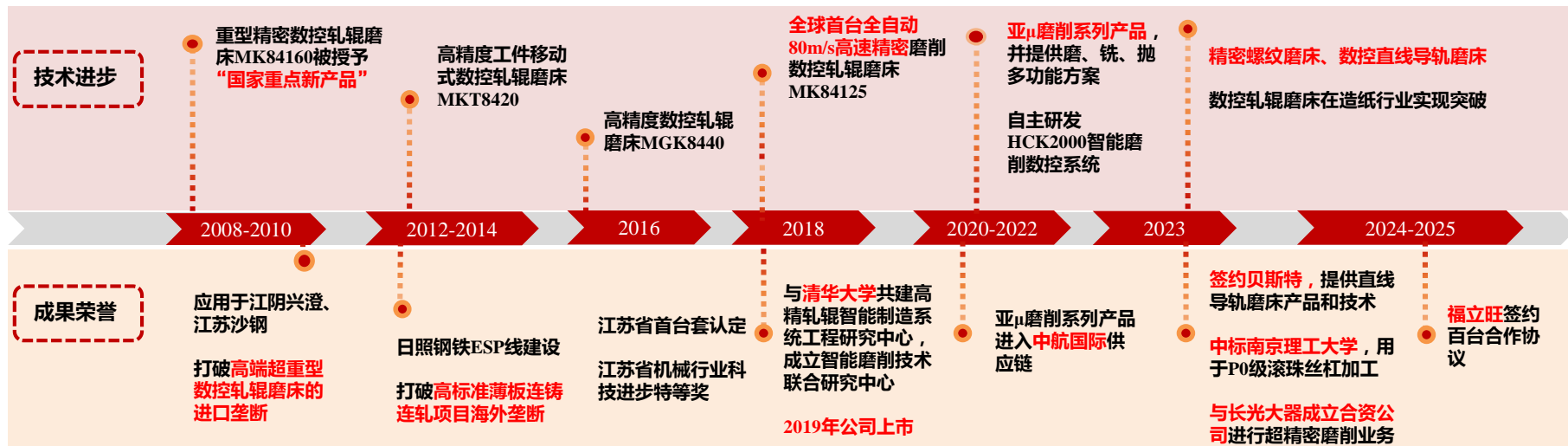
四

投资建议与风险提示

1.1 全自动数控轧辊磨床龙头，不断拓宽超精密磨削产品布局

◆华辰装备成立于2007年，是国内领先的高端精密磨削装备公司，主营产品全自动数控轧辊磨床实现进口替代，积极推动亚 μ 级高端复合磨削、精密螺纹/导轨磨床等新品打破海外垄断。公司前身为昆山华辰有限，深耕数控轧辊磨床行业数十年，自主开发的重型、高精度工件移动式、高速智能磨削等多个型号填补国内空白，打破精密冷轧、有色金属等高端板带箔只能用海外轧辊磨床的局面。立足于精密磨削技术，公司重点布局亚 μ 级复合磨削系列（端面、外圆、中心孔等）、精密螺纹/导轨磨削等设备，2022年起陆续获得南理工、贝斯特、科德数控、长光大器、福立旺等各行业头部企业合作订单，成长空间不断打开。

图：公司立足于超精密磨削技术，不断拓展产品体系，获得宝钢、南理工、长光大器等各行业头部客户认可



1.1 全自动数控轧辊磨床龙头，不断拓宽超精密磨削产品布局

◆公司主营产品包括数控轧辊磨床、亚 μ 磨削系列、螺纹/导轨磨床等磨削设备，以及维修改造、备件等服务类业务，下游为钢铁、有色、汽零、机器人等制造业。1) 数控轧辊磨床：用于轧辊加工和精度修复（压轧钢板后轧辊会受损），直接影响最终轧材版型表面质量和加工效率。公司产品线丰富，充分满足各类定制化需求；2) 亚 μ 磨削系列：属于高精度数控万能复合磨床，具有外圆、内圆、非圆、端面等磨削功能，夹持磨削圆度最高达0.2 μ m，对标海外；3) 螺纹/导轨磨床：精密螺纹磨床主要用于各类螺纹滚道的精密磨削，加工精度最高达P0级别；数控直线导轨磨床配置三个磨头，可实现两根导轨同时高精度高效加工。4) 维修及备件：对于客户既有磨床进行升级改造（结构、系统），此外也提供相关配套零部件，分为定制备件和通用备件。

图：公司业务包括设备类和服务类，轧辊磨床为成熟产品，持续拓展精密磨削领域新产品

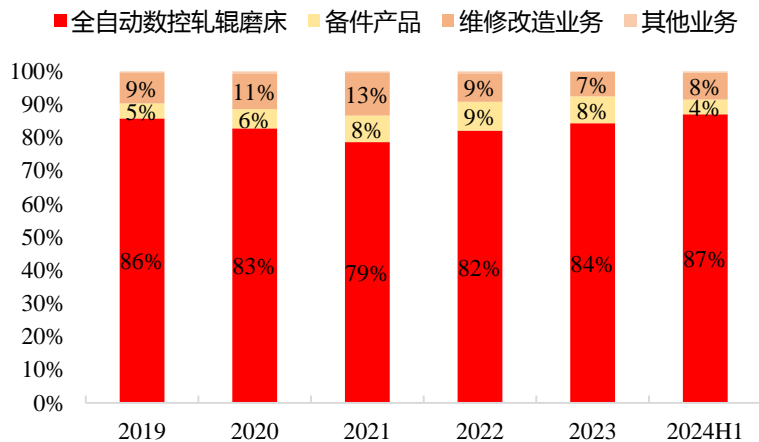
| 全自动数控轧辊磨床 | | | | | 维修及备件 | | | | | | | | | | | | |
|------------|---|---------|---------|---------|-------|--|-------|-------|--------|--------|--------|------|----|----|----|----|----|
| MKT系列 | MK8463 | MK84125 | MK84160 | MK84200 | | | | | | | | | | | | | |
| MGK8440 | MK8480 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 可磨削工件的最大直径 | <table border="1"> <tr> <td>400mm</td> <td>800mm</td> <td>1250mm</td> <td>1600mm</td> <td>2000mm</td> </tr> </table> | | | | | | 400mm | 800mm | 1250mm | 1600mm | 2000mm | | | | | | |
| 400mm | 800mm | 1250mm | 1600mm | 2000mm | | | | | | | | | | | | | |
| 应用领域-轧材宽度 | 窄带钢 | | 宽带钢 | | | | | | | | | | | | | | |
| 应用领域-轧材品类 | 碳钢 & 合金钢（不锈钢等） | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 应用领域-轧钢工艺 | 冷轧 | | 冷轧 & 热轧 | | 热轧 | | | | | | | | | | | | |
| 终端应用领域 | <table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3C家电</td> <td>轻工</td> <td>汽车</td> <td>机械</td> <td>建筑</td> <td>船舶</td> </tr> </table> | | | | | | | | | | | 3C家电 | 轻工 | 汽车 | 机械 | 建筑 | 船舶 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3C家电 | 轻工 | 汽车 | 机械 | 建筑 | 船舶 | | | | | | | | | | | | |

| 亚 μ 磨削系列产品 | 精密螺纹磨床 | 数控直线导轨磨床 |
|------------------|------------------|------------|
| 亚 μ 磨削中心 | 亚 μ 端面磨床 | 精密螺纹磨床 |
| 精密螺纹磨床 | 数控直线导轨磨床 | |

1.1 全自动数控轧辊磨床龙头，不断拓宽超精密磨削产品布局

◆**数控轧辊磨床为主要收入来源，新产品处于业务开拓期，未来将逐步放量。**1) **收入结构**：数控轧辊磨床为公司主要收入来源，2019-2024H1收入占比分别为86%、83%、79%、82%、84%和87%；备件/维修改造业务收入占比平均为9%和7%，合计占比约15%，后市场需求保持稳定；2) **客户结构**：2016-2019H1期间公司前五大客户收入占比分别为49%、51%、38%和46%，2023年为33.13%，公司不断拓展下游客户，主要为河钢、宝钢、首钢、鞍钢等大型国有钢铁集团以及鼎信、日照钢铁控股集团等大型民营钢铁集团。

图：2024H1数控轧辊磨床收入占比为87%，长期稳定在85%



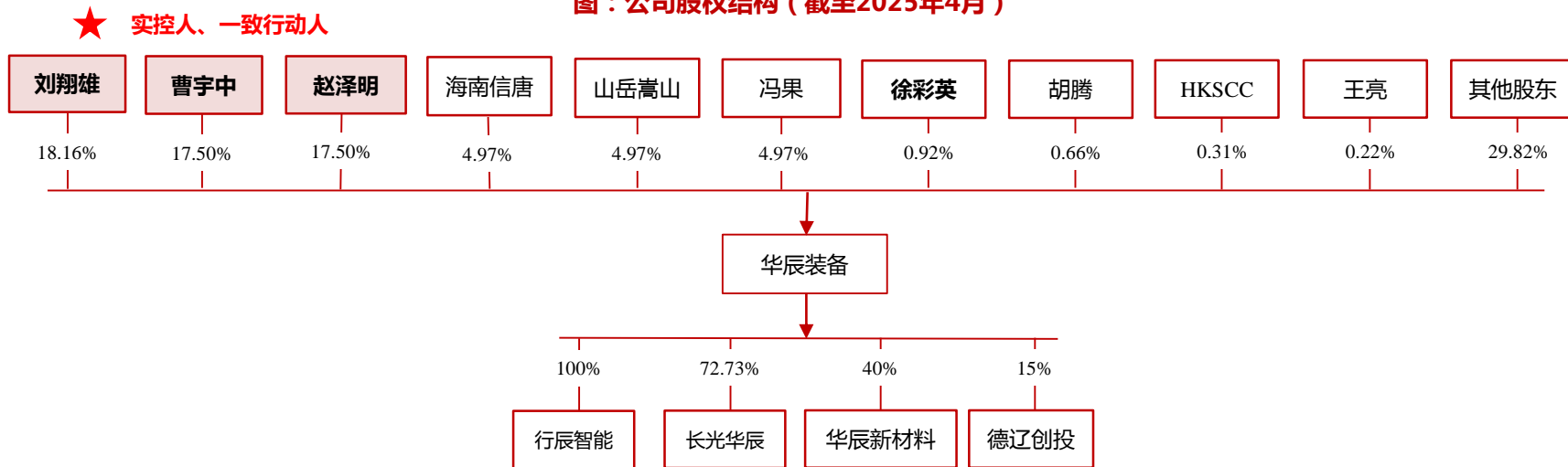
表：公司前五大收入占比约50%，客户主要为国内头部钢铁企业

| | 2019年 1-6月 | | | | 2018 | | | |
|--|------------|------|-----------|--------|------|--------|-----------|--------|
| | 序号 | 客户名称 | 销售金额 (万元) | 营收占比 | 序号 | 客户名称 | 销售金额 (万元) | 营收占比 |
| | 1 | 纵横钢铁 | 2,649.57 | 13.70% | 1 | 北海诚德 | 3,542.62 | 8.82% |
| | 2 | 中冶南方 | 2,553.85 | 13.20% | 2 | 首钢京唐钢铁 | 3,398.63 | 8.46% |
| | 3 | 山钢日照 | 1,418.80 | 7.34% | 3 | 山钢日照 | 2,905.00 | 7.24% |
| | 4 | 北海诚德 | 1,244.72 | 6.44% | 4 | 日照钢铁 | 2,688.47 | 6.70% |
| | 5 | 承钢冷轧 | 1,102.05 | 5.70% | 5 | 纵横钢铁 | 2,649.57 | 6.60% |
| | 合计 | | 8,968.99 | 46.37% | 合计 | | 15,184.29 | 37.82% |
| | 2017 | | | | 2016 | | | |
| | 序号 | 客户名称 | 销售金额 (万元) | 营收占比 | 序号 | 客户名称 | 销售金额 (万元) | 营收占比 |
| | 1 | 鼎信 | 3,706.51 | 14.77% | 1 | 北海诚德 | 3,345.91 | 16.49% |
| | 2 | 日照钢铁 | 2,961.34 | 11.80% | 2 | 包钢股份 | 1,924.66 | 9.49% |
| | 3 | 北海诚德 | 2,560.60 | 10.21% | 3 | 盛阳金属 | 1,891.69 | 9.33% |
| | 4 | 新宇彩板 | 2,025.64 | 8.07% | 4 | 东海特钢 | 1,440.17 | 7.10% |
| | 5 | 苏州金租 | 1,500.00 | 5.98% | 5 | 唐山国丰 | 1,356.61 | 6.69% |
| | 合计 | | 12,754.09 | 50.83% | 合计 | | 9,959.04 | 49.10% |

1.2 股权结构集中稳定，实控人产业经验丰富

◆**实控人合计持股比例达53%，股权结构集中稳定，决策效率高。**1) 公司创始人曹宇中、刘翔雄、赵泽明共同为实际控制人，并签署一致行动协议，分别持有17.5%、18.2%和17.5%股权，合计持股比例达53%。**2) 重要子公司方面**，长光华辰由公司和长光大器合资成立，主营业务为超精密光学元件磨床、超精密导轨磨床的应用验证和销售，以及承接超精密零部件磨削加工服务（光学元件、半导体）；华辰新材料专业从事超硬砂轮、陶瓷CBN砂轮等刀具研发和制造。

图：公司股权结构（截至2025年4月）



1.2 股权结构集中稳定，实控人产业经验丰富

◆**公司管理层产业经验丰富，多年一线研发生产对磨床理解深刻。**公司高管技术出身且深耕磨床行业多年，创始人曹宇中、刘翔雄和赵泽明曾经长期任职于贵州险峰机床厂，而贵州险峰机床厂是国内老牌磨床龙头，曾制造出我国第一台大型数控轧辊磨床。我们认为一线经历对磨削工艺和设备理解更加深刻，也是公司创业后产品不断突破的重要因素。此外，公司总经理许少军曾为唐钢钢轧厂设备科主任，积累大量应用经验；独立董事顾月勤曾任福立旺董事，产业资源丰富，有助于新品推广市场。

表：公司创始人技术出身，管理层产业经验和资源丰富

| 姓名 | 职位 | 学历 | 工作经历 |
|-----|------------------------|----|---|
| 曹宇中 | 董事长、技术中心主任 | 大专 | 1962年生，中国国籍，无境外永久居留权，大专学历，高级工程师、高级经济师。 历任贵州险峰机床厂磨床研究室副主任，华辰有限、加森模具执行董事兼总经理，华辰新材料、华辰机器、华辰电气、华辰精工监事等。现任华辰光电、如岭精密传动、昆山星钰企业管理执行董事；华辰电动、Universe Master BVI 董事，华辰联合、昆山星纵企业管理监事， 公司董事长 |
| 刘翔雄 | 董事、副总经理 | 中专 | 1963年生，中国国籍，无境外永久居留权，中专学历，高级经济师。 历任贵州险峰机床厂磨床研究室技术员，华辰有限监事，贵阳汇峰董事长、监事，华辰机器、华辰电气、苏特威执行董事兼总经理等。现任华辰新材料、华辰净化、行辰智能、华辰智能执行董事，华辰电动、Universe Master BVI 董事，华辰光电、上海贵商股权投资基金管理有限公司监事， 昆山市人大代表，公司董事、副总经理 |
| 赵泽明 | 董事、副总经理 | 大专 | 1962年生，中国国籍，无境外永久居留权，大专学历。 历任贵州险峰机床厂销售处副处长，华辰机器董事，贵阳汇峰、华辰精工执行董事兼总经理等。现任华辰联合执行董事，Universe Master BVI 董事， 昆山市贵州商会会长，昆山海外联谊会常务副会长，公司董事、副总经理 |
| 徐彩英 | 董事、副总经理、 董事会秘书、财务总监 | 本科 | 1964年生，中国国籍，无境外永久居留权，大专学历，中级会计师、中国注册会计师、高级税务筹划师。 历任正仪镇工业公司人事秘书科秘书，昆山市物资供销有限公司会计，苏州新大华会计师事务所审计项目经理，苏州信联会计师事务所审计项目经理，苏州银行监事，萨驰控股、萨驰华辰财务总监等。现任华辰电动、如岭精密监事，伟时电子、苏州奥德独立董事， 苏州市人大代表，公司董事、副总经理、财务总监、董事会秘书。 |
| 许少军 | 总经理 | 本科 | 1972年生，中国国籍，无境外永久居住权，本科学历。历任唐山钢铁集团有限责任公司（简称唐钢）司家营铁矿焊管车间电气技术员兼电工组长、唐钢庙沟铁矿采矿车间副主任、唐钢热轧薄板厂轧辊车间副主任、唐钢一钢轧厂轧辊车间主任、唐钢一钢轧厂技术科主任师、 唐钢一钢轧厂设备科主任。现任行辰智能总经理、公司总经理 |
| 顾月勤 | 独立董事 | 本科 | 1979年出生，历任福立旺精密机电（中国）股份有限公司董事、福立旺董事、副总经理、董事会秘书； 现任福立旺上海分公司负责人，强芯科技（南通）有限公司总经理，公司独立董事 |

1.3 重视公司员工激励，股权激励指引未来乐观增长

◆**高度重视团队建设，股权激励下沉绑定核心骨干。**精密磨床属于高端机床装备，技术人才是公司快速发展的重要竞争力。2024年11月，公司公告股权激励草案，首次授予的激励对象为99人，均为核心骨干（不包括董监高或持股5%以上的股东）。参考2023年底公司技术人员数量为95人，本次股权激励覆盖面较广，更好地将公司利益与员工紧密捆绑，有利于中长期发展。

◆**业绩考核方面，以2024年净利润/营收为基数，考核要求为2025-2028年净利润/营业收入年复合增速不低于20%，在国内整体机床行业承压的大环境下，股权激励目标指引了未来乐观增长预期。**

表：2024年公司再次实施股权激励计划

| 激励对象类别 | 获授的限制性股票数量(万股) | 占授予限制性股票总数的比例 | 占目前总股本的比例 |
|-----------|----------------|---------------|-----------|
| 核心骨干(99人) | 453 | 81.92% | 1.796% |
| 预留部分 | 100 | 18.08% | 0.397% |
| 合计 | 553 | 100% | 2.193% |

表：2025-2028年净利润/营收考核目标CAGR为20%

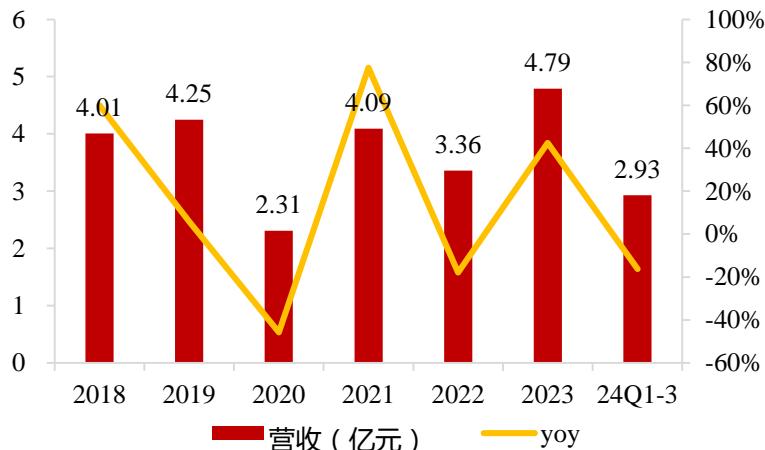
| 归属期 | 业绩考核目标 (需满足下列两个条件之一，以2024年净利润/营收为基数) |
|-------------------|---|
| 第一个归属期 (2025年) | 当年净利润或营业收入增长率 不低于20% |
| 第二个归属期 (2026年) | 当年净利润或营业收入增长率 不低于44% |
| 第三个归属期 (2027年) | 当年净利润或营业收入增长率 不低于73% |
| 第四个归属期 (2028年) | 当年净利润或营业收入增长率 不低于107% |

1.4 业绩短期有所波动，新接订单指引业绩拐点出现

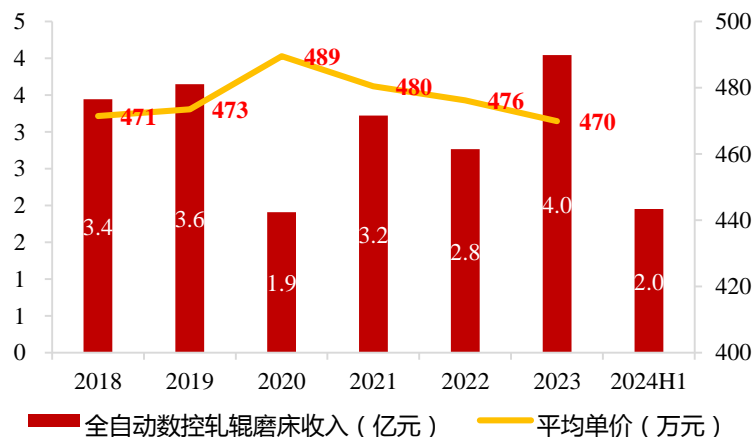
◆受宏观经济等因素扰动，公司营收端出现一定波动。1) 2015-2023年公司营收CAGR为11%，整体保持稳健增长，由于下游需求同制造业景气度高度相关，2018年起受疫情等因素扰动，导致年度间波动较大；2) 具体来看，2020年疫情对下游需求以及产品交付造成冲击，营收仅为2.31亿元，同比-45.7%；2021年国内需求大幅回暖，营收回到2019年水平；2022年受疫情反复扰动影响，叠加部分进口零部件供应受限，营收同比-17.9%。2023年以来疫情冲击消退，公司订单交付及验收工作趋于正常，收入达到历史新高的4.79亿元，同比+42.5%；国内制造业弱复苏叠加行业竞争激烈，2024Q1-3公司营收为2.93亿元，同比-16.2%。

◆进一步分析，制造业需求波动叠加行业竞争激烈，2020-2023年公司主营轧辊磨床平均单价呈现一定的下降趋势，一定程度上影响了公司利润端表现。

图：2018年以来公司营收波动较大，主要受宏观经济影响



图：2020-2023年公司轧辊磨床平均单价呈现下降趋势

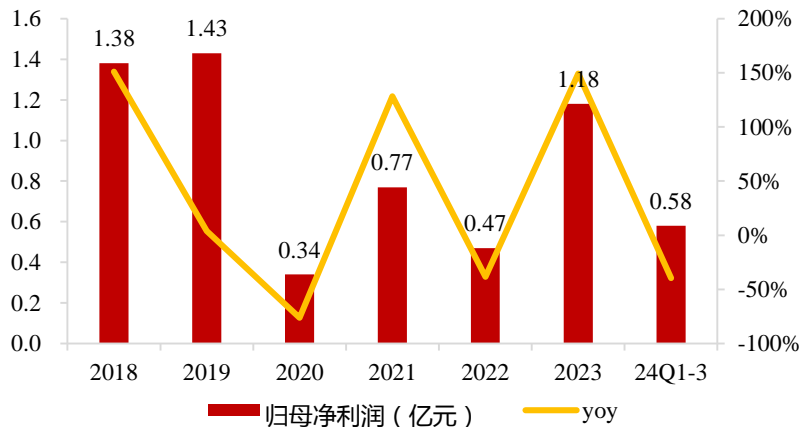


1.4 业绩短期有所波动，新接订单指引业绩拐点出现

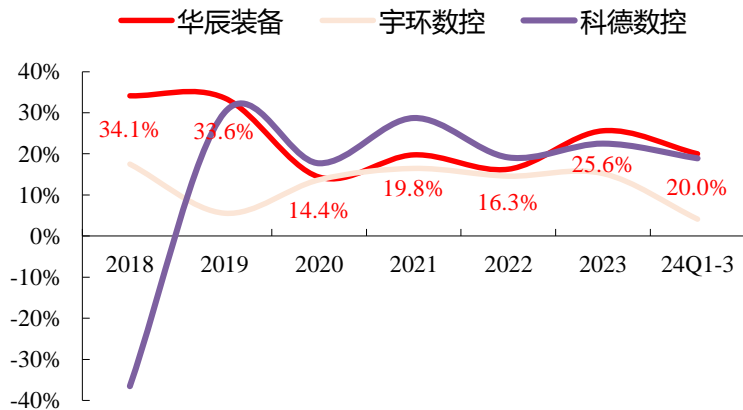
◆**利润端较营收端波动更为明显**：2015-2023年公司归母净利润CAGR为10%，利润端年度波动相对更加明显；其中2018-2019年公司归母净利润达到1.38/1.43亿元，2020-2022年受疫情反复等影响，公司利润出现大幅下降，其中2023年迎来显著修复，实现归母净利润1.18亿元，同比+149%。2024Q1-3公司实现归母净利润0.58亿元，同比-39.6%，主要系收入端有所下降，并且计提坏账准备增加，利润端持续承压。

◆**净利率有所波动，整体盈利水平领跑机床板块**：1) 2018-2019年公司净利率超过30%，2020-2022年降至20%以下，2023-2024Q1-3有所修复，重新回到20%以上；2) 2018-2024Q1-3公司整体净利率中枢超过20%，明显高于同业的宇环数控、日发精机等，领跑整个机床板块，与专注于高端五轴机床的科德数控相比也毫不逊色，一定程度反映了公司主业赛道壁垒较高，产品竞争力强。

图：2018年以来公司利润端同样呈现较大波动



图：2018年以来华辰装备净利率变化情况 (标红)

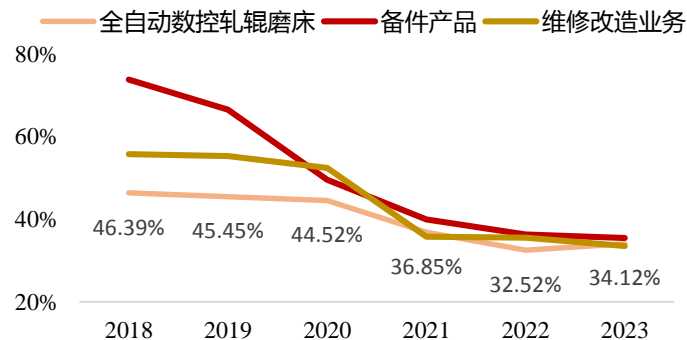


1.4 业绩短期有所波动，新接订单指引业绩拐点出现

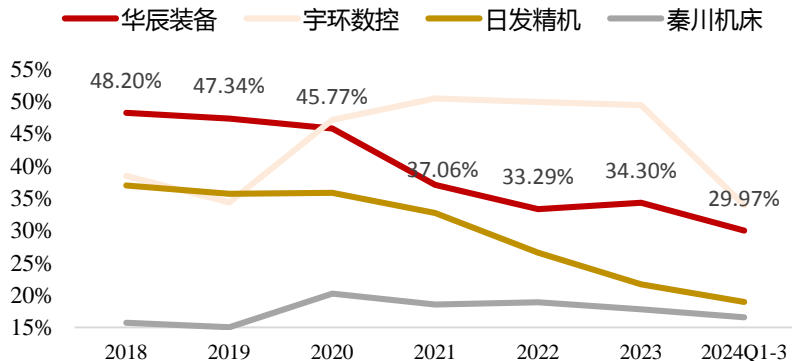
◆1) **毛利端**：2018-2020年公司毛利率保持较高水平，超过45%；2021-2022年由于进口零部件受阻影响交付，原材料和外购备件价格大幅上涨，同时销售产品价格下降，公司毛利率下滑明显（一定滞后性），2022年降至33.29%；2023年起公司加速核心部件替代，优化供应链，毛利率开始逐渐恢复，我们认为随着高毛利率的新品持续放量，看好后续毛利率修复。

◆2) **费用端**：在收入端波动情况下，2020年以来期间费用率整体呈下降趋势，2023/2024Q1-3为14.82%/17.06%，整体费控良好。同时公司重视超精密磨削新品如螺纹磨床、导轨磨床等开发，持续加大投入，24Q1-3研发费用率为9.34%，同比+2.66pct。

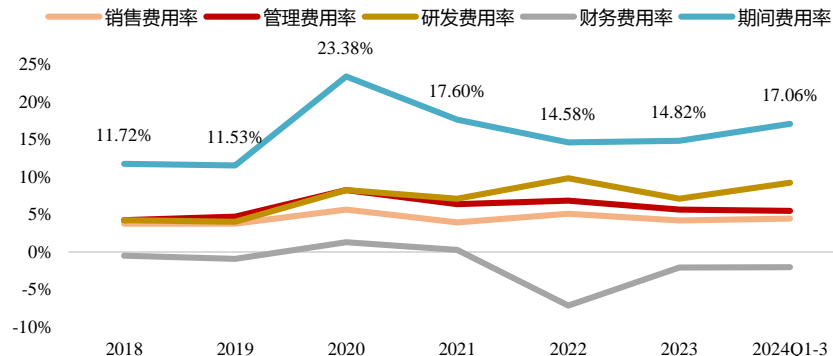
图：公司分业务毛利率情况



图：公司毛利率有望出现向上拐点



图：公司费控管理良好，关键新品投入力度持续加大



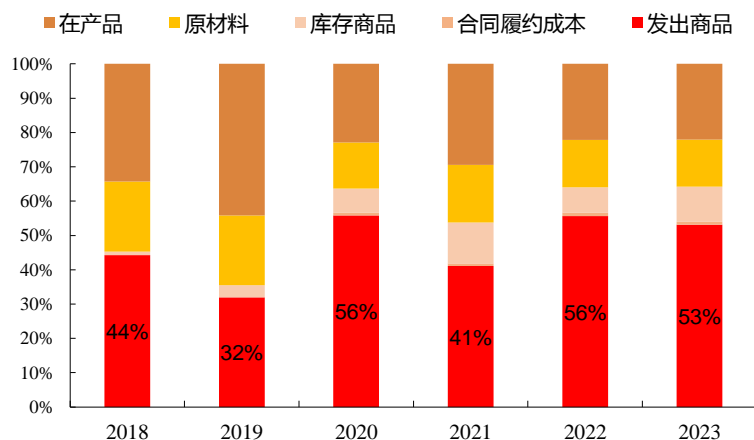
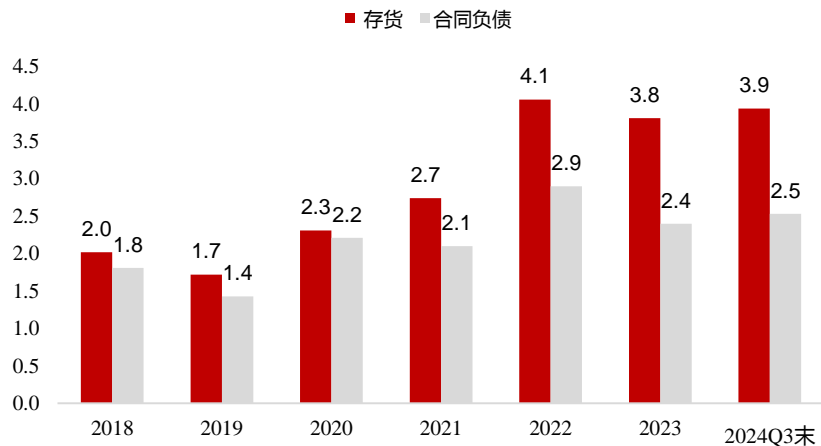
1.4 业绩短期有所波动，新接订单指引业绩拐点出现

◆**在手订单充足，公司收入端有望快速增长。**截止2024Q3末，公司存货为3.9亿元，环比+8.2%；合同负债为2.5亿元，环比+29.74%，反映公司在手订单充足，同时新接订单快速增长。细分存货结构来看，2020-2023年发出商品占比稳定在50%以上，线性外推下截至24Q3末公司发出商品超过2亿元（24Q1-3营收为2.93亿元），随着交付节奏加快，将有力支撑公司业绩稳健增长。

◆同时我们注意到，24Q3末公司在建工程余额0.6亿元，较2023年末增加约3222万元，环比+116%；参考中报附注，在建工程变动主要来自智能化磨削设备生产和研发中心扩建，公司正大力扩产新品产能，为后续快速放量提前准备。

图：截至2024Q3，公司存货/合同负债金额分别达到3.9/2.5亿元

图：2022/2023年末公司存货中发出商品占比达56%/53%



一

华辰装备：立足精密磨削赛道，持续拓品类的高端磨床龙头

二

轧辊磨床竞争优势明显，将引领高端产品国产替代

三

丝杠磨床受益机器人产业趋势，合作长光所切入光刻机赛道

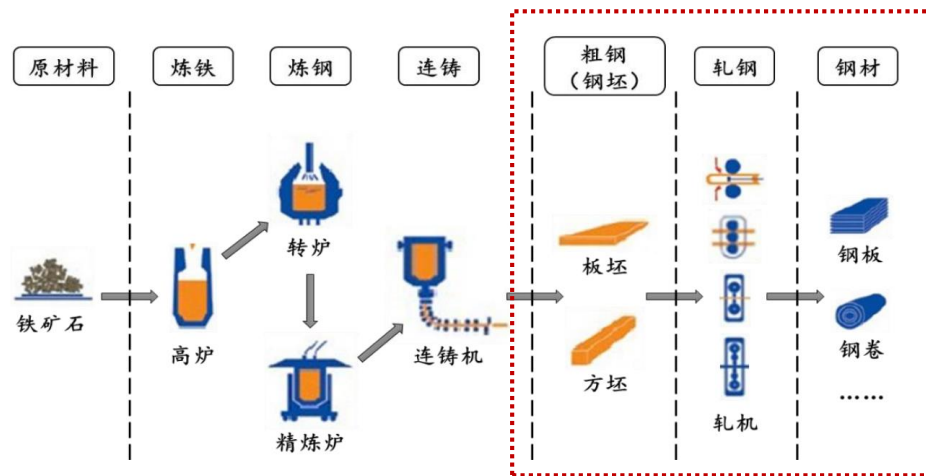
四

投资建议与风险提示

2.1 轧辊：直接决定压轧精度和质量，精度水平要求 μm 级别

◆轧辊是使轧材如金属压延产品（钢板、金属带、金属箔）产生塑性变形的工具，其自身精度对于最终产品的板形及表面质量起到决定性作用。以钢板轧制为例，利用轧机上一对旋转方向相反的轧辊对钢板坯进行精细化压延轧制，从而得到具有特定物理形态要求（如平整度、表面光泽度及光泽均匀度）的钢板材制品。由于轧辊承担主要功能，因此任何微小的轧辊不圆度、直线曲度问题都会直接传递到钢板上，导致最终产品不符合公差，影响生产效率和良率。而主要的下游汽车制造、精密工程行业对于质量和一致性要求极高，成本需做到极致管控，传导至中游环节，便对核心部件轧辊提出很高的加工精度等要求。

图：轧辊是实现压延轧制的主要部件



图：轧辊精度或表面质量问题会导致的网纹、镰刀弯等缺陷

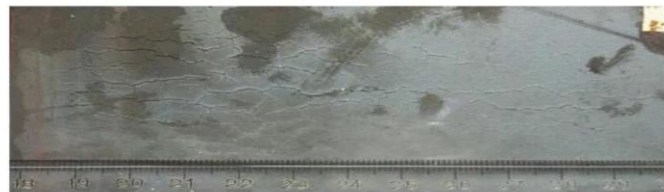
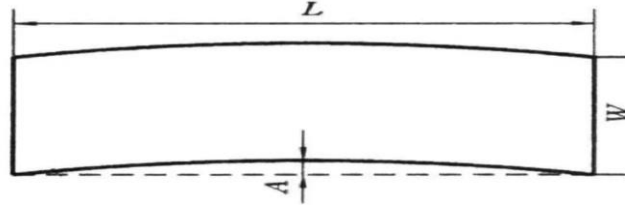


图 7-7-2 轧辊网纹



L 带钢长度 W 带钢宽度 A 镰刀弯值

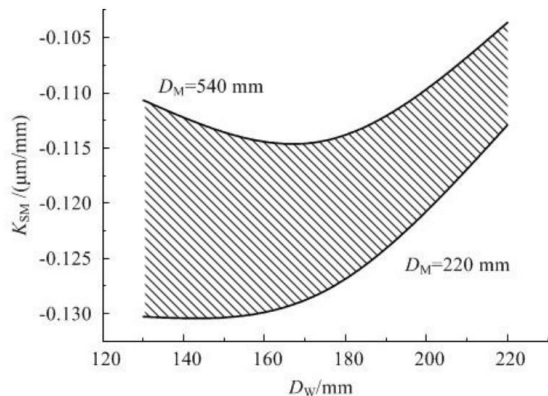
图 7-14-1

2.1 轧辊：直接决定压轧精度和质量，精度水平要求 μm 级别

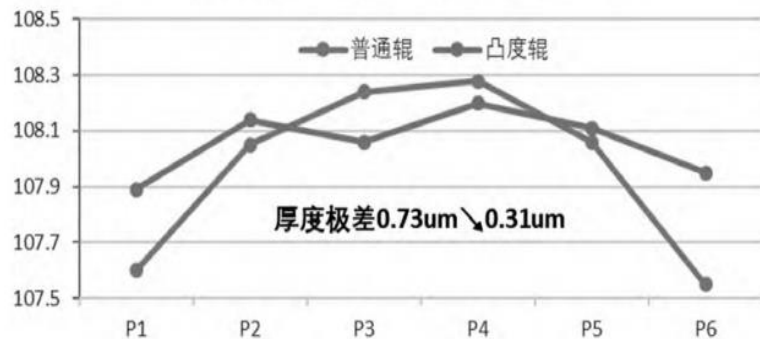
◆为满足工艺要求，尤其是目前先进高强钢、锂电池极片等产品进一步提高压轧难度，轧辊辊面母线需按照不同的轧制工艺要求，加工成所需的各种特殊高次方曲线，同时配对的工作辊与支承辊母线还需按一定的要求实现耦合匹配。从主要指标来看，轧制过程中轧辊需要保持极高的辊形精度（ μm ，微米级）和极高的辊面微观质量（ nm ，纳米级）。

◆通常来说，1）工作辊直径的减少将通过辊系刚度变化来影响板形控制稳定性（可理解为表面精度），当直径减少到120mm时缺陷波动将更加明显；2）宁德时代采取侧类渐开线曲线形式缩小辊径，使辊面直径成中间凸起两侧逐渐减小的对称结构，实际横向厚度极差改善达 $0.4\mu\text{m}$ 。综合上述两类研究来看，不难发现轧辊辊面精度要求极其细致，改善/波动值范围均在 μm 级别。

图：工作辊辊径对轧辊横移板凸度影响率的影响
(针对先进高强钢)



图：若修磨成凸度的轧辊，可使得辊压极片的厚度差改善约 $0.4\mu\text{m}$
(宁德时代实例)

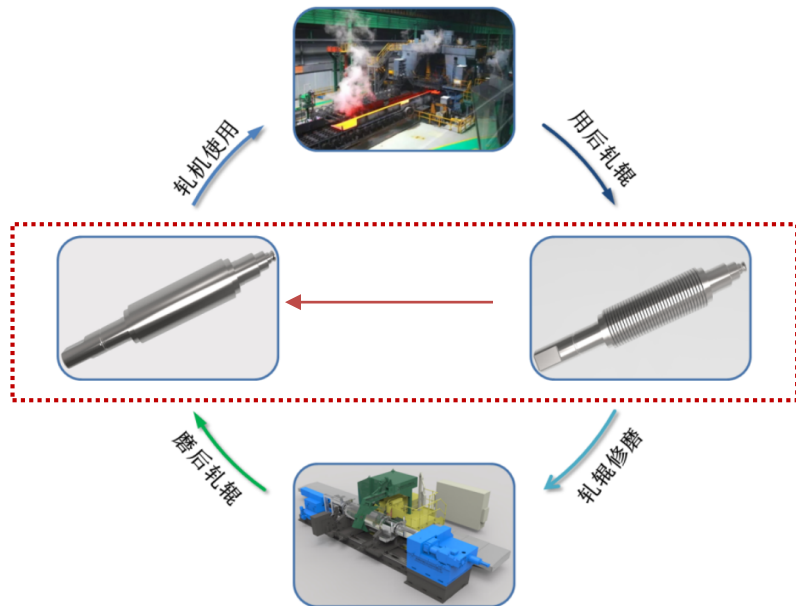


2.1 轧辊：直接决定压轧精度和质量，精度水平要求 μm 级别

◆轧辊在压延轧制过程中会发生微米级物理、化学磨损，导致轧辊辊面几何精度（表面粗糙度、圆度及辊形精度）逐步丧失，进而降低轧材质量和轧机效率，造成轧材残次品或报废品增多。轧辊的磨损机理比较复杂，包括机械应力作用、轧制高温氧化作用、冷却作用、润滑介质的化学作用等。

◆因此为保证产品质量，需使用轧辊磨床对丧失精度的轧辊进行修磨。由于其重量和尺寸大，使用后的待磨表面伤痕和裂纹随机分布、深浅不一、形貌各异，**不仅对于磨削精度和效率要求高，而且磨削余量大**。轧辊磨削工艺直接影响轧制产品的板型和表面质量，通过轧辊磨削工艺参数优化可以改善加工表面质量和提高加工的效率。

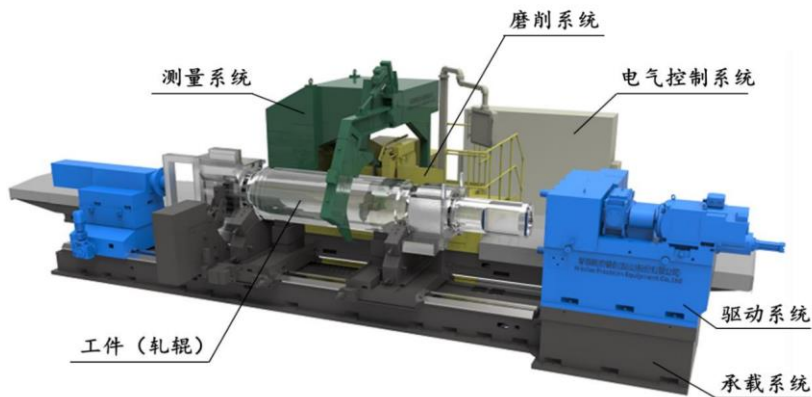
图：轧辊磨床对轧辊的精度修复前后示意图



2.2 轧辊磨床：磨床难度天花板，兼顾高精度&高效率

◆轧辊磨床是一种专门用于轧辊加工及轧辊辊面精度修复的精密磨削设备，属于磨床领域中难度较大的细分品类。1) 从结构来看：同常见机床一样，轧辊磨床主要由电气控制系统、驱动系统、磨削系统、测量系统、承载系统等模块构成，核心在于实现多轴复合运动、实时检测以做到在线补偿，以及高精密加工下要求更高的稳定性。2) 从工艺功能来看：轧辊磨床能够按照特定的高次方工艺曲线，对磨损的轧辊进行①微米级的几何精度修复，以及②纳米级的表面微观质量修复，使得轧辊重新获得预设的精度指标。

图：全自动数控轧辊磨床结构示意图



表：轧辊磨床各系统模块及对应作用

| 系统模块 | 功能 |
|--------|---|
| 电气控制系统 | 根据轧辊表面母线的数学模型，控制机床作 多轴复合运动 ，实现对工件(轧辊)的精密磨削 |
| 驱动系统 | |
| 磨削系统 | |
| 测量系统 | 实时测量数据并反馈，由电气控制系统对机床做出闭环控制以实现 在线监测 和 实时在线补偿 |
| 承载系统 | 通过机械机构设计及减震技术的应用，提高 稳定性 |

2.2 轧辊磨床：技术难度较高，兼顾高精度&高效率

◆轧辊磨削技术难度高、过程复杂，磨床加工需要同时满足高精度&高效率。1) 出于机床加工特性，磨床自身的磨削精度必须高于工件所需要的精度。目前轧辊磨削的加工精度要求在 $0.1\mu\text{m}$ - $1\mu\text{m}$ 之间，表面粗糙度在 $0.01\mu\text{m}$ - $0.4\mu\text{m}$ 内，甚至可以达到纳米级精度；2) 轧辊因其尺寸大、重量沉等原因（部分可达16m），必须要更高的加工速度，砂轮削速度也由 35m/s 提高到 45m/s 以上；3) 轧辊加工过程中充满了各种变量耦合作用，因此实现工艺/最优参数自适应选择，提高加工柔性和智能化也十分重要。

表：轧辊磨削难度高于高端滚柱丝杠、半导体硅片等

| 等级 | 加工精度 (μm) | 表面粗糙度 ($\text{Ra}/\mu\text{m}$) | 适用范围 |
|-------|------------------------|-----------------------------------|---|
| 普通磨削 | > 1 | 0.16-1.25 | 各种零件的滑动面、曲轴轴颈、凸轮轴轴颈、活塞、普通滚动轴承滚道及平面、各种刀具的刃磨，一般量具的测量面等 |
| 精密磨削 | 0.5-1 | 0.04-0.16 | 液压滑阀、液压泵、油嘴、针阀、机床主轴、量规、四棱尺、高精度轴承滚柱、压延辊、塑料及金属带 |
| 高精密磨削 | 0.1-0.5 | 0.01-0.04 | 高精度滚柱导轨、精密机床主轴、金属线纹尺、标准环、塞规、量杆、半导体硅片 |
| 超精密磨削 | ≤ 0.1 | ≤ 0.01 | 精密级金属线纹尺、轧制微米级厚度带的压延辊、超光栅、超精密磁头、超精密电子枪、固体电子元件及航天器械、激光光学部件、核融合装置、天体观测装置等零件加工 |

表：进给轴和测量轴总共10个轴，分别实现砂轮的对中、横向和轴向进给、砂轮磨损补偿、辊形微量进给、测量臂的移动和控制等功能，需要多轴控制才能保证高精度，技术难度大

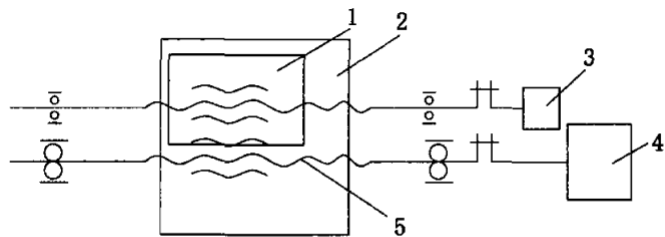
(以Pomini万能轧辊磨床为例，广泛应用于武钢轧制产线)

| 符号 | 机床轴名称 | 符号 | 机床轴名称 |
|----|---------|-----|-----------|
| Z | 砂轮拖架轴 | A | 砂轮探头对中轴 |
| X | 砂轮横向进给轴 | V | 测量臂移动轴 |
| Y | 辊形微量轴 | C | 测量臂控制轴 |
| U | 砂轮补偿轴 | E、Q | 上、下测量臂控制轴 |

2.2 轧辊磨床：技术难度较高，兼顾高精度&高效率

- ◆ 高质量磨削工艺依赖于高性能的磨削机床，需要对主轴、头架、丝杠传动、砂轮修整等进一步优化，也是设备研发的核心壁垒。
- ◆ 1) 主轴：磨床主轴的旋转精度决定了加工精度，需通过高精度和稳定可靠的电气控制（数控系统）实现较高的磨削精度和效率；
- ◆ 2) 铸件：常规机床中铸件技术含量较低，由于磨床对于稳定性要求更高，使得机床头架、尾架主轴上母线、两轴线连线出厂要求精度很高。上海机床厂改作运行更加平稳有效的V形三角带作为恒力矩输出的载矩，同时固定所有相关传动链调整部位的间隙。
- ◆ 3) 丝杠传动：复杂曲面修型需通过U轴与Z轴插补实现砂轮曲面修整，而受丝杠及导轨制造与装配误差影响，需对各伺服轴丝杠进行螺距误差及反向间隙补偿，以提升曲线定位与重复定位精度，确保磨削精度及砂轮曲面精度。

图：采取步进电机双层驱动提高轧辊曲线生产精度稳定性



1. 进给平台 2. 补偿平台 3. 进给电机 4. 补偿电机 5. 滚珠丝杠

图：砂轮修整后磨削作用力集中于同一点

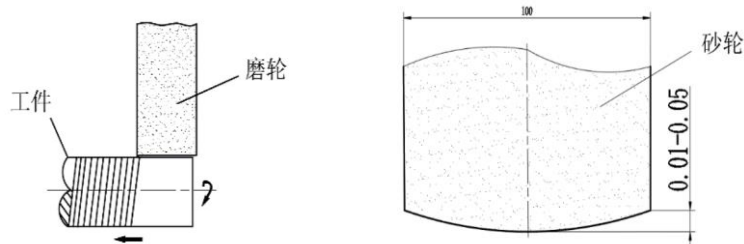


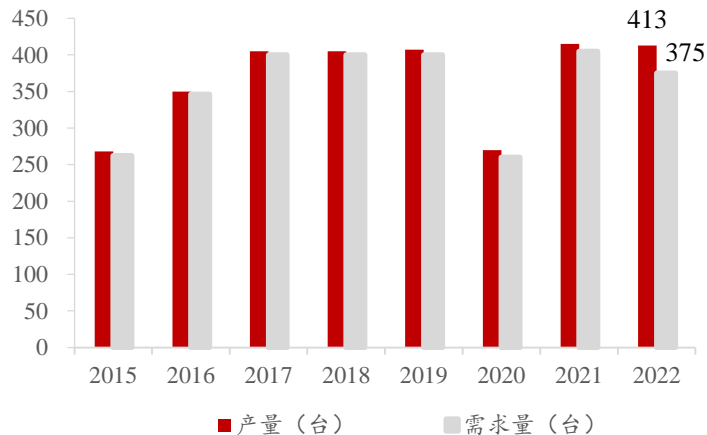
图4 砂轮形状未改进前磨削轨迹示意图

图5 修整后的砂轮外形

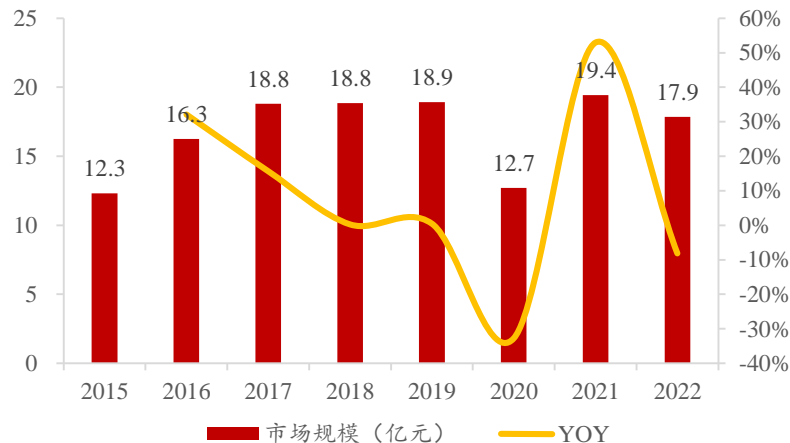
2.3 市场空间：国内市场约20亿元，高端化转型驱动需求结构升级

◆下游需求端较为稳定，国内数控轧辊磨床市场空间保持在20亿元左右。1) 根据智研产业院数据，2015-2022年国内数控轧辊磨床需求量从262台增长至375台，期间CAGR为5%，保持平稳增长，主要系主要下游钢铁、有色等需求较为稳定；其中2020年受疫情影响国内产量及需求量出现较大幅度下滑。2) 参考2023年公司数控轧辊磨床销售均价约470万元/台，以此推算出2022年国内数控轧辊磨床市场规模约17.9亿元，同比下降约8%。

图：2022年国内数控轧辊磨床产量/需求量为413/375台



图：2022年国内数控轧辊磨床市场规模约17.9亿元

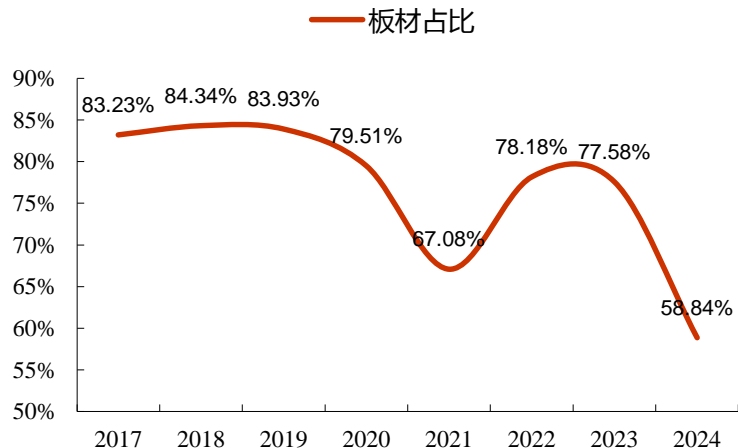


2.3 市场空间：国内市场约20亿元，高端化转型驱动需求结构升级

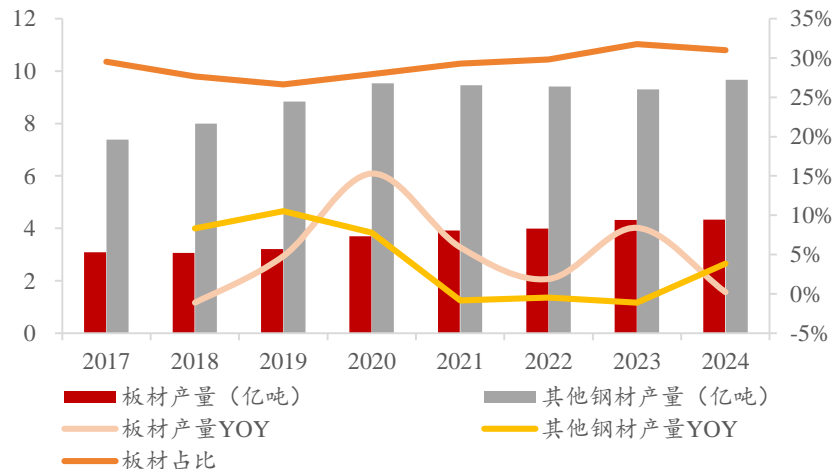
◆细分来看，两大主要下游为钢铁板材和铝板带箔，高端化转型推动设备需求结构持续升级：

◆1) 钢铁板材：随着我国钢铁需求逐步稳定，下游需求往高端化转型，板材（尤其是冷轧板材）作为偏高端产品，高度依赖进口，2024年板材进口占所有进口钢材的比例为59%，过去占比长期高达80%。从国内产量来看，2017-2024年我国板材产量年复合增速明显高于其他钢材，供给侧不断升级优化。相比于其他钢材，板材的加工难度较大，因此主要需求为高端轧辊磨床，随着产品高端化转型，有望持续推动设备需求结构升级。

图：钢材进口中，板材占比超过50%，处于不断下降趋势



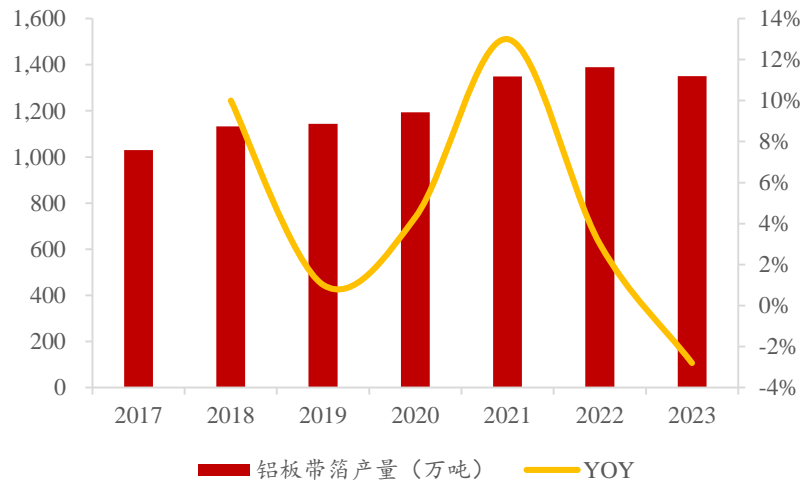
图：2017-2024年我国板材产量增速高于其他钢材



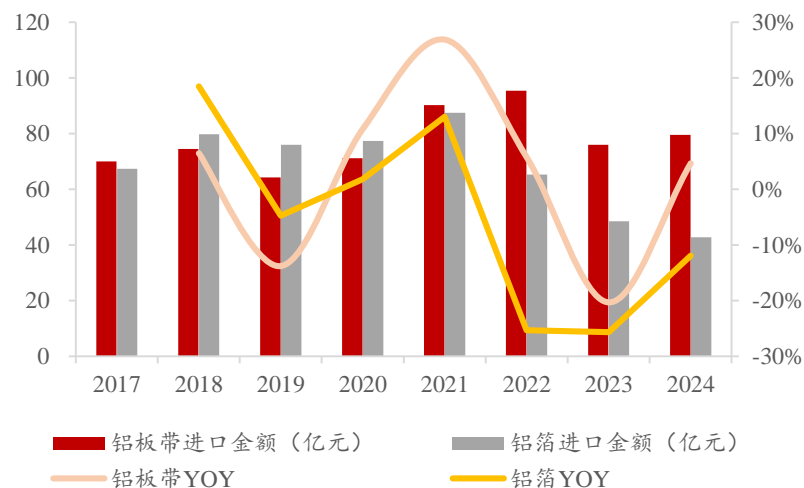
2.3 市场空间：国内市场约20亿元，高端化转型驱动需求结构升级

◆2) **铝板带箔**：铝板带箔是铝板带的高端形态，铝箔的生产需要在铝板带轧制的基础上额外进行专门的箔材轧制工艺，对轧制设备和工艺要求更高，其产量增加直接利好高端轧辊磨床需求。2017-2023年我国铝板带箔产量持续增长，期间CAGR约5%。此外，虽然近年来铝板带箔传统下游需求较为低迷，但在汽车、航空等高端新兴领域需求较为旺盛，同样推动对高端轧辊磨床的需求增加。

图：2017-2023年我国铝板带箔产量CAGR为5%



图：2017-2024年我国铝带箔/铝箔进口金额年复合增速分别为2%/-6%



2.4 竞争格局：高壁垒赛道格局优异，公司竞争优势明显

◆由于赛道较为细分且技术壁垒高，全球主要玩家只有6-7家，行业集中度较高，形成三个层次的竞争格局：头部梯队由德、意企业组成，凭借顶尖技术和品牌优势占据高端地位，目前华辰装备已进入第一梯队，产品实现对标海外；第二层次主要包括美国CAPCO、贵阳险峰机床厂等国内外磨床企业，产品接近国际先进水平，兼具性价比优势；第三层次由数量众多的低端厂商组成，产品单一且同质化严重，低价内卷严重。

表：公司主要竞争对手情况梳理

| | 成立时间 | 公司介绍 | 关键技术 | 国内市场 |
|----------------|------|---|--|---|
| 德国 HERKULES | 1911 | 全球轧辊加工设备领导者，生产各类轧辊磨床和车床、EDT 电火花打毛机等 | 倾斜 C 轴、带 V 形导轨的 X 轴、全自动单点中心架补偿、C 型机架滚动测量、辊子表面检测系统 | 2001年上海代表处成立，客户涵盖 宝武重工、马钢共昌、邯鄹邯宝 等 |
| 德国 WALDRICH | 1840 | 全球领先的重型机床制造商，涵盖了所有重型机床，2004 年成为Herkules集团一员 | 带有U-轴的静压磨削主轴、静压导轨和驱动，数控倾刀功能和预设补偿曲线，动态修正加工偏差，确保 2 米行程内的定位精度误差小于 4 μ m | 潍柴集团 累计采购 13 台 ProfiMill 系列铣床，用于发动机缸体加工； 沪东重机 引进 6 米和 7 米门宽的龙门铣床，加工精度达 0.02mm |
| 意大利 POMINI | 1886 | 全球高精密机床领先生产商，用于板材产品轧机的轧辊，并为重型工件磨削提供特殊机床 | 数字表面分析 (PDSA)、工艺监控 (PPM)、轧辊结构检查的波米尼探伤装置Inspektor3 | 2024年与 中国宝武 签署6台设备合同 |
| 美国 CAPCO | 1940 | 全球知名轧辊磨床制造商，产品已被广泛应用于钢铁业、铝业、铜业、不锈钢、造纸以及其他轧机轧辊相关行业 | 刚性好、精度高、寿命长、操作维护简单、重载、使用成本低 | 客户涵盖中国台湾唐英钢厂、河北邢台轧辊、酒泉钢铁、唐钢集团、鞍钢股份、上海世达不锈钢等 |
| 上海机床厂 | 1981 | 主要产品包括数控外圆磨床、数控平面磨床、数控曲轴磨床、数控轧辊磨床及螺纹磨床等 | 建有上海磨床研究所，是磨床行业的技术权威研究机构 | 现有员工600+人，产能超过1500台/年，预计2027年营收实现翻倍 |
| 无锡机床厂 | 1993 | 主要产品包括数控无心磨床、内/外圆磨床、数控轴承磨床、数控轧辊磨床等 | 2022 年与德国 WMT 莱比锡公司成立合资企业江苏贝莱机床，联合研发“北斗七星”系列高端磨床 | 产品技术代表国家水平，年可供产品品种达300余种，并远销欧、美、亚等 |
| 贵阳险峰机床 (改制) | 2008 | 全球轧辊磨床龙头，主要产品包括数控轧辊磨床、导轨磨床、无心磨床、外圆磨床等 | 1968年生产国内第一台轧辊磨床，填补技术空白；1979年自主研发双支承辊锻机，打破国外垄断 | 2024年工业总产值完成3.08亿元，同比增长11.8%，其中生产轧辊磨床74台、无心磨床121台，产销再创历史新高 |

2.4 竞争格局：高壁垒赛道格局优异，公司竞争优势明显

◆公司在热轧、冷轧不锈钢领域的产品品质已达到国际领先水平，核心关键工艺平动曲线磨削、高次曲线自动磨削、静压磨头等)处于国内领先水平。从结果来看，2018年以来，公司主力型号MK84160/MK84125在河钢、宝钢、首钢、JINDAL、TATA等国内外大型钢厂均有大量进口替代案例。根据中国机床工具工业协会磨床分会，2017年公司市场占有率为34%，结合毛利率和净利率长期保持较高水平，公司综合卡位优势明显。

表：公司产品水平对标海外头部企业，核心零部件（数控系统、测量系统等）实现自制

| 性能指标 | 华辰装备 | Herkules (德) | Waldrich (德) | Pomini (意) |
|----------------------|--|--|----------------------|---|
| 圆度精度 (工件圆度误差) | ≤2 μm (实验件圆度达1.5 μm) | ~1-2 μm (顶级水平, 可达≤1 μm) | ~1-2 μm (大型机保持≤2 μm) | 1-2 μm |
| 圆柱度/直线度 (沿轴向形状误差) | ≤2 μm/m | ~1 μm/m (形状公差约1 μm/m) | ~1-2 μm/m | 1-2 μm/m |
| 表面粗糙度 (Ra) | ≤0.02 μm (镜面级) | ≈0.02-0.05 μm (含超精研装置可达镜面水平) | ≈0.02-0.05 μm | ≤0.2 μm (通常磨削后, 无振纹、无进给刀痕) |
| 测量控制系统 | 自主研发数控系统 (HCK2000) + 三点在位翻转式随动测量臂, 实现在线高精度测量和误差补偿 | 西门子840D CNC + C型框架测量仪 (磨削中实时测量辊径/轮廓) | 西门子840D CNC + 在线测量系统 | 西门子840D CNC + Pomini Inspektor在线测量系统 (360°圆度测量, 每度取点, 高级插值算法) |
| 结构配置 | 重型高刚性床身, 部分机型采用双床身结构 (磨头与工件床身分离) 提高稳定性; 高速主轴恒温控制, 支持重载CBN砂轮高速磨削 (80 m/s) | 通常为移动砂轮架式设计, 整体铸铁或矿物铸件床身, 高阻尼、可免地基 (Herkules Monolith 技术); 多点支承稳架确保重工件精度 | 大型一体化床身, 擅长超长行程和重载刚性 | 双床身或独立基础结构, 工件和磨头分离, 液/静压导轨支撑; 可选免地基安装; 多稳架设计支撑80+吨轧辊, 结构刚性与减振性卓越 |

一

华辰装备：立足精密磨削赛道，持续拓品类的高端磨床龙头

二

轧辊磨床竞争优势明显，将引领高端产品国产替代

三

丝杠磨床受益机器人产业趋势，合作长光所切入光刻机赛道

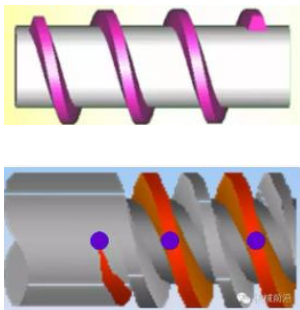
四

投资建议与风险提示

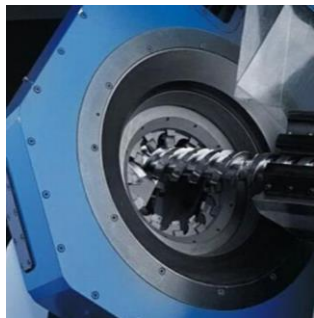
3.1 复用超精密磨削技术积累，切入螺纹磨床等新品逻辑清晰

◆人形机器人、半导体等高端领域催生大量高端滚珠/行星滚柱丝杠需求，其核心组件附有的螺纹结构是主要的加工难点，广泛需要内外螺纹、外圆、端面等磨削机床：1)从丝杠端来看，行星滚柱丝杠常采用多线螺纹方案（双线螺纹丝杠的承载力比单头高60%-70%，线数越多，升角越大，旋进越快，但自锁性越差），多线螺纹丝杠的滚道数更多且滚道间距更短，使得加工难度提升；2)从行星滚柱端来看，两端存在与螺母两端的齿轮环啮合的花键齿，此结构加工难度较大。此外，行星滚柱的标准化程度低于滚珠，大规模高精度量产同样具备较强的技术难度。3)从螺母端来看，在反向式行星滚柱丝杠中，螺母本质上是一个带有螺纹内径的管子，砂轮需要伸进去加工，通常采用内圆磨制工艺。由于螺母长度较长，如果采用磨制工艺，则存在工件与设备之间易发生碰撞且加工效率较低等问题；如果采用旋风铣工艺，则面临国内内螺纹旋风铣工艺尚不成熟的难题。

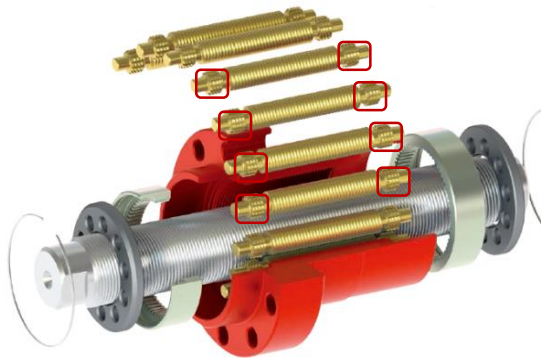
图：单线螺纹（上）与双线螺纹（下）



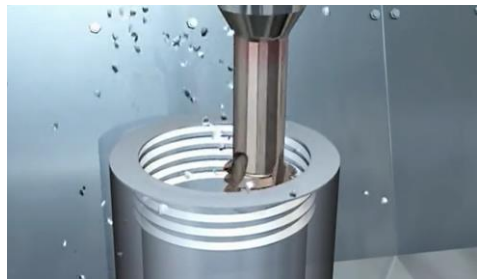
图：旋风铣加工多线螺纹丝杠需要特殊形状的铣刀



图：行星滚柱的两端存在花键齿



图：反向式行星滚柱丝杠的螺母内螺纹加工难度大

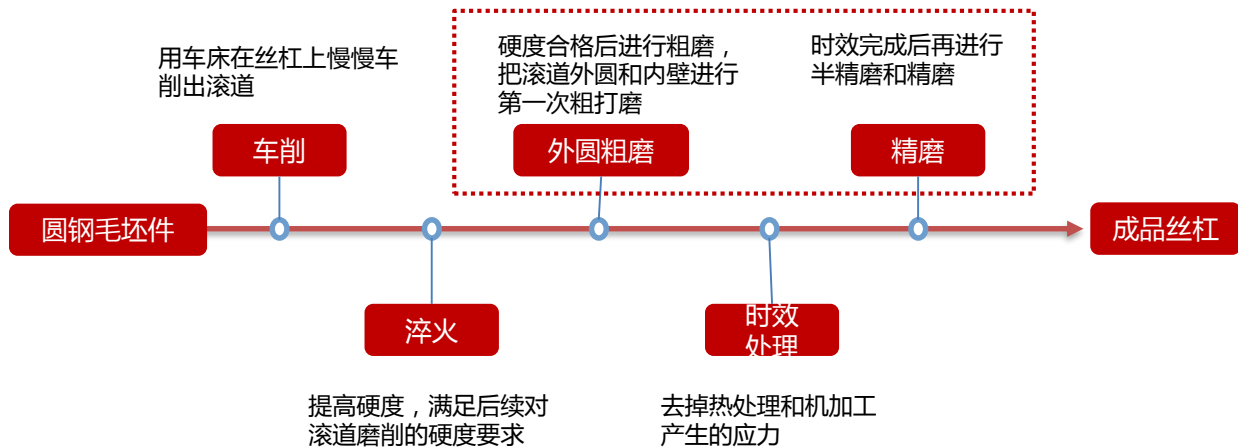


3.1 复用超精密磨削技术积累，切入螺纹磨床等新品逻辑清晰

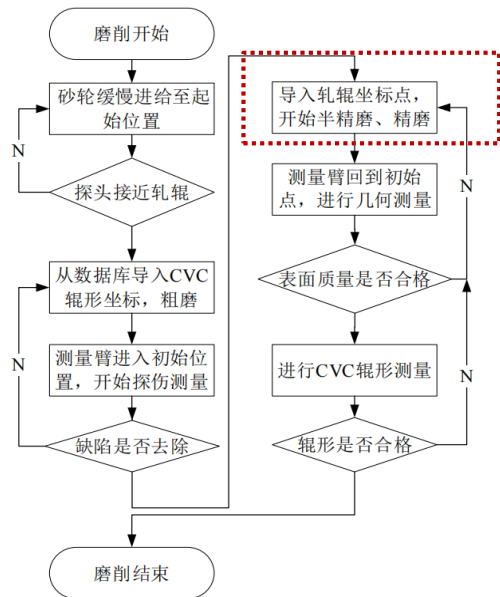
◆ 无论从轧辊磨削延伸到亚 μ 级复合磨削（包括外圆、内圆、端面等）、还是更细分的螺纹/导轨、光学元件等磨削，本质上都属于高端精密磨削领域，是公司围绕“大型工件高精度磨削”攻克的一系列核心技术，在更小工件领域的复用与创新。

◆ 1) 从所需工艺和总体加工流程来看：丝杠纵向磨削加工流程实质上与轧辊磨削工艺流程基本一致，通过砂轮探头接近目标工件，轧辊和丝杠轴都可看做是圆钢型件，只是大小和尺寸区别较大；然后根据数据库中工艺参数，依次进行“粗磨-半精磨-精磨”流程；结合几何精度测量，判断是否满足精度要求，若不达标则进行补偿加工。

图：丝杠螺纹磨削加工完整流程



图：CVC轧辊磨削完整过程



3.1 复用超精密磨削技术积累，切入螺纹磨床等新品逻辑清晰

◆2) 对比加工结果要求来看：对于丝杠来说，衡量精度的标准是任取采样一段300mm长度，丝杠传动误差在其等级代表的精度之内。通常来说，CO（最高精度）丝杠要求传动误差在3.5μm以内，C5在18μm以内。应用于半导体、机器人领域的丝杠精度要求在C0-C5范围，其中人形机器人所采用的行星滚柱丝杠，精度要求放宽至在C3-C5，即传动误差在8-18μm以内（实际误差要求会更宽松），表面粗糙度要求达到0.1-0.4μm。

表：应用于半导体、机器人等领域的丝杠精度要求在C0-C5即可

| 用途 | 半导体 / 印刷板制造装置 | | | | | 工业用机器人 | | | | 原子能 | | | | | | | | | | |
|------|---------------|------|--------|-----|-----|---------|--------|-------|----|--------|----|-------|--------|-----|-------|------|--------|-----|--------|----|
| | 通用机械·专用机械 | 曝光装置 | 化学处理装置 | 焊线机 | 探测器 | 电子零件插件机 | 印刷板子控制 | 正交坐标型 | | 垂直多关节型 | | 圆筒坐标型 | 治铸设备机械 | 注塑机 | 三维测量仪 | 办公设备 | 图像处理装置 | 控制棒 | 机械式缓冲器 | 飞机 |
| | | | | | | | | 组装 | 其他 | 组装 | 其他 | | | | | | | | | |
| C0 | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C1 | ◎ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C2 | | | | ○ | ◎ | ○ | ◎ | | | | | | | | ○ | | | | | |
| C3 | ○ | | ○ | | | ○ | ◎ | ○ | | ○ | | | | | | | | | ○ | ○ |
| C5 | ◎ | | ○ | | | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | | | ◎ | | ◎ | | | ◎ | ◎ |
| C17 | ◎ | | ◎ | | | | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | | | ◎ | | ◎ | | | ◎ | ◎ |
| Ct10 | ○ | | ○ | | | | | ○ | | ○ | | | | ◎ | ○ | ○ | | | ○ | |

表：丝杠精度等级对应传动误差表 (μm)

| 精度等级分类 | 精度 (μm) |
|-----------|-----------|
| C0 | 3.5 |
| C1 | 5 |
| C2 | 7 |
| C3 | 8 |
| C5 | 18 |
| C7 | 50 |
| C10 | 210 |

3.1 复用超精密磨削技术积累，切入螺纹磨床等新品逻辑清晰

◆2) 对比加工结果要求来看：对于轧辊来说，①实际生产中，表面精度的概念不常提及，或以辊形公差控制（半径方向）为主，高质量带钢生产公差通常需要控制在 $\pm 2\mu\text{m}$ ，相对来说表面粗糙度更加重要，基本都在 $1\mu\text{m}$ 以内；②但轧辊修复时的磨削精度要求极高，以钢铁行业为例，加工精度要求为圆度在 $2\mu\text{m}$ 以内、圆柱度在 $2\mu\text{m}/\text{m}$ ，表面粗糙度 $0.02\mu\text{m}$ ；以铝业为例，辊身的径向跳动一般不大于 $3\mu\text{m}$ ，磨削难度要求均明显高于丝杠螺纹磨削。

表：不同磨削程序阶段对应表面粗糙值目标不同

| 辊系 | 机架 | 辊形 | 目标 Ra/ μm | 磨削量/mm | 磨削程序 | 砂轮粒度 |
|-----|------------------------|-----|----------------------|--------|-----------------------------|---------|
| WR | F1 - F2 560 - 480 | 平辊 | 1.0 ~ 1.2 | 0.3 | Rough to stock removal | 60 ~ 80 |
| | | | | | = > Semifinish to tolerance | |
| | | | | | Semifinish | |
| WR | TCM 3 - 4 560 - 480 | 平辊 | 0.6 ~ 0.8 | 0.3 | Rough to stock removal | 60 ~ 80 |
| | | | | | = > Semifinish to tolerance | |
| | | | | | Semifinish | |
| WR | TCM 5 560 - 480 | 平辊 | 0.4 ~ 0.5 | 0.3 | Finish | 60 ~ 80 |
| | | | | | Rough to stock removal | |
| | | | | | = > Semifinish to tolerance | |
| IMR | TCM 1 - 5 650 - 570 | CVC | 0.5 ~ 0.7 | 0.3 | Semifinish | 60 ~ 80 |
| | | | | | Rough to stock removal | |
| | | | | | = > Semifinish to tolerance | |
| | | | | | Finish | |

图：轧辊磨削要求尺寸精度在 μm 级别，表面粗糙度要求更高

| 材质 | 9Cr3Mo |
|--------|-----------------------------------|
| 不衰减层硬度 | min22mm |
| 轧辊硬度 | HRC \geq 66 |
| 表面粗糙度 | Ra \leq 0.05um, Rz \leq 0.5um |
| 镀硬铬层 | \geq 80um |

3.1 复用超精密磨削技术积累，切入螺纹磨床等新品逻辑清晰

◆3) 从产业招标侧进行验证：2022年济南二机床集团公开招标数控轧辊磨床1台，其中对于砂轮最大线速度要求 $\geq 45\text{m/s}$ ，已经属于高速精密磨削范畴；加工精度方面，①对于圆柱面磨削，圆度要求在 $3\text{-}5\mu\text{m}$ 以内，圆柱度要求 $3\text{-}5\mu\text{m/m}$ 以内，表面粗糙度要求在 $0.2\mu\text{m}$ 以内；②对于中凸(凹)磨削，其圆度要求 $\leq 1\mu\text{m}$ ，表面粗糙度要求在 $0.1\mu\text{m}$ 以内。从产业真实需求来看，轧辊磨削参数要求标准相对高于丝杠磨削，一定程度反映了从轧辊磨床切入其他磨削领域的优势积累。

表：济南二机床公开招标数控轧辊磨床部分参数要求

| 细分磨削种类 | 工作精度 | 具体要求 |
|-------------|---------|--------------------------|
| (1) 圆柱面磨削 | | |
| a) 顶磨 | 圆度 | $\leq 5\mu\text{m}$ |
| | 圆柱度 | $\leq 5\mu\text{m/m}$ |
| | 同轴度 | $\leq 0.5\mu\text{m}$ |
| | 表面粗糙度 | $Ra \leq 0.2\mu\text{m}$ |
| b) 托磨 | 圆度 | $\leq 3\mu\text{m}$ |
| | 圆柱度 | $\leq 3\mu\text{m/m}$ |
| | 同轴度 | $\leq 3\mu\text{m}$ |
| | 表面粗糙度Ra | $\leq 0.2\mu\text{m}$ |
| (2) 中凸(凹)磨削 | 中高对称性 | 0.069444468 |
| | 圆度 | $\leq 1\mu\text{m}$ |
| | 表面粗糙度 | $\leq 0.1\mu\text{m}$ |

3.2 磨床：丝杠扩产核心设备，人形机器人带来百亿市场空间

◆特斯拉等头部人形机器人厂商积极上调量产指引，国内丝杠厂商资本开支加速。1) 特斯拉等上调量产指引：2025年1月底，特斯拉发布24Q4财报，再次上调量产指引，25年计划5000台，目前设计产能1000台/月；26H1计划提升至1万台/月，H2开始对外商业化交付，全年预计5万台；27年提高10倍至50万台起；此外，智元、众擎等均有量产千台计划，人形机器人量产元年开启。2) 国内供应链厂商加速储备产能：T1总成商拓普和三花已披露机器人产业相关扩产计划，分别将投入50、38亿元建设核心零部件生产基地和机器人电机执行器项目；丝杠厂商新剑传动、五洲新春、恒立液压均开始加速资本开支，为大规模量产做好准备。

表：国内主要人形机器人零部件厂商拟计划开支百亿元投入产能建设

| | 拟投资金额（亿元） | 投资内容 |
|------|-----------|---|
| 拓普集团 | 50 | 建设宁波机器人核心零部件生产基地 |
| 三花智控 | 38 | 投入机器人电机执行器项目 |
| 新剑传动 | 26 | 年产100万台高端减速器和行星滚柱丝杠智能物联制造生产线 |
| 五洲新春 | 15 | 投向行星滚柱丝杠、微型滚珠丝杠、汽车精密零部件等丝杠产品 |
| 雷勃精工 | 1.1 | 南通海安投资机器人关节电机及生产基地项目 |
| 中鼎股份 | 10 | 年产不少于15万颗谐波减速器核心零部件，后续投资拓展到刹车系统、减转机构等高端产品的研发及产业制造 |

3.2 磨床：丝杠扩产核心设备，人形机器人带来百亿市场空间

◆磨床为丝杠扩产主要资本支出，人形机器人进一步打开市场空间。1) 技术方案端：综合降本诉求&量产效率，丝杠厂商考虑以车代磨、以铣代磨、轧辊等新方案进一步减少中道磨削量，但磨削始终为不可缺少的关键环节（细节参考丝杠加工设备行业报告）；2) 需求端：以秦川机床为例，新能源汽车领域滚动功能部件研发与产业化建设项目总投资额为2.0亿元，其中设备投资额1.56亿元，占比78%，对应46台/套设备采购，其中磨床11台，合计投资额7160万元，占到设备投资额的46%，可见磨床为丝杠扩产主要的资本开支投向。

表：当前丝杠加工主要技术方案梳理

| 方案 | 热处理 | 粗加工 | 半精加工 | 精加工 | 工艺特点 |
|------|-----|-----|------|-----|----------------|
| 磨削 | 需要 | 车/铣 | 磨削 | | 精度充分保证 |
| 以车代磨 | 需要 | 车/铣 | 车削 | 磨削 | 减少磨削量 |
| 以铣代磨 | 需要 | 车/铣 | 旋风铣 | 磨削 | 减少磨削量 |
| 轧辊 | 需要 | 轧辊 | | 磨削 | 减少磨削量+生产效率大幅提升 |

表：磨床在设备投资中占比高达46%

| 设备类别 | 设备明细 | 数量 (台/套) | 单价 (万元) | 投资金额 (万元) | 设备投资额占比 (%) |
|------|-------------|----------|---------|-----------|-------------|
| 磨床 | 高精度床身导轨磨床 | 1 | 2800 | 2800 | 46% |
| | 高精度数控内外圆磨床 | 1 | 450 | 450 | |
| | 高精度数控直线导轨磨床 | 1 | 1800 | 1800 | |
| | 高精度数控滑块磨床 | 1 | 500 | 500 | |
| | 数控直线导轨磨床 | 4 | 200 | 800 | |
| | 数控滑块磨床 | 5 | 100 | 500 | |
| | 数控螺纹磨床 | 2 | 80 | 160 | |
| | 数控螺纹磨床 | 1 | 150 | 150 | |
| 旋风铣 | 高精度数控旋风铣床 | 2 | 750 | 1500 | 10% |
| 其他 | | | | 6940 | 44% |
| 合计 | | | | 15600 | 100% |

3.2 磨床：丝杠扩产核心设备，人形机器人带来百亿市场空间

◆3) 根据我们测算，假设量产百万台，单台使用14根行星滚柱丝杠+30根微型滚柱丝杠，中性情况下分别需要45/15分钟磨削时间（仅考虑内外螺纹精磨），则对应新增设备需求分别为44/28亿元，考虑丝杠扩产冗余情况，合计市场规模为108亿元。

表：人形机器人量产百万台时，中性测算将新增108亿元磨床市场，乐观情况下增量空间约167亿元

| | | | |
|----------------------------|-----------|------------|------------|
| 人形机器人出货量（万台） | | 100 | |
| 单台行星滚柱丝杠需求（根） | | 14 | |
| 单台灵巧手微型丝杠需求（根） | | 30 | |
| 行星滚柱丝杠总需求量（万根）① | | 1400 | |
| 微型丝杠总需求量（万根）② | | 3000 | |
| 行星滚柱丝杠部分： | | | |
| 单根平均加工时间（分钟，仅考虑精磨部分）③ | 30 | 45 | 60 |
| 总加工小时数④=①*③/60（万小时） | 700 | 1050 | 1400 |
| 每日有效加工时间（小时） | 20 | 20 | 20 |
| 单台设备年有效加工时间（小时，以300个工作日测算） | 6000 | 6000 | 6000 |
| 设备需求量（套） | 1167 | 1750 | 2333 |
| 设备单价（万元） | 250 | 250 | 250 |
| 设备市场空间（亿元） | 29 | 44 | 58 |
| 微型丝杠部分： | | | |
| 单根平均加工时间（分钟）⑤ | 10 | 15 | 18 |
| 总加工小时数⑥=②*⑤/60（万小时） | 567 | 850 | 1020 |
| 每日有效加工时间（小时） | 20 | 20 | 20 |
| 单台设备年有效加工时间（小时，以300个工作日测算） | 6000 | 6000 | 6000 |
| 设备需求量（套） | 944 | 1417 | 1700 |
| 设备单价（万元） | 200 | 200 | 200 |
| 设备市场空间（亿元） | 19 | 28 | 34 |
| 合计 | | | |
| 行星滚柱丝杠+微型丝杠用磨床市场规模（亿元） | 48 | 72 | 92 |
| 扩产设备支出冗余系数（1.5-2，保守以1.5测算） | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| 人形机器人丝杠用磨床市场规模（亿元） | 72 | 108 | 167 |

3.2 磨床：高端磨床仍由外资主导，国产替代空间较大

◆从竞争格局来看，高端磨床基本由欧洲、日本企业主导，尤其是在高精度螺纹磨床领域。全球范围内来看，欧洲、日本企业在高精度磨床领域占据主导地位，主要因为其高端制造业起步早，磨床技术研发积累较好。国内市场仍高度依赖进口磨床，其中以欧美与日本厂商为主，包括美国DRAKE，日本三井、英国的Holroyd和MATRIX，瑞士Studer以及德国的MIKROMAT等。

表：海外螺纹磨床重点厂商梳理

| 公司 | 国家 | 公司介绍 | 产品布局 |
|----------|-----|---|--|
| DRAKE | 美国 | 一家全球性的制造服务公司，主要生产精密数控机床。 | 公司产品包括外螺纹磨床、内螺纹磨床、双主轴磨床、冠状研磨机、立式螺纹铣床、齿条式铣床等。 |
| 三井精机 | 日本 | 三井集团是日本的四大垄断财阀之一，三井精机在精密滚珠丝杆磨削领域市占率极高，在日本，其占有螺纹磨床（丝杠加工设备）几乎100%的市场份额。 | 公司螺纹磨床产品布局：外螺纹磨床GSE-A、GSE-B系列和GSH系列；内螺纹磨床GSE-i系列与GSN系列；重型GSC系列与GSE-H系列；其他GSD系列；激光型LMS系列。 |
| Holroyd | 英国 | 公司自1906年开始生产蜗轮蜗杆、螺纹铣床和磨床。目前是专业从事制造高度精密的转子铣床、转子磨床和搅拌摩擦焊机床以及设计和制造各种精密螺杆零件的集团公司。 | 公司产品：EX系列螺杆铣床、HG系列齿轮磨削中心、SP系列螺杆泵主轴磨床、TG系列螺杆磨床、WG系列蜗杆磨床、ZENITH 400螺旋型线磨床。 |
| MATRIX | 英国 | 成立于1994年，齿轮传动与精密机械为核心技术。2015年迈萃斯加入HIWIN集团后跨入齿轮刀具及制程工具机的生产领域。公司提供优质客制化齿轮刀具以及研发高精度、高效能的各机型磨床。 | 公司主要产品为：齿轮刀具、CNC滚刀磨锐机、CNC蜗杆磨床、CNC齿轮成型磨床。其中，蜗（螺）杆磨床，采用FANUC控制器与高转速砂轮主轴，可加工工件类型包含：标准型(ZK、ZI、ZN、ZA)蜗杆、双导程蜗杆、ZC(尼曼)型蜗杆、螺纹塞规与滚牙轮等工件，产品型号为THW-2080/3080。 |
| Studer | 瑞士 | 世界领先的机床制造商之一，主要产品有精密磨床、电解机床、激光机床、测量机以及增材制造机床。 | 公司产品包括：5/6轴磨削中心、专用磨床、传统磨床、内圆弧磨床、回转工作台磨床、工具磨床、平面成型磨床、测量机、激光加工机床、生产型内圆磨床生产型外圆磨床电解机床、硬车削、铣削、钻孔、磨削立式磨削中心、通用型内圆磨床通用型外圆磨床。 |
| Doimak | 西班牙 | 螺纹磨削领域和外圆磨削应用定制磨削解决方案设计的欧洲领导者。 | 螺纹磨床类产品布局：具有滚珠丝杠、丝杠、滚柱丝杠、泵丝杠磨床等产品，外螺纹磨床产品为RER系列，内螺纹磨床产品为RIR系列。 |
| MIKROMAT | 德国 | 公司生产螺纹磨削机、水平仪表钻机、垂直钻机，产品主要应用于工业、机械、汽车、电气，是全球螺纹磨床代表企业。 | 具备螺纹磨床生产能力，自行开发了CNC控制系统。 |

3.2 磨床：降本诉求叠加进口受限，本土设备商充分受益

◆降本诉求叠加海外设备进口受限，国产设备商率先受益丝杠企业扩产。国内磨床领先企业主要包括华辰装备、秦川机床、日发精机等，同时浙海德曼在“以车代磨”领域积极布局。从丝杠产业发展来看，国产设备商综合优势明显，1) 大规模量产势必需要通过国产设备降本，上游客户定制化开发的需求较强，而国产设备商研发模式灵活，更贴近终端；2) 海外禁售高端磨床+产能严重不足，进口受限，国产设备产业化有望加速推进。

表：国内主要丝杠螺纹加工设备企业梳理

| 公司 | 是否上市 | 公司介绍 | 产品布局 |
|------|------|---|--|
| 秦川机床 | 是 | 我国精密数控机床与复杂工具研发制造基地，机床工具行业重点联系企业中规模第二， 占据我国螺纹磨床市场近七成份额 | 公司具备精密螺纹磨床、数控系统、滚珠丝杠和滚动直线导轨的生产能力；2023上半年，公司旗下汉江机床SGK7432×20/1高精度数控丝杠磨床磨削精度稳定达到P1级 |
| 日发精机 | 是 | 自主开发高精度、高刚性、高可靠性的各类数控机床产品和电主轴、转台、摆动头、矩阵式刀库等核心零部件 | 公司数控螺纹磨床试磨情况良好，高效且精度符合客户要求，已获得客户认可；公司应用于丝杠螺母的端面外圆磨床已向某客户交付，并与另一客户签订螺纹磨床合同，产业化进展较快 |
| 华辰装备 | 是 | 国内全自动高精度数控轧辊磨床龙头，各项精度指标比肩世界一流产品，尤其在高速磨削领域具备技术领先地位 | 公司内外圆复合磨床（亚μ磨削系列产品）属于高精度数控复合磨床，具备外圆、内圆、端面、非圆、轮廓、螺纹等磨削功能；螺纹磨床、导轨磨床等其他磨削新品技术顺利突破，已获得贝斯特、福立旺等头部客户订单 |
| 浙海德曼 | 是 | 高精密数控车床龙头企业 | 公司已突破高精密精度技术，成功开发T65、T55系列高精密级数控车床，已掌握主轴端部跳动小于1微米的高精密数控车床主轴技术 |

3.3 新品技术水平+产业化进度领先，公司卡位优势明显

◆公司精密磨削技术积累深厚，高精度插补技术、高速高压砂轮主轴系统等优势工艺可充分复用，同时持续投入亚 μ 高精数控系统、端面磨削、螺纹磨床高精度定位系统等新技术研发。1) 公司平动磨削技术、砂轮主轴小角度追摆等技术已达到国内领先水平，可充分复用至螺纹磨削；2) 根据2023年报，公司主要研发项目涵盖了亚 μ 磨削高精度数控系统、螺纹磨床高精度定位数控系统、高精度直线导轨磨床等关键技术，同时大力投入磨床核心零部件、关键耗材如超硬砂轮等研发，持续提高设备核心部件自制能力。

表：公司大力投入高精度数控系统、磨床核心零部件、关键砂轮刀具等研发，进一步提升精密磨削实力

| 主要研发项目 | 项目目的 | 进展 | 拟达到的目标 |
|------------------------|--------------------------------|---------------------------|---|
| 亚 μ 复合磨削中心高精智能数控系统 | 实现关键系统自主可控 | 小批量推广应用 | 工件磨削后的轨迹精度误差小于 $1\mu\text{m}/\text{m}$ ，圆度误差小于 $0.5\mu\text{m}$ ；机床综合性能指标能够达到国际先进水平 |
| 数控精密磨床端面高精磨削技术 | 丰富公司亚 μ 磨削系列产品型谱 | 小批量推广应用 | 用于轴类、盘类等零件的外圆及端面磨削加工，产品性能及精度将全面对标国际品牌的先进技术水平 |
| 精密磨床核心零件加工自制柔性线 | 实现公司大型精密复杂零件柔性化生产 | 完成研发、工程化示范应用 | 高端精密设备大型核心零件的高效精密加工 |
| 螺纹磨床高精度定位数控A轴系统 | 为公司精密螺纹磨床的研发奠定关键核心部件基础 | 小批量应用推广阶段 | 有效提升精密数控螺纹磨床A轴刚度、精度及稳定性 |
| 高精度数控直线导轨磨床 | 丰富公司产品类别，拓展下游市场 | 已完成直线导轨磨床整机技术开发，设备按照进度试制中 | 高精度、高效率、智能化数控直线导轨磨床，是公司在精密磨削领域的又一重大创新产品 |
| 半导体封装加工用超薄砂轮 | 开发面向电子行业元器件的切割加工场景的超薄超硬切割砂轮 | 完成项目技术开发，样件试制中 | 解决晶圆切割等关键领域中的卡脖子问题 |
| PCD、PCBN精密刀具加工用超硬砂轮 | 提升磨削效率及砂轮寿命，加速高端刀具加工砂轮的国产化替代进程 | 完成技术研发和测试，小批量试用 | 开发树脂金刚石砂轮，实现工艺指标需求下的配方研发，使其具有较高的耐磨性、锋利度及形状保持性，在保障加工后刀具刃口品质的同时，实现磨削效率及砂轮寿命的显著提升 |

3.3 新品技术水平+产业化进度领先，公司卡位优势明显

表：公司核心技术和关键生产工艺处于国内领先地位

| 技术名称 | 技术来源 | 技术特点 | 技术先进性 |
|--|------|--|-------|
| 基于X、Z轴高精度插补的平动曲线磨削技术 | 自主开发 | X轴、Z轴均采用闭环控制方式，导轨采用闭式静压导轨，实现磨架的进给精度达到0.1 μ m；平动磨曲线技术显著提高轧辊表面曲线的磨削精度达到1 μ m | 国内领先 |
| 轧辊径向在线测量系统(X1轴) | 自主开发 | 实现对轧辊直径、磨除量、圆度、同轴度、高次曲线辊型等相关要素的尺寸精度、形状精度及位置精度的在线检测，系统测量精度 $\leq 0.5\mu$ m；对检测结果实时分析处理，并反馈给磨床控制系统实现对轧辊的全自动闭环磨削。 | 国内领先 |
| 轧辊表面母线方向的高次曲线自动磨削装置(U轴) | 自主开发 | 表面母线方向磨削出各种高次方曲线，曲线精度达到1.5 μ m，重复定位精确达到1 μ m，可实现按任意数学模型展开的高次方曲线辊形磨削 | 国内领先 |
| 砂轮主轴轴线可在水平截面内作 $\pm 1^\circ$ 小角度摆动的自动控制系统与装置(V轴) | 自主开发 | 通过采用一体式轴孔交叉(交叉点为砂轮几何中心)双静压内外组合回转轴系，可实现自动控制砂轮主轴轴线 $\pm 1^\circ$ 小角度摆动，使磨床在曲线磨削过程中砂轮表面(砂轮母线)始终跟随轧辊表面曲率的变化，保持砂轮表面(砂轮母线)与轧辊辊面曲线相切。 | 国内领先 |
| 高速、强力磨削的动静压磨头 | 自主开发 | 磨头具有回转精度高，稳定性好，动态刚性强，不易振动等特点，主轴回转精度达3 μ m，最大磨削能力达到130kg/h。 | 国内领先 |
| 磨削抛光装置研发 | 自主开发 | 开发磨削抛光一体装置，可实现边磨边抛功能，相较于传统磨后抛光生产效率有了极大的提升 | 国内领先 |
| MK84125-11125 高速磨削 | 自主开发 | MK84125-11125高速磨削对原主轴系统、头架系统、中心架系统进行了结构优化，可大幅度提高磨削效率。 | 国内领先 |
| 恒温控制的高精度高速动压砂轮主轴系统 | 自主开发 | 研发的具有恒温控制的高精度高速动压砂轮主轴系统，主轴回转精度 0.3 μ m，实现业内首创80m/s 高速磨削，磨削精度达到0.6 μ m | 国内领先 |

3.3 新品技术水平+产业化进度领先，公司卡位优势明显

◆从实际结果来看，1) 新品突破顺利：2020年公司成功研发首台亚 μ 级高端复合磨削产品，各项精度指标达到世界同类产品水平，且核心零部件自制比例较高；精密螺纹磨床标准丝杠试件加工精度等级最高可达P0、直线导轨磨床实现双层直线导轨一次装夹磨削，均已实现对标世界一流水平；超精密曲（平）面磨床主要用于光学元件的超高精密磨削，技术水平已得长光大器认可。

表：公司精密磨削领域新品使用场景广泛，各项精度指标基本对比国际领先水平

| 产品 | 使用磨削场景 | 下游应用 | 技术指标 |
|----------------|--------------------------|----------------------------------|---|
| 亚 μ 磨削中心系列 | 外圆、内圆、端面、轮廓、非圆、螺纹、随动、中心孔 | 航空航天、工程机械、机床、汽车零部件、刀具、液压泵阀、精密丝杠等 | 夹持磨削圆度最高可达 $0.2\mu\text{m}$ ，圆柱度最高可达 $1\mu\text{m}$ ， X轴定位精度/重复定位精度： $3\mu\text{m}/1.5\mu\text{m}$ ， Z轴定位精度/重复定位精度： $4\mu\text{m}/2\mu\text{m}$ |
| 精密螺纹磨床 | 螺纹工件滚道的精密磨削加工 | 机床、机器人制造、精密仪器等 | 标准丝杠试件加工精度等级最高可达P0； 对标世界一流产品 |
| 数控直线导轨磨床 | 实现双层直线导轨一次装夹磨削 | 机床、机器人制造、汽车制造、精密仪器制造、航空航天、工程机械等 | 工作台运行速度可达80米/分钟，三磨头同时参与磨削工作， 并通过误差自动补偿的程序控制； 各项指标与功能设计对标国际领先产品 |
| 超精密曲（平）面磨床 | 实现对平面、球面、非球面光学元件的超高精密磨削 | 机床、工程机械、航空航天、半导体等 | 磨削精度可达 $2\mu\text{m}/\varphi 500$ （轮廓度） |
| 砂轮 | 配件耗材，由华辰新材料主体经营 | | 硬度高、韧性好、自锐性强等优点，可实现高磨耗比下更高效磨削，尤其对高速钢轧辊效果显著 |

3.3 新品技术水平+产业化进度领先，公司卡位优势明显

◆2) 产业化落地进度较快：当前板块布局磨床玩家多，技术指标口径繁杂，我们认为客户合作/订单落地才是对于产品最大的背书。公司自2022年以来，陆续获得贝斯特、南理工、科德数控、福立旺等各行业头部企业合作订单，其中福立旺也是业内目前唯一公开明确订单金额和产品的大订单。参考公司在轧辊磨床领域的出色表现，目前新品突破顺利+产业化落地保持领先同行，综合来看卡位优势突出；随着后续丝杠扩产开始，公司产能储备充分，订单有望快速兑现。

表：主要丝杠磨床厂商情况

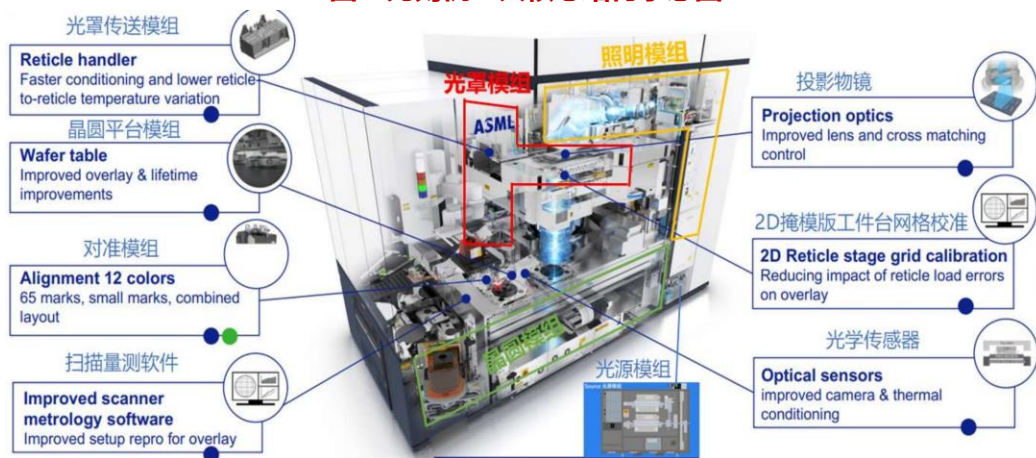
| | 加工精度 | 速度情况 | 现有客户（合作/接触） | 其中人形机器人或其他确定订单 | 价格范围 | 产能建设 |
|------|--|------|----------------|--------------------------------|------------|----------|
| 汉江机床 | 滚珠丝杠（P0）、行星滚柱丝杠（P3） | 较快 | 头部丝杠厂商 | 头部丝杠厂商 | 100-300万/台 | 300台 |
| 华辰装备 | 最高达P0 | 快 | 头部丝杠、减速器厂商均有接触 | 福立旺（100台协议）、长光大器、南理工（外螺纹180万台） | 200-300万/台 | 100-200台 |
| 科之鑫 | C3 - C5 | 提速中 | 双林股份 | 反向式螺母的弯头模具及磨削方式上或有重大突破，解决长径比问题 | | |
| 敏嘉 | 内螺纹好于外螺纹，技术来源汉江，某些内螺纹优于汉江，但是品种少 | | | | | |
| 日发精机 | 轴承磨削技术出身，加工承受刚性强，但精度低，效率高 | | | | | |
| 长坂科技 | 福达股份子公司，丝杠&磨床同时做，口径为丝杠300元/根，内螺纹磨床不到50万元/台 | | | | | |

3.4 超精密光学元件为光刻机核心零部件，极高壁垒&价值量赛道

◆光刻机三大核心部件为光源系统、曝光系统（照明+投影物镜）和双工件台系统。1）光源系统：提供曝光能量，典型的有KrF、ArF、EUV等光源；2）曝光系统：其中照明系统负责优化光束，实现分辨率增强；投影物镜系统为光刻机“心脏”，将穿过掩膜版产生的一阶衍射光收集且缩小聚焦到晶圆上，性能高低直接决定光刻机分辨率和套刻精度。主要由各类超精密光学元件组成，典型的投影物镜包含近30块镜片，60个光学表面，最大直径达0.8m。3）双工件台：曝光同时进行测量矫正，提高生产效率。

◆光刻机单机价值量极高，根据我们测算，2025年国内光学类半导体设备零部件市场规模约150亿元。相对中低端的I-line光刻机售价在2000-5000万元，K-line售价在5000万-1亿元；而浸没式ArFi售价大幅提升到5000万-1亿美元左右，EUV则超过1亿美元。

图：光刻机三大核心结构示意图



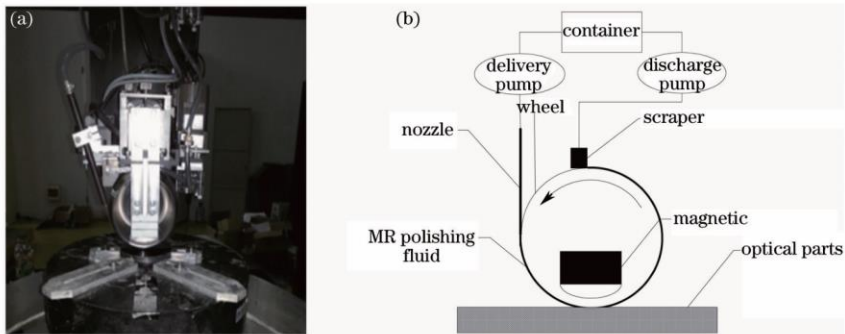
表：ASML各产品参数和价格情况

| 型号 | 光源 | 波长 | 分辨率 (nm) | 套刻精度 (nm) | 生产效率 (wph) | 价格 |
|--------|--------|------|----------|-----------|------------|-------------|
| 3600D | EUV | 13.5 | 13 | 1.1 | ≥160 | 1亿美元+ |
| 3400C | EUV | 13.5 | 13 | 1.5 | ≥170 | |
| 2100i | ArFi | 193 | - | 1.3 | 295 | 5000万-1亿美元 |
| 2050i | ArFi | 193 | ≤38 | 1.5 | ≥275 | |
| 2000i | ArFi | 193 | ≤38 | 2 | ≥275 | |
| 1980Di | ArFi | 193 | ≤38 | 2.5 | ≥275 | |
| 1470 | ArF | 248 | ≤57 | 4 | ≥300 | 5000万-1亿元 |
| 860 | KrF | 248 | ≤110 | 7.5 | ≥330 | |
| 1460K | ArF | 193 | ≤65 | 5 | ≥205 | |
| 1060K | KrF | 248 | ≤80 | 5 | ≥260 | |
| 860N | KrF | 248 | ≤110 | 7.5 | ≥240 | |
| 860M | KrF | 248 | ≤110 | 7 | ≥240 | 2000-5000万元 |
| 400L | i-line | 365 | ≤350 | 20 | ≥230 | |

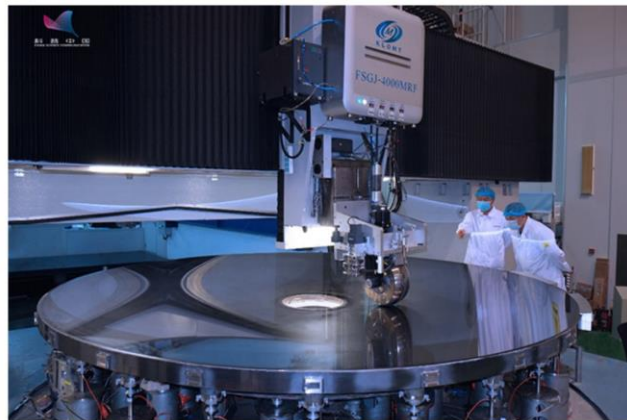
3.4 超精密光学元件为光刻机核心零部件，极高壁垒&价值量赛道

◆大口径光学镜片的加工是提高光学镜片分辨率的关键所在，光学系统对反射镜的面型精度有着苛刻的要求，长光所突破大口径磁流变抛光设备，自主研发装备全面掌握核心加工技术。1) 2018年，长光所研制的4.03米大口径碳化硅反射镜成功通过验收，这也是公开报道的世界上最大口径碳化硅单体反射镜；2) 同时还具备反射镜制造所需全套制造装备的研发能力，此外，长光所在4米量级反应烧结炉、FSGJ-4型非球面数控光学加工中心、4米量级大型磁控溅射镀膜机三套核心装备方面均达到国内领先水平。

图：长光所磁流变抛光设备示意图



图：长光所采用磁流变抛光加工4米反射镜



3.4 切入半导体超精密磨削领域，助力国产光刻机加速突破

◆与长光大器合作成立合资公司，超精密加工能力获得背书。长光所作为新中国在光学领域建立的第一个研究所，承担光刻机突破的重任，技术实力不言而喻。2024年12月，公司与长光大器成立合资公司长光华辰，公司持股占比72.7%，负责生产超精密光学元件、导轨等磨床，并提供相关超精密光学元件加工。随着光刻机国产替代加速突破，公司绑定头部玩家，业务有望快速发展。

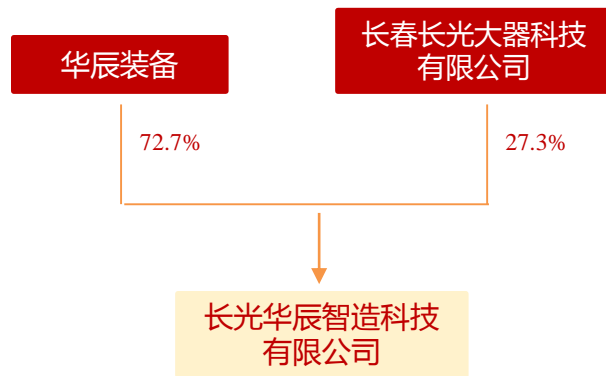
◆具体来看合作细节，光刻机镜头加工过程复杂，公司一方面提供磨削设备作为技术验证，一方面提供关键的镜胚前道铣磨环节。

1) 前道：镜坯首先由高精度机床铣磨成型，确保镜面形状与曲率的初步完成，加工精度需要控制在纳米级；2) 再使用小磨头抛光、磁流变抛光、离子束抛光等超精密抛光手段，消除瑕疵并镀膜。公司所处前道铣磨环节直接决定后面工序效率和时间。

图：曲面磨削加工示意图



图：公司与长光大器合作成立合资公司



一

华辰装备：立足精密磨削赛道，持续拓品类的高端磨床龙头

二

轧辊磨床竞争优势明显，将引领高端产品国产替代

三

丝杠磨床受益机器人产业趋势，合作长光所切入光刻机赛道

四

投资建议与风险提示

4.1 盈利预测与投资建议

◆核心假设：

◆1) 全自动数控轧辊磨床：机床行业温和复苏，叠加高端领域国产替代加速，假设2024-2027年收入同比增速0%、15%、11%和10%，并假设2024-2027年毛利率分别为30%、32%、32%和32%；

◆2) 亚μ磨削中心、螺纹磨床等机器人相关设备：人形机器人扩产浪潮，需求增长爆发力强，公司市占率有望快速提升，假设2024收入为1300万元，2025-2027年收入同比增速500%、167%和88%，并假设2024-2027年毛利率分别为60%、58%、56%和55%；

◆3) 超精密曲面磨：受益于国产光刻机突破，公司绑定头部玩家打开市场，2024年为业务起点，假设2025年收入为1500万元，2026、2027年收入同比增速为500%和50%，并假设2025-2027年毛利率分别为80%、78%和70%；

◆4) 耗材&服务：受益于设备保有量增加，后市场需求稳步提升，假设2024-2027年收入同比增速10%、20%、20%和20%，并假设2024-2027年毛利率分别为34%、35%、35%和35%。

图：华辰装备分业务盈利预测（2024-2027年）

| 单位：百万元 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024E | 2025E | 2026E | 2027E |
|-------------------------------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|
| 营业收入 | 407 | 334 | 478 | 498 | 648 | 897 | 1179 |
| yoy | 77.5% | -17.9% | 43.0% | 4.2% | 30.1% | 38.4% | 31.4% |
| 营业成本 | 258 | 224 | 315 | 342 | 413 | 530 | 675 |
| 毛利 | 150 | 110 | 163 | 156 | 235 | 368 | 504 |
| 毛利率 | 37.1% | 33.3% | 34.3% | 31.4% | 36.2% | 41.0% | 42.7% |
| 全自动数控轧辊磨床 | | | | | | | |
| 营业收入 | 322 | 276 | 404 | 404 | 465 | 517 | 568 |
| yoy | 68.6% | -14.2% | 46.3% | 0.0% | 15.0% | 11.2% | 10.0% |
| 收入占比 | 79.0% | 82.6% | 84.5% | 81.1% | 71.7% | 57.6% | 48.2% |
| 毛利 | 119 | 90 | 138 | 121 | 149 | 165 | 182 |
| 毛利率 | 36.9% | 32.5% | 34.1% | 30.0% | 32.0% | 32.0% | 32.0% |
| 机器人（亚μ磨削中心、螺纹磨床、导轨磨床等） | | | | | | | |
| 营业收入 | 0 | 0 | 0 | 13 | 75 | 200 | 375 |
| yoy | - | - | - | - | 500.0% | 166.7% | 87.5% |
| 收入占比 | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 2.5% | 11.6% | 22.3% | 31.8% |
| 毛利 | 0 | 0 | 0 | 8 | 44 | 112 | 206 |
| 毛利率 | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 60.0% | 58.0% | 56.0% | 55.0% |
| 超精密曲面磨（光刻机镜片加工）并表70% | | | | | | | |
| 营业收入 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 90 | 135 |
| yoy | | | | | | 500.0% | 50.0% |
| 收入占比 | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 2.3% | 10.0% | 11.5% |
| 毛利 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 70 | 95 |
| 毛利率 | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 80.0% | 78.0% | 70.0% |
| 维修及配件 | | | | | | | |
| 营业收入 | 85 | 58 | 74 | 82 | 98 | 117 | 141 |
| yoy | - | -32.0% | 27.4% | 10.0% | 20.0% | 20.0% | 20.0% |
| 收入占比 | 21.0% | 17.4% | 15.5% | 16.4% | 15.1% | 13.1% | 12.0% |
| 毛利 | 32 | 21 | 26 | 28 | 34 | 41 | 49 |
| 毛利率 | 37.4% | 35.9% | 34.5% | 34.0% | 35.0% | 35.0% | 35.0% |

4.1 盈利预测与投资建议

◆我们预计公司2024-2026年营业收入为4.98、6.48和8.97亿元，分别同比+4%、30%和38%；归母净利润为0.88、1.12和1.96亿元，分别同比-25%、27%和74%；对应EPS为0.35、0.44和0.77元。2025/04/18公司股价38.22元对应PE为110、86、49倍，考虑到公司为国内高端磨削设备龙头，丝杠磨床深度受益于机器人浪潮，同时切入光刻机高壁垒赛道，成长性突出，首次覆盖，给予“增持”评级。

表：华辰装备2024-2026年盈利预测

| 盈利预测与估值 | | | | | |
|-------------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 财务摘要 | 2022A | 2023A | 2024E | 2025E | 2026E |
| 营业收入 (百万元) | 336 | 479 | 498 | 648 | 897 |
| YoY (%) | -17.9% | 42.5% | 4.0% | 30.1% | 38.4% |
| 归母净利润 (百万元) | 47 | 118 | 88 | 112 | 196 |
| YoY (%) | -38.3% | 149.4% | -25.1% | 27.3% | 74.3% |
| 毛利率 (%) | 33.3% | 34.3% | 31.4% | 36.2% | 41.0% |
| 每股收益 (元) | 0.30 | 0.47 | 0.35 | 0.44 | 0.77 |
| ROE | 3.2% | 7.5% | 5.4% | 6.4% | 10.1% |
| 市盈率 | 127.40 | 81.32 | 109.86 | 86.27 | 49.48 |

表：可比公司情况

| 公司 | 市值 (亿元) | 股价 (元) | 归母净利润 (亿元) | | | PE | | |
|------|---------|--------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 2024E | 2025E | 2026E | 2024E | 2025E | 2026E |
| 秦川机床 | 113 | 11.2 | 1.22 | 1.22 | 1.72 | 92 | 92 | 66 |
| 科德数控 | 82 | 79.9 | 1.30 | 1.85 | 2.45 | 86 | 61 | 46 |
| 浙海德曼 | 45 | 56.3 | 0.28 | 0.63 | 0.84 | 162 | 71 | 53 |
| 平均 | | | | | | 114 | 75 | 55 |
| 华辰装备 | 96.9 | 38.2 | 0.88 | 1.12 | 1.96 | 110 | 86 | 49 |

- ◆ **新品技术突破不及预期**：公司超精密光学元件磨床等虽已进入客户验证阶段，但若验证进度不及预期，可能导致新产品无法按时推向市场，进而影响产业化进度。
- ◆ **人形机器人产业化不及预期**：人形机器人大规模量产仍面临技术、成本等多重挑战，若人形机器人产业化进度不及预期，丝杠、减速器等磨削加工需求或不及预期，进而影响公司业绩增长。
- ◆ **行业竞争加剧**：若进入者较多，行业竞争加剧，或将影响公司盈利水平。
- ◆ **外部制裁超预期**：若外部制裁超预期，可能导致公司产能受限，如关键零部件供应中断等。

财务报表和主要财务比率

财务报表和主要财务比率

| 利润表 (百万元) | 2023A | 2024E | 2025E | 2026E | 现金流量表 (百万元) | 2023A | 2024E | 2025E | 2026E |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 营业总收入 | 479 | 498 | 648 | 897 | 净利润 | 123 | 93 | 118 | 206 |
| YoY (%) | 42.5% | 4.0% | 30.1% | 38.4% | 折旧和摊销 | 29 | 73 | 80 | 87 |
| 营业成本 | 315 | 342 | 413 | 530 | 营运资金变动 | -99 | 16 | -57 | -93 |
| 营业税金及附加 | 2 | 2 | 3 | 4 | 经营活动现金流 | 24 | 186 | 163 | 222 |
| 销售费用 | 20 | 22 | 29 | 40 | 资本开支 | -152 | -160 | -70 | -70 |
| 管理费用 | 27 | 27 | 32 | 45 | 投资 | 351 | 0 | 0 | 0 |
| 财务费用 | -10 | -13 | -14 | -16 | 投资活动现金流 | 221 | -150 | -57 | -52 |
| 研发费用 | 34 | 35 | 42 | 58 | 股权募资 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 资产减值损失 | -3 | -3 | -5 | -10 | 债务募资 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 投资收益 | 22 | 10 | 13 | 18 | 筹资活动现金流 | -26 | 0 | -6 | -11 |
| 营业利润 | 139 | 104 | 133 | 232 | 现金净流量 | 219 | 37 | 100 | 159 |
| 营业外收支 | -1 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| 利润总额 | 138 | 104 | 133 | 232 | 主要财务指标 | 2023A | 2024E | 2025E | 2026E |
| 所得税 | 15 | 11 | 15 | 25 | 成长能力 (%) | | | | |
| 净利润 | 123 | 93 | 118 | 206 | 营业收入增长率 | 42.5% | 4.0% | 30.1% | 38.4% |
| 归属于母公司净利润 | 118 | 88 | 112 | 196 | 净利润增长率 | 149.4% | -25.1% | 27.3% | 74.3% |
| YoY (%) | 149.4% | -25.1% | 27.3% | 74.3% | 盈利能力 (%) | | | | |
| 每股收益 | 0.47 | 0.35 | 0.44 | 0.77 | 毛利率 | 34.3% | 31.4% | 36.2% | 41.0% |
| | | | | | 净利率 | 24.6% | 17.7% | 17.3% | 21.8% |
| 资产负债表 (百万元) | 2023A | 2024E | 2025E | 2026E | 总资产收益率ROA | 5.9% | 4.3% | 4.9% | 7.5% |
| 货币资金 | 599 | 635 | 735 | 894 | 净资产收益率ROE | 7.5% | 5.4% | 6.4% | 10.1% |
| 预付款项 | 7 | 17 | 21 | 26 | 偿债能力 (%) | | | | |
| 存货 | 381 | 453 | 543 | 688 | 流动比率 | 3.60 | 3.12 | 2.86 | 2.63 |
| 其他流动资产 | 589 | 583 | 650 | 781 | 速动比率 | 2.55 | 2.14 | 1.92 | 1.72 |
| 流动资产合计 | 1,576 | 1,688 | 1,949 | 2,390 | 现金比率 | 1.37 | 1.17 | 1.08 | 0.98 |
| 长期股权投资 | 0 | 0 | 0 | 0 | 资产负债率 | 24.8% | 27.5% | 30.2% | 33.7% |
| 固定资产 | 352 | 406 | 401 | 387 | 经营效率 (%) | | | | |
| 无形资产 | 31 | 31 | 31 | 31 | 总资产周转率 | 0.23 | 0.23 | 0.27 | 0.33 |
| 非流动资产合计 | 506 | 592 | 582 | 565 | 每股指标 (元) | | | | |
| 资产合计 | 2,082 | 2,280 | 2,531 | 2,955 | 每股收益 | 0.47 | 0.35 | 0.44 | 0.77 |
| 短期借款 | 0 | 0 | 0 | 0 | 每股净资产 | 6.20 | 6.50 | 6.91 | 7.64 |
| 应付账款及票据 | 153 | 209 | 253 | 324 | 每股经营现金流 | 0.10 | 0.73 | 0.64 | 0.88 |
| 其他流动负债 | 285 | 333 | 428 | 587 | 每股股利 | 0.10 | 0.02 | 0.03 | 0.04 |
| 流动负债合计 | 438 | 542 | 681 | 910 | 估值分析 | | | | |
| 长期借款 | 0 | 0 | 0 | 0 | PE | 82.43 | 111.36 | 87.45 | 50.16 |
| 其他长期负债 | 79 | 84 | 84 | 84 | PB | 4.72 | 5.96 | 5.60 | 5.07 |
| 非流动负债合计 | 79 | 84 | 84 | 84 | | | | | |
| 负债合计 | 516 | 626 | 765 | 994 | | | | | |
| 股本 | 252 | 252 | 252 | 252 | | | | | |
| 少数股东权益 | 2 | 7 | 12 | 23 | | | | | |
| 股东权益合计 | 1,566 | 1,654 | 1,766 | 1,961 | | | | | |
| 负债和股东权益合计 | 2,082 | 2,280 | 2,531 | 2,955 | | | | | |

分析师承诺

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求客观、公正，结论不受任何第三方的授意、影响，特此声明。

评级说明

| 公司评级标准 | 投资评级 | 说明 |
|--------------------------------|------|--------------------------------|
| 以报告发布日后的6个月内公司股价相对上证指数的涨跌幅为基准。 | 买入 | 分析师预测在此期间股价相对强于上证指数达到或超过15% |
| | 增持 | 分析师预测在此期间股价相对强于上证指数在5%—15%之间 |
| | 中性 | 分析师预测在此期间股价相对上证指数在-5%—5%之间 |
| | 减持 | 分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数5%—15%之间 |
| | 卖出 | 分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数达到或超过15% |
| 行业评级标准 | | |
| 以报告发布日后的6个月内行业指数的涨跌幅为基准。 | 推荐 | 分析师预测在此期间行业指数相对强于上证指数达到或超过10% |
| | 中性 | 分析师预测在此期间行业指数相对上证指数在-10%—10%之间 |
| | 回避 | 分析师预测在此期间行业指数相对弱于上证指数达到或超过10% |

华西证券研究所：

地址：北京市西城区太平桥大街丰汇园11号丰汇时代大厦南座5层

网址：<http://www.hx168.com.cn/hxzq/hxindex.html>

免责声明

华西证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具备证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司签约客户使用。本公司不会因接收人收到或者经由其他渠道转发收到本报告而直接视其为本公司客户。

本报告基于本公司研究所及其研究人员认为的已经公开的资料或者研究人员的实地调研资料，但本公司对该等信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本报告所载资料、意见以及推测仅于本报告发布当日的判断，且这种判断受到研究方法、研究依据等多方面的制约。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及预测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息始终保持在最新状态。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，投资者需自行关注相应更新或修改。

在任何情况下，本报告仅提供给签约客户参考使用，任何信息或所表述的意见绝不构成对任何人的投资建议。市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告视为做出投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在任何情况下，本报告均未考虑到个别客户的特殊投资目标、财务状况或需求，不能作为客户进行客户买卖、认购证券或者其他金融工具的保证或邀请。在任何情况下，本公司、本公司员工或者其他关联方均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而导致的任何可能损失负有任何责任。投资者因使用本公司研究报告做出的任何投资决策均是独立行为，与本公司、本公司员工及其他关联方无关。

本公司建立起信息隔离墙制度、跨墙制度来规范管理跨部门、跨关联机构之间的信息流动。务请投资者注意，在法律许可的前提下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。在法律许可的前提下，本公司的董事、高级职员或员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处为华西证券研究所，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。