

丝杠导轨行业深度：旋风铣工艺 渗透率提升，建议关注磨床&铣刀等环节

证券分析师：周尔双
执业证书编号：S0600515110002
zhouersh@dwzq.com.cn

证券分析师：罗悦
执业证书编号：S0600522090004
luoyue@dwzq.com.cn

2023年11月13日

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

投资要点:

➤ 旋风铣工艺兼顾效率&精度，为丝杠加工未来趋势:

丝杠导轨为自动化核心传动部件，若按加工方式来分，可分为纯磨制、轧制和旋风铣三种工艺，从加工特点来看：①纯磨制工艺：优点在于纯磨制丝杠可以加工异形丝杠；缺点在于工序长效率低，且热处理过程中容易产生形变。②轧制工艺：优点在于加工效率最高，缺点在于加工精度低。③旋风铣工艺：优点在于兼顾加工精度和效率，但缺点在于无法加工部分异形丝杠。综合而言，各种加工方案各有所长，但旋风铣兼顾效率&精度，预计未来渗透率会逐步提升。此外在行星滚柱丝杠的加工过程中，旋风铣的加工效率也远高于磨制工艺，潜力较大。

➤ 加工设备：螺纹磨床&旋风铣床为丝杠加工核心装备

螺纹磨床：尽管丝杠前道加工方案不尽相同，但若想要保障丝杠的高精度，对螺纹滚道和轴颈的精细磨削是最关键的环节，此时便需要使用高精度螺纹磨床配合加工。根据我们测算，中性假设下，至2030年人形机器人产量若达到100万台，则行星滚柱丝杠用磨床存量市场空间可达50亿元，远期空间广阔。

旋风铣床：旋风铣床是旋风铣工艺的核心加工设备，主要是用装在高速旋转刀盘上的硬质合金成型刀，从工件上铣削出螺纹滚道。目前旋风铣床外资领先程度较高，龙头厂商包括德国Leistritz公司、GWT等，国内尚无非常优秀的旋风铣加工厂商。

➤ 加工刀具：PCBN铣刀为丝杠加工核心耗材

PCBN刀具为旋风铣加工合适刀具，主要系旋风铣为硬加工工艺，对刀具的硬度和耐磨性有较高要求。国内超硬刀具行业市场规模约50亿元，目前仍主要被外资龙头例如山特维克等垄断，国产龙头厂商例如沃尔德、郑州钻石等正逐步向上突破。

人形机器人催生大量丝杠需求，PCBN铣刀作为核心耗材同样受益。根据我们测算，中性假设下，至2030年人形机器人产量若达到100万台，假设主丝杠和行星滚子均使用旋风铣工艺加工，则行星滚柱丝杠用铣刀每年消耗量可达19亿元。

投资建议：丝杠加工设备环节重点推荐【华辰装备】【秦川机床】；建议关注【日发精机】【浙海德曼】。丝杠加工刀具环节建议关注【沃尔德】【国机精工】。

风险提示：人形机器人产业化进程不及预期，行业竞争加剧风险，核心零部件加工方案变更风险。

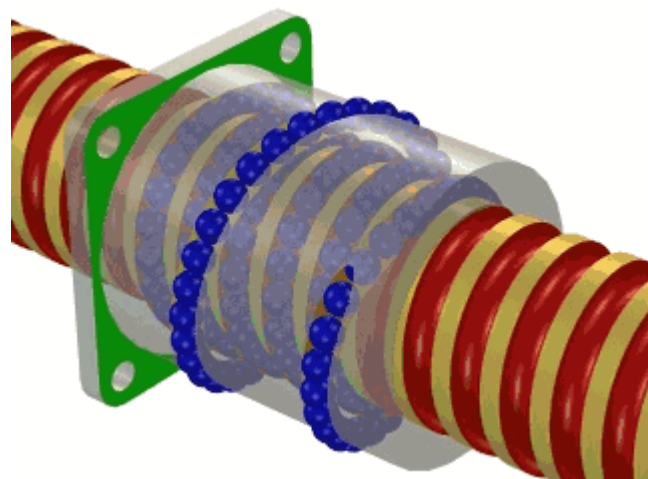
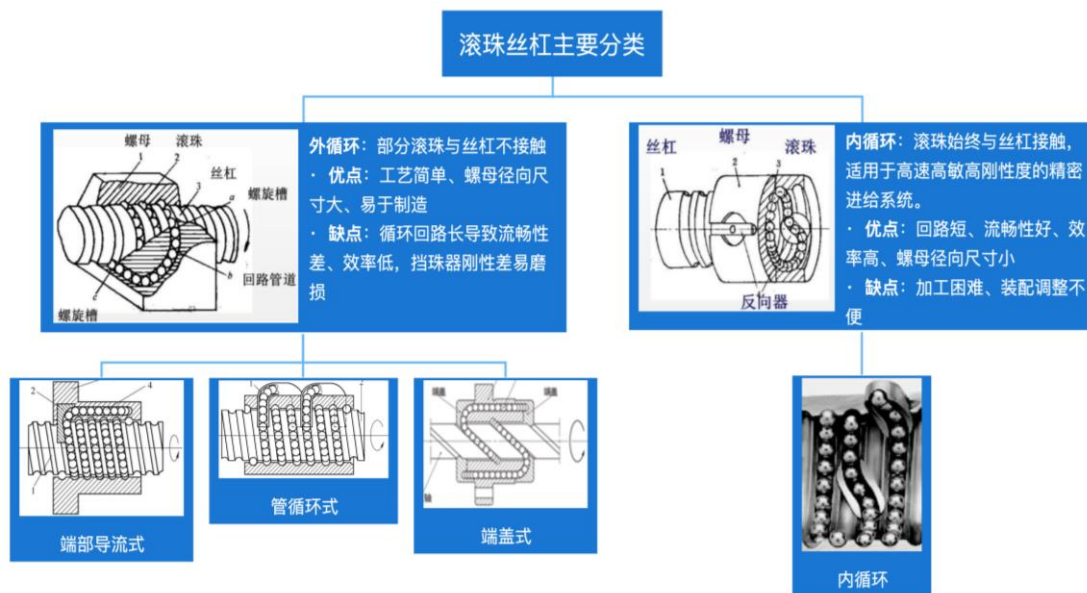


- 一、旋风铣工艺兼顾效率&精度，为丝杠加工未来趋势
- 二、加工设备：螺纹磨床&旋风铣床为丝杠加工核心装备
- 三、加工刀具：PCBN铣刀为丝杠加工核心耗材
- 四、投资建议&风险提示

1.1 丝杠导轨为核心传动部件，加工方式众多

- 滚珠丝杠是将旋转运动转换成线性运动的理想传动装置，主要由丝杠轴、螺母、滚珠以及循环部件组成。丝杠轴、螺母和端盖上都制有圆弧形螺旋槽，将它们套装在一起时，这些槽对齐起来就形成了螺旋通道，滚珠能够在通道内循环滚动。当丝杠相对于螺母旋转时，滚珠在滚道内自转，同时又在封闭的滚道内循环运动，使丝杠和螺母相对产生轴向运动。
- 按加工方式来看，丝杠加工可以分为纯磨制工艺、轧制工艺和旋风铣工艺，目前旋风铣工艺渗透率正逐步提升。

图：滚珠丝杠分类及优缺点



1.1 纯磨制工艺：传统方案，满足绝大多数丝杠加工要求

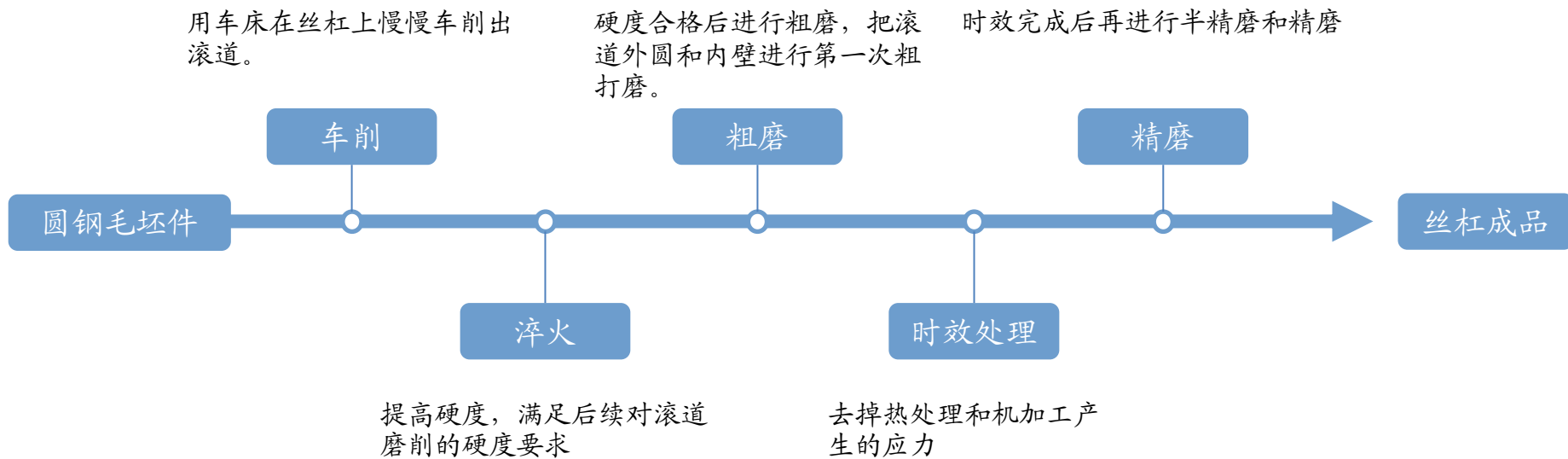
➤ 纯磨制工艺主要加工步骤如下：

（1）**螺纹滚道车削+淬火**：首先从一个圆钢的毛坯件（没有任何预处理），靠车床将丝杠上的滚道慢慢地车削出来。滚道车削完后进行淬火，因为后续对滚道的磨削需要丝杠具有一定的硬度。

（2）**粗磨+精磨**：淬火完硬度合格之后，下一道工序是进行粗磨，把滚道的外圆和内壁进行第一次粗打磨。粗磨完要进行时效处理（去掉热处理和机加工产生的应力），时效完成后再进行半精磨和精磨，最后制成一个丝杠。

➤ 纯磨制工艺的特点在于：能满足绝大多数种类丝杠的加工要求，但加工周期长，效率低。

图：纯磨制工艺制作丝杠的加工步骤图



1.1 轧制工艺：针对低精度等级丝杠的高效加工工艺

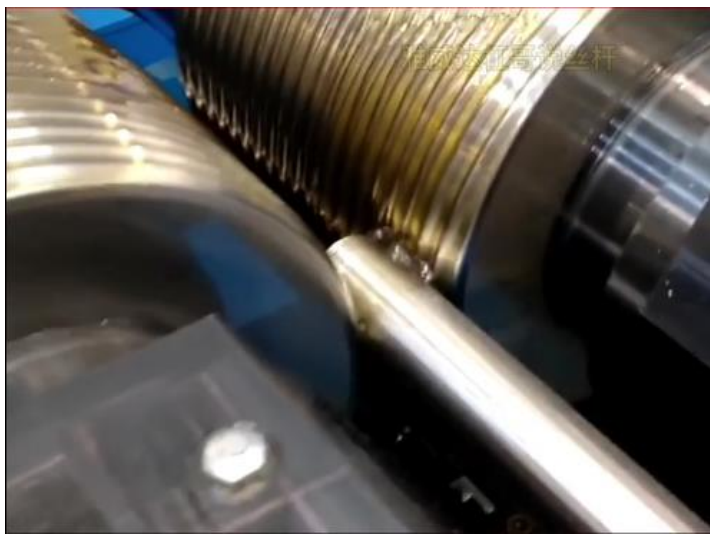
➤ 轧制工艺主要加工步骤如下：

使用轧制机将一根未经过热处理的金属圆棒在一组模具中挤压，从而轧制出螺纹滚道，后续再进行热处理。

➤ 轧制工艺一般针对低精度等级丝杠：

一般而言，C5级别以上的丝杠都需经过磨制，而轧制丝杠的精度通常为C7/C10。但从效率来看，轧制工艺制作丝杠的效率远高于磨制工艺。

图：轧制丝杠加工示意图



图：磨制丝杠加工示意图



1.1 旋风铣工艺：兼顾效率&精度，丝杠加工未来趋势

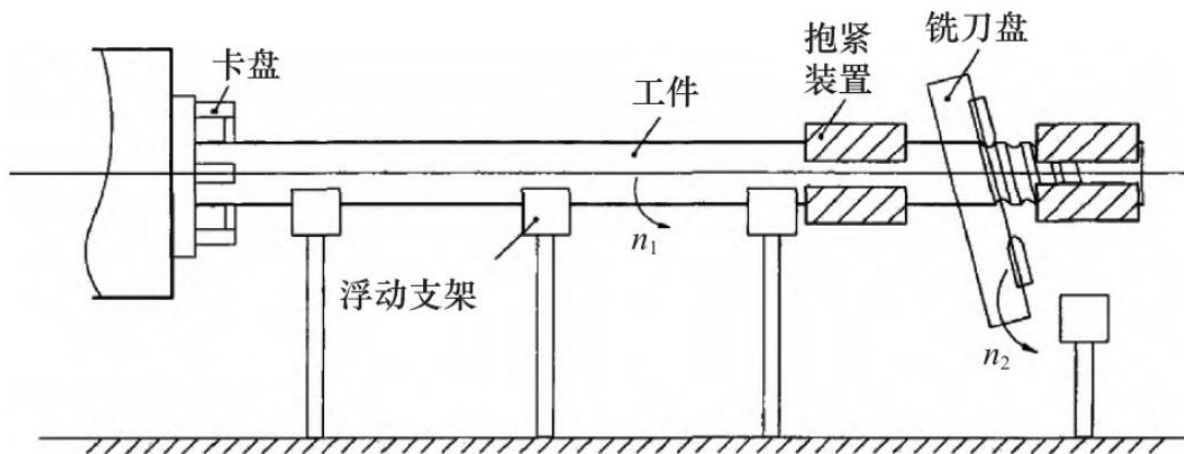
➤ 旋风铣工艺主要加工步骤如下：

- (1) 预先热处理：对金属圆棒进行淬火和简单的外圆磨削，来保证丝杠表面的硬度、尺寸和公差
- (2) 旋风铣加工滚道：直接用旋风铣将丝杠上的螺纹滚道铣削出来，此时丝杠的精度已经达到C4-C5级别。
- (3) 定制切割：按照客户的要求，对丝杠的进行切割，对于精度要求不高的丝杠，加工至这一步已经完成。
- (4) 磨床精磨：对于精度要求高的丝杠，需要用磨床对滚道进行最后精磨，此时精度会从C4-C5提升至C1-C2。

➤ 旋风铣工艺兼顾效率和精度，是丝杠加工的未来趋势：

相较于磨制工艺，旋风铣工艺加工步骤较少，且对于预处理完的丝杠可以进行存储，因此效率更高。而和轧制丝杠对比，旋风铣工艺也能够制作C1-C2精度级别的丝杠，加工精度更高。

图：旋风铣加工丝杠示意图



1.2 加工方案对比：各有所长，旋风铣综合效果更佳

➤ 各有所长，旋风铣综合效果更佳，预计后续渗透率会持续提升：

- ①**纯磨制工艺**：缺点在于效率很低，30多道工序；而且是先刻画滚道，再进行热处理，很容易产生形变，需要再进行一道粗磨；此外粗磨螺纹过程中，由于进给量较大，经常会出现由于切削温度高而使螺纹滚道退火，从而降低表面硬度的问题。优点在于因为是用车再磨的工艺，可以加工一些异形丝杠。
- ②**轧制工艺**：缺点在于精度比较低，但优点在于加工效率很高，一般用于低精度的丝杠。
- ③**旋风铣工艺**：缺点在于淬火完的用于旋风铣的铁棒，一定要是标准的圆柱形，因此一些异形丝杠没法使用。

图：丝杠加工方案优劣势对比：

加工方案	优点	缺点	适用场景
纯磨制工艺	1、加工精度高 2、能够加工绝大多数品类的丝杠	1、加工效率低，有30余道步骤 2、先刻画滚道再热处理，容易产生形变 3、磨削进给量过大容易带来滚道退火问题	异形丝杠和定制丝杠
轧制工艺	效率高	只能加工低精度丝杠	低精度丝杠
旋风铣工艺	兼顾加工效率和精度	淬完火进行旋铣的特棒一定要是标准的圆柱形，因此旋风铣无法加工异形丝杠	非异形丝杠

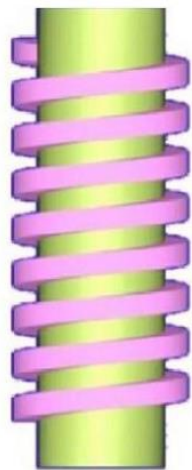
1.2 行星滚柱丝杠加工：加工难度高&加工时间长

➤ 相较于普通的滚珠丝杠，行星滚柱丝杠加工整体难度更高，主要体现在：

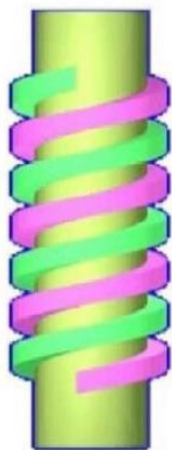
（1）主丝杠为多头螺纹，加工难度更高：行星滚柱丝杠为达到更大的承载力，通常选用牙型角为 90° 的多头螺纹，相较于单头螺纹，若采用纯磨制工艺其加工量会大大增加，因此旋风铣仍是行星滚柱丝杠的高效加工方案。

（2）多头螺纹旋风铣刀为多刀头结构，加工难度更高：滚柱丝杠旋铣时，一个刀盘只能够旋铣一个沟道，但行星滚柱丝杠为多头结构，为提高效率需要一次旋铣多个滚道，因此铣刀形状需要改变为锯齿形。此外由于多头螺纹螺距更短，因此铣刀刀头需要十分尖锐，容易产生磨损和崩坏。

图：多头螺纹和单头螺纹对比：



单头螺纹



多头螺纹

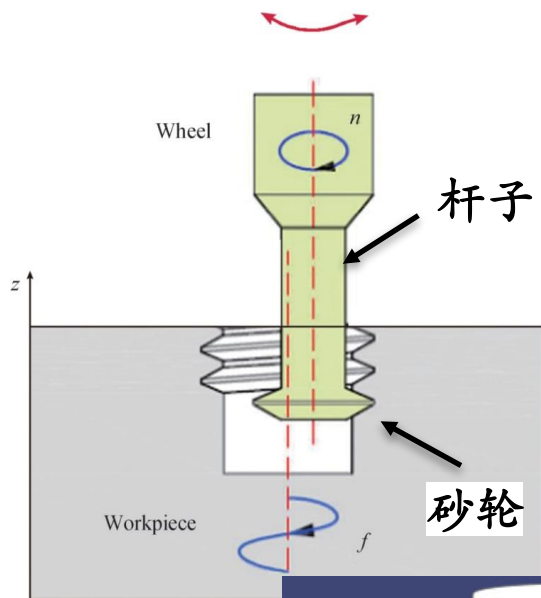
1.2 行星滚柱丝杠加工：加工难度高&加工时间长

➤ 相较于普通的滚珠丝杠，行星滚柱丝杠加工整体难度更高，主要体现在：

(1) 反向式行星滚柱丝杠螺母细而长，加工过程中容易发生碰撞干涉：通常加工螺母里面的内螺纹滚道时，厂商采用砂轮中间穿一根杆子的办法，通过杆子的弯折，把砂轮送进去磨削螺旋沟道。然而反向式行星滚柱丝杠的螺母较长，杆子容易和螺母出现碰撞干涉。

(2) 新工艺方案包括干涉磨削、软轴磨和内螺纹旋风铣：目前国内外针对螺母内螺纹加工，有三种可行方法。第一种为干涉磨削法，即设计特殊的砂轮顶着碰撞加工，但这种方法效率低下且有规格限制；第二种为软轴磨，即仍采用砂轮中穿杆子的办法，杆子与螺母平行，ongoing调整砂轮和杆子的角度进行磨削；第三种为内螺纹旋风铣，目前系德国的主流加工方案，国内尚未突破。

图：行星滚柱丝杠螺母内螺纹加工示意图：



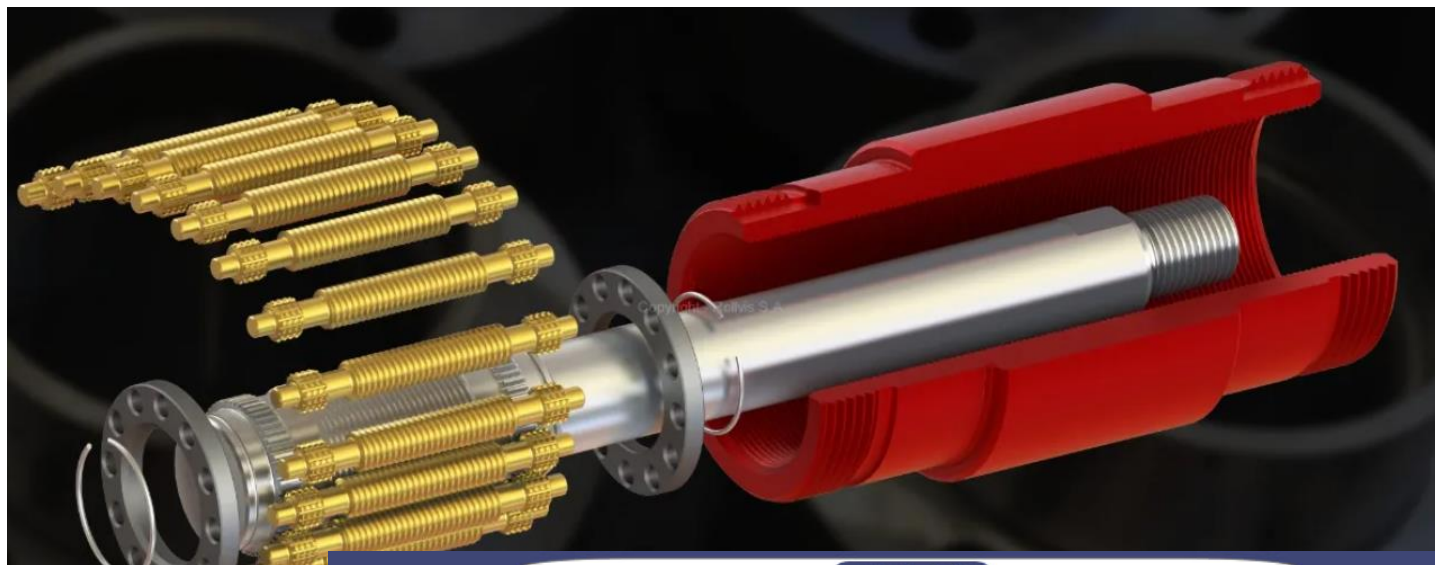
1.2 行星滚柱丝杠加工：加工难度高&加工时间长

➤ 相较于普通的滚珠丝杠，行星滚柱丝杠加工整体难度更高，主要体现在：

（1）行星滚子目前仍无高效加工方法，加工时间长：滚珠丝杠中的滚珠为标准品，厂商一般直接外采；但行星滚柱丝杠中的行星滚子为非标品，结构复杂，通常为厂商自制，且一根行星滚柱丝杠通常会搭配8-10根行星滚子，加工量十分庞大。

（2）行星滚子两端有渐开线花键齿结构，加工难度大：目前国内行星滚子加工方案多为磨制工艺，主要系行星滚子两端有渐开线花键齿结构。若使用旋风铣工艺在旋铣完滚道后，还需要对两端进行退火处理（降低硬度），再加工渐开线花键齿；但若使用磨制工艺，磨削量又会非常大，加工效率无法得到保障。

图：行星滚子两端有渐开线花键齿结构，加工难度高



1.2 行星滚柱丝杠加工：降本增效需求下旋风铣潜力大

➤ 降本增效需求下，旋风铣加工行星滚柱丝杠潜力大：

目前国内厂商仍无法使用旋风铣高效加工行星滚柱丝杠的行星滚子和螺母：

（1）行星滚子：若使用旋风铣工艺在旋铣完滚道后，还需要对两端进行退火处理（降低硬度），再加工渐开线花键齿，效率较低。

（2）螺母：国内尚未突破内螺纹旋风铣工艺。

但从降本增效的角度来看，目前行星滚柱丝杠无法规模量产是限制其未来大规模降本应用的重要原因，而从加工效率的角度来看，旋风铣加工远远高于纯磨制工艺，因此我们认为未来旋风铣加工的潜力较大。



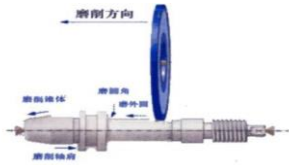
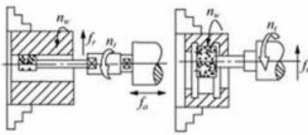
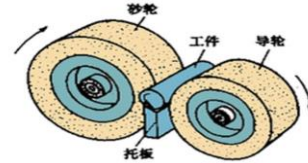
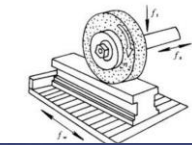
- 一、旋风铣工艺兼顾效率&精度，为丝杠加工未来趋势
- 二、加工设备：螺纹磨床&旋风铣床为丝杠加工核心装备
- 三、加工刀具：PCBN铣刀为丝杠加工核心耗材
- 四、投资建议&风险提示

2.1 螺纹磨床：提升丝杠精度的关键设备

➤ 磨床是利用磨具对工件表面进行磨削加工的机床：

磨床主要使用高速旋转的砂轮及砂带等磨具研磨工件的多余量，以获取所需形状、尺寸及加工面。按照工艺的不同，磨床可主要分为外圆磨床、内圆磨床、无心磨床、平面磨床、轧辊磨床及其它专用磨床等。按照加工对象的不同，磨床则可分为螺纹磨床、齿轮磨床、叶片磨床等。

图：按照工艺不同，磨床可主要分为外圆磨床、内圆磨床、无心磨床及平面磨床等

磨床种类	主要用途	加工示意图	加工原理
外圆磨床	磨削加工工件外表面		利用工件两端的顶尖孔，把工件支承在磨床的头架及尾座之间，磨削时工件在主轴带动下作旋转运动，砂轮作横向进给
内圆磨床	磨削加工工件的内表面或内孔，准确去除工件内表面上的材料		工作时工件固定不动，砂轮除绕本身轴线高速旋转外还绕被加工孔的轴线回转，以实现圆周进给
无心磨床	多用于大量生产，易于实现自动化		由磨削砂轮、调整轮和工作支架构成，其中磨削砂轮担任磨削工作，调整轮控制工件旋转，工作支架在磨削时支撑工件
平面磨床	磨削工件平面或成型表面		主要用砂轮旋转研磨工件以使其可到达要求的平整度，依据作业台形状可分为矩形作业台和圆形作业台两种

2.1 螺纹磨床：丝杠导轨精加工的关键设备

➤ 各种工艺方案下，若的保障丝杠精度，高精度螺纹磨床不可或缺：

前述丝杠加工方案中，尽管前道工序不尽相同，但若的保障丝杠的高精度，对螺纹滚道和轴颈的精细磨削是最关键的环节，此时便需要使用高精度螺纹磨床配合加工。

➤ 目前国内外磨床水平仍相差较大：

进口磨床不仅精度高，同时能够做到可靠性好，保障批量加工的稳定性。国产磨床可以满足C3-C4精度的中端丝杠加工，但批量加工高端丝杠（C0-C2）时，出品不稳定。

图：国内外主流磨床企业情况

	公司名称	国别	主要产品	2022年磨床业务收入（亿元）
外资厂商	斯图特STUDER	瑞士	大/中/小尺寸的外圆磨床、内圆磨床及内外圆磨床均有布局，最受欢迎的为S31及S41外圆磨床系列	-
	三井精机	日本	1. 坐标磨床：主要用于生产精密模具 2. 螺纹磨床：主要用于生产滚珠丝杠	-
	MATRIX	英国	成立于1934年的全球螺纹磨床龙头	-
	DRAKE	美国	全球螺纹磨床龙头，可以在一台螺纹磨床上实现磨削螺纹、蜗杆、丝杠等工件	-
国产厂商	秦川机床	中国	1. 秦川本部专注磨齿机； 2. 汉江机床专注螺纹磨床； 3. 秦川格兰德专注外圆磨床	汉江机床营收4.0亿元（秦川格兰德及公司本部未披露）
	上海机床厂	中国	具有60余年专业磨床制造经验，开发各类大型、精密、专用数控磨床	-
	宇环数控	中国	抛光机（用于抛光各种工件表面的磨床）、外圆磨床等	2.8
	华辰装备	中国	专注轧辊磨床，较大程度上解决了冶金行业的大型轧辊、中小型精密轧辊的螺旋精密问题	1.9
	北京第二机床厂	中国	高精度柔性复合数控磨床，主要针对航天、航空、液压、汽车等行业的高精度复合	-

➤ 远期来看，人形机器人若迅速放量有望催生大量丝杠需求，因此高精度磨床作为关键生产设备同样受益。根据我们测算，中性假设下，至2030年人形机器人行星滚柱丝杠用磨床市场空间可达50亿元，远期空间广阔。关键假设如下：

- 1) 人形机器人产量：悲观/中性/乐观假设下2030年人形机器人产量分别为50/100/300万台
- 2) 单台磨床制作行星滚珠丝杠用时：悲观/中性/乐观假设下分别为1.2/1/0.8小时/根

图：根据我们测算中性假设下，至2030年人形机器人行星滚柱丝杠用磨床市场空间可达50亿元

	悲观	中性	乐观
2030年人形机器人产量（万台）①	50	100	300
单台人形机器人行星滚柱丝杠用量（根/台）②	12	12	12
行星滚柱丝杠用量（万根）③=①*②	600	1200	3600
磨床每天工作时间（小时）④	8	8	8
单台磨床制作单根行星滚柱丝杠用时（小时）⑤	1.2	1	0.8
单台磨床每天制作行星滚柱根数（根）⑥=④*⑤	7	8	10
机器人用丝杠制作所需磨床数量（万台）⑦=③/⑥	90	150	360
单台磨床单价（万元/台）⑧	100	100	100
磨床每年实际工作天数⑨	300	300	300
人形机器人用磨床市场空间（亿元）⑩=⑦*⑧/⑨	30	50	120

2.2 三井精机：量测具起家，高精度磨床龙头

► 三井精机成立于1928年，始终将“高精度”作为公司发展重心。1938年，三井精机制造了日本第一台高精度加工机床4型坐标镗床，为日后研发各类高精度机床打下了坚实的基础。NC数控装置诞生后，公司和日本工业技术院机械试验所共同开发了NC数控坐标镗床，率先实现了高精度加工的自动化。在90多年的发展历史中，高精度是公司始终追求的目标。

► 公司主营产品为卧加、立加、磨床（坐标磨床和螺纹磨床），均处于世界领先水平，具体来看：

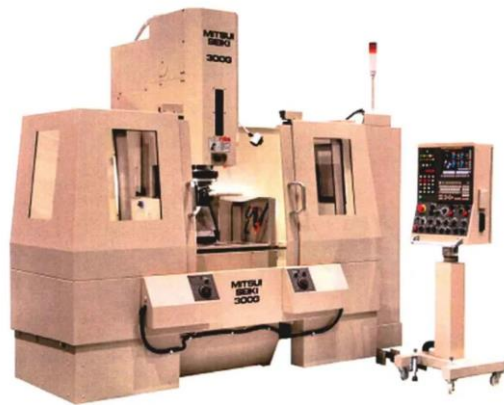
1) 卧式加工中心：公司最核心的机型，工作台面尺寸从400mm（小型机）到1500mm（超大型机）。其中HU63A、HU80A适合高精度量产；H5D、H6D是具备全轴刮研滑动面的超高精度加工中心。

2) 立式加工中心：具有代表性的机型为VU65A，其X轴行程1280mm，Y轴行程为650mm。主要应用于精密零件和精密模具加工领域。

3) 磨床：代表机型J300G是V-V（一部分V-F）刮研滑动面，定位精度在 $\pm 0.0007\text{mm}$ ，是最能代表公司精度追求的。在精密模具、光学仪器等最终的精磨削加工过程中不可缺少。

图：核心产品坐标磨床300G性能指标

特点
通过刮研加工实现微米级精度的自动磨削
X、Y轴研磨滑动面加上滚针可以实现 $0.1\mu\text{m}$ 为单位的快速进给和切削进给
Z轴插磨循环实现了每分钟200次(25mm行程)的高速化,并且下死点的精度也能达到 $2\mu\text{m}$
机床头部采用低热膨胀铸件,极大地减小了由于热变形而引起的误差
以选配丰富的自动化功能和湿式研磨功能



资料来源：公司官网，东吴证券研究所

2.2 三井精机：量测具起家，高精度磨床龙头

- **三井磨床性能较国内领先：**三井磨床分为半自动，全自动，液压，数控共计二十余种型号，工作台面从100mm—1000mm不等，其加工精度可以达到0.001mm，部分磨床精度可以达到0.0001mm。同国内螺纹磨床龙头汉江机床高端系列丝杠磨床对比，主要指标中最大安装直径、最大顶尖距及可磨螺纹最大长度均有明显差距。

图：国内外螺纹磨床性能指标对比

	产品型号	最大安装直径（毫米）	最大顶尖距（毫米）	可磨螺纹最大长度（毫米）
汉江机床	SK7432×15GX 高精高效数控丝杠磨床	320	1,500	1360
三井精机	GSE500A 通用型螺纹磨床	480	5,400	5,000

资料来源：各公司官网，东吴证券研究所

- **风险提示：**下游需求不及预期，出口限制政策收紧

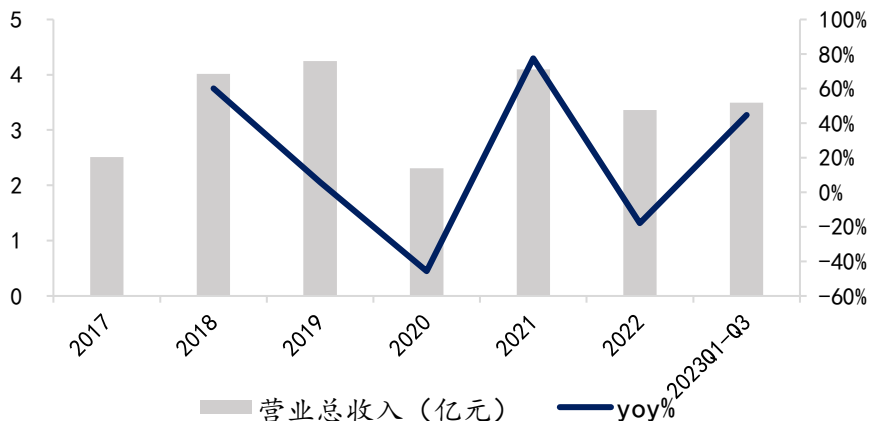
2.2 【华辰装备】：轧辊磨床龙头，切入丝杠磨削领域

► 华辰装备系国产轧辊磨床领军企业，2023年业绩超市场预期：

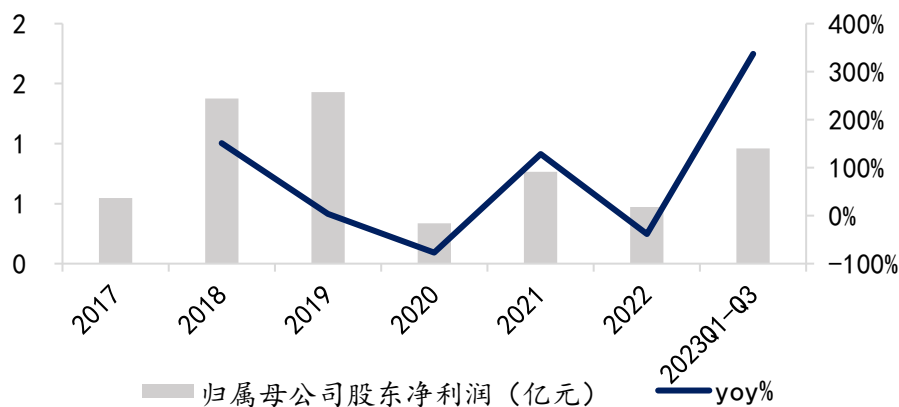
华辰装备成立于2007年，主要从事全自动高精度数控轧辊磨床研发生产，是国内轧辊磨床行业的领军企业，已覆盖宝武、鞍钢集团等国内外知名钢铁集团客户。

受宏观经济等因素影响，近年来公司业绩承压。2023Q1-Q3国内外形势趋于稳定，公司设备交付、安装、调试及验收等工作逐渐趋于正常，实现营收/归母净利润3.5/0.94亿元，同比+45%/+337%。

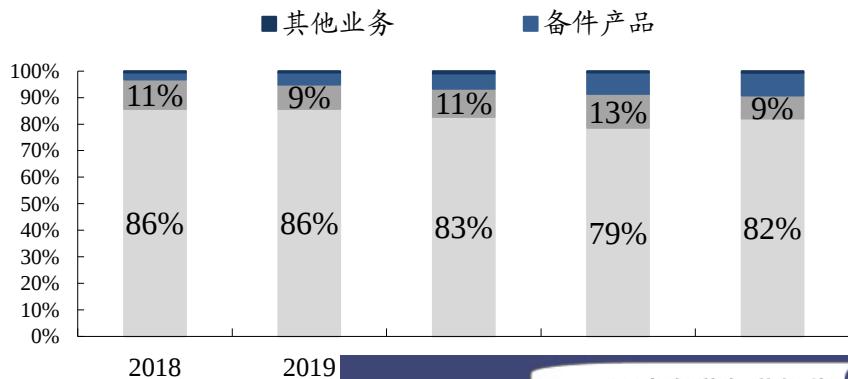
图：2023Q1-Q3实现营收3.5亿元，同比+45%



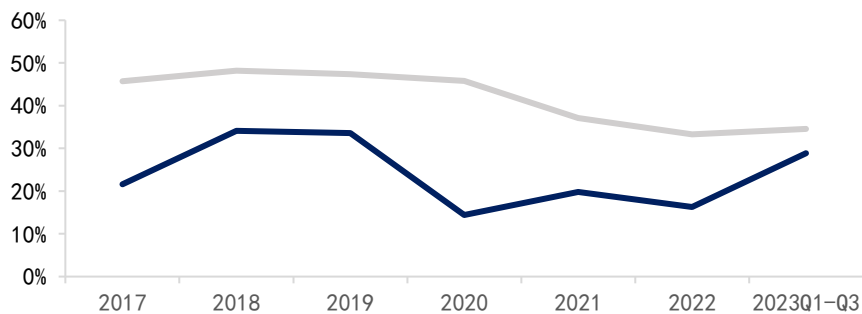
图：2023Q1-Q3实现归母净利润0.9亿元，同比+337%



图：2018-2022全自动数控轧辊磨床收入占比80%左右



图：2023H1公司盈利能力出现向上拐点（单位：%）



2.2 【华辰装备】：轧辊磨床龙头，切入丝杠磨削领域

➤ 凭借在数控磨削领域积累的经验，打造通用磨床新品：

华辰装备与德国Wieland通力合作，经过三年的技术攻关，两年工程磨削工艺测试，于2017年成功开发出国内亚微米级万能精密复合磨削中心（命名为亚 μ 磨削中心），可实现外圆、内圆、端面、轮廓、非圆、螺纹等复杂特征零件的精密磨削加工。

➤ 强强联手贝斯特，切入丝杠导轨磨领域：

10月8日华辰装备公告近日与贝斯特签订协议，计划于1年内向贝斯特提供对标国际行业龙头企业领先水平的精密数控直线导轨磨床产品以及相应技术支持。

图：公司亚 μ 磨削中心示意图



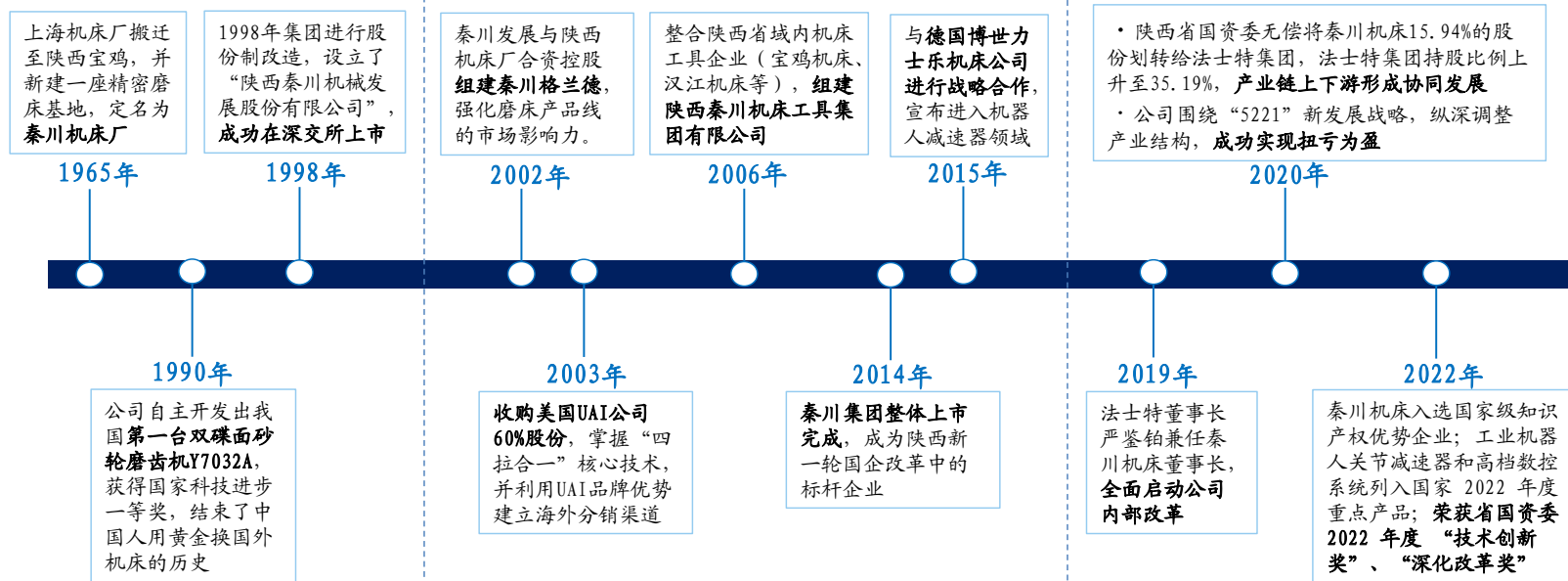
➤ 风险提示：新品推广不及预期，制造业景气度不及预期

2.2 【秦川机床】老牌机床龙头，丝杠&磨床业务协同发展

□ 秦川机床成立于1965年，专业从事机床工具制造，是国内产品精密复杂程度最高、产业链最完整的企业之一，引领高端数控机床等前沿技术和设备的研发。集团旗下拥有秦川本部、汉江机床、汉江工具、沃克齿轮、秦川数控等多家专精特新“小巨人”企业，先后承担国家重大专项100余项，在齿轮加工机床、加工中心、螺纹磨床、复杂刀具等领域处于国内第一梯队。

□ 以高端数控机床业务为引领，向机床产业链上下游延伸，“5221”战略开启老牌机床龙头新发展阶段。“5221”发展战略是指，到“十四五”末，公司实现机床主机收入、高端制造收入、核心零部件收入、智能制造及核心数控技术收入分别占到总销售收入50%、20%、20%、10%的具体目标。

图：秦川机床发展历程



第一阶段：“稳步发展”

第二阶段：“转型升级”

第三阶段：“深化改革”

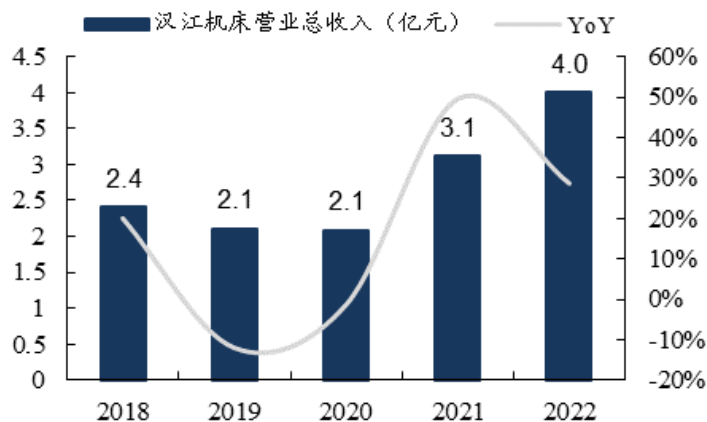
2.2 【秦川机床】老牌机床龙头，丝杠&磨床业务协同发展

□ 秦川机床下设子公司汉江机床负责磨床&丝杠导轨业务，其竞争实力处于国内第一梯队。

1) 从规模来看，处于国产厂商前列：汉江机床2022年营收达4.0亿元，同比+28.8%，实现净利润2479万元，同比+162.2%，在行业景气度较低背景下逆势增长。

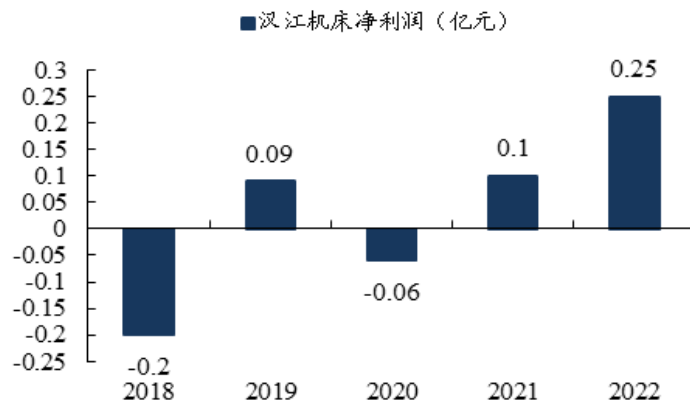
2) 从竞争优势来看：①丝杠导轨业务历史悠久，技术沉淀深厚：汉江机床专业从事滚动功能部件50余年，是中国机床工具工业协会滚动功能部件分会的会长单位；②拥有领先的螺纹磨削技术：汉江机床是国内螺纹磨床龙头，掌握了螺纹磨削核心技术，其中丝杠导轨产品精度等级可达P2-P3，引领核心滚动功能件进口替代；③磨床与丝杠导轨业务协同发展：高精度磨床是丝杠导轨生产的必要设备，公司磨床和滚动功能件业务的无缝对接有效促进研发的良性循环。

图：2022年汉江机床营收4.0亿元，同比+28.8%



资料来源：，东吴证券研究所

图：2022年汉江机床净利润2479万元



资料来源：，东吴证券研究所

2.2 【日发精机】：国产高端轴承磨领域龙头

➤ 日发精机是国内高端数控机床领先企业：

日发精机成立于2000年，主营业务包括高档数控机床、航空装备制造和航空运营服务。通过收购意大利MCN公司和日发机床的多年积累，公司已成为国内高端数控机床领先企业，尤其是在高端轴承磨超加工领域市占率国内第一，国内轴承行业规模靠前的30家企业中，有25家采用日发精机的高端轴承磨超加工及装配生产线。

图：日发精机主营业务及主要产品

主 营 业 务	主 要 产 品	应 用 领 域	负 责 子 公 司
通用工具机械	立式及卧式加工中心	汽车、船舶、交通、能源等行业高效零件	MCM公司 日发机床公司
	数控机床	汽车和轴承等行业零件	
	龙门加工中心	石化、制冷、冶金、船舶军工和航空航天等	
	数控卧式机床	石化、制冷、冶金、锅炉、汽轮机、重型电机、船舶军工和航空航天等	
数控磨床	轴承磨超及装配生产线		MCM公司 日发航空装备
	滚子磨超自动线	轴承	
	数控通用磨床		
航空装备及零部件制造	软件管控系统		MCM公司 日发航空装备
	智能加工系统	航空航天	
	航空航天结构件加工		
航空运营及服务	固定翼飞机运营租赁		Airwork公司
	飞机和发动机的MRO	民用航空	

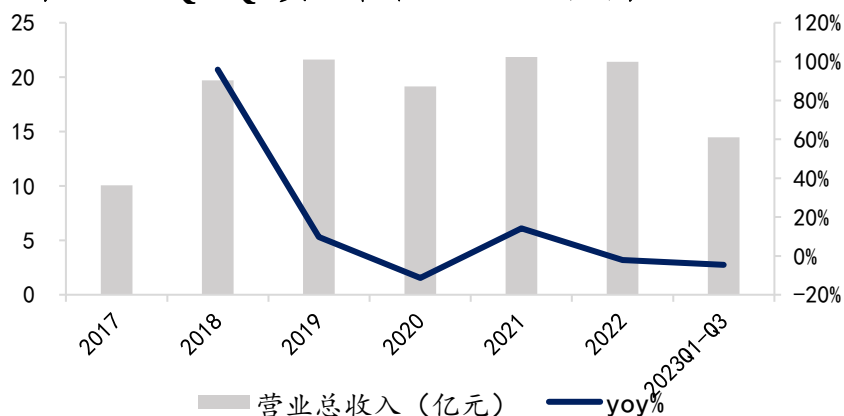
数据来源：日发精机官网，

2.2 【日发精机】：国产高端轴承磨领域龙头

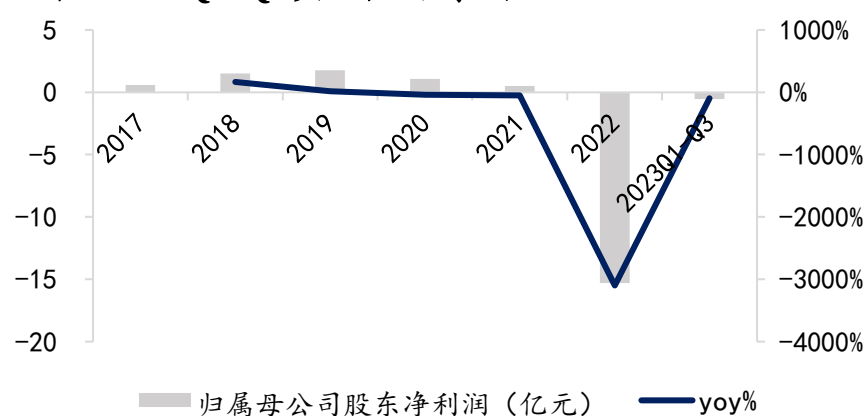
➤ 地缘政治影响短期业绩，切入丝杠导轨磨领域打开成长空间：

2021年来尽管受到疫情的影响，但公司收入端基本保持稳定，2023Q1-Q3受制造业景气度下滑影响收入端同比-4.6%。利润端受地缘政治影响较大，Airwork公司飞机被扣留导致出现大额的资产减值损失。凭借在轴承磨领域的经验积累，公司切入丝杠导轨磨领域，目前已处于客户验证的关键时期，有望打开公司长期成长空间。

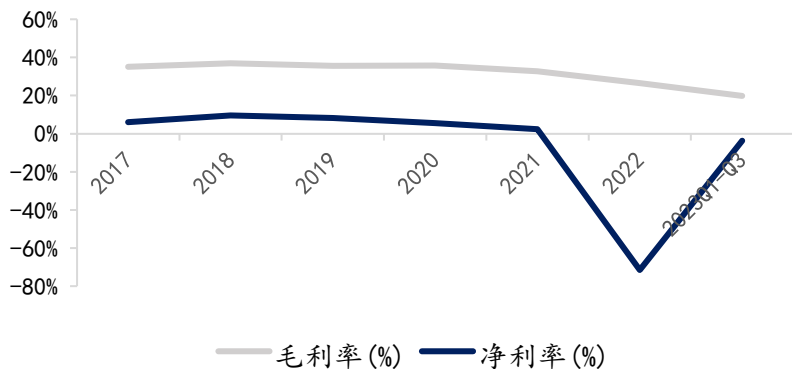
图：2023Q1-Q3实现营收14.5亿元，同比-4.6%



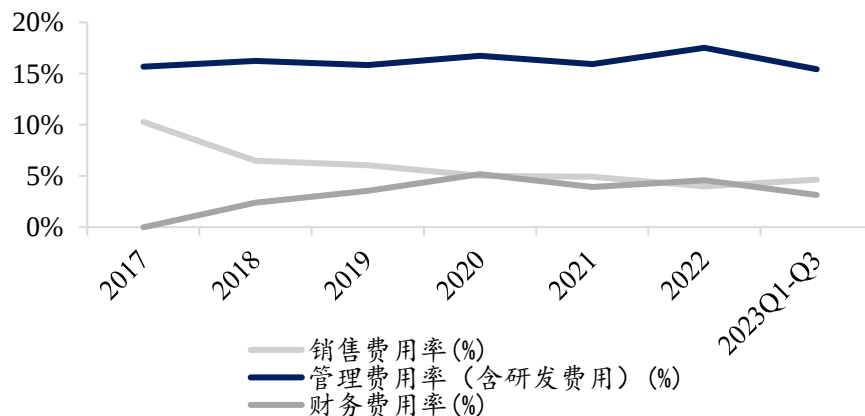
图：2023Q1-Q3实现归母净利润-0.55亿元



图：2021年以来盈利能力有所下滑



图：期间费用端保持稳健



➤ 风险提示：下游行业景气度波动

数据来源：日发精机官网

更多免费行业报告

并购家

www.ipoipo.cn

2.3 旋风铣：提升丝杠加工效率的关键设备

➤ 旋风铣是与普通车床配套的高速铣削螺纹装置：

用装在高速旋转刀盘上的硬质合金成型刀，从工件上铣削出螺纹的螺纹加工方法。因其铣削速度高(速度达到400m/min)，加工效率高，并采用压缩空气进行排屑冷却，加工过程中切削飞溅如旋风而得名——旋风铣。

➤ 外资领先程度较高，目前国内尚无优秀的旋风铣加工厂商

欧洲早在20世纪80年代便推出CNC旋风铣床，并应用于滚珠丝杠加工，后逐步进入中国。但在设备工艺及成熟度方面，目前较为领先的厂商包括德国Leistritz公司、GWT公司、Burgsmuller等，而国内尚无非常优秀的旋风铣加工厂商。

图：国外主流旋风铣企业情况

公司名称	国别	主要产品	创立年份
Leistritz	德国	为不同规格工件提供了共8款旋风铣床，直径从3-200mm，长度从220-8000毫米，产品全面	1902
Burgsmuller	德国	经过深厚的积累和技术迭代，外切式可加工10-1000mm，内切式可加工25-600mm	1876
Weingartner	奥地利	推出的pick up classic系列可实现旋风铣和铣削的切换，共4款产品	1966
林辛格 Linsinger	奥地利	铣削技术是公司的核心业务	1939

资料来源：Leistritz、Burgsmuller、Weingartner、Linsinger 官网，东吴证券研究所

2.3 人形机器人催生大量丝杠需求，旋风铣设备同样受益

➤ 远期来看，人形机器人若迅速放量有望催生大量丝杠需求，若未来旋风铣加工成为丝杠成熟加工方案，则需求量十分可观。根据我们测算，中性假设下，至2030年人形机器人行星滚柱丝杠用旋风铣市场空间可达16亿元（仅考虑主丝杠使用旋风铣）。关键假设如下：

- 1) 人形机器人产量：悲观/中性/乐观假设下2030年人形机器人产量分别为50/100/300万台
- 2) 单台旋风铣设备年产量：根据某国产龙头厂商目前成熟工艺估算，单台进口旋风铣加工效率为3万根/年，假设国产设备加工效率为进口设备的一半（1.5万根/年）
- 3) 单台旋风铣设备价值量：2022年外资龙头Leistritz单台旋风铣售价约600万/台，假设未来国产设备的价值量为进口设备的三分之一（200万元/台）

图：根据我们测算中性假设下，至2030年人形机器人行星滚柱丝杠用旋风铣市场空间可达16亿元

	悲观	中性	乐观
2030年人形机器人产量（万台）①	50	100	300
单台人形机器人行星滚柱丝杠用量（根/台）②	12	12	12
行星滚柱丝杠用量（万根）③=①*②	600	1200	3600
单台国产旋风铣设备年产量（万根）④	1.5	1.5	1.5
旋风铣设备需求量（台）⑤=③/④	400	800	2400
单台国产旋风铣设备价值量（万元）⑥	200	200	200
人形机器人用旋风铣市场空间（亿元）⑦=⑤*⑥	8	16	48

数据来源：南京工艺官网，东吴证券研究所测算



- 一、旋风铣工艺兼顾效率&精度，为丝杠加工未来趋势
- 二、加工设备：螺纹磨床&旋风铣床为丝杠加工核心装备
- 三、加工刀具：PCBN铣刀为丝杠加工核心耗材
- 四、投资建议&风险提示

3.1 旋风铣加工刀具：PCBN超硬刀具

➤ PCBN刀具为旋风铣加工合适刀具：

高性能的刀片材料和精密的刀具、刀盘制造技术为旋风硬铣削提供技术保障。由于旋风铣为硬加工工艺（即加工硬度较高的材料），其对刀具的硬度有较高要求，综合考虑加工要求和经济性，PCBN铣刀为旋风铣最合适的加工刀具。

➤ PCBN刀具具有高耐磨性和性能稳定的特点：

PCBN是在高温高压下将细微的CBN材料通过结合相（TiC、TiN、Al、Ti 等）烧结在一起的多晶材料，PCBN材料与金刚石有相似的晶体结构，对耐磨材料切削时其耐磨性远超硬质合金，且具有很高的热稳定性和化学稳定性。

图：PCBN旋风铣刀盘示意图



3.1 超硬刀具行业规模不断扩大，应用逐步拓宽

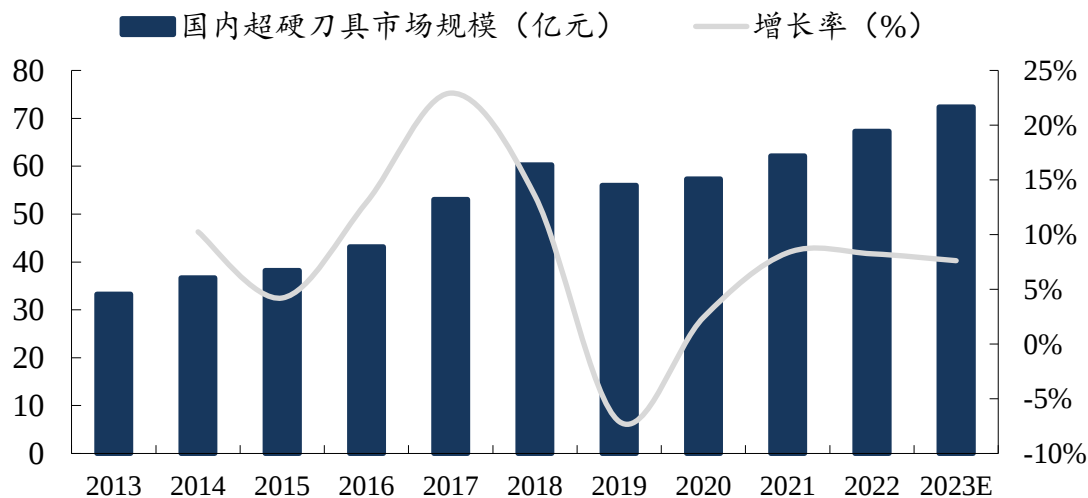
➤ 预计2023年国内超硬刀具行业市场规模有望达到73亿元：

根据智研咨询统计预测，国内超硬刀具市场空间从2013年的33.8亿元增长至2021年的58.0亿元，CAGR=7%。智研咨询预计2023年国内超硬刀具市场规模有望达到73亿元，其中金刚石刀具市场占比43.97%，PCBN刀具市场占比56.03%。

➤ 超硬刀具下游应用逐步拓宽，新能源车轻量化需求加速行业发展：

超硬刀具用途十分广泛，下游市场包括各类型显示屏切割，汽车关键零部件加工，航空航天、军工等行业。汽车工业是我国超硬刀具最大的下游应用领域，2022年市场规模占比近70%。随着新能源汽车的快速发展和逐渐普及，铝合金等轻质材料运用比例迅速提升，推动超硬刀具行业加速发展。

图：预计2023年国内超硬刀具行业市场规模有望达到73亿元



3.1 高端市场外资占据主导，国产厂商逐步向上渗透

➤ 山特维克、肯纳金属等外资龙头占据高端市场

目前超硬刀具行业占据高端市场优势地位的依旧是外资老牌刀具企业，包括山特维克、肯纳金属、日本住友等，主要提供超硬刀具上下游全产业链服务，综合竞争实力强劲。

➤ 国产刀具厂商凭借性价比优势，正逐步向中高端市场渗透：

国产超硬刀具龙头例如沃尔德、郑州钻石精密、威海威硬工具等，正逐步凭借性价比优势向中高端领域渗透。

图：国内外主流超硬刀具企业概况

	公司名称	国别	主要产品	22年超硬刀具业务收入
国外厂商	山特维克	瑞典	国际刀具标杆，超硬方面主要提供金刚石材质（PCD、CVD）、金属陶瓷、陶瓷以及CBN	-
	肯纳金属	美国	推出PCD刀具系列，包括立铣刀、钻头、铰刀；开发CVD涂层专利	-
	日本住友	日本	超硬刀具主要提供PCD和CBN材质	-
国内厂商	沃尔德	中国	国内超硬刀具龙头，推出共20款PCD/PCBN刀片、刀具，涵盖标准、非标场景	3.25亿元
	郑州钻石精密	中国	主推PCBN、PCD刀片和刀具，优势产品有PCD铣刀、PCBN标准刀片等	未披露
	威海威硬工具	中国	长期专注PCD、CBN材料，优势产品有PCD铣刀、PCD铰刀等	整体营收1.16亿元

3.1 人形机器人催生大量丝杠需求，PCBN铣刀同样受益

➤ 远期来看，人形机器人若迅速放量有望催生大量丝杠需求，若未来旋风铣加工成为丝杠成熟加工方案，则PCBN铣刀作为耗材需求量十分可观。根据我们测算，中性假设下，至2030年人形机器人行星滚柱丝杠用PCBN铣刀市场空间可达10亿元（仅考虑主丝杠使用旋风铣）。关键假设如下：

- 1) 人形机器人产量：悲观/中性/乐观假设下2030年人形机器人产量分别为50/100/300万台
- 2) 反向式行星滚柱丝杠规格：人形机器人手部、肘部和腿部用行星滚柱丝杠大小不同，为方便测算我们将其规格统一为长度20cm/直径40mm/导程5mm，则铣刀需要加工的滚道长度约为5m
- 3) 单把铣刀价值量&加工长度：由于加工反向式行星滚柱丝杠的铣刀为特殊锯齿状铣刀，价值量会比普通PCBN铣刀更高（假设为1000元/片，普通PCBN铣刀为2-300元/片左右），加工寿命为500米，每个刀盘装8把铣刀，则每米滚道对应铣刀价值量为1000/500*8=16元。

图：中性假设下，预计至2030年人形机器人行星滚柱丝杠用铣刀每年消耗额10亿元（仅考虑主丝杠部分）

	悲观	中性	乐观
2030年人形机器人产量（万台）①	50	100	300
单台人形机器人行星滚柱丝杠用量（根/台）②	12	12	12
行星滚柱丝杠用量（万根）③=①*②	600	1200	3600
对应铣刀所需加工滚道长度（万米）④=③*5	3000	6000	18000
每加工1m滚道对应铣刀价值量（元）⑤	16	16	16
人形机器人用铣刀每年消耗额（亿元）⑥=④*⑤	4.8	9.6	28.8

数据来源：南京工艺官网，东吴证券研究所测算

3.1 人形机器人催生大量丝杠需求，PCBN铣刀同样受益

➤ 若考虑到行星滚子也使用旋风铣加工，则铣刀需求量将会进一步提升。根据我们测算，中性假设下，至2030年人形机器人行星滚柱丝杠用PCBN铣刀市场空间可达19.2亿元（考虑主丝杠&行星滚子均使用旋风铣）。关键假设如下：

- 1) 每根反向式行星滚柱丝杠搭配8根行星滚子。
- 2) 行星滚子规格：假设规格统一为长度10cm/直径10mm/导程5mm，则铣刀需要加工的滚道长度约为0.63m，则8根行星滚子累计加工长度为5.0m，与主丝杠加工量相当。

图：中性假设下，预计至2030年人形机器人行星滚柱丝杠用铣刀每年消耗额19亿元（考虑主丝杠&行星滚子）

	悲观	中性	乐观
2030年人形机器人产量（万台）①	50	100	300
单台人形机器人行星滚柱丝杠用量（根/台）②	12	12	12
行星滚柱丝杠用量（万根）③=①*②	600	1200	3600
主丝杠对应铣刀所需加工长度（万米）④=③*5	3000	6000	18000
行星滚子对应铣刀所需加工长度（万米）⑤=③*5	3000	6000	18000
每加工1m滚道对应铣刀价值量（元）⑥	16	16	16
人形机器人用铣刀每年消耗额（亿元）⑦=（④+⑤）*⑥	9.6	19.2	57.6

数据来源：南京工艺官网，东吴证券研究所测算

3.2 【沃尔德】：超硬刀具国内龙头，培育钻石空间广阔

➤ 沃尔德是国内超硬刀具领先企业：

沃尔德成立于2006年，主营业务分为超高精密刀具、高精密刀具及超硬材料制品三大板块。

- ①**精微刀具**：重点产品包括钻石刀轮及磨轮、微型钻铣刀具，在消费电子 显示及触摸屏、半导体器件及精密模具加工等领域广泛应用；
- ②**精密切削刀具**：产品以超硬切削刀具为主，并扩展硬质合金、金属陶瓷等材料；
- ③**超硬材料制品**：主要产品包含PCD复合片、PCBN复合片、CVD金刚石材料等。

图：沃尔德主营业务及主要产品

产品系列	精密切削刀具		精微刀具			超硬材料		
产品名称	标准化刀片	非标刀具	钻石刀轮 刀轴	微钻、微 铣刀	金刚石磨 轮、磨棒	超硬材料	CVD金刚 石工具	CVD功能 材料
产品图样								

数据来源：沃尔德官网，东吴证券研究所

3.2 【沃尔德】：超硬刀具国内龙头，培育钻石空间广阔

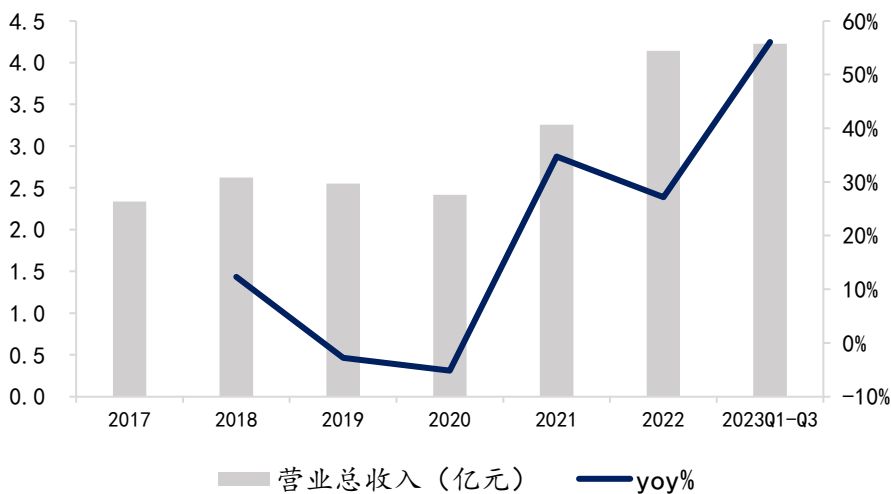
➤ 3C等下游温和复苏，公司业绩回暖：

2020-2022年受疫情&地缘政治等因素影响，公司业绩端表现不佳。2023年以来，受子公司并表&三季度以来3C下游温和复苏影响，公司业绩逐步回暖。2023Q1-Q3实现营收4.2亿元，同比+56.1%，归母净利润0.75亿元，同比+119.8%。

➤ 超硬刀具下游空间广阔，公司已构筑核心竞争力：

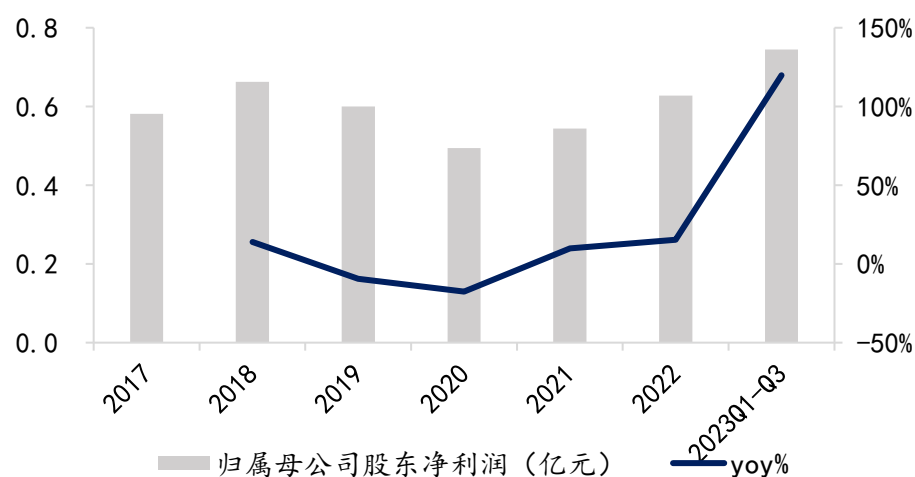
超硬刀具加工效率高，寿命长，加工质量好，目前其下游应用正逐步得到拓展。公司作为超硬刀具国产龙头，与山特维克、日本住友等厂商直面竞争。

图：2023Q1-Q3实现营收4.2亿元，同比+56%



数据来源：，东吴证券研究所

图：2023Q1-Q3实现归母净利润0.75亿元，同比+120%



数据来源：，东吴证券研究所

➤ 风险提示：下游复苏不及预期风险，市场竞争加剧风险，新产品研发不及预期风险



- 一、旋风铣工艺兼顾效率&精度，为丝杠加工未来趋势
- 二、加工设备：螺纹磨床&旋风铣床为丝杠加工核心装备
- 三、加工刀具：PCBN铣刀为丝杠加工核心耗材
- 四、投资建议&风险提示

◆ 建议关注设备和耗材两条主线:

丝杠加工设备环节：重点推荐【华辰装备】【秦川机床】；建议关注【日发精机】【浙海德曼】

丝杠加工刀具环节：建议关注【沃尔德】【国机精工】

图：相关公司估值情况（截至2023.11.9日收盘价）

证券代码	公司	收盘价 (元)	市值 (亿元)	归母净利润（亿元）			PE		
				2023E	2024E	2025E	2023E	2024E	2025E
300809.SZ	华辰装备	25.19	63.5	1.25	1.59	1.95	50.8	40.0	32.6
000837.SZ	秦川机床	11.11	112.2	3.64	4.74	5.56	30.8	23.7	20.2
688028.SH	沃尔德	24.51	37.6	1.14	1.48	1.61	33.0	25.4	23.3
688577.SH	浙海德曼	52.30	28.3	1.07	1.80	2.98	26.4	15.7	9.5
002046.SZ	国机精工	11.38	60.2	2.84	3.64	4.54	21.2	16.5	13.3

资料来源：，东吴证券研究所（浙海德曼、沃尔德盈利预测为wind一致预测，其余均为东吴机械组预测）

4.2 风险提示

- 1.人形机器人产业化进程不及预期：**人形机器人可能因为下游应用场景开拓受阻等因素影响，导致其产业化进程不及预期。
- 2.行业竞争加剧风险：**人形机器人核心零部件壁垒有限，核心零部件厂商会面临竞争加剧的风险，竞争加剧将导致价格战，影响行业盈利能力，对企业毛利率造成不利影响。
- 3.核心零部件加工方案变更风险：**人形机器人核心零部件目前仍处于未定型状态，其加工方案存在变更的可能性。

东吴证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，本公司及作者不对任何人因使用本报告中的内容所导致的任何后果负任何责任。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

在法律许可的情况下，东吴证券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并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，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。

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明出处为东吴证券研究所，并注明本报告发布人和发布日期，提示使用本报告的风险，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

东吴证券投资评级标准

投资评级基于分析师对报告发布日后6至12个月内行业或公司回报潜力相对基准表现的预期（A股市场基准为沪深300指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普500指数，新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）），具体如下：

公司投资评级：

买入：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准在15%以上；

增持：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于5%与15%之间；

中性：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于-5%与5%之间；

减持：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于-15%与-5%之间；

卖出：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准在-15%以下。

行业投资评级：

增持：预期未来6个月内，行业指数相对强于基准5%以上；

中性：预期未来6个月内，行业指数相对基准-5%与5%；

减持：预期未来6个月内，行业指数相对弱于基准5%以上。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议。投资者买入或者卖出证券的决定应当充分考虑自身特定状况，如具体投资目的、财务状况以及特定需求等，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。

东吴证券研究所

苏州工业园区星阳街5号

邮政编码：215021

传真：（0512）62938527

公司网址：<http://www.dwzq.com.cn>

东吴证券 财富家园