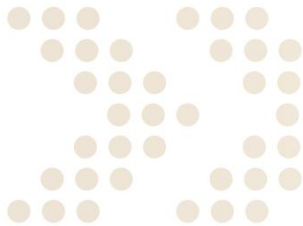


产业研究深度 | 高端装备制造



冷锻工艺：精度 C3+ 高效低成本，人形机器人 丝杠的理想工艺



为企业客户提供全方位的“产业+金融”研究服务！



核心要点

冷锻工艺是一种在室温下利用高压模具对金属坯料施加压力、使其发生塑性流动并直接成形（如螺纹、齿轮等）的金属塑性加工技术。该工艺无需加热材料，具有生产效率高、材料利用率高、尺寸一致性好、表面质量优以及金属流线连续、强度提升等优点，尤其适合大批量生产精密零部件。在行星滚柱丝杠的螺纹加工中，冷锻能够有效克服传统车铣磨工艺带来的成本高、效率低、质量不稳定等问题。螺纹滚压作为冷锻的核心应用，可实现无屑加工，加工效率提高数倍。

冷锻工艺的核心优势在于高强度、高效率与低成本。通过塑性变形使金属流线连续，零件的抗疲劳性能显著优于切削件；滚压螺纹精度可达 C3 级，表面粗糙度低至 Ra0.2~0.6，且螺纹抗拉强度可提升 20% 以上。材料利用率高达 95% 以上，单件成本较传统磨削降低 30%~50%。这些优势使得冷锻在满足高承载、耐冲击、长寿命等严苛要求时表现出色，尤其在机器人领域具有不可替代的价值。

在机器人应用中，冷锻工艺主要用于加工行星滚柱丝杠、关节轴承、齿轮等高承载传动部件。这些部件需承受频繁启停、冲击载荷及长期磨损，而冷锻成形件凭借连续的金属流线和致密结构，可显著提升关节的可靠性与使用寿命。随着人形机器人放量在即，冷锻工艺不仅有望成为丝杠制造的主流技术路线，并且已成为行星滚柱丝杠、滚珠丝杠等关键传动部件大批量生产的核心技术。

从竞争格局看，全球冷锻件市场规模 2024 年约 342 亿美元，预计 2032 年增至 584 亿美元，年复合增长率约 6.7%。国内冷锻产业链已形成较完整的布局：新坐标为全产业链龙头，覆盖材料、模具、设备及产品，并已获得滚珠丝杠传动结构专利；思进智能是 A 股首家冷成形装备上市公司，产品包括搓丝机、滚丝机、滚压机，正推进高端滚压机（目前依赖宝飞螺、肯尼福等进口品牌）的国产替代；恒锋工具在冷挤压成型刀具领域市占率国内第一，其螺纹滚轧轮、旋锻芯棒等广泛应用于丝杠加工；浙江黎明专注于精密冷锻零件，适用于高强度复杂零件；精锻科技是乘用车冷锻件主要国内厂商；三维大通则在电机轴、液压阀体冷锻技术方面具备隐形冠军实力，材料利用率可达 90%。这些企业共同构成了国内冷锻工艺从设备、刀具到产品的完整生态。

风险提示

技术路线不确定风险，下游需求不及预期风险。

分析师及联系人

苏晨

SAC: S1130522010001
suchen@gjzq.com.cn

陈传红

SAC: S1130522030001
chenchuanhong@gjzq.com.cn

内容目录

一、冷锻 VS 车铣磨：性能、效率和成本均具有优势	3
性能对比：冷锻工艺有更高的强度和表面质量	3
效率和成本对比：冷锻工艺大幅提速和降本	5
二、冷锻工艺供应链和竞争格局	10
海内外市场规模稳健增长	10
加工端：本土企业竞争密集	12
模具端：冷锻工艺最核心技术环节，同时制造螺纹和齿轮可大幅提升 效率	12
设备端：滚压机是最核心设备，进口替代进行时	15
三、国内主要企业冷锻工艺布局	16
风险提示	23

图表目录

图表 1： 丝杠螺母分类	3
图表 2： 螺纹加工方法分类	4
图表 3： 车铣磨工艺与冷锻工艺应用领域具备较高重复度	4
图表 4： 车/铣/磨削/滚压技术原理	5
图表 5： 滚珠丝杠软车+磨削工艺路线	6
图表 6： 硬铣削螺纹设备及螺距误差补偿技术	6
图表 7： 精密冷锻铸件生产工艺流程	7

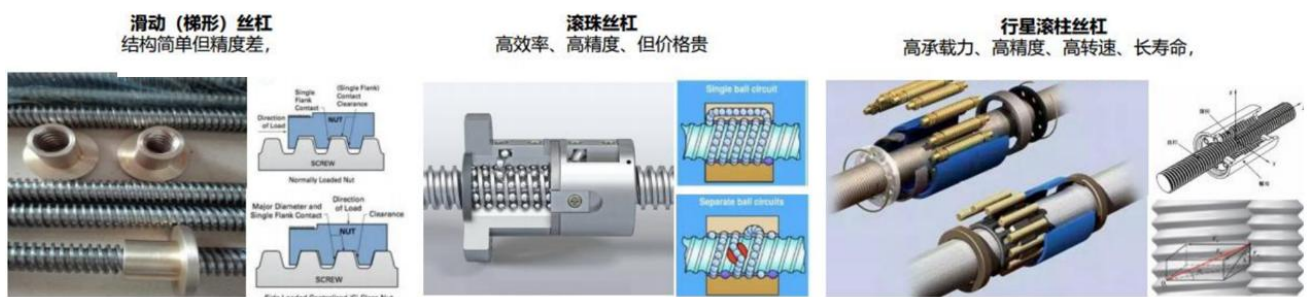
图表 8: 螺纹滚压技术路线	8
图表 9: 滚压螺纹相比切削具有高效率低成本优势	9
图表 10: 滚压螺纹效率较传统车削加工提高近十倍	10
图表 11: 2024-2032 年全球冷锻市场规模变化	11
图表 12: 冷锻技术布局者进展	12
图表 13: 行星滚柱丝杠传动机构主要结构	13
图表 14: 螺纹滚柱轧制成型	13
图表 15: 同一个轴上成形螺纹和齿轮的加工工艺的比较	14
图表 16: 内螺纹冷挤压原理	14
图表 17: 使用旋锻芯棒工件	14
图表 18: 冷挤压内螺纹相比切削具备较多优势	15
图表 19: 特斯拉人形机器人丝杠方案	15
图表 20: 滚压机公司布局	16
图表 21: 思进智能冷锻机列表	17
图表 22: 新坐标覆盖材料、模具、设备、产品的全产业链技术研发	19
图表 23: 新坐标已布局丝杠技术	20
图表 24: 恒锋工具布局多种冷挤压成型刀具	22

一、冷锻 VS 车铣磨：性能、效率和成本均具有优势

性能对比：冷锻工艺有更高的强度和表面质量

行星滚柱丝杠被视为人形机器人中最卡脖子的环节，其主要加工工艺为螺纹加工。丝杠螺母传动可将旋转运动转换为直线运动（或相反传递），主要分为滑动丝杠、滚珠丝杠和行星滚柱丝杠三类。其中，滑动丝杠依靠滑动摩擦，结构简单但精度较差，传动效率仅为 25%-50%；滚珠丝杠采用滚动摩擦，传动效率高达 90%以上，精度高、效率高，但价格昂贵；行星滚柱丝杠则兼具承载能力强、耐冲击、体积小等优点，然而由于其结构复杂、加工难度大、成本高，至今未能广泛应用。行星滚柱丝杠与滚珠丝杠的核心区别在于，前者使用螺纹滚柱而非滚珠作为负载的传递单元。

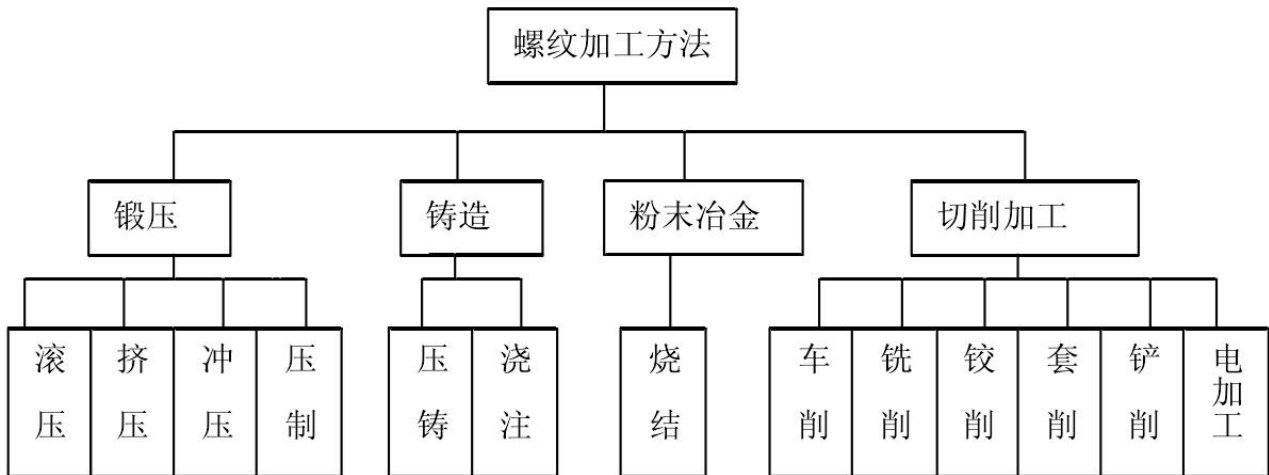
图表 1：丝杠螺母分类



来源：《行星滚柱丝杠螺纹的硬态车削加工技术研究》，AGI 智享会，国金证券研究所

螺纹加工方法众多，其中最广泛采用的是滚压法（属于锻压工艺，包括搓丝和滚丝）与切削法（包括车削、铣削、磨削等）。具体到高精度螺纹的加工，主要有两种工艺路径：一是“车铣磨”工艺，即对粗坯件进行热加工后，先通过车削和铣削完成粗加工，再以磨削进行余量精加工，从而获得高精度；二是“冷锻+磨削”工艺，即先利用冷轧技术将粗坯件直接加工至一定精度，随后再通过磨削完成余量精加工。

图表 2: 螺纹加工方法分类



来源：齐会萍《螺纹冷滚压理论与工艺参数研究》，国金证券研究所

与车铣磨工艺相比，冷锻工艺在提升产品强度和表面质量方面更具优势。车铣磨工艺通常用于对尺寸精度和表面光洁度要求较高的金属零件加工，能够满足精密应用的需求；而冷锻工艺则能提供更高的材料强度和更优的表面质量，因而更适用于对零件性能要求严苛的领域，广泛用于生产高强度、高精度的金属零件。

图表 3: 车铣磨工艺与冷锻工艺应用领域具备较高重复度

工艺分类	应用领域	加工部件
车铣磨工艺	汽车制造	发动机零部件、传动系统零部件、底盘零部件等。例如，发动机曲轴、凸轮轴等零部件。
	航空航天领域	飞机发动机零部件、飞行控制系统零部件、航天器零部件等。
	通用机械制造	机械零部件、轴承、齿轮、螺纹等。
	电子通讯设备制造	各种精密零部件，如连接器、天线、微型电机等。
	模具制造	高精度、高表面质量的零部件。
	机器人领域	零部件加工：丝杠、机器人的关节部件、传动系统的齿轮、蜗轮蜗杆 外壳和外部结构加工：车铣磨工艺用于加工机器人外壳、外壳上的安装孔、连接孔等。
冷锻工艺	汽车制造	发动机曲轴、传动轴、齿轮、万向节等关键零部件。
	航空航天领域	航空发动机零部件、飞机结构件等。
	重型机械制造	机械传动零部件、液压元件、轴承等。
	机器人领域	关节零部件：冷锻工艺常用于生产机器人的关节部件，如关节轴承、传动轴等。

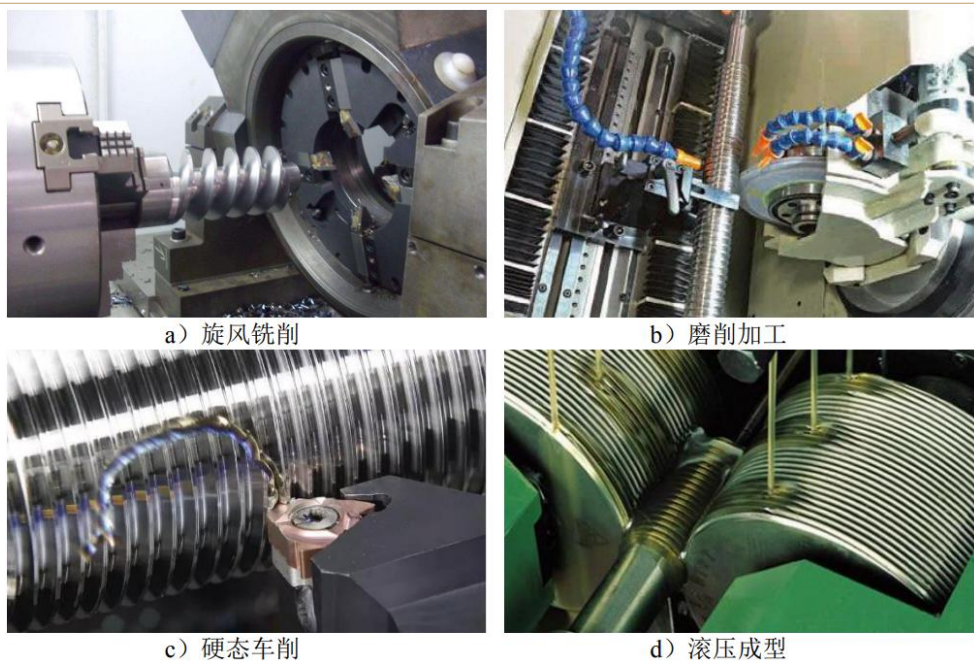
	<p>执行器零部件：冷锻工艺生产高强度的执行器零部件，如齿轮、传动轴等。</p>
	<p>机械手部件：冷锻工艺常用于生产机械手机械手臂、夹持器等。</p>

来源：三维大通官网，西尔普数控官网，国金证券研究所

效率和成本对比：冷锻工艺大幅提速和降本

车铣磨复合生产工艺较为复杂且加工速度较低，其粗加工采用车削或铣削，后道精加工采用磨削，具体可细分为车削、铣削和磨削三道工序。其中，车削通过旋转工件并用刀具切削表面来形成所需形状，通常用于加工轴、轴承等圆柱形零件；铣削则使用旋转刀具在工件表面上切削材料，以产生平面、凹槽、齿轮等复杂形状和轮廓；磨削作为高精度加工工艺，通过磨削轮对工件表面进行切削，以获得更高的表面精度和尺寸精度，常用于模具、轴承等精密零件的加工。

图表 4：车/铣/磨削/滚压技术原理



来源：陈晖《行星滚柱丝杠螺纹的硬态车削加工技术研究》，国金证券研究所

目前常用的滚柱丝杠加工工艺以车削+磨削和硬铣工艺为主，其中前者精度更高。

车削+磨削工艺的螺纹滚道部分通过软车、淬火、硬车螺纹、磨削螺纹等步骤成

型，相比以往的全磨削工艺，效率有所提升且精度较高。

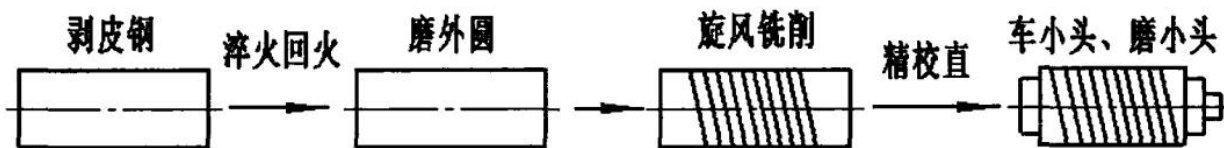
图表 5: 滚珠丝杠软车+磨削工艺路线



来源：黄娟《滚珠丝杠关键制造工艺优化及精度控制方法研究》，国金证券研究所

硬铣削螺纹工艺则是在专用精密数控旋风铣床上，采用 CBN 刀具在淬硬的光杠上将螺纹滚道一次铣削成型，具有齿形精度高、表面光洁度好、加工效率高等优点。

图表 6: 硬铣削螺纹设备及螺距误差补偿技术



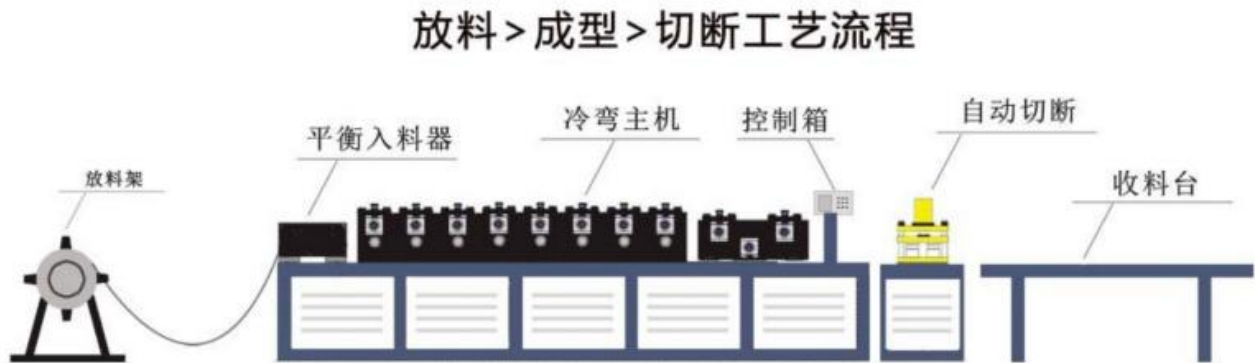
来源：黄娟《滚珠丝杠关键制造工艺优化及精度控制方法研究》，国金证券研究所

冷锻工艺的优势是流程较短，效率较高。冷锻是在室温下对金属坯料施加压力，使其发生塑性变形，从而获得所需形状与尺寸的成形工艺。该工艺常用于生产高强度、高精度的金属零件，广泛应用于汽车、航空航天、工程机械等领域。

完整的冷锻工艺流程通常包括以下步骤：（1）材料准备：选用合适的金属坯料，通常为圆形或方形的棒料或型材；（2）表面处理与润滑（可选）：对坯料进行磷化、皂化等润滑处理，以降低摩擦、延长模具寿命；（3）冷锻成形：将坯料置于冷锻机模具中，施加高压使其发生塑性流动，一次或多次成形为所需零件；

（4）后处理：根据需要进行去应力退火、清洗、尺寸精整等工序，以消除内应力并保证尺寸稳定性。

图表 7: 精密冷锻铸件生产工艺流程



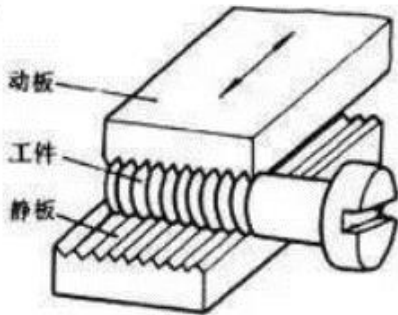
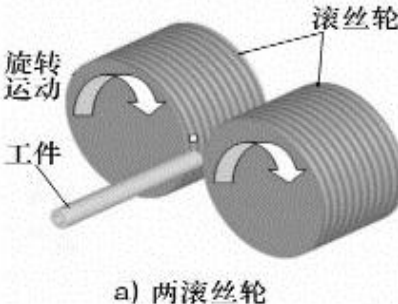
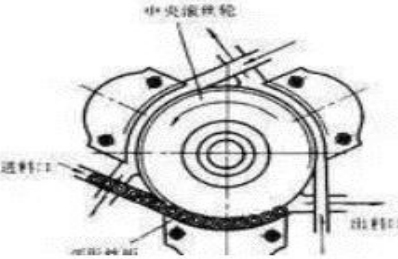
来源：佛山昊通机械设备有限公司官网，国金证券研究所

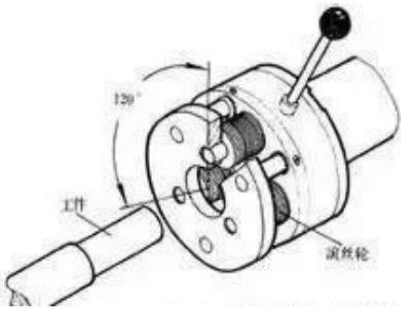
螺纹滚压是一种通过成形滚压模具使工件产生塑性变形从而获得螺纹的工艺。根据滚压模具的不同，可分为搓丝和滚丝两类。

1. 搓丝：利用两块带螺纹牙形的搓丝板，两者错开 $1/2$ 螺距相对布置，其中静板固定，动板作平行于静板的往复直线运动。工件送入两板之间后，动板前进搓压工件，使其表面发生塑性变形而形成螺纹。
2. 滚丝：借助较硬的模具对工件表面进行挤压，主要包括径向滚丝、切向滚丝和滚丝头滚丝三种方式。
 - a. 径向滚丝：采用两个或三个带螺纹牙形的滚丝轮，安装在互相平行的轴上。工件置于两轮之间的支承上，滚丝轮同向等速旋转，其中一轮还作径向进给运动。工件在滚丝轮带动下旋转，表面受径向挤压形成螺纹。
 - b. 切向滚丝：又称行星式滚丝，滚压工具由一个旋转的中央滚丝轮和三块固定的弧形丝板组成。滚丝时工件可连续松紧，生产效率高于搓丝或径向滚丝。
 - c. 滚丝头滚丝：通常用于短螺纹的加工。滚压头内均匀分布有 3~4 个滚丝

轮，加工时工件旋转，滚压头轴向进给，将工件滚压出螺纹。

图表 8: 螺纹滚压技术路线

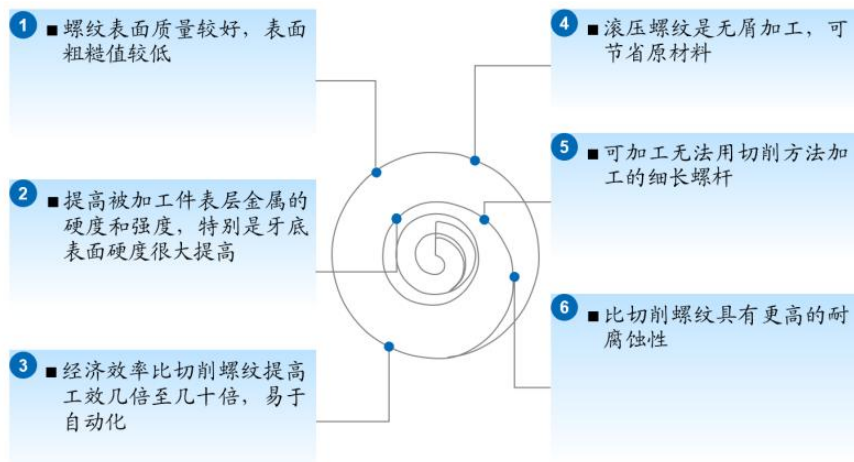
分类		原理图	原理	加工速率	
螺纹滚压	搓丝		<p>两块带螺纹牙形的搓丝板错开 1/2 螺距相对布置，静板固定不动，动板作平行于静板的往复直线运动。当工件送入两板之间时，动板前进搓压工件，使其表面塑性变形而成螺纹。</p>	165pcs/min	
	滚丝	径向滚丝		<p>2 个（或 3 个）带螺纹牙形的滚丝轮安装在互相平行的轴上，工件放在两轮之间的支承上，两轮同向等速旋转，其中一轮还作径向进给运动。工件在滚丝轮带动下旋转，表面受径向挤压形成螺纹。</p>	30pcs/min
		切向滚丝		<p>又称行星式滚丝，滚压工具由 1 个旋转的中央滚丝轮和 3 块固定的弧形丝板组成。</p>	-

		<p>滚丝头滚丝</p>		<p>在自动车床上进行,一般用于加工工件上的短螺纹。滚压头中有3~4个均布于工件外周的滚丝轮。滚丝时,工件旋转,滚压头轴向进给,将工件滚压出螺纹。</p>	<p>-</p>
--	--	--------------	--	---	----------

来源: 金属加工, 国金证券研究所

冷锻工艺的核心优势在于通过提升生产效率、减少废料来降低成本。其中, 滚压(作为冷锻的一种形式) 相比传统切削, 是一种更高效、低成本且能提升螺纹强度的加工方法。滚压螺纹利用材料在冷态下的可塑性, 在滚压工具的压力作用下使工件产生塑性变形, 从而滚制出螺纹。与切削相比, 滚压具有以下优势: ①螺纹表面质量更好, 粗糙度值更低; ②提高工件表层金属的硬度和强度; ③经济效率高, 比切削螺纹可提高工效数倍至数十倍, 且易于实现自动化; ④属于无屑加工, 节省原材料; ⑤能够加工细长螺杆等无法用切削方法成形的零件; ⑥成品螺纹具有更高的耐腐蚀性。

图表 9: 滚压螺纹相比切削具有高效率低成本优势



来源: 齐会萍《螺纹冷滚压理论与工艺参数研究》, 国金证券研究所

冷锻加工螺纹相比车削和磨削效率更高，更适合批量生产。磨削丝杠的工艺流程长、生产周期久，导致成本较高；而冷锻螺纹的工艺路线短、生产周期快，生产效率显著提升，制造成本相对较低。因此，冷锻丝杠更适于大规模批量生产，而磨制丝杠则难以实现批量制造。

图表 10：滚压螺纹效率较传统车削加工提高近十倍

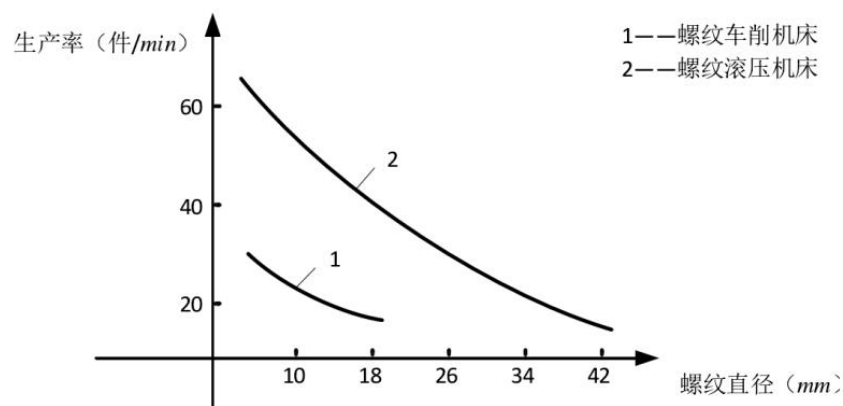


图 1.5 螺纹平均生产率对比曲线

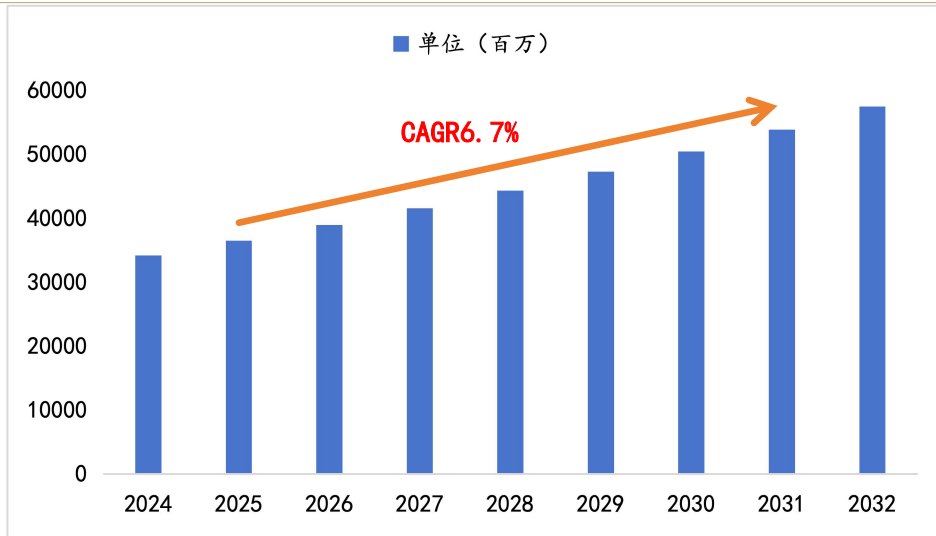
来源：王旭《行星滚柱丝杠滚柱冷滚压成形机理与实验研究》，国金证券研究所

二、冷锻工艺供应链和竞争格局

海内外市场规模稳健增长

全球冷锻件市场呈现稳健增长态势。据 24 Chemical Research 统计，2024 年全球冷锻件市场规模约 342 亿美元，预计 2025 年增至 368 亿美元，2032 年有望达到 584 亿美元，期间复合年增长率约为 6.7%。从区域格局看，北美和欧洲在技术应用上保持领先，而亚太地区增速最快，主要受中国和印度制造业扩张推动。

图表 11：2024-2032 年全球冷锻市场规模变化



来源：24 Chemical Research, 国金证券研究所

从竞争格局来看，全球冷锻行业呈现出国际巨头与本土龙头共存、多梯队竞争的态势。整体市场集中度相对分散，尚未出现绝对垄断企业，但领先厂商在各自细分领域具有较强竞争力。第一梯队的综合型巨头包括，Precision Castparts Corp, Nippon Steel（日本制铁），Thyssenkrupp, KOBELCO（神户制钢），Bharat Forge Limited。第二梯队（专业汽车/航空锻件厂商）有 Hirschvogel Automotive Group（德西福格）、Aisin Seiki（爱信精机）、Howmet Aerospace 等企业则在乘用车冷锻件领域占据重要地位。

此外，冷锻设备制造端的全球主要企业包括 National Machinery、HATEBUR、Sacma、Komatsu（小松）、Nedschroef（内德史罗夫）、Sakamura 等，其中国际设备龙头仍以欧美日企业为主。

国内竞争格局多环节布局，龙头初显。冷锻工艺供应链包含三大环节——加工、设备、模具。国内企业在这三个环节均有布局，竞争格局各有特点。

加工端：本土企业竞争密集

冷锻成形技术在国内应用较早，已批量用于螺纹、齿轮、花键、螺杆等轴类零件的生产。然而，目前国内在成形设备认知、成形精度控制及成形机理理解方面仍存在不足，导致实际生产的零件质量有待进一步提升。总体来看，国内已掌握冷锻技术的主体包括新坐标、青岛生建、北京齿轮、南京工艺、新剑传动、太原科技大学、重庆大学等。

图表 12：冷锻技术布局者进展

分类	名称	进展
上市公司	新坐标	拥有应用于驻车制动系统的滚珠丝杠传动结构相关专利，国内精密冷锻件龙头。
非上市公司	青岛生建	产品涵盖两轴滚丝机、数控立式滚丝机、三轴滚丝机，可解决不便卧式装夹的扁平、短小端部异形等等零件的滚丝加工。
	北京齿轮	国内轻型变速箱，分动箱和驱动桥的专业化生产厂家，公司产品涵盖圆柱齿轮、螺旋锥齿轮等一系列高精度传动齿轮。
	南京工艺	公司建成了高精度滚珠丝杠副、大型滚珠丝杠副、滚动导轨副生产线。滚珠丝杠产品已量产，在国内滚动功能部件行业处于龙头地位。
	新剑传动	反向式行星滚珠丝杠成功应用于仿生机器人。
科研院校	太原科技大学	在锻压、轧制等塑性成形领域有深厚的教学与科研积累，其学生作品曾聚焦“冷精锻成形工艺与模具设计”。
	重庆大学	在冷锻领域有深入研究，其材料科学与工程学院曾协办“中国冷温热精锻会议”，并设有专门的锻造技术及模具研究方向。

来源：各公司官网，国家知识产权局，览富财经网，制造业专业服务知识，盖世汽车，南京江宁区人民政府，太原科技大学官网，河南科技大学报，中国锻压协会，重庆大学模具技术研究中心，国金证券研究所

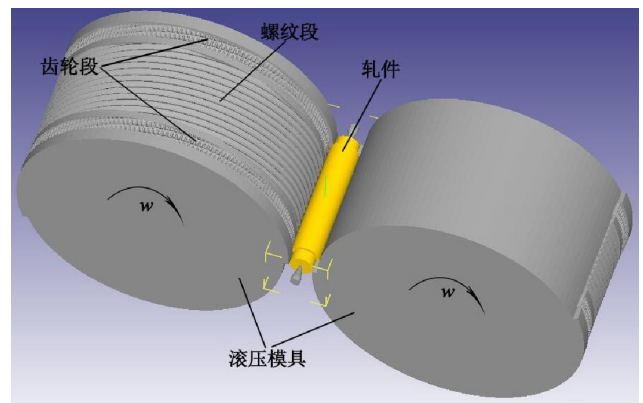
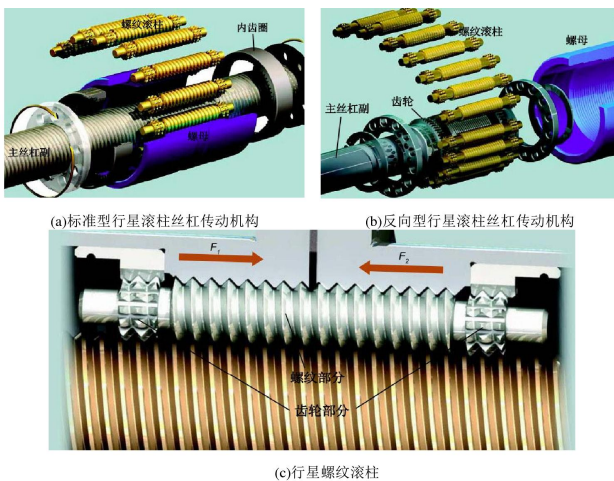
模具端：冷锻工艺最核心技术环节，同时制造螺纹和齿轮可大幅提升效率

外螺纹与齿轮可通过优化模具设计实现一次成型。模具的设计与制造是冷锻工艺中最核心的技术，改进模具能显著提升生产效率。据《螺纹滚柱轧制工艺研究》

所述，其原理是将表面分别加工有螺纹牙形和齿轮齿形的两个轧辊，安装于同一水平面内两根互相平行的传动主轴上，两轧辊上的螺纹在主轴方向相差半个螺距，且中心距保持不变。工作时，两轧辊随主轴同步同向（顺时针或逆时针）旋转，带动轧件反向旋转，从而在轧件的不同部位同时轧制成形螺纹和齿轮。轧辊旋转一周后，即可获得符合要求的螺纹滚柱。

图表 13: 行星滚柱丝杠传动机构主要结构

图表 14: 螺纹滚柱轧制成型



来源：段体清《螺纹滚柱轧制工艺研究》，国金证券研究所

来源：段体清《螺纹滚柱轧制工艺研究》，国金证券研究所

这种轧制成型工艺不仅效率高、节约能耗与资源，所生产的螺纹滚柱丝杠还具备优异的稳定性，能够充分满足行星滚柱丝杠传动结构对螺纹滚柱在高刚度、高承载、高精度、耐冲击及长寿命等方面的严苛要求。

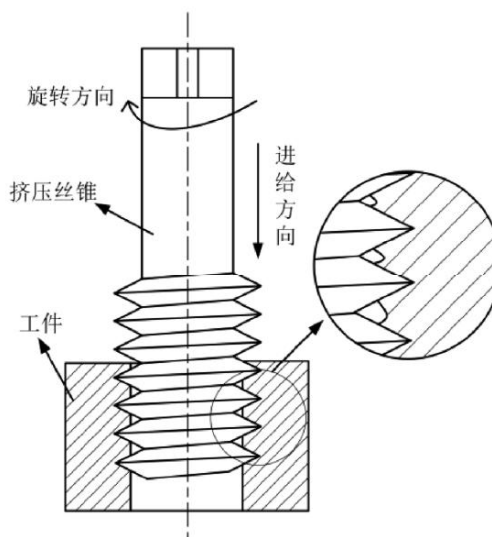
图表 15: 同一个轴上成形螺纹和齿轮的加工工艺的比较

	成形方法	设备数量	设备复杂程度	成形过程	成形时间
现有成形方法	减材/切削加工	≥2	普通设备	按先后顺序切削成形螺纹和齿轮	比较长
	等材/轧制成形	≥2	普通设备	按先后顺序轧制成形螺纹和齿轮	长
	等材/轧制成形	1	设备比较复杂	按先后顺序轧制成形螺纹和齿轮	短
本文方法	等材/轧制成形	1	基于普通设备	同时轧制形螺纹和齿轮	最短

来源: 段体清《螺纹滚柱轧制工艺研究》, 国金证券研究所

旋锻芯棒助力内螺纹锻造。内螺纹冷挤压加工利用挤压丝锥（即旋锻芯棒）对预制孔孔壁进行挤压，丝锥齿尖使孔壁材料发生塑性流动，金属组织受力后向不同方向移动，并不断在丝锥的V形槽内堆积，从而初步形成螺纹牙形。

图表 16: 内螺纹冷挤压原理



来源: 陈鑫《内螺纹冷挤压工艺的研究现状与发展趋势》, 国金证券研究所

图表 17: 使用旋锻芯棒工件



来源: 恒锋工具官方公众号, 国金证券研究所

冷挤压内螺纹相比切削加工具有高强度、高精度、高光洁度、低耗材等优势。据《内螺纹冷挤压的研究现状与发展趋势》(陈鑫)所述, 其优势具体包括:

①高强度: 挤压成形时金属晶粒发生滑移与扭曲, 形成连续的金属纤维流线, 组

织致密，使螺纹抗拉强度提升 20%以上，抗剪强度提升 5%~10%，硬度提升 40%以上；②高精度：冷挤压加工的螺纹孔扩张量极小，形位误差小，成形精度高且质量稳定；③高光洁度：挤压棱齿对螺纹表面产生挤光作用，表面粗糙度可达 Ra0.4~0.8，光洁度极好；④低耗材：无切屑产生，大幅提高材料利用率；⑤适合深孔与盲孔加工：无需排屑，避免了因切屑拥塞导致的丝锥崩刃或折断。

图表 18：冷挤压内螺纹相比切削具备较多优势

考核指标	冷挤压相比切削内螺纹优势
强度	提升。抗拉强度提高 20%以上，抗剪强度提高 5%~10%，内螺纹表面的冷作硬化层厚度约为 0.15 mm，硬度提高 40%以上
内螺纹精度	提升。螺纹孔扩张量极小，内螺纹行位误差小，成形精度高，质量稳定
表面质量	提升。挤压丝锥的挤压棱齿表面对内螺纹表面产生挤光作用，成形后的内螺纹表面光洁度极好，表面粗糙度可以达 Ra0.4~0.8
耗材	更省。加工过程中没有切屑产生，大幅提升材料的利用率
深孔和盲孔加工	更适合。由于挤压过程中不需要清除切屑，从而避免了因排屑困难或切屑拥塞而导致的丝锥崩刃、折断

来源：陈鑫《内螺纹冷挤压工艺的研究现状与发展趋势》，国金证券研究所

设备端：滚压机是最核心设备，进口替代进行时

滚压机可用于制造丝杠，而机器人常用的丝杠类型包括梯形丝杠、滚珠丝杠和行星滚柱丝杠。以特斯拉人形机器人为例，其采用约 14 根行星滚柱丝杠（用于大臂、小臂、大腿和小腿）和约 44 根滚珠丝杠（用于灵巧手）。其中，行星滚柱丝杠和滚珠丝杠需要使用滚压机加工和生产。精度方面，一般以 C3-C5 级别为主，未来随着机器人行业发展，精度要求有望持续提升。

图表 19：特斯拉人形机器人丝杠方案

环节	特斯拉人形机器人丝杠方案	
技术路线	行星滚柱丝杠 x14 个	滚珠丝杠 x44 个
使用部位	大臂 x2 个、小臂 x4 个、大腿 x4 个和小腿 x4 个	灵巧手
技术壁垒/瓶颈	原材料、高精度磨床	国产替代已实现
新技术方向	1) 设备：以车/铣代磨（精度要求不高）；（2）多线共磨；（3）冷锻	

来源：乐晴智库，AGI 具身智能，国金证券研究所

主流梯形丝杠主要采用滚丝机进行生产，该设备已基本实现国产替代。由于梯形丝杠对功能直径的误差要求较低，适合通过冷成形加工实现低成本、大批量生产。据《螺纹冷滚压理论与工艺参数研究》（齐会萍）所述，我国普通滚丝机的技术水平已接近海外同类产品，滚压螺纹精度可达 4 级。

相比之下，滚珠丝杠与行星滚柱丝杠需采用冷成型滚压机以达到较高精度，目前我国主要依赖进口。其中，行星滚柱丝杠对精度要求更高，能够满足 C5 级及以上精度的滚压机企业包括德国宝飞螺、美国肯尼福、瑞士伊瓦格等，此外法国领英公司、日本 NACHI 公司、意大利 ORT 公司、德国 ROLLWALZTECHNIK 等也均有良好布局。

图表 20：滚压机公司布局

公司	布局
德国宝飞螺	精度达 C5 级；在过去的 60 年中，共有 5 代的螺纹及成形滚轧机被制造并交付用户使用。从 1974 年至今共有 227 台 UPAW 8 型的全自动行星式螺纹及滚轧机用于螺纹的大批量生产。
美国肯尼福	拥有美国众多专利与领先技术的肯尼福花键齿轮冷成型及冷挤压机，专门适用于冷挤压成型各种内外齿花键、齿轮，加工精度可达 ISO5~6 级。
瑞士伊瓦格	联合磨削集团 (UNITED GRINDINGGROUP) 旗下两大工具磨床品牌——瓦尔特 (WALTER) 与伊瓦格 (EWAG) 凭借在工具磨削行业优质产品、技术积淀、创新精神与完善服务，成为工具磨削领域的佼佼者。
日本 NACHI 公司	精密机械和刀具领域巨头，布局相关滚压设备（搓齿机）。
意大利 ORT 公司	滚丝机是其传统优势产品，是高精度滚压领域的重要参与者。
德国 ROLLWALZTECHNIK	RWT 专注于冷成型技术，产品线包括高精度螺纹滚轧机、花键/齿轮滚轧机、滚花机和型材滚轧机。

来源：OK 智能制造，宝飞螺科技嘉善有限公司，佳工网，金属加工网，NACHI 官网，ORT 官网，RWT 官网，国金证券研究所

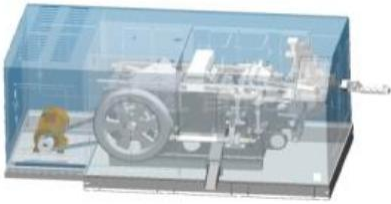


三、国内主要企业冷锻工艺布局

在冷锻成型装备领域，思进智能是 A 股首家冷成形装备制造行业上市公司。思进智能为国内机械基础件行业提供了多种型号的多工位中、高端冷成形装备，部分

产品已实现进口替代。公司产品技术性能处于国内同类产品领先水平，部分指标达到或接近国际先进水平，其多工位冷成形装备的产销量在国内位居行业前列。

图表 21：思进智能冷锻机列表

主要产品	公司产品图示	特点及用途	用途实例
SJBF 系列 多工位自 动冷成形 装备		该系列机型结构紧凑、性能稳定，配备了夹钳系统自动开启与闭合装置，主要用于制造各类外六角螺栓、内六角螺钉等杆类零件产品。	
SJBP 系列 零件多工 位自动冷 成形装备		该系列机型与螺栓多工位自动冷锻成形机相比，增加了夹钳系统翻转装置，主要用于制造各类异形件，目前被广泛应用于汽车、船舶、航空航天、建筑、五金等行业。	
			
SJNF 系列 多工位自 动冷成形 装备		该系列机型结构紧凑、整机传动平稳、噪音低并配备精密的轴承定位装置，主要用于制造各类螺母、套筒等筒类零件产品。	
SJBP (H) 系列重型 零件冷锻 成形机		该系列机型不仅具有 SJBP 系列机型所有特点，还具有满足多元化冷锻工艺的结构设计，更加适用于制造复杂、难成形的异形件，广泛应用于汽车、船舶、航空航天、建筑、五金等行业。	

<p>SJBSF 系列 精密丝杆 柔性冷成 形机</p>		<p>此系列机型设计结构带有锻、挤一体化功能,主要针对有色金属(铜、铝等)、中、低碳钢的成形、拉孔、束齿。</p>	
<p>SJPF 系列 特殊零件 多工位自 动冷锻复 合成形装 备</p>		<p>该系列机型采用伺服送料机构,操作便捷,有效结合了SJBP系列和SJNF系列的功能装置,主要用于制造各类紧固件以及异形件,应用范围较广。</p>	

来源: 思进智能年报, 国金证券研究所

新坐标作为国内冷加工领域的龙头企业, 具备覆盖材料、模具、设备、产品的全产业链技术研发能力。

(1) 材料: 新坐标在材料选择与线材自制方面拥有专业判断能力, 能够筛选出适合制造高质量产品的材料及供应商。同时, 公司掌握了材料锻造前处理及润滑技术, 从源头上保障了产品质量的稳定性。

(2) 模具: 借助国际先进的冷锻模拟软件, 新坐标自主开展模具设计与开发。凭借在模具材料与加工工艺方面积累的多年经验, 公司自主研发并生产出寿命长、性能稳定的模具。

(3) 设备: 新坐标引进了国际先进的多工位冷锻机、压力机等高自动化程度的关键生产设备。检测方面, 配备了粗糙度轮廓仪、全谱直读光谱仪、图像分析正立显微镜等多种设备, 确保检测结果的精确、权威与可靠。此外, 公司具备专用及非标设备的设计开发能力, 可自主对关键设备进行改造。目前已自主设计制造了无酸洗环保磷化生产线、异形线材加工设备、高效剖分面磨削设备、内圆磨床

以及装配线等。

(4) 产品：新坐标已具备多类产品的稳定生产能力。在气门精密零部件领域，公司可生产超过 100 种气门锁夹及 300 种气门弹簧盘，其中气门锁夹从单槽型拓展至精度要求更高的多槽型，产品设计持续向轻量化方向发展。在气门传动组精密零部件方面，公司针对液压挺柱的每个零件进行了制造工艺优化，其柱塞、壳体等关键零件拥有多项专利。同时，新坐标已量产多种形态的滚轮摇臂，并拥有专利保护，适用于不同型号的发动机配气机构。

图表 22：新坐标覆盖材料、模具、设备、产品的全产业链技术研发



来源：新坐标年报，国金证券研究所

新坐标已布局丝杠工艺。根据国家知识产权局披露的信息，2023 年 5 月，新坐标申请了“一种应用于驻车制动系统的滚珠丝杠传动结构”专利。该结构通过过盈连接实现部件结合，改变了传统滚珠丝杠传动结构的制造工艺路径，从而实现了整体工艺的优化。

图表 23: 新坐标已布局丝杠技术

(19) 国家知识产权局



(12) 实用新型专利



(10) 授权公告号 CN 219866118 U
(45) 授权公告日 2023.10.20

权利要求书1页 说明书4页 附图17页

(21) 申请号 202321066240.2

(22) 申请日 2023.05.06

(73) 专利权人 杭州新坐标科技股份有限公司
地址 311100 浙江省杭州市余杭区仓前街
道龙潭路18号1-5幢

(72) 发明人 徐纳 俞晓东

(74) 专利代理机构 杭州宇信联合知识产权代理
有限公司 33401
专利代理师 乔占雄

(51) Int. Cl.

F16H 25/22 (2006.01)

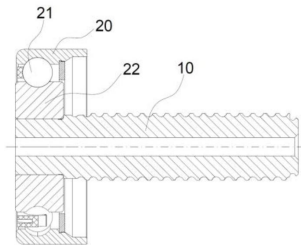
F16H 25/24 (2006.01)

(54) 实用新型名称

一种应用于驻车制动系统的滚珠丝杠传动结构

(57) 摘要

本实用新型公开了一种应用于驻车制动系统的滚珠丝杠传动结构,包括丝杠轴、轴承外圈、轴承内圈以及轴承钢球,所述丝杠轴包括滚珠丝杠段和轴承连接段,所述轴承内圈设置有与所述轴承连接段适配连接的轴承连接孔,所述轴承连接段与轴承连接孔之间设置有过盈连接结构。上述结构的滚珠丝杠传动结构,轴承内圈与丝杠轴分体式设计,通过过盈连接结构连接在一起,改变了现有滚珠丝杠传动结构的制造工艺路径,使得滚珠丝杠传动结构的整体制造工艺得到了极大地优化,产品成本大幅降低。



来源: 国家知识产权局, 国金证券研究所

浙江黎明最核心的工艺能力是精密冷锻,其主营产品按工艺分为精锻件、装配件、冲压件及其他件四大类,其中冷锻(冷锻)是主要工艺,特别适合制造精密、形状复杂且可承受高负载的高强度零件。公司自主研发了冷精锻与精密冲压相结合的制造工艺,能够实现多种产品的一次成形加工,获得合理的金属流线分布和更优的材料组织结构,相比传统毛坯成形后再机加工的工艺,可大幅提高零件承载能力,在保证制件轻量化的同时提升安全性、可靠性与使用寿命。在工艺成熟度方面,公司主要采用国外进口设备,在工艺设计、模具设计、工艺流程和过程把控上拥有长期积累的优势,能够高效利用原材料、节约能源、减轻污染,大幅缩短制造周期并降低生产成本;冷精锻本身具备加工精度高、生产效率高、材料利用率高、锻件力学性能好等突出优点,符合绿色生产理念。

精锻科技是国内乘用车精锻齿轮细分行业的龙头企业。公司主要从事汽车精锻齿轮及其他精密锻件的研发、生产与销售,主要产品包括汽车差速器锥齿轮、变速器结合齿齿轮、EDL(电子差速锁齿轮)、同步器齿圈,以及新能源汽车用电机轴、差速器总成、铝合金轻量化零部件等。同时,公司积极切入人形机器人核心

零部件领域。2025年3月，精锻科技与天津爱码信合资设立江苏太平洋智能关节有限公司，精锻科技持股90%。合作方天津爱码信专业从事工业机器人集成与数字化智能工厂设计，系发那科与电装的战略合作伙伴。截至目前，公司已先后完成摆线针轮减速器、行星减速器和行星滚柱丝杠三类零部件的样品开发与交付，样品正处于试验验证阶段，核心设备将于2026年陆续到货并安装调试。此外，公司还参与了武汉格蓝若智能机器人的A轮融资，取得其10%股权。

三维大通是国内冷挤压行业规模、技术领先的企业。公司作为国内冷挤压行业的国家高新技术企业，其核心竞争力——冷锻技术，在室温下完成金属塑性成型，相比传统热锻显著提升了材料性能与利用率：锻后金属组织致密、流线完整，产品强度、硬度及耐磨性远超传统切削件；尺寸精度可达微米级，表面粗糙度Ra0.4以下；同时几乎无切削废料，绿色高效，通过高效回收使材料循环利用率稳定在90%以上，充分彰显了其行业引领者的绿色制造实力。

模具环节代表企业是恒锋工具。公司专注精密刀具主业30余年，始终坚持“做专、做精、做强、做大”的发展思路，聚焦精密复杂刃量具与精密高效刀具两大核心产品线。公司以自主研发为核心路径，致力于打破进口刀具主导格局，解决“卡脖子”问题，在高端零部件、航空发动机、能源装备等关键领域积累了较强的技术储备与产品适配能力，形成“产品+服务+智能制造”的新型业务模式，持续巩固高端制造市场地位。公司“年产150万件精密刃量具高端化、智能化、绿色化先进制造项目”持续投入，设备逐步到位、产能有序释放；该项目重点针对人形机器人、精密传动、高端数控装备等领域对高精度特小模数齿轮刀具的需求，引进先进设备，扩充高精度滚刀、插齿刀、粗精一体式精密拉刀等产品。通过智能制造技术应用，公司进一步提升了生产效率与产品质量，增强了对高端市场的

快速响应能力。

图表 24：恒锋工具布局多种冷挤压成型刀具

产品分类		产品图示	产品介绍
花键搓齿刀	端面球头型花键搓齿刀		公司设计生产的端面球头型花键搓齿刀为国内行业首创，目前已达到国际一流水平，深受广大用户好评。球头型刀具区别于常规刀具，其要求在齿侧面有一特殊的R角，使加工出来的工件收尾部分圆滑，增加抗扭能力，提升产品使用寿命。
	凸轮轴花键搓齿刀		凸轮轴花键搓齿刀，对凸轮轴工件采用一次装夹，同时加工所有花键，一次成型，保证了花键尺寸的一致性，深受各大主机厂的青睐，国产替代进口，为客户降本增效，也为中国制造添砖加瓦。
花键滚轧刀			花键滚轧刀可加工模数 m0.19~m2.0，压力角范围 20°、30°、37.5°、45°；最高加工精度可达国标 5 级，磨具表面光洁度控制 Ra0.4 左右。完美替代进口，多把刀具一次装夹，通过工件窜位，完成多处花键的加工。
花键挤压模			花键轴是常见的传动部件，其齿形精度和强度是决定传动是否可靠平稳的重要参数。现有技术多采用搓齿、铣削的方法加工花键轴，而花键挤压模是一种采用冷挤压方式加工花键轴的模具，相较于搓齿、铣削的方法具有高精、高效、优质低耗的特点。
旋锻芯棒			花键轴是常见的传动部件，其齿形精度和强度是决定传动是否可靠平稳的重要参数。现有技术多采用搓齿、铣削的方法加工花键轴，而

		花键挤压模是一种采用冷挤压方式加工花键轴的模具，相较于搓齿、铣削的方法具有高精、高效、优质低耗的特点。
--	--	---

来源：恒锋工具股份有限公司公众号，国金证券研究所

风险提示

技术路线不确定风险。丝杠螺纹加工存在多种技术路线，除冷锻外还包括车铣磨等切削工艺。若相关企业根据自身实际情况选择非冷锻路线，可能导致其经营业绩增长不及预期。

人形机器人放量不及预期风险。若人形机器人因性能不足或供需失衡等因素导致量产进度不及预期，则相关设备及零部件制造企业的经营业绩增长也可能受到影响。

特别声明：

国金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。

本报告版权归“国金证券股份有限公司”（以下简称“国金证券”）所有，未经事先书面授权，任何机构和个人均不得以任何方式对本报告的任何部分制作任何形式的复制、转发、转载、引用、修改、仿制、刊发，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发，需注明出处为“国金证券股份有限公司”，且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，但国金证券及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。本报告反映撰写研究人员的不同设想、见解及分析方法，故本报告所载观点可能与其他类似研究报告的观点及市场实际情况不一致，国金证券不对使用本报告所包含的材料产生的任何直接或间接损失或与此有关的其他任何损失承担任何责任。且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，在不作事先通知的情况下，可能会随时调整，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与国金证券其它业务部门、单位或附属机构在制作类似的其他材料时所给出的意见不同或者相反。

本报告仅为参考之用，在任何地区均不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告提及的任何证券或金融工具均可能含有重大的风险，可能不易变卖以及不适合所有投资者。本报告所提及的证券或金融工具的价格、价值及收益可能会受汇率影响而波动。过往的业绩并不能代表未来的表现。

客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突，而不视本报告为作出投资决策的唯一因素。证券研究报告是用于服务具备专业知识的投资者和投资顾问的专业产品，使用时必须经专业人士进行解读。国金证券建议获取报告人员应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。

在法律允许的情况下，国金证券的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告并非意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许向其发送、发布该研究报告的人员。国金证券并不因收件人收到本报告而视其为国金证券的客户。本报告对于收件人而言属高度机密，只有符合条件的收件人才能使用。根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告仅供国金证券股份有限公司客户中风险评级高于 C3 级（含 C3 级）的投资者使用；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，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的建议或策略。对于本报告中提及的任何证券或金融工具，本报告的收件人须保持自身的独立判断。使用国金证券研究报告进行投资，遭受任何损失，国金证券不承担相关法律责任。

若国金证券以外的任何机构或个人发送本报告，则由该机构或个人为此发送行为承担全部责任。本报告不构成国金证券向发送本报告机构或个人的收件人提供投资建议，国金证券不为此承担任何责任。此报告仅限于中国境内使用。国金证券版权所有，保留一切权利。