

行业投资评级

强于大市 | 维持

行业基本情况

收盘点位	1404.98
52周最高	1606.0
52周最低	1343.43

行业相对指数表现（相对值）



资料来源：聚源，中邮证券研究所

研究所

分析师：刘卓  
SAC 登记编号：S1340522110001  
Email: liuzhuo@cnpsec.com  
研究助理：傅昌鑫  
SAC 登记编号：S1340123050006  
Email: fuchangxin@cnpsec.com

近期研究报告

《数码印花设备专题：景气复苏的顺周期弹性品种》 - 2023.10.22

## 机床行业系列专题（五）：刀具——超硬刀具行业浅析

### ● 投资要点

刀具材料不同会较大程度地影响加工精度、表面加工质量、刀具寿命、切削加工效率和生产成本等诸多方面，因此刀具材料应具备高硬度、高强度及韧性、耐磨耐热性好、加工性能优良、性价比高等特点。超硬刀具即是在现代工程材料加工对于生产效率及加工质量的更高要求下应运而生的。超硬刀具主要为金刚石与立方氮化硼两类五小类，其中以人造金刚石复合片（PCD）刀具及立方氮化硼复合片（PCBN）刀具占主导地位。

**依托超硬材料特性在精加工环节占据优势，行业规模不断增大。**金刚石刀具多用于高速状态下加工有色金属和非金属材料，如各种耐磨有色金属及非金属。立方氮化硼刀具由于其对铁族金属的化学惰性，可广泛应用于黑色金属等难切削加工材料的高速切削加工。超硬刀具凭借材料特性优势，带动如硬切削技术在汽车工业、模具、机床等应用领域得到了极佳的效果，既缩短了工艺路线，又提高了加工效率。我国在超硬材料方面具有明显的资源优势，行业上游原材料市场竞争充分，供应充足。2021年我国超硬刀具行业市场规模已增长至57.80亿元，预计2023年市场规模有望达到73.12亿元。国外品牌占据行业竞争优势地位，国内企业起步较晚不断追赶。

**下游新应用场景不断涌现，有望成为部分场景下的优选。**新材料不断迭代，最终形成行业内多种材料刀具共存态势。刀具下游应用领域广泛、产品需求差异大，难以出现绝对主流，性价比是影响市占率的关键。一方面，超硬材料刀具整体上技术含量更高，生产工艺更为复杂，工业生产制造过程中部分工件的加工已无法继续使用传统硬质合金刀具。另一方面，现阶段超硬刀具的价格水平是硬质合金刀具产品的十数倍乃至几十倍，价格水平的鸿沟使得本来超硬刀具拥有的低损耗、耐用性、高精度等优势区间，在规模化生产中无法体现出优势。未来生产成本若能逐步降低，有望成为部分应用场景下的更优选择。一）汽车。超硬刀具已大量应用在汽车行业的精密加工中，加工技术成熟；二）航空航天。超硬刀具凭借刀具寿命、加工精度及稳定性优势打开航空航天领域市场；三）消费电子。3C行业精密结构件开始引入钛合金等高端材料，使用超硬刀具加工性价比优势显现；四）人形机器人。超硬刀具能够满足硬铣工艺要求，提升滚珠丝杠性能及产能，人形机器人打开滚柱丝杠想象空间。

### ● 风险提示：

超硬刀具市场竞争加剧风险；下游新应用场景起量不达预期风险；国内制造业复苏不及预期风险。

## 目录

1 超硬刀具行业：行业规模及应用领域不断拓宽，规模效应有望促进成本下降 .....	4
1.1 依托超硬材料特性在精加工环节占据优势，行业规模不断增大 .....	4
1.2 下游新应用场景不断涌现，有望成为部分场景下的优选 .....	9
2 风险提示 .....	12

## 图表目录

图表 1: 不同刀具材料性能参数对比 .....	4
图表 2: 超硬刀具材料主要分类 .....	5
图表 3: 金刚石刀具实物图 .....	6
图表 4: 立方氮化硼刀具实物图 .....	6
图表 5: 超硬刀具产业链上下游 .....	7
图表 6: 2013-2023E 我国超硬刀具行业市场规模、结构及同比增速 .....	7
图表 7: 超硬刀具行业企业竞争格局 .....	8
图表 8: 超硬刀具与硬质合金刀具价格水平 .....	10
图表 9: 超硬刀具与硬质合金刀具价格对比 .....	10
图表 10: Tesla Optimus 各伺服关节分布 .....	12

# 1 超硬刀具行业：行业规模及应用领域不断拓宽，规模效应有望促进成本下降

## 1.1 依托超硬材料特性在精加工环节占据优势，行业规模不断增大

刀具材料不同会较大程度地影响加工精度、表面加工质量、刀具寿命、切削加工效率和生产成本等诸多方面。刀具切削时要承受高压、高温、摩擦、冲击和振动等作用。因此，刀具材料应具备如下一些基本性能：

- (1) 硬度和耐磨性：刀具材料的硬度必须高于工件材料的硬度，刀具材料的硬度越高，耐磨性就越好。
- (2) 强度和韧性：刀具材料应具备较高的强度和韧性，以便承受切削力、冲击和振动，防止刀具脆性断裂和崩刃。
- (3) 耐热性：刀具材料的耐热性要好，能承受高的切削温度，具备良好的抗氧化能力。
- (4) 工艺性能和经济性：刀具材料应具备好的锻造、热处理、焊接、磨削加工性能等，而且要追求高的性价比。

图表1：不同刀具材料性能参数对比

材料种类 性能	高速钢	硬质合金		TiC(N) 基硬质合金	陶瓷			聚晶立方 氮化硼	聚晶 金刚石
		K系 (WC-Co)	P系 (WC-TiC-TaC-Co)		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - TiC	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>		
密度/(g/cm <sup>3</sup> )	8.7~8.8	14~15	10~13	5.4~7	3.90~ 3.98	4.2~4.3	3.2~3.6	3.48	3.52
硬度(HRA)	84~85	91~93	90~92	91~93	92.5~ 93.5	93.5~ 94.5	1350~ 1600HV	4500HV	>9000HV
抗弯强度 /MPa	2 000~ 4 000	1 500~ 2 000	1 300~ 1 800	1 400~ 1 800	400~750	700~900	600~900	500~800	600~1 100
抗压强度 /MPa	2 800~ 3 800	3 500~6 000		3 000~ 4 000	3 500~ 5 500		3 000~ 4 000	2 500~ 5 000	7 000~ 8 000
断裂韧性 K <sub>IC</sub> /(MPa·m <sup>1/2</sup> )	18~30	10~15	9~14	7.4~7.7	3.0~3.5	3.5~4.0	5~7	6.5~8.5	6.89
弹性模量 /MPa	210	610~640	480~560	390~440	400~420	360~390	280~320	710	1020
导热系数 /(W/(m·K))	20~30	80~110	25~42	21~71	29	17	20~35	130	210
热膨胀系数 /(×10 <sup>-6</sup> /K)	5~10	4.5~5.5	5.5~6.5	7.5~8.5	7	8	3.0~3.3	4.7	3.1
耐热性/℃	600~700	800~900	900~1000	1000~1100	1200	1200	1300	1000~1300	700~800

资料来源：国际金属加工网，中邮证券研究所

超硬刀具即是在现代工程材料加工对于生产效率及加工质量的更高要求下应运而生的。超硬刀具材料，主要为金刚石与立方氮化硼两类，其化学成分及其形成硬度的规律与其他刀具材料（硬质合金、高速钢等）不同，立方氮化硼（CBN）晶体结构为面心立方体，金刚石由碳元素转化而成，其晶体结构与立方氮化硼相似。它们的硬度大大高于其他物质，同时具备高耐磨耐热性、良好的导热性、工艺性以及较低的摩擦系数等特点。实际使用中，尤以人造金刚石复合片（PCD）刀具及立方氮化硼复合片（PCBN）刀具占主导地位。

图表2：超硬刀具材料主要分类

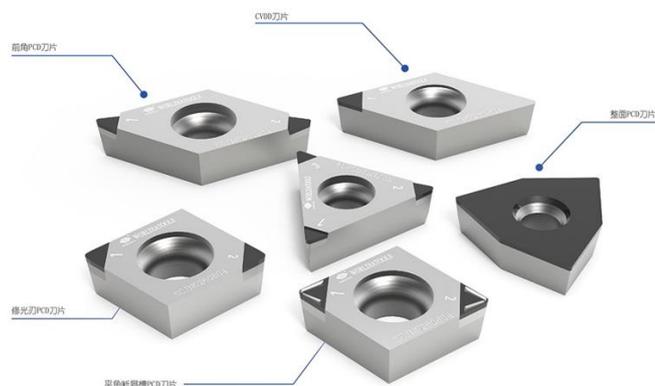
超硬刀具材料分类	金刚石类	天然&人工合成单晶金刚石
		聚晶金刚石（PCD）及其复合片（PDC）
		CVD 金刚石
	立方氮化硼类	聚晶立方氮化硼（PCBN）
		CVD 立方氮化硼涂层

资料来源：华菱超硬，中邮证券研究所

金刚石刀具主要分为①单晶金刚石刀具；②聚晶金刚石刀具：20世纪60年代发展起来，以石墨为原料加入催化剂经高温高压烧结而成，成本远低于天然金刚石；③CVD金刚石刀具：采用化学气相沉积的方法，在异质基体（如硬质合金、陶瓷等）上合成金刚石膜，拥有与金刚石相似的结构和特性，在木材加工和修整刀具上有一定的应用。

**特性方面**，首先，金刚石是目前已经发现的自然界中最硬的材料，显微硬度达10000HV，耐磨性是硬质合金的60-120倍，在加工高硬度材料时，寿命是硬质合金刀具的十到一百甚至数百倍。其次，单晶金刚石的刀刃钝圆一般达0.1-0.5 $\mu$ m，天然金刚石刀具可高达0.005-0.008 $\mu$ m，能够进行超薄切削和超精密加工。同时，其与有色金属之间的摩擦系数通常在0.1-0.3之间，约为硬质合金刀具的一半，加工时切削力小。另外，金刚石的热导率为硬质合金的1.5-9倍，热膨胀系数为硬质合金的几分之一，约为高速钢的1/10。切削热容易散出，因切削热变形情况也很小，非常适合精密加工。

**应用方面**，金刚石刀具多用于高速状态下加工有色金属和非金属材料，如各种耐磨有色金属（硅铝合金、铜和铜合金、硬质合金等）、耐磨非金属（陶瓷材料、石墨材料、塑料橡胶、玻璃钢等）。不足之处一是热稳定性相对较差，在切削温度超过700 $^{\circ}$ C时，硬度就会变低，二是不适合切削黑色金属，因为金刚石中的碳原子在高温下容易与铁原子作用，造成刀具损坏。

**图表3：金刚石刀具实物图**


资料来源：沃尔德官网，中邮证券研究所

**图表4：立方氮化硼刀具实物图**


资料来源：沃尔德官网，中邮证券研究所

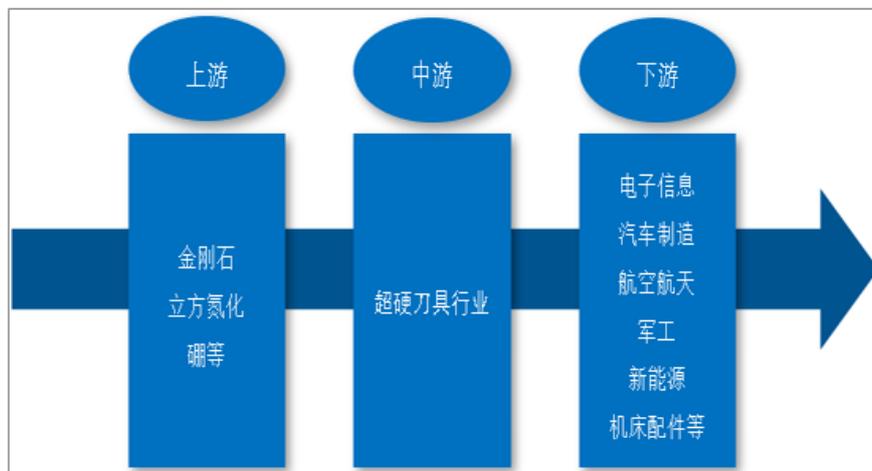
立方氮化硼（CBN）是利用高温高压技术人工合成的又一超硬刀具材料，由于单晶 CBN 的粒径小，且存在易劈裂的“解理面”，无法直接用于制造刀具，所以用于切削刀具的大多数是聚晶立方氮化硼（PCBN）。PCBN 是在高温高压下将细微的 CBN 材料通过结合相（TiC、TiN、Al、Ti 等）烧结在一起的多晶材料，PCBN 刀具可分为①整体 PCBN 刀片：通体由 PCBN 烧结而成，切削刃多，适合大切削、高速切削；②PCBN 复合刀片：是在强度和韧性较好的硬质合金基体上焊接 PCBN，可以兼顾较好的韧性和较高的硬度及耐磨性，分为整体焊接、整体复合及复合焊接等。

**特性方面**，CBN 的显微硬度可达 8000-9000HV，热导率为 79.54W (m·K)，在硬度和热导率方面仅次于金刚石，且热稳定性（1300~1500℃）非常好，比金刚石高出近一倍，同时其对于黑色金属有极强的化学稳定性，与铁系材料在 1200-1300℃ 时也不起化学反应，并具有很高的抗氧化能力，目前广泛应用于铸铁和淬火硬钢制品的切削加工中。

**应用方面**，鉴于立方氮化硼刀具材料对于铁族金属的化学惰性，可广泛应用于黑色金属的高速切削加工，如淬火硬钢、高锰钢、灰铸铁、冷硬铸铁、合金铸铁等难切削加工材料。CBN 刀具的不足之处一是不宜用于低速、冲击载荷较大的粗加工，二是不适合切削塑性大、硬度低的材料，如软的铁系金属、铜合金、铝合金等，因为切削这些金属时会产生严重的积屑瘤，在精加工过程中使加工表面恶化，刀具耐用度降低。

许多加工新概念如绿色加工、以车代磨、以铣代磨、硬切削加工、高速切削、干式切削等都因超硬刀具的应用而起，例如超硬刀具带动的硬切削技术（对高硬度材料直接进行切削加工）在汽车工业、模具、机床等应用领域得到了极佳的效果，直接采用 CBN 刀具加工铸铁件和淬硬钢件，既缩短了工艺路线，又提高了加工效率，取得了较好的经济效果。

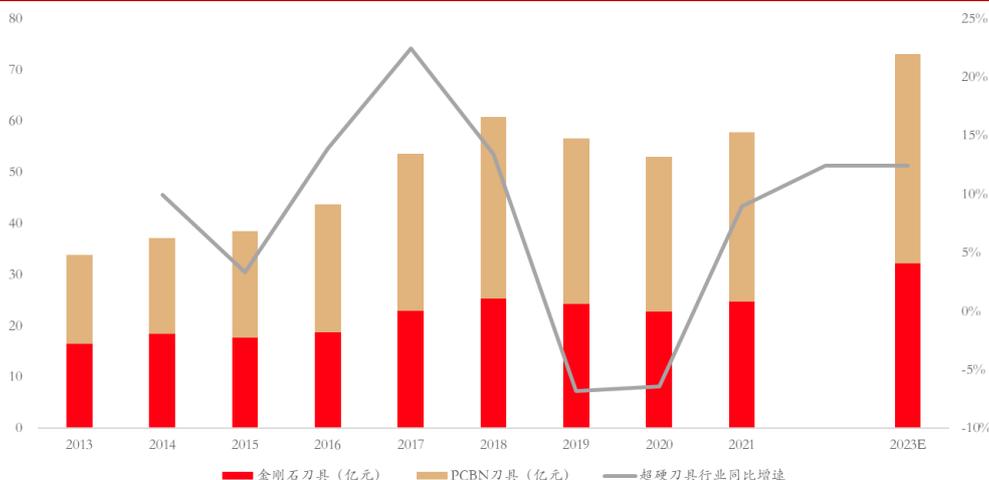
图表5：超硬刀具产业链上下游



资料来源：智研咨询，中邮证券研究所

行业上游原材料市场竞争充分，供应充足。超硬刀具行业上游主要为生产聚晶金刚石及复合片、聚晶立方氮化硼及复合片、大尺寸单晶金刚石的企业。国外厂商主要有英国元素六、韩国日进集团、美国 DI 公司等，国内厂商主要有中南钻石、黄河旋风、四方达等大量企业。我国在超硬材料方面具有明显的资源优势，目前我国金刚石产量占世界总产量的 80% 以上，立方氮化硼产量占世界总产量的 60% 以上，2020-2022 年我国人造金刚石产量分别为 148.74 亿克拉、162.35 亿克拉、162.95 亿克拉，中国已经是世界第一大超硬材料生产国。

图表6：2013-2023E 我国超硬刀具行业市场规模、结构及同比增速



备注：2021-2023E 期间同比增速取两年间 CAGR 值

资料来源：智研咨询，中商情报网，中邮证券研究所

**超硬刀具行业规模不断扩大，发展前景广阔。**根据智研咨询及中商情报网统计预测数据，2021年我国超硬刀具行业市场规模已经从2013年的33.83亿元增长到57.80亿元，期间除2019-2020年受中美贸易摩擦及疫情等因素影响，产业规模有所下滑以外，一直保持两位数的正增长，预计2023年我国超硬刀具行业市场规模有望达到73.12亿元，其中金刚石刀具市场占比43.97%，PCBN刀具市场占比56.03%。

**行业下游用途广泛，汽车工业发展为重要推动力。**超硬刀具用途十分广泛，下游市场包括各类型显示屏、触摸屏切割，电子产品的壳体加工，汽车关键零部件加工，航空航天、军工、新能源等行业关键设备及部件加工等领域。汽车工业是我国超硬刀具最大的下游应用领域，占比近70%。随着新能源汽车的快速发展和逐渐普及，车身轻量化需求带动铝合金等轻质材料在汽车工业中的运用比例迅速攀升，推动了超硬刀具行业快速发展。

**图表7：超硬刀具行业企业竞争格局**

分类	企业	概况
国外企业	瑞典山特维克	1862年成立，其旗下子公司生产的硬质合金、高速钢刀具及其他材料制品的市场占有率常年位居世界第一
	美国肯纳金属	1938年成立，全球第二大刀具供应商
	日本住友	1897年成立，世界上最著名的通信厂商和工业制造厂商之一
国内企业	北京沃尔德超硬工具有限公司	创立于2006年，是一家主要从事超硬刀具及超硬材料制品研发、生产和销售业务的高新技术企业。主营产品PCD/PCBN/CVDD切削刀具，整体硬质合金刀具，钻石砂轮及其配套产品。产品广泛应用于消费电子、汽车制造、工程机械、航空航天、能源设备等行业。
	郑州市钻石精密制造有限公司	1997年成立，产品涵盖各种标准、非标准PCD/PCBN刀具系列、珩磨头/珩磨杆工具系列、PCD/PCBN孔加工刀具系列、天然金刚石/人造单晶工具系列以及刀柄/刀杆/刀夹系列，广泛应用于汽车制造、精密电子、医疗器械等高端精密制造领域。
	威海威硬工具股份有限公司	2000年成立，新三板挂牌，代码430497，产品主要包括车镗刀、槽刀，加工淬硬钢刀具，角度成型刀，高速铣刀片、铣刀，可转位刀片/刀具，高精度复合旋转刀具，硬质合金专用刀具等几大系列。刀具质量与稳定性国内领先，替代进口，出口欧美。
	深圳市中天超硬工具股份有限公司	2010年成立，成立23年以来，在汽车发动机、变速箱等汽车零部件加工行业早早地确立了一线品牌的地位，长期与欧日等进口刀具品牌竞争；随着电子行业的发展，近5年来，中天公司在3C电子金属外壳加工行业也享有极高的声誉。

资料来源：各公司官网，中邮证券研究所整理

国外品牌占据行业竞争优势地位，国内企业起步较晚不断追赶。近年来，我国超硬刀具行业发展迅速，正逐步向中高端市场进军，但现阶段超硬刀具行业占据优势地位的仍然是欧美日等老牌刀具企业，代表企业有瑞典山特维克、美国肯纳金属、日本住友，国际龙头企业能够提供超硬刀具上下游全产业链服务，竞争实力较强。国内超硬刀具相关制造企业已超千家，主要分布于长江三角洲、珠江三角洲和环渤海等市场经济和民营经济较为发达的地区，代表企业主要有上市公司北京沃尔德超硬工具有限公司，非上市的郑州市钻石精密制造有限公司、威海威硬工具股份有限公司、深圳市中天超硬工具股份有限公司等，主要以性价比优势逐步开拓市场。

## 1.2 下游新应用场景不断涌现，有望成为部分场景下的优选

新材料不断迭代，最终形成行业内多种材料刀具共存态势。行业早期主要采用高速钢刀具，随后硬质合金和陶瓷刀具出现并逐步替代高速钢刀具，近年来超硬材料刀具发展迅速并在部分领域替代陶瓷和硬质合金刀具，目前看来并非性能参数更优的新材料会一家独大，而是呈现出多种材料刀具共存的情形。

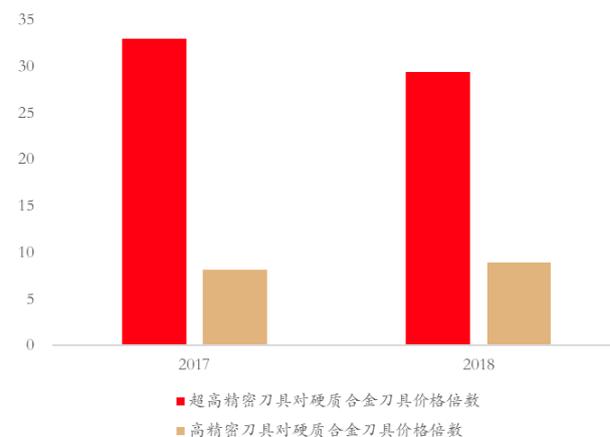
刀具下游应用领域广泛、产品需求差异大，难以出现绝对主流，性价比是影响市占率的关键。超硬刀具与硬质合金、陶瓷刀具在部分领域应用存在重合，刀具下游企业在选择不同材料刀具时会综合考虑加工效率、加工精度与刀具成本。在低硬度、易加工材料和加工精度相对较低的领域，硬质合金与陶瓷刀具较超硬材料刀具加工效率较低、寿命较短，但是产品单价更具优势，企业通常使用硬质合金与陶瓷刀具进行加工。在高硬度、难加工材料和加工精度要求高的领域，超硬刀具由于使用寿命长，加工效率高，加工精度高，逐渐替代传统硬质合金和陶瓷刀具，有望成为细分领域的市场主流。目前，硬质合金、陶瓷和超硬材料刀具均处于快速发展期间，且硬质合金刀具占据绝大部分市场份额，规模效应显著，超硬刀具只有在加工效率、使用寿命、加工精度和使用成本等多方面因素综合考量中更具综合优势，才能实现在重合应用领域市占率的替代。

超硬刀具有望成为部分应用场景下的更优选择。一方面，相较于硬质合金刀具、陶瓷刀具，超硬材料刀具整体上技术含量更高，生产工艺更为复杂。近年来，随着我国高端制造、精密制造和新材料行业持续稳步发展，工业生产制造过程中部分工件的加工已无法继续使用传统的硬质合金、陶瓷刀具，转而使用金刚石或立方氮化硼刀具。另一方面，现阶段超硬刀具的价格水平是硬质合金刀具产品的十数倍乃至几十倍，价格水平的鸿沟使得本来超硬刀具拥有的低损耗、耐用性、高精度等优势区间，在规模化生产中无法体现出优势。未来，随着超硬刀具生产、加工技术的进步，如果金刚石和立方氮化硼刀具的生产成本能够逐步降低，逐渐显现出相较传统刀具的经济优势，那么在部分有色金属、复合材料加工领域，硬质合金、陶瓷刀具将逐渐被替代，新型超硬刀具将成为性能更佳、效率更高、综合成本更低的选择。

**图表8：超硬刀具与硬质合金刀具价格水平**

	2016	2017	2018	2019	2020H1
车削刀片 (元/片)		6.46	6.82	6.74	6.51
铣削刀片 (元/片)		5.08	5.30	5.48	4.89
钻削刀片 (元/片)		7.80	7.34	7.20	6.01
超高精密刀具 (元/件)	169.84	191.21	179.18		
高精密刀具 (元/件)	40.92	47.49	54.57		

资料来源：华锐精密招股书，沃尔德招股书，中邮证券研究所

**图表9：超硬刀具与硬质合金刀具价格对比**


资料来源：华锐精密招股书，沃尔德招股书，中邮证券研究所

## 一) 汽车

**超硬刀具已大量应用在汽车行业的精密加工中，加工技术成熟。**汽车发动机活塞、缸体、缸盖、汽车轮毂、变速箱齿轮壳体、曲轴和凸轮轴等已广泛使用超硬材料进行加工。其中，汽车领域的超高速磨削基本以 CBN 砂轮为主，近年来国内 CBN 砂轮取得了较大进展，在技术水平上与国外先进产品相比差距不大，但在实际应用中汽车整机厂使用的工具大都由国外 CBN 砂轮垄断，国产 CBN 砂轮主要在汽车配件厂(曲轴、凸轮轴等)使用，占比约 80%，在转向器变速箱、万向节等配件的加工上国产砂轮正在逐步实现进口替代；PCD 超硬刀具高速铣削已逐渐应用于汽车发动机活塞、缸体、缸盖等零件的精密加工中，国产 PCD 在性能、品种系列和质量的稳定性上，国外相比还存在差距；PCBN 刀具在气门阀座圈，刹车盘以及发动机缸体缸盖的精密加工中应用较广。PCBN 的国内外差距较 PCD 更大，目前在铸铁类的粗加工方面国内高含量 PCBN 产品已占主流，但是在加工淬硬钢的低含量 PCBN 和精加工方面仍以国外品牌为主。

## 二) 航空航天

**超硬刀具凭借刀具寿命、加工精度及稳定性优势打开航空航天领域市场。**根据中国机床工具工业协会以及《第五届切削刀具用户调查分析报告》(韩景春等)的统计数据，2022 年我国刀具市场消费总规模为 464 亿元，其中航空航天市场占比约为 9.91%，市场消费规模约 46 亿元，随着国产大飞机的商业运行及订单持续落地，航空航天刀具市场空间将逐步增加。航空航天领域的主要零部件材料较为固定，都是以耐高温的金属和非金属材料，以及轻量化材料如复合

材料为主。由于航空航天零部件原材料和加工成本极高，所需刀具的难点主要体现在加工寿命、加工精度和刀具稳定性上：加工寿命方面，如航空发动机上部分盘环类零件加工，加工一个完整的零部件，中间不允许存在换刀现象，因此对刀具使用寿命要求极高；而在加工精度方面，如发动机叶片叶轮等型面精加工以及盘环类零件精加工，均要求刀具尺寸公差和跳动精度非常高；在刀具稳定性方面，对同一批次刀具以及不同批次间刀具的稳定性要求极高，所有刀具均应当达到客户设定的额定刀具寿命。中国航空工业电子采购平台的刀具企业，国产刀具厂家有 30 家，进口厂家有 19 家。考虑到国家政策大力支持产业链安全自主可控，国内超硬刀具厂商有望逐步实现对进口产品的替代。

### 三) 3C 消费电子

**3C 行业精密结构件开始引入钛合金等高端材料，使用超硬刀具加工性价比优势显现。**根据艾邦高分子数据，钛合金手机中框整体良率约为 30%-40%，远低于铝合金中框的 80%；且加工时间长，约为铝合金的 3-4 倍；同时，由于钛合金的特殊性质，对刀具也提出了严苛要求。PCD 刀具的轮廓刀、倒角刀、铣刀在钛合金产品外壳加工上具备很好的应用，产品可以一次成型，提高了加工效率和最终良率，同时保证了产品的表面光洁度。2022 年苹果高端智能手表的钛合金表壳生产中，已经开始使用某国产品牌的超硬刀具，同时更多的智能手机品牌也开始大量使用钛合金材料，加之消费电子的复苏，利好超硬刀具在消费电子领域未来业务的拓展。

### 四) 人形机器人

**超硬刀具能够满足硬铣工艺要求，提升滚珠丝杠性能及产能。**硬铣螺纹技术在欧洲已被研究多年，并于 20 世纪 80 年代推出了数控旋风铣床，现已广泛应用于滚珠丝杠螺纹加工，磨削工艺已基本废弃。在国内，虽然滚珠丝杠硬铣技术应用已有 10 多年的历史，但是滚珠丝杠螺纹加工还是以磨削为主，系硬铣技术对于被加工零件材料、铣削刀具和切削参数等方面均存在要求。硬铣滚珠丝杠螺纹滚道加工工艺工序少，可比传统磨削工艺少 3-5 道工序。据统计，传统磨削工艺中，螺纹磨削时间占整个工艺流程的 2/3。基于螺纹磨削切削用量的限制，并且在磨削过程中要不断地修整砂轮和校直丝杠，工时较长。硬铣螺纹工艺是将螺纹滚道一次成形铣削，不仅减少了工序，而且不必反复修整刀具和校直，在一定程度上降低了螺纹加工所占时间份额，从而大大缩短了滚珠丝杠加工周期，提高了加工效率。同时，硬铣工艺可避免磨削工艺进给量过大而带来的滚道退火问题。在磨削工艺里，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，导致滚珠丝杠在应用过程中预紧力丧失、精度保持性降低及可靠性差。硬铣工艺中，每次进刀切削量较小，铣削速度高，不会出现退火现象。根据沃尔德公司公告称，其从客户处验证发现，PCBN 旋铣刀

片在刀具耐磨损能力、刀具使用寿命及加工表面质量等方面，均表现出优异的性能，且更具经济性优势；刀片可多次修磨，重复使用，能够切实帮助客户降低刀具成本。

**滚珠丝杠及行星滚柱丝杠下游应用众多，人形机器人打开想象空间。**在高精尖等领域，滚珠/滚柱丝杠产品发展空间广阔，涵盖高档数控机床、普通机械、工业机器人、人形机器人、航空航天、医药、模具加工等诸多领域。人形机器人一般采用反向式行星滚柱丝杠，正常行星滚柱丝杠通过丝杠旋转带动螺母实现轴向运动，而反向式通过驱动螺母带动丝杠轴向运动，人形机器人用行星滚柱丝杠比普通产品规格小很多，丝杠越小加工难度越高，对于制造环节的刀具质量及精度要求也越高。随着制造业工业自动化水平不断提高，以及 AI 发展浪潮的助力，人形机器人有望为行星滚柱丝杠产业化打开想象空间。2022 特斯拉 AI Day 中，马斯克表示希望人形机器人 3-5 年内实现规模化销售，以其 Tesla Optimus 为例，单台机器人共有 14 个直线关节，每个直线关节中均会用到一个行星滚柱丝杠，若特斯拉人形实现规模销售就将以 1: 14 的比例带动滚柱丝杠成长空间，超硬刀具需求将大幅增加。

**图表10: Tesla Optimus 各伺服关节分布**

自由度		旋转关节	空心杯关节	直线关节
灵巧手 6 (×2)			6×2	
手臂 7 (×2)	肩部	3×2		
	肘部			1×2
	腕部	1×2		2×2
腰部 2		2		
腿部 6 (×2)	髋部	2×2		1×2
	膝盖			1×2
	脚踝			2×2
合计		14	12	14
		40		

资料来源：特斯拉 AI Day 2022，中邮证券研究所整理

## 2 风险提示

超硬刀具市场竞争加剧风险；

下游新应用场景起量不达预期风险；

国内制造业复苏不及预期风险。

## 中邮证券投资评级说明

投资评级标准	类型	评级	说明
报告中投资建议的评级标准： 报告发布日后的 6 个月内的相对市场表现，即报告发布日后的 6 个月内的公司股价（或行业指数、可转债价格）的涨跌幅相对同期相关证券市场基准指数的涨跌幅。 市场基准指数的选取：A 股市场以沪深 300 指数为基准；新三板市场以三板成指为基准；可转债市场以中信标普可转债指数为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以标普 500 或纳斯达克综合指数为基准。	股票评级	买入	预期个股相对同期基准指数涨幅在 20%以上
		增持	预期个股相对同期基准指数涨幅在 10%与 20%之间
		中性	预期个股相对同期基准指数涨幅在-10%与 10%之间
		回避	预期个股相对同期基准指数涨幅在-10%以下
	行业评级	强于大市	预期行业相对同期基准指数涨幅在 10%以上
		中性	预期行业相对同期基准指数涨幅在-10%与 10%之间
		弱于大市	预期行业相对同期基准指数涨幅在-10%以下
	可转债评级	推荐	预期可转债相对同期基准指数涨幅在 10%以上
		谨慎推荐	预期可转债相对同期基准指数涨幅在 5%与 10%之间
		中性	预期可转债相对同期基准指数涨幅在-5%与 5%之间
		回避	预期可转债相对同期基准指数涨幅在-5%以下

## 分析师声明

撰写此报告的分析师（一人或多人）承诺本机构、本人以及财产利害关系人与所评价或推荐的证券无利害关系。

本报告所采用的数据均来自我们认为可靠的目前已公开的信息，并通过独立判断并得出结论，力求独立、客观、公平，报告结论不受本公司其他部门和人员以及证券发行人、上市公司、基金公司、证券资产管理公司、特定客户等利益相关方的干涉和影响，特此声明。

## 免责声明

中邮证券有限责任公司（以下简称“中邮证券”）具备经中国证监会批准的开展证券投资咨询业务的资格。

本报告信息均来源于公开资料或者我们认为可靠的资料，我们力求但不保证这些信息的准确性和完整性。报告内容仅供参考，报告中的信息或所表达观点不构成所涉证券买卖的出价或询价，中邮证券不对因使用本报告的内容而导致的损失承担任何责任。客户不应以本报告取代其独立判断或仅根据本报告做出决策。

中邮证券可发出其它与本报告所载信息不一致或有不同结论的报告。报告所载资料、意见及推测仅反映研究人员于发出本报告当日的判断，可随时更改且不予通告。

中邮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头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或者计划提供投资银行、财务顾问或者其他金融产品等相关服务。

《证券期货投资者适当性管理办法》于 2017 年 7 月 1 日起正式实施，本报告仅供中邮证券客户中的专业投资者使用，若您非中邮证券客户中的专业投资者，为控制投资风险，请取消接收、订阅或使用本报告中的任何信息。本公司不会因接收人收到、阅读或关注本报告中的内容而视其为专业投资者。

本报告版权归中邮证券所有，未经书面许可，任何机构或个人不得存在对本报告以任何形式进行翻版、修改、节选、复制、发布，或对本报告进行改编、汇编等侵犯知识产权的行为，亦不得存在其他有损中邮证券商业性权益的任何情形。如经中邮证券授权后引用发布，需注明出处为中邮证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节或修改。

中邮证券对于本申明具有最终解释权。

## 公司简介

中邮证券有限责任公司，2002年9月经中国证券监督管理委员会批准设立，注册资本50.6亿元人民币。中邮证券是中国邮政集团有限公司绝对控股的证券类金融子公司。

公司经营范围包括：证券经纪；证券自营；证券投资咨询；证券资产管理；融资融券；证券投资基金销售；证券承销与保荐；代理销售金融产品；与证券交易、证券投资活动有关的财务顾问。此外，公司还具有：证券经纪人业务资格；企业债券主承销资格；沪港通；深港通；利率互换；投资管理人受托管理保险资金；全国银行间同业拆借；作为主办券商在全国中小企业股份转让系统从事经纪、做市、推荐业务资格等业务资格。

公司目前已经在北京、陕西、深圳、山东、江苏、四川、江西、湖北、湖南、福建、辽宁、吉林、黑龙江、广东、浙江、贵州、新疆、河南、山西、上海、云南、内蒙古、重庆、天津、河北等地设有分支机构，全国多家分支机构正在建设中。

中邮证券紧紧依托中国邮政集团有限公司雄厚的实力，坚持诚信经营，践行普惠服务，为社会大众提供全方位专业化的证券投、融资服务，帮助客户实现价值增长，努力成为客户认同、社会尊重、股东满意、员工自豪的优秀企业。

## 中邮证券研究所

### 北京

邮箱：yanjiusuo@cnpsec.com

地址：北京市东城区前门街道珠市口东大街17号

邮编：100050

### 上海

邮箱：yanjiusuo@cnpsec.com

地址：上海市虹口区东大名路1080号邮储银行大厦3楼

邮编：200000

### 深圳

邮箱：yanjiusuo@cnpsec.com

地址：深圳市福田区滨河大道9023号国通大厦二楼

邮编：518048