

## 机械设备

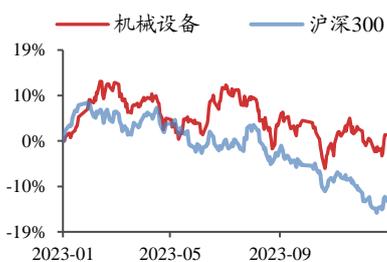
2024年01月03日

## 工业母机：高端加速突破，产业未来可期

——行业深度报告

投资评级：看好（维持）

### 行业走势图



数据：聚源

### 相关研究报告

《关注特斯拉机器人新方向:线束和标准化充电接口—行业周报》-2024.1.1

《核电核准数量维持高位，可控核聚变产业化加速—行业点评报告》-2024.1.1

《直击 2023 日本国际机器人展，关注小型化、轻量化、传感器等方向—行业周报》-2023.12.24

### ● 机床行业恰逢高端突破机遇，顺周期强者恒强、静待反弹

我国机床产量产值世界第一，但高端国产化率不足 10%，大而不强。近年来在制造升级、自主可控及政策设计的推动下，行业迎来高端突破机遇；关键在以核心零部件为代表的产业链配套环节，及以五轴联动机床、精密磨床为代表的高端产品环节。此外，我国机床下游景气度震荡磨底，龙头企业韧性彰显、强者恒强。未来顺周期复苏后，机床设备作为产线基础，有望首先迎接反弹。

### ● 核心零部件：工业母机高端突破的重中之重，如火如荼

核心零部件按重要性和技术壁垒排序，依次为数控系统、编码器和光栅尺、滚珠丝杠、主轴等。（1）**数控系统**：高档数控系统约占机床成本的 20%-40%，利润高、粘性强。我国主流高端数控系统来自德日，国产化率不足 10%，华中数控等厂商正奋起追赶。（2）**编码器、光栅尺**：五轴联动机床一般配备 2 个编码器+3 个光栅尺。我国编码器外资市占率 40%+，光栅尺被海外垄断。国内具有编码器量产和高端光栅尺供货能力的厂商主要为奥普光电。（3）**滚珠丝杠**：2023 年我国机床用滚珠丝杠市场空间约 97 亿元，2030 年有望增长至 190.6 亿元。量产厂商稀少，中高端机床用滚珠丝杠国产化率不足 10%。主要玩家包括秦川机床等。（4）**主轴**：我国每年主轴市场规模近百亿，存量替换空间可观。电主轴量产厂商较少，主要厂商包括昊志机电等。主轴轴承突破是电主轴国产化率提升的关键。

### ● 高端产品：五轴联动机床、精密磨床为整机最强 $\alpha$ ，亟需打破海外垄断

（1）**五轴联动机床是高端制造自主可控核心资产**。主要下游航空航天、汽车等，价值量、技术壁垒双高。2022 年我国五轴联动机床市场空间约 113 亿元，基本被德日企业占据，国产化率约 10%。国内具备或有望具备量产能力的厂商包括科德数控、海天精工、豪迈科技等。（2）**精密磨床是精密零部件生产主力**。下游包括高端滚珠丝杠、轴承、RV 减速器等。2020 年我国磨床市场空间约为 80 亿元，国产化率 31%。宇环数控、秦川机床等企业的磨床具备能力。

### ● 企业画像：关注品牌溢价、自主可控、产品出海等强 $\alpha$ 逻辑

（1）**品牌溢价**：制造业对机床设备可靠性要求高，因此具有品牌效应的公司主要表现为利润率提升、营收跑赢行业，或深耕特定市场。（2）**自主可控**：具备核心零部件自制能力，交付刚性较强；研发投入高，具备高端突破潜能。（3）**产品出海**：东南亚、俄乌等地区机电设备需求增长明显，有望带动出海机床厂商业绩高增。（4）**管理向好**：主要体现为人效优化。

**受益标的：自主可控**：华中数控、奥普光电、秦川机床、昊志机电、科德数控、宇环数控、豪迈科技、拓斯达、日发精机；**顺周期**：海天精工、纽威数控；**机床辅机**：同飞股份。

**风险提示**：国内高端机床及核心零部件突破进度不及预期；相关政策推进不及预期；下游景气修复不及预期。

## 目录

1、工业母机：恰逢制造升级高端化机遇，需求磨底静待复苏.....	6
1.1、我国机床行业大而不强，高端领域被进口垄断.....	6
1.2、制造升级提振高端市场，政策设计助推产业升级.....	9
1.2.1、机床为强需求导向，制造升级是驱动力.....	9
1.2.2、自主可控为战略必须，政策设计助推产业升级.....	16
1.3、制造业景气度震荡磨底，机床设备强者恒强、静待反弹.....	17
2、知日鉴中：需求助推产量高增，核心部件力挺高端升级.....	19
2.1、日本机床：需求拉动产值，核心部件助力高端突破，政策调控兜底.....	20
2.1.1、汽车、军工需求强劲，提振日本机床产量、竞争力.....	21
2.1.2、核心零部件给予高端市场配套支持，员工“终身制”保证代际传承.....	21
2.1.3、三大法令支持产业突破，政府调控蓄力产值回升.....	22
2.2、国产机床已至突破前夜，关键在核心零部件配套、高端产品突破.....	24
3、产业链配套：中高端核心零部件国产率低，国内厂商奋起直追.....	25
3.1、数控系统：机床最核心的“大脑”，高端国产化率低于10%.....	26
3.1.1、成本占比20%-40%，高端数控系统国产渗透率低.....	26
3.1.2、数据积累助力产品迭代，AI赋能缩短国内外代际差.....	29
3.2、编码器、光栅尺：数控机床的“眼睛”，高精度供货能力稀缺.....	31
3.3、滚珠丝杠：数控机床核心传动部件，高精度量产厂商稀少.....	34
3.4、主轴：电主轴为高端机床必需环节，                启动.....	36
3.5、转台：航空航天领域要求高，国产突破、台资逐渐退出.....	38
4、高端产品：五轴联动机床、精密磨床为整机最强 $\alpha$ .....	40
4.1、五轴联动机床：高端制造不可或缺的“卡      ”环节，国产化率10%.....	40
4.2、精密磨床：精密零部件生产的命门，高端依赖进口.....	44
5、企业画像：关注品牌溢价、自主可控、出海等强 $\alpha$ 逻辑.....	46
6、受益标的.....	48
6.1、自主可控.....	48
6.1.1、华中数控：国内高端通用数控系统龙头，外资份额的有力抢占者.....	48
6.1.2、奥普光电：打破绝对式封闭式光栅尺国外垄断，高精度编码器量产.....	48
6.1.3、秦川机床：精密磨床老牌厂商，滚珠丝杠量产能力稀缺.....	49
6.1.4、昊志机电：国内电主轴龙头，转台业务逐渐放量.....	50
6.1.5、科德数控：五轴联动机床执牛耳者，核心零部件自制.....	50
6.1.6、宇环数控：数控磨床隐形冠军，产品可与海外直接竞争.....	51
6.1.7、豪迈科技：轮胎模具全球龙头，高端五轴数控机床打开成长空间.....	51
6.1.8、拓斯达：埃弗米专注五轴机床，自主研发优势显著.....	52
6.1.9、日发精机：高端轴承产线龙头，进军丝杠磨床领域.....	52
6.2、顺周期.....	53
6.2.1、海天精工：龙门机床龙头，品类拓展+出海打造新增长极.....	53
6.2.2、纽威数控：产品布局全面，向五轴机床、自主可控发展.....	53
6.3、机床辅机.....	54
6.3.1、同飞股份：国产工业温控设备龙头，定位中高端领域.....	54
7、风险提示.....	55

## 图表目录

图 1: 机床按材料变形方式可主要分为金属成形机床和金属切削机床.....	6
图 2: 2022 年我国机床产值世界第一 .....	6
图 3: 2022 年我国机床消费额世界第一 .....	6
图 4: 电子、汽车、航空航天为我国机床主要下游.....	7
图 5: 国产机床精度保持上与国际水平差距较大.....	7
图 6: 我国高端机床领域基本被海外厂商垄断.....	8
图 7: 我国数控机床高端国产化率低 .....	8
图 8: 我国机床数控化率不断提升 .....	8
图 9: 机床由主体、传动系统、控制系统等构成.....	8
图 10: 核心零部件高端产品国产渗透率低.....	9
图 11: 上世纪末, 日本发那科公司的数控系统产量在日本数控机床产量中占比始终在 95%上下, 实际是占领了我国数控机床市场 .....	11
图 12: 进入 20 世纪, 我国机床产值快速攀升.....	11
图 13: 进入 20 世纪, 我国机床产量快速攀升.....	11
图 14: 21 世纪以来, 数控机床与汽车产业关联性加强.....	12
图 15: 2009 年以来我国 3C 产业发展加速 .....	12
图 16: 铝合金手机边框制程需要大量配套 CNC 机床 .....	13
图 17: 钻攻中心加工手机外壳 .....	13
图 18: 2021-2022 年, 数控系统下游中军工、新能源领域热度高 .....	13
图 19: 苹果 iPhone15 pro 采用钛合金中框 .....	14
图 20: 荣耀折叠 V2 采用钛合金 3D 打印工艺.....	14
图 21: 2022 年我国五轴加工中心销量逆势增长.....	15
图 22: 2022 年机床工具净利扭亏为盈 .....	15
图 23: 2020 年以来机床工具利润水平提升.....	15
图 24: 2020 年以来机床工具行业研发费用持续加大.....	16
图 25: 制造业 PMI 指数连续震荡磨底 .....	17
图 26: 2023 年 11 月生产指数环比降低 0.2pct.....	18
图 27: 2023 年 11 月新订单指数低于荣枯线.....	18
图 28: 2023 年 11 月制造业固定资产投资累计环比提升 .....	18
图 29: 我国设备制造业 PPI 指数持续磨底.....	19
图 30: 我国工业企业利润同比好转 .....	19
图 31: 2023 年 8 月以来我国金属切削机床产量同比向好.....	19
图 32: 我国金属成型机床产量同比仍处于负区间.....	19
图 33: 日本、德国、美国、瑞士是世界主要数控机床生产国 .....	20
图 34: 日本机床在高速发展的 30 年中, 大致受到三轮需求刺激.....	21
图 35: 日本靠前的机床厂商总部集中于东京和名古屋附近.....	22
图 36: 日本知名核心零部件厂总部多围绕东京、名古屋形成产业集群.....	22
图 37: 工业母机上游零部件主要包括机床主体、传动系统、数控系统、辅机及耗材 .....	25
图 38: 核心零部件高端产品国产渗透率低.....	25
图 39: 工业母机领域中, 最核心的是数控系统, 接下来依次是编码器和光栅尺、滚柱丝杠、主轴等 .....	26
图 40: 数控系统是机床最核心的控制部件.....	27
图 41: 科德数控 2018-2019 年高端数控系统毛利率超过 60%.....	27
图 42: 1983 年发那科数控系统税前利润率相比 1972 年提高 15pcts .....	27

图 43:	2022 年国内数控系统市场规模为 135 亿元.....	28
图 44:	2022 年国内数控系统销量为 37.9 万台/套.....	28
图 45:	2022 年我国数控系统海外厂商市占率约 67%.....	28
图 46:	我国主流数控系统依赖国外进口.....	28
图 47:	国产数控机床落地在先进应用场景，推动国产数控系统高端升级.....	30
图 48:	误差补偿等 AI+技术有望助力数控系统技术突破.....	30
图 49:	编码器应用于伺服系统.....	31
图 50:	光栅尺是光栅线位移传感器的简称.....	32
图 51:	机床是光栅尺主要的应用领域.....	32
图 52:	未采用光栅尺，机床半闭环控制.....	32
图 53:	采用光栅尺，机床实现全闭环控制.....	32
图 54:	我国编码器市场有望稳健增长.....	33
图 55:	多摩川、海德汉占据我国编码器 42%的市场.....	33
图 56:	2022-2025 我国光栅尺市场 CAGR 有望达 13%.....	33
图 57:	我国光栅尺市场基本被外资垄断.....	33
图 58:	滚珠丝杠为常见的传动机构.....	34
图 59:	滚珠丝杠在是高端机床的核心传动部件.....	34
图 60:	我国中高端机床领域的丝杠、导轨市场基本由海外厂商占据.....	35
图 61:	主轴带动刀具或工件旋转.....	36
图 62:	电主轴省去了皮带、齿轮或联轴器的传动环节.....	36
图 63:	昊志机电在国内电主轴市场市占率约为 21%.....	38
图 64:	机床转台是机床上用于固定工件的零部件.....	38
图 65:	配备了第五轴转台机床又叫双转台机床.....	38
图 66:	2020-2025 年我国数控转台市场 CAGR 有望达 12%.....	39
图 67:	数控转台可分为涡轮蜗杆/凸轮滚子/谐波/DD 电机结构四种.....	40
图 68:	相比三轴机床，五轴联动机床具有多种优点.....	40
图 69:	五轴联动机床可实现复杂曲面加工（右图）.....	41
图 70:	五轴机床与国家高端制造、航天军工的自主可控性息息相关.....	41
图 71:	航空航天关键零部件加工需要使用五轴联动技术.....	41
图 72:	新能源 NEV 为工业母机新赛道.....	42
图 73:	新能源 NEV 下游包含多种零部件.....	42
图 74:	协会重点联系企业五轴联动机床中，立式加工中心占比最高.....	43
图 75:	卧式、重型龙门机床价值量大.....	43
图 76:	我国五轴联动机床市场主被海外企业占据.....	43
图 77:	轴承内外圆需要经过平面磨削、内/外径磨削、沟（滚）道磨削等工序加工.....	44
图 78:	轴承磨削需要端面磨床、外圆磨床、内圆磨床、无心磨床等数控机床.....	44
图 79:	瑞士 MZ 公司精密螺纹磨床打磨螺纹.....	45
图 80:	磨齿机可实现新能源车齿轮修型.....	45
图 81:	国产磨床与进口磨床价格差距较大.....	46
图 82:	关注品牌溢价、自主可控、产品出海、管理向好等强 $\alpha$ 逻辑.....	46
图 83:	具有品牌溢价的机床企业营收增速跑赢行业.....	47
图 84:	下游涵盖 3C、新能源、航空航天、半导体等领域.....	48
图 85:	JFT 系列绝对式光栅尺曾荣获中国机床工具工业协会 2020 年度自主创新十佳.....	49
图 86:	定增项目聚焦五轴机床、核心零部件量产.....	50
图 87:	科德数控已实现数控系统、主轴、轴承、导轨、转台等核心零部件自制.....	51

图 88: 豪迈科技五轴数控机床具备性能、价格优势.....	52
图 89: 龙门、立加、卧加贡献海天精工主要收入.....	53
图 90: 2020 年起营收规模大幅增长, 盈利能力提升.....	53
图 91: 纽威股份产品矩阵丰富.....	54
图 92: 同飞股份覆盖数控装备、电力电子领域, 向储能温控设备延伸.....	54
表 1: 本土机床企业规模较小, 距国际厂商有量级差距.....	9
表 2: 机床“十八罗汉”形成.....	10
表 3: 钛合金中框相较铝合金加工难度大、良率低.....	14
表 4: 高端制造顶层设计叠加资金支持, 工业母机产业深化赋能.....	16
表 5: 日本机床历经 30 年发展, 产值跃升世界第一.....	20
表 6: 日本涌现出世界级零部件企业.....	22
表 7: 日本推出三大法令加速机床发展.....	23
表 8: 核心零部件、高端产品为高端机床突围关键.....	24
表 9: 国产零部件技术水平较海外厂商有一定差距.....	26
表 10: 国产企业自主研发数控系统.....	28
表 11: 高端数控系统技术壁垒主要在伺服电机、应用级前沿控制技术及可靠性等方面.....	29
表 12: 光栅编码器广泛应用于数控机床主轴、刀架、伺服系统等位置.....	31
表 13: 高端精密机床需要配置编码器+光栅尺.....	32
表 14: 绝对式光栅尺不需要“回零”, 更适合多轴数控机床.....	33
表 15: 2023 年我国机床用滚珠丝杠市场空间约 97 亿元, 2030 年有望增长至 190.6 亿元.....	35
表 16: 电主轴替代机械主轴大势所趋.....	37
表 17: 我国每年主轴市场规模近百亿.....	37
表 18: 数控转台可分为凸轮滚子结构、涡轮蜗杆结构、谐波结构、DD 电机结构四种.....	39
表 19: 2020 年协会重点联系企业五轴联动机床全品类销售均价约为 186.6 万元/台.....	42
表 20: 2022 年我国五轴联动机床市场空间约为 113.3 亿元.....	43
表 21: 精密磨床主要用于轴承、减速器、丝杠等机床、机器人核心零部件打磨.....	44
表 22: 2020 年我国磨床市场空间约为 80 亿元.....	45
表 23: 国产机床厂商实现部分核心零部件自制.....	47
表 24: 建议关注自主可控、顺周期及机床辅机领域.....	55

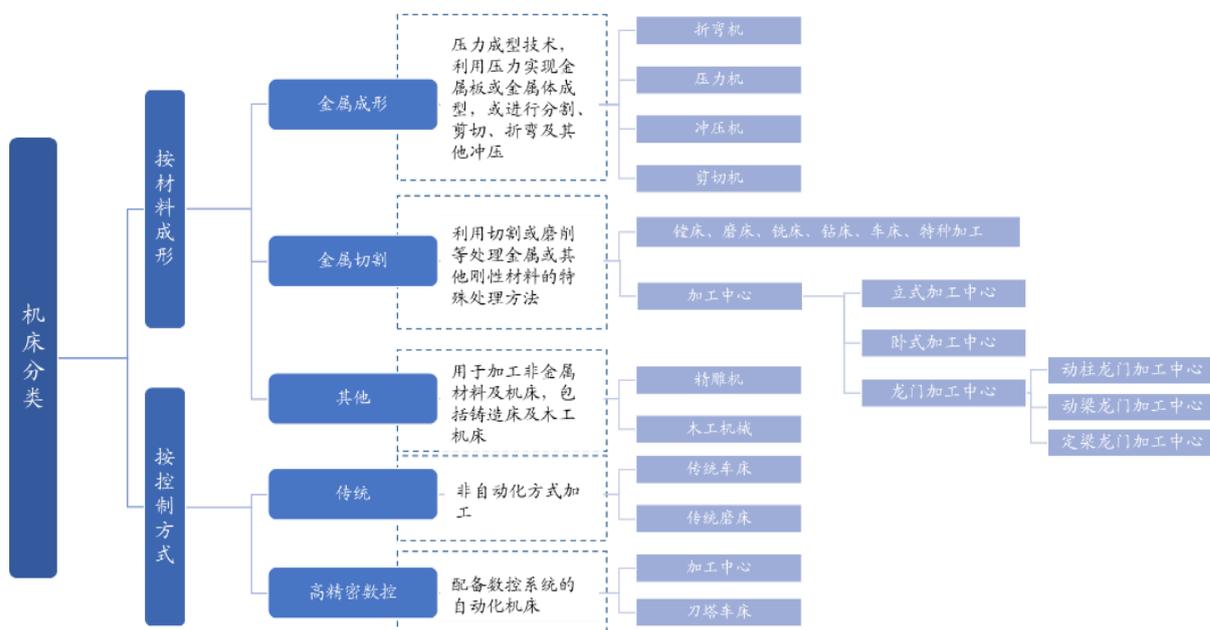
## 1、工业母机：恰逢制造升级高端化机遇，需求磨底静待复苏

### 1.1、我国机床行业大而不强，高端领域被进口垄断

机床是指制造机器的机器，亦称工业母机或工具机。按材料变形方式分，机床可分为金属成型机床和金属切削机床。切削机床中，又可按加工方式分成车、铣、刨、磨、镗、拉、钻、齿轮加工等多种类型。在高精密数控领域，卧式加工中心、立式加工中心、五轴联动机床等多种类别。

数控机床是装有程序系统的自动化机床，精密度及柔性比传统机床更高。其作为典型的机电一体化产品，能够体现一个国家的制造业发达程度。

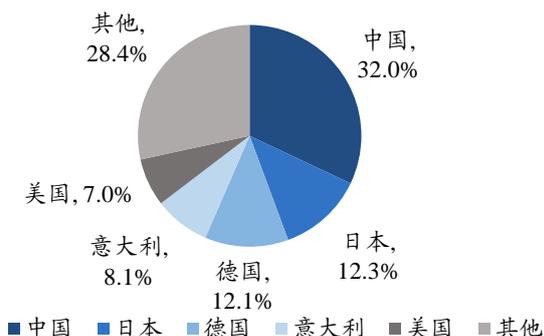
图1：机床按材料变形方式可主要分为金属成形机床和金属切削机床



资料：华经产业研究院、开源证券研究所

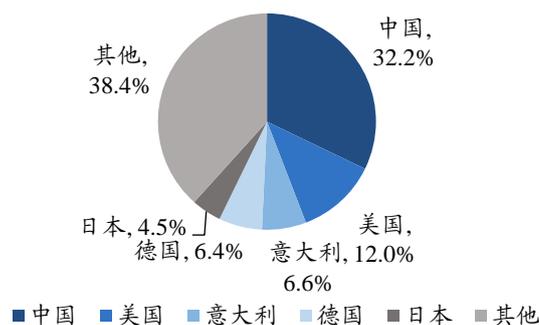
我国为机床大国，机床行业消费量世界第一。根据德国机床制造商协会数据，2022年我国机床产值约1818亿元，世界占比32.0%；机床消费额约1839.2亿元，世界占比32.2%；机床产值、销售额均为世界第一。

图2：2022年我国机床产值世界第一



数据：德国机床制造商协会、开源证券研究所

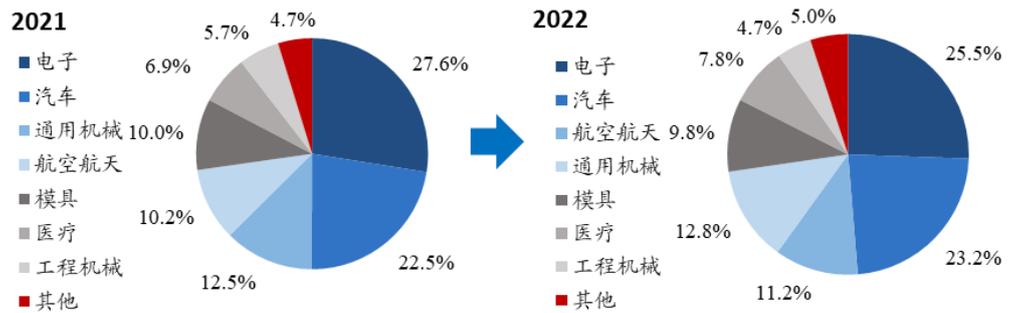
图3：2022年我国机床消费额世界第一



数据：德国机床制造商协会、开源证券研究所

电子、汽车、航空航天为机床主要下游。2022年，我国电子、汽车、航空航天、模具在工业母机下游中占比分别达 25.5%/23.2%/11.2%和 9.8%。其中，电子行业设备更新周期快，需求分散，2022 年依赖逐渐疲软，但有望随新一轮苹果周期复苏；新能源板块的风电、光伏以及航空航天、军工等战略性新兴产业发展态势较好；医疗等平行产业处在大的产品形态和加工装备升级周期中，模具等中间产业受下游需求带动（如新能源车等），总体占比稳定。

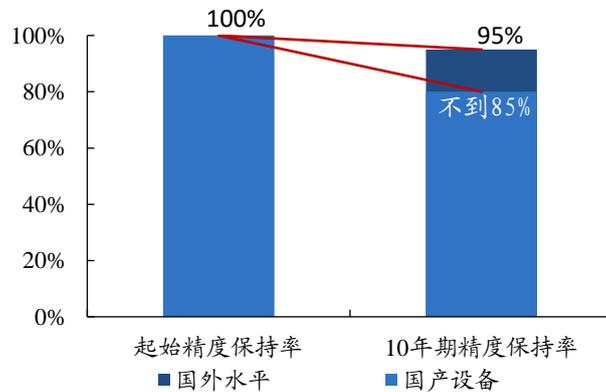
图4：电子、汽车、航空航天为我国机床主要下游



数据：MIR、开源证券研究所

机床行业大而不强，性能与海外差距较大。以德国 WALDRICHCOBURG 公司龙门加工中心产品为例，其使用 10 年后精度保持率可达到 95%，而目前国产设备使用 10 年期精度保持率还难以达到 85%。目前，我国高档数控机床平均无故障时间间隔（MTBF）已由 600 小时优化至 2000 小时，精度指标也提升了 20%，但较国外水平仍存在追赶空间。

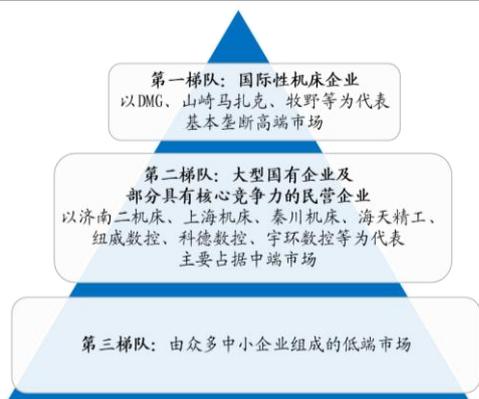
图5：国产机床精度保持上与国际水平差距较大



数据：《机床共性技术的现状及发展趋势》（张扬，2022年）、开源证券研究所

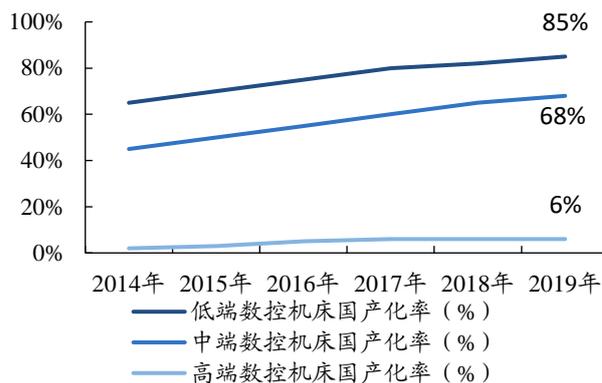
高端机床市场长期被海外垄断。我国数控机床市场大致可以分为 3 个梯队。（1）以 DMG、山崎马扎克、牧野等为代表国际性机床企业基本垄断高端市场；（2）以济南二机床、上海机床、秦川机床、海天精工、纽威数控、科德数控、宇环数控等为代表的大型国有企业及部分具有核心竞争力的民营企业，主要占据中端市场；（3）由众多中小企业组成的低端市场。本土机床数控化率不断提升，部分企业逐渐可与国外竞争，但仍有差距。我国高端数控机床领域长期被海外垄断，2023 年国产化率约为 6%。

图6: 我国高端机床领域基本被海外厂商垄断



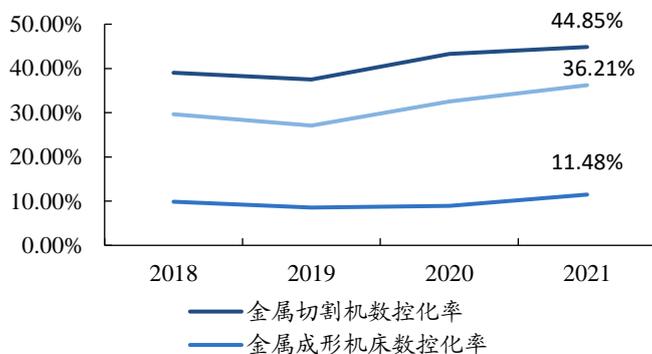
资料：前瞻产业研究院、开源证券研究所

图7: 我国数控机床高端国产化率低



数据：智研咨询、开源证券研究所

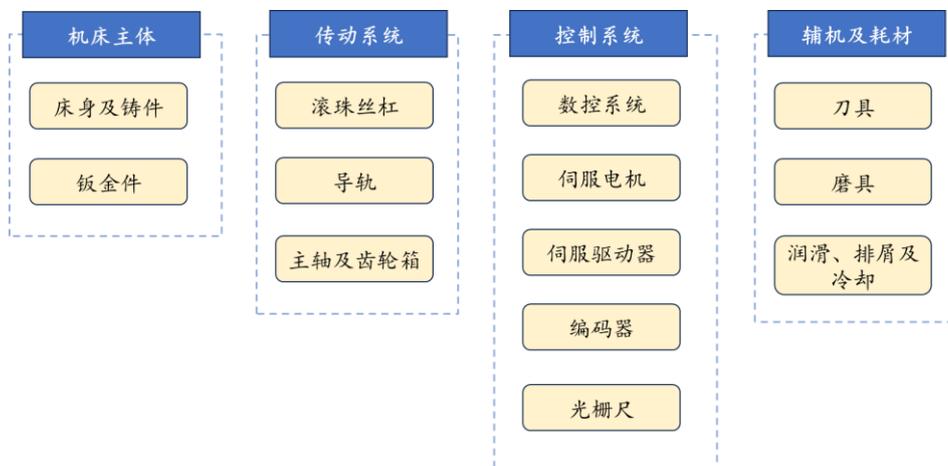
图8: 我国机床数控化率不断提升



数据：智研咨询、开源证券研究所

机床产业链供应链受制于人。数控机床核心零部件包括数控系统，编码器、光栅尺，滚珠丝杠，主轴，导轨，转台等。其精度及可靠性对机床性能影响较大。我国核心零部件依赖海外进口，高端领域国产渗透率低，技术水平较海外厂商有一定差距。

图9: 机床由主体、传动系统、控制系统等构成



资料：头豹产业研究院、开源证券研究所

**图10: 核心零部件高端产品国产渗透率低**

机床零部件	低端	中端	高端
机床主体	85%	过半	较低
数控系统	整体35%左右 高端渗透率较低		
主轴(电主轴)	82%	65%	6%
丝杠、导轨	基本实现100%	50%左右	10%左右

资料：MIR 睿工业、《A 智能装备有限公司差异化战略研究》(姜乃群, 2022 年)、《机床功能部件的自主研发与创新进展》(周吉贞, 2022 年)、开源证券研究所

本土机床企业规模较小，距国际厂商有量级差距。囿于上述机床性能、国产化率和产业链等因素，我国本土机床产品价值量相对较小，2022 年的本土机床企业营收规模中最高约为 45 亿元。而国际企业除德国埃马克外，其余厂商 2019 年的收入规模均为百亿级，中外机床厂商收入规模差距仍然较大。

**表1: 本土机床企业规模较小，距国际厂商有量级差距**

国际厂商				国内企业			
机床厂商	国家	2019 年营收 (亿元)	核心产品	机床厂商	2022 年营收 (亿元)	其中机床收入 (亿元)	核心产品
山崎马扎克	日本	359.04	车铣、加工中心	创世纪	45.27	44.22	钻铣、立加
通快	德国	288.32	金属成型、激光切割	海天精工	31.77	31.24	龙门、卧加
德马吉森精机	德国	259.76	车铣、加工中心	秦川机床	41.01	21.67	磨床、车床
马格	美国	221.68	龙门五轴、加工中心	纽威数控	18.46	18.35	立加、卧加
天田	日本	211.48	金属成型机床	亚威股份	18.3	11.85	金属成型、激光切割
大隈	日本	131.92	车床、加工中心	沈阳机床	16.7	10.81	多品类
牧野	日本	127.84	铣床、加工中心	华中数控	16.63	7.07	数控系统
格劳博	德国	114.24	加工中心、五轴联动	日发精机	21.39	9.81	五轴联动、车床
哈斯	美国	100.64	立加、卧加、车床	国盛智科	11.63	9.4	五轴联动、卧加、龙门
埃马克	德国	59.16	车床、磨床	科德数控	3.15	2.76	五轴联动、卧加

资料：Wind、赛迪顾问、开源证券研究所

## 1.2、制造升级提振高端市场，政策设计助推产业升级

### 1.2.1、机床为强需求导向，制造升级是驱动力

复盘我国工业母机发展历史，我们发现，我国工业母机行业发展紧随国家工业制造业发展节奏，驱动因素历经计划经济、改革开放、汽车工业、3C 电子等多个主题。产业增长具有较强需求导向。

### (1) 计划经济至改革开放时期：机床工业体系初具雏形，数控机床发展伊始

我国第一台现代意义上的机床于 19 世纪洋务运动期间引入。建国后“一五”期间，根据前苏联专家的建议，国家对部分机修厂进行改造并新建部分企业，确定了 18 个机床厂的分工与发展方向，即机床“十八罗汉”。而后“二五”、“三线建设”期间，我国机床工业地域布局逐渐完善，上海、昆明、陕西等地成为我国机床生产基地，机床工业体系初具雏形。

表2: 机床“十八罗汉”形成

名称	建厂时间	主攻方向
长沙机床厂	1912	牛头刨床、拉床
沈阳第二机床厂	1933	钻床、镗床
沈阳第一机床厂	1935	卧式车床、专用车床
大连机床厂	1935	卧式车床、组合机床
昆明机床厂	1936	镗床、铣床
济南第二机床厂	1937	龙门刨床、机械压力机
重庆机床厂	1940	滚齿机
济南第一机床厂	1944	卧式车床
上海机床厂	1946	外圆磨床、平面磨床
南京机床厂	1948	六角车床、自动车床
无锡机床厂	1948	内圆磨床、无心磨床
沈阳第三机床厂	1949	六角车床、自动车床
齐齐哈尔第二机床厂	1949	铣床
北京第一机床厂	1949	铣床
齐齐哈尔第一机床厂	1950	立式车床
天津第一机床厂	1951	插齿机
北京第二机床厂	1953	磨床
武汉重型机床厂	1953	立车、镗床

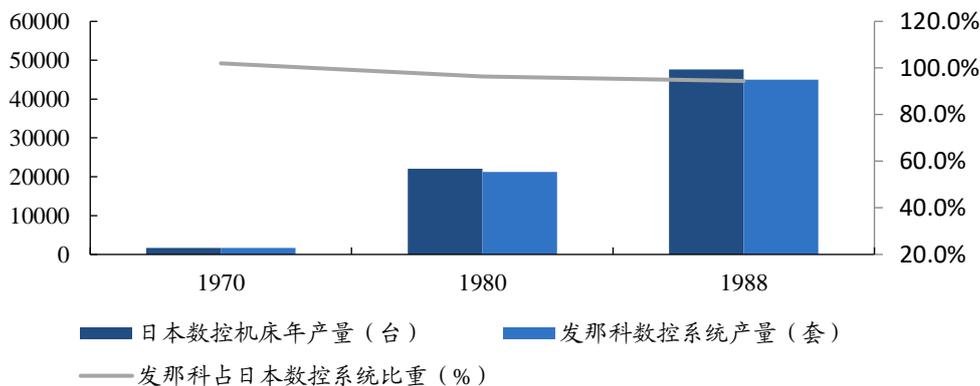
资料来源：《我国机床工业七十年》（任国梁，2022 年）、开源证券研究所

同时，我国数控技术也在不断追赶海外。在 1952 年世界第一台数控机床诞生于美国后，我国清华大学与北京第一机床厂于 1958 年研制成功我国第一台数控机床，1966 年完成第二代晶体管数控系统研制；1972 年完成第三代集成电路数控系统，比美国晚 7 年；1975 年研发第四代 NC 数控系统，比美国迟 5 年（即差距缩小 2 年）。

改革开放后，我国机床走向市场化，但数控技术也与国外差距逐渐加大。改革开放后我国开启了国内机床厂与境外机床工具企业间的合作；产品出口迅速增长，1997 年出口创汇达到 2.8 亿美元，为 1979 年的 7.36 倍。但当时所执行的全面引进方针，并没有有效消化吸收引进技术。例如 20 世纪 80 年代初引进日本发那科数控系统技术，主要停留在组装和合资生产阶段，没有进行有效吸收再创新，也没有与国家科技计划相结合，导致我国数控机床与国外技术逐年拉大。

上世纪末，日本发那科公司基本占领了我国数控机床市场。具体表现为，日本发那科公司的数控系统产量在日本数控机床产量中占比始终在 95% 上下，表面上看，日本发那科公司垄断了日本的数控机床市场，但实际是发那科占领我国的数控机床市场的体现。至今，国内市场基本被日本发那科和德国西门子垄断，高档数控系统长期以来 94%-95% 依赖进口。

图11: 上世纪末, 日本发那科公司的数控系统产量在日本数控机床产量中占比始终在 95% 上下, 实际是占领了我国数控机床市场

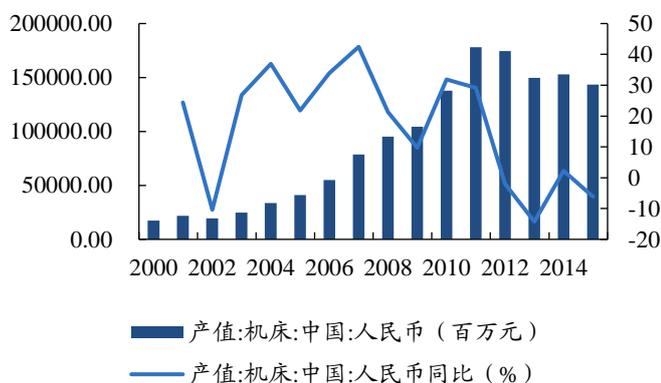


数据 : 《我国机床工业七十年》(任国梁, 2022年)、开源证券研究所

## (2) 汽车工业时期: 机床产值快速攀升, 与汽车产业关联性明显增强

进入 20 世纪, 我国机床产量产值快速攀升。2000 年-2010 年, 我国机床产值 CAGR 达 22.95%。机床行业体量快速膨胀, 于 2012 年前后达到顶点, 进入周期性波动阶段。

图12: 进入 20 世纪, 我国机床产值快速攀升



数据 : Wind、开源证券研究所

图13: 进入 20 世纪, 我国机床产量快速攀升

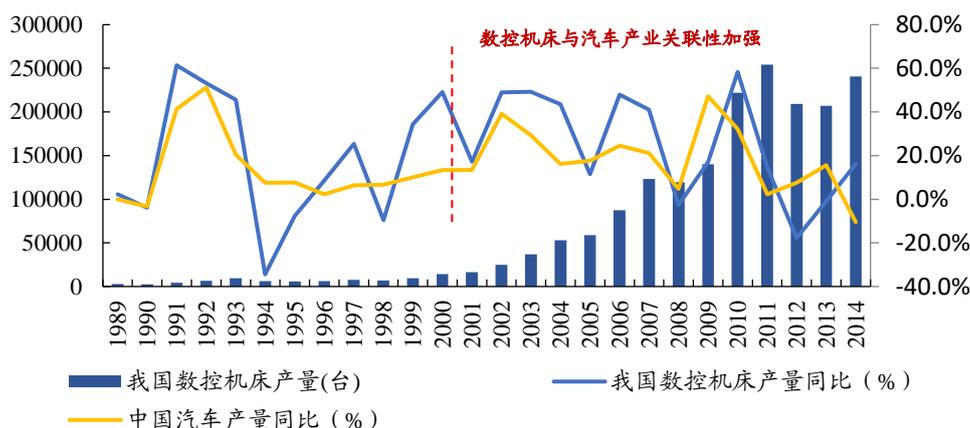


数据 : Wind、开源证券研究所

汽车工业对机床需求量较大。21 世纪我国加入 WTO 以来, 汽车渗透率不断提升。我国汽车生产主要包括 14 条生产线 (缸体、缸盖、曲轴、凸轮轴、连杆、变速箱、中亚、焊接、涂装、铸造、锻压、热处理、总装), 对机床的需求量较大。根据 2006 年于《机械工程师》上发表的数据, 彼时国内汽车或零部件直接创造了国内机床产品派生需求的 30%-40%, 如将汽车工业对通用机械工业 (如模具制造) 和电子机械的相关需求考虑在内, 占比将上升至 60%-70%。

虽然受制于本土机床性能, 我国汽车工业生产线中, 80% 左右来自进口, 但 21 世纪以来, 数控机床与汽车产业关联性明显增强, 汽车工业为该阶段我国助推我国机床行业增长的主要因素之一。

图14: 21世纪以来,数控机床与汽车产业关联性加强



数据 : Wind、开源证券研究所

### (3) 3C 电子时期: 精度、效率、柔性要求高, 机床技术迭代

2009 年以来 3C 产业发展加速, 机床柔性提升。固定资产投资额呈现明显拐点。3C 行业的主要加工工件包括手机外壳、电脑外壳、相机外壳等, 对机床需求的特点为高精度、高效率、高柔性。机床需要具备复合加工、多轴联动等功能。

图15: 2009 年以来我国 3C 产业发展加速



数据 : Wind

钻攻中心及立式加工中心为 3C 时代的主要配套产品。金属外壳在苹果公司的引领下成为智能手机的消费风尚, 从而带动了钻攻中心等金属加工机床需求。以铝合金中框为例, 其制程总计 40 余项, CNC 加工、去毛刺、打磨抛光等工艺环节皆需要配套数控机床。

3C 电子对机床的高需求催生系列通用机床厂商。以小米 4 手机为例, 月出货量 50 -100 万只时, 考虑良率损耗等因素, 每月需配备的 CNC 设备需达到 1000-2000 台。因此, 加工企业如果想要进入到大客户供应链, 需配备 500 台及以上 CNC 设备。3C 电子对机床消费的需求, 也催生出创世纪等通用机床厂商, 及宇环数控、春草研磨等细分领域冠军。

图16: 铝合金手机边框制程需要大量配套 CNC 机床



资料 : 材料馆公众号

图17: 钻攻中心加工手机外壳

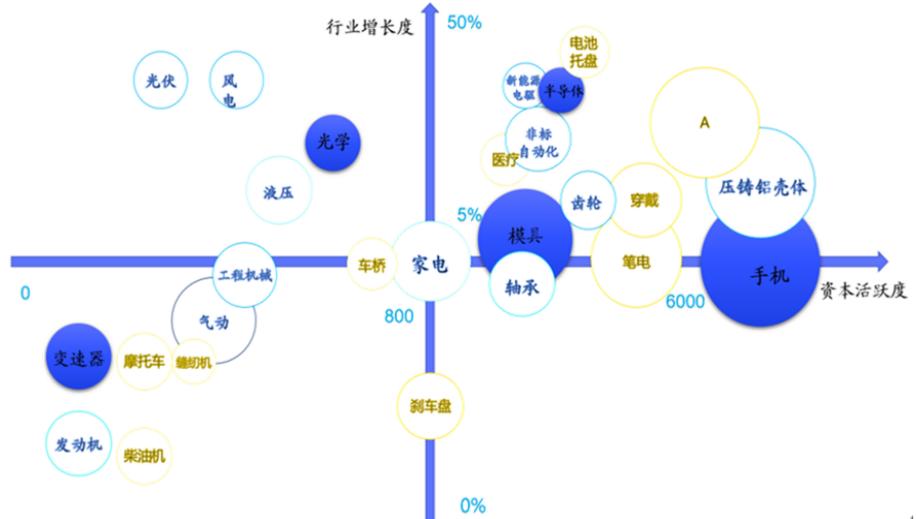


资料 : 华亚机床视频号

### (4) 当前节点: 体量总体稳定, 高端制造需求推动行业由量转质

以新能源、航空航天为代表的高端产业, 派生出高端机床新一轮需求。结合我国机床发展历史, 我们发现, 数控机床的产业态势, 能够反映国家制造业的发展情况。换言之, 我国历轮制造业浪潮, 都推动了数控机床行业的更新迭代。从数控系统看, 2021-2022年, 其下游中军工、新能源领域热度较高。我们认为, 以新能源产业为代表的民用市场和以航空军工为代表的特殊市场需求将成为工业母机的新一轮驱动, 而以五轴联动机床、高精度磨床为代表的高附加值产品增速, 有望跑赢行业。

图18: 2021-2022年, 数控系统下游中军工、新能源领域热度高



资料 : 发那科、开源证券研究所

钛合金等新材料在消费端的应用普及, 同样对机床加工设备提出了更高要求。3C 领域, 苹果、小米、荣耀等智能手机厂商逐步在智能手环边框、手机中框、折叠屏铰链等环节引入钛合金材料。

相比传统铝合金材料, 钛合金材硬度大、磨削温度高、工件材料粘附以及砂轮粘附严重, 且在高温下具有很高的化学活性, 导致其磨削质量难以控制, 良率偏低; 因此需要更加高端的机床设备进行加工、磨削。

图19: 苹果 iPhone15 pro 采用钛合金中框



资料 : DoNews 公众号

图20: 荣耀折叠 V2 采用钛合金 3D 打印工艺



资料 : 闪回收公众号

表3: 钛合金中框相较铝合金加工难度大、良率低

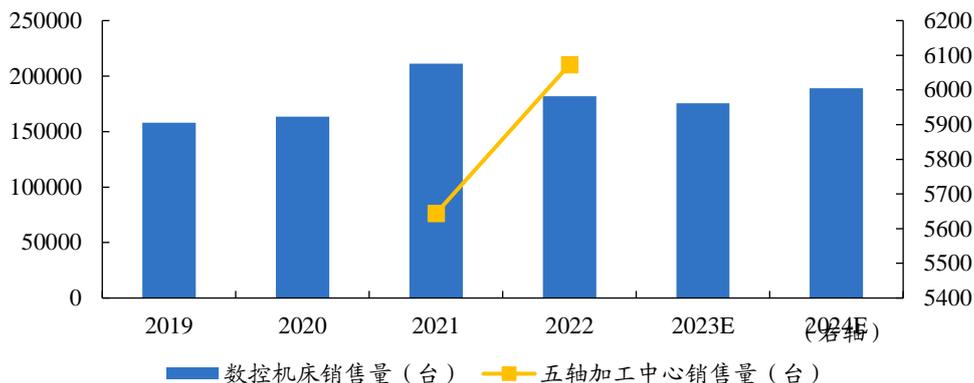
	铝合金	不锈钢	钢铝复合压铸	钛合金
成本	★	★★★	★★	★★★★
重量	★	★★★★	★★	★★★★
强度(硬度)	★	★★★	★★★	★★★★
耐疲劳度	★	★★★	★★	★★★★
环保性	★	★★	★	★★★★
阳极氧化(成熟度)	★★★★	-	★★	-
电镀(成熟度)	★	★★★★	★★★	★★
加工难度	★	★★★	★★	★★★★
良率	★★★★ (80%)	★ (30-40%)	★★★ (70%)	★ (30-40%)
外观效果	★	★★★	★★	★★★★
工艺成熟度	★★★★	★★	★★★	★
加工方式	多样化加工	锻压+CNC, 纯CNC	压铸+CNC	锻压+CNC, 纯CNC

资料 : 艾邦高分子官网、开源证券研究所

机床整体由量转质的逻辑重塑，在机床销量及板块业绩上得到印证。

**五轴联动机床销量逆势增长。**我国机床体量在经历改革开放、燃油车、3C 电子等主题催化后，体量趋于稳定。2021 年前后为我国本轮机床周期顶点，根据 MIR 数据，2021 年我国数控机床销量 211300 台，同比增加 29.3%；2022 年销量 181760 台，同比下降 14.0%。但高端机床销量呈现逆势增长，根据 MIR 同口径数据，2022 年我国五轴加工销量 6073 台，同比增长 7.6%；其中科德数控五轴中心销量较 2021 年增长 48%；乔锋智能销量达 134 台，与云南 CY 和台群精机实现五轴加工中心从 0 到 1 的突破。

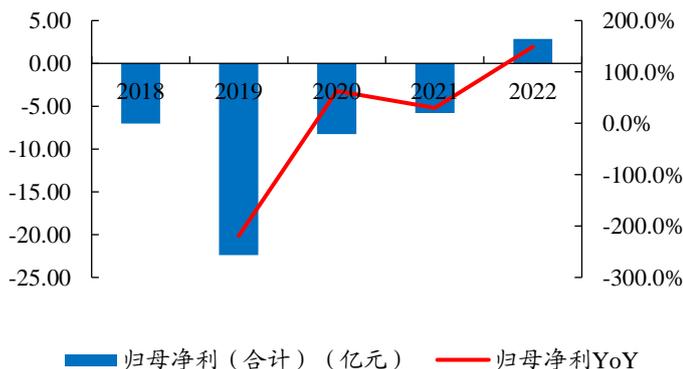
图21: 2022年我国五轴加工中心销量逆势增长



数据 : MIR、开源证券研究所

**机床板块业绩扭亏为盈，盈利能力及研发投入提升。**2022年机床工具板块营收同降19.1%，但板块整体净利扭亏为盈，同升149.1%。2022年销售毛利率同升4.41pct；销售净利率同升2.69pct。2022年研发费用同增13.2%，2020年-2022年CAGR达24.6%。

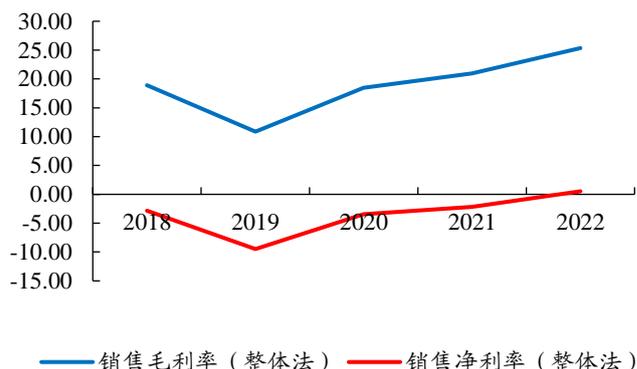
图22: 2022年机床工具净利扭亏为盈



数据 : Wind、开源证券研究所

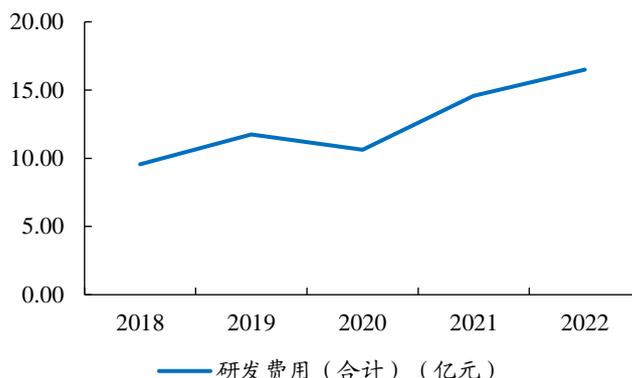
\*板块成分: 沈阳机床、秦川机床、汇洲智能、华东数控、日发精机、亚威股份、华东重机、宇环数控、宇晶股份、思进智能、华中数控、华辰装备、海天精工、宁波精达、科德数控、国盛智科、浙海德曼、纽威数控、恒进感应

图23: 2020年以来机床工具利润水平提升



数据 : Wind、开源证券研究所

\*板块成分: 沈阳机床、秦川机床、汇洲智能、华东数控、日发精机、亚威股份、华东重机、宇环数控、宇晶股份、思进智能、华中数控、华辰装备、海天精工、宁波精达、科德数控、国盛智科、浙海德曼、纽威数控、恒进感应

**图24：2020年以来机床工具行业研发费用持续加大**


数据：Wind、开源证券研究所

\*板块成分：沈阳机床、秦川机床、汇洲智能、华东数控、日发精机、亚威股份、华东重机、宇环数控、宇晶股份、思进智能、华中数控、华辰装备、海天精工、宁波精达、科德数控、国盛智科、浙海德曼、纽威数控、恒进感应

高端需求拉动的同时，近年来在地缘政治、国际局势的影响下，工业母机自主可控的战略地位凸显。我国出台的系列政策，有望从顶层设计角度助推行业高端升级。

### 1.2.2、自主可控为战略必须，政策设计助推产业升级

**高端机床技术封锁日渐严密，自主可控成为战略必须。**目前，本土机床数控化率不断提升，部分企业逐渐可与国外竞争，但仍有差距。德日为我国数控机床的主要进口国。但日本对其出口高端精密机床的安装地点、使用人员、用途有严格限制，并对出口机床设备安装挪动上锁功能；而西方国家对机床等战略行业的技术封锁也日趋严密。但随制造升级深化，国内对高精度、高可靠性的高端数控机床需求提升，高端工业母机的自主可控，也成为战略必须。报告强调安全与发展，特别是产业链供应链安全。自主可控、产业升级是必然趋势。工业母机作为制造机器的机器，占据产业链中上游重要环节，已转变自主可控的核心资产。

**政策顶层设计助推工业母机产业升级。**2022年以来，我国陆续出台相关政策，从高端制造顶层设计、资金支持、税收减免三方面深化赋能工业母机产业，涉及工业母机、关键功能部件、数控系统等多个环节，政策纵深性、延展性加强，有望有效助推工业母机产业升级，从制造业根基推动新一轮高端装备革命。

**表4：高端制造顶层设计叠加资金支持，工业母机产业深化赋能**

日期	发文单位	核心内容
2015.05	中国制造 2025	开发一批精密、高速、高效、柔性数控机床；加快高档数控机床等前沿技术、装备的研发
2018.05	两院院士大会	工业母机、高端芯片、基础软硬件、开发平台、基本算法、基础元器件、基础材料等瓶颈仍然突出，关键核心技术受制于人的局面没有得到根本性改变。
2022.7.26	国家产业基础专家委员会《产业基础创新发展目录（2021年版）》	新增工业基础软件，构成了“五基”（即，基础零部件和元器件、基础材料、工业基础软件、基础制造工艺及装备、产业技术基础）创新发展目录。
2022年8月	国家制造业转型升级基金	战略入股了苏州长城精工科技股份有限公司。长城精工具备先进的精密轴承生产技术

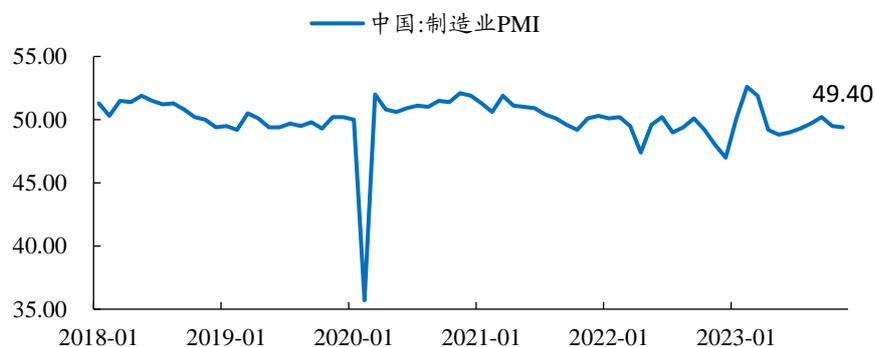
日期	发文单位	核心内容
		术，为北京精雕、海德曼、爱贝科等国内机床工具优秀企业供货。
2022.9.6	工信部	做好工业母机行业顶层设计，统筹产业、财税、金融等各项政策，积极推进专项接续，进一步完善协同创新体系和机制，突破核心关键技术，强化产业基础，培育优质企业和产业集群，保持产业链供应链稳定，推动工业母机行业高质量发展。
2022.9.18	证监会	首批两只中证机床 ETF 获批，其追踪的中证机床指数从沪深市场中选取 50 只业务涉及机床整机及其关键零部件制造和服务的上市公司证券作为样本，涵盖机床主机、数控系统、主轴、刀具等供应链关键环节。
2022.9.27	-	首个中国主导的机床数控系统系列国际标准 ISO23218-2 正式发布，表明我国在 04 专项支持下建立的“高档数控系统技术标准体系”成果得到了国际认可，能够助力国产数控系统企业产品的推广。
2022.10.16	党的 报告	产业链、供应链安全；强调将国家安全提到非常突出的地位，尤其是军工领域的自主可控，包含军工制造装备——高端五轴数控机床的自主可控。
2023.2.10	国资委《关于做好 2023 年中央企业投资管理进一步扩大有效投资有关事项的通知》	加快传统产业改造升级，推动高端化、智能化、绿色化发展和数字化转型，加大制造业技术改造投资，推动集成电路和工业母机产业快速发展。
2023.7.17	财政部《税务总局关于工业母机企业增值税加计抵减政策的通知》	2023 年 1 月 1 日-2027 年 12 月 31 日，对生产销售先进工业母机、关键功能部件、数控系统的工业母机企业，允许按当期可抵扣进项税加计 15% 抵减企业应纳增值税税额。

资料：中国政府网、国商机构公众号、第一财经、中国证券报等、开源证券研究所

### 1.3、制造业景气度震荡磨底，机床设备强者恒强、静待反弹

**制造业 PMI 指数连续震荡磨底。**2023 年 6 月-9 月，制造业 PMI 指数分别为 49.0/49.3/49.7/50.2，实现连续四个月小幅回升，站上荣枯线；10 月-11 月回落至 49.5/49.4，整体处于震荡磨底阶段。其中，在 11 月构成制造业 PMI 的 4 个分类中，生产指数、供应商配送指数高于荣枯线（50%），原材料库存指数、新订单指数低于荣枯线。

图25：制造业 PMI 指数连续震荡磨底



数据：Wind、开源证券研究所

图26: 2023年11月生产指数环比降低0.2pct



数据 : Wind、开源证券研究所

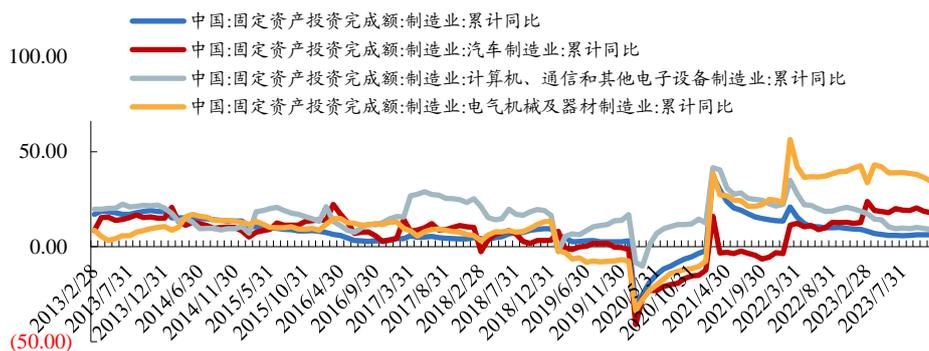
图27: 2023年11月新订单指数低于荣枯线



数据 : Wind、开源证券研究所

制造业投资仍处于磨底区间，环比小幅回升。2023年11月，制造业固定资产投资累计同比增速为6.3%，环比提升0.1pct；制造业固定资产投资累计增速仍处于磨底区间。

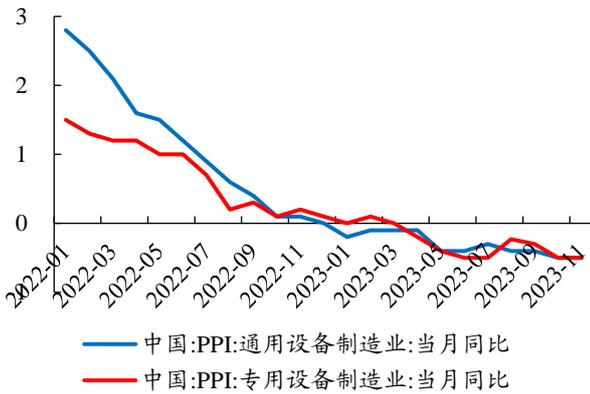
图28: 2023年11月制造业固定资产投资累计环比提升



数据 : Wind、开源证券研究所

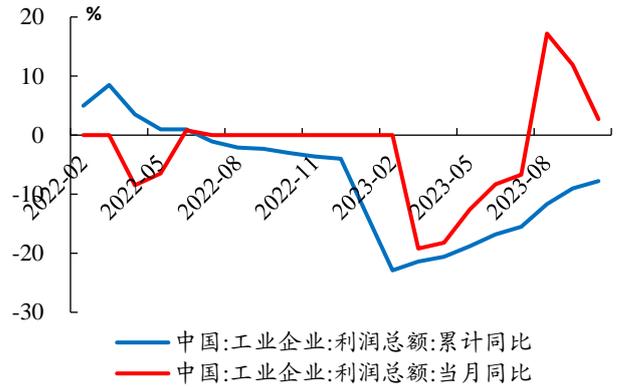
设备制造业 PPI 持续磨底，工业企业利润同比好转。2023年11月，我国通用设备/专用设备 PPI 同比下降 0.5%/0.5%，持续磨底。工业企业利润总额 11 月当月同比增长 2.7%，维持在正区间；累计同比下降 7.8%，降幅收窄。实体制造业边际改善逐渐显现。

图29: 我国设备制造业 PPI 指数持续磨底



数据 : Wind、开源证券研究所

图30: 我国工业企业利润同比好转



数据 : Wind、开源证券研究所

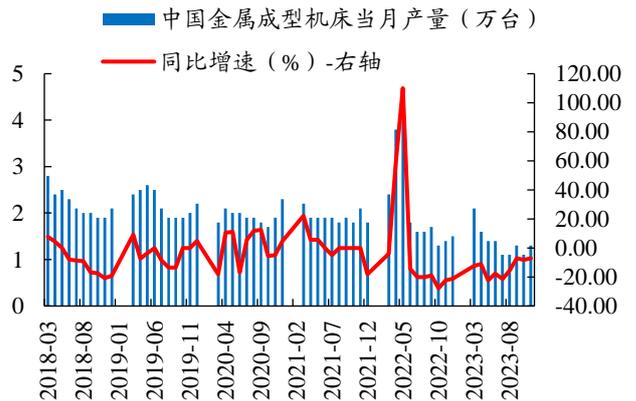
**金属切削机床产量同比连月向好。**2023年8月以来,我国金属切削机床产量连月增长,11月金属切削机床产量6万台,同比增长21.30%。金属成型机床产量同比仍然处于负区间。

图31: 2023年8月以来我国金属切削机床产量同比向好



数据 : Wind、开源证券研究所

图32: 我国金属成型机床产量同比仍处于负区间



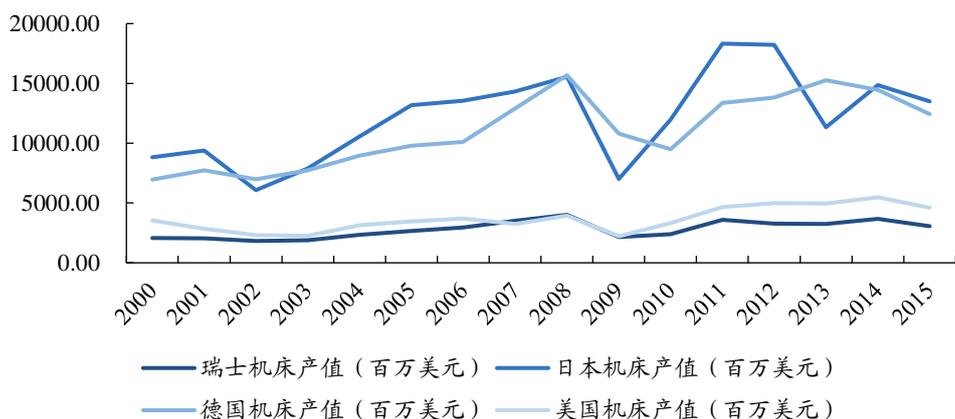
数据 : Wind、开源证券研究所

**景气磨底下,龙头企业强者恒强,周期复苏后有望迎来较大弹性。**通用自动化复苏周期拉长,景气磨底下龙头企业韧性彰显、强者恒强。度过制造业产能出清、迎来顺周期复苏后,机床设备作为生产性基础设备,有望首先迎接反弹,存活下来的企业有望迎来较大弹性。

## 2、知日鉴中: 需求助推产量高增, 核心部件力挺高端升级

我国与日本、德国是全球主要的数控机床生产国。然而,虽然我国机床体量庞大,高端数控机床却难以进入世界主流,高端数控机床仍以德、日为主。瑞士、美国的数控机床技术也走在世界前列。

图33: 日本、德国、美国、瑞士是世界主要数控机床生产国



数据 : MIR、开源证券研究所

日本是继美国、德国之后在世界上第三个建立起机床工业、制造业、工业化强国的国家。其机床产业从 1945 年-1955 年受二战及美国军管当局的影响和限制基本停滞，自称落后世界先进水平 20 年。1958 年，日本与我国基本同时研制出第一部数控机床，从 1955 年到 1982 年的近 30 年时间里，日本机床高度发展，一举成为全球最大的机床生产地。复盘日本机床产业发展历程，对我国机床行业具有借鉴意义。

## 2.1、日本机床：需求拉动产值，核心部件助力高端突破，政策调控兜底

表5: 日本机床历经 30 年发展，产值跃升世界第一

时间	日本机床发展主线
50 年代	二战战败后着重整顿企业，提高产品质量，发展手动普通机床满足国内市场需求。
60 年代	小轿车开始进入家庭，配合汽车工业发展需要，大力引进开发高效自动化机床及自动化生产线；扩大出口。
70 年代	在电子工业和计算机技术基础上，大力发展数控机床，实现中小批柔性生产自动化。
80 年代	日本机床产值跃升世界第一。经济泡沫破裂，政府调控机床市场，防止机床杀价出售；开拓亚洲等新出口市场。
90 年代	日本机床产值回升。

资料 : 《瑞士、日本机床工业发展的战略战术》(陈循介, 1997 年)、开源证券研究所

复盘日本机床发展历程，我们认为，日本机床的成功主要由以下因素推动：

(1) 汽车、军工需求强力提振日本机床产量、竞争力：主要为日俄战争、二战期间军需品需求拉动，以及朝鲜战争期间美国军需的大力扶持；日本本土汽车工业发展同时加速了日本本土机床由量转质的转变。70 年代末出口需求凸显。

(2) 核心零部件给予高端市场配套支持，员工“终身制”保证代际传承：上游核心零部件技术突破为日本机床成功的关键；人才的培养与沉淀确保日本机床产业的代际传承与长盛不衰。

(3) 三大法令支持产业突破，政府调控蓄力产值回升：日本政府连续制定发布

“机振法”、“机电法”、“机信法”三大法令，加速日本机床高水平发展。80年代泡沫经济破裂后，日本政府的积极调控，1995年实现产值和出口全面回升。

## 2.1.1、汽车、军工需求强劲，提振日本机床产量、竞争力

日本机床工业在高速发展的30年里，主要受到了三轮需求刺激。

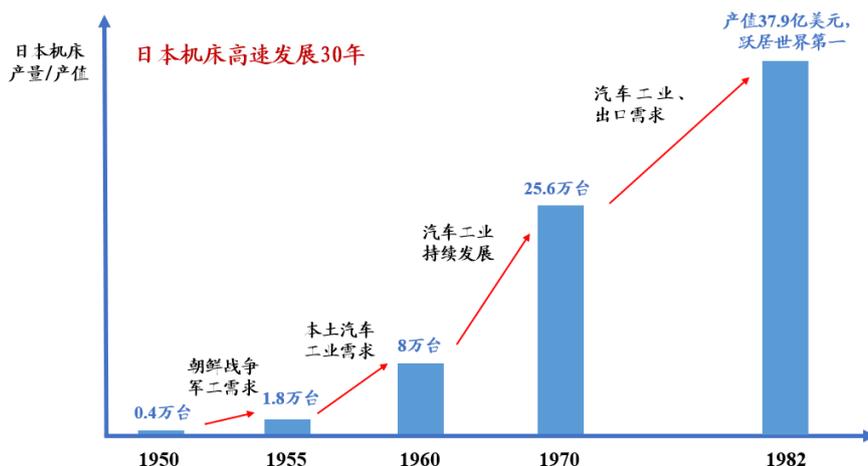
(1) **朝鲜战争军工需求**。1950朝鲜战争期间，在美国的扶持下，日本接受美国军需订货，机床工业得以迅速发展。1950年日本本土机床产量0.4万台，至1955年增长为1.8万台，5年间机床产量增长3.5倍。

(2) **本土汽车工业助推**。上世纪60年代，日本国内小轿车开始进入家庭。为配合汽车工业需要，机床工业大力引进、开发高效自动化机床、生产线，同时扩大出口。1960年，日本国内机床产量增长至8万台，1970年达25.6万台。

(3) **以美国为代表的机床出口需求**。上世纪70年代末至80年代初，美国汽车工业和航空制造业需求成为了日本机床的需求主力之一。日本在数控机床的出口战略上，避开了与美、德等国家一流高档数控机床的竞争。而是以需求量大、应用面广的中高档数控机床为主攻方向，以大占领市场、牟取利润为第一位，且出口产品质量上乘，尤其重视加工中心产品，在美、欧市场受到欢迎。1970年日本机床出口比例为10%，1978年增长至超过40%，到80年代稳定在30-40%的区间。1975年，日本机床行业增长有80%来自美国。1999年，美国进口机床产品约有60%为日本制造。

1982年前后，在日本成为世界最大的汽车生产商之后不久，日本机床产值达到37.9亿美元，跃居世界首位。汽车工业及出口需求对日本机床产值增长功不可没，要求苛刻的日本汽车制造商同时也极大促进了日本机床竞争力的提升。

图34：日本机床在高速发展的30年中，大致受到三轮需求刺激



资料：《日本建立世界上第三个机床工业、制造业、工业化强国的战略战术》（陈循介，2012年）、中国超硬材料网、开源证券研究所

## 2.1.2、核心零部件给予高端市场配套支持，员工“终身制”保证代际传承

核心零部件是日本机床世界领先的关键。数控机床的核心零部件主要包括数控

系统，编码器、光栅尺，滚柱丝杠、线性导轨，轴承，转台等。在机床工业的发展过程中，日本本土机床核心零部件产业也高度发展，涌现出发那科、NSK、THK等一批产品质量过硬、技术一流世界级的零部件企业；机床高端市场配套产业完善各种功能部件、机电液气光等源部件、先进刀具、测量、附件、精密轴承、主轴、伺服等一应俱全。此外，日本电子工业及计算机技术的先进地位，也为日本加速机床机电一体化开辟了道路。上游产业的发展给予了日本机床工业配套支持，使得日本机床产品开发投入市场的速度超过美国和德国。

**表6：日本涌现出世界级零部件企业**

机床零部件	日本生产商
轴承	NSK、NTN
丝杠	NSK、Tsubaki-Nakajima、Kuroda Seiko
导轨	THK、NSK
数控系统	发那科、三菱

资料：《纵观日本机床工业的发展》（机械工程师，2006年）、开源证券研究所

**日本核心零部件企业依托机床厂商选址，形成产业集群。**日本产值靠前的机床厂商集中在东京和名古屋附近，而NSK、THK、NTN等知名核心零部件厂商总部多围绕东京、名古屋、奈良，形成产业集群。

**图35：日本靠前的机床厂商总部集中于东京和名古屋附近**



资料：百度地图、各公司官网、开源证券研究所

**图36：日本知名核心零部件厂总部多围绕东京、名古屋形成产业集群**



资料：百度地图、各公司官网、开源证券研究所

**员工“终身制”保证代际传承。**日本十分重视教育，社会集体意识较强，企业对员工实行“终身制”，千方百计地培养人才，通过连续不断地积累技艺，增强企业的实力。同时，政府、企业中的专家人才，也能够坚持有恒地使用社会的技术链、生产链和供应链。

### 2.1.3、三大法令支持产业突破，政府调控蓄力产值回升

20世纪50年代以来，日本政府连续制定发布“机振法”、“机电法”、“机信法”三大法令，对加速日本机床工业发展，提高机床技术水平，加强国际竞争实力起到了决定性作用。

1956年，日本政府制定《机械工业振兴临时措施法》（简称“机振法”），并分别于1961年和1966年对法案实施两次修改，而后持续实施至1971年。确定以机床及

基础配套零部件为突破口，按产品组织集团，避免低水平无序竞争。

1971年，设立《特定电子工业和特定机械工业振兴临时措施法》（简称“机电法”），持续推动日本机械工业和电子工业发展，实施至1978年3月，重点为发展机电一体化产品。

1978年，制定《特定机械情报产业振兴临时措施法》（简称“机信法”）作为延续机电法的后续措施，重点为以机电信息一体化为中心，提高机械工业产品水平和整体品质。但这一法案由于与《日本国宪法》第九条规定相抵触，最终于1985年终止实施。

表7：日本推出三大法令加速机床发展

政策名称	实施时间	主要方向	政策对象
《机械工业振兴临时措施法》	1956-1971年	确定以机床及基础配套零部件为突破口	机械工业零部件
《特定电子工业和特定机械工业振兴临时措施法》	1971-1977年	促进特定电子工业和特定机械工业的发展，发展机电一体化产品	机械零部件、电子零部件
《特定机械情报产业振兴临时措施法》	1978-1985年	以机电信息一体化为中心，提高机械工业产品水平和整体品质	机械零部件、电子零部件、电子软件

资料来源：《日本中小企业非研发创新政策支持体系研究—以“机振法”产业政策体系为例（田正，2021年）》、开源证券研究所

此外，日本政府还加强了产品质量控制，及对本国机床行业的统计分析。在1937年之前，日本工业产品质量低下，基本为劣质产品代名词。鉴于此，日本在德国工业标准（DIN）的基础上，制定了日本工业标准（JIS），同时逐步采用德国施莱辛格博士的“机床检验书”，并随技术发展添加机床运转精度等检验项目。统计分析方面，日本从1958年起，每5年对全国机床拥有量调查一次，对机床役龄结构、生产情况、国外差距、市场需求等详细考察，从而优化本土机床结构，提高制造业工业生产能力。

可以看出，日本振兴机床产业的思路是：（1）从基础零部件入手，推动机械设各现代化，更新旧有设备；（2）加强质量控制，大力发展机电一体化产品，提高产品质量及技术水平；（3）保护市场生态，避免低水平无序竞争。

在80年代日本泡沫经济破裂后，日本政府的积极调控同样起到了积极作用。彼时面对遭受重创的机床工业，日本政府及时加大调控力度，整顿市场秩序，防止本土企业对产品杀价出售；同时加强各战略机种、部件的开发投入，开拓国外市场；及时减少FMS、FS等方向的开发，集中精力生产各种廉价机床，以供应客户、提高国内外市场的竞争力；并把出口主攻方向由欧洲转向亚洲，打开新市场空间。在上述策略的引导支持下，到1995年，日本机床产值和出口全面回升。

在日本政府各项政策标准的推动下，日本机床实现大批量生产自动化，质量提高至世界一流水平，并加深了对机床精度、可靠性的深刻认知，为后续发展数控机床打下了坚实基础。

## 2.2、国产机床已至突破前夜，关键在核心零部件配套、高端产品突破

总结日本机床发展历程，多轮政策引导，汽车、军工需求助推，和核心零部件配套支持是支撑其 30 年黄金发展的主要动力。

反观我国，如我们在 1.2 中所分析，制造升级为我国工业母机高端市场提供了增长驱动力；而在自主可控趋势下，高端工业母机作为生产高精尖设备、仪器的机器，战略地位得到全面提升。对比中日机床发展历程，目前我国已具备政策顶层设计、高端需求牵引两大助推因素，且市场整体体量庞大，具有支撑机床高端化的土壤。

**表8: 核心零部件、高端产品为高端机床突围关键**

	日本	中国
政策面	三大法令加速机床发展， 严格标准提升产品质量	自主可控成为战略必须， 政策顶层设计助推产业升级
需求面	汽车、军工需求推动机床行业 竞争力提升	机床体量庞大， 制造升级提供高端市场增长动力
供给面	核心零部件世界领先， 企业代际传承较好	<b>核心零部件亟待突破，</b> 行业人才紧缺

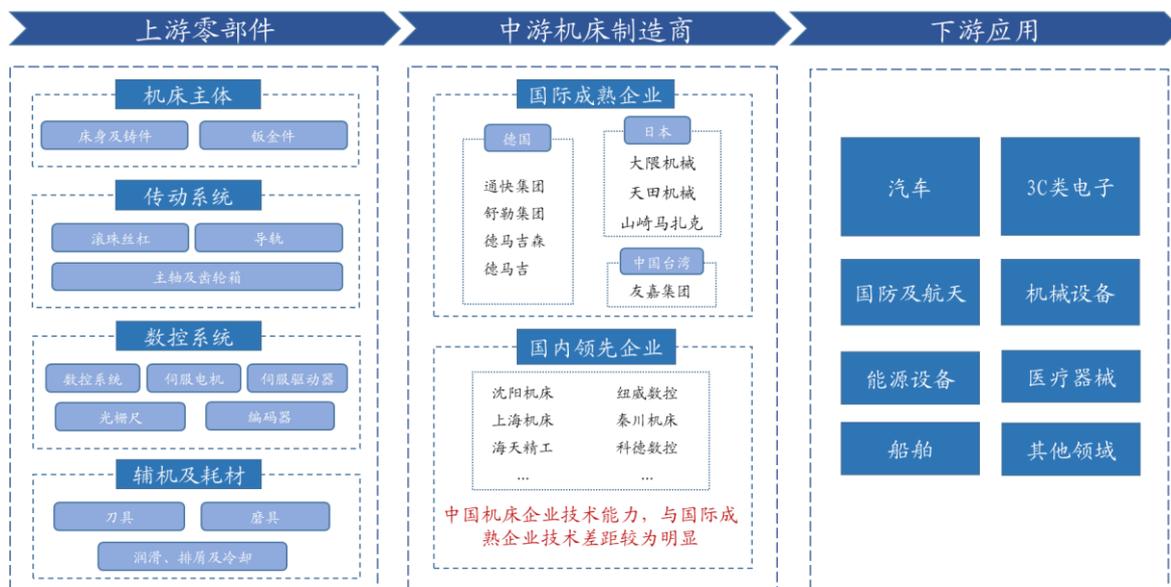
资料：开源证券研究所

因此，我们认为，我国数控机床已到高端突破前夜，突围关键在于：（1）产业链配套角度的核心零部件自主可控；（2）高端产品角度的五轴联动机床、精密磨床

## 3、产业链配套：中高端核心零部件国产率低，国内厂商奋起直追

数控机床核心零部件，主要指数控系统，编码器、光栅尺，滚珠丝杠，主轴，导轨，转台等精度及可靠性对机床性能影响较大的零部件。是数控机床传动系统、数控系统的主要组成部分。

图37：工业母机上游零部件主要包括机床主体、传动系统、数控系统、辅机及耗材



资料：头豹产业研究院、开源证券研究所

目前，我国核心零部件高端产品国产渗透率低，国产零部件技术水平较海外厂商有一定差距。

图38：核心零部件高端产品国产渗透率低

机床零部件	低端	中端	高端
机床主体	85%	过半	较低
数控系统	整体35%左右 高端渗透率较低		
主轴（电主轴）	82%	65%	6%
丝杠、导轨	基本实现100%	50%左右	10%左右

资料：MIR、《A 智能装备有限公司差异化战略研究》姜乃群 2022 年、《机床功能部件的自主研发与创新》周吉贞 2022 年、开源证券研究所

的主要瓶颈在于：（1）硬件方面，主要为丝杠/导轨、轴承、刀具等零部件及机身材料的热变形、刚性、应力、精度等问题；（2）软件方面，主要为数控系统误差补偿能力，以及伺服系统加减速控制精度等不能满足高端数控机床要求。

**表9: 国产零部件技术水平较海外厂商有一定差距**

机床核心零部件	海外厂商	国产厂商	国内外对比
数控系统	FANUC, 西门子, 三菱, 海德汉等	华中数控, 广州数控, 科德数控, 秦川机床等	国产数控系统在高精度, 高速等性能方面与国际先进水平尚存在较大差距
编码器、光栅尺	多摩川、海德汉	奥普光电等	一流厂商接近国际先进水平
滚珠丝杠、导轨	日本 THK, 德国 Rexroth, 台湾上银等	秦川机床, 启尖丝杠, 江门凯特等	国产厂商较多, 但具备量产能力的厂商较少, 产品精度、可靠性有待提升
主轴	德国 Kessler, 瑞士 FISCHER, 瑞士 MCT, 瑞士 IBAG, 英国西风, 英国 ABL	昊志机电, 国机精工, 科隆电机, 阳光精机等	量产厂商稀缺, 技术仍需迭代
转台		秦川机床、科德数控、昊志机电等	多为自用
刀具	瑞典山特维克, 美国肯纳, 日本京瓷等	华锐精密, 欧科亿, 秦川机床, 株洲钻石等	材料较落后, 稳定性不高, 平均寿命只有国际先进水平的 1/3-1/2

资料 : 开源证券研究所

按重要性机技术壁垒排序, 我们认为, 核心零部件中, 最核心的是数控系统, 接下来依次是编码器和光栅尺、滚珠丝杠、主轴、导轨、转台等。

**图39: 工业母机领域中, 最核心的是数控系统, 接下来依次是编码器和光栅尺、滚柱丝杠、主轴等**



资料 : 华中数控官网、CALT 官网、CIMT 特刊、THK 官网、《高速电主轴冷却技术研究及应用探讨》(程耀楠等 2022 年)、开源证券研究所

### 3.1、数控系统: 机床最核心的“大脑”, 高端国产化率低于 10%

#### 3.1.1、成本占比 20%-40%, 高端数控系统国产渗透率低

数控系统是数控机床的控制系统, 由驱动器、控制器、电机构成, 是机床最核心的控制部件。高档数控系统价值约占机床成本的 20%-40%。

图40: 数控系统是机床最核心的控制部件

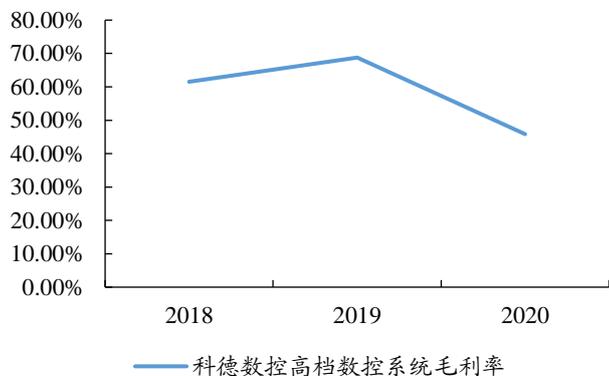


资料 : 海科工控官网

数控系统具有**利润高、粘性强的特点**。作为数控机床最核心的部件，数控系统掌控着工业母机运作过程中的稳定与作业安全，因此客户粘性强、毛利率高。

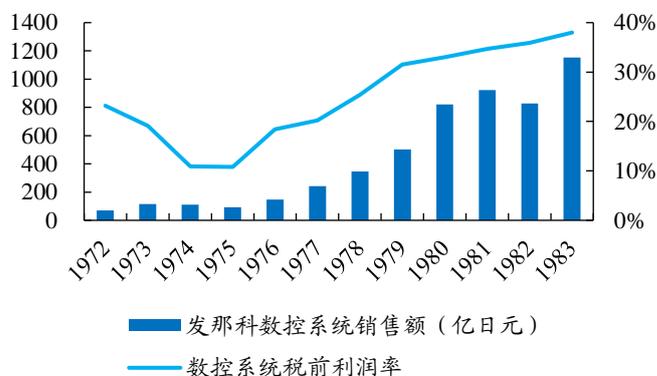
**利润率方面**，以日本发那科为例，1972年发那科从富士通集团独立后，当年数控系统的税前利润率为23.2%，随着产品迭代性能增强、客户认可度提升及粘性加大，到1983年，发那科数控系统的税前利润率提升至38%。而国内厂商科德数控在2018-2019年以销售航空航天用高端数控系统为主的时期，毛利率一度高于60%。

图41: 科德数控 2018-2019 年高端数控系统毛利率超过 60%



数据 : 科德数控招股书、开源证券研究所

图42: 1983 年发那科数控系统税前利润率相比 1972 年提高 15pcts



数据 : 《黄色机器人》稻叶清右卫门著、开源证券研究所

**客户粘性方面**，行业层面看，数控系统需要配合机床工艺不断迭代，通过机床大量应用进而修正、升级是数控系统走向成熟可靠的必经之路。从公司层面看，数控系统在正式投入使用前，需要投入大量磨合调试成本，因其直接影响工业母机运作过程中的稳定与作业安全，客户一经选定，不容易轻易更换。而广泛的数据收集和调试经验将进一步推进优势品牌的技术迭代，相比其他行业，**更易形成“赢家通吃”局面**。

2022年，我国数控系统市场规模约为135亿元。根据MIR数据，2022年，我国数控系统市场规模约为135亿元，数控系统销量达37.9万台/套。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/938036021030006023>