

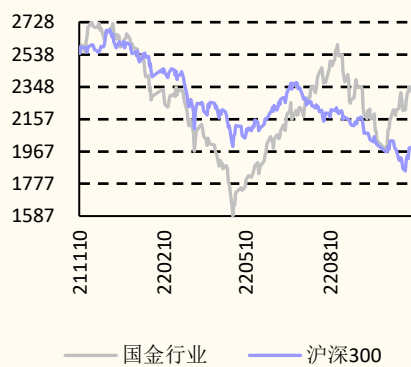
机械组

五轴联动机床 买入 (维持评级)

行业深度研究

市场数据(人民币)

市场优化平均市盈率	18.90
国金通用设备指数	2314
沪深 300 指数	3714
上证指数	3048
深证成指	11055
中小板综指	11894



相关报告

- 1.《行业拐点渐至，坚定看好新一轮复苏-通用机械行业专题分析报告》，2022.10.17
- 2.《中证机床 ETF 获批，“自主可控”之路加速-机床行业深度报告》，2022.9.19
- 3.《春意渐浓，布局当下-通用机械行业深度研究报告》，2022.4.7

满在朋 分析师 SAC 执业编号: S1130522030002
manzaipeng@gjzq.com.cn

李嘉伦 分析师 SAC 执业编号: S1130522060003
lijialun@gjzq.com.cn

高端制造之基，自主崛起东风已至

投资建议

- 五轴联动机床国产化率低，国内企业成长空间巨大，在当前国际局势紧张背景下“自主可控”必要性持续提升，政策、资金支持推动国内五轴机床产业链加速成熟，国产替代有望加速，建议关注科德数控、拓斯达、华中数控、海天精工、纽威数控。

行业观点

- 全球五轴机床市场超 70 亿美元，航空航天、新能源汽车产业需求旺盛：根据 QY Research 数据，21 年全球五轴机床市场空间 74.8 亿美元，预计以约 10% CAGR 增速在 27 年达到 138 亿美元，下游应用以航空航天、汽车、军工为主，占比分别为 39.9%/24.3%/13.3%。
- 国内企业市占率低，进口替代空间超百亿元人民币，成长空间广阔：2018 年中国高端数控机床国产化率为 6%，我们预计目前五轴机床国产化率仍低于 10%，国产替代空间巨大，根据我们测算，国内 21 年五轴机床市场空间 103.09 亿元人民币，25 年有望达到 186.83 亿元人民币。国内企业规模与海外龙头差距较大，以德玛吉森精机与科德数控为例，2021 年德玛吉森精机实现营收 219.45 亿元人民币（五轴占比约 66%），科德数控实现营收 2.54 亿元人民币，2021 年德玛吉森精机全球销量 11574 台，科德数控销量 126 台，而目前科德数控设备已不逊于同类型进口产品，成长空间广阔。
- 多轴联动为未来发展趋势，国内企业入局加速降本提升五轴渗透率：以五轴联动为代表的高端机床，具有提高加工效率、节约场地和人工成本等优势，满足制造业企业提升产品竞争力需求，将有越来越多企业选择五轴机床来提升产品竞争力。国内企业入局通过国产数控系统、功能部件将加速五轴机床降本，有望推动五轴机床替代三轴机床，提升五轴机床渗透率。
- 产业链逐渐走向成熟，机床厂技术实力提升，构筑国产替代基础：五轴联动机床对于数控系统、摆头、转台等核心部件要求较高，进口限制与高进口成本限制了国产五轴机床发展。目前数控系统科德数控、华中数控五轴系统已逐步向西门子、发那科等海外龙头企业看齐。功能部件一方面部分制造业龙头企业向机床产业链延伸，加速功能部件供应链成熟，一方面机床厂逐步实现了自研功能部件配套，基于自研专利技术在功能、控制精度、加工效率等方面向国际先进水平看齐。国内机床产业链走向成熟构筑国产替代基础。
- 五轴联动机床“自主可控”必要性强，政策、资金扶持下国产替代加速：五轴机床作为高端制造产业链核心，西方国家与日本对中国实行出口限制和监督使用政策，在目前国际局势紧张背景下有更加严格的趋势，推进五轴机床“自主可控”必要性强。目前制造业转型升级基金积极投资机床产业链公司、华夏中证机床 ETF、国泰中证机床 ETF 上市，对机床产业链带来积极资金支持，同时针对工业母机、高端制造领域扶持政策频出，我们认为一方面有望推动主机厂加强研发投入，在技术升级、功能部件自制等方面持续加码；一方面扶持也覆盖了机床产业链上游企业，有望加速核心部件供应链成熟，从而加速国产替代推进。

风险提示

- 宏观经济变化的风险、原材料价格波动的风险、核心部件进口受阻风险。

内容目录

1.五轴联动数控机床：高端制造之基，国内企业成长空间巨大.....	4
1.1 五轴联动机床广泛应用于高端制造业.....	4
1.2 21 年全球市场规模超 70 亿美元，国内市场空间约百亿元人民币.....	6
1.3 新能源汽车、航空航天等领域需求旺盛，有望为国内企业带来成长机遇 9	
1.4 国内企业入局加速降本，有望推动五轴机床渗透率提升替代三轴.....	11
2.资金、政策扶持下，五轴机床“自主可控”加速.....	11
2.1 技术：从功能部件到主机制造，国内五轴机床技术逐渐成熟，具备国产替代基础.....	12
2.1.1 数控系统：科德数控、华中数控已实现五轴数控系统从 0 到 1 突破..	13
2.1.2 功能部件：供应链成熟、企业自制能力提升，从依赖进口走向百花齐放.....	16
2.2“自主可控”相关政策、资金扶持，五轴机床国产替代有望加速.....	18
3.投资建议.....	19
4.风险提示.....	21

图表目录

图表 1：带有刀库、换刀装置的数控机床被称为加工中心.....	4
图表 2：主要加工中心分类.....	5
图表 3：X/Y/Z 直线坐标轴联动加上 A/B/C 旋转坐标轴中的两个构成五轴联动	5
图表 4：五轴机床摆轴通过工作台倾斜、主轴倾斜实现.....	6
图表 5：五轴机床广泛应用于高端制造业，受到西方发达国家封锁.....	6
图表 6：2021 年全球五轴机床市场规模 74.8 亿美元.....	7
图表 7：2020 年五轴数控机床行业 CR5 达到 62%.....	7
图表 8：2020 年五轴数控机床行业 CR10 达到 81%.....	7
图表 9：全球数控机床龙头企业.....	7
图表 10：国内 21 年五轴市场空间约百亿元人民币，25 年有望达到 186.83 亿元人民币.....	8
图表 11：高档数控机床国产化率略有提升但仍处于低位.....	8
图表 12：德马吉森精机 2021 年营业收入 220 亿元人民币.....	9
图表 13：科德数控 2021 年营收 2.54 亿元人民币.....	9
图表 14：德马吉森精机 2021 年全球销量超万台.....	9
图表 15：科德数控 2021 年五轴机床销量 126 台.....	9
图表 16：五轴数控机床主要下游应用占比情况.....	9
图表 17：山崎马扎克五轴数控机床在汽车领域应用.....	10
图表 18：山崎马扎克五轴数控机床在航空航天领域应用.....	10
图表 19：22 年 1-8 月日本出口中国机床订单在去年高基数下保持正增长.....	10
图表 20：月度数据看日本出口中国机床订单底部已现需求开始回升.....	10

图表 21: 新能源汽车与航空航天领域有望为国内企业带来成长机遇.....	11
图表 22: 五轴机床通过更高加工效率、更小占地面积与能耗带来经济性, 对三轴机床具有一定替代性	11
图表 23: 多轴联动机床为未来发展趋势	11
图表 24: 五轴机床相比三轴机床增加/升级了五轴数控系统、摆头、转台等..	12
图表 25: 过去国内中端、高端功能部件市场占有率较低.....	13
图表 26: 在“04 专项”推动下, 国产功能部件已经取得长足进步	13
图表 27: 国内数控系统技术实力已逐渐向海外龙头看齐	13
图表 28: 国产高端数控系统基本实现核心器件配套	14
图表 29: 华中数控系统满足五轴加工需求.....	15
图表 30: 华中数控智能产线网络拓扑图	15
图表 31: 国产谐波转台性能优异	16
图表 32: 科德数控五轴机床基本实现功能部件自研配套.....	17
图表 33: 埃弗米自制核心功能部件性能优异	17
图表 34: 济南二机床双摆角铣头项目通过国家验收	18
图表 35: 近年来多部门发布政策支持中国高端数控机床发展	18
图表 36: 转型基金部分投资项目	19
图表 37: 五轴机床投资地图.....	20
图表 38: 重点公司盈利预测与估值.....	20

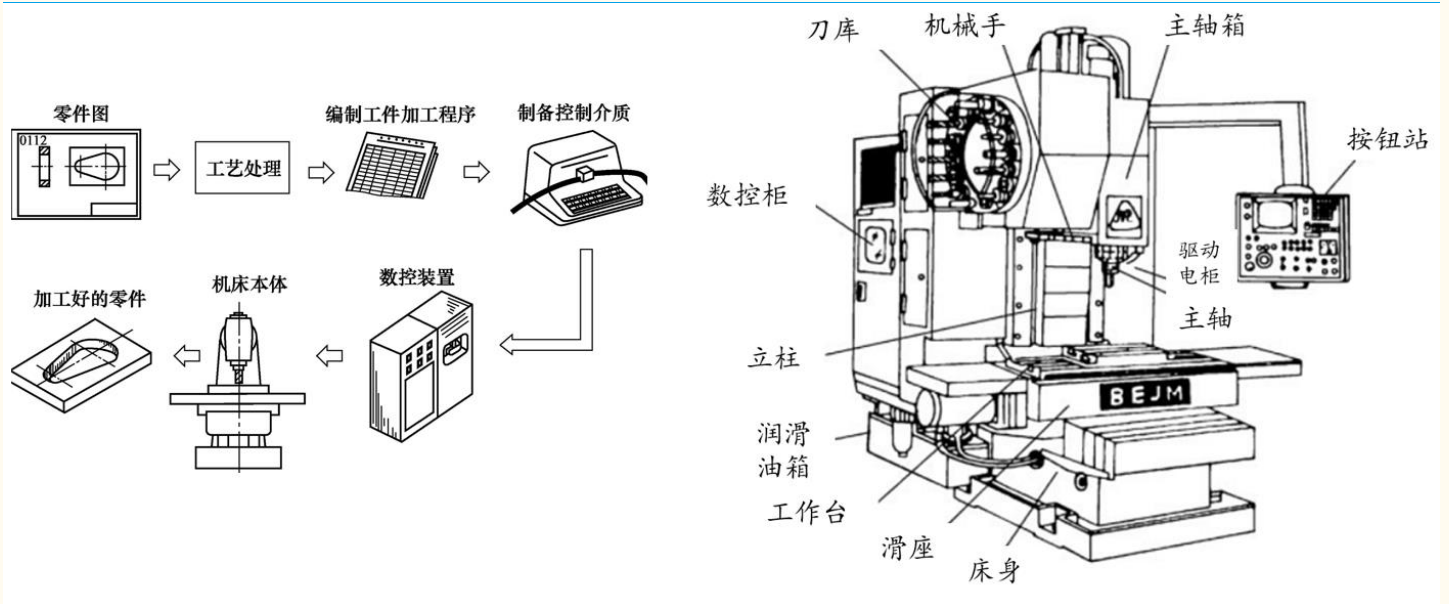
1.五轴联动数控机床：高端制造之基，国内企业成长空间巨大

- 五轴联动数控机床作为高端制造业之基，广泛应用于航空航天、汽车、军工等领域。根据 QY Research 数据，21 年全球五轴机床市场空间 74.8 亿美元，预计以约 10% CAGR 增速在 27 年达到 138 亿美元。目前市场份额主要被国际龙头企业垄断，国内企业收入规模、销量等均与国际龙头企业差距较大，未来空间巨大。目前国内航空航天、新能源汽车产业需求旺盛，有望为国内企业带来发展机遇，同时国内企业入局有望加速降本，提升五轴机床渗透率。

1.1 五轴联动机床广泛应用于高端制造业

- 机床主要由基础部件、主轴部件、进给机构、数控系统、辅助装置等构成。加工中心指带有刀库和自动换刀装置的数控机床，可使工件在一次装夹后，自动连续完成铣削、钻孔、镗孔、铰孔、攻螺纹、切槽等多工序的加工，如果加工中心带有自动分度回转工作台或者主轴箱能自动改变角度，还可使工件在一次装夹后自动完成多个面和多工序的加工。因此，加工中心除了可加工各种复杂曲面外，非常适用于各种箱体类和板类等复杂零件的加工。

图表 1：带有刀库、换刀装置的数控机床被称为加工中心



来源：《数控机床》，《数控系统编程与操作》，国金证券研究所

- 加工中心按照布局方式分类，主要包括立式加工中心、卧式加工中心、龙门式加工中心、复合加工中心等。

图表 2: 主要加工中心分类

立式加工中心

立式加工中心是指主轴轴线为垂直状态设置的加工中心，其结构形式多为固定立柱式，工作台为长方形，无分度回转功能，适合加工盘类零件，具有3个直线运动坐标（沿X, Y, Z轴方向），如在工作台上安装一个水平轴的数控回转台，可用于加工螺旋线类零件。



卧式加工中心

卧式加工中心是指主轴轴线为水平状态设置的加工中心，它通常都带有可进行分度回转运动的正方形分度工作台。卧式加工中心一般具有3~5个运动坐标，常见的是3个直线运动坐标（沿X, Y, Z轴方向）加一个回转运动坐标（回转工作台），它能够使工件在一次装夹后完成除安装面和顶面以外的其余4个面的加工，最适合箱体类工件的加工。



龙门加工中心

主轴多为垂直设置，带有自动换刀装置及可更换的主轴头附件，数控装置的软件功能也较齐全，能够一机多用。龙门型布局具有结构刚性好，容易实现热对称性设计，尤其适用于大型或形状复杂的工件，如航天工业及大型汽轮机上的某些零件的加工。



复合加工中心

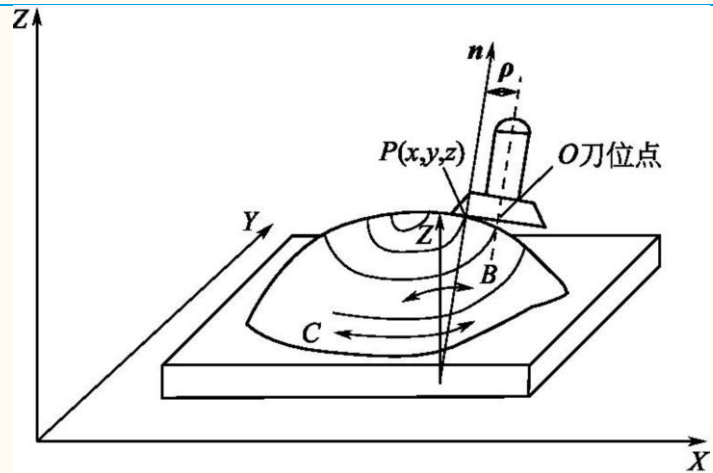
具有立式和卧式加工中心的功能，工件一次装夹后能完成除安装面外的所有侧面和顶面（5个面）的加工，也称为五面加工中心。常见的五面加工中心有两种形式，一种是主轴可实现立、卧转换；另一种是主轴不改变方向，工作台带着工件旋转90°完成对工件5个表面的加工。



来源：《数控机床》，科德数控官网，国金证券研究所

- 按照数控系统进行分类，数控系统控制几个坐标按照需要的函数关系同时协调运动称为坐标联动，按照联动轴数分为二轴联动、二轴半联动、三轴联动、四轴联动、五轴联动等。五轴联动数控加工主要指在一台机床上至少有5个坐标轴（三个直线坐标和两个旋转坐标），并且5个轴可以同时插补进行零件加工。

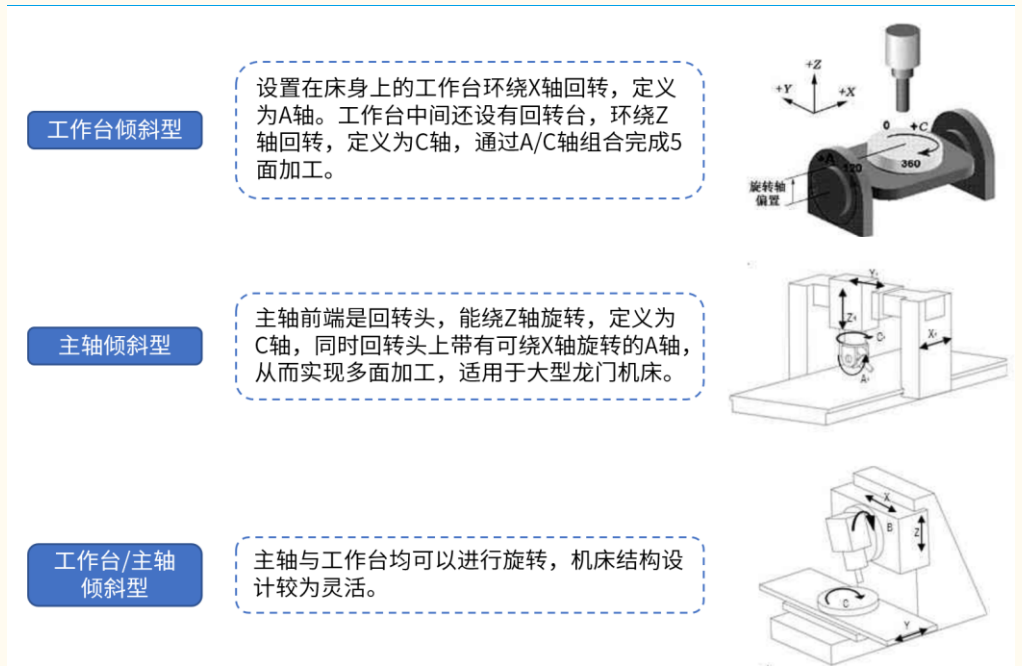
图表 3: X/Y/Z 直线坐标轴联动加上 A/B/C 旋转坐标轴中的两个构成五轴联动



来源：《现代数控机床及控制》，国金证券研究所

- 五轴机床结构包括工作台倾斜型、主轴倾斜型和工作台/主轴倾斜型五轴加工机床。

图表 4: 五轴机床摆轴通过工作台倾斜、主轴倾斜实现



来源:《五轴数控机床》，国金证券研究所

- 五轴联动数控技术是衡量一个国家复杂精密零件制造能力技术水平的重要标准之一，从“巴统清单”到“瓦森纳协定”，西方发达国家针对中国进行了严格的技术封锁，五轴联动数控机床应用较广泛的航空航天、兵器、船舶、等高端行业近年面临的封锁进一步加剧。

图表 5: 五轴机床广泛应用于高端制造业，受到西方发达国家封锁

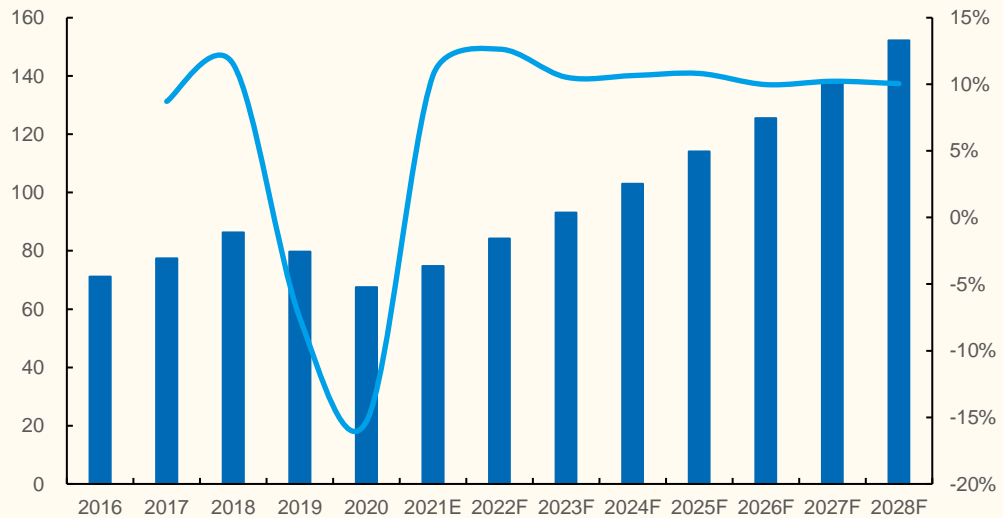


来源: 科德数控官网，国金证券研究所

1.2 21 年全球市场规模超 70 亿美元，国内市场空间约百亿元人民币

- 根据 QY Research 数据统计，21 年全球五轴数控机床市场规模达 74.8 亿美元，预计 27 年行业规模有望达 138 亿美元，期间年复合增速达 10.05%。

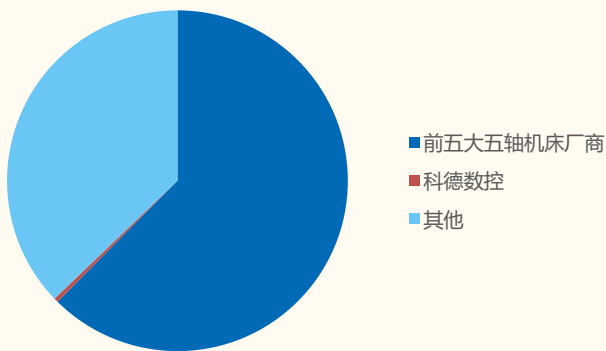
图表 6: 2021 年全球五轴机床市场规模 74.8 亿美元



来源: QY Research, 国金证券研究所

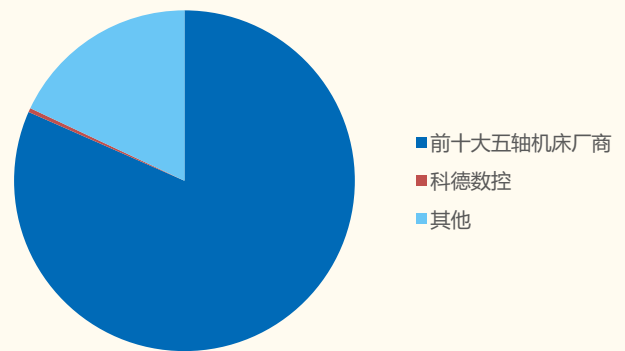
- 根据 QY Research 数据, 全球五轴数控机床的多数份额被德玛吉森精机、山崎马扎克、哈默、格劳博和斗山等多个头部海外公司垄断。2020 年前五大厂商市场份额达到 62%, 前十大厂商占据行业超过 80% 的市场份额; 科德数控为国内五轴机床龙头企业, 20 年五轴数控机床收入仅为 1.72 亿元, 市场份额 0.39%。

图表 7: 2020 年五轴数控机床行业 CR5 达到 62%



来源: QY Research, 科德数控公告, 国金证券研究所

图表 8: 2020 年五轴数控机床行业 CR10 达到 81%



来源: QY Research, 科德数控公告, 国金证券研究所

图表 9: 全球数控机床龙头企业

2008 年			2019 年		
企业	国家	产值 (亿美元)	企业	国家	产值 (亿美元)
山崎马扎克	日本	25.3	山崎马扎克	日本	52.8
德玛吉	德国	25.1	通快	德国	42.4
通快	德国	21.4	德玛吉森精机	德国	38.2
天田	日本	19	马格	美国	32.6
大隈	日本	16.7	天田	日本	31.1
马格	美国	16.5	大隈	日本	19.4
沈阳机床	中国	16.3	牧野	日本	18.8
森精机	日本	15.7	格劳博集团	德国	16.8
捷太格特	日本	15.3	哈斯	美国	14.8
大连机床	中国	15.3	埃马克	德国	8.7

来源: 赛迪顾问, 华夏幸福研究院, 国金证券研究所

- 国内 21 年五轴市场空间约百亿元人民币，25 年有望达到 186.83 亿元人民币。根据机床工具工业协会数据，2021 年中国金属加工机床进口额 74.6 亿美元，其中加工中心进口额 26.36 亿美元，占比 35.7%，假设 60% 加工中心进口金额为五轴机床（考虑五轴单价高于普通加工中心），对应市场空间 15.95 亿美元，折合人民币 103.09 亿元，全球占比 21.38%。基于 QY Research 预测全球市场数据，考虑国内市场一方面受高端制造业占比提升驱动五轴机床需求将不断提升，一方面国内企业入局加速降本推动五轴机床替代三轴机床提升渗透率，假设 25 年中国市场占全球比重达到 25.38%，国内市场空间将在 25 年达到 186.83 亿元人民币。

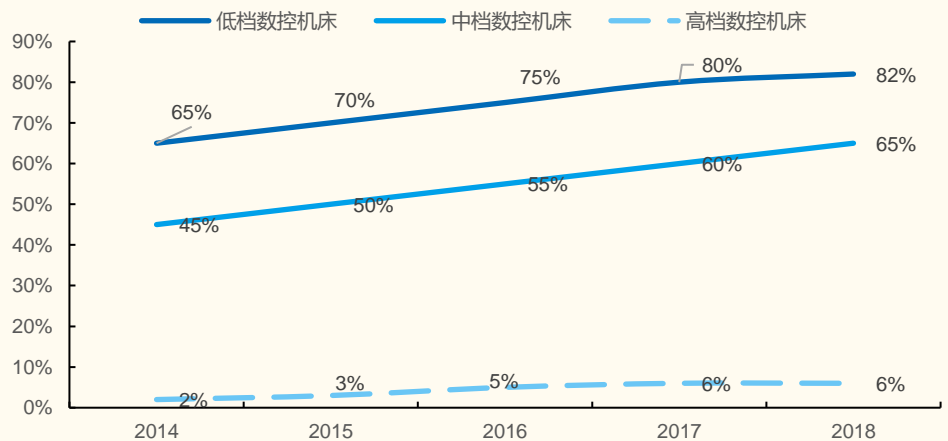
图表 10: 国内 21 年五轴市场空间约百亿元人民币，25 年有望达到 186.83 亿元人民币

	2021E	2022F	2023F	2024F	2025F
全球五轴数控机床市场规模 (亿美元)	74.75	84.20	93.07	102.99	114.12
中国市场占全球比重	21.38%	22.38%	23.38%	24.38%	25.38%
中国五轴数控机床市场规模 (亿美元)	15.98	18.84	21.76	25.10	28.96
美元兑人民币平均汇率	6.45	6.45	6.45	6.45	6.45
中国五轴数控机床市场规模 (亿元人民币)	103.09	121.55	140.36	161.96	186.83
YoY		17.91%	15.47%	15.39%	15.36%

来源: QY Research, 机床工具工业协会, 国金证券研究所

- 中国五轴机床国产化率低于 10%，国产替代空间巨大。国内机床高端市场主要由海外企业垄断，截至 2018 年中国高端机床国产化率仅为 6%，我们预计目前五轴机床国产化率仍低于 10%。

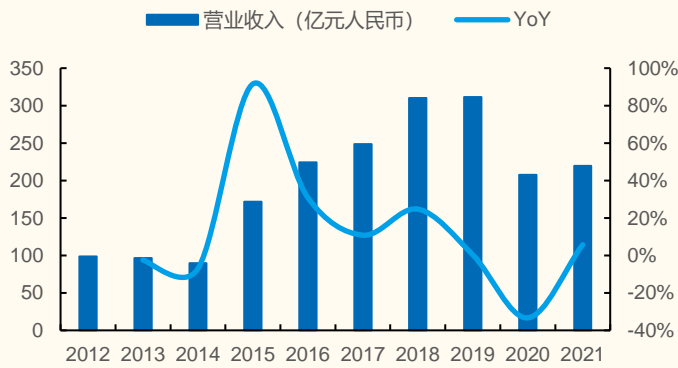
图表 11: 高档数控机床国产化率略有提升但仍处于低位



来源: 前瞻产业研究院, 科德数控招股说明书, 国金证券研究所

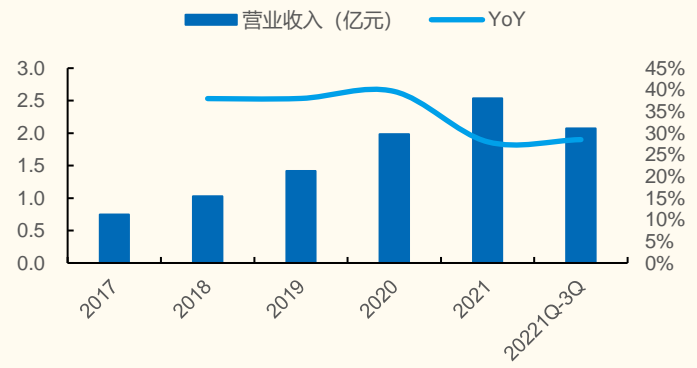
- 目前国内五轴机床企业收入体量、产销量与海外龙头差距较大，国内企业成长空间巨大。以德马吉森精机和科德数控为例，2021 年德马吉森精机实现营收 219.45 亿元人民币，同比增长 20.63%，科德数控 2021 年营收 2.54 亿元人民币。2021 年德马吉森精机全球销量 11574 台，科德数控 2021 年销量 126 台，成长空间巨大。

图表 12: 德马吉森精机 2021 年营业收入 220 亿元人民币



来源: 德马吉森精机, 国金证券研究所

图表 13: 科德数控 2021 年营收 2.54 亿元人民币



来源: Wind, 国金证券研究所

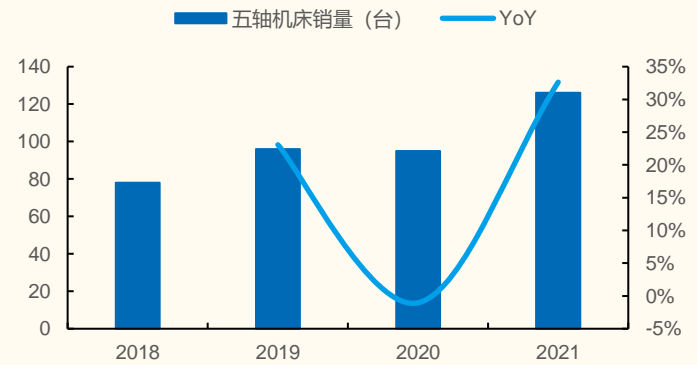
图表 14: 德马吉森精机 2021 年全球销量超万台



来源: 德马吉森精机年报, 国金证券研究所

注: 根据德马吉森精机营业收入与平均价格计算; 德马吉森精机五轴机床占比约为 66%

图表 15: 科德数控 2021 年五轴机床销量 126 台



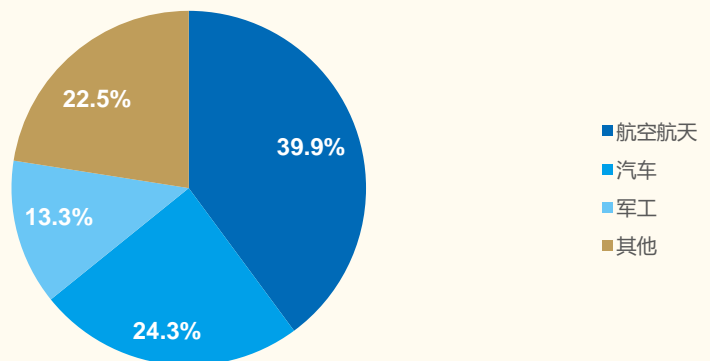
来源: 科德数控公告, 科德数控招股说明书, 国金证券研究所

注: 18-20 年数据不包含用于研发、自用台数

1.3 新能源汽车、航空航天等领域需求旺盛, 有望为国内企业带来成长机遇

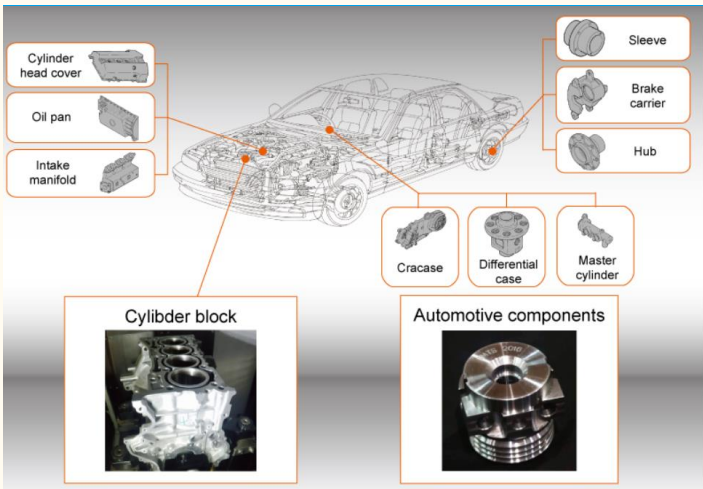
- 五轴数控机床下游主要应用在航空航天、汽车、军工等领域。根据 QY Research 数据, 五轴机床在航空航天、汽车、军工三个行业的销量占比分别为 39.9%/24.3%/13.3%。其中汽车领域主要用于生产气缸缸体以及汽车零部件; 航空航天领域主要生产飞机叶盘、发动机等精密零部件。

图表 16: 五轴数控机床主要下游应用占比情况



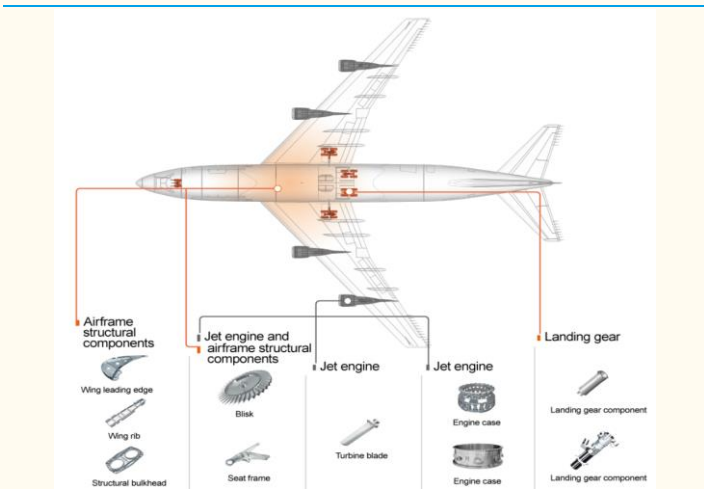
来源: QY Research, 国金证券研究所

图表 17: 山崎马扎克五轴数控机床在汽车领域应用



来源: Yamazaki Mazak, 国金证券研究所

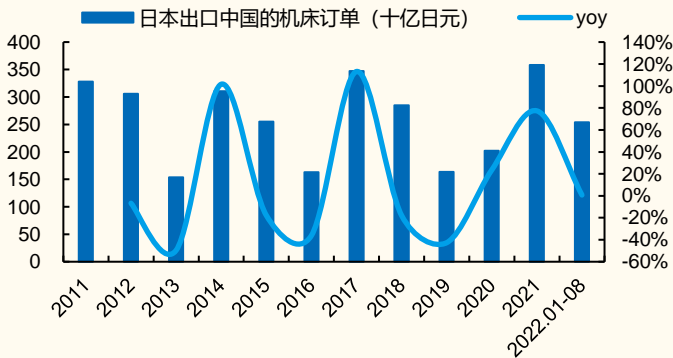
图表 18: 山崎马扎克五轴数控机床在航空航天领域应用



来源: Yamazaki Mazak, 国金证券研究所

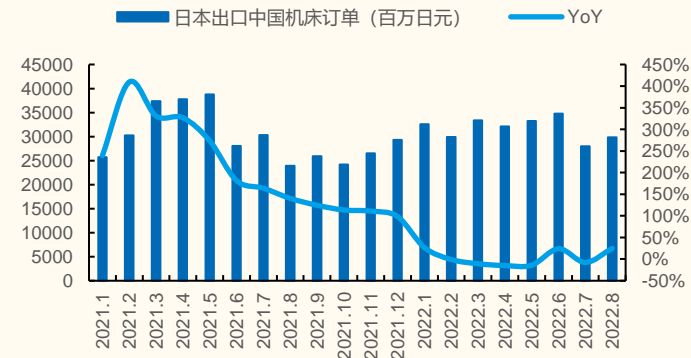
- 从日本出口中国机床订单数据来看,今年在通用机械下行周期中高端机床仍保持了较强需求韧性。2022年1-8月中国机床工具工业协会重点联系企业新签订单同比下降6.2%,但日本出口中国机床订单在去年高基数下基本持平。2021年日本出口中国机床订单大幅增长77%至3580.4亿日元(按照2021年平均汇率计算为210.3亿元人民币)。2022年1-8月日本出口中国机床订单同比增长0.72%,在去年高基数下重回正增长。月度数据来看,订单从今年1月份开始走弱,从6月份开始出现趋势性反弹。

图表 19: 22年1-8月日本出口中国机床订单在去年高基数下保持正增长



来源: 日本机床工业协会, 国金证券研究所

图表 20: 月度数据看日本出口中国机床订单底部已现需求开始回升



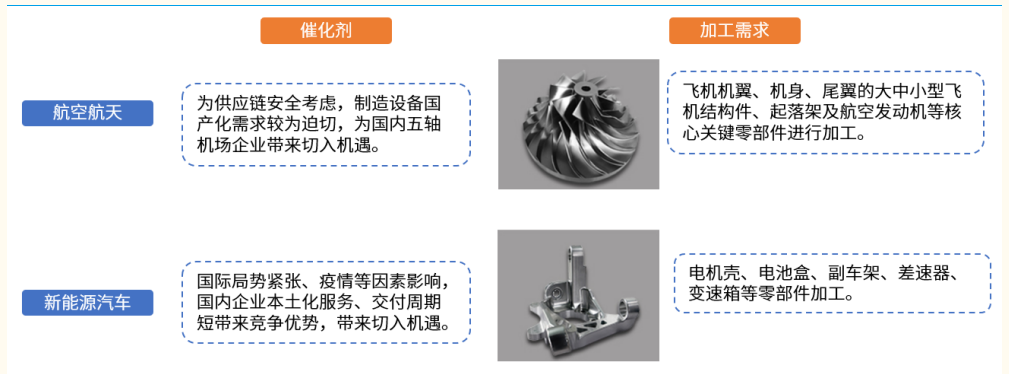
来源: 日本机床工业协会, 国金证券研究所

- 新能源汽车与航空航天领域有望推动五轴机床需求持续增长,为国内企业带来成长机遇:

1) 航空航天领域: 五轴机床国产替代需求旺盛,国产大飞机产业链持续释放增量市场需求。五轴机床在航空航天领域应用场景较多,覆盖飞机结构件、起落架、叶片、机匣、压气机叶轮等部件加工。伴随国产大飞机逐步进入批量制造,五轴机床需求有望持续提升。同时在贸易摩擦影响下,航空航天领域急需可以实现进口替代的高端机床,增量市场空间有望向国内企业倾斜。

2) 新能源汽车: 一体化压铸等新工艺推进有望持续带来五轴机床需求增长。新能源汽车制造向轻量化、一体化转型,一体化成形的异型结构件有望为五轴机床应用提供机遇。

图表 21: 新能源汽车与航空航天领域有望为国内企业带来成长机遇



来源：埃弗米官网，国金证券研究所

1.4 国内企业入局加速降本，有望推动五轴机床渗透率提升替代三轴

- 五轴机床通过更高加工效率、更小占地面积与能耗带来经济性，对三轴机床具有一定替代性。根据全球五轴机床龙头德马吉森精机披露数据，其使用 10 台五轴机床替换 50 台立式五面加工机床，带来了更高加工量、更小占地面积，并且节约能耗 42%。

图表 22: 五轴机床通过更高加工效率、更小占地面积与能耗带来经济性，对三轴机床具有一定替代性

	占地面积 (m ²)	加工时间 (分钟)	去除量 (mL/min)	能耗 (KWh)
立式五面加工设备	单设备 316, 50 台共 15800	512	585	136
DMC340FD 五轴加工中心	单设备 229, 10 台共 2290	259	1575	79
对比	减少 86%	减少 49%	增加 169%	减少 42%

来源：德马吉森精机，国金证券研究所

- 我们认为五轴机床渗透率有望持续提升：

- 1) 供给侧：国内企业入局加速降本，将带动五轴机床经济性不断提升。五轴机床高价格、高成本基于其采用的数控系统、摆头等核心部件成本较高，目前我们看到国产数控系统、功能部件技术成熟度不断提升，有望带动国产五轴机床成本不断降低。以科德数控为例，其自研数控系统对外售价低于西门子 840D 平均价格的 50%，同时标准产品毛利率在 50% 以上。
- 2) 需求侧：五轴机床将成为民营企业提升产品竞争力核心。为提高加工效率、节约场地和人工成本，满足产品加工多样化，符合市场化趋势，将有越来越多企业通过选择五轴机床来提升产品竞争力。

图表 23: 多轴联动机床为未来发展趋势



来源：《机床核心功能部件的自主研发与创新》，国金证券研究所

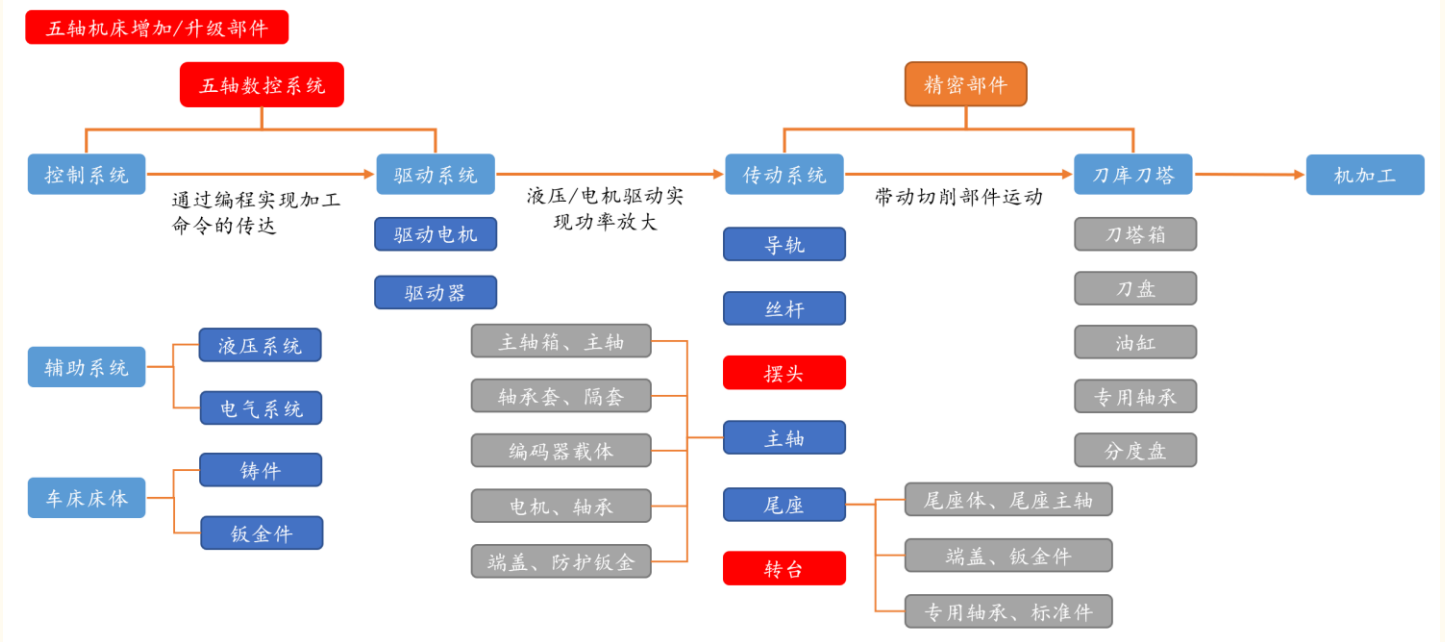
2. 资金、政策扶持下，五轴机床“自主可控”加速

- 从高端数控系统到高端机床均为制高端制造产业链核心，为国家战略性物资，西方国家与日本均对中国实行出口限制和监督使用政策，在目前国际局势紧张背景下有更加严格的趋势，以限制中国国防技术发展。目前我们看到国产高端数控系统、五轴联动机床均实现了从 0 到 1 突破，高端机床产业链“自主可控”迫在眉睫，在政策支持、资金扶持影响下，国产替代有望加速。

2.1 技术：从功能部件到主机制造，国内五轴机床技术逐渐成熟，具备国产替代基础

- 从五轴机床构成来看，五轴机床相比三轴机床主要是增加/升级了五轴数控系统、摆头、转台等部件。

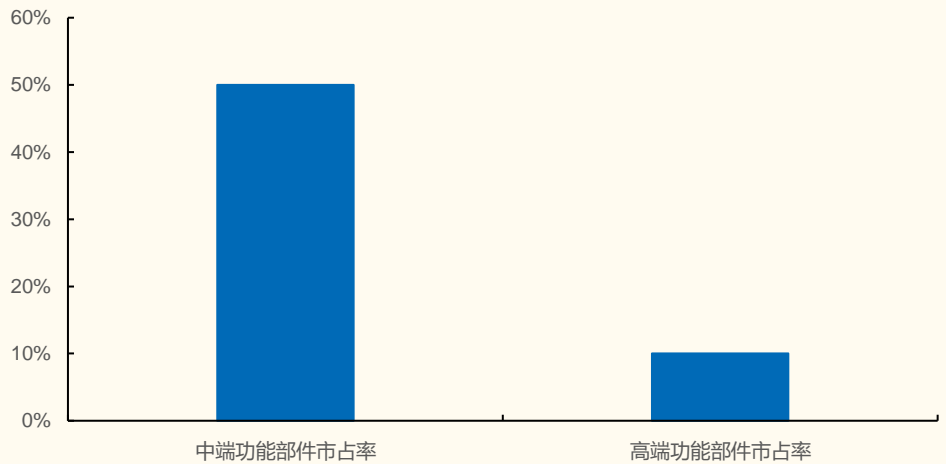
图表 24：五轴机床相比三轴机床增加/升级了五轴数控系统、摆头、转台等



来源：海天精工招股说明书，浙海德曼招股说明书，国金证券研究所

- 五轴机床制造难度主要体现在对于高端数控系统、功能部件要求较高，而国内产业链成熟度较低，核心部件依赖进口一方面导致国产五轴机床价格居高不下，后续维保成本较高，普及速度受限；一方面压制了国内企业利润：
 - 1) 数控系统目前主要进口自西门子、海德汉、发那科、三菱等厂商，进口成本较高的同时还受到封锁限制，部分高端模块不对中国开放进口。
 - 2) 功能部件依赖进口，摆头、转台、测量反馈元件等目前国内产业链专业化程度与西方差距大，品种少且质量不稳定，高端功能部件依赖进口影响机床厂利润。

图表 25: 过去国内中端、高端功能部件市场占有率较低



来源:《机床核心功能部件的自主研发与创新发展》, 国金证券研究所

- 在“04 专项”、机床工具行业“十四五”发展规划纲要等政策推动下, 我们认为五轴机床产业链正逐步走向成熟, 具备推进国产替代基础。

图表 26: 在“04 专项”推动下, 国产功能部件已经取得长足进步



来源:《机床核心功能部件的自主研发与创新发展》, 国金证券研究所

2.1.1 数控系统: 科德数控、华中数控已实现五轴数控系统从 0 到 1 突破

- 科德数控、华中数控作为国内首批研发数控系统企业, 目前高端数控系统已经实现了与发那科、西门子等国际龙头产品对标, 科德数控搭载自研数控系统五轴联动机床打入了航空航天等高端制造业领域, 华中数控与豪迈数控、纽威数控、宁波海天、常州瑞其盛、东莞埃弗米等机床企业合作, 在高端数控系统领域渗透率持续提升。

图表 27: 国内数控系统技术实力已逐渐向海外龙头看齐

类别	项目	西门子 840D	科德数控 GNC60
技术指标	通道数	1/2/6/10 取决于不同的数控单元	最大 8 通道
	总控制轴数	2/6/31 取决于不同的数控单元	最多支持 32*8 轴
	双驱控制	支持	支持

	倾斜轴控制	支持	支持
	主轴数	2/6/31 取决于不同的 NCU	最多 16 个
	全闭环控制	支持	支持
数控功能变换	圆柱面坐标系插补	支持	支持
	倾斜轴插补	支持	支持
	五轴加工包	支持	支持
数控功能插补	通用插补器 NURBS	支持	支持
	三轴样条插补 (ABC/压缩器)	支持	支持
	5 轴样条插补	支持 (选件)	支持
数控功能程序功能	多项式插补	支持	支持
	程序段预读	支持	支持
	程序段预处理	支持	支持
	宏程序编程	支持	支持
	插补型双向螺距误差补偿	支持	支持
补偿功能	垂直度误差补偿	支持	支持
	直线度误差补偿	支持	支持
	扭摆误差补偿	支持	支持
	双驱误差补偿	支持	支持

来源：科德数控招股说明书，国金证券研究所

- 科德数控、华中数控目前已基本实现了高端数控系统的伺服驱动、电机配套。

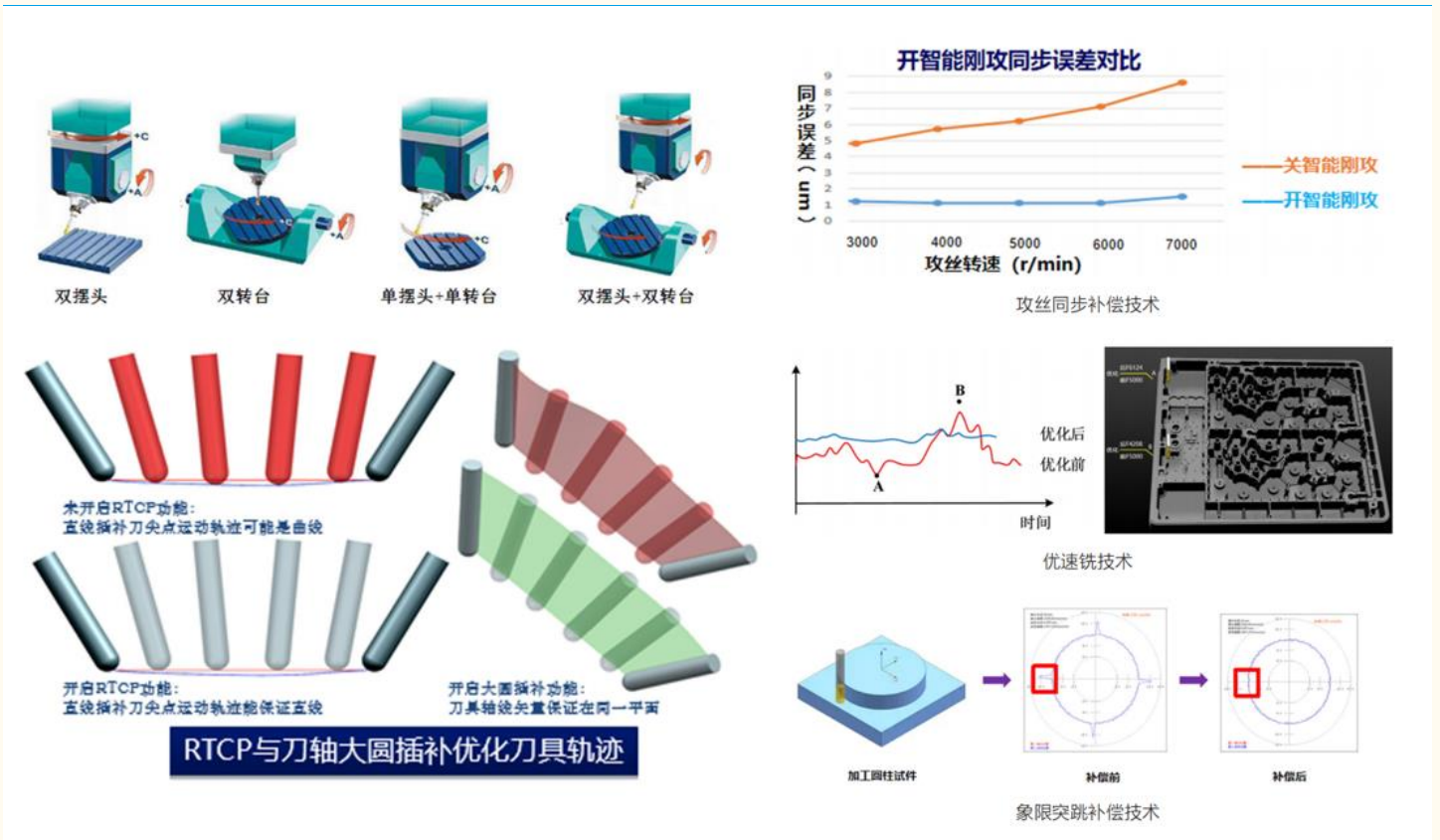
图表 28：国产高端数控系统基本实现核心器件配套

核心零部件	德国西门子	日本发那科	华中数控	科德数控
数控系统	有	有	有	有
伺服驱动器	有	有	有	有
传感器	角度测量	无	有	有
	直线测量	无	有	有
	刀具测量	无	无	有
	工件测量	无	无	有
电机	伺服电机	有	有	有
	主轴电机	有	有	有
	力矩电机	有	有	有
	直线电机	有	有	有

来源：科德数控招股说明书，国金证券研究所

- 以华中数控系统为例，目前覆盖了 RTCP 功能、直角头双向刀长补、摆头分度、动态精度测定、数显手摇、斜面对刀、全闭环模式下零位保护功能、刀轴方向长度补偿、五轴倾斜面加工、法向进退刀、线性插补、大圆插补等典型五轴功能，满足五轴加工需求。

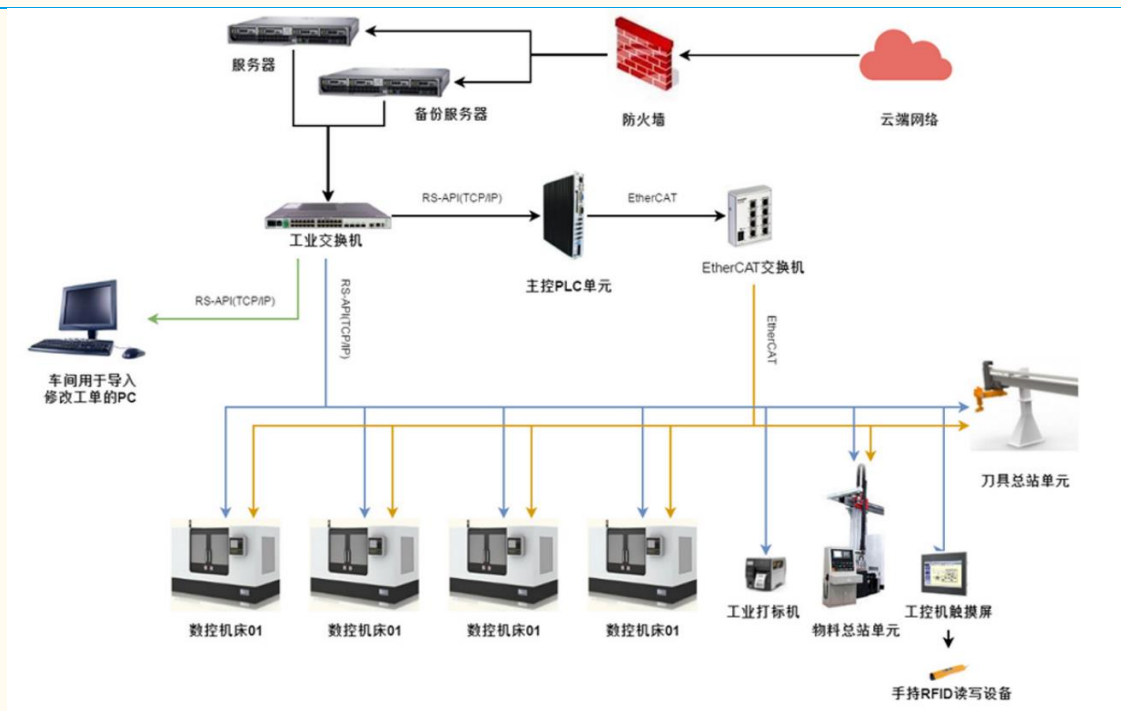
图表 29: 华中数控系统满足五轴加工需求



来源:《精密铝合金结构件的无人化制造技术》, 国金证券研究所

- 科德数控、华中数控系统均向智能化、自动化延伸, 配套打造自动化生产线。

图表 30: 华中数控智能产线网络拓扑图



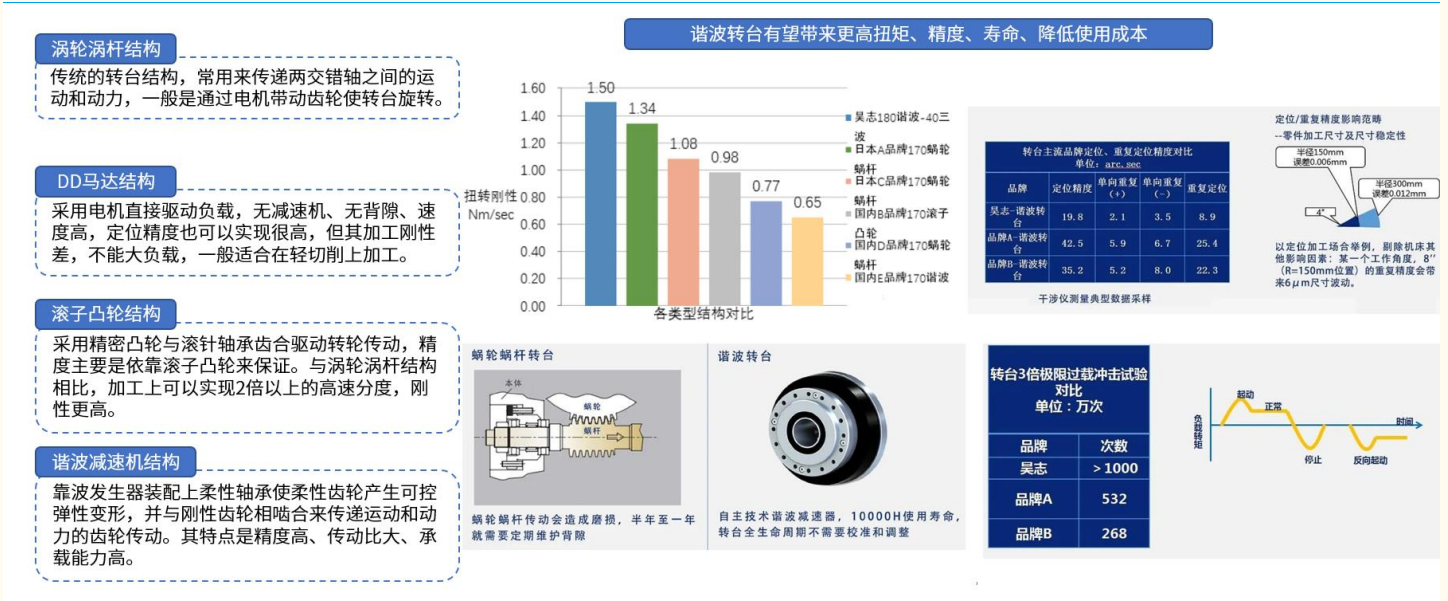
来源:《精密铝合金结构件的无人化制造技术》, 国金证券研究所

- 根据科德数控披露数据，其自研数控系统对外售价低于西门子 840D 平均价格的 50%，有望加速国产五轴机床降本，带动渗透率提升。

2.1.2 功能部件：供应链成熟、企业自制能力提升，从依赖进口走向百花齐放

- 从供应链看，目前部分制造业龙头企业向机床产业链延伸，加速功能部件供应链成熟：
 - 1) 恒立液压切入丝杠制造，有望实现机床产业链配套。2021 年 9 月恒立液压发布非公开发行预案，拟投资 15.27 亿元建设线性驱动器项目，其中包含年产 10 万米标准滚珠丝杠和 10 万米重载滚珠丝杠产能。恒立液压利用其全球领先精密加工制造能力，有望实现对日本 NSK、德国舍弗勒等品牌的国产替代，在机床产业实现配套。
 - 2) 绿的谐波、昊志机电推出谐波数控转台，基于高精度谐波减速器，转台传动精度、传递扭矩、精度保持性、寿命等方面性能优异。

图表 31：国产谐波转台性能优异






来源：铭泰智能科技，昊志机电，国金证券研究所

- 从机床厂看，目前科德数控、埃弗米（拓斯达子公司）等已实现了五轴机床核心自研功能部件配套，后续机床厂自制率有望持续提升：

- 1) 科德数控除数控系统通过自研自制配套外，摆头、转台等功能部件也实现自制，直驱/双直驱技术加持，功能、控制精度和加工效率等方面达到国际先进水平。

图表 32: 科德数控五轴机床基本实现功能部件自研配套

<p>自研数控系统</p> <p>支持双驱、全闭环、多通道控制、车铣复合，对标西门子840D、发那科30i高档数控系统。</p>		<p>人造理石床身</p> <p>采用一次成型人造理石床身，热形变误差小、吸震性能强。</p>		<p>电机</p> <p>力矩电机/电主轴电机覆盖高功率密度、低齿槽转矩、全功率段，对标西门子、ETEL等。伺服电机覆盖高频响高带宽、全功率段，对标西门子S120等实现进口替代。</p>	
<p>传感系统</p> <p>包括无线测头、激光干涉仪、激光尺、激光对刀仪、磁感式绝对值编码器，产品精度高、稳定性好、适应性强，达到国外同等性能水平，价格优势明显</p>		<p>铣头</p> <p>包括双摆铣头及45度铣头，产品采用直驱技术精度高、响应快、尺寸小、刚性强，能够在更小的尺寸下提供更高的性能，适用于多种类型的机床产品。</p>		<p>转台</p> <p>采用电机直驱、双直驱技术，产品响应快、精度高，适用于各类高精度高端数控机床。</p>	

来源：科德数控官网，科德数控招股说明书，国金证券研究所

2) 埃弗米实现主轴、摆头、摇篮转台自制，基于欧洲 GTRT 高端机械传动技术与自研齿轮消隙专利技术等核心技术，刚性、稳定性、精度表现优异。

图表 33: 埃弗米自制核心功能部件性能优异



斜齿齿轮 DD电机

GTRT 齿轮驱动转台

1.A轴：伺服电机+斜齿齿轮（双段消隙技术专利）
2.C轴：DD电机（高效响应）

- + 行程 (A/C) : $\pm 120^\circ / 360^\circ$
- + 最大转速(A/C) : 20/80 rpm
- + 定位/重复精度 (A/C) : 12' / 6'
- + 最大扭矩 (A/C): 2000/430Nm
- + 承重能力: 200kg



GTRT偏置式五轴摆头 瑞士飞速主轴

- A轴驱动静态扭矩: 1600N.m
- C轴驱动静态扭矩: 2000N.m
- A轴刹车扭矩: 2500N.m
- C轴刹车扭矩: 3500N.m
- 主轴转速: 24000/HSK-A63
- 主轴功率(S1/S6-40%): 29/38KW
- 主轴扭矩(S1/S6-40%): 69.4/86.8N.m



来源：埃弗米官网，国金证券研究所

3) 济南二机床双摆角铣头项目通过国家验收。2021 年由济南二机床集团有限公司牵头承担的国家重大专项项目“数控机床双摆角铣头关键技术研究及应用示范”，在陕西汉中顺利通过综合绩效评价和档案终验收。攻克了双摆角铣头系列化、关键零件制造、静/动态精度调整、补偿及性能优化、与国产数控系统匹配以及可靠性验证等一系列关键技术，完成了重点领域用户 40 台套产品的示范应用。

图表 34: 济南二机床双摆角铣头项目通过国家验收



来源:《WMEM》, 国金证券研究所

2.2 “自主可控”相关政策、资金扶持, 五轴机床国产替代有望加速

- 政策帮扶: 针对中国高端机床产业发展政策频出, 近年来, 工信部、国家发改委、国资委等多个部门发布相关政策支持中国高端数控机床发展; 此外, 财政部、税务总局在 2022 年 9 月发布政策减免高新技术企业购置新设备时产生的税费。

图表 35: 近年来多部门发布政策支持中国高端数控机床发展

日期	发布部门	政策名称	主要内容
2019.10	江西工信局	《制造业设计能力提升专项行动计划(2019-2022年)》	将“高档数控机床及配套数控系统: 五轴及以上联动数控机床, 数控系统, 高精度、高性能的切削工具、量具量仪和磨料模具”列为鼓励发展项目
2020.06	工信部	《工业通信职业技能提升行动计划实施方案》	为数控机床等制造强国、网络强国建设重点领域提供培训平台、实训基地, 形成一批可复制可推广的新技能培训经验做法, 并且剔除 2 年内开展各类职业技能培训 50 万人次以上的要求, 以期为制造强国、网络安全建设提供坚强技能人才保障
2020.09	国家发改委	《关于扩大战略性新兴产业投资培育壮大新增长点增长极的指导意见》	加快高端装备制造产业补短板。重点支持工业机器人、建筑、医疗等特种机器人、高端仪器仪表、轨道交通装备、高档五轴数控机床、节能异步牵引电动机、高端医疗装备和制药装备。
2021.08	国资委	《国资委党委扩大会议》	针对工业母机等加强关键核心技术攻关, 努力打造原创技术“策源地”, 肩负起产业链“链主”责任, 开展补链强链专项行动, 加强上下游产业协同。
2022.09	财政部、税务总局	《关于加大支持科技创新税前扣除力度的公告》	高新技术企业在 2022 年 10 月 1 日至 2022 年 12 月 31 日期间新购置的设备、器具, 允许当年一次性全额在计算应纳税所得额时扣除, 并允许在税前实行 100% 加计扣除。

来源: 财政部, 税务总局, 中国政府网, 国金证券研究所

- 投资帮扶: 通用技术集团、国家制造业转型升级基金针对机床板块投资力度加大。
 - 1) 中国通用技术集团原本就拥有机床研究院、齐二机床、哈量等公司, 在 2019 年 4 月和 12 月分别对大连机床集团、沈阳机床集团实施重组, 2021 年 5 月还与天津市国资委签署深化战略合作备忘录, 双方共同出资 100 亿元, 深耕高档精密数控机床、关键功能部件及工业互联网服务等产业领域, 机床已成为通用技术集团核心主业之一。
 - 2) 转型基金 2019 年成立, 已投资较多机床企业。2019 年 11 月, 中国中

车发布公告与 19 名股东成立国家制造业转型升级基金股份有限公司（转型基金），注册资本 1472 亿元，主要围绕新材料、新一代信息技术、电力装备等领域的成长期、成熟期企业开展投资。2022 年 6 月转型基金参与科德数控定增，拟认购 1.5 亿元。2021 年 11 月投资日发精机 3 亿元。2021 年 10 月投资创世纪 5.94 亿元。同时转型基金开始涉及机床产业链上游企业，战略入股苏州长城精工科技股份有限公司（原常熟长城轴承有限公司），有望加速机床产业链成熟。

图表 36：转型基金部分投资项目

	时间	投资金额（亿元）
科德数控	2022 年 6 月 8 日	1.5
日发精机	2021 年 11 月 19 日	3
创世纪	2021 年 10 月 10 日	5.94
潍柴动力	2021 年 5 月 26 日	7
柳工	2020 年 12 月 17 日	-
徐工机械	2020 年 9 月 22 日	9.59
埃斯顿	2020 年 7 月 24 日	4

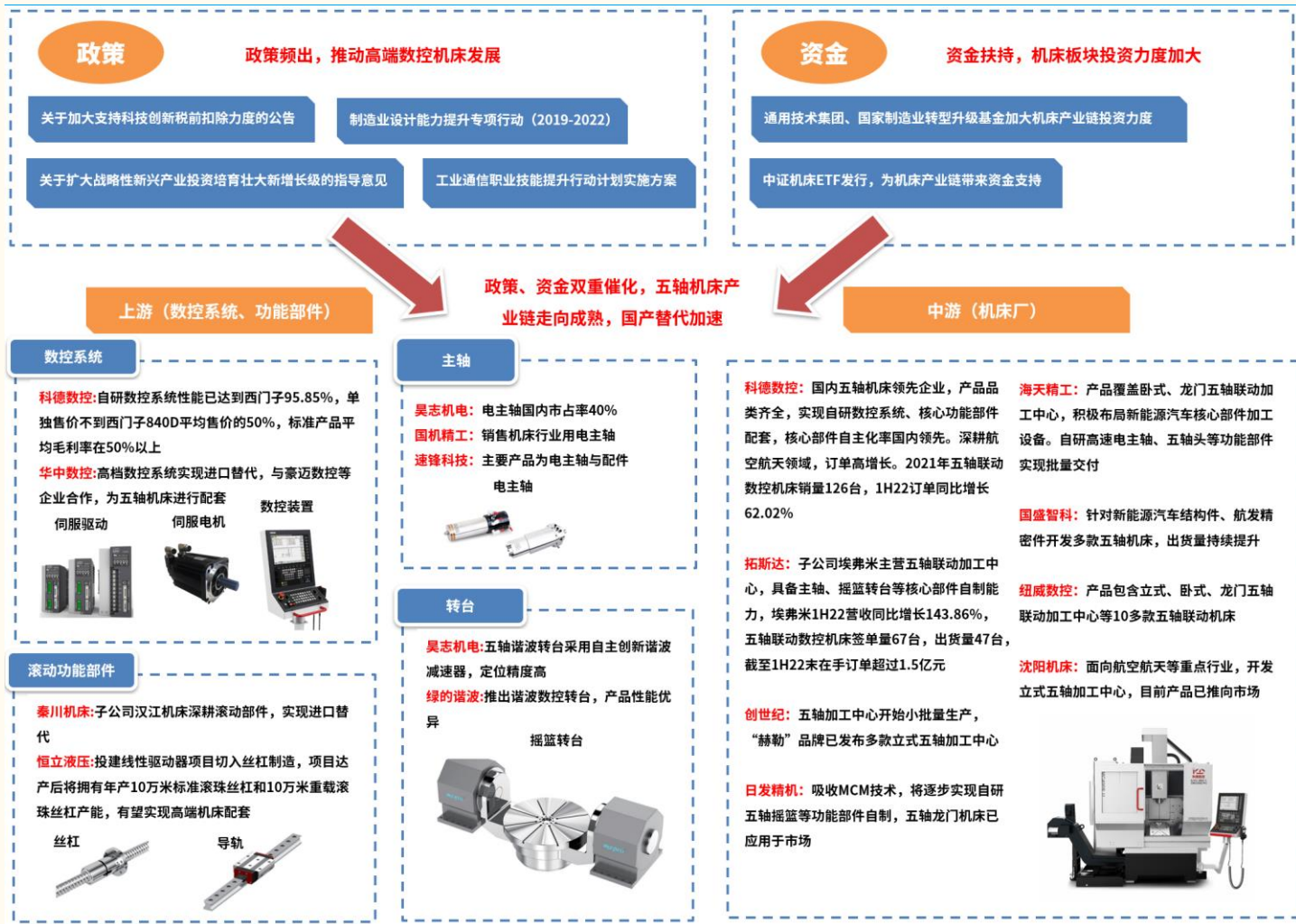
来源：各公司公告，国金证券研究所

3) 两支中证机床 ETF 上市，加强机床产业链投资。华夏基金、国泰基金的两支中证机床 ETF 已经上市，为首次获批上市的机床领域基金产品。两支 ETF 均追踪中证机床指数，涉及机床整机及数控系统、主轴、切削工具等关键零部件的设计、制造和服务等领域的上市公司。

3.投资建议

- 五轴机床国产化率低，国内企业成长空间巨大，在当前国际局势紧张背景下“自主可控”必要性持续提升，政策、资金支持推动国内五轴机床产业链加速成熟，国产替代有望加速，建议关注：
- 数控系统：华中数控。
- 功能部件：恒立液压、秦川机床、绿的谐波、昊志机电、国机精工。
- 机床厂：科德数控、拓斯达、海天精工、纽威数控、国盛智科、创世纪、日发精机、沈阳机床。

图表 37: 五轴机床投资地图



来源: Wind, 各公司公告, 各公司官网, 国金证券研究所

图表 38: 重点公司盈利预测与估值

代码	公司	收盘价 (元)	EPS					PE				
			2020A	2021A	2022E	2023E	2024E	2020A	2021A	2022E	2023E	2024E
688305.SH	科德数控	102.41	0.38	0.78	1.00	1.48	2.05	271	131	102	69	50
300607.SZ	拓斯达	15.33	1.22	0.15	0.45	0.61	0.72	13	100	34	25	21
300161.SZ	华中数控	23.31	0.14	0.16				167	148			
601882.SH	海天精工	29.26	0.26	0.71	0.97	1.21	1.52	111	41	30	24	19
688558.SH	国盛智科	37.02	0.91	1.52	1.63	2.10	2.57	41	24	23	18	14
002520.SZ	日发精机	5.92	0.12	0.06				47	100			
688697.SH	纽威数控	23.27	0.32	0.52	0.81	1.05	1.30	73	45	29	22	18
300083.SZ	创世纪	9.93	-0.45	0.32	0.51	0.72	0.95	-22	31	20	14	10
000410.SZ	沈阳机床	9.97	0.17	0.31				59	32			
000837.SZ	秦川机床	5.90	-0.35	-0.42				-17	-14			
300503.SZ	昊志机电	10.50	0.24	0.46				43	23			
002046.SZ	国机精工	12.81	0.12	0.24	0.47	0.65	0.84	109	53	27	20	15
688017.SH	绿的谐波	119.98	0.49	1.12	1.40	1.95	2.66	247	107	86	62	45
601100.SH	恒立液压	60.56	1.73	2.06	1.88	1.95	2.25	35	29	32	31	27

来源: Wind, 国金证券研究所; 除科德数控、恒立液压外取自 2022 年 11 月 9 日 Wind 一致预期

4.风险提示

- 宏观经济变化的风险：若宏观经济变化，下游企业对于生产经营信心不足，则其资本开支力度不足，因而对机床行业的需求造成一定的影响。
- 原材料价格波动的风险：原材料大幅波动，导致中下游成本压力较大，一方面挤占了中游盈利空间，其次影响终端客户的资本开支需求。
- 核心部件进口受阻风险：目前国内机床企业数控系统、滚动部件等核心部件部分依旧依赖进口，目前在贸易摩擦影响下，核心部件进口受阻将对机床产业造成不利影响。

公司投资评级的说明:

买入: 预期未来 6-12 个月内上涨幅度在 15%以上;
增持: 预期未来 6-12 个月内上涨幅度在 5%-15%;
中性: 预期未来 6-12 个月内变动幅度在 -5%-5%;
减持: 预期未来 6-12 个月内下跌幅度在 5%以上。

行业投资评级的说明:

买入: 预期未来 3-6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 15%以上;
增持: 预期未来 3-6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 5%-15%;
中性: 预期未来 3-6 个月内该行业变动幅度相对大盘在 -5%-5%;
减持: 预期未来 3-6 个月内该行业下跌幅度超过大盘在 5%以上。

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，而不应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。

上海
电话：021-60753903
传真：021-61038200
邮箱：researchsh@gjzq.com.cn
邮编：201204
地址：上海浦东新区芳甸路1088号
紫竹国际大厦7楼

北京
电话：010-66216979
传真：010-66216793
邮箱：researchbj@gjzq.com.cn
邮编：100053
地址：中国北京西城区长椿街3号4层

深圳
电话：0755-83831378
传真：0755-83830558
邮箱：researchsz@gjzq.com.cn
邮编：518000
地址：中国深圳市福田区中心四路1-1号
嘉里建设广场T3-2402