

数控系统行业研究

买入（首次评级）

行业深度研究

证券研究报告

机械组

分析师：满在朋（执业 S1130522030002） 分析师：李嘉伦（执业 S1130522060003）

manzaipeng@gjzq.com.cn

lijialun@gjzq.com.cn

国之重任，披荆斩棘

投资逻辑

数控系统为机床“大脑”，市场空间广阔：数控系统为机床最核心部件，由数控装置、伺服系统、测量系统构成。由于数控系统的标准品属性规模化效应较强，同时技术难度高，大部分机床厂以外采为主。根据我们测算，21年国内数控系统市场空间216亿元，潜在进口替代空间137亿元，市场空间广阔。考虑目前国产高端机床仍有较大国产替代空间，同时在“自主可控”相关政策催化下国产替代有望加速，同时我们预计23年数控系统行业景气度也有望持续回暖，国产数控系统需求有望实现高增长。

海外龙头占据大部分市场，政策催化国产崛起：海外发那科、西门子等企业起步早发展成熟，在技术、客户认可度等方面处于领先地位，占据了国内3/4市场。国内企业起步晚技术成熟度上落后海外龙头，但由于数控系统作为战略性物资的特殊性，同时西方国家和日本对中国实行出口限制和监督使用政策，国家推出“04专项”等政策加速国内企业成长，涌现了华中数控、科德数控等国内领先企业，华中数控高档系统对标日、德产品1900余项功能匹配度超过98%，科德数控在功能上达到西门子840D的95.85%，依托高性价比，华中数控国内市占率从18年1.31%提升至21年3.89%，市场份额持续提升。未来政策支持有望加码，加速国产替代推进。

新能源汽车、航空航天产业国产替代有望加速：国内3C产业快速增长，伴随3C加工设备的国产化，华中数控切入3C领域快速实现突破，相比海外数控系统在部分加工指标实现反超，覆盖了创世纪、宇环数控、汇专科技等行业龙头客户。目前航空航天、新能源汽车领域扩产、新工艺应用等变化为国产机床带来切入机会，而国产数控系统在这些行业也已积累较多成熟案例，我们认为国产数控系统也有望进一步提升渗透率。展望未来，我们认为国产数控系统有望借助智能化、新技术应用等发展机遇错位竞争，打开新的应用空间。

投资建议

建议重点关注华中数控与科德数控：

华中数控近年数控系统与机床业务实现高增长，18至21年增速分别为16.89%/51.87%/35.32%。根据华中数控公告，20年在国产高端数控系统中市占率50%，外国产品牌第一，伴随数控系统国产化推进潜在成长空间较大。华中数控经过校企改革，控股股东由华科资产变为卓尔智造集团，有望优化公司管理机制，推动费用率持续降低，预计公司22至24年净利率分别为0.1%/5.2%/8.6%，利润弹性有望逐步释放。预计22至24年实现归母净利润0.01/1.11/2.38亿元，对应当前PE4687X/51X/24X。

科德数控目前实现了五轴联动数控系统与机床的一体化布局，关键功能部件自主化率高达85%。自研GNC系列数控系统对标840D，单独售价低于840D售价50%，带来显著成本优势，21年五轴联动机床、数控系统毛利率分别高达43.62%、49.81%，处于国内领先水平。未来五轴机床在航空航天、新能源汽车等领域需求有望高增长，科德数控拟通过定增加速扩产，伴随扩产推进，业绩有望保持高增长。预计22至24年实现归母净利润0.93/1.38/1.91亿元，对应当前PE102X/69X/50X。

风险提示

宏观经济变化风险、原材料价格波动风险、国产替代进展不及预期风险、减持风险。

内容目录

1. 空间：数控系统为机床“大脑”，市场空间广阔	5
1.1 数控系统为机床“大脑”，直接影响机床性能	5
1.2 五轴联动数控系统强化空间复杂特征加工能力，符合制造业升级趋势	7
1.3 数控系统软硬件一体销售，标准品属性较强	8
1.4 目前数控系统发展模式包括西门子、哈斯模式和马扎克模式	11
1.5 国内数控系统市场空间 216 亿元，潜在进口替代空间 137 亿元	12
1.6 机床国产化加速、景气度回暖，有望带动数控系统需求高增长	13
2. 格局：海外龙头占据大部分市场，政策催化国产崛起	14
2.1 海外数控系统龙头起步早发展成熟，主导国内市场	14
2.2 “04 专项”等政策扶持下，国产数控系统逐渐崛起	17
3. 应用：新能源汽车、航空航天产业国产替代有望加速	22
3.1 3C 产业伴随设备国产化率提升，国产数控系统已实现大规模进口替代	23
3.2 航空航天、新能源汽车领域为国产机床带来新机遇，国产数控系统渗透率也有望提升	23
3.3 智能化、新技术为国产数控系统带来错位竞争机会，打开新的应用空间	26
4. 重点关注：华中数控、科德数控	30
4.1 华中数控：国产高端数控系统龙头，利润弹性有望释放	30
4.2 科德数控：数控系统、五轴机床一体化龙头，定增加速扩产	34
5. 风险提示	36

图表目录

图表 1：数控系统由数控装置、伺服系统、测量系统构成	5
图表 2：数控机床构成	5
图表 3：数控机床控制系统原理	6
图表 4：数控系统由硬线控制向计算机数控发展	6
图表 5：按照伺服系统控制方式分为开环、半闭环、全闭环控制数控系统	6
图表 6：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	7
图表 7：五轴联动加工优势	7
图表 8：RTCP 功能简化了 CAM 编程，提高加工精度	8
图表 9：五轴加工通过更高加工效率、更小占地面积与能耗带来更高经济性	8
图表 10：五轴联动数控系统与机床毛利率较高	8
图表 11：数控系统各制造环节主要供应商	9
图表 12：数控装置的构成	9
图表 13：伺服系统构成	10

图表 14: 数控系统成本以原材料成本为主	10
图表 15: 原材料以液晶屏、主板、功率模块、伺服电机为主	10
图表 16: 西门子、发那科、三菱均以标准产品为主, 配套各类机床厂商	11
图表 17: 哈斯自研数控系统与机床	11
图表 18: 国内外机床厂数控系统大部分以外购为主	11
图表 19: 国盛智科 2019 年原材料成本构成	12
图表 20: 纽威数控 2021 年原材料成本构成	12
图表 21: 21 年中国数控系统市场空间 215.77 亿元人民币	12
图表 22: 21 年国内数控系统潜在进口替代空间 137 亿元	12
图表 23: 2020 年全球机床出口量前十占比	13
图表 24: 高档数控机床国产化率略有提升但仍处于低位	13
图表 25: “04 专项”推动下, 国产机床功能部件供应商走向成熟	13
图表 26: 22 年 1-11 月日本出口中国机床订单在去年高基数下保持正增长	14
图表 27: 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	14
图表 28: 海外主要数控系统厂商	14
图表 29: 21 年发那科工业自动化业务收入规模 133 亿元人民币	15
图表 30: 发那科数控系统累计出货量超过 470 万套	15
图表 31: 西门子主要数控系统	15
图表 32: 海德汉 TNC7 系统	16
图表 33: 发那科、西门子等外资厂占据国内 3/4 市场	17
图表 34: 国内主要数控系统厂商	17
图表 35: 数控系统研发难度高, 国产数控系统在技术成熟度上落后海外龙头企业	18
图表 36: 国内外市场参与者对比	18
图表 37: 在国家及政府相关部门政策支持下, 国产数控系统加速成长	19
图表 38: 数控系统技术及产品国内外比较	19
图表 39: 国内龙头数控系统技术实力已逐渐向海外龙头看齐	20
图表 40: 国产高端数控系统基本实现核心器件配套	20
图表 41: 科德数控配套伺服驱动系统已达到国际先进水平	20
图表 42: 华中数控实现基于国产芯片数控系统开发	21
图表 43: 华中数控近年数控系统与机床业务收入高增长	22
图表 44: 华中数控国内市占率持续提升	22
图表 45: 近年来多部门发布政策支持中国高端数控机床产业发展, 未来政策支持有望加码	22
图表 46: 创世纪钻攻机等 3C 行业设备收入规模快速增长, 构筑了国产替代的市场基础	23
图表 47: 华中数控 HNC-808AM 系统在钻攻中心应用实现了加工效率上的反超	23
图表 48: 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	24

图表 49: 科德数控针对航空航天领域积累成熟应用经验	24
图表 50: 华中数控五轴数控系统在航空领域大规模应用	25
图表 51: 沈阳航空复杂结构件智能制造生产基地	25
图表 52: 新能源汽车“三电”大量使用铝合金组件	26
图表 53: 华中数控铝合金精密结构件加工自动化柔性线	26
图表 54: NC-Link 协议实施, 加速机床行业智能化	27
图表 55: 基于华中数控智能产线系统的柔性化产线	27
图表 56: 华中 9 型实现了全套的智能化布局	28
图表 57: 与华中数控联合研发的智能加工中心	28
图表 58: 数控加工的新技术直线电机	29
图表 59: 直线电机机床构成	29
图表 60: 批量配置华中 8 型系统和直线电机的高速钻攻中心	30
图表 61: 采用华中数控系统的全直驱五轴数控加工中心	30
图表 62: 公司自研数控系统实现与海外龙头全面对标	31
图表 63: HNC848 配套不同构型五轴机床	31
图表 64: 华中数控 20、21 年营收高增长	32
图表 65: 华中数控 20/21 年商誉减值影响利润增长	32
图表 66: 工业机器人受原材料价格上涨影响毛利率下降	32
图表 67: 22 年净利率下降, 后续有望回暖	32
图表 68: 校企改革后卓尔智造集团成为公司控股股东	32
图表 69: 公司近年数控系统与机床业务收入高增长	33
图表 70: 公司市占率持续提升	33
图表 71: 公司保持高研发支出比例	33
图表 72: 公司目前在 3C、新能源汽车、航空航天领域具有广泛客户覆盖基础	34
图表 73: 华中数控盈利预测	34
图表 74: 公司通过数控系统、电机、反馈装置、直驱功能部件核心技术构筑独有竞争壁垒	35
图表 75: 公司 1H22 数控机床产量高增长	35
图表 76: 公司定增项目继续加码扩产	35
图表 77: 科德数控盈利预测	36

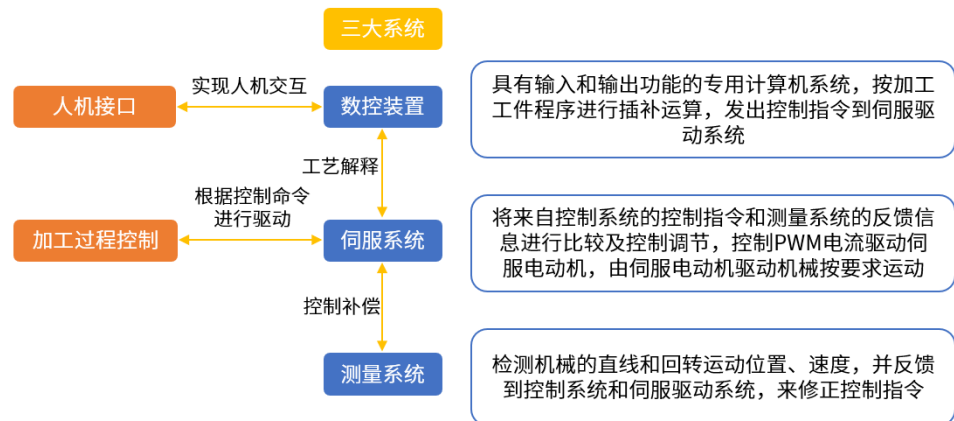
1.空间：数控系统为机床“大脑”，市场空间广阔

数控系统为机床最核心部件，由数控装置、伺服系统、测量系统构成。由于数控系统的标准品属性规模化效应较强，同时技术难度高，大部分机床厂以外采为主。根据我们测算，21年国内数控系统市场空间216亿元，潜在进口替代空间137亿元，市场空间广阔。考虑目前国产高端机床仍有较大国产替代空间，同时在“自主可控”相关政策催化下国产替代有望加速，同时我们预计23年数控系统行业景气度也有望持续回暖，国产数控系统需求有望实现高增长。

1.1 数控系统为机床“大脑”，直接影响机床性能

数控系统为数字控制系统(Numerical Control)简称。数控系统作为机床“大脑”直接影响机床精度、动态特性等核心参数，主要由数控装置、伺服系统和测量系统三大部分组成，包含了数控装置、伺服装置、伺服电机、光栅尺、编码器及其他电子元器件。

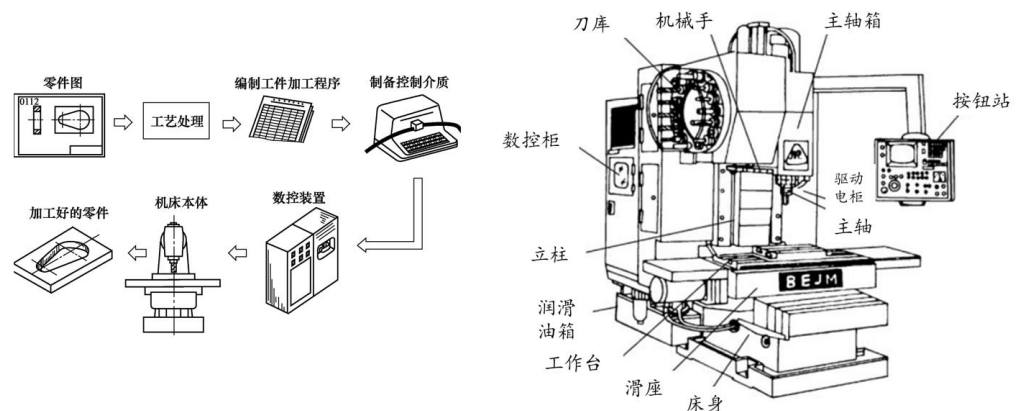
图表1：数控系统由数控装置、伺服系统、测量系统构成



来源：《中国自动化技术发展报告》，国金证券研究所

数字控制机床 (Numerical Control Machine Tool)，简称数控机床，准确地按照事先安排好的工艺流程实现加工动作的金属切削机床。

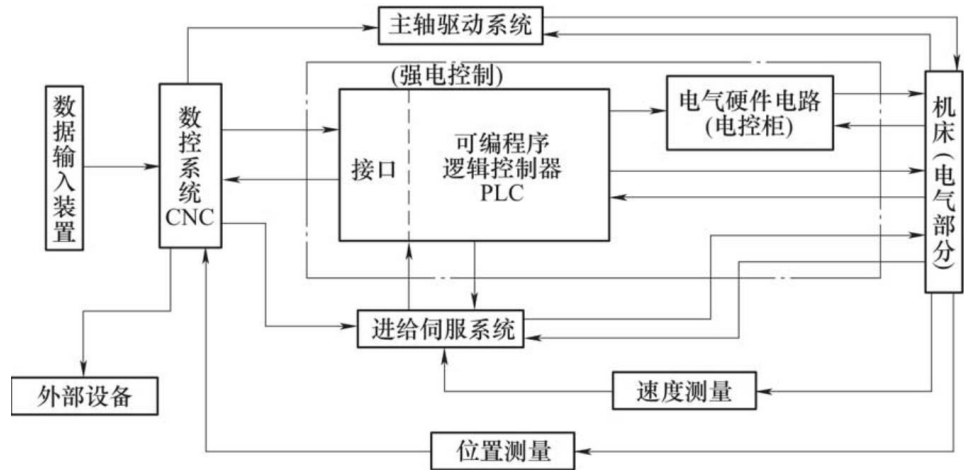
图表2：数控机床构成



来源：《数控机床》，《数控系统编程与操作》，国金证券研究所

数控机床相比普通机床区别主要在控制上，数控机床采用数字信号，普通机床一般采用模拟量控制，数控机床采用数字信号进行控制，因此需要有数字信号的发出装置（即数控装置）；既然有数字信号发出装置，就必须有数字信号的接收装置，因此有了伺服放大器及伺服电动机（称为伺服系统）；为了检测数控机床指令位置 and 实际位置的一致性，一般数控机床都装有反馈装置。

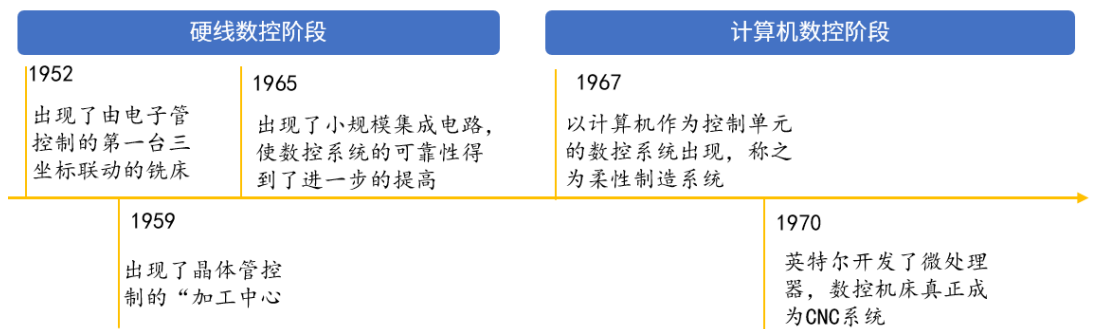
图表3: 数控机床控制系统原理



来源:《数控机床系统连接与调试》, 国金证券研究所

数控机床跟随数控系统的发展经历了五代两阶段。从硬线控制系统 (NC) 到计算机数控系统 (CNC)。

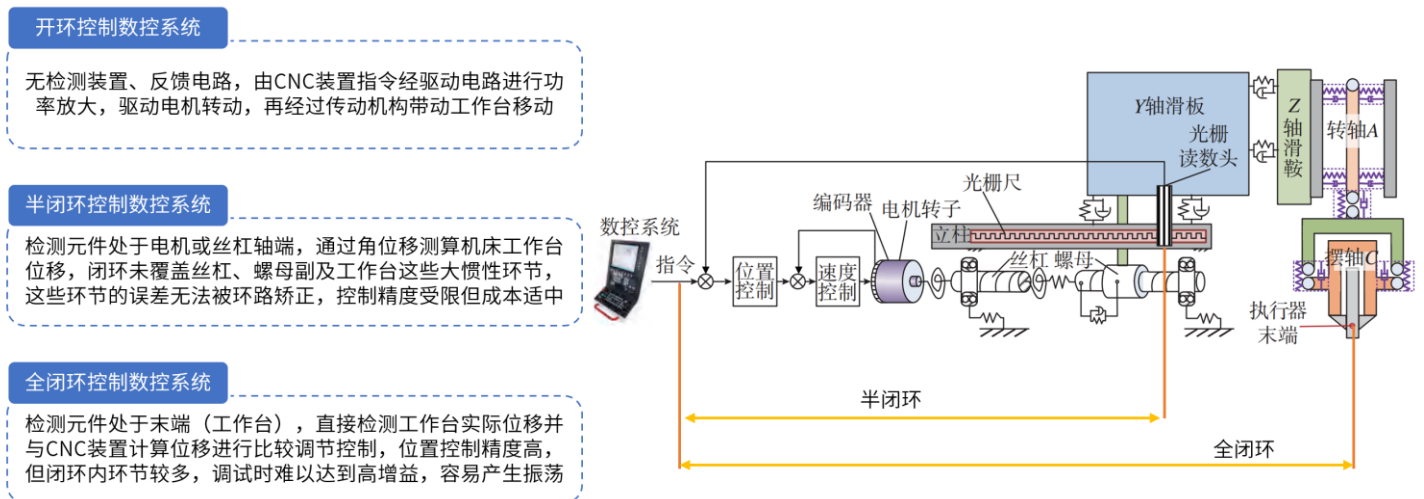
图表4: 数控系统由硬线控制向计算机数控发展



来源:《数控机床系统连接与调试》, 国金证券研究所

数控系统按照控制系统运行方式, 分为开环、半闭环、全闭环控制数控系统, 闭环的数控机床精度更高、速度更快、驱动功率更大, 但对于机床结构和传动要求更高, 更容易造成系统的不稳定。

图表5: 按照伺服系统控制方式分为开环、半闭环、全闭环控制数控系统

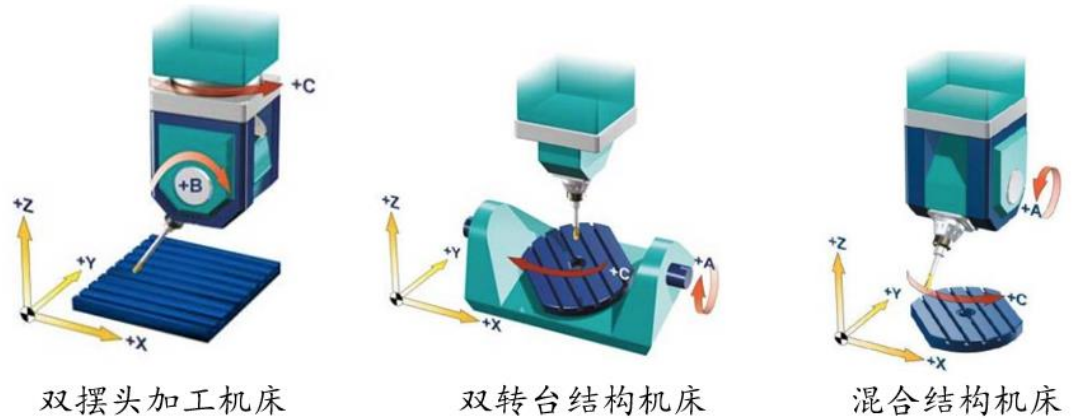


来源:《中国自动化技术发展报告》,《国产数控机床动态精度技术现状与对策》, 国金证券研究所

1.2 五轴联动数控系统强化空间复杂特征加工能力，符合制造业升级趋势

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。以三轴联动机床为例，其包含了X/Y/Z三个直角坐标系轴，故刀轴方向固定，机床的运动控制只能沿着X/Y/Z三个线性轴进行控制。五轴联动机床则增加了两个自由旋转轴，让刀具的运动可以灵活变化。

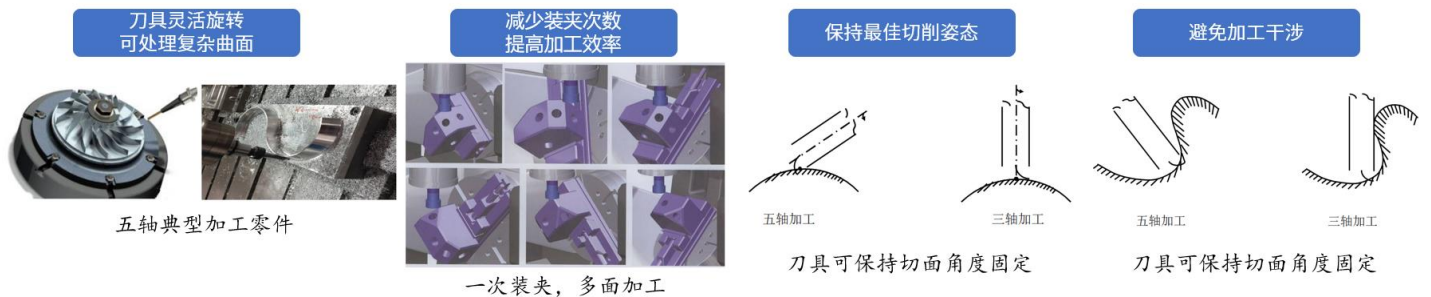
图表6: X/Y/Z 直线坐标轴联动加上 A/B/C 旋转坐标轴中的两个构成五轴联动



来源：华中数控官网，国金证券研究所

五轴联动加工在效率、精度、加工质量等方面具有显著优势。

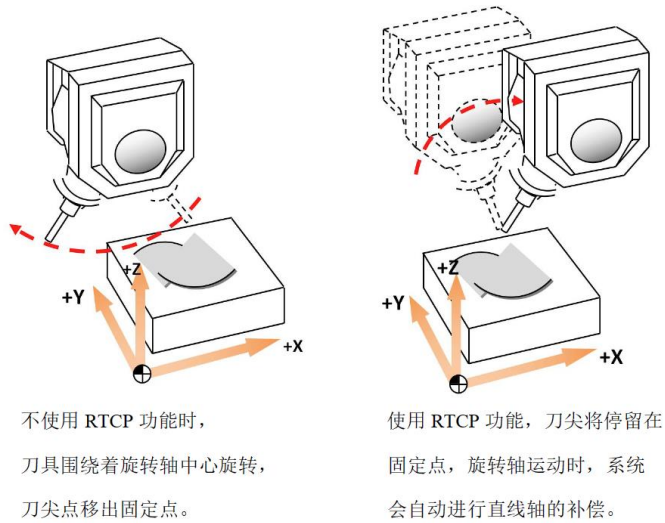
图表7: 五轴联动加工优势



来源：华中数控官网，国金证券研究所

五轴联动数控系统的五轴旋转刀具中心（以下简称 RTCP）功能，主要指当有旋转轴运动时（一个或两个旋转轴），通过三个直线轴的实时同步补偿运动，使刀具或工件的某一特定点在空间的位置始终保持不动，即刀具或工件绕这一特定点作旋转运动，可以直接在工件坐标系下规划刀尖轨迹，机床轴控制由算法完成，编制程序时，只需要考虑工件的坐标，不需要考虑五轴机床运动链结构，简化了 CAM 编程，提高加工精度。

图表8: RTCP 功能简化了 CAM 编程, 提高加工精度



来源: 华中数控官网, 国金证券研究所

五轴加工通过更高加工效率、更小占地面积与能耗带来经济性, 对三轴加工具有一定替代性。根据全球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%。

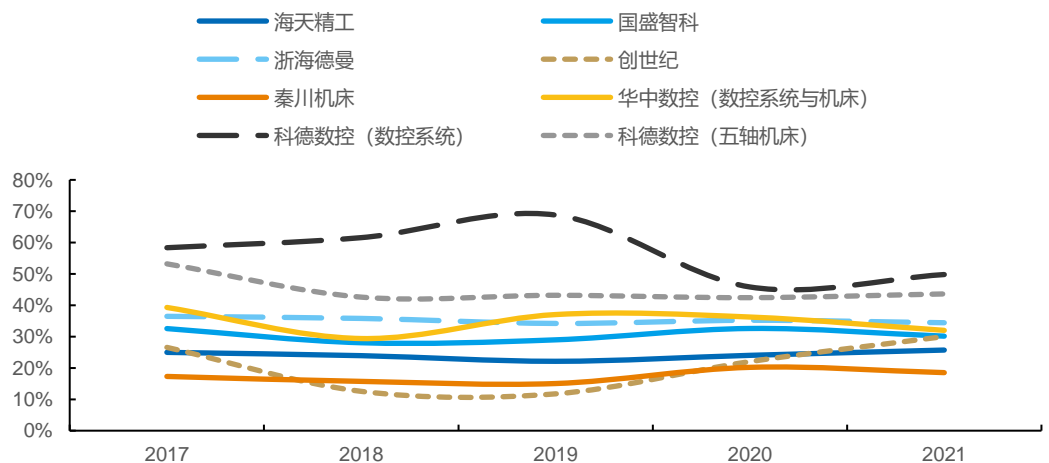
图表9: 五轴加工通过更高加工效率、更小占地面积与能耗带来更高经济性

	占地面积 (m²)	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

五轴联动数控系统和机床技术壁垒最高, 对应的毛利率也处于领先水平。以主要销售五轴联动数控系统与机床的科德数控为例, 其 21 年五轴联动机床、数控系统毛利率分别高达 43.62%、49.81%。

图表10: 五轴联动数控系统与机床毛利率较高



来源: Wind, 各公司公告, 国金证券研究所

1.3 数控系统软硬件一体销售, 标准品属性较强

数控系统的制造包括数控装置制造、伺服装置制造与伺服电机制造。

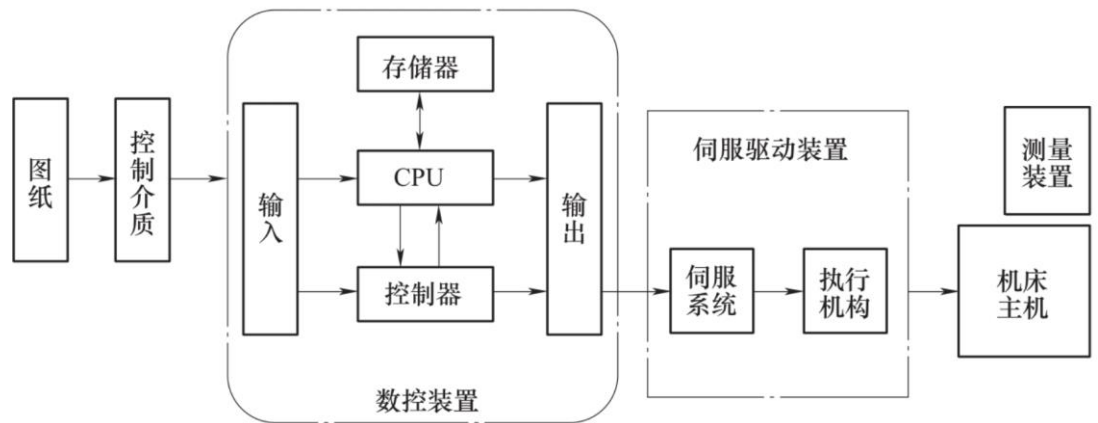
图表11：数控系统各制造环节主要供应商



来源：《中国战略性新兴产业研究与发展·数控系统》，国金证券研究所

数控装置（简称 CNC 装置）是数控机床的控制核心，主要由 CPU、存储器、数字伺服控制卡、主板（包括 I/O LINK、数字主轴、模拟主轴、通信接口、MDI 接口等）、显示控制卡以及相应的控制软件等组成。

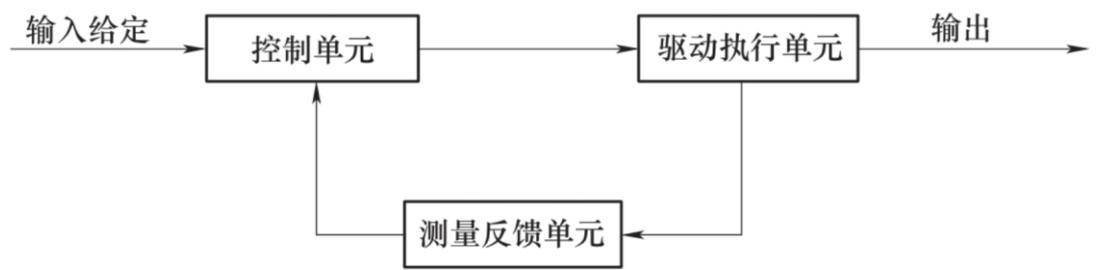
图表12：数控装置的构成



来源：《数控机床系统连接与调试》，国金证券研究所

伺服驱动系统由控制单元、测量反馈单元和驱动执行单元组成，来自数控装置的位置控制移动指令转变成机床工作部件的运动，使工作台按规定轨迹移动或精确定位，从而加工出符合图样要求的工件。

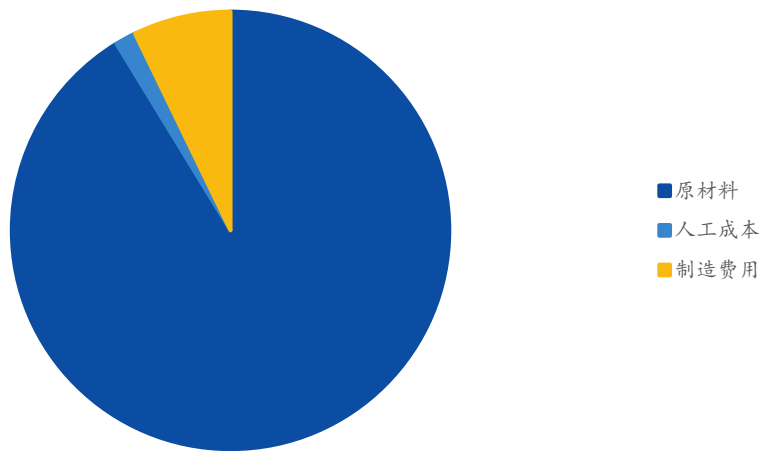
图表13: 伺服系统构成



来源:《数控机床系统连接与调试》, 国金证券研究所

根据华中数控招股说明书数据, 数控系统制造人工成本、制造费用占比较低, 原材料成本在 90%以上。

图表14: 数控系统成本以原材料成本为主

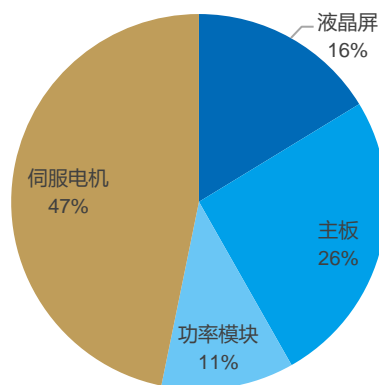


来源: 华中数控招股说明书, 国金证券研究所

注: 为 2009 年占比数据, 仅供参考

原材料以液晶屏、主板、功率模块、伺服电机为主, 大部分属于电子类产品, 采购价格呈逐年下降趋势。

图表15: 原材料以液晶屏、主板、功率模块、伺服电机为主



来源: 华中数控招股说明书, 国金证券研究所

注: 为 2009 年占比数据, 仅供参考

相比数控机床, 数控系统更具有标准品属性, 一般由数控系统厂商提供基本模块清单和价目表, 由下游客户根据机床功能、实际应用要求进行组合, 同一名称的数控系统会根据客

户选择配置不同有较大价格差异，但整体来看依旧具有较强标准品属性。

1.4 目前数控系统发展模式包括西门子、哈斯模式和马扎克模式

目前国际上的数控系统发展模式有西门子模式、哈斯模式和马扎克模式三种：

- 1) 西门子模式：数控系统厂专业生产各种规格的数控系统，提供各种标准型的功能模块，为全世界的主机厂批量配套。

图表16：西门子、发那科、三菱均以标准产品为主，配套各类机床厂商



来源：《中国战略性新兴产业研究与发展·数控系统》，国金证券研究所

- 2) 哈斯模式：主机厂独立开发数控系统，并与其自产的数控机床配套销售，通常这些企业创立之初以数控系统研发起步，后来形成数控系统+机床的布局，哈斯通过一体化的模式实现了机床销量走向全球前列。国内科德数控也采用这种模式，从数控系统起步逐步实现了五轴机床的一体化布局。

图表17：哈斯自研数控系统与机床



来源：《中国战略性新兴产业研究与发展·数控系统》，国金证券研究所

- 3) 马扎克模式：主机厂在数控系统厂提供的开发平台上，研发自主品牌的数控系统，并与其所生产的数控机床配套销售。以如马扎克、森精机等公司为例，在三菱、发那科提供的数控系统平台上，共同研发形成马扎克、森精机的数控系统品牌。

整体来看，数控系统由于其相对标准化、投入回报周期长等特性，国内外机床厂大部分以外购为主。

图表18：国内外机床厂数控系统大部分以外购为主

	德国哈默	日本马扎克	日本大隈	科德数控	海天精工	国盛智科	埃弗米	纽威数控
数控系统	外购	外购（基于三菱二次开发）	自制	自制	外购	外购	外购	外购

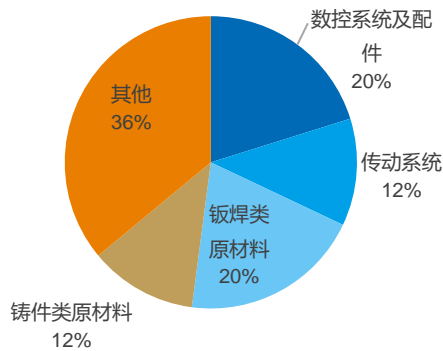
	德国哈默	日本马扎克	日本大隈	科德数控	海天精工	国盛智科	埃弗米	纽威数控
伺服驱动器	外购	外购	自制	自制	外购	外购	外购	外购
电机	外购	外购	自制	自制	外购	外购	外购	外购

来源：各公司招股说明书、各公司公告，国金证券研究所

1.5 国内数控系统市场空间 216 亿元，潜在进口替代空间 137 亿元

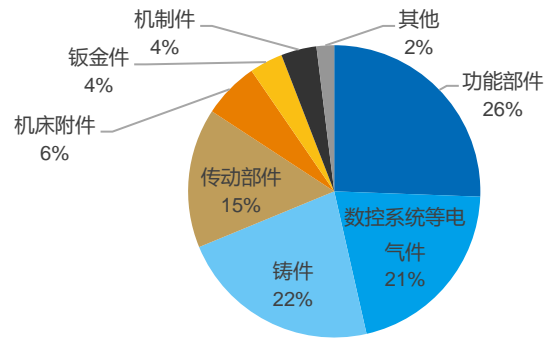
数控系统作为机床核心部件，成本占比在 20% 左右。

图表19：国盛智科 2019 年原材料成本构成



来源：国盛智科招股说明书，国金证券研究所

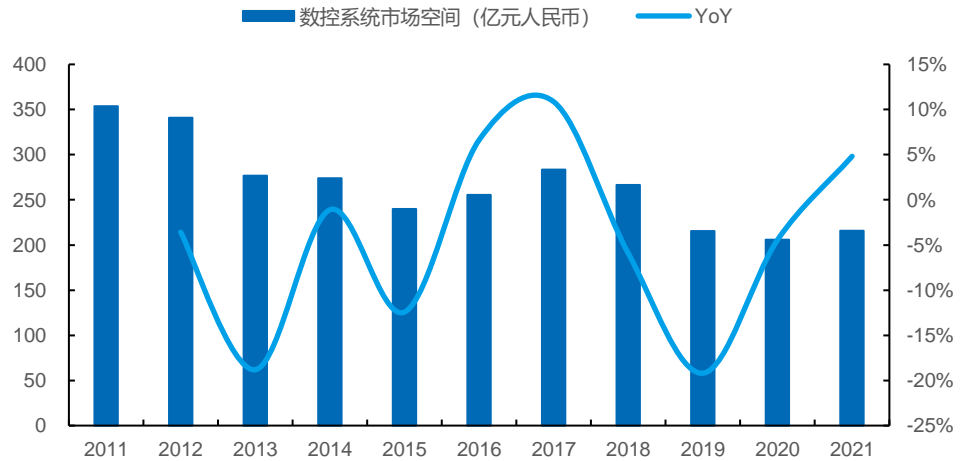
图表20：纽威数控 2021 年原材料成本构成



来源：纽威数控招股说明书，国金证券研究所

根据德国机床制造商协会数据，21 年中国机床消费金额 238.9 亿美元。按照数控系统占机床成本 20%，机床毛利率 30%，美元兑人民币汇率 6.45 计算，2021 年中国数控系统市场空间约为 215.77 亿元人民币。

图表21：21 年中国数控系统市场空间 215.77 亿元人民币



来源：中国机床工具工业协会，德国机床制造商协会，国金证券研究所测算

考虑国产数控系统主要配套国产机床，假设国内数控系统市场空间中低档、中档、高档占比分别为 20%、60%、20%，按照对应档次机床国产化率进行测算，假设 21 年低档、中档、高档机床国产化率分别为 88%、72.5%、12%，对应 21 年国产数控系统潜在进口替代空间约为 137 亿元。

图表22：21 年国内数控系统潜在进口替代空间 137 亿元

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
数控系统市场空间 (亿元)	273.75	239.75	255.64	283.41	266.59	215.41	205.84	215.77
按照结构拆分								
低档数控系统市场空间	54.75	47.95	51.13	56.68	53.32	43.08	41.17	43.15
中档数控系统市场空间	164.25	143.85	153.39	170.05	159.95	129.25	123.51	129.46

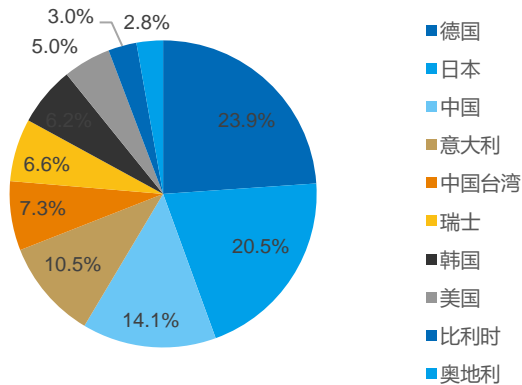
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
高档数控系统市场空间	54.75	47.95	51.13	56.68	53.32	43.08	41.17	43.15
国产机床占有率								
低档数控机床	65%	70%	75%	80%	82%	84%	86%	88%
中档数控机床	45%	50%	55%	60%	65%	68%	70%	73%
高档数控机床	2%	3%	5%	6%	6%	8%	10%	12%
数控系统潜在进口替代空间(亿元)	110.59	106.93	125.27	150.78	150.89	126.88	125.98	137.01

来源：前瞻产业研究院，科德数控招股说明书，国金证券研究所测算

1.6 机床国产化加速、景气度回暖，有望带动数控系统需求高增长

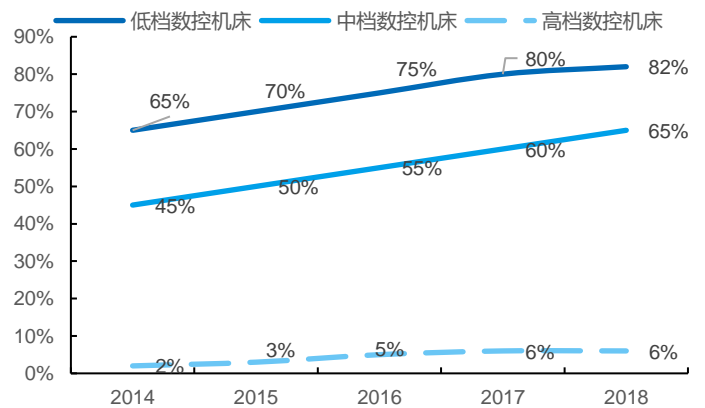
德、日企业统治全球高端市场，中国机床出口以中低端为主，高端机床国产化率较低。机床行业完全竞争，德国、日本、美国为主要机床大国，海外品牌在技术、规模、品牌影响力方面均处于领先地位，从出口体量上来看，德、日占据全球约45%市场。国内机床高端市场主要由海外企业垄断，截至2018年中国高端机床国产化率仅为6%。

图表23：2020年全球机床出口量前十占比



来源：Statista，国金证券研究所

图表24：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

目前机床产业供应链逐步走向成熟，同时伴随“自主可控”相关政策催化，机床国产化进程有望加速，带动国产数控系统需求提升。

图表25：“04专项”推动下，国产机床功能部件供应商走向成熟



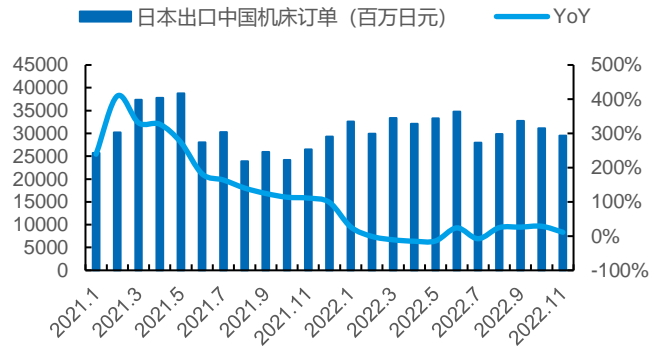
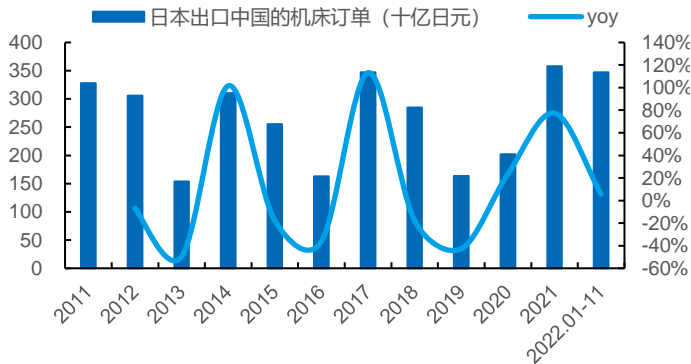
来源：《机床核心功能部件的自主研发与创新展》，国金证券研究所

从机床产业景气度看，日本出口中国机床订单增速从22年8月见底回升，23年机床景气度有望持续回暖。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)。月度数据来看，订单从今年1月份开始走弱，从

8 月份开始出现趋势性反弹，8 月到 11 月已经实现连续 4 个月正增长，考虑当前疫情等不利因素影响逐渐减弱，我们认为 23 年机床景气度有望持续回暖。

图表26: 22年1-11月日本出口中国机床订单在去年高基数下保持正增长

图表27: 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

来源：日本机床工业协会，国金证券研究所

2. 格局：海外龙头占据大部分市场，政策催化国产崛起

海外发那科、西门子等企业起步早发展成熟，在技术、客户认可度等方面处于领先地位，占据了国内 3/4 市场。国内企业起步晚技术成熟度上落后海外龙头，但由于数控系统作为战略性物资的特殊性，同时西方国家和日本对中国实行出口限制和监督使用政策，国家推出“04 专项”等政策加速国内企业成长，涌现了华中数控、科德数控等国内领先企业，华中数控高档系统对标日、德产品 1900 余项功能匹配度超过 98%，科德数控在功能上达到西门子 840D 的 95.85%，依托高性价比，华中数控国内市占率从 18 年 1.31% 提升至 21 年 3.89%，市场份额持续提升。未来政策支持有望加码，加速国产替代推进。

2.1 海外数控系统龙头起步早发展成熟，主导国内市场

海外数控系统市场参与者以发那科、西门子、海德汉、三菱为主，西门子 840D、发那科 30i、海德汉 TNC640 为目前高端数控系统代表。

图表28: 海外主要数控系统厂商

主要品牌	介绍
发那科	世界上数控系统研发、设计、制造、销售实力强大的企业。它的数控系统主要面向我国的中端制造市场，具有高加工性能、高运转率、易用性、功能全等特点，适用于各种机床和生产机械，市场占有率远远超过其他数控系统，数控装置（CNC）产品阵容强大，覆盖面广，涵盖适用于从普通数控机床到复杂构造的复合加工机床及产业机械的产品类别，主要产品包括 16i/18i/21i/30i 系列和 300i/310i/320i 系列。
西门子	西门子 SINUMERIK 数控系统发展了很多代，目前广泛使用的主要有 802、810、840 等几种类型。西门子的数控装置采用模块化结构，在一种标准硬件上，配置多种软件，使它具有多种工艺类型，满足各种机床的需要，并成为系列产品。西门子的高档型数控装置主要指 SINUMERIK 840 系列，其中 SINUMERIK 840D sl 具有模块化、开放、灵活而又统一的结构，为用户提供了最佳的可视化界面和操作编程体验，以及最优的网络集成功能。
海德汉	iTNC 530、iTNC 640 采用全新的微处理器结构，具有非常强大的计算能力，可控制 12 轴，控制器本身包含主机单元和控制单元两个部分。主机单元采用 Intel 处理器以及 AGP 图形显示卡，并带有基于各类数据通信标准(Ethernet/RS232/RS422/USB 等)的界面，是典型的基于 PC 的系统。
三菱	2018 年推出的 M800/M80/E80 系列数控系统，提出了数控装置和机器人联动解决方案，机器人可以用机床数控装置的 G 代码编程，通过 Ethernet 实现数控装置与机器人的简单连接。该系列数控系统无需机器人专用人机交互界面（HMI），没有机器人语言的知识，但可以交互地生成 G 代码程序，也可以在机器人示教的同时创建加工程序。能够根据系统间等待执行同期操作（无需梯形图设定即可执行等待）。

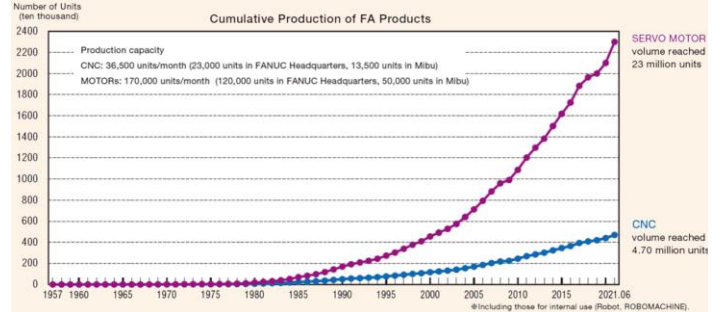
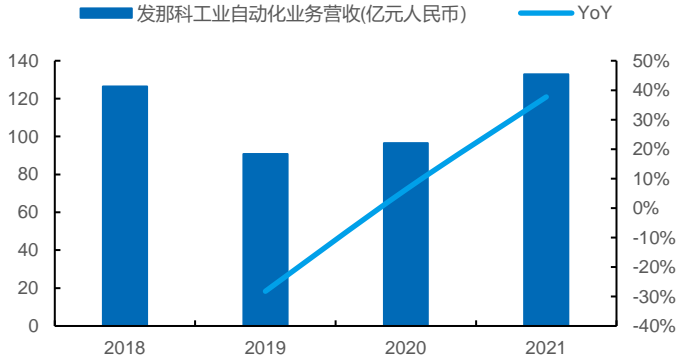
来源：《中国战略性新兴产业研究与发展·数控系统》，国金证券研究所

发那科 1978 年研制成功采用直流伺服电机的数控系统 5，后续逐步成长为全球最大数控系统生产厂家，产品系列完善，涵盖适用于从普通数控机床到复杂构造的复合加工机床及

产业机械的产品类别，主要产品包括 16i/18i/21i/30i 系列和 300i/310i/320i 系列。21 年工业自动化业务（包含数控系统、电机、伺服驱动等）收入 133 亿元人民币，截至 1H21 数控系统累计出货量超过 470 万套，规模显著领先国内企业。

图表29：21 年发那科工业自动化业务收入规模 133 亿元人民币

图表30：发那科数控系统累计出货量超过 470 万套



来源：发那科官网，国金证券研究所

来源：发那科官网，国金证券研究所

注：按照当年日元平均汇率换算

注：截至 1H21 数据

西门子数控系统为西门子集团旗下自动化与驱动集团产品，目前 802、810、840 等类型广泛应用，西门子数控装置采用模块化结构，在一种标准硬件上，配置多种软件，使它具有多种工艺类型，满足各种机床的需要，并成为系列产品。

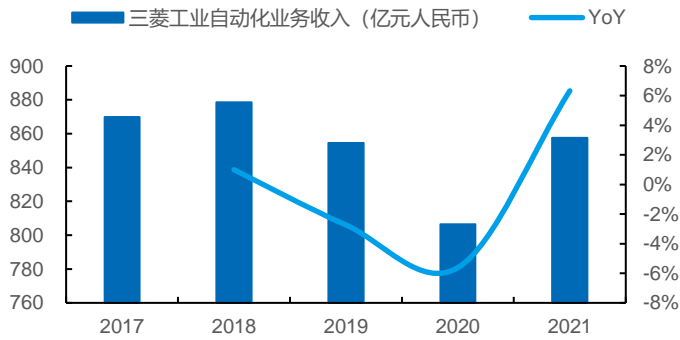
图表31：西门子主要数控系统



来源：西门子官网，国金证券研究所

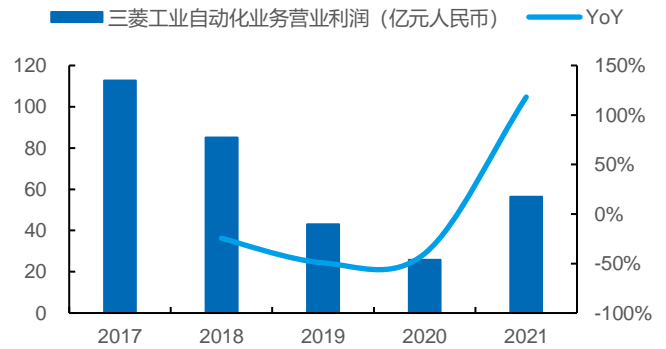
三菱 2018 年推出 M800/M80/E80 系列数控系统，提出数控装置与机器人联动解决方案，机器人通过数控机床 G 代码编程进行交互。三菱工业自动化业务（CNC 系统、断路器、工业机器人、伺服电机等）2021 年收入规模 875.53 亿元人民币，同比增长 6.32%。

图表 1: 21 年三菱工业自动化业务收入规模 875.53 亿元人民币



来源: 三菱官网, 国金证券研究所

图表 2: 21 年三菱工业自动化业务营业利润 56.39 亿元人民币



来源: 三菱官网, 国金证券研究所

注: 按照当年日元平均汇率换算; CNC 系统仅为该业务一部分, 右同

海德汉专注高端应用领域, 主机单元采用 Intel 处理器以及 AGP 图形显示卡, 并带有基于各类数据通信标准 (Ethernet/RS232/RS422/USB 等) 的界面, 是典型的基于 PC 的系统。最新推出的 TNC7 系统, 通过图形化编程、动态碰撞监测、工件监测、加工过程监测进一步提升加工效率与易用性。

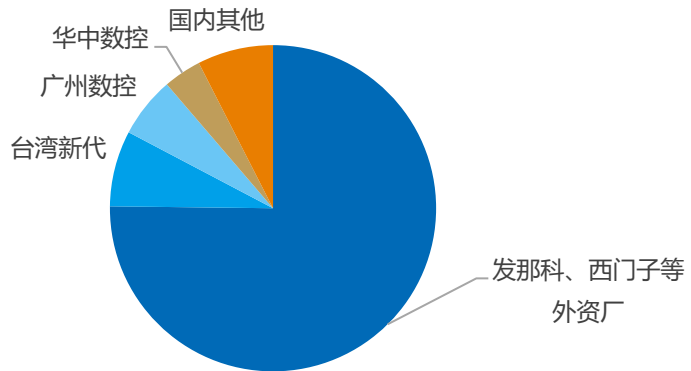
图表 32: 海德汉 TNC7 系统



来源: 海德汉官网, 国金证券研究所

从国内市场份额来看, 外资厂商进入中国市场多年建立了广泛的客户基础, 发那科、西门子等外资厂商占据国内 3/4 市场, 市占率领先国内企业。

图表33：发那科、西门子等外资厂占据国内 3/4 市场



来源：国金证券研究所估算

2.2 “04 专项”等政策扶持下，国产数控系统逐渐崛起

数控系统由于直接影响数控机床性能、功能，又涉及国防军工产业，数控系统产业被各国政府视为战略性产业，发达国家对于中国的高端数控技术及产品实行了封锁与限制的策略。例如针对数控系统闭环外误差的部分先进技术从理论阶段走向了工程应用，推出了加速度相关的刀尖点位置误差补偿功能、西门子推出了俯仰补偿功能，但这些新功能在 2D002 出口列表项，限制对欧盟以外国家出口。

从上世纪 90 年代开始，中国企业开始尝试采用 X86/ARM 架构芯片，基于 Windows/Linux 系统开发数控系统，涌现了广州数控、华中数控、科德数控、中科数控等生产数控系统、或自配自己的数控机床企业。

图表34：国内主要数控系统厂商

公司名称	介绍
科德数控	是从事高端五轴联动数控机床及其关键功能部件、高档数控系统的研发、生产、销售及服务的高新技术企业，主要产品为系列化五轴立式（含车铣）、五轴卧式（含车铣）、五轴龙门、五轴卧式铣车复合四大通用加工中心和五轴磨削、五轴叶片两大系列化专用机床，以及服务于高端数控机床的高档数控系统，伺服驱动装置，系列化电机，系列化传感产品，电主轴，铣头，转台等。
华中数控	主要为各类数控机床企业和航空航天、汽车、3C、木工、磨床等重点行业用户提供数控系统配套和服务，包括为各类专机、高速钻攻中心、加工中心、五轴机床等机型提供华中 8 型高档数控系统，以及针对普及型数控车床和数控铣床等提供系列数控系统，系列伺服驱动，系列伺服电机等。
广州数控	成立于 1991 年，2000 年改制转型为民营企业，被誉为“中国南方的数控产业基地”，数控系统相关业务包括 GSK 机床控制系统、交流伺服驱动装置和伺服电机、主轴伺服驱动装置和主轴电机等。
中科数控（原沈阳高精）	从事数控系统、驱动装置与电机、自动化产品及数字化车间解决方案研发、生产与销售，形成了以多通道多轴联动、高速高精运动控制为核心技术，覆盖中高档数控系统、驱动装置与电机、机器人及控制器、DNC 等系列化成套产品。高档数控系统可实现 8 通道、8 轴联动、64 轴控制，并在航空制造领域批量应用

来源：科德数控招股说明书，各公司官网，国金证券研究所

国产数控系统相比进口数控系统，存在的差距主要体现在两方面：

1) 数控系统核心技术包括运动轨迹控制、速度控制、误差补偿技术等，海外龙头企业经过长期、大批量验证迭代，积累了丰富的应用经验，技术成熟度较高。而国产数控系统起步晚，在技术成熟度上相比海外企业仍有一定差距。

图表35: 数控系统研发难度高, 国产数控系统在技术成熟度上落后海外龙头企业

功能	某些数控机床的特殊控制要求满足度不够
性能	全闭环控制的高速、高精度指标具有差距
成套性	伺服电动机和驱动器的规格不够齐全
应用	重点领域应用测试验证不够

来源:《中国战略性新兴产业研究与发展·数控系统》, 国金证券研究所

2) 市场认可度不够, 海外龙头企业在全球范围内建立了技术壁垒与市场优势地位, 并且已经进入中国市场多年, 基于技术、性能、认可度优势, 形成了一部分企业“生态”壁垒。

图表36: 国内外市场参与者对比

分类级别	代表品牌	功能完备性	性能及适用范围	可靠性 (MTBF)
国外顶尖	西门子、海德汉	CAD、CAM、多种样条曲线插补、RTCP、空间刀补、智能误差补偿、3D 仿真、后置处理、智能诊断、MES、ERP;1000M 工业总线通讯	三环全数字驱控一体、纳米级高速高精曲线插补、智能化自适应机床参数配置、通过参数选择可以满足几乎所有设备控制应用	30000h
国外一流	发那科、三菱、NUM	CAD、简易 CAM、多种样条曲线插补、RTCP、空间刀补、综合误差补偿、3D 仿真、后置处理、智能诊断;1000M 工业总线通讯	三环全数字驱控一体、纳米级高速高精曲线插补、通过参数数据可满足车、铣、加工中心及各类专用设备控制	15000h
中国台湾系统	新代、亿图、宝元	简易 CAM、NURBS 样条插补、RTCP、侧刃加工、动态误差补偿、2D 仿真、在线诊断;100M 工业总线通讯	位置环闭环控制、微米级高速高精插补、通过参数选择可满足车、铣、加工中心及部分专用设备控制	10000h
大陆高端	华中、光洋、广数、KND	NURBS 样条插补、RTCP、侧刃加工、动态误差补偿、2D 仿真、在线诊断;100M 工业总线通讯	位置环闭环控制、微米级高速高精插补、具有车、铣、加工中心及部分专用设备控制系统;加工效率一般	10000h
大陆普适	华兴、开通、达丰、广泰	通用插补功能、刀具直线及半径补偿功能、静态误差补偿、2D 仿真、在线诊断;100M 工业总线通讯	脉冲或总线闭环控制、小线段前瞻插补控制、具有车、铣、加工中心及个别专用设备控制系统;加工效率较低	3000h

来源:《中外高端数控系统差距分析及对策》, 国金证券研究所

面对这些差距, 国家推出了一系列产业支持政策, 加速国产数控系统的技术进步追赶海外龙头。例如针对高端中高端数控系统难以实现首台套应用问题, 国家及政府相关部门通过通过科技重大专项以及国产数控系统应用示范工程, 来树立国产数控系统品牌, 增强用户信心, 提高对国产数控系统的认知度; 同时在国家科技重大专项推动下, 国内立项的高端数控系统的数控系统装置、伺服电动机及驱动装置、主轴电动机/电主轴及驱动装置、力矩电动机及驱动装置、直线电动机及驱动装置等方面的“04 专项”课题, 攻克了一批关键核心技术, 支持了华中数控、科德数控等企业快速成长, 国产高端数控系统得以在航空航天等高端产业批量示范应用, 产业化进展很快。

图表37: 在国家及政府相关部门政策支持下, 国产数控系统加速成长

<p>中科院沈阳计算所、沈阳高精数控、沈阳机床集团联合实施的“国产数控机床应用国产数控系统示范工程”</p> <p>由沈阳机床集团提供6大类11个型号30台套的数控机床, 配套使用沈阳高精数控公司研制开发的3种型号的数控系统, “蓝天数控”系统实现了西门子840D、发那科18i数控系统替代, 符合各种检测指标要求</p>
<p>鲁南机床与华中数控实施的“国产数控系统应用示范工程”</p> <p>五轴联动加工中心、龙门/卧式/立式加工中心等共69台, 采用华中数控系统, 分两期分别全部投入使用, 并形成联网应用, 项目通过验收。</p>
<p>“高档数控机床与基础制造装备”国家重大课题专项 (04 专项)</p> <p>累计立项40多项课题, 支持华中数控、广州数控、大连光洋、沈阳高精等国内数控系统骨干企业, 以西门子、发那科等国外先进数控系统技术和产品为赶超目标, 围绕重点领域的国家重大战略需求, 自主研发高档数控系统。</p>

来源:《中国自动化技术发展报告》, 国金证券研究所

从国内技术水平与国际前沿水平对比看, 每个细分领域国内已有优势单位形成明显突破, 未来差距有望不断缩小。

图表38: 数控系统技术及产品国内外比较

技术/产品	国内现状、国际前沿水平	国内优势单位
数控高阶算法	西门子、发那科、海德汉深耕高性能算法, 投入多研究时间长, 高端产品占据绝对优势; 国内高阶算法投入少, 效果差, 以中低端产品为主	华中数控依托华中科技大学, 在前沿算法研究上具有先天优势
数控机床高精密切削控制系统	国内产品在功能和性能上基本媲美海外品牌, 但易用性、稳定性还有差距, 以低价格占据一定市场份额, 但高性能需求场合难以进入	汇川技术伺服驱动达到国际领先水平, 性能上不输国际优势产品
软实时操作系统和EtherCAT 主站	国内大部分基于嵌入式平台采用商用、开源实时操作系统和实时总线主站, 自身无实时操作系统和总线主站研发能力; 国外西门子、发那科等都拥有具有自主知识产权的实时操作系统和相应的总线主站	科德数控具备自主研发实时操作系统的能力, 并在五轴联动机床上应用有较好的效果
数控机床和机器人一体化控制系统	国外已有机床、机器人融合样机, 国内主要为简单交互	华中数控、广州数控均拥有自主知识产权的数控系统和机器人控制系统, 具有先发优势
数控机床工业互联网应用技术	国内大部分产品具备互联互通接口, 应用设备监控、简单操作和生产计划等浅应用	华中数控在工业互联网前沿应用领域具备独特优势
自主知识产权 PLC-IDE 数控平台	国内产品多采用向第三方付费 PLC 平台或开源 PLC 平台; 国外发那科、西门子拥有具备自主知识产权的 PLC 平台, 能与 CNC 深度交互, 效果更优	科德数控具有自主研发软 PLC 系统, 并在自由五轴联动机床应用, 效果较好

来源:《中国战略性新兴产业研究与发展·数控系统》, 国金证券研究所

目前从科德数控、华中数控看, 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:

- 1) 科德数控数控系统对标西门子 840D, 从中国机床监督检测中心出具的公司数控系统与西门子 840D 的对比检测报告来看, 在功能上, 公司已达到西门子 840D 的 95.85%, 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。
- 2) 华中数控 8 型高性能数控系统与德国、日本等国家的高性能数控系统产品功能全面对标, 标准型数控系统产品 600 余项功能对标匹配度达到 100%, 高档型数控系统产品 1900 余项功能对标匹配度超过 98%, 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39：国内龙头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
数控功能变换	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
	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
	通用插补器 NURBS	支持	支持
数控功能插补	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
	多项式插补	支持	支持
数控功能程序功能	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40：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	无	有
	直线测量	无	无	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

与数控系统配套的伺服驱动系统科德数控指标与西门子、发那科、海德汉也基本持平，达到国际先进水平。

图表41：科德数控配套伺服驱动系统已达到国际先进水平

指标	西门子 S120 书本型	发那科 α i-B 系列	海德汉 UM 系列	科德 GDUB 伺服驱动
----	--------------	--------------	-----------	--------------

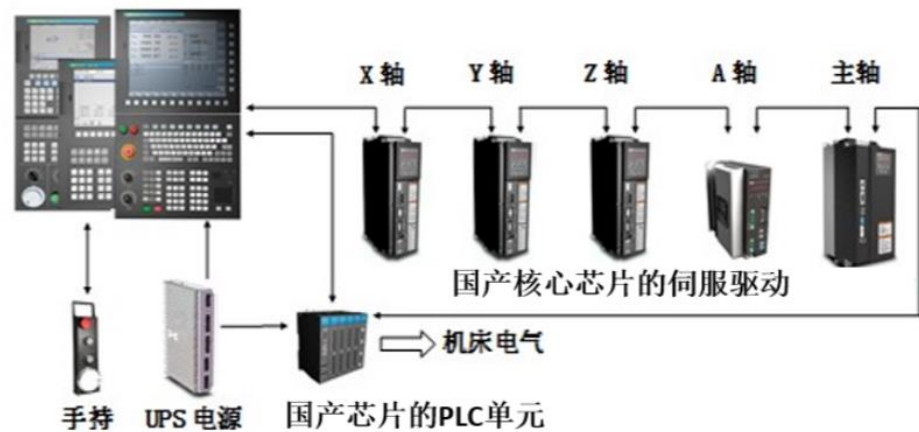
	驱动系统			系统
电源模块	可选电源模块（能量回馈或非能量回馈）	可选电源模块（能量回馈或非能量回馈）	可选电源模块（能量回馈或非能量回馈）	可选电源模块（能量回馈或非能量回馈）
适配典型电机	1. 6-107kW	1. 6-65kW	10-125kW	1-250kW
额定功率				
载频	2-16kHz（可配置）	2-16kHz（可配置）	3. 3-10kHz（可配置）	2-16kHz（可配置）
输出频率(4k 载频)	0-650Hz	未披露	未披露	0-650Hz
支持编码器类型	方波增量、正余弦增量、绝对式编码器	方波增量、正余弦增量、绝对式编码器	方波增量、正余弦增量、绝对式编码器	方波增量、正余弦增量、绝对式编码器
感应电机	支持	支持	支持	支持
同步电机	支持	支持	支持	支持
力矩电机	支持	支持	支持	支持
直线电机	支持	支持	支持	支持
弱磁控制	支持	支持	支持	支持
伺服控制参数	支持	支持	支持	支持
自动优化功能	支持	支持	支持	支持
振动抑制功能	支持	支持	支持	支持
主轴准停功能	支持	支持	支持	支持
控制接口	DRIVE_CLIQ	FSSB	扁平电缆 G	Glink 光纤总线（千兆以太网）

来源：科德数控招股说明书，国金证券研究所

从供应链看，华中数控目前基于国产芯片的数控系统已经落地，“卡脖子”风险降低。华中数控基于国产芯片的数控装置、伺服驱动、软件体系结构，基于国产芯片研发自主化高档数控系统，已实现产品的系列化及规模化生产和推广应用，未来被“卡脖子”风险降低。

图表42：华中数控实现基于国产芯片数控系统开发

国产核心芯片的数控装置

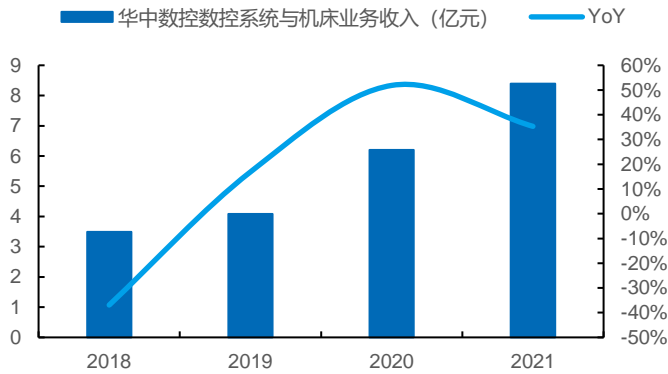


来源：华中数控官方微信公众号，国金证券研究所

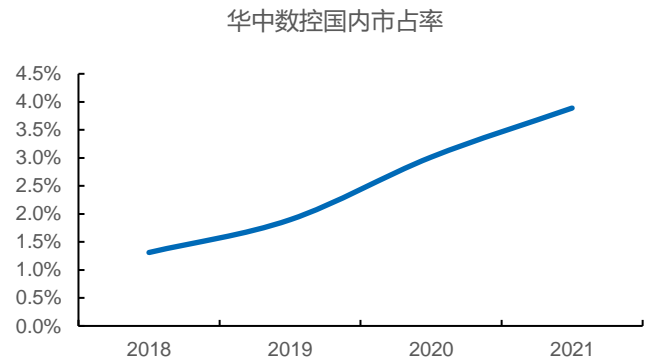
从价格看，以科德数控为例，其自研数控系统对外售价低于西门子 840D 平均价格的 50%，同时标准产品毛利率在 50% 以上，相比进口品牌国产数控系统性价比优异。

从结果看，华中数控近年数控系统出货量高增长，市占率持续提升。19至21年华中数控数控系统与机床业务收入增速分别为16.89%/51.87%/35.32%，保持较高增速。根据我们测算的国内数控系统市场空间计算，华中数控国内市场市占率从18年1.31%提升至21年3.89%。

图表43：华中数控近年数控系统与机床业务收入高增长



图表44：华中数控国内市占率持续提升



来源：华中数控公告，国金证券研究所

来源：华中数控公告，国金证券研究所

注：根据公司数控系统与机床业务收入计算

目前伴随工业母机ETF成立、工业母机产业投资基金成立，我们认为针对高端数控系统国产替代相关政策将会持续加码，同时制造业转型升级基金参与了科德数控定增，与华中数控也保持了持续沟通，资金层面国内数控系统龙头企业也有望得到持续支持。

图表45：近年来多部门发布政策支持中国高端数控机床产业发展，未来政策支持有望加码

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新增长极的指导意见》	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

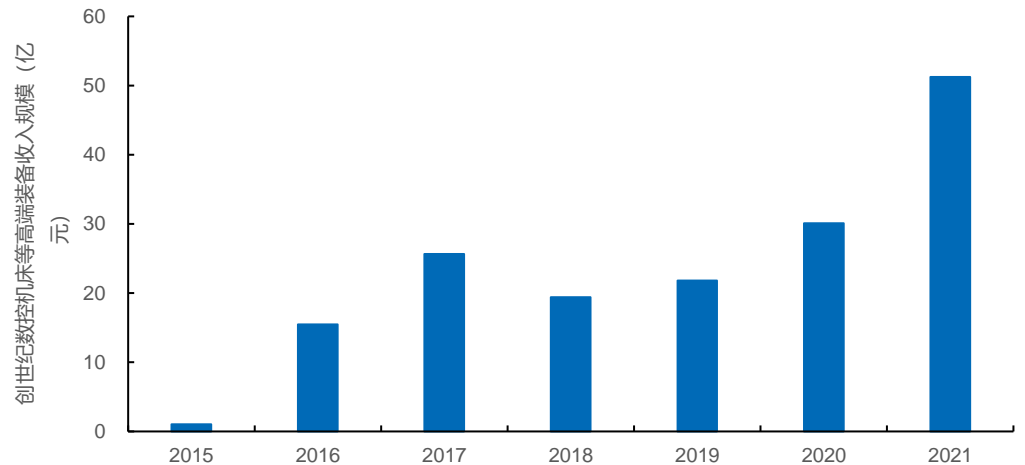
3.应用：新能源汽车、航空航天产业国产替代有望加速

国内3C产业快速增长，伴随3C加工设备的国产化，华中数控切入3C领域快速实现突破，相比海外数控系统在部分加工指标实现反超，覆盖了创世纪、宇环数控、汇专科技等行业龙头客户。目前航空航天、新能源汽车领域扩产、新工艺应用等变化为国产机床带来切入机会，而国产数控系统在这些行业也已积累较多成熟案例，我们认为国产数控系统也有望进一步提升渗透率。展望未来，我们认为国产数控系统有望借助智能化、新技术应用等发展机遇错位竞争，打开新的应用空间。

3.1 3C 产业伴随设备国产化率提升，国产数控系统已实现大规模进口替代

国内 3C 产业快速增长，对于设备采购需求较大，国内加工 3C 产品的高速钻攻机一直被日本、美国、韩国等国家占据第一阵营，3C 产品对于复杂曲面加工要求较高，对于数控系统、设备的效率、精度均有很高要求。伴随国内设备供应商崛起，国产数控系统有了推进国产替代的基础。

图表46：创世纪钻攻机等 3C 行业设备收入规模快速增长，构筑了国产替代的市场基础



来源：Wind，国金证券研究所

华中数控在 3C 产业率先起步，14 年华中数控瞄准了国内快速爆发的 3C 设备市场，基于华中 8 型高档数控系统推出了 3C 行业高速钻攻机数控系统 HNC-808AM，经过与海外数控系统性能测试，在部分加工指标上实现了反超。

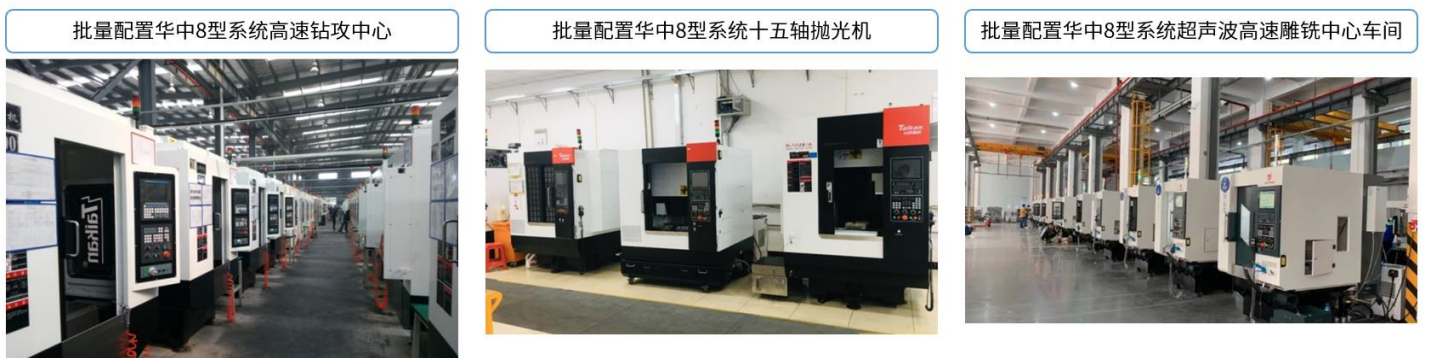
图表47：华中数控 HNC-808AM 系统在钻攻中心应用实现了加工效率上的反超

钻攻中心配置	24000 转电主轴，进给速度 60M/min，采用伺服刀库	
	华中数控	海外系统
加工手机零件	14 分 50 秒	15 分 33 秒
加工钻孔攻丝工序	3 分 10 秒	2 分 55 秒

来源：《数控机床市场》，国金证券研究所

目前华中数控基于华中 8 型数控系统的高速高精、多轴多通道技术、直线电机控制等关键技术，在手机打磨抛光、玻璃盖板加工领域与创世纪、宇环数控、汇专科技、蓝思科技、嘉泰数控等企业实现了深度合作，目前华中数控已有数万台数控系统应用在 3C 产业，与海外数控系统供应商同台竞技。

图表 3：华中数控系统在 3C 行业各类机型批量应用



来源：MT 机床网，国金证券研究所

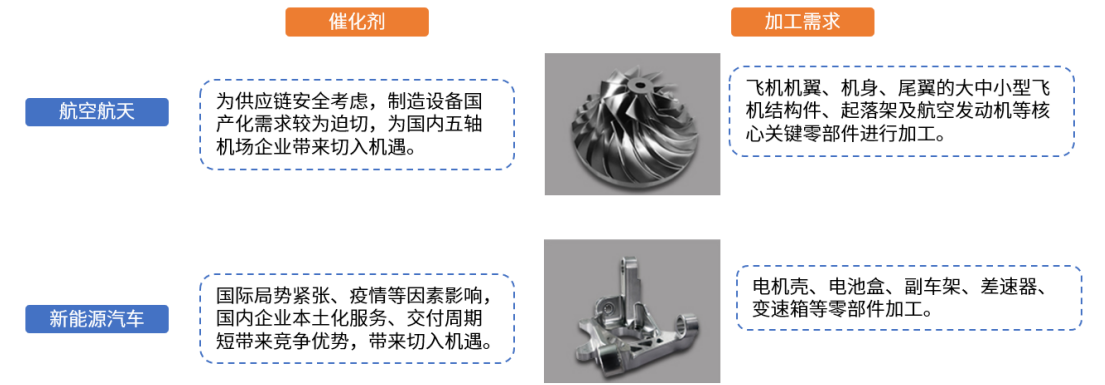
3.2 航空航天、新能源汽车领域为国产机床带来新机遇，国产数控系统渗透率也有望提升

新能源汽车与航空航天领域有望为国内机床企业带来成长机遇：

1) 航空航天领域：高端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。以五轴机床为例，其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等高端机床需求增长。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带来增量空间。

图表48：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

航空航天：“自主可控”加速，国产份额有望持续提升。

在航空航天等高端制造领域以叶轮叶盘、透平机械类为代表的典型复杂曲面零件需要具备高动态、高精度、高响应的高端五轴联动加工设备，之前设备主要依靠进口。目前科德数控、华中数控均在航空航天领域积累了较多成熟案例，在当前航空航天产业链“自主可控”需求催化下，国产份额有望持续提升。

科德数控基于自研数控系统，搭配自研直驱/双直驱高刚性加工中心，针对航空航天整体叶盘、涡轮转子、复杂箱体类零件的高效精密加工积累成熟经验，市场累计销售数百台，建立了广泛客户基础。同时通过改良刀具和工艺，在开粗切削深度、总加工时长等方面显著领先传统工艺，钛合金机匣加工时间可缩短至3小时30分钟。

图表49：科德数控针对航空航天领域积累成熟应用经验



来源：科德数控官方微信公众号，国金证券研究所

华中数控在航空航天领域覆盖了沈飞、成飞、中国航发、中国商发等多家企业，华中8型数控实现了对于进口高端机床的数控系统替换，根据《中国战略性新兴产业研究与发
展·数控系统》统计数据（出版时间为21年10月），沈飞、成飞等12家企业共应用了200多台套HNC8型数控系统，五轴以上100多台套；中国航发、中国商发等6家企业共应用了100多台套HNC8型数控系统，其中五轴数控系统20多台套；航天系统15家企业，应用了200多台套HNC8型数控系统，其中五轴数控系统60多台套。

图表50: 华中数控五轴数控系统在航空领域大规模应用



来源:《中国战略性新兴产业研究与发展·数控系统》, 国金证券研究所

2020年,华中数控参与沈飞、沈阳航空制造有限公司等企业联合打造的航空复杂结构件智能制造生产基地项目建设完成,该项目是国内航空航天领域首条全部应用全国产高档数控设备的智能制造生产线,同时也是航空航天领域配套华中8型五轴数控系统最多的智能制造生产线,国产数控系统有望持续助力航空航天产业设备“自主可控”。

图表51: 沈阳航空复杂结构件智能制造生产基地



来源:《深度融合,创新致胜》, 国金证券研究所

新能源汽车:新材料、新工艺,为国内企业带来切入机遇

目前伴随汽车制造材料变化,新能源汽车“三电”涉及的电机壳、电池箱体、电池箱上盖、电池箱底壳、高压盒PEU壳体,减速箱壳体等材料以铝合金组件为主。相比传统燃油车铸铁加工,针对机床设计、加工工艺等方面的最优方案机床厂仍处于探索状态,为国内机床厂切入赛道带来了机会。

图表52：新能源汽车“三电”大量使用铝合金组件



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

目前华中数控在铝合金结构件加工领域，针对铝合金材料去除量大、刚性低、强度弱等特性已经具有成熟解决方案，开发了针对 3C 产业的铝合金复杂精密结构件加工自动化柔性线，未来有望向新能源汽车相关应用推广。

图表53：华中数控铝合金精密结构件加工自动化柔性线



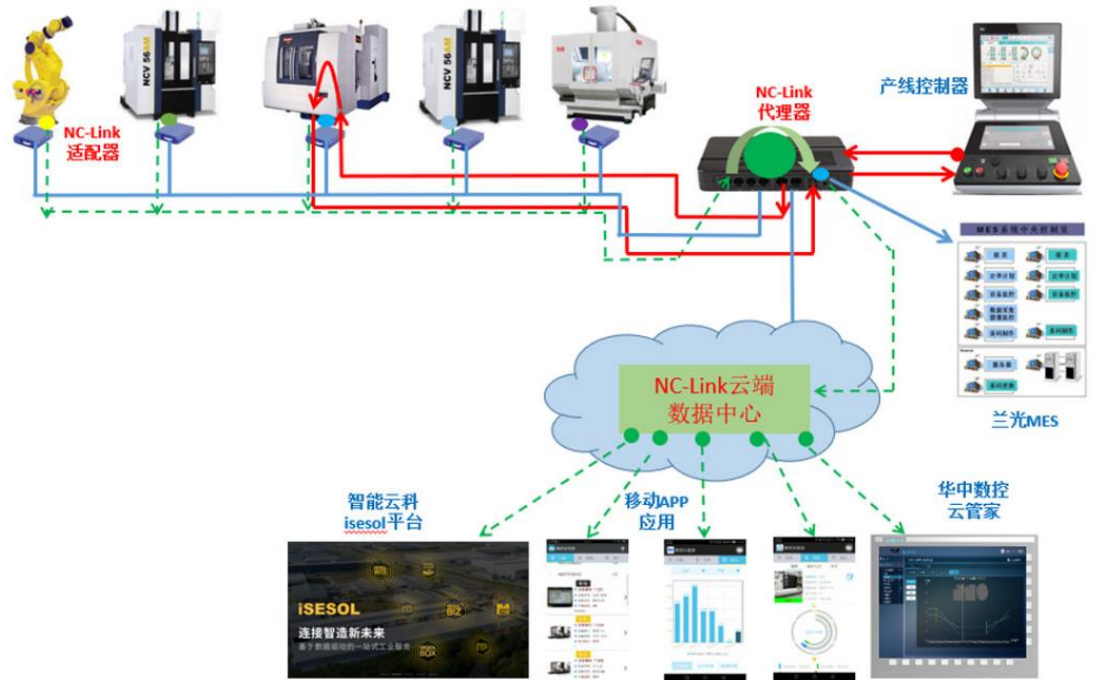
来源：《精密铝合金结构件的无人化制造技术》，国金证券研究所

3.3 智能化、新技术为国产数控系统带来错位竞争机会，打开新的应用空间

智能化：智能机床+智能产线，打造错位竞争

NC-Link 协议实施，加速机床行业智能化。数控装备工业互联网通信协议（NC-Link）发布，为数控机床互联互通实现了统一标准，目前广州数控、华中数控、科德数控等企业已实现了 NC-Link 协议。

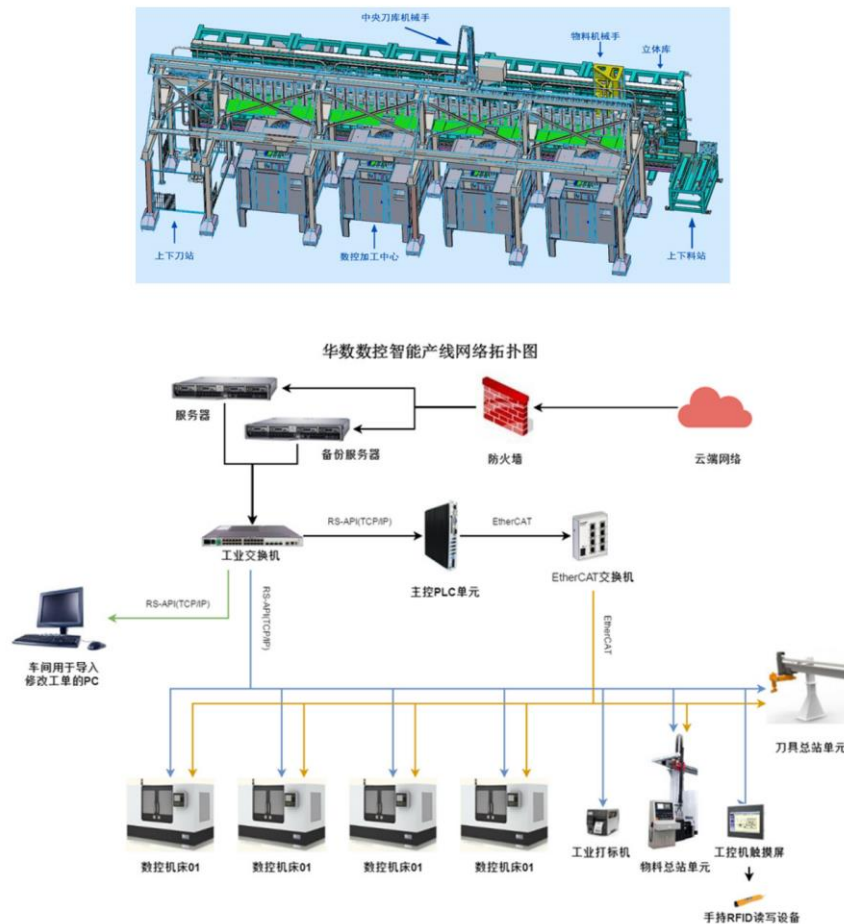
图表54: NC-Link 协议实施, 加速机床行业智能化



来源: 中国机床工具工业协会, 国金证券研究所

以华中数控为例, 在自研数控系统、工业机器人、自主开发 NCUC 总线协议及 EtherCAT 总线协议加持下, 可满足动力电池、新能源汽车多品种、多批量、多工艺融合的柔性化、智能化加工需求。

图表55: 基于华中数控智能产线系统的柔性化产线



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

华中数控作为数控系统供应商，针对智能化发展趋势，在数控系统软件、数控系统硬件、生产线管控软件均有独立优化，有望构筑差异化竞争优势。

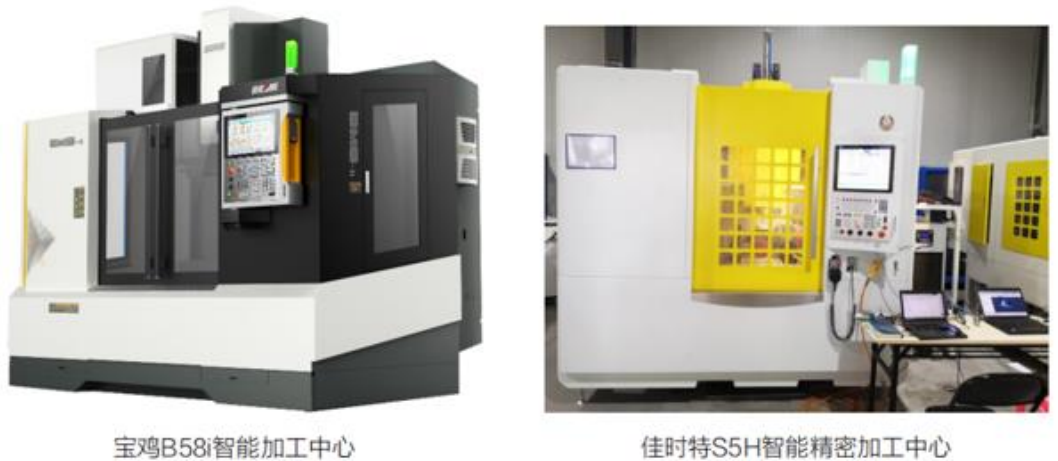
图表56：华中9型实现了全套的智能化布局



来源：公司官网，公司官方微信公众号，国金证券研究所

从机床看，目前华中数控与多家机床厂联合开发智能机床，集成集成了智能轮廓误差补偿、热误差补偿、健康保障、断刀检测等智能化功能，使机床加工效率、编程操作的易用性大幅提升。

图表57：与华中数控联合研发的智能加工中心

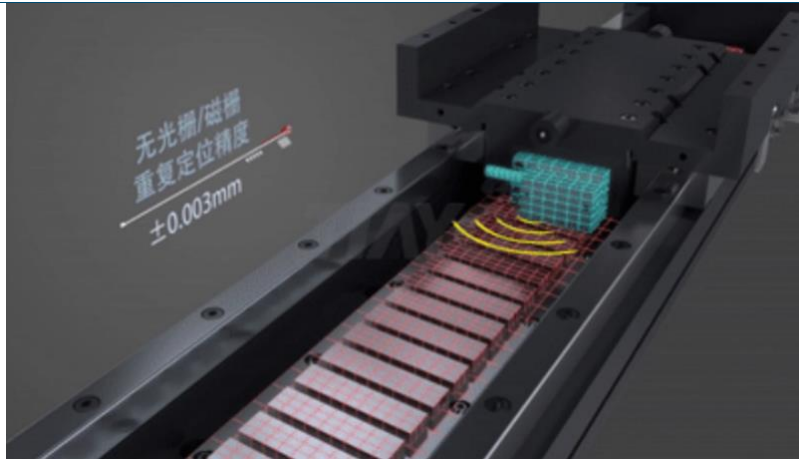


来源：《深度融合，创新致胜》，国金证券研究所

新技术：配套新技术应用，赋能机床厂技术升级

以机床产业新技术直线电机为例，直线电机是一种将电能直接转换成直线运动机械能，而不需要任何中间转换机构的传动装置，用于替代机床原有的滚珠丝杠传动结构。

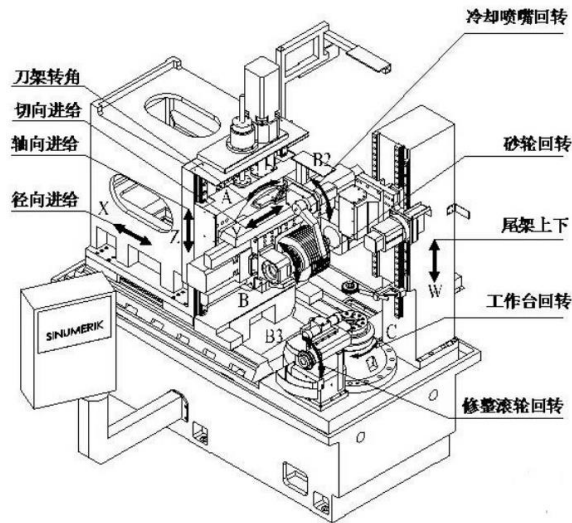
图表58: 数控加工的新技术直线电机



来源:《华中数控配套直线电机让制造更精更快更智能》, 国金证券研究所

传统的机床进给驱动系统是“旋转电机+滚珠丝模”机构, 中间部件多, 运动惯量大, 而且滚珠丝模本身俱有物理局限性, 因此产生的线性速度、加速度及定位精度均有限, 不能满足超高速、高精度加工的需要。直接电机产生直线运动, 结构简洁, 运动惯量小, 系统刚度高, 快速响应特性好, 高速情况下能实现精密定位, 产生推力大, 尤其运动速度、加速度高于滚珠丝模的若干倍, 工作行程可以无限长, 维护少、寿命长。所以对于控制精度高于 $2\mu\text{m}$ 以上的数控机床, 直线电机是优选功能部件。

图表59: 直线电机机床构成



来源:《华中数控配套直线电机让制造更精更快更智能》, 国金证券研究所

华中数控 HSV-180UD、HSV-150E, 支持各类直线电机、高精度光栅尺、线性导轨及大理石或矿物铸造床身, 可满足高速高精度模具机的需求。

目前部分厂商通过与华中数控合作, 实现了原有设备的性能“飞跃”, 依托与国产数控系统的高性价比与部分先进技术, 实现了数控系统厂商“赋能”主机厂:

1) 钻攻机: 钻攻机采用新型直线电机+永磁同高速电主轴+多主轴加工, 满足绕 5G 基站散热器、天线板、金属手机壳等大批量加工领域的特定需求, 得到批量应用。

图表60: 批量配置华中8型系统和直线电机的高速钻攻中心



来源:《华中数控配套直线电机让制造更精更快更智能》, 国金证券研究所

- 2) 三头雕铣机: 进给轴全部用直线电机, 加速度 2g, 快移达 80m/min, 高效批量加工小五金类产品
- 3) 直驱五轴加工中心: 与深圳某机床厂合作研发全直驱五轴数控加工中心 YH-WZ640, 已实现批量销售, 从“3+2”直接升级为五轴联动, X、Y、Z 三个直线运动轴采用具有自研直线电机, 推力大, 响应快, 结合高精度光栅尺形成全闭环控制。

图表61: 采用华中数控系统的全直驱五轴数控加工中心



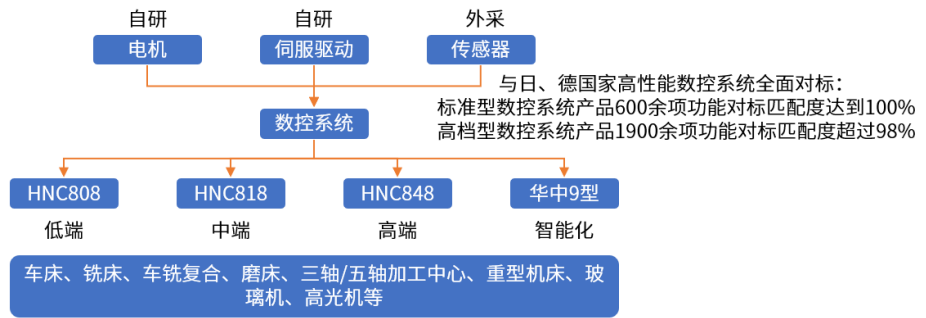
来源:《华中数控配套直线电机让制造更精更快更智能》, 国金证券研究所

4.重点关注: 华中数控、科德数控

4.1 华中数控: 国产高端数控系统龙头, 利润弹性有望释放

华中数控从 1993 年开发出华中 1 型数控系统, 2018 年华中 8 型数控系统的“04 专项”课题通过验收, 标志着在关键技术指标、产品可靠性达到国外主流数控系统技术水平。目前在航空航天、汽车零部件制造、3C 制造、机床工具、通用机械加工、木工、玻璃加工等领域得到批量应用。根据华中数控公告信息, 2020 年在国产高端数控系统市占率近 50%, 在国产品牌中排名第一。

图62: 公司自研数控系统实现与海外龙头全面对标



来源: 公司官网, 公司公告, 国金证券研究所

HNC848 数控系统在各类五轴机床得到验证, 加工效果看齐海外龙头实现进口替代。根据《国产华中数控系统在不同构型五轴机床上的应用验证》测试结果, 采用公司数控系统在A/C 摆头五轴机床、单摆五轴机床、复合摆头五轴机床、摇篮转台五轴机床四类典型无坐标高端机床上, 分别加工测试国家标准方圆试件、NAS 件及 S 件、均达到合格要求, 公司可以满足各行业五轴高端机床数控系统需求, 对标国外部分进口高端数控系统先进功能。

图63: HNC848 配套不同构型五轴机床



来源: 《国产华中数控系统在不同构型五轴机床上的应用验证》, 国金证券研究所

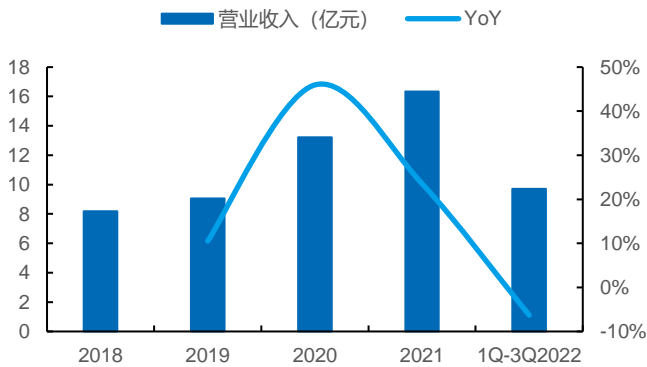
收入端: 伴随公司智能产线、数控系统高增长, 20/21 年公司营收高增长, 22 年由于下游消费电子、通用机械需求疲软, 公司营收增速下降。

利润端: 公司 20/21 年对子公司江苏锦明分别计提商誉减值 8174.49 万元、3745.90 万元, 影响利润增长。今年受经济环境影响营收增速下滑, 但展望明年考虑公司收入增速有望回暖, 同时商誉减值影响逐步降低, 公司利润有望回暖。

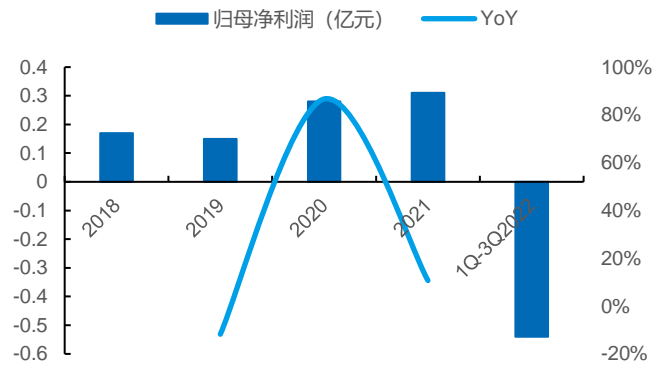
毛利率: 1H22 受原材料成本上涨影响, 公司工业机器人业务毛利率下降, 数控系统与机床业务毛利率较为稳定。

净利率: 221Q-3Q 由于管理、销售、研发费用率上升, 净利率下降, 后续伴随公司收入增速回升, 净利率有望回暖。

图表64：华中数控20、21年营收高增长



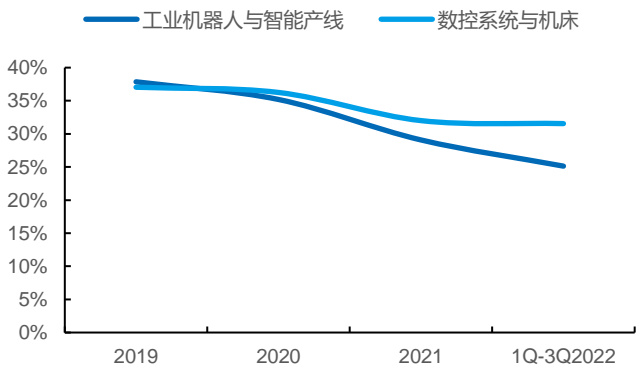
图表65：华中数控20/21年商誉减值影响利润增长



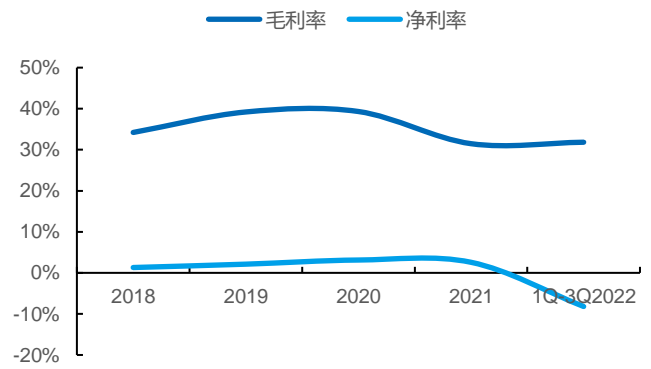
来源：Wind，国金证券研究所

来源：Wind，国金证券研究所

图表66：工业机器人受原材料价格上涨影响毛利率下降



图表67：22年净利率下降，后续有望回暖

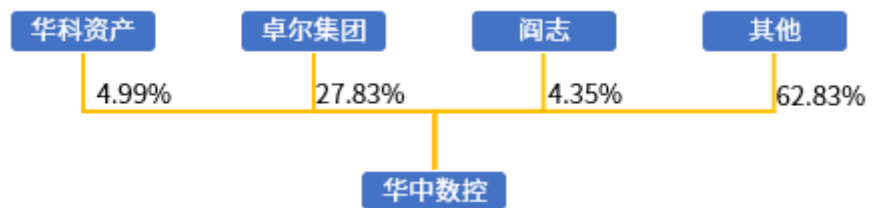


来源：Wind，国金证券研究所

来源：Wind，国金证券研究所

经过校企改革，卓尔智造集团成为华中数控控股股东。2019年11月，公司控股股东由武汉华中科技大产业集团有限公司变更为阎志先生及其一致行动人卓尔智能制造（武汉）有限公司，实际控制人由华中科技大学变更为阎志先生。

图表68：校企改革后卓尔智造集团成为公司控股股东



来源：Wind，国金证券研究所

注：数据截至2023年2月3号；华科资产持股比例为4.99996%

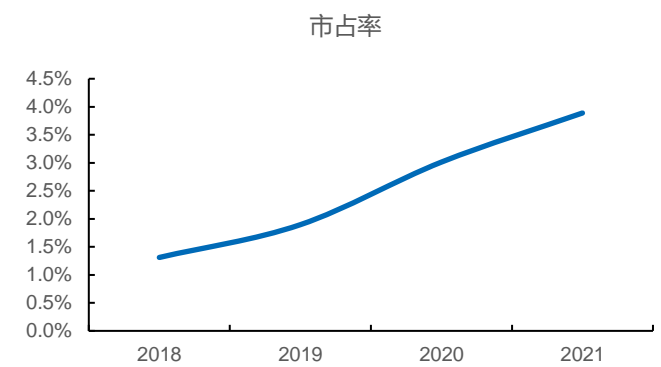
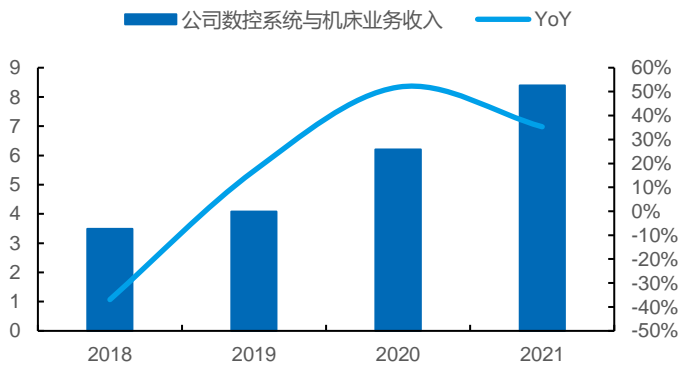
卓尔智造集团成为公司控股股东，一方面为公司带来资金支持加速数控系统业务发展，一方面有望让公司机制更加灵活、运营更加市场化，带动公司数控系统与机床业务近年高速增长，同时市占率持续提升：

1)卓尔智造集团认购公司股份赋能数控系统业务成长。21年5月公司定向发行股票上市，认购对象为卓尔智造集团，募集资金总额4.28亿元，募集资金主要用于高性能数控系统技术升级及扩产项目，项目建成后将形成年产35000套数控装置、35000套多功能I/O模块，35000套电源及145000套伺服驱动产品能力。

2)卓尔智造集团入股后公司由国有控股变为民营控股的混合所有制上市公司，整体机制体制更加灵活，目前在重大事项方面改善了以往决策链过长的情况提高了公司决策效率，更方便利用资本市场等外部资源促进公司发展。同时公司运营更加市场化，在市场推广、费用管控等方面有望持续优化，释放利润弹性。

图表69：公司近年数控系统与机床业务收入高增长

图表70：公司市占率持续提升

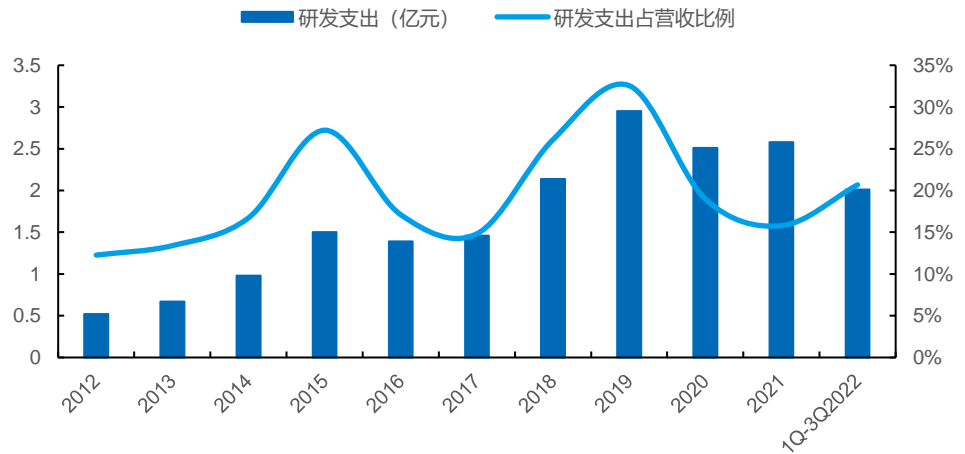


来源：华中数控公告，国金证券研究所

来源：华中数控公告，国金证券研究所

从技术指标看，公司多年保持高研发支出比例，目前主打产品华中8型高性能数控系统与德国、日本等国家的高性能数控系统产品功能全面对标，标准型数控系统产品600余项功能对标匹配度达到100%，高档型数控系统产品1900余项功能对标匹配度超过98%。

图表71：公司保持高研发支出比例

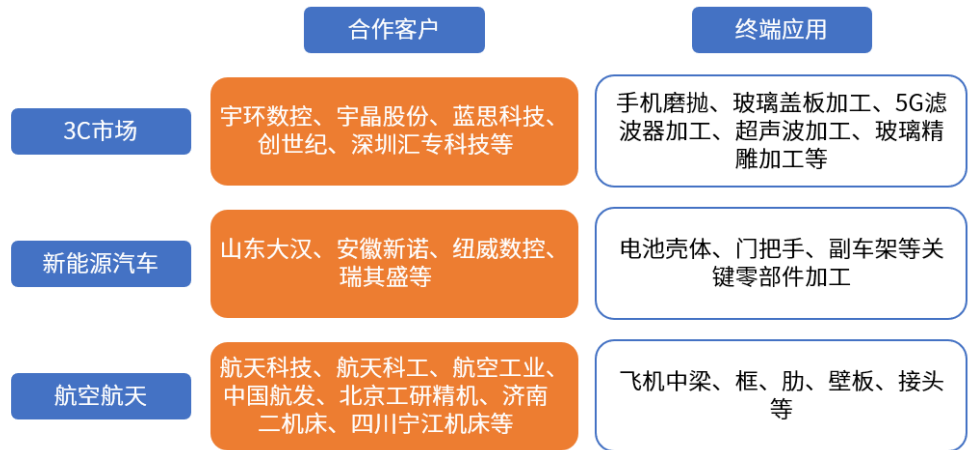


来源：Wind，国金证券研究所

注：包含了资本化和费用化的研发支出

从客户看，公司目前在3C、新能源汽车、航空航天等领域已经具备了较广泛客户基础，覆盖了宇环数控、蓝思科技、豪迈数控、纽威数控、宁波海天、常州瑞其盛、东莞埃弗米、济南二机床等企业，在国家大力扶持国产数控系统发展背景下，未来有望实现更多客户配套。

图表72: 公司目前在 3C、新能源汽车、航空航天领域具有广泛客户覆盖基础



来源: 公司公告, 《国产数控机床和数控系统在航空制造领域应用示范》, 国金证券研究所

我们预计公司 22 至 24 年实现归母净利润 0.01/1.11/2.38 亿元, 对应当前 PE4687X/51X/24X, 预计 23 年、24 年净利率分别为 5.2%、8.6%, 利润弹性显著释放。

图表73: 华中数控盈利预测

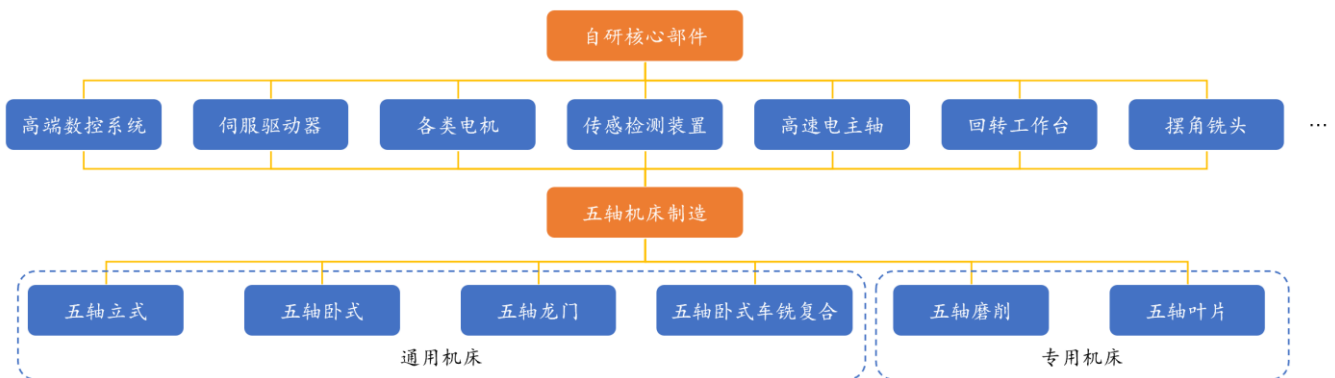
项目	2020	2021	2022E	2023E	2024E
营业收入(百万元)	1,322	1,634	1,618	2,153	2,771
营业收入增长率	45.95%	23.55%	-0.99%	33.09%	28.73%
归母净利润(百万元)	28	31	1	111	238
归母净利润增长率	81.19%	12.44%	-96.16%	9141.54%	114.51%
摊薄每股收益(元)	0.161	0.157	0.006	0.558	1.197
每股经营性现金流净额	0.39	1.08	-0.12	0.59	1.76
ROE(归属母公司)(摊薄)	2.35%	1.91%	0.07%	6.38%	12.07%
P/E	173.48	177.45	4,697.48	50.83	23.70
P/B	4.08	3.39	3.46	3.24	2.86

来源: Wind, 国金证券研究所

4.2 科德数控: 数控系统、五轴机床一体化龙头, 定增加速扩产

科德数控成立于 2008 年, 为大连光洋科技集团有限公司控股公司, 主要销售五轴联动数控机床, 为国内稀缺同时掌握五轴联动机床、数控系统、关键功能部件核心技术企业。

图表 4: 公司基于自研数控系统、功能部件制造五轴联动数控机床



来源: 公司官网, 公司招股说明书, 国金证券研究所

公司自研数控系统、电机、反馈装置、直驱功能部件技术实力处于行业前列, 构筑独有竞

争壁垒。公司核心技术团队参与制定 24 项国家标准、9 项行业标准，在数控系统与关键核心部件技术持续突破，功能、控制精度和加工效率等方面达到国际先进水平。公司 GNC62 数控系统性能卓越，适用于各类高性能数控铣、立、卧、龙门加工中心，基于高速的信息交互、精密的角度位置感知、精准的高频度控制调度实现高精度加工。

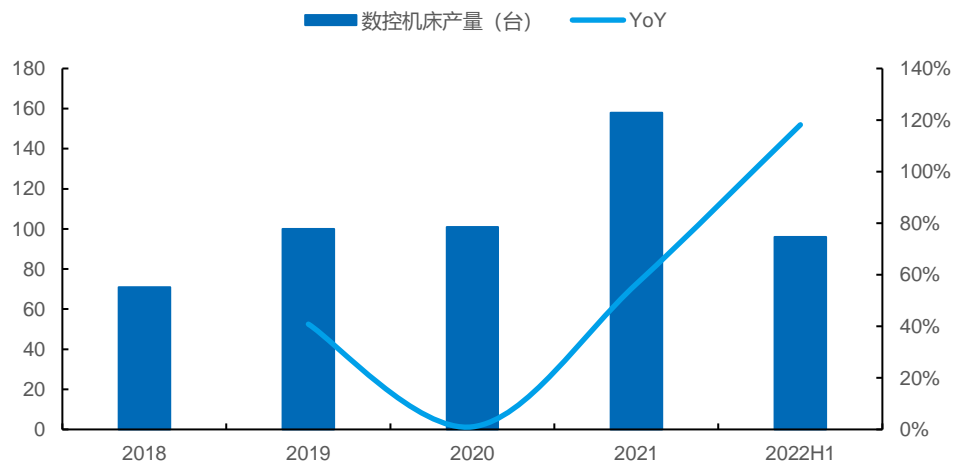
图表74：公司通过数控系统、电机、反馈装置、直驱功能部件核心技术构筑独有竞争壁垒



来源：公司官网，公司招股说明书，国金证券研究所

伴随产能扩张，公司实现数控机床产量高增长，1H22 五轴数控机床产量 96 台，同比增长 118.18%。

图表75：公司 1H22 数控机床产量高增长



来源：公司招股说明书，公司公告，国金证券研究所

2023 年 2 月 3 日公司发布 23 年定增预案，拟募资不超过 6 亿元继续加码扩产，22 年上半年陆续采购卧加柔性制造线、龙门生产线，自制五轴加工中心、外购加工设备用于加强功能部件机加能力，预计 23 年下半年机加产线将投入使用带动产能提升。为满足扩产资金需求，22 年公司以简易程序向特定对象发行股票募集资金总额 1.6 亿元，为产能扩张注入资金实力，本次定增再次募资，公司扩产项目有望加速推进。

图表76：公司定增项目继续加码扩产

项目名称	项目投资总额 (亿元)	拟用募集资金投资金额(亿元)	项目规划
五轴联动数控机床智能制造项目	3.29	2.34	预计大连地区产能规模可达到 1000 台
系列化五轴卧式加工中心智能制造产业基地建设项	1.30	0.90	实现五轴卧式加工中心、五轴卧式翻板铣加工中心等年产 60 台的规模

项目名称	项目投资总额 (亿元)	拟用募集资金投资金额(亿元)	项目规划
目			
高端机床核心功能部件及 创新设备智能制造中心建 设项目	1.47	0.96	电主轴产量可达年产 1300 台套, 德创卧式铣车复合加 工中心年产 100 台套。
补充流动资金	1.80	1.80	
合计	7.87	6.00	

来源: 公司公告, 国金证券研究所

伴随公司后续产能瓶颈逐渐缓解, 23 年公司将加大市场开拓力度, 在深耕航空航天、军工领域的基础上, 加大民用市场推广力度, 为后续产能消化做准备。根据公司公告信息, 目前公司经销渠道占比约为 20%-30%, 未来伴随民用市场开拓, 公司经销占比有望提升。

预计公司 22 至 24 年实现归母净利润 0.93/1.38/1.91 亿元, 对应当前 PE102X/69X/50X。公司一体化布局高壁垒, 成长空间广阔。

图表77: 科德数控盈利预测

项目	2020	2021	2022E	2023E	2024E
营业收入(百万元)	198	254	347	541	800
营业收入增长率	39.62%	27.99%	37.03%	55.76%	47.75%
归母净利润(百万元)	35	73	93	138	191
归母净利润增长率	-17.02%	106.81%	27.93%	47.73%	38.90%
摊薄每股收益(元)	0.518	0.803	1.000	1.478	2.053
每股经营性现金流净额	0.94	-0.72	0.42	0.61	0.29
ROE(归属母公司)(摊薄)	6.43%	8.97%	8.84%	11.69%	14.17%
P/E	190.43	122.77	102.32	69.26	49.86
P/B	12.24	11.01	9.05	8.10	7.06

来源: Wind, 国金证券研究所

5.风险提示

宏观经济变化风险: 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, 因而对行业的需求造成一定的影响。

原材料价格波动风险: 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。

国产替代进展不及预期风险: 科德数控、华中数控成为了国内数控系统行业领先企业, 确立了在行业内的竞争地位, 但若不能在产品研发、技术创新、客户服务等方面持续增强实力, 未来或面临国产替代推进不及预期风险。

减持风险: 华中数控、科德数控在近 6 个月内披露过股东/监事/高管减持公告, 股份减持或对公司股价造成不利影响。

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	北京	深圳
电话：021-60753903	电话：010-85950438	电话：0755-83831378
传真：021-61038200	邮箱：researchbj@gjzq.com.cn	传真：0755-83830558
邮箱：researchsh@gjzq.com.cn	邮编：100005	邮箱：researchsz@gjzq.com.cn
邮编：201204	地址：北京市东城区建内大街26号	邮编：518000
地址：上海浦东新区芳甸路1088号	新闻大厦8层南侧	地址：中国深圳市福田区中心四路1-1号
紫竹国际大厦7楼		嘉里建设广场T3-2402

东西智库 | 专注中国制造业高质量发展

东西智库，专注于中国制造业高质量发展研究，主要涵盖新一代信息技术、数控机床和机器人、航空航天、船舶与海工、轨道交通、节能与新能源汽车、电力装备、农机装备、新材料、医疗器械等制造强国战略十大领域，并提供战略咨询、规划编制、项目咨询、产业情报、品牌宣传等服务。

欢迎加入东西智库小密圈，阅览更多制造业精选信息

 知识星球

微信扫码加入星球小密圈

交流 | 分享 | 研究

赠1万+制造业精选资料

