



中信证券研究部

核心观点



杨泽原
首席计算机分析师
S1010517080002



丁奇
首席云基础设施
分析师
S1010519120003



联系人：马庆刘

计算机行业

评级

强于大市（维持）

计算机辅助设计（CAD）历经技术长期迭代，以几何引擎为基，产品逐渐丰富，覆盖建筑、机械、模具、军工、汽车、航空航天等行业。复盘全球龙头崛起历史，自研并购、工业实践、视野前瞻是其核心规律。我们认为，伴随工业软件政策持续支持、软件知识产权环境优化、技术能力提升，中国 CAD 行业有望持续保持快速增长，龙头有望核心受益。自主研发、生态构建、趋势把握或将成为未来国产 CAD 厂商的关键竞争要素，核心推荐中望软件、广联达。

■ **CAD：长期技术迭代，以几何引擎为基，面向多行业百花齐放。**CAD 源于航空航天、汽车行业应用，旨在利用计算机及其图形设备帮助设计人员工作。历经曲面、实体、参数化、变量化四次造型革命，孕育了行业众参与者，硬件转换与操作系统变革创造转型窗口期。横向看，CAD 产业自内而外分为内核、平台与行业三层，内核决定了 CAD 能力边界和行业扩展性，Parasolid 与 ACIS 两大内核流派分庭抗礼；纵向看，CAD 覆盖建筑、机械、模具、军工、汽车、航空航天等多行业，其中，建筑业领域 BIM 成重要趋势，中低端通用制造领域更重视性价比与兼容性，军工要求复合高标准与高工艺设计，高端制造强调曲面造型、大装配、行业 Know-How。

■ **全球经验：多角度复盘全球龙头，自研并购、工业实践、未来视野是其崛起的核心规律。**达索系统是以 CATIA 发家的全品类工软巨头，内生依靠“技术创新”+“行业 Know-how”，外延通过战略并购整合与生态合作；西门子工业软件以工业制造巨头起家，收购与整合是其软件布局的重要方式，同时通过剥离非核心业务不断瘦身；PTC 是参数化鼻祖，发力并购扩张，引领云化智能化转型未来；Autodesk 是设计软件全球领军企业，尤其在工程建筑市场领先，伴随平台化能力不断提升，不断寻求数字孪生等新兴方向布局。目前，全球 CAD 市场规模约百亿美元，结构稳定，寡头垄断特点明显。面向未来，CAx 一体化/AI 赋能创成式设计/软件上云或成重要发展趋势，头部厂商前瞻布局，有望带来新增长机遇。

■ **国产实践：政策支持与技术迭代并进，孕育头部厂商逐渐崛起。**国产 CAD 起步于 90 年代“甩图板”工程，21 世纪中国加入 WTO 后，知识产权保护环境优化，自研能力不断提升。政策持续引导下，工业软件加速国产替代与正版化，带动 CAD 产业快速发展。华经产业研究院数据显示，2019 年中国 CAD 市场规模仅 50.5 亿元，增速远高海外，但约 90% 市场被海外巨头占据。产品自研与客户持续迭代背景下，国产 CAD 能力不断增强，其中，中望软件作为 All-in-one CAx 解决方案领先商，以自研+性价比打造国产生态；广联达是数字建筑平台型领军企业，以设计助推数字建筑一体化发展；浩辰软件聚焦 CAD，2D/3D+多终端云协作双线并进；数码大方提供 CAD/PLM/MES 为代表的全流程工业软件解决方案；华天软件以 3D 内核为核心，云 CAD 能力领先。国产力量正快速崛起。

■ **龙头启示：自研产品+生态建设+趋势布局三大核心要素。**

1) **产品能力为王：**a. 国产替代本质是核心技术替代，内核决定产品能力，国际巨头均坐拥自主内核，国产厂商正加速追赶；b. 核心能力背后在于研发人才，海外巨头持续高研发投入，国产厂商自主研发意识崛起，研发投入持续加大；c. 下游牵引助力迭代痛点，达索与波音紧密合作铸就了工软龙头，而国产厂商大客户战略加速推进，也正促推动其能力升级。

2) **生态建设扩张市场，筑造护城河：**a. 平台战略实现数据互通与降本增效，提供协作统一工作方式，以达索为例，公司坐拥 3D EXPERIENCE，而国产厂商平台落地也正加速，如广联达的数字设计平台、中望软件的悟空平台等；b. 并购是开疆拓土的重要法宝，国际巨头以自研+并购形成较全品类的工业软件产品

线，国产厂商未来也有望以并购持续扩展布局。

3) **趋势研判，紧抓新技术机遇**：国际龙头均借新技术的布局而崛起，如实体造型技术、参数化技术等，国产厂商应重视新技术窗口期，如平台化/上云/AI 创成式设计等技术，布局趋势，把握龙头机遇。

- **风险因素**：国产软件政策推进不及预期的风险；关键核心技术研发和迭代速度不及预期的风险；国内企业软件国产 IT 支出不达预期的风险；全球疫情发展的不确定性风险；市场竞争加剧。
- **投资建议**：**国内 CAD 市场空间巨大，自主可控势在必行**。我们认为，伴随工业软件政策持续支持、软件知识产权环境优化、技术能力提升，中国 CAD 行业有望持续保持快速增长，龙头有望核心受益。**核心推荐自研能力强大、生态平台布局领先的头部玩家**：1) 中望软件：All-in-one CAx 解决方案领先商，国产 CAD 坚定领航者。2) 广联达：国内数字建筑平台型领军企业，助力打通建筑行业全流程。**建议关注**：3) 拟上市的浩辰软件：聚焦 CAD 的国产领先厂商，2D 与移动业务出色。4) 数码大方：全流程垂直解决方案供应商。5) 华天软件：3D 核心、自研雄厚、领先云能力的智能制造软件服务商。

重点公司盈利预测、估值及投资评级

简称	收盘价	EPS				PE				评级
		2021	2022E	2023E	2024E	2021	2022E	2023E	2024E	
中望软件	254.88	3.13	3.90	5.38	7.17	81.4	65.4	47.4	35.5	买入
广联达	51.08	0.56	0.83	1.15	1.59	91.2	61.5	44.4	32.1	买入

资料来源：Wind，中信证券研究部预测

注：股价为 2022 年 5 月 30 日收盘价

目录

报告亮点与创新之处	1
CAD：技术迭代为基，纵横结构分明	2
发展历程：产业催化技术革命，载体陶染龙头浮沉	2
产品结构：面向特长百花齐放，瓜分全球主要市场	6
下游梳理：设计痛点因业而异，性价比与产品性能至关重要.....	10
全球经验：龙头崛起复盘，时代趋势所向.....	14
崛起规律：工业实践、自研并购、未来视野，成就 CAD 国际巨头	14
市场格局：高集中市场趋于成熟，造型技术结合计算前沿	21
行业趋势：一体化/AI 赋能/软件上云，平台整合带来增长机遇	23
国产实践：政策技术引领，国产替代掘金.....	28
发展历程：国产化政策长线引导，头部型厂商日趋成型	28
市场展望：潜力市场尚待挖掘，国产厂商布局生态	31
龙头启示：国产替代路在何方，自研+生态+前瞻	37
风险因素	41
投资建议	41

插图目录

图 1: SKETCHPAD 绘图展示.....	2
图 2: DAC-1 绘图展示.....	2
图 3: 1970s CAD 的技术革新.....	3
图 4: 小型机与单用户计算机的比较.....	4
图 5: 参数化特征造型技术与传统实体造型技术的比较.....	5
图 6: 变量化技术与参数化技术的比较.....	5
图 7: CAD 产品结构关系图.....	7
图 8: CAAD 发展历程.....	10
图 9: 模具行业 CAD 业务挑战.....	12
图 10: Creo 军工三防手持机设计-1.....	13
图 11: Creo 军工三防手持机设计-2.....	13
图 12: CATIA 在航空间站的航天飞机对接装配设计的应用.....	14
图 13: 达索系统发展路径.....	15
图 14: 达索系统并购史.....	16
图 15: CATIA 汽车优化建模展示.....	16
图 16: Solidworks 倒角和圆角工具建模展示.....	16
图 17: 西门子集团发展引领四次工业革命.....	17
图 18: 一张图看懂西门子软件发展并购史.....	17
图 19: NX 设计与实物对比.....	18
图 20: Solid Edge 设计与实物对比.....	18
图 21: PTC 参数化设计软件变迁.....	18
图 22: PTC 发展历程.....	19
图 23: Creo 产品界面展示.....	19
图 24: Onshape 产品界面展示.....	19
图 25: Autodesk 发展历程.....	21
图 26: 2016-2019 年全球 CAD 市场规模.....	21
图 27: 全球 CAD 市场格局（2018 年）.....	21
图 28: CAD 软件全用户构成（2018 年）.....	23
图 29: CAD 软件专业用户构成（2018 年）.....	23
图 30: 达索基于 3D EXPERIENCE 平台的产品矩阵.....	23
图 31: 西门子基于 Xcelerator 的产品矩阵.....	23
图 32: CAx 在产品设计-制造中协同一致.....	24
图 33: 工业软件平台化布局.....	25
图 34: ICAD 构成、应用与发展阶段.....	26
图 35: 3D EXPERIENCE 云平台.....	27
图 36: 西门子全面的数字孪生.....	27
图 37: PTC Onshape 未来规划.....	27
图 38: Autodesk 基于 Forge 平台的业务体系.....	28
图 39: “船体数学放样”技术讲座入场券.....	29
图 40: 高校计算几何协作组（1982 年）.....	29
图 41: 国内头部 CAD 厂商.....	31
图 42: 2015-2019 年中国 CAD 市场规模.....	31

图 43: 中国 CAD 市场格局 (2018 年)	31
图 44: 中望软件产品演进情况.....	32
图 45: 研发费用及占营业收入比重	33
图 46: 研发人员数量及变化情况.....	33
图 47: 中望软件主要产品版图.....	33
图 48: 广联达 2010-2020 年图形平台相关研发成果	34
图 49: 广联达设计产品架构	34
图 50: 浩辰软件主要产品版图.....	35
图 51: 数码大方数字化设计产品版图.....	36
图 52: 华天软件 SINOVAION 产品功能	36
图 53: 研发人员占比与研发费用占营业收入比重的国内外比较 (2020 年)	38
图 54: 达索系统与波音公司合作发展史	38
图 55: 达索系统 3DEXPERIENCE 平台应用及服务	39
图 56: 中望软件悟空计划.....	39
图 57: 达索系统部分品牌及旗下收购厂商	40

表格目录

表 1: 1950s – 1970s 主要 CAD 产品	2
表 2: 1970s CV 公司何以领先行业	4
表 3: Unix 系统与 Windows NT 系统的主要 CAD 用户.....	6
表 4: 1997-2000s 国际 CAD 主要收购/联合事件	6
表 5: 全球主流几何建模内核.....	7
表 6: ACIS 和 Parasolid 两大主流内核对比.....	8
表 7: 全球 CAD 市场代表公司	9
表 8: 行业层 CAD 软件	9
表 9: 建筑业设计软件分类	10
表 10: Autodesk 与 Bentley BIM 对比.....	11
表 11: 中望软件 CAD 3C 电子应用案例.....	12
表 12: 高端 3D CAD 在军工领域的应用	13
表 13: 汽车工业设计痛点及前沿方案.....	14
表 14: Autodesk 产品体系	20
表 15: 中端 3D CAD 比较	22
表 16: 高端 3D CAD 比较	22
表 17: 创成式设计价值内涵	25
表 18: “甩图板”工程的 CAD 研发应用高潮	29
表 19: 1980-21 世纪初知识产权法系立法与修订	30
表 20: 2015 年以来我国对 CAD 国产化与正版化的政策支持	30
表 21: 中望内核与国际顶尖内核对比.....	37
表 22: 3D CAD 历史趋势与布局变革	40
表 23: 重点公司盈利预测与估值评级.....	42

■ 报告亮点与创新之处

1) 超长线、多维度、技术流复盘 CAD 崛起历程, 造型技术+软硬件闪点驱动国际 CAD, 政策牵引+自主可控明晰国产化历程。本报告着眼于国际 CAD 产业与国内 CAD 产业, 深度复盘自上世纪 50 年代起的产业核心事件。国际脉络端, 核心聚焦四次造型革命的技术内涵与应用价值, 建议重点关注计算机软硬件带来的技术窗口期, 分析各阶段的头部玩家与牵引动力, 以史为鉴。国产脉络端, 复盘 CAD 国产化历程, 建议重点关注软件政策、产权保护环境、技术跟进等关键因素, 挖掘国产头部厂商自主可控背景下的发展机遇。

2) 三产品层次、两大类行业剖析 CAD 主流产品价值及竞争力差异, 归纳 AEC+MFG 的垂直应用痛点。本报告将 CAD 梳理分割为内核、平台与垂直行业三层产品, 内核层聚焦于 CAD 无可替代的价值以及 Parasolid 与 ACIS 分庭抗礼的市场格局, 平台层着眼主流公司及主流软件, 行业层梳理垂直开发来源与应用成果。从下游应用看, AEC 行业 BIM 成主流趋势, 深挖 BIM 头部玩家的产品差异; MFG 高低端应用有别, 3C 电子与模具行业重视性价比, 军工业看重复合标准与高工艺需求, 而航空航天、汽车等高端制造则关注曲面造型能力, 要求 CAD 厂商具备高端制造 Know-How。

3) 路径、战略、产品多角度挖掘全球 CAD 龙头崛起规律, 深析国际市场的竞争格局与产品差异, 归纳 CAD 行业一体化/AI 赋能/上云的主流趋势。本报告聚焦达索系统、西门子工业软件、PTC 与 Autodesk 四大 CAD 龙头, 着眼概述-发展路径-战略打法-产品结构的分析框架, 归纳工业实践、自研并购、未来视野的崛起规律。通览市场格局, 遍历份额、用户与技术, 亮点在于细分中低端、高端的主流 CAD 的核心差异与竞争格局。最后, 总结一体化/AI 赋能/上云趋势及其价值内涵, 剖析巨头布局, 云平台已成重要方向。

4) 国内空间拆分、国产头部企业巡礼、国际龙头启示, 最后回归国产替代主线, 分析我国 CAD 产业国产化前沿与未来。本报告以 2D CAD 与 3D CAD 以及厂商份额两个角度对国内市场进行拆分, 剖析国产替代存在的巨大空间。深度比较中望软件、广联达、浩辰软件、数码大方与华天软件五个国产头部厂商, 自研已然主导国产化布局, 依托各自优势布局产品生态。综合国际巨头发展历程与前沿趋势, 归纳自研、生态与趋势研判三大 CAD 行业国产化启示, 各厂商在自研/平台/并购/一体化/上云各有所长, 国产替代势在必行。

CAD：技术迭代为基，纵横结构分明

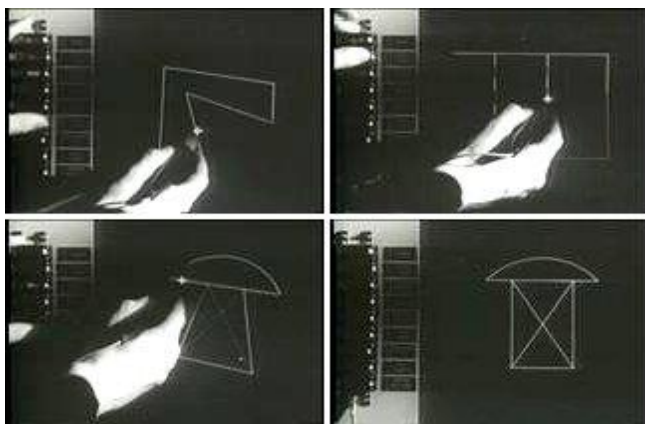
发展历程：产业催化技术革命，载体陶染龙头浮沉

计算机辅助设计（CAD, Computer Aided Design）是指利用计算机及其图形设备进行创建、修改、分析或优化实物模型，以帮助提高设计人员的工作效率和设计质量。纵观国际 CAD 产业 40 年发展历程，产业催化下的四次造型技术革命是核心驱动力，计算机软硬件闪点影响技术窗口期的龙头浮沉。

（一）1950-1970：计算机技术推动 CAD 诞生，汽车、航空主导牵引

作为一项与实际生产制造紧密联系的技术，CAD 的研发-实践周期较短，迅速从科研成果转变为落地产品，计算机技术发挥关键作用。1950 年，MIT 团队研制出“图像显示器”，这一 WHIRLWIND1 计算机图形输出配件，成为 CAD 的雏形。随着计算机语言大力发展，1959 年，CAD 这一概念被初次提出。1963 年前后，SKETCHPAD、DAC-1 等 CAD/类 CAD 软件便相继问世。技术从研发到产品实践的周期仅有 3-4 年。

图 1：SKETCHPAD 绘图展示



资料来源：O-SKETCH-DE-SUTHERLAND-FONTE-DUNN-2012

图 2：DAC-1 绘图展示



资料来源：CADENAS

在 CAD 技术的产品化和落地过程中，行业龙头公司扮演了重要角色，为技术改进提供了宝贵场景验证。在这一阶段，汽车与航空航天工业的设计需要成为 CAD 研发主要牵引力，通用、福特以及洛克希德等龙头公司纷纷投入 CAD 产品的研发，快速推动产品化。

表 1：1950s – 1970s 主要 CAD 产品

产品	出品方	说明
PRONTO	Dr. Patrick J. Hanratty	第一个商业化数控编程系统
DAC-1 (Design Automated by Computer)	Dr. Patrick J. Hanratty, General Motors, IBM	早期图形 CAD 系统, 用于汽车前玻璃线性设计
SKETCHPAD	Ivan Sutherland	首款数字化制图软件, 可用光笔在显示屏上绘制简单几何图形
CADAM (Computer-graphics Augmented Design and Manufacturing)	IBM, Lockheed	将 CAD 技术引入航空领域
SMS & SLT/MST	IBM	首个大批量、自动化、微型化生产半导体电路的 CAD 产品

产品	出品方	说明
CADD (Computer-Aided Design & Drafting)	McDonnell Douglas (后被波音收购)	用于布局、几何类工作
PDGS (Product Design Graphics System)	Ford	Ford 的内部自用 CAD 系统
Digigraphics CAD	Itek	首批商业化 CAD 系统之一, 单套 售价 50 万美元
Computervision	Philippe Villers and Martin Allen	现归属于 PTC
ADAM (Automated Drafting + Machinery)	Dr. Patrick J. Hanratty	基于 Fortran 语言, 可搭载于当 时主流计算机上
Synthavision	MAGI	首个 3D 实体模型系统
Unigraphics	United Computing	现属于西门子旗下的 NX

资料来源: CADENAS, CNKI, 中信证券研究部

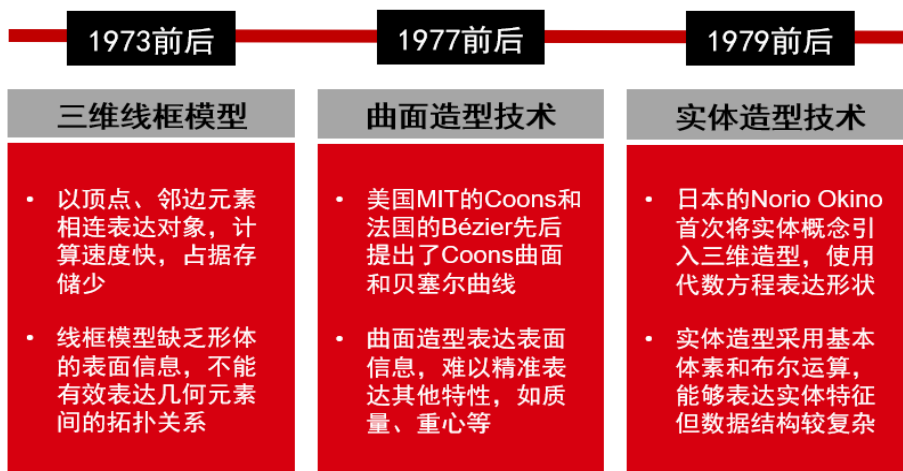
这一阶段, 规模庞大、价格昂贵是 CAD 系统的主要特点。初代 CAD 产品研发投入、使用成本较为昂贵, 仅汽车、航空等经济实力雄厚和技术力量较强产品的高端制造行业得以承担研发, 且因产品设计繁琐而手工绘图精度不足, 具备紧迫需求。

(二) 1970-1980: 曲面实体造型突破, 达索 CV 引领 CAD 发展方向

随着 CAD 投入实际生产制造环节, 相关技术在产业催化下迅速突破。1973 年, 布达佩斯国际会议公布“立体模化器”, 具备三维几何绘图功能; 同期, 法国的雷诺公司推出了 UNISURF 系统, 曲面造型技术落地; 1977 年, 法国的达索公司开发出 CATIA (三维曲面造型系统), 标志着第一次 CAD 革命, 并为 CAM 技术开发提供基础。

图 3: 1970s CAD 的技术革新

三维-曲面: 从线框元素到表面信息 曲面-实体: 从表面元素到物理属性



资料来源: 国际 CAD 产业的发展历史回顾与几点经验教训 (作者: 叶修梓等), CSDN, 中信证券研究部

曲面造型表达不足, 实体造型引领二次革命。1972 年, 日本的 Norio Okino 也将实体概念引入到了三维模型中, 推动了实体造型技术的发展; 1979 年, SDRC 公司推出了 I-DEAS (首个完全基于实体造型技术的大型 CAD/CAE 软件), 可精确表达零件的所有属性。实体造型技术弥补了曲面造型技术的特性表达缺陷, 理论上有助于 CAD/CAE/CAM 的

统一模型表达，其应用标志着 CAD 发展史上的又一次革命。

算法突破与数据膨胀并驾齐驱，软件集成与小型机成行业导向。与线框模型相比，曲面造型与实体造型技术运算更为复杂，实际应用较为勉强。CV (Computer Vision) 公司率先实现曲面造型算法与实体造型算法，计算速度较大提高。伴随着软件集成与全方位解决方案的提出以及小型机运行平台的应用，CV 公司一跃成为行业领导者。

表 2：1970s CV 公司何以领先行业

CV 公司优势	NURBS 曲面	率先实现曲面算法	小型机平台	软件集成	波音公司支持
核心价值	高精度表达	建模速度较大提高	性价比优势	全方位解决方案	高端场景牵引

资料来源：国际 CAD 产业的发展历史回顾与几点经验教训（作者：叶修梓等），中信证券研究部

这一时期，CAD 技术趋于成熟，行业渗透进一步加深。贝塞尔曲线与 B 样条曲线融合升级的 NURBS 方法如今已成为国际标准，边界表达等实体造型方法广为 CAD 产品所采用。汽车与航空航天企业仍是引领者牵引曲面研究；机械与电子行业 CAD 渗透加深，参与实体造型开发；CAD 由军用工业与高端制造业向民用工业扩散。

（三）1980-1990：PTC 引领第三次革命，工程工作站与 PC 助推产品普及

随着工程工作站以及 PC 等单用户计算机的普及，CAD 的交互相应速度提升，且使用成本大幅降低。在单用户计算机产品出现之前，CAD 产品常与共享中央处理器的小型机捆绑销售，成本高昂。1981 年前后，每座位 CAD 软件系统售价达 9 万美元，且多用户共同使用时，中央处理单元工作缓慢。1982 年，Autodesk 公司成立，同年发布了首个基于 PC 且基础单价 1000 美元的 AutoCAD 软件。单用户计算机的应用使 CAD 产品摆脱了并发限制，降低了用户使用成本的同时提高了产品毛利率，打破了 CAD 覆盖场景的壁垒。

图 4：小型机与单用户计算机的比较

主机系统小型机	工程工作站	个人计算机
<ul style="list-style-type: none"> • 特点：具备基本的输入输出功能，强调过程控制和数据的传输与交换；依赖主机，若主机崩溃，则数据丢失；多用户并发工作，中央处理单元工作缓慢； • 价格：售价低于 25000 美元； • 代表厂商：Bailey Meter、Foxbro、Hughes、Raytheon 及 IBM 等 	<ul style="list-style-type: none"> • 特点：将图形处理与显示功能集成，融高速运算与高性能图形处理功能于一体；用户可独占工作站资源又可共享网络软硬件资源；图形系统处理存在缺陷； • 价格：售价较高，为一般标准 PC 的数倍； • 代表厂商：Apollo、DARPA、Sun Microsystems 及 Unix 等 	<ul style="list-style-type: none"> • 特点：16 位 CPU，能够存取大量内存；时钟频率高，处理过程快；基本系统上加用 NDP 集成电路片提高处理速度；独立工作与网络共享一体化；便于学习和维修； • 价格：较为便宜，性能价格比不断提高； • 代表厂商：IBM、Intel、Dell 及 TOSHIBA 等

资料来源：CNKI，ETHW，中信证券研究部

特征造型突破，PTC 引领三次革命。80 年代中期，CV 公司内以 Sam Geisberg 为首的团队提出了一种参数化设计方法。由于参数化设计核心算法与传统区别大，技术雏形无法有效满足自由曲面造型，加之 CV 软件呈供不应求之势，该方法被内部否决。1985 年，此团队离开 CV 公司，并成立 PTC 公司。1988 年，PTC 公司推出参数化特征造型软件 Pro/Engineer，该软件首次实现尺寸驱动零件设计修改，带来了第三次 CAD 技术革命。

图 5：参数化特征造型技术与传统实体造型技术的比较

传统实体造型技术	参数化特征造型技术
<ul style="list-style-type: none"> • 算法：无约束自由造型技术，即用固定尺寸数值定义几何元素，输入线条有其确定位置； • 特点：自由建模无约束，几何形状无控制，数值固定，修改结构、尺寸与形状需重新造型； • 功能：交互式绘图，设计复杂零件性能突出，兼具多种特性表达的功能；绘图工作较为繁琐 • 适用场景：结构清晰场景绘图与修改效率不及参数化设计；零部件复杂场景具备设计能力，但修改时需推翻原稿、重新建模 	<ul style="list-style-type: none"> • 算法：尺寸驱动技术，用尺寸参数约束几何形状，克服自由建模的无约束状态； • 特点：基于特征，全尺寸约束，全数据相关，尺寸驱动设计修改； • 功能：交互式绘图；自动绘图功能，提高设计速度；早期设计性能不佳，后日渐完善 • 适用场景：设计初适合不同部件结构联动关系易刻画场景，较传统实体造型绘图与修改更为迅速，随技术发展自动化优势扩展至绝大部分场景

资料来源：现代 CAD 技术的发展特征（作者：邓学雄等），中信证券研究部

中端软件性价比突出，蓝海市场潜力开拓。早期的 Pro/Engineer 软件性能较低，但尺寸驱动设计提高了绘图设计速度，同时利用 Unix 工作站优化用户界面，加之计算机硬件成本下降，较好契合了中端市场设计工作量不大且零件不复杂以及资金投入有限的 CAD 应用需求。PTC 成立之初便瞄准了中小企业 CAD 应用的蓝海市场，继而一举成功。

（四）1990 至今：变量化与 Windows 催生变革，巨头格局于波折中稳定

变量化技术结合曲面实体造型，软件重写奠基未来龙头。1990-1993 年，虑及参数化技术存在自由曲面解决不足等缺陷，SDRC 公司投资 1 亿余美元研发变量化技术，结合曲面造型与实体造型，将软件全部重写，推出全新体系结构的 I-DEAS Master Series 软件，实现第四次 CAD 革命。随后，达索公司运用变量化技术重写 CATIA，推出 CATIA V5。

图 6：变量化技术与参数化技术的比较

参数化技术	变量化技术
<ul style="list-style-type: none"> • 基础：特征造型技术 • 特点：基于特征，尺寸驱动设计修改，全数据相关，全尺寸约束； • 缺陷：缺乏解决自由曲面的有效工具（如实体曲面问题等），全尺寸约束不利于实体特征修改 • 适用场景：曲面信息即可精准描述建模实体 	<ul style="list-style-type: none"> • 基础：参数化技术；主模型技术 • 特点：基于特征，尺寸驱动设计修改，全数据相关，形状约束和尺寸约束分开，工程关系约束； • 主模型技术：曲面造型与实体造型结合（曲面构成实体），使数据结构一致，解决自由曲面问题 • 适用场景：曲面信息表达不足，需物理属性刻画

资料来源：现代 CAD 技术的发展特征（作者：邓学雄等），中信证券研究部

随着 PC 发展，Windows 操作系统催生中端 CAD 市场扩张。Windows NT 和 Intel Pentium Pro 微处理器的结合，使 Unix 为代表的工作站在临界整型操作与性价比上落后并日渐没落。1996 年前后，基于 PC 机和 Windows 操作系统的 SolidWorks 和 Solid Edge 前后发布，很好实现了 CAD 与 Office 的集成，软件开发费用低，因此性价比优质（仅售 4000-5000 美元），成为面向中端市场的微机平台特征造型系统后起之秀；同期 PTC 凭借

中端市场，已发展至全球 CAD/CAM/CAE 系统提供商的第一位，并发布了首个基于 NT 平台的三维参数化实体造型软件 Pro/Engineer V15。

表 3: Unix 系统与 Windows NT 系统的主要 CAD 用户

操作系统	主要用户
Unix 系统	Pro/Engineer（早期）、Unigraphics、CATIA V3
Windows NT	Solidworks、Solid Edge、Pro/Engineer V15、Mechanical Desktop、Autodesk Inventor

资料来源：CADAZZ，中信证券研究部

90 年代中期后，国际 CAD 产业进入一个联合、收购、兼并频繁的时期。80 年代初，以 CV 公司为首的五大 CAD 巨头，或已被收购并停止了原来的产品线，或艰难维持生存。IBM/Dassault, Siemens（相关产品源自 EDS/Unigraphics），PTC 和 Autodesk 成为国际 CAD 产业的四大巨头，且格局延续至今。

表 4: 1997-2000s 国际 CAD 主要收购/联合事件

时间	收购方	被收购方	说明
1997	Dassault	SolidWorks	3.1 亿美元收购，获得中端 3D CAD 产品
1997	PTC	Computer Vision	2.62 亿美元收购，顺势占有其 30 年累计的用户市场
1997	Dassault	Deneb	1.05 亿美元收购，获得其数字化制造与仿真产品
1998	EDS	Intergraph	收购 Solid Edge 和 EMS 产品
1998	Dassault	BIM	非并购，联合成立 ENOVIA 公司，合作开发 PDM II
1998	Dassault	Matra Datavision	收购其 CAD/CAM 产品，MD 转为提供产品技术服务
1999	Dassault	SmartSolutions	收购其 SmarTeam 产品
2001	EDS	SDRC	I-DEAS 等产品纳入 EDS 的 PLM 产品线,同期回购 UGS 股权，将二者重组为 Unigraphics PLM Solutions 事业部
2007	Siemens AG	UGS	收购于 2003 年再次独立的 Unigraphics PLM Solutions，现属于西门子 NX 软件

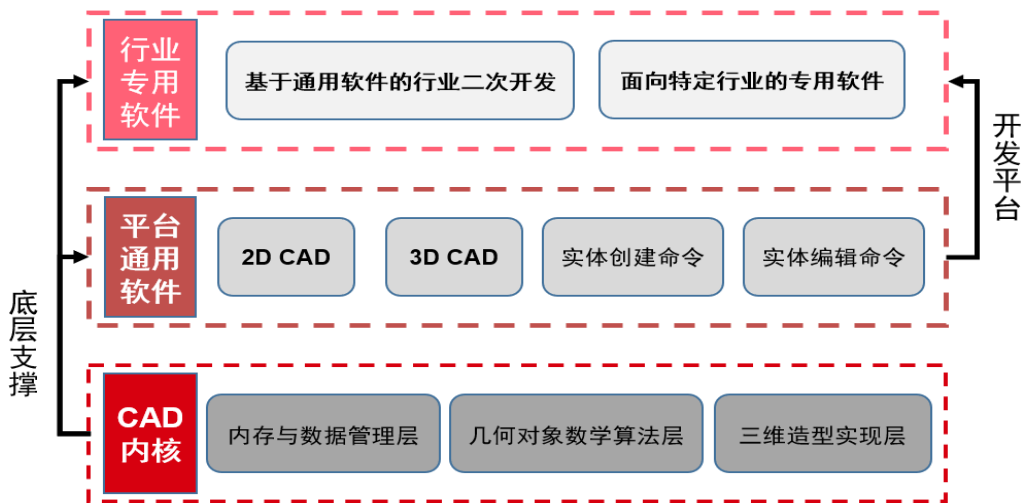
资料来源：国际 CAD 产业的发展历史回顾与几点经验教训（作者：叶修梓等），CADAZZ，中信证券研究部

回顾 40 余年发展期，产业催化下的造型技术革命是核心驱动力，软硬件闪点影响窗口期龙头浮沉。航空与汽车产业牵引下，CAD 由研发投入实践；高端制造的自由曲面需求，相继催生曲面与实体造型技术革命；中端市场使 PTC 的参数化技术迅速崛起；国际 CAD 产业竞争引发变量化技术革命。小型机、工程工作站及 PC 等计算机硬件进步，以及自 Unix 至 Windows NT 的操作系统革新，淘汰难以适应 CAD 前沿的旧龙头。稳定的国际巨头，在 CAx 一体化、云化乃至 ICAD 浪潮中继续浮沉。

产品结构：面向特长百花齐放，瓜分全球主要市场

CAD 产品按结构可分为内核层、平台层与行业层三层产品，以内核为支撑，以通用软件扩展应用广度，以专用软件渗透下游深度。内核独立自通用和专用的 CAD 软件，内核质量决定了 CAD 软件的建模精度、效率和场景可扩展性。平台层产品即通用类 CAD 软件，强调广度，既可直接用于通用类建模，又可经二次开发形成专用软件。行业层专用软件面向特定行业，可基于内核开发，亦可基于平台软件，以深度特定功能满足行业应用。

图 7: CAD 产品结构关系图



资料来源：中望软件招股书，中信证券研究部

（一）内核层对比：Parasolid、ACIS 两大流派分庭抗礼

CAD 内核（3D CAD 几何引擎）运用在 CAD/CAE/CAM 诸多领域，是工业软件发展的核心支撑。所谓内核实际上就是一个类库，里面定义了图形数据的存储格式以及大量的图形算法和建模方法，包括曲面造型，布尔运算，实体造型等方面。CAD 内核是 CAD 软件的基础底层支撑，它决定着 CAD 软件的能力边界和行业扩展性。

CAD 内核脱胎于 CAD 软件本身，大多掌握在 CAD 软件厂商旗下开发运营。尽管 CAD 内核很重要，但整体市场不大，因此单独的 CAD 内核公司很难单独存在，CAD 内核拥有者多为全球主流 CAD 软件龙头。达索的 CATIA、Autodesk 的 MDT、PTC 的 Creo，这些主流的 CAD 软件最初并没有引擎的概念。3D 几何引擎的出现，是 UGS 在发展自己时逐步独立的。起初 UGS 的 CAD 与几何引擎为一体产品，后来逐渐将内核方面的工作外包给 ShapeData 公司，UGS 只是在外包体系中使用 Parasolid 的团队，Parasolid 也允许使用 UGS 提供的一些反馈所丰富的功能。随着几何引擎逐步达到产品级的应用成熟度，UG 将 Parasolid 购买，成为了自身独立开发运营维护的 3D 几何引擎。

西门子的 Parasolid 与达索的 ACIS 是全世界两大主流商用三维几何引擎。两大内核也是主流 BIM / PLM 软件所使用的三维几何平台内核，两种建模器均建于 1985 年左右，并在 90 年代被 CAD 公司广泛采用。AutoCAD、MDT 和 Inventer、Microstation 均采用 ACIS 几何造型器为内核，而 UG、SolidWorks、SolidEdge 则采用 Parasolid 几何造型器。除了两大主流内核外，CATIA 的 CGM、Creo 的 Granite 是自主内核中在特定产品上获得成功两款。开源版本的代表者为 Open CASCADE，但商业化应用的成功案例较少。

表 5: 全球主流几何建模内核

几何建模内核	所属公司	典型产品	内核来源
ACIS	达索系统	AutoCAD (Autodesk CAD) MDT (Autodesk 3D CAD) Inventor (Autodesk 3D CAD) Abaqus (达索 CAE)	收购自 Spatial
Parasolid	西门子	NX (西门子 3D CAD) Solid Edge (西门子 3D CAD) SolidWorks (达索 3D CAD) Onshape(PTC 云 3D CAD)	Shape Data

几何建模内核	所属公司	典型产品	内核来源
CGM	达索系统	CATIA (达索 3D CAD)	自研, 自 CATIA V5 投入使用
Granite	PTC	Creo (PTC3D CAD)	自 Pro/E 起诞生
OPEN CASCADE	Matra Datavision	开源版本	曾是 EUCLID 软件的开发平台
Overdrive	中望软件	ZW3D (中望 3D CAD) ZWMeshWorks (中望 CAE)	收购自 VX 公司

资料来源: 中望软件招股说明书, 各公司官网, 中信证券研究部

Parasolid 早于 ACIS 诞生, ACIS 倡导共享几何模型加快生态构建。

Parasolid: 经历了四十余年的历史, 最初的原型来源于英国剑桥大学 CAD 实验室, 后来创办了公司 Shape Data, 随后开发出第一代实体造型软件 Romulus。在上世纪八十年代初被美国的 Evans& Sutherland 公司收购, 该公司基于原型创立了第二代产品, 也就是 Parasolid 几何引擎。后来, 被美国 UG 买下, 并将它融入 UG 软件中。

ACIS: 面世晚于 Parasolid, 名字是基于三位数学家的名字首字母 ACI 加上实体(Solid)首字母 S 组合而成, 三位数学家来自剑桥大学 CAD 实验室。在 1986 年, 受到美国 Spatial Tech 公司邀请, 开发了第三代产品, 采用面向对象的数据结构, 并对算法进行优化, 它的运行速度是第一代 Romulus 的 4-20 倍, 是第二代 Parasolid 的 2-6 倍。Spatial 公司对 ACIS 内核采用不同的商业策略, 与其它 CAX 厂商进行增值产品开发, 凡是在 ACIS 上开发的 CAX 系统都有共享的几何模型, 相互可以直接交换产品数据。**2000 年, 达索公司收购了 Spatial 公司。**

Parasolid 与 ACIS 的开发具备同源性, 被称作“天才工程师的两枚金蛋”。Shape Data 的三位创始人 Alan Grayer, Charles Lang 和 Ian Braid 也正是 ACIS 的主要开发者。

表 6: ACIS 和 Parasolid 两大主流内核对比

内核	所属公司	开发者	特点及优势	注释
ACIS	达索系统	Spatial Tech	先进架构, 通用高效实体造型, 完备满足用户需求	从平面造型发展而起
Parasolid	西门子	UGS	对造型复杂、碎面较多的实体具有优势	最成熟、应用最广泛的几何造型内核

资料来源: CSDN, 微信公众号: 知识自动化, 中信证券研究部

CGM 与 Granite: 自研内核的代表者。达索系统 CGM 的编写方式及功能与 CATIA 密不可分, 后由收购的 Spatial 商业化为组件几何建模工具, 专注于支持特定的用例。而 Granite 则自 PTC 创始之初伴随参数化技术诞生而存在, 自成一派。

Open CASCADE (简称 OCC): 开源中的佼佼者。由法国 Matra Datavision 开发的 CAD/CAE/CAM 软件平台, 是世界上重要的几何造型基础软件平台之一。开源 OCC 对象库是一个面向对象 C++ 类库, 用于快速开发设计领域的专业应用程序。基于 OCC 的 CAD/CAE/CAM 软件, 如国外的 FreeCAD、HeeksCAD, 国内的 AnyCAD。

国内的 3D CAD 内核有中望软件的 Overdrive、华天软件的 CRUX IV 等, 目前均是以自用为主。Overdrive 源于美国 VX 公司, CRUX IV 则基于华天软件与日本 UEL 公司的

合作协议，自 CADmeister 软件源代码开发。

（二）平台&行业层：四巨头广覆水平行业，专业应用&二次开发深挖垂直

CAD 平台软件为通用型设计实现层，多模块，可开发。狭义的 CAD 软件即 CAD 平台层软件，CAD 平台由许多通用功能模块构成，相互独立的工作，又相互传递信息，形成一个相互协同的有序系统。主要功能模块包括：图形处理模块、三维几何造型模块、装配模块、计算机辅助分析模块、机构动态仿真模块、数据库模块、用户编程模块。除各场景适用的多样功能模块外，CAD 平台支持基于特定行业设计需求的二次开发。

平台层 CAD 呈现一家独大与三足鼎立之势。2D CAD 领域，Autodesk 独树一帜，起家于 80 年代 PC 端建筑设计 AutoCAD，如今版图已扩展至覆盖十大细分行业的通用型 CAD，其 3D 产品则略显逊色。3D CAD 领域，达索系统、西门子工业软件与 PTC 三足鼎立，中低端市场 Solidworks、Solid Edge 与 Onshape 均为领先通用软件，而 CATIA、NX 与 Creo 则满足高端行业通用需求。

表 7：全球 CAD 市场代表公司

公司	总部所在地	CAD 产品	CAD 业务概述
Dassault Systemes	法国	CATIA（高端）Solidworks（中低端）	世界领先的产品设计和体验解决方案
Siemens Digital Industries Software	德国	NX（高端）Solid Edge（中低端）	CAD 作为产品生命周期管理的一部分帮助制造商实施数字化企业转型
Parametric Technology Corporation	美国	Creo（高端）Onshape（云&中低端）	提供最具创新的 CAD、IoT 与 AR 工具，云中链接、协作并创建更好产品
Autodesk	美国	AutoCAD（2D CAD 为主，具备 3D 功能）Inventor（机械设计 3D CAD）	2D CAD 一家独大，以自动化、协作和机器学习功能增强团队的创造力
Bentley Systemes	美国	MicroStation（3D CAD）OpenBuildings Designer（建筑&工程 CAD/BIM）等	通用建模软件及建筑、工程、土木、钢铁和电气等垂直方案
Hexagon	瑞典	DESIGNER（智能制造 3D CAD）等	智造、钣金和模具等垂直解决方案

资料来源：各公司官网，中信证券研究部

行业层 CAD 重在结合不同行业需求，开发满足特定行业的设计功能的应用需求。行业级 CAD 有两类来源，一是面向垂直行业开发的专业版 CAD，二是基于平台层 CAD、结合行业特定设计功能做二次开发软件。前者的代表有面向建筑、工程、土木等垂直行业开发的 Bentley，以及面向钣金、模具等领域做垂直软件的 Hexagon；后者则为行业层 CAD 的二次开发成果，如 Autodesk 提供 Auto LISP、Object ARX、VBA 和 Active X Automation 等多种开发工具以及 PaaS 开发平台 Forge，仅基于 AutoCAD 便有 1000 种以上二次开发专业应用软件，而专业模块与插件更数不胜数。

表 8：行业层 CAD 软件

应用行业	典型垂直软件
建筑设计	Revit（Autodesk BIM）OpenBuildings Designer（Bentley）Vectorworks（Nemetschek BIM）
机械设计	EC-CAD（Trimble 基于 AutoCAD 二次开发）3DfindIT（Aveva 3D CAD）
模具设计	VISI（Hexagon 模具 CAD/CAM）
电气设计	EPLAN（EPLAN 电气 CAD）AutoCAD electrical（AutoCAD 二次开发）

资料来源：各公司官网，中信证券研究部

CAD 垂直应用软件广泛覆盖各行业。CAD 垂直开发已渗透建筑、机械、模具、钣金、

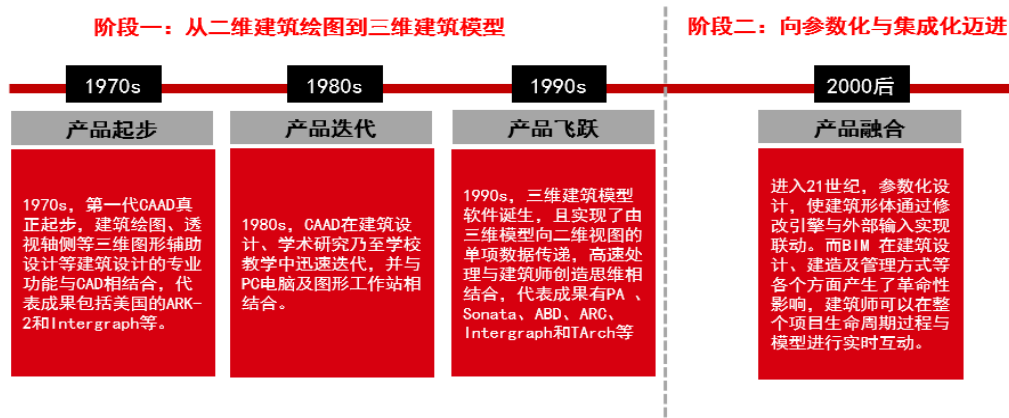
电气、钢铁、土木等多个细分行业。高端制造业往往基于平台级 CAD 如 CATIA、NX 和 Creo 等使用定制解决方案，而中端的行业层 CAD 则更为丰富。如建筑行业，早期开发 CAAD 软件，而后 Autodesk 和 Bentley 依托建筑 CAD 起家，如今 BIM 更成为建筑设计软件的主流趋势。

下游梳理：设计痛点因业而异，性价比与产品性能至关重要

（一）AEC：建筑设计需求持续升级，BIM 成为重要方向

持续升级的建筑设计需求成 CAAD（计算机辅助建筑设计）发展核心难题与推力。CAAD 诞生于 70 年代建筑绘图与 CAD 软件的结合，这一阶段 CAAD 较为模块化，且计算机仅充当高级绘图员的角色。面对更高层次的整体性建筑设计的应用需求，三维建筑模型软件诞生，但仍缺少设计的自动修改功能与二维及三维的双向传递功能。进入 21 世纪，参数化设计使建筑设计效率及便利性进一步提升。而 BIM（建筑信息模型）的应用则强化了数字化模型的可协调性和融合性，使建筑设计更为简洁而效率。

图 8：CAAD 发展历程



资料来源：建筑 CAD 软件的发展历史（作者：费丽华），中信证券研究部

建筑业设计可以分为建筑设计、结构设计以及机电设计三类主要场景。建筑设计：设计建筑物的总体布局，包括内外形状，大小，功能等，覆盖平面布局、竖向设计（如楼层划分等）以及立面效果等；结构设计：设计房屋建筑的承重构件的布置，包括构件形状、大小、材料、构造等，覆盖地基、柱、梁等构件的设计，并通过测算外力对结构的影响，保证建筑结构安全；机电设计：覆盖给排水、暖通、电气等场景。

表 9：建筑业设计软件分类

设计领域	覆盖场景	主要产品
建筑设计	平面布局、竖向设计以及立面效果等	AutoCAD、CATIA、OpenBuildings Designer、中望 CAD、浩辰 CAD 等
结构设计	地基、柱、梁、楼板等构件的设计	MIDAS Civil、Etabs、SAP2000、Tekla、PKPM、YJK、中望结构等
机电设计	给排水、暖通、电气、消防等	浩辰 CAD（给排水、暖通、电气、电力等）、天正建筑水电、鸿业 MEP 系列软件、Fabrication（Autodesk）等

资料来源：ChinaRevit，中信证券研究部

BIM 成为建筑业设计的重要发展方向，复杂设计、协同性与信息交流存在障碍，建筑

设计依托 BIM、上云与数字孪生寻求新的增长机会。进入 21 世纪，CAAD 仍面临建筑设计的复杂性、协同性以及信息交流障碍的难题。面对行业需求，主流建筑设计厂商 Autodesk 和 Bentley 等丰富产品线，软件上云，平滑营收周期波动，并且致力于数字孪生平台建设，从设计环节向建筑全生命周期发展。

表 10: Autodesk 与 Bentley BIM 对比

公司	Autodesk	Bentley
BIM 产品	Revit	AECOsim Building Designer 系列软件
产品来源	Autodesk 通过收购 Revit 获得	基于 Microstation 开发一系列建筑软件
大文件处理速度	将文件存储在内存中，需手动保存至硬盘，因此内存占用较高，处理大文件需求高内存	硬盘即时存储，内存及时释放，处理大体积文件性能更佳，能够应对更为复杂的项目
建模精度	三维图形与信息结构化优质，不同参数的关联计算细致，建模精度高	为硬盘即时存储一定程度放弃了不必要的关联参数
功能设计	更为标准化和通用，建筑行业细分功能需定制	不同细分赛道对应不同软件，工具栏各个功能划分细节
互操作性	与 AutoCAD 数据层次与架构不同，浅层次兼容	系列软件均基于 Microstation，图形平台统一，软件架构统一，数据格式统一，无缝兼容
市场策略	三维设计、工程和娱乐软件，标的普及度更高的民用市场，强调性价比与通用性	提供面向基础设施专业人员的解决方案，突出建筑设计集成性

资料来源：微信公众号：新汇 BIM，中信证券研究部

Autodesk 与 Bentley 路径相异，共同牵引 BIM/上云/数字孪生前沿。 Autodesk 的 BIM 为 Revit，定位在于为建筑业大多数从业者提供更为通用的建筑设计软件，而 Bentley 的 BIM 为 ABD 系列软件，定位于为少部分基础设施专业人员提供集成性建筑设计解决方案。Autodesk 自 2009 年上云，2020 年，Autodesk 宣布启动数字孪生项目 Tandem，试图打通从规划到运维的建筑全生命周期流程；而 Bentley 则于 2013 年开启上云计划，2018 年发布其数字孪生云服务 iTwin Services。

（二）MFG：低端需求性价比关键，中高端制造 Know-How 积淀

制造业 CAD 痛点因类别而异，低端需求重视性价比与兼容性，中高端制造强调建模精度与深度 Know-How。 低端制造业中小企业密集，行业竞争剧烈，着重设计效率，无须繁杂功能，强调低应用成本，同时不同合作厂商间需实现设计数据互通，因此通用性、高性价比、易上手、数据兼容性佳的 CAD 软件更易满足中低端需求；高端制造业高度看重自由曲面建模质量等高性能以及对垂直行业的特定工艺理解，对价格相对不敏感，因此性能极高、设计复杂、行业 Know-How 深度积淀的顶尖 CAD 软件才可支撑高端制造所需。以 3C 电子、模具、军工、高端制造等为代表：

1) 3C 电子：竞争剧烈且中小企业较多，性价比与兼容性需求成为焦点

3C 电子参与者较多，CAD 的应用性能之上，重视低成本与高兼容。 3C 电子行业赛道众多，市场竞争剧烈，但设计要求仅处中端，中端 3D CAD 即可满足精密化、复杂化的产品设计。因此，该行业在要求齐全功能与较优性能基础上，更需求应用成本相对低廉的中端 3D CAD 产品，看重软件兼容性，具备性价比的国产软件更具发挥空间。

表 11：中望软件 CAD 3C 电子应用案例

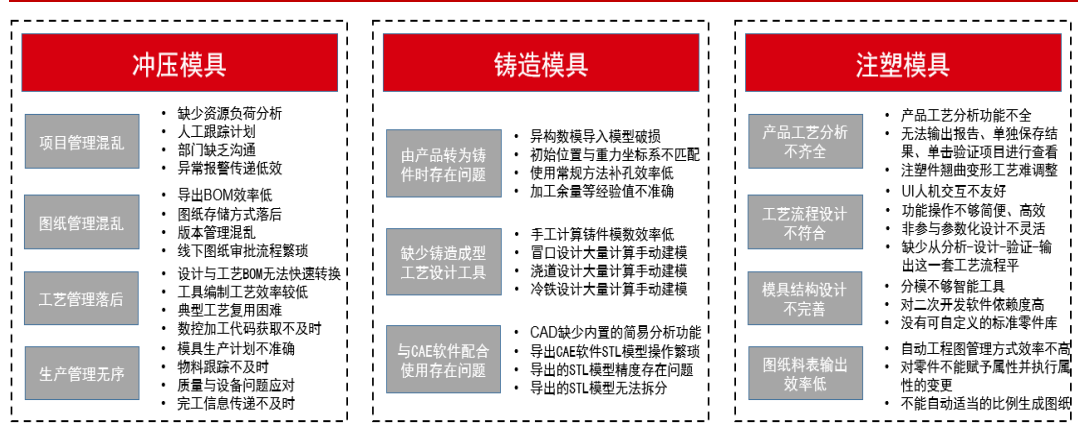
案例客户	应用需求
禾川科技	功能齐全且好用；产品价格亲民，性价比突出；安全可靠
马来西亚 M-Fischer Tech	公司的预算有限，不应为无需使用到的复杂功能支付费用；满足使用需求的看图软件价格昂贵；需求功能通用、操作便捷、预算成本压力较低的 CAD 软件
EMU	运行快速稳定、功能强大实用，性价比具备优势
景旺电子	软件的具体功能须可以满足设计绘图要求,且操作习惯与主流一致，性价比突出

资料来源：中望软件官网，中信证券研究部

2) 模具行业：CAD 有效解决共性痛点，细分模具赛道需求相异

CAD 功能与模具行业的细节设计和上下游数据交互可较好匹配。模具设计的难点之一在于高精复杂模具的细节设计，尤其是分型面设计。而目前 3D CAD 在模具行业中的应用，以良好的几何形状描述能力，对最为精细的几何形状设计问题进行分析 and 解决，显著降低了高精复杂模具从设计到制造的工作周期，且在一定程度上节约了模具设备制造的投入原材料，从而最大限度地提高了模具产品的设计质量。此外，数据交互是众多模具生产企业与上游企业间的业务流程关键，这要求 CAD 软件具备全面的主流格式兼容性，以保证公司内部数据的转换效率，而主流 3D CAD 软件均具备良好兼容性。

图 9：模具行业 CAD 业务挑战



资料来源：华天软件官网，中信证券研究部

不同模具设计需求相异，冲压模具素乱于管理，铸造模具痛于设计工艺-仿真-铸造的配合，注塑模具注重工艺与结构。冲压模具项目、图纸、工艺和生产的管理型痛点突出，铸造模具在铸造成型工艺设计、CAE 仿真配合与产品形成铸件上需要协同，注塑模具则需求工艺分析与工艺流程设计的齐全与合规，模具结构设计待完善，图表输出效率待提升。

3) 军工业：长期驱动 CAD 产业，应用难点在于复合高标准与高工艺

军工业是工业软件之母，深度牵引 CAD 起源与迭代。CAD 的内部开发起源军工业高效与精确的计算机辅助绘图需要，国防部与财政部支持下的军火商，如洛克希德以及麦道公司分别开发 CADAM 与 Unigraphics 以用于以军用战斗机为主的国防工业承包业务。当今，CAD 三巨头中达索系统的 CATIA 便脱胎于法国达索和美国洛克希德两家顶级军机制

造商的 CAD 软件，而西门子的 NX 则源于 Unigraphics。

表 12: 高端 3D CAD 在军工领域的应用

3D CAD 产品	军工渊源	应用案例
达索系统 CATIA	达索航空 CATIA; 洛克希德马丁公司 CADAM	美军弗吉尼亚级攻击舰; 军用战斗机
西门子 NX	麦道公司 Unigraphics	国防电子产品设计
PTC Creo	/	美国海军数字化转型

资料来源: 各公司官网, 中信证券研究部

军工高端的精密产品设计，对 3D CAD 提出复合要求。军工产品设计与制造存在的质量优、精度高、柔性好、响应快、消耗少和保密性强等复合高标准，仅超复杂场景建模质量高、具备 A 级曲面建模能力的高端 3D CAD 软件基本满足军工设计需求。目前，各国的军工产品设计的功能、尺寸、重量越来越符合现代军事作战的特点，亦对 3D CAD 提出了更高的特殊设计要求。

图 10: Creo 军工三防手持机设计-1



资料来源: 微信公众号: Creo-Proe

图 11: Creo 军工三防手持机设计-2



资料来源: 微信公众号: Creo-Proe

Creo 参数化设计响应军工设计需求，军工设计趋向轻量/模块/集成/高工艺。Creo 目前广泛应用于中国军工设计领域，以三防产品为例，设计应符合可靠性、保障性、测试性、安全性与环境适应性等行业标准，而参数化设计的 Creo 具备 CAx 全流程方案，得以相应设计、模拟与制造的三防制造流程。军工产品正向小型化轻量化方向发展，构造模式趋向模块化、集成化。在保证产品性能、质量要求的前提下，军工产品设计的特殊性对设计工艺性提出了更高的要求，也对 CAD 软件提出了更高的设计标准。

4) 高端制造：曲面设计、大装配成为核心痛点，行业 Know-How 积淀应用龙头

汽车工业：CAD 试验田，汽车曲面需求构建突破动力。20 世纪 60 至 70 年代，美国通用汽车、福特汽车、德国大众汽车、法国雷诺汽车均摸索开发了各自的 CAD 软件，汽车工业成为 CAD 早期试验田之一。而其自由曲面的表达需求也牵引了 B 样条、NURBS 等曲线和曲面算法的应用，及三维曲面造型技术的诞生。

汽车不同构件痛点相异，光滑曲面是设计关键。车身内部的覆盖构件，如仪表盘、门内板等需要承受一定压力和冲击，因此设计难点在于结构上的凹槽和凸起；车身外部的覆

盖构件主要是大型曲面，设计难点在于曲面表面光滑、过度的部分圆滑以及各构件吻合的良好性；对车身起支撑与加强作用的骨架类零件，以柱状为主，设计难点在于结构的加强筋；底盘设计要求各模块间的相互联系，因此数据建模的精准性与交互性尤其重要；在汽车轻量化的设计中，则需要 3D CAD 提供材料的内部信息，实体造型技术是解决方案。

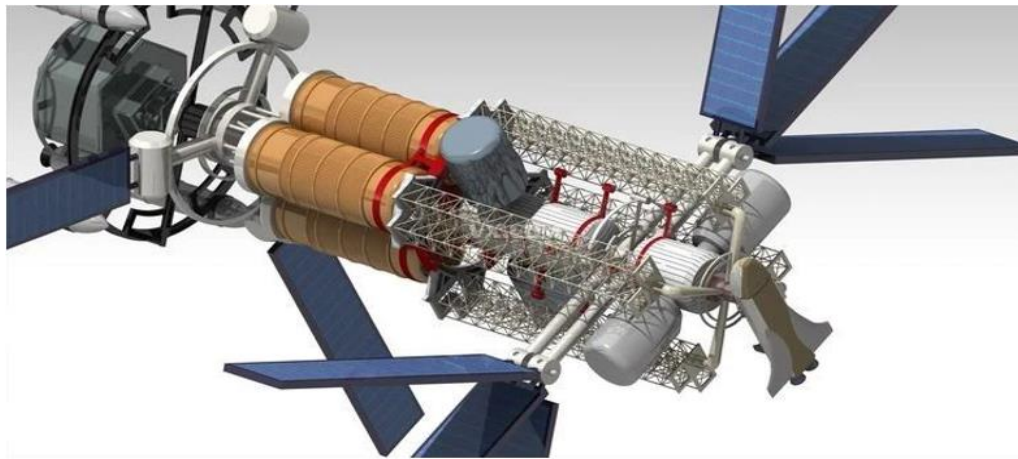
表 13：汽车工业设计痛点及前沿方案

汽车构件	结构特点	设计痛点	前沿方案
车身内部覆盖构件	承受压力或冲击，强度大	凹槽和凸起设计	复杂场景三维几何建模
车身外部覆盖构件	多大型曲面	表面光滑平整、曲面过度圆润而光滑、各构件吻合良好	A 级曲面造型，全平台二阶连续
车身骨架类零件	对车身起支撑作用，柱状为主	加强筋结构设计	复杂场景三维几何建模
汽车底盘	传动系、行驶系、转向系和制动系四个部分组成	数据的准确性、交互性以及底盘整体的能动性	复杂场景三维几何建模与仿真模拟技术
汽车轻量化	总体结构优化与零部件材料精简、整体化与轻质化	材料信息与结构	变量化、参数化的实体造型技术

资料来源：浅谈 CAD 技术在车辆设计中的应用及发展趋势（作者：武守辉等），中信证券研究部

航空航天工业：高要求自由曲面表达和大装配能力，更需求深度行业 Know-How。 航空航天工业的自由曲面的光滑、精确表达需求、大装配能力更甚于汽车工业。标准化的 3D CAD 难以满足航空航天设计要求，需提供垂直解决方案。以航空航天 3D CAD 应用巨头达索系统为例，其脱胎于达索航空，CATIA 本身具备深度航空 Know-How，同时并购了航空航天制造商洛克希德的 CADAM，且以波音公司作为客户牵引迭代，世界顶尖的曲面造型能力之外，航空航天工业的知识内化亦为 CATIA 引领 3D CAD 在该领域应用的关键优势。

图 12：CATIA 在航天空间站的航天飞机对接装配设计的应用



资料来源：微信公众号：机械图纸狗

■ 全球经验：龙头崛起复盘，时代趋势所向

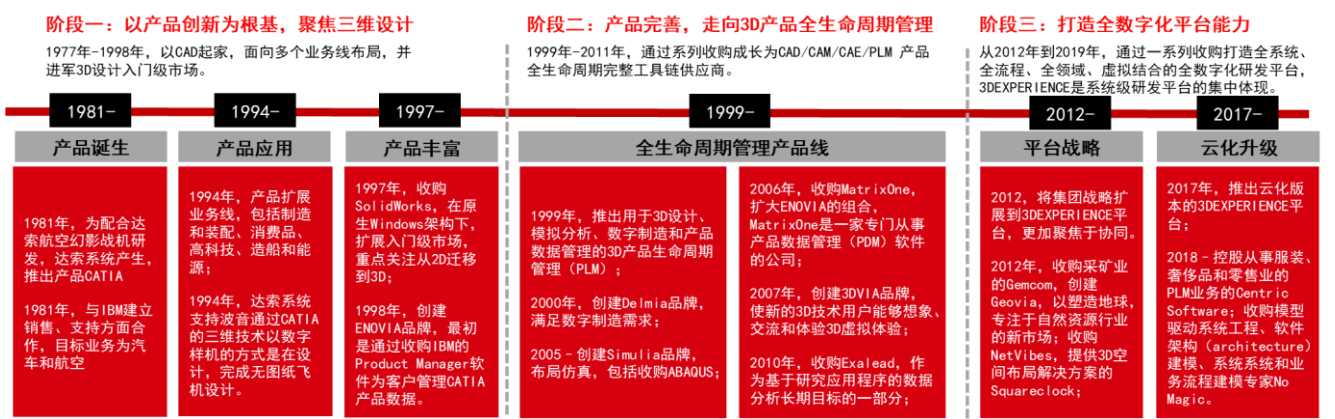
崛起规律：工业实践、自研并购、未来视野，成就 CAD 国际巨头

（一）达索系统：根基于航空 Know-How，CATIA 发迹的全品类工软巨头

概述：达索系统公司由法国达索航空于 1981 年成立，是全球工业软件巨头。法国达索航空是世界著名的航空航天企业，其产品以幻影 2000 和阵风战斗机最为著名。为配合战机研发，达索系统成立，它在达索集团成立后的很长一段时间里，专注于飞机的研发和制造，达索系统主要从事 3D 设计软件、3D 数字化实体模型和产品生命周期管理（PLM）解决方案，为航空、汽车、机械、电子等各行业提供软件系统服务及技术支持。目前，全球几乎所有的飞机制造商、超过 90% 的汽车制造公司都采用了达索系统的解决方案。公司具备天然的行业理解能力和雄厚的资金实力，在商业化运营中竞争力强劲。

发展路径：初期以 CATIA 产品为基础聚焦三维设计与三维数字模型，中期走向 3D 产品全生命周期管理，后期借助 3DEXPERIENCE 为核心打造平台化战略。达索系统建立之初，以 CATIA 为基础与核心产品，以数字化产品展示真实世界，先后倡导“3D for All”、“See what you mean”、“Life like experience”、“Product in life”等理念。在这些理念的引领下，达索系统的产品战略导向沿着 3D 设计-3D 数字样机-3D 产品全生命周期管理-3D 体验的路径演进。达索所有的技术研发以产品战略为导向，进行纵深拓展，对内不断加大技术研发，对外持续扩张并购与合作，建立了深厚的技术底蕴和极高的技术壁垒。

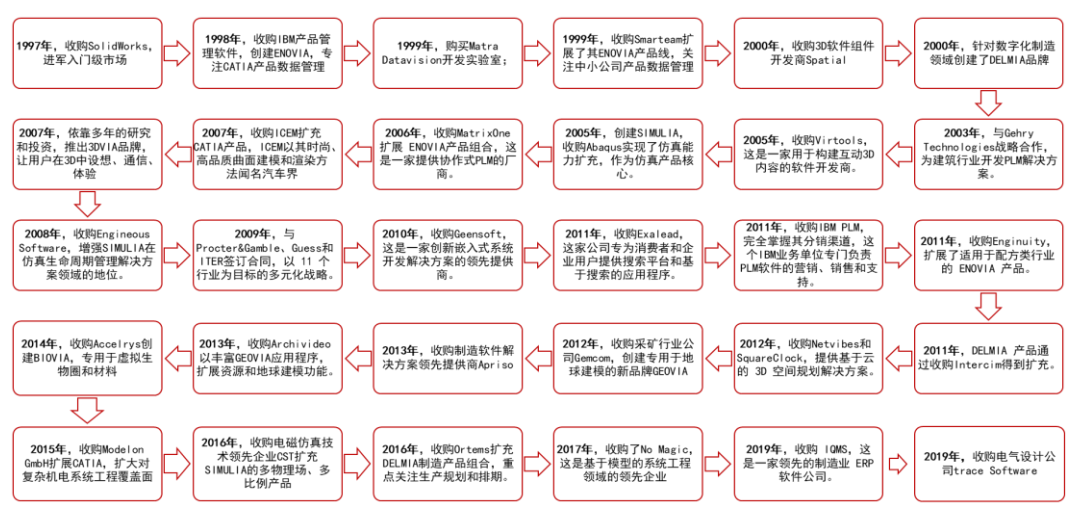
图 13：达索系统发展路径



资料来源：达索系统财报，中信证券研究部

战略打法：内生依靠“技术创新”+“行业 Know-how”，外延通过战略并购整合与生态合作。达索成立早期，持续打磨以 CATIA 为核心的设计产品，借助自身对飞机等离散制造业的理解，深化产品功能，与工业品双向迭代，从“软件侧”和“工业侧”双向并进，持续加深竞争优势。20 世纪 90 年代，伴随 CATIA 核心产品的成熟，公司逐步开始以并购的方式进行外延扩展。纵观达索的发展史，并购是公司发展过程中成功壮大的关键因素。1997 年收购 Solidworks，向 3D 入门级市场进军，设计产品覆盖面进一步加大；伴随数据管理、模型仿真、内容互动等需求的增长，公司开始逐步并购整合，收购 IBM 产品管理软件、3D 组件开发商 Spatial、仿真产品提供商 Abaqus、制造业 ERP 公司 IQMS 等，不断完善产品线；行业拓展方面，公司通过收购采矿业方案商 GEMCOM、虚拟生物材料软件商 Accelrys、电气设计公司 trace Software，持续完善拓展行业解决方案。

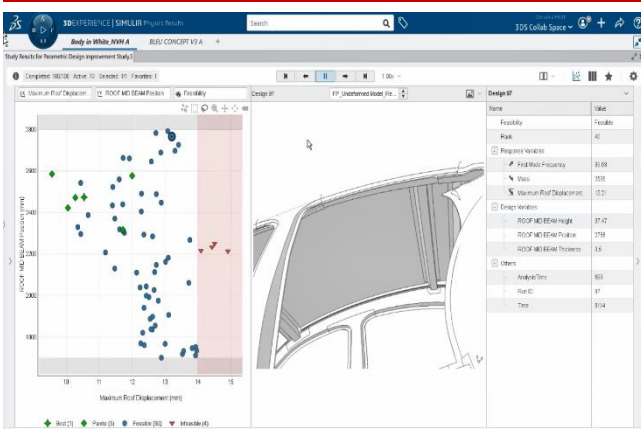
图 14：达索系统并购史



资料来源：达索财报，中信证券研究部

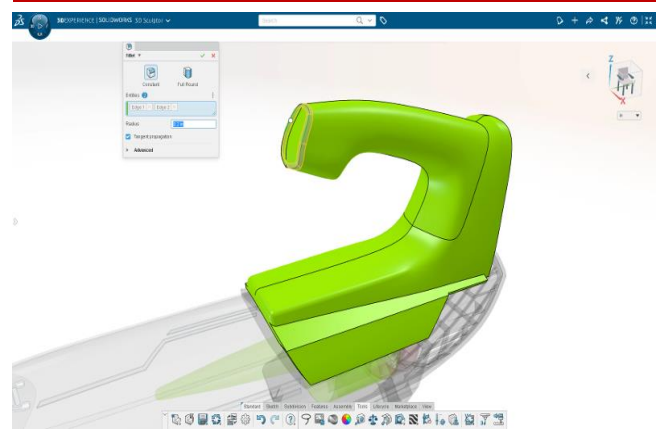
3D CAD 产品结构：CATIA 和 SolidWorks 是公司两大核心拳头建模设计产品。CATIA 定位高端市场，常用于汽车、航空等行业，曲面功能、三维功能强大，擅长做高品质的曲面造型；Solidworks 定位中低端市场，常用于通用机械设计，上手简单，模块标准化程度高，拓展性较强。

图 15：CATIA 汽车优化建模展示



资料来源：达索系统官网

图 16：Solidworks 倒角和圆角工具建模展示

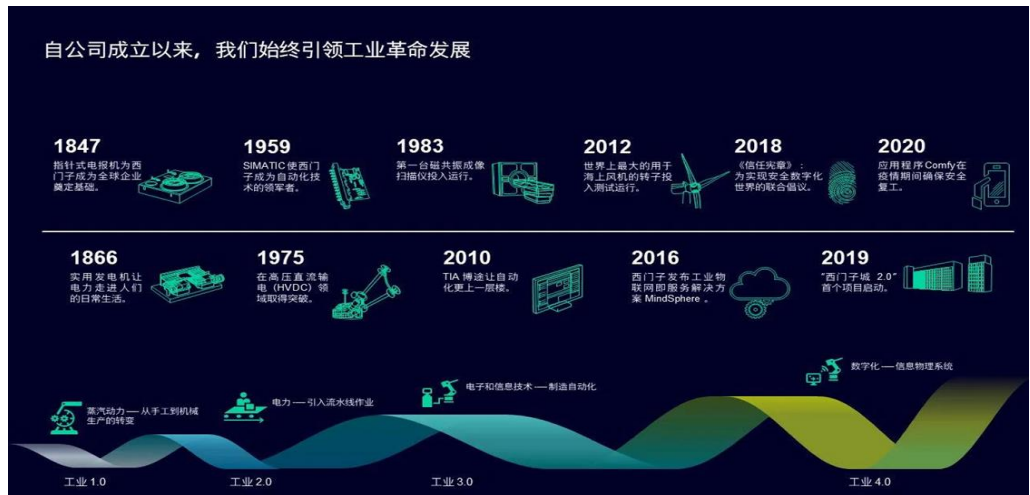


资料来源：达索系统官网

（二）西门子工业软件：工业制造巨头起家，工业软件力量逐步壮大

概述：西门子是全球领先的工业技术企业，创立于 1847 年，业务遍及全球 200 多个国家，专注于电气化、自动化和数字化领域。西门子逐步从电气化、自动化走向数字化。西门子在电气化、自动化的实力无可厚非，至于数字化，通过十几年前开始的对软件企业的并购整合，也已经形成一个完整的工业软件版图。2014 年 5 月西门子正式宣布公司未来将专注于电气化、自动化和数字化，在组织架构上则将 16 个业务集团合并为 9 个，重要的一个改变是成立数字化工厂集团（DF）。

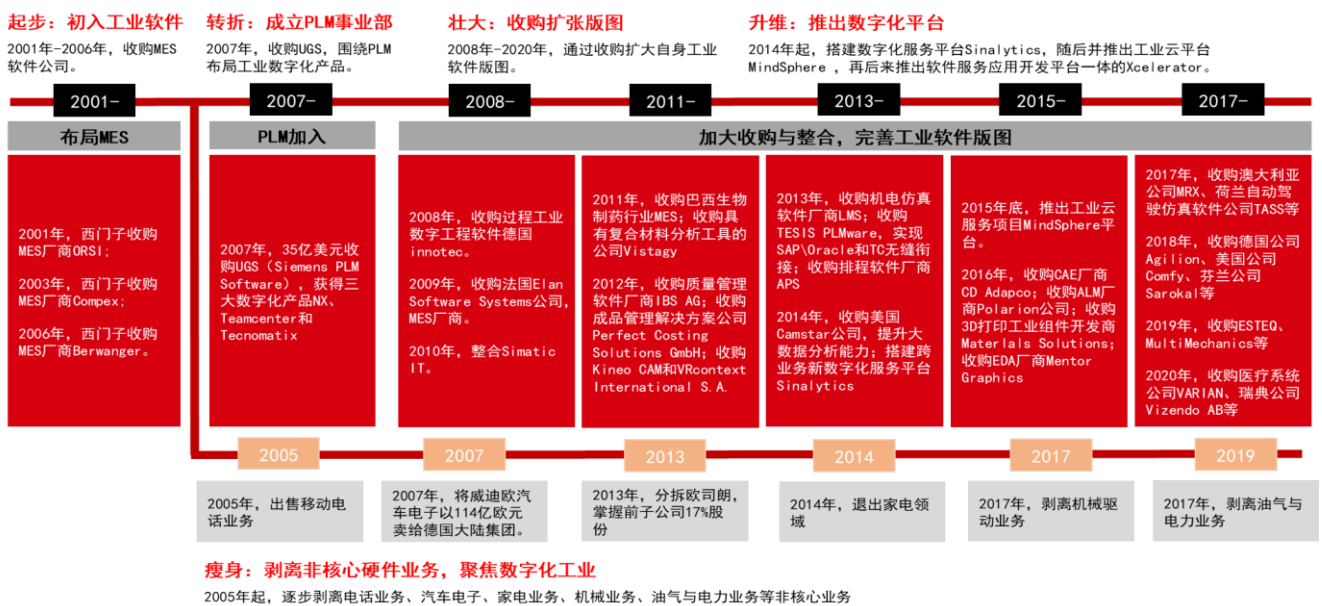
图 17：西门子集团发展引领四次工业革命



资料来源：SEIMENS

路径打法：西门子软件业务是西门子工业技术发展一定阶段的必然选择，收购与整合是西门子软件布局的重要方式，同时通过剥离非核心业务不断瘦身。早在 21 世纪初，西门子便逐步开始布局软件业务，2001/2003/2006 年，公司分别收购 ORSI、Compex、Berwanger 三家 MES 厂商。但西门子软件的重大转折始于 2007 年，以 35 亿美元收购 UGS 公司（改名 Siemens PLM Software）并承担其债务，获得世界上三大重要工业软件产品 NX, Teamcenter 和 Tecnomatix，西门子面向制造业的信息化系统划分为两大部分：面向虚拟开发的 PLM 以及针对现实制造的工业自动化系统 TIA。随后，西门子不断加大收购和整合力度，同时结合自身对工业流程的深度理解加大自研，工业软件版图持续扩大，2014 年成立数字化工厂集团，推出数字化平台，逐步成为全球工业数字化巨头之一。

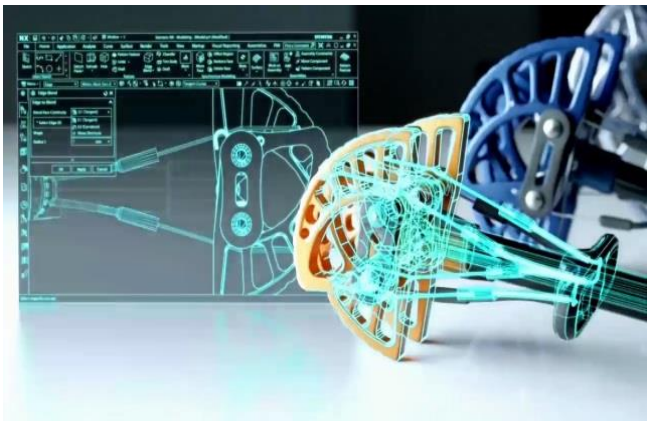
图 18：一张图看懂西门子软件发展并购史



资料来源：西门子工业软件官网，中信证券研究部

3D CAD 产品结构：UG NX 和 Solid Edge 是西门子两大集成式的 CAD 产品。Siemens NX 面向高端，作为既灵活又功能强大的集成式解决方案，提供下一代的设计、仿真和制造解决方案，支持实现数字孪生；Solid Edge 面向中低端，是一套完整的产品开发工具组合，包括机电设计、仿真、制造、技术出版物和资料管理等。

图 19：NX 设计与实物对比



资料来源：西门子工业软件官网

图 20：Solid Edge 设计与实物对比



资料来源：西门子工业软件官网

（三）PTC：参数化鼻祖，引领云化智能化转型未来

概述：创始团队来自于 CV 公司，PTC 是参数化实体造型方法引领者。1985 年，PTC 公司成立于美国波士顿，创始人是前苏联列宁格勒大学数学教授 Samuel Geisberg，创始团队源自 CV 公司参数化开发的离职团队。PTC 成立初期，主要是从事参数化建模软件的研究，1988 年，Pro/E V1.0 版本诞生，引发了 CAD 技术的一次技术革命，在市场上名声大噪，1989 年在美国纳斯达克上市。PTC 软件最早进入中国是在 21 世纪初，国内用户开始接触的版本是 Pro/ENGINEER 2001。随着版本的更新，推出 Pro/ENGINEER WILDFIRE 野火版。**2010 年，公司推出 Creo 系列，Pro/E 系列停止更新，Creo 是对 Pro/E 的继承和升级。**

图 21：PTC 参数化设计软件变迁



资料来源：PTC 官网，中信证券研究部

发展历程：聚焦参数化技术，以非工业企业背景的软件公司起家，创新能力是护城河。PTC 公司最先提出参数化设计概念，参数化设计是将工程本身编写为函数与过程，通过修改初始条件并经计算机计算得到工程结果的设计过程，实现设计过程的自动化。

Pro/Engineer 因为参数化的特点在横空出世后迅速抢占了传统 CAD 软件巨头 UG 和 CATIA 的部分市场份额，主要应用于消费电子、小家电和日用品、发动机设计等行业。与达索和西门子相比，PTC 没有强大的工业背景，但通过产品创新快速适应市场发展需求。

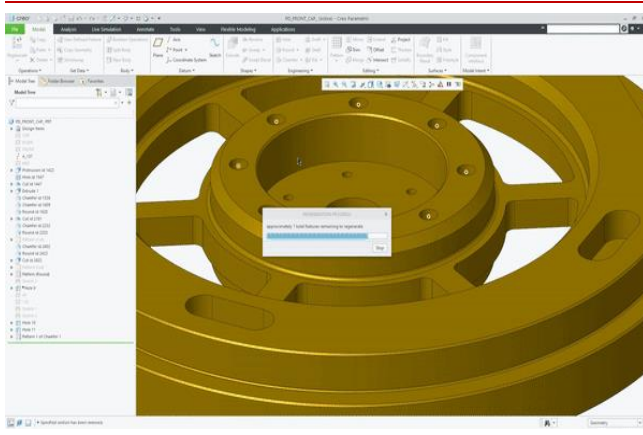
图 22：PTC 发展历程



资料来源：PTC 官网，PTC 财报，中信证券研究部

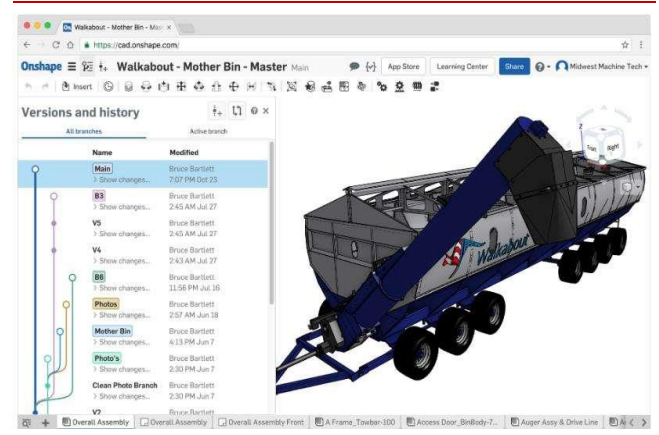
通过发力收购整合，产品版图逐渐壮大。1998 年，公司收购 Windchill 进入 PLM 领域，同年，PTC 仅机械 CAD 软件的收入就超过了 10 亿美元，这个数字是所有机械 CAD 年收入的一个顶峰。PTC 参数化技术风靡一时，被各大厂商逐步采用，SDRC 更以参数化技术为基础提出变量化技术。面临外部竞争压力，PTC 的优势有所下降。通过实施一系列策略，公司推出 PRO/E 野火版，提升 Windchill 的功能，推出 PDS（产品开发体系）和 GPD（全球产品开发）策略。2014 年，公司收购 Thingworx，开始布局工业物联网业务。2015 年，公司收购 Vuforia，布局 AR 业务。2018 年起，公司陆续收购 Frustrum、Onshape、Arena，尝试以 AI、云化与平台定义 CAD 的未来。

图 23：Creo 产品界面展示



资料来源：PTC 官网

图 24：Onshape 产品界面展示



资料来源：PTC 官网

3D CAD 产品结构：Creo 是主打核心产品，Onshape 面向云 CAD 布局未来，并弥补对中低端市场覆盖。2010 年 PTC 全球用户大会上宣布“闪电计划”，并于同年 10 月份

发布 Creo 产品系列，Creo Parametric 是 Pro/E 的替代者，在原有的 Pro/E 的基础上，增加了超过 750 项增强功能，尤其是柔性建模技术、概念设计、大装配和选装选配等功能的提升，如今集创成式拓扑优化与基于云的创成式设计一体，大大提升了产品设计工程师的设计效率。在中小企业市场需求快速增长的时代，2019 年 PTC 宣布以 4.7 亿美元收购 CAD 与集成数据管理结合的 Onshape，进军云 CAD，解决中小企业市场需求问题。

（四）Autodesk：通用 CAD 全球领军企业，工程建筑优势明显

概述&产品结构：Autodesk 为全球 CAD 软件龙头企业。自 1982 年成立以来，其产品线从单一聚焦于建筑设计的 AutoCAD，已扩展至覆盖了工程建设（Architecture, Engineering & Construction）、产品设计与制造（Product Design & Manufacturing）以及传媒与娱乐（Media & Entertainment）三大领域的产品体系。

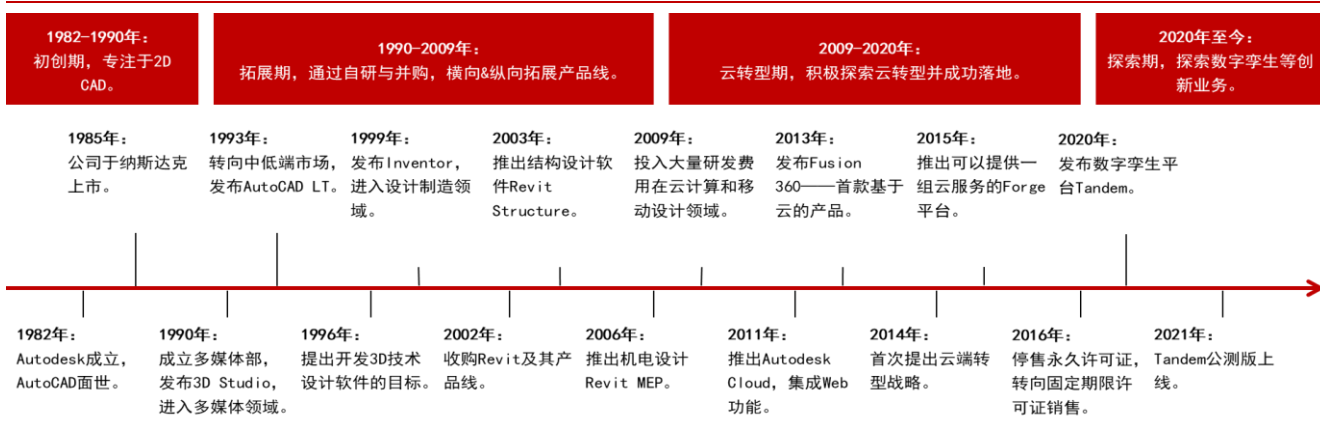
表 14：Autodesk 产品体系

场景	产品	
工程建筑	建筑	AutoCAD、Revit、Infraworks、3DS MAX、Formit、Navisworks、Recap Pro、Insight、Autodesk Rendering、Autodesk Drive。
	结构设计	Revit、Robot Structural Analysis Professional、Recap Pro、Advance Steel、Structural Bridge Design、AutoCAD、Autodesk Drive、Navisworks。
	机电设计	Revit、Insight、Navisworks、3DS MAX、Autodesk Drive、AutoCAD、Recap Pro、Autodesk Rendering、Fabrication、Point Layout。
	施工	AutoCAD、Revit、Advance Steel、Infraworks、Navisworks、Recap Pro、Point Layout。
	基础设施	AutoCAD、Navisworks、Revit、Civil 3D、Infraworks、Recap Pro、Vault、Structural Bridge Design、Point Layout。
产品设计和制造	产品设计和工程	Inventor、AutoCAD、Fusion 360、3DS MAX、Maya、Autodesk Rendering、Factory Design Utilities、Autodesk Drive、Vault、Alias、Vred、ShotGrid、Fusion Team、Point Layout。
	仿真和分析	Inventor、Inventor Tolerance Analysis、Fusion 360、Inventor Nastran、Robot Structural Analysis Professional、Helius Composite、Netfabb、Helius PFA、Moldflow。
	制造和生产	Inventor CAM、HSMworks、Fusion 360、Inventor Nesting、Factory Design Utilities、PowerMill、PowerShape、PowerInspect、Netfabb、Trucomposites、FeatureCAM、within Medical。
媒体与娱乐	电影和视觉特效	Maya、3DS MAX、Arnold、Flame、ShotGrid、Smoke、MotionBuilder、Recap Pro、Autodesk Rendering。
	游戏和 VR	3DS MAX、Maya、Recap Pro、MotionBuilder、Autodesk Rendering、TinkerCAD。

资料来源：Autodesk 官网，中信证券研究部

发展历程：起于通用 2D CAD，工程建筑领域领军，云化转型较为成功。1982-1990 年，以 AutoCAD 为主要产品的初创期，低售价+轻量化，迅速占据 CAD 市场；1990-2009 年，横向&纵向丰富产品线的拓展期，采取了自研与并购相结合的拓展方式，初步形成了其工程建设+产品设计与制造+影音与娱乐三大产品集的架构；2009-2020 年积极探索并成功落地的云转型期，公司先后推出了 Autodesk 360、Fusion 360 等基于云的产品，有针对性的开展了一系列并购活动，并开始产生订阅类收入，FY2021，公司订阅类收入已达总营业收入的 91%；2020 年以来，探索数字孪生等前沿技术的探索期，Autodesk 宣布启动 Tandem 数字孪生项目，通过记录跟踪设计到施工全流程的建筑数据实现建筑物的运维分析能力。Autodesk 多年的数据沉淀与完备的 SaaS+PaaS 产品体系使数字孪生成为可能。

图 25: Autodesk 发展历程



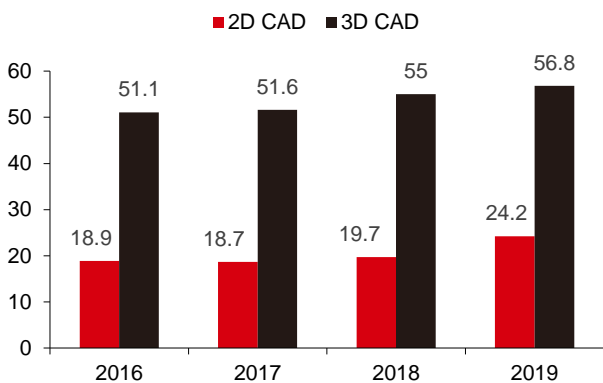
资料来源: Autodesk 官网, Autodesk 年报, 中信证券研究部

战略打法: 成熟的 SaaS+PaaS 产品体系, 探索商业模式新变革。 PaaS 平台 Forge 使不同场景、不同软件之间的数据流通成为可能, 并通过 API、SDK 以及 App Store 等形式, 将 AEC、D&M 与 M&E 三大 SaaS 产品集以及基于 Autodesk 生态开发的第三方软件整合在一起。用户能够灵活选择所购买的产品、订阅时间、增值服务以及付费方式, 代币支付机制进一步提高了用户的自由度, 拓宽了用户规模。

市场格局: 高集中市场趋于成熟, 造型技术结合计算前沿

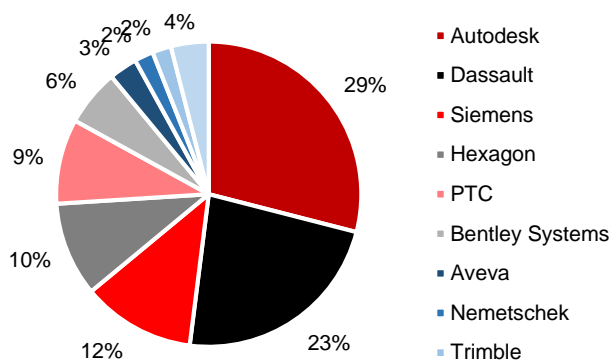
从全球范围看, CAD 市场已较为成熟, 规模增长有限且格局较为稳定。2019 年, 全球 CAD 市场规模约 81 亿美元, 同比增速仅为 8.43%。其中, 2D CAD 市场规模约 24.2 亿元, 3D CAD 市场规模约 56.8 亿元, 具备更大的市场空间及相对激烈的赛道竞争。

图 26: 2016-2019 年全球 CAD 市场规模 (亿美元)



资料来源: BIS research, P&S Intelligence, 中信证券研究部

图 27: 全球 CAD 市场格局 (2018 年)



资料来源: Statista, 中信证券研究部

从竞争格局看, CAD 市场结构稳定, 寡头垄断的特点明显。2018 年, Autodesk、达索系统、西门子等公司占据龙头地位, CR4 高达 74%, 赫芬达尔—赫希曼指数接近 0.18, 市场集中度较高。其中, Autodesk 于 2D CAD 市场独放异彩, 而达索系统、西门子和 PTC 则是 3D CAD 的三大巨头。2019 年, CR4 达 75%, 赫芬达尔—赫希曼指数约 0.178, 高集中度的市场特征保持稳定。

Solidworks 与 Solid Edge 主导中低端市场，Onshape 引领中端 3D CAD 前沿。

Solidworks 与 Solid Edge 同期诞生，均是基于 Parasolid 内核且把握工程工作站向 Windows 平台转变机遇的 3D CAD 软件，在一般复杂场景下具备可靠的三维几何建模能力，而基本具备自由曲面建模能力并支持一阶、二阶连续要求。前者以更佳的用户体验较后者占优。而 Onshape 则发布于 2015 年，是业内第一个完全基于云的 3D CAD 平台，把握了 Windows 平台向云端切换的机遇，用户满意度已高于同类产品，正引领着 CAD 设计方式的又一次革命。

表 15：中端 3D CAD 比较

产品	Solidworks	Solid Edge	Onshape
所属公司	达索系统	西门子	PTC
功能	设计/工程功能多样强大、行业标准，数据管理，云端协作，容纳仿真模拟和生产制造功能	同步建模功能，2D 制图、3D 设计、模拟、制造、数据管理、云端协同等	3D 设计、分析报告、协作工具、数据管理、安全控制、自定义功能
性能	中等，曲面造型能满足略复杂建模，特征建模和装配体设计优秀	中等，实体设计能力突出，曲面造型符合一般需求	中等，云端设计，性能较同定位软件无明显突破
UI 设计	易学易用，符合大众习惯，包容性好，用户体验佳	同步建模降低设计门槛，部分功能不符合操作习惯	全新 UI 体验，上手友好，云端软件，可设定模型操纵习惯

资料来源：各公司官网，微信公众号：泊松比，微信公众号：添九，中信证券研究部

高端软件各有所长。各个软件都有各自的特长，航空公司与汽车一般会同时购买 PTC Creo, Siemens NX 以及达索的 CATIA, Creo 擅长的是复杂的结构与强大的参数驱动，于是几乎所有的发动机设计公司都是 PTC 的客户，例如康明斯、GE、AVL、三菱、本田与丰田、现代；NX 擅长的是 NC 加工与模具设计，CATIA 擅长的是复杂的外形曲面设计与大型组装。

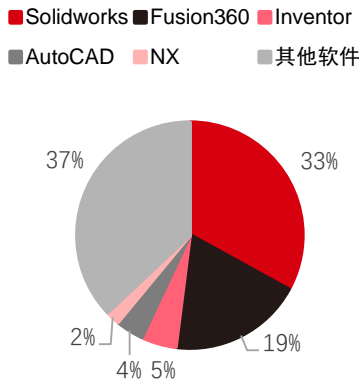
表 16：高端 3D CAD 比较

产品	CATIA	NX	Creo (原 Pro/Engineer)
所属公司	达索系统	西门子	PTC
功能	完整的功能，遍及设计、工程、系统工程和施工应用学科，集成设计/仿真/制造全流程	灵活而强大的集成解决方案，提供从概念设计到工程和制造的集成工具集	强大、成熟的功能，创成式设计、增强现实、实时仿真、增材制造和 IoT 相集成
性能	强，曲面功能、三维功能强大，擅长做高品质的曲面造型，大型装配造型能力强，精度高	强，实体建模突出，非参编辑最强，混合建模优势，曲面建模稍逊，集成性能更佳	强，模型的参数化建模能力和编辑能力最强，运行较快
UI 设计	UI 设计清晰，但学习曲线陡峭	界面较基本、现代	初学友好易学习，操作实用

资料来源：各公司官网，天极力达，微信公众号：RationalDMIS 测量技术，中信证券研究部

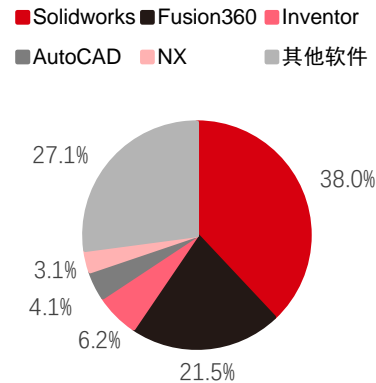
从用户构成看，达索系统与 Autodesk 的软件最受偏好。据 CNC2018 年做的调查，达索系统的 Solidworks 占据全用户选择的 37%及专业人士选择的 27.1%，具备最为广泛的客户基础。而 Autodesk 的 Fusion360、Inventor 与 AutoCAD 在全用户与专业人士选择中各占 28%与 29.8%。达索系统以较为深厚的 CAD 积淀与颇为人性化的 UI 设计，占据客户偏好的主流。

图 28: CAD 软件全用户构成 (2018 年)



资料来源: CNCCookbook, 中信证券研究部

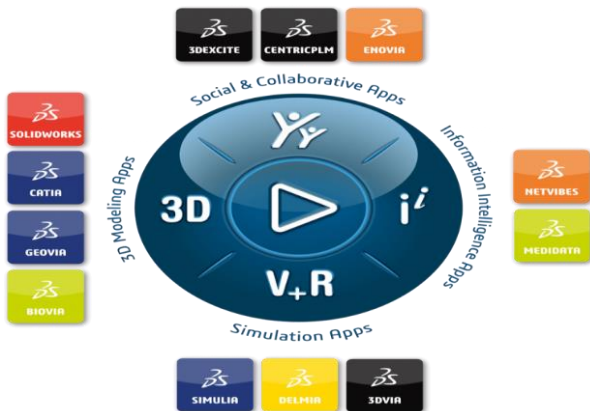
图 29: CAD 软件专业用户构成 (2018 年)



资料来源: CNCCookbook, 中信证券研究部

从技术格局看, 三维几何建模、曲面造型与实体造型是根基, 3D CAD 与各类新技术结合成为技术前沿。主流 3D CAD 软件均具备三维几何建模能力, 且以一定的造型特长作为自身优势与特点。CATIA 以行业顶尖的曲面造型能力著称, NX 继承了并购 UGS 后获得的 SDRC 公司的变量化实体造型技术, 而 PTC 则以参数化实体造型起步。同时, CAD 技术与云计算、AI 等技术紧密结合, PTC 以 Onshape 引领 CAD 上云, 达索推出云化的 3D EXPERIENCE 平台, 西门子推出 Xcelerator 的云解决方案, 且巨头均有结合 AI 的创成式设计布局。

图 30: 达索基于 3D EXPERIENCE 平台的产品矩阵



资料来源: 达索系统官网

图 31: 西门子基于 Xcelerator 的产品矩阵



资料来源: 西门子官网

行业趋势: 一体化/AI 赋能/软件上云, 平台整合带来增长机遇

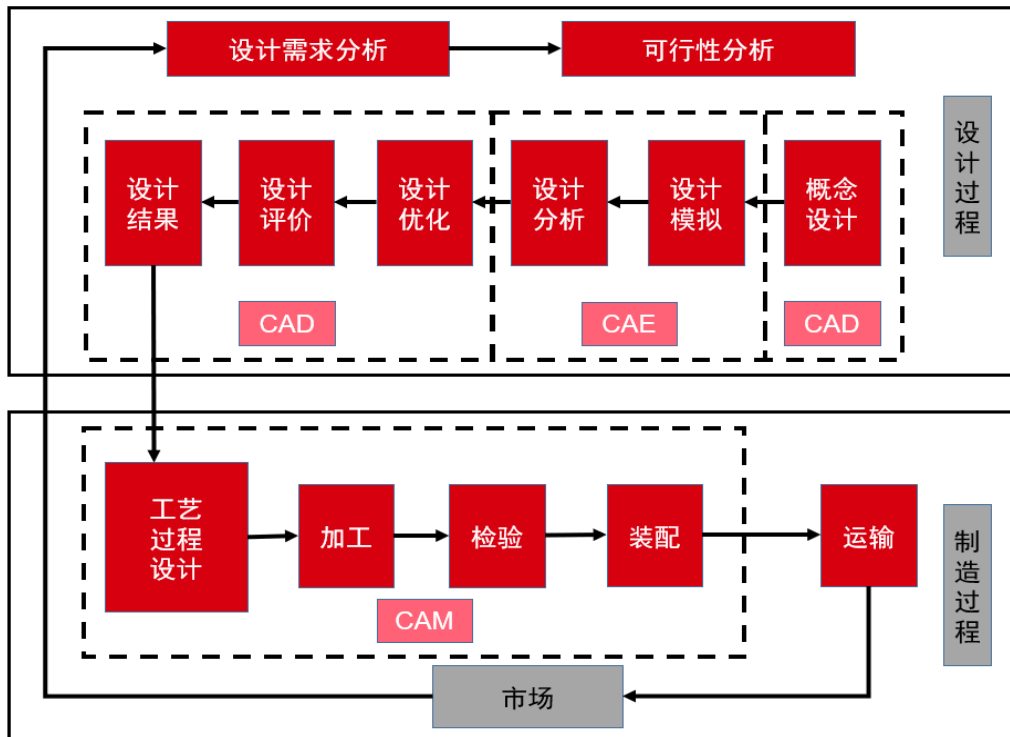
(一) CAx 一体化: 工业智造之基, 产品矩阵平台展望未来

CAx 作为工业软件的本源, 贯穿产品设计至制造全流程, 价值在于数据效率。CAx 是 CAD/CAE/CAM 的简称, 是研发设计的基础环节。CAx 在产品研发中设计-制造中呈体系协作, CAD 于设计环节进行产品的几何与实体建模, 继而 CAE 对产品模型多方面模拟与分析, 根据 CAE 结果, 以 CAD 优化模型; 最终得到最优化设计成果, 交由 CAM 制造。CAx 协同过程中, 一体化设计避免了软件间模型衔接的数据损失, 使各团队工作协同一致,

相同的数据结构与层次有助于信息传递效率的提升，使产品的设计-制造环节无缝衔接。

CAx 一体化成为重要方向，有机集成进一步提高设计和生产的自动化程度与效率。 CAM 与 CAD 集成将极大提高设计与生产效率，而 CAE 模块满足轻度仿真分析需求，进一步提升设计精度。CAD/CAE/CAM 三位一体，以工业软件源中之源，效率服务工业智造。

图 32: CAx 在产品设计-制造中协同一致



资料来源：CAX 技术及其集成研究综述（作者：张宏琳），中信证券研究部

国际龙头均实现 CAx 一体化布局，以平台进一步整合全产品矩阵。达索系统的 CATIA 为旗舰型 CAD/CAE/CAM 一体化解决方案，以 SIMULIA 支持仿真模拟，涵盖了从早期概念定义到经验交付的整个开发和创新过程，而 Solidworks 亦为 CAD/CAM/CAE 自成一體，更具备 PDM 功能，而 3D EXPERIENCE 更具备兼容旗下工业软件的能力；西门子 NX 是集成 UG 与 Ideas 的一体化 CAD/CAE/CAM 平台，且集成于其 PLM 软件 Teamcenter X，其全产品矩阵均通过 Xcelerator 平台收纳；PTC 的 Creo 实为创成式设计、实时模拟与增材制造的 CAx 套件平台，但仍未诞生全产品收纳的工业软件平台。

图 33：工业软件平台化布局



资料来源：各公司官网，中信证券研究部

（二）AI 赋能：创成式设计落地，ICAD 势在必行

创成式设计开辟 AI 赋能 CAD，ICAD 有望进一步落地。创成式设计将人工智能融入计算机辅助设计，是并行计算与人工智能结合的产物，一个人机交互、自我创新的过程，简而言之，即可在一定数量的约束条件下，结合仿真、优化方法，由人工智能自主生成几项备选设计方案的 CAD 应用程序功能。目前，创成式设计已成为 AI 赋能 CAD 的典例，CAD 巨头纷纷推出相关设计功能。

表 17：创成式设计价值内涵

创成式设计功能	功能价值内涵
制造感知技术	生成多个受可用设计约束影响的设计选项；创建无法想象的可加工几何形状
并行工程支持	提高设计质量，缩短设计周期；优化生产过程，提高生产效率；降低产品整个生命周期的消耗，如原材料消耗、工时消耗等，以降低生产成本
AI 制造伙伴	AI 的一种形式，为零件以及模具设计提供大量可用于制造的自动化解决方案
集中数据	不同部门协作，设计建模/仿真/制造过程融为一体
职业技能	激发设计师的手动建模不易获得的设计灵感
成本降低	最大限度地减少质量和材料的使用，整合零件并提高产品的耐用性
增材制造	支持同时考虑减材 (CAM) 和增材结果，节约时间与成本
Re-Shore 制造专业知识	将制造专业知识带回生产制造产品的国家

资料来源：Autodesk Fusion 360，公众号：3D 科学谷，中信证券研究部

Autodesk: Fusion 360 内置的 Project Dreamcatcher 提供创成式设计，源于仿生学中“白蚁巢穴”自下而上的方法的启发，包含制造感知技术、并行工程支持、开发过程自动化、集中数据、增材制造等多项功能。

达索系统: CATIA GDE (功能驱动创成式设计) 新型解决方案，集仿真计算、材料、工艺、生产于一体。GDE 基于物理，应用认知增强设计技术，由功能规格驱动，旨在创建创新的轻量化产品结构，最终实现工作流程简化与创新形状结构的短期交付。借助 CATIA

GDE，达索系统团队于 2019 年度拓扑优化圆桌会议中夺冠。

西门子工业软件：NX 本身具备齐全的创成式设计功能。作为一款极佳的创成式设计软件提供结构拓扑优化、形状优化和制造优化功能。无论工程经验，该技术方法均可获得差异化产品、专家级结果、优化的产品成本和改进的可靠性。

PTC：Creo 创成式设计提供两类版本，可与云结合。单机可用的是创成式拓扑优化（GTO），根据用户设置的设计参数突出显示最符合用户目标的迭代，短时间生成高质量、低成本和可制造的设计。另外一种通过云，称为创成式设计扩展（GDX）。通过云计算，可以将创成式设计许多不确定的条件输入，云端最终会返回计算结果，形成可视化报表，便于设计人员最终决定。通过云计算可以大大加速前期设计方案的探索，减少前期优化的工作量。

图 34：ICAD 构成、应用与发展阶段



资料来源：人工智能技术在 CAD 中的应用（作者：孙佳霖），中信证券研究部

创成式设计基本具备自动方案生成功能，开辟了 ICAD 方向。面向行业未来，ICAD 将在自动方案、智能交互、智能显示等多个领域产生丰富的应用功能，在人的主导下，将复杂产品的设计自动化推向更高的水平。

（三）上云：云计算 SaaS 转型，云 CAD 成为重要发展形态

基于云架构的云 CAD 蓬勃发展，勾勒 CAD 载体未来。云 CAD，即应用云计算、基于云架构的在线建模 CAD 软件，由 Windows 端向云端转型带来全新 CAD 载体革命机遇。回顾 CAD 历史，Autodesk 把握 CAD 由传统大型机向 PC 端转型的基于而成功，Solidworks 与 Solid Edge 则借助工程工作站向 Windows 端的载体切换而夺得 Pro/Engineer 的市场。如今，云计算 SaaS 转型提供了新的机会，由 SolidWorks 在 2010 年首次提到，目前已成为 CAD 行业的主流趋势。

CAD 上云，核心用户价值在于降本增效。自起步，云计算便赋予了数据管理、版本管理的相关功能，同时更强大的计算能力使数字孪生、智能制造、智慧制造更易实现。云 CAD 脱离了客户端与载体限制，大大减少用户安装成本，提高产品工作效率。

图 35：3D EXPERIENCE 云平台



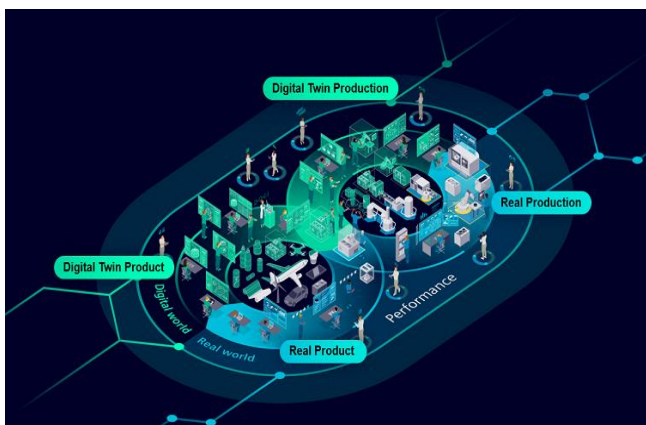
资料来源：达索系统官网，中信证券研究部

达索系统：布局云化的领先玩家。最先提出 CAD 上云，2017 年推出云化版本 3D EXPERIENCE，2019 年发布基于 Web 的三维设计应用 CATIA xDesign。从早期规划到开发和最终发布的产品创建过程中，云版本使在线环境中跨团队治理与协作效率提升，将设计/造型、工程、模拟、制造运营和营销一体地于云上实现。

西门子工业软件：推出 XaaS (Xcelerator as a Service)，以提供全面的数字孪生方案。全面的数字孪生体将以前独立的流程汇集在一起，打破传统的孤岛，有助于弥合软件和硬件、IT 和 OT、车间和顶层之间的差距。通过在此环境中协同工作，团队可以同时进行相同的迭代，从而确保更快、更高效的设计和决策。现多用于飞机与汽车等高端制造业中，并逐渐向中小企业渗透。

PTC：云 CAD 与 SaaS 模式的坚定支持与推进者。2019 年收购第一款完全基于云的 CAD Onshape，能够随时随地在任何设备上自由创作，TCO 更低，整合高效协作、集成数据管理、实时分析与高安全性等功能，并向云生态系统扩展。

图 36：西门子全面的数字孪生



资料来源：西门子官网

图 37：PTC Onshape 未来规划



资料来源：PTC 官网

Autodesk：转云战略的先行者。2010 年前后，公司便意识到想要实现用户规模的横向扩张与纵向拓展，产品上云与订阅制转型是关键要点。转云前期，Autodesk 收购了 SaaS 能力相关的多家公司，自研的 BIM360、PLM360 以及 Fusion 360 也自 2013 年陆续上线。

2015 年，Autodesk 发布了自建的 PaaS 平台 Forge。Forge 可以通过 API 的形式调用 Autodesk 产品，供用户构建符合自身需求的产品，或供第三方开发商基于 Forge 平台二次开发新的设计软件，从而形成了一个庞大的、基于 Autodesk 产品版图的开发商生态。

图 38：Autodesk 基于 Forge 平台的业务体系



资料来源：Autodesk 官网

云 CAD 成重要趋势，云平台加速整合 CAD 行业。主流 CAD 巨头如达索系统、西门子、PTC 和 Autodesk 等均在云 CAD 有所布局。而国内厂商如华天软件也推出基于云架构的 CrownCAD 平台。目前，已出现通过平台整合 CAx 乃至研发设计类软件集成化趋势、AI 赋能创成式设计、云计算 SaaS 服务的趋势，海纳百川的云平台已成为头号玩家的前端选择。

■ 国产实践：政策技术引领，国产替代掘金

发展历程：国产化政策长线引导，头部型厂商日趋成型

（一）1960-1990：CAD 曲面及几何造型研究起步，船舶与航空主力驱动

区别于国际 CAD 的快速商业化，我国 CAD 研发长期集中于理论阶段。20 世纪 60 年代，我国 CAD 基础研究起步，主要集中于曲线曲面及几何造型，研发人员源于船舶、航空行业及高校教师。这一阶段，以几何计算为代表的基础理论取得迅猛进展，同时取得一定应用成果，为国产 CAD 的真正诞生打下坚实理论基础。

船体数学放样深度牵引曲线曲面研究，理论成果凝聚于几何计算。1967 年，我国计算机技术在曲线曲面处理中的应用始于船舶制造行业，系统体现于数学放样。数学放样即通过计算机来校验设计船体的型线与型值，并按照指令加以光顺，然后提供光顺的船体型线与型值。70 年代，“全国船体数学放样会议”召开，相关研究使船舶线型放样、外板展开等计算工作得以计算机处理，我国最早的工业软件 HCS（船体造船系统）得以研发与应用。80 年代，高校研究成果开创几何计算学科，以专著形式出版，如复旦大学的《几何计算》凝聚了数学放样对船体曲面的研究，而浙江大学的《几何计算专辑》则涉及 B 样条、贝塞尔曲线曲面与消隐算法，标志着我国的曲线曲面的理论研究达到了较高的水平。

图 39：“船体数学放样”技术讲座入场券



资料来源：国产 CAD 软件重启之路（作者：何援军）

图 40：高校计算几何协作组（1982 年）



资料来源：国产 CAD 软件重启之路（作者：何援军）

几何造型研究突破，自主版权 CAD 产业纳入进程。80 年代初，我国几何造型研究启动，诸如曲面物体实体造型、机械几何造型以及 LiangBarskey 算法等成果相继实现。1983 年，我国于南通召开首届 CAD 应用工作会议，高校计算几何协作组首次提出“发展我国自主版权 CAD 产业”，自主 CAD 开发进程启动。

（二）1990-2000：国产自主软件萌芽，“甩图版”政策助力发展

国产设计软件的诞生集中在上世纪九十年代。CAx 研发设计软件中，中望软件、浩辰软件和华天软件等均在 1992-1993 年创办或开始从事 CAD 软件相关业务；结构设计软件中，PKPM 则在更早的八十年代便已诞生；机电设计软件企业，如鸿业科技成立于 1993 年，天正软件则成立于 1994 年。

表 18：“甩图板”工程的 CAD 研发应用高潮

CAD 软件	研发单位	时间	具体事件
白玉兰 CAD	上交大计算机集成技术开实验室	1986 年起	1988 年推出 DPS 交互系统，甩图板期间命名白玉兰 CAD
PICAD	北京凯思软件公司	1990 年	1990 年开发 PICAD，1991 年起推向市场
/	中望软件	1992 年	前身中望商业机器有限公司成立，基于 AutoCAD 进行二次开发
/	浩辰软件	1992 年	公司成立，基于 AutoCAD 进行二次开发
高华 CAD	清华大学和华中工学院研发团队	1993 年	研发“高华 CAD”，建立北京高华计算机有限公司运作
浪潮 CAD	华天软件	1993 年	前身浪潮 CAD 工程有限公司成立，推出浪潮 CAD
开目 CAD	武汉开目信息技术股份有限公司	1996 年	研发开目 CAD
“中国”CAD	深圳市乔纳森科技有限公司	1996 年	研发“中国”CAD

资料来源：国产 CAD 软件重启之路（作者：何援军），中信证券研究部

上世纪末设计软件的兴起主要依靠政府与学界的合力。一方面，改革开放后，中央推出 863 计划等一系列推动高新技术发展的改革措施，鼓励产研结合，为软件产业兴起创造了政策土壤。最先诞生的一批软件厂商中，数码大方便诞生于北航华正软件工程研究所。另一方面，1991 年，时任国务委员宋健提出“甩掉绘图板”，国家科委实施了以“甩图板”为口号的全国“CAD 应用工程”，学界积淀数十年的成果得以应用与推广，国内掀起 CAD 软件研发、推广和应用的高潮，推出了一批有自主版权的 CAD 软件产品，诸如清华大学、华中工学院（现华科大）、上海交通大学均将 CAD 研究成果商业化推广。

（三）2000-2010：市场扩展与环境改善阶段，头部厂商自主研发提升

在这一阶段，各大设计厂商纷纷开始拓展自己的产品市场。中望软件 2004 年开始进军东南亚等海外市场，2008 年全球正版用户突破 15 万，并于 2009 年召开了第一届全球合作伙伴大会；华天软件于 2003 年建立了北京办事处，向全国推广设计软件。

表 19：1980-21 世纪初知识产权法系立法与修订

法律类型	
《商标法》	1982 年立法，1993 年第一次修订，2001 年修订至与 WTO《知识产权协定》一致。
《专利法》	1984 年立法，1992 年第一次修订，2000 年修订至与 WTO《知识产权协定》一致。
《著作权法》	1990 年立法，2001 年修订，扩大保护范围，增设著作财产权。
《反不正当竞争法》	1993 年立法。

资料来源：北大法宝——中国法律检索系统，中信证券研究部

部分头部设计厂商已开始进行独立的 CAD 研发工作，动力来自开放的扩大。中国进一步扩大对外开放，加入 WTO 对中国的 IP 知识产权保护环境提出更高要求，经济发展更需科技支持；政策及法律等制度环境支持升级，《计算机软件保护条例》于 2002 年起正式实施，知识产权保护加强，同期软件正版化进程亦开始部署；国内厂商逐渐认识到，尽管基于 AutoCAD 的二次开发难度相对较小，但难以支撑未来的生态构建，成长性有限，自主可控将带来更大发展空间。浩辰软件于 2001 年建立了苏州软件基地，用于开发自主平台软件；中望软件于 2002 年也推出了自主研发的 CAD 平台软件中望 CAD。

（四）2010 年至今：头部厂商迭代核心产品，不断构建国产化 CAD 生态

政策引导工业软件国产替代与正版化，带动 CAD 产业快速发展。相较于国际，我国工业软件进程一直较为缓慢。2015 年后，国务院等单位先后发布《中国制造 2025》、《“十三五”国家信息化规划》、《关于强化知识产权保护的意见》、《新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展的若干政策》、《“十四五”数字经济发展规划》等文件，引导解决工业软件卡脖子问题。作为工业软件最为核心的一个部分，CAD 产业也得以迅速发展。

表 20：2015 年以来我国对 CAD 国产化与正版化的政策支持

时间	文件名称	发文单位	主要内容
2015 年 05 月	《中国制造 2025》	国务院	突破智能设计与仿真及其工具等高端工业软件核心技术，开发自主可控的高端工业平台软件和重点领域应用软件，建立完善工业软件集成标准与安全测评体系，推进自主工业软件体系化发展和产业化应用。
2016 年 12 月	《“十三五”国家信息化规划》	国务院	加快计算机辅助设计仿真、制造执行系统、产品全生命周期管理等工业软件的研发和产业化，加强软件定义和支撑制造业的基础性作用。
2017 年 11 月	《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》	国务院	集中突破一批高性能网络、智能模块、工业软件等关键软硬件产品与解决方案，实现各类工业软件与模块化设计制造资源在线调用。
2018 年 09 月	《关于推动创新创业高质量发展打造“双创”升级版的意见》	国务院	推进工业互联网平台建设，引导企业上云上平台，加快发展工业软件，培育工业互联网应用创新生态。
2019 年 11 月	《关于强化知识产权保护的意见》	国务院	不断改革完善知识产权保护体系，力争到 2022 年，侵权得到有效遏制，到 2025 年，知识产权保护社会满意度达较高水平。
2020 年 08 月	《新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展的若干政策》	国务院	聚焦高端芯片、集成电路装备和工艺技术、工业软件等的关键核心技术研发，不断探索构建社关键核心技术攻关新型举国体制。
2021 年 12 月	《“十四五”数字经济发展规划》	国务院	集中突破高端芯片、操作系统、工业软件等领域关键核心技术，加强通用处理器、云计算系统和软件关键技术一体化研发。

资料来源：北大法宝——中国法律检索系统，中信证券研究部

头部厂商力推自主研发，CAD/CAX/云服务多赛道突破。2010 年以来，中望软件收购 VX CAD/CAM，研发自主内核 Overdrive，发布 CAD/CAM 一体化的中望 3D，2012 年后已持续迭代至中望 3D 2023，聚焦 All-in-one CAX，已于 2021 年上市。华天软件基于 CRUX IV 自主内核，开发 CAD/CAM 一体的 SINOVIATION，后成为国内首个云 CAD 厂商。浩辰软件于 2013 年发布自主 2D CAD，2019 年与西门子合作发布浩辰 3D，并陆续发布浩辰 CAD 看图王移动版、网页版和电脑版，拓展云应用及服务。

图 41：国内头部 CAD 厂商



资料来源：各公司官网

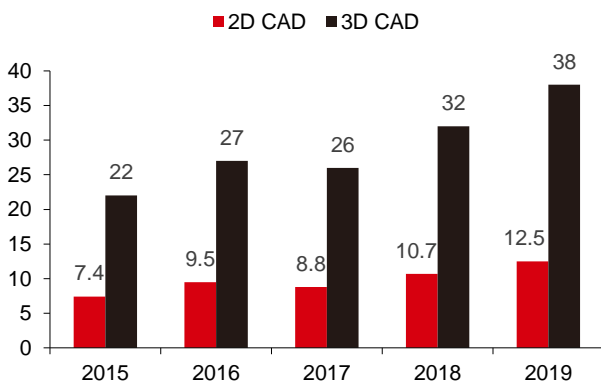
产品扩张与下游扩展，研发设计生态闭环持续构建。以中望软件为例，近年来，中望软件依托其内核，推出 3D One、CADbro、ZMMeshworks 等多产品线，并以 ZW 3D 积累了 50+ 二次开发软件。中望软件构建的软件生态已覆盖了包括建筑、能源、机械、电子、汽车、船舶、轨道交通、军工等多个应用场景。

市场展望：潜力市场尚待挖掘，国产厂商布局生态

（一）行业空间：国内市场空间巨大，自主可控带来替代良机

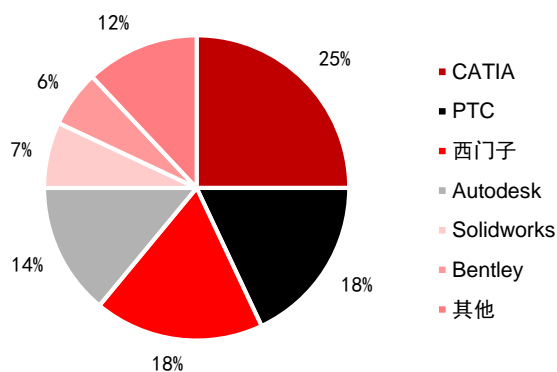
中国 CAD 市场成熟度低于国际，规模增长迅速且空间广大。2019 年，中国 CAD 市场规模达 50.5 亿元，增速约 18.27%，其中 3D CAD 增速 18.75%，远超国际市场增长水平。2019 年，相较于中国在全球制造业增加值中占比 28.1%，中国 CAD 市场仅占全球市场的 9.05%，3D CAD 市场仅占全球市场的 9.7%，潜在的市场空间较大。

图 42：2015-2019 年中国 CAD 市场规模（亿元）



资料来源：华经产业研究院，中信证券研究部

图 43：中国 CAD 市场格局（2018 年）



资料来源：中国工业技术软件化产业联盟，中信证券研究部

国产软件产品、市场规模整体弱于海外，但依靠技术积累、场景验证、政策支持，正加速追赶海外龙头。根据中商产业研究院数据，2018 年国内 CAD 软件 95% 以上的市场份额被国外软件所占据，主要包括达索（32%，CATIA & SolidWorks）、PTC（18%）、西门子（18%）、Autodesk（14%）、Bentley（6%）等，国产替代的空间巨大。国内 CAD 软件公司主要有中望软件、山大华天和数码大方等，但是在功能性能上与国外软件仍有较大差距，未能实质性地打破国外软件的垄断。但近年来，伴随技术积累、场景验证、政策支持，国内设计软件公司正缩小与海外龙头企业的差距。

（二）头部巡礼：自研主导国产化布局，各借优势建设产品生态

1) 中望软件：All-in-one CAx 解决方案领先商，自研+性价比打造国产生态

概述：中望软件，国产 CAD 领军人，成立于 1998 年，是国内领先的 All-in-One CAx 解决方案提供商，专注于工业设计软件超过 20 年，建立了以“自主二维 CAD、三维 CAD/CAM、电磁/结构等多学科仿真”为主的核心技术与产品矩阵。中望软件设有广州、武汉、上海、北京、美国佛罗里达五大研发中心，产品已畅销全球 90 多个国家和地区，正版用户突破 90 万，广泛应用于机械、电子、汽车、建筑、交通、能源等制造业和工程建设领域，客户包括中船集团、中交集团、中国移动、中车株洲所、京东方、格力、海尔、国家电网等知名企业。公司已经为 3000 多所本科、职业院校的建筑/机械、园林、测量、信息技术、3D 打印等专业提供人才培养解决方案，并服务 K12 学校/机构超 60000 所。

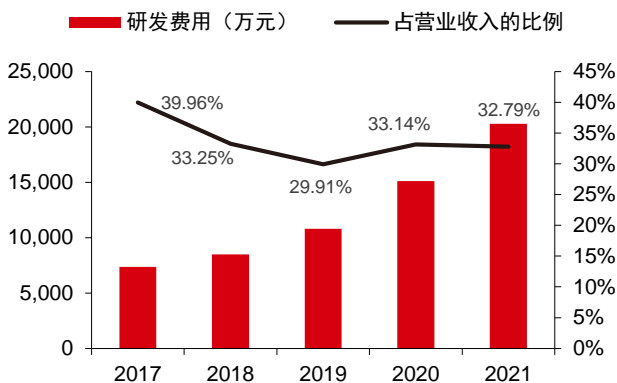
图 44：中望软件产品演进情况



资料来源：公司官网，中信证券研究部

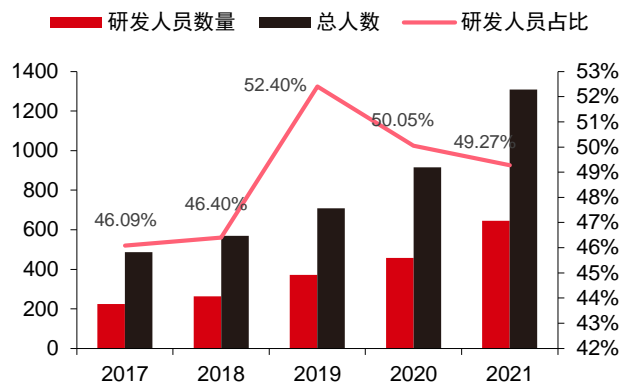
战略打法：坚定自研+客户牵引实现技术创新，性价比+销售体系服务市场扩张。公司注重技术的持续更新迭代，持续加大并高度重视研发投入，各端 2D/3D CAD 全面出击，2021 年研发费用达 2.03 亿元；注重研发团队的建设，整合行业内的优势研发资源，截至 2021 年硕士及以上 309 人，占比 23.61%；同时坚持龙头客户牵引，构建技术突破口。公司着力建设“KA 行业事业部+区域直销+渠道+数字化营销”四位一体营销体系，以颇具性价比的永久授权模式为主，将直销与经销相结合，积极拓展海内外市场。

图 45: 研发费用及占营业收入比重



资料来源: 中望软件招股书, 中望软件年报, 中信证券研究部

图 46: 研发人员数量及变化情况



资料来源: 中望软件招股书, 中望软件年报, 中信证券研究部

产品结构: 力推 All-in-One CAx 战略, 构筑通用平台产品生态。公司打造以 CAD 为主的 CAx 生态体系, 量大面广, 坚持产品型、平台型公司, 基于 3D Overdrive 内核, 拓宽产品线, 深化护城河, 坚持高性价比产品的商业本质。中望 3D 与中望 CAD 均是面向中端市场的通用平台产品, Windows/Linux/云均有布局, ZWMeshWorks 平台面向仿真分析, 而 3D One 等产品则服务教育行业。中望 3D 2023 首先实现国产 CAD/CAM/CAE 一体化, 支持 G3 曲面连续, 全新三维图形渲染引擎提升大装配设计能力, 格式交互与兼容能力全面升级, 避免用户上下游数据交互出现障碍, 更新国际主流格式最新版本。生态建设上, 定位 CAx 根技术为发展点, 建立以 3D 几何引擎为主要根技术的方向, 如约束求解、显示引擎、网格剖分等, 以 API 接口以及与合作伙伴共同投资、合资的方式来建立相关公司来发展生态。

图 47: 中望软件主要产品版图



资料来源: 中望软件官网, 中信证券研究部

2) 广联达: 数字建筑平台型领军企业, 设计助推数字建筑一体化发展

概述: 广联达致力于成为全球领先的数字建筑平台服务商。公司成立于 1998 年, 拥有员工 9400 余人, 在全球建立 80 余家分子公司, 服务客户遍布全球 100 多个国家, 为 34 万企业客户, 提供百余款专业应用产品及服务。横向看, 公司业务随建筑产业链延伸, 覆盖设计、造价、施工等环节; 纵向看, 单业务面向不同岗位提供丰富模块, 覆盖企业、

项目、岗位等环节，各业务间协同效应通过一体化建设逐步体现。作为数字化赋能者，与产业运营者协同共生、融合发展，共建建筑产业互联网的新生态。

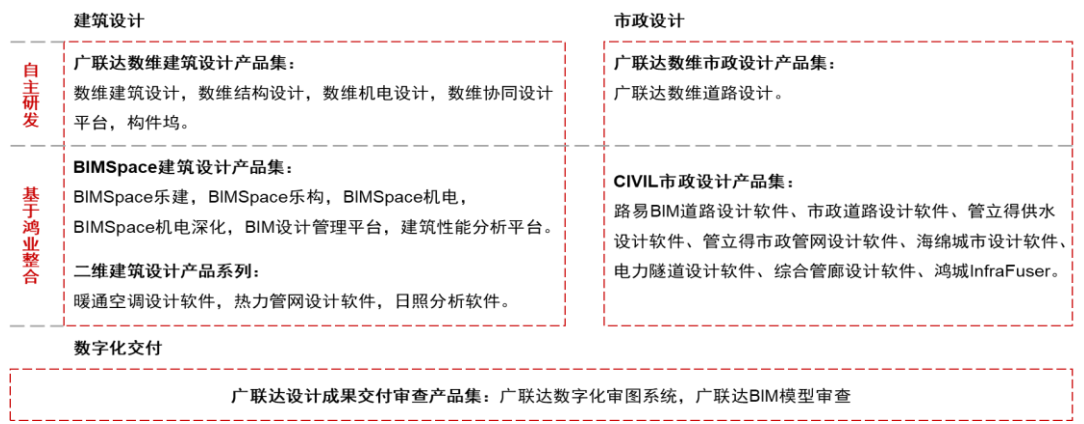
图 48：广联达 2010-2020 年图形平台相关研发成果



资料来源：公司公告，中信证券研究部

战略打法：自研+收购双管齐下，打造数字设计平台。自 2010 年上市以来，公司从造价与施工切入，持续积累图形平台能力，奠定设计产品底层能力。造价上，自主研发软件开发架构，形成初步的 CAD 模型导入与识别功能，实现造价产品快速迭代与数据互通，并开发 CAD 图纸识别技术；施工上，从产品到平台，打造施工场景建模设计软件，后推出 BIMFace 平台，以打造软件生态底座。同时，收购 Progman Oy+鸿业科技，扩展国际业务，进一步扩充基本设计功能。

图 49：广联达设计产品架构



资料来源：公司官网，中信证券研究部

产品结构：垂直深耕建筑行业，从产品到平台打造设计业务体系。公司产品源于 CAD，走向 BIM（建筑信息模型），架构包括建筑设计、市政设计与数字化交付。2017 年，公司推出 BIMFace 平台，解决兼容性问题，提供了一个开放的二次开发平台。2020 年，充分集成已有技术与产品，公司发布 BIMMAKE，实现了更快更准确的模型创建功能。相对于设计功能本身，协同是数字设计产品更重要的战略意义所在。

3) 浩辰软件：聚焦 CAD 的国产厂商，2D/3D+多终端云协作双线并进

概述：浩辰软件，前身公司成立于 1992 年，专注 2D/3D CAD，挖掘跨桌面与多场景协作的 CAD 云方案。浩辰软件产品覆盖 100 多个国家和地区，全球用户超 7000 万。目前，浩辰软件已成为全球极少数掌握 CAD 核心技术、非开源、真正安全的国产 CAD 软件厂商，全球首家及唯一发布协同设计 CAD 及整体解决方案的软件厂商和全球最大的 CAD 移动 APP 开发厂商，荣获联合国世界知识产权组织特别授予的国内 CAD 厂商唯一“版权推广运用金奖”。

图 50：浩辰软件主要产品版图



资料来源：浩辰软件招股书，浩辰软件官网，中信证券研究部

产品战略：专注 CAD，2D/3D 软件业务与 CAD 云方案多线发展。2D CAD 起步早，积淀深，掌握核心技术，主要面向建筑、结构、给排水、暖通、电气、机械等中端应用领域，提供通用解决方案。公司 3D CAD 起步较晚，2019 年起与西门子合作推出浩辰 3D，内核依靠 Parasolid。云方案领跑，移动 CAD 及其突出，浩辰 CAD 看图王支持多人协作共享图纸、多电脑/网页/移动多终端的跨平台、跨桌面同步。

4) 数码大方：全流程垂直解决方案供应商，自主打造 CAD/PLM/MES 垂直产品

概述：数码大方（CAXA）是中国自主的工业软件和工业互联网公司。成立于 2003 年，公司始终致力于为制造业提供信息化解决方案。公司研发团队专业经验深厚，技术水平先进，在北京、南京和美国亚特兰大设有三个研发中心，目前已拥有 330 余项商标、专利、专利申请及著作权。基于“为客户创造价值”的技术和服务理念，公司在全国建立了 13 个营销和服务中心，已经成为国产工业软件的知名品牌，国产 CAD/PLM/MES 整体解决方案核心供应商。

战略打法：专注自研，垂直覆盖工业软件全流程。公司脱胎于北航华正软件工程研究所，NURBS 等曲线曲面研究积淀深厚，起步初期与 IRONCAD 合作开发，自主打造 CAD/CAM 产品线。后再组 IRONCAD，与达索系统建立策略联盟，通过自主研发先后进入 PLM（产品全生命周期管理）/MES（数字化制造）等领域。CAXA 垂直于汽车、航空航天、电子电气和装备等中高端行业，提供 CAD/PLM/MES 全流程解决方案。

产品结构：自主研发全流程工业软件，已经形成 CAD/CAM/CAE/CAPP 一体化系列产品，更为专注汽车、装备、电子电器、航空航天等垂直应用领域，具备高端服务能力。

借助易上手、性能佳、兼容性好等优势，CAXA CAD 系列产品为研发设计提供设计、工艺、仿真、制造数据等多功能，深度服务产品创新、缩短产品周期、提升产品竞争力。

图 51：数码大方数字化设计产品版图



资料来源：数码大方官网

5) 华天软件：3D 核心、自研雄厚、领先云能力的智能制造软件服务商

概述：华天软件是以 3D 为核心的智能制造软件服务商。成立于 1993 年，公司专注于制造业信息化领域，拥有三维设计、智能管理、可视化三大技术平台和创新设计、卓越制造、数字化服务三大系列产品线，业务范围包括 PLM、PDM、CAPP、3D CAPP、CAD、CAM、MES、WMS、SRM、LES 等。公司专注于智能制造，拥有三维 CAD 内核技术，为航天军工、核工业、装备制造、化工、汽车、轨道交通、轴承、模具、高科技电子、建筑工程等行业，为产业链和企业提供从产品研发到生产制造到售后服务整套信息化解决方案，并在多行业内领军企业得到典型应用。

战略打法：品牌积淀，雄厚研发，行业积累。公司前身为浪潮 CAD，自 1993 年起便扎根 CAD 行业，深耕制造业信息化 30 年。2009 年前后推出 CRUX IV 自主内核，推出自主三维 CAD/CAM 软件 SINOvation，目前全国拥有 5 大研发中心，研发实力雄厚。公司已形成航天军工、汽车及零部件等 20 多个行业解决方案，借助行业应用牵引迭代。

图 52：华天软件 SINOvation 产品功能



资料来源：华天软件官网，中信证券研究部

产品结构: SINOvation 是体现国际先进设计制造水平的自主知识产权三维 CAD/CAM 软件, 具有混合建模、参数化设计、直接建模、特征造型功能以及产品设计动态导航技术, 且具备一定 CAE 模块。此外, 打造国内首款、完全自主的基于云架构的 CrownCAD 平台, 结合 CAD 功能与在线协同设计、版本管理、项目分享等云架构特点。二维领域则布局华天 CAD, 兼容性好, UI 熟悉, CAD 与 PLM 集成。

龙头启示: 国产替代路在何方, 自研+生态+前瞻

(一) 自研为王: 内核+人才+下游牵引缺一不可, 坚定自研才可国产替代

1) 内核为魂, 缔造产品性能极限与适用

CAD 内核是研发设计工业软件之魂, 国际巨头核心产品均内核自主。内核作为 3D CAD 的灵魂, 缔造了产品的性能极限以及适用边界。国际三巨头均采用自主内核构建核心高端产品, CATIA 基于达索系统自研的 CGM 内核, NX 则源自西门子收购 UG 的 Parasolid 内核, Creo 则应用 PTC 的参数化建模内核 Granite。唯有内核自主, 才可真正突破 3D CAD 的“卡脖子”困境。**因此着力自研, 首先是参透内核。**无论内核源于收购/开源/合作共享, 对内核理解的深度, 决定了国产厂商的 CAD 的深度。唯有基于对内核的深度消化与理解, 才能有效进行基于内核的软件研发。

表 21: 中望内核与国际顶尖内核对比

主要技术目标	国际顶尖内核技术特征	Overdrive 内核技术特征
三维几何建模能力	超复杂场景建模质量高, 稳定性好	建模质量满足通用场景, 部分满足一般复杂场景
自由曲面建模质量	完全具备 A 级曲面建模能力, 实现全平台的二阶连续	具备自由曲面建模能力, 全面支持一阶连续, 部分支持二阶连续
大体量装备设计能力	支持 100-1000 万零部件	支持 10 万零部件

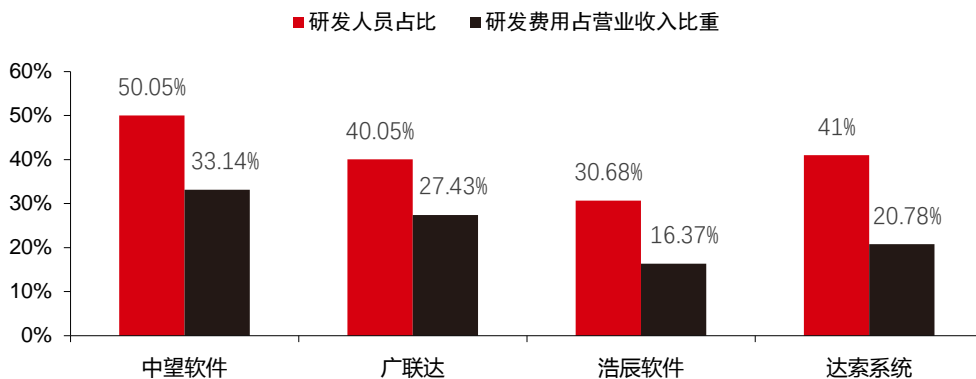
资料来源: 中望软件招股书, 中信证券研究部

国产 CAD 厂商应绝对重视以内核为根基的研发投入, 国产替代本质在于内核替代。国内厂商已部分实现内核自主, 如中望软件的 Overdrive 和华天软件的 CRUX IV 等。然而国产内核与国际顶尖内核仍存在差距, 唯有内核实现硬核赶超, 国产替代方成为现实。

2) 人才为纲, 主导行业历史进程与革命节点

3D CAD 研发人才乃行业之纲, CAD 行业革命均为核心人才引领。3D CAD 壁垒极高, 是交叉学科, 数学、计算机、物理、工程等各方面综合迭代, 因此竞争关键在于具备交叉学科能力的核心人才。国际 CAD 的数次行业革命均为核心人才引领。MIT 的 Coons 与雷诺的贝塞尔分别提出曲线曲面算法, 爆发 3D CAD 曲面造型革命; Samuel Geisberg 为首的 CV 离职团队, 建立 PTC 引领参数化革命, 使 CAD 头部厂商发生巨变; Jon Hirschtick 曾在 90 年代领导 Solidworks 团队, 实现 3D CAD 由工程工作站端向 Windows 的历史性转型, 而现今则研发 Onshape 再次引导 CAD 行业的云化变革。

图 533：研发人员占比与研发费用占营业收入比重的国内外比较（2020 年）



资料来源：各公司年报，中信证券研究部

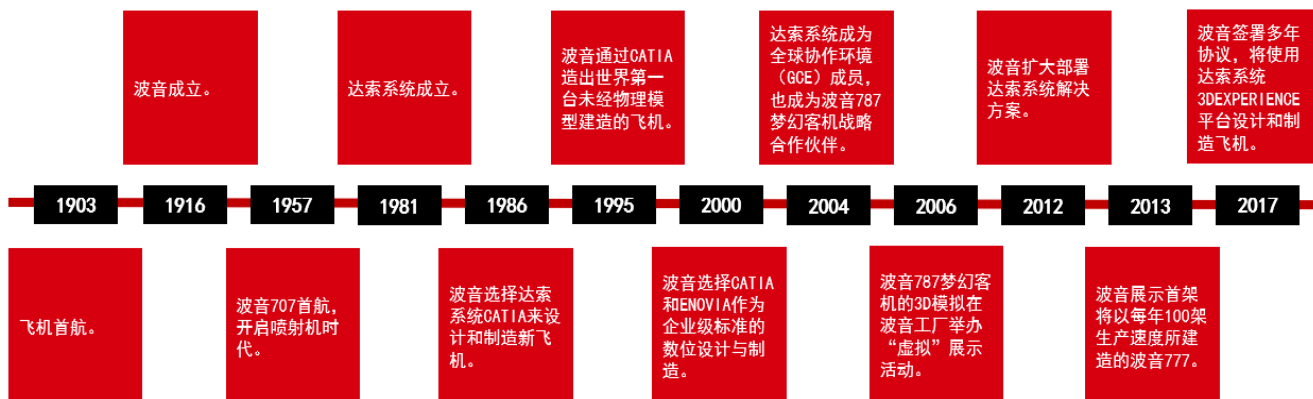
国产厂商重视人才投入，而仍面临人才瓶颈。国产厂商已认识到研发人才的重要性，诸如中望软件、浩辰软件等头部企业的研发相对投入及研发人员占比均接近于国际巨头达索系统。然而国产厂商仍一定程度上面临无法满足优秀研发人员需要的人才缺口，仍需有节奏的交叉学科人才扩张与培养。

3) 下游为引，推动产品场景测试与品质提升

下游行业为 3D CAD 引绳，场景测试驱动产品升级。3D CAD 曲面造型的革命，正是受到航空航天与汽车工业的自由曲面建模需求驱动，相关行业龙头为 3D CAD 的研发与测试提供了技术验证的场景。而达索系统，也受益于波音公司等大客户的长期合作所提供的工业场景验证和测试反馈，以此加快产品能力提升。

工业场景是产品落脚点，与工业流程、产品设计深度融合是工业软件能力提升的必要条件。国内龙头中望软件大客户战略加速，与华为、中车等头部客户深化合作，促进产品能力提升、应用深入与采购落地。2021 年，中望第一大客户贡献收入 2093.6 万元。

图 544：达索系统与波音公司合作发展史



资料来源：达索系统官网，中信证券研究部

(二) 生态构建：平台战略+并购法宝，版图壮大与生态扩张

CAX 一体化国际巨头标配，平台化战略为工业软件未来风向。CATIA、NX 与 Creo 均具备产品设计/仿真模拟/加工制造一体化功能，而达索系统与西门子分别基于各自工业软件平台构筑产品生态。以达索系统为例，3DEXPERIENCE 平台直连达索多个应用、卖方和买方、采购者和分包商、服务供应商和终端客户，实现数据互通，提供协作统一的工作方式。平台集成 3D 建模应用程序、社交协作应用程序、仿真应用程序、信息智能应用四大模块，12 个品牌的产品，能够提供完整、优质的全流程解决方案。

图 555：达索系统 3DEXPERIENCE 平台应用及服务



资料来源：达索系统官网

重视平台能力的构建，协作统一的平台化理念将成为工业制造业发展的趋势之一。达索的平台化概念于 2012 年推出，距公司成立超过 30 年，平台化理念提出与软硬件技术产品成熟、网络技术逐步升级、数字化需求快速增长有关。国内工业软件产品目前单点型应用较多，伴随国内企业壮大与成熟，国内工业软件平台化趋势将会加速，如中望软件悟空平台正加速布局，目前已推出至 0.3.1，广联达 BIMFace 平台则自 2017 年起应用。

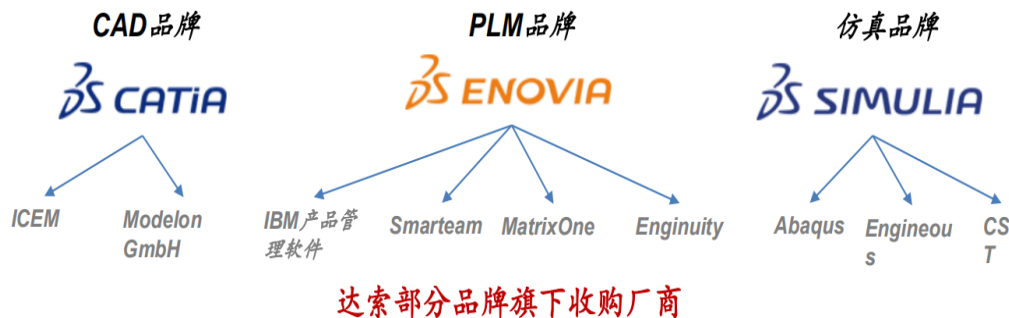
图 566：中望软件悟空计划



资料来源：中望软件官网，中信证券研究部

纵观国际巨头发展史，并购是壮大产品版图和拓展行业生态的重要方式。达索以 CAD 软件起家，通过收购不断布局 CAE/PLM 等领域，完善产品组件，并在医疗健康、地理信息等行业深度布局，并购帮助公司快速开疆扩土。西门子作为工业制造霸主，通过并购获得 MES/CAX/PLM 多产品线，逐步成为全球工业数字孪生方案巨头之一。

图 577：达索系统部分品牌及旗下收购厂商



资料来源：达索系统官网，中信证券研究部

重视并购扩充产品线 and 生态伙伴，并购是工业软件巨头发展壮大的重要法宝。并购有效巩固国内厂商核心竞争力，中望软件借助并购 VX 公司打造 Overdrive 内核与中望 3D，而数码大方则通过再组 IRONCAD 扎实 CAD/CAM 产品线，广联达收购 Progman Oy+ 鸿业科技以扩充基本功能。目前，大多国内厂商核心产品尚未成熟，仍以聚焦核心产品研发及销售拓展为主，并购尚未形成规模效应，但我们判断，伴随产品客户体系逐步成熟，中长期看，并购将会成为国内龙头厂商的壮大的重要法宝。

（三）趋势前瞻：把握技术与趋势新动向，未来龙头的定海神针

行业参与者需研判行业趋势，布局变革达成预期自我实现。回顾 CAD 龙头结构的变迁历史，每一次市场格局的洗牌均源于特定未来龙头的趋势预期与布局实现。1980s, PTC 创始团队预期参数化技术将实现不同以往的 3D CAD 使用体验，因此开发基于参数化技术的 Pro/Engineer，于 1990 年前后大放异彩，引致众多厂商效仿，而未跟紧时代浪潮的以 CV 公司为首的前五龙头均于 1990s 并购潮中消亡。2000 年前后, Solidworks 与 Solid Edge 团队深耕 Windows 转型机遇，成功抢占彼时龙头 PTC 市场，如今收购 Solidworks 的达索系统成为实际的 3D CAD 第一巨头。未来龙头均基于对行业趋势的自我预期，提前布局并深耕，最终带动预期化为行业趋势，而一举成就实际龙头。

表 22：3D CAD 历史趋势与布局变革

行业趋势	历史阶段	未来龙头布局	变革结果
参数化革命	1980s-1990s	PTC 推出参数化 3D CAD Pro/Engineer	PTC 成为龙头，收购老东家 CV 公司
Windows 端转型	1990s-2000s	Solidworks 与 Solid Edge 深耕 Windows 端 CAD	Solidworks 成长为最高 CR 产品
云化/平台化/AI 赋能	2010s 至今	达索系统推出 3D EXPERIENCE 及云版本平台，西门子布局 Xcelerator 数字孪生平台，PTC 收购 Onshape，三巨头一致布局 AI 赋能的创成式设计	三巨头巩固 3D CAD 市场份额，达索系统引领各趋势保持 CR1 地位

资料来源：各公司官网，中信证券研究部

以 AI 赋能与云化为例，是 CAD 行业目前发展的重要趋势，重视趋势研判并付诸实践，预期深度落地是 CAD 龙头兴替的关键节点。达索系统 Solidworks 团队与 Onshape 团队均成功研判了 CAD 的云化趋势，云 CAD Onshape 与 3D EXPERIENCE 云平台的落地，正是龙头深度布局自我预期的结果，同时带动国内外软件厂商开发云方案。而 AI 赋能已形成一致预期，三巨头均具备创成式设计作品。国内厂商仍在 AI 应用与云化两大趋势性赛道上追赶，3D One AI/Crown CAD 两大产品成国内先例。我们认为，伴随着内核等硬技术以

及云化/平台化/ICAD 等软趋势的差距缩小，国内厂商具备研判趋势、布局预期、落地龙头的中长期机遇。

中望软件：云端近在眼前，平台计划布局。经长期测试，云 3D 产品亟待推出。ZW 3D 本身具备一定平台功能。悟空计划于 2019 年启动，实现时将产出新一代国产高端三维设计平台，产业链生态+智能化模式+BIM 技术+自主三维几何建模内核四位一体，旨在为泛建造行业提供多维度的全生命周期解决方案，填补自主三维 CAD 软件在大型工程领域应用的空白，帮助企业在提升研发效率、降低成本的同时提高产品质量，助力产业转型升级。

广联达：自研+收购，打造数字设计平台。公司从造价与施工切入，持续积累图形平台能力，奠定设计产品底层能力。BIMFace 平台，打造软件生态底座，每月 API 调用规模达上亿次。BIMMAKE 充分集成了公司现有的技术与 BIM 产品，支持多种设计数据导入导出，实现了更快更准确的模型创建功能，并提供了包括自研与生态内的各类 BIM 应用。

华天软件：云架构 3D CAD 平台领先。2021 年，公司发布国内首款、完全自主的基于云架构的三维 CAD 平台——CrownCAD，具备多终端、多系统运行、无需安装的特性，提供一站式研发设计和管理服务，持公有云、私有云、混合云多种部署方式，并支持在国产芯片、国产操作系统上运行，为企业提供安全可控的国产化应用环境。

■ 风险因素

1) **国产软件政策推进不及预期的风险：**国产厂商尚不成熟，国内市场为国外巨头占据，若政策推进力度低于预期，将影响国产 CAD 的市场拓展；

2) **关键核心技术研发和迭代速度不及预期的风险：**国产 CAD 较国外巨头在内核与新兴数字化技术应用上仍有较大差距，国产软件替代的根本在于内核与性能的提升，如关键核心技术研发与迭代不及预期，则国产软件替代进程将受影响；

3) **国内企业软件国产 IT 支出不达预期的风险：**CAD 国产替代仍需下游企业支持，若企业国产化软件支出意愿不及预期，则影响国产软件领域扩张速度；

4) **全球疫情发展的不确定性风险：**全球疫情发展的不确定性导致 CAD 下游企业生产规模与软件应用需求存在不确定性；

5) **市场竞争加剧：**国产 CAD 领域目前存在一定的竞争与价格战，产品与技术不成熟的情况下，性价比或成为较好的市场拓展方式，因此存在市场竞争加剧的风险。

■ 投资建议

国内 CAD 市场空间巨大，自主可控势在必行。我们认为，国产 CAD 行业与公司的发展驱动因素如下：1) 长期技术迭代，国产替代本质为核心技术替代：产业催化下的四次造型技术革命是 CAD 核心驱动力，造型内核决定能力边界与行业拓展性，国产替代关键

在于核心技术替代，发展前沿在于平台化/上云/AI 赋能。2) 国产替代空间广大：2019 年国内 CAD 市场规模 50.5 亿元，增速远超国际市场，且 90%空间为国外软件公司占据，广大空间带来极高替代潜力。3) 政策环境利好扶持：知识产权保护持续优化，“十四五”聚焦数字经济，工业软件政策频出，行业迎来新一轮增长周期。4) 国产厂商深度自研，生态布局构建替代未来：具备自主内核的国产厂商涌现，人才引入与下游牵引下坚定自研，同时布局平台化/上云，着力构建国产软件行业生态，国产替代势在必行。

核心推荐自研能力强大、生态平台布局领先的头部玩家：

重点推荐：1) 中望软件：All-in-one CAx 解决方案领先商，国产 CAD 坚定领航者。2) 广联达：国内数字建筑平台型领军企业，助力打通建筑行业全流程。

建议关注：3) 拟上市的浩辰软件：聚焦 CAD 的国产领先厂商，2D 与移动业务出色。4) 数码大方：工业软件 CAD/MES/PLM 全流程垂直解决方案供应商。5) 华天软件：3D 核心、自研雄厚、领先云能力的智能制造软件服务商。

表 23：重点公司盈利预测与估值评级

简称	股价 (元)	EPS (元)				PE				评级
		21A	22E	23E	24E	21A	22E	23E	24E	
中望软件	254.88	3.13	3.90	5.38	7.17	81.4	65.4	47.4	35.5	买入
广联达	51.08	0.56	0.83	1.15	1.59	91.2	61.5	44.4	32.1	买入

资料来源：Wind，中信证券研究部预测

备注：股价为 2022 年 5 月 30 日收盘价

分析师声明

主要负责撰写本研究报告全部或部分内容的分析师在此声明：(i) 本研究报告所表述的任何观点均精准地反映了上述每位分析师个人对标的证券和发行人的看法；(ii) 该分析师所得报酬的任何组成部分无论是在过去、现在及将来均不会直接或间接地与研究报告所表述的具体建议或观点相联系。

评级说明

投资建议的评级标准		评级	说明
报告中投资建议所涉及的评级分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后6到12个月内的相对市场表现，也即以报告发布日后的6到12个月内的公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。其中：A股市场以沪深300指数为基准，新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以摩根士丹利中国指数为基准；美国市场以纳斯达克综合指数或标普500指数为基准；韩国市场以科斯达克指数或韩国综合股价指数为基准。	股票评级	买入	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅20%以上
		增持	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于5%~20%之间
		持有	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-10%~5%之间
		卖出	相对同期相关证券市场代表性指数跌幅10%以上
	行业评级	强于大市	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅10%以上
		中性	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-10%~10%之间
		弱于大市	相对同期相关证券市场代表性指数跌幅10%以上

其他声明

本研究报告由中信证券股份有限公司或其附属机构制作。中信证券股份有限公司及其全球的附属机构、分支机构及联营机构（仅就本研究报告免责条款而言，不含CLSA group of companies），统称为“中信证券”。

法律主体声明

本研究报告在中华人民共和国（香港、澳门、台湾除外）由中信证券股份有限公司（受中国证券监督管理委员会监管，经营证券业务许可证编号：Z20374000）分发。本研究报告由下列机构代表中信证券在相应地区分发：在中国香港由CLSA Limited分发；在中国台湾由CL Securities Taiwan Co., Ltd.分发；在澳大利亚由CLSA Australia Pty Ltd.（金融服务牌照编号：350159）分发；在美国由CLSA group of companies（CLSA Americas, LLC（下称“CLSA Americas”）除外）分发；在新加坡由CLSA Singapore Pte Ltd.（公司注册编号：198703750W）分发；在欧洲经济区由CLSA Europe BV分发；在英国由CLSA（UK）分发；在印度由CLSA India Private Limited分发（地址：孟买（400021）Nariman Point的Dalal House 8层；电话号码：+91-22-66505050；传真号码：+91-22-22840271；公司识别号：U67120MH1994PLC083118；印度证券交易委员会注册编号：作为证券经纪商的INZ000001735，作为商人银行的INM000010619，作为研究分析商的INH000001113）；在印度尼西亚由PT CLSA Sekuritas Indonesia分发；在日本由CLSA Securities Japan Co., Ltd.分发；在韩国由CLSA Securities Korea Ltd.分发；在马来西亚由CLSA Securities Malaysia Sdn Bhd分发；在菲律宾由CLSA Philippines Inc.（菲律宾证券交易所及证券投资者保护基金会）分发；在泰国由CLSA Securities (Thailand) Limited分发。

针对不同司法管辖区的声明

中国：根据中国证券监督管理委员会核发的经营证券业务许可，中信证券股份有限公司的经营经营范围包括证券投资咨询业务。

美国：本研究报告由中信证券制作。本研究报告在美国由CLSA group of companies（CLSA Americas除外）仅向符合美国《1934年证券交易法》下15a-6规则定义且CLSA Americas提供服务的“主要美国机构投资者”分发。对身在美国的任何人士发送本研究报告将不被视为对本报告中所评论的证券进行交易的建议或对本报告中所载任何观点的背书。任何从中信证券与CLSA group of companies获得本研究报告的接收者如果希望在美国交易本报告中提及的任何证券应当联系CLSA Americas。

新加坡：本研究报告在新加坡由CLSA Singapore Pte Ltd.（资本市场经营许可持有人及受豁免的财务顾问），仅向新加坡《证券及期货法》s.4A（1）定义下的“机构投资者、认可投资者及专业投资者”分发。根据新加坡《财务顾问法》下《财务顾问（修正）规例（2005）》中关于机构投资者、认可投资者、专业投资者及海外投资者的第33、34及35条的规定，《财务顾问法》第25、27及36条不适用于CLSA Singapore Pte Ltd.。如对本报告有任何疑问，还请联系CLSA Singapore Pte Ltd.（电话：+65 6416 7888）。MCI (P) 024/12/2020。

加拿大：本研究报告由中信证券制作。对身在加拿大的任何人士发送本研究报告将不被视为对本报告中所评论的证券进行交易的建议或对本报告中所载任何观点的背书。

英国：本研究报告归属于营销文件，其不是按照旨在提升研究报告独立性的法律要件而撰写，亦不受任何禁止在投资研究报告发布前进行交易的限制。本研究报告在英国由CLSA（UK）分发，且针对由相应本地监管规定所界定的在投资方面具有专业经验的人士。涉及到的任何投资活动仅针对此类人士。若您不具备投资的专业经验，请勿依赖本研究报告。

欧洲经济区：本研究报告由荷兰金融市场管理局授权并管理的CLSA Europe BV分发。

澳大利亚：CLSA Australia Pty Ltd（“CAPL”）（商业编号：53 139 992 331/金融服务牌照编号：350159）受澳大利亚证券与投资委员会监管，且为澳大利亚证券交易所及CHI-X的市场参与主体。本研究报告在澳大利亚由CAPL仅向“批发客户”发布及分发。本研究报告未考虑收件人的具体投资目标、财务状况或特定需求。未经CAPL事先书面同意，本研究报告的收件人不得将其分发给任何第三方。本段所称的“批发客户”适用于《公司法（2001）》第761G条的规定。CAPL研究覆盖范围包括研究部门管理层不时认为与投资者相关的ASX All Ordinaries指数成分股、离岸市场上市证券、未上市发行人及投资产品。CAPL寻求覆盖各个行业中与其国内及国际投资者相关的公司。

一般性声明

本研究报告对于收件人而言属高度机密，只有收件人才能使用。本研究报告并非意图发送、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。本研究报告仅为参考之用，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。中信证券并不因收件人收到本报告而视其为中信证券的客户。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。

本报告所载资料的来源被认为是可靠的，但中信证券不保证其准确性或完整性。中信证券并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损失承担任何责任。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。

本报告所载的资料、观点及预测均反映了中信证券在最初发布该报告日期当日分析师的判断，可以在不发出通知的情况下做出更改，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中信证券其它业务部门、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。中信证券并不承担提示本报告的收件人注意该等材料的责任。中信证券通过信息隔离墙控制中信证券内部一个或多个领域的信息向中信证券其他领域、单位、集团及其他附属机构的流动。负责撰写本报告的分析师的薪酬由研究部门管理层和中信证券高级管理层全权决定。分析师的薪酬不是基于中信证券投资银行收入而定，但是，分析师的薪酬可能与投行整体收入有关，其中包括投资银行、销售与交易业务。

若中信证券以外的金融机构发送本报告，则由该金融机构为此发送行为承担全部责任。该机构的客户应联系该机构以交易本报告中提及的证券或要求获悉更详细信息。本报告不构成中信证券向发送本报告金融机构之客户提供的投资建议，中信证券以及中信证券的各个高级职员、董事和员工亦不为（前述金融机构之客户）因使用本报告或报告载明的内容产生的直接或间接损失承担任何责任。

未经中信证券事先书面授权，任何人不得以任何目的复制、发送或销售本报告。

中信证券 2022 版权所有。保留一切权利。