

GAMES Webinar 2022-222期
CAD 工业软件 (3月24日)

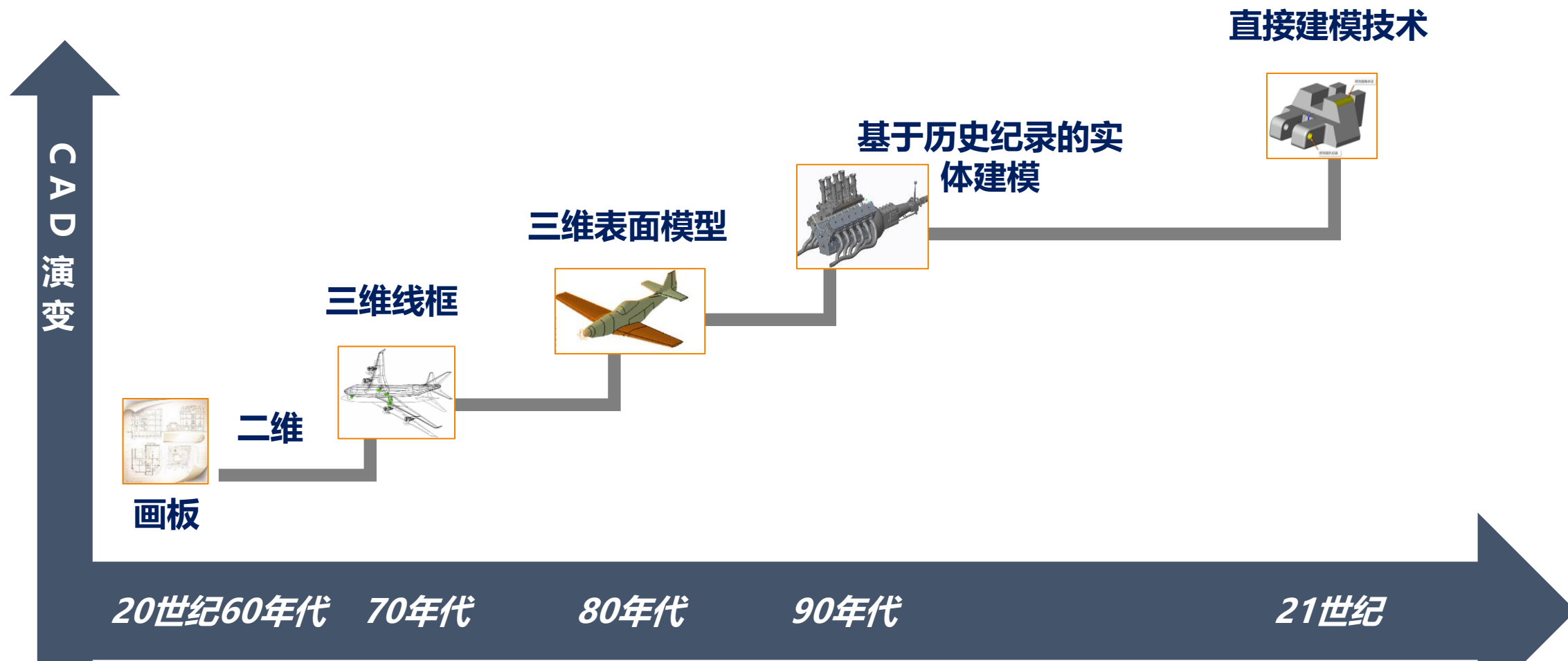
三维CAD的发展历程、未来趋势 及共性关键技术

梅敬成 博士

华天软件 CTO
华云三维 总经理



- 一 起源于制造需求**
- 二 繁荣于技术进步**
- 三 共性关键技术**
- 四 颠覆于模式创新**



- ◆ **NX/UG** 美国麦道 (MD) 公司支持
- ◆ **I-DEAS** 美国国家航空及宇航局 (NASA) 支持
- ◆ **CADDS** 美国波音(BOEING)支持
- ◆ **CATIA** 法国达索 (Dassault) 公司支持
- ◆ **Euclid** 法国马特拉 (MATRA) 集团支持
- ◆ **STRIM100** 法国航空宇航(Aerospatiale)和原子能署 (CEA) 支持

- ◆ 雷诺汽车负责外形造型部门的负责人：

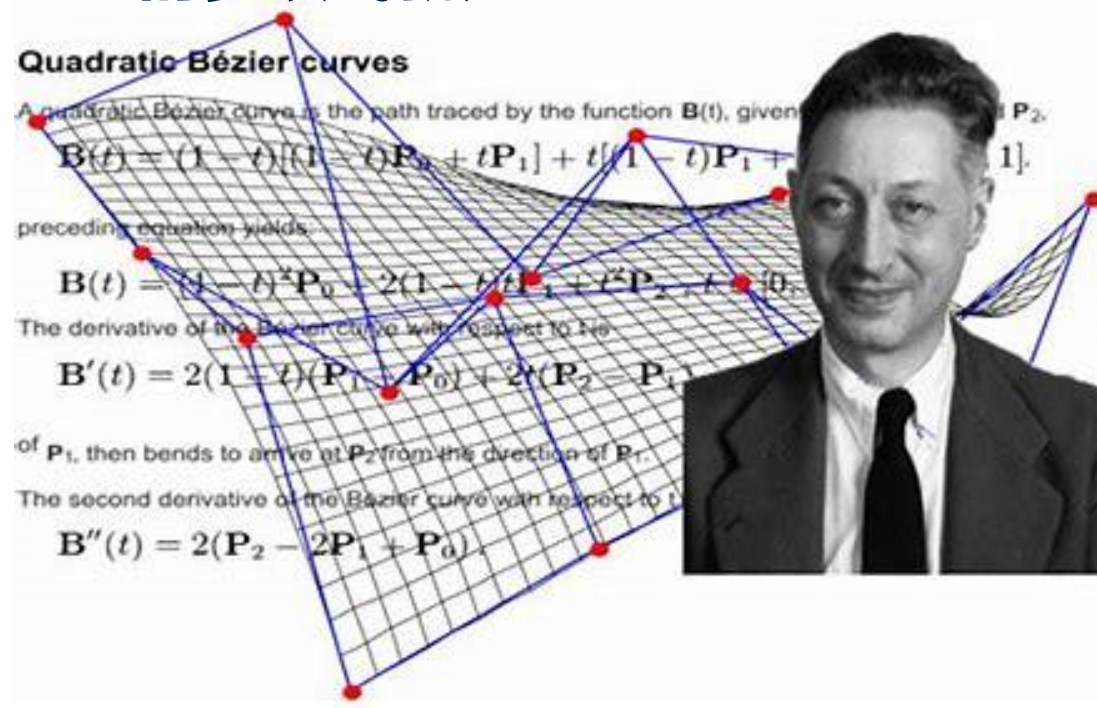
Pierre Bézier, 法国 ENSAM 工程师学校毕业

- ◆ 他发明了一个描述自由曲线曲面的方法，发表了成果，开发了

UNISURF 软件

- ◆ 英国数学家A.R. Forrest 发现Bézier 的多项式就是Bernstein 多项式

- ◆ Bézier曲线和曲面广为流传



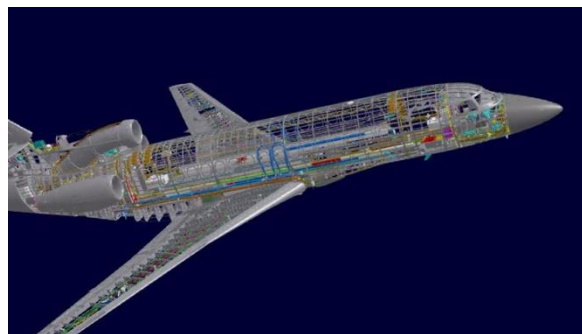
- ◆ 法国 CNRS 研究员（Jean-Marc Brun 和 Michel Théron）研发实体造型软件 Euclid，基于CSG和多面体表达
- ◆ 1979年DATAVISION 创立（CNRS控股）
- ◆ 俄罗斯想购买Euclid源代码，被美国阻拦，后来代码泄露
- ◆ 1980年被MATRA收购，诞生
MATRA DATAVISION
- ◆ MATRA DATAVISION与雷诺合作，
并购 UNISURF



- ◆ DASSAULT SYSTEMS 达索系统 研发
- ◆ 研发 CATIA V1.0 (1979) – 4.0 (1993)
- ◆ 托管CADAM，被IBM推广，进入波音



Francis Bernard



Bernard Charlès



- 一 起源于制造需求
- 二 繁荣于技术进步
- 三 共性关键技术
- 四 颠覆于模式创新

三维CAD市场: 大局已定?

◆ 实体造型:

- Euclid为代表

◆ 曲面造型:

- CATIA
- UNISURF
- STRIM100
- CADD5
- UG

◆ 高端市场被瓜分: 航空、航天、汽车

◆ 硬件设备:

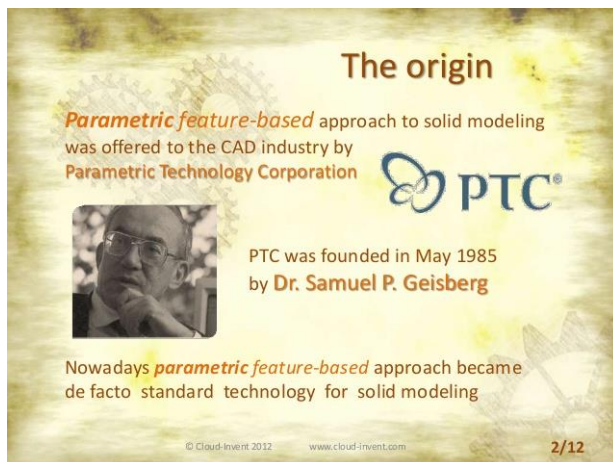
- IBM大系统
- 高端工作站: SUN、SGI、DEC

技术在进步、变化在孕育中:

- 三维几何建模引擎、几何约束求解器
- 造型方法
- Windows的兴起

PTC -> Pro/E

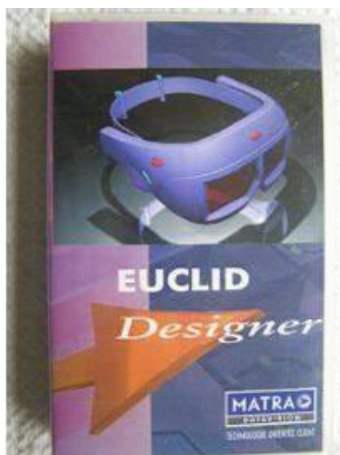
- ◆ 自研三维内核 Granite
- ◆ 自研约束求解器
- ◆ 推出革命性的参数化设计
- ◆ 基于工作站、UNIX系统
- ◆ 收购 ComputerVision (1998)



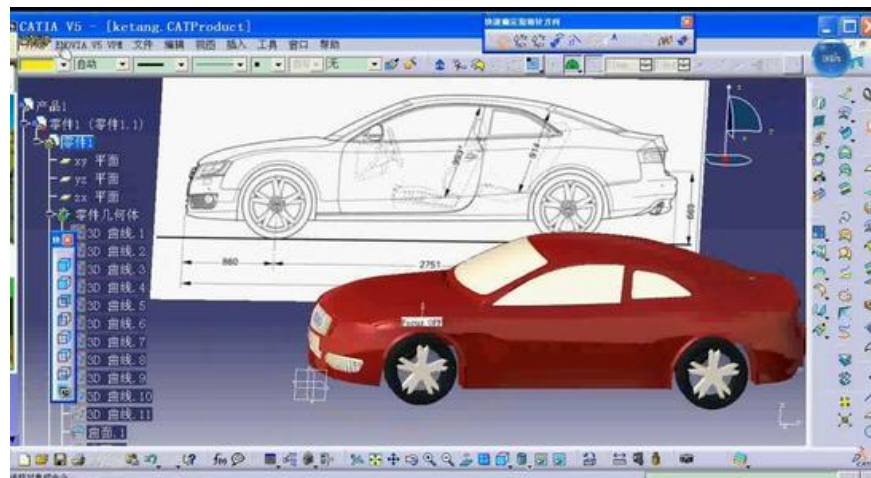
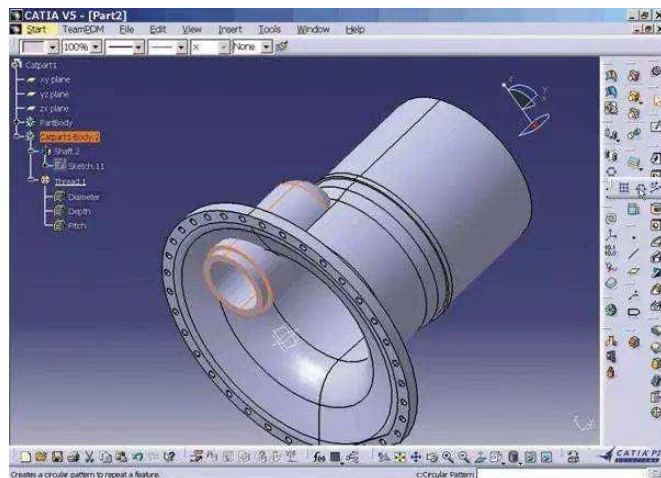
Samuel P. Geisberg



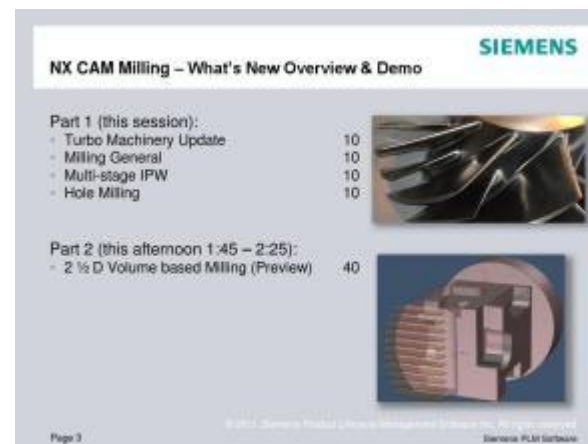
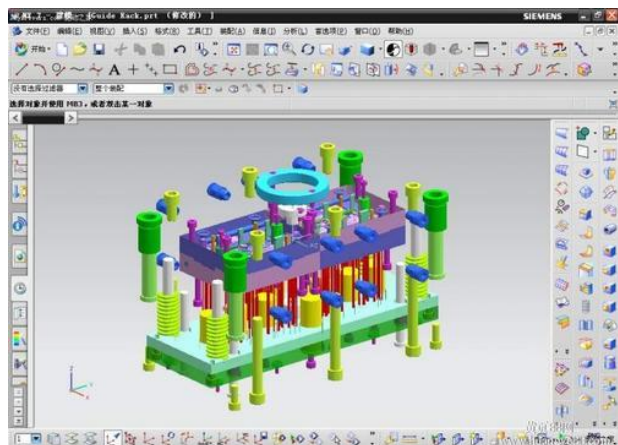
- ◆ 马特拉 MATRA DATAVISION 当年拥有：
 - Euclid
 - UNISURF
- ◆ 研发新内核 CasCade
- ◆ 研发新一代CAD产品：Euclid Designer
- ◆ 1998年被达索收购：CasCade -> OpenCasCade



- ◆ 1998年 推出 CATIA V5
- ◆ 从 FORTRAN -> C++
- ◆ 自研内核 CGM：使用了并购的CISIGRAPH、MATRA DATAVISION 的几何造型算法
- ◆ 自研几何约束求解器：利用了俄罗斯LEDAS外包服务
- ◆ 从 IBM ->工作站、Windows



- ◆ UG最早由麦道飞机公司研发，用来设计自己的飞机
- ◆ 独立成立UGS公司，产品名称叫Unigraphics (UG)
- ◆ 利用收购的几何建模内核 Parasolid 替换原来的内核
- ◆ 收购几何约束求解器 DCM
- ◆ 从大型机版本-> 工作站、Windows NT、Windows
- ◆ 后被西门子收购了，并推出NX



- ◆ 目标：将 Pro/E 从工作站搬到 PC 机上
- ◆ 内核使用 Parasolid
- ◆ 约束求解器使用 DCM
- ◆ 充分利用 Windows 平台
- ◆ 1995年发布第一个版本，1997年被达索收购



John McEleney

Jon Hirschtick



- 一 起源于制造需求**
- 二 繁荣于技术进步**
- 三 共性关键技术**
- 四 颠覆于模式创新**

关键技术一： 三维几何建模引擎



- ◆ 三维几何建模引擎是CAD的底层基础支持， 是三维建模最关键的技术
- ◆ 研发三维几何建模引擎的困难：
 - 几何要素多：点、线、面、体、网格等的表达和处理
 - 功能多：拉伸、旋转、扫描、放样、填充、桥接；布尔运算、倒圆角、抽壳、拔模；等等
 - 鲁棒、精确、高效：布尔运算、倒圆角、抽壳等核心算法
 - 对参数化的支持：特征建模、拓扑命名
 - 兼容性、可扩展性

几何引擎	所属公司	备注
ACIS	法国达索系统	API完备， 市场应用广泛
Parasolid	德国西门子	造型功能强， 多家CAD厂商采用
CGM	法国达索系统	高端应用， 市场应用较少
OpenCasCade	法国CapGemini	世界上唯一的开源内核



关键技术二：几何约束求解器

◆ 约束求解器是CAD参数化设计的关键技术：

- 草图：2D 几何约束求解器
- 装配：3D 几何约束求解器

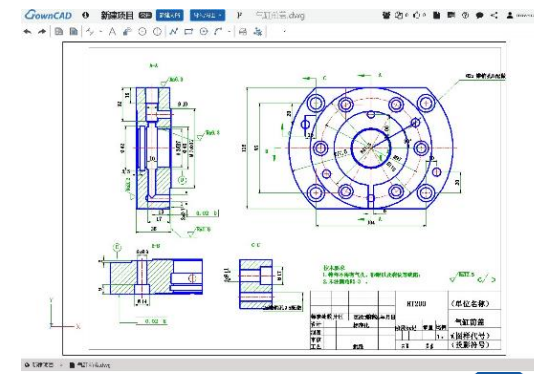
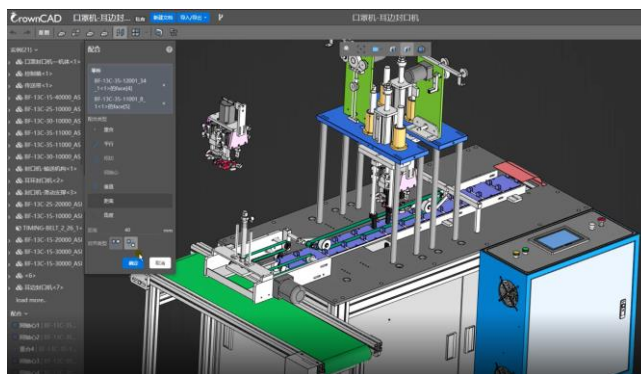
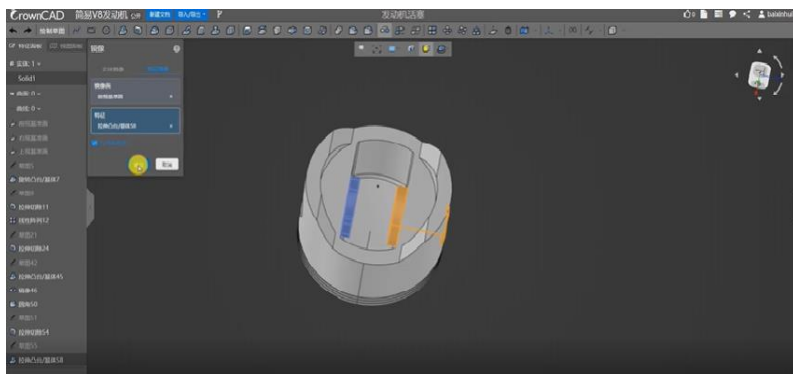
◆ 研发几何约束求解器的困难：

- 几何欠约束系统的优化匹配
- 几何约束冗余性判定
- 大规模约束方程组求解

求解器	所属公司	备注
DCM	德国西门子	几何约束求解器，基本处于市场垄断地位
VDM	Ledas	诺沃西比尔斯克(新西伯利亚)

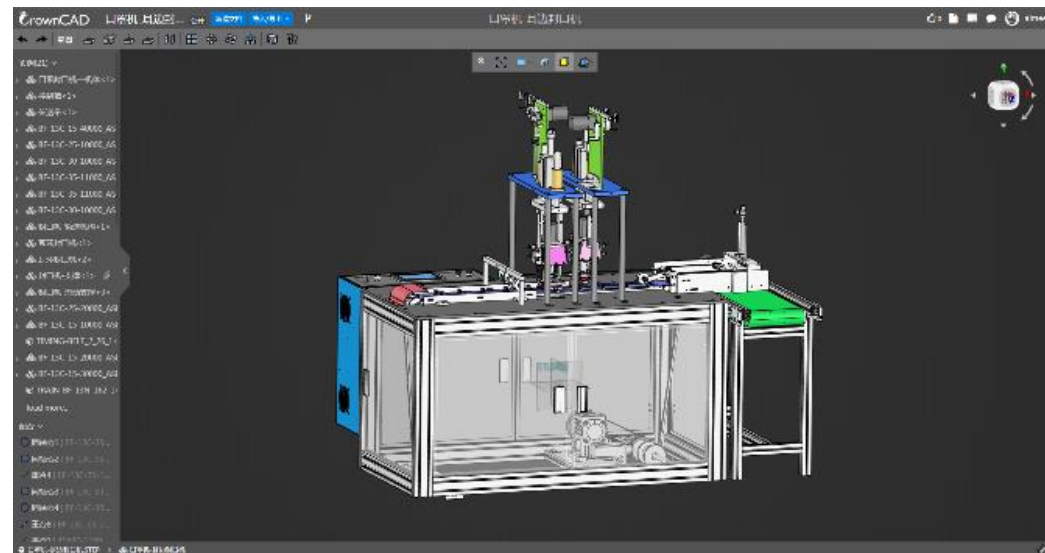
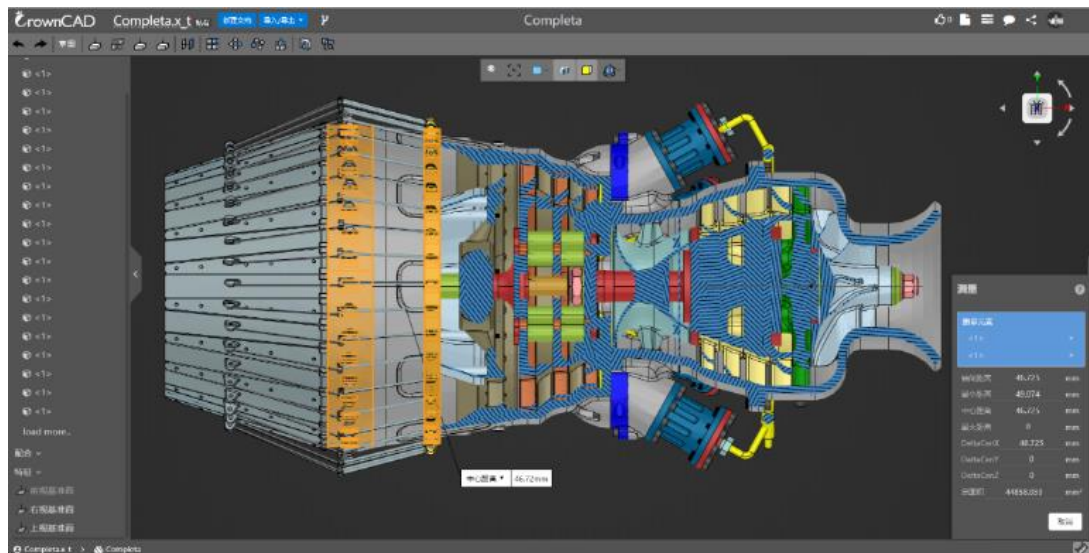
关键技术三：参数化机制

- ◆ 基于实体造型、参数化设计的CAD系统的推出，导致CAD系统的研发更加复杂，只研发几何造型内核和约束求解器还远远不够
- ◆ 既要具备草图、零件、装配、工程图、三维标注等基础功能，又要实现这些功能之间的联动
- ◆ 应用层机制：参数化设计、拓扑命名、undo/redo、数据管理
- ◆ 还要与“直接建模”融合



关键技术四：显示和渲染

- ◆ 显示和渲染对用户体验十分重要
- ◆ 操作性、流畅性
- ◆ 拾取：捕捉、导航
- ◆ 显示技术：OpenGL, Shader
- ◆ 系统的依赖：MFC, .Net, QT



- 一 起源于制造需求
- 二 繁荣于技术进步
- 三 共性关键技术
- 四 颠覆于模式创新

传统CAD市场格局将如何打破？

◆ 市场主导者：

- CATIA、NX (UG)、CREO (Pro/E)、SOLIDWORKS

◆ 技术的变化：

- 互联网
- 云计算
- AI

◆ 设计模式变化：

- 单机模式向基于Web和云计算模式转变
- 单人离线设计向多人在线协同设计转变

◆ 制造规模变化：

- 超大规模
- 超复杂度

模式创新（云架构CAD）将颠覆现有市场？

基于云架构的CAD的优势



云CAD就是在线建模CAD软件，即打开浏览器就可以进行建模的软件。云CAD可以部署在公有云，也可以部署在私有云。

Any time

Any where

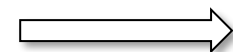
Any device

Any one



云端

云存储、云计算、云服务



多终端

PC 端、Web 端、移动端



协同

更多人员参与、社交化协同

尤其是在国产操作系统上部署和使用



Dassault Systemes 3DEXPERIENCE

CEO Bernard Charlès 决定，2012年推出



3DEXPERIENCE

-  Social and Collaborative Applications
-  Information Intelligence Applications
-  Content and Simulation Applications
-  3D Modeling Applications
-  Real Time 3DEXPERIENCE Platform



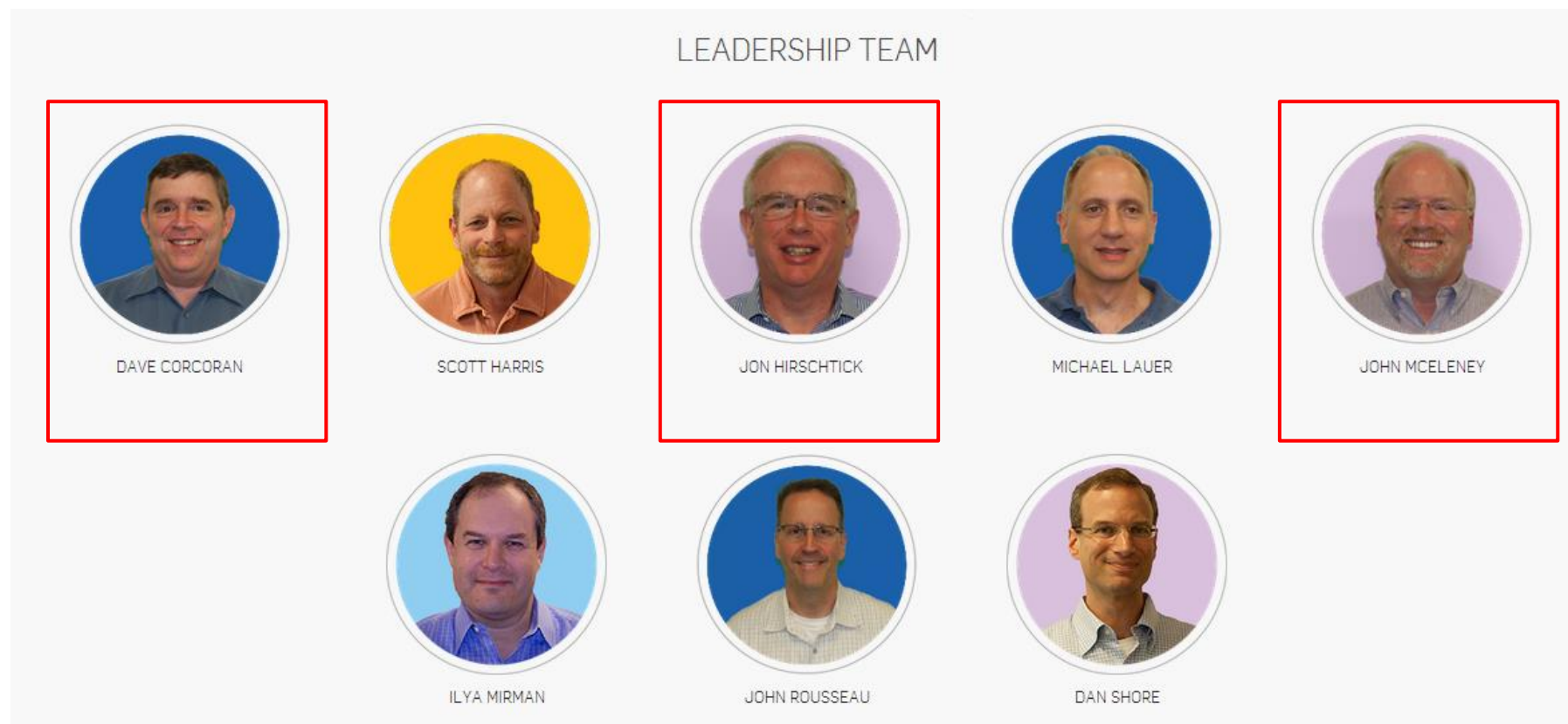
Gordon Ramsay au Trianon

Autodesk Fusion 360

2013年推出



- 成立于 2012 年
- 获得 \$1.7亿 投资
- 一群 CAD 老手创立
- 4.7亿美元被收购





SOLIDWORKS的策略将以平台为先，帮助客户从桌面逐渐迁移到云端，在这个过程中，为用户提供更灵活、更丰富的应用，帮助它们实现业务成长。“未来，80%的**SOLIDWORKS**用户可能会选择云端应用，另外20%用户则会选择本地应用。”接受e-works记者采访时，达索系统**SOLIDWORKS**首席执行官Gian Paolo Bassi做出如此预测。



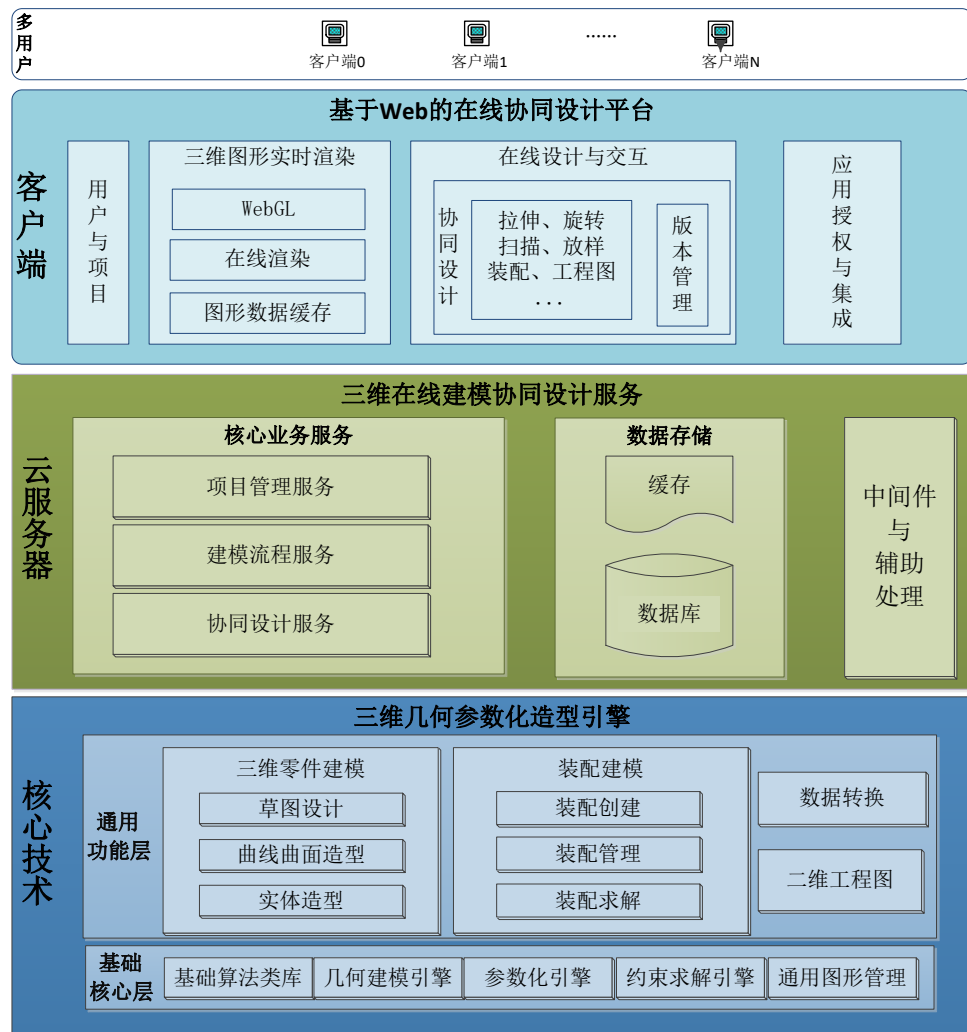
以数字化技术推动物理世界升级转型的过程中，SaaS将发挥越来越重要的作用。Jim Heppelmann说，“PTC十分笃定SaaS发展策略。近年来，PTC不断加倍投入 SaaS，在整个产品组合中部署SaaS模式，我们的目标是在SaaS发展趋势下占据领导的地位。”

2019年，在济南市各级政府的直接关怀下，在梅敬成博士担任CTO的山东山大华天软件有限公司的大力支持下，梅博士创建了山东华云三维科技有限公司（现在为华天软件全资子公司），致力于完全自主的、基于云架构的三维CAD系统CrownCAD的产品研发和应用推广。



华云三维核心研发团队均毕业于国内外知名高校的计算机图形学、应用数学、计算机科学与技术、软件工程、机械设计等专业，硕士及以上学历超过60%。华云三维聘请浙江大学、华中科技大学、山东大学等高校的多位知名教授为兼职专家，长期为团队提供理论指导和技术咨询。





◆ 核心技术层:

- 几何建模引擎、约束求解引擎、参数化引擎
- 零件设计、装配设计、工程图
- 数据转换

◆ 云服务器层:

- 数据存储服务
- 核心业务服务

◆ 客户端层:

- 用户注册与登录、项目创建与管理
- 三维图形渲染
- 在线设计与交互

◆ 完全自主的三维几何建模引擎 DGM

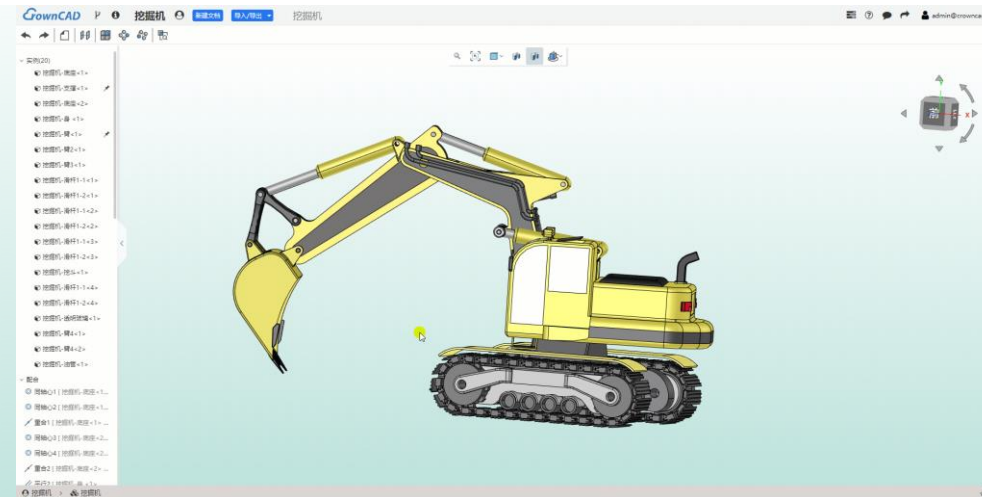
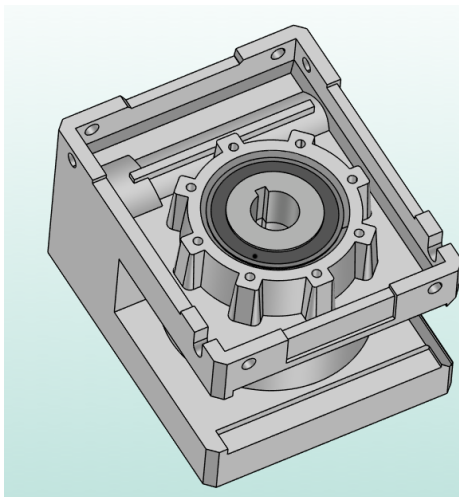
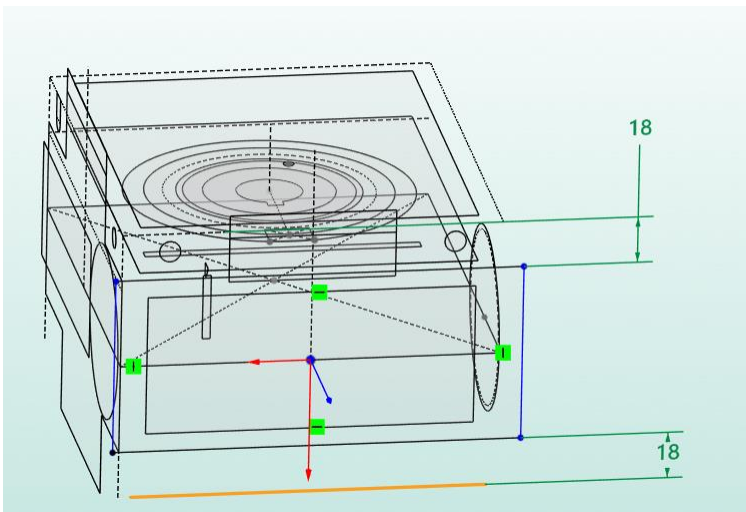
- **自主：**具备100%源代码，拥有完全自主知识产权
- **先进：**对标国外高端几何建模引擎Parasolid和ACIS，并与其兼容
- **稳定：**全新的技术框架，易扩展、易维护、先进稳定
- **完备：**几何定义完备，几何算法丰富稳定
- **高效：**可支持万级曲面复杂零部件参数化设计
- **可扩展：**具备完备的SDK开发包，开放给用户C/C++形式的API接口



三维几何建模引擎是CAD的底层基础支持，是几何造型最关键的技术！

◆ 完全自主的二维、三维约束求解引擎 DCS

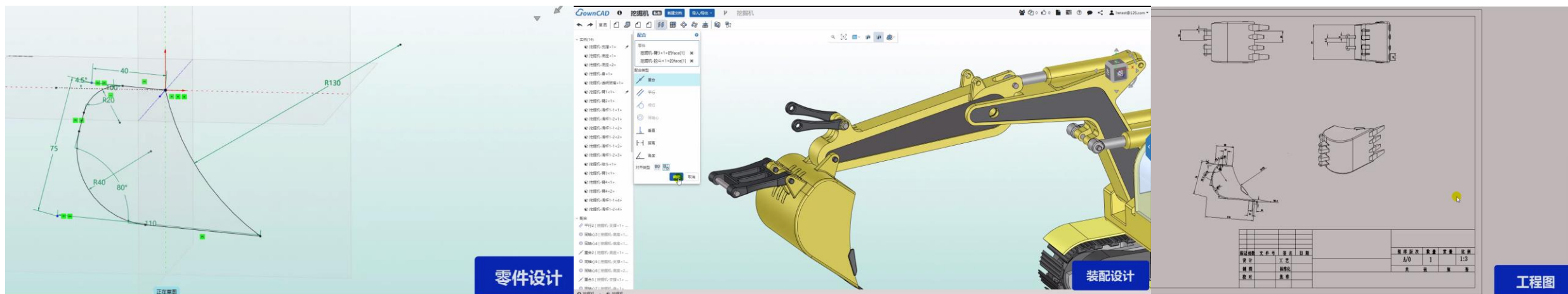
- 国内尚无成熟的商用约束求解器，这也成为制约国产工业软件发展的“卡脖子”问题
- DCS对标并兼容处于国际垄断地位的约束求解器DCM，极大地便利了约束求解引擎的国产化替代
- 二维约束求解为草图几何约束和尺寸约束提供核心求解算法
- 三维约束求解是装配设计的基础，为机构分析和运动仿真提供技术支持



约束求解器是CAD参数化设计的关键技术！

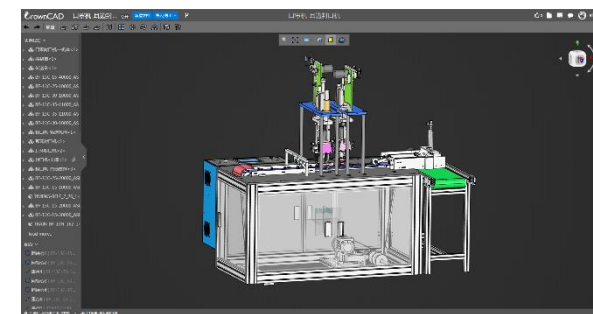
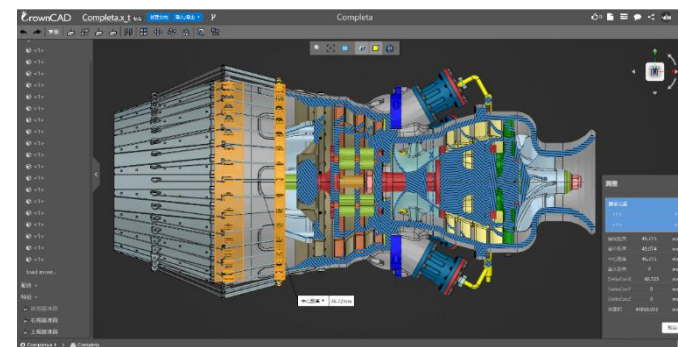
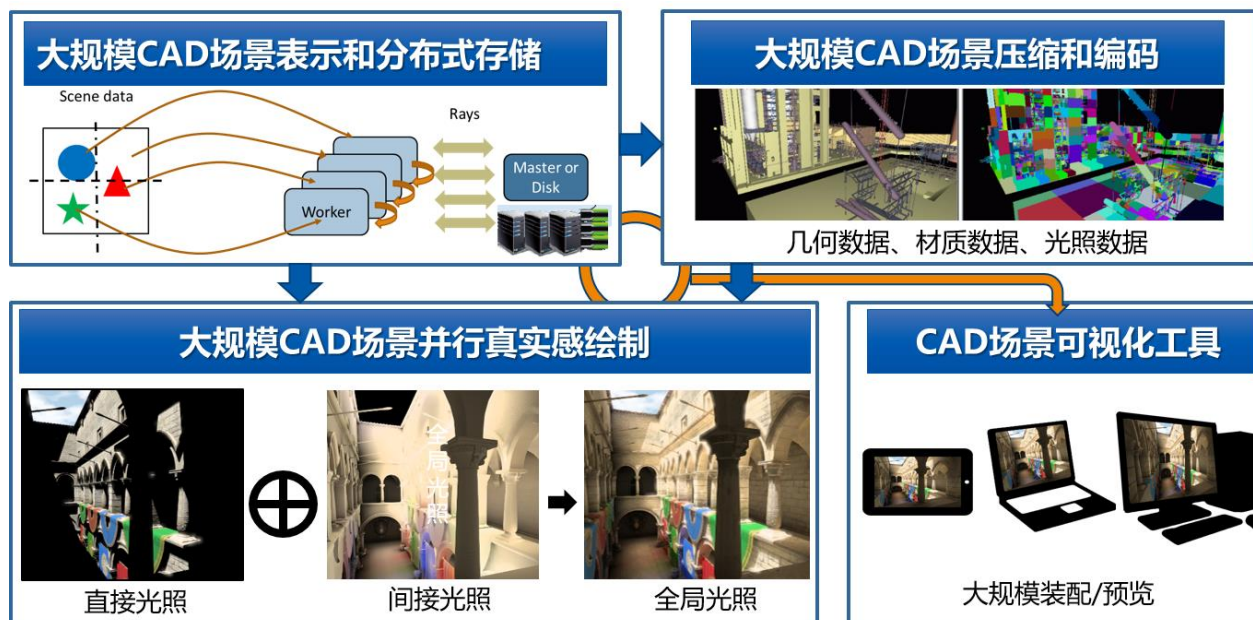
◆ 高效的参数化应用层机制

- 基于实体造型、参数化设计的CAD系统的推出，导致CAD系统的研发更加复杂，只研发自主的几何造型内核和约束求解器还远远不够
- 既要具备草图、零件、装配、工程图、三维标注等基础功能，又要实现这些功能之间的联动
- 应用层机制：参数化设计、拓扑命名、undo/redo、数据管理
- 专业模块：钣金、焊接、线缆、管路等专业模块



◆ 支持超大规模装配的设计

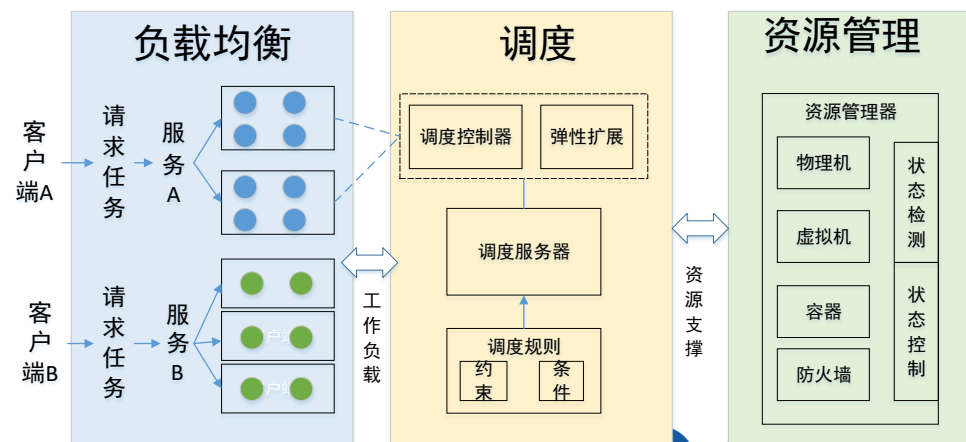
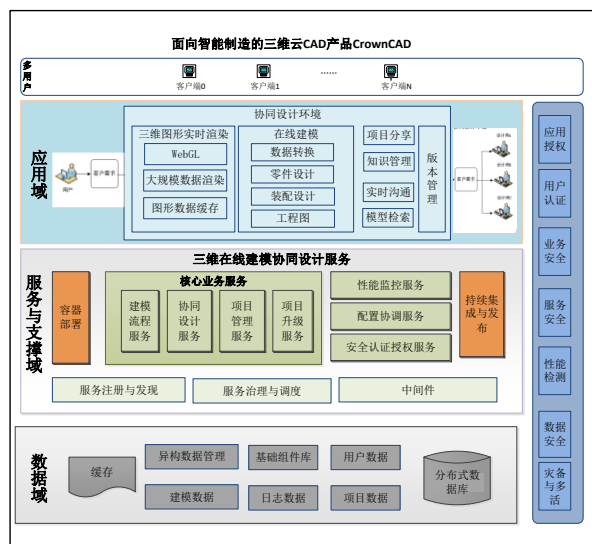
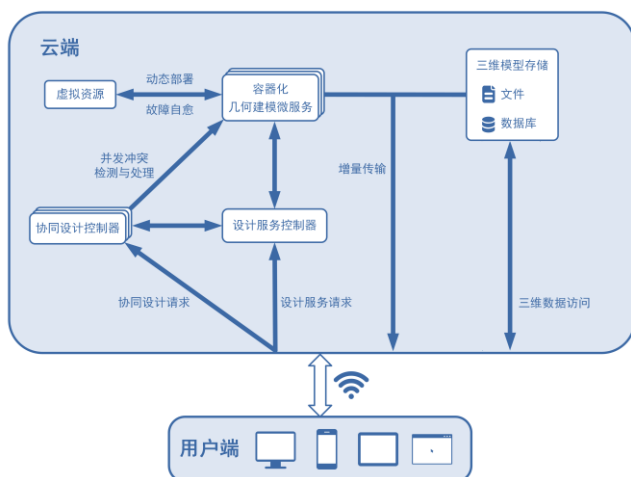
- 借鉴流程行业软件和游戏平台对大规模场景的处理经验
- 充分利用“数据库存储、并行计算、云渲染、视频流”等技术
- 实现大规模装配的创建和编辑



核心技术五：云CAD架构

◆ 先进的三维云CAD系统架构

- 改造升级自主内核，**适配云架构**
- 针对CAD设计场景，研发增量数据、缓存等多种策略，快速访问复杂三维CAD模型数据
- 数据加密存储、加密传输，实现**异构终端高效安全协同设计**
- 支持多层次**水平扩展和垂直扩展**以满足高并发的要求
- 支持**公有云、私有云、混合云部署**



核心技术六：二次开发语言和环境

- 用户基于平台在线开发，快速开始，无需费力搭建开发环境，代码发送到服务器端解析、翻译、执行。
- 灵活高效的交互式开发模式。开发代码与3D场景并排，执行效果直接反馈到3D场景中，程序修改探索非常快捷；用户也可以通过拾取3D场景获取几何元素信息，作为代码中对几何图元的引用。
- 开发使用的语言语法与Javascript/Java类似，尽量简洁易用，避免额外学习成本，使用户能专注于造形逻辑和API调用，而非费心于语言规则和形式。
- 用户开发完成后，可以将代码作为带参数的程序，“发布”到平台上，供其他用户直接使用。

```
1  @ui {
2    annotation { 'name': "层级", 'type': "number" }
3    var level = 2;
4
5    annotation { 'name': "厚度", 'type': "number" }
6    var depth = 30.0;
7  }
8
9  function mix(a, b, percent) {
10   var x = a[0] + (b[0] - a[0]) * percent;
11   var y = a[1] + (b[1] - a[1]) * percent;
12   return [x, y];
13 }
14 function divideLine(a, b, depth) {
15   if (depth == 0) {
16     //Timer.start();
17     var p1 = new Point(a[0], a[1]);
18     var p2 = new Point(b[0], b[1]);
19     Sketch.createLine(p1, p2);
20     //Timer.stop();
21   } else {
22     var v1 = mix(a, b, 1 / 3);
23     var v3 = mix(a, b, 2 / 3);
24     var v2 = calculateV2(v1, v3);
25     divideLine(a, v1, depth - 1);
26     divideLine(v1, v2, depth - 1);
27     divideLine(v2, v3, depth - 1);
28     divideLine(v3, b, depth - 1);
29   }
30 }
31 function calculateV2(a, b) {
32   var v = [b[0] - a[0], b[1] - a[1]];
33   var angle = Math.radians(60.0);
34   var x = v[0] * Math.cos(angle) - v[1] * Math.sin(angle);
35   var y = v[0] * Math.sin(angle) + v[1] * Math.cos(angle);
36   x = x + a[0];
37   y = y + a[1];
38   return [x, y];
39 }
40
```

- ◆ 2011年：全新三维几何建模引擎 (DGM) 的研发
- ◆ 2014-2015年：基于QT的三维CAD产品研发
- ◆ 2016年：全方位转向基于Web的三维CAD的研发
- ◆ 2017年：几何约束求解器 (DCS) 的研发
- ◆ 2017年：内部发布 CrownCAD 1.0
- ◆ 2018年：内部发布 CrownCAD 2.0
- ◆ 2019年：华云三维成立，内部发布 CrownCAD 3.0



2021年9月8日

- CrownCAD 正式发布
- 版本号 5.1
- 增强稳定性、丰富亮点功能、提高效率

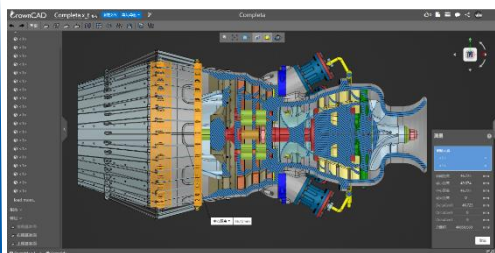


CrownCAD 产品介绍: CAD功能

1

数据转换:

- 导入导出STEP、IGES、CATIA、UG/NX、Creo/ProE、SolidWorks、Inventor

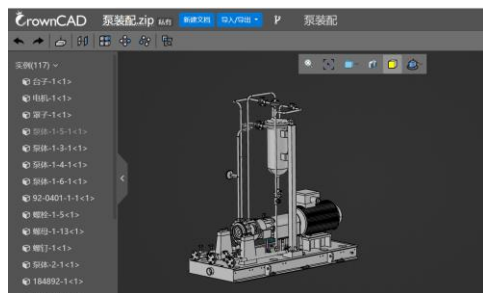


数据转换

2

零件设计:

- 曲线/曲面几何造型
- 参数化实体特征造型
- 直接建模
- 曲面/网格混合建模

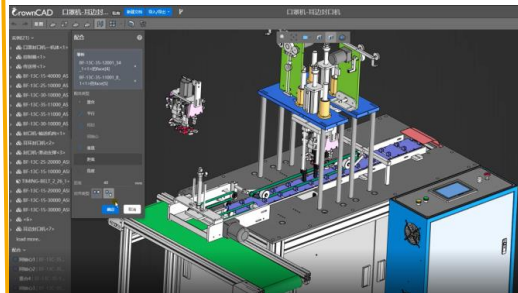


零件设计

3

装配设计:

- 装配体约束设计
- 自上而下装配设计
- 标准件库
- 零件与装配体联动

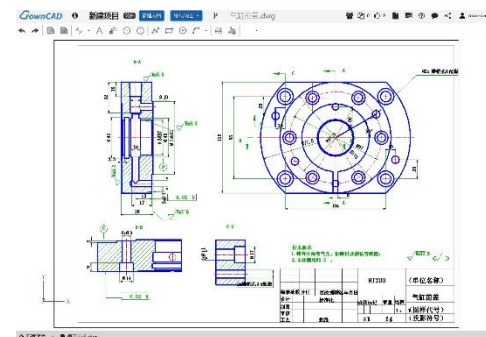


装配设计

4

工程图:

- 高效的工程图投影生成算法
- 符合GB的工程图标注
- 三维零部件与二维工程图联动



工程图

云计算

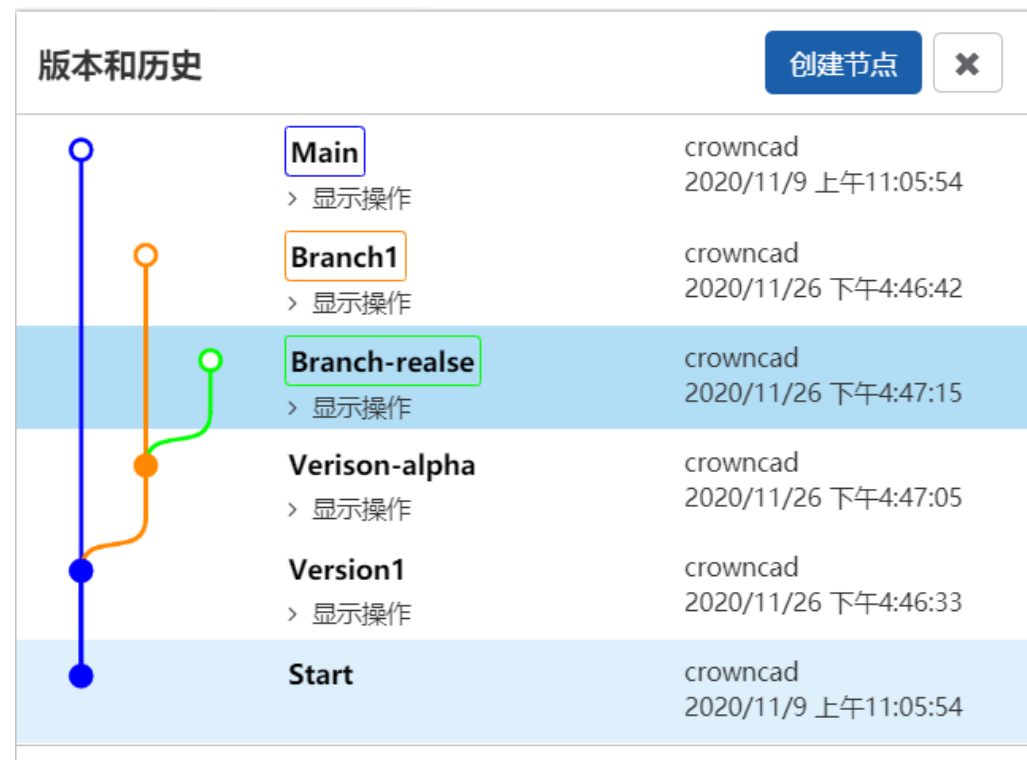
云存储

云协同

华云三维
HUAYUN TECHNOLOGY

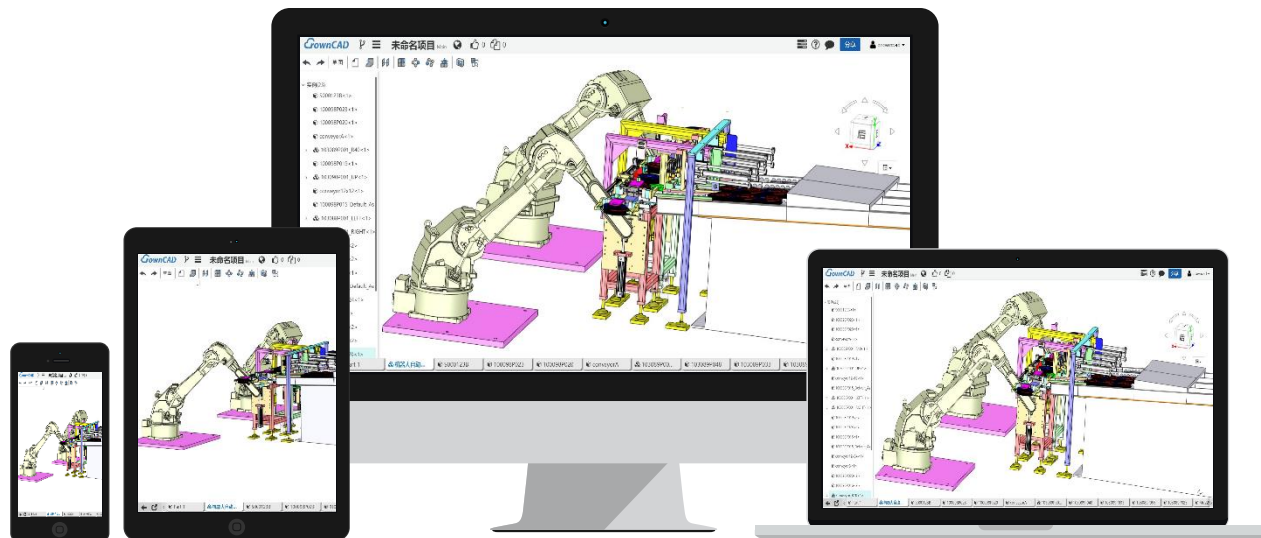
◆ 云端数据管理

- **数据安全**：云端加密存储，传输数据加密，数据安全更有保障。
- **完备的操作历史**：用户可随时回退到任意操作。
- **版本控制**：便捷的版本节点和分支创建，方便设计评审和版本控制。
- **内置PDM**：降低中小企业信息化成本。



◆ 云端协同设计

- **团队**协同：通过团队管理功能，CrownCAD更好地支持团队协作
- **安全**协同：通过严格的权限控制和多途径的回退机制确保数据安全
- **高效**协同：采用多种技术手段降低数据传输量，结合实时通信技术实现实时响应
- **多终端**协同：支持多用户PC端、移动端协同设计和评审





www.crowncad.com 🔍

通过浏览器直接登录www.crowncad.com

高端制造



合作共赢



无处不在
人人能用

中小企业



生态建设





THANK YOU
谢谢

欢迎注册免费使用
www.crowncad.com