

尺寸工程的技术体系及数智转型

上海大学 李明 教授

robotlib@shu.edu.cn



2024.05.29



上海大学 李明 教授

上海大学 教授/博导

曾任机械自动化工程系主任、工程技术训练中心主任

中国计量测试学会几何量专业委员会顾问

中国汽车工程学会尺寸工程技术委员会副主任

全国产品几何技术规范标准化技术委员会委员 (SAC TC 240)

全国航空器标准化技术委员会 (SAC TC 435/SC3)

航空器数据定义与管理分技术委员会委员

全国减速器标准化技术委员会委员 (SAC TC 357)

机械工业工艺标准化技术委员会委员 (CMIF/TC13)

上海市机械工程学会先进制造专业委员会主任

中国尺寸工程联盟召集人

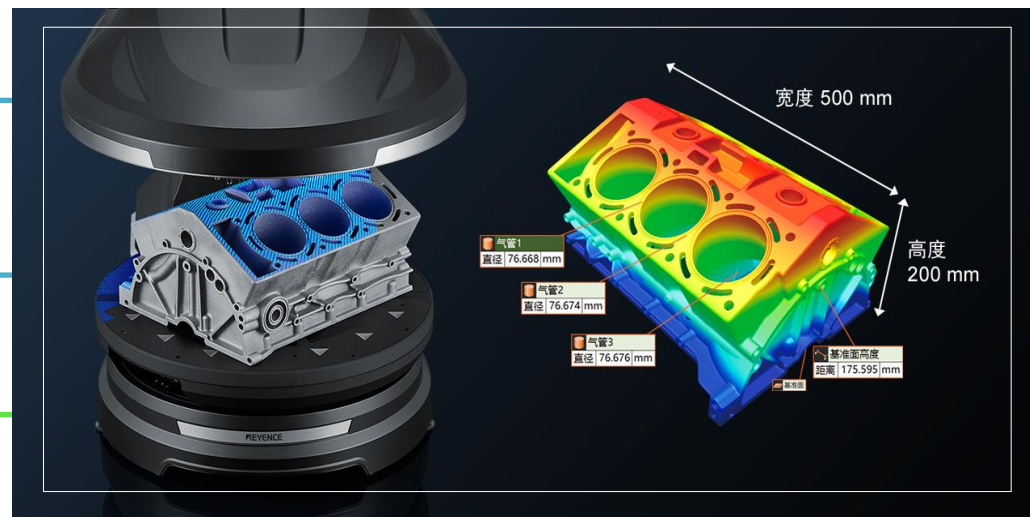
第1届科创板股票上市委员会委员 (2019.04-2023.03)



尺寸工程的技术体系

尺寸工程的标准体系与数字化

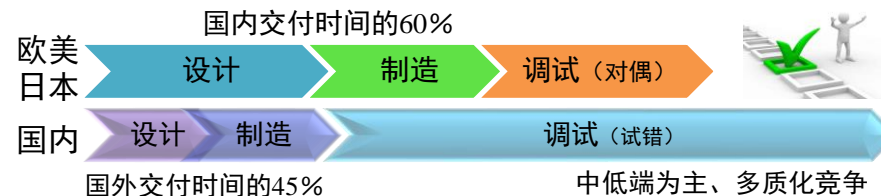
尺寸工程的数智转型实践



面向未来之吾日三省

中国拥有广大市场和雄厚的制造业基础，有完整的产业链和供应链，中国制造业的配套能力在中低端有绝对的优势

制造产品附加值不高、拥有自主品牌不多、产品质量不高等问题较明显，在全球制造业中呈现大而不强、全而不优、创新能力不够强的状况



	以知识和规范、更关注前端切入		以试错为主、多关注末端
	以经验和精益、更关注中间切入		



上海大学 李明
(robotlib@shu.edu.cn)

点滴
方圆

机遇与挑战成就“卷”的必然

中国乘用车外观质量已赶上世界先进水平



面临新结构、材料、工艺、周期和成本挑战

数字化转型、智能化融合



电驱化

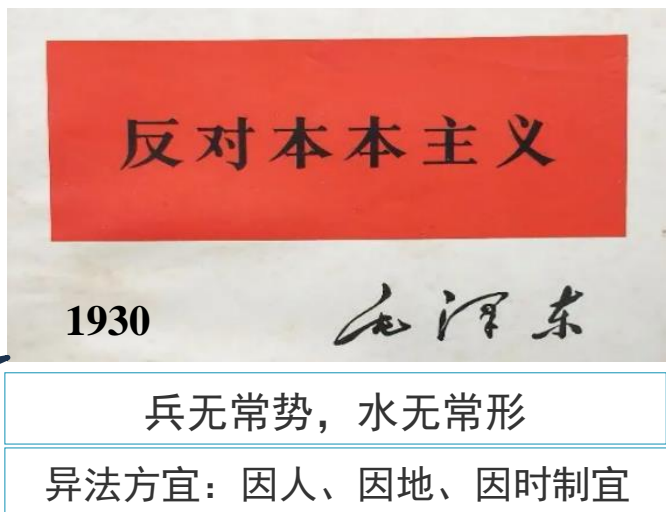
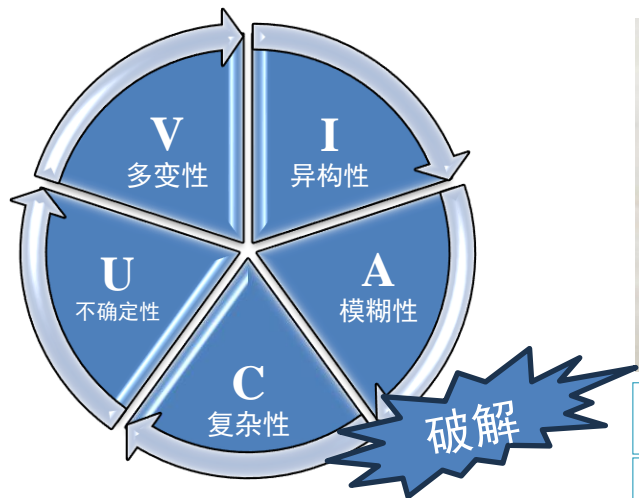
智能化

软件化

网络化



直面VUCAI场景与思维突破



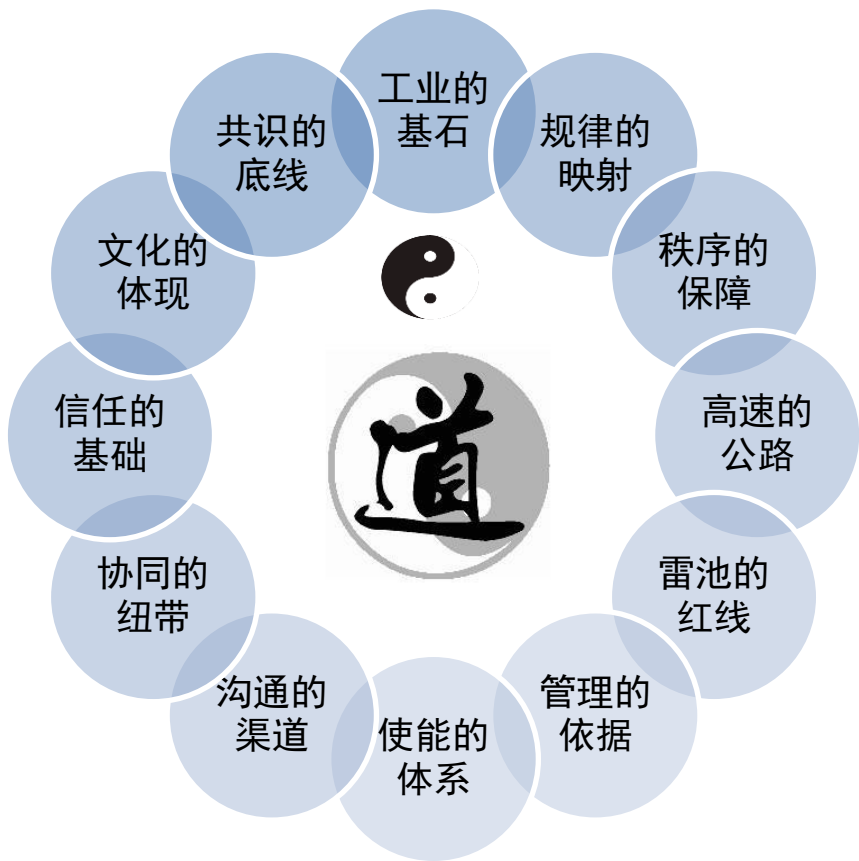
- 打造知识工程，用智能化应用多变性
- 善用工程思维，用过程方法拆解复杂性
- 开启风险视角，用风险意识预防和应对不确定性
- 唤醒创新意识，用创新析清模糊度，重构矛盾、秩序和价值
- 构建数字思维，直面和破解“极端”的异构性
- 升级数智工具，人类进化一定伴随着工具的进化
- 超维自我定位，用战略赢得未来

要成功必须讲故事，但故事不是成功的全部，甚至不是成功的必须

用车碾压才是王道



标准是成功学



- 全球工程实践的结晶
- 全球工程进步的台阶



用先进标准倒逼中国制造提升
标准本身并不具有引领性，但标准化的思维绝对具有引领性

道

无为而治

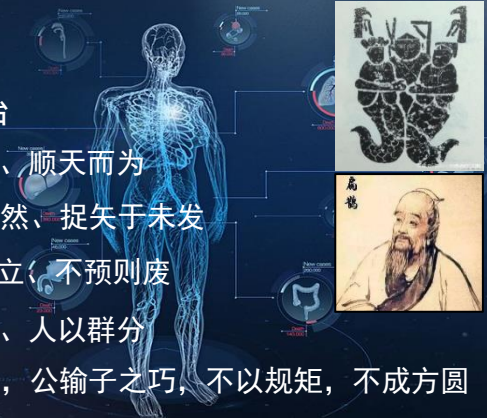
天人合一、顺天而为

防患于未然、捉矢于未发

凡事预则立、不预则废

物以类聚、人以群分

离娄之明，公输子之巧，不以规矩，不成方圆



万变不离其宗的工程逻辑

图难于其易，为大于其细



ISO 9000

过程方法：

事实：真实、肯定

数据：可信、有用

规则：可操作、可交付、科学性

循证决策：

改进：

状态：复杂、多变的控制

认知：不确定、模糊的解析

假设：风险和平衡的认知

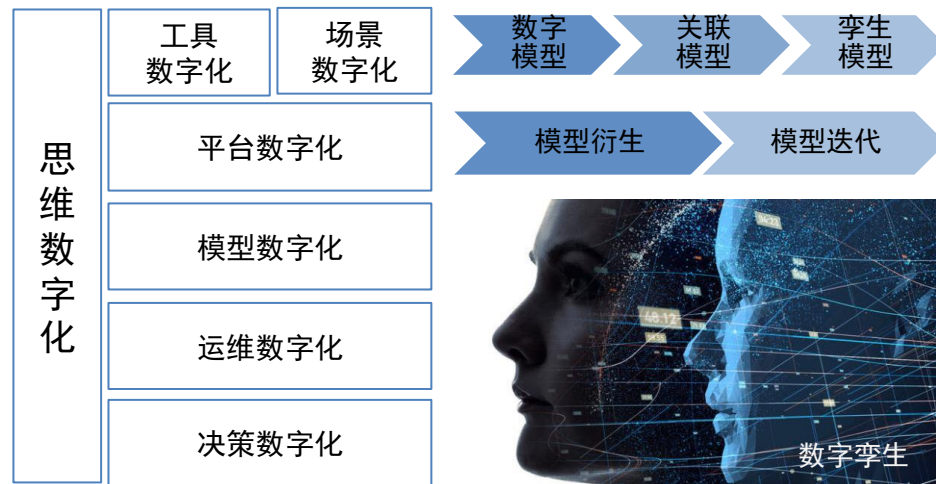
知识：理论、方法

技术和知识的迭代过程



凡事预则立不预则废

- 真实
- 全维
- 可信
- 网联
- 物联
- 智联
- 知识
- 算法
- 判据

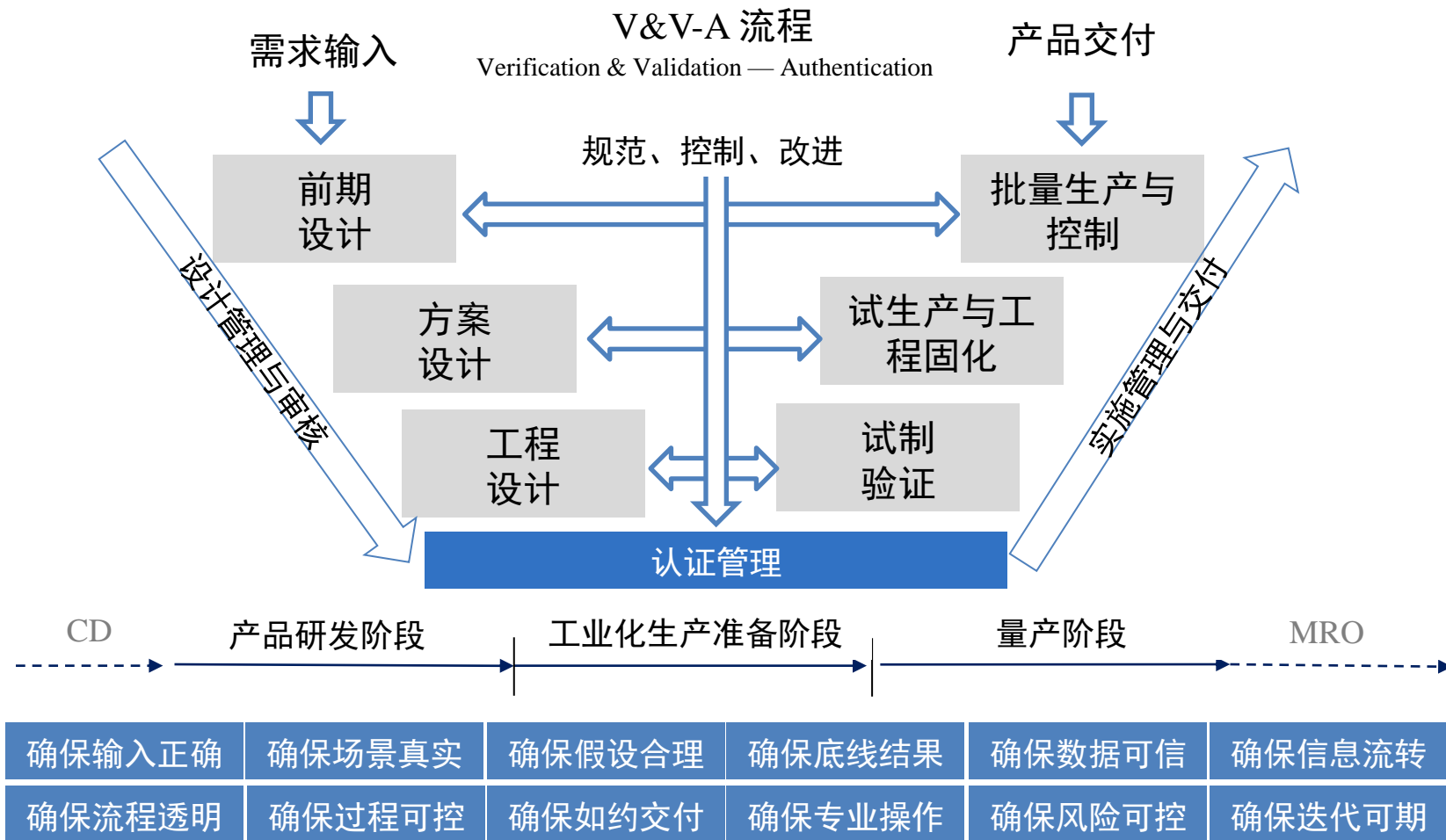


上海大学 李明
(robotlib@shu.edu.cn)

点滴
方圆

尺寸工程

以几何**质量交付**为目标，以尺寸设计理论和质量过程控制**理论**为基础，以产品质量、成本、时间的有效**平衡**为目的，面向**研发**、**工业化**生产准备、**量产**等阶段，对产品方案设计、结构设计、公差设计、工艺设计、精度检测、调试与固化、质量保持和持续改进等工程活动进行有效控制的**系统工程**。



尺寸工程中各阶段的工作和交付需求



研发阶段

- 基于整车功能、产品美学和用户感知的要求
- 前沿技术以及尺寸工程实践的前期知识和经验的积累，综合工艺能力和制造能力

工业化

生产准备阶段

- 配合冲压、焊接、涂装和总装4大工艺设计
- 从系统角度识别关键工序及风险点并设计相应的前期试验
- 对各工序工艺能力进行充分验证
- 配合工装、设备、检具、外购件的准备工作，开展几何精度检测和确认工作
- 最终固化各种量产条件

量产阶段

- 确保对零件部偏差的有效控制，实现制造能力和产品精度的保持并及时发现问题和持续改进。

阶段	输入及交互内容	工作内容	输出
前期设计	效果图 CAS面 初步感知目标 产品沿用等条件 制造条件的限制	造型分析 项目边界分析 竞品分析 工程计划	尺寸工程设计构想 尺寸目标 开发计划 新技术应用清单
方案设计	造型定义 产品方案 工艺方案 CAE结果 质量计划	设计DTS 汇聚尺寸需求 设计主体定位策略 判断尺寸达成的风险	DTS 各区域的尺寸工程方案 验证项清单
工程设计	造型定义 产品定义 工艺和工装定义	前期交付修正 定义零部件公差 确定制造定位系统 尺寸达成校核 确定检测和监控系统	DTS和校核文件 零部件公差 制造定位图 尺寸监控文件 测量资源清单
试制验证	试制及试验信息 尺寸测量结果	零部件尺寸分析 工序影响和重复性分析 工装认可 测量程序建立	产品或工艺变更需求 更新的尺寸工程文件 工序认可报告 测量程序
试生产	制造及质量信息 调试计划	缺陷和超差分析 零部件尺寸认可 工序认可 测量认可	测量计划 尺寸改进方案 工序认可报告 产品认可报告 监控计划
批量生产	制造及质量信息 改善需求	尺寸监控 尺寸维护	尺寸分析及改善方案

车身精度设计
定义与配置
基准与传递
三维尺寸链验证

车身精度控制
测量与分析
过程能力控制
预装配匹配

技术能力迭代
标准化
数智融合
大数据闭环控制

验证、风控、改进

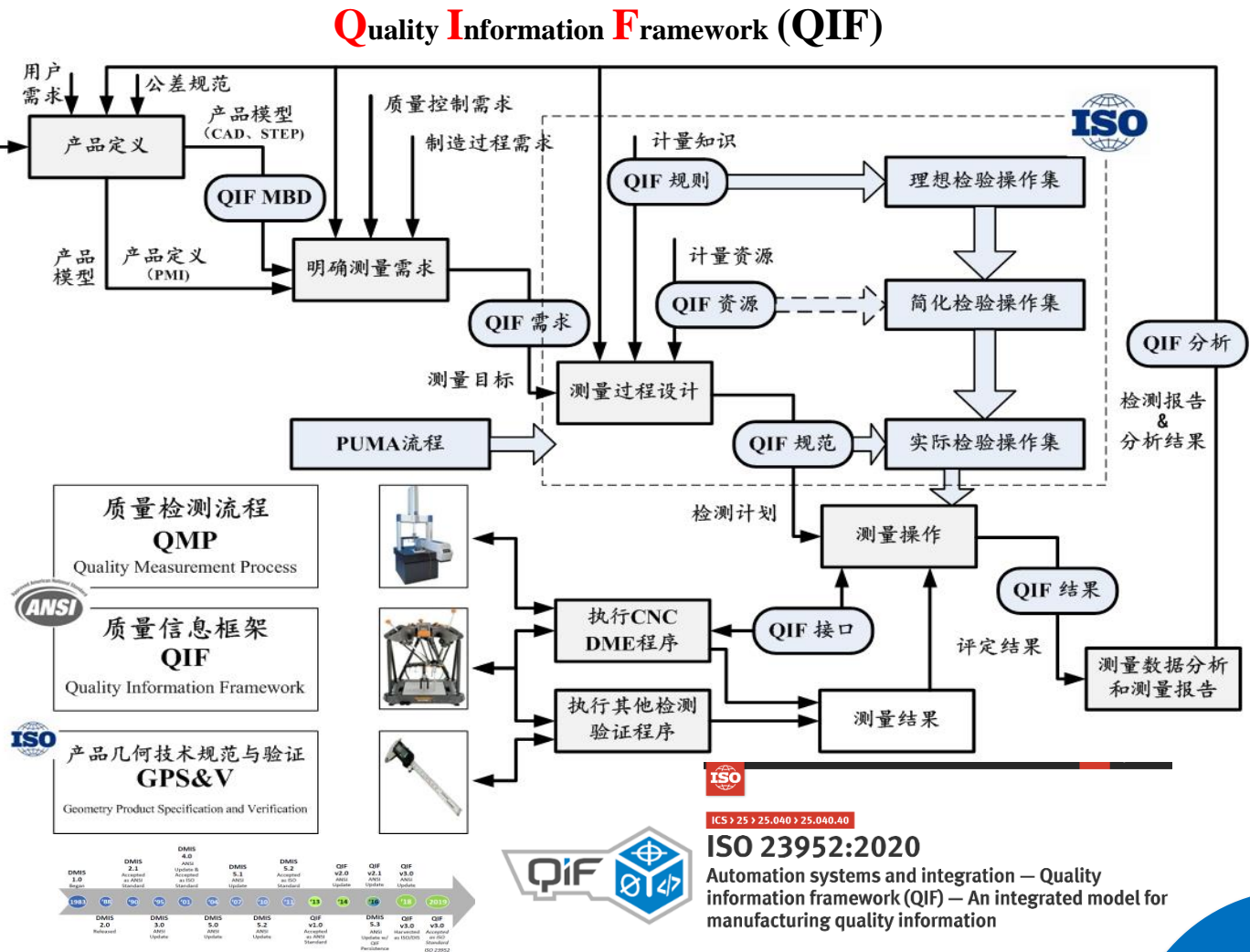
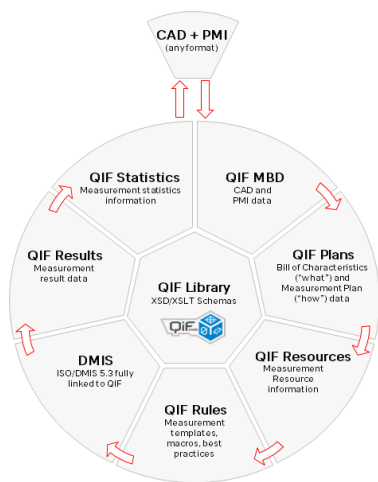
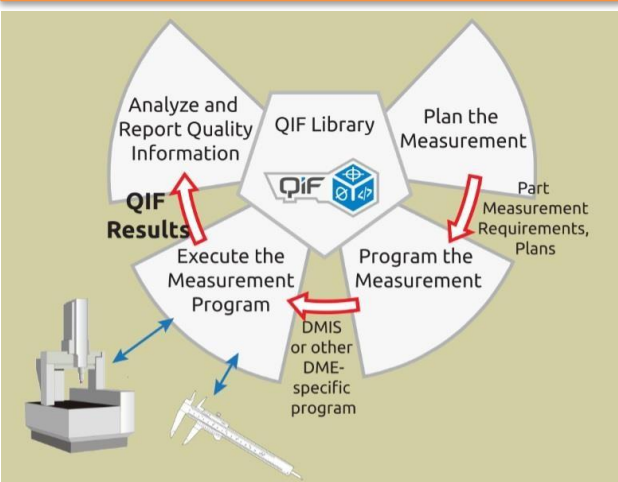
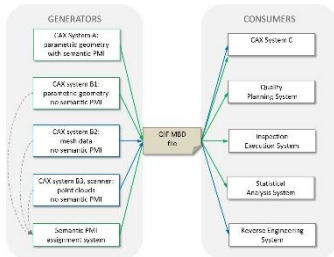


上海大学 李明
(robotlib@shu.edu.cn)

点滴
方圆

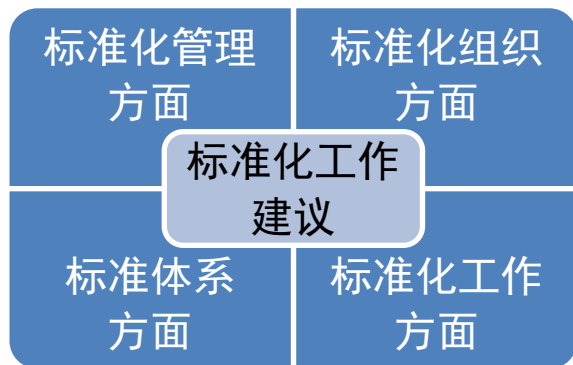
质量信息架构与迭代大模型

- QIF 计划 (对偶)
- QIF 资源 (配置)
- QIF 规则 (模板)
- QIF 操作 (操作集)
- QIF 结果 (大数据)
- QIF 统计 (SPC、数据、关联)
- QIF 模型 (MBD、PMI、STEP)
- QIF 库 (包括知识、模板等)

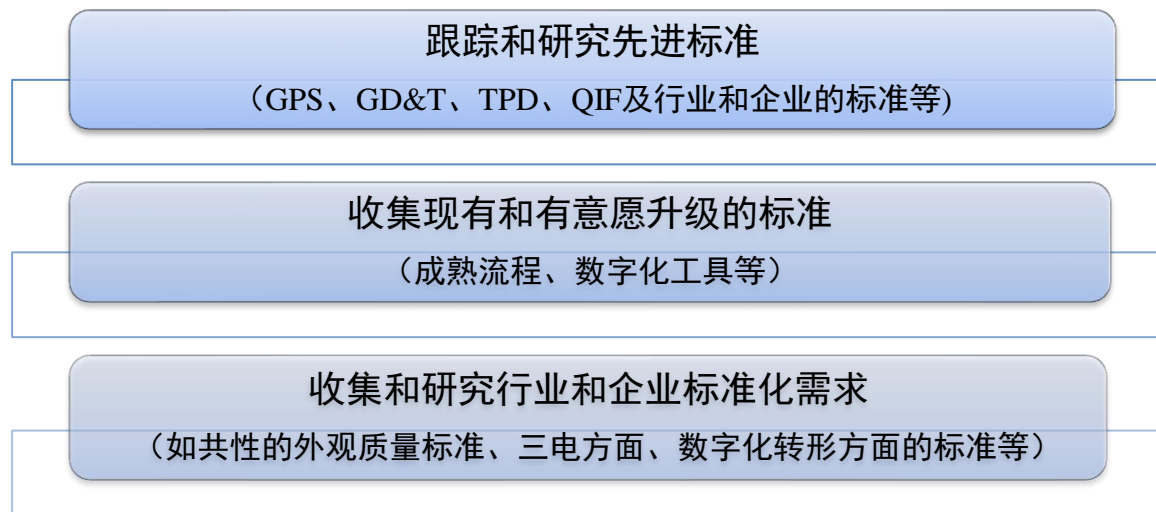
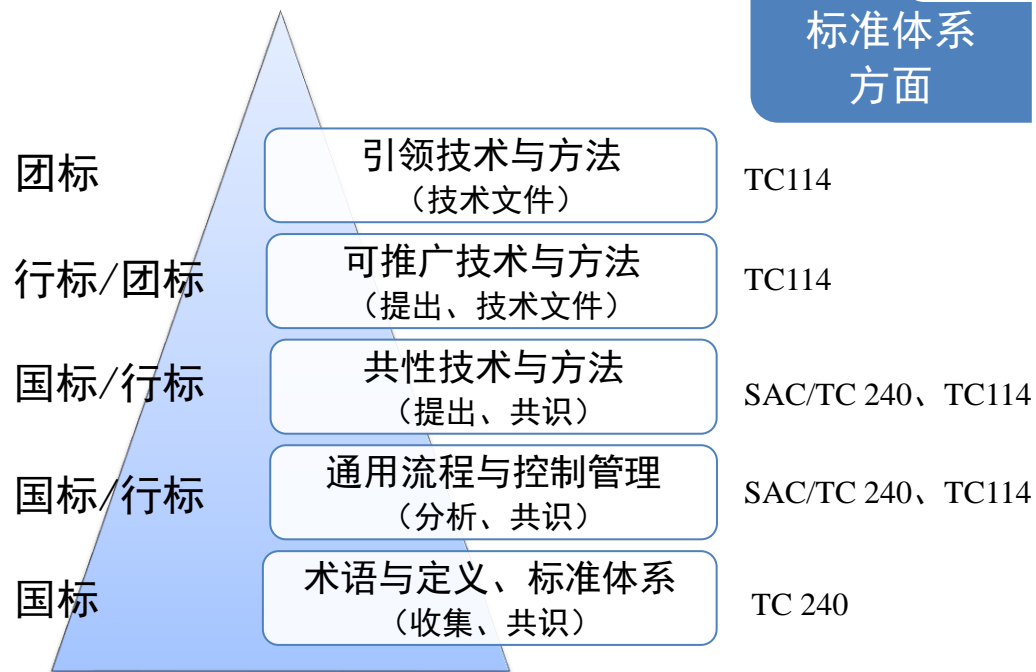


对尺寸工程标准化工作的构想

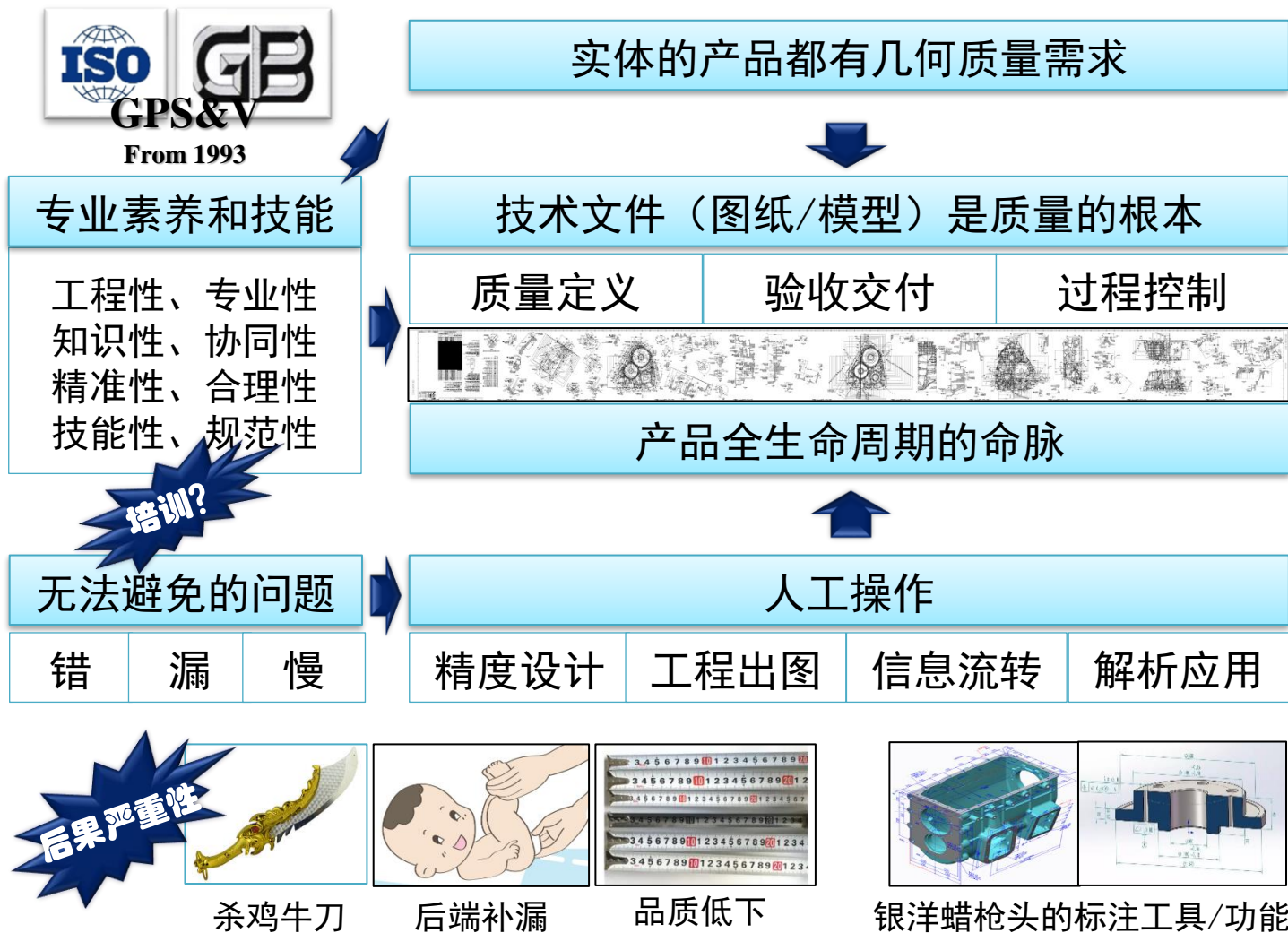
- 独立成立标准化技术委员会
- 与其他标委会成立联合工作组
- 融合到其他标委会的工作中去



- 本委员会成立标准化协调小组
- 确定各企业标准化工作联系人
- 制订标准化工作的年度和三年计划
- 本委员会制订相应的支撑与管理计划



从质量源头控制质量和质量控制



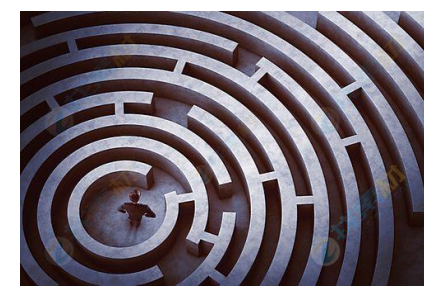
筑基新质生产力
质量数字化转型
质量的数智迭代



引发40%变更



置换工程师低端操作

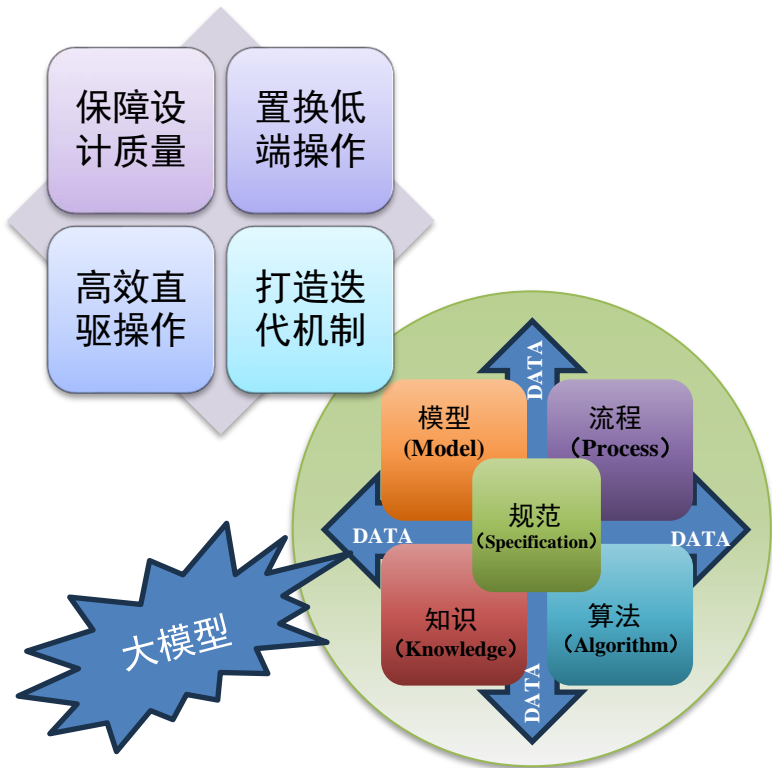


CAD

构建理想功能模型的工具

计算机辅助规范 (Computer Aided Specification, CAS)

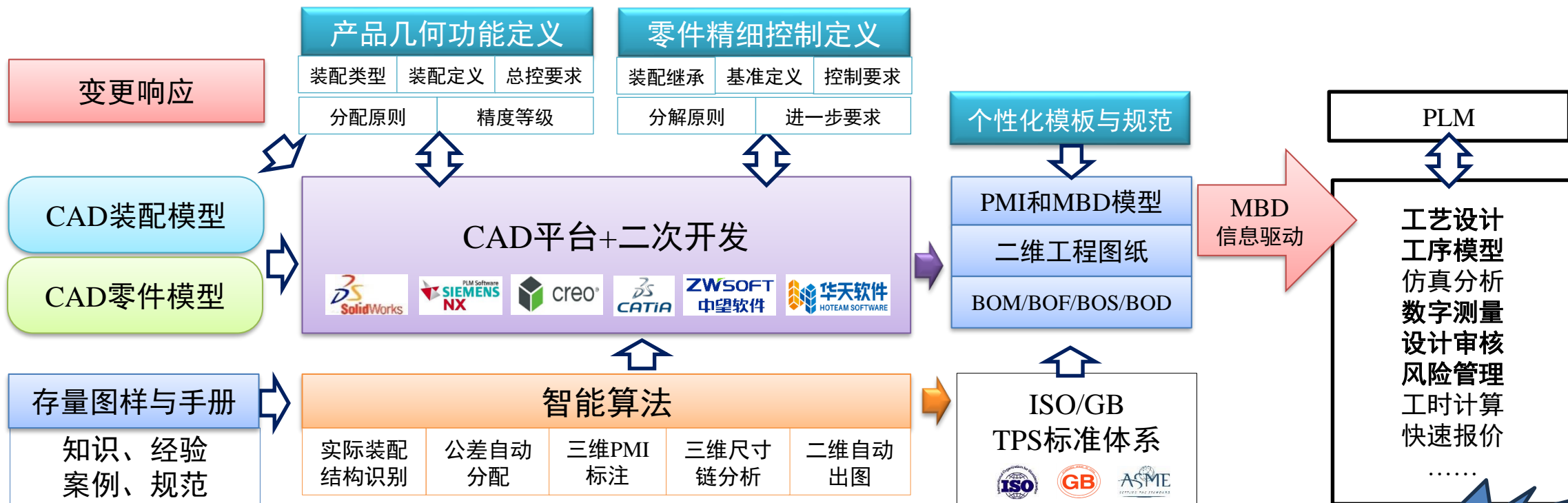
构建非理想的功能及过程模型的工具



- 规范 产品非理想状态下功能和风险的边界 → 公差设计验证与出图
- 规范 从理想模型到实际模型的衍生过程 → MBD无损快速流转
- 规范 产品功能达成过程中系统的属性和能力 → MBD直驱后端操作
- 规范 合格评定和产品交付的规则 → 设计与交付质量管理
- 支持 基于信息化的协同机制和变更管理 → 设计和实施过程管理
- 支持 技术迭代和知识迭代 → 质量数智化转型

精度辅助设计与自动出图工具软件

打造“真”图“智”器，从源头解决80%的质量问题



基于300多TPS标准体系研发而成

- 技术产品文件 (Technical Product Documentation)
- 产品几何技术规范与验证 (Geometrical Product Specification & Verification)
- 质量信息架构 (Quality Information Framework)



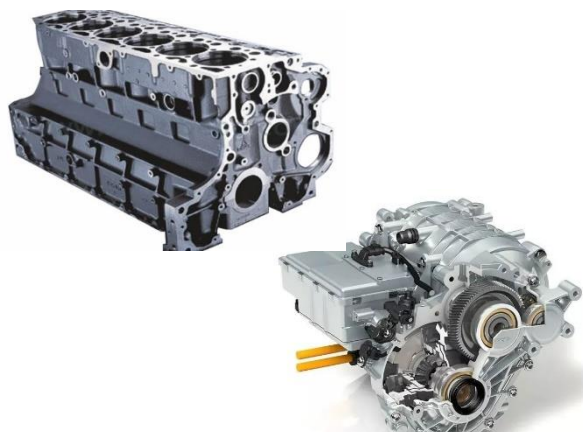
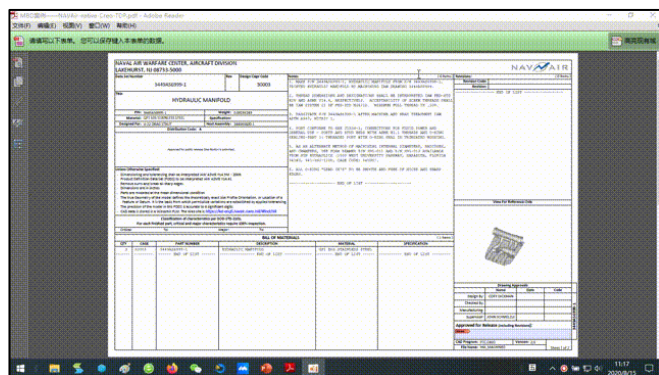
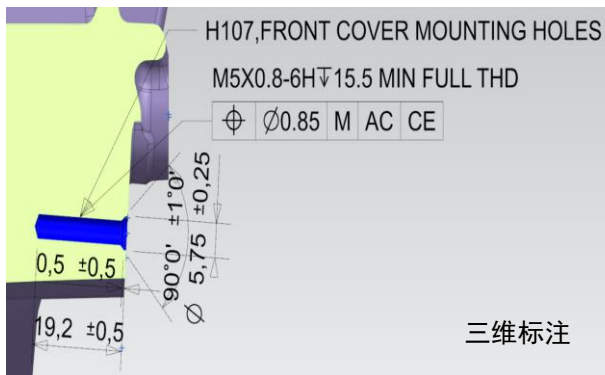
上海大学 李明
(robotlib@shu.edu.cn)

点滴
方圆

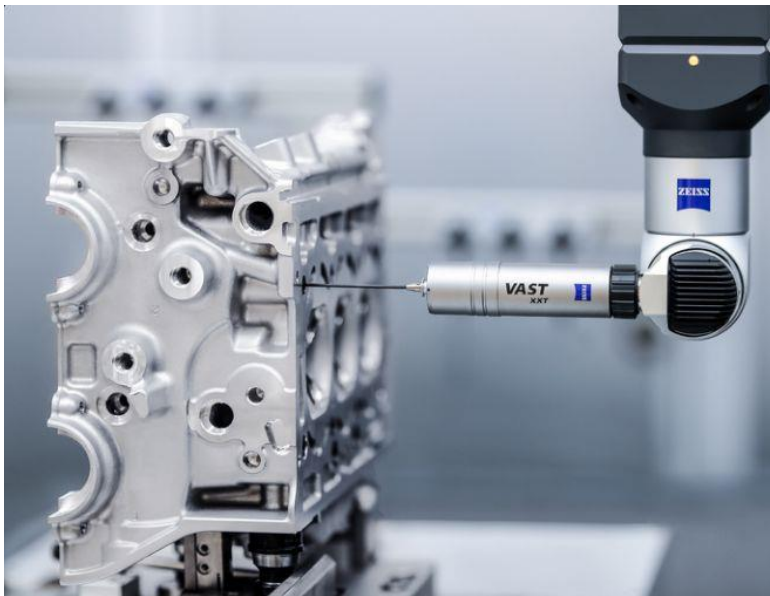
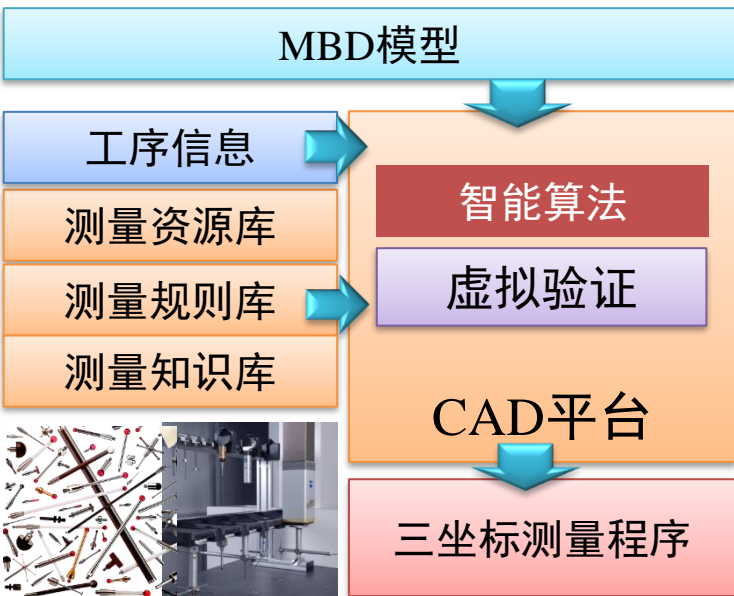
精度辅助设计和自动出图数智工具的实施效果



工程与数智融合的MBD直驱测量程序自动生成案例与效果



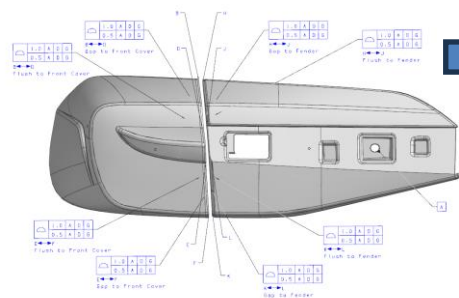
- 将二周人工编程变为一小时全自动操作
- 将整个测量准备时间效率提升60%



评价人数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值				
1. A	102.434	101.772	103.07	102.007	102.583	102.238	101.825	101.563	103.153	102.789	102.3469				
2.	102.343	101.727	103.057	102.064	102.586	102.258	101.735	101.573	103.104	102.688	102.3136				
3.	102.403	101.773	103.079	102.071	102.557	102.224	101.774	101.487	103.088	102.735	102.3091				
4.	102.393	101.757	103.035	102.064	102.575	102.241	101.779	101.541	103.115	102.731	102.3282				
5.	极差	0.091	0.046	0.091	0.014	0.029	0.094	0.056	0.065	0.091	$\bar{R}_n = 0.0632$				
6. B	1	102.407	101.655	102.976	101.987	102.631	102.131	101.695	101.587	103.033	102.811				
7.	2	102.449	101.704	102.906	102.013	102.530	102.137	101.585	101.482	103.058	102.728				
8.	3	102.404	101.722	102.969	102.065	102.510	102.142	101.640	101.514	103.013	102.739				
9.	均值	102.423	101.697	102.953	102.022	102.557	102.121	101.640	101.521	103.035	102.759				
10.	极差	0.045	0.077	0.070	0.078	0.121	0.041	0.110	0.055	0.045	0.083	$\bar{R}_n = 0.0755$			
11. C	1	102.341	101.718	102.954	102.054	102.548	102.257	101.614	101.427	103.037	102.658				
12.	2	102.308	101.699	102.892	102.057	102.527	102.164	101.731	101.444	103.189	102.699				
13.	3	102.341	101.713	102.929	102.079	102.538	102.178	101.669	101.257	103.098	102.624				
14.	均值	102.330	101.679	102.956	102.061	102.543	102.200	101.651	101.376	103.085	102.640				
15.	极差	0.033	0.107	0.130	0.019	0.026	0.093	0.122	0.187	0.161	0.075	$\bar{R}_n = 0.0953$			
零件均值	\bar{X}_i	102.381	101.711	102.981	102.049	102.558	102.189	101.690	101.479	103.078	102.717	$\bar{X} = 102.2834$			
极差均值	\bar{R}_n										$\bar{R}_n = 1.5988$				
最大均值差	$X_{max} - \bar{X}$										0.078	试验次数	2	3	
最大极差	$R_{max} - \bar{R}_n$										0.0691	D4	3.27	2.57	
均值上限	$UCL_x = \bar{X} + A_2 \bar{R}_n$										102.3429	极差上限	$UCL_R = D_4 \bar{R}_n$	0	0
均值下限	$LCL_x = \bar{X} - A_2 \bar{R}_n$										102.2338	极差下限	$LCL_R = D_3 \bar{R}_n$	0	A2 1.88 1.02



工程与数智融合的MBD直驱测点全自动生成案例与效果



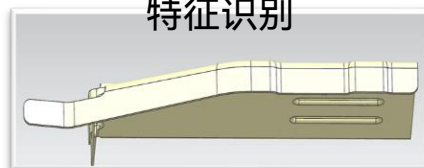
MBD信息模型

MBD模型工程
信息自动提取

测量对象提取

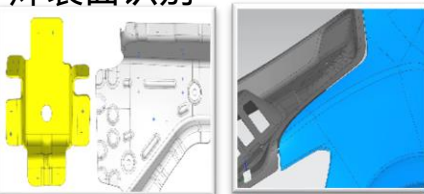
几何特征识别

特征识别



焊装面识别

匹配面识别



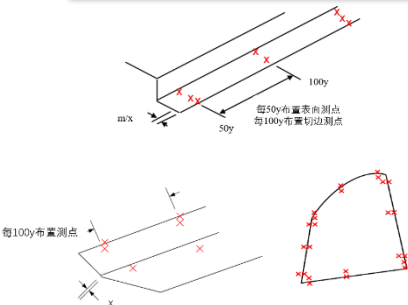
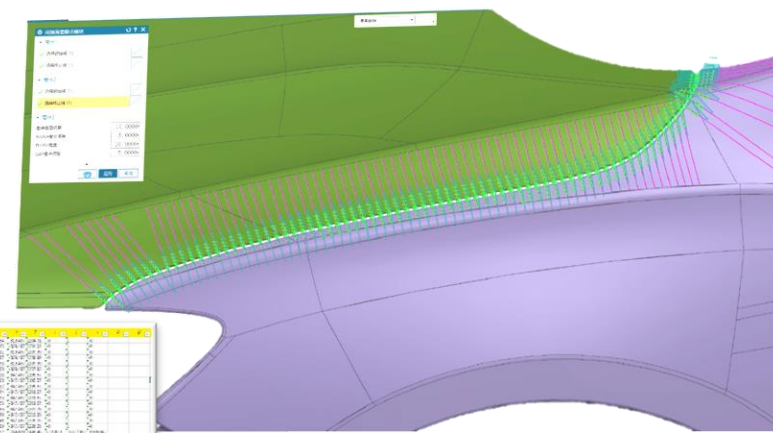
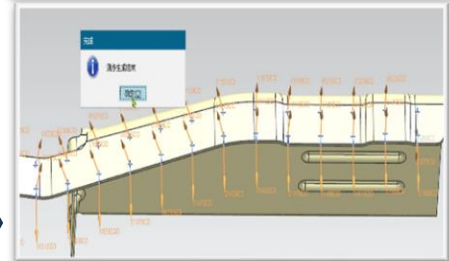
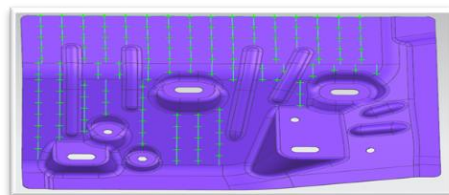
外观面属性定义

测点规范

功能面、匹配面
自动识别

测量点生成

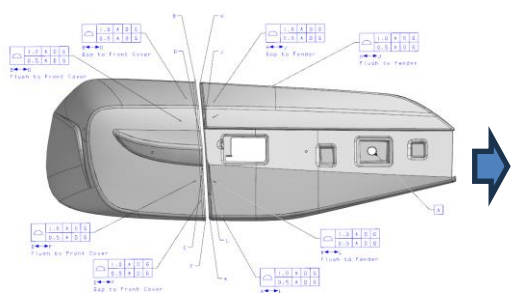
测点数据输出



匹配面测点全自动配置

将人工操作置换成全自动操作，并自动应对变更

工程与数智融合的MBD直驱拟实匹配案例与效果

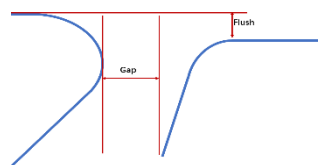


MBD信息模型

车身匹配规范

拟实匹配规范

智能匹配智能算法



匹配对象提取

匹配要求提取

DTS检查和细化

扫描点云预处理

匹配类型识别

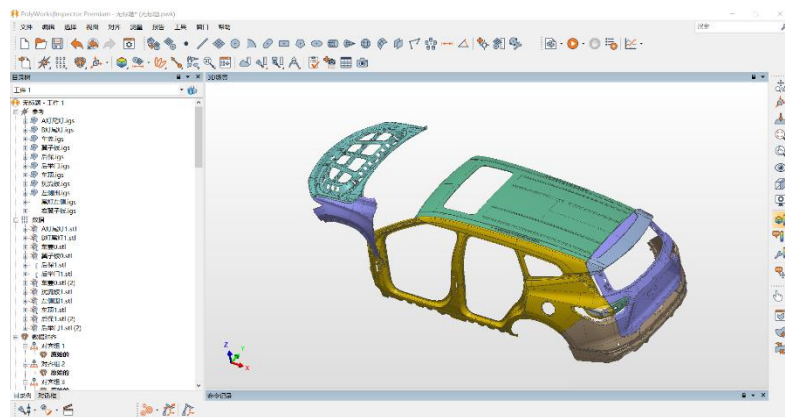
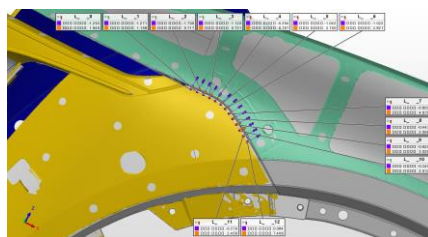
匹配截面生成

匹配分析计算

拟实匹配报告

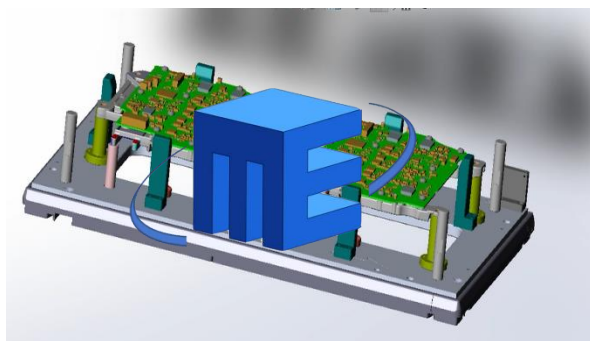
Part Name	Picture	Area	Match Group	Match Type	Match Area
前门		前门钣金	前门钣金	钣金	前门钣金
右翼子板		右翼子板	右翼子板	钣金	右翼子板
左翼子板		左翼子板	左翼子板	钣金	左翼子板
前保险杠		前保险杠	前保险杠	塑料	前保险杠
后保险杠		后保险杠	后保险杠	塑料	后保险杠
前大灯		前大灯	前大灯	塑料	前大灯
后尾灯		后尾灯	后尾灯	塑料	后尾灯
前门内饰板		前门内饰板	前门内饰板	塑料	前门内饰板
后门内饰板		后门内饰板	后门内饰板	塑料	后门内饰板
前门防撞梁		前门防撞梁	前门防撞梁	金属	前门防撞梁
后门防撞梁		后门防撞梁	后门防撞梁	金属	后门防撞梁
前门铰链		前门铰链	前门铰链	金属	前门铰链
后门铰链		后门铰链	后门铰链	金属	后门铰链
前门限位器		前门限位器	前门限位器	塑料	前门限位器
后门限位器		后门限位器	后门限位器	塑料	后门限位器
前门密封条		前门密封条	前门密封条	橡胶	前门密封条
后门密封条		后门密封条	后门密封条	橡胶	后门密封条
前门防撞块		前门防撞块	前门防撞块	塑料	前门防撞块
后门防撞块		后门防撞块	后门防撞块	塑料	后门防撞块
前门防撞胶条		前门防撞胶条	前门防撞胶条	橡胶	前门防撞胶条
后门防撞胶条		后门防撞胶条	后门防撞胶条	橡胶	后门防撞胶条
前门防撞垫		前门防撞垫	前门防撞垫	塑料	前门防撞垫
后门防撞垫		后门防撞垫	后门防撞垫	塑料	后门防撞垫
前门防撞圈		前门防撞圈	前门防撞圈	塑料	前门防撞圈
后门防撞圈		后门防撞圈	后门防撞圈	塑料	后门防撞圈
前门防撞罩		前门防撞罩	前门防撞罩	塑料	前门防撞罩
后门防撞罩		后门防撞罩	后门防撞罩	塑料	后门防撞罩

匹配组信息

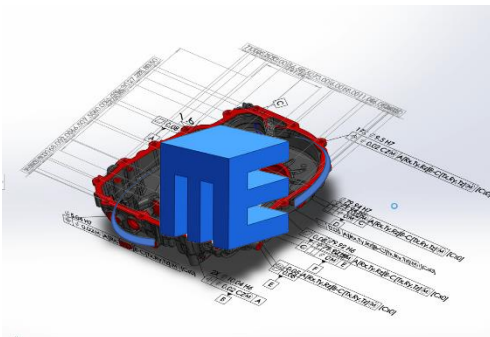


提前匹配操作介入时间1个月、将5天操作缩短为2天，并自动应对变更

工程与数智融合的MBD直驱对接工艺和质控生成案例与效果

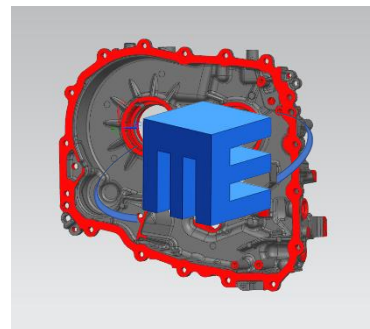


CAD装配和零件模型



零部件MBD信息模型

数字线程与控制



中值模型生成

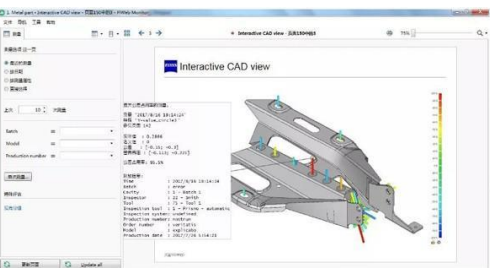
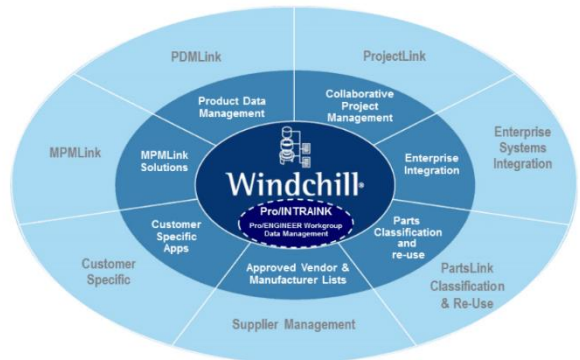


加工工艺编程与仿真

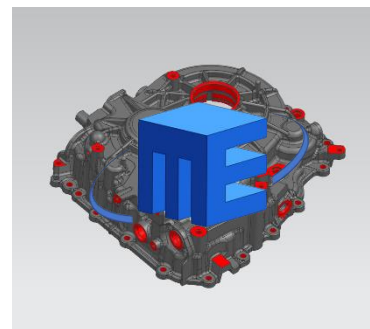
结构化工艺

工艺能力规范

模型衍生算法与管理



测量数据



实数模型生成

华天软件PDM/CAPP/项目管理一体化解决方案

研发管理	专项知识库	参数化设计	参数化工艺	知识管理	需求管理	成本管理	过程管理
深化应用	三维轻量化应用	SVMAN-A	SVMAN-M	三维协同平台	质量数据管理
行标数据	轻量化一体化	电子数据体	数据协同	知识管理	产品协同管理	体系管理	...
基本数据	项目管理	PDM	CAPP
平台层	InfoCenter	协同项目管理	文档管理	数据管理	Selex	InfoMobile	移动端应用
应用层	分布式数据支持	协同制造	工作流引擎	需求引擎	消息引擎引擎	3D轻量化应用	...
基础层	标准化工具	IT工具集	协同管理	多语言支持	二次开发工具	3D轻量化应用	...
数据层	数据交换工具	数据导入工具	系统对接工具	接口控制工具
网络层	MS .Net	Windows	MS SQL Server	Oracle	IDS	Android	...

配作工艺指导书



面向非理想场景的CAS数智工具

应用实例

抛砖引玉、欢迎提宝贵意见！



点滴方圆
(公众号)



谢谢