

开目三维装配工艺规划 与仿真系统 (3DAST)

技术白皮书



目 录

1	三维装配工艺的现状与需求.....	1
1.1	三维装配工艺概述.....	1
1.2	企业现状.....	2
1.3	业务需求.....	3
2	三维装配工艺的应用目标.....	5
2.1	总体目标.....	5
2.2	具体目标.....	6
3	功能模块.....	7
4	应用场景.....	9
5	系统技术特色.....	10
6	系统性能.....	10
6.1	平台性.....	10
6.2	方便性.....	10
6.3	共享性和继承性.....	11
6.4	扩展性和集成性.....	11
6.5	可维护性.....	12
7	系统配置建议.....	13
7.1	硬件配置.....	13
7.2	软件配置.....	14
8	典型案例.....	15
8.1	某电子设备研究所.....	15
8.1.1	应用背景.....	15
8.1.2	项目目标.....	15
8.1.3	实施周期.....	16
8.1.4	应用特色.....	16
8.1.5	应用价值.....	18
8.2	航天科工集团某部.....	18
8.2.1	应用背景.....	18
8.2.2	应用特色.....	19
8.3	航天科工集团某厂.....	19
8.3.1	应用背景.....	19
8.3.2	应用特色.....	19
8.4	西安航天化学动力厂.....	19

8.4.1	应用背景.....	19
8.4.2	应用特色.....	20
8.5	柳州工程机械集团.....	20
8.5.1	应用背景.....	20
8.5.2	应用特色.....	20
8.6	广东中山市誉胜机械设备有限公司.....	20
8.6.1	应用背景.....	20
8.6.2	应用特色.....	20
8.7	其它用户.....	21
9	结束语.....	21

1 三维装配工艺的现状与需求

1.1 三维装配工艺概述

工艺创新是制造业企业技术创新的重要方面。工艺设计是连接产品设计与产品制造的桥梁，是制造系统的关键环节，装配工艺作为制造企业形成交付产品的重要环节，对产品质量和制造成本具有极其重要的影响，占用了企业大量的人力和物力资源。因此，良好的工艺设计，对加速企业技术创新，提高产品的质量和可靠性，降低产品开发成本，缩短开发周期和提高市场竞争力具有十分重要意义。

随着二维 CAPP 在企业的普及应用，在规范工艺标准、提升工艺规划质量、提高工艺设计效率等方面已取得阶段性成果。同时三维 CAD 在企业的推广应用也取得明显成效，在硬件投入、软件基础、人员应用水平等方面都走在了行业前列。随着三维 CAD 技术、可视化技术在企业不断推广应用，现有的基于二维 CAPP 的工艺设计模式已无法满足企业三维产品模型完整表达、无障碍应用的要求。

对于复杂产品来说，数字化装配是虚拟制造的核心技术之一，是实际装配过程在计算机上的本质体现，它和 CAD 技术相结合，可以解决设计与装配的对象在研制过程中难以实现的动态性能。它可以在缩短装配周期、降低装配成本、提高装配质量以及为信息系统进行数据交换集成等方面带来突破性改变。并且，通过对装配过程的模拟，可以使下游的有关因素能在设计早期加以考虑，为产品并行设计提供技术支持和保障。由此生成的一系列装配工艺规划成果不仅可以更好的指导车间生产、反馈设计和工艺缺陷，还可以向客户提供更多样的产品说明资料，满足客户需求。

结合目前的信息化现状，可以确定，能够改善复杂产品装配技术，为装配工艺带来技术性革命的手段之一，就是采用数字化装配技术。经过近几年的发展，开目三维可视化装配技术成功应用于多家船舶、飞机、军工等多种行业，在提高装配质量、缩短装配时间、反馈信息改善设计等方面取得了显著成效。

开目三维装配工艺规划系统（简称 3DAST）是在三维数字化实体模型的基础上，借助于虚拟仿真技术等人机交互手段，在不断积累和丰富的工艺知识库的基础上，来规划与仿真产品的设计装配过程，并指导现场生产。为了实现智能化的装配工艺设计，系统中建立了高效的知识积累和复用机制，并建立了包含企业装配工艺经验和知识以及行业规范和标准在内的丰富的装配知识库。为保证知识库的可用性和持续性，系统还提供方便易用的知识库维护工具，使得企业能够不断扩充和完善满足企业个性化需求的装配工艺知识库。借助于装配知识库，系统能够生成满足设计要求和行业标准的装配工艺，能够辅助工艺人员进行工艺规划，能够显著装配工艺设计的效率和质量，降低对工艺人员的要求，为年轻的工艺人员提供基础设计平台，从而克服传统的装配工艺设计中主要依赖于人的装配经验和知识，以及设计难度大、设计效率低、优化程度低等问题。

开目三维装配工艺规划系统，能够引入三维 CAD 系统生成的三维装配模型，并在三维产品装配模型的基础上，按照企业实际装配工位的布置情况，零部件装配的工艺性原则，重新组织产品的装配结构。用户参照真实感的三维产品模型，以三维模型和 PMI、技术要求等信息为依据，以企业的工艺知识、经验和行业规范为指导，在图形化、结构化、可视化的设计环境中，智能化地规划产品装配的工艺路线（也称“装配步骤”），选择每个装配工序的装配对象（工序的装入件清单），并定义工序中每一个工步（也称“活动”）需要完成的装配活动，引入装配过程中用到的“工艺装备”并定

义其在装配过程中的活动，最后完成整个产品核心零部件的完整装配过程。并能够利用工艺设计仿真环境，实现装配过程的装配顺序仿真、装配干涉检查、分析与优化装配顺序。检验工装、工具使用者的可达性、装配空间的开敞性。并通过系统提供的仿真功能，向用户展示真实感的三维装配过程仿真，评价装配工艺的合理性。基于装配工艺过程数据自动形成装配操作顺序图、工艺规程表格及可视化装配工艺文件（视频文件、MBOM 报表、零组件配套报表），最后生成装配工艺文档及装配过程录像，供现场装配作业时参考，以指导现场操作人员，实现可视化装配。

开目三维装配工艺规划系统充分考虑了产品全生命周期的各个环节，利用产品的三维 CAD 模型，由装配工艺规划人员在计算机环境中对产品的装配工艺过程进行交互式的定义和分析，包括建立产品各组成零部件的三维模型、装配顺序、空间装配路径、装配工艺文件编制/输出、装配工艺决策、虚拟仿真等，并以三维工艺来指导三维装配，从而使装配人员能更加直观、准确、高效地完成装配工作，为企业提高装配质量和效率，降低装配时间和成本，带来革命性进步。

1.2 企业现状

复杂产品由于结构复杂，零部件众多，装配作为制造过程的最后一步，占有重要地位。而事实上，复杂产品的生产过程中大约 1/3 的人力在从事有关产品装配活动，装配工作占整个产品生产工作量的 40%~60%，装配费用占制造总费用的 30%~40%，若在装配中发生问题，将增加多达 40% 的制造费用。不难发现，装配的效率和质量直接影响产品的整体生产周期和成本。

对一个有成千上万个零件组成的装配体，采用二维图纸进行线性设计和平面设计，无法预先发现设计所造成的装配干扰（装配干涉或不到位）等问题。例如，即使产品的所有零件都是合格品，但如果装配时不能保证零件之间、结构之间的相对位置正确和运动件间的配合间隙，产品也不能正常工作，设计要求、技术指标将无从谈起。

此外，产品的结构设计是否合理，零件加工是否符合技术要求，这些问题也可在装配过程中得到验证。所以，产品的装配过程是保证产品质量的一个重要阶段，而装配技术水平的高低理所当然地成为保证产品质量的有效手段。但目前由于传统装配技术和手段的落后，总装技术条件及装配工艺无法得到有效保证，因此，复杂产品的总装技术已经成为研制和生产急需解决的瓶颈问题。

传统的工艺设计模式中，普遍存在这些问题：

- ◆ 虽然工艺人员能够接收设计人员建立的三维模型，但模型及模型上的 PMI、技术要求等标注信息却不能为工艺人员使用，如果仅仅作为查看，而不能辅助工艺人员进行工艺分析和决策，则模型及标注本身的价值大大降低。
- ◆ 缺乏经验的设计人员对工艺不熟悉，即使掌握了一般性的工艺知识，也可能因为对企业的工艺特点、现场的制造环境等不了解，影响工艺的可行性，导致设计-工艺大量反复，是严重影响产品研制周期的因素之一。
- ◆ 工艺缺乏共同的语言、规范描述和管理手段，导致沟通成本高，很难形成可工程化应用的知识。
- ◆ 企业已积累了大量的零件工艺知识和经验，行业和企业也有各种规范和标准，但是这些知

识、经验、规范和标准均独立在系统之外，工艺人员需要去查找、挑选。使用符合要求的规范和标准也对工艺人员的设计经验和知识提出要求。即使找到合适的资料，工艺人员还需要复制粘贴到工艺系统中才能复用。缺乏知识的积累和复用体系来保证，企业的工艺知识又非常容易地流失，导致某些设计质量问题在生产过程中反复出现，引起质量波动。

- ◆ 缺乏装配过程的动态仿真工具。部分工艺人员采用三维 CAD 的爆炸图功能来进行仿真，但爆炸图无法表达装配过程的先后顺序、装配的动作和路径，无法表达真实的装配工艺过程。即使有部分软件具有装配仿真的功能，也与装配工艺过程规划的工具相分离，一方面导致工艺规划和仿真的工作分散开展，难以边规划、边仿真、边调整、边优化，另一方面也存在装配工艺过程规划数据与装配仿真数据之间的转换。
- ◆ 装配过程不仅仅涉及到需要装配的零部件，还涉及到装配所需要的工装、辅料、设备等资源，同时还需要对装配的流程、节拍等进行规划，才能够制定最合理、经济的装配工艺。传统装配工艺设计工具进行装配工艺设计时难以充分考虑这些因素。
- ◆ 传统的设计模式下，即使完成了工艺的编制，工艺简图也需要工艺人员绘制。三维工艺模式下，如果需要工艺人员利用 3DCAD 建立三维模型，则不仅大幅度增加了工艺人员的工作量，而且也使得工艺人员无法将关注力集中在工艺本身。如果仅仅将模型的某视图或者工程图作为工艺简图，又无法体现出三维工艺的直观、动态、可视等优势。
- ◆ 企业目前采用的工艺卡片的输出形式，文字加图形的表达方式缺乏加工过程的直观、可视的表达。即使通过 MES 系统或者其它方式将工艺卡片以电子化的形式下发到车间工位，也只是将纸质打印卡片转变为电子化卡片，远未达到三维工艺下车间所希望达到的目标。

1.3 业务需求

面对以上传统装配工艺带来的制约因素，企业为了提高装配工艺的规划性、优化装配工艺设计质量、改善装配工艺文件对车间生产制造的指导性，则需要针对以上问题提出解决方案。就目前的发展情况来看，对于复杂产品，如：航空、航天、船舶、兵器、车辆、大型机械等，其单个零件或子装配体的设计、生产和管理都已实现了相当的自动化、集成化水平。相比之下，虽然装配设计和生产的过程非常关键，但传统装配技术却相对落后，使之与复杂产品开发过程中其他环节的集成化程度较低。因此，从 CIMS 技术角度出发，要求产品的装配设计和装配生产也必须实现计算机化，这样才能实现全局集成和优化的目标。

因此，装配工艺信息化的需要在于：

- ◆ 如何更好的继承和使用三维模型？设计完成的三维模型上有零件的实体信息以及各种 PMI、技术要求等标注信息，工艺人员在接收设计数据时需要能够完整地继承这些信息，需要能够利用这些信息来指导后续的工艺规划工作，并且这种指导不应依赖于工艺人员的经验，而是应该由系统根据企业的工艺知识、企业和行业的工艺标准和规范等进行推理和推荐。
- ◆ 如何保证设计质量？工艺的专业性较强，导致企业缺乏有经验的工程师，这也造成了工艺

设计过程中的大量质量问题。除此之外，当工艺对下游的指导性不足，也容易产生下游的质量问题。需要借助三维装配工艺软件帮助企业实现基于三维模型的辅助装配性分析、辅助装配过程规划、辅助装配工艺设计以及装配仿真、装配干涉检查、装配尺寸链分析等工作。使得工艺设计工作能够在三维数字化环境下，直接依据三维实体模型展开工艺规划，根据模型上完整的制造信息定义，确定出合理的、可行的装配工艺，完成工艺方案制定及详细工艺设计，并产生三维数字化工艺，作为生产现场的操作依据。

- ◆ 如何实现工艺设计的智能化以提高设计效率？CAPP 系统不会停留在以解决事务性、管理性工作为主的阶段。基于 MBD 的三维工艺规划系统除了作为工艺设计辅助工具外，还能够将工艺专家的经验 and 知识进行表达、积累和应用。系统能根据三维产品模型包含的丰富信息来支持创新型工艺设计。一方面由于基于历史知识和经验开展的工艺设计使得企业整体工艺水平得到稳定和提高，另一方面使得工艺人员能够将更多的精力和时间用于从事工艺创新的工作。
- ◆ 如何实现工艺知识的持续积累和有效复用？为保证知识库的可用性和持续性，系统需要提供方便易用的知识库维护工具，使得企业能够不断扩充和完善满足企业个性化需求的装配工艺知识库。工艺知识库的定义应简单直观，工艺人员即可以日常的工作中点滴积累，持续丰富，而不应该依赖于软件产品开发人员来完成。同时知识库应提供开放的可扩展接口，使得知识库能够方便地获取其它系统或者工具中已积累的工艺知识，保证工艺知识能够得到最大化的复用。
- ◆ 如何实现工艺设计的可视化？三维工艺规划需要依据进行了几何与制造信息的完整标注的三维数字化实体模型作为唯一的制造依据，从根本上改变工艺设计的模式。工艺设计模式的转化并不是简单地将原有的 CAPP/2D CAD 的集成转变为 CAPP/3D CAD 的集成，即不是简单地将原有的二维工序简图变为三维工序简图，而是需要为设计人员提供了一个接近真实的可视化工艺设计环境。在这个环境下进行包括建立和提取三维模型中的加工特征信息，加工过程仿真和校验、加工资源规划等高层次的工艺设计工作，这将大大提高工艺设计的质量和效率，并强化工艺在产品研发过程中的地位。
- ◆ 如何提高工艺对制造、维修、服务等环节的指导？三维工艺应能够输出动态的、直观的、可视的工艺信息。三维模型、工艺属性、工艺图解、工艺资源、制造资源、仿真动画以及外部音频、视频等相关装配工艺信息能够科学地组织在一起。这些信息能够根据任务方便地推送到制造、维修和服务人员，可以交互地进行浏览、查看以及提交反馈。

通过三维装配工艺规划系统的使用协助企业解决上述问题，企业才能在需求多变的市场环境中生存和发展，这也是信息化的首要目标。

2 三维装配工艺的应用目标

2.1 总体目标

对于复杂产品来说，数字化装配是虚拟制造的核心技术之一，是实际装配过程在计算机上的本质体现，它和 CAD 技术相结合，可以解决设计与装配的对象在研制过程中难以实现的动态性能。它可以在缩短装配周期、降低装配成本、提高装配质量以及为信息系统进行数据交换集成等方面带来突破性改变。并且，通过对装配过程的模拟，可以使下游的有关因素能在设计早期加以考虑，为产品并行设计提供技术支持和保障。由此生成的一系列装配工艺规划成果不仅可以更好的指导车间生产、反馈设计和工艺缺陷，还可以向客户提供更多样的产品说明资料，满足客户需求。

开目三维装配工艺规划系统（简称 3DAST）是在三维数字化实体模型的基础上，借助于虚拟仿真技术等人机交互手段，来规划与仿真产品的设计装配过程，并指导现场生产。从而克服传统的装配工艺设计中主要依赖于人的装配经验和知识，以及设计难度大、设计效率低、优化程度低等问题。

开目三维装配工艺规划系统充分考虑了产品全生命周期的各个环节，利用产品的三维 CAD 模型，由装配工艺规划人员在计算机环境中对产品的装配工艺过程进行交互式的定义和分析，包括建立产品各组成零部件的三维模型、装配顺序、空间装配路径、装配工艺文件编制/输出、装配工艺决策、虚拟仿真等，并以三维工艺来指导三维装配，从而使装配人员能更加直观、准确、高效地完成装配工作，为企业提高装配质量和效率，降低装配时间和成本，带来革命性进步。

利用 3DAST，能够实现：

优化装配

对产品的装配过程行模拟与分析，对装配方案进行快速评价，优化产品的装配过程，及早发现潜在的装配冲突与缺陷，提高装配设计效率、提升装配质量。

优化设计

模拟和预估产品装配性能及可装配性等方面可能存在的问题，并将装配信息反馈给设计阶段的设计人员，修改、优化设计，提高设计质量与水平。

优化制造

提早确定装配方案，可提早进入工艺计划与准备阶段、提早进行工装设计与制造，为设计与工艺、制造的并行提供条件，缩短装配周期、加快制造进度。

优化售后服务

可以帮助用户快速形成动态、直观的产品维修手册和用户培训教材，以动画的形式帮助企业用户快速理解使用方法和维修过程。

2.2 具体目标

基于模型的装配工艺设计，以整机或组部件装配工艺的快速设计和有效管理为主要应用范围，解决装配工艺设计效率低、数字化制造技术使用程度低等而带来的突出问题。通过结构化装配工艺设计手段，三维结构化工艺设计与仿真，提高工艺质量，减少现场更改；通过三维可视化工艺作业指导，规范操作过程，提高效率，稳定质量。

基于 3DAST 装配工艺设计与仿真工具，利用产品的三维模型，由工艺员在此环境下对产品的装配工艺过程进行交互式的定义和分析，在不断积累和丰富的工艺知识库的基础上，智能化地开展装配工艺规划工作，包括建立产品各组成零部件的三维模型、装配方法、工装/设备等制造资源规划、工艺仿真、工艺决策、三维工艺文件编制/输出等，并以三维工艺来指导生产现场的加工与装配，从而使制造人员能更加直观、准确、高效地完成装配工作，为企业提高产品质量和生产效率，降低时间和成本，带来革命性进步。

在应用开目三维装配工艺规划软件的基础之上，辅以开目工艺管理系统为管理平台，实现数据管理、可视化、更改、流程管理，实现数据和文档管理；实现装配工艺、资源与工序结构化的紧密关联和管理。通过开目工艺管理系统集成实现 PDM、MES、ERP、车间信息集成等系统的信息无缝传递。从整体上实现在最短的时间内高质量完成产品的制造任务，加快新产品的研制，从在设计和制造观念及手段上突破传统方法，从过去的凭经验，依靠物理试验的方法转变为采用数字化仿真技术，采用先进的软件工具来协助设计、工艺人员进行装配分析、装配规划、进一步保证装配质量、缩减装配周期。

3 功能模块

系统基本的构成模块如下图所示。



图 三维装配工艺设计系统功能架构

1) 设计数据继承和转换模块

三维产品模型是实现装配工艺规划的基础与前提。三维 CAD 模型中包含了产品的各种信息，如管理属性信息、层次结构信息、零部件几何信息、装配关系信息、空间位置和姿态描述信息等，在定义产品装配结构时，首先将三维产品模型读入系统，提取相应的信息，并以装配结构树的形式存储在数据库中；其次，对产品模型进行一定的简化处理，以优化系统性能。

2) 装配结构调整模块

根据产品结构的层次关系，通过人机交互的方式选取子装配体，对于像螺栓、螺母、垫圈等紧固件连接，其装配顺序是固定的，因此对装配顺序固定的某些小装配体可以在产品 BOM 中合并为一个零件，以此达到简化模型的目的；最后，根据获得的装配体装配关系，生成装配结构，并以装配关联矩阵的形式进行存储。

3) 工艺规划模块

装配过程规划是虚拟装配过程的重要环节，它是在装配建模的基础上，对零部件的装配顺序进行规划，为下一步实现产品装配过程仿真提供基础。其实质是一个约束优化过程，即在产品中各个零部件之间的装配结构约束、装配工艺约束下，对最优装配顺序的分析求解过程。装配过程规划是基于装配结构的装配工艺顺序的生成。产品中零部件之间的几何关系、物理结构以及功能特性等决定了零部件装配的先后顺序，所有零部件的装配序列形成产品的装配过程。。

4) 详细工序设计模块

通过详细工序设计模块，能够规划装配的每一道装配工序或检测工序（也称“装配步骤”），指定每一道工序装配的零部件清单（也称“装配对象”），定义工序的各个工步（也称“装配活动”）。在拆卸产品的过程中，可以使用如扳手、螺丝刀等工艺装备，并定义使用工艺装备拆卸产品零部件的详细细节。通过技术图解，用户可以指定工序的工序名称、内容，通过自定义属性定义装配的各种信息，包括装配方法、注意事项、检验方法等等，产生完善的装配数据信息。此外，针对线缆装配，系统还提供线缆创建、线缆量调、线缆装配定义等。

5) 装配仿真模块

装配工艺仿真分析将实现装配过程的装配顺序仿真、装配干涉检查、产品和制造资源仿真等工作，分析与优化装配顺序，检验工装、工具使用者的可达性、装配空间的开敞性，并基于装配工艺过程数据自动生成装配工艺指令及可视化装配工艺文件（视频文件、MBOM 报表、零组件配套报表），以指导现场操作人员，实现可视化装配。

6) 工艺输出模块

输出模块将工艺设计器中的结构化工艺和模型按照一定的组织形式输出为下游系统或车间所能接受的格式文件。这种模式下，三维数字化模型、工艺信息、制造信息等完全替代了二维工程图纸和纸质工艺指令，成为对工人进行技术培训的多媒体资料，以及在生产现场指导工人工作的技术依据。因此，可以建立面向三维产品数据的生产现场可视化应用系统，以工艺活动为中心，将三维产品工程数据、三维工装资源数据、操作过程工艺图解和操作动画组织起来，通过网络将三维数据传递到生产现场的数字化应用终端，实现无纸化生产现场的目标。通过数字化应用终端，操作人员能够浏览产品制造工艺数据和工艺图解，观看产品的制造过程动画；同时，通过工艺数据中建立的工程与工装数据链接，可以浏览三维工程和工装数据，并下载操作相关的工艺参数。

4 应用场景

开目三维装配工艺规划系统的应用主要分为装配模型定义、装配过程规划、装配过程仿真、装配工艺输出四个主要阶段，如下图所示：



图 1 3DAST 应用模式

首先在系统内完成装配模型的建立，即通过引入三维模型，建立产品装配结构。可引入的三维模型包括目前主流的国内外三维软件（UG、PRO/E、SE、SW、CATIA、INVENTOR 等）。在引入的三维模型基础之上可以进行结构调整，形成符合装配工艺性要求的装配模型。

在产品装配结构模型之上，用户可以进行装配过程的规划和仿真。用户可以利用 3DAST 提供的各种辅助功能，如：定义装配结构、选择装配的对象、定义所选装配对象的装配方法、规划装配用的制造资源、细化装配活动的技术图解、对装配工艺进行干涉检查、定义装配的节拍等，通过这些功能可以帮助用户实现面向三维模型的可视化的装配工艺规划，检查装配工艺的可行性，及早反馈装配信息给设计人员以改进。

规划完成后，可自动形成多种形式的装配工艺文件，如装配工艺卡片、三维装配仿真动画等进行工艺信息输出，以及电子信息在生产车间的自动发布。

5 系统技术特色

三维装配设计软件的关键技术的实现如下述。

- ◆ 三维产品模型轻量化与应用技术首先分析三维 CAD 模型中各种不同类别的特征信息的结构性冗余，然后对冗余特征进行针对性的模型等效转换或按给定精度进行几何逼近计算，模型编码与压缩，最后将编码压缩模型文件按渐进传输方式进行分类打包及远程传输，并在客户端进行模型解码及重构。重构后的轻量化模型被 CAPP 系统中各设计、分析等应用工具使用。
- ◆ 建立了三维模型的装配信息模型，装配信息包括：装配零部件几何信息、管理属性信息、物理特性信息、工艺信息、产品层次信息、装配关系信息、约束信息等。通过调用 CAD 系统或三维模型浏览系统的 API 函数来获取相应的信息，并一定的数据结构重新组织。
- ◆ 割集法装配序列自动生成利用了装配体的结构层次关系，将一个复杂的整体联接关系图转换为几个小的简单的子联接图，对装配体进行简化处理，最后在此基础上采用割集法自动生成装配序列。
- ◆ 采用基于 Vmap（可视图法）的装配路径规划，通过高斯球求交确定初始拆卸位姿，基于包围盒/三角面片投影进行实时干涉检查和位姿调整，将拆卸路径反求形成装配路径。

6 系统性能

6.1 平台性

开目三维装配工艺规划系统尽量考虑了平台的开放性和可重构问题，采用了面向对象和组件式的开发方法，通过对系统功能构件建模、封装与部署，实现系统的快速扩展与重构。软件体系结构上，开目三维工艺规划系统完全采用面向对象的思想和方法进行需求分析、设计和开发；严格定义各模块和功能层次的接口定义，利用成熟的数据表示和交换技术（如 XML、STEP、SOAP 等）作为异构系统之间的交换协议，保证系统的可扩展性和灵活性，能够提供多种应用开发接口的实现。

6.2 方便性

系统设计以实用为主，以用户需求为出发点，以方便用户为使用原则；同时，系统采用符合实际需求，并满足国际标准的技术标准。

系统是基于 WINDOWS 风格完全中文化应用程序，易学易用，界面友好，操作简便；客户端提供全中文的可视化操作界面，在线中文帮助系统。

系统在发布和实施时可提供完整、准确、详细的产品说明书，以及项目需求分析报告、项目实

施规划书、系统测试报告、系统维护手册、面向操作者的作业指导书等，可按照企业实际需要提供的程序源代码（二次开发部分）和软件接口说明文档。

6.3 共享性和继承性

系统具有良好的共享性和继承性，系统建设能够充分利用现有设备和系统，同时采用分布实施、分阶段投入的方式，以保护企业投资，提高系统的性能价格比。

6.4 扩展性和集成性

开目三维工艺规划软件的扩展性和集成性主要体现在：

- 1) 与三维 CAD 集成的开放性：开目三维工艺规划软件能够接收多种类型的上游三维数据模型数据。开目三维装配工艺规划软件提供数据转换接口，能够将 UG、CATIA、PRO/E、SE、SW、INVENTER 等三维模型进行转换和轻量化，在此基础上开展三维装配工艺设计。同时模型的属性信息、PMI 信息等均能够继承。
- 2) 输出的开放性：开目三维工艺规划软件除提供自有格式输出外，还提供标准的 XML 格式输出、PDF 格式输出、AVI 输出等多种标准数据输出格式，能够充分满足下游的各种应用。例如 XML 格式输出能够提供结构化的工艺过程数据，PDF 格式输出能够提供规范的工艺卡片输出，AVI 格式输出能够提供可视化的工艺信息输出等。同时开目三维工艺规划软件可以输出国际标准格式的工艺模型供下游系统集成使用，还提供标准的 ActiveX 控件，第三方应用可以直接嵌入控件进行 3D 工艺的浏览、操作。
- 3) 资源的开放性：一方面，开目三维工艺规划软件提供自带的工艺资源管理器进行资源使用和管理。开目工艺资源库具有开放的数据接口，用户能够进行资源库的创建、扩充、维护和管理。另一方面，开目三维工艺规划软件还能够使用其它系统或者数据库中的资源。例如用户已在使用的数据库、数据中心、ERP 系统、PDM 系统中已有的工装、工具、材料、设备等资源库，通过数据源的指定和链接，均可在开目三维工艺规划软件中进行使用。
- 4) 知识积累的开放性：开目三维工艺规划软件中蕴含了丰富的基于知识的工艺创新设计思想，而企业的工艺知识具有较强的专业性、规范性和标准化，因而开目三维工艺软件中的知识积累采用了开放的体系。在系统中已有的典型工艺知识库基础上，利用系统提供的工艺知识定义和管理工具，用户能够将企业自身的工艺知识进行不断的积累和完善；利用系统提供的工艺知识复用工具，用户能够在日常的工艺设计业务中充分共享和使用这些工艺知识，以最大限度地实现基于知识的工艺设计，提升企业的整体工艺水平。
- 5) 应用接口的开放性：开目三维工艺规划软件具备完善的二次开发接口，用户可以在此基础上在 3DAST 系统中增加插件，通过插件可以定制专属功能或访问 3DAST 的文档数据。
- 6) 管理的开放性：开目三维工艺规划软件作为企业工艺设计的工具，能够与企业的其它系统（例如 PDM/工艺管理系统等）进行良好的集成，以实现工艺管理。通过与企业研发管理平台的集成，用户能够完成工艺路线定义、工艺任务分派、工艺编制、工艺签审、工艺变更、工艺输出、工艺版本管理等多种管理功能。

- 7) 集成的开放性：开目三维工艺规划软件提供标准的系统集成接口，能够实现与企业多种软件系统的集成，例如与 MES/ERP/OA/数据中心/基础资源库等。

6.5 可维护性

开目三维工艺规划系统采用合理的体系架构规划，易理解、易修改，提高了系统的可维护性。软件功能采用模块化的设计思想，易于扩展。系统还提供开放的配置和开发接口，使得系统能够较好的完成个性化应用所需要的适应性维护。系统提供完备的在线帮助文档、学习教程、安装和使用手册等，便于用户和系统管理员理解、使用和维护系统。

7 系统配置建议

7.1 硬件配置

3DAST 系统最低硬件配置	
CUP:	Inter Core2 I3 及以上型号
内存:	4G 及以上
显卡	兼容 OpenGL 的独立显卡、显存 1GB 及以上
硬盘	50G 以上
显示器	为 Windows 工作站推荐的分辨率是 1280x1024。 需要 16 位彩色或更高的图形模式，推荐使用 32 位彩色。
键盘\鼠标	与所选安装语言环境兼容的特定键盘可能需要国家语言支持。 出于可用性原因，推荐使用 3 键鼠标。
操作系统	Windows XP SP3 及以上版本、Windows7 SP1 及以上版本

3DAST 系统推荐硬件配置	
CUP:	Inter Core2 I7 及以上型号
内存:	16G 及以上
显卡	获取最佳性能需要具有 3D OpenGL 加速功能的图形适配器。强烈推荐 NVIDIA (NVIDIA Quadro FX)。
硬盘:	50G 以上
显示器	为 Windows 工作站推荐的分辨率是 1280x1024。

	需要 16 位彩色或更高的图形模式，推荐使用 32 位彩色。推荐双显示器配置。
键盘\鼠标	与所选安装语言环境兼容的特定键盘可能需要国家语言支持。 出于可用性原因，推荐使用 3 键鼠标。
操作系统	Windows7 SP1 64bit

7.2 软件配置

支持 32 位和 64 位操作系统，支持 windowsXP 和 win7 操作系统。

8 典型案例

8.1 某电子设备研究所

8.1.1 应用背景

大环境：

设计平台从二维转向三维

车间应用了终端系统

具有良好的信息化建设基础

工艺设计环节：

工艺卡片表现形式：大段文字 + 二维图片

车间工人对工艺理解易产生歧义

装配过程中有些零部件易漏装、错装

工艺人员经常需要下车间指导生产

其他工艺管理问题

需要解决的问题：

工艺如何与三维 CAD 接轨？

如何改变装配工艺容易出错的现状？

如何减少工艺人员工作量，提高装配效率？

如何有效的利用车间终端系统？

.....

8.1.2 项目目标

实现三维装配工艺模型结构数据的导入和轻量化处理；

实现基于 EBOM 及 CATIA 模型的三维装配工艺设计，并可实现在三维装配工艺文件设计后自动产生 G XK 格式工艺文件；

实现在工艺管理系统中进行三维装配工艺的管理，包括创建、编辑、检入、检出、签审和批量导入导出等；

实现现场三维装配工艺的浏览，即三维装配工艺与 MES 及 ERP 系统的集成应用。

8.1.3 实施周期

项目从 2011 年 5 月启动，2011 年 8 月结项，历时 3 个月

201105~06（0.5 个月）

- 需求调研
- 方案制定

201106（0.5 个月）

- 配置开发
- 功能验证
- 操作培训

201106~07（1 个月）

- 系统调试
- 上线试运行

201107~08（1 个月）

- 正式上线
- 项目结项
- 其他管理活动

8.1.4 应用特色

工艺模型结构数据的导入和轻量化处理

- ★ 三维装配工艺模型结构数据导入：直接导入 CATIA 模型
- ★ CATIA 模型轻量化：轻量化压缩率为 1/20~1/70
- ★ CATIA 模型的浏览：支持用 CATIA 软件、外置浏览器或浏览控件进行浏览

CATIA 模型结构与 EBOM 结构比对

- ★ 比对 CATIA 模型结构与工艺管理系统中 EBOM 结构差异，并提供导出为 EXCEL 的功能。

基于 CATIA 模型的三维装配工艺设计

- ★ 装配结构管理：引入产品结构、添加/删除/更新零部件；
- ★ 装配过程规划设计：装配工序划分、装配活动定义、装配活动顺序调整、仿真效果设置；
- ★ 技术图解功能：可创建各类标记、装配尺寸测量、标签、图像、文本、BOM 表格、序号标注、局部放大等；
- ★ 工序齐套表：将工序号、工序名称、装入件名称、装入件代号等内容导出到指定数据表；
- ★ 三维工艺装备管理：建立了工艺装备库，工装可引入装配活动中；
- ★ 装配工艺评价：可实现静态、动态的干涉检查；
- ★ 装配仿真：支持多种播放模式；
- ★ 装配过程输出：每个工序可输出装入件清单、AVI 录像文件等；
- ★ 其他：工序名标准化、支持零部件属性自定义。

三维装配工艺与 CAPP 二维表格集成

实现基于 CAPP 的二、三维混合工艺编制方式。

- ★ 直接在 CAPP 系统中实现三维装配工艺的二三维混合编辑、浏览；
- ★ 三维装配工艺文件经过配置后自动产生二维 CAPP 格式文件。

三维装配工艺与工艺管理系统集成

在工艺管理系统中实现三维装配工艺的创建、检出、检入（自动产生 GXK 文件）、编辑、更改（三维装配工艺文件模型的局部更新）、签审。

三维装配工艺与 MES 及 ERP 集成

- ★ 与 MES 集成实现车间终端浏览三维装配工艺，且可依据不同工序权限设置浏览权限；
- ★ 与 ERP 集成实现三维装配工艺浏览及数据共享。

8.1.5 应用价值

车间现场的指导意义

- ★ 减少沟通成本
- ★ 降低试装成本
- ★ 无纸化生产

工艺改进的意义

- ★ 深化数据共享
- ★ 装配工艺设计方法改进
- ★ 促进工艺创新

信息化建设的意义

- ★ 实现设计与制造系统的衔接
- ★ 信息化建设从二维向三维时代的迈进
- ★ 为全面的工艺三维化奠定了基础

8.2 航天科工集团某部

8.2.1 应用背景

各分部/厂地理位置分散，管理独立，业务侧重点各不相同，工艺模式复杂多样。

开目公司承担了该院系统总体方案的规划、系统的实施及集成实施工作。

自 2001 年以来通过双方持续的密切合作，现已在整个院内实现了 CAD/CAPP/PDM/MES/ERP/OA 的应用与集成。

8.2.2 应用特色

实现基于 CAPP 的二、三维混合工艺编制

- ★ 直接在 CAPP 系统中实现三维装配工艺的二三维混合编辑、浏览；
- ★ 三维装配工艺文件经过配置后自动产生二维 CAPP 格式文件。

3DAST 与 KMMES 的紧密集成

- ★ 与 MES 集成实现车间终端浏览三维装配工艺，且可依据不同工序权限设置浏览权限；

8.3 航天科工集团某厂

8.3.1 应用背景

国家重点飞行器科研生产基地，现代化的军民结合型大型企业集团

与开目公司形成了长期的战略合作伙伴关系，在下属多家公司均获得了良好的项目实施效果。

在前期 KMPDM/CAPP/工艺管理系统的基础之上，在下属多个分厂进一步在 3DCAPP 领域进行重点和深入的合作

8.3.2 应用特色

复杂飞行器内部精密的线缆装配的支持

对大规模产品装配的支持（产品规模较大，某产品最复杂的部件有七千多个，有五个大部件），性能的持续优化

通过文件柜的方式，采用 IS 服务器将工艺文件发布到车间，兼顾了工艺发布与企业保密的要求

8.4 西安航天化学动力厂

8.4.1 应用背景

隶属中国航天科技集团公司第四研究院

承担着国防航天型号及神舟载人飞船逃逸系统等多种固体发动机的研制生产任务，同时承担该领域国家重大预先研究课题，固体发动机研制生产能力始终处于国内领先水平

8.4.2 应用特色

1、三维结构化工艺设计（工序、工步、操作步骤、检验项目、检验点 五级结构化工艺设计模式），

2、实现结构化数据直接从工艺资源库选取填写，保证规范性。

2、与第三方开发的 MES 系统集成实现三维工艺下车间

8.5 柳州工程机械集团

8.5.1 应用背景

中国制造业 500 强，2011 年工程机械行业全球第 18 位，中国第 4 位，装载机全国第 1 位。

8.5.2 应用特色

以产品为中心，建立一个统一的工艺管理协同工作平台。

利用三维装配工艺规划软件显著提高工艺人员的工艺编制效率和质量。

利用三维装配工艺规划软件搭建了基于互联网的企业维修管理平台，明显提高了维修管理的整体水平。

以 WINDHCILL 为管理平台，以 KM2D/3DCAPP 为设计工具，提高流程管控效率。

8.6 广东中山市誉胜机械设备有限公司

8.6.1 应用背景

知名数控机床生产企业。

需要解决用工难，人工成本高，人员流动性高，而素质不齐，制造质量波动大等问题。

8.6.2 应用特色

实现三维装配，并利用装配工艺进行教学。

降低了对工人的要求，提高了培训的效率。三维装配工艺的展示直观，可视，即使新员工能力不强，也能有较好的培训效果。

8.7 其它用户

上海烟草机械有限公司

浙江联谊电机厂

.....

9 结束语

3DAST 在企业的应用，将深化数据共享，提高装配设计效率。通过对装配过程的可视化模拟和分析，实现对装配工艺的快速评价，促进工艺的优化，并可将设计问题及时反馈给设计人员以促使产品设计的优化。另外，为设计与工艺、制造的并行提供了条件，缩短了装配周期、加快了制造进度。

3DAST 的应用还对车间现场具有实际的指导意义，装配过程的仿真模拟直观易懂，可减少由于对文字描述产生误解所增加的沟通成本，也可在一定程度上降低对装配工人的技能要求而降低人工培训成本。另外，通过该系统对装配工艺合理性的模拟验证，可减少实物打样和试装环节的成本。

3DAST 将促进设计与制造软件系统更紧密的衔接，三维技术向工艺环节的延伸，必将促进工艺设计方法的改进和效率的提升，也将极大的提高工艺创新能力，从而将提高企业的劳动生产率和企业信息化的先进性。为提升企业的国际竞争力，实现“信息化带动工业化”的战略目标奠定了基础。