

2026 年度拟提名陕西省技术发明奖项目公示内容

一、项目名称

飞机敏捷研制的多粒度三维模型检索与通用结构发掘技术

二、提名者及提名意见

提名者：陕西省知识产权局

提名意见：项目针对我国重点型号飞机系列化、短周期、低成本发展常态下的敏捷研制需求，在国家自然科学基金、陕西省自然科学基金等项目支持下，以模型资产驱动的三维模型检索复用与构型通用衍生为主线，历时十余年攻关，建立了多粒度三维模型对象信息统一量化描述理论，突破了全域信息感知的三维模型多模式检索、局部差异融合的模型对象分类与通用结构发掘等关键技术，研发了具有自主知识产权的三维模型检索与通用结构发掘系统，成果已分别应用于某重点型号、运 9 特种机系列、C919、A220 等多个型号的结构设计、工艺设计、工装设计及模型资源库建设，实现了模型资产复用模式从人工经验主导向机器理解驱动的转变。项目成果授权发明专利 19 项、获软件著作权 4 件，制定企业标准/规范 4 项，出版专著 1 部，发表学术论文 27 篇，其中 SCI 收录 22 篇。项目总体技术达国际先进水平，部分关键技术达到航空行业国际领先水平，项目成果推动了飞机研制数字资产的治理和复用技术发展，具有广阔的应用前景。

成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省技术发明奖提名条件。鉴于该成果技术创新性强，形成了具有自主知识产权的关键技术，并取得了良好的工程应用效果，特提名陕西省技术发明奖一等奖。

三、项目简介

我国军民用重点型号飞机已步入系列化演进、短周期迭代和低成本研制的新常态，数字资产赋能的敏捷研制模式成为产品快速迭代和保障交付的核心引擎。三维模型资产作为产品数字化定义信息的核心载体，能够依托模型相似性驱动检索复用到构型通用衍生的知识累积迭代机制，从而有效释放模型资产价值，是飞机敏捷研制的关键技术途径。

当前，型号产品数据管理机制仅能通过关键字匹配模式获取相似的模型对象，难以有效识别模型间的共性和差异，致使型号迭代中的低效重复工作大量存在，研发周期和成本难以控制。统计发现，型号研制中 70% 以上的业务难以精准定位可复用对象，仅有不超过 20% 的构件采用人工提炼方式实现了通用化，“复用对象找不准”和“通用结构识别难”已成为敏捷研制面临的关键挑战。欧美在飞机研制中也面临此类问题，并先后设立了相关科技计划开展研究。

三维模型相似性理解方法难以支撑复用资源查找与通用结构提炼，是导致上述困境的根源。分析发现，现有方法大多以轻量化模型为对象：在处理粒度方面，以零件为分析对象，难以拓展至装配体层级；在内容理解方面，以语义或形状等单一维度信息为相似性测度依据，较少考虑拓扑结构及多特征融合；在应用场景方面，侧重于特定场景的定制化需求，缺乏跨场景的通用适配能力。然而，型号业务迫切需要以产品工程模型及其 MBD 多模态数据集为基础，构建面向多粒度对象处理、全域信息感知与跨场景适配的相似性理解机制，支撑工程化实践中的落地应用。

项目组在国家自然科学基金、陕西省自然科学基金等项目支持下，历时十余年，通过理论创新、技术突破、软件研发、工程应用，建立了飞机敏捷研制的多粒度三维模型检索与通用结构发掘技术体系，取得了如下重要技术创新：

1) 创建了多粒度三维模型对象信息统一量化描述模型，揭示了模型语义、形状和拓扑信息融合量化描述机理，突破了零件、装配体全域信息相似性理解的理论瓶颈。

阐明了零件和装配体对象实体及其关系的泛化构成，建立了多粒度对象泛化知识图谱表征模型，给出了语义、形状和拓扑类信息的统一抽取与相关性推理规则，统一了多粒度对象信息处理的基础架构；揭示了对象语义与形状信息的融合量化机理，建立了个体信息嵌入的离散空间点比较模型，支撑了局部差异敏感的语义和形状相似性融理解；揭示了拓扑与形状信息的融合量化机理，建立了拓扑信息嵌入的广义量化图模型，支撑了拓扑差异敏感的结构相似性融理解。应用此理论量化描述的零件和装配体，能够支撑语义、形状和拓扑类信息相似性的独立或融合比较，为多粒度三维模型信息的机器理解提供了理论支撑。

2) 发明了全域信息感知的三维模型多模式检索技术，提出了多粒度对象全局和局部相似性测度方法，突破了型号业务中基于关键字匹配的单一检索模式局限。

提出了离散个体广义空间距离度量模型，创建了语义和形状感知的多粒度对

象全局相似性测度方法，通过度量区间调控的对象索引机制，实现了零件、装配体全局检索候选集的快速筛选；提出了融合零件形状、空间位置和关联信息的空间骨架模型，创建了基于图搜索的装配体局部结构快速匹配方法，实现了结构拓扑感知的装配体局部相似性测度。提出了检索候选对象的流形结构模拟模型，建立了流行排序的检索推荐队列排序优化方法，实现了考虑对象间综合相似性关联的检索结果推荐；创建了候选对象集的隐性相关性发掘方法，建立了多粒度候选对象扩散搜索方法，实现了检索结果从相似对象到相关对象的拓展。应用此技术研发了三维模型多模式检索系统，经第三方测试，支撑了语义、形状、拓扑、扩散及特征融合等多种检索模式，使零件检索平均准确率达到 91.4% 以上，装配体模型检索平均准确率达到 92.1% 以上，检索效率较传统线性扫描法提升 5 倍以上，奠定了型号研制中跨场景模型信息检索复用的基础。

3) 发明了局部差异融合的模型分类与通用结构发掘技术，构建了可变支持度的装配体共性识别与提取机制，实现了型号通用设计资源从人工提炼向机器发掘的转变。

提出了考虑零件功能、结构和材料等特性的关联度评估模型，创建了结构约束下的装配体广义模块自动划分方法，实现了设计单元独立性自动检测；建立了语义与结构协同的零件分类机制，提出了考虑个体形状和配合信息的零件对象聚类分析方法，实现了局部差异调节的零件结构细分类；提出了公共子图近似匹配的模块共性结构搜索方法，实现了有向边索引过滤的模型共性关系标注；创建了共性模块集的频繁模式发掘方法，采用支持度阈值动态调控频繁模式发掘过程，实现了可变支持度的装配体通用结构单元自动识别与提取。应用此技术研发了通用结构发掘系统，经第三方测试，使零件分类平均准确率达到 94.4%，通用结构发掘平均准确率达到 91.2%，为型号构型通用迭代和优化提供了重要支撑。

项目成果获授权发明专利 19 项、软件著作权 4 件，制定企业标准/规范 4 项，出版专著 1 部，发表学术论文 27 篇，其中 SCI 收录 22 篇。理论成果得到中国工程院院士、国际生产工程科学院（CIRP）院士、新加坡工程院院士、欧盟“地平线 2020”项目首席科学家等领域权威专家好评。陕西省航空学会组织的科技成果鉴定会专家组一致认为“项目技术难度大，创新性强，具有完全自主知识产权。总体技术达到了国际先进水平，其中多粒度对象相似性测度、装配体通用结构识别与提取技术达到航空行业国际领先水平。项目成果推动了飞机研制数字资产的治理和复用技术发展，具有广阔的应用前景”。

近三年成果在某重点型号、运 9 特种机系列、C919、A220 等多个型号中得到持续工程应用，覆盖了结构设计、工艺设计、工装设计和模型资产库构建 4 类核心业务场景，使型号机体结构设计的模型平均引用率提升约 26%，工艺设计全局业务效率提升约 13%（部分工艺对象可提升至 27%），部件装配工装设计效率提升约 32%，提炼了梁、框、肋、壁板等 40 余类通用设计模板，支架、封堵件、角片等 239 种通用件，节约人力资源成本总额 1526.41 万元，有效降低了型号迭代中的低效重复性工作，促进了构型通用化水平。

四、客观评价

1.专家鉴定意见

2026 年 8 月 22 日，陕西省航空学会在西安组织召开了“飞机敏捷研制的多粒度三维模型检索与通用结构发掘技术”项目科技成果鉴定会。形成鉴定意见如下：

鉴定委员会认为：“该项目技术难度大，创新性强，具有完全自主知识产权。总体技术达到了国际先进水平，其中多粒度对象相似性测度、装配体通用结构识别与提取技术达到航空行业国际领先水平。项目成果推动了飞机研制数字资产的治理和复用技术发展，具有广阔的应用前景”。

2.学术性评价

该项目已发表学术论文 27 篇，其中 SCI 收录 22 篇（JCR 一区 9 篇、JCR 二区 7 篇），出版《三维 CAD 模型的信息发掘与重用》专著 1 部（清华大学出版社）。

（1）在三维模型信息量描述和检索方面：国际生产工程科学院院士、新加坡工程院院士 Andrew Y. C. Nee 教授及其团队在【ROBOT CIM-INT MANUF 72(2021): 102185】中评价：提出了一种 N 维空间建模方法，支持了零件和装配体量化表征。欧盟“地平线 2020”项目首席科学家、贝尔法斯特女王大学 Trevor T. Robinson 教授在【COMPUT AIDED DESIGN 152(2022): 103372】中评价：在 B-Rep 拓扑结构中提取的面邻接图上，计算实现了零件及其相邻配合零件的形状描述。意大利国家研究委员会应用数学和信息技术研究所主管 Franca Giannini 研究员在装配体模型检索的综述文章【COMPUT AIDED DESIGN 113(2019): 62-81】中详细介绍了本项目提出的装配体相似度分析技术，并评价：该技术可同时支撑检索全局相似性和局部相似性。中国工程院谭建荣院士在三维 CAD 技术研究进展及其发展趋势综述文章【J MECH ENG 59(2023): 158-185】中将基于改进豪斯多夫距离的装配模型高效检索列为近年来设计知识处理技术的关键进展之一。

（2）在装配体通用结构发掘方面：苏格兰再制造研究所联席主任、爱丁堡大学数字化制造主席 Jonathan Corney 教授在【ADV ENG INFORM 48(2021): 101261】中详细介绍了本项目提出的融合形状差异的装配体典型结构自动识别技术，并评价：从含有类型代码的装配属性连接图中识别了装配中的常见设计结构。中国工程院谭建荣院士在三维 CAD 技术研究进展及其发展趋势综述文章【J MECH ENG 59(2023): 158-185】中将考虑多源信息的装配通用结构发掘列为近年来设计知识处理技术的关键进展。浙江大学高曙明教授及其团队在【COMPUT IND 75(2016): 67-79】中评价：提出了一种从装配体中发现通用设计结构的方法。

3.科技查新结论

教育部科技查新工作站(L29)对该项目创新点进行了查新，科技查新报告

202636000L290006 结论如下：“关于三维模型信息描述、三维模型检索和装配体通用结构发掘的研究，除该委托项目组发表的文献外，国内外均未见与该查新项目查新点相同的文献报道”。

五、应用情况和效益

1.应用情况

项目成果近三年在某重点型号、运 9 特种机系列、C919、A220 等多个型号中得到持续工程应用，具体覆盖了结构设计、工艺设计、工装设计和模型资产库构建 4 类核心业务，在提升飞机研制效率和降低成本方面发挥了重要作用。详细应用情况如表 1 所示：

表 1 主要单位应用情况表

序号	单位名称	应用的技术	应用对象 及规模	应用起止时间	单位联系人/ 电话
1	中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	整体技术	某重点型号的结构设计、模型资源库建设	2023.01-至今	周小波 /18192750328
2	陕西飞机工业有限责任公司	整体技术	中型运输机、特种机 5 种型号的工艺设计、模型资产库建设	2023.05-至今	邬涛 /15029361815
3	中航沈飞民用飞机有限责任公司	整体技术	A220、C919 飞机大部件装配工艺和工装设计	2022.04-至今	王环 /13514238746

（1）中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所

自 2023 年 1 月起，西北工业大学针对我单位型号敏捷研制的模型资产重用和产品结构通用化问题，将多粒度三维模型检索与通用结构发掘技术应用于某重点型号飞机的结构设计和通用模型资源库建设中。经统计分析，具体应用效果如下：

- 提高了产品研发效率：通过构建多粒度三维模型对象检索机制，形成了框、梁、翼肋、壁板等结构件设计的可复用对象快速获取能力，减少了因复用对象找不准而导致的重复工作，极大地降低了设计工作量。

- 提升了结构零组件通用化水平：构建了包含 17 万余个对象的模型资源库，完成了模型资源对象的量化计算、结构分类和共性发掘，建立了地板框、梁、长桁、翼肋、壁板等 40 余类设计模板，提炼了飞机新状态支架、封堵件、角片、耳片等 239 种通用件，有效降低了机体结构研制成本。

该成果有力支撑了我国新一代飞机的渐进式多状态研发任务。

（2）陕西飞机工业有限责任公司

自 2023 年 5 月起，为提升我单位型号研制效率和质量，将项目成果应用于 5 种型号的运输机和特种机研制。具体应用效果如下：

- 提升了工艺设计效率：在工艺模型定义、零组件工艺分工、装配工艺指令编制和检验计划制定等基于 MBD 的工艺规划中，通过多粒度三维模型检索，使工艺设计效率平均提升约 13%。

- 推动了型号模型资产库的建设：进行了跨型号模型数据资产治理，采用模型对象分类与通用结构发掘技术优化资产库结构。降低冗余模型存储数量约 18%，模型平均引用率提升约 26%。

该项目成果有力支撑了我国中型运输机和特种机的研制任务。

（3）中航沈飞民用飞机有限责任公司

自 2022 年 4 月起，项目成果应用于我公司承担的 A220 飞机、C919 飞机大部件装配工艺和工装设计，应用效果如下：

- 提高了装配工艺设计效率：通过将多粒度三维模型检索技术融入工艺设计平台，大幅减少了相似装配体在工艺模型定义和装配指令规划方面的人员工作量，使前机身、中机身、后桶段、舱门及尾锥等部件工艺设计效率平均提升约 27%。

- 支撑了工装的模块化设计：采用三维模型通用结构发掘技术构建了工装通用结构库，支撑了多种类型工装的快速模块化设计，使工装设计效率平均提升约 32%。

应用该项目成果装配的大部件已全部交付，大力支持了我公司外包生产和国际竞标工作。

2.应用效益

（1）经济效益

本项目成果在某重点型号、运 9 特种机系列、C919、A220 等多个型号进行了持续应用，有效提升了飞机研制效率。其中，统计完成了 2 家单位近三年的经济效益，累计直接研发成本节省总金额达到 1526.41 万元。详细经济效益情况如下：

①陕西飞机工业有限责任公司

近三年累计新增利润（按节约人力成本总金额计算）480.61 万元，具体测算

依据如表 2 所示：

表 2 陕西飞机工业有限责任公司经济效益测算依据

年度	型号	累计节约人员工 时（人天）	单位时间人力成本 （万元/天）	新增利润（万 元）
2023	运输机、特种机	943	0.095	89.59
2024	运输机、特种机	2128	0.095	202.16
2025	运输机、特种机	1988	0.095	188.86
合计				480.61

②中航沈飞民用飞机有限责任公司

近三年累计新增利润（按节约人力成本总金额计算）1045.8 万元，具体测算依据如表 3 所示：

表 3 中航沈飞民用飞机有限责任公司经济效益测算依据

年度	应用对象	累计节省研发时 间（月）	单位时间人力成本 （万元/月）	新增利润（万 元）
2023	A220、C919 部件装配 工艺和工装设计	176	1.8	316.8
2024	A220、C919 部件装配 工艺和工装设计	189	1.8	340.2
2025	A220、C919 部件装配 工艺和工装设计	216	1.8	388.8
合计				1045.8

上述经济效益分析仅统计了各阶段研制效率提升后节约的人力资源成本。除此之外，本项目成果促进了型号结构通用化发展，对减少零件品项数量和提升型号结构通用化水平发挥了重要作用。型号结构通用化能够在提升生产效率、质量稳定性和维修维护效率的基础上，显著降低生产成本。但由于项目成果应用周期和经济效益测算复杂性等原因的制约，该类经济效益未能统计量化。

（2）社会效益

● 推动了飞机研制领域数字资产赋能技术的革新

本项目依托西北工业大学、西安工程大学、西安飞机设计研究所，以我国军、民用重点型号飞机的敏捷研制需求为牵引，通过理论创新、技术突破、软件开发、工程应用，构建了一种以三维模型为核心信息索引的数字资产递进式复用框架。该框架依托三维模型机器理解、量化与比较理论，打通了从业务场景信息高效检索向零组件通用结构深度发掘的递进路径，成功应用于飞机结构设计、工艺设计

与工装设计等多元场景。通过技术革新，克服了现有数字化研制环境中“复用信息找不准”和“通用结构发掘难”的关键挑战，满足了国家重点型号系列化、短周期和低成本发展需求。

- **成为了飞机敏捷研制体系的核心关键技术**

项目成果应用于我国航空领域重要型号研制和外包生产：自 2023 年 1 月起，成果开始应用于某重点型号飞机的结构设计和通用模型资源库建设，有力支撑了我国新一代飞机的渐进式多状态研发任务；自 2023 年 5 月起，成果应用于运输机、特种机等型号的工艺设计和模型资源库建设，支撑了我国中型运输机和特种机的研制任务；自 2022 年 4 月起，成果应用于 A220 飞机、C919 飞机大部件装配工艺和工装设计，大力支持了外包生产和国际竞标工作。项目成果支撑了多种型号的敏捷研制任务，提升了各阶段业务效率和结构通用化发展水平，已成为飞机敏捷研制技术底座构建的核心关键技术。

- **支撑了 AI 融合的数字资产智能应用范式**

项目成果与 AI 技术深度融合，可形成持续演进的数字资产智能应用范式。其中，三维模型资源库作为带标注的高质量数据集，可为 AI 模型的训练与迭代提供坚实的数据支撑；多粒度对象泛化知识图谱作为结构化、可解释的符号化知识形式，可为 AI 推理注入领域专家经验，提升推理的准确性与可解释性；三维模型语义、形状与拓扑信息理解方法，可有效补强大语言模型在多模态处理方面的能力短板。通过技术融合与持续演进，最终可支撑 AI 驱动的生成式结构、工艺与工装设计，赋能数字资产由被动管理向智能创造转变。

六、主要知识产权证明目录（限 10 条）

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家 (地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	基于形状与拓扑信息融合量化表征的装配体模型检索方法	中国	CN120723930B	2025 年 11 月 21 日	8500260	西北工业大学	张杰;谢景波; 李伟博;李奕璇; 唐文斌;王诚诚
2	发明专利	一种基于局部特征表达的三维 CAD 模型相似结构检索方法	中国	CN115170842B	2025 年 07 月 15 日	8078810	西北工业大学	张杰;季宝宁; 李奕璇;李伟博
3	发明专利	面向通用设计结构发掘的装配模型定量描述方法	中国	CN103136424B	2015 年 10 月 07 日	1809184	西北工业大学	张杰;徐志佳; 李原;余剑峰; 王延平
4	发明专利	面向三维模型检索的对象相关性网络构建方法	中国	CN118673630B	2024 年 10 月 29 日	7481855	西北工业大学	张杰;李舒浩; 唐文斌;刘晨一; 姜小冬;余剑峰;李伟博
5	发明专利	区域中心签名点云局部特征描述子的构建及配准方法	中国	CN115018993B	2024 年 10 月 22 日	7459389	西安工程大学	唐文斌;吕英豪; 郑林青;陈永当; 金守峰

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家 (地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
6	发明专利	一种对不同建模方法构建的飞行器模型进行转换的方法	中国	CN119849218B	2025 年 06 月 17 日	8011230	中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	郑党党;宁宇; 李强;楚涛;周小波;屈卫刚; 刘鹏;年丽云
7	发明专利	面向检索的三维模型表面特征自适应采样方法	中国	CN119046492B	2025 年 04 月 18 日	7879218	西北工业大学	张杰;李奕璇; 唐文斌;余剑峰;李伟博;谢景波;郑杰夫
8	发明专利	基于对象距离度量的三维模型索引结构的构建方法	中国	CN119739904B	2025 年 05 月 06 日	7919947	西北工业大学	张杰;张晟博; 唐文斌;李奕璇;余剑峰;李伟博;谢景波
9	发明专利	基于空间连接骨架描述符的装配体检索方法	中国	CN108628965B	2021 年 07 月 06 日	4530670	西北工业大学	李原;逢嘉振; 张杰;余剑峰; 龙腾飞;季宝宁
10	发明专利	一种基于异构图神经网络的三维模型特征识别方法	中国	CN120411954B	2025 年 10 月 28 日	8410993	西北工业大学	张杰;李伟博; 唐文斌;余剑峰;王诚诚;谢景波;郑杰夫

七、主要完成人情况（不超过 6 人）

姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目贡献
张杰	1	无	教授	西北工业大学	西北工业大学	对技术创新点 1-3 均做出了创造性贡献。主要负责完成：1.提出了语义、形状和拓扑类信息的融合量化表征原理；2.构建了语义和形状感知的对象全局相似性测度方法；3.构建了结构拓扑感知的装配体局部相似性测度方法；4.构建了装配体广义模块划分与通用结构发掘方法；5.主持研发了三维模型多模式检索、三维模型通用结构发掘等 4 项软件系统。
唐文斌	2	无	副教授	西安工程大学	西安工程大学	对技术创新点 1-3 均做出了创造性贡献。主要负责完成：1.创建的多粒度对象概念泛化表征模型和实例化关联信息网络模型；2.创建了渐进式策略的多粒度候选对象扩散搜索方法；3.创建了公共子图近似匹配的模块共性结构搜索方法；4.参与研发了三维模型多模式检索、三维模型通用结构发掘等 4 项软件系统。
逢嘉振	3	无	教授	西北工业大学	西北工业大学	对技术创新点 1、2 做出了创造性贡献。主要负责完成：1.创建了装配体对象的广义量化描述图描述模型；2.创建了融合零件形状、空间位置和关联特征偶信息的装配体空间骨架模型，建立了关联特征偶嵌入的装配体结构描述符构建方法；3.创建了图同构的装配体局部结构快速匹配方法。

姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目贡献
周小波	4	无	研究员	中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	对技术创新点 2、3 做出了创造性贡献。主要负责完成：1.创建了模型对象多模态异构数据预处理方法。2.对模型全局相似性测度、模型局部相似性测度和零件对象层进式分类等方法进行了工程应用；3、主持规划了依托标准信息传输接口和 CAD 模型适配策略的应用推广机制，支撑了项目成果在结构设计、工艺设计、工装设计和模型资源库建设中的应用推广。
郑党党	5	部长	研究员	中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	对技术创新点 3 做出了创造性贡献。主要负责完成：1. 创建了多源语义融合的零件对象预分类方法；2.创建了产品共性模块集的频繁模式图模型；3.组织了装配体通用结构发掘方法在飞机结构设计和模型资源库建设方面的工程应用工作。
李奕璇	6	无	无	西北工业大学	西北工业大学	对技术创新点 2、3 做出了创造性贡献。主要负责完成：1.创建了面向零件和装配体的离散个体广义空间距离度量模型；2.创建了考虑个体形状和配合信息的零件对象聚类分析模型，建立了局部差异抑制的零件结构分类方法。

八、主要完成单位情况（不超过 3 个）

完成单位	排名	对本项目主要贡献（限 600 字）
西北工业大学	1	西北工业大学是本项目的技术牵头单位，是国家自然科学基金、陕西省自然科学基金基础研究计划等项目的主要完成单位。针对国家型号飞机系列化发展、短周期迭代、低成本设计的敏捷研制重大需求，聚焦三维模型资产复用、通用结构智能发掘等关键问题，西北工业大学牵头创建了多粒度三维模型对象信息统一量化描述模型，突破了全域信息感知的三维模型多模式检索技术、以及局部差异融合的模型对象分类与通用结构发掘技术，开发了三维模型检索与通用结构发掘等系统。项目成果直接应用于中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所承担的某重点型号飞机、陕西飞机工业有限责任公司承担的运 9 特种机系列、中航沈飞民用飞机有限责任公司承担的 C919、A220 等型号结构设计、工艺设计、工装设计和模型资源库建设工作。形成了飞机敏捷研制的多粒度三维模型检索与通用结构发掘技术体系，实现了模型资产复用从单场景、关键字查询向跨场景、全域信息理解的转变，推动了我国飞机敏捷研制技术的跨越式发展。
西安工程大学	2	西安工程大学是本项目的主要参研单位，与西北工业大学联合完成了多粒度对象知识图谱模型构建、渐进式策略的多粒度候选对象扩散搜索、公共子图近似匹配的模块共性结构搜索等方法的研究。围绕飞机研制的多场景模型资源复用需求，共同完成了多模态信息预处理、模型描述符生成、模型相似性测度、模型分类、通用结构发掘等算法的开发验证，参与形成了三维模型多模式检索、三维模型通用结构发掘、三维模型对象描述符管理等软件系统。参与完成了项目软件系统与型号应用单位 CAD、PDM 系统的集成工作。
中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	3	中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所是本项目的主要参研单位，与西北工业大学联合完成了模型对象多模态异构数据预处理方法、多源语义融合的零件对象预分类、产品共性模块集的频繁模式图模型构建等方法研究，联合完成了关键算法的测试验证工作。面向型号结构设计、工艺设计、工装设计和模型资源库建设的共性需求，参与制定了项目成果的应用推广方案，规划了依托标准信息传输接口和 CAD 模型适配策略的应用推广机制。组织了项目成果在某重点型号飞机结构设计和模型资源库建设方面的工程应用工作。

九、完成人合作关系说明

第一完成人张杰与西北工业大学核心项目组成员（逢嘉振、李奕璇），自 2015 年起，共同承担了国家自然科学基金面上项目“支持多粒度重用的三维装配体多源信息融合发掘研究（51475371）”、“大规模领域场景的三维模型多尺度知识表征与检索（52175252）”等多个项目的研究工作，构建了多粒度三维模型对象信息统一量化描述模型，突破了全域信息感知的三维模型多模式检索技术、局部差异融合的模型对象分类与通用结构发掘技术，开发了具有自主知识产权的三维模型检索与通用结构发掘等软件系统，形成了面向飞机敏捷研制的多粒度三维模型检索与通用结构发掘技术体系，共同获得了专利、论文等知识产权成果。

第一完成人张杰与西安工程大学唐文斌，自 2020 年起，围绕国家自然科学基金面上项目“大规模领域场景的三维模型多尺度知识表征与检索（52175252）”等项目的任务需求，完成了多粒度对象概念泛化表征模型和实例化关联信息网络模型构建、渐进式策略的多粒度候选对象扩散搜索、公共子图近似匹配的模块共性结构搜索等技术的攻关工作，参与研发了三维模型检索与通用结构发掘系统等软件系统，共同获得了专利、论文等知识产权成果。

第一完成人张杰与中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所周小波、郑党党，自 2021 年起，以科研合作项目“模型和数据驱动的飞机设计与仿真技术（KTK11-21Z11-0414）”为依托，就面向飞机设计的模型资源库建设、三维模型检索、通用结构发掘等关键技术开展合作研究，突破了模型对象多模态异构数据预处理、多源语义融合的零件对象预分类等方法，规划了成果应用推广方案，完成了型号结构设计、通用模型资源库建设的工程应用工作，协助指导了项目成果在飞机工艺设计和工装设计场景的工程应用工作。