

公开

2026 年度拟提名陕西省科学技术奖项目公示内容

一、项目名称

大型运输类飞机结构强度分析系统研制与应用

二、提名者及提名意见

提名者：中共陕西省委军民融合发展委员会办公室

提名意见：

该项目基于大型运输类飞机研制的迫切需求，开展了飞机结构强度分析系统研制及应用技术研究，将与强度设计相关的人员、方法、数据、工具等统一到该系统中，多用户可并行开展机体静强度、疲劳、损伤容限、起落架强度以及典型疲劳细节参数化建模等工作，实现了飞机结构强度设计的一致性和规范化；集成了大型运输类飞机设计载荷、设计方法、分析模型、材料参数等 7 类工程实用数据，构建了完整规范的结构强度数据库，确保了强度分析数据的同源性和追溯性，实现了强度设计经验的积累和传承；融合飞机典型结构试验结果，构建机体典型结构疲劳计算方法和损伤容限计算方法，优化了疲劳寿命评估流程，大幅提升了飞机结构寿命评估的可靠度。

该项成果申报材料属实，主要完成单位和完成人排序已协调一致，无异议。

提名该项目为陕西省科技进步奖三等奖。

三、项目简介

本项目来源于一飞院 2015 年度专业建设课题计划，项目研制周期为 2016 年 1 月至 2022 年 3 月。

近年来，一飞院承担了大型运输类飞机的研制，其结构规模、承载能力和寿命指标是以往型号的数倍，研制难度呈指数级增长，结构图纸数量也是以往任何型号的 10 倍以上，若再进行多轮次迭代分析其计算量将是天文数字，现有的手段根本无法满足研制需求。为了提高飞机结构强度设计的可靠性及工作效率，开展了飞机结构强度分析系统研制工作，主要技术创新点如下：

1、首次构建了覆盖强度多专业的国产化分析系统，包括静强度、载荷谱编制、疲劳/损伤容限分析以及腐蚀寿命评定等，整合了分布式计算机资源和异构设计数据源，实现了数据信息、设计知识的集成共享。强度分析系统框架主要针对项目管理、流程管理、资源管理以及任务动态协同管理等。

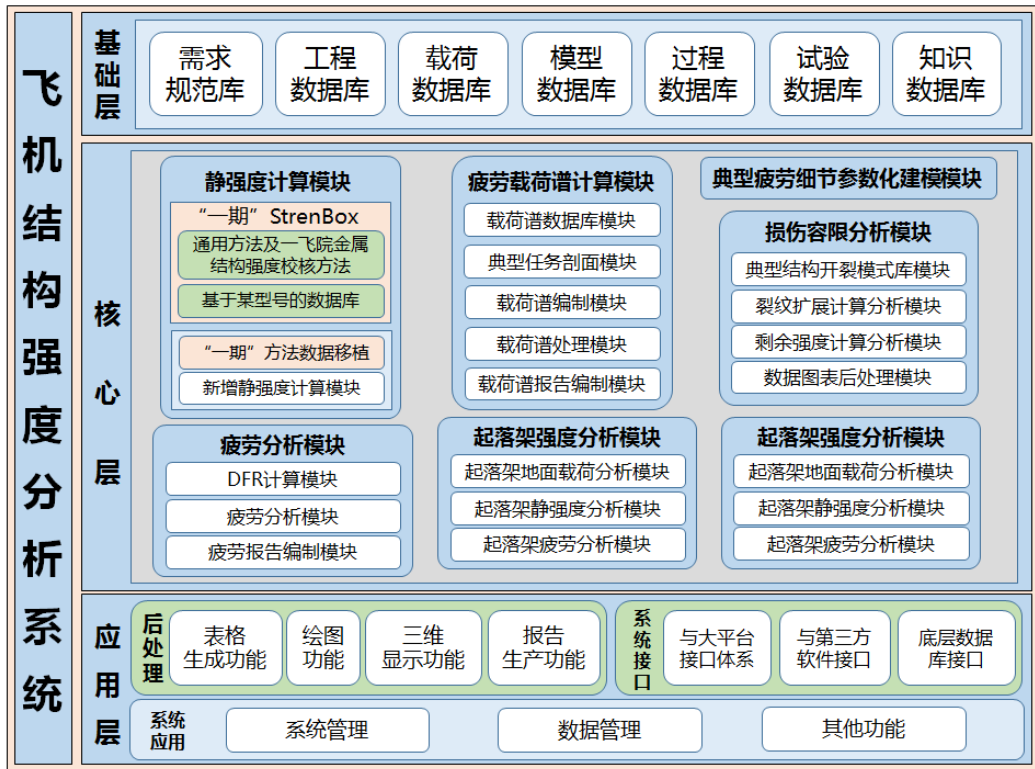


图 1 结构强度分析系统框架构建

2、针对强度自动化分析系统集成的静强度、疲劳、损伤容限、载荷谱编制等专业，在明确工作步骤、工作项目、输入输出内容的基础上，梳理并重塑了程序化计算流程，实现了强度设计流程的一致性和规范化，提升了计算结果的稳定性和可靠性。

本项目在设计结构静强度分析流程时，构建了强度设计的“大循环”和“小循环”来规范流程，系统通过“大、小循环”控制功能模块的紧密配合和有机融合，形成了强度设计循环自动化控制，使全机强度计算自动化成为现实；在建立疲劳分析流程时，将 DFR 计算方法与具体的型号模型、载荷谱及计算部位受载情况进行关联，可对飞机同类结构的疲劳寿命进行批量计算。

3、系统梳理了强度各专业强度设计用数据，首次设计并搭建起强度分析系统的底层数据支撑体系，形成了七大类数据库，从根本上保证了强度分析用数据的同源性。

完备的数据库在保证强度设计结果一致性的基础上，使各型号研制中形成的各种方法、试验结果及知识经验等用于指导后续结构设计，实现强度设计经验及知识的复用。

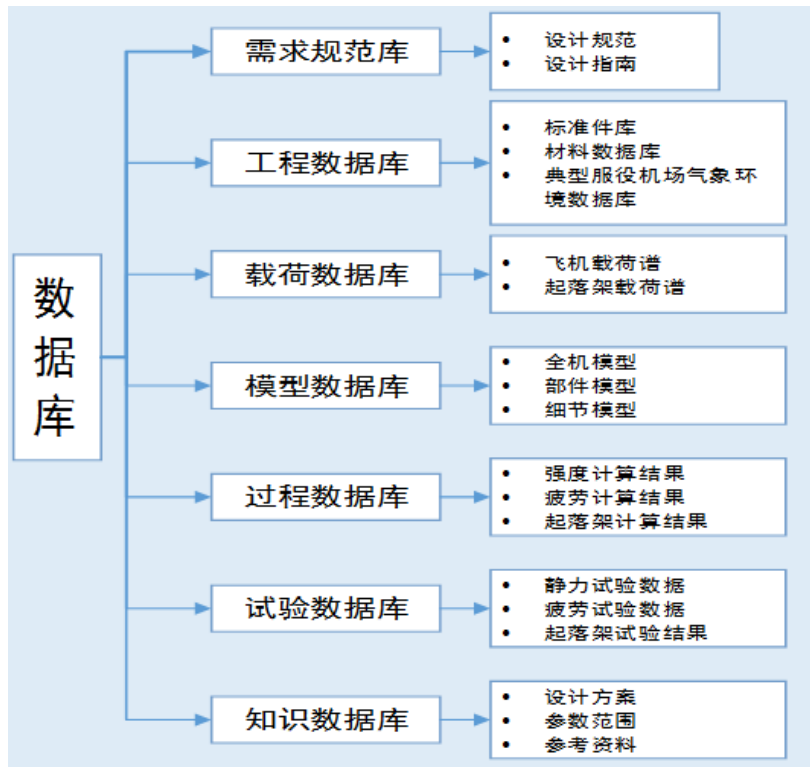


图 2 强度设计数据库内容

4、基于以往型号强度设计情况，重新审视强度传统设计方法，融合最新技术成果，进行强度设计方法有效性对比分析研究，择优录取，固化成果，形成了一个完整、可靠、高效的强度设计方法及程序库。本项目共集成了 101 种静强度分析方法，形成了典型结构分析、典型组合结构分析及典型部件结构分析 3 个子模块；完成 20 种基本结构、11 种机身典型连接结构、9 种机翼典型连接结构的 DFR 疲劳分析法。通过对 ASDT 软件的优化整合，研究整体翼梁和整体壁板以及典型耳片接头疲劳损伤容限试验成果，填补了该类典型飞机结构应力强度因子库。

项目已申请发明专利 10 项，授权发明专利 8 项，登记软著 10 项，发表科技论文 4 篇。

该项目已完成研制，并成功应用于大运、预警机等型号研制及技术攻关中，实现了强度设计工作模式的变革和效率的显著提升，设计效率提升 3 倍以上，设计成本减少为传统工作模式的 50% 以下，提升了飞机强度设计效率和研制质量。

四、客观评价

科技成果鉴定意见：

2024 年 11 月 22 日，中国航空工业集团有限公司科技与信息化部在西安组织召开了“大型运输类飞机结构强度分析系统研制及应用”科技成果鉴定会。鉴定委员会听取了项目技术总结报告、用户使用报告、知识产权报告和自主可控情

况分析报告，审阅了相关技术资料，经质询和讨论，鉴定意见如下：

针对我国自主研制的大型运输类飞机结构强度设计需求，研制了先进结构强度分析系统，建立了一套规范化强度数据库，开发了载荷谱、静强度、疲劳、损伤容限、腐蚀寿命评定及起落架强度等分析计算模块，形成了具有自主知识产权的大型运输类飞机结构强度分析系统，对提升大型运输类飞机结构强度分析评估可靠度、缩短研制周期具有重大意义。

主要创新点：

1)国内首次研制出一套适用千大型运输类飞机结构强度快速评估分析系统，可在一套系统上多用户并行开展机体静强度、疲劳、损伤容限、起落架强度以及典型疲劳细节参数化建模等多任务分析工作，实现了飞机结构强度一体化分析评估，设计分析效率提高了 30%；

2)集成了大型运输类飞机设计载荷、设计方法、分析模型、材料参数等 7 类工程实用数据，构建了完整规范的结构强度数据库，确保了大型运输类飞机强度设计数据的同源性和可追溯性、计算结果的稳定性，实现了强度设计经验的自动积累、传递和复用；

3)融合大型运输类飞机典型结构试验结果，构建了 20 种机体结构细节疲劳额定值计算方法，形成了斜耳片 / 整体翼梁 / 整体壁板等特殊结构应力强度因子及损伤容限分析方法，优化了机体结构寿命评估流程，大幅提升了飞机结构寿命评估可靠度。

项目技术复杂，难度很大，拥有多项自主知识产权，技术自主可控，总体技术达到国内领先水平。研究成果已成功应用于大运系列飞机、预警机等型号，并可推广于其他大型军民用飞机的强度分析，应用前景广阔，军事、经济效益重大。

鉴定委员会同意“大型运输类飞机结构强度分析系统研制与应用”项目成果通过鉴定。

五、应用情况

主要应用单位情况表

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	通过对 ASDT 软件的优化整合，研究整体壁板损伤容限研究试验及典型耳片接头疲劳损伤容限试验成果，形成了斜耳片/整体壁板/整体翼梁等典型结构应力强度因子及损伤容限分析方法，共完成大运系列飞机损伤容限分析报告 40 余份，解决了飞机典型结构损伤容限分析方法缺失、计算周期长及难度大的问题。 大运飞机在进行全机疲劳试验损伤处理时，通过应用本成果中的参数化建模工具和疲劳分析模块，在快速给出损伤处理方案的同时，大幅度提高修理方案的有效性和可靠度。疲劳试验损伤处理方案的快速给出并在新生产飞机上的及时贯改，节省了外场飞机贯改及维修的等待时间，降低外场飞机的维修成本，按机群规模 100 余架计算，可创造巨大的经济价值。 总体来说，本项目成果保障了在大运系列飞机损伤容限分析工作的顺利完成，为飞机结构检查周期的确定提供了数据支撑。在全机疲劳试验损伤处理中的应用，大大加快了结构损伤处理方案的制定，为大运飞机全机疲劳试验年度任务的完成提供了技术支持和基础支撑，确保了大运飞机长寿命设计目标的实现，军事效益和经济效益显著。	运 20 飞机	2020-12 至今	李利 /18049098704
2	中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	通过梳理强度各专业设计流程，基于流程管理和数据管理，搭建了国产化的强度分享你系统；通过总结以往型号疲劳设计工作，重新构建了 20 余种机体典型结构疲劳分析方法，解决了 EA 飞机疲劳专业设计周期长、计算结果准确性和一致性差的问题。 应用“大型运输类飞机结构强度分析系统研制与应用”项目成果，共完成强度分析报告 100 余份，优化各类强度试验 20 余项，提前暴露需优化的结构细节 10 余处，有效提升了飞机结构强度性能，为保证全机重复落震试验和耐久性与损伤容限试验的成功开展化解了风险；在设计效率显著提升的同时，从根本上提升强度专业设计能力和水平。 项目成果在 EA 飞机上的应用，大幅缩短了强度专业的研制周期，减少了技术风险，显著提高了飞机的安全性、耐久性、经济性、维修性，对保障型号设计目标寿命的实现，外场飞机的安全使用提供了有力的技术支撑。	EA 飞机	2021-03 至今	李利 /18049098704

六、主要知识产权和标准规范等目录

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	普通发明	一种运输类飞机机身长桁通过孔的DFR疲劳计算方法	中国	ZL202011612743.6	2022.10	第 5502386 号	中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	王亚芳, 史志俊, 闵强
2	普通发明	一种飞机长桁与蒙皮连接细节疲劳额定值的确定方法	中国	ZL202011598151.3	2023.1	第 5694192 号	中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	史志俊, 王亚芳, 纪露明, 张联营
3	普通发明	一种飞机地空地损伤的确定方法	中国	ZL201610766355.0	2019.1	第 3220300 号	中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	张彦军, 雷晓欣, 朱亮, 宁宇
4	普通发明	一种民机载荷谱中动态放大因子确定方法	中国	ZL202111657925.X	2022.9	第 5464665 号	中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	闵强, 王亚芳, 席胜, 秦剑波, 王新波
5	普通发明	一种孔边角裂纹应力强度因子确定的参数组合方法	中国	ZL202011610909.0	2024.2	第 6707574 号	中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	朱亮, 张彦军, 雷晓欣, 周颜
6	普通发明	一种当量损伤模型的确定方法	中国	ZL201811533517.1	2023.4	第 5848190 号	中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	张彦军, 闵强, 陈全礼, 纪露明
7	普通发	一种飞机剩余寿命的评估	中国	ZL201911376783.2	2022.9	第 5461965 号	中国航空工业集	张彦军, 雷晓欣,

	明	方法					团公司西安飞机设计研究所	宁宇, 史志俊
8	普通发明	一种蒙皮长桁组合计算单元参考应力的确定方法	中国	ZL202011598152.8	2024.4	第 6885360 号	中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	张彦军, 薛海峰, 史志俊, 王亚芳
9	论文	结构两平面穿透裂纹交互影响研究	中文	强度与环境	2018		中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	秦剑波、谢伟、王锋
10	论文	基于光滑边域有限元的二维裂纹扩展分析	中文	应用力学学报	2019		中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	秦剑波、谢伟、王锋
11	论文	冷挤压强化对双搭接结构疲劳性能影响研究	中文	西北工业大学	2021		中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	彭航、秦剑波、赵天娇
12	论文	2E12 铝合金机身壁板损伤容限特性分析与试验验证	中文	南京航空航天大学学报	2023		中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	秦剑波、宁宇、周颜、王新波
13	软著	飞机强度自动化分析平台软件	中国		2022	2022SR1343637	中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	刘成玉, 王亚芳, 史志俊, 张彦军等
14	软著	强度分析数据库软件	中国		2022	2022SR1340957	中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	雷晓欣, 刘成玉, 闵强, 张彦军等
15	软著	基于强度设计流程的集成框架软件	中国		2022	2022SR1106138	中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	史志俊, 张彦军, 刘成玉, 王向盈等

16	软著	飞机强度数据管理软件	中国		2022	2022SR1106149	中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	张彦军, 王锋, 刘成玉, 朱亮等
17	软著	腐蚀疲劳分析软件	中国		2022	2022SR1106132	中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	王继普, 史志俊, 王向盈, 刘成玉等
18	软著	飞机壁板细节模型分析平台软件	中国		2022	2022SR1106152	中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	彭航, 秦剑波, 周颜, 王亚芳等
19	软著	飞机螺栓连接参数化有限元建模软件	中国		2022	2022SR1106126	中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	周颜, 彭航, 史志俊, 秦剑波
20	软著	名义应力法疲劳分析软件	中国		2023	2023SR0612292	中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	王亚芳, 纪露明, 薛海峰, 秦剑波
21	软著	局部应力应变法疲劳分析软件	中国		2023	2023SR0612290	中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	周颜, 张彦军, 王炜, 彭航
22	软著	应力严重系数法疲劳分析软件	中国		2023	2023SR0612291	中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	张彦军, 朱亮, 彭航, 严红

七、主要完成人情况

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
王亚芳	1	无	高工	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	本人对创新点 1、2、3 做出如下创造性贡献： 1. 参与强度分析系统的搭建； 2. 组织完成疲劳分析模块的建设； 3. 完成典型结构 DFR 疲劳分析方法的提炼完善。
张彦军	2	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	1、对创新点 1 中的疲劳、损伤容限、腐蚀疲劳等集成方法和框架进行了设计； 2、对创新点 2 提出了强度数据管理软件的设计方法，并进行了数据的同源性和分析一致性确认； 3、对创新点 3 中关于蒙皮长桁组合计算单元参考应力等强度分析方法进行了修正，提高了强度分析效率和精度。
孙仁俊	3	副总师	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	本人对创新点 1、2 做出如下创造性贡献： 提出强度分析系统及强度数据库建设的思想，在项目开发过程中给出指导性意见与建议，并对项目的合理性进行了技术指导和把关。
雷晓欣	4	无	高工	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	本人对创新点 1、2、3 做出如下创造性贡献： 1. 参与强度分析数据库的搭建，负责载荷谱数据的整理； 2. 负责载荷谱编制模块的建设、测试及完善工作； 3. 参与损伤容限分析模块的建设。
王 锋	5	无	高工	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	本人对创新点 2、3 做出如下创造性贡献： 1、负责材料损伤容限性能数据的收集整理； 2、负责完成损伤容限分析模块的建设、测试及完善工作。

				所		
彭 航	6	无	高工	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	本人对创新点 1、3 做出如下创造性贡献： 1、完成典型结构细节梳理，负责典型结构参数化建模流程确定； 2、牵头完成典型结构细节参数化建模模块的测试及完善工作； 3、参与疲劳分析模块的建设。
秦剑波	7	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	本人对创新点 1、3 做出如下创造性贡献： 1、参与系统框架策划工作； 2、参与细节参数化建模流程确定； 3、参与损伤容限分析方法的整理及损伤容限分析模块的建设。

八、主要完成单位及创新推广贡献

单位	排名	对本项目科技创新和应用推广情况的贡献（限 600 字）
中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所	1	中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所是该项目的完成单位，为本项目提供人力资源、技术、经费、管理等全方位保障和支持，确保了项目有序推进和最终完成。 在关键技术攻关、鼓励科技创新方面，主要做出以下贡献：将与强度设计相关的人员、方法、数据、工具等统一到该系统中，多用户可并行开展机体静强度、疲劳、损伤容限、起落架强度以及典型疲劳细节参数化建模等工作，实现了飞机结构强度设计的一致性和规范化；集成了大型运输类飞机设计载荷、设计方法、分析模型、材料参数等 7 类工程实用数据，构建了完整规范的结构强度数据库，确保了强度分析数据的同源性和追溯性，实现了强度设计经验的积累和传承；融合飞机典型结构试验结果，构建机体典型结构疲劳计算方法和损伤容限计算方法，优化了疲劳寿命评估流程，大幅提升了飞机结构寿命评估的可靠度。

九、完成人合作关系说明

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作起始时间	合作完成时间	合作成果	证明材料
1	共同成果鉴定	王亚芳/1 张彦军/2 孙仁俊/3 雷晓欣/4 王 锋/5 彭 航/6 秦剑波/7	2016. 01	2022. 03	国防科学技术成果鉴定证书	鉴定证书
2	共同知识产权	张彦军/2 雷晓欣/4	2018. 01	2019. 01	一种飞机地空地损伤的确定方法	见“主要知识产权和标准规范等目录”序号 3
3	共同知识产权	张彦军/2 雷晓欣/4	2021. 9	2022. 09	一种飞机剩余寿命的评估方法	见“主要知识产权和标准规范等目录”序号 7
4	论文合著	秦剑波/7 王锋/5	2017. 11	2018. 02	结构两平面穿透裂纹交互影响研究	见“主要知识产权和标准规范等目录”序号 9
5	论文合著	彭航/6 秦剑波/7	2020. 9	2021. 2	冷挤压强化对双搭接结构疲劳性能	见“主要知识产权和标准规范等目录”

					影响研究	序号 11
6	共同软著	王亚芳/1 张彦军/2	2021	2022	飞机强度自 动化分析平 台软件	见“主要知识 产权和标准 规范等目录” 序号 13
7	共同软著	雷晓欣/4 张彦军/2	2021	2022	强度分析数 据库软件	见“主要知识 产权和标准 规范等目录” 序号 14
8	共同软著	张彦军/2 王锋/5	2021	2022	飞机强度数 据管理软件	见“主要知识 产权和标准 规范等目录” 序号 16
9	共同软著	彭航/6 秦剑波/7 王亚芳/1	2021	2022	飞机壁板细 节模型分析 平台软件	见“主要知识 产权和标准 规范等目录” 序号 18