



附表 1

完成人合作关系说明

“金属薄壁多层结构涡流阵列检测技术”的应用研究，设计了一种阻抗匹配的低频柔性涡流阵列探头，解决了柔性检测探头因匝数少无法实现低频激励检测的问题，实现了机身、机翼等薄壁多层结构埋深 4mm 缺陷的检测；提出了多频-脉冲涡流复合聚焦激励技术、多通道差分与相位合成优化滤波算法，解决了薄壁多层结构中螺栓和铆钉等结构噪声干扰大、深层微弱缺陷信号提取难等问题，实现了机身、机翼等薄壁多层结构的第二层下表面 0.2mm 当量缺陷信号的评定；提出了一种抑制复杂结构边缘扰动信号的原位快速检测方法，研制了圆形、V 型、 Ω 型仿形适形工装及专用涡流探头，显著降低了孔、R 角等复杂结构边缘诱发的干扰信号，检测效率提升 40%。

该项目属于航空材料技术领域，通过“金属薄壁多层结构涡流阵列检测技术”的应用，实现了薄壁结构（如薄板、薄壁管）的入厂复验项目及飞机蒙皮、壁板等表面、近表面缺陷的快速、准确检测。为后续自动化涡流阵列检测技术应用奠定了基础。

为确保该项目工作的顺利开展，成立了项目攻关团队，各团队成员协同工作，顺利完成了项目目标，达到了技术指标要求。技术指导团队成员，主要负责技术方案的总体论证、方案设计、技术攻关，其成员包括张家瑞、张亚荣；项目实施团队成员，主要负责项目实施、项目进度管控、项目质量监控，其成员包括李进、王玮、王景海、石爱乾。

第一完成人签名：杨书勤

2026.09.11





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	主持项目，整体把控项目方案制定，组织完成金属薄壁多层结构涡流阵列检测技术应用研究。	杨书勤/1 张家瑞/2 张亚荣/3 王景海/4	2020 年 01 月 01 日	2022 年 12 月 31 日	专利《一种三通接头加工的涡流检测方法》、《一种用于孔型内壁缺陷定位、定量涡流检测工装》、《一种无蒙皮损伤的涡流检测装置》、《一种无损检测工具》、 标准《航空无损检测方法 涡流检测》	附件 1 附件 2 附件 10 附件 11 附件 3
2	组织技术方案的论证，完成工艺流程设计，优化工艺设计及专用对比试样设计工作。	张亚荣/1 张家瑞/2 李进/3 石爱乾/4 王玮/5	2020 年 01 月 01 日	2022 年 12 月 31 日	专利《一种用于孔型内壁缺陷定位、定量涡流检测工装》、 《一种无损检测工具》、 鉴定证书	附件 2 附件 9
3	工艺试验验证及判定工作。	张家瑞/1	2020 年 01 月 01 日	2022 年 12 月 31 日	标准《航空无损检测方法 涡流检测》	附件 3

承诺：本人作为项目第一完成人，对本项目完成人合作关系及上述内容的真实性负责，特此声明。

第一完成人签名：杨书勤

2026.09.11

