

陕西省科学技术进步奖公示材料

(2026年度)

一、项目名称

基于自然人机交互及协同操作控制的“人在回路”维修训练技术

二、提名者及提名意见

1. 提名者

中共陕西省委军民融合发展委员会办公室

2. 提名意见

提名该项目为陕西省科学技术进步奖三等奖

三、项目简介

本成果属于先进人机交互控制仿真与计算机辅助技术的交叉应用领域。复杂装备自动化程度和智能化水平的提升，使其故障维修难度大、维修过程复杂，需要多个技术部门和维修人员的协同配合才能顺利完成维修任务，既要考虑设备部件的维修工艺、技术规范和操作步骤，又要考虑不同维修人员的任务合理规划与分配以及维修操作过程中相互之间的协同配合。当前复杂装备的维修教学和训练主要依赖于例试品或实物模具，模式单一、效率偏低、成本较高；尤其对于新型装备，缺乏同步开展维修训练的现实条件，导致所需的维修技术人员极其缺乏，极大制约了野外条件下的靠前维修和保障能力，已成为部队当前亟待解决的实际困境和技术难题。

过去 30 多年间，美英法等发达国家基于虚拟维修训练（VM

Training, VMT) 技术进行了上万台装备的维修训练, 提高训练效率 80%以上, 节约数十亿美元的保障经费。自 2016 年“VR 元年”起始, 我国将重点建设 AR/VR 工程技术提升到新的战略高度, 尤其是在军事和国防领域的应用研究。本技术正是瞄准复杂装备维修技能训练的现实困难, 在国家自然科学基金、陕西省自然科学基金计划、装备维修改革、装备维修计划等项目资助下, 基于协同式虚拟维修训练 (CVM Training, CVMT) 技术, 探索面向“人在回路”且多人协作维修训练的基础应用理论和共性关键技术, 解决制约其广泛应用于工程实践的技术难题, 提供具有自主知识产权的新技术和新方法, 进一步推动 CVMT 技术在我国军事和国防领域的应用, 具有较强的综合性、交叉性和复杂性。

四、客观评价

本项目通过深入研究 CVMT 中自然人机交互及协同操作控制的基础理论和共性关键技术, 有效地解决制约该技术广泛应用于工程实践的瓶颈问题, 从而建立特征化、程式化和智能化的协同式人机交互控制理论和方法体系, 为该领域提供一种具有自主知识产权的 CVMT 及多人协同自然交互控制的新方法, 进一步推动基于 VR/AR 的 CVMT 技术在我国航空航天、国防和军事领域的广泛应用。

2022 年 11 月 25 日, 组织召开了成果鉴定会, 由多名国内高校及行业领域的知名专家组成了鉴定委员会, 听取了项目的技术报告、资料审查报告, 审查了应用证明, 经讨论一致认为: 项目瞄准复杂装备维修技能训练的具体需求, 针对多个操作人员的协同式虚拟维修训练 (CVMT) 技术及实现途径, 研究基于自然人机交互及协同操作控制的

“人在回路”维修训练技术。认为该项目的相关技术难度大，具有自主知识产权，在多人自然人机交互及协同操作控制技术方面有创新，居国内领先水平。

西北工业大学杜晓旭教授（长江学者）及其团队对项目进行了技术评价，认为“项目围绕复杂装备多人维修训练所涉及的基础应用理论和共性关键技术开展研究，具有较强的复杂性和交叉性”；研究成果“为开展复杂装备多人维修训练方法研究和应用开发提供了有益的技术支撑，能够有效降低开发成本、提高训练效率，具有较好的军事意义和社会效益。”

五、应用情况

项目相关研究成果在项目成果在工业部门、高等院校、国/民营企业、基层部队等多家单位得到了推广和应用，由于其提升了应用系统的开发效率、降低了开发成本，为相关项目研制提供了有效的技术支撑，且降低了装备维修教学和训练成本、提高了训练效率和效果，得到了各应用单位的一致好评。具体应用情况如下：

（1）2022 年 06 月至 2024 年 07 月期间，北京航天长征飞行器研究所在其承担的某重点预研项目中，对成果中的人机交互行为特征建模、多人协同维修操作控制建模、同步更新和一致性实现等方法与技术进行了应用，根据该应用单位的实际应用情况和反馈意见，可以看出相应的仿真模型和控制方法具有较好的通用性、扩展性和鲁棒性，为复杂装备多人协同操作训练系统构建提供了有效可靠的技术途径，并提高了开发效率及训练效果。

（2）2023 年 5 月至 2025 年 6 月期间，西安工业大学对成果提出的基于人体运动捕捉的虚实映射匹配与实时自然人机交互控制、多人协同操作过程交互控制及数据信息处理等技术与方法进行了应用，根据该应用单位的实际应用情况和反馈意见，可以看出相关的技术与方法具有较好的通用性和可扩展性，模块化设计便于开展其他领域的应用开发，有效缩短了开发周期，降低了开发成本，为开展相关课题研究和应用开发提供了可靠的技术支撑。

（3）2023 年 9 月至 2025 年 9 月期间，成都天奥集团有限公司对成果中面向层次化维修对象序列的协同式维修操作过程建模及其人机交互行为特征建模技术进行了应用，有效指导大型装备操作训练任务层次化建模、多人协同式维修操作过程建模、多人协同人机交互行为特征建模，根据该应用单位的实际应用情况和反馈意见，可以看出相关技术通过结构化、公式化的表达，大大降低了复杂建模过程的难度；通过重用和扩展确保更大规模多人协同操作的行为约束与高效处理，提高了人机交互控制的可靠性和准确性。

（4）2023 年 3 月至 2025 年 6 月期间，湖南六九零六信息科技股份有限公司针对多型复杂装备维修训练系统应用开发，对成果中面向层次化维修对象序列的协同式维修操作过程及其人机交互行为特征建模技术、基于所有权对等转移与仿真时间推进机制的多人协同维修操作及并发冲突控制决策技术进行了应用，根据该应用单位的实际应用情况和反馈意见，可以看出相关技术大大降低了建模难度，确保操作训练过程有序、可靠，经济高效完成多型复杂装备的维修训练任务。

（5）2023 年 9 月至 2025 年 10 月期间，北京未尔锐创科技股份有限公司围绕分布式协同交互操作训练方面的应用系统开发，对成果中基于对象信息模板与仿真时间同步和状态补偿方法的异构数据信息处理方法、基于所有权对等转移与仿真时间推进机制的多人协同维修操作及并发冲突控制决策技术进行了应用，根据该应用单位的实际应用情况和反馈意见，可以看出相关技术与方法能有效处理异构数据的转换映射、交互处理和同步更新，确保其可靠交互通信和同步处理，提高了数据信息交互的可靠性；并能有效处理多操作人员的协同配合和并发操作，确保其准确性和可靠性，且缩短了开发周期，降低了开发成本。

（6）2023 年 7 月至 2025 年 6 月期间，华一智创科技发展有限公司围绕复杂系统中异构数据信息的协同交互和同步更新处理需求，对成果中基于对象信息模板与仿真时间同步和状态补偿方法的异构数据信息一致性实现技术进行了应用，根据该应用单位的实际应用情况和反馈意见，可以看出相关技术与方法能够有效解决异构数据信息的交互处理，且具有较好的兼容性和鲁棒性，便于扩展和升级，提高了异构数据信息的处理效率和交互通信速率。

（7）2023 年 6 月至 2025 年 9 月期间，西安晶淼光电科技有限公司结合本单位的技术研究和应用开发需求，对成果中“人在回路”虚实映射匹配及协同式实时自然人机交互控制技术进行了应用，根据该应用单位的实际应用情况和反馈意见，可以看出相关技术与方法能够实现虚实映射和“身临其境”的训练效果，有效解决不少于 5 人的并行操作训练和人机交互控制，可基于现有软硬件条件进行设计与开发，降低了应

用开发难度和成本，为开展技术研究和应用开发提供了有益的技术支撑。

六、主要知识产权和标准规范等目录（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	国家发明专利	一种基于对象所有权动态分配与时效限制的协同操作并发冲突控制方法	中国	ZL202210566616.X	2023.09	6371028	中国人民解放军火箭军工程大学	李向阳 王蕊 张志利 高钦和 梁丰 何祯鑫
2	国家发明专利	一种复杂系统异构数据信息一致性协同处理方法、系统及储存介质	中国	ZL202110211306.1	2024.03	6793168	中国人民解放军火箭军工程大学	李向阳 王蕊 梁丰 张志利
3	国家发明专利	一种基于智能设备的协同式人机交互控制方法	中国	ZL202110175968.8	2024.05	6978768	中国人民解放军火箭军工程大学	李向阳 王蕊 张志利 梁丰
4	国家发明专利	一种基于有限输入信息的虚拟人体运动实时交互控制方法	中国	ZL201310375902.9	2017.02	2373617	中国人民解放军火箭军工程大学	李向阳 张志利 梁丰 高钦和 汤志波
5	国家发明专利	一种光学式人体运动捕捉手臂信息补偿方法	中国	ZL201310375951.2	2017.11	2706001	中国人民解放军火箭军工程大学	张志利 李向阳 黄先祥 高钦和 梁丰
6	实用新型专利	一种协同式训练操作终端	中国	ZL202421028731.2	2025.04	22725940	中国人民解放军火箭军工程大学	李向阳 王蕊 汪潇 候帅
7	实用新型专利	一种便携式操作显控终端	中国	ZL202420510916.0	2024.10	21787402	中国人民解放军火箭军工程大学	李向阳 杜文正 王蕊 王俊提

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
8	软件著作权	多元异构数据统一处理服务系统	中国	2021SR0102361	2021.01	软著登字第6826678号	中国人民解放军火箭军工程大学	李向阳 王蕊 王梁 王丰
9	软件著作权	协同式人机交互设备控制系统	中国	2021SR0101814	2021.01	软著登字第6826131号	中国人民解放军火箭军工程大学	李向阳 张志利 王蕊 王梁 王丰
10	软件著作权	协同式人机交互操作与并行控制系统	中国	2022SR1233272	2022.08	软著登字第10187471号	中国人民解放军火箭军工程大学	李向阳 王蕊 王梁 王丰

七、主要完成人情况

1. 第 1 完成人

姓名：李向阳

技术职务：副教授

工作单位：中国人民解放军火箭军工程大学

完成单位：中国人民解放军火箭军工程大学

对本项目贡献：

技术负责人，全面负责总体方案设计和技术方法研究。代表知识产权 1-10 的第一发明人。

独立完成了关键技术实现（1）中第 2）部分、（2）中第 2）部分的科技创新。

合作完成了关键技术实现（1）中第 1）部分、（2）中第 1）和 3）部分、（3）中第 1）-3）部分、（4）中第 1）-2）部分的科技创新，建

立了协同式维修操作过程模型、设计了多人实时自然人机交互控制流程和异构数据信息处理方法、提出了状态补偿的数据信息一致性实现方法、开发了多人协同操作的并发冲突控制流程和基于仿真时间推进机制的协同式人机交互控制模型。

2. 第 2 完成人

姓名：高钦和

技术职务：教授

工作单位：中国人民解放军火箭军工程大学

完成单位：中国人民解放军火箭军工程大学

对本项目贡献：

完成了对项目研究方案的优化设计、核心把关及技术指导等工作。是代表知识产权 1、4、5 的主要发明人。

合作完成了关键技术实现（1）中第 1）部分、（2）中第（1）部分、（3）中第 2）-3）部分、（4）中第 1）部分的技术与方法创新，分别设计了层次化维修对象序列的信息描述方式、给出了实时自然人机交互控制的映射方法、构建了异构数据信息的标准化转换机制、设计了并发冲突控制的基本策略。

3. 第 3 完成人

姓名：王蕊

技术职务：副教授

工作单位：中国人民解放军火箭军工程大学

完成单位：中国人民解放军火箭军工程大学

对本项目贡献：

代表知识产权 1-3、6-10 的主要发明人。

合作完成了关键技术实现（2）中第 3）部分、（3）中第 1）-2）部分、（4）中第 1）部分的科技创新，分别给出了人机交互控制数据信息处理方法、设计了维修操作及其评价的对象信息模型、给出了操作输入数据信息的优化补偿处理方法。

4. 第 4 完成人

姓名：程洪杰

技术职务：教授

工作单位：中国人民解放军火箭军工程大学

完成单位：中国人民解放军火箭军工程大学

对本项目贡献：

合作完成了关键技术实现（3）中第 1）部分、（4）中第 1）部分的技术与方法创新，分别设计了面向层次化维修对象序列的协同式操作过程数学模型的基本结构、设计了所有权对等转移机制的并发冲突控制的基本逻辑流程。

5. 第 5 完成人

姓名：张志利

技术职务：教授

工作单位：中国人民解放军火箭军工程大学

完成单位：中国人民解放军火箭军工程大学

对本项目贡献：

代表知识产权 1-5、9 的主要发明人。

合作完成了关键技术实现（1）中第 1）部分、（2）中第 1）、3）部分、（3）中第 2）部分、（4）中第 1）部分的科技创新，分别设计了层次化维修对象序列、给出了层次化的人体骨骼结构模型、制定了维修动作判定规则、提供了仿真时间同步机制的数据处理方法、设计了对象属性的并行访问和更新方法。

6. 第 6 完成人

姓名：梁丰

技术职务：讲师

工作单位：中国人民解放军火箭军工程大学

完成单位：中国人民解放军火箭军工程大学

对本项目贡献：

代表知识产权 1-5、8-10 的主要发明人。

合作完成了关键技术实现（2）中第 3）部分、（3）中第 1）部分、（4）中第 1）部分的科技创新，分别给出了动作捕捉系统的数据优化处理方法，设计了基于 XML 的对象信息模板、分析了属性所有权状态类型、对比了消息传递方式、确定了时间推进机制的相应类型。

7. 第 7 完成人

姓名：候帅

技术职务：讲师

工作单位：中国人民解放军火箭军工程大学

完成单位：中国人民解放军火箭军工程大学

对本项目贡献：

代表知识产权 6 的主要发明人。

合作完成了关键技术实现（1）中第 1）部分、（2）中第 3）部分、（4）中第 2）部分的技术与方法创新，分别设计了面向层次化维修对象序列的协同式操作过程的原理模型结构、构建了基于 XML 的异构数据信息转换结构、设计了基于仿真时间推进机制的基本流程框架。

八、主要完成单位及创新推广贡献

完成单位 1：中国人民解放军火箭军工程大学

对本项目贡献：

（1）作为项目完成单位，下属的“导弹发射与定向瞄准技术”军队重点实验室及其发射系统仿真子实验室，拥有一批开展先进仿真技术研究且具有国际、国内先进水平的仪器设备，包括协同式虚拟维修技术实验系统、光学式人体动作捕捉系统、HLA 分布式交互仿真平台、立体投影系统、基于 AR 的通用协同式操作软件平台，以及空间位置跟踪装置、数据手套等 VR 交互设备，提供了开展各项技术和方法研究所需的硬件

设施和研究平台。

(2) 为课题组开展项目研究提供了必要的人员力量和技术支援，通过各领域专家的评审把关、校院两级科研团队的技术指导，开拓了研究思路和创新思维，同时基于数字化的图书文档资源和先进的超级计算平台，为本项目研究提供了充分的技术资料保障和实验验证支持，也为项目研究成果提供了有效的应用推广平台。

(3) 根据课题组的实际情况，本单位管理部门充分保障开展本项目研究所需的实验和研究场所条件，并牵头协调和解决各类测试仪器和实验设备的租借、使用问题，确保了项目各项研究工作的顺利开展；积极协调基层部队、军队院校和工业部门，确保研究成果顺利推广应用，并取得较好的实训效果。

九、完成人合作关系说明

1.第 1 完成人与其他完成人合作关系

(1) 第 1 完成人与第 2、4、5、6 完成人通过共同知识产权方式，合作完成代表知识产权“一种基于对象所有权动态分配与时效限制的协同操作并发冲突控制方法”（国家发明专利），合作起止时间为 **2022.05-2023.09**，证明材料详见附件 1。

(2) 第 1 完成人与第 3、5、6 完成人通过共同知识产权方式，合作完成代表知识产权“一种复杂系统异构数据信息一致性协同处理方法、系统及储存介质”（国家发明专利），合作起止时间为 **2021.02-2024.03**，证明材料详见附件 2。

(3) 第 1 完成人与第 3、5、6 完成人通过共同知识产权方式，合

作完成代表知识产权“一种基于智能设备的协同式人机交互控制方法”（国家发明专利），合作起止时间为 **2021 年 2 月**，证明材料详见附件 3。

（4）第 1 完成人与第 2、5、6 完成人通过共同知识产权方式，合作完成代表知识产权“一种基于有限输入信息的虚拟人体运动实时交互控制方法”（国家发明专利），合作起止时间为 **2013.01-2017.02**，证明材料详见附件 4。

（5）第 1 完成人与第 2、5、6 完成人通过共同知识产权方式，合作完成代表知识产权“一种光学式人体运动捕捉手臂信息补偿方法”（国家发明专利），合作起止时间为 **2013.01-2017.11**，证明材料详见附件 5。

（6）第 1 完成人与第 3、7 完成人通过共同知识产权方式，合作完成代表知识产权“一种协同式训练操作终端”（实用新型专利），合作起止时间为 **2024.05-2025.04**，证明材料详见附件 6。

（7）第 1 完成人与第 3 完成人通过共同知识产权方式，合作完成代表知识产权“一种便携式操作显控终端”（实用新型专利），合作起止时间为 **2024.05-2024.10**，证明材料详见附件 7。

（8）第 1 完成人与第 3、6 完成人通过共同知识产权方式，合作完成代表知识产权“多元异构数据统一处理服务系统”（计算机软件著作权），合作起止时间为 **2020.10-2021.01**，证明材料详见附件 8。

（9）第 1 完成人与第 3、5、6 完成人通过共同知识产权方式，合作完成代表知识产权“协同式人机交互设备控制系统”（计算机软件著作权），合作起止时间为 **2020.11-2021.01**，证明材料详见附件 9。

（10）第 1 完成人与第 3、6 完成人通过共同知识产权方式，合作

完成代表知识产权“协同式人机交互操作与并行控制系统”（计算机软件著作权），合作起止时间为 **2020.12-2022.08**，证明材料详见附件 10。

（11）第 1 完成人与第 3、6 完成人通过共同知识产权方式，合作完成知识产权“动态数据一致性更新处理服务器软件”（计算机软件著作权），合作起止时间为 **2020.01-2020.09**，证明材料详见附件 11。

（12）第 1 完成人与第 3、6 完成人通过共同知识产权方式，合作完成知识产权“通用协同式并行交互操作软件平台”（计算机软件著作权），合作起止时间为 **2021.07-2022.06**，证明材料详见附件 16。

（13）第 1 完成人与第 3、6 完成人通过共同知识产权方式，合作完成知识产权“基于 VR 虚拟训练平台”（计算机软件著作权），合作起止时间为 **2020.01-2020.11**，证明材料详见附件 12。

（14）第 1 完成人与第 3、6 完成人通过共同知识产权方式，合作完成知识产权“基于虚拟信息的仿真实训系统”（计算机软件著作权），合作起止时间为 **2020.01-2020.11**，证明材料详见附件 13。

（15）第 1 完成人与第 3、5 完成人通过共同知识产权方式，合作完成知识产权“多屏协同流程信息动态显示与虚拟场景同步仿真软件”（计算机软件著作权），合作起止时间为 **2021.01-2021.09**，证明材料详见附件 14。

（16）第 1 完成人与第 5、6 完成人通过共同知识产权方式，合作完成知识产权“虚实结合同异步模式的多虚拟操作单元集合软件”（计算机软件著作权），合作起止时间为 **2021.03-2022.02**，证明材料详见附件 15。

(17) 第 1 完成人与第 3、5、6 完成人通过专著合著方式，合作完成代表专著“大型复杂装备协同式虚拟维修训练技术”，合作起止时间为 2016.01-2017.05，证明材料详见附件 17。

(18) 第 1 完成人与第 5、6 完成人通过专著合著方式，合作完成代表专著“协同虚拟维修中体感交互控制技术研究”，合作起止时间为 2017.12-2019.10，证明材料详见附件 18。

(19) 第 1 完成人与第 5、6 完成人通过论文合著方式，合作完成代表论文“Lower limb action recognition with motion data of a human joint” (SCI/EI 期刊)，合作起止时间为 2016.01-2016.12，证明材料详见附件 19。

(20) 第 1 完成人与第 3、5 完成人通过论文合著方式，合作完成代表论文“Data compensation based on the additional feature information for collaborative interactive operation with optical human motion capture system” (EI/T1 期刊)，合作起止时间为 2018.01-2018.12，证明材料详见附件 20。

(21) 第 1 完成人与第 2、5、6 完成人通过论文合著方式，合作完成代表论文“Natural human-computer interaction control of multi operators in collaborative virtual maintenance based on optical human motion capture system” (EI/T1 期刊)，合作起止时间为 2015.01-2016.06，证明材料详见附件 21。

(22) 第 1 完成人与第 2、5、6 完成人通过论文合著方式，合作完成代表论文“Action recognition of human’s lower limbs based on a human

joint”（EI 期刊），合作起止时间为 **2015.01-2016.03**，证明材料详见附件 22。

（23）第 1 完成人与第 5、6 完成人通过论文合著方式，合作完成代表论文“协同虚拟维修过程中虚拟人体维修操作控制”（T1 期刊），合作起止时间为 **2019.01-2020.07**，证明材料详见附件 23。

（24）第 1 完成人与第 5 完成人通过论文合著方式，合作完成代表论文“虚拟维修人员与工步等级匹配调解方法研究”（T1 期刊），合作起止时间为 **2018.01-2019.04**，证明材料详见附件 24。

（25）第 1 完成人与第 6 完成人通过论文合著方式，合作完成代表论文“虚拟维修技术：复杂装备维修保障的新模式”（核心期刊），合作起止时间为 **2017.06-2018.02**，证明材料详见附件 25。

（26）第 1 完成人与第 5、6 完成人通过论文合著方式，合作完成代表论文“基于小波变换和 Kalman 滤波的虚拟人空间位置处理”（T1 期刊），合作起止时间为 **2015.01-2016.01**，证明材料详见附件 26。

（27）第 1 完成人与第 2、3、5、6 完成人通过共同获奖方式，合作完成科技奖励“面向多人维修训练的自然人机交互及协同操作控制技术”（陕西高校科技研究优秀成果二等奖），合作起止时间为 **2016.01-2023.04**，证明材料详见附件 30。

（28）第 1 完成人与第 2、3、5、6、7 完成人通过共同获奖方式，合作完成科技奖励“基于多人协同自然交互的复杂装备协同式虚拟维修训练技术”（工信部 2022 年度全国仿真科学创新奖），合作起止时间为 **2016.01-2022.12**，证明材料详见附件 31。

(29) 第 1 完成人与第 3、5 完成人通过共同获奖方式，合作完成科技奖励“某型装备综合仿真训练系统”（工信部 2022 年度全国仿真创新应用大赛一等奖），合作起止时间为 2021.06-2022.12，证明材料详见附件 32。

(30) 第 1 完成人与第 7 完成人通过共同获奖方式，合作完成科技奖励“基于虚实融合的复杂装备教学训练信息化资源平台”（工信部 2023 年度全国仿真创新应用大赛一等奖），合作起止时间为 22022.03-2023.11，证明材料详见附件 33。

(31) 第 1 完成人与第 6 完成人通过共同完成方式，合作完成科技奖励“基于虚实结合的特种装备驾驶模拟训练技术研究”（工信部 2022 年度全国仿真创新应用大赛二等奖），合作起止时间为 2020.03-2022.12，证明材料详见附件 34。

2.其他完成人之间合作关系

(1) 第 5 完成人与被指导研究生张云荣通过论文合著方式，合作完成代表论文“基于 CPN Tools 的协同虚拟维修动态权限分配方法研究”（T1 期刊），合作时间为 2016.03-2017.09，证明材料详见附件 27。

(2) 第 5 完成人与被指导研究生王超通过论文合著方式，合作完成论文“基于移动增强现实的双机协同仿真”（T1 期刊），合作时间为 2018.03-2019.04，证明材料详见附件 28。

(3) 第 5 完成人与被指导研究生张云荣通过论文合著方式，合作完成代表论文“基于 CPN Tools 的‘多种权限+操作队列’并发冲突控制方法研究”（T1 期刊），合作时间为 2016.03-2019.06，证明材料详见附件

29。

(4) 第 5 完成人与第 6 完成人通过共同完成方式，合作完成科技奖励“基于人体动作捕捉的协同式虚拟维修操作技术研究”(2017 年度中国仿真学会全国优秀博士学位论文)，合作时间为 2012.09-2017.10，证明材料详见附件 35。