**2024年度陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖励推荐项目公示内容**

**一、成果名称：博弈对抗目标毁伤评估和毁伤关键参数测试技术**

**二、完成单位排序及贡献：西安工业大学，独立完成**

1. **成果简介：**

**成果的主要技术内容：**

本成果属于靶场测试技术和仪器仪表技术领域的应用基础研究。成果项目主要跟踪当前的防空智能导弹毁伤评估与毁伤测试研究热点，围绕具有探测制导与控制能力的导弹弹丸对抗交会毁伤评估理论计算方法与关键毁伤参数测试技术迫切需求，从防空拦截特点、近炸相对攻击目标的空间炸点位置、弹目攻防对抗博弈目标毁伤、毁伤破片特性参数测试等方面，开展一种具有对抗特征元素的弹目交会（弹丸与导弹目标交会）毁伤评估计算方法和毁伤参数测试技术。具体**成果主要内容如下：**

（1）成果主要根据具有探测制导与控制能力的弹丸引信对抗空中来袭目标或地面目标所形成毁伤效能评估需求，提出以近炸弹丸与被毁伤导弹目标作为二人零和非合作博弈对抗基础的毁伤评估技术，建立随动弹丸近炸散布对导弹目标毁伤的博弈数学模型，发展了基于对抗博弈机理的弹丸近炸及破片参量的多策略毁伤评估方法。

（2）成果基于弹目双方博弈机理，通过构建与发展弹丸与导弹目标对抗毁伤博弈策略集和博弈收益函数，发明了一种近炸多姿态下的目标毁伤博弈模型和弹目交会目标博弈毁伤纳什均衡求解的解算算法，研究目标博弈对抗的毁伤效能评估策略优化方法。

（3）研究利用统计学概率理论计算方法，按照近炸空间位置测试和破片参数测试获取的参数，配合目标毁伤参数关联模型，以及不定性空间破片分布与目标分段毁伤区间段的分布概率，研究多姿态交会下的博弈对抗目标毁伤被侵彻面积的分布计算方法；按照概率分布获得合理的目标毁伤效能评估数据集，形成近炸对抗博弈目标毁伤效能评估计算系统。

（4）成果基于博弈对抗目标毁伤模型关键毁伤参数需求，自主发明三面阵CCD相机光轴交会的弹丸炸点空间位置参数测试方法，以及三天幕靶和一线阵CCD探测平面组合的弹丸炸后破片动态参数测试技术；以及多破片位置快速识别方法。

**成果的主要创新点：**

（1）自主发明了一种博弈对抗的目标毁伤评估计算方法，发展了区间优化和粒子群优化搜索相结合的方法来求取收益不确定信息下的目标毁伤博弈均衡解解算方法。在该科学发现点，获得2项国家发明专利，发表了高质量论文10篇，其中，被SCI收录7篇。

（2）自主创新发明三面阵CCD相机光轴交会的弹丸炸点空间位置参数测试技术和三天幕靶和一线阵CCD探测平面组合的弹丸炸后破片动态参数测试技术。在该科学发现点，获得4项国家发明专利，发表了高质量论文21篇，其中，被SCI收录17篇。

（3）基于三天幕靶和一线阵CCD探测平面组合的弹丸炸后破片动态参数测试机理，创新提出多破片运动轨迹多斜率的时空匹配算法和空间点检索机理的多破片位置快速识别算法。在该科学发现点，获得2项国家发明专利，发表了高质量论文11篇，其中，被SCI收录8篇。

**成果的推广应用情况：**

（1）本研究创新成果在国内外重要学术期刊Defence Technology（影响因子：5.1）、 Measurement（影响因子：5.6）、IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement（影响因子：5.6）、IEEE Sensors Journal（影响因子：4.3）、Applied Optics、Mathematics、兵工学报等累计发表学术论文42篇，其中，被SCI收录32篇。

（2）本成果的博弈对抗目标毁伤理论算法、计算模型，以及毁伤关键参数测试方法上的创新，累计获授权的国家发明专利8项。

（3）培养了18名硕士研究生，其中，有3名获得校级优秀硕士学位论文。

（4）相关关键技术研究成果在淮海工业集团有限公司、西北工业集团有限公司、华东光电集成器件研究所等单位的产品测试中得到应用。

1. **主要论文专著目录和主要知识产权证明目录：**

**论文目录：**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **论文名称** | **刊名/出版社** | **发表时间** | **论文作者** |
| 1 | Three-dimensional coordinates test method with uncertain projectile proximity explosion position based on dynamic seven photoelectric detection screen | Defence technology | 2022年9月 | 李翰山，张晓倩 |
| 2 | A line laser detection screen design and projectile echo power calculation in detection screen area | Defence technology | 2022年8月 | 李翰山，张晓倩，张雪薇，郭全民 |
| 3 | Numerical calculation method of target damage effectiveness evaluation under uncertain information of warhead fragments | Mathematics | 2022年5月 | 李翰山，郝沄，张晓倩 |
| 4 | Multi-area detection sensitivity calculation model and detection blind areas influence analysis of photoelectric detection target | Defence technology | 2022年4月 | 李翰山，张晓倩，管辉 |
| 5 | Detection sensitivity correction calculation model and application of photoelectric detection target in four-screen intersection testing system | Measurement | 2021年6月 | 李翰山，张晓倩，张雪薇，卢莉萍 |
| 6 | Calculation model and method of target damage efficiency assessment based on warhead fragment dispersion | IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement | 2021年1月 | 李翰山，张晓倩，张雪薇 |
| 7 | Warhead fragments’ distribution measurement method by a multiscreen sensors’ intersection test mechanism and equivalent target damage probability calculation | IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement | 2021年11月 | 李翰山，张晓倩，高俊钗 |
| 8 | 复杂环境下多传感器目标识别的数据融合方法 | 西安电子科技大学 | 2020年5月 | 卢莉萍，张晓倩 |

**专著目录：**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **出版时间** | **著作名称** | **作者** | **出版单位** |
|  |  |  |  |  |

**知识产权目录：**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **授权项目名称** | **知识产权类别** | **国（区）别** | **授权号** |
| 1 | 一种近炸破片分布场弹目交汇的目标毁伤评估方法 | 国家发明专利 | 中国 | ZL201811438453.7 |
| 2 | 多探测光幕阵列时空约束多弹丸参数匹配方法 | 国家发明专利 | 中国 | ZL202110432263.X |

1. **客观评价：**

在兵器靶场测试领域，防空拦截弹目交汇对抗的毁伤评估是当前国内外所关注的研究热点，特别是随着世界各国的各种竞争力量向武器弹药研制技术方面的飞速延伸，对空间弹药武器呈现出各种各样、纷繁复杂、或明或暗的对抗与角力，对研究高新武器研制有强烈迫切需求，本成果博弈对抗目标毁伤评估和毁伤关键参数测试技术，从传统静态单一计算模型，迈向多向、多姿态静动近炸空间对抗博弈目标毁伤关联评估，可为发展我国的智能弹药和引信控制制导等研究提供科学的依据。基于研究成果在国内外高水平杂志发表论文数量及发表水平，重要研究成果创新设计方法和关键测试方法获得的国家发明专利，研究生培养和成果应用，以及论文的他引情况证明等，成果提出的理论方法、先进技术等得到认可和客观的评价。

**六、推广应用情况（技术发明、技术开发、技术推广和社会公益类项目必写）：**

**七、科学意义和科学价值（基础研究类必写）：**

针对防空拦截的弹目交汇目标毁伤，近炸相对攻击目标的空间炸点位置与它们之间的攻防对抗策略是目标毁伤计算重要参数和分析毁伤评价体系的有效手段，也是当前弹丸引信起爆控制与目标防御之间博弈的重要依据。空间对抗下的目标毁伤效能是弹丸近炸多参数与目标多元易损参数的综合体，通过弹丸引信的作用机理，按照空间相对位置的近炸与毁伤逻辑，弹丸近炸具有侵彻性和目标被侵而形成毁伤，两者之间存在了博弈关联，建立收益不确定信息弹丸近炸与目标毁伤的对抗博弈评估计算方法，为战场上的空间对抗下的最优毁伤建立高效的评价体系与理论方法，是非常有必要的。本项目成果跟踪当前的防空智能导弹毁伤评估与毁伤测试需求，围绕以具有探测制导与控制能力的导弹弹丸对抗交会为背景，创新地发展了一种博弈对抗目标毁伤评估方法与关键毁伤参数测试方法，具有很高的科学意义和科学价值。

**八、主要完成人员情况：**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **姓名** | **排 名** | **职务/职称** | **工作单位** | **完成单位** | **对项目的主要学术和技术创造性贡献** |
| 李翰山 | 1 | 教授 | 西安工业大学 | 西安工业大学 | 博弈对抗目标毁伤评估理论建模、毁伤参数测试系统设计 |
| 张晓倩 | 2 | 高级工程师 | 西安工业大学 | 西安工业大学 | 博弈对抗目标毁伤建模及其软件设计，毁伤参数测试系统标定 |
| 高俊钗 | 3 | 副教授 | 西安工业大学 | 西安工业大学 | 收益多策略目标毁伤评估决策算法和系统仿真设计 |
| 卢莉萍 | 4 | 教授 | 西安工业大学 | 西安工业大学 | 博弈对抗目标毁伤系统总体软件设计 |
| 张雪薇 | 5 | 讲师 | 西安工业大学 | 西安工业大学 | 毁伤参数测试系统试验测试和毁伤评估测试 |
| 郭全民 | 6 | 教授 | 西安工业大学 | 西安工业大学 | 毁伤参数测试系统的破片识别、匹配软件设计与验证 |

**九、完成人及完成单位合作关系说明：**

（简要叙述完成人（完成单位）在项目中的合作经历，包括合作时间、方式、产出及证明材料等。）

无

**十、知情同意证明：**

（申报奖励项目的支撑材料，其中论文、专著、专利等成果的第一作者（著者、发明人、设计人、专利权人）并非本奖励项目的主要完成人或完成单位，需征得第一完成人或完成单位同意，方可使用该成果。）

无