

项目名称：重大爆炸事件反演及爆炸物处置关键技术

提名者：中国爆破行业协会提名意见：

该成果依托国家自然科学基金课题、公安部应用创新计划项目和中石油西部管道公司委托项目等多个项目，历经龙源教授及其科研团队 10 余年联合攻关，创建了以“爆炸事件精准反演、爆炸物安全可靠处置”为核心的重大爆炸事件反演及爆炸物处置关键技术体系。

研究成果的爆炸事件反演技术在国内多项爆炸事件的分析追溯和性质认定中发挥了关键作用；爆炸物处置技术用于国内多地的销毁任务，实现了爆炸物的安全、经济和彻底处置。研究成果满足国家公共安全和社会稳定的重大需求，社会和安全效益显著。成果取得了 30 余项自主知识产权，具有广泛推广应用价值。成果推动了防灾减灾工程领域和爆炸科学技术、安全工程学科的科技进步。经审阅提名书材料和审查完成人资格，确认该成果提名材料真实有效，相关栏目的填写内容符合要求。

提名该项目为国家科学技术进步奖二等奖。

项目简介：

本项目属于社会公益类项目。重大爆炸事件反演及爆炸物处置是涉及国家公共安全的重要科学技术问题。以往爆炸事件反演主要采用传统人工追溯法，存在主要依赖经验、考虑因素不全导致推演精度不高的问题，难以对事件发生全过程和最终定性给出准确结论。此外，爆炸物处置存在识别准确率低、技术手段粗糙的缺陷，可能造成意外爆炸的严重后果。原有技术和方法无法满足新时代国家公共安全和防灾减灾的重大需求，项目研究对确保国家和社会的安全稳定意义重大。

为此，亟需攻克以下难题：①基于目标损伤反推爆炸灾变进程中的能量传递和衰减机理；②采用多样化手段反演爆炸事件现场的有效痕迹提取、海量数据甄别、爆炸逆过程量化描述；③临态爆炸物失效模式及其与激发能量的匹配关系；

④爆炸物处置的科学管理及关键技术。

2004 年以来，研究团队依托国家自然科学基金课题、公安部应用创新计划项目和中石油西部管道公司委托项目等，结合各级政府部门下达的爆炸物处置销毁任务，历经 10 余年联合攻关，创建了以“爆炸事件精准反演、爆炸物安全可靠处置”为核心的重大爆炸事件反演及爆炸物处置关键技术体系。主要创新性成果为：①构建了推演固态爆炸物爆炸事件方法的技术体系，解决了离心机反演试验装药和起爆序列等关键难题；②构建了基于爆炸现场痕迹反演爆源参数的数理模型，解决了爆炸事件反演试验的装置设计、数据采集和现场重塑的关键技术，得到目标损伤程度和范围的精确计算方法；③耦合交融数值仿真算法与大规模并

行计算、人工智能、大数据等多种手段，再现重构爆炸场域内标识性目标损伤微观孕育至宏观灾变破坏的全过程，实现了爆炸事件场景可视化精确超前预报及自动化精准事后反演；④建立了临界状态爆炸物处置的理论体系，提出爆炸物处置风险评估、应急处置的新方法，揭示了爆炸物失效的能量激发机理，发明了爆炸物处置的系列关键技术。

2004 年以来，研究团队依托国家自然科学基金课题、公安部应用创新计划项目和中石油西部管道公司委托项目等，结合各级政府部门下达的爆炸物处置销毁任务，历经 10 余年联合攻关，创建了以“爆炸事件精准反演、爆炸物安全可靠处置”为核心的重大爆炸事件反演及爆炸物处置关键技术体系。

爆炸事件反演关键技术天津港“8·12”危化品爆炸事故、乌鲁木齐“4·30”、“5·22”系列爆恐案件、南京“7·28”丙烯管道爆炸、徐州丰县“6·15”某幼儿园爆炸案件、贵州凯里“1·13”重大爆炸案件、陕西府谷“10·24”爆炸事件和南京某高校实验室残留炸药爆炸等 100 余起爆炸事故分析和定性中发挥了关键作用；爆炸物处置技术用于北京市、上海市、江苏省和天津市等地的 100 余项重大销毁任务，实现了各类炮（炸）弹、炸药火工品等爆炸物约 1000 余吨和各类子弹、雷管约 130 余万发的安全、经济和彻底处置。研究成果满足国家公共安全和社会稳定的迫切需求，社会效益显著。

依托项目研究，获国家发明专利 16 项、实用新型专利 11 项、软件著作权 6 项；出版编著 4 部；形成技术规程 1 部及规程提案 4 部；发表学术论文 95 篇，其中 SCI 收录 19 篇、EI 收录 74 篇；培养硕、博士 20 余名。成果相关内容分别获中国爆破行业协会科技进步一等奖、江苏省科学技术二等奖和军队科技进步三等奖。系列创新成果促进了爆炸科学技术和安全工程学科的内涵发展，对爆炸冲击防灾减灾和公共安全领域的科技进步具有重大推动作用，为消除重大安全隐患、构建和谐社会、维护安全稳定做出了重要贡献。

客观评价：

1、以汪旭光院士为主任的中爆协科技成果评价委员会对本成果给予了充分肯定，评价意见为：“该成果符合国家公共安全和社会稳定的要求，在爆炸事件精确反演和爆炸物安全处置的关键技术研究中取得重要突破和创新，为爆炸事件性质认定和爆源信息准确辨识提供了重要参考。综合技术处于国内领先……”。

2、天津港“8·12”瑞海公司危险品仓库特别重大火灾爆炸事故发生后，本成果完成人范磊副教授、张冀峰研究员紧急赶赴天津承担爆炸事故研判评估任务。经过科学严谨的计算和分析，向联合指挥部上报了 2 份分析报告，参与编制了上报国务院的《现场清理中防爆研判评估预案》，为形势研判和处置行动决策提供了有力的技术支持。中共天津市委、天津市人民政府、天津警备区联名发来的感谢信中评价为“行动处置果断，救援科学有效，……，开展了现场侦测、防化洗消、封存转运等工作”。

3、南京“7·28”爆炸事件发生后，受江苏省安全生产监督管理局的委托，本成果完成人龙源教授承担了该重大爆燃事故的分析 and 调查，运用本成果技术对爆炸影响区范围、丙烯量和空气混合量等参数进行深入分析，最终得到了管道丙烯爆燃事故的 TNT 炸药爆炸当量值。江苏省安监局评价为：“对该爆燃事故发生过程的反演结果与现场的实际破坏情况基本吻合，得到的丙烯管道爆燃事故造成破坏的 TNT 炸药爆炸当量值准确，为该爆炸事故的原因分析和性质认定提供了有力支撑”。

4、检索报告和查新结论：科研团队成员共发表与本科研成果内容相关的学术论文 95 篇，其中 SCIE 数据库收录 19 篇、EI 数据库收录 74 篇，CSCD 收录 2 篇；教育部科技查新工作站的查新结论为：“经过检索并对国内外相关文献分析对比结果表明，均未见：与该项目重大爆炸事件反演及爆炸物处置关键技术相同的报道”。

#### 应用情况：

本科技成果的爆炸事件反演技术已应用于包括江苏省在内的多个省（市）的 100 余起爆炸事件的爆炸性质认定、毁伤后果评估中，主要代表性案例有：天津港“8·12”瑞海公司危险品仓库特别重大火灾爆炸事故事故研判评估、南京“7·28”地下丙烯管道泄漏爆燃重大事故现场勘验与事故原因调查、南京露天采矿爆破飞石伤亡事故调查、南京某高校实验室残留炸药爆炸事故现场勘验与事故原因调查、徐州“6·15”幼儿园爆炸案件现场勘验与性质调查、陕西府谷“10·24”爆炸事件现场勘验与性质调查；本科技成果的爆炸物处置技术用于江苏省、北京市、上海市和天津市等地的 100 余项重大销毁任务，累计销毁处置各类炮（炸）弹、炸药火工品等爆炸物约 1000 余吨和各类子弹、雷管约 130 余万发。

#### 主要知识产权和标准规范等目录：

| 知识产权（标准）类别 | 知识产权（标准）具体名称             | 国家（地区） | 授权号（标准编号）        | 授权（标准发布）日期 | 证书编号（标准批准发布部门） | 权利人（标准起草单位）         | 发明人（标准起草人）             | 发明专利（标准）有效状态 |
|------------|--------------------------|--------|------------------|------------|----------------|---------------------|------------------------|--------------|
| 发明专利       | 一种在离心机平台上开展水下爆炸研究的模型试验装置 | 中国     | ZL201510844847.2 | 2017.10.31 | 第 2677365 号    | 中国水利水电科学研究院，解放军理工大学 | 陈祖煜，龙源，吴建宇，宋歌，钟明寿，梁向前等 | 有效           |

|      |                    |    |                  |            |           |         |                             |    |
|------|--------------------|----|------------------|------------|-----------|---------|-----------------------------|----|
| 发明专利 | 一种金属管管壁尖端裂缝起裂装置及方法 | 中国 | ZL201510819712.0 | 2017.12.01 | 第2721635号 | 解放军理工大学 | 龙源, 纪冲, 吴建宇, 徐全军, 毛益明, 高福银等 | 有效 |
| 发明专利 | 一种废旧爆炸物爆炸销毁装置      | 中国 | ZL201610430090.7 | 2018.03.09 | 第2840000号 | 解放军理工大学 | 钟明寿, 谢兴博, 龙源, 涂鑫, 纪冲, 李兴华等  | 有效 |

|      |                          |    |                  |            |           |                      |   |    |
|------|--------------------------|----|------------------|------------|-----------|----------------------|---|----|
| 发明专利 | 一种用于离心机水下爆炸模型试验的起爆装置     | 中国 | ZL201510801007.8 | 2017.06.20 | 第2525917号 | 解放军理工大学, 中国水利水电科学研究院 | 吴建宇, 龙源, 钟明寿, 宋歌, 梁向前等                            | 有效 |
| 发明专利 | 用于离心机水下爆炸试验的微量球形装药及制作方法  | 中国 | ZL201510801793.1 | 2017.01.25 | 第2361775号 | 解放军理工大学, 中国水利水电科学研究院 | 宋歌, 梁向前, 龙源, 钟明寿, 吴建宇, 张雪东, 周辉, 胡晶, 李兴华等          | 有效 |
| 发明专利 | 一种用于离心机水下爆炸试验的适配器        | 中国 | ZL201510802504.X | 2017.10.24 | 第2666569号 | 解放军理工大学, 中国水利水电科学研究院 | 钟明寿, 宋歌, 吴建宇, 梁向前, 龙源, 周辉, 张雪东, 胡晶, 纪冲等           | 有效 |
| 发明专利 | 一种高压金属输气管气压爆破试验泄压中管体约束装置 | 中国 | ZL201510819714X  | 2018.04.13 | 第2882252号 | 解放军理工大学              | 高福银, 徐全军, 龙源, 纪冲, 毛益明, 吴建源, 宋克健, 姜楠, 周辉, 吴建宇, 钟明寿 | 有效 |
| 发明专利 | 一种高压输气金属管气压爆破试验尖端裂缝形成装置  | 中国 | ZL201510816715.9 | 2018.10.26 | 3123192   | 解放军理工大学              | 纪冲, 龙源, 吴建宇, 徐全军, 毛益明, 吴建源等                       | 有效 |

|       |                          |    |                  |            |          |                       |                        |    |
|-------|--------------------------|----|------------------|------------|----------|-----------------------|------------------------|----|
| 发明专利  | 高压输气金属管气压爆破试验管内减压测试装置及方法 | 中国 | ZL201510817561.5 | 2018.11.30 | 3167767  | 解放军理工大学               | 宋克健, 龙源, 徐全军, 纪冲, 毛益明等 | 有效 |
| 软件著作权 | 废旧弹药销毁决策辅助系统             | 中国 | 2018SR083076     | 2018.02.01 | 02306088 | 李兴华, 谢兴博, 钟明寿, 纪冲, 范磊 | 李兴华, 谢兴博, 钟明寿, 纪冲, 范磊  | 有效 |

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   |
|-----|----|------|----------|-------------|-------------|--|
| 龙源  | 1  | 无    | 教授       | 陆军工程大学      | 陆军工程大学      | (1) 项目负责人，主持全面工作。(2) 参与创建固态爆炸物爆炸事件的反演理论与技术体系，构建气、液态爆炸物爆炸事件的模型试验与原型试验相结合的反演理论与技术体系，建立临态爆炸物处置风险评估、应急对策和技术方法体系。 |
| 陈祖煜 | 2  | 无    | 院士/教授级高工 | 中国水利水电科学研究院 | 中国水利水电科学研究院 | (1) 项目研究和开发的技术负责人之一。(2) 创建了固态爆炸物爆炸事件的离心机试验反演技术，提出反演爆炸事件的新思路，构建了反演爆炸事件的方法体系，主持解决了反演爆炸事件的试验关键技术。               |
| 谢兴博 | 2  | 副主任  | 副教授      | 陆军工程大学      | 陆军工程大学      | (1) 项目研究和应用技术负责人之一。(2) 提出了耦合交融数值仿真反演技术，参与建立临态爆炸物处置风险评估、应急对策和技术方法体系，实现了爆炸物的安全、经济和彻底处置。                        |
| 钟明寿 | 3  | 无    | 讲师       | 陆军工程大学      | 陆军工程大学      | (1) 项目研究和开发的技术负责人之一。(2) 参与构建了反演爆炸事件的方法体系，参与解决了反演爆炸事件的试验关键技术，参与建立临态爆炸物处置风险评估、应急对策和技术方法体系。                     |
| 纪冲  | 5  | 副主任  | 副教授      | 陆军工程大学      | 陆军工程大学      | (1) 项目研究和开发的主要完成人之一。(2) 参与构建气、液态爆炸物爆炸事件的模型试验与原型试验相结合的反演理论与技术体系，参与研究耦合交融数值仿真反演技术，参与建立临态爆炸物处置风险评估、应急对策和技术方法体系。 |

|     |    |   |       |             |             |   |
|-----|----|---|-------|-------------|-------------|---|
| 李兴华 | 6  | 无 | 讲师    | 陆军工程大学      | 陆军工程大学      | 参与构建气、液态爆炸物爆炸事件的模型试验与原型试验相结合的反演理论与技术体系，参与研究耦合交融数值仿真反演技术，参与建立临态爆炸物处置风险评估、应急对策和技术方法体系。  |
| 范磊  | 7  | 无 | 副教授   | 陆军工程大学      | 陆军工程大学      | (1) 参与构建气、液态爆炸物爆炸事件的模型试验与原型试验相结合的反演理论与技术体系，参与建立临态爆炸物处置风险评估、应急对策和技术方法体系。(2) 应用技术主要完成人之一，曾参与天津爆炸现场勘验、爆炸物销毁等多项重大任务。                                    |
| 刘影  | 8  | 无 | 副教授   | 陆军工程大学      | 陆军工程大学      | (1) 参与构建气、液态爆炸物爆炸事件的模型试验与原型试验相结合的反演理论与技术体系，参与建立临态爆炸物处置风险评估、应急对策和技术方法体系。(2) 应用技术主要完成人之一，曾参与天然气管道爆破冲击波与地震波危害效应研究、爆炸物处置销毁等多项任务。                        |
| 张冀峰 | 9  | 无 | 研究员   | 公安部物证鉴定中心   | 公安部物证鉴定中心   | (1) 参与爆炸物反演技术研究及负责成果推广应用，参与建立临态爆炸物处置风险评估、应急对策和技术方法体系，提出爆炸物处置风险评估、应急处置的新方法，参与研发爆炸物处置的系列关键技术和爆炸物处置作业的规范流程。(2) 曾参与天津爆炸现场勘验、乌鲁木齐系列爆恐案件和陕西府谷爆炸事件等多项重大任务。 |
| 梁向前 | 10 | 无 | 教授级高工 | 中国水利水电科学研究院 | 中国水利水电科学研究院 | 参与创建了固态爆炸物爆炸事件的离心机试验反演技术，参与构建了反演爆炸事件的方法体系，参与解决了构建反演爆炸事件的试验关键技术。   |

主要完成单位情况:

| 单位名称        | 排名 | 创新推广贡献   |
|-------------|----|--|
| 陆军工程大学      | 1  | <p>(1) 负责制定项目的总体规划及技术路线, 并负责组织实施。(2) 参与创建固态爆炸物爆炸事件的离心机试验反演技术, 构建气、液态爆炸物爆炸事件的模型试验与原型试验相结合的反演理论与技术体系, 研究耦合交融数值仿真反演技术, 建立临态爆炸物处置风险评估、应急对策和技术方法体系。(3) 负责项目成果的推广应用。研究成果在天津港危化品爆炸事故、南京市丙烯管道爆炸和某高校实验室残留炸药爆炸事故分析和定性, 以及北京市、上海市和江苏省等地的爆炸物销毁处置等多项重大任务中得到成功应用, 实现了爆炸物的安全、经济、彻底处置。满足了国家公共安全和社会稳定的需求。项目成果中关键技术的广泛应用取得了显著的社会效益。(4) 负责技术报告、研究报告等撰写工作。</p> |
| 中国水利水电科学研究院 | 2  | <p>(1) 创建固态爆炸物爆炸事件的离心机试验反演关键技术, 提出反演爆炸事件的新思路, 构建了反演爆炸事件的方法体系, 主持解决了反演爆炸事件的试验关键技术。(2) 参与技术报告、研究报告等撰写工作。</p>   |
| 公安部物证鉴定中心   | 3  | <p>(1) 参与爆炸物反演技术研究及负责成果推广应用, 参与研发爆炸物处置的系列关键技术和爆炸物处置作业的规范流程。(2) 积极进行本项目成果的推广应用工作, 在天津港危化品爆炸事故、陕西府谷爆炸事件等原因分析和定性中成功应用, 取得了显著的社会效益。(3) 参与技术报告、研究报告等撰写工作。</p>   |

## 完成人合作关系说明：

“重大爆炸事件反演及爆炸物处置关键技术”龙源教授及其科研团队依托国家自然科学基金课题、公安部应用创新计划项目和中石油西部管道公司委托项目开展科学研究形成的整体技术成果。现将完成人合作关系的相关情况说明如下：

(1) 陆军工程大学（龙源、钟明寿、纪冲、李兴华）和中国水利水电科学研究院（陈祖煜、梁向前）合作将相似理论融合用于反演爆炸事件的全过程分析，提出反演爆炸事件的新思路，构建了反演爆炸事件的方法体系。发明了爆炸试验模型、微型装药、毫克级高精度雷管，解决了构建反演爆炸事件的试验关键技术。

(2) 陆军工程大学（龙源、范磊）和公安部物证鉴定中心（张冀峰）在2004年1月至2015年12月期间共同合作完成了公安部应用创新计划项目：民用商品混合自制炸药配方具爆性快速判定与鉴定方法研究（2011YYCXGAES111）、上海市消防局项目：“氯酸钾炸药理化性能与爆炸威力测试”的研究，以及在2005年12月至2006年12月期间合作完成的上海市消防局委托的临态爆炸物处置销毁项目。通过共同研究，提出爆炸物处置风险评估、应急处置的新方法，发明了爆炸物处置的系列关键技术和爆炸物处置作业的规范流程，实现了爆炸物的安全、经济和彻底处置。在天津港“8•12”危化品爆炸事故、南京“7•28”丙烯管道爆炸、徐州丰县“6•15”某幼儿园爆炸案件等多项起爆炸事故分析和定性中发挥了关键作用，应用了共同研发的爆炸事件反演关键技术。

(3) 陆军工程大学（龙源、谢兴博、钟明寿、纪冲、李兴华、范磊、刘影）在国家自然科学基金课题：常规爆炸地冲击荷载下土中充液压力圆柱壳动力屈曲研究（11102233）和爆破地震波作用下城市隧道结构振动响应机理及抗震对策研究（11672331）、中石油西部管道公司委托项目：天然气管道爆破冲击波与地震波危害效应研究（LHXB22-2015-026）等课题研究期间（2004年7月至2015年12月），作为项目组成员开展研究，共同取得了国家发明专利、实用新型专利、软件著作权、学术论文等与该成果关联的多项知识产权。

完成人合作关系情况汇总表

| 序号 | 合作方式 | 合作者 | 合作时间 | 合作成果 | 证明材料 |
|----|------|-----|------|------|------|
|----|------|-----|------|------|------|

|   |          |                         |                 |  |          |
|---|----------|-------------------------|-----------------|--|----------|
| 1 | 发明专利     | 龙源、钟明寿、陈祖煜、梁向前          | 2014.1~2018.12  | 一种在离心机平台上开展水下爆炸研究的模型试验装置   | 主要知识产权 1 |
| 2 | 发明专利     | 龙源、钟明寿、梁向前              | 2014.1~2018.12  | 用于离心机水下爆炸试验的微量球形装药及制作方法  | 其他证明 001 |
| 3 | 发明专利     | 钟明寿、龙源、纪冲、梁向前           | 2014.1~2017.12  | 一种用于离心机水下爆炸试验的适配器  | 其他证明 003 |
| 4 | 学术论文     | 龙源、陈祖煜、梁向前              | 2014.1~2017.12  | Underwater explosion in centrifuge Part II: Dynamic responses of Defensive steel plate | 未列入附件    |
| 5 | 天津爆炸现场勘验 | 范磊、张冀峰                  | 2015.08         | 爆炸现场勘查与研判  | 未列入附件    |
| 6 | 学术论文     | 张冀峰、龙源                  | 2006.06         | 爆破振动破坏效应鉴定方法的研究  | 其他证明 022 |
| 7 | 共同获奖     | 龙源、纪冲、范磊、刘影、李兴华、谢兴博、钟明寿 | 2015.1~2018.12  | 浅埋高压管道爆破危害效应形成传播机制及控制技术  | 其他证明 018 |
| 8 | 发明专利     | 钟明寿、谢兴博、龙源、纪冲、李兴华       | 2015.01-2018.03 | 一种废旧爆炸物爆炸销毁装置  | 主要知识产权 3 |
| 9 | 软著       | 钟明寿、谢兴博、纪冲、刘影、李兴华，范磊    | 2015.01-2018.1  | 爆炸器材标志智能识别系统   | 未列入附件    |