

# 2025 年度青岛市科学技术奖励 提名项目公示材料

## 一、项目名称

陆海爆炸物生物探测关键技术创新及应用

## 二、申报奖种及等级

青岛市技术发明奖 二等奖

## 三、提名者及提名意见

提名者：青岛农业大学

提名意见：

该项目针对传统爆炸物探测技术在陆海场景实际应用中面临探测率低、虚警率高、安全作业性差以及易受外界干扰等瓶颈问题，发明了陆海爆炸物生物探测关键技术，从“陆地爆炸物的精准感知—海洋爆炸物的即时识别—生物探雷装备的集成和应用”全链条攻关，在爆炸物生物感应元件高通量筛选平台构建、多元化报告元件开发、陆地海洋场景生物传感器开发及生物探测爆炸物装备研制等方面取得了突破，最终实现了陆海爆炸物的精准、高效、安全、原位探测，达到国际先进水平。

该项目授权专利 30 项，其中国家发明专利 26 项，发表高水平学术论文 5 篇，其中 ESI 高被引论文 3 篇，培养研究生 32 名，通过技术交流和培训讲座，向 500 余人次进行了成果宣讲，目前该技术已经与我国爆炸物探测行业领军的中国电子科技集团有限公司第二十二研究所名下全资子公司中电科（青岛）电波技术有限公司达成技术许

可，通过企业产品集成和示范应用，证实具备产业化价值。

提名单位认真审阅了该项目推荐书及其附件材料，确认真实有效，相关栏目符合填写要求。

该项目已征求了相关领域 5 名专家意见，同意推荐提名该项目为 2025 年度青岛市技术发明奖二等奖：

#### 四、项目简介

项目融合合成生物学、光学与人工智能，从“陆地爆炸物的精准感知—海洋爆炸物的即时识别—生物探雷装备的集成和应用”全链条攻关，突破了陆海爆炸物生物探测关键技术。该技术既可用于战前快速开辟安全通道、战后清查遗留爆炸物，又能释放被雷区占用的耕地和海洋，直接服务农业和渔业生产。主要创新成果包括：

1. 发明了探测陆地爆炸物的基因回路生物传感器，利用爆炸物分子的“化学指纹”特征进行探测，攻克探测性能受包装外壳材料、埋设姿态等影响问题。利用基因工程技术创建了两套高效的爆炸物分子感应元件筛选平台，从爆炸物分子降解微生物的基因组中定向捕获到对 DNT 高度特异的靶向性启动子元件（1-11、114、2-17、 $P_{badD}$ 、 $P_{dntR}$ ）及对 DNB 高度特异的启动子元件（ $P_{mexT}$ 、 $P_{badH}$ 、 $P_{3201}$ 、 $P_{nahR}$ ）。在此基础上，首次揭示 DNB 通过 MexT 蛋白精细调控下游转录的分子路径，并据此开发出以 MexT 为核心的 DNB 微生物传感器，检测特异性和灵敏度均显著优于现有技术。。

2. 发明了基于“蛋白开关”——荧光信号海洋爆炸物探测的新型生物传感器，解决爆炸物探测时效性的难题，填补国内在该领域的

研究空白。利用转录调控蛋白 YhaJ 和环状排列绿色荧光蛋白(cpGFP)构建“蛋白开关”生物传感器，YhaJ 识别爆炸物分子后快速触发荧光“亮一灭”切换，响应时间由 4 小时缩短至 3 分钟，实现了对海洋爆炸物的快速准确探测。该新型探测技术具备响应快、特异性强、效率高等优势，是对其他探测方式的一种很好补充，为我国海洋爆炸物探测技术的发展开辟创新的研究方向。

3. 发明了 MR-1 长寿命生物探雷传感器凝珠制备新工艺,创建了生物探测爆炸物集成装备，满足了实地探测过程中规模化、无人化、原位探测的需求。凝珠制备的配方升级，最佳组分配比为海藻酸钠 1.5% (w/v)、明胶 0.5% (w/v)、聚丙烯酸 1.5% (w/v)、LB 75% (v/v)，凝珠直径优化为 1.5-3.0 mm，单珠负载活菌  $\geq 1 \times 10^6$  CFU，储存寿命从1个月提升至5个月以上。装备集成融合激光激发与单光谱成像，能够实现陆地和海洋不同场景测试，为其应用推广奠定了坚实的基础。

上述研究成果共获授权知识产权 30 项，其中发明专利 26 项，其他知识产权 4 项，发表学术论文 5 篇（其中 SCI 收录 5 篇）。成果整体达到国际先进水平。

五、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	第 一 完 成 单 位 是 否 参 与	第 一 完 成 人 是 否 参 与
----------------------------	------------------	------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------	-------------------------	--------------------	----------------------------------	---------------------------------	-------------------------------

发明专利	一种基于酵母细胞表面展示技术的爆炸物可视化生物感应器制备方法及其应用	中国	ZL202110755123.6	2022.11.11	5576974	青岛农业大学	杨建明, 梁波, 刘云慧, 汤若昊, 王兆宝, 李美洁	有效	是	是
发明专利	一种检测爆炸物的新型光合细菌及其制备和应用	中国	ZL202110755122.1	2022.09.09	5445443	青岛农业大学	杨建明, 梁波, 张鑫平, 汤若昊, 王兆宝, 李美洁	有效	是	是
发明专利	一种感应爆炸物分子的 Arac 突变体 AraCmt1 及其筛选方法和应用	中国	ZL202110755119.X	2023.06.20	6065607	青岛农业大学	杨建明;李美洁;吕书喆;汤若昊;梁波;王兆宝	有效	是	是
发明专利	一种利用爆炸物分子降解基因合成可视化生物感应器的制备方法及其应用	中国	ZL202110755178.7	2023.06.20	6073282	青岛农业大学	杨建明;王兆宝;马冉;汤若昊;李美洁;梁波	有效	是	是
发明专利	一种基于大肠杆菌细胞表面展示技术的爆炸物可视化生物传感器及其制备方法和应用	中国	ZL202110755090.5	2023.05.02	5935062	青岛农业大学	杨建明;梁波;杨京;汤若昊;王兆宝;李美洁	有效	是	是
发明专利	一种检测爆炸物分子的 MR-1 新型凝珠及其制备方法和应用	中国	ZL202110755192.7	2022.08.05	5359841	青岛农业大学	杨建明;王兆宝;马冉;李美洁;梁波;汤若昊	有效	是	是
发明专利	一种利用调控元件合成的爆炸物分子生物感应器及其制备方法和应用	中国	ZL202110891338.0	2023.07.25	6176767	青岛农业大学	杨建明;王兆宝;马冉;汤若昊;李美洁;梁波;罗明	有效	是	是
发明专利	一种响应爆炸物分子的新型启动子元件的筛选和应用	中国	ZL202210035966.3	2023.07.04	6116245	青岛农业大学	王兆宝;杨建明;马冉;于晓彤;汤若昊;李美洁	有效	是	是

发明专利	一种强化电子传递效能的生物材料及其制备方法和应用	中国	ZL202210035574.7	2023.06.20	6068771	青岛农业大学	梁波;杨建明;杨京;张鑫平	有效	是	是
发明专利	一种基于转录组学分析的爆炸物分子检测感应元件及其构建方法和应用	中国	ZL202210025870.9	2023.01.11	6570682	青岛农业大学	梁波;杨建明;王璐;张鑫平	有效	是	是

六、主要完成人情况表（姓名、国籍、身份证号、排名、技术职称、工作单位、二级单位、完成单位、参加本项目的起止时间、对本项目技术创造性贡献、曾获省级以上科技奖励情况）

1. 姓名：杨建明；国籍：中国；排名：1/6；技术职称：教授；行政职务：无；工作单位：青岛农业大学；二级单位：生命科学学院；完成单位：青岛农业大学；参加该项目的起止时间：2018.09-2025.06；具体贡献：对创新点 1-3 均有贡献；曾获奖励情况：无。
2. 姓名：梁波；国籍：中国;排名：2/6；技术职称：副教授；行政职务：无；工作单位：青岛农业大学；二级单位：生命科学学院；完成单位：青岛农业大学；参加该项目的起止时间：2018.09-2025.06；具体贡献：对创新点 1-3 均有贡献；曾获奖励情况：无。
3. 姓名：王兆宝；国籍：中国;排名：3/6；技术职称：副教授；行政职务：无；工作单位：青岛农业大学；二级单位：生命科学学院；完成单位：青岛农业大学；参加该项目的起止时间：2018.09-2025.06；具体贡献：对创新点 1-3 均有贡献；曾获奖励情况：无。

4. 姓名：徐超；国籍：中国;排名：4/6；技术职称：研究员；行政职务：无；工作单位：中国电子科技集团有限公司第二十二研究所；二级单位：第三研究部；完成单位：中国电子科技集团有限公司第二十二研究所；参加本项目的起止时间：2021.01-2025.06；具体贡献：对创新点3有贡献；曾获奖励情况：无。

5. 姓名：李美洁；国籍：中国;排名：5/6；技术职称：副教授；行政职务：无；工作单位：青岛农业大学；二级单位：生命科学学院；完成单位：青岛农业大学；参加该项目的起止时间：2019.09-2025.06；具体贡献：对创新点1-3均有贡献；曾获奖励情况：无。

6. 姓名：施兴华；国籍：中国;排名：6/6；技术职称：高级工程师；行政职务：无；工作单位：中国电子科技集团有限公司第二十二研究所；二级单位：第三研究部；完成单位：中国电子科技集团有限公司第二十二研究所；参加本项目的起止时间：2021.01-2025.06；具体贡献：对创新点3有贡献；曾获奖励情况：无。

## 七、主要完成单位情况表

“陆海爆炸物生物探测关键技术创新及应用”为青岛农业大学、中国电子科技集团有限公司第二十二研究所紧密合作，形成了良好的“产、学、研、用”合作团队。

**1. 青岛农业大学：**对本项目创新点1-3均有贡献。参与了项目所有研究工作，具体体现在：

(1) 对该项目进行全程管理、监督，合理部署工作方案。组织专家对项目的设计、项目成果报告进行论证、审查，对项目的实施过程和

完成质量进行检查和监督。为项目研究提供经费、实验室及仪器设备。

(2) 创建了 2 套爆炸物探测微生物传感器感应元件的高通量筛选平台：基于微生物基因组文库的筛选平台和基于微生物转录组学的高通量筛选平台。

(3) 创建了多元化的爆炸物微生物传感器报告元件：利用荧光素酶和荧光蛋白作为报告元件，研发了适用于不同场景的目标物分子自发光检测和荧光检测。

(4) 发明了探测陆地爆炸物的基因回路生物传感器和基于“蛋白开关”——荧光信号海洋爆炸物探测的新型生物传感器。

(5) 发明了 MR-1 长寿命生物探雷传感器凝珠制备新工艺，开发了爆炸物微生物探测装备样机。

**2. 中国电子科技集团有限公司第二十二研究所：**对该项目创新点 3 做出了贡献。在该项目研究过程中，组织参与了陆海爆炸物生物探测装备的研发工作，在人员配备、研发场地和设备条件以及技术的测试应用等方面均有贡献，有力支撑了项目研究工作的顺利完成，具体体现在：

(1) 对陆海爆炸物生物探测装备进行性能测试、优化及推广应用。

(2) 与第一完成单位合作进行提案，荣获中央军委装备发展部主办的“慧眼行动-未来装备体系正向设计挑战赛”总决赛二等奖及低成本发展奖。