附件5：

**科技成果登记表**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **成果名称** | | | 三维RVSP技术研究与公路采空区探测中的应用 | | | | | | | | |
| **成果登记号** | | |  | | | **知识产权** | | | |  | |
| **完成单位** | | | | | | | | | | | |
| **序号** | **单位名称** | | | | | | | **通讯地址** | | | |
| **1** | 山东省交通规划设计院 | | | | | | | 山东省济南市天桥区无影山西路576号 | | | |
| **2** | 兖矿集团东华建设有限公司 | | | | | | | 山东省邹城市东滩路1029号 | | | |
| **3** | 北京探创资源科技有限公司 | | | | | | | 北京市丰台区汽车博物馆东路6号 | | | |
| **4** | 中国矿业大学 | | | | | | | 江苏省徐州市大学路1号 | | | |
| **完成人** | | | | | | | | | | | |
| **序号** | **姓名** | | | | **工作单位** | | | | **对成果的贡献** | | |
| **1** | 刘正银 | | | | 山东省交通规划设计院 | | | | 总体分管 | | |
| **2** | 林志军 | | | | 山东省交通规划设计院 | | | | 理论方法 | | |
| **3** | 王扬州 | | | | 兖矿集团 | | | | 分项分管 | | |
| **4** | 邢 涛 | | | | 北京探创资源科技有限公司 | | | | 总体协调 | | |
| **5** | 林 波 | | | | 山东省交通规划设计院 | | | | 理论方法 | | |
| **6** | 潘冬明 | | | | 中国矿业大学 | | | | 理论方法 | | |
| **7** | 胡明顺 | | | | 中国矿业大学 | | | | 数值模拟 | | |
| **8** | 朱 琦 | | | | 山东省交通规划设计院 | | | | 理论方法 | | |
| **9** | 郝前勇 | | | | 山东省交通规划设计院 | | | | 理论方法 | | |
| **10** | 张 珂 | | | | 山东省交通规划设计院 | | | | 理论方法 | | |
| **11** | 张明晶 | | | | 山东省交通规划设计院 | | | | 总体协调 | | |
| **12** | 徐 毅 | | | | 山东省交通规划设计院 | | | | 现场试验 | | |
| **13** | 胡永飞 | | | | 山东省交通规划设计院 | | | | 现场试验 | | |
| **14** | 刘 虎 | | | | 山东省交通规划设计院 | | | | 现场试验 | | |
| **成果公报内容** | | | | | | | | | | | |
| 垂直地震剖面(VSP)是一种地震勘探的观测方法，逆向垂直地震剖面法（RVSP）是对VSP方法的改进，山东省交通规划设计院拟对三维RVSP 技术开展研究，以提高对采空区的位置、范围等勘查与评价的精度及效率，为未来采空区的勘察设计、综合治理提供依据。为此，设立项目“三维RVSP技术研究与公路采空区探测中的应用”进行技术攻关。  通过课题研究取得成果如下：  1）建立煤矿采空区地震地质模型、优化观测系统设计。分析了RVSP 记录上各地震波类型、特点、推导时距曲线。通过分析观测系统主要特征，主要是地面接收点及界面反射点与井深、激发点深度的关系，并统计覆盖次数。在基于不增加勘探成本，控制炮点和检波点数量，优化炮点和检波点布设方案，可实现目的层覆盖次数均匀。经过理论模型和试验研究结果表明：布设较稀疏的炮点和检波点，在二维观测系统下，覆盖次数能够达到20次以上，在三维观测系统下覆盖次数可达更高。  2）井中震源研制。深入研究了对能有效约束能量对井壁的破坏、可重复性使用的无缝钢管震源装置的可靠性和稳定，提高了震源制作效率和生产效率。通过试验研究以下核心内容：炸药量与钢管厚度选择；保护套管能量泄放孔密度、大小设计；震源装置能量释放空间分布，成功研制了大能量、高效、可靠的井中震源装置。经过多次试验，实现最大沉放深度1050m，井筒破坏率小于15%，激发成功率达100%。  3）研发了三维RVSP 地震数据成像技术。通过研究VSP、RVSP 方法的地震波场特征及常规处理方法；推导均匀介质，水平层状介质以及连续介质假设条件下的RVSP 时距曲线公式，并主要研究了水平层状介质条件下反射点的计算及分布规律；对不同偏移距的水平层状模型进行射线追踪正演模拟，应用了不同的速度分析方法，并分析了不同方法的适用性等；进行了RVSP 等效地面成像研究，包括RVSP-CDP 道集抽取和基于RVSP-CDP 道集的完全等效地面处理流程的制定及程序模块的编写。  4）开发了RVSP地震数据三维动态可视化解释技术。三维RVSP数据体是区域内采集密集的地震数据。“体”的概念在资料解释中非常重要。本项目研究了三维RVSP数据解释直接利用数据体进行解释，摒弃传统空间网格中对空间对象进行解释。直接利用整个数据体进行三维解释并利用人工智能辅助解释可以形成封闭的空间结构，避免二维解释的不闭合现象，实现了RVSP地震数据三维动态可视化解释。  5）煤矿采空区三维RVSP 地震勘探技术及示范工程。利用理论研究成果，针对煤矿采空区地质目标勘探要求，实施了采空区三维RVSP 地震数据采集，开展了实际数据处理解释工作，研究了三维RVSP 地震探测煤矿采空区的实用性和适用条件。在济乐公路南延采空区探测、徐州徐丰公路采空区探测和龙岩恒大建筑基础采空区探测中，运用本项目取得的RVSP技术成果，取得了较好的示范应用效果。 | | | | | | | | | | | |
| **验收（评价)专家名单** | | | | | | | | | | | |
| **序号** | | **姓名** | | **单位** | | | **专业领域** | | | | **职称** |
| **1** | | 刘元生 | | 山东省地震局 | | | 地球物理 | | | | 研究员 |
| **2** | | 张善法 | | 山东正元地球物理信息技术有限公司 | | | 地质勘察 | | | | 研究员 |
| **3** | | 薛翊国 | | 山东大学 | | | 岩土工程 | | | | 教 授 |
| **4** | | 许崇宝 | | 山东煤田地质局物测队物探技术研究院 | | | 地球物理 | | | | 研究员 |
| **5** | | 吴子泉 | | 山东省地震工程研究院 | | | 地球物理 | | | | 高级工程师 |
| **6** | | 王庆兵 | | 山东省地质环境监测总站 | | | 水文地质与工程地质 | | | | 高级工程师 |
| **7** | | 杨晓春 | | 山东省交通运输厅定额站 | | | 交通工程 | | | | 高级工程师 |
| **8** | | 贾学军 | | 山东省交通运输厅机关服务中心 | | | 财务管理 | | | | 高级会计师 |
| **9** | | 赵 蓉 | | 山东马龙高速公路有限公司 | | | 财务管理 | | | | 高级会计师/税务师 |
|  | | | | | | | | | | | |
| **组织评价（验收、评价）单位：山东省交通运输厅、山东公路学会** | | | | | | | | | | | |
| **验收（评价）意见** | | | | | | | | | | | |
| **验收意见**  2019年11月29日，山东省交通运输厅在济南组织了“三维RVSP技术研究与公路采空区探测中的应用”项目研究成果验收工作。验收专家组（名单附后）听取了项目组的汇报，审阅了相关技术文件和财务报告，经质询和讨论，形成验收意见如下：  一、项目组提交的资料齐全，内容完整，符合验收要求。  二、项目采用理论分析、数值模拟和物理模拟方法，开展了三维RVSP技术及在采空区探测方面的研究，取得了如下主要创新成果：  1. 建立了基于模型面向目标的RVSP观测系统优化设计技术，提出了RVSP-CDP道集构建理论和三维RVSP等效地面处理成像方法；  2. 开发了RVSP数据体水平剖面上特殊切面选择技术、空间自动追踪技术和三维可视化技术；  3. 研制了较为稳定、安全、可靠的千米深井井中炸药震源激发装置，形成了一套三维RVSP地震勘探采集技术体系。  三、项目完成了计划任务书确定的研究目标，发表论文2篇，获得实用新型专利2项。研究成果在济乐高速公路南延线工程、徐丰公路九里段和龙岩恒大广场采空区探测中进行了成功应用，对路桥工程中采空区勘察与治理具有重要的实际意义。  四、根据项目财务报告列示情况，该项目经费管理规范，使用符合相关要求。  验收专家组一致同意该项目通过技术验收和财务验收。  **评价意见**  2019年11月29日，山东公路学会在济南组织了“三维RVSP技术研究与公路采空区探测中的应用”项目研究成果评价工作。评价委员会（名单附后）听取了项目组的汇报，审阅了相关技术文件，经质询和讨论，形成如下评价意见：  一、项目组提交的资料齐全，内容完整，符合评价要求。  二、项目采用理论分析、数值模拟和物理模拟方法，开展了三维RVSP技术及在采空区探测方面的研究，取得了主要创新成果如下：  1. 建立了基于模型面向目标的RVSP观测系统优化设计技术，首次提出了RVSP-CDP道集构建理论和三维RVSP等效地面处理成像方法；  2. 开发了RVSP数据体水平剖面上特殊切面选择技术、空间自动追踪技术和三维可视化技术；  3. 研制了较为稳定、安全、可靠的千米深井井中炸药震源激发装置，形成了一套三维RVSP地震勘探采集技术体系。  三、项目完成了计划任务书确定的研究目标，发表论文2篇，获得实用新型专利2项。研究成果在济乐高速公路南延线工程、徐丰公路九里段和龙岩恒大广场采空区探测中进行了成功应用，对路桥工程中采空区勘察与治理具有重要的实际意义。  综上所述，项目研究成果总体上达到国际先进水平。  建议进一步推广应用。 | | | | | | | | | | | |