

---

# 山东省科学技术奖项目公示内容提纲

## 科技进步奖

### 一、项目名称

富水矿山充填开采系统协调变形机制与防控关键技术

### 二、提名单位意见

富水矿山地质条件复杂，开采环境恶劣，矿山灾害事故频繁发生。上述灾害不仅严重威胁矿山作业人员的人身安全，还给企业造成了巨大的经济损失。项目针对富水地质条件下的矿山开采探索建立可行、科学的技术服务体系，取得了一批达到国际先进水平的重大理论与技术成果。

项目获得 14 项国家发明专利授权及 4 项软件著作权，发表论文 40 余篇。项目成果在莱芜钢铁集团莱芜矿业有限公司、山东钢铁集团矿业公司得到了推广应用，为贯彻“十三五”规划，支持和保障基础设施建设、能量资源基地建设，做出了重大贡献，具有广阔的应用前景和重要的推广价值。

推荐单位认真审阅了该项目推荐书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关栏目均符合山东省科学技术奖励项目的填写要求。对照山东省科学技术奖励办法，推荐该项目申报 2019 年度山东省科技进步奖二等奖或三等奖。

### 三、项目简介

针对富水矿山开采诱发的地质灾害，室内试验、数值仿真与工程现场相结合，对岩体渗透破裂机理、六边形进路开采条件下应力转移机制、充填系统和充填料选定、微震监测预警系统等方面进行探究，实现“机理探讨-地质重构-变形控制-监测预警”体系构建目标。

(1) 通过与开挖路径相一致的岩石三轴加卸荷渗流-应力耦合破坏试验，系统分析水力耦合状态下岩石渗透率与变形的关联性，阐释岩石的能量耗散机制与屈服面演化规律，构建岩体水力耦合破坏本构模型，提出岩体水力耦合破坏的力学判据。

(2) 基于现场地质勘探钻孔数据，建立矿山三维可视化地层及巷道工程仿真模型，真实反映断裂构造、岩溶裂隙的空间分布形态，提出三维地质模型-计算模型转换方法，解译六边形进路开采方法控制围岩变形的力学机理及适用条件。

(3) 自主研发室内注浆模拟试验系统，提出应用高炉水渣代替部分水泥全尾砂胶结充填方法，提高充填料的抗压强度，降低充填成本，将充填体作为“充填体-围岩”系统的一部分，有效控制围岩变形。

(4) 在对应力场、渗流场和帷幕注浆范围综合分析基础上，建立了矿山帷幕注浆堵水系统，对帷幕区域进行实时监测分析，结合灰色理论自主开发围岩体稳定性监测动态预警模型，实现监测系统的动态预警。

### 四、客观评价

2014 年 06 月 14 日，由山东省教育厅组织有关专家，对青岛理工大学承担的山东省科技发展计划“大水矿山地下充填开采系统围岩稳定分析方法、参数优化及监测预报技术”进行了成果鉴定，鉴定委员会听取了项目组汇报，审阅了鉴定资料，经质询和讨论，形成如下鉴定意见：

- 1、该项目资料齐全、完整，符合鉴定要求。
- 2、本项目提出了基于强度折减及 BQ 修正的矿山岩体分级修正方法，探索了一套利用

SURPAC 软件建立了符合复杂多变开采环境三维建模精细化 FLAC3D 模型的方法，提出了采用下向六边形进路充填开采方法解决矿石直接顶板稳定性差及加大矿房参数方法，建立了能实时监控开采区域注浆帷幕潜在的薄弱部位围岩动态稳定状态系统。

3、本项目提出方法经开采实践及现场监测证明能有效控制覆岩变形，减少开采期间围岩地压活动，进而解决因开采诱发的上覆顶板过大变形导致突水灾害问题，据此优化的采场结构参数及注浆加固参数，能确保注浆顶板安全且，达矿山安全、经济、可持续生产，经济及安全效益显著。

4、研究成果已在莱钢集团莱芜矿业有限公司和山东金岭矿业股份有限公司得到成功应用，取得了显著的经济效益和社会效益，具有很好的推广应用前景。

鉴定委员会一致同意通过鉴定，认为该成果总体达到国际先进水平。

#### 五、推广应用情况

项目成果在山钢矿业莱芜矿业有限公司、金岭矿业股份有限公司等单位得到推广应用。研究对保证地下工程安全施工，探索基于现场条件的合理开采方法及安全评价有重要意义，对类似富水地质条件下矿山开采破坏机制、灾害预测与防治具有重要借鉴作用。

#### 六、主要知识产权证明目录

序号	知识产权类别	授权项目名称	发明人	权利人	授权号	授权日期	国（区）别
1	发明专利权	一种类岩质材料劈裂试验装置	张黎明, 丛宇, 任明远, 王在泉, 向钰周	青岛理工大学	201310256426.9	2015-04	中国
2	发明专利权	一种类岩质材料的剪切盒装置	丛宇; 王在泉; 张黎明; 任明远; 阿比尔的; 白晓宇	青岛理工大学	201310256527.6	2015-01	中国
3	发明专利权	一种安装应力监测设备的装置	丛宇; 王在泉; 张黎明; 高速; 孙辉	青岛理工大学	201210594573.2	2015-05	中国

4	发明专利权	一种类岩质试样破坏面固定夹具装置	张黎明, 蒋圣群, 丛怡, 常素玲, 王在泉	青岛理工大学	201510553362.8	2017-06	中国
5	发明专利权	一种混凝土卸料槽连接装置	张黎明, 蒋圣群, 马绍琼, 丛宇, 王在泉	青岛理工大学	201510455410.x	2017-05	中国
6	发明专利权	一种应变片引线 and 导线连接装置	张黎明, 蒋圣群, 郭秋, 王在泉	青岛理工大学	201610218368.4	2016-07	中国
7	发明专利权	多级应力分级加载蠕变力学试验确定岩石长期强度的方法	张玉, 金培杰, 王鑫, 张晓东, 杨文东, 栾雅琳	中国石油大学(华东)	201510272530.6	2015-05	中国

8	发明专利权	一种可拆卸更换型隧洞衬砌内外水压力自动调节阀门装置	刘立鹏,汪小刚,孙兴松,傅睿智,凌永玉,王玉杰,赵宇飞,段庆伟,曹瑞琅,姜龙,皮进,林兴超,孙平	中国水利水电科学研究院	201710339627.3	2017-05	中国
9	发明专利权	一种三维颗粒体系中颗粒间接触力计算与力链的识别方法	陈凡秀,王日龙,郭鹏飞,孔亮	青岛理工大学	201710117330.2	2017-03	中国
10	发明专利权	一种颗粒体系动力链的识别方法	陈凡秀,张慧新,庄琦,孔亮	青岛理工大学	201410268526.8	2014-06	中国

#### 七、主要完成人情况

- 1.姓名：张黎明，排序：1/9，职称：教授，工作单位：青岛理工大学，完成单位：青岛理工大学，对本项目技术创造性贡献：负责项目整体研究方案制定与理论研究具体工作。
- 2.姓名：丛宇，排序：2/9，职称：高级工程师，工作单位：青岛理工大学，完成单位：青岛理工大学，对本项目技术创造性贡献：负责项目室内试验与现场施工具体工作。
- 3.姓名：王在泉，排序：3/9，职称：教授，工作单位：青岛理工大学，完成单位：青岛理工大学，对本项目技术创造性贡献：负责项目理论研究具体工作。
- 4.姓名：张玉，排序：4/9，职称：副教授，工作单位：中国石油大学（华东），完成单位：中国石油大学（华东），对本项目技术创造性贡献：负责岩体渗流-应力耦合破坏机制研究工作。
- 5.姓名：刘立鹏，排序：5/9，职称：高级工程师，工作单位：中国水利水电科学研究院，完成单位：中国水利水电科学研究院，对本项目技术创造性贡献：负责项目监测系统设计与现场施工工作。
- 6.姓名：董峻岭，排序：6/9，职称：高级工程师，工作单位：山东钢铁集团矿业有限公司，

---

完成单位：山东钢铁集团矿业有限公司，对本项目技术创造性贡献：负责项目现场实施具体工作。

7.姓名：张勇，排序：7/9，职称：高级工程师，工作单位：山钢矿业莱芜矿业有限公司，完成单位：山钢矿业莱芜矿业有限公司，对本项目技术创造性贡献：负责项目现场实施具体工作。

8.姓名：曹金凤，排序：8/9，职称：副教授，工作单位：青岛理工大学，完成单位：青岛理工大学，对本项目技术创造性贡献：负责项目数值分析具体工作。

9.姓名：陈凡秀，排序：9/9，职称：教授，工作单位：青岛理工大学，完成单位：青岛理工大学，对本项目技术创造性贡献：负责岩体细观破坏机制方面的研究工作。

#### 八、主要完成单位及创新推广贡献

青岛理工大学：系统研究了国标《工程岩体分级标准》中存在的各种问题，提出了基于强度折减及 BQ 修正的岩体分级修正方法；自主研发室内注浆模拟实验系统，确定细磨炉渣代替胶结充填料中的部分水泥，提高充填料的抗压强度，降低充填成本；建立矿山三维可视化地层及巷道工程仿真模型，真实反映断裂构造、岩溶裂隙的空间分布形态，解译六边形进路开采方法控制围岩变形的力学机理及适用条件。

中国石油大学（华东）：开展加荷和卸荷路径下注浆岩体渗流-蠕变破坏试验，发现应变-渗透系数曲线的峰值滞后于应力-应变曲线的峰值，说明岩石的破裂是透水的直接原因，揭示注浆岩体裂隙几何分布与渗透特性的内在关联，阐释渗流-蠕变变形特性的时效机制，构建岩体水力耦合破坏本构模型。

中国水利水电科学研究院：结合工程现场实际条件，设计并实施了注浆帷幕 GPRS 远程应力、位移和水压实时监测系统，自主开发了破坏预警系统，该系统能实时给出开采区域的围岩动态稳定状态。

山东钢铁集团矿业有限公司：提出应用高炉水渣代替部分水泥全尾砂胶结充填方法，降低充填成本，并负责自动监测系统的安装和安全运行工作。

山钢矿业莱芜矿业有限公司：提出了采用下向六边形进路充填开采方法，解决传统下向开采破碎顶板冒落问题，并负责自动监测系统的安装和安全运行工作。

#### 九、完成人合作关系说明

与中国石油大学（华东）张玉（排名第 4）合作关系说明：共同参与山钢矿业莱芜矿业有限公司项目 2 项。

与中国水利水电科学研究院刘立鹏（排名第 5）合作关系说明：共同参与金岭矿业股份有限公司项目 1 项。

与山东钢铁集团矿业有限公司董峻岭（排名第 6）合作关系说明：作为项目成果应用单位之一，提出应用高炉水渣代替部分水泥全尾砂胶结充填方法，并具体实施监测系统的安装和安全运行工作。

与莱芜钢铁集团莱芜矿业有限公司张勇（排名第 7）合作关系说明：作为项目成果应用单位之一，提出了采用下向六边形进路充填开采方法，并具体实施远程自动监测系统的安装和安全运行工作。