

黄河泥沙充填复垦采煤沉陷地关键技术及应用

一、 成果基本情况

成果名称	名称	黄河泥沙充填复垦采煤沉陷地关键技术及应用		
	公布名	黄河泥沙充填复垦采煤沉陷地关键技术及应用		
主要完成人		胡振琪、赵艳玲、武善元、纪仁卿、蔡德水、李晶、李新举、杨蕙、吴侃、郭建伟、徐坤、吕建春、王培俊、邵芳、王晓彤		
主要完成单位		中国矿业大学、中国矿业大学（北京）、济宁市土地综合整治中心、山东省邱集煤矿有限公司、山东农业大学		
推荐单位 (盖章)		中国土地学会	成果名称可否公布	是
			密级	非密
			定密日期	
			保密期限(年)	
			定密审查机构	
学科分类 名称	1	6405015H 土地复垦工程	代码	6405015H
	2		代码	
	3		代码	
所属国民经济行业		农、林、牧、渔业		
任务来源		A1 国家科技支撑计划,C 省、市、自治区计划		
具体计划、基金名称、项目名称和编号： “十二五”科技支撑计划课题：大型煤炭基地沉陷区黄河泥沙充填修复技术及示范（2012BAC04B03）				
授权发明专利（项）		11	授权的其他知识产权（项）	0
项目起止时间		起始：2012年01月01日	完成：2015年12月31日	
推荐单位推荐等级				

二、 推荐意见

该项目面向黄河流域的生态保护和高质量发展的国家需求，围绕滨黄河地区的采煤沉陷地复垦问题，首次创建了引黄河泥沙充填复垦采煤沉陷地技术，研发了黄河泥沙充填复垦的取沙输沙技术，重点研制了采沙作业平台和远距离管道输沙专用加压泵，可提高采沙效率 50%以上；创立了黄河泥沙充填复垦耕地“夹层

式”土壤剖面构建技术，并确定了关键参数；研发了条带式充填强化排水技术，可缩短泥沙固结时间 50%以上；创建了间隔条带交替式多层多次充填施工工艺，经技术集成，形成了动态充填规划—取沙输沙—充填排水—平整种植一体的充填复垦技术体系。

项目获得授权发明专利 6 项，实用新型专利 5 项。其研究成果整体达到国际先进水平，部分成果达到国际领先水平，受到了国外专家学者的高度评价，已推广应用至黄河泥沙充填复垦低洼地、湖泥充填等相关领域，实现了河湖清淤与耕地复垦的双赢，引领了全球采煤损毁土地复垦科技进步。

经审阅推荐材料齐全完整，真实有效，内容符合填写要求，完成单位和完成人无异议。经专家委员会审议，同意推荐 2019 年度国土资源科学技术进步一等奖。

三、成果简介

黄河流域的生态保护和高质量发展是国家战略。黄河流域又称为“能源流域”，煤炭储量占全国的一半以上，下游流经的菏泽市、济宁市不仅是重要的煤炭生产基地，也是粮食主产区。多年的煤炭开采已经造成了大量土地沉陷积水，由于缺乏充填材料，大片积水区无法耕作，威胁了区域耕地保护红线，加剧了人地矛盾。黄河下游洪水风险依然是最大风险，保障其长治久安的关键是水沙关系调节，重点是黄河泥沙的疏浚。本项目从 2005 年提出构想，经过 2012-2016 年国家科技支撑计划的支持，将黄河清淤与采煤沉陷地、低洼地复垦相结合，攻克了取沙输沙、强化排水、土壤重构以及充填工艺等关键充填复垦技术，取得如下科技创新：

(1) 研发了黄河泥沙充填复垦的取沙输沙技术。针对黄河水泥沙浓度低、动水取沙、难以实现远距离输沙等问题，研制了“冲吸式潜沙泵+浓密器+采沙船”的采沙作业平台和远距离管道输沙专用加压泵，优化了管道输沙运行参数，可提高采沙效率 50%以上，一级泵站可输送 10 km 以上，综合输沙成本降低 30%以上，在提高近距离取沙效率的同时，为远距离输沙提供了技术支撑。

(2) 创立了黄河泥沙充填复垦土壤剖面构建技术。针对黄河泥沙砂粒含量高、保水保肥性差的问题，依据土壤学原理，首次提出并实现了在充填泥沙中夹土壤的夹层式土壤剖面结构，揭示了夹层位置、厚度、数量之间的作用机理，并确定了关键参数，复垦后农田当年达产，是对充填复垦技术理念上的革新。

(3) 研发了条带式充填强化排水技术。针对充填区泥沙固结时间长、细颗粒易随排水流失的问题，创立了条带充填、延时排水和加设土工布排水的强化排水技术，研发了充填条带尺寸、复垦标高设计方法，构建了延时排水时间计算模型，提出了在充填条带末端全断面排水沟加设土工布的强化排水方法，确定了排水沟设计参数和便于更换的双层土工布排水结构及材料，可缩短泥沙固结时间 50%以上，提升复垦耕地质量。

(4) 创建了黄河泥沙充填复垦施工工艺。针对黄河泥沙充填复垦过程中充填、排水、固结、覆土、平整等工序多的问题，为提高施工效率，创建了适用于夹层式土壤剖面构建的间隔条带交替式多层多次充填技术、适用于上土下沙型土壤剖面构建的分条带顺序一次充填技术工艺和隔带一次充填加速排水技术工艺。

(5) 集成创新了黄河泥沙充填复垦技术体系。构建了充填复垦采煤沉陷地动态引水量计算模型，与上述技术环节进行集成，形成了动态充填规划—取沙输沙—充填排水—平整种植一体的充填复垦技术体系，优化了工艺流程，革新了关

键设备，并开发了管理信息系统。

本项目研究成果已获得授权国家发明专利 6 项，实用新型专利 5 项，发表论文 30 余篇。技术重点在山东省济宁市和德州市进行了示范应用，近 5 年充填复垦采煤沉陷地、低洼地约 2 万亩，引黄充填复垦技术可实现 95% 以上的复耕率，并对黄河调沙有益，具有巨大的生态、经济、社会效益。

四、客观评价

1. 与国内外相关技术的比较

经技术鉴定，该项目与国内外同类技术或研究的综合比较如下。

表 1 该项目与国内外同类技术或研究的综合比较

	国际	国内	本技术指标
对比技术	美国伊利诺伊河泥充填 非洲尼罗河泥充填	淤背工程、抽沙淤地、……	
取沙输沙	挖掘机挖，卡车运输	传统潜沙泵、单个挖泥船取沙，汽车、管道运输，距离 10km 以内	1. 研制潜沙泵，取沙效率提高 50% 2. 发明泥沙浓密器，输沙浓度提高 30% 3. 通过强力加压泵，解决了长距离输沙
土壤重构	不覆土，直接种植	上土下沙，或不覆土	夹层式多层次土壤重构剖面复垦耕地当年玉米产量高于周围农田
充填排水	近固态河泥，含水量小，不需要排水	自然沉降，沟（管）排水	强化排水技术可使充填泥沙表层粉粒含量提高 1 倍 在延时排水的前提下，使用土工布排水时间缩短 3/4
充填工艺	大田块充填一次充填	大田块充填一次充填	分条带交替式多层多次充填复垦后农田产量当年达到周围正常农田水平

2. 验收意见与鉴定结论

1) 2016 年 4 月 10 日，山东省科学技术厅在济南组织专家对“大型煤炭基地沉陷区黄河泥沙充填修复技术及示范”进行了验收，意见包括：“构建了引黄河泥沙充填复垦采煤沉陷地的积水模型和需沙量计算模型；提出了基于潜沙泵加浓密器的黄河泥沙充填复垦采煤沉陷地的取沙输沙方法，研发了分条带的强化充填排水技术，尤其是创立了土工布加速排水与多次充填延时排水技术；优化了覆盖土层厚度和交替式充填的多层土壤重构方法；构建了黄河泥沙充填复垦的技术体系，研发了黄河泥沙交替多层多次充填和强化排水的复垦技术工艺；改进了适用于动水条件下的潜沙泵和加压泵，研制了泥沙浓密器。”

2) 2016 年 6 月 24 日，科技部社会发展科技司在北京组织召开了“十二五”国家科技支撑计划项目“南四湖核心区环境治理与生态修复关键技术及示范”验收会议，本成果为课题三。验收意见中提到：“开展了大型煤炭基地沉陷区黄河泥沙充填修复技术及示范研究，研发了采煤沉陷地填充强化排水和黄河泥沙交替多层多次充填复垦技术工艺及相关装置。”

3) 2016 年 12 月 26 日，王思敬院士为主任、武强院士、国土资源部原副部长胡存智为副主任的鉴定委员会对“黄河泥沙充填复垦采煤沉陷地关键技术”成果鉴定认为：“总体达到国际先进水平，在强化排水技术和交替多层多次充填

复垦技术工艺方面达到国际领先水平。”

3. 设备检测报告

1) 黄河泥沙浓密器 (HNN-2/1.5-600): 经国家泵类产品质量检验中心 (山东) 检验, 进口含沙量 301.24kg/m³; 出口含沙量 552.37kg/m³。出口含沙量大于入口含沙量 $\geq 36\%$, 灌满水后, 静置 5min 无渗漏现象。

2) 潜水渣浆泵 (ZJQ200-15-22): 经国家泵类产品质量检验中心 (山东) 检验, 规定点流量为 200.00m³/h, 规定点扬程为 15.30m, 电泵效率 58.92%, 规定电泵效率 51.80%。

4. 其他评价

(1) 国际评价

1) 国外土地复垦领域知名专家于 2014 年与 2017 年先后两次赴安徽、江苏、山东的该项目示范基地进行考察, “对动态预复垦技术和引黄河泥沙充填复垦技术给予了高度评价”。

2) 胡振琪应邀参加美国采矿与复垦学会 2018 年学术年会做题为“多层结构土壤重构的充填复垦技术革新”的学术报告并获得 2018 年度唯一一名“土地复垦先锋奖”: 充分肯定了其在黄河泥沙充填复垦技术方面的先锋性创新。

3) 在 2017 年 8 月 29-31 瑞典召开的第 26 届矿山规划与设备选型国际学术研讨会上, 邀请胡振琪做题为“中国采煤沉陷地复垦技术的革新”, 介绍了黄河泥沙充填复垦采煤沉陷地新技术, 获得了好评。

(2) 国内评价

1) 中国煤炭报 2016 年 12 月 7 日总第 5184 期“特别关注”报道了“黄河泥沙来充填, 采煤沉陷区变良田”, 提到“在普通人眼里, 黄河泥沙、采沉区复垦, 本来风马牛不相及, 但中国矿业大学 (北京) 教授胡振琪团队却利用新型复垦技术, 将两者完美结合起来, 一举两得: 既能修复采煤沉陷区, 又利于黄河调沙调水、治理黄河淤泥。”并获 2016 年度煤炭行业十大科技新闻。

2) 李斯佳, 王金满等在《生态学杂志》(2018, 37 (6)) 中写到: “在高潜水位平原地区, 主要是采用充填法进行微地形改造, 充填材料包括粉煤灰、煤矸石、建筑垃圾和土壤等, 但是会存在充填物料数量不足和潜在污染性问题(胡振琪, 1997)。近年来, 王培俊等(2014) 选取黄河泥沙用作充填复垦材料, 克服了这些问题, …”

3) 薄怀志在《山东国土资源》(2018, 34 (11)) 中写到: “胡振琪团队综合分析了引黄河泥沙充填复垦耕地的可行性和适宜性, 进行了排水量预测和效益分析; 在济宁市梁山县、德州市齐河县进行了实验研究, 提出了排走沉陷区积水并剥离治理区表土和部分心土堆积形成坝体, 利用绞吸式挖沙船抽取水沙通过高压管道输送至治理区, 沉淀排水后上覆剥离的心土和表土, 平整后复垦为耕地的技术路线, 并进一步优化为间隔条带式充填; 综合分析了充填治理后地形地貌景观“土壤剖面重构”土壤理化性状以及耕地地力, 邱集煤矿间隔条带式充填复垦后耕地与对照耕地在同等管理情况下, 产量十分接近对照耕地, 覆土层达到一定厚度后, 复垦耕地可以满足农作物生长, 复垦当年基本达到了原耕地产量。”

4) 冯广京等在《中国土地科学》(2016, 30 (1)) 中介绍土地整治工程时写到: “(3) 矿区土地复垦。矿区土地复垦侧重矿区土壤重构技术研究。针对传统充填物料数量的有限性和潜在污染性, 引黄河泥沙充填复垦采煤沉陷地, 为矿区土地复垦提供了新技术, 此外, 试验模拟土工布在黄河泥沙充填复垦中的排水拦沙效果, 对高潜水位煤矿区耕地保护与粮食安全的保障具有积极意义。”

五、主要知识产权目录

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	黄河泥沙复垦采煤沉陷地交替多层多次充填土壤重构方法	中国	ZL201510752726.5	2017-04-26	2465365	中国矿业大学(北京)	胡振琪 邵芳李 星宇樊 廷立王 培俊	有效
发明专利	基于土工布的引黄充填复垦条带末端强化沉沙排水方法	中国	ZL201610692862.4	2018-07-04	3046468	中国矿业大学(北京)	胡振琪 王培俊	有效
发明专利	一种立式液压柱塞泥浆泵	中国	ZL201510162575.8	2016-08-24	2191956	山东国地水利土地勘察设计公司	纪仁卿 张恩铭 万春和	有效
发明专利	远距离引黄河泥沙充填复垦采煤沉陷地的方法	中国	ZL201310173921.3	2015-04-08	1625986	中国矿业大学(北京)	胡振琪 王培俊 纪仁卿 赵艳玲 邵芳	有效
发明专利	黄河泥沙复垦采煤沉陷地的充填复耕方法	中国	ZL201310192516.6	2015-05-06	1657376	中国矿业大学(北京)	胡振琪 王培俊 赵艳玲 杨耀淇 邵芳	有效
发明专利	一种泥沙浓密器	中国	ZL201510049289.0	2016-05-11	2067035	山东国地水利土地勘察设计公司	杨蕙范 守伟李 昕	有效
实用新型专利	一种采沙船	中国	ZL201520067479.0	2015-09-09	4604028	山东国地水利土地勘察设计公司	张恩铭 李昕 杨蕙 孟林	有效
实用新型专利	一种立式液压内胎泥浆泵	中国	ZL201520067480.3	2015-09-09	4602444	山东国地水利土地勘察设计公司	杨蕙 范守伟 张恩铭	有效
实用新型专利	一种管道输沙调压塔	中国	ZL201520067483.7	2015-09-09	4592607	山东国地水利土地	宋德东 杨蕙	有效

专利						勘察设计公司	郭建伟	
实用新型专利	一种管道输沙系统	中国	ZL201520068150.6	2015-09-09	46033071	山东国地水利土地勘察设计公司	纪仁卿 胡振琪 曲维福 邵芳	有效