

黄河泥沙充填复垦关键技术及应用

一、项目名称：

黄河泥沙充填复垦关键技术及应用

二、提名单位意见：

我单位审阅了推荐书及附件材料，确认全部材料真实有效，完成人、完成单位排序无异议，相关栏目符合填写要求。按照要求进行了公示，公示期间无异议。

该成果是中国矿业大学（北京）与山东能源临沂矿业集团有限责任公司、济宁土地综合整治中心、山东国地水利土地勘察设计有限公司、中国矿业大学在国家“十二五”科技支撑计划课题支持下完成的。成果研发了黄河泥沙充填复垦的取沙输沙技术，研制了多项设备并优化了运行参数，创立了黄河泥沙充填复垦三种土壤剖面构建技术和条带式充填强化排水技术，尤其是夹层式土壤剖面重构和加设土工布的强化排水技术为首创，并创建了黄河泥沙充填复垦施工工艺，为黄河泥沙充填复垦采煤沉陷地、低洼地等提供了技术支撑。所取得成果经在济宁市梁山县和德州市齐河县进行试验示范，复垦采煤沉陷地近 4000 亩，复垦耕地当年可达到周围耕地的生产力水平，为缓解区域的耕地保护压力、矿山企业履行土地复垦责任等做出贡献，社会经济效益显著。经鉴定，“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。”获得授权国家发明专利 6 项，实用新型专利 5 项，出版专著 1 部，发表论文 50 余篇；培养研究生 20 余人。

对照山东省科学技术奖授奖条件，推荐该项目为 2018 年度山东省科学技术进步奖一等奖。

三、项目简介：

黄河山东段泥沙含量大，约为 $1.6\text{kg}/\text{m}^3$ ，清淤任务重。黄河流经的地级市中，菏泽市、济宁市、聊城市、济南市、泰安市、淄博市、德州市等是山东省乃至全国重要的煤炭生产基地，多年的煤炭开采已经造成了大量土地损毁、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。本项目在国家科技支撑计划支持下，将黄河清淤与采煤沉陷地、低洼地复垦相结合，以黄河泥沙为充填材料，重点研究了取沙输沙技术、强化排水技术、土壤重构技术以及充填工艺。取得的相关技术成果如下：经长期科技攻关，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、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，优化了远距离管道输沙运行参数，可提高采沙效率 50%以上，一级泵站可输送 10 km 以上，运行成本降低 25%，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。针对黄河泥沙粘性含量少、保水保肥性差的问题，依据土壤发生学原理，分别提出了在充填泥沙中夹土壤的夹层式、上覆土下泥沙式、多次漫灌的无覆土式充填复垦方式。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，优选出最佳覆土厚度，发现了漫灌的最佳时机，形成了黄河泥沙充填复垦土壤剖面构建技术，复垦后农田当年达产。

(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，为了提高施工效率，创建了适用于夹层式土壤剖面构建时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；集成创新了黄河泥沙充填复垦技术体系。

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，出版专著 1 部。

技术在山东省济宁市梁山县和德州市齐河县进行了试验示范，近 5 年充填复垦采煤沉陷地、低洼地 3963.4 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、清淤等有益，具有巨大的生态、经济、社会效益。

四、客观评价

1. 验收结论

1) 2016 年 4 月 10 日，山东省科学技术厅在济南组织专家对“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”的课题三“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，本项目为课题三。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。”

2. 技术鉴定

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认为：“提出了潜沙泵取沙、浓密器浓缩、加压泵中继加压、管道传输的远距离黄河泥沙充填复垦采煤沉陷地的取沙输沙方法，革新了冲吸式潜沙泵，发明了浓密器，研制了立式液压柱塞隔膜泵，可提高取沙效率 50%、输沙浓度 30%。”“创立了黄河泥沙充填区强化排水技术，包括泥沙充填延时排水和加设土工布排水，提出了充填条带尺寸、复垦标高设计、排水延时时间计算、土工布优选等方法，可加速充填泥沙固结和提高充填材料质

量。”“在充填复垦耕地中，首创了重构土壤夹心式剖面的方法和交替式多层多次充填复垦技术工艺，提高了表土的利用率和复垦耕地土壤的保水保肥性，可实现复垦当年达到正常农田的作物产量。”“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。

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, 电泵效率 58.92%, 规定电泵效率 51.80%。

4. 其他评价

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”, 并获 2016 年度煤炭行业十大科技新闻。

2) 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, 认为: “...生态修复上做了大量工作, 采取综合治理的方式, 产生了较好效果”、“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”。

3) 李斯佳, 王金满, 万德鹏, 白中科等在《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, ...”

4) 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。”

5) 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、推广应用情况:

技术在山东省济宁市梁山县和德州市齐河县进行了试验示范, 近 5 年充填复垦采煤沉陷地、低洼地 3963.4 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、清淤等有益, 具有巨大的生态、经济、社会效益。此外, 项目还建立了一支高水平研究队伍, 为高效开展黄河泥沙充填复垦准备了重要的理论、技术和人才基础。

六、主要知识产权证明目录:

知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	专利权人	发明人	发明专利有效状态
授权发明专利	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	中国矿业大学(北京)	胡振琪, 邵芳, 李星宇, 樊廷立, 王培俊	有效
授权发明专利	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	中国矿业大学(北京)	胡振琪, 王培俊	有效
授权发明专利	一种立式液压柱塞泥浆泵	中国	ZL201510162575.8	2016.08.24	山东国地水利土地勘察设计有限公司	纪仁卿, 张恩铭, 万春和	有效
授权发明专利	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	中国矿业大学(北京)	胡振琪, 王培俊, 纪仁卿, 赵艳玲, 邵芳	有效
授权发明专利	黄河泥沙复垦采煤沉陷地的充填复垦方法	中国	ZL201310192516.6	2015.05.06	中国矿业大学(北京)	胡振琪, 王培俊, 赵艳玲, 杨耀淇, 邵芳, 李恩来	有效
授权发明专利	一种泥沙浓密器	中国	ZL201510049289.0	2016.05.11	山东国地水利土地勘察设计有限公司	杨蕙, 范守伟, 李昕	有效
授权发明专利	一种采沙船	中国	ZL201520067479.0	2015.09.09	山东国地水利土地勘察设计有限公司	张恩铭, 李昕, 杨蕙, 孟林	有效
授权发明专利	一种立式液压内胎泥浆泵	中国	ZL201520067480.3	2015.09.09	山东国地水利土地勘察设计有限公司	杨蕙, 范守伟, 张恩铭	有效
授权发明专利	一种管道输沙调压塔	中国	ZL201520067483.7	2015.09.09	山东国地水利土地勘察设计有限公司	宋德东, 杨蕙, 郭建伟	有效
授权发明专利	一种管道输沙系统	中国	ZL201520068150.6	2015.09.09	山东国地水利土地勘察设计有限公司	纪仁卿, 胡振琪, 曲维福, 邵芳	有效

七、主要完成人情况表:

序号	姓名	性别	出生年月	技术职称	文化程度(学位)	工作单位	对成果的主要贡献
1	胡振琪	男	1963-05	教授	博士	中国矿业大学	整体方案设计与项目主持
2	武善元	男	1970-01	正高	硕士	临沂矿业集团有限责任公司	黄河泥沙充填复垦技术开发与示范
3	郭建伟	男	1961-04	正高	大专	济宁市土地综合整治中心	取沙输沙技术研发及项目示范
4	纪仁卿	男	1959-11	正高	本科	山东国地水利土地勘察设计有限公司	取沙输沙技术的研发及主持建设的野外实验室

5	赵艳玲	女	1976-06	教授	博士	中国矿业大学（北京）	土壤重构与技术体系的研究
6	吴侃	男	1963-11	教授	博士	中国矿业大学	取沙输沙技术的研发，负责引水量计算模型构建
7	杨蕙	女	1991-07	\	博士	大连理工大学港口海岸及近海工程国家重点实验室	立式液压内胎泥浆泵及泥沙浓密器的研发
8	李晶	女	1975-06	教授	博士	中国矿业大学（北京）	黄河泥沙土壤重构技术的研发工作
9	蔡德水	男	1970-12	正高	本科	济宁市土地综合整治中心	取沙输沙技术研发和济宁的现场示范
10	邓晓刚	男	1981-01	中级工程师	学士	临沂矿业集团有限责任公司	项目技术在邱集煤矿的示范
11	吕建春	女	1977-04	中级工程师	硕士	济宁市土地综合整治中心	项目技术在济宁市梁山县的示范
12	徐坤	男	1985-08	助理工程师	学士	临沂矿业集团有限责任公司邱集煤矿	项目技术在邱集煤矿的示范

八、主要完成单位及创新推广贡献：

单位名称	排名	对本项目科技创新和推广应用情况的贡献
中国矿业大学（北京）	1	<p>1、提出了项目方案的总体设计思路，尤其充填复垦采煤沉陷地理念的提出。</p> <p>2、负责排水固结技术、土壤重构技术的研发</p> <p>3、发明专利4项，○1 ZL201610692862.4○2ZL 201510752726.5③ZL 201310173921.3④ZL 201310192516.6；论文多篇。</p> <p>4、现场试验及实验室试验的实施、参数的优化与调整；</p> <p>5、研究报告撰写、修改</p>
临沂矿业集团有限责任公司	2	<p>1、国家科技支撑计划：大型煤炭基地沉陷区黄河泥沙充填修复技术及示范（2012BAC04B03）参与单位；</p> <p>2、取沙输沙技术、黄河泥沙充填复垦技术、固结排水技术在山东邱集等矿山进行应用，设计和实施；</p> <p>3、黄河泥沙充填区强化排水技术现场试验与参数校正，针对充填区泥沙固结时间长、细颗粒易随排水流失的问题，通过室外试验和室内试验分析，验证并优化了条带充填、延时排水和加设土工布排水的强化排水技术（ZL201310192516.6），改进了充填条带尺寸和复垦标高设计方法以及泥沙充填次数、排水延时时间的计算方法，可加速泥沙固结时间50%以上，提高充填材料中粉粒含量近1倍；</p> <p>4、充填耕地典型土壤剖面重构模型及交替式多层多次充填工艺野外试验实，结合引黄河泥沙充填复垦技术用土少的原则，最优覆土厚度为70 cm（表土厚度至少为30 cm）；</p> <p>5、参与技术成果的总结与鉴定工作。</p>
济宁市土地综合整治中心	3	<p>1、山东省邱集煤矿有限公司项目是“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”的示范协作单位；</p> <p>2、负责黄河泥沙充填复垦关键技的试验及推广应用；</p> <p>3、2012年在梁山县大路口乡采用黄河泥沙充填复垦技术充填复垦低洼地730亩，</p>

		随后推广至应用于广大的滨黄河流域低洼地地的复垦。
山东国地水利土地勘察设计有限公司	4	1、研制了黄河高浓度取沙专用设备 取沙设备的优选，为了满足动水条件下足量、持续取沙，在对现有设备进行优选的前提下，对采沙泵、采沙船进行技术的革新。国家发明专利ZL 201510162575.8, ZL 201510049289.0; 2、研制了黄河泥沙管道输沙专用加压泵 为了解决远距离输沙的难题，研制了高压立式液压沙浆泵，国家实用新型专利 ZL 201510162575.8; 研制了一种可实现远距离输沙的管道输沙系统，国家实用新型专利ZL 201520068150.6; ZL 201520067483.7。
中国矿业大学	5	1、国家公益性行业科研专项：大型煤炭基地沉陷区黄河泥沙充填修复技术及示范（2012BAC04B03）研究参与单位； 2、精准沉陷预计模型构建，提出了滨黄河厚冲积层区采煤沉陷预测修正模型。基于概率积分法修正模型预测采煤沉陷体积，在考虑泥沙充填复垦标高的基础上，推导出采煤沉陷地充填体积计算模型。根据采煤沉陷地充填体积计算模型，考虑黄河引水含沙量、泥沙密度等，构建黄河泥沙充填复垦采煤沉陷地引水量计算模型； 3、引黄河泥沙充填的引土增地型耕地修复潜力测算； 4、参与技术成果的总结与鉴定工作。

九、完成人合作关系说明：

“黄河泥沙充填复垦关键技术及应用”是由中国矿业大学（北京）、山东能源临沂矿业集团有限责任公司、济宁土地综合整治中心、山东国地水利土地勘察设计有限公司、中国矿业大学等五家单位，共 12 人合作完成，是长期合作的“产、学、研”团队。

完成人胡振琪、赵艳玲、吴侃、李晶是中国矿业大学（北京）负责的“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）”核心成员，胡振琪为课题负责人，赵艳玲、吴侃、李晶作为学术骨干参与本项目若干子课题试验研究和理论分析，并共同获得知识产权（发明专利、论著等）。

纪仁卿、杨惠共同负责该项目“取沙及输沙关键技术的研究”，实现了黄河泥沙远距离输沙，已授权国家发明专利 1 项，国家实用新型专利 3 项。

武善元、郭建伟、蔡德水、邓晓刚、吕建春、徐坤共同负责“河泥沙充填复垦关键技术及应用”的推广和应用工作，在山东省济宁市梁山县和德州市齐河县进行了试验示范，近 5 年充填复垦采煤沉陷地、低洼地 3963.4 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、清淤等有益，具有巨大的生态、经济、社会效益。

发表的学术论文、授权的发明专利及软件著作权署名由项目人员合作，或交叉署名，知识产权关系清楚、明确，无异议。

项目成果完成人关系清楚、明确，内容真实，不存在任何异议。特此说明！