公示信息（309-4017）

一、项目名称：小转弯铺底式 TBM 绿色高效连续掘进成套技术研发与应用

二、主要完成人：王明智；陈弦；张基伟；郭守坤；刘保江；张宏麟；张玉昊

三、主要完成单位：陕西煤业化工建设(集团)有限公司、北京科技大学、陕西韩城矿业王峰煤矿有限责任公司和江苏神盾工程机械有限公司

四、提名者及提名意见：

我学会认真审阅了科技项目申请书及附件等材料，确认全部材料真实有效。该项目由陕西煤业化工建设（集团）有限公司科技研发类投资项目支持。面向煤矿安全生产与瓦斯灾害防治国家重大需求，针对煤矿井下多转弯长距离岩巷掘进中常出现的“掘-支”失衡、转弯半径大、岩渣“掘-运-提”失衡等诸多难题进行攻关。研制了首台套铺底式 TBM，研发了“探、掘、支、锚、铺、运”一体化的 TBM 连续掘进成套技术，研制了主梁可旋转大间隙铰接、动态位姿撑紧与等敞开式 TBM 小半径转弯装置，研发了两级带式输送机伸缩卸渣、平行扫板推渣、旋转刮板刮平、岩渣固化喷淋等岩渣回填装置，实现了敞开式 TBM 转弯半径小于 80m 和“填-挡-扫-夯-喷”的岩渣回填加固高效绿色连续作业，保障了煤矿井下岩巷安全、高效、智能化施工。项目累计授权专利 16 件、软著 4 项，制定标准 1 项，发表论文 11 篇。

项目成果经陕西省煤炭学会鉴定，达到整体国际领先水平，曾获陕西省煤炭科学技术一等奖、中国煤炭工业协会科学技术奖二等奖，被中国日报、中国煤炭报等多家煤体报道。目前，研究成果已在陕西王峰煤矿、下峪口煤矿、桑树坪煤矿中推广应用，近三年累计实现营收 6.83 亿元、利润 1.68 亿元、节支 9162.36 万元，取得了显著的经济和社会效益，对推动煤炭行业科技进步与能源经济发展具有重要意义和示范引领作用。

综上，对照陕西省科学技术奖授奖条件，提名该项目为陕西省科学技术进步奖三等奖。

五、项目简介：

项目属于煤矿井巷工程领域，研究方向为地下工程智能化掘进技术。

随着煤矿采深的增加，瓦斯灾害日趋严重，并成为煤矿重特大事故的根源。底抽巷瓦斯抽采技术是煤矿瓦斯综合治理的核心手段之一。但是，传统直线型底抽巷道存在抽采辐射范围小、连续掘进作业难、作业人员多、职业伤害严重、施工效率较低等问题。针对此，本项目提出了多转弯长距离底抽巷道的创新布置。利用新研制的小转弯自铺底

TBM 装备，实现连续、快速的掘进整个盘区长距离底抽巷道，形成多个工作面底板穿层钻孔网络，可提前底抽瓦斯，实现“采掘平衡”，保障煤炭开采安全。

本项目在陕西煤业化工建设（集团）有限公司投资项目支持下，针对长距离底抽瓦斯巷道连续小转弯底抽巷道 TBM 施工面临的掘进距离长、小转弯、岩渣提升效率低等难题，研制出我国首台套小转弯铺底式 TBM。提出了“探、掘、支、锚、铺、运”一体化的 TBM 连续掘进成套技术，研发了主梁可旋转大间隙铰接、动态位姿撑紧与钻头变径结构等敞开式 TBM 小半径转弯装置。发明了两级带式输送机伸缩卸渣、平行扫板推渣、旋转刮板刮平、红外线岩渣限位、岩渣固化喷淋等装置，实现了“填-挡-扫-夯-喷”的岩渣回填加固高效绿色连续作业，成功完成了工业性试验并推广应用。取得了以下重要创新成果：

（1）针对直线型底抽瓦斯巷道抽采辐射范围小、“采-掘”易失衡等问题，提出了可连续抽采 8 个工作面的底抽瓦斯巷道连续小转弯布置方式，研发了集地层超前探测、高效掘-支平行作业、岩渣回填铺底、长距离连续排渣于一体的“探、掘、支、锚、铺、运”一体化的铺底式 TBM 绿色高效连续掘进成套技术。**实现了“瓦斯协同抽采，以岩保煤”的目标。**

（2）针对巷道多转弯，敞开式 TBM 转弯半径大等问题，研制出自铺底 TBM 的集成化多体动态位姿撑紧、可调节式多分区皮带拐弯结构、可旋转大间隙铰接耳座等敞开式 TBM 小半径转弯装置。**实现了铺底式 TBM 的 180°转弯，转弯半径 80m 的目标。**

（3）针对现有敞开式 TBM 滞后支护风险高，“掘-支”易失衡等问题，建立了考虑锚杆滞后支护效应的敞开式 TBM 巷道锚杆支护力学模型，确定了合理的 TBM 掘进锚杆滞后支护参数及合理范围，研发了全钻点覆盖式多自由度锚杆钻机系统，**实现了小转弯铺底式 TBM“掘-支”安全高效平行作业，巷道掘进进尺 500m/月的目标。**

（4）针对 TBM 掘进岩渣“掘-运-提” 失衡的问题，研发了两级带式输送机伸缩卸渣、平行扫板推渣、旋转刮板刮平、红外线岩渣限位、岩渣固化喷淋等装置，实现了“填-挡-扫-夯-喷”的岩渣回填加固高效绿色连续作业。**实现了马蹄形巷道一次成巷，废渣外运量减少 30%，连续回填铺底路基承载力达到瓦斯抽采要求的目标。**

在王峰煤矿南一盘区 S1301~S1304 工作面瓦斯底抽岩巷工程完成了工业性试验，工程总长度为 8036m，埋深 520m，直径 5m，后巷矸石回填高度 1.5m。创造了最高日进 27.3m，月进 503.5m 的纪录，该装备与工艺的降低了劳动强度，减少了有毒、有害气体及粉尘排放，改善了作业环境。岩渣铺底回填可减少 30%左右废渣外运量，有利于实现

TBM 掘进施工的“掘-运-提”平衡。

项目经济和社会效益显著，成果已经推广至韩城矿业下峪口煤矿、桑树坪煤矿、桑树坪 2 号井等瓦斯底抽巷道掘进工程中，为中深部煤炭瓦斯底抽巷道建设提供了一种全新的模式，对于我国大型煤炭基地开发智能化建设具有典型的示范引领作用。项目成果也可在金属、水利水电行业等地下工程中应用，推广应用前景广泛。

项目授权发明专利6项，实用新型专利10项。发表论文11篇，软件著作权4项，参与制定行业标准1项。**经陕西省煤炭学会组织陈湘生院士、王双明院士等专家鉴定，研究成果整体达到了国际领先水平。**

六、客观评价：

1、科技查新

国家一级科技查新咨询单位冶金息标难研究院对本项目进行国内外查新（编号：2025YJZX-520），查新结论为：

在所查国内外文献中，未见与所述“小转弯铺底式 TBM 绿色高效连续掘进成套技术研发与应用”内容相同的报道。

2、科学技术成果鉴定

陕西省煤炭学会组织有关专家组成鉴定委员会邀请**陈湘生院士、王双明院士**等知名专家，对《小转弯铺底式 TBM 绿色高效连续掘进成套技术研发与应用》科技成果进行了鉴定（陕煤学鉴字(2025)第 020 号）。鉴定结论如下：

本项目关键技术及创新点包括以下几方面：

（1）针对煤矿瓦斯突出底抽巷道掘进难度大、效率低等问题，提出了巷道连续小转弯布置方式，研发了“探、掘、支、锚、铺、运”一体化的 TBM 连续掘进成套技术。

（2）研制了主梁可旋转大间隙铰接、动态位姿撑紧与钻头变径结构等敞开式 TBM 小半径转弯装置，实现了转弯半径小于 80m。

（3）研发了两级带式输送机伸缩卸渣、平行扫板推渣、旋转刮板刮平、红外线岩渣位、岩渣固化喷淋等装置，实现了“填-挡-扫-夯-喷”的岩渣回填加固高效绿色连续作业。

项目成果已成功应用于王峰煤矿瓦斯底抽岩巷工程，形成了成套的工法、指南、标准等知识产权。推动了 TBM 装备技术进步，社会和经济效益显著，具有广泛的推广应用前景。

鉴定委员会认为，研究成果整体达到了国际领先水平。

3、国内外重要科技奖励

项目授权发明专利 6 项，实用新型专利 10 项。发表论文 11 篇，软件著作权 4 项，参与制定行业标准 1 项，得到相关领域专家一致好评。先后获得第二届陕西省煤炭科学技术奖一等奖和 2025 年度中国煤炭工业科学技术奖二等奖等科技奖励。

4、第三方报道

本项目相关应用已经被中国周刊网（http://www.chinaweekly.cn/html/sxjingji/76537.html）、陕西日报 07 版:科技、中国煤炭报 2026 年 01 月 06 日 2 版等多家煤体争相报道，均指出本项目研发小转弯铺底式 TBM 绿色高效连续掘进成套技术对推动煤炭行业科技进步与能源经济发展具有重要意义和示范引领作用。

七、应用情况：

2023~2025 年，团队将小转弯铺底式 TBM 首次成功应用在王峰煤矿南一盘区 S1301~S1304 工作面蛇形瓦斯底抽岩巷工程，工程埋深 520m，长度为 8036m，巷道直径 5m，掘进断面 19.63m^2，后巷矸石回填高度 1.5m。针对复杂地质条件和工程条件，实践了长距离连续排渣为主的“探、掘、支、锚、铺、运”协同“一次成巷”TBM 掘进工艺，实现了 TBM“填-挡-扫-夯-喷”的自铺底连续作业循环。通过岩渣回填铺底技术将部分开挖岩渣用于巷道路基填充，可减少 30%左右废渣外运量，有利于提高排渣效率，实现“掘-排”平衡，创造了自铺底 TBM 掘进最高日进 27.3m，最高月进 503.5m 的纪录。此外，小转弯铺底式 TBM 顺利掘进通过 80m 半径 U 型弯，完成整机 180°的“华丽转身”掘进。

2025 年起，成果已经推广至韩城矿业下峪口煤矿、桑树坪 2 号井等瓦斯底抽巷道掘进工程中，取得显著的经济及社会效益。

本项目形成的小转弯铺底式 TBM 装备得到了社会广泛关注。2022 年~2026 年，江苏神盾工程机械有限公司已经生产 8 台自铺底敞开式 TBM 在河南平煤神马集团天安煤业八矿(直径 5.26m)、河南平煤神马集团天安煤业平宝煤矿直径(6.03m)、四川川煤华荣能源龙滩煤电(直径 5.03m)、山西东升阳胜煤矿(直径 5.53m)、河南平煤神马集团天安煤业四矿(直径 5.26m)等工程中得到推广应用。

综上，5 家单位利用小转弯铺底式 TBM 绿色高效连续掘进成套技术创造经济效益总额达到 68345.46 万元，应用效益显著。

八、主要知识产权和标准规范等目录：

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人

			区）					
1	发明专利	一种 TBM 刀盘进渣限制装置	中国	ZL 2025 1022869 9.5	2025 年 5 月 30 日	7969392	北京科技大学;陕西煤业化工建设(集团)有限公司	张基伟;陈弦;王明智;王文涛;孙悟强:张玉昊;姚开元;黄保营
2	发明专利	一种 TBM 掘进机尾部用岩渣输送设备	中国	ZL 2025 1028940 0.7	2025 年 05 月 16 日	7943526	北京科技大学;陕西煤业化工建设（集团）有限公司	张基伟;陈弦;宋培章;张玉昊;姚开元;黄保营;刘垚
3	发明专利	一种煤矿超长巷道 TBM 用岩渣分类运输装置	中国	ZL20231 1642168. 8	2025 年 11 月 28 日	8524277	北京科技大学;陕西煤业化工建设（集团）有限公司	张基伟;陈弦;宋培章;张玉昊;张佳鑫;刘垚;姬晓奕;张佳豪；邢博闻;李亮;刘豫虎
4	发明专利	一种 TBM 掘进机撑靴快动液压系统及控制方法	中国	ZL20221 1495177. 4	2024 年 11 月 19 日	7537167	江苏神盾工程机械有限公司	秦立学;马士涛;许长飞:张宏麟;王福松:朱永明:黄李文许婉莹:周超;高亮:马士建:辛龙

5	发明专利	一种大直径正反向钻机	中国	ZL202111534871.8	2022 年 09 月 30 日	5491678	北京科技大学;江苏昭旸智能装备有限公司	张基伟;刘志强;丁小兰
6	实用新型专利	一种岩巷 TBM 掘进机主机布置结构	中国	ZL202220847880.6	2022 年 07 月 26 日	17040931	江苏神盾工程机械有限公司	秦立学;张宏麟;王福松;许长飞;马士涛;朱永明;许婉莹
7	实用新型专利	一种清渣机过载保护装置	中国	ZL202223146726.5	2023 年 06 月 23 日	19215896	江苏神盾工程机械有限公司	秦立学;马士涛;许长飞;张宏麟;王福松;朱永明;黄李文许婉莹;周超;高亮;马士建;辛龙
8	软件著作权	TBM 现场施工无人值守巡检系统 V1.0	中国	2024SR0609716	2024 年 05 月 07 日	13013589	宋培章;张基伟;黄保营;姚开元;张玉昊	宋培章;张基伟;黄保营;姚开元;张玉昊
9	软件著作权	煤矿岩巷用 TBM 施工过程的监测系统 V1.0	中国	2024SR0227036	2023 年 07 月 11 日	12630909	陈弦;张基伟;宋培章	陈弦;张基伟;宋培章
10	论文	TBM 隧道锚杆滞后支护力学模型计算方法研究	中国	DOI:10.19713/j.cnki.43-1423/u.T20250307	2025 年 12 月 17 日	铁道科学与工程学报	北京科技大学，陕西煤业化工建设(集团)有限公司	张基伟，张佳鑫，陈弦，马文著，刘垚，张玉昊，孙海宁

九、主要完成人情况：

姓名	排名	行政职务	工作单位	完成单位	对本项目的贡献
王明智	1	董事长	陕西煤业化工建设（集团）有限公司	陕西煤业化工建设（集团）有限公司	科研项目总负责，负责项目立项、研究、验收和应用推广全过程。
陈弦	2	公司经理	陕西煤业化工建设（集团）有限公司矿建二公司	陕西煤业化工建设（集团）有限公司	科研项目技术负责人，负责连续小转弯底抽巷道 TBM 快速掘进围岩稳定性分析、不良地层围岩快速支护、掘进工作面岩渣回填、岩渣绿色化利用及快速铺底等技术攻关，组织现场应用。
张基伟	3	无	北京科技大学	北京科技大学	理论分析、数值分析负责人，创新研发了渣土回填、主动单向挡渣、回填渣土推扫、渣土夯实、渣土固化喷淋装置等装置和系统
郭守坤	4	副矿长	陕西陕煤韩城矿业有限公司	陕西陕煤韩城矿业有限公司	现场工业性试验负责人，负责王峰煤矿南一盘区 S1301~S1304 工作面瓦斯底抽岩巷工程现场工业性试验。
刘保江	5	公司经理	陕西煤业化工建设（集团）有限公司	陕西煤业化工建设（集团）有限公司	现场实测负责人，负责王峰煤矿南一盘区 S1301~S1304 工作面瓦斯底抽岩巷工程现场实测组织、数据分析等任务。
张宏麟	6	副院长	江苏神盾工程机械有限公司	江苏神盾工程机械有限公司	参与研制出国内首台小转弯铺底式 TBM，确定了小转弯铺底式 TBM 主要技术参数
张玉昊	7	公司副经理	陕西煤业化工建设（集团）有限公司矿建二公司	陕西煤业化工建设（集团）有限公司	统筹项目施工组织管理，负责王峰煤矿南一盘区 S1301~S1304 工作面瓦斯底抽岩巷工程施工组织管理等任务

十、主要完成单位及创新推广贡献：

<table>
<tr><td>单位名称</td><td colspan="5">陕西煤业化工建设（集团）有限公司</td></tr>
<tr><td>排　　名</td><td>1</td><td>法定代表人</td><td>王明智</td><td>所 在 地</td><td>陕西西安</td></tr>
<tr><td colspan="6">对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：
陕西煤业化工建设（集团）有限公司负责工程项目及科研项目的实施，为工程本体和科研项目提供材料设备、人力、资金等资源，配合科研项目小组进行试验、安装等工作，调查、采购适合的试验消耗材料（如刀盘、单轨吊等），协助设计、制作各种试验设备，搜集、记录、报告试验结果，提供第一手现场资料，并解决工程现场存在的各种技术、安全方面的问题。
工程初期一度有不少制约工程进展的问题，如工作面温度较高造成工人工作环境较差，危害职业健康；排出的矸石较潮湿影响皮带运输效率等等。公司技术人员都提出解决方案，经一次次的改进后，获得了较好成果。
公司技术人员在理解工作原理的基础上对 TBM 掘进机部分机构的做了创新优化，使其更适应实际工作环境，增加耐用性、工作效率。比如改进了皮带机转弯的装置，设计了系列的辊轮对皮带进行限制、导向，使其适用于较小的转弯半径，避免皮带卡阻、脱落，减少了皮带磨损和能量损耗；对矸石回填的推渣装置进行改进，增加了机构的自由度，获得更佳的推渣角度，从而提高了推渣效率。</td></tr>
</table>

单位名称	北京科技大学				
排　　名	2	法定代表人	吕昭平	所 在 地	北京市海淀区
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献： 创新研发了渣土回填、主动单向挡渣、回填渣土推扫、渣土夯实、渣土固化喷淋装置等装置和系统，研制了适用于 TBM 岩渣的新型聚酰胺固化剂， 实现了“填-挡-扫-夯-喷”的渣土回填加固连续作业循环。 研发了全钻点覆盖式多自由度锚杆钻机系统，建立了 TBM 巷道锚杆支护力学模型，确定了 TBM 掘进锚杆滞后支护参数及合理范围。					

单位名称	陕西韩城矿业王峰煤矿有限责任公司				
排　　名	3	法定代表人	曹新奇	所 在 地	陕西省韩城市桑树坪镇

对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：

王峰煤矿在此项目中扮演了“试验先锋”与“应用典范”的双重角色，为技术从理论走向实践、从样机走向产业化提供了关键支撑。

在科技创新贡献方面，作为核心现场试验单位，为技术研发提供了最真实、最严苛的工程验证平台。南一盘区瓦斯底抽岩巷工程埋深达 500 米，掘进 6863 米，包含 90 米、120 米、180°转弯等复杂工况，为研发团队提供了宝贵的实测环境。全程参与 TBM 的现场调试，对 80 米小半径转弯系统、全钻点锚杆钻机等关键装置提出了优化建议，助力设备突破技术瓶颈。同时，验证了新型聚酰胺固化剂的回填效果，确保了回填路基承载力稳定达标，为建立锚杆滞后支护力学模型贡献了关键实测数据。

在应用推广贡献方面，该项目成功的实践成为技术走向市场的“样板工程”。通过在王峰煤矿率先应用，创造了最高月进 491.7 米的新纪录，掘进效率是传统工艺的 6 倍，有力证明了该技术的先进性与可靠性。基于实践编制的施工方案，为行业提供了可复制的标准化流程。这一标杆应用，直接带动了该技术在河南、四川等地的 6 项工程中推广，促成 6 台 TBM 设备应用，总产值约 2.76 亿元，打开了每年数十亿的潜在市场空间。

以工程实践引导研发，以标杆应用带动行业，为煤矿复杂条件下岩巷快速掘进技术的发展贡献了不可或缺的“王峰力量”。

单位名称	江苏神盾工程机械有限公司				
排　　名	4	法定代表人	蒋志海	所 在 地	江苏省淮安市
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献： 研制出国内首台小转弯铺底式 TBM， 确定了小转弯铺底式 TBM 主要技术参数。研发出集成化多体动态位姿撑紧、可调节式多分区皮带拐弯结构、可旋转大间隙铰接耳座、全站仪+激光制导智能定向系统等铺底式 TBM 小半径转弯装置。					

十一、完成人合作关系说明：

完成人合作关系说明

“小转弯铺底式 TBM 绿色高效连续掘进成套技术研发与应用”项目于 2022 年立项，2025 年 10 月通过陕西省煤炭学会科技成果鉴定，达到整体国际领先水平。本成果由王明智；陈弦；张基伟；郭守坤等 7 位主要人员共同参与完成，其中王明智；陈弦；刘保江；张玉昊为陕西煤业化工建设(集团)有限公司，郭守坤为陕西韩城矿业王峰煤矿有限责任公司，张基伟工作单位为北京科技大学，张宏麟为江苏神盾工程机械有限公司。项目实施期间，7 位主要人员共同参与完成研究内容的实施、专利申报、报告编制等工作。共同物化成果包括授权发明专利 6 项，实用新型专利 10 项，参与编制行业标准 1 项，登记计算机软件著作权 4 项，发表论文 11 篇，省部级工法 1 项。

项目完成人的合作关系如下:（1）2022 年 1 月，陕西煤业化工建设(集团)有限公司组织进行了“采区集成底抽巷道铺底式硬岩 TBM 掘进关键技术及装备”的陕西煤业化工建设（集团）有限公司科技研发类投资重点项目研究。参与人包括王明智；陈弦；张基伟等陕西煤业化工建设（集团）有限公司和北京科技大学的主要人员。（2）2022 年~2024 年，江苏神盾工程机械有限公司成功研制了首台套铺底式全断面掘进机（“奋进号”）装备，完成设备组装、拆卸工具研究和装备配套，并配合了工业性试验中设备优化。研发人员包括：张宏麟。（3）2022 年~2025 年，郭守坤副矿长带领陕西韩城矿业王峰煤矿有限责任公司相关技术人员配合完成了陕西韩城矿业王峰煤矿有限责任公司王峰煤矿底抽瓦斯巷道 TBM 施工示范应用。（4）2025 年 11 月，王明智；陈弦；张基伟；郭守坤等 7 位主要人员对技术成果进行系统总结，编制研究报告，并在陕西省煤炭学会完成了科技成果评价。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作起始时间	合作完成时间	合作成果	证明材料
1	共同立项、研发、鉴定	王明智；陈弦；张基伟；郭守坤；刘保江；张宏麟；张玉昊；	2022.01	2025.03	科技成果鉴定	陕西煤炭学会鉴定证书（陕煤学鉴字(2025)第 020 号）
2	共同完成	张基伟;陈弦;王明智;王文涛;张玉昊;黄	2025.02.28	2025.05.30	发明专利	授权发明专利证书 ZL20251 0228699.5

		保营				
3	共同完成	张基伟;陈弦;张玉昊;黄保营	2025.03.12	2025.05.16	发明专利	授权发明专利证书 ZL202510289400.7
4	共同完成	张基伟;陈弦;张玉昊	2023.12.04	2025.11.28	发明专利	授权发明专利证书 ZL 2023 11642168.8
5	共同完成	张基伟;陈弦	2022.01	2025.03	论文	铁道科学与工程学报
6	共同完成	王明智；张宏麟	2022.01	2024.11	行业标准	中华人民共和国能源行业标准 NB/T 11551-2024
7	共同完成	张基伟;张玉昊	2022.01	2024.05	软件著作权	计算机软件著作权登记证书 2024SR0609716
8	共同完成	陈弦;张基伟	2022.01	2023.07	软件著作权	计算机软件著作权登记证书 2024SR0227036
9	共同完成	陈弦;张基伟;张玉昊	2022.01	2024.05	软件著作权	计算机软件著作权登记证书 2024SR0604666
10	共同完成	陈弦;张基伟	2022.01	2024.04	软件著作权	计算机软件著作权登记证书 2024SR0575820