

附件 2

安全生产先进适用技术与产品指导目录 (第一批) 技术成果报告

一、煤矿安全

(一) 采煤机无人化自动截割控制技术

1. 适用范围及推广前景

本技术实现了采煤机的自动截割控制及采煤机的智能化与信息化, 实现了煤矿全工作面自动化运行截割。在解放工人劳动强度、改善工作面工作环境以及对整个矿井自动化建设等方面具有良好的推广应用前景。

2. 技术内容

(1) 基本原理

采用现代控制技术、总线技术、抗干扰技术、数据通讯技术, 解决了采煤机在井下的位置定位、姿态定位、自动导航等涉及采煤机自动截割控制技术的关键技术问题。设计中充分考虑了硬件的模块化, 变频器对总线的干扰及主进线高压动力对电控系统的干扰问题, 使采煤机具有位置自主定位、姿态自主定位、远程控制、自动导航、自动切割等功能。实现了包括中部的直线自动化开采、自动完成机头、机尾的斜切进刀、割三角煤、清浮煤等全工作面自动化运行截割。

(2) 关键技术描述

关键技术一：采煤机记忆截割技术。手动操作割煤作为示范刀（或叫基准刀），控制系统采集、存储采煤机各位置下的方向、速度、左右摇臂高度等姿态信息；在自动运行模式下，采煤机根据记忆的工作参数自动割煤。传统的记忆截割技术要求工作面赋存条件基本不变，当煤层条件发生变化，需要手动干预。

关键技术二：采煤机位置定位技术。对采煤机在工作面的位置，进行实时监测与分析。位置定位越精确，记忆曲线就越平滑，自动化割煤的精度就越高。

关键技术三：采煤机姿态定位。对采煤机滚筒的高度、俯仰采角度、行走的方向及速度等姿态信息进行实时的监测、分析，并在姿态信息与位置信息之间建立一一对应的映射关系。

关键技术四：通讯抗干扰。采煤工作面电力环境复杂，干扰源多，对采煤机进行远程监测和干预时，必须保证数据的有效性、可靠性、实时性。

关键技术五：自动截割软件。一是实现了端头的自动斜切、割三角煤、清浮煤等割煤工艺；二是在人工干预时，实现了自动化割煤工序的有序进行以及各个割煤动作的自由切换；三是满足了不同工作面的不同割煤工艺对记忆截割软件的个性化要求。

3. 主要技术指标

(1) 采煤机截割高度控制最大误差： $<4\text{mm}$ 。

- (2) 采煤机水平姿态检测最大误差： $<0.1^{\circ}$ 。
- (3) 采煤机行走位置控制最大误差： $<32\text{mm}$ 。
- (4) 中央控制单元总响应时间： $<1\text{s}$ 。
- (5) 具有工作参数（包括位置、姿态、电压、电流等）的本地及远程监控功能。
- (6) 具有故障检测、诊断、报警和自动保护功能。
- (7) 具有“象限”自动控制、闭锁和自动保护功能。
- (8) 可通过“菜单”方式，对多“象限”进行管理并可实现自由切换。
- (9) 具有适应不同采煤工艺的记忆截割自动化割煤功能。

4. 典型案例及成效

该技术在陕煤集团黄陵矿业公司一号矿的 310 工作面应用后，使得单班生产能力达到 8 刀以上，月生产能力突破 25 万吨，作业人员由 9 人减至 1 人。该设备的应用不仅减少了配套的国产装备，而且售价仅为国外同类产品的 $2/3$ ，节约了设备成本。该技术的应用，将工人从危险的采场解放到相对安全的顺槽监控中心，提高了工人的安全系数；将工人从操作工变成巡检工，降低了工人的劳动强度、改善了作业环境，提高了原煤产量和煤炭资源回收率，减少了资源浪费，产生了良好的经济效益和社会效益。

5. 技术咨询联系方式

技术信息咨询单位：西安煤矿机械有限公司

联系人：赵亦辉

电话：029-82055268

地址：西安市东二环北段矿山路 169 号

邮编：710032

E-mail: xamjzhaoyihui@163.com

（二）煤矿无人化智能开采技术

1. 适用范围及推广前景

本技术适用于中厚煤层，且煤层赋存稳定、地质灾害条件较好的中大型、现代化矿井。本技术对改变工人操作习惯、改善工人劳动环境、提高综采生产效率、减少作业人员、降低工人劳动强度等具有重大意义。该技术在黄陵矿业集团有限公司、陕煤神南红柳林矿业公司、阳煤集团、淮南矿业张集矿等单位推广应用。

2. 技术内容

（1）基本原理

利用网络技术、自动化控制技术、通信技术、计算机技术、视频及传感技术，通过监控一体化软件平台来实现在地面（巷道）综合监控中心对综采设备的运行监测与远程干预控制，确保工作面割煤、推溜、移架、运输、除尘等智能化运行，最终达到智能化采煤作业的目的。

（2）关键技术描述

关键技术一：搭建高速网络通讯平台。采用有线和无线网络

相结合的通讯技术，为工作面移动设备数据传输提供了通道。

关键技术二：综采可视化技术。通过视频监控系统传送工作面图像，操作人员根据煤层变化情况、滚筒截割情况、支架状态等信息，必要时对采煤机进行远程干预。

关键技术三：采煤机与电液控制系统的整体协调控制技术。将采煤机的自动记忆截割、支架自动追机拉架和实时视频跟踪作为一个整体的控制工艺，实现整体协调、安全保护与可视化控制。

关键技术四：远程人工干预与记忆截割相结合的采煤机控制技术。综采工作面工况复杂，只靠记忆截割显然无法远程开采，因此在可视化的基础上进行远程干预控制，最终达到常态化远程采煤。

3. 主要技术指标

(1) 采煤方式：地面一键启停、地面与监控中心远程控制、采场无人化。

(2) 地面采煤：生产常态化。

(3) 监控中心采煤：生产常态化。

(4) 工作面感知：数据+全景视频。

(5) 控制实时性： $\leq 260\text{ms}$ 。

(6) 传输系统：100Mbps 工业以太网（有线+无线）。

(7) 实现了转载机与端头支架联动，超前支架远控系统，全工作面（中部+三角煤）自动化采煤程度。

(8) 采场人数：1 人。

4. 典型案例及成效

该技术已在陕煤集团黄陵矿业有限公司一号煤矿回采了 1001、1002 两个工作面，累计推进长度 3617 米，完成原煤产量 237 万吨。并于 2015 年 10 月完成了中厚煤层智能化工作面的调试工作，达到了预期的设计目标，实现了在地面监控中心和顺槽监控中心常态化远程操控采煤作业。单班最大生产能力达到 6 刀半，月生产能力突破 23 万吨，实现了安全高效、稳定运行。

5. 技术咨询联系方式

技术信息咨询单位：陕西陕煤黄陵矿业有限公司

联系人：张玉良

电话：15991919739

地址：陕西省延安市黄陵县店头镇黄陵矿业集团技术中心

邮编：727307

E-mail: 570718329@qq.com

(三) 分体式履带钻机及瓦斯抽采钻进技术

1. 适用范围及推广前景

分体式履带钻机采用分体结构，工人可远离孔口和主机对钻孔施工过程进行控制，有效降低对操作人员人身安全及对钻机电器设备产生的危害；钻机具有外形尺寸小、井下移动灵活，仰俯角、方位角和水平开孔高度调节范围大，工艺适应范围广等特点，

适用于煤与瓦斯突出、中小型的复杂条件矿井本煤层、临近层瓦斯抽采钻孔施工。

已在郑煤集团、淮北芦岭矿、淮北朱仙庄矿、山西西山煤电股份有限公司、黄陵矿业集团、义煤集团、永煤集团以及淮南矿业集团等企业应用，可满足不同煤矿条件下的施工需求，并带来可观的经济效益，具有良好的推广前景。

2. 技术内容

(1) 基本原理

针对类似两淮矿区、西南矿区狭窄巷道和煤与突出煤层等复杂地质条件下本煤层、邻近层瓦斯抽采钻孔施工需求，结合全液压坑道钻机及钻进工艺方法的相关设计经验，经过中试研制了具有自主知识产权的新型履带钻机；并研究提出了针对软、中、硬煤层配套外平钻杆、螺旋钻杆和圆弧形三棱钻杆的三种快速钻进工艺技术方法，以适应高效、安全的瓦斯抽采工作。

(2) 关键技术描述

关键技术一：设计了紧凑型多变幅钻机整机结构。钻机整机宽度为仅 0.85m，井下机动灵活。主机水平开孔高度、主机与孔口距离、主机仰俯角度和方位角可进行大范围调整，适应顺层孔和穿层孔等多种钻探施工工艺，可实现巷道全断面施工。

关键技术二：设计了具有丰富联动功能、保护回路的液压系统。联动功能在正常钻进及快速起下钻过程中可有效提高工作效率。

率；液压保护回路具有防掉钻保护和防卡钻保护功能，可有效提高钻进过程的安全系数，可靠性高。

关键技术三：研制了一种新型顶部开放式复合夹持器，具有开口量大、开启压力小、突然断电时可自动夹紧钻具等优点。

关键技术四：设计了针对软、中、硬煤层的三种快速钻进工艺技术方法，以适应高效、安全的瓦斯抽采和治理工作。

3. 主要技术指标

(1) 分体式履带钻机为两体三部分结构，由钻车、泵车和操纵台三部分组成，井下使用更加灵活和安全；钻机具有大扭矩（最大扭矩为 4000Nm），高转速（最高转速为 220r/min），俯仰角（ -30° ~ $+80^{\circ}$ ）、方位角和水平开孔高度（1.4-2.0m）可调范围大等特点。

(2) 钻机结构新颖、外形尺寸小，钻机宽度仅为 0.85m。钻机采用紧凑型多变幅整机结构，具有主机水平开孔高度（1.25-2.25m）、主机与孔口距离、主机仰俯角度（ 0 ~ $\pm 90^{\circ}$ ）、水平角度的大范围调整功能，可实现巷道全断面施工。钻机最大扭矩为 4300Nm，具备在本煤层施工 300m 瓦斯抽采钻孔的能力。

4. 典型案例及成效

钻机于 2011 年 3 月至 2012 年 12 月先后在郑煤集团、淮北矿业股份和山西西山煤电股份有限公司设备租赁分公司进行工业性试验，累计完成钻孔 40.14 万 m，抽采瓦斯 17040 万 m³。钻机于

2013 年 11 月开始在黄陵矿业集团、义煤集团、永煤集团以及淮南矿业集团等多地进行工业性试验，并成功完成孔深 117m 的大仰角（87°）穿层孔施工，以及最大孔深 104m（设计孔深 80m）的软煤（煤层硬度系数 $f < 0.2$ ）本煤层瓦斯抽采孔施工。

5. 技术咨询联系方式

技术信息咨询单位：中煤科工集团西安研究院有限公司

联系人：任亚平

电话：029-81778018

地址：陕西省西安市高新区锦业一路 82 号

邮编：710077

E-mail: renyaping@cctegxian.com

（四）煤矿采动区地面井瓦斯抽采成套技术

1. 适用范围及推广前景

本技术适用于地形地貌相对平坦或沟谷坡度较缓的丘陵或平原区域；煤矿主采煤层上方无灾害性的承压含水层；煤层赋存状态良好、分布连续性好，单一开采煤层或煤层群条件矿区均可应用。

工作面上隅角瓦斯浓度超限一直是制约煤矿产能提高的关键性难题，优化井下一面多巷及尾巷等通风系统的大势更使得这一问题凸显，本技术通过提高地面煤层气井的工程寿命，能有效降低工作面瓦斯涌出量大、超限治理压力大的难题，提高煤矿瓦

斯抽采量和抽采率，大幅度提高煤矿行业瓦斯治理和煤层气开发水平，符合国家“实现瓦斯零排放”和煤矿“建设绿色矿山”的发展方向，推广应用前景良好。

2. 技术内容

(1) 基本原理

通过在采场地表施工钻井到煤层采动可能形成的覆岩裂隙带或煤层内，利用开采煤层对其邻近煤岩层的“卸压增透”物理效应，采用抗、让、避等不同防护技术保证钻井套管不被切断损毁，使用负压抽采技术将采区卸压瓦斯经由煤岩体的裂隙网络通道和钻井直接抽采到地表，以达到降低回采工作面瓦斯涌出量，缓解瓦斯超限压力和开发煤层气的目的。

(2) 关键技术描述

关键技术一：采动区瓦斯资源量评估方法。根据目标矿区资料多寡程度选择特有的瓦斯资源量评估技术，为地面井开发有利区块选择以及地面井位置优选提供指导。

关键技术二：地面井井位层位设计技术。分析地面井稳定性分布及采场瓦斯流动规律，选择最佳布井区域回避岩层移动对地面井的影响，进行不同条件下地面井井位层位设计。

关键技术三：地面井高危破坏位置判识和局部防护技术。根据岩性分布及开采工艺特征，完成套管变形安全性分析，获得高危井段分布及其破坏类型，提出有针对性的防护措施与工艺。

关键技术四：地面井井型结构优化设计技术。根据岩层赋存以及岩层移动特征对地面井的分级深度、各级段钻井直径、护井水泥环等参数进行优化设计。

3. 主要技术指标

(1) 利用地面井井位层位设计技术提出地面井合理布井区域，设计施工的采动区地面井平均抽采流量不低于 $6000\text{m}^3/\text{d}$ 。

(2) 利用地面井井型结构优化设计技术提出合理的地面井结构，设计施工的采动区地面井有效抽采服务范围不低于 300m ，有效抽采成功率不低于 80% 。

4. 典型案例及成效

在晋煤集团成庄矿、寺河矿、岳城矿等设计施工采动区地面井 20 口，均实现了地面井本煤层影响区和后续采空区连续抽采，抽采成功率 80% 以上。其中 17 口地面井随煤炭回采进入稳定抽采期。瓦斯纯量最高达 $3\text{万 m}^3/\text{d}$ （平均 $0.85\text{万 m}^3/\text{d}$ ），瓦斯浓度最高达 93% （平均 75% 左右），极大缓解了工作面的瓦斯治理压力，工作面瓦斯浓度平均降幅达 30% ，平均风排瓦斯量降低了 30% ，现场应用效果显著。

5. 技术咨询联系方式

技术信息咨询单位：中煤科工集团重庆研究院有限公司

联系人：李日富，孙海涛

电话：15923523220，13637861120

地址：重庆市沙坪坝区上桥三村 55 号

邮编：400037

E-mail: cqlirifu@163.com, 13637861120@163.com

（五）煤矿井下瞬变电磁探测技术

1. 适用范围及推广前景

本技术解决了煤矿巷道在掘进过程中前方未知地质灾害水体探查、煤矿顶底板、工作面内部赋水性问题等探查技术难题，可探测巷道迎头前方、侧前方、斜上方、斜下方等空间多个方位的各类老空水、含水层水和导水构造，是当前煤矿企业急需的前沿技术，具有良好的推广应用前景。

2. 技术内容

（1）基本原理

采用井下瞬变电磁探测技术，利用不接地回线向周围岩层发送脉冲电流，以激励探测目标体感应二次电磁场，脉冲间歇期间，利用接收线圈观测二次场随时间变化的响应，查明探测控制范围内低阻异常体空间的发育情况。研制了本安条件下的稳压稳流大功率瞬变电磁发射机和能提升矿井瞬变电磁信号分辨率的磁探头，研究了基于中心回线的矿井瞬变电磁扇形施工技术、多匝小回线电感校正技术、曲线偏移重构技术和从瞬变场提取波动场特征的精细反演方法，有效消除了井下瞬变电磁超前探测的浅部盲区，提高了异常定位精度和多层异常分辨能力。

(2) 关键技术描述

关键技术一：发射接收一体化主机，采集部分采用 24 位 AD 转换接收，最高采样频率 2MHz；发射部分最高电流可达 4.5A，数据处理部分可实现即时成像，直观体现迎头前方可能的含水异常体。

关键技术二：高灵敏度接收探头采用高磁导率的磁芯，表面绕制多匝线圈，使接收等效面积达 450m²。

关键技术三：推导出电感与电流-时间导数的关系，计算并消除电感电动势，利用曲线斜率与时间指数幂项的相关性，拟合正演曲线，修正线框过渡过程影响，解决了电感效应影响。

关键技术四：通过对最小电平信号、介质电性等参数的统计分析，给定视电阻率、深度的上下界，通过搜索算法完成了自适应选取，消除了人为经验影响，形成全空间系数自适应选取技术。

关键技术五：巷道多方位超前探测技术。探测控制范围覆盖巷道正前、侧前、斜上、斜下方等多个方位，可探明巷道掘进波及范围内隐伏突水隐患情况。

关键技术六：T 型及 L 型配巷偶极同向同面式探测技术。解决了巷道迎头金属物大量堆积、前后式线框摆放空间不足问题，适应性大大提高。

关键技术七：超前探测水平定向技术。快速、简便、准确，

不受井下金属体、工业用电干扰，水平定向误差为 $\pm 5^\circ$ ；工效提高1.5-3倍。

关键技术八：煤矿井下超前探测数据多参数对比分析及空间多角度全面立体成图技术。通过多参数对比解释、多视角空间成图，异常分辨率、定性解释准确性大幅提高。

3. 主要技术指标

(1) 探测距离 150-220m。

(2) 研制了高分辨率探头，与传统的重叠回线相比，探头的设计大大减小了发射回线与接收回线之间的互感，增加了探头的接收信号强度，延长了有效的测量时间，加大了该设备的最大勘探深度。在正常条件下，探头的最长工作时间可达60小时，且探头体积小，携带灵活。

(3) 开发了一套采集数据的瞬变电磁处理软件，该软件采用模块化的设计理念，各项处理过程只需要一键即可完成，大大减轻了数据处理的工作强度，简化了处理流程，处理的结果能直接绘制成反应电阻率的等值线图。

(4) 探测控制范围涵盖巷道迎头前方、侧前、斜上、斜下方等全空间范围。

4. 典型案例及成效

已在淮北矿业集团公司桃园煤矿、朱庄煤矿，新疆国电青松库车矿业开发有限公司大平滩煤矿、开滦范各庄矿、吉煤集团金

宝屯矿、峰峰通顺矿、青海江仓一矿、峰峰九龙矿等多个矿井开展了水害探测。在开滦范各庄矿查明 2120（1）工作面风道前方 110m 位置存在一条隐伏导水断层；在吉煤集团金宝屯矿查明巷道迎头前方 70m 突水隐患；在峰峰通顺矿查明 0212015 工作面溜子道斜上方探明 3 处小窑老空区；在青海江仓一矿查明主井迎头前方 50-90m 存在 1 处采空区积水；在峰峰九龙矿查明一处隐伏导水陷落柱；在神华神东保德煤矿、黄玉川煤矿推广，掘进巷道迎头前方超前探次数已超过 40 次，为 4000m 以上的巷道掘进提供了安全保障。

5. 技术咨询联系方式

技术信息咨询单位：中煤科工集团西安研究院有限公司，河北煤炭科学研究院物研中心

联系人：范涛，李玉宝

电话：15002917968，0319-2067440，13031912439

地址：陕西省西安市高新区锦业一路 82 号，河北省邢台市团结西大街 126 号

邮编：710077，054000

E-mail: fantao@cctegxian.com, mkylyb@126.com

（六）动水通道钻孔控制高效注浆封堵成套技术

1. 适用范围及推广前景

井工矿山突水水害抢险治理常规方法中注浆范围及强度难

以控制，时间长、工程量大、可靠性低、损失严重。本技术采用可控制注浆封堵大通道动水专利技术，具有施工快速、单注浆体体积大以及固结体凝胶过程可靠、强度高等特点，可大大减少对人员及矿山工程的伤害。该技术可广泛应用于矿山水害治理与矿山救援工程，还可用于矿山灭火、水害火灾预防等矿山灾害抢险救援及治理领域。

2. 技术内容

(1) 基本原理

在矿山发生井下突水灾害时，将内藏袋囊的钻具通过钻孔定向钻进至突水点邻近过水通道（巷道等），后续进行抛袋固定，再将快凝浆液注入袋中，保证快凝浆液不被水流冲刷，形成大体积高强度封堵体。通过数次重复的控制注浆，对井下水流达到可靠封堵，切断水源，保证后期排水及救援的安全。

(2) 关键技术描述

关键技术一：发明了利用钻孔输送保浆袋的专用钻具。

关键技术二：研制出袋内注浆的专用保浆袋。

关键技术三：开发出适用于袋内注浆的材料。

关键技术四：形成了利用钻孔进行保浆袋注浆的成套工艺。

3. 主要技术指标

(1) 单注浆体体积大：单次有效注浆量不小于 10m^3 ，可形成大断面封堵体。固结体凝胶过程呈受控柔性状态，可依受注体

形状凝胶。封堵能力、抗冲击能力较高。

(2) 固结体强度高：凝胶及养护条件良好，固结体强度大于 5MPa。

(3) 高效快速：单袋 2-4 小时可快速充满。

4. 典型案例及成效

本技术在陕西省榆林市榆卜界煤矿进行了成功应用。2011 年 12 月，榆卜界煤矿发生火烧区突水淹井时，为避免相邻金牛煤矿淹井，抢修了一道 3m 厚度的挡水墙，至 2012 年 3 月底，挡水墙一直向金牛煤矿漏水，从 $600\text{m}^3/\text{h}$ 上升到 $1200\text{m}^3/\text{h}$ 。3 家单位先后进场堵水，由于动水条件，堵水不成功。从 2012 年 4 月 4 日开始，采用本技术进行注浆堵水，在约 12m^2 的巷道过水速度 $1200\text{m}^3/\text{h}$ 条件下，从 3 个钻孔中投袋注浆 9 次，至 4 月 22 日，成功封堵突水巷道（堵水率 100%），经实地探查，封堵巷道长度不足 50m。

5. 技术咨询联系方式

技术信息咨询单位：中煤科工集团西安研究院有限公司

联系人：朱明诚

电话：13809182862

地址：陕西省西安市雁塔北路 52 号

邮编：710054

E-mail: zhumingcheng@cctegxian.com

（七）自震式微震监测技术

1. 适用范围及推广前景

该技术通过可调频自激震源微震信号的实时监测与分析，计算出煤岩体破裂发生的时间、坐标位置、能量大小和震级等特征，还可在波速场扫描的基础上推断出监测区的应力场分布特点，并在矿图上展示监测区域应力分布云图，实现了煤岩动力灾害危险性预警，可有效防范煤岩动力灾害事故，保障煤矿安全生产，具有良好的推广应用前景。

2. 技术内容

（1）基本原理

基于数据传输、震源定位和层析成像波速场求解等技术，通过自激震源产生震动信号，根据拾震器接收的同一频段震动信息，对监控区域波速场进行反演计算，将反演计算得到的监控区域波速参与微震定位计算。根据微震波速与应力的正相关关系，最终得到监控区域应力场分布；同时，将反演计算得到的微震波传播速度用于震源定位计算，提高了微震监测系统定位精度，形成了融合采动岩体破裂和采动应力两类指标于一体的煤岩动力灾害监测预警技术。

（2）关键技术描述

关键技术一：数据传输技术。采用 **GPS** 高精度同步时钟，作为系统主时钟和时间基准，利用系统网络使用 **PTP** 协议完成整个系统的时间同步。

关键技术二：微震震源定位技术。定位方法主要源于地震领域，采用传统地震定位方法，包括线性和非线性定位方法等合理寻优算法。

关键技术三：层析成像求解波速场技术。要获得地下构造的清晰图像，其关键环节是实现源检之间地震射线的定位，即射线追踪。LTI 算法比其它常规方法（如有限差分法）更为快速、精确，适用于任意变速介质，可以追踪包括直达波和透射波等射线路径。因此采用 LTI-SIRT 算法和插值处理，实现了煤层波速场求解技术。

3. 主要技术指标

(1) 采用 GPS 高精度同步时钟，作为系统主时钟和时间基准，同步授时同步精度 $<10^{-6}s$ ，采样频率 $<35kHz$ ，定位精度 5-10m。

(2) 在上行开采安全措施优选中，可确定不同区域的监测预警指标，通过回采过程中的监测预警，实现对安全保障措施实施及优化的指导。

(3) 在动载矿压监测预警中，可实现浅埋房柱采空区下工作面开采的“井下-地面”立体监控，实现工作面来压提前 8-24 小时的预测预报。

4. 典型案例及成效

在神华集团神东公司石圪台煤矿实现了浅埋房柱采空区下开采工作面动载矿压的预测预报。自 2014 年 2 月至 10 月，成功预测了 3 次动载矿压和 37 次周期来压，根据预测结果，提前采取

措施，避免了压架事故的发生。预测结果与矿压和地表下沉观测结果基本吻合，验证了预测结果的准确性与可靠性。

5. 技术咨询联系方式

技术信息咨询单位：煤炭科学技术研究院有限公司

联系人：邓志刚

电话：010-84262753

地址：北京市朝阳区青年沟路 5 号

邮编：100013

E-mail: dengzhigang2004@163.com

(八) 冲击地压声电实时监测预警技术

1. 适用范围及推广前景

本技术适用于冲击地压、岩爆和煤与瓦斯突出等煤岩动力灾害实时监测预警。我国煤矿冲击地压、矿山和隧道岩爆等煤岩动力灾害非常严重，现有 160 多座矿井受到冲击地压灾害的威胁，大量非煤矿井和深埋隧道受到岩爆威胁。随矿山开采深度不断增加，冲击地压灾害日趋频繁、严重及复杂，出现冲击地压灾害的矿井数目越来越多。因此冲击地压声电实时监测预警技术与装备具有很好的推广应用前景。

2. 技术内容

(1) 基本原理

冲击地压是采掘空间周围受载煤岩体变形破裂演化到一定

程度而发生的突变灾害。煤岩体受载变形或破裂时会产生电磁辐射、超低频电磁感应、声发射或微地震等声电信号，应力及加载速率越大，变形破裂越强烈，声电信号越强。声电信号的变化能够反映冲击地压的主要影响因素及演化过程。通过多点、多区域、实时监测声电信号及其变化规律，采用临界值法和趋势法判定声电信号异常范围，实现对冲击地压、岩爆等灾害的及时有效预警。

(2) 关键技术描述

关键技术一：声电信号分布式实时同步监测技术。可分布式实时同步监测电磁辐射、超低频电磁感应、声发射或微地震等声电信号。

关键技术二：声电信号特征及动态变化趋势分析技术。对监测数据可自动进行趋势分析，自动滤除干扰信号，自动提示传感器线路故障或数据异常，大幅度提高了系统的自动化程度和可靠性。

关键技术三：冲击地压危险时空趋势预警技术。通过区域性临界值法和动态趋势法判定声电信号异常范围，根据灾害的危险性，自动分级预警。

3. 主要技术指标

(1) 利用分布式电磁辐射、声发射、超低频电磁感应、微震动等传感器信号实时监测预警冲击地压危险性。

(2) 传感器安装简便快捷，电磁辐射和超低频电磁感应传感器可直接悬挂测试，声发射和微震传感器可直接安装在锚杆上。

(3) 根据传感器种类及灵敏度不同，电磁辐射传感器监测范围为 7-22m，最大 50m；声发射传感器监测范围为 10-100m，超低频电磁感应传感器监测范围为 7-100m，微震传感器监测范围为 10m-3km。

(4) 对监测数据可自动进行趋势分析，并且能自动滤除干扰信号和自动提示传感器线路故障或数据异常等情况。

(5) 预警：通过区域性临界值法和动态趋势法判定声电信号异常范围，根据灾害的危险性，自动分级预警。

4. 典型案例及成效

先后应用于北京长沟峪煤矿所有强矿压危险掘进巷道和回采工作面。为预防强矿压灾害，建立了强矿压声电实时监测及预警系统，通过多点、多区域、实时监测电磁辐射和声发射信号，实现了对巷道和回采工作面顶板垮落、应力集中、强矿压显现和煤岩冲击等的危险识别及自动预警。实践表明，对强矿压显现等危险的预警准确率大于 75%，且无漏报。监测预警效果良好，有效控制了长沟峪煤矿强矿压显现。

该技术还在冲击地压非常严重的抚顺老虎台煤矿进行了成功应用，有效预警 10 多次冲击地压危险。

5. 技术咨询联系方式

技术信息咨询单位：中国矿业大学

联系人：王恩元，刘晓斐

电话：0516-83884685，13955298758，13814433243

地址：江苏省徐州市中国矿业大学南湖校区安全工程学院

邮编：221116

E-mail: weytop@cumt.edu.cn

（九）井工矿坚硬顶煤顶板水力致裂控制成套技术

1. 适用范围及推广前景

井工矿坚硬顶板导致诸多围岩控制与安全问题。我国坚硬顶板煤层储量丰富，随着开采深度逐渐加大，冲击地压和围岩大变形加剧。煤层坚硬顶板水力致裂理论与成套技术为坚硬顶板、冲击地压、临空巷道大变形、综放面坚硬顶煤冒放性与初采瓦斯等控制提供了新的解决思路和方法。也可用于低透气性煤层增透抽采瓦斯与消突。尤其在不适合爆破的高瓦斯矿井具有巨大的经济效益和社会效益，有着广阔的应用前景。

2. 技术内容

（1）基本原理

采用定向致裂、增加裂缝数目与均匀致裂等水力致裂技术在煤岩体中人工增加裂缝，实现对煤岩体结构的改造，解决了采煤工作面端头悬顶、切眼及中部坚硬顶板、高瓦斯综采面坚硬顶板垮落，冲击地压，临空巷道大变形等问题。

（2）关键技术描述

关键技术一：研制的成套煤矿井下高压（60MPa）水力致裂

装备可基于锚索钻机的小孔径实现顶板致裂。

关键技术二：形成了基于锚索钻机的采煤工作面端头悬顶小孔径水力致裂控制、工作面切眼及中部坚硬顶板水力致裂控制、坚硬顶板水力致裂弱化控制冲击地压与临空巷道大变形等技术。

关键技术三：基于顶煤水力致裂弱化与老顶（定向）水力致裂诱导矿压破煤，形成了顶煤顶板水力致裂控制顶煤冒放性与治理初采阶段瓦斯技术。

（3）技术流程

本工艺技术主要包括钻孔（预制缝）、封孔、泵注致裂、装备拆卸等四个工艺单元。

3. 主要技术指标

- （1）成套井下水力致裂装备的水压力 $\geq 60\text{MPa}$ 。
- （2）致裂钻孔最小孔径为 32mm，工程量小、效率高。
- （3）单水路高水压专用胶囊封孔器的效率高，能重复利用。
- （4）单孔控制范围 30m 以上，钻孔致裂封孔深度可达 80m 以上。
- （5）研制了专用测控仪。

4. 典型案例及成效

成套技术已在大同、神东等矿区应用，克服了高瓦斯矿井炸药爆破存在的安全隐患。在大同矿区，实现了一次性成功致裂坚硬顶板，并成功地解决了坚硬顶板带来的综放面初采瓦斯超限、

临空巷道冲击地压和大变形等问题。与传统爆破弱化顶板（顶煤）相比，水力致裂弱化顶板能实现更远距离的顶板控制、安全性高、管理简单，而且经济成本不到其 1/10。

5. 技术咨询联系方式

技术信息咨询单位：中国矿业大学徐州佑学矿业科技有限公司

联系人：黄炳香

电话：13585398762

地址：江苏省徐州市大学路 1 号中国矿业大学矿业工程学院

邮编：221116

E-mail: huangbingxiang@cumt.edu.cn

（十）煤矿巷道综掘与锚喷作业区域控除尘技术

1. 适用范围及推广前景

本技术可解决煤矿巷道综掘工作面及锚喷作业区域产尘量大、粉尘浓度高以及现有混凝土喷射设备作业流量低、输送距离小、混凝土回弹率高及支护强度低等难题。本技术能够在综掘工作面及锚喷作业区域取得良好的降尘效果，并且有效降低锚喷区域混凝土回弹率、提高巷道支护强度。同时也可在隧道、地铁、边坡支护等地下、地面土木工程喷浆作业区域应用，具有良好的推广应用前景。

2. 技术内容

（1）基本原理

通过改进典型水雾捕尘机理，基于单一雾场雾滴粒径—速度分布及尘雾耦合规律，结合高效环保除尘剂及自动添加装置的研发，研究了综掘工作面高效喷雾降尘技术；借助数值模拟及数据拟合分析，确定合理的综掘工作面局部通风系统及最佳通风参数，研制了新型高效控除尘装备，建立了附壁风筒旋流风幕封闭式控除尘系统；结合低弹高效速凝剂研制及湿式混凝土喷射系统装备的研发，形成了煤矿巷道综掘与锚喷作业区域控除尘技术。

（2）关键技术描述

关键技术一：改进典型水雾捕尘机理，明确单一雾场雾滴粒径-速度分布及尘雾耦合规律，研制了综掘机高效外喷雾装置。

关键技术二：研制了高效环保除尘剂及其自动、定量、连续添加装置。

关键技术三：揭示了不同风流参数条件下综掘工作面风流-粉尘流场运移规律，研制了高分子材料轻质附壁风筒及湿式除尘风机等高效控除尘装备，建立了附壁风筒旋流风幕封闭式控除尘系统。

关键技术四：研发了低弹高效速凝剂，并研制了由新型混凝土湿喷机、强制式单卧轴搅拌机和作业机器人构成的湿式喷浆技术装备。

3. 主要技术指标

（1）综掘工作面除尘技术及装备技术指标

①综掘面的综合降尘率平均达到 93%左右。

②研发的高分子轻质附壁风筒总质量小于 25kg，是普通的铁质或钢制附壁风筒重量的 5%-10%。

③综掘面综合防尘技术可以有效将有人作业区域粉尘控制在 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 左右。

(2) 锚喷工作面除尘技术及装备技术指标

①作业地点粉尘浓度控制在 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。

②研发的湿式混凝土喷射机作业流量可达 $7-9\text{m}^3/\text{h}$ 。

③喷层质量高，输送距离远；水平输送距离达 150m，垂直输送距离 30m，输送能力较国外产品提高 1 倍。

④回弹率低，仅为 15%左右。

⑤支护强度高，支护强度大于 25MPa，性能接近浇筑混凝土。

4. 典型案例及成效

以山东新巨龙能源有限责任公司辅二岩巷为例，在完全开启由掘进机外喷雾降尘装置与附壁风筒旋流风幕封闭式控除尘系统的状态下，辅二岩巷主要作业地点的全尘和呼尘浓度分别降至 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $11\text{mg}/\text{m}^3$ 左右，平均全尘降尘率达 92.72%，平均呼尘降尘率达 91.82%。应用湿喷技术后，巷道支护平均回弹率由使用前的 18% 降至 11%，湿喷现场的全尘平均浓度由使用前的 $13.1\text{mg}/\text{m}^3$ 降至 $6.2\text{mg}/\text{m}^3$ ，呼尘平均浓度由 $5.1\text{mg}/\text{m}^3$ 降低到 $2.2\text{mg}/\text{m}^3$ 。实践证明，该技术能够有效降低综掘工作面及锚喷作

业区域粉尘浓度，确保煤矿的安全高效生产。

5. 技术咨询联系方式

技术信息咨询单位：山东科技大学矿业与安全工程学院

联系人：周刚

电话：0532-86058080

地址：山东省青岛经济技术开发区前湾港路 579 号

邮编：266590

E-mail: ahsdzhougang@163.com

(十一) 基于无线通信的矿用救灾监测系统

1. 适用范围及推广前景

本系统应用于矿区紧急救援和突发事件处理。可直接面向矿山应急救援的重大需求，市场覆盖范围包括全国大、中、小煤矿和各个救护队，目前，该系统已在 14 个区域矿山应急救援队以及扎赉诺尔煤业、神华宁煤集团、国投新集能源、辽源矿业集团和华能白山煤矸石发电有限公司等矿山应急救援队得到应用。该系统对保证救援队员的自身安全，提高救援工作的实效性，保护国家和矿工的生命安全和财产具有重要意义。

2. 技术内容

(1) 基本原理

通过研究救护队员体征安全信息采集技术，实现救护队员体温、心率、姿态、活动度等生命体征信息监测功能；研究了救护

环境安全信息采集技术，实现了温度、CH₄、CO 和 O₂ 浓度等环境参数的监测。基于煤矿视频采集技术和骨传导听说技术，实现了救护队员专用的无线语音传输；基于救护安全信息无线自动传输技术，实现了救护队员体征参数、环境参数、环境视频图像等重要信息传输到地面以及语音集群对讲功能。

(2) 关键技术描述

关键技术一：救护队员体征安全信息采集技术。实现了救援队员体温、呼吸频率、心率和姿态等重要体征参数的实时监测，以便地面指挥人员随时了解每个救护队员的身体状况。

关键技术二：救护环境安全信息采集技术。采用“爆炸三角形”原理对采集到的 O₂、CH₄、CO、温度等环境参数进行数据分析，避免次生灾害的发生。

关键技术三：语音、视频通信技术。采用基于 H.264/AVC 的煤矿视频采集技术和骨传导听说技术，实现了救护队员专用的无线语音传输。

关键技术四：救护安全信息无线自动传输技术。采用蓝牙技术和 FHSS 跳频技术，实时将井下音视频和数据信息传输到地面。

3. 主要技术指标

(1) 工作时间：系统连续工作时间 ≥ 12 小时。

(2) 传输距离：中继器与中继器之间的传输距离 $\geq 1000\text{m}$ 。
中继器与采集仪之间的传输半径 $\geq 150\text{m}$ 。

(3) 组网跳数：中继器组网跳数 ≥ 15 跳。

(4) 系统延时：系统延时 $\leq 2s$ 。

(5) 组网方式：中继器随机混序布设，自动组网。

(6) 监测环境参数：实时监测灾变现场温度、甲烷、一氧化碳和氧气浓度环境参数。其中，甲烷检测范围为 0-100%，一氧化碳检测范围为 0-5000ppm，氧气检测范围为 0-30%，温度检测范围为-20-+100℃。

(7) 生命体征：实时监测救护队员体温、心率、姿态、活动度等生命体征参数。其中，体温检测范围为 10-50℃，心率检测范围为 10-200BPM，姿态检测范围为-90°+90°，活动度检测范围为 0-100m/s。

4. 典型案例及成效

该系统已在山东兖州煤业股份有限公司救护大队等救护队应用。矿用救灾无线通信系统在现场应用后，可快速搭建数据传输通道，将事发地点的现场图像、环境参数、救护队员生命体征等信息传输至后台指挥中心，能够实现地面救援指挥中心与井下救护队员的直接对话和通讯指挥，设备运行稳定可靠。

5. 技术咨询联系方式

技术信息咨询单位：煤炭科学技术研究院有限公司

联系人：张立亚

电话：010-84261588

地址：北京市朝阳区和平里青年沟东路 5 号

邮编：100013

E-mail: zhangliya@ccrise.cn

（十二）煤矿四维灾害模拟与预警系统

1. 适用范围及推广前景

本系统适用于各类矿山灾害模拟与预警。可在矿山灾害发生机理研究的基础上，综合各类空间数据、生产数据和实时监测数据，对矿山灾害进行超前预报，对危险性较大的区域进行重点监控和实时预警，从而有效的避免发生重大事故；对可能发生灾变的地点，按照灾害类型进行事故模拟和仿真，制定相应的应急预案，可根据该预案开展应急演练，模拟灾害事故发生后快速启动应急预案，生成科学合理的救灾方案，协同调度应急救援物资，实现对应急预案可行性的校验，指导应急预案的编制。当真正发生灾变时，通过该预案可以有效避险、高效救援，从而有效的保证矿山的本质安全和高效生产，具有广泛的推广应用价值。

2. 技术内容

（1）基本原理

本系统以井上下地质模型和危险源模型为基础，借助先进的数字化和信息化手段，综合各种灾害的发生机理，利用模态识别技术对危险源进行判识，实现对矿山顶板、冲击地压、煤与瓦斯突出、火灾、水灾等各种灾害的超前预测和安全预警；对可能发

生灾变的地点，按照灾害类型进行事故模拟和仿真，制定相应的应急预案；对矿山应急资源和预案进行数字化管理，充分利用四维地理信息系统的空间分析和网络分析功能，实现矿山应急演练过程的可视化和数字化，为矿山的安全生产提供保障。

（2）关键技术描述

关键技术一：煤矿四维地理信息平台。基于现代图形学、地质学、采矿技术、计算机、多媒体和互联网技术，实现三维 CAD 和三维 GIS 的无缝集成、各种属性数据库管理和真三维空间分析、采矿各种专业的协同应用和动态联动。

关键技术二：煤矿时空灾害预警技术。基于对矿山的模型、岩性、冲击倾向性、突出危险性、自燃倾向性、应力分布、瓦斯压力、水文、开挖破坏范围等各种静态分析，结合微震、应力、瓦斯、束管、水文等各种动态监测数据，研发有效的数学力学模型和实用的预警技术，实现重大灾害的预测预报。

关键技术三：事故仿真技术。实现煤与瓦斯突出、水灾、火灾等地质灾害事故以及跑车事故、机电事故等生产事故的模拟仿真，可视化展示事故灾害演变过程、灾害影响区域、蔓延方向及速度，为灾害防治、应急预案编制、安全教育、应急培训和应急指挥提供技术支持。

关键技术四：全数字化应急演练系统。实现应急预案数字化，针对不同类型、地点、级别事故智能启用应急预案、快速响应

与迅速处置、资源的协同调用与救援，实现全数字化应急演练。

3. 主要技术指标

(1) 利用煤矿四维动态地理信息系统技术，可以实现采矿生产和实时监测监控的可视化透明管理，为灾害预警和应急指挥提供科学有效的基础数据信息。

(2) 利用煤矿时空灾害预警技术，可以实现矿山冲击地压、煤与瓦斯突出、顶板灾害、水灾和火灾等灾害的准确预测和在线预警。

(3) 能够对煤矿瓦斯、水灾、火灾等主要灾害事故进行模拟仿真。

(4) 能够应用全数字化应急演练技术开展矿井应急演练。

4. 典型案例及成效

临矿集团古城煤矿地质条件复杂，冲击地压灾害较为严重，通过建立地质体和危险源模型，实现了采矿生产三维模型的动态演化、属性数据和实时监测监控的可视化管理，并进行了冲击地压、矿井水害、瓦斯涌出量、地表沉陷等危险源的预测和分析，同时，实现了应急救援预案数字化管理以及多地点、多部门、多专业、多资源、多系统、多技术、多角色的远程协同管理，为科学地应急指挥提供强有力的决策支持，已有部分成果得到了验证。

5. 技术咨询联系方式

技术信息咨询单位：山东蓝光软件有限公司

联系人：卢新明

电话：13853803297

地址：山东省泰安市高新区东区创业服务中心

邮编：271000

（十三）自动隔绝式压缩氧气自救器

1. 适用范围及推广前景

本产品广泛适用于煤矿、金属非金属矿山、冶金、化工、船舶、隧道、建筑、军事、消防、公共安全等相关领域，在抢险救灾、应急救援过程中为保护人民群众的生命安全与健康提供有效支持，产品的市场需求巨大，前景十分广阔。

2. 技术内容

（1）基本原理

采用先进的机械、电子、无线高频传输技术和新型的环保材料，通过借用煤矿现有的压缩氧气和预警监测系统，使井下作业人员与有害空间隔绝，同时自动为佩戴者提供氧气。同时具有自动启动、手动启动、手动开启的功能，确保复杂条件下能够安全、稳定、快速地对事故做出反应，为灾变现场作业人员赢得宝贵的逃生时间。

（2）关键技术描述

关键技术一：借用煤矿现有的安全监测预警系统，提高了自救装置的可靠性与稳定性，降低了实施成本。

关键技术二：采用三重保护：自动启动响应时间 3s、手动启动响应时间 5s、手动开启时间 7s，三种功能互为补充，确保复杂条件下正常开启供氧，实现了快速启动自救功能。

关键技术三：采用直流防爆型磁护电机，密封于减速箱中；减速箱内的齿轮采用高强工程塑料和粉末冶金制造，使得整个系统既不会因为电机性能导致阀门无法开启，也不会因为扭力过大导致齿轮损坏，更不会因为电机运行过程中碳刷打火而引发安全事故。采用特殊保护措施使得电机防爆等级达到行业最高要求 EXia I Ma 级，符合 GB3836.1、GB3836.4 和 Q/ST-Z1001-2014 企业技术条件要求。

3. 主要技术指标

(1) 自动开启速度：自动启动、手动启动响应时间分别为 3s 和 5s，手动开启时间 7s，且三种启动功能互补。

(2) 关键材料选型：高压气体的连接部件和高压气阀采用硅酮高温冲压而成，抗压能力强，晶体结构稳定，避免了因为长时间的高压而导致部件产生裂纹而漏气和爆裂从而发生安全事故。

(3) 更改连接材料和方法：采用新型硅胶半面罩替代口鼻夹具给佩戴者供氧，提高自救装置与佩戴者连接的可靠性。

(4) 防爆措施：将直流防爆型磁护电机密封于减速箱中，且减速箱内的齿轮采用高强工程塑料和粉末冶金制造。采用特殊

保护措施使得电机防爆等级达到行业最高要求 EXia I Ma 级，符合 GB3836.1、GB3836.4 和 Q/ST-Z1001-2014 企业技术条件要求。

(5) 供氧时间： $\geq 45\text{min}$ 。

(6) 体积： $225.5\text{mm}\times 187.3\text{mm}\times 96.5\text{mm}$ 。

(7) 重量：2.35kg。

4. 典型案例及成效

已在神华集团、唐山开滦集团、淮北煤业集团、湖北马河煤矿等企业井下现场进行了实验验证，实验数据和国家矿用产品质量监督检验中心检验数据对应一致。

5. 技术咨询联系方式

技术信息咨询单位：武汉东方思创应急装备科技有限公司

联系人：于翔，王小文

电话：13986166766，13907192259

地址：武汉市青山区冶金大道 54 号火炬大厦 22 层

邮编：430080

E-mail: yuxiang000001@126.com

(十四) 井下孔底马达钻孔钻进技术

1. 适用范围及推广前景

本技术可应用于煤矿井下中硬煤层顺层定向钻进施工，结合大功率定向钻机及配套钻具进行推广应用，对增加全国的煤层气抽采量、提高抽采效果有积极促进的作用。该技术可提高中硬煤

层的瓦斯治理的效果，降低了煤层气的平均抽采成本，在保障煤矿生产安全的同时，可以大大缩短瓦斯治理工期，提高生产效率，具有显著的经济效益和社会效益。

2. 技术内容

(1) 基本原理

定向钻机装备主要由大功率定向钻机、泥浆泵、通缆钻杆、随钻测量系统、孔底马达及钻头等主要部件组成，其工作原理是：定向钻进时，钻杆不转动，由泥浆泵输出的高压水驱动孔底马达旋转钻进，从而带动钻头旋转切削煤岩层；通过高精度孔底随钻测量仪测量钻孔轨迹，并在防爆计算机上实时显示，通过调整孔底马达的弯头方向在一定范围内对钻孔轨迹进行调整，达到预期的轨迹要求，保证钻孔轨迹沿设计轨迹延伸。

(2) 关键技术描述

关键技术一：钻机设计了整体式和分体式两种结构，整体式主机是将泥浆泵、电控箱、防爆电脑、给进系统、操作控制系统等全部集成到一个履带车平台上，移动搬运方便，适应巷道断面较大的矿井应用。分体式主机集成于 2 个履带车平台上，适应巷道断面不大的矿井应用。目前已形成系列化定向钻机，满足不同地质条件和施工要求的需要。

关键技术二：随钻测量系统信号稳定、可靠性高、无需电池供电、使用和维护成本低。采用探管孔外供电技术，避免了常规

孔内电池供电方式因更换电池而撤钻的问题，提高了工作效率。

关键技术三：孔底马达在传动轴前端设计了单向阀机构，传动轴与壳体连接处设计了导流机构，有效避免了定子和转子因煤渣卡阻造成的堵塞卡钻。

3. 主要技术指标

(1) 钻机最大输出转矩达 13000Nm；最大钻进深度 1500m。

(2) 钻机定向钻孔直径最大 120mm，扩孔直径最大 300mm。

(3) 随钻测量系统方位角测量范围：0-360°(精度±1.5°)、工具面向角测量范围：0-360°(精度±1.5°)、倾角测量范围：-90°+90°(精度±0.2°)。

4. 典型案例及成效

2011 年 4 月至 12 月，使用千米定向钻机在寺河煤矿共施工主孔 13 个，分支孔 62 个，累计总进尺超过 14000m。其中，主孔深度超过 1000m 的钻孔共施工 4 个，其最深孔深为 1017m，分支孔最大施工深度 240m。试验期间，正常钻进平均日进尺为 150-180m，顺煤层钻孔机械钻速为 15-24m/h，顶底板岩石钻孔机械钻速为 6-8m/h，钻孔轨迹偏差小于 1%。

5. 技术咨询联系方式

技术信息咨询单位：中煤科工集团重庆研究院有限公司钻探研究分院

联系人：史春宝

电话：023-65239391

地址：重庆市九龙坡区二郎科技新城科城路 6 号

邮编：400039

E-mail: 17500776@qq.com

（十五）矿用钻孔测井分析系统

1. 适用范围及推广前景

本系统是以自然伽马（简称“GR”）测井技术为核心的综合测井及数据分析系统。能够适用于各类煤矿、非煤矿山井下及隧道工程中的地质、防治水、采空区、陷落柱、顶板支护（锚索孔）、瓦斯抽放等各种任意倾斜角度设计钻孔的综合测井需要。该系统将测井技术成功应用于矿山井下，可以大幅提高钻探成果分析的可靠性，减少因钻探成果分析失误造成的工程损失与安全隐患，降低不必要的钻探施工量，推广应用前景广阔。

2. 技术内容

（1）基本原理

本系统选用高分辨率视频、自然伽玛测井、孔斜、孔深相结合的高度集成化的硬件设计，在现场一次完成原始数据的采集；专用软件采用视频与自然伽玛数据按深度同步分析岩层岩性的专利方法，弥补单一 GR 曲线划分层位的不足，实现地层划分并生成钻孔岩性柱状图；同时可以通过视频分析孔径变化、岩层裂隙、离层情况、出水点特征等；自动绘制孔斜轨迹平面图、剖面图以

及生成钻孔地质剖面图，各类图件均可以 CAD 格式导出。

(2) 关键技术描述

关键技术一：自然伽玛测井技术能够定量划分岩层厚度、区分砂泥岩的岩性。同时，GR 是一种泥质指示曲线，可以定性评价岩石的力学强度。这对井巷工程的支护条件、隔水层力学强度判断，有着重要的指示作用。

关键技术二：视频与 GR 同步分析岩性技术，即对照同一深度段的 GR 曲线与视频进行岩性划分。可以弥补单一 GR 曲线在解释地层岩性方面的不足。

关键技术三：钻孔轨迹连续测量技术，即采用高频率的数据采集方式连续测量钻孔轨迹，获取厘米级深度的钻孔轨迹点的方位角与倾斜角数据，运用平差算法实现的钻孔轨迹制图成果，精度优于目前应用的“点测”测斜技术。

3. 主要技术指标

(1) 探测孔深：>150m，误差 0.5%。

(2) 探测时间：探测锚索孔<15min，探测 100m 深度钻孔需 0.5-1 小时。

(3) 地层分层：定量划分岩层分层厚度误差不大于 0.1m。

(4) 影像采集：分辨率>450TVLine，探头光源光亮度可以调节。

(5) 钻孔孔斜：连续测量，方位角：量程 0-360°；误差<2°。

钻孔倾斜：量程 $-90^{\circ}+90^{\circ}$ ；误差 $0.1^{\circ}-0.5^{\circ}$ 。

(6) 自然伽玛：统计起伏 $<10\%$ ；计数范围：本底-10000Cps。

(7) 分析软件：生成 GR、砂泥比曲线；GR 与视频按照同深度进行同步分析判别岩性；绘制钻孔岩性柱状图、孔斜定向剖面图、孔斜平面图，生成钻孔地质剖面，并可以 CAD 格式导出；查看钻孔岩层结构（岩层软硬程度、岩石孔隙、裂隙发育情况、出水点特征、顶板离层情况等）。

(8) 重量尺寸：主机箱总重 $<12\text{kg}$ ，长宽高 $<0.3\times 0.3\times 0.3\text{m}$ ；探头重量 $<2\text{kg}$ ，长度 $<0.9\text{m}$ ，直径 $<0.026\text{m}$ 。

4. 典型案例及成效

本产品具有国家防爆检测与煤安认证，目前已经山西晋煤集团、山西焦煤汾西矿业集团、中煤华晋等多家矿业集团的数十家煤矿应用，完成钻孔探测 2000 多次，从查明岩层层位、涌水原因、钻孔轨迹、孔内岩层结构等角度，结合综合地质分析，成功解决了采空区、陷落柱、防治水、瓦斯抽放、顶板支护等多类安全与技术问题，取得了显著的应用效果。其中，山西焦煤汾西矿业集团等将本技术作为集团地质防治水钻探的检查检测手段。

5. 技术咨询联系方式

技术信息咨询单位：西安科技大学

联系人：马庆勋

电话：13379097232

地址：陕西省西安市雁塔中路 58 号

邮编：710054

E-mail: 554649952@qq.com

（十六）矿用本安型电磁波无线随钻测量技术

1. 适用范围及推广前景

本技术适用于煤矿井下瓦斯抽采、水害防治、地质勘探及地面定向钻孔施工。

系统可与不同型号钻机配套使用，使现有型号钻机具有定向钻进的功能。可满足国内煤矿井下瓦斯抽放孔和探放水孔等中等距离钻孔（孔深不大于 500m）的需求。此外，该系统还可配套井下伽马测井探管、井下电阻率测井探管等，实现煤矿井下多参数无缆测井，为井下高效抽放和效果评价提供技术支持，具有良好的推广前景。

2. 技术内容

（1）基本原理

通过研究煤矿井下电磁波在地层中的传播特性，采用电偶极子原理在地层和钻柱上激发出低频电磁波的方法进行数据传输，系统由孔口设备和孔中设备组成。孔中接收模块接收到孔口指令后，启动测量模块进行姿态测量，所测数据由发送模块进行调制、放大后，经天线耦合辐射到钻杆、地层中，孔口的接收模块在接收到数据后交由处理显示模块进行处理、显示，实时调整钻进姿

态，指导钻进。

(2) 关键技术描述

关键技术一：采用基于噪声驱动的智能调制、解调技术，提高了系统的抗干扰能力，延长了最大通信距离。

关键技术二：研制的大电压、小电流推挽放大电路模块，在解决防爆问题的前提下使最大发射功率接近理论上限。

关键技术三：采用姿态、压力检测和综合决策等技术研制出智能电源管理系统，该系统能识别钻进、停止钻进两个状态，根据需要给孔中系统供电、断电，可最大限度延长工作时间。

关键技术四：设计了一种全新的复合结构，采用新型涂层材料，制作了绝缘间距大、强度高的绝缘天线，地面试验与井下示范表明绝缘天线的强度、间距满足实钻要求。

关键技术五：设计了钻杆丝扣的高强度防断裂密封式螺纹连接，实现了钻杆螺纹的高强度及良好密封。

3. 主要技术指标

- (1) 方位角（绝对误差）： $\pm 1.2^\circ$ （测量范围： $0^\circ\text{-}360^\circ$ ）。
- (2) 倾角（绝对误差）： $\pm 0.2^\circ$ （测量范围： $-90^\circ\text{+}90^\circ$ ）。
- (3) 工具面向角（绝对误差）： $\pm 1.2^\circ$ （测量范围： $0^\circ\text{-}360^\circ$ ）。
- (4) 传输距离： $>500\text{m}$ ，传输速率： 50bps 。
- (5) 钻孔轨迹参数实时测量及成图显示。

4. 典型案例及成效

在内蒙古神华黄玉川煤矿 216 上 02 掘进工作面（石炭二叠系）使用电磁波无线随钻测量系统进行打靶试验，成功从目标靶点附近贯穿，孔深 516m。截止 2015 年 11 月，该系统已在山西晋煤集团寺河矿等 3 个煤矿完成了井下工业性试验，累计进尺 16646m，单孔最深 525m。钻进过程中系统信号传输稳定、工作可靠，传输速率达 50bps，单次测量时间 25s，充电一次可连续随钻测量时间达到 420 小时。

5. 技术咨询联系方式

技术信息咨询单位：中煤科工集团西安研究院有限公司

联系人：汪凯斌

电话：13572225791

地址：陕西省西安市高新区锦业一路 82 号

邮编：710077

E-mail: wangkaibin@cctegxian.com

二、非煤矿山安全

（十七）气密封特殊螺纹连接套管

1. 适用范围及推广前景

本产品适用于低压低渗和中高压气田大曲率水平井多段体积压裂工艺开发，包括两种气密封螺纹连接套管：（1）低压用经济型气密封螺纹连接套管：具有加工成本低、节约材料、检测方便、无需特殊螺纹脂、上卸扣方便快速的优点；且与 API 长圆螺

纹有良好的互换性，适用于 40MPa 以内低压气田。(2) 金属/金属气密封螺纹连接套管：具有易于对扣、加工、检测、清洗及预防密封面损坏特点。

本产品解决了油田现场内螺纹台肩难于清洗和对扣过程中密封面易损伤等问题，适用于 55-100MPa 范围的中高压气田及多段体积压裂大曲率水平井。

2. 技术内容

(1) 基本原理

基于螺纹密封和结构完整性原理，以现场失效分析为依据，通过分析现有气密封螺纹的不足并结合油气田工况确定螺纹性能需求，开发了两种连接套管。在实物气密封试验数据的基础上，结合密封表面实际加工粗糙度和涂层，形成了气密封结构设计判据；通过确定过应力模型材料参数，分析了上扣转速与抗粘扣关系；采用半循环混合硬化模型分析包络线三次循环载荷谱下气密封性。采用国际标准 ISO 13679 (2002) 进行实物验证评价，并在油田进行了小批量下井检验。

(2) 关键技术描述

关键技术一：螺纹密封技术。通过增加螺纹中径过盈量、减少齿底与齿顶间隙、调整 API 锥度范围，内螺纹小端采用变锥技术等，提高了连接和弯曲能力以及密封性。实现了弯曲狗腿度 ($\leq 20\%30m$)、连接效率 80%、复合载荷气密封效率 80% ($\leq 40MPa$)、

高温 $\leq 135^{\circ}\text{C}$ 的气井密封。

关键技术二：金属对金属密封技术。采用直角扭矩台肩、上扣定位的方法，降低了台肩处的应力集中且易于清洗；主密封（锥面/球面）密封位置距台肩 $\geq 6\text{mm}$ ，在循环载荷下，保证了密封接触压力及长度；导向面（角度 45° ）和导向面间隙 $\geq 0.06\text{mm}$ ，保证上扣螺纹易对扣，并能排出多余螺纹脂。实现了弯曲狗腿度（ $\leq 20\%30\text{m}$ ）、连接效率 100%、压缩效率 60%、复合载荷气密封效率 95%、高温 $\leq 180^{\circ}\text{C}$ 的气井密封。

3. 主要技术指标

（1）低压用经济型气密封螺纹连接：满足弯曲狗腿度（ $\leq 20\%30\text{m}$ ）、连接效率 80%、复合载荷气密封效率 80%（ $\leq 40\text{MPa}$ ）、高温 $\leq 135^{\circ}\text{C}$ 的气井。

（2）金属对金属气密封螺纹连接：满足弯曲狗腿度（ $\leq 20\%30\text{m}$ ），连接效率 100%，压缩效率 60%，复合载荷气密封效率 95%，高温 $\leq 180^{\circ}\text{C}$ 的气井，大曲率水平井和多段体积压裂工艺要求。

4. 典型案例及成效

该产品已在长庆油田苏南、苏东区块的非常规致密气开发井（井深 4500m、气压 60MPa、温度 150°C ）和大曲率长水平井（ $\leq 20\%30\text{m}$ ）中运行 3 年，累计下套管 3500 吨，平均每小时入井 30 根。在作业过程中未发生粘扣、套管变形等问题，经固井侯凝和 20 次体积压裂（90MPa）循环，未发生螺纹泄漏、脱扣和接箍开

裂现象。

5. 技术咨询联系方式

技术信息咨询单位：中国石油集团石油管工程技术研究院石油管国家重点实验室

联系人：王建东

电话：18681805379

地址：陕西省西安市锦业二路 89 号

邮编：710077

E-mail: wjd233@163.com

（十八）矿山边坡合成孔径雷达监测预警系统

1. 适用范围及推广前景

边坡合成孔径雷达监测预警系统（简称边坡雷达或 S-SAR）基于地基合成孔径雷达差分干涉测量技术，能够对地表微小形变进行高精度测量。该系统能够对露天矿边坡、排土场边坡、尾矿库坝坡、水电库岸和坝体边坡、山体滑坡、大型建筑物的形变、沉降等实施大范围连续监测，可广泛用于重要工程安全保障、健康评估和应急抢险，对各种坍塌灾害进行预警预报。和传统的全站仪、GPS 等监测手段相比，具有全天时、全天候、大范围区域、远程、高精度监测的技术优势，开创了全新的边坡位移形变监测方式，具有十分广阔的推广应用前景。

2. 技术内容

（1）基本原理

边坡雷达的基本原理是基于地基合成孔径雷达差分干涉测量技术。通过地基合成孔径雷达技术，在距离向利用脉冲压缩实现高分辨率，在方位向通过波束锐化实现高分辨率，从而获取观测区域的二维高分辨率图像。通过差分干涉测量技术，把同一目标区域、不同时间获取的二维高分辨率图像结合起来，利用各像素点的相位差反演获得被测区域的高精度形变信息。再利用网络远程控制系统实现全天候自动监测，当边坡变形量和变形速率达到预警级别时，提前发出灾害预警。

（2）关键技术描述

关键技术一：高可靠自动化运行的高精度雷达系统技术。采用双通道一次变频，减少中间环节的噪声影响；采用具有镜频抑制能力的混频方案，减少前端滤波环节，降低噪声系数；采用高稳定时基，优化本振设计，提高频谱纯度指标；使得雷达在实现大带宽的同时，将雷达长期幅相误差控制到 0.3dB 和 1° 以内，满足了亚毫米级形变监测要求，突破了高稳定的宽频带雷达收发测量这一技术难题。

相较于星载、机载雷达测绘应用，同时兼顾近、远距的边坡监测需要是边坡监测雷达需要进一步解决特殊问题，提高隔离度和接收灵敏度，提高相位的同步性和处理速度。

对运动控制系统、雷达系统及数据处理系统进行了高可靠集

成，引入同步反馈控制机制，实现高精度运动系统和雷达系统的同步集成控制；通过系统微型化、模块化设计，提高边坡雷达系统的可靠性和易维修性；采用全封闭结构设计，增强了可靠性和环境适应性。

关键技术二：边坡监测雷达全流程自动化数据处理技术。矿山环境粉尘、气压、温度、水汽含量等因素是影响边坡监测精度的重要因素，利用永久散射体技术，通过分析观测数据误差影响，建立环境因素误差补偿技术，研究成像误差补偿和标定方法，开发了适用于矿用雷达的形变信息提取方法，解决了大气、烟尘和雨雾等外部环境对系统测量精确的难题。

突破了高精度实时成像处理与高精度形变信息提取、高精度标定和地形匹配等数据处理关键技术，研制成功了可自动化运行的边坡监测雷达数据处理软件。

关键技术三：基于雷达监测的边坡位移分析及稳定性预警技术。提出了一套基于雷达监测的边坡位移分析及预警方法流程。首先确定预警值为搜索阈值，对每次监测数据进行数据搜索，确定所有大于该阈值的数据点，对搜索到的数据点进行邻域搜索和面积计算，当计算的连续邻域面积大于预设阈值时，系统向用户进行报警。

3. 主要技术指标

(1) 工作频率：17GHz。

- (2) 工作带宽：500MHz。
- (3) 作用距离：0.3-5km。
- (4) 监测范围：60°×20°；
- (5) 监测精度：0.1mm；
- (6) 分辨率：0.3m×3m@1km。
- (7) 单帧测量周期：10min。
- (8) 轨道长度：2.8m。
- (9) 防护等级：IP65。
- (10) 最大功耗：500W。
- (11) 供电电源：220V/50Hz。
- (12) 工作温度：-30℃-+50℃。

4. 典型案例及成效

目前，边坡雷达已在我国多处矿山企业成功开展边坡安全监测应用：在北京首云铁矿露天坑采场东帮南部边坡的监测应用中，提前三天成功预测到危险区域的滑坡趋势并进行预警；在福建紫金山金铜矿排土场边坡监测应用中，通过分析排土区域滑移趋势指导排土作业，保障企业的正常生产，取得了巨大的经济和社会效益；在东川落雪铜矿的监测应用中，时刻监测滑移带的变化情况，保障了企业及作业人员生命财产安全。

此外，边坡雷达在滑坡灾害应急救援过程中也发挥了重要作用。2015年11月13日晚，浙江省丽水市莲都区雅溪镇里东村发

生山体滑坡，造成重大人员伤亡和财产损失。边坡雷达抵达救援现场后，连续监测滑坡体 152 个小时，采集了 852 帧雷达监测图像，获得了约 1.6 亿个有效的测点数据，处理了 14.6G 的海量信息，完成了 24 个滑坡监测分析报告，拉响预警警报 3 次，成功预报一万立方米滑坡险情 1 次，有效保障了救援工作的安全进行；2015 年 12 月 20 日 11 时 40 分，广东省深圳市光明新区凤凰社区恒泰裕工业园发生受纳场渣土堆填体滑坡事故，造成重大人员伤亡和财产损失，边坡雷达在参与此次应急救援过程中，连续监测 120 小时，获得形变图像 600 帧，采集数据 14G，提交监测报告 17 份，向指挥部提交了定量三级预警和加密监测方案建议并受到采纳，有效防止了二次滑坡灾害，保障了残余边坡下方救援人员的安全。

5. 技术咨询联系方式

技术信息咨询单位：中国安全生产科学研究院

联系人：马海涛

电话：18811080270

地址：北京市朝阳区北苑路 32 号院甲 1 号楼安全大厦

邮编：100012

E-mail: maht@chinasafety.ac.cn

三、危险化学品安全

(十九) 压力容器全寿命风险控制的设计制造技术

1. 适用范围及推广前景

本技术已在国内装备制造企业、石油化工、煤化工、冶金、特殊化工等企业广泛应用，提升了我国承压设备设计制造技术水平。近年来，随着我国千万吨炼油、百万吨乙烯、大型煤化工、液化天然气集输、国家战略石油储备等国家重大工程建设项目的大力推进，重要压力容器需求量不断扩大。该项技术可在电力、核电、国防军工、深海探测等领域重大装备国产化、长周期安全保障工作，承压设备绿色设计制造，工业化和信息化深度融合工作中推广，应用前景广阔。

2. 技术内容

(1) 基本原理

本技术是以全寿命风险识别、预测与控制为基准进行压力容器的设计制造，即研究压力容器全寿命风险识别、评价技术以及设计制造与动态服役风险的内在联系，提出了在设计制造早期预测并采取措施控制压力容器服役风险的方法，建立了基于全寿命风险控制的压力容器设计制造工程技术方法。

(2) 关键技术描述

关键技术一：提出了以全寿命风险识别、预测与控制为基准进行压力容器设计制造的理念，建立了基于全寿命风险控制的压力容器设计制造工程技术方法，形成了压力容器设计专用工具软件。并将该技术方法纳入了国家安全技术规范和技术标准中。

关键技术二：开发了 12 台（套）关键试验测试装置，解决

了复杂环境动态服役条件下多种失效模式交互作用时，主导机制判别、风险控制参量的表征与度量等关键技术难题，建立了风险识别与失效模式、损伤机理数据库。

关键技术三：解决了风险生成与演化规律的模拟及仿真、设计制造与全寿命服役风险演化内在联系等技术难题，构建了风险演化与材料控制、结构优化、制造检验工艺优化等关联因素数据库。

3. 主要技术指标

修订国家安全技术规范 1 项（TSG R0004-2009《固定式压力容器安全技术监察规程》），自主开发了 12 台（套）关键试验测试装置，制修订国家标准 10 项（GB150.1-GB150.4《压力容器》、GB/T 26610.1-5《承压设备系统基于风险的检验实施导则》、GB/T30579-2014《承压设备损伤模式识别》）。

4. 典型案例及成效

长期以来，我国 2000m³ 及以上的大型低温乙烯球罐一直依赖进口。2007 年，由于当时国外厂商拒绝向我国提供大型低温乙烯球罐用钢板，而国产钢板由于无成熟应用业绩，国产化难以实现，天津石化百万吨乙烯等工程项目建设面临难以为继的“卡脖子”窘境。本技术成功实现了天津石化百万吨乙烯工程大型低温乙烯球罐的国产化，保障了该项工程建设的顺利进行。与进口球罐相比可节支约 1/3，经济效益显著。

5. 技术咨询联系方式

技术信息咨询单位：合肥通用机械研究院

联系人：朱建新

电话：0551-65335431

地址：安徽省合肥市蜀山区长江西路 888 号

邮编：230031

E-mail: zhujianxin@hgmri.com

（二十）硫化氢泄漏捕消技术

1. 适用范围及推广前景

本技术适用于具有硫化氢泄漏风险的油气开发、集输、净化和炼制等石化生产作业场所，造纸、制药等存在化学过程的生产设施，城市污水管网、排污系统清污清淤和改造施工以及各类硫化氢泄漏应急抢险作业。该技术能够消除硫化氢的致命性危害，是涉硫化氢作业、生产的常备安全保障措施，也是硫化氢泄漏事故急救和抢险的专用技术装备，能降低硫化氢泄漏事故产生的危害，最大限度地保障人民群众生命安全，为安全生产提供有力的保障，具有广阔的应用推广前景。

2. 技术内容

（1）基本原理

该技术包括硫化氢捕消剂和硫化氢捕消器两部分。当硫化氢气体泄漏时，通过硫化氢捕消器（有手提式、推车式、固定式和拖车式等四种形式）向泄漏区域喷射硫化氢捕消剂，泄漏在空气中的硫

化氢与硫化氢捕消剂反应后生成了稳定的硫化物,可在短时间内降低和控制硫化氢扩散的速度和范围,最终消除硫化氢的毒性危害。

(2) 关键技术描述

关键技术一:硫化氢捕消剂。由硫化氢反应剂、防潮剂和分散剂等原料组成,能与硫化氢气体发生物理吸附和化学反应的粉状混合物。硫化氢捕消剂的沉降速度小于 $5\text{g}/\text{m}^2 \times \text{min}$,可在空气中长时间悬浮,与硫化氢进行充分接触和反应。

关键技术二:硫化氢捕消器。是充有一定压力驱动气体的硫化氢捕消剂的储存容器,操作原理与干粉灭火器相似。具体型式有手提式、推车式、固定式和拖车式等四种,能适用于不同的硫化氢泄漏防护场所。

3. 主要技术指标

(1) 硫化氢捕消剂的硫化氢捕消效率 $\geq 95\%$ 。

(2) 手提式硫化氢捕消器的喷射距离 $\geq 3.5\text{m}$,有效喷射时间 $\geq 9\text{s}$,喷射剩余率 $\leq 15\%$ 。

(3) 推车式硫化氢捕消器的喷射距离 $\geq 6\text{m}$,有效喷射时间 $\geq 20\text{s}$,喷射剩余率 $\leq 15\%$ 。

(4) 拖车式/固定式硫化氢捕消器的喷射距离 $\geq 20\text{m}$,喷射剩余率 $\leq 10\%$ 。

4. 典型案例及成效

2011 至 2013 年间,利用该技术装备对普光气田采气厂污水

池中的硫化氢气体（浓度范围多在 3%-17%之间）进行了多次现场捕消，清除效率最高达到了 99.8%。2016 年 1 月，对青岛九盛纸制品有限公司“12.25”事故的回水循环池、污水池和纸浆池内的硫化氢气体（浓度高达 42mg/m³）进行现场捕消，使硫化氢浓度降为零。

5. 技术咨询联系方式

技术信息咨询单位：中国石油化工股份有限公司青岛安全工程研究院

联系人：朱胜杰

电话：13370891127

地址：山东省青岛市延安三路 218 号

邮编：266071

E-mail: zhusj.qday@sinopec.com

（二十一）油气运输管道漏磁检测系统

1. 适用范围及推广前景

本技术适用于保障油气采集与输送管道安全。可对各种口径管道内外壁的周向、轴向、斜向分布缺陷，内部缺陷以及壁厚进行检测和识别。该系统既可应用于管道生产企业，监测和控制成品管道质量，剔除不合格产品；也可对施工现场或在役管道进行检测，具有良好的推广前景。

2. 技术内容

(1) 基本原理

在外磁场的磁化下，铁磁性管道内若有缺陷，缺陷内的磁场随缺陷的形状变化。根据铁磁性管道裂纹内场强的方程式：

$$H_g = \frac{a/b+1}{a/b \cdot \mu_g / \mu_f + 1} \cdot H_o$$

可知：缺陷在外表面空间形成的漏磁场与缺陷有关。当传感器贴合工件表面扫查时，传感器拾取缺陷漏磁场并转化为缺陷信号。施加多维磁激励，使各种缺陷产生缺陷漏磁场的检测原理称漏磁检测。

(2) 关键技术描述

关键技术一：管道短盲区磁化技术。采用单一线圈磁化器与聚磁器代替传统的双线圈磁化器，目的是激励管道缺陷变化信息的显现，避免双线圈磁化器检测盲区较长的缺点，使得检测盲区不超过 50mm。

关键技术二：阵列化传感器。将管道全部区域的质量变化信息转换成电信号，即将管道的内含缺陷和壁厚变化在管道外表面形成的磁场 **B** 的变化信息转换成缺陷电势 **Hr**。若 **B** 和 **Hr** 之间实际存在非线性关系，处理电路和监控软件程序将进行非线性关系补偿。

关键技术三：管道质量信息图形化检测软件。根据多通道处理电路输出和管道各向内外壁缺陷和壁厚等质量对应关系，在计

计算机监控界面上显示管道质量图形信息。

3. 主要技术指标

(1) 检测管道外径范围： $73 \leq d \leq 180\text{mm}$ ； $114 \leq d \leq 245\text{mm}$ ； $180 \leq d \leq 340\text{mm}$ ； $340 \leq d \leq 680\text{mm}$ 。

(2) 检测管道壁厚范围：3-25mm。

(3) 检测管道长度范围：6-18m。

(4) 最高探伤灵敏度：外壁 L2 纵向、横向和斜向刻槽， $25\text{mm} \times (0.25\text{mm}-1\text{mm}) \times$ 壁厚的 5%。

(5) 壁厚监测灵敏度：壁厚变薄 10%、12.5% 则报警。

(6) 壁厚监测覆盖率：管道全覆盖壁厚监测。

(7) 检测管道速度变化范围：15-40m/min 。

(8) 管道试样缺陷检出率：100%。

(9) 管道试样缺陷误报率： $\leq 5\%$ 。

(10) 检测显示方式：计算机图形显示检测过程。

(11) 缺陷标记精度：标伤偏差 $\pm 50\text{mm}$ 。

(12) 分选能力：对合格品和废品正确分选。

(13) 检测建档方式：对检测结果建立图形档案。

(14) 安全评估：对管道检测后给出安全评估意见。

4. 典型案例及成效

2013-2016 年期间，该技术装备先后在鞍钢股份无缝钢管厂 159 机组、177 机组和安徽天大石油管材有限公司的三套管道轧制

机组应用且通过了国际 API 标准认证。

5. 技术咨询联系方式

技术信息咨询单位：合肥中大检测技术有限公司

联系人：何辅云

电话：13955136298

地址：安徽省合肥市高新区创新大道 425 号

邮编：230088

E-mail: 1547721551@qq.com, fuyunhe@sina.com

(二十二) 直击雷防护装置

1. 适用范围及推广前景

本装置可替代传统接闪器应用于危险化学品生产存储场所、弹药运输车、加油站、火工品库、油料库、化工企业等场所，应用前景广泛。

2. 技术内容

(1) 基本原理

该装置采用“上中和，下阻断”的方法，利用防雷电回闪技术，实现了变阻抑制器的快速启动关闭和金属大气电极快速聚集中和雷电下行先导电荷，在被保护区域的上空阻止了雷电流主放电渠道的形成，使保护区内不落直击雷，避免或减少了直击雷的发生，进一步减少了感应雷灾害。

(2) 关键技术描述

关键技术一：通过分析雷电放电的三个阶段，提出了阻断雷电下行先导向保护区域延伸，使保护区内不落直击雷的“防雷电回闪”技术。通过研制由多种金属氧化物材料按照一定配比合成变阻抑制器部件，实现了地面感应电荷的快速聚集与释放，使得变阻抑制器能利用雷云自身的能力启动关闭，解决了无源条件下“主动”雷电防护的技术瓶颈。

关键技术二：通过对典型雷电过程下行先导能量的统计分析和理论计算，确定了最低装载电荷量。设计了具有半圆弧形表面、能够均匀临近电场强度分布的金属大气电极。

3. 主要技术指标

- (1) 接闪电压： $\geq 7.5\text{kV/cm}$ 。
- (2) 最大通流量：65kA。
- (3) 工作峰流值： $\leq 5\text{kA}$ 。
- (4) 保护角度：70°。
- (5) 最小装载电荷量： $\geq 2.5\text{mC}$ 。
- (6) 最短装载时间： $\leq 25\mu\text{s}$ 。
- (7) 接地电阻： $\leq 30\Omega$ 。
- (8) 重量：4-9kg。
- (9) 变阻抑制器上下阻值： $> 100\text{M}\Omega$ 。

4. 典型案例及成效

2010年9月在遂城加油站罩棚顶安装2套天幕直击雷保护装

置。装置运行至今，此加油站未发生直击雷雷击现象。

5. 技术咨询联系方式

技术信息咨询单位：山东金苹果实业有限公司

联系人：张辉

电话：0533-6076067

地址：山东省淄博市张店区三赢路 69 号淄博科技工业园

邮编：255000

E-mail: sun0533@126.com

(二十三) 危险化学品火灾智能监测与微生物灭火系统

1. 适用范围及推广前景

本系统适用于各级安全生产监管和应急指挥相关部门以及石油、化工等行业的大、中小企业。

该系统采用生物防灭火技术、物联网监测预警和自动化控制技术，实现了全天候、无阻碍的远程监测预警和智能防灭火，实现了安全事件事前、事中、事后一体化的解决方案，安全环保，灭火后其组分无环境污染，可促进自然生态修复。随着经济和社会的发展，人们的安全意识和环保意识逐渐提高，对环保型消防技术和产品的需求会越来越迫切，因此该系统具有良好的推广前景。

2. 技术内容

(1) 基本原理

该系统采用物联网监测预警、自动化控制技术和微普生物防

灭火技术，实现全天候、无阻碍的远程监测预警和智能防灭火。其中，微普生物防灭火系统选用天然微生物为主要成分，结合现代生物发酵技术制成的水溶性高分子聚合物，是具备防火、快速灭火、阻燃、降温、除烟、生态修复等功能的防灭火产品同时，充分集成物联网先进监测、预警和自动化控制技术，实现全天候、无阻碍的远程监测预警和智能防灭火，实现了安全事件事前、事中、事后一体化的解决方案，是多项先进科技集成的信息化系统。

(2) 关键技术描述

关键技术一：事前事故监测技术。能够提前监测泄漏、火点等隐患，并自动进行应急处置，将事故消灭在萌芽状态，达到智能化的事故超前防范，减少事故发生。

关键技术二：事中预警技术。一旦出现危险化学品泄漏或火灾，能够自动启动预先配置好的微生物灭火系统，通过定制喷射设备进行快速降温和灭火处理，可以做到智能、迅速消灭事故。

关键技术三：事后处置技术。微普防灭火产品属于微生物灭火专利技术，可有效避免事故处置过程中造成环境二次污染或生态破坏，实现环境自然生态修复，且该技术无烟、无有害气体。

3. 主要技术指标

(1) 产品具有保水性及抗垂流性。灭火时能大幅减少水的流失，加大水的冷却及保护面积，充分发挥水的灭火性能。且灭火剂中的防焰阻燃组分能有效隔绝火源，阻止火势蔓延和次生火

灾发生。

(2) 产品中的吸热组分能快速降低火场温度，大幅减少火灾产生的有毒气体和浓烟，有效降低复燃几率。

(3) 产品具有低泡沫、无毒无害、无色无味、无重金属、无二次污染、安全环保等特点，其组分可在灭火后自然分解为有利于环境的再生成分，消除灾后毒害物质残留，促进自然生态系统的快速修复。

(4) 云计算服务基础支撑平台，系统实现了面向企业业务管控的稳固、可伸缩的业务基础架构，可扩展支持百万企业、亿级用户、海量数据的集中统一运营。同时，实现了以核心引擎为驱动、以在线配置为手段的应用模式，可适用不同行业、不同规模企业的应用服务。

4. 典型案例及成效

本系统在南京市安监局和辖区内的相关企业进行了应用,为南京市青奥会期间的安全生产工作提供了实时准确的监管信息,加强了对危险化学品的安全管理等重点行业(领域)和企业生产安全的监管,提高了安全管理能力与水平,为成功举办青奥会提供了保障。该项目于2013年11月完成验收,现正处于正常运行状态。

5. 技术咨询联系方式

技术信息咨询单位：北京微普联合民生科技发展有限公司，
南京安元科技有限公司

联系人：贾小醇

电话：18901336511

地址：北京市昌平区宏福工业园 10 号院

邮编：102209

E-mail: jxh@weiyeyuan.com

四、职业病危害

（二十四）铜磷合金无害化生产工艺及装置

1. 适用范围及推广前景

本技术适用于铜磷合金或铜磷钎料的无害化生产。该技术具有环保、安全、高效等优点，对提升我国铜磷合金制造技术水平，改变铜磷合金生产过程污染严重、对人身危害大、产品质量低、竞争力弱的现状具有典型的示范意义，应用前景广泛。

2. 技术内容

（1）基本原理

将赤磷与铜放置在密闭装置内发生反应生成铜磷合金，由于密闭装置内的氧气有限，磷与氧反应只生成少量的 P_2O_5 ，并且可通过计算密闭装置内的氧含量来精确控制铜磷合金中磷的含量。这样既减少了 P_2O_5 烟尘排放，也减少了磷烧损。

（2）关键技术描述

关键技术一：开发的铜磷无烟熔炼技术和封闭无氧自熔合熔炼装置隔绝空气的效果良好，并具备良好的排放气系统，保证了

铜磷合金熔炼过程的无氧参与，实现了熔炼近零污染。

关键技术二：研发的烟尘净化系统排烟彻底，并形成副产品磷酸再利用的循环经济。

关键技术三：研发的自动升降及浇铸系统实现了铜磷合金的安全、高效及大批量生产。

3. 主要技术指标

(1) 生产的洁净铜磷合金中非金属夹杂物含量不超过 800ppm，气体含量不超过 300ppm。

(2) 铜磷合金的单炉产量不低于 100kg，成分准确，成分波动幅度控制到 0.1% 以内。

(3) 自动升降及浇铸系统使铜磷合金生产效率提高 15-20%，综合成本降低 20%-30%，单炉日产量不低于 1500kg。

4. 典型案例及成效

已在杭州华光焊接新材料股份有限公司等企业进行了中、小批量验证。该装置显著减少了熔炼过程中的 P_2O_5 烟尘排放，有效控制了由此引发的职业性尘肺病及其他呼吸系统疾病；同时配套设备减轻了工人劳动强度，消除了安全生产隐患。

5. 技术咨询联系方式

技术信息咨询单位：郑州机械研究所新型钎焊材料与技术国家重点实验室

联系人：吕登峰

电话：15138685822

地址：河南省郑州市高新技术开发区科学大道与红松路交叉口路南

邮编：450001

E-mail: lvdengfeng88@126.com

（二十五）大型车辆及机械制造维修尘毒治理技术

1. 适用范围及推广前景

本技术适用于轨道交通等大型车辆及零部件制造维修、汽车整车及零部件制造维修、机械制造加工等作业场所的粉尘、化学毒物污染治理。该技术充分结合了我国喷漆、烘干、打磨作业特点和工艺流程的实际情况，既可有效降低污染物浓度，满足节能的需求，又可减少投入成本、实现一机多功能的灵活运用；同时，具有实用性强、适用范围广等特点，并对该类企业职业病危害防护具有一定的指导作用，具有广阔的推广应用前景。

2. 技术内容

（1）基本原理

通过研究大型车辆及机械制造、维修职业危害情况，结合喷漆、烘干、焊接、打磨等作业特点和工艺流程的实际情况，对尘毒危害防护技术装备进行现场实验研究，确定了尘毒危害治理关键技术参数，研发了系列尘毒危害防护技术与装备，主要包括自动涂装流水线技术、伸缩式房体尘毒治理技术、整体移动式房体

尘毒治理技术、集中式通风净化技术等。

(2) 关键技术描述

关键技术一：自动涂装流水线技术。将职业病危害因素防护设施与生产工艺设备有机结合，在解决工艺的同时有效控制现场尘毒危害，该流水线集合了工件转运、喷漆、喷粉、烘干、冷却、通风排毒、除尘等多项功能。

关键技术二：伸缩式房体尘毒治理技术。主要有伸缩式无泵水幕净化装置、伸缩式干式空气净化装置、伸缩式除尘净化装置等，既解决了传统上吸式排风罩与工件吊装运输冲突的问题，又有效防止了污染物外溢。

关键技术三：集中式通风净化技术。将喷漆、打磨等作业集中于一个完全封闭或半封闭、具有良好通风和照明设备的结构体中。室内气流组织能够防止漆雾、溶剂蒸汽、粉尘向外逸散，并使其集中安全引入排风系统。

3. 主要技术指标

污染物捕集率达到 90% 以上，漆雾颗粒净化效率达到 98% 以上，有机废气净化效率达到 98% 以上，粉尘净化效率达到 99% 以上。

(1) 自动喷漆流水线技术指标

悬挂线输送速度：0-3m/min（变频可调），最大工件重量：0-2000kg。无泵水幕喷漆室室内风速：0.38-0.67m/s；水幕厚度：5-10mm；提水速度：15-18m/s；水损耗量：排风量的 1%-2%；活

性炭过滤风速：1.2-1.5m/s；喷粉室室内风速：0.38-0.67m/s；滤筒过滤风速：0.8-2 m/s；烘干室烘干温度：0-230℃；烘干时间：30-60min；空室升温时间≤45min；冷却室换气次数：30-60 次/h；射流风口出风风速：15-20m/s。

(2) 伸缩式房体尘毒治理技术指标

移动伸缩前室断面风速：0.38-0.67m/s（空载）；伸缩前室行走速度：9m/min；前室尺寸 $H \leq 10m$ ， $W \leq 24m$ ， $L \leq 50m$ 。

(3) 移动式房体尘毒治理技术指标：

移动房体断面风速：0.38-0.67m/s（空载）；行走速度：6-10m/min（可调）；房体尺寸 $H \leq 10m$ ， $W \leq 10m$ ， $L \leq 15m$ 。

(4) 集中式通风净化技术指标

处理风量：1000-150000m³/h；换气次数：6-12 次/h；送风温度：室温-35℃；湿度：30%-70%。

4. 典型案例及成效

根据沈阳动车段车间污染源情况，分别采用自动喷漆流水线技术（悬挂式无泵水幕净化装置）、伸缩式房体尘毒治理技术（伸缩式无泵水幕装置、伸缩式干式空气净化装置）、集中式通风净化技术等设计了 20 套治理设施。项目实施后作业场所尘毒污染及环境空气排放都得到很大改善，达到相应国家职业卫生标准和环保排放标准。

5. 技术咨询联系方式

技术信息咨询单位：中国铁道科学研究院节能环保劳卫研究所

联系人：杜雅兰

电话：13910766510

地址：北京市海淀区大柳树路 2 号

邮编：100081

E-mail: duyalan0919@163.com

五、综合及其他

（二十六）地铁防灾系统热烟测试关键技术

1. 适用范围及推广前景

本技术适用于城市轨道交通建设、设计、运营阶段防灾系统安全性能检测，同时可应用于建筑、城市和地下工程消防检测领域，已先后在国内 30 多个城市的 40 多条地铁线路上得到应用，通过现场测试应用，降低了与火灾相关的各系统（火灾报警系统、环境与设备监控系统、综合监控系统、车站隧道排热风机、区间隧道排烟风机、风阀、事故照明、闸机、供电切非、警铃、应急广播、自动扶梯、电梯）的风险隐患，提高了防灾系统安全可靠程度该技术已被《城市轨道交通试运营前安全评价规范》（AQ8007-2013）采用在整个地铁行业推广。

当前，我国城市轨道交通正处于空前高速建设发展时期。预计到 2020 年，国内将有约 40 个城市发展轨道交通，总规划里程 7000 多公里。本技术将有望应用到国内地铁建设和运营阶段，市

场规模较大，将产生良好的经济效益和社会效益。

2. 技术内容

(1) 基本原理

通过现场模拟真实火灾条件下的热烟扩散条件，触发地铁站台或站厅的火灾探测报警系统，当检测到报警信号后，地铁的通风排烟系统、屏蔽门系统、事故照明、事故广播、疏散指示、闸机、扶梯等会联动运行，通过对各个系统在事故模式下的运行数据分析，检验地铁防灾系统的安全性能。

(2) 关键技术描述

关键技术一：解决了地铁消防系统单体检测技术无法对各系统之间的联动和综合效果进行有效评测的问题。本技术可对地铁车站站台、站厅、区间隧道的火灾探测报警系统、通风排烟系统、事故照明、疏散通道、疏散指示等工作效果、可靠性及联动状况的进行系统现场检测，并通过所建立的检测指标是否满足来判断地铁消防防灾系统是否有效可靠。

关键技术二：解决了冷烟测试方法不能真实反映实际火灾烟气流动及控制效果的问题。热烟测试采用具有实际火灾功率（热释放速率）的火源，火源燃烧产生的热的、具有浮力流驱动的烟气流动，能够较真实的反应烟气运动和控制效果。对烟气在地铁站台、站厅和隧道等防烟分区内扩散速度、机械排烟效果、气流组织形式及火灾产生的热风压均能够真实的模拟。

关键技术三：集成度高，测试信息量大，测量效率和精确度高，能够在地铁现场得到快速高效应用。由于测点安装方便，测试系统采用模块化设计，每次测试用时约 2-3h，需要专业测试工作人员 7-9 人，地铁各专业系统的施工单位、厂家、监理单位和设计单位配合，即可实现全部防灾系统的全功能现场一次性测试。

3. 主要技术指标

(1) 该技术装备能够模拟的火源功率范围是 0-3MW，测量温度范围是 0-1000℃，测点最高可达 200 个，测量风速范围是 0-10m/s。

(2) 测试指标包括 13 大项、数十项 2 级指标。包括空间温度场、烟气层动态高度、各开口流速变化、各防灾系统联动效果和动作时间、可用安全疏散疏散时间等。其中仅温度传感测点便可多达 200 多个，加上地铁各专业系统的历史数据记录，以及速度、热像、录像等等多种数据来源。可实现整个地铁测量空间的实时、三维、多源、高灵敏度和精确度的测量。

4. 典型案例及成效

目前，地铁防灾系统热烟测试关键技术在北京、广州、苏州、宁波、无锡、青岛、大连等 30 多个城市 40 多条线路进行了应用。

5. 技术咨询联系方式

技术信息咨询单位：中国安全生产科学研究院

联系人：胥旋

电话：010-84911844

地址：北京市朝阳区北苑路 32 号安全大厦

邮编：100012

E-mail: xux@chinasafety.ac.cn

（二十七）超宽带雷达生命探测仪

1. 适用范围及推广前景

随着社会的发展进步，矿山、煤矿等资源的开采日益加重，矿山塌方、煤矿坑道塌陷、泥石流等灾害时有发生，给人民生命财产安全带来极大隐患与伤害。本产品是可在煤矿井下使用的超宽带雷达救援设备，可在灾害发生后，及时锁定幸存者的位置，提高救援效率与质量，具有良好的推广前景。

2. 技术内容

（1）基本原理

超宽带雷达利用低频电磁波的强穿透性以及人体生命体征目标有规律的肺部扩张收缩、肢体的微动在回波上产生的多普勒效应，检测识别目标的存在及位置信息。能探测土壤、岩石、木材、混凝土等非金属和低含水量物质内部或物质后面生命体征目标。

（2）关键技术描述

关键技术一：高压、高重频、高稳定度纳秒级脉冲源技术。为避免营救现场环境噪声的影响，实现穿透矿山煤质探测内部存活生命体的目标，要求雷达具有较高的信噪比和电磁信号幅度。

关键技术二：高灵敏度时域接收机技术。为探测定位灾害现场废墟下、室内等条件下人体呼吸、心肺运动等“摄动目标”，需要雷达接收机具有高灵敏度。

关键技术三：强噪声背景下弱生命体征信号检测技术。针对灾害现场强环境噪声，微弱生命体征信号的提取需要研究、优化新的算法，基于幅度均衡的处理机制，采用跳频、高重频多次累积、滤波和小波去噪等方法消除噪声干扰。

3. 主要技术指标

- (1) 探测张角： $\geq \pm 60^\circ$ 。
- (2) 探测精度： $\pm 20\text{cm}$ 。
- (3) 探测距离： $\geq 25\text{m}$ 。
- (4) 探测水平面积： $\geq 5800\text{m}^2$ 。
- (5) 探测锥形体积： $\geq 49000\text{m}^3$ 。

(6) 适用标准：GB/T12173-2008《矿用一般型电气设备》，MT209-1990《煤矿通信、检测、控制用电子电子产品通用技术要求》，GB3836.1-2010《爆炸性环境第一部分：设备通用要求》，GB3836.4-2010《爆炸性环境第4部分：设备本安由本质安全型“i”保护的设备》，MT209-1990《煤矿通信、检测、控制用电子电子产品通用技术要求》。

4. 典型案例及成效

该装备已在四川省泸州市安监局和中国煤炭科工集团应用。

在应急救援演练和灾难救援活动中起到了快速探测搜索和高效救援的作用。

5. 技术咨询联系方式

技术信息咨询单位：湖南华诺星空电子科技有限公司

联系人：周小飞

电话：0731-88939908，18507319097

地址：湖南省长沙市高新开发区文轩路 27 号麓谷企业广场

B7 栋

邮编：410205

E-mail: xfzhou@novasky.cn