



曹焱林，男，1972年2月出生，江西九江人，研究员，博士，博士生导师。现任中煤科工集团沈阳研究院有限公司总工程师。国家安全生产专家组专家、中国煤炭学会煤矿动力灾害防治专委会副秘书长、中国煤炭工业劳动保护科学技术学会瓦斯专业委员会委员、能源行业煤矿瓦斯治理与利用标准化技术委员会委员。

**联系电话：13940041972**

主持承担“八五”至“十三五”国家科技支撑项目和“973”国家重点基础研究发展计划等20余项，制修（订）国家及行业标准或行业规定18项，获得省部级科技奖励15项。参加了黑龙江、吉林、辽宁、新疆、安徽、河南和贵州等地20余次事故调查，多次被国家煤监局邀请作为专家参加暗访、调查、调研、技术推广等活动。获全国煤矿瓦斯防治先进个人、煤炭行业技能大师等多项荣誉。



**中国煤炭科工集团**  
沈阳研究院有限公司  
CCTEG SHENYANG RESEARCH INSTITUTE

**中国煤科沈阳研究院**

# **矿井瓦斯抽采技术及精细化管理**

**主讲人：曹垚林 研究员**

**地址：辽宁省沈阳市沈河区东滨河路108号**

**网址：<http://syccri.ccteg.cn/>**



中国煤炭科工集团

沈阳研究院有限公司

CCTEG SHENYANG RESEARCH INSTITUTE

# 目录

Contents Page

- 01 瓦斯抽采技术发展历程
- 02 地面瓦斯抽采技术
- 03 井下瓦斯抽采技术
- 04 增透抽采技术
- 05 瓦斯抽采精细化管理



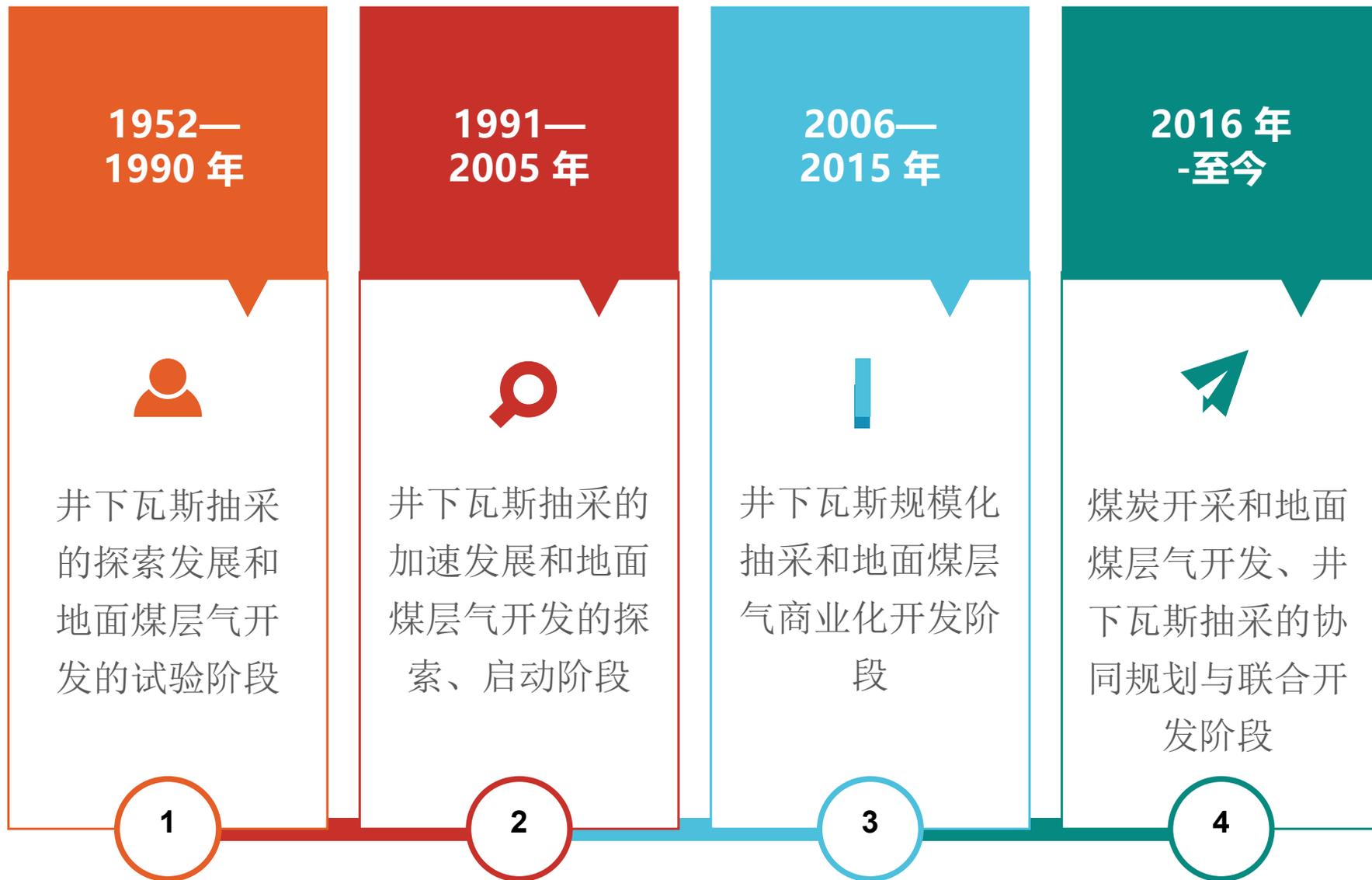
中国煤炭科工集团  
沈阳研究院有限公司  
CCTEG SHENYANG RESEARCH INSTITUTE

# 01 瓦斯抽采技术发展历程

引领安全科技 提升企业价值 推动行业进步 建设一流安全科技企业



# 一、瓦斯抽采技术发展历程





# 一、瓦斯抽采技术发展历程

## 第一阶段

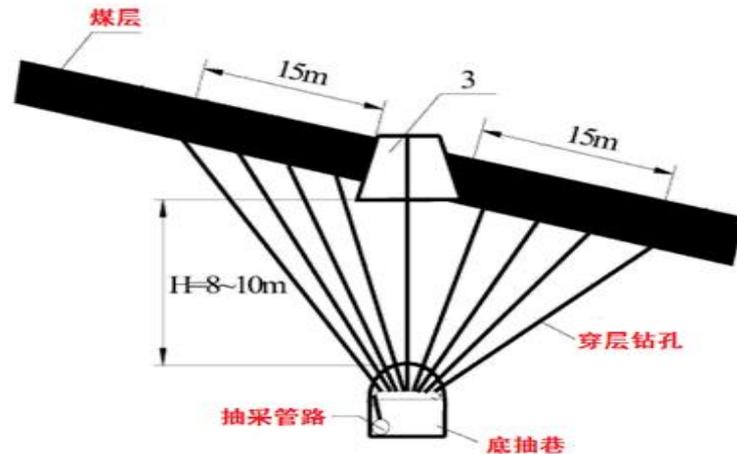
1952—  
1990 年



井下瓦斯抽采的探索发展和地面煤层气开发的试验阶段

□ **第1阶段（1952-1990）“一五”至“七五”期间：瓦斯抽采探索发展和试验阶段，细分为4个子阶段：**

- ◆ **20世纪50年代初期**，在抚顺的高透气性特厚煤层中，首次采用井下钻孔预抽煤层瓦斯获得成功，标志着我国开始进入**高透气性煤层瓦斯抽采阶段**。
- ◆ **50年代中期至60年代初**，阳泉矿区采用穿层钻孔、高抽巷抽采上邻近层瓦斯获得成功，这一阶段被称为**邻近层卸压瓦斯抽采阶段**。
- ◆ **60年代初期**，我国多个矿区试验了**深孔预裂控制爆破、水力压裂、水力割缝**等多种强化瓦斯抽采方法。进入了**低透气性煤层强化瓦斯抽采阶段**。
- ◆ **20世纪80年代**开始，为解决高产高效工作面瓦斯涌出源多、瓦斯涌出量大的问题，把多种瓦斯抽采方法有机结合起来，由此进入**综合瓦斯抽采阶段**。





# 一、瓦斯抽采技术发展历程

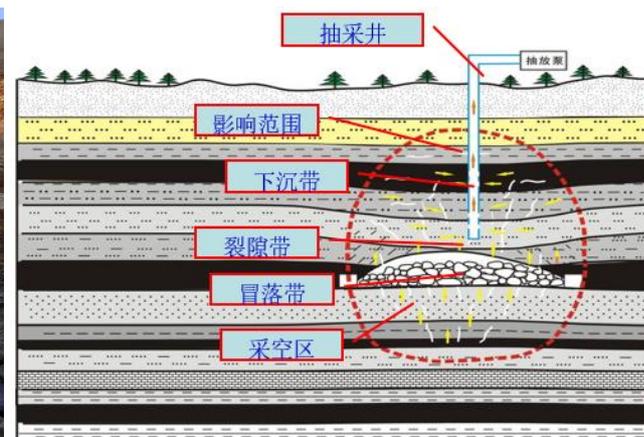
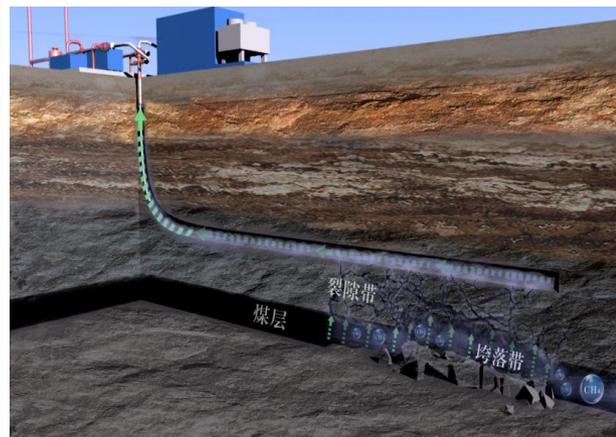
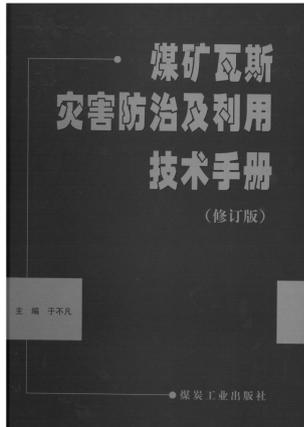
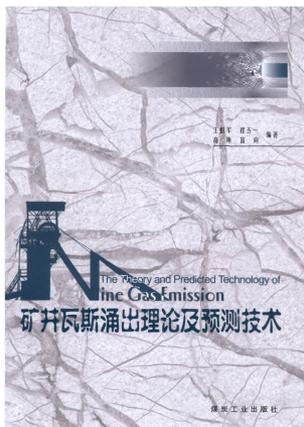
## 第二阶段

1991—  
2005 年



井下瓦斯抽采的  
加速发展和地面  
煤层气开发的探  
索、启动阶段

- **第2阶段（1991-2005）“八五”至“十五”期间：井下瓦斯抽采的加速发展和地面煤层气开发的启动阶段。**
- ◆ **1997年**煤炭工业部颁布了《**矿井瓦斯抽放管理规范**》和《**煤矿瓦斯抽放技术规范**》明确了必须建立瓦斯抽采系统的要求。
- ◆ **1997-2005**，煤炭企业开始引进千米定向钻机国外先进瓦斯抽采技术与装备，大幅提高了矿井瓦斯抽采能力。**针对煤层群和松软煤层的开采地质条件，创立和发展了煤层卸压抽采模式—淮南模式**，解决了煤层群、构造煤发育区的瓦斯抽采技术难题。
- ◆ **1996年**中联煤层气公司成立，地面煤层气开发步入了基础研究与开发试验并举的阶段。中石油、中石化和部分煤矿企业也分别开展了**地面煤层气开采的勘探与试验**。
- ◆ **在90年代中后期**，**安徽的淮南、淮北、山西的沁水煤田**等地也进行了地面煤层气开发试验，并取得了不错的成果。





# 一、瓦斯抽采技术发展历程

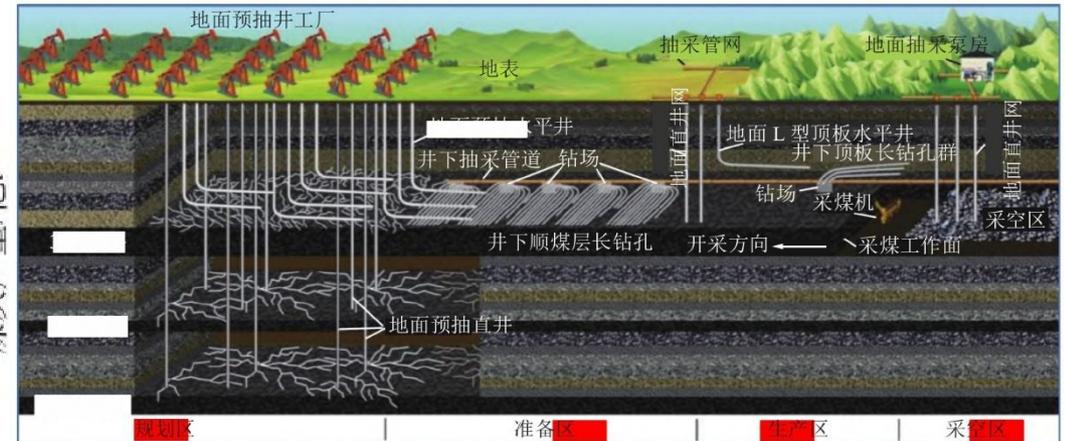
## 第三阶段

2006—  
2015 年

井下瓦斯规模化抽采和地面煤层气商业化开发阶段

□ 第3阶段（2006—2015）“十一五”、“十二五”期间：井下瓦斯规模化抽采和地面煤层气商业化开发阶段。

- ◆ 2005年国家能源局发布的《煤矿瓦斯治理与利用总体方案》提出了“可保尽保、应抽尽抽、先抽后采、煤气共采”的瓦斯综合治理战略。
- ◆ 2006年国家安全生产监管总局发布的《煤矿瓦斯抽采基本指标》要求煤矿抽采瓦斯后，采掘工作面瓦斯抽采率和煤的可解吸瓦斯含量必须达标，方可生产。
- ◆ 2006年以松藻矿区为代表，开展了松软突出煤层钻进及井下水力增透措施为主的技术研究，形成“三区配套三超前增透抽采”的煤与煤层气协调开发模式-松藻模式。
- ◆ 2006-2015年期间，以晋城矿区为代表，把煤矿井下瓦斯治理和煤层气地面开发结合起来，形成了三区联动的立体递进抽采模式—晋城模式，实现了对单一厚煤层的规模化抽采。





# 一、瓦斯抽采技术发展历程

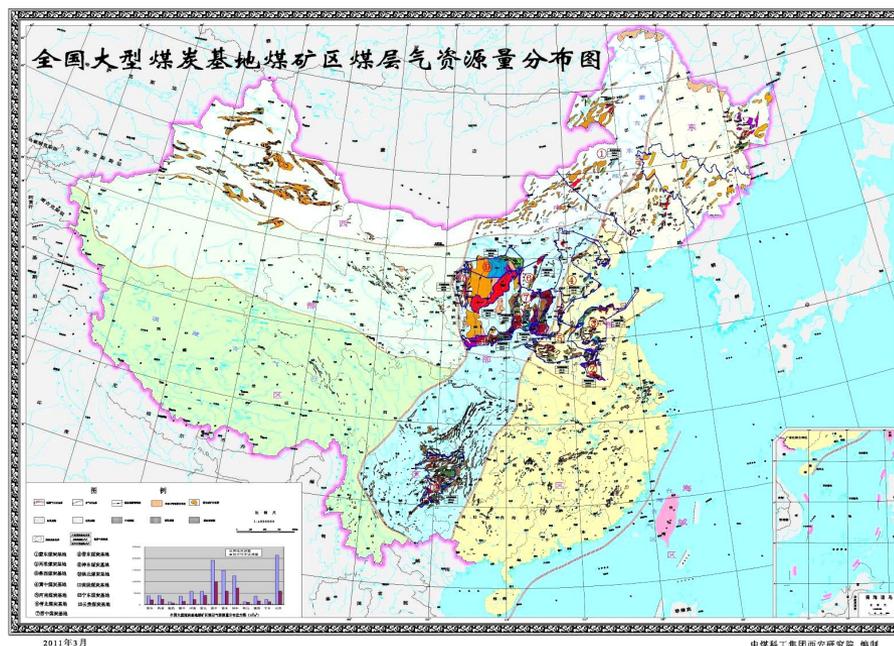
## 第四阶段

2016年  
-至今



煤炭开采和地面煤层气开发、井下瓦斯抽采的协同规划与联合开发阶段

- **第4阶段（2016 ---）十三五以来：煤炭开采和煤矿瓦斯抽采的协同规划与联合开发阶段。**
- ◆ **2016年**以来我国煤矿瓦斯抽采技术取得了长足的发展，**进入了井下瓦斯规模化抽采和地面煤层气商业化开发的新阶段**，初步建立了煤与煤层气协调开发模式，形成了一批适应我国瓦斯资源赋存条件的抽采关键技术。
- ◆ 在未来的一段时间里，把煤矿瓦斯抽采的资源属性和煤炭开采的安全属性充分结合，坚持井上下联合立体抽采的方针，不断加大煤与瓦斯共采的力度，**通过协同规划实现瓦斯抽采与煤炭开采协调发展将成为未来的工作重点。**





中国煤炭科工集团  
沈阳研究院有限公司  
CCTEG SHENYANG RESEARCH INSTITUTE

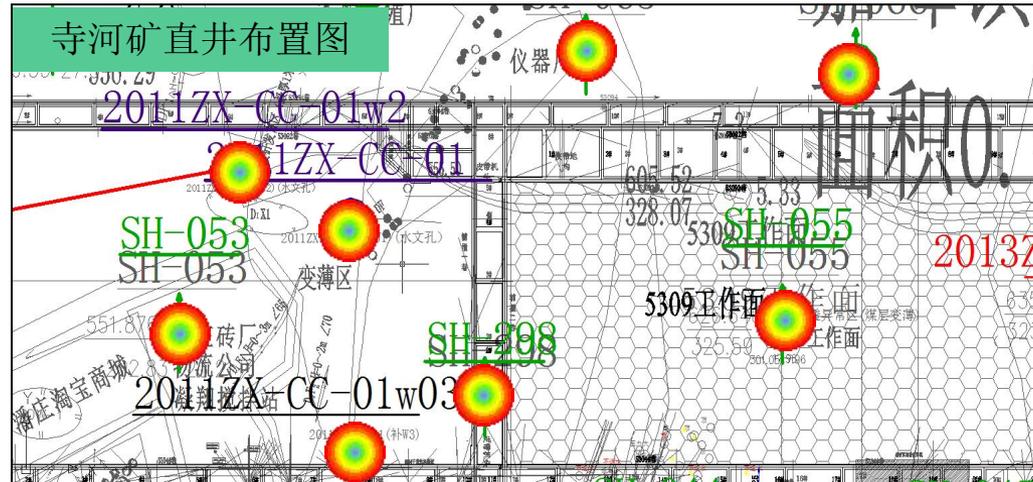
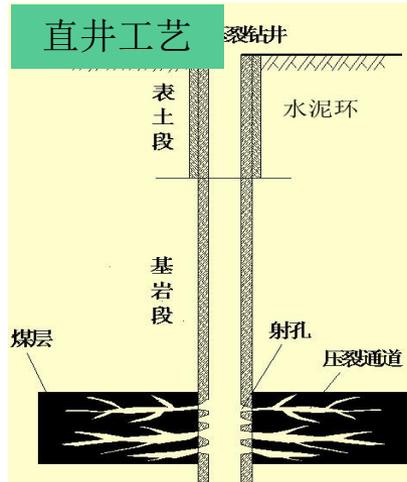
# 02 地面瓦斯抽采技术

引领安全科技 提升企业价值 推动行业进步 建设一流安全科技企业



## 二、地面瓦斯抽采技术

### □ 地面抽采技术-地面垂直井

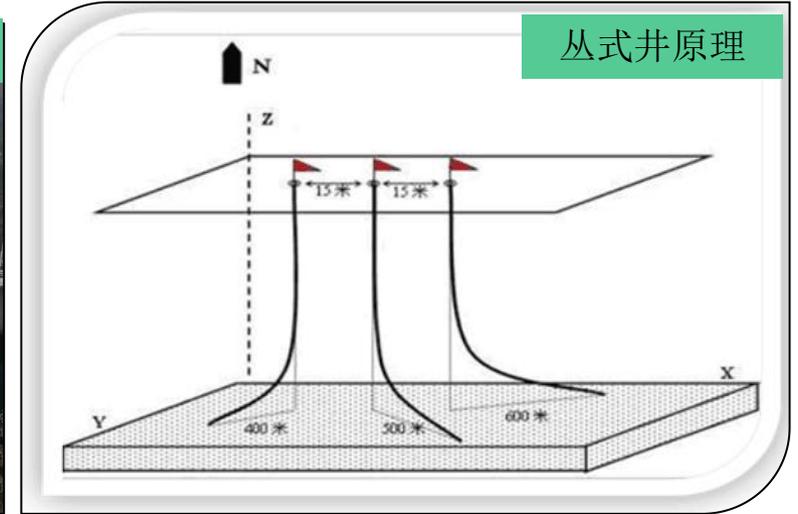


- ◆ **直井特点：**投入较低、技术简单，地质条件适应性强，缺点是占地较多，一般需要进行压裂增透措施，在沁水煤田煤层气开发早期大量使用，钻井抽采范围较小，单井产量较低，直井控制范围150m，布井间距200~300m，平均日产气量一般在300~2000m<sup>3</sup>。
- ◆ **产量较高寺河矿01号井：**2013年10月投运，平均产气量18000m<sup>3</sup>/d，最高产气量37000m<sup>3</sup>/d，累计产气量3800万m<sup>3</sup>。



## 二、地面瓦斯抽采技术

### □ 地面抽采技术-丛式井

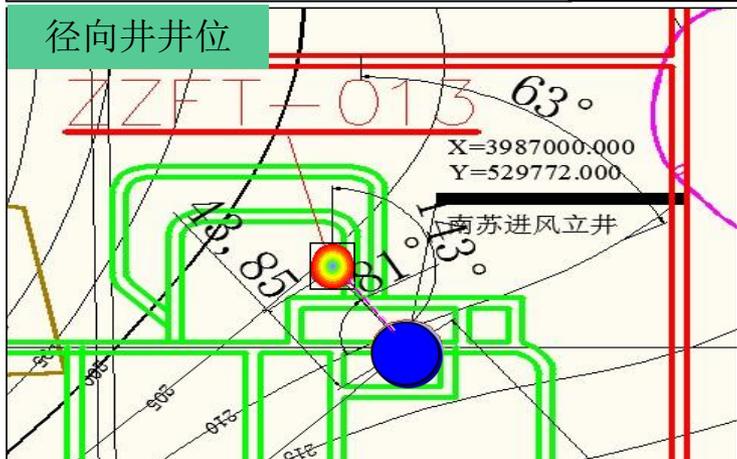
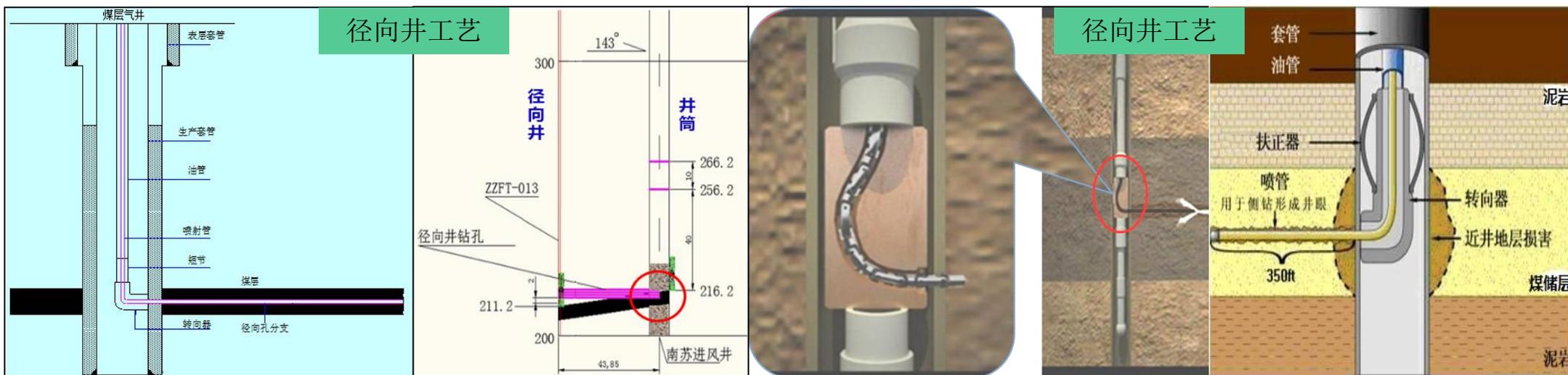


- ◆ 丛式井的优点是将多个钻井集中到一个井场施工，减少了占地面积和管道集输长度，其技术条件与直井相同，投入较低、技术简单，地质条件适应性强；缺点是钻井抽采范围较小，单井产量较低。
- ◆ 在胡底、郑庄等矿区率先探索成功了丛式井钻采技术，并得到了广泛应用。
- ◆ 丛式井单井日排采流量在200 ~ 2000m<sup>3</sup>/d



## 二、地面瓦斯抽采技术

### □ 地面抽采技术-径向井

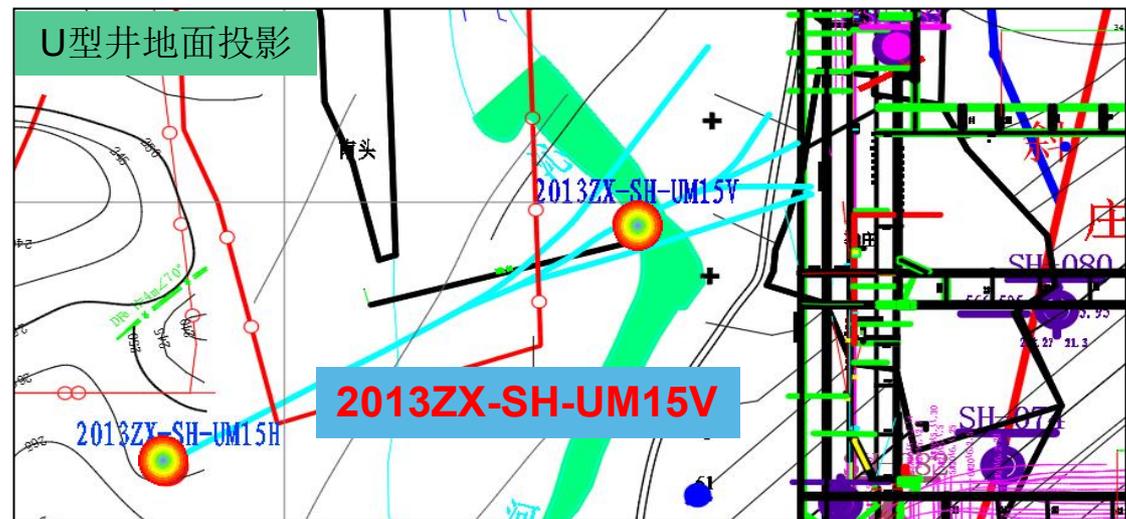
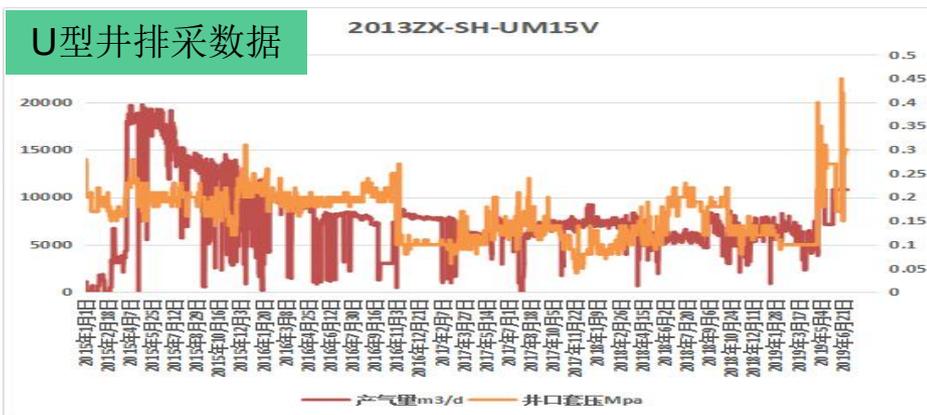
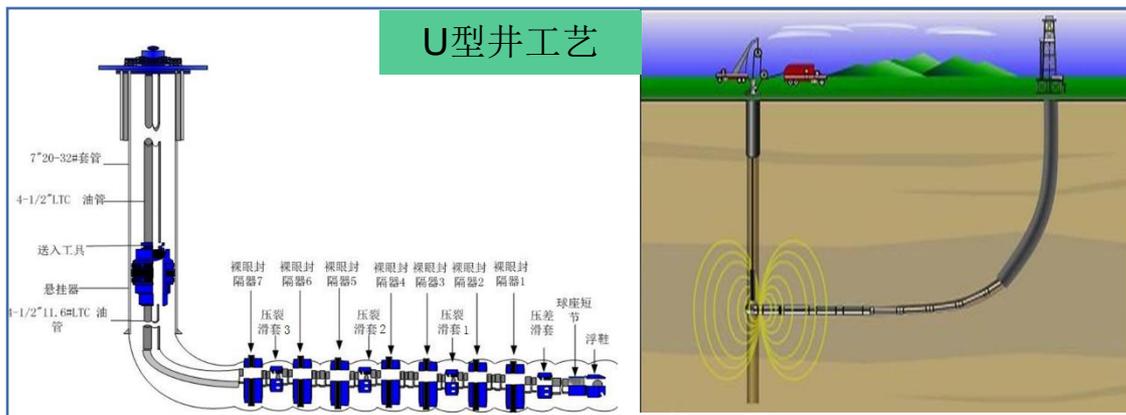


- ◆ 径向井通过定向引导，在煤层建立孔、洞、缝立体的与自然裂隙连通，对目的煤层进行压裂，达到径向井—压裂改造的双重效果。
- ◆ 寺河矿SH-102井采用径向井技术进行水力压裂增透，平均日增产1000m<sup>3</sup>/d
- ◆ 赵庄矿南苏风井采用径向井压裂技术，实现快速揭煤
- ◆ 成庄矿CZ-007井套压0.3Mpa，产气量为300~1500m<sup>3</sup>/d，平均800 m<sup>3</sup>/d



## 二、地面瓦斯抽采技术

### □ 地面抽采技术-U型井

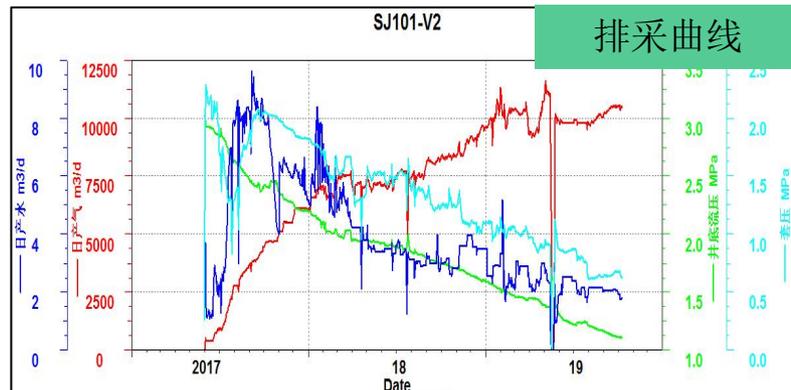
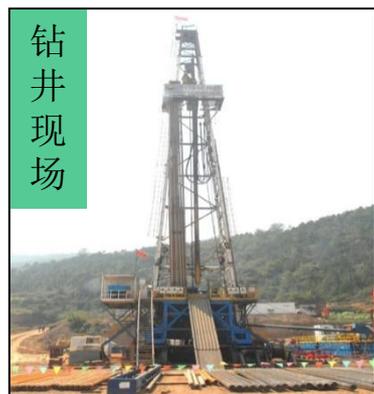
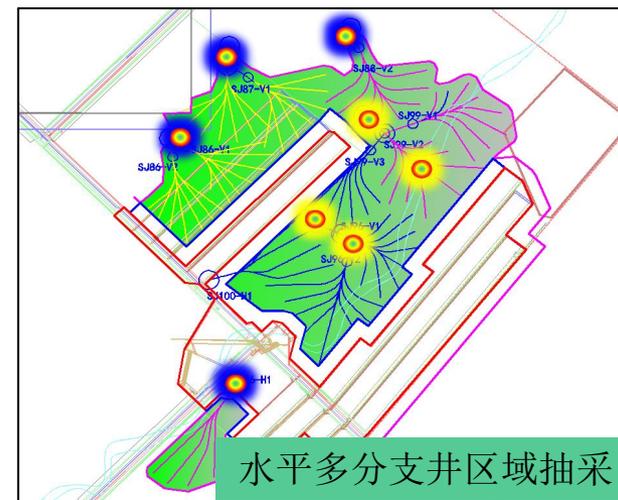
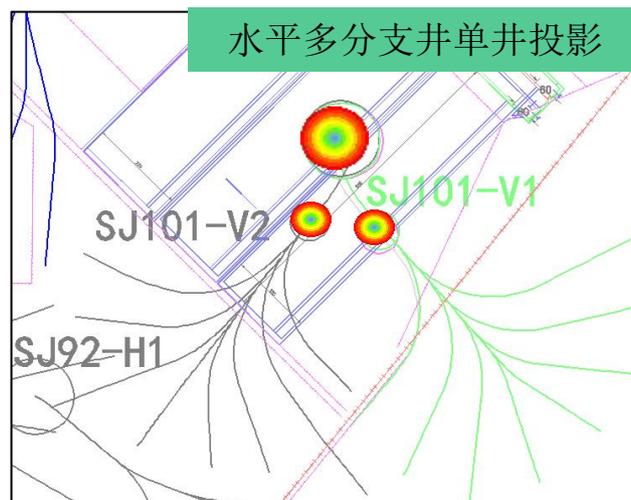
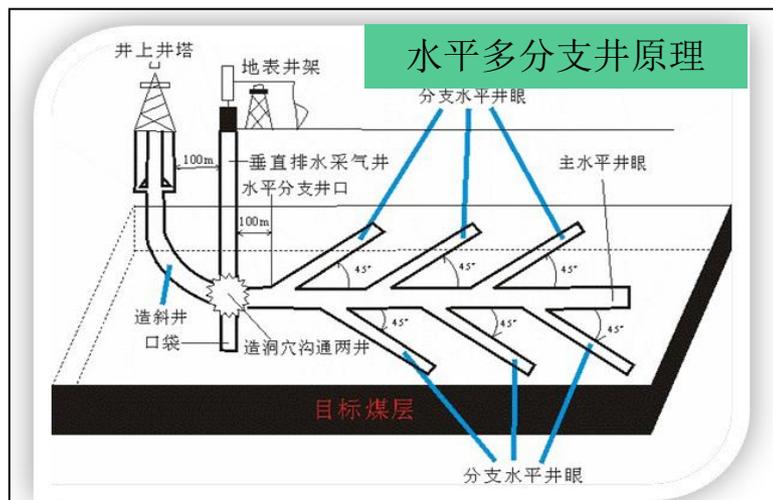


- ◆ **U型井占地面积小，抽采范围大，抽采瓦斯流量较为稳定。**
- ◆ 先施工一口直井，直井到达指定层位时进行扩孔造穴，之后定向井通过定位技术穿过直井，继续在煤层中水平钻进，煤层段钻进距离一般为500-800m，采用分段水力压裂增透措施，**直井起到定位及排水采气的作用，定向井起到定向施工及采气作用。**
- ◆ **U型井在晋城地区、吕梁地区大量施工，单井最高日产气量超过2万m<sup>3</sup>。**



## 二、地面瓦斯抽采技术

### □ 地面抽采技术-多分支水平井



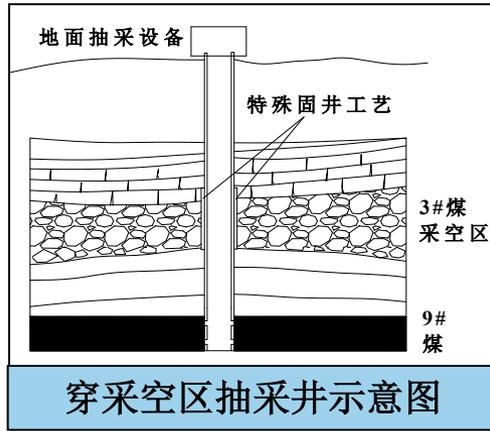
- ◆ 在定向井的基础上，在煤层内采用特殊工艺施工多分支水平井眼，增大煤层抽采覆盖范围，提高抽采效果。
- ◆ 吕梁临县锦源矿区内共完成水平多分支井35组，平均日产量10669m<sup>3</sup>/d，最高日产量35000m<sup>3</sup>/d。



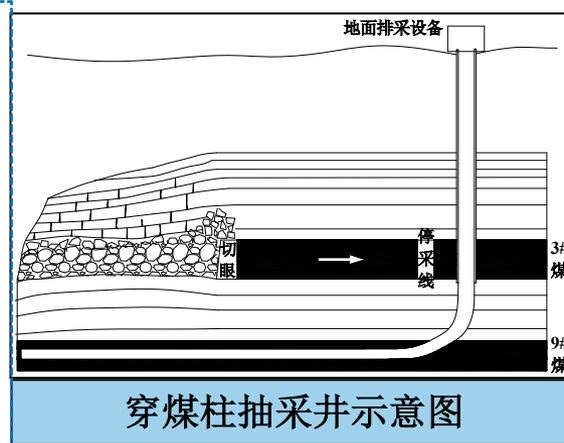
## 二、地面瓦斯抽采技术

### □ 地面抽采技术-穿采空区抽采井

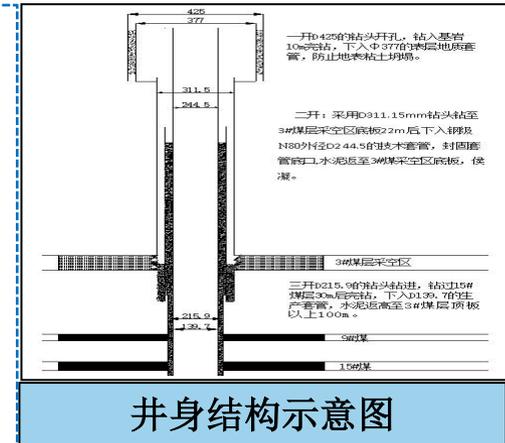
直井穿采空区工艺



水平井穿采空区



穿采空区施工原理



氮气  
钻井  
穿采  
空区  
施工  
现场



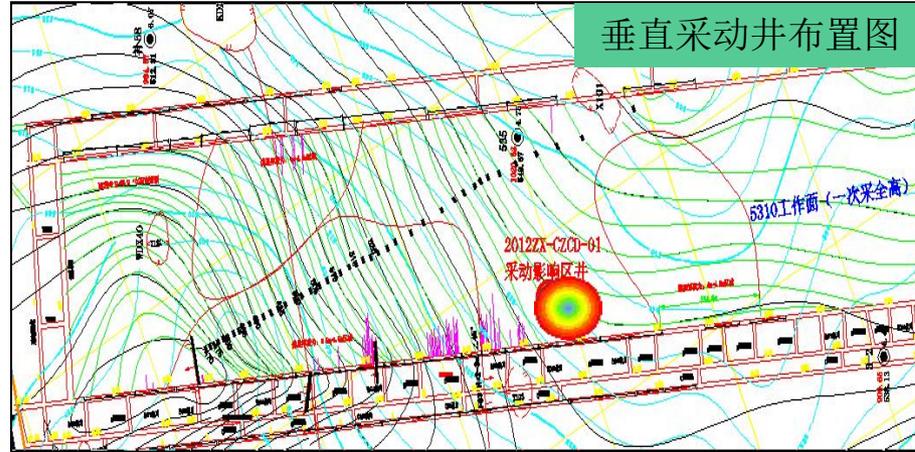
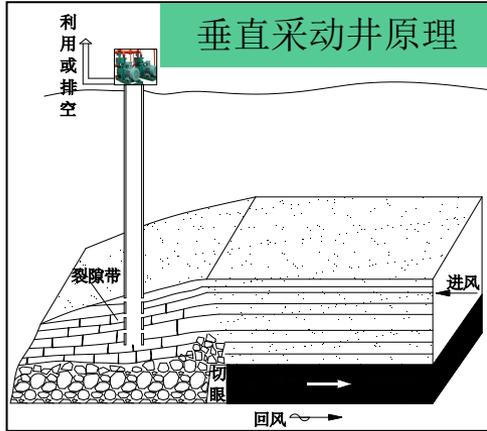
◆ 穿采空区抽采井、穿煤柱抽采井：利用氮气作为循环介质穿越老采空区或者煤柱，抵达目标煤层，实现对目标煤层的抽采地面抽采新技术。

◆ 寺河SHCK-154井，成功穿越3号煤层采空区，实现对下部9号煤层的抽采，最高日产气量7200m<sup>3</sup>。



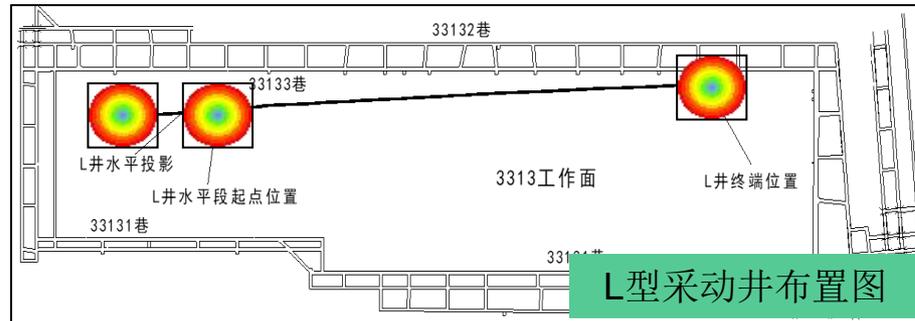
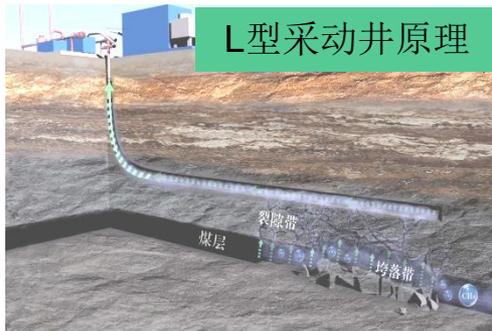
## 二、地面瓦斯抽采技术

### □ 地面抽采技术-垂直、L型采动井



- ◆ 在回采工作面后方施工地面采动井，抽采回采工作面采动过程中涌出的瓦斯及采空区瓦斯。
- ◆ 晋城矿区成庄、寺河、岳城已施工20余口采动井。

- ◆ 成庄矿01号采动井，抽采浓度保持在**50%以上**，最高超过**10000m<sup>3</sup>/d**，累计抽采**200万m<sup>3</sup>**



- ◆ 寺河矿3313工作面L型井共抽采10个月，抽采期间瓦斯浓度维持在**70%以上**，最高日抽采瓦斯纯量达到约**3万m<sup>3</sup>**，累计达到近**600万m<sup>3</sup>**。



中国煤炭科工集团  
沈阳研究院有限公司  
CCTEG SHENYANG RESEARCH INSTITUTE

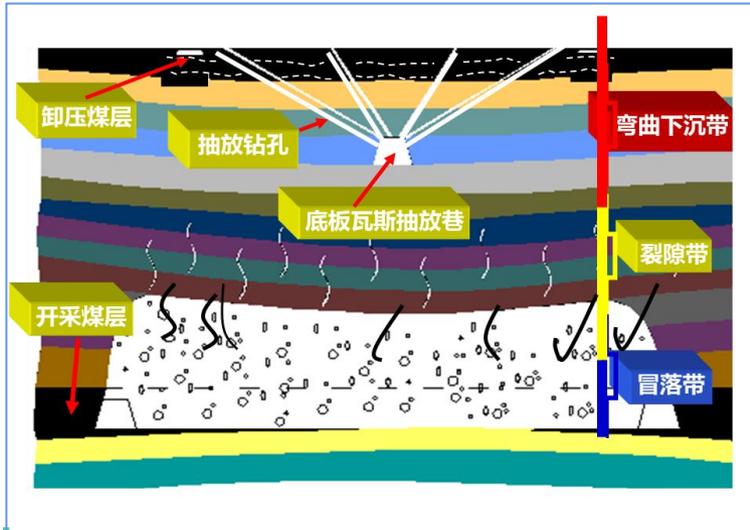
# 03 井下瓦斯抽采技术

引领安全科技 提升企业价值 推动行业进步 建设一流安全科技企业

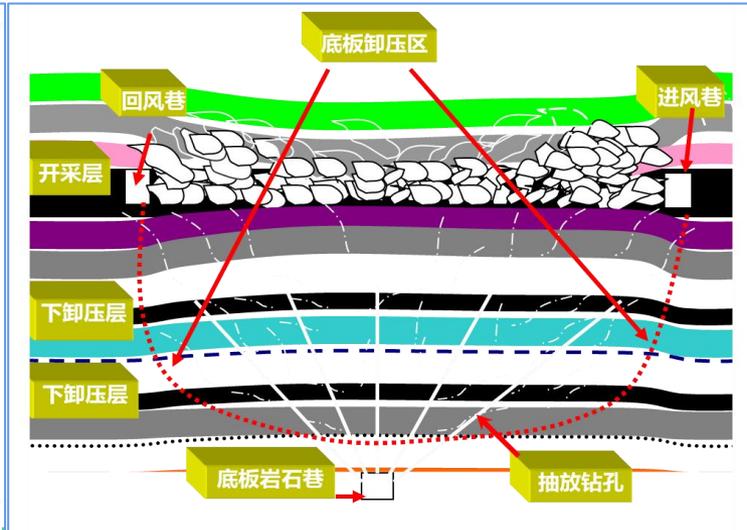


# 三、井下瓦斯抽采技术

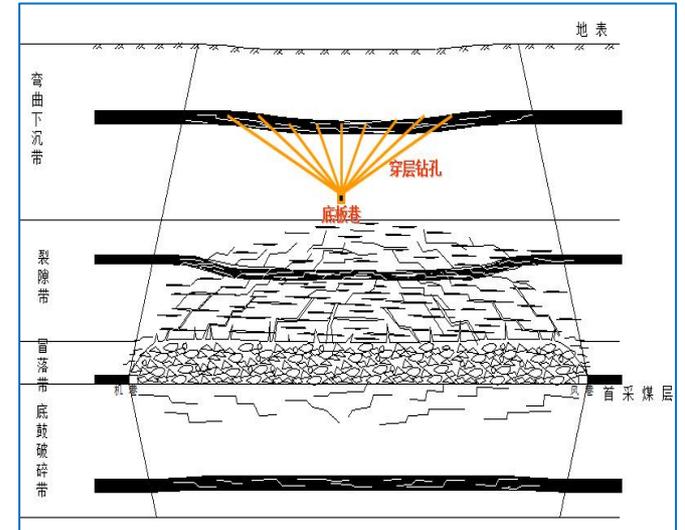
## □ 井下抽采技术-保护层抽采



开采上保护层抽采钻孔布置



开采下保护层抽采钻孔布置



开采保护层抽采原理

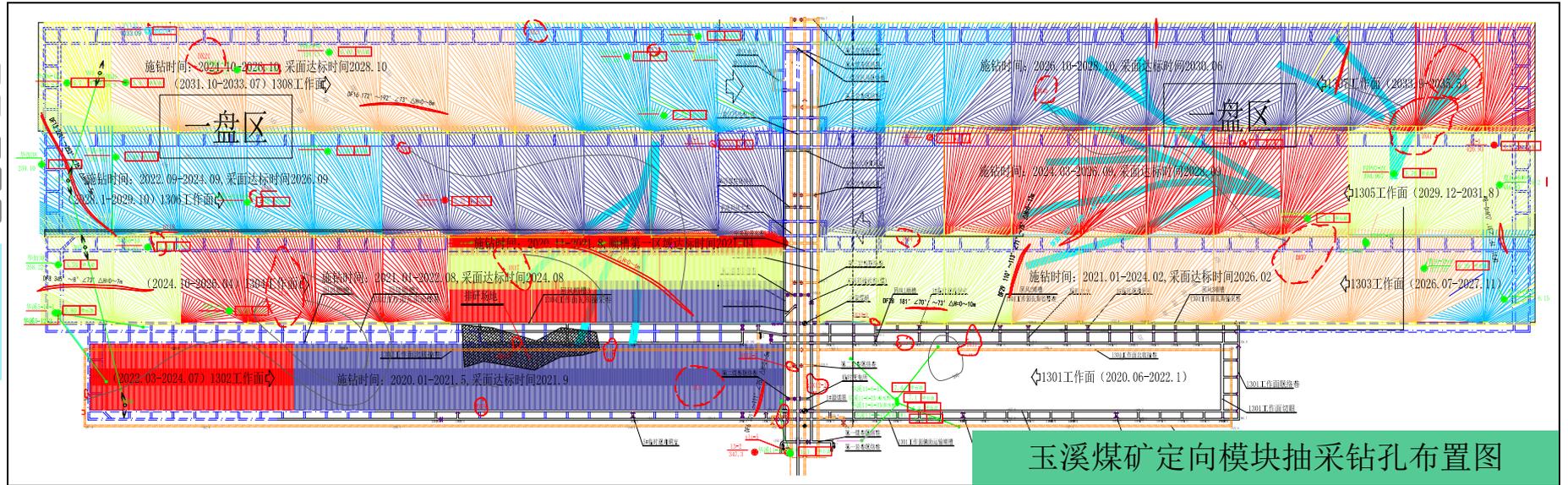
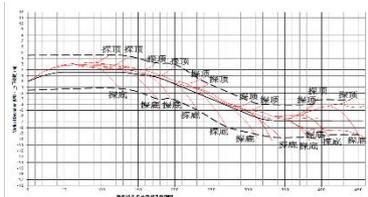
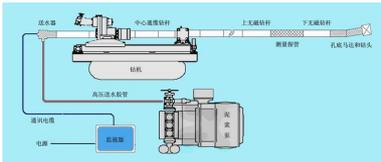
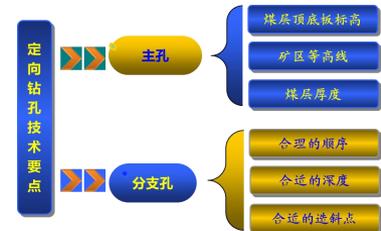


- ◆ **保护层开采技术为主的瓦斯综合治理技术体系：**典型代表为淮南矿区，属高瓦斯复杂地质条件煤层群开采，其特点是“一复杂”、“三高”、“三软”。
- ◆ 通过全面实施“可保必保、应抽尽抽”的瓦斯治本战略，通过多年来不断的集成创新，逐步形成了以保护层开采技术为主的瓦斯综合治理技术体系。



# 三、井下瓦斯抽采技术

## □ 井下抽采技术-定向钻进模块抽采

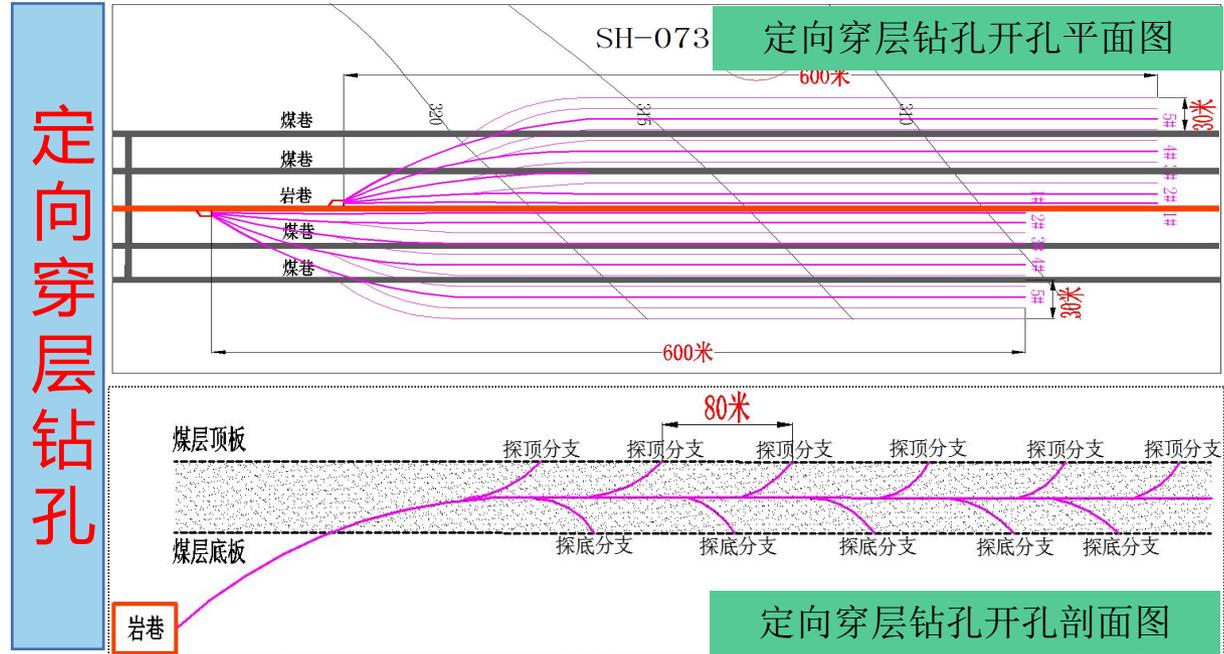
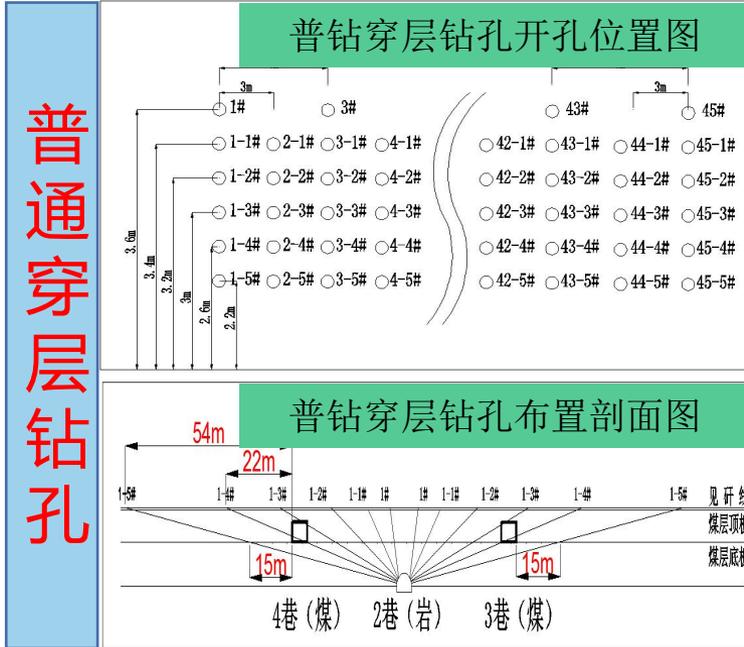


- ◆ **定向钻进**：钻孔施工距离长，能够实现单循环远距离超前治理，覆盖范围大，灵活处理异常区域，提高钻孔抽放效率，降低安全隐患和施工成本。
- ◆ **模块抽采**：使用定向钻机从巷道向下一个邻近工作面施工长钻孔，覆盖下一个工作面回采区域及所有巷道范围，实现递进模块式抽采。
- ◆ **在晋城地区寺河煤矿、成庄煤矿、玉溪煤矿、大宁煤矿得到了广泛的应用。**



# 三、井下瓦斯抽采技术

## □ 井下抽采技术-穿层钻孔抽采

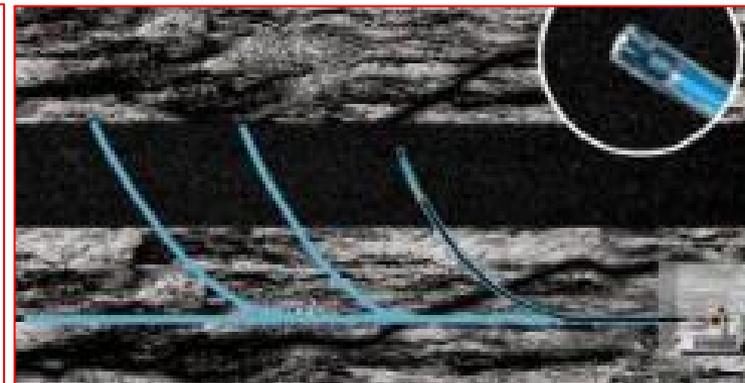
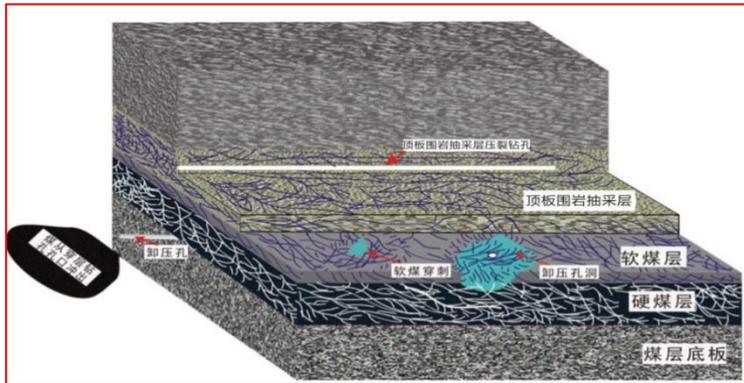
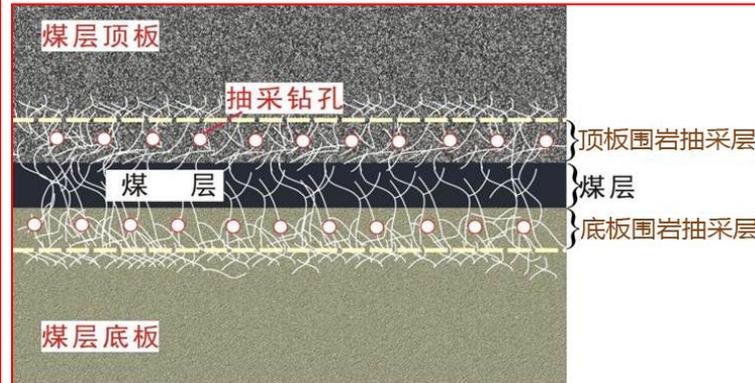
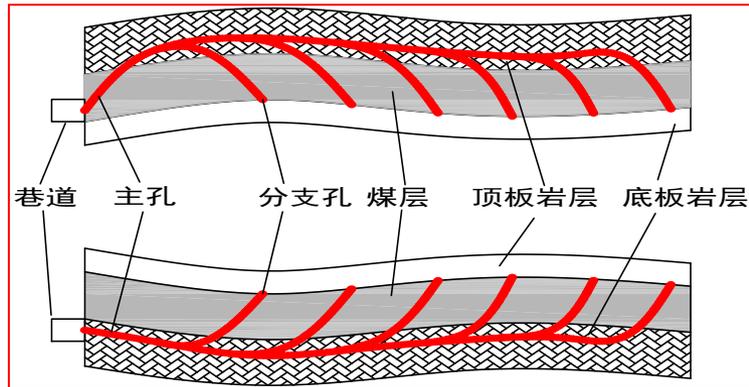


- ◆ 穿层钻孔是最有效的区域防突措施之一，通常利用底抽巷施工普通穿层钻孔进行区域预抽，为弥补普通穿层钻孔抽采范围有限、钻孔利用率低的问题。
- ◆ 寺河矿、大宁矿等利用定向钻机在岩巷布置钻场，沿巷道掘进方向施工穿层预抽钻孔，对巷道未掘煤体进行超前覆盖。每施工60~80m进行探顶探底，保证全煤厚覆盖。



# 三、井下瓦斯抽采技术

## □ 井下抽采技术-定向梳状穿刺钻孔抽采

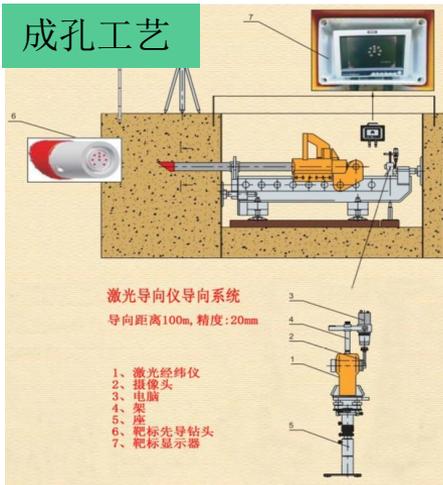
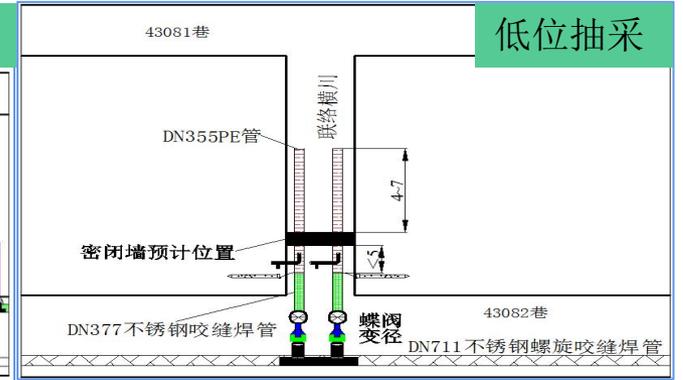
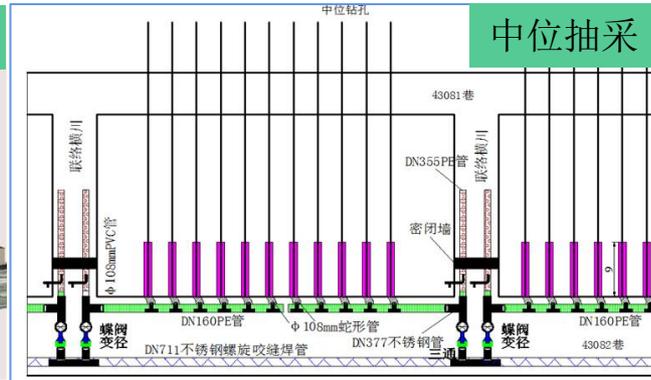
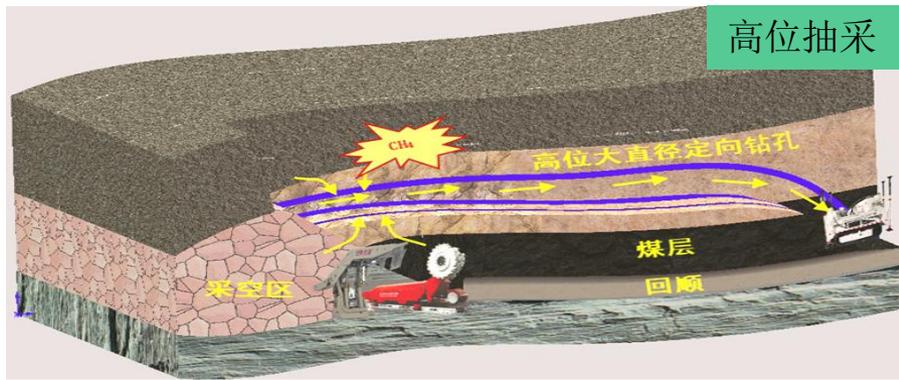


- ◆ 针对破碎煤体区域，可将主孔布置在砂岩等成孔性好煤层顶、底板中，间隔50m左右向煤层施工穿刺分支孔。钻孔施工工艺采用“后退式”，即先施工完成主孔后，在退钻时向下逐级施工分支钻孔。
- ◆ 在成庄矿施工的梳状状钻孔瓦斯浓度保持在80%以上，单孔抽采量在 $0.8\text{m}^3/\text{min}$ 左右，经6个月抽采后，抽采区域平均瓦斯含量下降至 $6\text{m}^3/\text{t}$ 以下，有效掩护了巷道安全快速掘进。



# 三、井下瓦斯抽采技术

## □ 井下抽采技术-高、中、低位大直径钻孔抽采采空区技术



- ◆ 沿回采工作面走向施工高、中、低位超大直径长钻孔，定向钻进孔径可达到300mm，一次成孔非定向钻进孔径可达600mm，实现以孔代巷，提高采空区瓦斯抽采效率。
- ◆ 在天地王坡煤矿、杜儿坪煤矿、长平矿、成庄矿成功应用。



## 三、井下瓦斯抽采技术

### □ 井下抽采技术-煤矿井下钻孔机器人技术



- ◆ 配置激光雷达等传感器，可在巷道内自主行走避障、自主开孔定位；
- ◆ 配套无线随钻测量系统，实现了钻孔轨迹实时监测；
- ◆ 在华蓥山绿水洞煤矿完成了功能性试验，按照施工全流程，对钻孔机器人的自动行走定位、自动开孔、自动钻孔等功能进行了试验，各项性能指标达到设计要求。



## 三、井下瓦斯抽采技术

### □ 井下抽采技术-松软煤层定向钻进高压制氮排渣成孔技术



- ◆ 区别于传统的以高压水作为动力介质，采用高压制氮机压风作为动力介质驱动空气螺杆马达工作实现定向钻进，氮气高压输出（2.0MPa），有效解决了松软煤层钻进时易发生喷孔、卡钻、埋钻现象；
- ◆ 解决煤矿井下松软煤层定向钻进中排渣困难、易塌孔的技术难题，适用于构造相对简单的松软煤层，一般认为煤的坚固性系数  $f \geq 0.3$ ；
- ◆ 流量在  $900 \sim 1500 \text{m}^3/\text{h}$ ，氮气含量  $> 93\%$ ，适用于煤矿井下钻孔施工时有自燃发火倾向的矿井。



中国煤炭科工集团  
沈阳研究院有限公司  
CCTEG SHENYANG RESEARCH INSTITUTE

# 04 增透抽采技术

引领安全科技 提升企业价值 推动行业进步 建设一流安全科技企业



# 四、增透抽采技术

## □ 增透抽采技术-水力驱动机械扩孔增透技术

- ◆ **技术工艺:** 在钻孔施工到指定位置时, 通过清水泵供给**3~5MPa的水压驱动**, 打开钻头后侧机械扩孔装置刀臂, 对孔壁进行切削扩孔, 一般**扩孔直径达到300~550mm**, 增加煤体暴露面积和裂隙发育程度, 提高煤层透气性。
- ◆ **应用效果:** 辽宁西马煤矿机械扩孔后**抽采纯量提高3.17倍**。



NB 73 010  
CCS 0 01

**NB**

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 11468—2023



6GA220003

标志证书

水力驱动机械扩孔增透技术要求

Technical requirements for mechanical reaming and penetration by hydraulic drive

T/1 199-196 WT/T 790-2006 0

日期: 2023年01月12日

062-04-040-2020-01规定的全部种  
实施标准证书后监督保持, 如  
查www.cnca.org.cn或国家认证中心二

认证部门: 中国合格评定国家认可委员会

2023-12-28 发布

2024-06-28 实施

国家能源局 发布

认证日期: 2023年01月12日

有效期: 5年

证书编号: 062-04-040-2020-01

证书名称: 水力驱动机械扩孔增透技术要求

证书持有人: 中国合格评定国家认可委员会

证书持有人: 中国合格评定国家认可委员会

证书持有人: 中国合格评定国家认可委员会

证书持有人: 中国合格评定国家认可委员会

证书持有人: 中国合格评定国家认可委员会

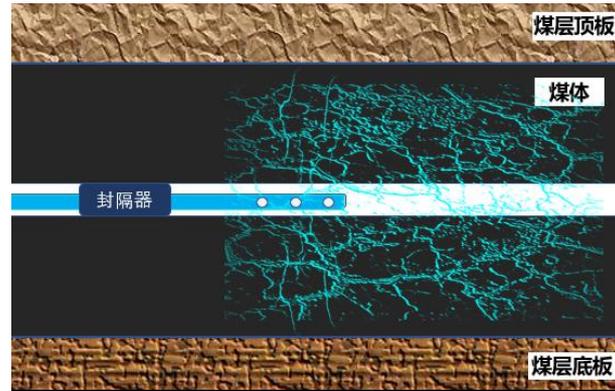




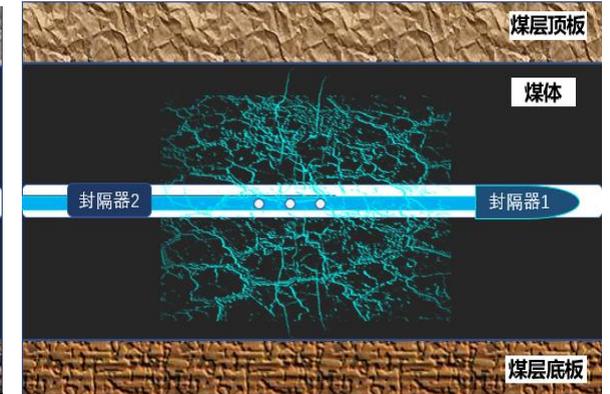
# 四、增透抽采技术

## 增透抽采技术-井下顺煤层分段水力压裂技术

- ◆ 井下顺煤层分段水力压裂技术：形成了**顺煤层单封隔器整体压裂、跨式双封隔器整体压裂、协同分段、拖动分段压裂**四种适用于不同煤层地质条件的压裂工艺。
- ◆ 阳泉矿区压裂后**抽采纯量提高10.2倍**，抽采瓦斯浓度提高了**4.9倍**，抽采达标**时间缩短45%**。

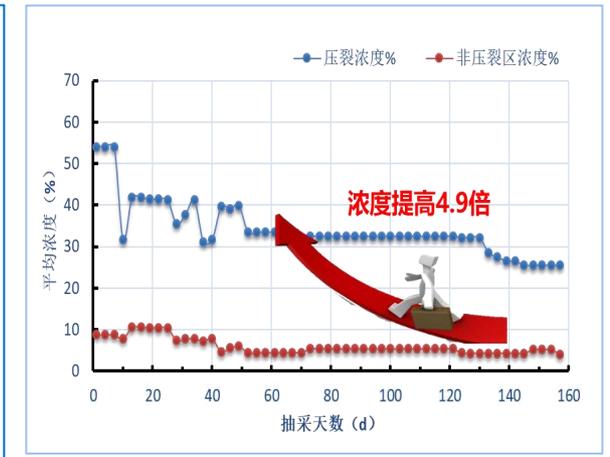
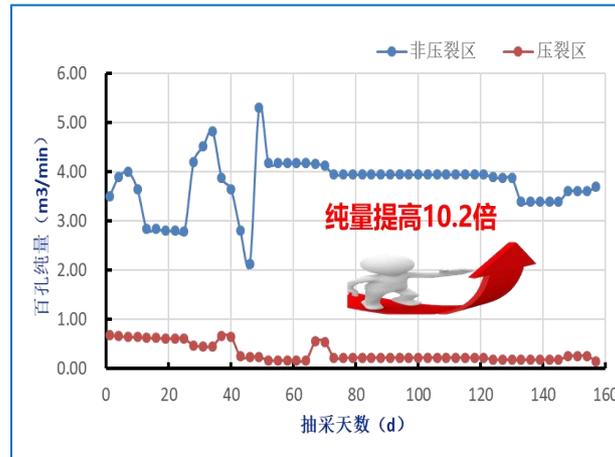
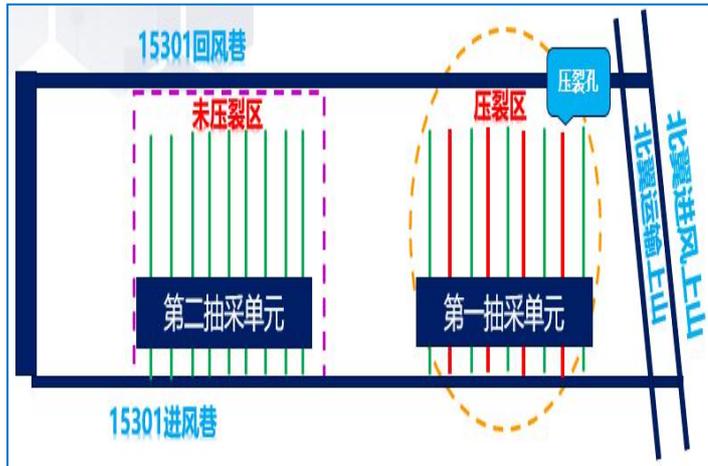


单封隔器整体压裂（硬煤）



双封隔器分段压裂（软煤）

阳泉矿区压裂效果对比



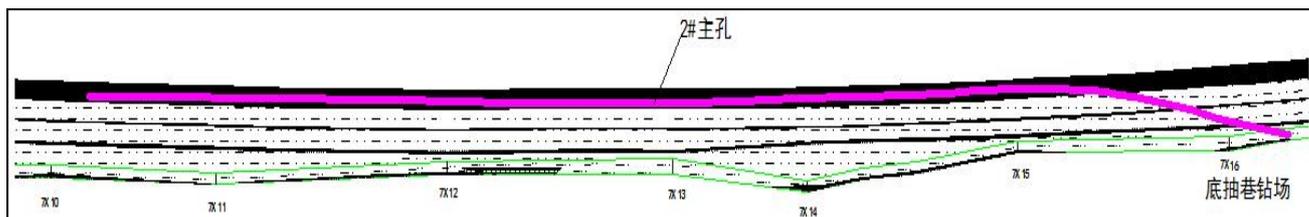


# 四、增透抽采技术

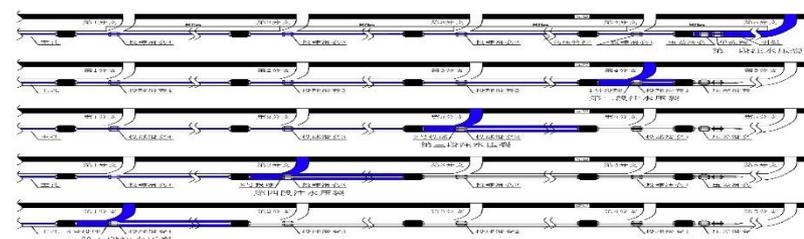
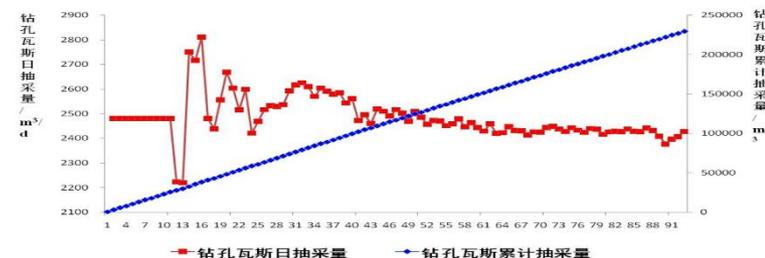
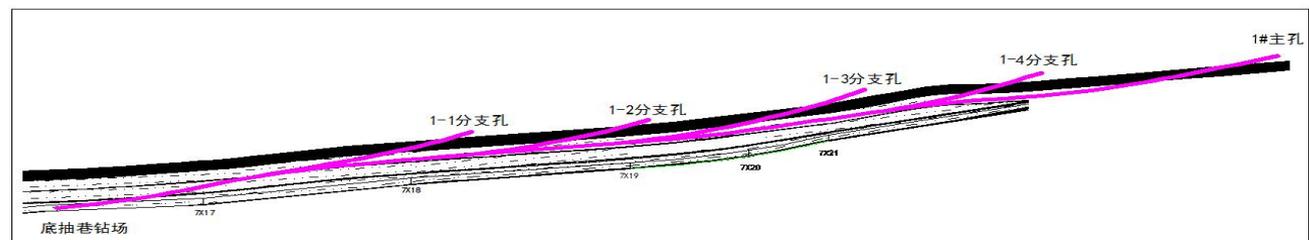
## □ 增透抽采技术-定向长钻孔水力压裂增透技术

- ◆ **技术简介**: 利用定向钻进技术, 采用高压、大流量的柱塞泵向钻孔内注入高压水, 对整个钻孔范围内的煤层进行整体压裂或者进行分段压裂, 裂缝不断延伸和扩展并产生新的裂缝, 在煤层中形成丰富的裂隙网络的一种增透技术。
- ◆ **应用效果1**: 阳泉矿区新景公司**定向钻孔整体水力压裂**, 最高注水压力**26.09MPa**, 累计注水量**1510m<sup>3</sup>**, 单孔平均瓦斯抽采纯度提高了**17.37~86.0倍**。
- ◆ **应用效果2**: 阳泉矿区寺家庄矿**定向钻孔分段水力压裂**, 施工了4个分支孔进入煤层, 将煤层段分成了**5段**, 对这5段依次进行了封孔及水力压裂, 最大注水压力**17.18MPa**, 累计注水**1098m<sup>3</sup>**, 压裂钻孔抽采浓度提高了**10~13倍**, 抽采量提高了**3~8倍**。

定向  
钻孔  
整体  
水力  
压裂



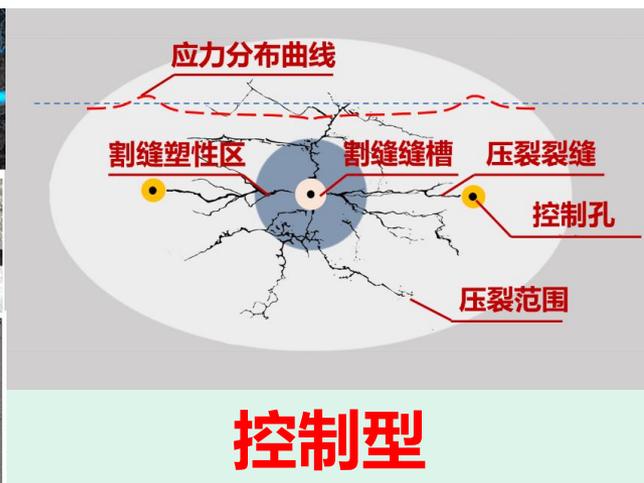
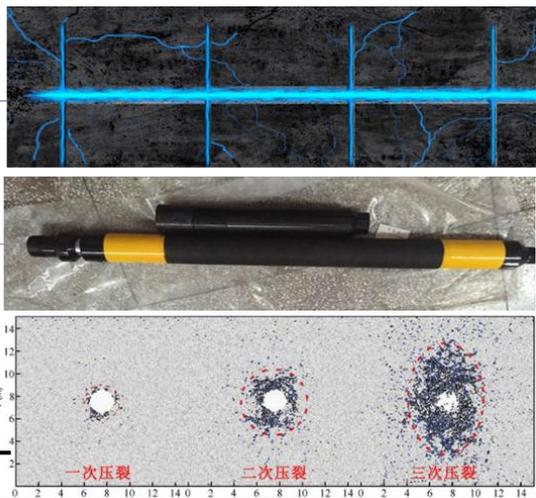
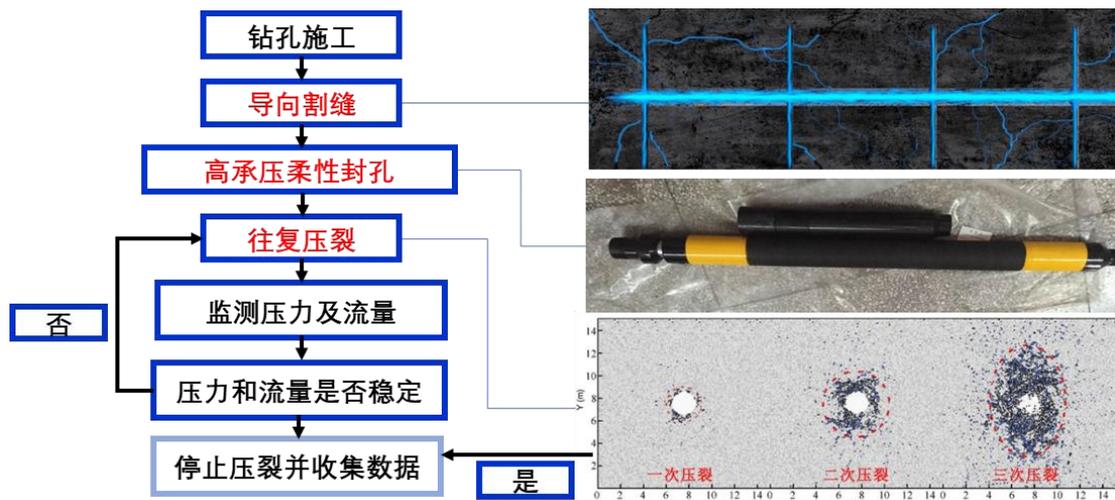
定向  
钻孔  
分段  
水力  
压裂



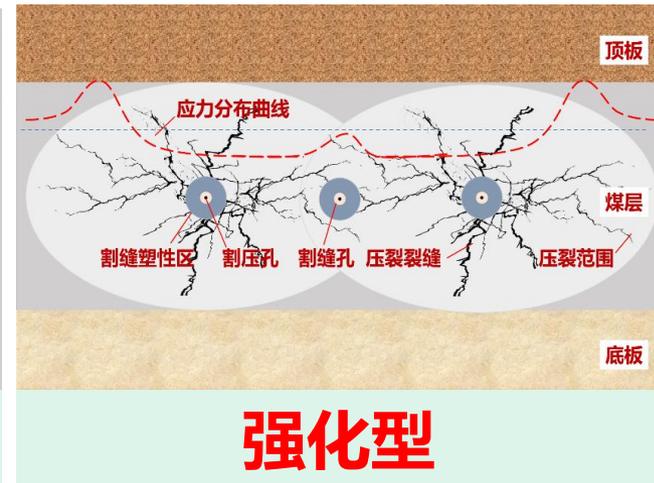


# 四、增透抽采技术

## 增透抽采技术-超高压水射流割压联合卸压增透技术



控制型



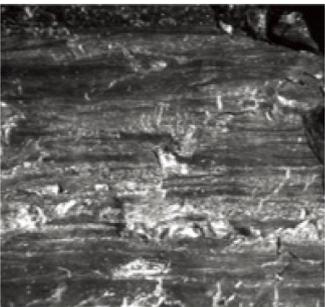
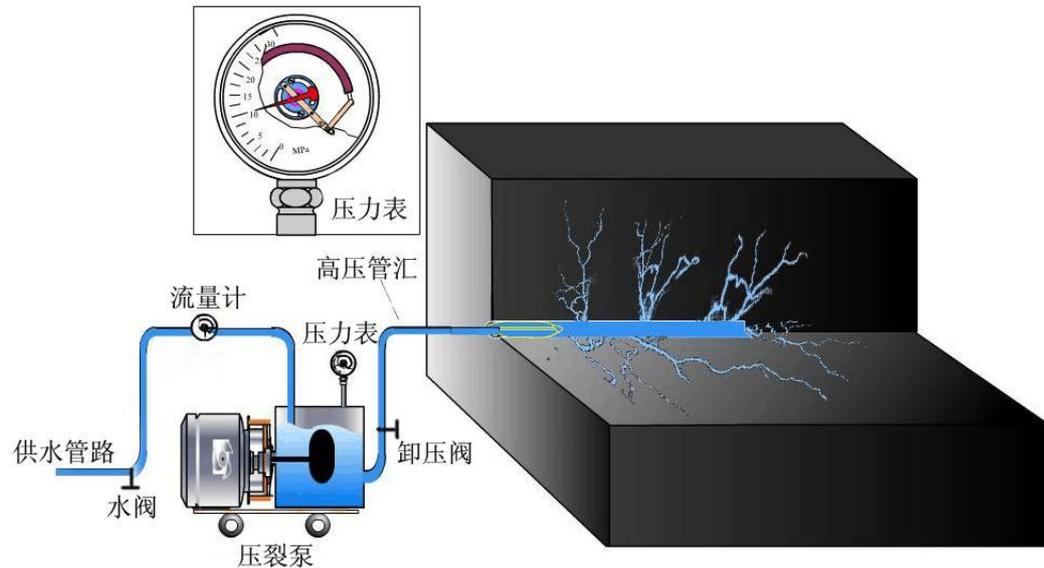
强化型





## 四、增透抽采技术

### □ 增透抽采技术-降硫抑尘 (EGF) 增渗液技术



➡ 注入煤体1小时后 ➡ 注入煤体2小时后 ➡

◆ **降硫抑尘 (EGF) 增渗液技术**：是在水力压裂的基础上，利用酸液代替清水压裂液的复合增透技术。**不仅具备水力压裂的裂隙扩展、延伸、沟通能力，还具备酸化增透的溶解、溶蚀能力。**

◆ 煤矿井下环保型EGF增渗液通过**水溶液进入煤体内发生化学反应去除原始煤体内的灰分矿物质，使得EGF增渗液所到之处煤体形成大量的孔洞，从而快速提高水力增透煤体的渗透性。**

◆ 在**山西三元煤业股份有限公司、潞安集团余吾煤业有限责任公司**等矿井进行了现场应用。经检验通过压裂措施可以使工作面**煤体裂隙充分发育，钻孔有效抽采半径得到提高**，可消除工作面靠近顶板位置煤体存在的抽采空白带问题，**节省大量钻孔补孔工程量，节约成本约20%左右。**



中国煤炭科工集团  
沈阳研究院有限公司  
CCTEG SHENYANG RESEARCH INSTITUTE

# 05 瓦斯抽采精细化管理

引领安全科技 提升企业价值 推动行业进步 建设一流安全科技企业



# 五、瓦斯抽采精细化管理



## 怎么样才能做好抽采精细化管理

设计



施工

计量

管控



评判



### 瓦斯抽采精细化管理构架

- 瓦斯地质、赋存规律准确掌握
- 抽采钻孔差异化、针对性设计
- 合理选择抽采方法及参数

- 加强轨迹测定, 消除空白带
- 高效增透技术
- 护孔、封孔技术
- 严格过程管控

- 抽采参数精确测定
- 抽采量准确计量

- 抽采负压动态调节
- 系统、管道维护

- 抽采后瓦斯参数精确测定
- 抽采达标效果科学准确评判



# 五、瓦斯抽采精细化管理

## 5.1 设计阶段——瓦斯含量准确测定

煤层瓦斯含量是突出危险性预测、抽采工程设计的最基本数据，因此必须真实、可靠。

《防治煤与瓦斯突出细则》第六十七条：  
煤层瓦斯压力、瓦斯含量等参数应当为  
井下实测数据，用直接法测定瓦斯含量  
时应当**定点取样**。

《GB/T 23250-2009 煤层瓦斯含量井  
下直接测定方法》：用于瓦斯含量测定  
的煤样应**定点取样**，且从暴露到被装入  
煤样罐所用的实际时间，**不应超过5min**。

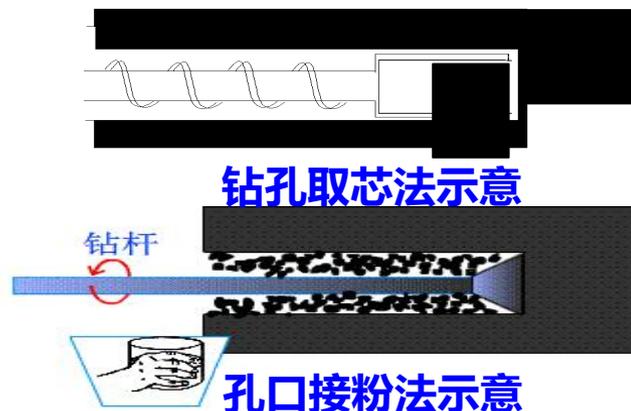
### 瓦斯含量准确测定难点：

- 准确的损失量推算模型
- 煤样的深孔定点快速采取

误差的根源

$$\text{瓦斯含量} Q = \text{取样过程损失量} Q_0 + \text{测量量} Q_1 + \text{不可解吸量} Q_2$$

取芯法：取样时间长，下向孔  
取样难度大，软煤样取样困难。  
孔口接粉法：非定点测不深、  
测值误差大，可靠性差。





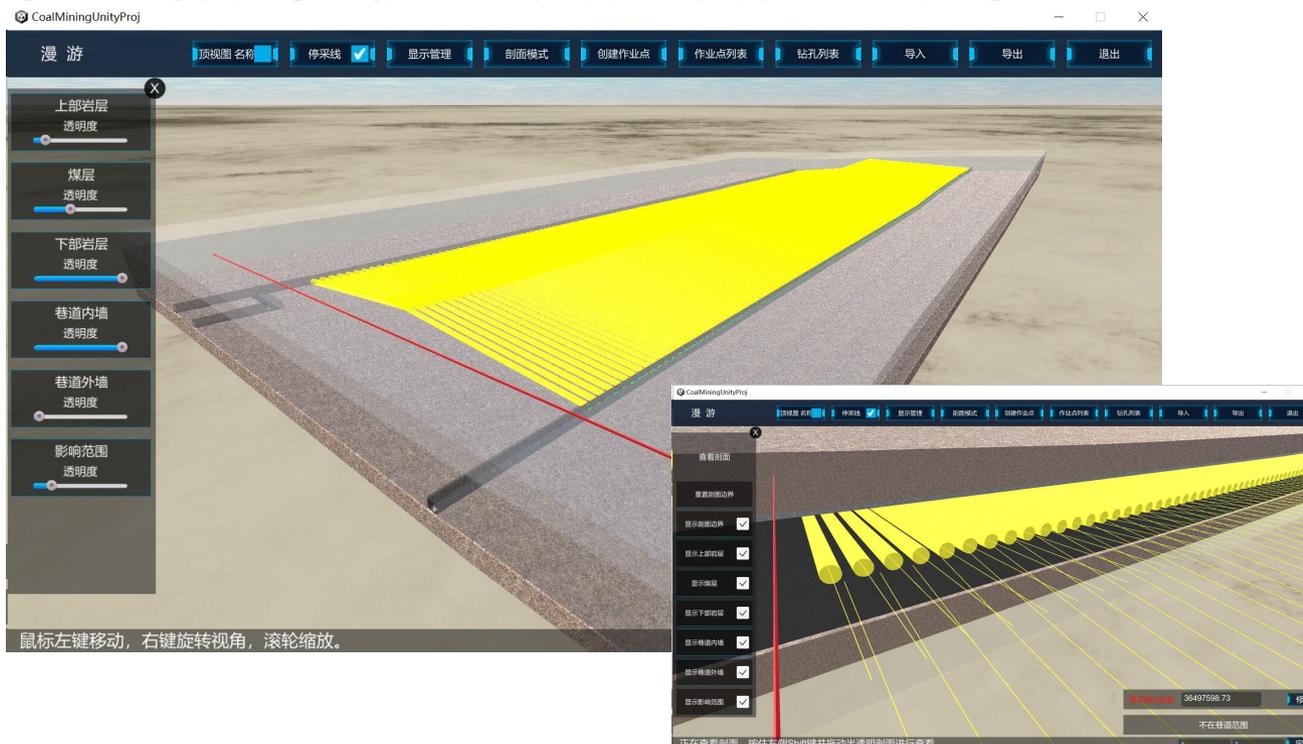
# 五、瓦斯抽采精细化管理

## 5.1 设计阶段——抽采钻孔设计

瓦斯抽采钻孔的孔径、长度、间距等参数直接影响瓦斯灾害治理效果，应在充分掌握瓦斯赋存基础上，综合考虑抽采规律、采掘计划、抽采计划及施工周期等因素进行设计。

《防治煤与瓦斯突出细则》第六十七条：  
预抽煤层瓦斯钻孔间距应当根据实际考察的煤层**有效抽采半径**确定。

《GB50471-2018 煤矿瓦斯抽采工程设计标准》：钻孔直径应根据煤层硬度、突出危险性和地应力等确定；钻孔间距应根据**煤层透气性系数**、**抽采时间**和**钻孔有效抽采半径**确定。

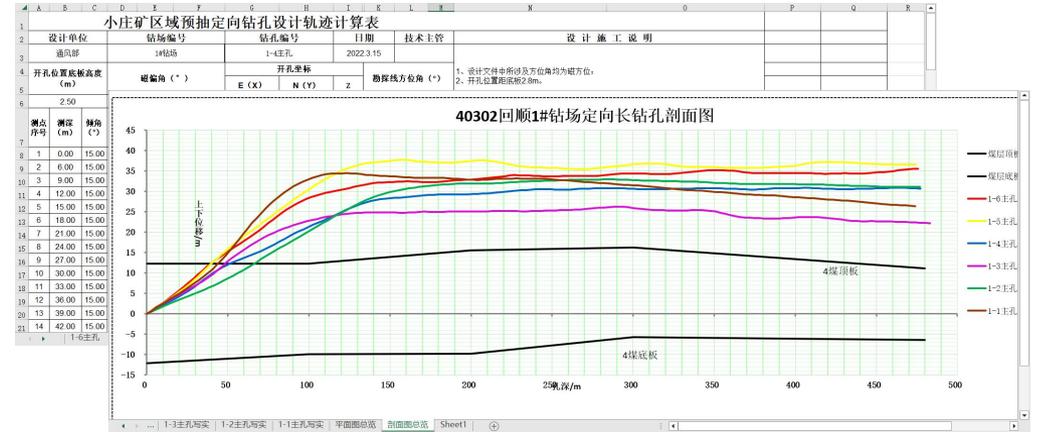




# 五、瓦斯抽采精细化管理

## 5.2 施工阶段——钻孔智能设计与轨迹监测分析

- ◆ 依托全方位测斜仪、轨迹仪、成像仪、开孔定向仪等先进的设备，实现瓦斯抽采钻孔的井下测量与检测功能，精确记录钻孔竣工轨迹。
- ◆ 在三维模型中重建竣工钻孔轨迹，1:1复刻井下煤层赋存情况和钻孔布置层位，直观识别钻孔空白带，及时提示矿方进行补钻设计。



(a) 全方位钻孔测斜仪



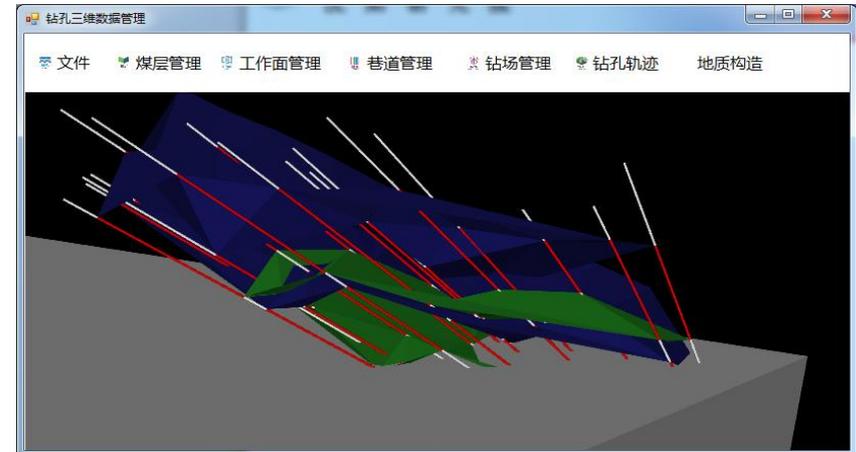
(b) 钻孔轨迹仪



(c) 钻孔成像仪



(d) 钻孔开孔定向仪

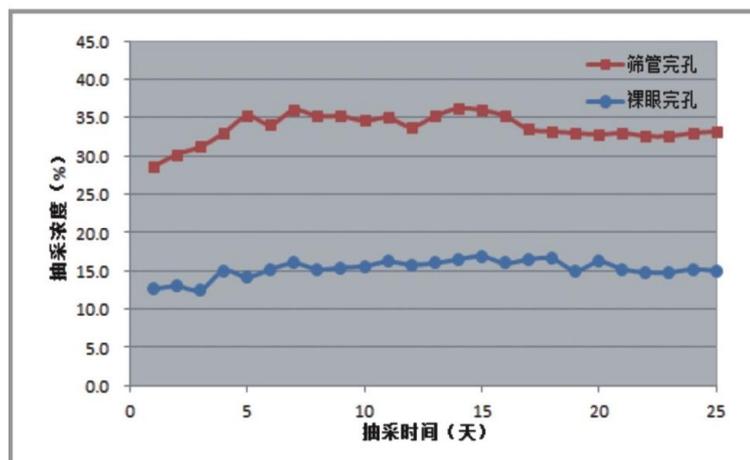




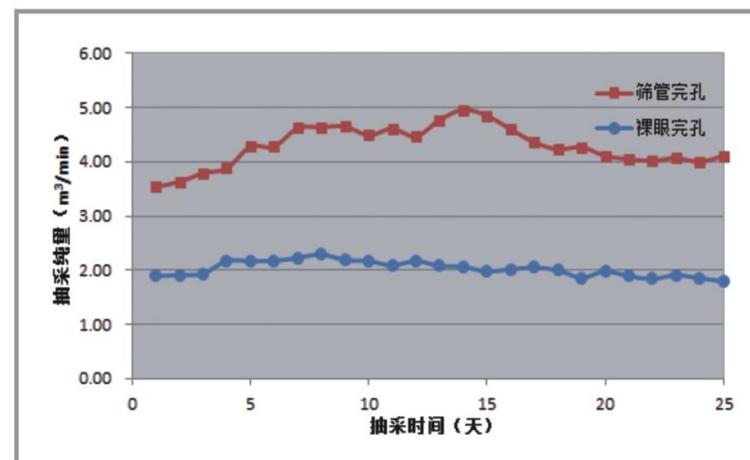
## 五、瓦斯抽采精细化管理

### 5.2 施工阶段——护孔、洗孔

#### □ 松软煤层全程下筛管完孔技术



新技术应用前后抽采浓度对比



新技术应用前后抽采纯量对比

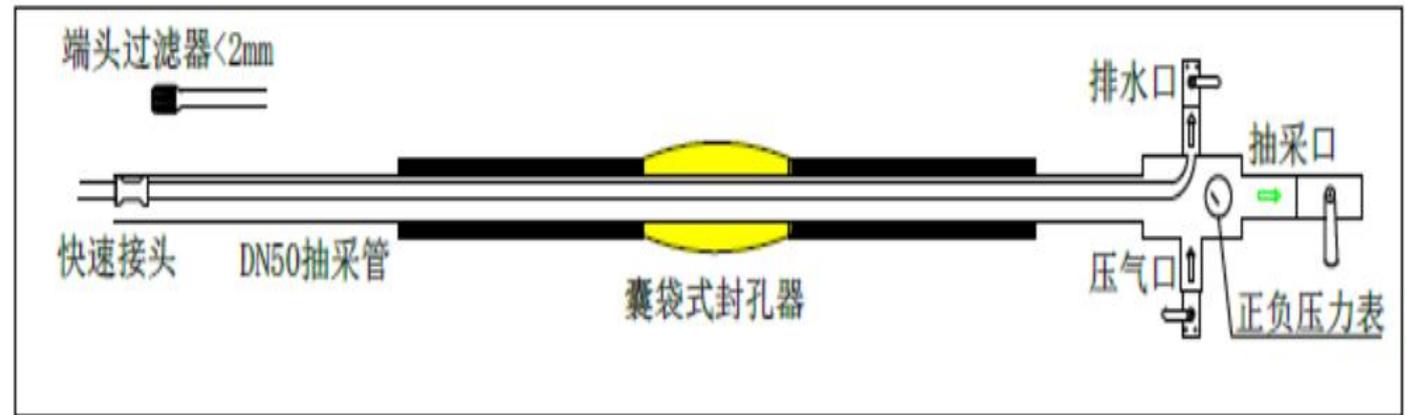
- ◆ 采用大通孔宽翼片钻杆（整体式）配套铰接式可开闭型PDC钻头进行中风压空气钻进成孔，成孔后在钻杆内部下入护孔筛管，利用悬挂装置进行固定，然后提出钻杆，将护孔筛管留置在孔内，形成永久瓦斯抽放通道；
- ◆ 解决由于孔壁坍塌造成的瓦斯抽采通道堵塞，钻孔瓦斯抽采周期短、钻孔利用率低和抽放盲区等问题，实现瓦斯抽采孔“打多深、管多深、抽多深”；
- ◆ 适用于地质结构复杂、孔壁稳定性差，孔壁易坍塌的松软煤层。



## 五、瓦斯抽采精细化管理

### 5.2 施工阶段——护孔、洗孔

#### □ 下向孔排水排渣技术



- ◆ **技术工艺：**在钻孔抽采管里**嵌套排水管路**，压风管路供给**0.6MPa气压**，利用压风管路中提供的动力，将孔内积水通过排水管路排出孔内。
- ◆ **应用效果：**孔口与孔底高差30m以内的顺层钻孔，5min内可以清理钻孔中积水。



# 五、瓦斯抽采精细化管理

## 5.2 施工阶段——严密封孔

- ◆ 《防突细则》第五十九条：穿层钻孔的封孔段长度不得小于5m，顺层钻孔的封孔段长度不得小于8m。
- ◆ 《GB50471-2018 煤矿瓦斯抽采工程设计标准》：穿层预抽钻孔封孔段长度不应小于5m，顺层钻孔的封孔段长度不应小于8m；抽采卸压瓦斯钻孔封孔段长度应满足抽采浓度要求并不应小于7m。
- ◆ 《防突细则》第六十七条：预抽瓦斯钻孔封堵必须严密。



### 精细化管理注意事项：

- 封孔前应对封孔段进行“洗孔”，确保封孔气囊能够下放到位；
- 封孔材料应具备一定的膨胀性，防止凝固收缩影响封堵；
- 封孔注浆压力宜达到1.5MPa以上，带压注浆促进浆料在漏气裂隙中的流动；



# 五、瓦斯抽采精细化管理

## 5.3 计量阶段——抽采参数精准测定

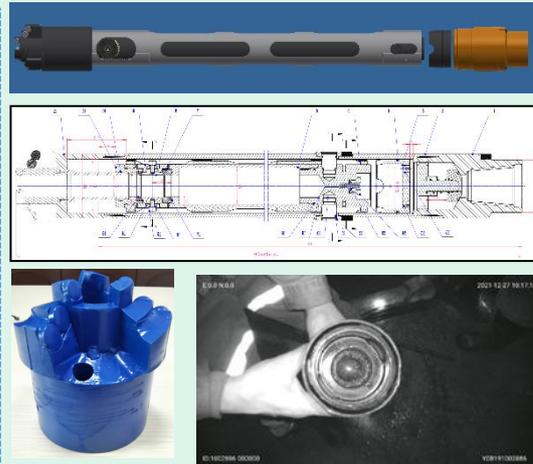
抽采效果测定（监测和检测）数据是预抽效果检验的基础数据，测定数据必须精准、可靠。

### 地面反循环取样瓦斯含量测定技术



- ◆ 构建了地面井空气反循环取样气压、粒径、瓦斯解吸特征等多参数耦合的瓦斯损失量补偿模型。
- ◆ 取样深度可达800m；取样时间5min以内；
- ◆ 在山西阳煤七元煤矿取样深度755m，取样时间2.5min，瓦斯含量测定误差10.36%，相比地勘法准确度提升3倍以上。

### 瓦斯含量井下远距离取芯技术



- ◆ 采用错位闭合和O形密封圈保证密闭效果。
- ◆ 用于煤矿井下深孔定点取样，可实现取样过程煤样的密闭保压。
- ◆ 最大取样量1000g；
- ◆ 取样深度可达1000m；
- ◆ 最大保压能力达到10MPa

### 瓦斯压力井下远距离测定技术



- ◆ 在测压室内安设的具备发射瓦斯压力信号的发射器
- ◆ 在孔口安设有压力信号接收器，在孔底设置多功能管筒，能够与光纤光栅瓦斯压力测试装置连接，在其膨胀胶囊
- ◆ 实现定向钻孔远距离精准测量煤层瓦斯压力

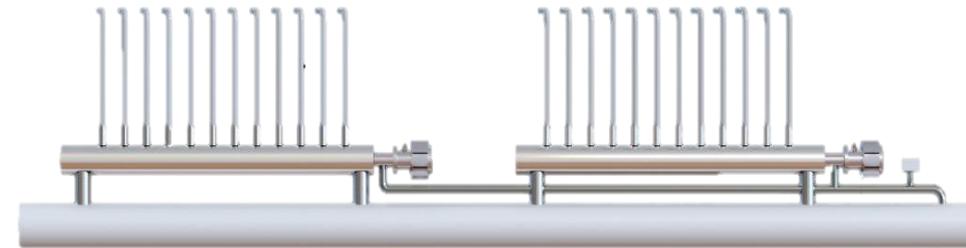


# 五、瓦斯抽采精细化管理

## 5.3 计量阶段——抽采参数精准测定

**抽采效果测定（监测和检测）数据是预抽效果检验的基础数据，测定数据必须精准、可靠。**

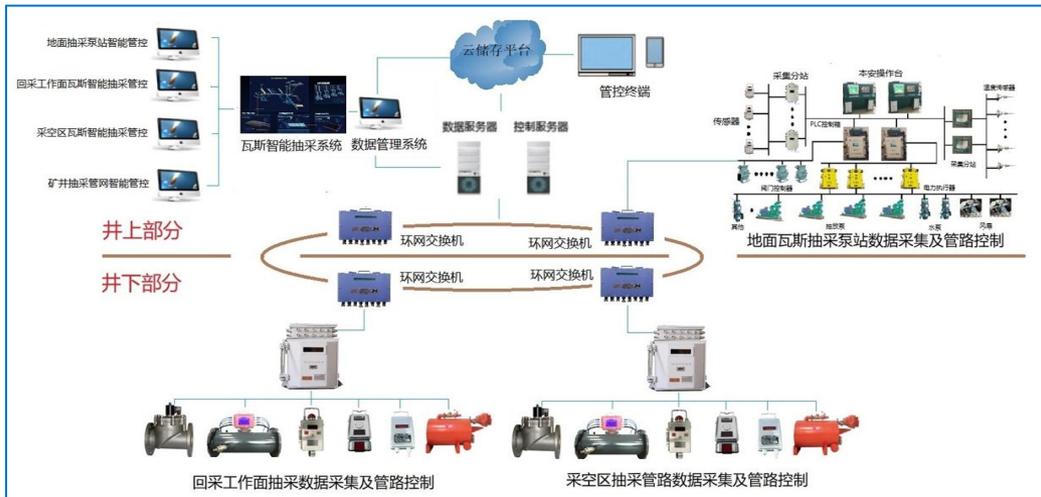
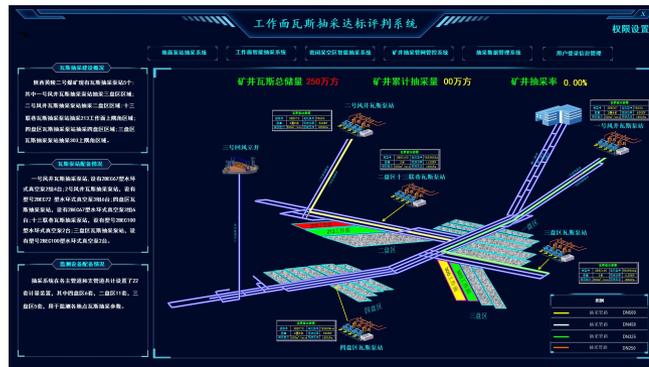
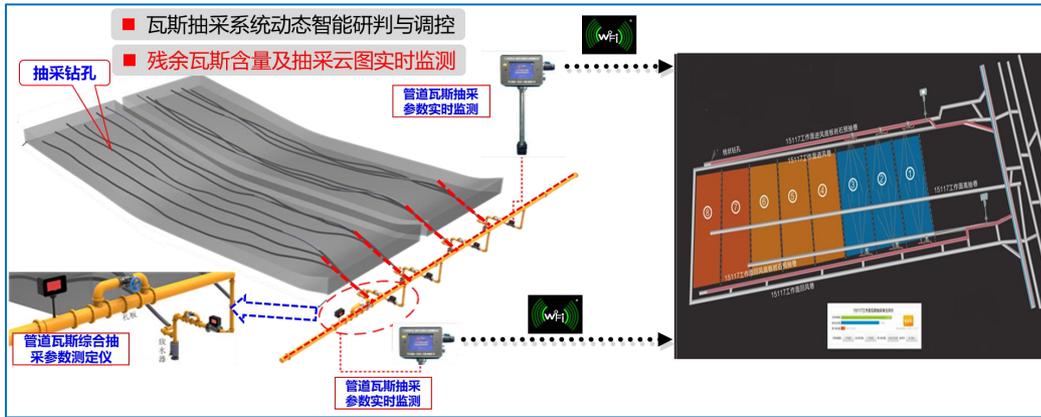
- ◆ 《防突细则》第四十七条：预抽煤层瓦斯时应当记录每个钻孔的接抽时间，定期测定钻孔的浓度、负压；分单元安装抽采自动计量装置，按措施效果检验单元分别监测或者检测管道瓦斯的浓度、负压、流量、温度、一氧化碳等，自动计量或者统计计算单元的瓦斯抽采量。
- ◆ 《煤矿瓦斯抽采达标暂行规定》第十六条：瓦斯抽采矿井应当配备瓦斯抽采监控系统，实时监控管网瓦斯浓度、压力或压差、流量、温度参数及设备的开停状态等。抽采瓦斯计量仪器应当符合相关计量标准要求；计量测点布置应当满足瓦斯抽采达标评价的需要，在泵站、主管、干管、支管及需要单独评价的区域分支、钻场等布置测点。





# 五、瓦斯抽采精细化管理

## 5.4 系统管控——智能抽采技术



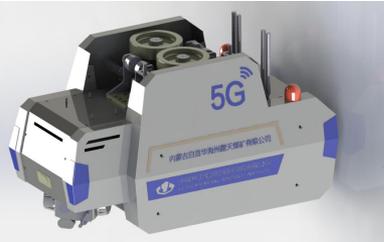
□ 瓦斯智能抽采管控系统，是针对煤矿井上下瓦斯抽采全周期进行管控的智能化系统，结合物联网、大数据分析和智能监测技术，将瓦斯抽采专家知识、技术经验转化为智能决策，辅助矿井瓦斯抽采安全管理。

- ◆ 地面泵站智能抽采系统
- ◆ 工作面智能抽采系统
- ◆ 密闭采空区智能抽采系统
- ◆ 抽采管网自主调控



# 五、瓦斯抽采精细化管理

## 5.4 系统管控——智能抽采技术 → 地面泵站智能抽采



◆ **监测调控:** 通过对**抽采设备、管道、环境、供水**等参数的监测, 按照抽采工艺对抽采泵一键切换、一键启停、不停机倒泵、自动补水, 实现对**瓦斯抽放泵、供水系统、管道阀门**的自动闭环控制, 降低人工成本, 提高瓦斯抽放设备运转的可靠性。

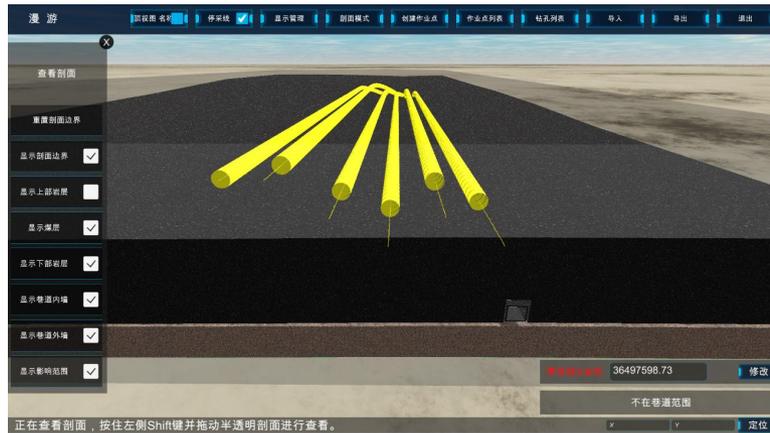
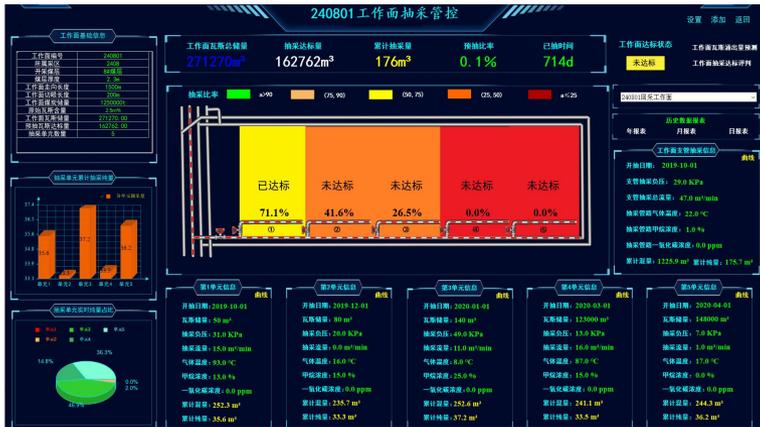
◆ **泵站巡检:** 采用轨道机器人对泵站设备及环境进行巡检, 对**环境参数、违章操作、危险气体、图像采集、设备温度**等进行实时检测, 实现瓦斯抽采泵站的**远程监控和无人化智能巡检**, 保障瓦斯泵站安全作业环境。



# 五、瓦斯抽采精细化管理

## 5.4 系统管控——智能抽采技术 → 工作面智能抽采

煤层瓦斯预抽是目前比较普遍的瓦斯抽采方法，大多数矿井是**粗放型**的抽采模式，**瓦斯地质不清晰、抽采存在空白带**的情况时有发生，为工作面安全开采带来隐患。



◆ **抽采可视化**: 根据煤层瓦斯赋存情况, 利用**管道抽采计量**或者**钻孔自动巡检**等计量手段, 实现工作面**瓦斯地质信息**的动态展示和可视化, 识别与划分**低瓦斯区**、**中瓦斯区**和**高瓦斯区**。

◆ **空白带识别**: 利用**钻孔轨迹**数据, 有效识别**瓦斯治理空白带**, 对抽采薄弱区域进行补钻设计。同时根据**钻孔抽采数据衰减规律数据**, 自动分析不同预抽期条件下**钻孔瓦斯抽采影响半径**, **优化钻孔布置**。

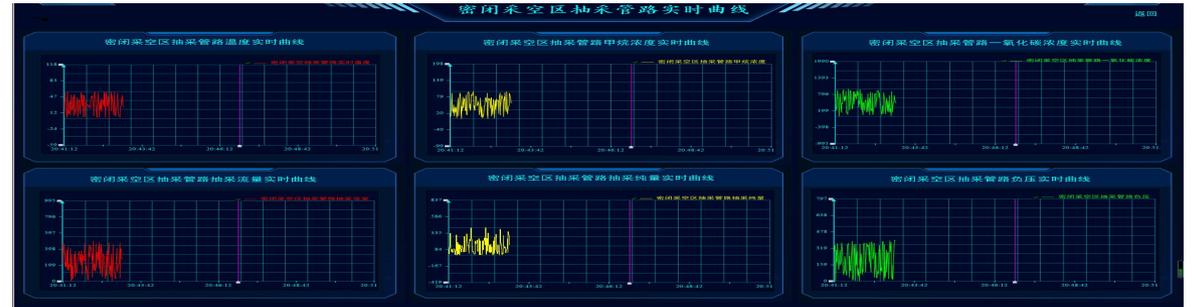
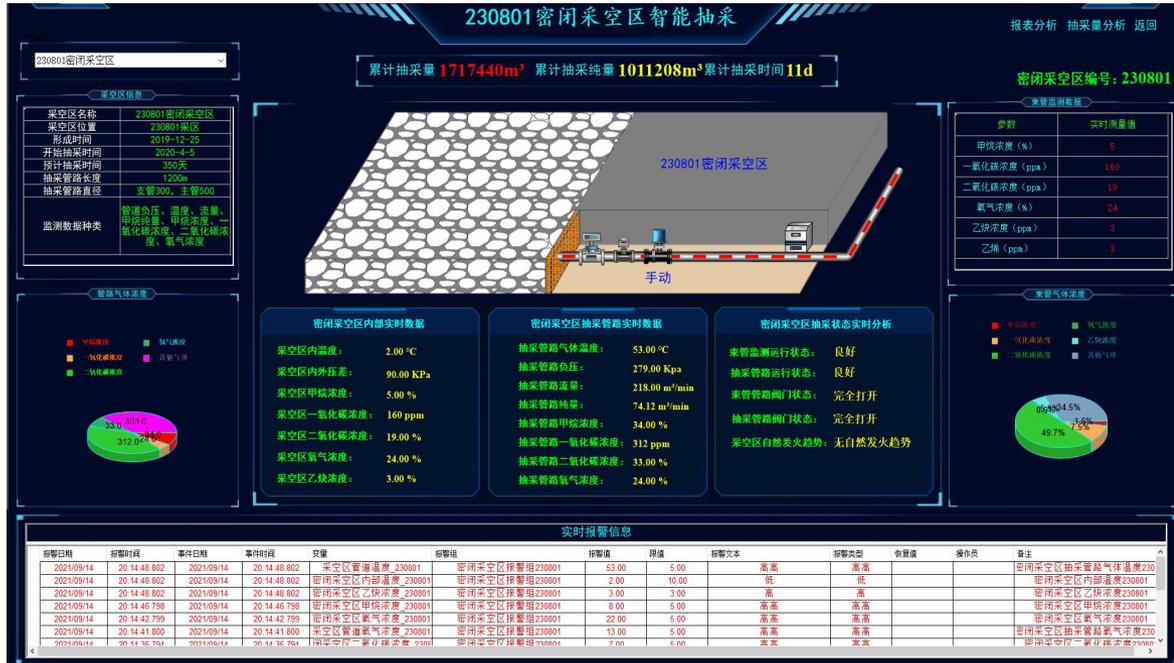
◆ **抽采效果评价**: 依据煤层赋存条件、**瓦斯基础数据**、**抽采量统计**等信息, **评判各单元瓦斯抽采效果**, 根据评价结果**优化调控各单元抽采负压**, 提高**未达标单元抽采能力**, 促使整个工作面**尽早抽采达标**。



# 五、瓦斯抽采精细化管理

## 5.4 系统管控——智能抽采技术

## 采空区瓦斯抽采



**监测调控:** 监测密闭采空区甲烷、CO、温度、O<sub>2</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>等参数, 根据监测数据智能判别自然发火和瓦斯富集趋势, 及时调控采空区抽采状态, 避免空区遗煤自燃和瓦斯涌入邻近巷道。

**数据分析:** 密闭采空区实时监测数据曲线显示, 密闭采空区抽采历史数据报表展示, 通过数据变化曲线, 分析采空区瓦斯涌出和自然发火趋势。



# 五、瓦斯抽采精细化管理

## 5.4 系统管控——智能抽采技术

### 抽采管网动态调节

- ◆ 《煤矿瓦斯抽采达标暂行规定》第十五条：预抽瓦斯钻孔的孔口负压不得低于13kPa，卸压瓦斯抽采钻孔的孔口负压不得低于5kPa。
- ◆ 《GB50471-2018 煤矿瓦斯抽采工程设计标准》：抽采管道内气体经济流速可取5m/s~12m/s。

### 抽采管网动态调节：

- ◆ 按照规定和标准的要求，抽采管网动态调节应实现远程自动调控各个分支管路的阀门开度状态，保证管网及抽采钻孔负压稳定，根据区域抽采需求合理分配抽采能力，优化管网抽采能力。
- ◆ 通过抽采管路网络解算，对瓦斯抽采管路中异常状态进行诊断分析，利用多点负压、瓦斯浓度监测数据，判别管网的堵、漏情况。

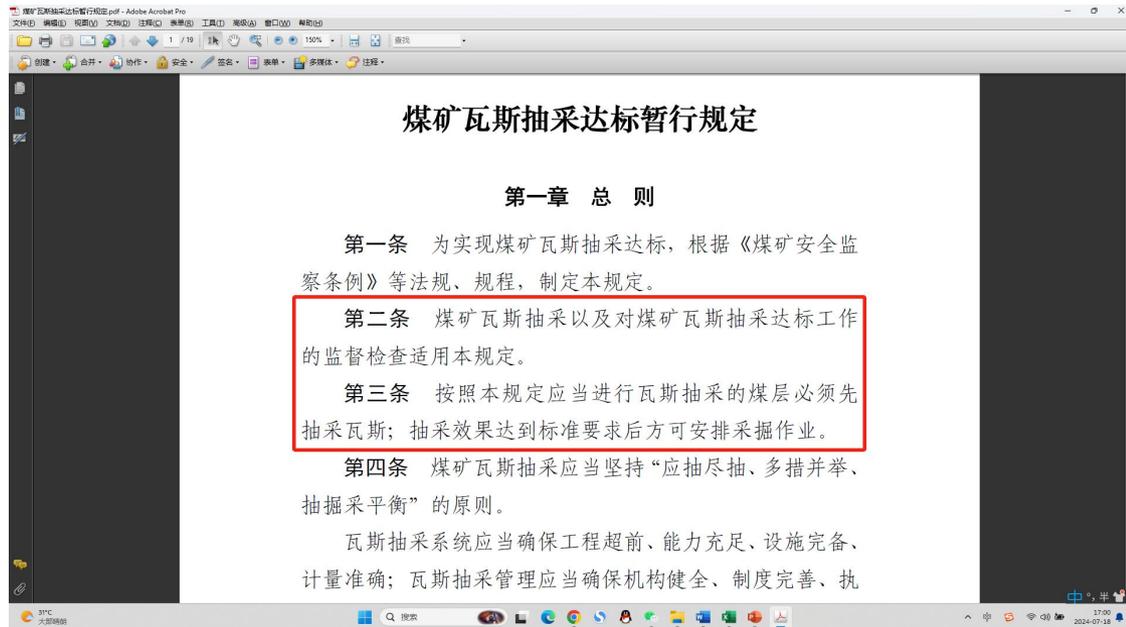




# 五、瓦斯抽采精细化管理

## 5.5 评判阶段——瓦斯抽采达标重要性

- ◆ **《煤矿瓦斯抽采达标暂行规定》**：应当进行瓦斯抽采的煤层必须先抽采瓦斯，抽采效果达到标准要求后方可安排采掘作业。
- ◆ **《煤矿重大事故隐患判定标准》**：瓦斯抽采不达标组织生产的，属于煤矿重大事故隐患；





## 五、瓦斯抽采精细化管理

### 5.5 评判阶段——抽采达标科学准确评判

《煤矿瓦斯抽采达标暂行规定》第二十一条 抽采瓦斯矿井应当对瓦斯抽采的基础条件和抽采效果进行评判。在基础条件满足瓦斯先抽后采要求的基础上，再对抽采效果是否达标进行评判。

工作面采掘作业前，应当编制瓦斯抽采达标评判报告，并由矿井技术负责人和主要负责人批准。

第二十二条 有下列情况之一的，应当判定为抽采基础条件不达标

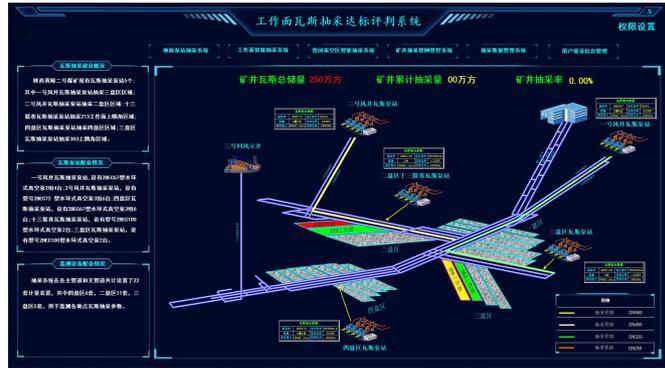
- (一) 未按本规定要求建立瓦斯抽采系统，或者瓦斯抽采系统没有正常、连续运行的；
- (二) 无瓦斯抽采规划和年度计划，或者不能达到本规定第十一条要求的；
- (三) 无矿井瓦斯抽采达标工艺方案设计、无采掘工作面瓦斯抽采施工设计，或者不能达到本规定第十八条要求的；
- (四) 无采掘工作面瓦斯抽采工程竣工验收资料、竣工验收资料不真实或者不符合本规定第十九条要求的；
- (五) 没有建立矿井瓦斯抽采达标自评价体系和瓦斯抽采管理制度的；
- (六) 瓦斯抽采泵站能力和备用泵能力、抽采管网能力等达不到本规定要求的；
- (七) 瓦斯抽采系统的抽采计量测点不足、计量器具不符合相关计量标准和规范要求或者计量器具使用超过检定有效期，不能进行准确计量的；
- (八) 缺乏符合标准要求的抽采效果评判用相关测试条件的。



# 五、瓦斯抽采精细化管理

## 5.5 评判阶段——抽采达标在线评判系统

◆ 瓦斯抽采达标在线评判系统，是根据《煤矿瓦斯抽采达标暂行规定》标准要求和步骤对备采工作面进行评判，包含抽采基础条件评判、瓦斯涌出来源分析、工作面抽采达标评判、矿井瓦斯抽采达标评判，提高矿井瓦斯抽采监管水平，帮助矿井识别瓦斯抽采现状和及时进行决策调整。



矿井瓦斯抽采率监测



钻孔分布情况识别



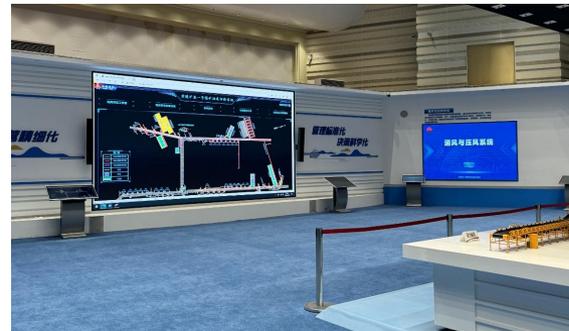
瓦斯涌出来源分析



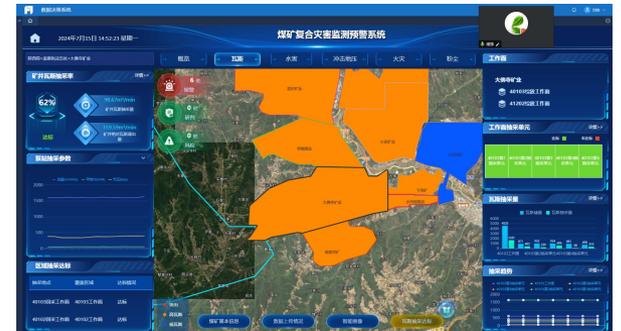
抽采基础条件评判



工作面抽采达标评判



煤矿抽采达标评判在线系统



监管部门抽采达标情况分析



## 五、瓦斯抽采精细化管理

### □ 瓦斯抽采达标-案例分析

### 瓦斯抽采不达标造成的突出事故案例

- **贵州省六盘水市盘州市梓木夏煤矿“8·6”重大煤与瓦斯突出事故**
- 2018年8月6日21时10分，贵州省六盘水市盘州市梓木夏煤矿发生一起重大煤与瓦斯突出事故，直接经济损失1749.5万元。
- 事故发生地点：110102切眼掘进工作面。
- **事故直接原因**：10102切眼掘进工作面位于3号煤层突出危险区域，**煤矿造假瓦斯参数，没有采取区域瓦斯治理措施，施工的顺层瓦斯抽放钻孔未能消除突出危险性**；工作面沿31度上山施工，前方煤体在瓦斯压力、集中应力和自重的共同作用下，受风动锚杆机打顶板锚杆眼扰动影响，失稳，发生煤与瓦斯突出。



**原始数据造假，导致对工作面瓦斯赋存情况不明，造成突出**



## 五、瓦斯抽采精细化管理

### □ 瓦斯抽采达标-案例分析

# 瓦斯抽采不达标造成的突出事故案例

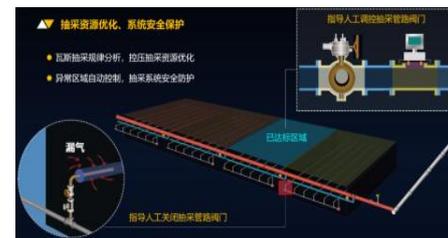
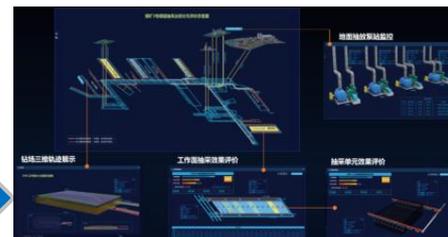
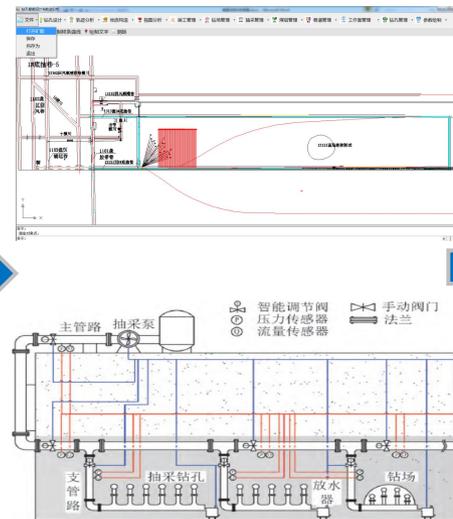
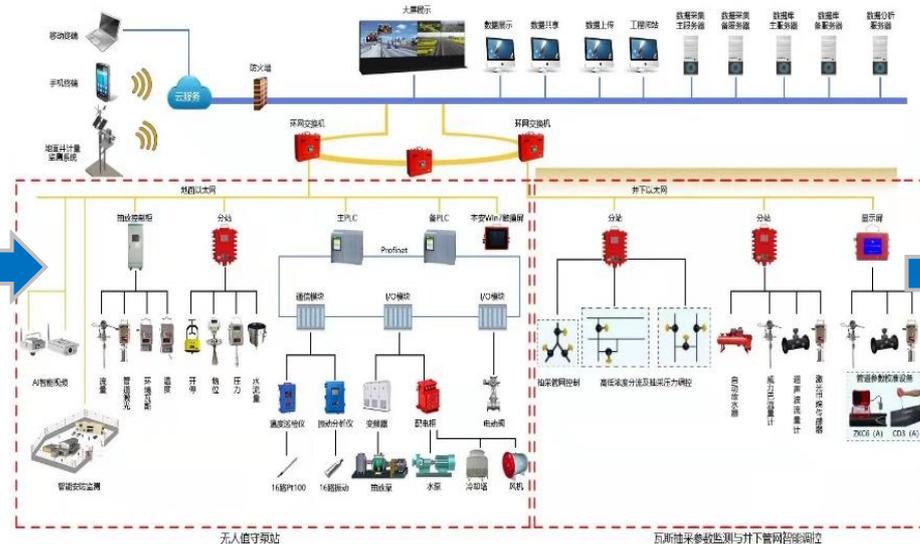
- **煤矿瓦斯地质工作不到位：**没有查清110102切眼掘进工作面前方地质构造情况；
- **违规进行突出危险性区域预测并造假：**煤矿回避110102运输巷施工钻场时曾发生煤与瓦斯突出的事实，违规采用直接测定参数法预测区域突出危险性；只钻取了1个煤样却出具了6份不同煤样的测定报告；煤矿依据虚假、失真的预测结果，做出110102切眼掘进工作面无突出危险的结论，未对110102切眼掘进工作面采取区域防突措施。
- **钻孔施工验收和抽采计量工作不规范**
  - 钻孔只验收孔深，未验收钻孔其它参数；
  - 未按要求及时安装瓦斯抽采自动计量装置
  - 抽采量统计不准确、不真实；
  - 安排无防突作业资格人员进行区域验证。





# 五、瓦斯抽采精细化管理

## ◆ 瓦斯智能抽采管控系统-整体架构



数据采集

数据传输及处理  
存储

数据价值挖掘

业务应用

实现功能1

地面泵站瓦斯抽采系统的智能控制。

实现功能2

工作面、采空区瓦斯抽采系统智能控制。

实现功能3

矿井抽采管网的智能调控。



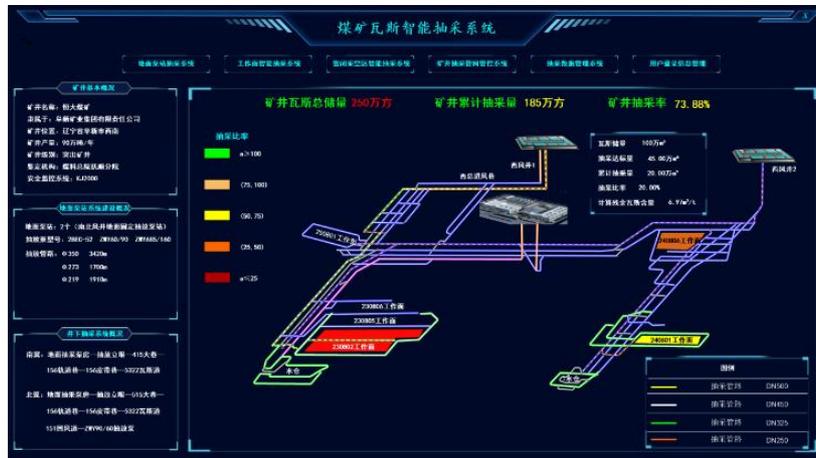
中国煤炭科工集团  
沈阳研究院有限公司  
CCTEG SHENYANG RESEARCH INSTITUTE

# 五、瓦斯抽采精细化管理

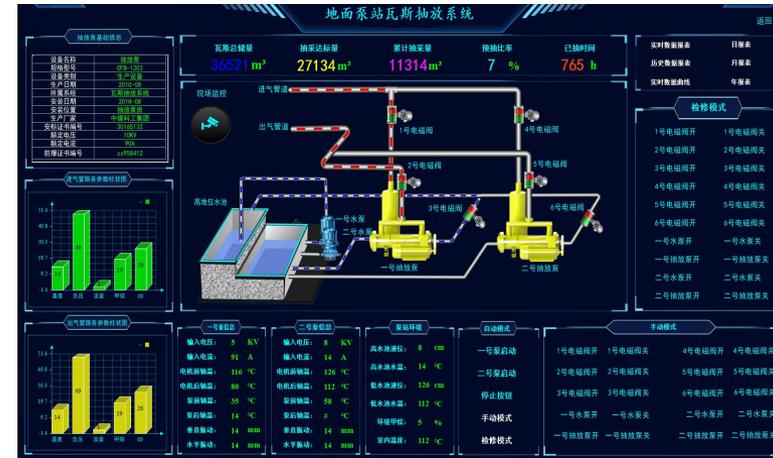
◆ 通过管控平台集成地面泵站(移动)、工作面、采空区、抽采管网，实现全矿井瓦斯抽采系统的智能感知、智能分析和智能决策。



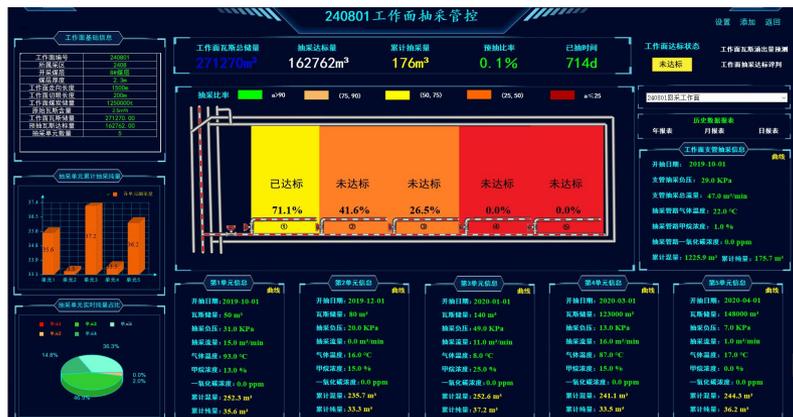
瓦斯抽采智能管控装备



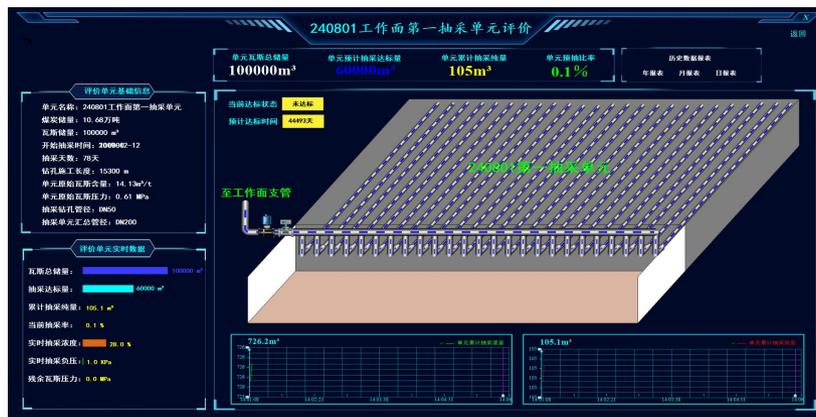
瓦斯智能抽采管控系统



地面瓦斯泵站智能抽采管控



工作面抽采参数监测系统



瓦斯抽采单元效果评价系统



工作面瓦斯涌出量预测系统



## 五、瓦斯抽采精细化管理

### ◆ 瓦斯智能抽采管控远景规划

01

**透明瓦斯地质、精准抽采计量：**大规模测定煤层瓦斯含量，掌握矿井瓦斯地质赋存情况，实现单钻孔抽采参数巡检计量，实时了解煤层各个区域的瓦斯抽采达标情况。

02

**泵站无人值守、高效低耗抽采：**智能型传感器+AI视频+故障分析，实现抽采泵站“真正”的无人值守，做到减人增效；自主进行抽采管道网络解算，合理分配抽采负压。

03

**AI自主学习、智能分析决策：**利用AI技术自主学习瓦斯抽采相关数据及问题解决方案，针对瓦斯抽采现实中的问题提出最优解，为矿井瓦斯治理提供决策支持。



中国煤炭科工集团  
沈阳研究院有限公司  
CCTEG SHENYANG RESEARCH INSTITUTE

# 谢谢

引领安全科技 提升企业价值 推动行业进步 建设一流安全科技企业