



李树刚

西安科技大学原副校长

- 国务院学位委员会第七届安全科学与工程学科评议组成员
- 获国家“万人计划”教学名师
- 百千万人才工程国家级人选
- 国家有突出贡献的中青年专家
- 教育部高等学校安全工程教学指导委员会委员
- 国家安全生产应急专家组成员
- 获国家科技进步二等奖1项，国家教学成果二等奖2项，省部级奖近20项
- 主持国家自然科学基金重点项目、仪器专项等国家级项目7项
- 世界矿山通风大会执委会主席，《西安科技大学学报》副主编
- 《采矿与安全工程学报》、《中国安全科学学报》等杂志编委

煤矿油型气与瓦斯防治关键技术

汇报人：李树刚

单位：西安科技大学

2024年10月30日

主要内容

01

研究背景及意义

02

油型气赋存特征及探测技术

03

油型气（瓦斯）防治技术

04

油型气瓦斯防治发展趋势

第一部分

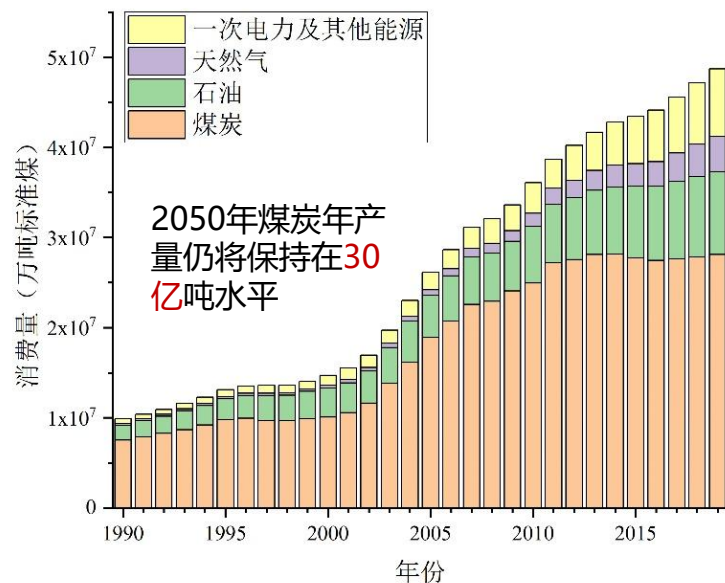
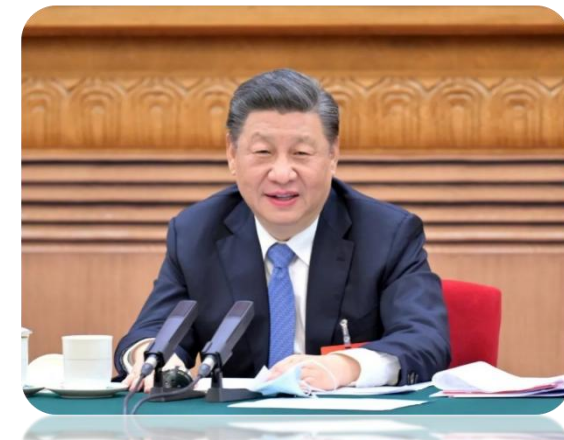
研究背景及意义

1.1 研究背景

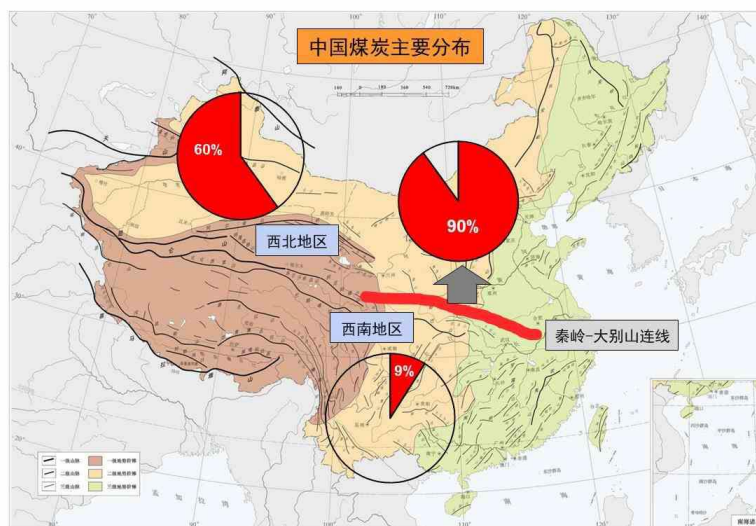
■ 煤炭资源开采逐步向西部转移

富煤贫油少气是我国的国情，以煤为主的能源结构短期内难以根本改变.....不能把手里吃饭的家伙先扔了，结果新的吃饭家伙还没拿到手，这不行

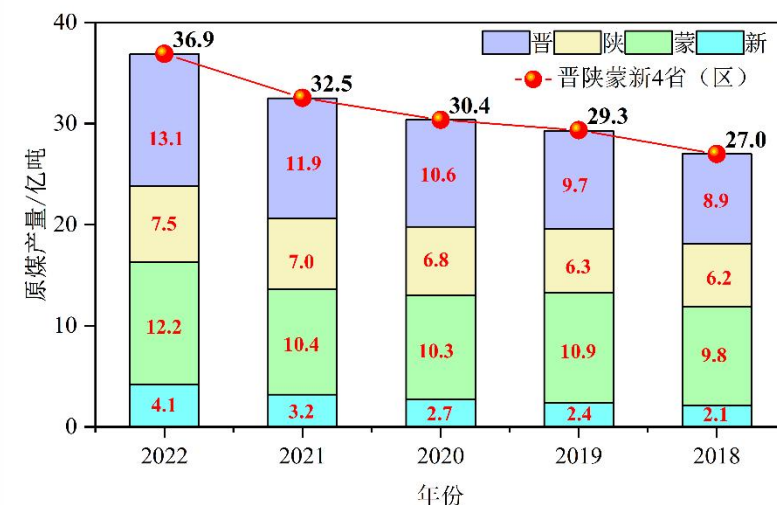
——2022年3月5日，习近平总书记在两会期间参加内蒙古代表团审议时的讲话



煤炭资源是我国经济发展的压舱石



我国煤炭资源呈北多南少，西多东少的特点



2023年晋陕蒙新4省(区)原煤产量36.9亿吨，占全国总产量的80.9%

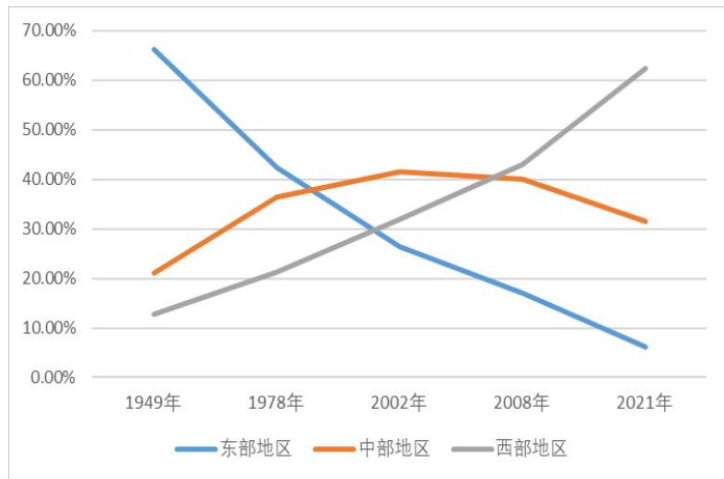
1.1 研究背景

■ 西部是煤炭资源的主产区与能源资源战略承接地

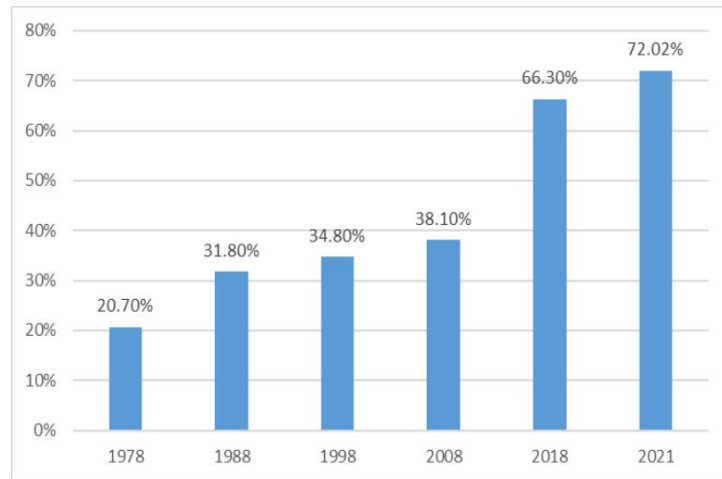
- **主产区地位**：国家重点建设的亿吨级煤炭基地有7个位于西部，西部煤炭产量占全国总产量比重逐年提高
- **战略承接**：承接国家能源资源开发战略，保障能源供应安全
- **经济推动**：带动西部地区经济发展，促进区域协调发展
- **环境挑战**：需平衡资源开发与生态保护的关系

地区	累计探获资源储量/亿t	比重/%
全 国	20240	100
东部地区	1291	6.38
中部地区	3987	19.70
西部地区	14962	73.92

全国煤炭资源潜力评价



我国东中西部煤炭产量占比变化情况

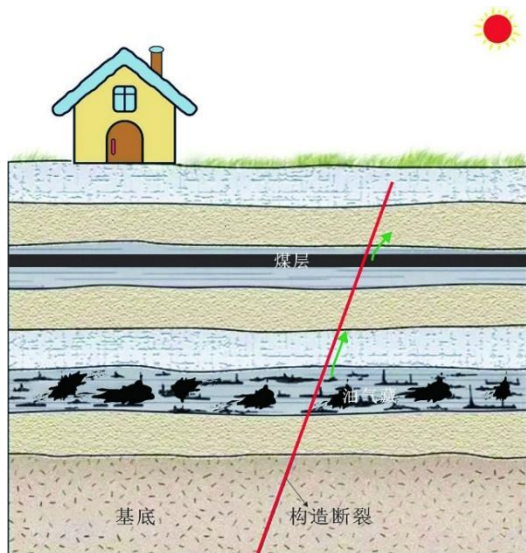


晋陕蒙煤炭产量占全国的比重情况

1.1 研究背景

■ 西部地区油型气煤田的分布与赋存特征

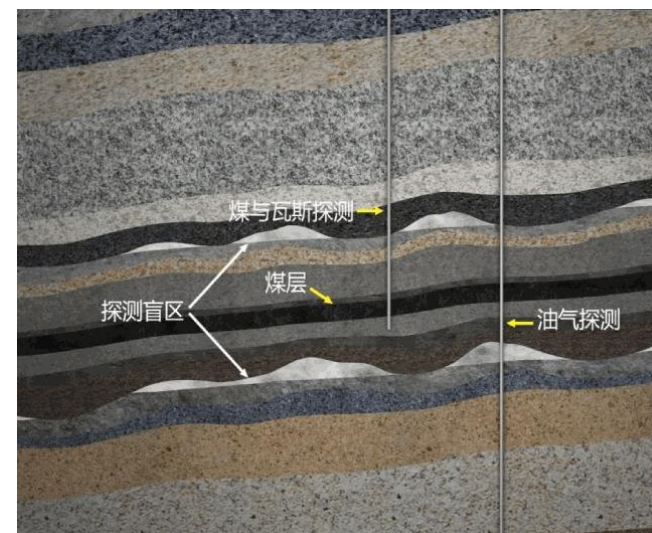
- **分布区域**：鄂尔多斯盆地、新疆塔里木盆地、准噶尔盆地等
- **煤、油、气共生**：资源在同一地质层位共同存在
- **储层复杂**：孔隙度和渗透率变化大
- **成藏条件优越**：良好的盖层和圈闭结构
- **地质构造多样**：包含褶皱、断层等构造形式



煤油气共生



采掘煤壁渗油、底板油型气冒泡

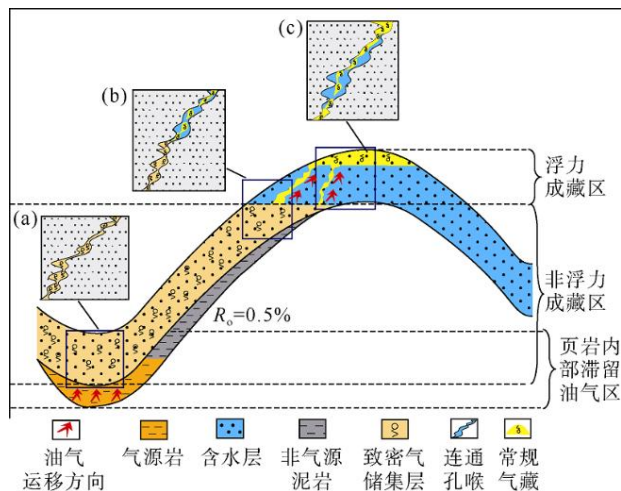


油型气的形成与赋存示意

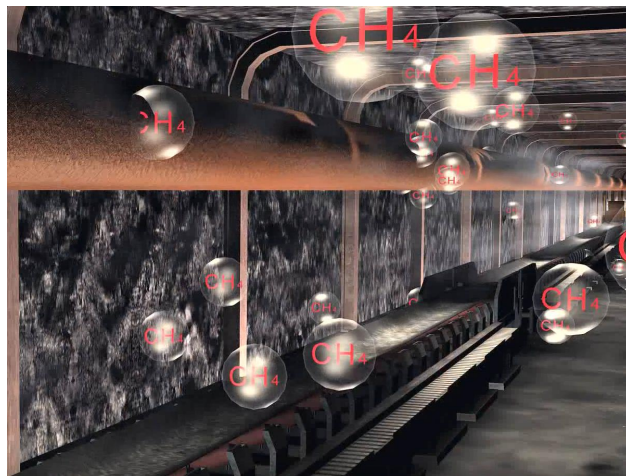
1.1 研究背景

■ 油型气（瓦斯）引发的煤矿灾害问题

- **油型气特性**：小圈闭，难探测；非均匀，难防治；易爆炸，危害大；游离态赋存，瞬时大量涌出
- **瓦斯突出**：油型气含量高，易发生瓦斯突出事故
- **瓦斯爆炸**：油型气易燃易爆，增加了瓦斯爆炸风险
- **安全隐患**：对矿井通风、抽采等安全管理提出更高要求



油气运移过程



采掘煤壁瓦斯涌出

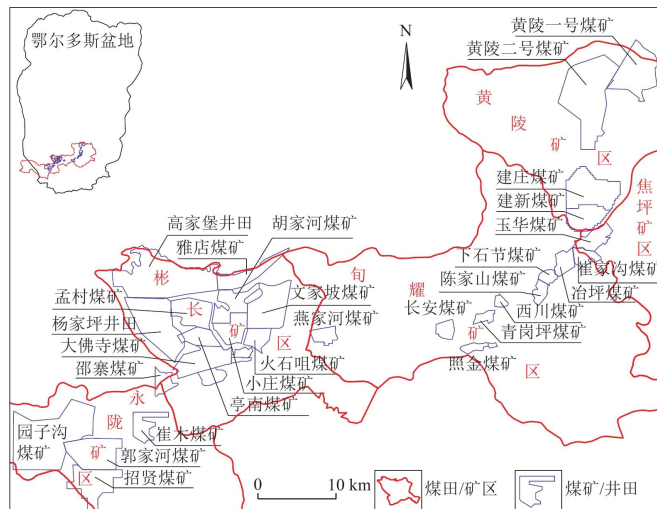


瓦斯灾害严重

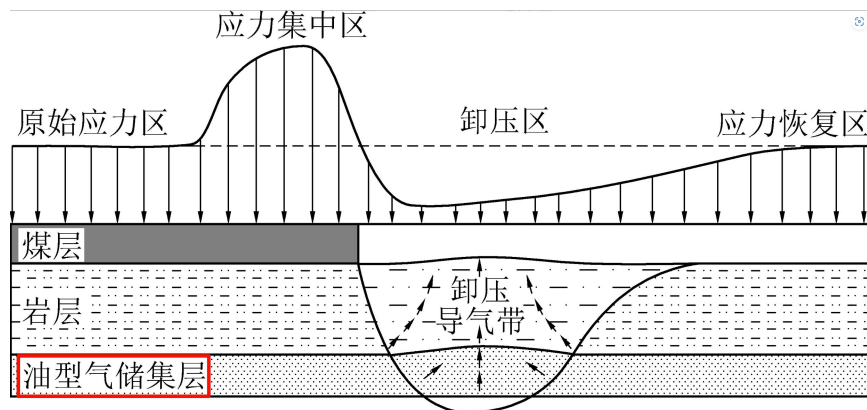
1.1 研究背景

■ 黄陇煤田油型气共生与安全隐患

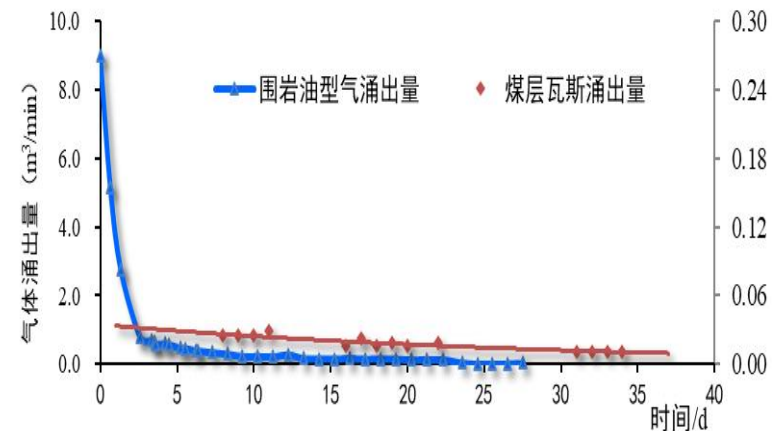
- **典型代表**：位于陕西、甘肃两省的**黄陇煤田**是西部煤炭生产基地的典型代表
- **共生特点**：侏罗纪煤与油型气共生，开采条件复杂
- **事故频发**：黄陵、铜川等矿区多次发生异于煤层瓦斯的气体瞬间大量涌出，导致安全事故
- **成因分析**：深部油气地层气体运移上升，在煤层顶底板砂岩层游离、聚集的油型气是主要因素



黄陇煤田主要矿井分布



回采工作面采动应力分布及卸压导气带形成

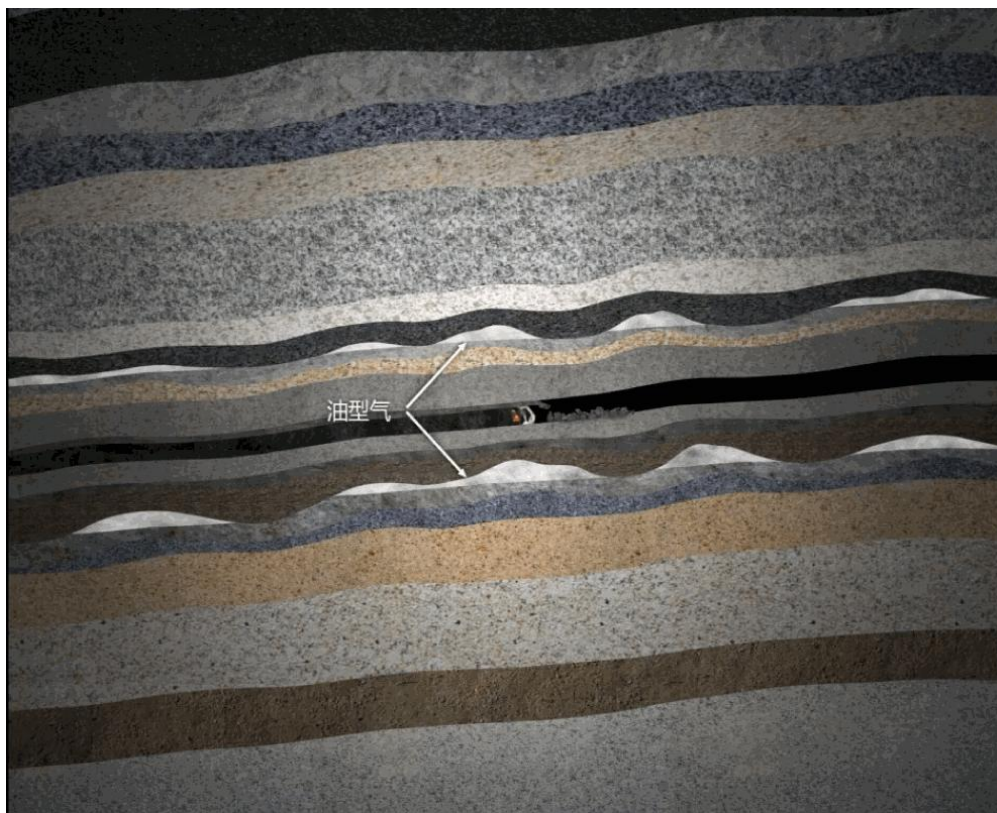


油型气与煤层瓦斯涌出速率对比

1.2 治理思路

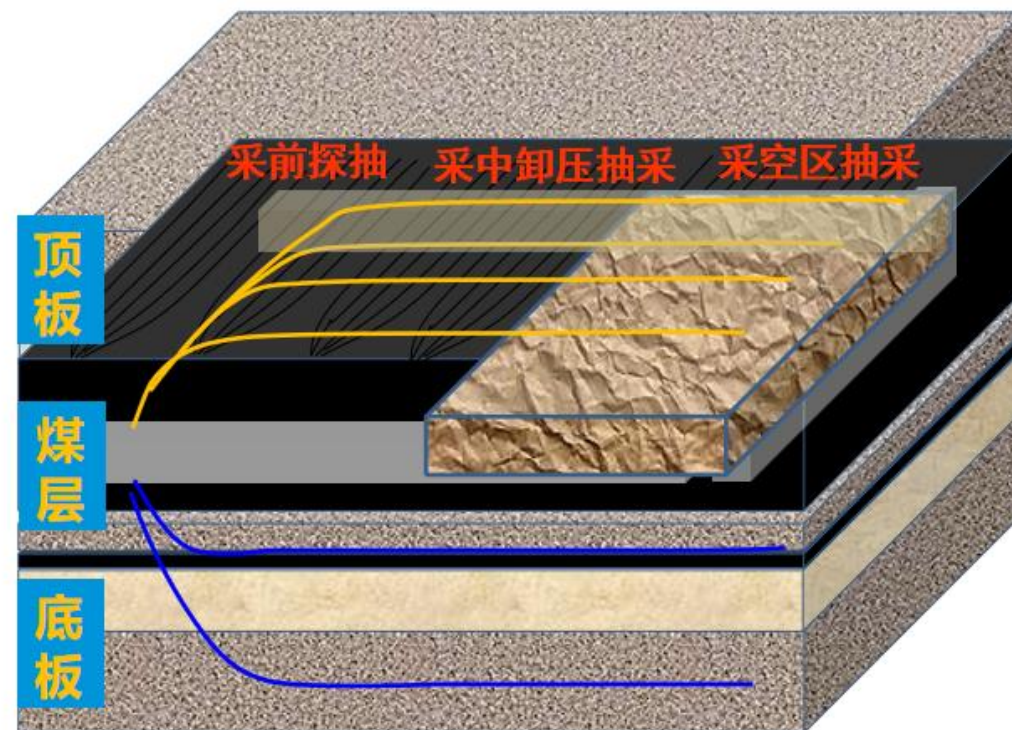


防治油型气（瓦斯）灾害



途径

精准高效抽采



1.3 研究意义



- **保障安全生产**：有效防治油型气灾害，防止瓦斯突出和爆炸事故，保障矿工生命安全
- **提高生产效率**：减少因安全事故导致的停产，提高煤矿开采的连续性和稳定性
- **资源综合利用**：回收利用油型气，实现能源的综合开发，提高经济效益
- **环境保护**：减少有害气体排放，降低对大气环境的污染，促进绿色矿山建设
- **技术进步**：推动矿井通风、抽采等安全管理技术的发展和创



保障煤矿安全生产



资源综合利用



助力碳达峰碳中和

第二部分

油型气赋存特征及 探测技术

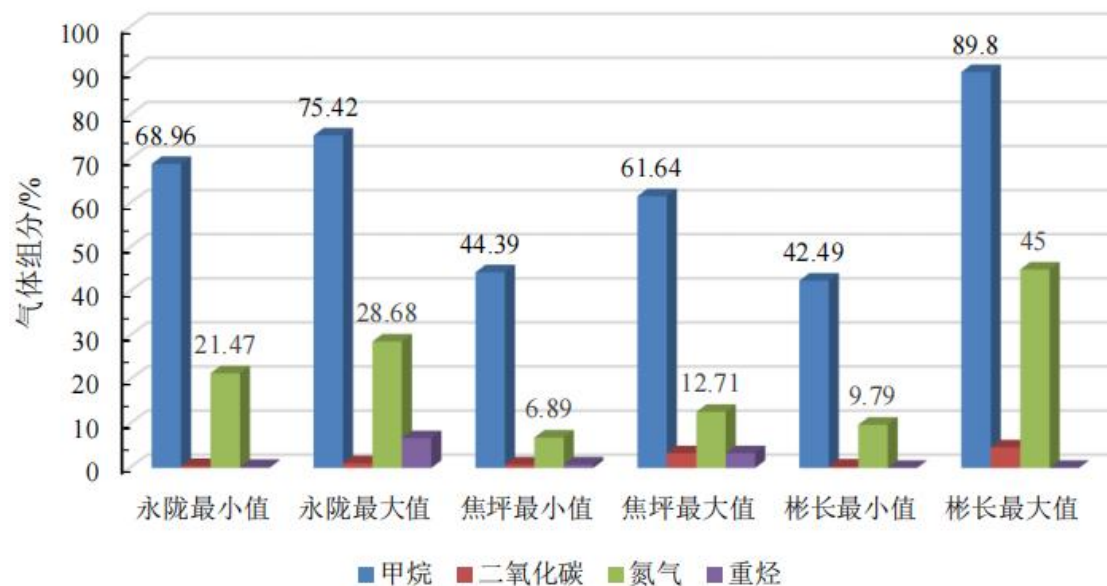
2.1 油型气来源及运移通道

通过油-源对比，分析油型气来源

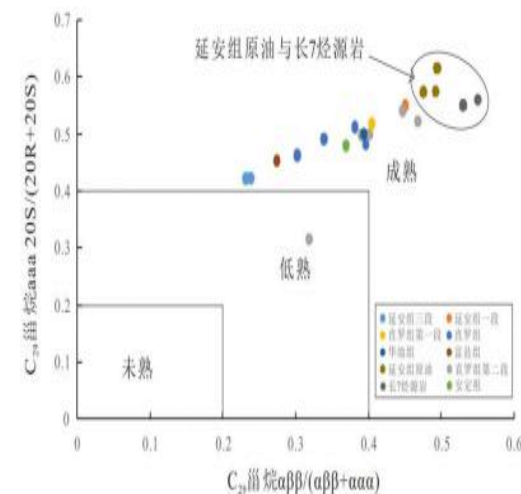
- 对巷道中揭露的油气开展地球化学分析，并与区域烃源岩样品进行对比
- 侏罗系煤层中油主要来自于三叠系优质烃源岩，油型气来源于煤层及下伏三叠系的共同贡献

地层系统	单位组段	综合剖面	岩石名称	气体类型	TOC	R _o
					1.0% 2.0% 3.0% 4.0%	0.2% 0.4% 0.6% 0.8% 1.0%
中侏罗统	延安组	三段	细粒砂岩	油型气 + 混合气	1.0% 2.0% 3.0% 4.0%	0.2% 0.4% 0.6% 0.8% 1.0%
			砂质泥岩			
			细粒砂岩			
			暗色泥岩			
中侏罗统	延安组	二段	暗色泥岩	油型气 + 混合气	1.0% 2.0% 3.0% 4.0%	0.2% 0.4% 0.6% 0.8% 1.0%
			暗色泥岩			
			粉砂岩			
			暗色泥岩			
中侏罗统	延安组	一段	煤层	煤成气 + 混合气	1.0% 2.0% 3.0% 4.0%	0.2% 0.4% 0.6% 0.8% 1.0%
			暗色泥岩			
			粉砂岩			
			暗色泥岩			
下侏罗统	富县组		暗色泥岩	油型气	1.0% 2.0% 3.0% 4.0%	0.2% 0.4% 0.6% 0.8% 1.0%
			粉砂岩			
			暗色泥岩			
			粉砂岩			
上三叠统	瓦窑堡组		暗色泥岩	油型气	1.0% 2.0% 3.0% 4.0%	0.2% 0.4% 0.6% 0.8% 1.0%
			粉砂岩			
			泥岩			
			砂质泥岩			
上三叠统	瓦窑堡组		细粒砂岩	油型气	1.0% 2.0% 3.0% 4.0%	0.2% 0.4% 0.6% 0.8% 1.0%
			细粒砂岩			

黄陵矿区含煤油气柱状图



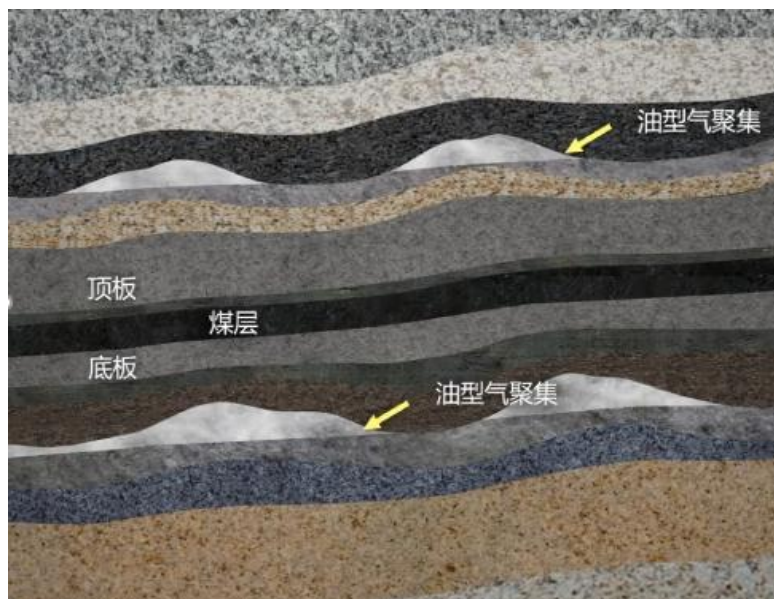
黄陇煤田煤层气化学组分浓度分布



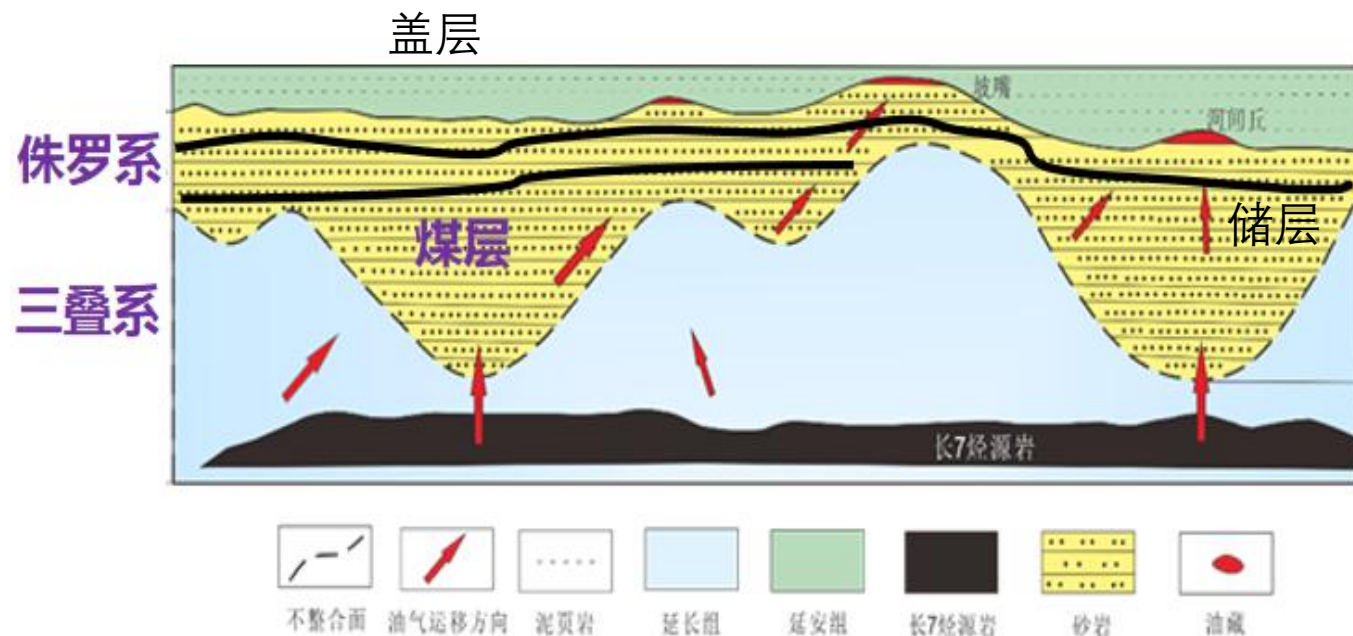
延安组原油来源判识图

2.1 油型气来源及运移通道

- 煤系直接覆于生、储条件较好的三叠系地层之上，煤系中上部透气性差的泥岩、粉砂岩作为相对盖层，奠定了矿井具有煤、油、气共生的特点
- 油气运移通道主要为：不整合面、裂缝、连通孔隙型砂体和断层



油型气聚集与煤层关系模式示意图

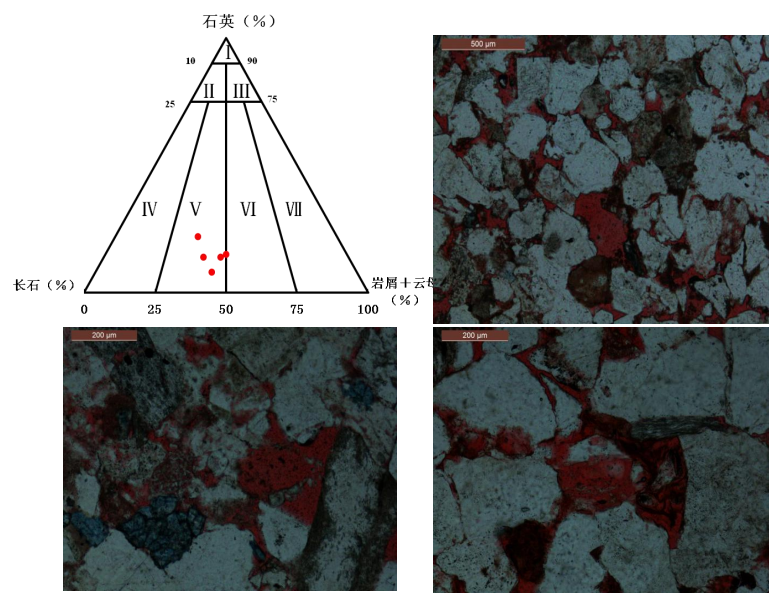


陕北侏罗系煤田油型气聚集模式图

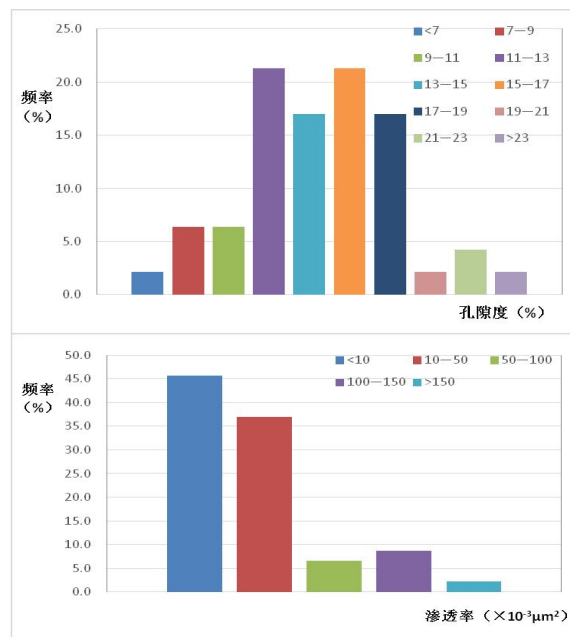
2.2 油型气赋存特征及地质预测

■ 通过分析化验，查明油气赋存的微观特征

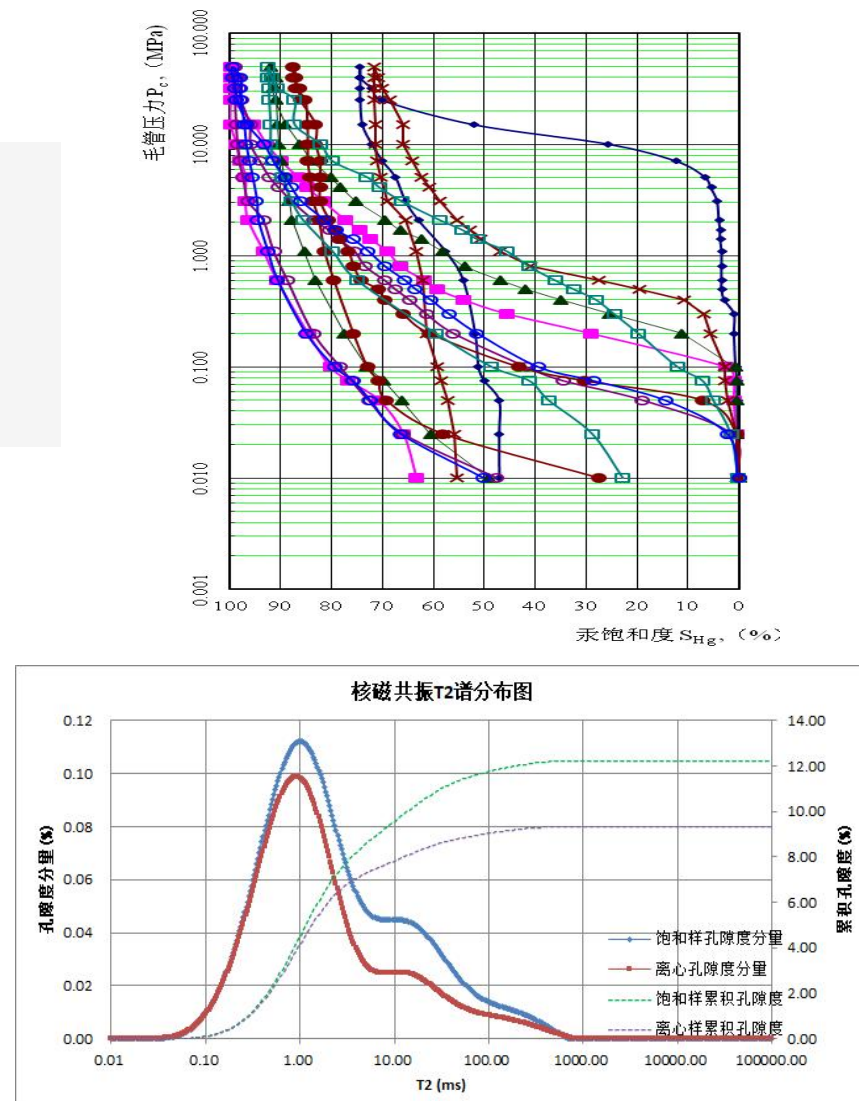
- 根据岩石薄片分析，查明含油气储层**岩石类型**及**储集空间类型**
- 根据孔隙度-渗透率分析，明确含油气储层对油气的**储集与渗流能力**
- 根据压汞-核磁联合表征含油气储层的**微观孔隙结构特征**



含油气砂层岩石类型



含油气砂层孔渗特征

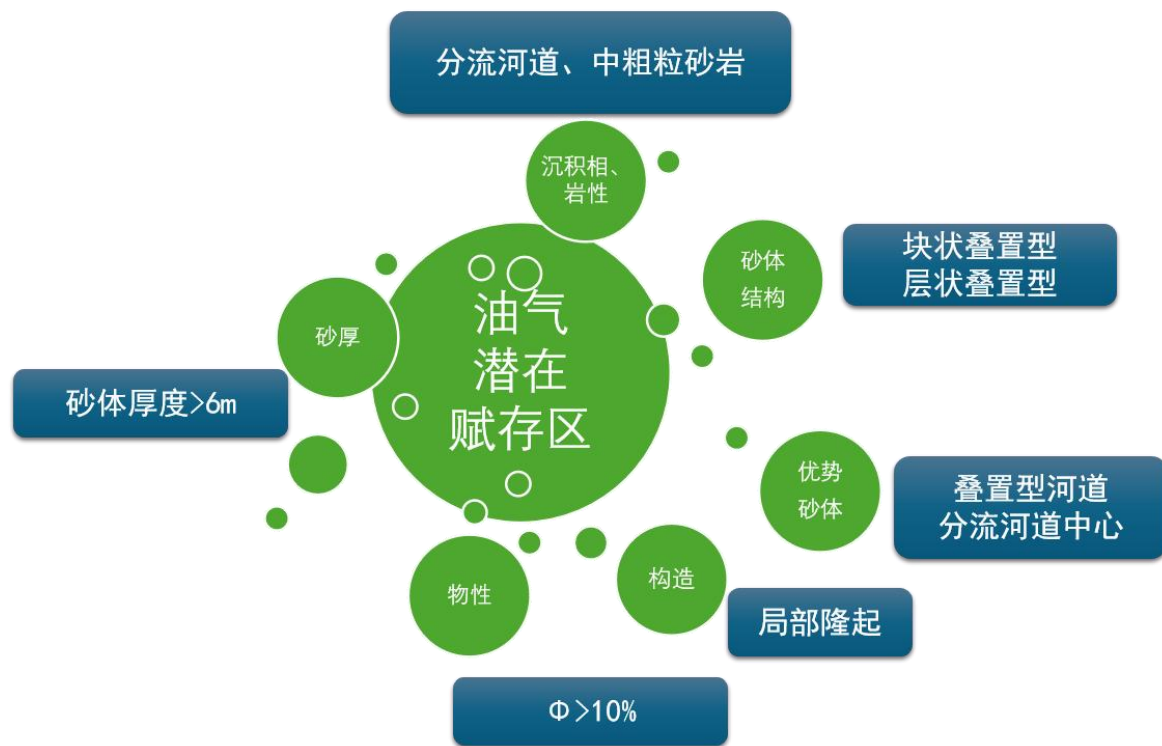


含油气砂岩孔隙结构特征

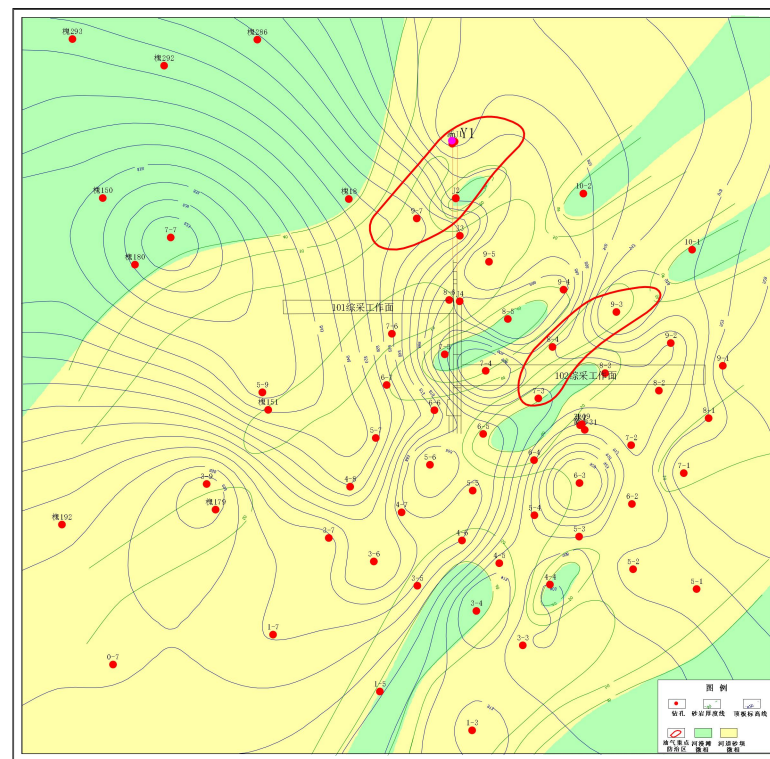
2.2 油型气赋存特征及地质预测

■ 基于地质知识库构建标准，预测油气赋存平面分布

- 以沉积、构造、物性等基本地质特征研究的为基础，剖析油气分布与构造、砂体的关系，构建油气潜在赋存区预测标准，预测油气赋存平面分布，落实油型气防治靶区



油气潜在赋存区预测标准

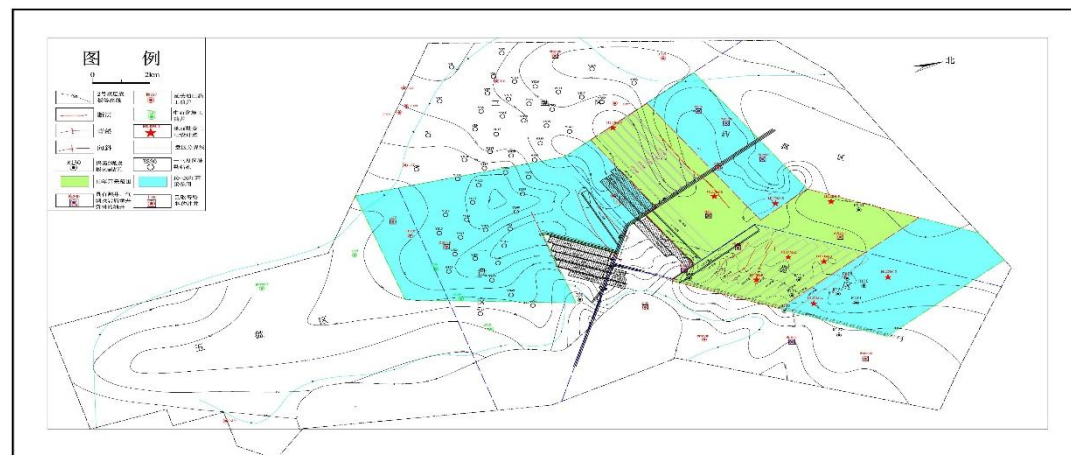
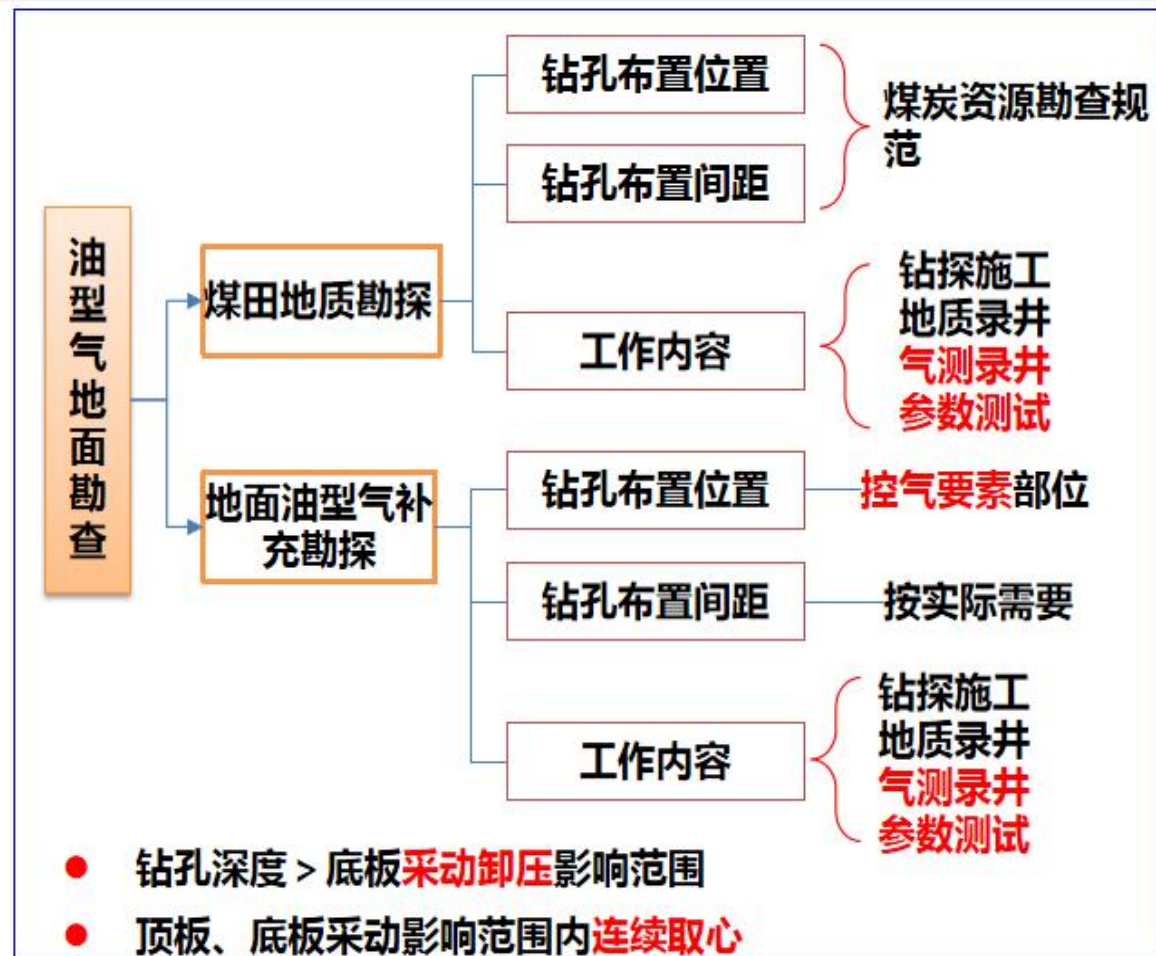


油气潜在赋存平面预测图

2.3 油型气赋存规律探测技术手段

1) 煤田地质与地面专项补充勘查

- 通过资源勘探钻孔进行确定油型气分布范围，该技术适合大面积普查油型气工作

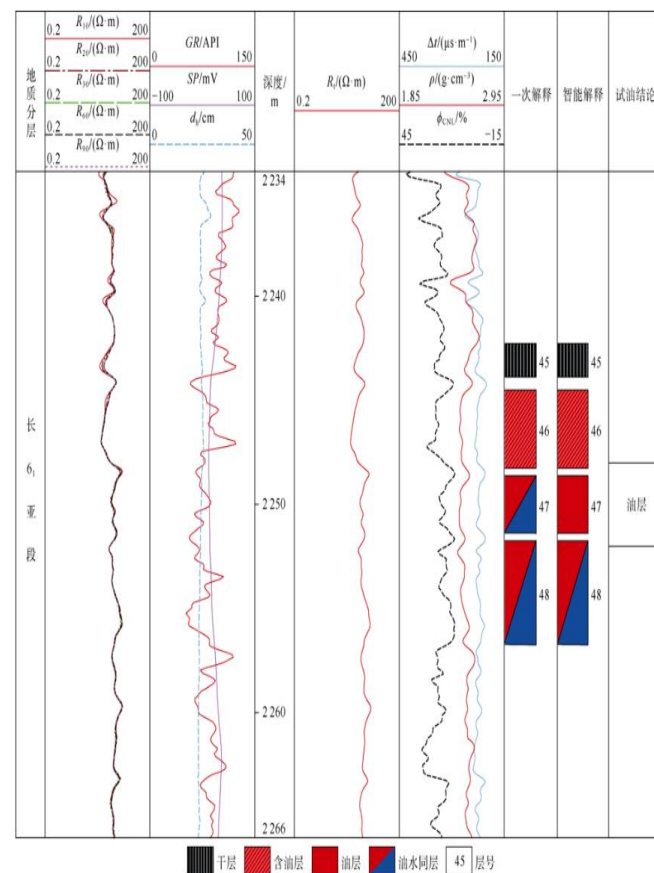
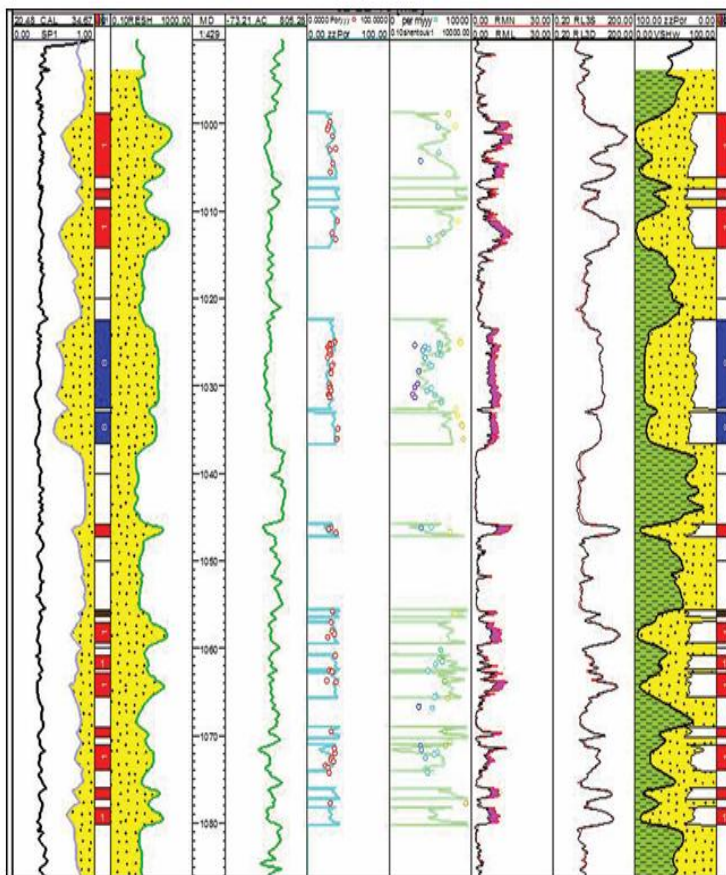
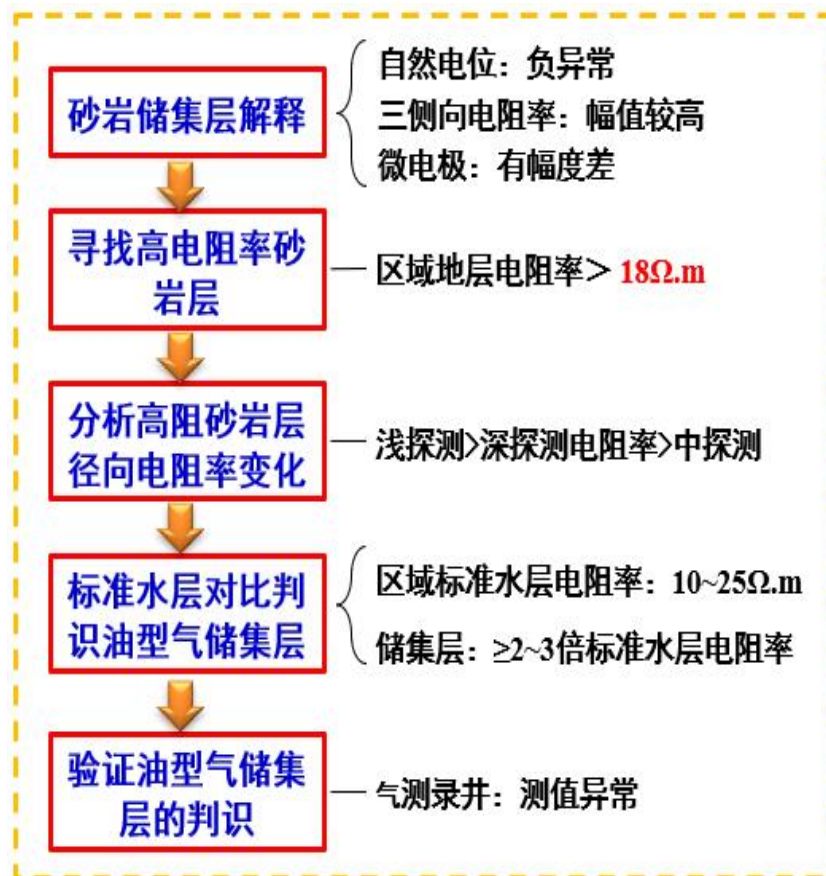


煤矿油型气地面勘察

2.3 油型气赋存规律探测技术手段

2) 地面油气探井资料再解译

- 分析资料寻找高电阻率砂岩层，结合径向电阻率变化判识，结合气测录井，验证和判识油型气储集层



油井资料再解译方法

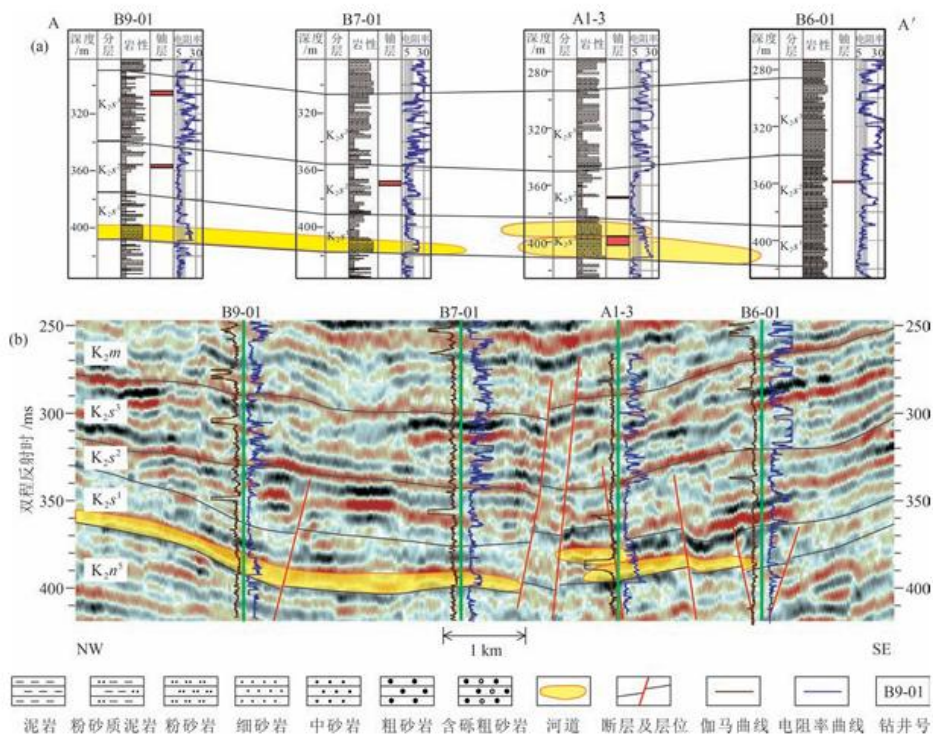
测井精细解释成果图

一次解释与智能解释的结论对比图

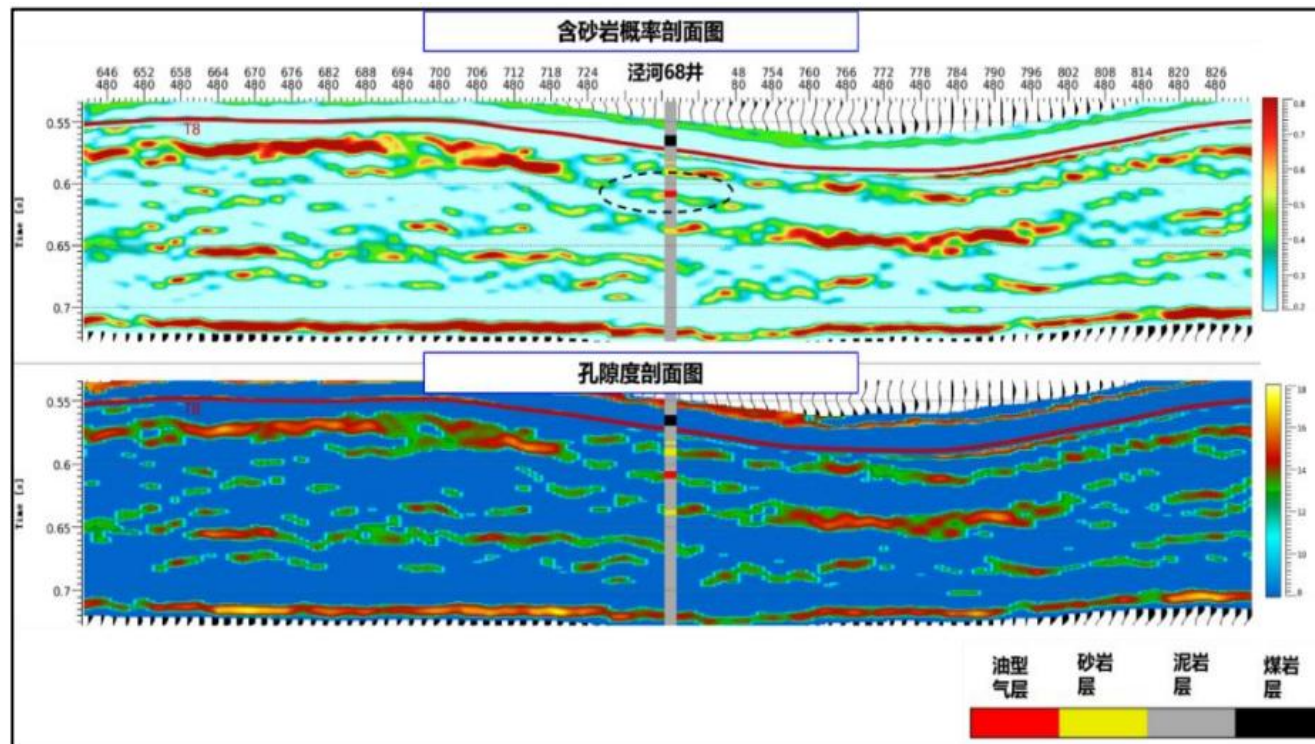
2.3 油型气赋存规律探测技术手段

3) 地面三维地震资料精细再解译

- 采用**道积分技术**对三维数据体进行地震资料分析，利用**波阻抗反演技术**进行基于测井资料的叠后地震反演及岩性预测，明晰岩体中**构造及裂隙发育**情况，大范围确定油型气运移通道



地震剖面分析

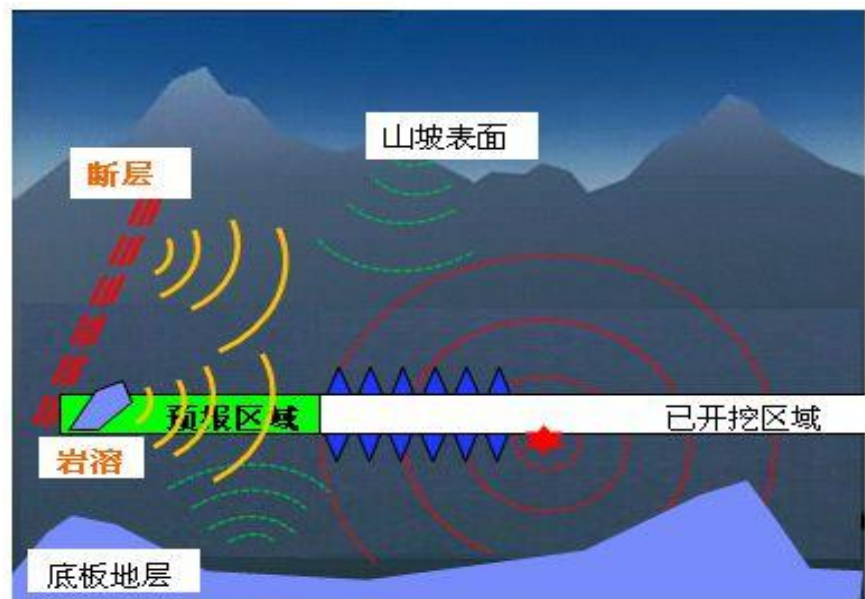


钻孔反演油型气层位

2.3 油型气赋存规律探测技术手段

4) 井下随掘地震超前探测

- 利用掘进机切割煤壁产生的振动信号作为被动震源，实现掘进工作面前方150m范围内断层等地质构造高精度、实时、连续探测，为煤矿巷道智能快速掘进、油气灾害治理提供“地质导航”提前预测预报油型气可能异常区域



随掘地震监测系统拓扑



井下随掘随探监测

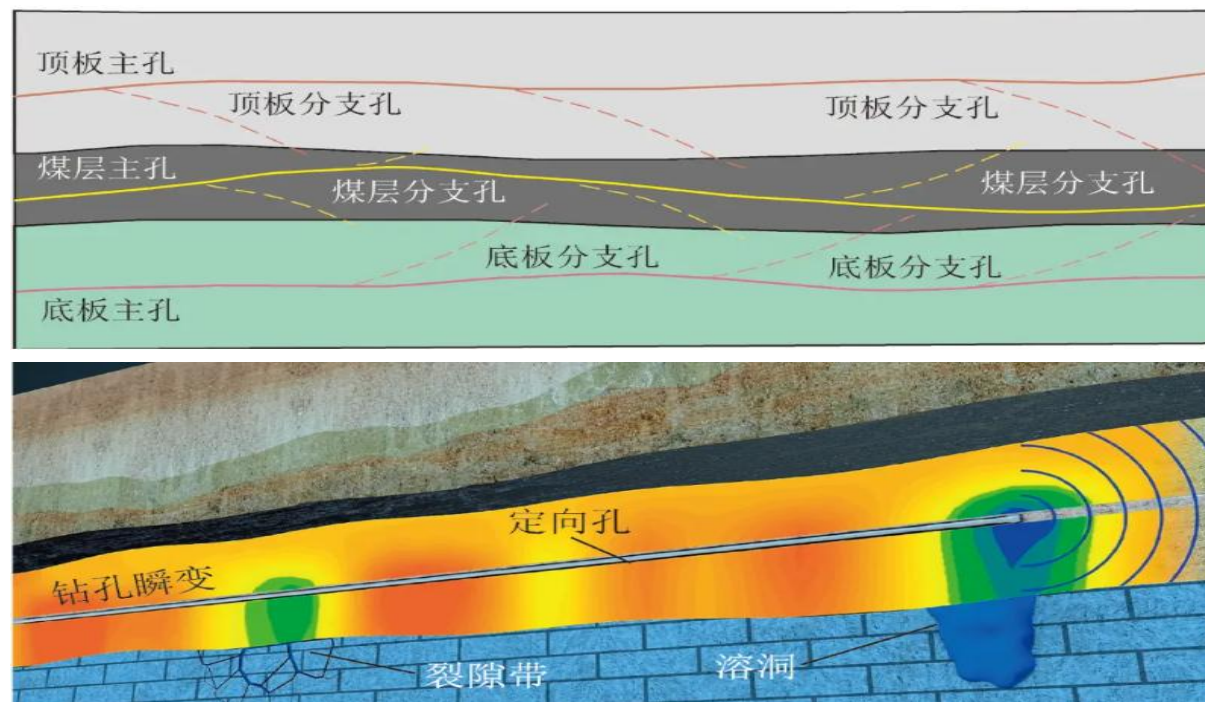
2.3 油型气赋存规律探测技术手段

5) 定向长钻孔区域超前探测

- 定向长钻孔具有**精确控制轨迹**、**有效距离长**、**实施多分支孔**的优点，结合定向钻探技术、钻孔地质雷达、钻孔瞬变电磁等关键技术，可用于超前探测**油气储存**、**地质构造**、**顶底板岩性**，同时完成油型气的抽采

一孔多用

- ✓ **轨迹精确控制**
- ✓ **有效距离长**
- ✓ **实施多分支孔**
- ✓ **超前探查油气**
- ✓ **探查地质构造**
- ✓ **探查顶底板岩性**

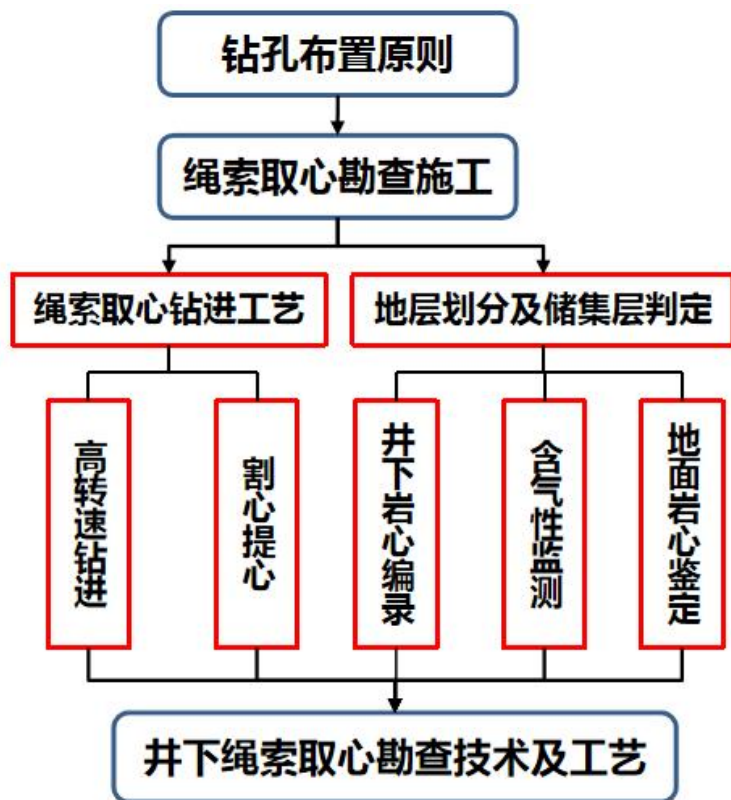


钻孔瞬变电磁探测断面

2.3 油型气赋存规律探测技术手段

6) 井下绳索取心钻孔油型气勘查

- 选择工作面巷道布置施工钻孔，进行绳索取心勘探施工，通过取心现场观测、岩心鉴定及气样，掌握油型气储集层位。该技术适合于油型气验证及小范围储集层位确定



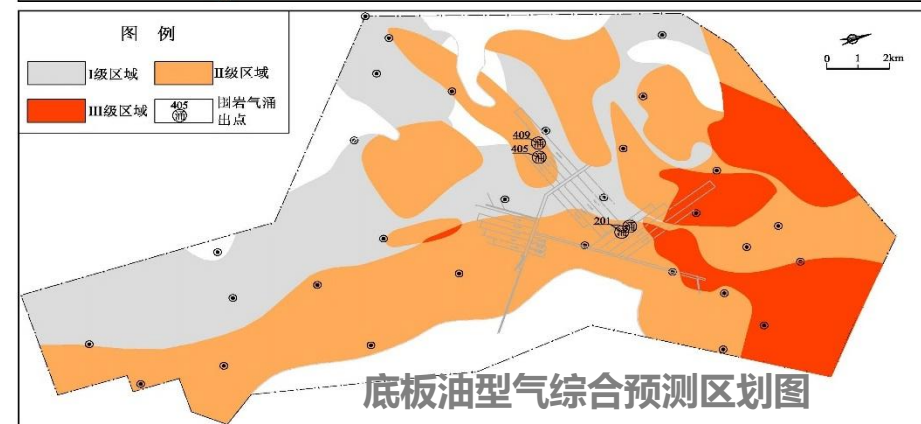
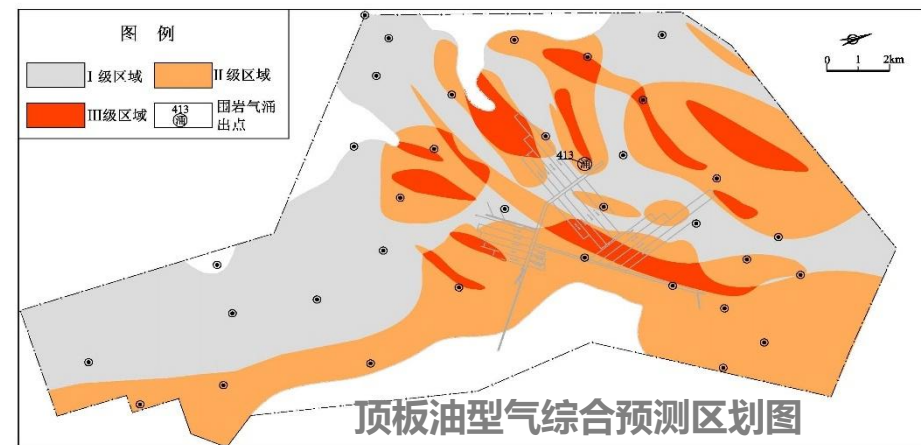
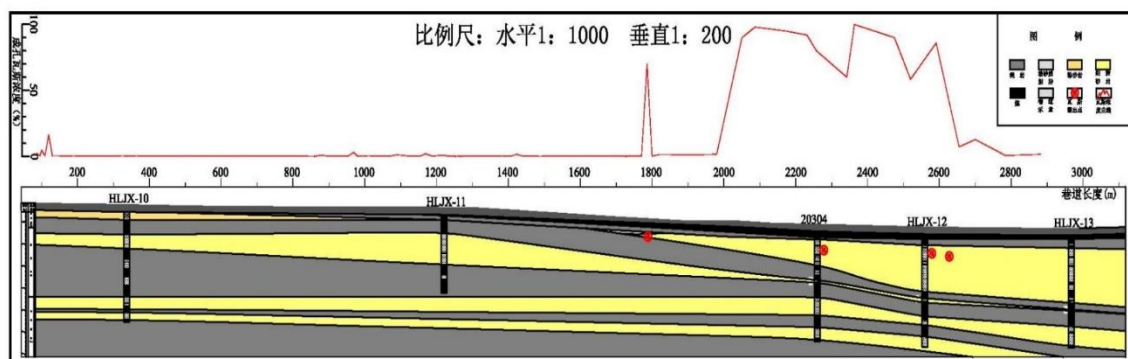
芦村二矿矿区采样部分及层位确定

2.3 油型气赋存规律探测技术手段

7) 矿井油型气区域预测指标建立及富集区预测

- 基于地质构造、岩性、储集层分布和采动影响等多因素耦合的矿井油型气富集区预测技术

钻孔连井剖面



目标层	指标层	影响因素	
采动 影响范围	储集层分布	煤层顶(底)板影响范围	
	控气要素	地质构造	背斜
			构造高部位
		岩性	砂岩透镜体 砂岩上倾尖灭

矿井油型气区域预测指标

顶底板油型气综合预测区

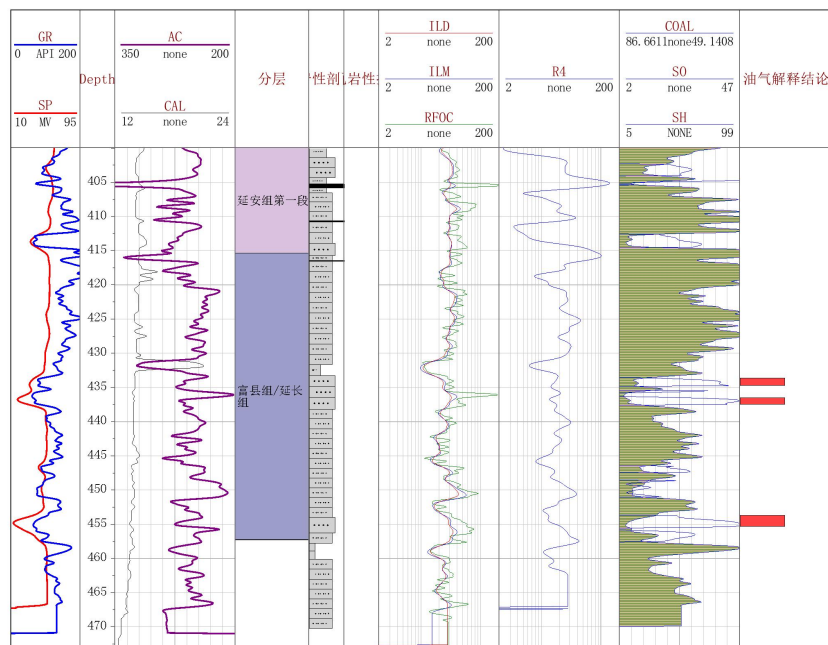
第三部分

油型气（瓦斯）防治技术

3.1 矿井油气防治原则



- 矿井油气防治应按照“**预探先行、抽采为主、综合防治**”的原则
- 坚持“**区域超前，局部加强**”，采用**采掘前预抽与采动卸压抽采**相结合，实现探、抽、掘、采平衡
- 对于油气压力达到或超过 **2MPa** 的区域，或有严重**油气喷出**危险的区域，采用**地面井**或井下**远程操控**钻机施工钻孔进行**油气预抽**



油气探查补勘孔钻遇油气层分布层位图

国家矿山安全监察局陕西局文件

矿安陕〔2024〕14号

国家矿山安全监察局陕西局关于
印发《陕西省煤矿“防治技术规范
(试行)》的通知

各产煤市、县(市、区)煤矿安全监管部门，各煤矿企业及上级公司：
国家矿山安全监察局陕西局组织中煤科工集团西安研究院制定了《陕西省煤矿“防治技术规范(试行)》，现印发给你们，请参照执行。

国家矿山安全监察局陕西局
2024年1月10日

国家矿山安全监察局陕西局

矿安陕函〔2024〕221号

国家矿山安全监察局陕西局关于
印发《陕西省油气型煤矿安全管理办
(试行)》的通知

各产煤市、县(市、区)煤矿安全监管部门，各相关煤矿及上级公司：
国家矿山安全监察局陕西局组织有关单位研究制定了《陕西省油气型煤矿安全管理办(试行)》，并经2024年第五次局务会议审议通过，现印发给你们，请结合实际遵照执行。

(主动公开)

国家矿山安全监察局陕西局
2024年4月28日

国家矿山安全监察局陕西局

国家矿山安全监察局陕西局关于
防范瓦斯抽采钻孔施工作业时
喷孔超限的工作要求

各市、县煤矿安全监管部门，各煤矿企业：
2024年以来，我省煤矿瓦斯抽采钻孔施工时喷孔导致的瓦斯超限事故多发频发，甚至造成了重大安全风险，稍有不慎将可能酿成瓦斯类生产安全事故。
彬长矿业小庄煤矿“2·22”瓦斯高值超限事故发生后，我局已紧急印发“警示通报”，并提出了相应的管控措施和要求。3月15日，我局聘请平安煤矿瓦斯治理国家工程研究中心专家，就“打钻抽采技术与精细化管理”作了专题讲座。但仍有一些煤矿企业对安全风险研判防控工作不重视，瓦斯抽采工程管控不到位。如，延安富县芦村二矿在3月18日晚21时55分，101号输送机掘进工作面17号钻场2号孔喷孔引起瓦斯超限，持续至3月19日凌晨3时25分，瓦斯超限浓度最大值4.73%，影响十分恶劣。
为有效防范瓦斯抽采钻孔施工时喷孔超限，现就有关工作要求重申如下：
一、煤矿要科学严谨编制瓦斯抽采方案(含油气探查抽采钻孔，下同)，瓦斯抽采工程实施前，要测定目标煤层、预抽区域瓦斯基础参数，清楚掌握目标煤层、预抽区域的瓦斯赋存情况，提高瓦斯治理工程的精准性。同时要对瓦斯治理工程实施过程中

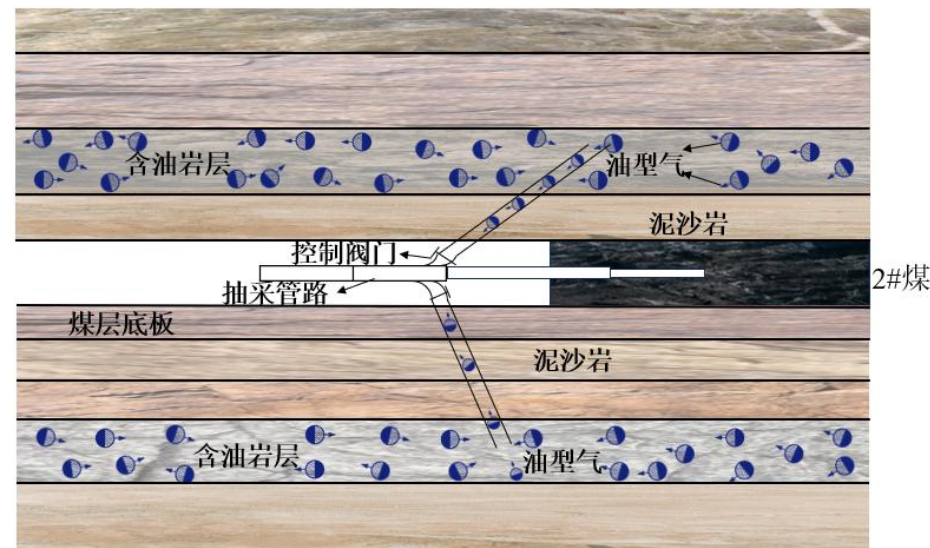
国家矿山安全监察局陕西局关于油气型煤矿安全管理规定

3.2 掘进工作面油气防治措施

- 引入“有掘必探”的原则，通过预抽钻孔的设计，在掘进巷道过程中及时发现油气富集区和构造带，并进行抽放处理，有效预防油气超限现象
- 掘进前，油气异常区宜用定向长钻孔探抽治理，超前治理，钻孔控制巷道扰范围且不小于巷外20m
- 掘进中，油气异常区需在巷道两帮布置定向探抽钻孔，控制范围覆盖前方及轮廓线至少20m



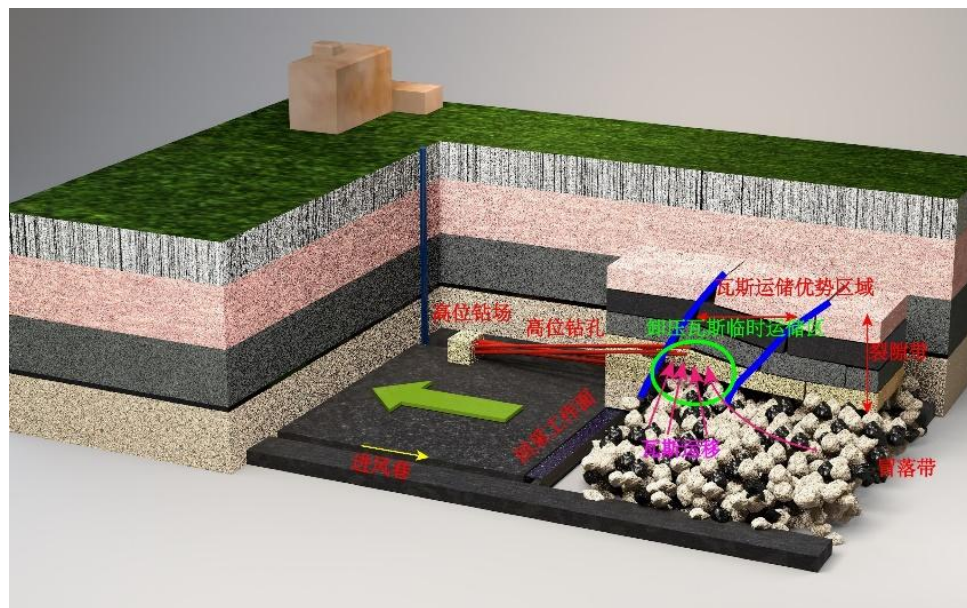
巷道油气渗出



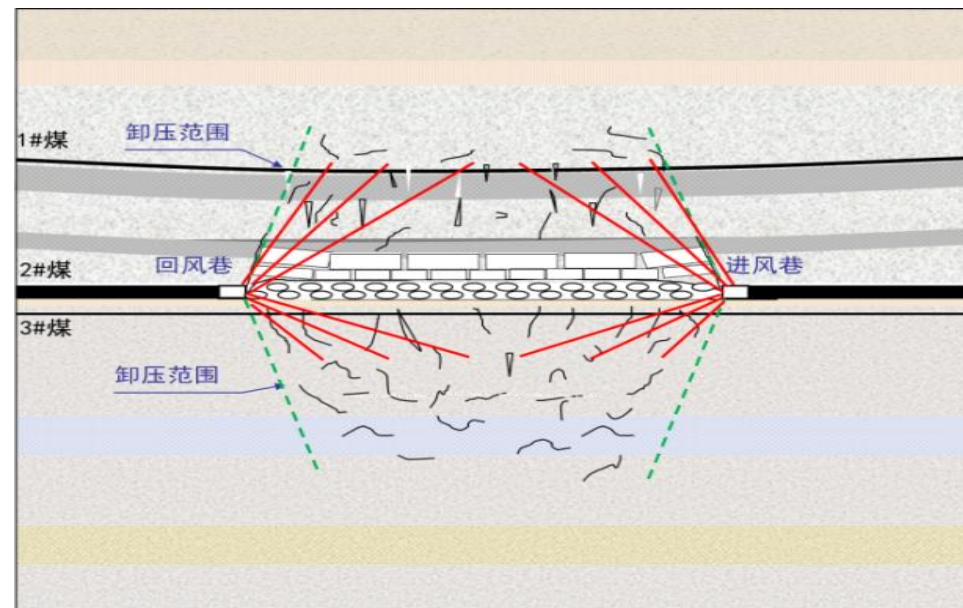
超前钻孔探测与抽采

3.3 回采工作面油气防治措施

- 对于油气型煤矿回采工作面应采取**采前预抽**及**采动卸压抽采**相结合的方法，协同治理油气异常涌出等问题
- 采前预抽钻孔应控制采煤工作面前方**1个月**以上推进距离，煤层瓦斯按照**抽采达标**进行考核
- 进行常规**高位钻孔**与**底板俯孔**相结合的**超前预置钻孔法**，实现工作面采前预抽与采动卸压抽采，钻孔参数经过合理优化，实现油气层能全覆盖



工作面卸压油型气（瓦斯）储运通道

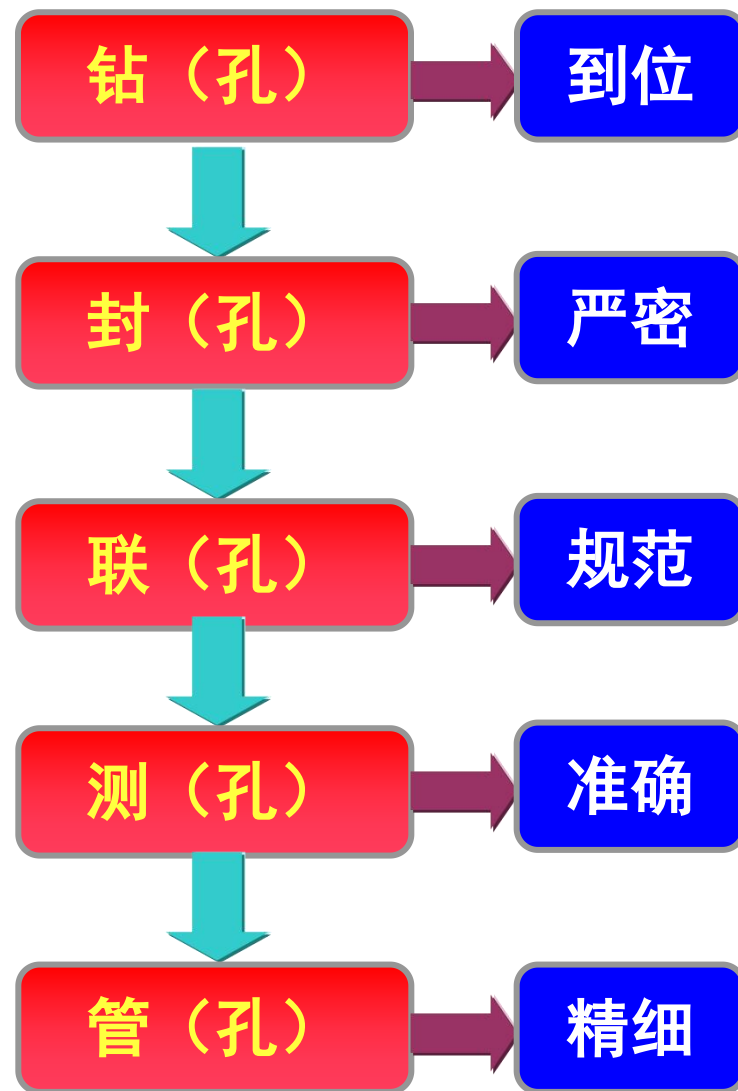


工作面卸压瓦斯（油型气）抽采

3.4 油型气（瓦斯）防治体系

1) 油型气（瓦斯）预抽技术体系

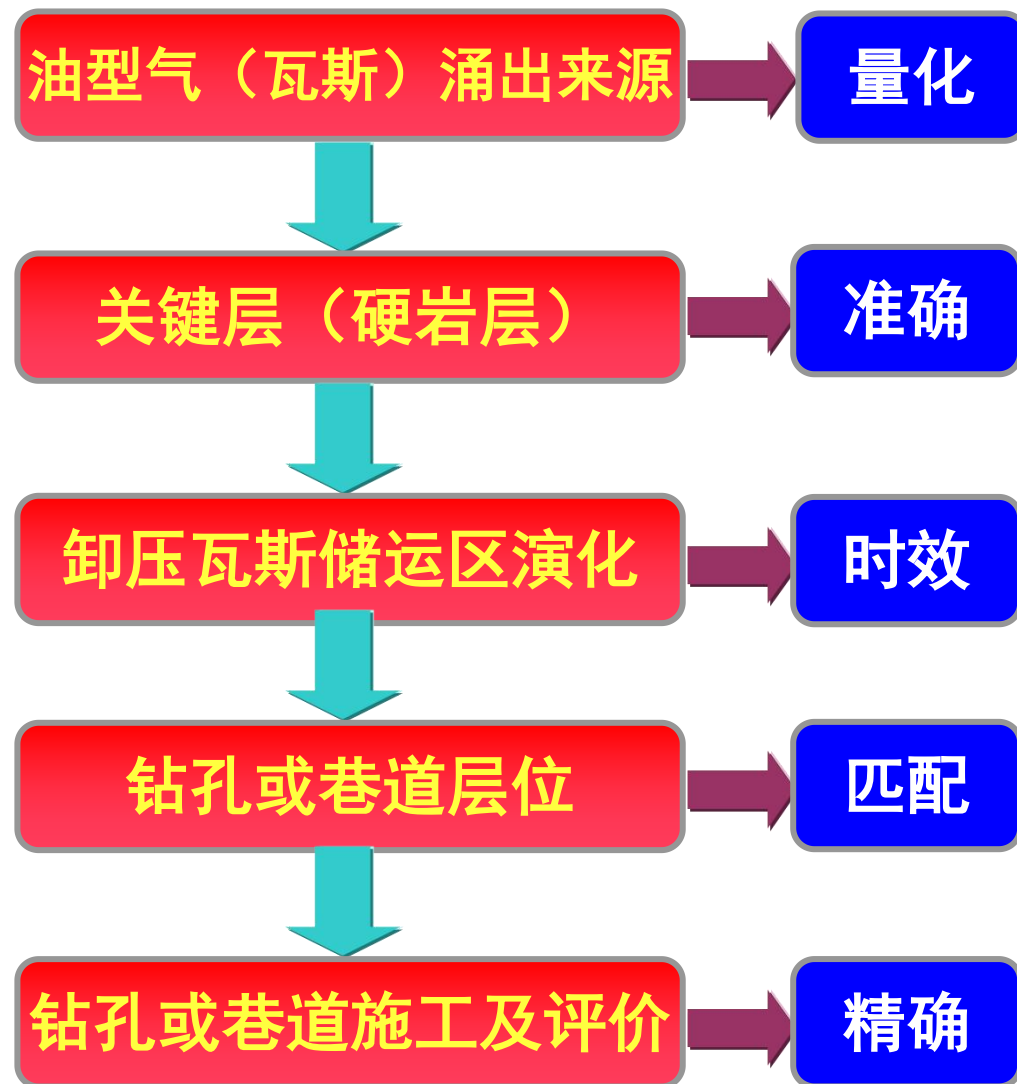
- 1、油型气（瓦斯）物性参数（成份）
- 2、油型气（瓦斯）赋存规律（层位）
- 3、围岩及煤层抽采方法及参数
- 4、钻孔施工装备
- 5、钻孔封孔工艺及参数（防喷孔）
- 6、钻孔抽采计量（人工及在线）
- 7、钻孔抽采效果评价



3.4 油型气（瓦斯）防治体系

2) 采中卸压油型气（瓦斯）抽采技术体系

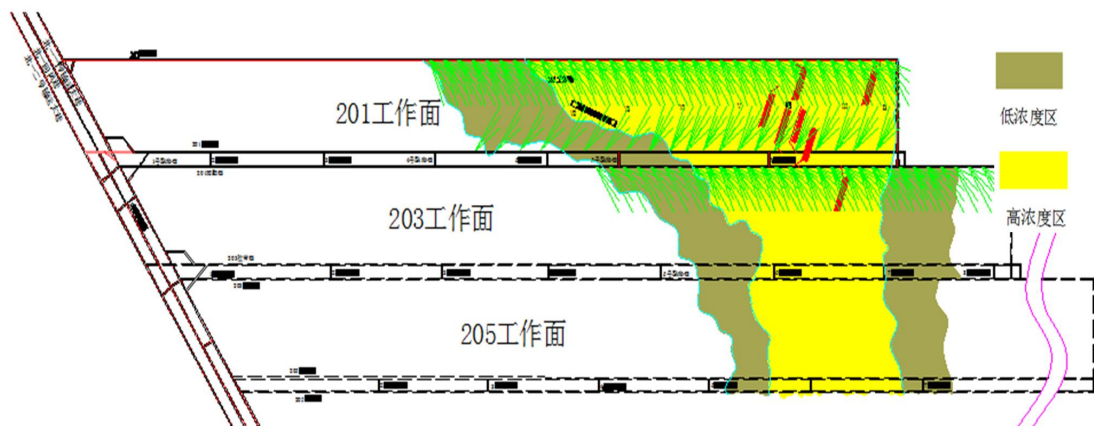
- 1、煤层油型气（瓦斯）及覆岩岩性参数
- 2、工作面油型气（瓦斯）涌出来源
- 3、覆岩裂隙演化及瓦斯运移规律
- 4、油型气（瓦斯）抽采方法
- 5、钻孔（巷道）布置参数
- 6、钻孔（巷道）施工
- 7、瓦斯抽采计量（人工及在线）
- 8、瓦斯抽采效果评价



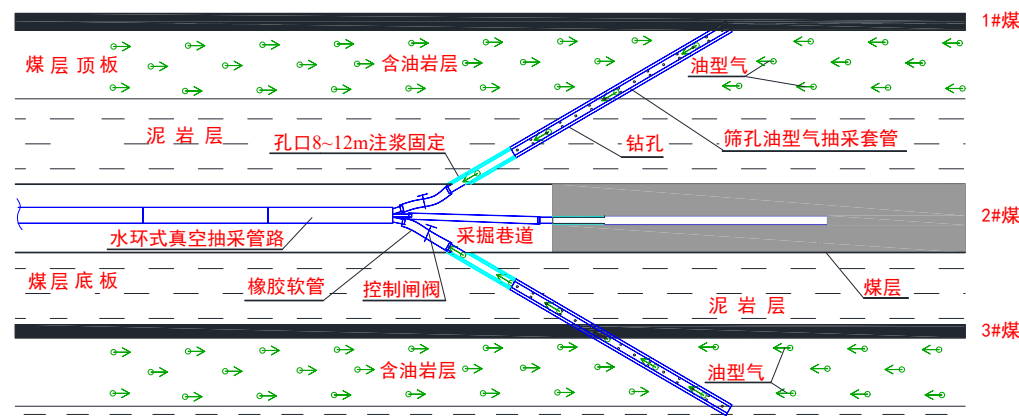
3.5 油型气（瓦斯）防治工程应用

1) 油型气防治等级划分及“全包围”探抽钻孔防控布置方法

- 根据前期油型气“三区联动”全面综合勘查，将工作面油型气赋存划分为**富集区**、**非富集区**
- 分析巷道围岩松动圈范围，结合油型气层位，提出了**巷道“全包围”探抽钻孔油气控制方法**
- 提出**一孔一管理，先区分后重点**的钻孔管理办法，提高钻孔利用效率，实现钻孔全生命周期监测监控



工作面油型气防治等级划分



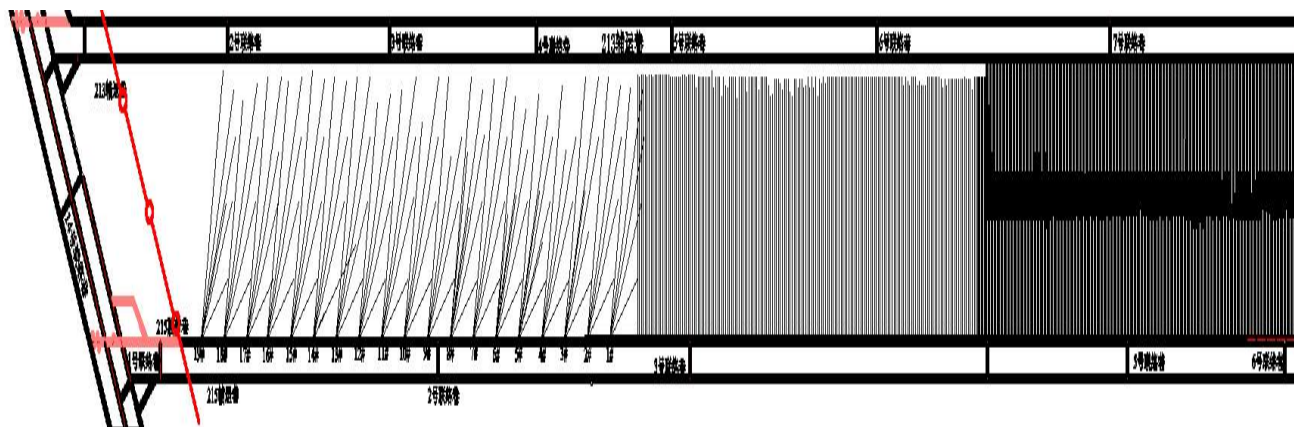
“全包围”探测钻孔防控布置示意

主要应用于黄陵等周边矿区，有效提高了钻孔利用率

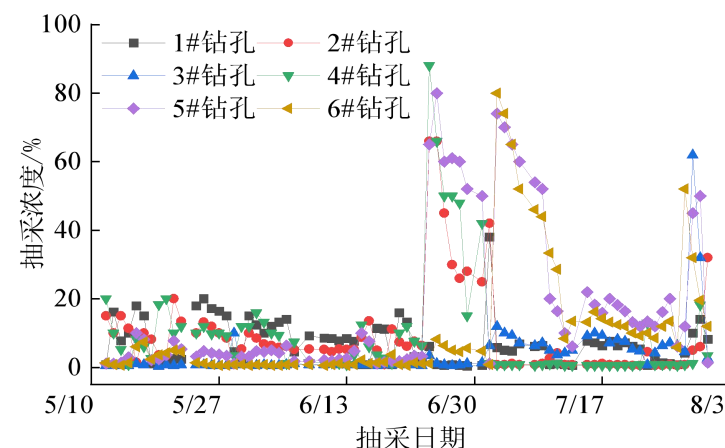
3.5 油型气（瓦斯）防治工程应用

2) 油型气（瓦斯）分时分区精准预抽技术

- 明确了地质因素（原始含量、透气性系数）和工程因素（抽采负压、钻孔直径、布孔间距）交互作用对预抽瓦斯的影响规律，精准确定了煤层瓦斯预抽钻孔的布孔参数
- 提出了“分时分区”油型气(瓦斯)预抽钻孔精准布孔方法：试验工作面油型气(瓦斯)富集区以平行钻孔为主，钻孔间距3~10m，非富集区以扇形钻孔为主，钻场钻孔数量5~7个，钻孔长度约为120m~270m



油型气（瓦斯）分时分区布孔方式



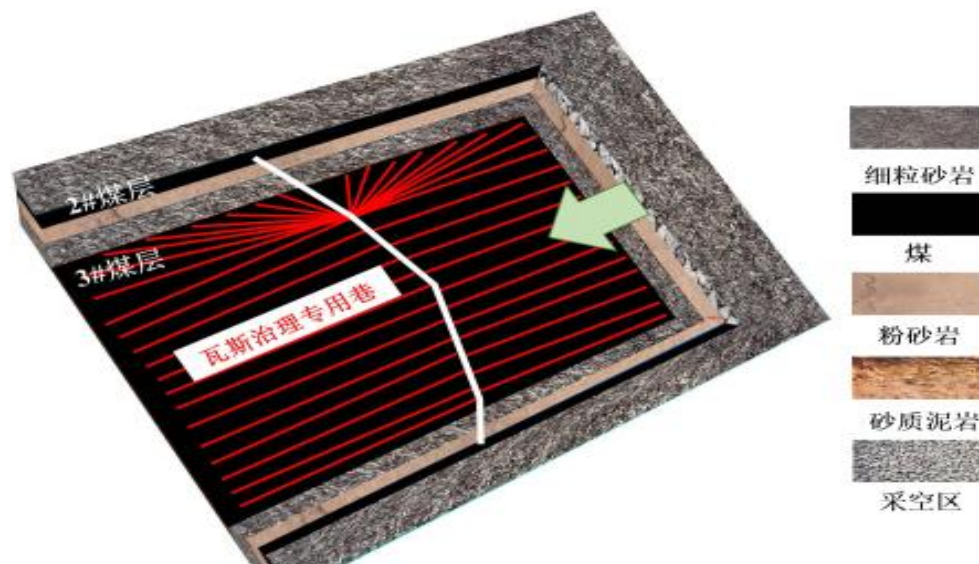
预抽钻孔抽采效果

主要应用于黄陵、彬长矿区，显著提升了油型气（瓦斯）预抽率

3.5 油型气（瓦斯）防治工程应用

3) 油型气（瓦斯）预抽钻孔智能设计及抽采达标评判系统

- 开发了预抽钻孔智能设计软件，可自动获取**钻孔间距**、**工程量**及**布置平面图**
- 搭建了油型气（瓦斯）预抽达标智能评价系统平台，实现了预抽钻孔**负压可控**、**抽采参数可知**等功能



瓦斯预抽钻孔自动化设计软件



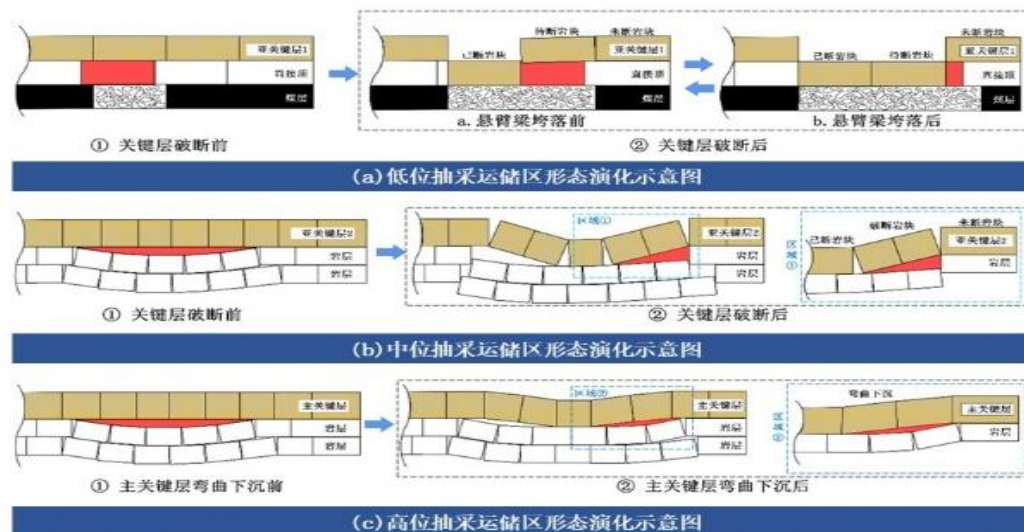
瓦斯抽采达标评判系统

实现了抽采钻孔自动设计、抽采达标情况智能分析

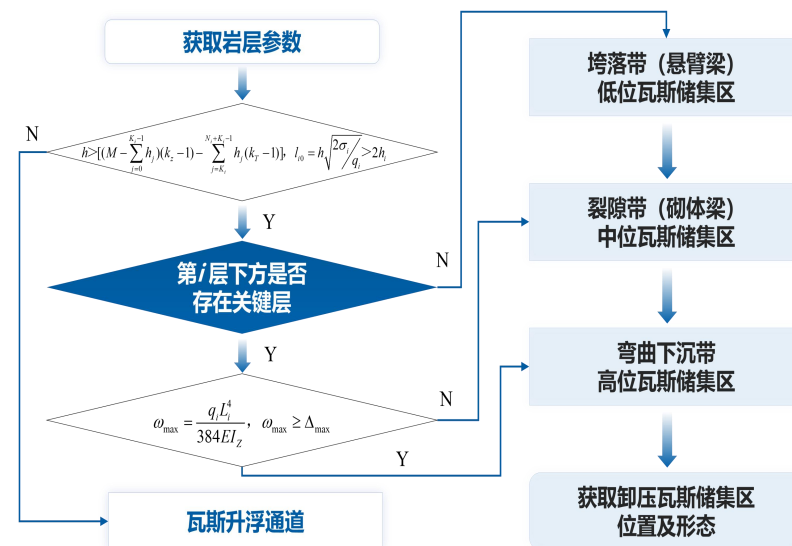
3.5 油型气（瓦斯）防治工程应用

4) 卸压油型气（瓦斯）运储区域辨识技术

- 基于采动覆岩裂隙演化形态，明确了低、中、高层位卸压油型气（瓦斯）运储区范围裂隙演化特征
- 提出了基于关键层破断的卸压油型气（瓦斯）运储区位置及形态辨识方法



瓦斯运储区“分层位”空间分布特征



瓦斯抽采靶区判别流程

精准辨识出采动卸压油型气（瓦斯）运储优势区域

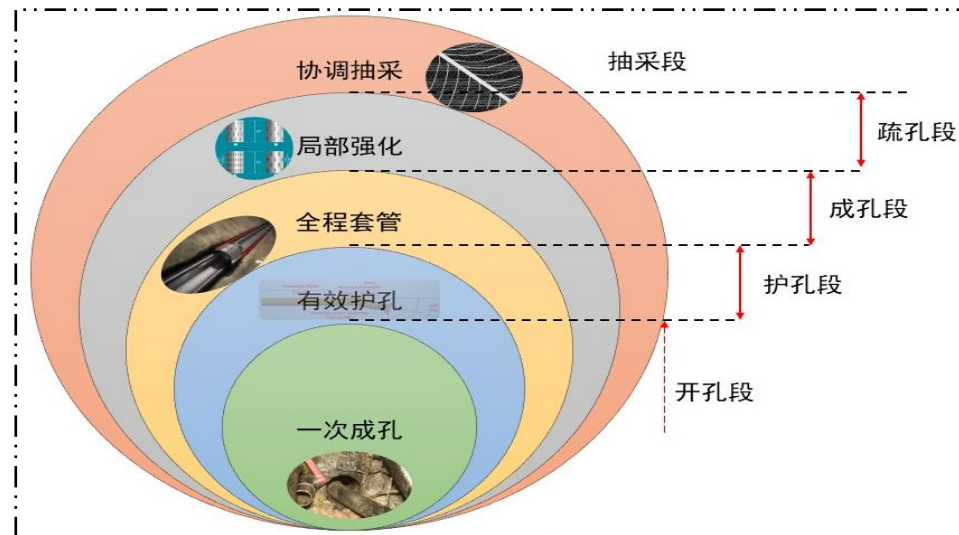
3.5 油型气（瓦斯）防治工程应用

5) 油型气（瓦斯）运储区域探测设备及钻孔施工工艺

- 研发了卸压油型气（瓦斯）运储区域探测设备，获得了运储空间特征参数（离层裂隙、破断裂隙）演化全过程及钻孔内油型气浓度变化规律
- 防治钻孔塌（堵）孔，创新了“一次成孔-有效护孔-全程套管-局部强化-协调抽采”的钻孔施工工艺



瓦斯运储区域探测系统



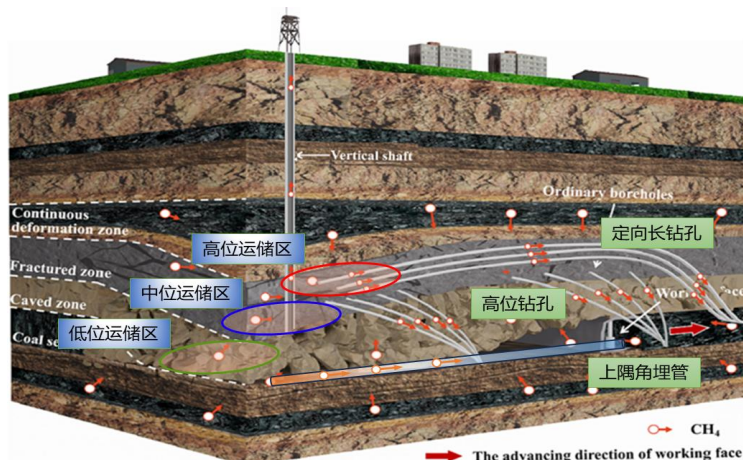
卸压瓦斯抽采钻孔施工工艺

对卸压油型气（瓦斯）富集特征实现精准探测，并提高了钻孔成孔率

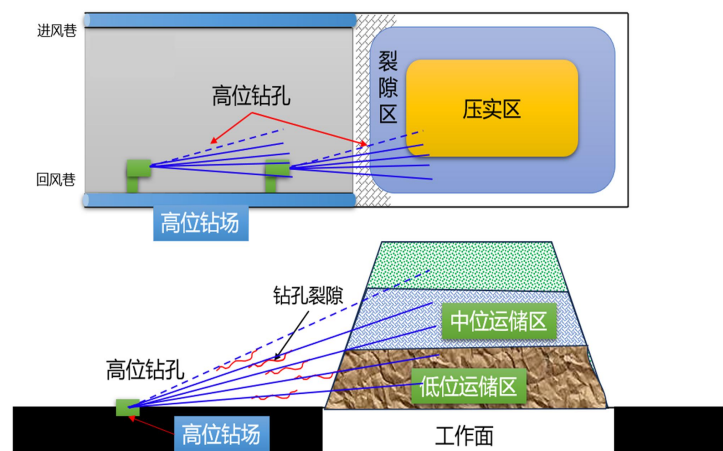
3.5 油型气（瓦斯）防治工程应用

6) 煤层开采卸压油型气（瓦斯）运储区分域抽采

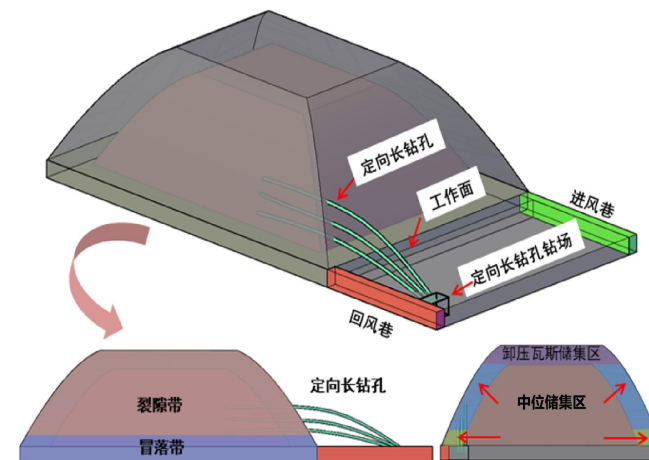
- 确定了低位卸压油型气运储区埋管法布置参数：与工作面距离15~25m，插管插入2~3m
- 确定了中位卸压油型气运储区高位钻布置参数：垂距20~35m，孔深110~130m，搭接长度30~35m
- 确定了高位卸压油型气运储区定向钻布置参数：最佳平距20~35m，垂距45~60m，搭接长度50~75m



卸压瓦斯分域抽采技术



高位钻孔布置



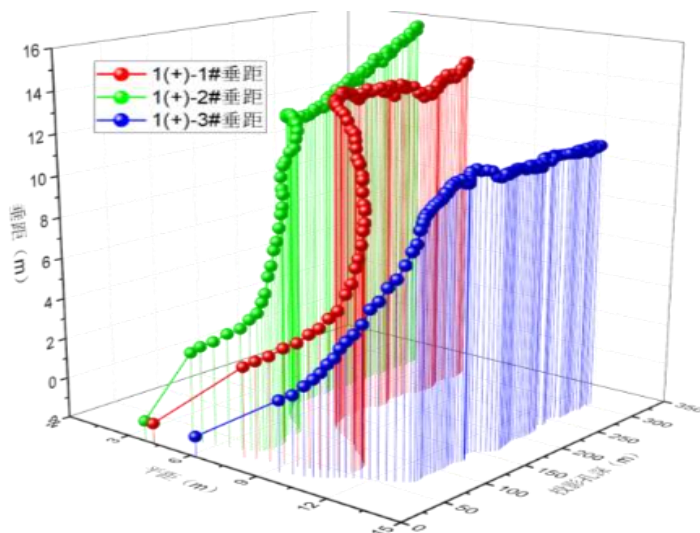
定向长钻孔布置

实现了卸压油型气（瓦斯）分区域高效抽采，有效提升了抽采效率

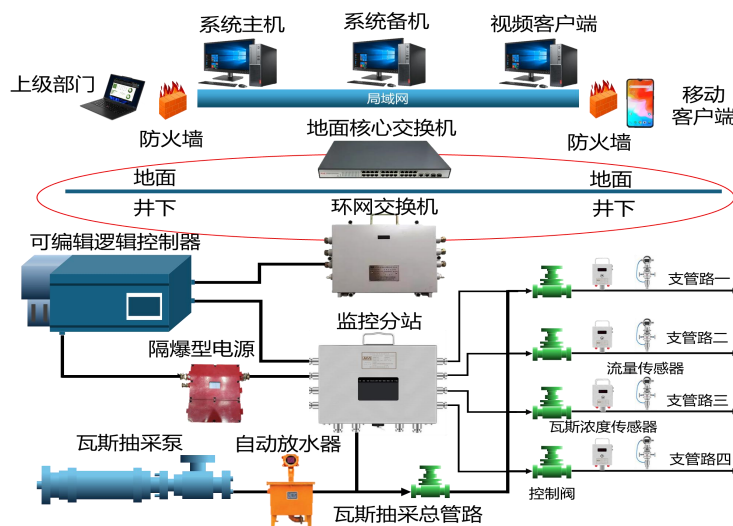
3.5 油型气（瓦斯）防治工程应用

7) 卸压油型气（瓦斯）抽采钻孔自动设计及智能评判调控系统

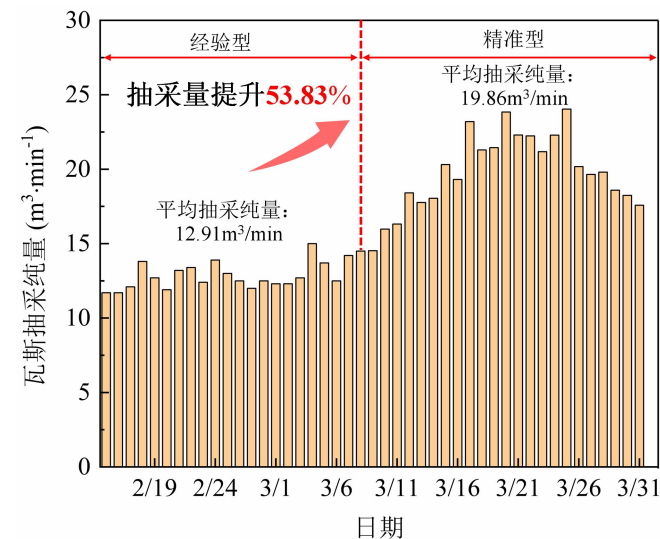
- 研发了卸压油型气（瓦斯）抽采钻孔设计软件，实现了钻孔布置方案自动设计：试验工作面高推速区域定向长钻孔，常规高位钻孔，埋管联合抽采
- 构建了油型气（瓦斯）抽采智能调控系统，实现了抽采负压智能优化调节，有效提高了抽采效能



采动卸压瓦斯钻孔自动化设计写实图



采动卸压瓦斯抽采智能评判调控系统



采动卸压瓦斯抽采效果

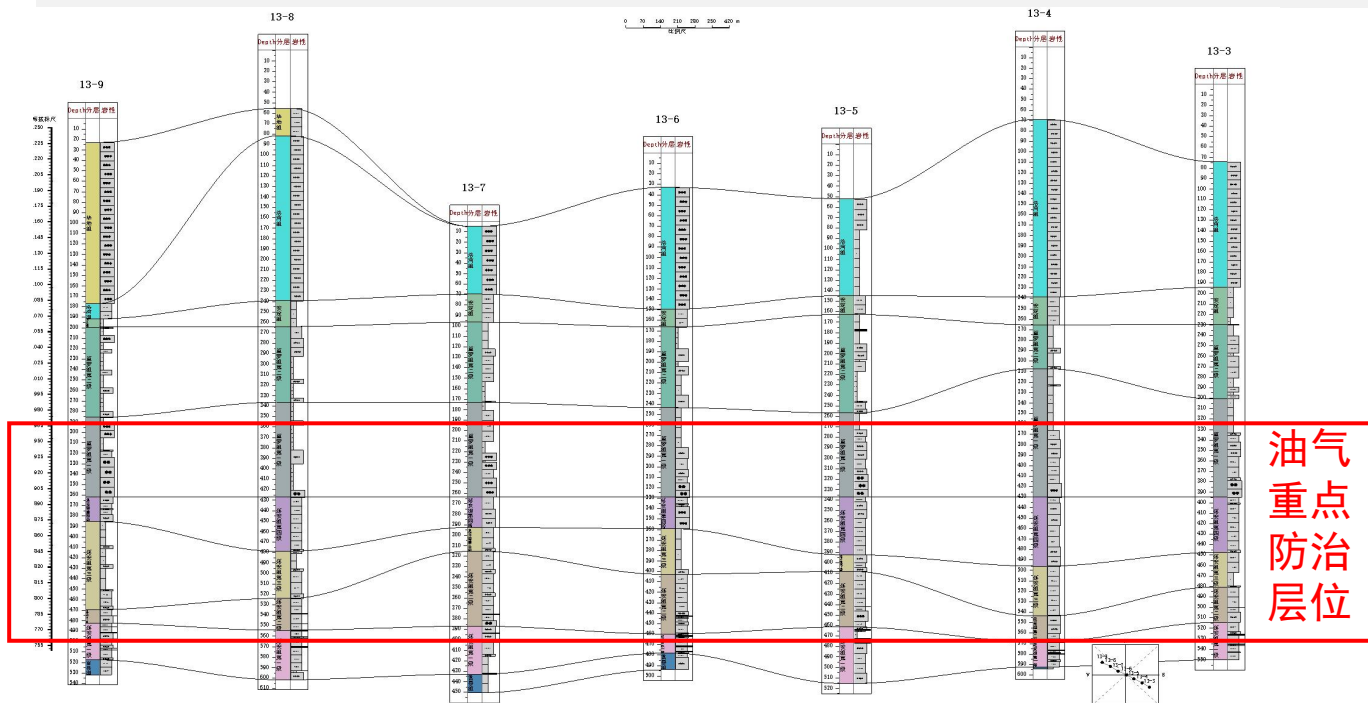
实现了卸压油型气（瓦斯）抽采钻孔自动设计及抽采效能的合理分配

第四部分

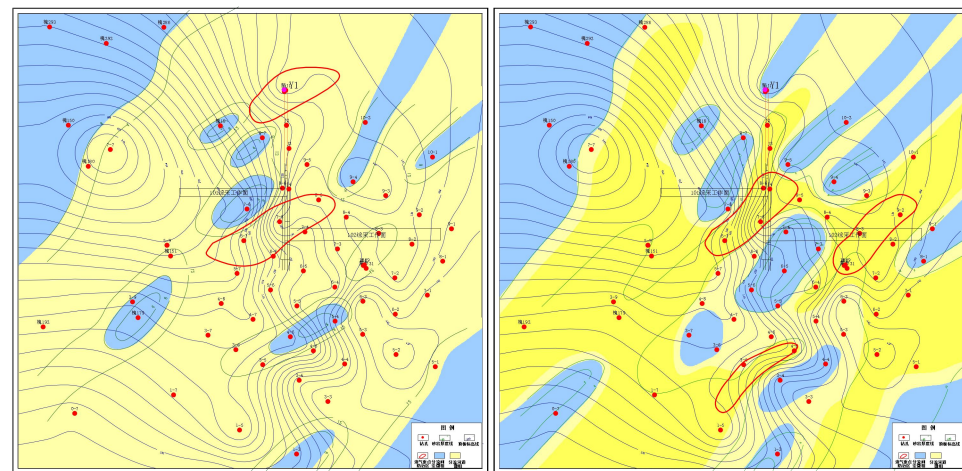
油型气瓦斯防治发展趋势

4 油型气瓦斯防治关键技术的发展趋势

- **油型气富集区还需精确** 目前对于**油型气**储存范围以地质探测手段为主，针对油型气赋存，还需改进、优化、创新探测手段，完善**油型气**储量预测方法并合理进行**油型气**储集层位划分
- **油型气赋存复杂，缺乏统一防治标准** 受地质资料和复杂地质构造影响，油型气防治过程中多以经验为主，未形成统一标准，建立科学合理的油型气防治标准



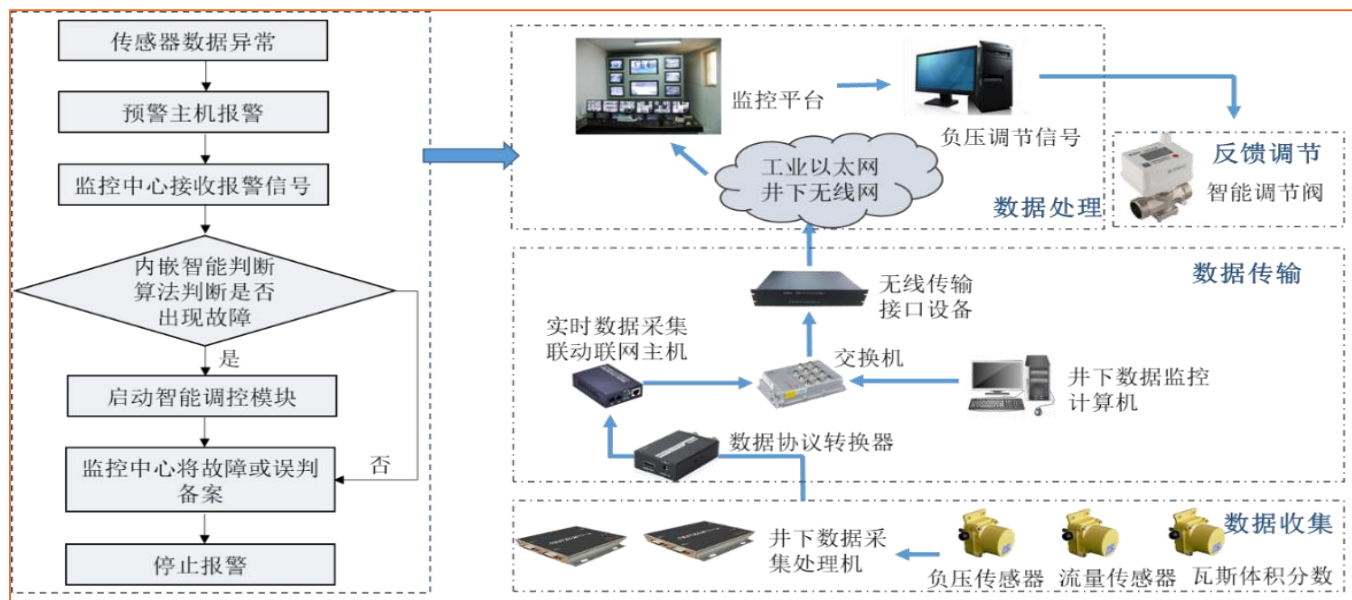
芦村二矿钻孔地层划分与对比图



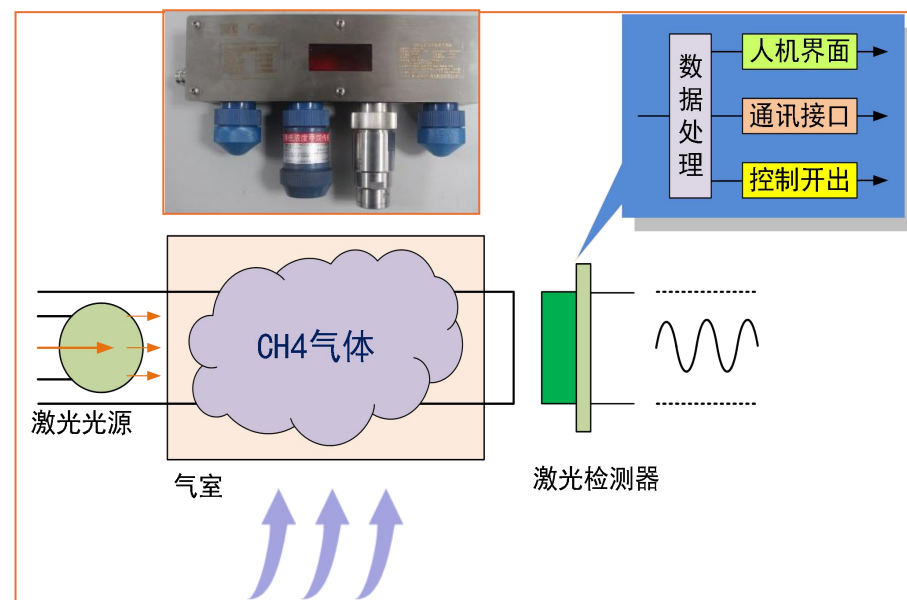
延安组不同段油气富集区筛选

4 油型气瓦斯防治关键发展趋势

- **油型气（瓦斯）协同防治智能调控** 油型气与瓦斯抽采对象、所需抽采能力存在较大差异，两者协同抽采过程中抽采能力合理分配是实现高效抽采的关键，因此亟需实现抽采管路**信息化管理**、**智能化控制**
- **油型气监测设备和预警装备研发** 由于油型气主要成份为CH₄等烷烃类气体，目前管理仍按照煤层瓦斯传统经验，缺乏油型气监测专用传感器，且油型气突发**涌出预警预测手段与应急处置方法**仍需完善



煤矿油型气（瓦斯）抽采信息化大数据平台



油型气（瓦斯）监测监控设备

煤矿油型气与瓦斯防治关键技术

汇报人：李树刚

单位：西安科技大学

2024年10月30日