

屯兰矿瓦斯治理的实践及应用

屯兰矿隶属于山西焦煤西山煤电（集团）有限责任公司，是全国首批循环经济试点单位，是公司主力生产矿井。矿井于1997年10月建成并开始试生产，2002年10月正式投产。井田面积62.26km²，保有储量8.61亿t，可采储量4.37亿t，生产能力为400万t/a，剩余服务年限73a，主要煤种有焦煤、肥煤、瘦煤和少量贫煤，矿井现采2、8煤，2煤平均厚度2.8m，8煤平均厚度3.21m，其中2煤属于Ⅲ类不易自燃煤层、8煤属于Ⅱ类自燃煤层，煤尘均有爆炸危险性。

矿井于2011年被鉴定为煤与瓦斯突出矿井，2021年绝对瓦斯涌出量为260.5m³/min，相对瓦斯涌出量为32.88m³/t。水文地质类型复杂，全区带压开采，主要水害为采空区积水、奥灰岩溶水，2022年矿井正常涌水量为252m³/h，最大涌水量为314m³/h。矿井采用“两斜一立”综合开拓方式，现开采+750m水平。

一、核心做法

（一）认识到位，理念引领

屯兰矿从提高全员思想认识入手，狠抓理念根本转变。

1. 牢固树立“瓦斯不治、矿无宁日”理念

坚决把“一通三防”作为前置项，时刻谨记“通风是基础，抽采是关键，防突是重点”，始终将“先抽后采、监测监控、以风定产”十二字方针和构建“通风可靠、抽采达标、监控有效、管理到位”十六字瓦斯治理工作体系贯穿于安全生产的全过程，做到不安全不生产。

2. 牢固树立“瓦斯始终是屯兰矿的第一大灾害、第一大杀手”理念

明确对待瓦斯超限的事故，始终坚持瓦斯超限“零容忍”，把瓦斯超限当作事故管理，超限必问责，问责必严格，坚决做到超控停产、越警追查。

3. 牢固树立“只有打不到位的钻孔，没有抽不出的瓦斯”理念

无论地质条件多么复杂，只要多打一米钻孔、多抽一立方米瓦斯，就会多保一方平安。屯兰矿始终坚持“多打钻，钻到位，管到底，孔封严，水放通”的抽采精细化管理目标，实现瓦斯抽采最大化、规范化。

4. 牢固树立“从零起步，向零进军”理念

始终将“瓦斯超限、零突出、零积聚，监控零误报、零中断，人员零伤害”作为工作原则和目标，严

于标准、高于标准，深入推进管理向高标准、高起点转变，全面促进瓦斯治理和通风管理工作提档升级。

（二）治理到位，多措并举

1. 提升系统能力

在通风方面，屯兰矿建成投用北三进、回风井，新增南五区域瓦斯治理巷，封闭南二下组煤盘区、北一上下组煤盘区及其余生产盘区的闲置巷道，停运担负北一盘区的后风坪岭主要通风机，同时封闭进回风井，矿井通风系统得到进一步优化，主要通风机负压全部符合标准要求，建成“六进四回”通风系统，风量由 $50000\text{m}^3/\text{min}$ 减少为 $46000\text{m}^3/\text{min}$ ，提高了有效风量利用率8%。在抽采方面，2009年以来新建矸石山和白草塔两座地面抽采泵站和两座井下移动抽采泵站，构成高低浓分区分源抽采系统；2021年完成矸石山2号抽采泵站扩容改造工程，更换3台泵、6套阻火泄爆装置，优化井下管网系统，矸石山1、2号泵站均实现单泵高效运行，新施工2号坡瓦斯专用抽采巷及西翼下组煤1、2号管道井关键控制性管网构建，为后续白草塔与矸石山形成互为切换抽采系统奠定了基础。当前，泵站装机能力由 $1065\text{m}^3/\text{min}$ 提高到 $8065\text{m}^3/\text{min}$ 。

2. 构建立体抽采体系

围绕瓦斯治理由“治得住”向“治得省、治得快”转变要求，创新瓦斯抽采方法和工艺，在原有本煤层预抽和上邻近层卸压抽采的基础上，与晋城蓝焰公司合作，在全井田内累计施工185口地面压裂预抽钻井，在井下开展大面积区域预抽、上下邻近层卸压抽采和采空区埋管抽采等多种形式的瓦斯抽采方法，构建成井上下立体式“以孔代巷”瓦斯抽采模式和井下“规划区、准备区、生产区”三区联动抽采模式，对矿井瓦斯实施全方位立体式抽采。采煤工作面瓦斯抽采率由20%提高到75%以上；配风量下降 $800\sim 1000\text{m}^3/\text{min}$ ，瓦斯浓度稳定在0.45%以下；矿井瓦斯抽采量由 $80\text{m}^3/\text{min}$ 提高到 $179\text{m}^3/\text{min}$ ，抽采率由42%提高到70%以上。立体式抽采示意如图1所示。

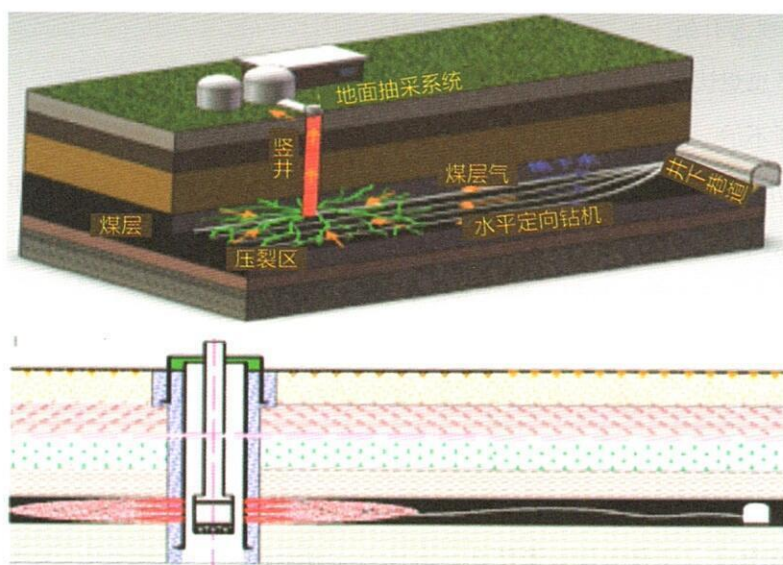


图1 立体式抽采示意图

3. 加强矿井特殊环节瓦斯管控

重点强化矿井瓦斯排放、封闭（启封）巷道、巷道贯通、揭露钻孔、揭煤过地质构造、初采初放、末

采回收、临时作业地点、主要通风机倒机、临时作业等特殊环节的“一通三防”管理；提前进行风险辨识，干部跟班到位，加强作业过程管控，确保安全作业。

4. 创新瓦斯治理模式

(1) 地面钻井抽采。在地面每隔300m施工一口钻井，钻井施工至9煤底板下30m，对2、8、9煤进行压裂预抽，钻井施工完毕后下 $\phi 73\text{mm}$ 套管并实施压裂。抽采出的煤层气采用集中处理法进行处理，将符合气质要求的煤层气运送到用气单位，用于发电、化工等。全井田内累计施工地面钻井185口，产气井171口，产气量 $30\sim 40\text{m}^3/\text{min}$ 左右。

(2) 井下大面积区域预抽。利用千米定向钻机对煤层瓦斯实施大面积长周期预抽，预抽面积 5万m^2 ，抽采量达 $3\text{m}^3/\text{min}$ ，抽采浓度稳定在70%以上。

(3) 采煤工作面“‘U’型+以孔代巷（高低抽巷）+同层位瓦斯治理巷”瓦斯治理模式。随着工作面尾巷取消，“U”型通风系统上隅角瓦斯治理难题日益凸显，埋管抽采无法有效缓解上隅角瓦斯频繁预警。为解决上隅角瓦斯问题，创新提出了新型“U”型瓦斯治理巷模式。该模式主要通过是在裂隙带施工高密度顶板走向倾斜钻孔替代高抽巷，在低抽钻场施工定向钻孔替代低抽巷，并结合采用“一巷多用”，将下接工作面巷道作为瓦斯治理巷。一是在瓦斯治理巷采空区后部施工煤柱孔，利用低负压大流量抽采系统倒抽采空区瓦斯，从而改变采空区瓦斯流场；二是在瓦斯治理巷内施工高低位裂隙带钻孔滞后抽采低位裂隙带瓦斯。目前该项瓦斯治理模式主要在矿井北三盘区使用，采煤工作面上隅角及回风瓦斯浓度均控制在0.35%以下，工作面配风量由 $2000\sim 2500\text{m}^3/\text{min}$ 下降为 $1000\sim 1300\text{m}^3/\text{min}$ 。

(4) 采煤工作面“‘U’型通风+以孔代巷（高抽巷）+低位瓦斯治理巷”瓦斯治理模式。该模式主要是在裂隙带施工高密度顶板走向+倾斜钻孔+瓦斯治理巷大孔径钻孔替代高抽巷。一是在瓦斯治理巷与工作面回风巷施工大孔径，利用抽采系统倒抽采空区瓦斯，从而改变采空区瓦斯流场；二是在低抽巷施工下邻近层钻孔抽采下邻近卸压煤层瓦斯。目前该项瓦斯治理模式主要在矿井南五盘区采煤工作面使用，工作面上隅角及回风瓦斯浓度均控制在0.5%以下，工作面配风量由 $3000\sim 3500\text{m}^3/\text{min}$ 下降为 $1000\sim 1500\text{m}^3/\text{min}$ 。

(5) 采煤工作面“‘Y’型通风+立体式卸压抽采”瓦斯治理模式。该项技术的运用，实现了工作面无煤柱开采，提高了煤炭回采率，延长了矿井服务年限；使邻近工作面巷道提前构成，减少了巷道掘进量，为邻近工作面瓦斯抽采提供了时间和空间，大大缓解了抽采压力；彻底消灭了采煤工作面回风隅角这一薄弱空间，同时在沿空留巷墙体施工钻孔，可直接有效地对采空区瓦斯进行抽采，避免了采空区瓦斯大量涌入工作面，进一步降低了工作面回风瓦斯浓度。目前该项瓦斯治理模式主要在矿井南四盘区下组煤使用，配风量 $1500\text{m}^3/\text{min}$ ，瓦斯浓度均在0.45%以下。

(三) 装备到位，新技术先行

1. 开展掘进预抽消突工程

围绕生产接替，优化抽采设计，以瓦斯治理巷先行，创新开展以定向长钻孔、顺层（穿层）预抽煤巷条带、区段顺层钻孔预抽区段煤层瓦斯为主的多种形式的掘进预抽消突工程。13年内累计引进5台千米定向钻机，新增12台多种型号的大功率钻机，累计施工瓦斯治理巷38883m，抽采钻孔进尺521万m，掘进工作面

瓦斯含量均降至 $5\sim 7\text{m}^3/\text{t}$ ，配风量下降 $500\text{m}^3/\text{min}$ ，瓦斯浓度稳定在0.5%以下。

2. 松软煤层瓦斯治理成套技术

矿井南五盘区地质构造复杂，煤层瓦斯含量高、压力大，煤质松软，在钻孔施工过程中，频繁出现抱钻及掉钻杆等问题，瓦斯喷孔现象严重，而且成孔率不足50%，孔内瓦斯浓度不高，严重影响工作面抽采效果。针对以上问题，屯兰矿通过应用“压风排渣”打钻施工工艺，引进新型肋骨钻杆钻具设备，使用钻孔全程下套管护孔技术，安装“三囊袋封堵漏气处置一体化”装置，制定标准化联孔方案等一系列措施，大幅减少了钻孔塌孔、卡钻、喷孔事故的发生，成孔率提高至90%以上，钻孔施工深度均在120m以上，钻孔瓦斯抽采平均浓度由原来10%左右提高到30%以上。

3. 煤层预裂增透技术

针对松软低透煤层现状，重点推广应用高压水力压裂（割缝）技术、 CO_2 预裂高效增透技术。高压水力压裂（割缝）技术重点应用在巷道掘进消突方面，利用穿层钻孔对煤体进行高压预裂增透，提高穿层钻孔瓦斯抽采效率，减少预抽消突时间； CO_2 预裂高效增透技术主要是通过增加煤层透气性，解决本煤层预抽效果差的难题。上述两项技术在矿井瓦斯治理工作中取得了较好效果，通过预裂增透的本煤层钻孔瓦斯抽采量提高1.5倍以上，瓦斯浓度提高2倍以上。

4. 矿井三维通风仿真模拟应用

应用矿井三维通风仿真模拟系统对井下巷道贯通、采（盘）区封闭、风井投运、系统调整等提前进行系统风量模拟，制定通风系统优化方案，通过定量模拟分析，提高了方案的可操作性，为矿井通风管理提供了有力保障。同时，随着矿井开采的延伸，通风路线长、通风网络复杂，利用该系统可以简化、优化矿井通风系统，简化通风网络，提高矿井有效风量，降低通风阻力，全面提升矿井通风能力。

5. 瓦斯防治管控中心建设

屯兰矿成立瓦斯防治管控中心，将瓦斯抽采达标评判系统、井下“一钻一视频”、地面泵站监控系统、钻孔轨迹测量、井下管网系统等进行融合，使瓦斯治理工作实现信息化、数字化、系统化，实现瓦斯治理精益化管理。

瓦斯防治管控中心将打钻技术原始基础资料、管路安拆信息汇总、打钻现场过程管控、抽采系统实时监控、抽采数据效果分析、现场隐患排查处置等工作融为一体，通过对各信息的汇总分析，为瓦斯抽采提供了一套完善的操作体系，实现了中心管技术、队组管现场的管理模式。利用“一钻一视频”，管控中心对打钻现场实行全过程管控，对不符合打钻标准化流程的行为及时制止，对不服从中心指挥的打钻现场执行断电处置，并进行追查处理。为职工人身安全提供保障的同时，确保了钻孔质量动态达标。

瓦斯防治管控中心通过对系统各单元抽采数据的汇总分析，对各工作面瓦斯治理效果进行评价后，验证各工作面瓦斯治理方案的科学性和有效性，从而为不同区域、不同煤层工作面瓦斯治理制定出科学合理的系统调整方案，在提高抽采效率的同时，实现了抽采效果最大化。

（四）投入到位，资金保障

屯兰矿每年根据上级要求，合理制定“一通三防”专用资金使用考核管理办法，坚持专款专用，按

需提取,结合年度财务预算指标对“一通三防”安全费用进行详细分解,明确各项费用的归属单位,保证了瓦斯治理各项工程的顺利开展。2009年以来,屯兰矿累计投入15.11亿元,持续加大瓦斯治理资金和科研经费投入,人、财、物优先满足瓦斯治理,切实做到了瓦斯治理工程到位、设备投入到位、技术研究到位。

(五) 管理到位,从严从细

1. 从严落实责任

全面落实全员安全生产责任制,健全完善以矿长为首的瓦斯安全管理体系,以总工程师为首的瓦斯技术管理体系和以区队长、班组长、瓦斯员、安全员为主的瓦斯现场管理体系,保证了压力层层传递,责任层层落实。

2. 从严执行制度

坚定不移地执行瓦斯巡回检查汇报制度,严格落实“一炮三检”、抽采钻孔“四级”验收等制度;实行“0.6%预控、0.8%停产”管理标准,坚持抽采浓度“两头靠”,瓦斯管理实现了制度化、规范化。

3. 从严考核问责

制定《屯兰矿“一通三防”绩效考核办法》,明确各单位各部门职责,坚持瓦斯管理刚性考核、刚性兑现,对出现问题的单位和人员“零容忍”,并对其进行罚款、约谈等处罚,倒逼干部职工履职尽责。

二、推广应用

(一) 松软煤层瓦斯治理成套技术应用

适用于地质构造复杂,煤层瓦斯含量高、压力大,煤质松软的矿井。应用松软煤层瓦斯治理成套技术,在钻孔施工过程中,可以有效地解决钻孔塌孔、卡钻、喷孔、成孔率低、抽采效果不佳等问题。

(二) 煤层预裂增透技术应用

针对矿井松软低透煤层现状,推广应用高压水力压裂(割缝)技术、CO₂预裂高效增透技术。应用高压水力压裂(割缝)技术,可有效提高穿层钻孔瓦斯抽采效率,减少预抽消突时间;应用CO₂预裂增透技术,可有效提高钻孔瓦斯抽采浓度及瓦斯抽采量。

(三) 创新管理模式推广

1. 积极推广“包机制”

针对打钻作业地点多、管理困难的问题,取消了跟班队长一职,并根据钻机数量确定包机人,实行钻机、任务、安全总承包管理,严格考核钻孔质量及现场质量标准化工作,将工作重心由进尺指标向质量指标转变。加强责任考核力度,要求对钻孔瓦斯浓度不到30%的,全部进行原因分析和追责问责。通过此举措,矿井瓦斯抽采总量在进尺减少的情况下,依然大幅提高。

2. 积极推广“打钻封孔联孔一体化”管理模式

为解决临时封孔引发的瓦斯喷孔问题,矿井制定了“打钻封孔联孔一体化”制度。通过改变抽采队“既是运动员又是裁判”的封孔考核机制,重新划分责任,将抽采队封孔工作全部移交打钻队。抽采队重点放在钻孔质量考核及系统管理;打钻队重点负责钻孔施工、封孔、联孔作业。通过实施专业化管理,彻底消

灭了临时封孔隐患，矿井平均瓦斯抽采浓度由30%提高至35%以上。

3. 积极推广“定员定岗”管理模式

严抓岗位工行为规范，积极推行瓦斯员、观测工、防突员、安全员“定员定岗”管理模式，通过责任区域承包，明确了岗位责任，确保了作业区域发生变化时，岗位人员能第一时间做出正确判断。通过专人专面、专人专线的做法，有效杜绝了空班、漏岗、弄虚作假等行为，切实发挥了人员防线作用。

(主要完成人：曹俊文 赵伟红 李小平 侯德安 王发辉 路永贵 韩国平 姬宇鹏 龙红军 王永)