

淮河能源控股集团瓦斯综合治理主要做法

一、集团概况及矿区瓦斯地质条件

淮河能源控股集团有限责任公司地处安徽省中北部的淮南市，是中国企业 500 强和安徽省重点企业之一。淮南矿区面积约 3000km²，共有开采煤层 10~19 层，根据层间距由下到上划分为分成 A、B、C 三组，平均可采厚度 34.55m，煤层埋深 300~1500m，是我国高瓦斯复杂地质条件开采的典型代表，其特点是“一复杂”“三高”“三软”。矿区地质条件极其复杂，落差大于 20m 以上的断层 611 条，每平方公里平均 0.4 条，其中延伸长度大于 1km 的断层占总数的 62.5%。“三高”主要表现为高瓦斯（煤层瓦斯含量高 12~26 m³/t，瓦斯压力最高达 6.8MPa，主采煤层 C13、B11、B8、B4 均为强突出煤层）；高地压（目前平均开采深度 836m，最大水平主应力大于 28MPa）；高地温（埋深 800m 以下原岩温度在 37℃ 以上，地温梯度平均 3℃/hm，不采取降温手段的情况下井下环境温度 35~45℃）。此外还呈现出顶板软、底板软和煤层松软的“三软”特性，煤体坚固性系数 f 为 0.2~0.8，煤层透渗率仅有 0.001 mD。目前，本土的潘二矿、朱集东矿、潘三矿、张集矿等 8 对生产矿井均为煤与瓦斯突出矿井，矿井相对瓦斯涌出量最高达 20.76m³/t（潘三矿），绝对瓦斯涌出量最高达 193.61m³/min（张

集矿)。矿区瓦斯、水、火、地压等多元自然灾害威胁严重。

二、瓦斯综合治理技术体系

长期以来，企业上下统一“瓦斯不治，矿无宁日”的思想认识，全面深入开展瓦斯综合治理。在不断的实践和提炼中，总结创新了一系列瓦斯治理理念，其中最重要的做法是在瓦斯治理上全面突破了行业和国家标准规范，提高了技术管理要求，以先进理念统领企业安全发展和瓦斯治理各项制度建设，把瓦斯防治作为安全管理的核心工作。

企业坚定保护层开采信心，下大决心、花大力气在开采保护层上作文章，全面实施“可保必保、应抽尽抽”的瓦斯治本战略，牢固树立“今天的保护层就是明天的安全、明天的产量”这一理念，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。

（一）保护层开采技术

明确保护层开采技术是最便捷、经济、安全的瓦斯治本技术，科学选择首采保护层，最大化获取安全煤量，真正促进瓦斯治理由治得住向“治得快、治得省”迈进。

1. 保护层开采技术类型

淮南矿区东西部煤层赋存特点各有不同，老区新生界松散层较薄，为近距离煤层群，其可采煤层法向间距大多在6~40 m之间；潘谢新区新生界松散层较厚，大多为远距离煤层群，虽然面积较大，含煤性高，但是其可采煤层法向间距比较大，在采区布置、

开采方式、瓦斯抽采方法等方面与近距离煤层群不同。根据煤层赋存和瓦斯条件的不同，经过多年来保护层开采经验积累，形成了保护层开采技术体系，主要包括远距离下保护层开采、煤层群上保护层开采、煤层群关键层保护层开采技术、保护层开采扩界保护技术等。

(1) 下保护层开采

淮南矿区顾桥、丁集、张集、朱集东、潘三等矿井 11-2 煤层与上覆 13-1 煤层平均层间距 70m，11-2 煤层的突出危险性小于 13-1 煤层。采用下保护层开采卸压瓦斯抽采模式，首采 11-2 煤层使得上覆 13-1 煤层卸压，同时抽采 13-1 煤层卸压瓦斯，消除 13-1 煤层的突出危险性。

淮南矿区突出煤层下保护层工作面通常采用“一面三巷”布置方式，即回风巷、运输巷和综合瓦斯治理巷。保护层的瓦斯预抽方法主要包括下向穿层钻孔和顺层钻孔大面积预抽，被保护层卸压瓦斯采用上向穿层钻孔和地面直井抽采。

为保障上向卸压穿层钻孔及下向预抽钻孔的抽采效果，同时减少钻孔工程量，综合瓦斯治理巷一般外错保护层工作面运输巷 30~40m，距保护层顶板 20~30m。上向卸压穿层钻孔孔距控制在 20~40m 范围，控制保护层工作面开采形成的约 50%被保护区域，均匀布孔，孔径 90~120mm。综合瓦斯治理巷实现“一巷多用”，即预抽保护层待掘运输巷瓦斯、抽采保护层工作面采空区瓦斯、抽采被保护层卸压瓦斯、作为下阶段保护层工作面高抽巷和保护

层工作面防火巷道等。

采用地面直井抽采被保护层卸压瓦斯时，在保护层工作面回采之前钻井要施工完毕。钻井位置一般选择距离回风巷 40~80m 的区域布井，其有效抽采半径一般 200m 左右，钻井终孔层位在保护层底板 6~12m，保护层顶板 3~5m 至被保护层顶板 20~30m 卸压瓦斯抽采段下筛管，其上段用套管永久固孔。

如淮南矿业集团潘三矿 17181（1）工作面，通过开采 11-2 煤，上保护 13-1 煤，工作面日产 6000t，瓦斯涌出量 84m³/min，其中抽采量达 76m³/min，抽采率 90.5%。采用 17181（1）综合瓦斯治理巷施工穿层钻孔，抽采卸压瓦斯，纯流量 42m³/min；采用地面钻井抽采卸压瓦斯，纯流量 20m³/min。开采保护层面积 25.8 万 m²，瓦斯抽采量 4000 万 m³，被保护层瓦斯抽采率达 70%。

（2）上保护层开采

在 B 组煤中，选择突出危险性小的煤层作为上保护层，对于突出强度大的 4 煤，多重开采上保护层，在被保护层底板布置底抽巷，施工穿层钻孔抽采被保护层卸压瓦斯。

如潘二矿选择 8 煤作为上保护层，下保护 7 煤，7 煤开采下保护 6 煤、5 煤，6 煤、5 煤开采下保护强突煤层 4 煤。在 4 煤底板巷施工穿层钻孔抽采被保护层卸压瓦斯。首采保护层 8 煤 4 个工作面及其下保护的 4 个 7 煤工作面均回采完毕，被保护的 6 煤、5 煤均回采了 2 个工作面、强突出煤层 4 煤回采了 1 个工作面。

（3）煤层群关键层保护层开采技术

首采关键保护层，达到“中间来一刀，上下都解放”的目的，上覆、下伏突出煤层卸压后大量瓦斯解吸，然后利用被保护层底板巷施工网格式抽采钻孔，抽采卸压瓦斯。关键保护层工作面回采时一般采用“一面四巷”实施区域消突工程。

如谢桥矿 21116 工作面，通过开采 6 煤层，上保护 8 煤层，下保护 4 煤层。工作面采深-760m，煤厚 2.6m，6 煤层瓦斯压力 1.2MPa，瓦斯含量 6.2m³/t，日产 8000t，瓦斯涌出量 54m³/min，其中抽采量达 48m³/min。6 煤顶板巷抽采量 30m³/min，4 煤底板巷抽采量 15m³/min，卸压瓦斯抽采效果显著。

(4) 保护层开采扩界保护技术

保护层开采的同时，利用地面钻井、井下钻孔强化被保护层卸压瓦斯抽采。在采场应力分布规律、被保护层变形破坏规律和瓦斯流动规律研究的基础上，通过实测残余瓦斯压力、残余瓦斯含量、煤层透气性系数以及被保护层膨胀变形率，验证保护层开采的卸压保护效果。研究确定的被保护层的有效保护范围，普遍能够实现垂直保护，达到了扩界保护效果，获取了更多的安全煤量。

如潘三煤矿开采 11-2 煤保护 13-1 煤，11-2 煤 1662 (1) 工作面回采后，被保护层 13-1 煤瓦斯压力、瓦斯含量分别由 2.1MPa、6.75m³/t 降低到 0.24MPa、2.5m³/t，最大膨胀变形率 20.7‰；考察得出工作面走向保护范围边界线为 90° 卸压角位置，倾向保护范围边界线为 90.2° ~97.2° 倾向卸压角位置。1662 (1)、1672

(1) 两个保护层工作面开采后，被保护层 13-1 煤安全煤量增加约 60 万吨，其中 1652(3)被保护层工作面走向长向外延长了 38m，多回收了煤矿煤炭资源，提高了矿井生产综合效率和效益。

2. 保护层开采技术要求

保护层开采要保证连续和规模开采。保护层工作面开采前，保护层工作面的瓦斯抽采工程必须满足采煤工作面瓦斯抽采要求；被保护层工作面的瓦斯抽采工程应保证开采保护层时，能同时有效地抽采被保护层的卸压瓦斯。

加强被保护层的瓦斯抽采。保护层开采前，必须编制对应的被保护层瓦斯抽采设计，由矿总工程师负责审批执行。保护层开采必须采用底（顶）板巷穿层钻孔或地面钻井抽采被保护层卸压瓦斯。

被保护层瓦斯抽采必须建立专门台账，底（顶）板巷穿层卸压抽采钻孔穿透多个邻近煤层的，开展瓦斯分源测定，分别统计各被保护层卸压瓦斯预抽量。被保护层采、掘前必须对瓦斯抽采效果达标情况进行评判，编制抽采达标评判报告，并经矿长和矿总工程师批准，报上级公司备案。被保护层属于突出煤层的，首采保护层工作面还必须进行保护效果及保护范围考察。

3. 保障制度

煤矿上级公司每年制定《强化瓦斯治理“一通三防”工作意见》(2 号文)，作为年度“一通三防”和瓦斯治理工作的纲领性文件，确定年度瓦斯治理“五项指标”(保护层开采面积，瓦斯抽

采量，钻孔工程量，瓦斯利用量，瓦斯治理巷道工程量）及“一矿一策”“一面一策”等工作任务和目标。

各矿“一矿一策、一面一策”严格按“精排一年、细排三年、规划五年”思想执行。年度下发的矿井“一矿一策，一面一策”严格按上级公司核准意见执行。

各矿严格按照确定的矿井瓦斯治理模式进行采区设计、采场接替安排及采掘工作面瓦斯治理设计，落实关键保护层开采计划，推进关键保护层连续、规模开采。上级公司从设计、计划、准备、施工等方面，对保护层开采进行全过程监管。关键保护层开采计划纳入上级公司超前3~6月重点管控，每月底由矿总工程师排定关键保护层、瓦斯治理工程施工计划，统计分析安全煤量，实现矿井安全生产可持续。

4. 考核管理

各矿按制定的“一矿一策，一面一策”及“五项指标”批复意见严格执行，并建立考核管理体系，制定奖罚办法。各项指标按月度分解到科室或区队，实行指标考核闭合管理，按照“谁主管、谁承包、谁负责”的原则，做到一月一核算，一月一考核，一月一兑现，实行联责考核。

（二）松软低透气性突出煤层高效增透技术

为应对松软低透气性煤层预抽效果差、抽采达标时间长的难题，解决采掘接替紧张和瓦斯治理之间的矛盾，实现快速消突和瓦斯抽采最大化的目的，研发了针对不同煤层条件的增透技术。

1. 井下超高压水力割缝卸压增透技术

用直径 113mm 金刚石复合片钻头,先施工至设计深度,按 1m 割一刀计算割缝刀数,每刀割缝不小于 10 分钟,割缝期间根据孔口返水返渣情况,确定关闭高压清水泵时间。

应用效果:抽采浓度 53%~85%;抽采纯量 3.1~3.66m³/min;对比未割缝钻孔,抽采纯量增加 2.2~2.8 倍。

2. 钻冲一体化煤层增透技术

常规钻进时,静压水供水,高低压转换装置前端打开,正常钻进供水排渣;冲孔作业时,增压泵供水,水压达到 10MPa 时,高低压转换装置前端封闭,侧部出水孔形成高压水射流,进行冲孔;实现不退钻、钻进冲孔一体化。

应用效果:与非冲孔段相比,单孔瓦斯抽采浓度 70%,提高 3.18 倍;百孔抽采量 1.52m³/min,提高 4.34 倍。

3. 水力压裂加砂增透技术

水力压裂加砂增透装置主要包括混骨料仓和携骨料仓两部分。通过气动阀组控制,形成压裂液的定向快速流动,冲击混骨料仓室,形成紊流,从而实现混砂。高压水路分为两路:一路进入混骨料仓,一路进入携骨料仓。进入混骨料仓的高压水流冲击进行混砂,之后高压水携带石英砂进入携骨料仓进一步混合均匀进入压裂管路,注入压裂钻孔。

应用效果:未加砂增透区域抽采浓度 40%~50%,百孔抽采量 1m³/min;加砂增透区域抽采浓度 62.6%~80%,百孔抽采量 1.5~

2.3m³/min，钻孔连续抽采1个月后，平均抽采浓度仍高于50%；二者相比，抽采量提高了1.5~2.3倍，稳定抽采时间4个月。

(三) 打钻抽采可靠性技术

1. 钻到位

应用肋骨钻杆解决软煤钻进排渣难题，采用保直钻进、测斜等技术，保证钻孔按设计要求施工到位。

2. 管到底

淮南矿区围岩裂隙发育，煤层松软，孔壁稳定性差，钻孔易跨孔、堵孔，造成钻孔抽采效果差、浓度低，无法实现钻孔全程抽采，易形成空白带。要抽出瓦斯，必须保证抽采筛管下到位。公司规定，穿层下向钻孔、顺层预抽钻孔必须全程下护孔套管。

3. 孔封严

煤层原始瓦斯含量在6m³/t以上的，钻孔合茬抽采24小时内孔口瓦斯浓度必须达30%及以上。采用上向钻孔一孔多注、下向钻孔二堵多注、囊袋封孔等工艺，实施严封孔。

4. 水放通

下向穿层预抽钻孔必须采取孔底排水排渣措施，预抽评价单元必须设置自动放水装置。抽采系统支管及干管内均安装除渣器及自动放水器，保持抽采管路的畅通。

5. 长时抽

坚持瓦斯治理顶底板巷道施工超前工作面回采3~5年，为瓦斯抽采钻孔施工提供时间和空间；坚持穿层钻孔紧跟岩巷工程

施工，最大限度地赢得煤巷消突时间；定期对钻孔进行检验检查，防止堵孔，导致抽采失效，及时采取补孔、透孔等措施，确保抽采连续；坚持穿层钻孔安全高效抽采，做到采前抽、采中抽、采后抽，最大化发挥抽采钻孔的作用。

（四）地面钻井抽采卸压瓦斯技术

地面钻井抽采煤层瓦斯比井下抽采煤层瓦斯更安全、经济，且不影响生产，是实现瓦斯抽采最大化的最优技术途径之一。最终目的是逐步替代井下高抽巷，减少瓦斯治理工程。淮南矿区从2002年开始试验地面抽采瓦斯，先后研究实施了适应不同条件的采动区地面钻井。通过不断探索，成功研发了深厚表土层高地应力条件地面钻井卸压瓦斯抽采成套技术，确定了不同层位岩层运动导致钻井承受最大剪应力的位置，掌握了地面钻井护壁防断控制技术。

截至目前，共施工各类采动区钻井240口，共抽采瓦斯量3.52亿 m^3 ，平均单井抽采量154万 m^3 ，最大单井抽采量721万 m^3 。其中，淮南矿区朱集东矿1112（1）工作面，地面钻井抽采纯量达到77.4 m^3/min ，9口地面钻井累计抽采瓦斯2700万 m^3 ，对被保护层卸压预抽率达80%。

（五）钻孔施工自动化钻进技术

一键自动钻进：正常钻进时，只需按下一键，全程无需人工干预，即可完成加尺、供水、钻进功能。特殊状态时可实现自动、半自动和手动模式自由切换。

自动装卸钻杆：机械手、双夹持器与动力头配合，自动装卸钻杆，并在 0~90° 范围内进行钻杆的精确输送和回收。

远程遥控钻机：采用井下无线摇控技术实现远距离控制钻机，最大遥控距离可达 50 米。

实时监测施工参数：能够实时显示旋转压力、给进压力、孔深、推进速度、旋转速度、钻杆库存情况等数据。

自适应钻进：钻进过程中，可根据钻进压力与旋转压力，动态调整给进速度和旋转速度，自动适应钻进环境，实现自适应钻进。

目前组建了 4 条自动化钻机作业线。截至 2021 年底，谢桥矿 21316、22126 底板巷自动化钻机作业线累计施工钻孔超过 40 万 m。

（六）定向长钻孔施工技术

1. “一孔两消”区段消突技术

“一孔两消”是顺层定向长钻孔对工作面块段及掘进条带同步消突。淮南矿区开采煤层属于松软低透气性煤层，采用高压风（氮气）作为孔底马达动力源和排渣方式，解决了煤层钻进问题。

应用效果：潘三矿 1682(1) 运顺共施工钻孔 32 个、累计工程量 8084m，其中最长孔深 423m。32 个钻孔合计抽采纯量 1.9m³/min，百孔抽采纯量 5.9m³/min。2021 年潘三矿 1682(1) 运顺软煤定向顺层钻孔最大孔深达 423m、张集矿中央区 1315（3）运顺外段软煤顺层定向长钻孔最大孔深达 456m，分别创淮南矿区软煤定向钻进

孔深记录。

2. “以孔代巷”抽采技术

为进一步提升瓦斯治理效率和效益，利用大直径高位定向长钻孔替代高抽巷，即“以孔代巷”技术。

应用效果：目前淮南矿区先后在 14 个采煤工作面采用“以孔代巷”技术，累计施工“以孔代巷”钻孔超过 10 万 m，代替瓦斯治理巷道 8000m。抽采效果：钻孔最大抽采混合流量为 $72\text{m}^3/\text{min}$ ，最大抽采浓度 65%，最大抽采纯量为 $26\text{m}^3/\text{min}$ ，平均纯量为 $17\text{m}^3/\text{min}$ 。

（七）瓦斯治理巷 TBM 盾构机施工技术

淮南矿区一直秉承“瓦斯治理，岩巷先行”，“多打岩巷多打钻”的瓦斯治理理念。针对煤矿深井巷道掘进特殊工程环境，提出了煤矿用小型盾构机设计原则及技术指标，研发了煤矿用盾构施工成套技术，解决瓦斯抽采巷道快速施工技术难题。

煤矿用盾构机作业线的应用将掘进效率相比相同地质条件下钻爆法施工的不足 100m/月提高至最高 600m/月；所需施工人员减少 60 人，降低了瓦斯抽采巷道掘进安全风险，提高了掘进效率，实现了瓦斯抽采巷道本质安全型快速掘进的技术目标。

2015 年，直径 4.5m 全断面硬岩盾构机在张集煤矿 14131 工作面高抽巷试验成功，进尺效率平均 $13.14\text{m}/\text{d}$ ，最高日进 30m，实现单进 560m/月的历史性突破，创造了当时全国煤矿硬岩掘进最高纪录。顾桥矿直径 3.5m 全断面硬岩盾构机，2020 年 11 月份

小班进尺突破 20.2 米、日进尺突破 40.2 米、月进尺突破 600.6 米，创造了小班、日和月进尺 3 项矿区新纪录。

三、瓦斯综合治理管理要求

坚持每年制定各矿瓦斯治理总体目标、任务指标和重点工作，执行“一通三防”及防突例会制度，瓦斯治理“一矿一策”“一面一策”制度，瓦斯超限事故追查处理制度，井巷揭煤验收及领导人员跟班制度，防突措施实施过程和质量管控制度，打钻抽采精细化管理制度，打钻责任倒查机制，防突预警管理制度，通风瓦斯日分析及分级预警制度等综合保障制度，全面加强防突管理、强力推进保护层开采、严格矿井“一通三防”系统管理、加强底（顶）板专用瓦斯抽采巷管理、全面实施以水力化为主的综合增透措施等管理规定，保证各项瓦斯治理措施的严格落实。

制定瓦斯治理“五项指标”考核奖罚制度。经界定的关键保护层开采，每半年进行一次考核，煤层厚度 1.5 米以上的不予奖罚，煤厚 1.5 米~0.8 米的奖励 30 元/平方米，冲刷带、无煤区及煤厚小于 0.8 米的奖励 100 元/平方米；关键保护层面积半年未完成计划的，给予矿党政正职各 1 万元、责任分管副职 0.8 万元经济处罚；年度未完成的，给予矿党政正职、责任分管副职各 1.6 万元经济处罚。瓦斯抽采量实行年度考核，未完成的，给予矿党政正职各 5000 元、责任分管副职 4000 元经济处罚。瓦斯抽采率实行年度考核，未完成的，给予矿党政正职各 5000 元、责任分管副职 4000 元经济处罚。瓦斯治理巷道实行年度考核，未完成

的，给予矿党政正职各 3000 元、责任分管副职 2000 元经济处罚。

四、瓦斯综合治理科技攻关

“科学技术是第一生产力”。淮河能源集团高度重视科技创新工作，通过制定瓦斯治理科技发展中长期规划，确定重大攻关课题，同时积极申报、承担国家级科技计划攻关项目，解决重大技术难题。先后承担了“十五”“十一五”“十二五”“十三五”国家重大科技专项项目。2002 年以来，企业累计投入 150 多亿元用于瓦斯治理，引进培养本科及以上学历专业技术人员 7000 多人。2005 年~2013 年期间，由国家发改委和科技部批准，依托淮南矿业集团先后成立了煤矿瓦斯治理国家工程研究中心、煤矿生态环境保护国家工程实验室、深部煤炭开采与环境保护国家重点实验室和煤炭开采国家工程技术研究院 4 个国家级研发平台。2022 年 6 月，由淮河能源集团牵头组建深部煤炭开采耦合灾害防控国家矿山安全监察局重点实验室。

自主创新了卸压开采抽采瓦斯、无煤柱煤与瓦斯共采、煤层群开采条件下井上下立体抽采、顶板高位定向长钻孔“以孔代巷”、顺层定向长钻孔“一孔两消”、深井全断面硬岩盾构施工、强突出煤层地面钻井掏煤辅助消突等一大批关键技术成果。为了推动深部煤炭开采瓦斯治理方式由井下向地面的转变，集团于 2017 年启动了碎软低渗煤层地面瓦斯区域治理技术研究，引进石油系统页岩气开发装备与技术，在煤层顶（底）板岩层中试验定向水平井，实施分段压裂，改造实体煤，破解深部无非突出保护层、强突煤

层打钻喷孔及瓦斯治理工程量大、成本高、用工多等问题。目前，已在深部煤层高瓦斯强突出区域施工 16 口试验井，其中 6 口试验井开始排采产气，单井最高日产气量达到 3000 立方米以上，试验区域井下实测瓦斯压力由原始 6.8MPa 降至 2.4MPa 以下，压裂影响半径超过 50 米。开展智能安全装备研发，自主研发干式除尘器、智能机器人、智能传感器、采掘工作面智能控制系统等。