

一种新型钻抽技术在煤矿瓦斯治理中的应用

——以贵州省阿戛煤矿为例

张超¹ 高九华^{2,3}

1. 中煤地质集团有限公司 北京 100040

2. 煤炭科学研究总院 北京 100013

3. 贵州天地聚能机电设备技术有限公司 贵州 六盘水 451191

摘要：针对目前煤矿瓦斯治理中存在的问题，采用一种新的钻抽一体化技术，有效解决了了松软地层钻孔施工难的问题。该技术在贵州阿戛煤矿的应用中，取得了良好效果，表明该技术能有效解决松软、高吸附煤层的瓦斯治理问题。

关键词：钻抽一体化；瓦斯治理；煤矿；阿戛煤矿

引言

我国是世界上煤矿瓦斯突出灾害最严重的国家之一，特别是随着煤矿开采深度的增加，许多低瓦斯矿井逐步转变为高瓦斯或突出矿井，加大了瓦斯灾害的严重性。尽管目前我国在煤矿瓦斯突出防治理念、制度、措施、科技和执法等方面不断提升，瓦斯灾害有明显减少，但瓦斯突出灾害时有发生，最近平煤股份所属煤矿、安徽淮河能源控股集团煤业分公司谢桥煤矿发生瓦斯事故，造成了重大人员伤亡^[1-2]。这些事故时刻提醒我们必须高度重视煤与瓦斯突出灾害，要采取更严格的防治措施。

前人对瓦斯突出灾害发生机理及防治技术开展了大量研究和实践工作，取得了大量成果。在瓦斯突出治理技术方面，我国经过大量早期探索后，目前主要采取区域性治理与局部治理并重的总体思路^[3]，其中，以保护层开采为主的区域性卸压瓦斯治理技术在多个煤矿应用，取得了良好效果，成了应用最为广泛的技术手段^[4]。对于无保护层开采条件的煤层，研发了多种增透技术，包括

水力压裂、水力冲孔等，增透后再对瓦斯进行预抽，以达到消除瓦斯突出危险性的目的。此外，根据不同的地质条件，在多个矿区应用了“四位一体”综合防突技术体系^[5]、“三区配套三超前”增透抽采模式^[6]、“四区联动”井上下联合抽采模式^[7]等有效的瓦斯突出治理技术，并取得了较好的效果。

以上技术研究为我国煤矿瓦斯突出防治作出了重大贡献，但是，这些技术大多数依赖于高效、快速的钻探技术。特别在松软地层地区，在钻进过程中易发生卡钻、塌孔等井内事故，严重影响瓦斯抽采效果。为了解决这一工程难题，研发了一种新的钻抽一体化技术，并在贵州省阿戛煤矿进行了成功试验，取得了良好效果。

1 钻抽一体化技术

传统的钻进技术采用高压水排渣，易冲刷孔壁，造成钻孔坍塌，甚至诱发瓦斯喷孔事故，无法成孔，打钻施工困难。本技术通过设计一种“大口径、内排渣”的钻机，形成一种“边打钻、边卸压、边抽放”的工艺方法，钻孔钻进过程中消除瓦斯，形成钻抽一体化成套工艺。

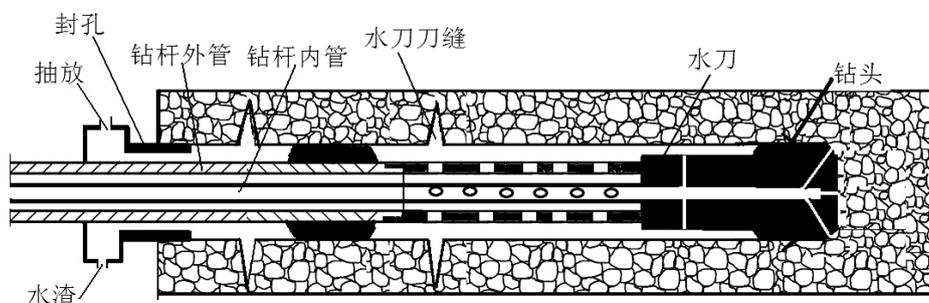


图1 内排渣钻孔结构图

设计的钻机直径范围为230~500mm，钻杆采用双通道结构，钻杆内部有一层内管，水和渣土沿着钻杆内管

排出，实现内排渣。内管与外管之间的间隙形成外管，构成双通道。外管可以作为套管直接留在钻孔内用于抽

放瓦斯。空气和水交替沿着钻杆内管进入，钻进时高压风和水将岩屑沿着钻杆的外管排出，与此同时水刀将钻孔的周围切割成直径3-5mm刀缝，形成预裂空间，实现边打钻孔和边卸瓦斯压力。此外还配有辅助装置用于瓦斯压力监测、稳钻矫正装备、渣气分离装置等，实现快速、高效钻进。根据上述技术生产的瓦斯钻抽一体化钻机已在贵州省六盘水市阿戛煤矿开展了瓦斯抽采试验应用(图2)。



图2 瓦斯钻抽一体化钻机外观

该瓦斯钻抽一体化钻机以中软岩地质条件矿山和工程隧道施工单位为主要适用对象，是新一代履带行走的钻抽瓦斯、探水、探断层、放顶、注水的多用途设备，具有结构紧凑、操作灵活、机动性好、全断面作业、安全性能好、一机多用的特点，除完成探水、探瓦斯工作外，还可钻进复杂地层。本瓦斯钻抽一体化钻机有以下特点：

1.1 孔径大

对于极其松软地层($f < 1$)可以一次成孔200~250mm，对于在瓦斯治理过程中实现以孔代巷。

1.2 内排渣

从钻头到动力头，全系统采用双通道设计，一个通道进液，另一个通道排渣，减少了钻下的物料和废液的排出对钻孔的影响，可确保钻孔尺寸不缩小，提高物料排出效率。内排渣钻杆内部为螺旋结构，实现螺旋输送，通过螺旋推料，实现超远距离输送。另一方面，采用了双通道结构可以将钻杆作为套管直接留在钻孔内用

项目编号：山西省科技重大专项资助项目(编号：20201101010)大口径内排渣深孔泄压定向钻机与钻抽一体化技术研发；贵州省六盘水市科技重大专项资助项目(编号：520202009125)高压气体脉动蠕变预裂增透瓦斯抽采技术采技术研究；中煤地质集团有限公司科技创新项目(编号：ZMDZKJ-2021-J07)“瓦斯钻抽技术成果转化应用研究”

于抽放瓦斯。由于采用双通道内排渣，实现转动切割与排渣，有效解决了软地层塌孔施工难问题。

1.3 冲击激震回转切削

本钻机采用回转驱动冲击切削，将回转钻机与冲击钻机一体化，施工过程满足软硬岩石工作业，钻机不需要常规钻机大扭矩。

1.4 渣气分离

钻机由于采用双通道设计，在整个施工过程中钻屑在动力头上或渣气分离器里自动分开，瓦斯等多种有害气体直接进入矿井的抽采系统，钻渣直接输送到皮带机、矿车等专用设备上运走，实现渣气分离、分装分运，工作面环境好，工人劳动强度低。

1.5 风水联动

由于钻机的双通道结构特点，钻机排屑采用风或水均可实现打钻施工，也可以风水联用，克服了常规钻机在使用风引发煤的自然发火问题。

1.6 泡沫灭尘瓦斯吸附

增加了高压泡沫降尘瓦斯吸附功能，在钻进过程中，高压泡沫泵将泡沫输送到钻孔，使钻孔中的粉尘聚集成团装颗粒物，增加湿度防止粉尘爆炸，与此同时颗粒物在输送过程中吸附钻孔中的瓦斯，严防钻孔瓦斯超限。

1.7 高效冷却系统

采用液压离子扇冷却与水冷补偿相结合的冷却方式，可使钻机在钻进过程中快速冷却，提高钻进效率。

1.8 多环境多工位作业

由于采用双通道内螺旋排渣及风水联动结构，施工不受地层限制，满足多角度施工(仰、俯、斜、高、低位不同状态)，同时实现打钻过程中自动封孔，严防孔底瓦斯喷出。

1.9 智能型钻进施工

采用直流防爆电机和减速机构与深度照相机匹配，完成机械人自动装卸钻杆，实现机械化换人、自动化减人、智能化无人的目标，使人们从繁重的体力中劳动解放出来。采用双定向智能型施工，利用机械导向和惯性导航技术相结合，确保钻孔的平直，有效的实现钻孔沿途治理瓦斯，克服了常规钻机高抛物线的盲区。

2 阿戛煤矿应用案例

贵州省六盘水市阿戛煤矿位于水城县中部，煤质为焦煤，属煤与瓦斯突出矿井。矿区面积为0.6919km²，开采标高为1140m-1380m，可采煤层3层，分别为9、18(18a、18b)、28煤层，煤层赋存较稳定，可采煤层平均总厚度15.4m，煤层平均倾角78°，为大倾角煤煤层。

矿区构造形态为一向西南急倾斜的单斜构造，含煤地层为二叠系上统龙潭组，岩性由灰色细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩及煤层组成，属较软岩—硬质岩类。围岩岩性致密，透气性差，不利于煤层瓦斯的逸散，对瓦斯起封存作用，导致矿井瓦斯含量高。且随着开采深度的逐渐增加，瓦斯问题也随之更为突出。

本次试验以阿戛煤矿18a煤层11800工作面为工作区。根据矿方提供的瓦斯实测结果：18a煤层原始平均瓦斯含量为 $10.79\text{m}^3/\text{t}$ ，平均瓦斯压力为 0.92MPa ，瓦斯吸附常数 a 为 23.4895 ， b 为 1.4271 ，孔隙率为 2.90 ，煤层坚固性系数 f 为 0.37 ，瓦斯放散初速度为 12 ，煤层具有突出危险性。

治理试验范围为18a煤层东段，斜长 33m ，走向长 10m ，采用钻抽一体化钻机施工 20 个钻孔。在距 11800 工作面运回两巷的19煤层底板瓦斯抽放巷（回风巷）施工穿层钻孔，以控制18a煤层巷道及其两侧（上侧 20m ，下方 10m ）范围的煤层瓦斯。

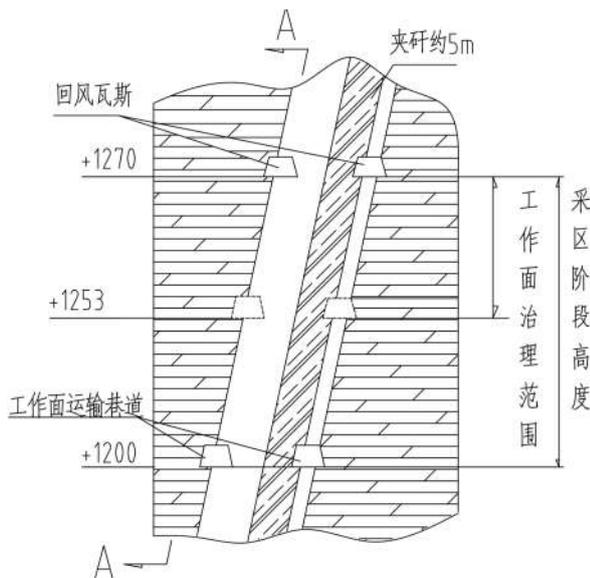


图3 阿戛煤矿18a煤层瓦斯治理示意图

钻机抽采半径 4m ，水刀割缝直径 8m ，考虑到钻孔遇刀缝盲区，控制带叠加设计以消除盲区，钻孔间距 5m （图4）。

钻孔施工后， 25 个钻孔均未出现塌孔、喷孔事故。抽采 28d 后，在18a煤层瓦斯监测点测定残余瓦斯含量为 $5.93\text{m}^3/\text{t}$ 、残余瓦斯压力为 0.57MPa ，比预期时间提前 2d

达到瓦斯抽放目标。

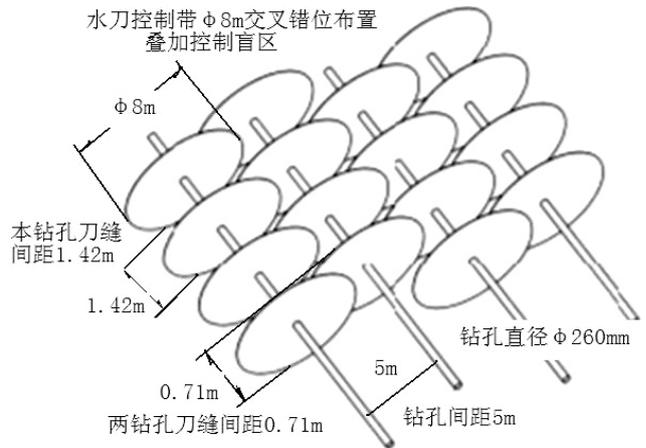


图4 18a煤层钻孔分布示意图

结束语

通过设计新的钻抽一体化钻机，并在贵州阿戛煤矿进行瓦斯抽采试验，验证了大口径、双通道内排渣钻机具有显著优点，在松软地层钻进效率较高，对高吸附性煤层瓦斯抽采适用性强，可有效应用于复杂地层的瓦斯抽采。

参考文献

- [1] https://company.cnstock.com/company/scp_gsxw/202401/5176340.htm平煤股份下属矿山出现死亡事故.2024-01-14上海证券网
- [2] <https://news.cctv.com/2024/03/12/ARTIOj9gBVB6FEXpFeBDx dns240312.shtml>.安徽一煤矿发生瓦斯爆炸事故已致7人死亡.2024-3-12.央视网
- [3]程远平,俞启香.中国煤矿区域性瓦斯治理技术的发展[J].采矿与安全工程学报,2007(4):383-390.
- [4]程远平,周德永,俞启香,等.保护层卸压瓦斯抽采及涌出规律研究[J].采矿与安全工程学报,2006(1):12-18.
- [5]袁亮.我国煤矿安全发展战略研究[J].中国煤炭,2021,47(6):1-6.
- [6]李日富,李保东,张军.松藻矿区煤层气开发技术优选[J].煤矿安全,2011,42(4):31-34.
- [7]李国富,张遂安,季长江,等.煤矿区煤层气“四区联动”井上下联合抽采模式与技术体系[J].煤炭科学技术,2022,50(12):14-25.