

五沟煤矿松散含水砂层注浆改造技术

一、矿井简介

(一) 矿井概况

五沟煤矿位于淮北市濉溪县五沟镇境内（图 1），井田面积 21.65km²，核定生产能力为 90 万 t/年，为煤与瓦斯突出矿井，水文地质类型为中等型。矿井主采煤层 4 层，目前开采 10 煤层，煤种为 1/3 焦煤。五沟煤矿 2020 年通过国家安全生产标准化管理体系一级矿井验收。矿井先后获得国家绿色矿山试点单位、煤炭工业先进煤矿、全国煤炭工业先进集体、煤炭工业安全高效矿井等多项荣誉。



图 1 矿井位置示意图

(二) 矿井水文地质概况

矿井为新生界松散含水砂层第四含水层组（以下简称“四含”）覆盖下的全隐蔽矿床，根据地下水赋存介质特征，划分为新生界松散层含水层、二叠系含水层、石炭系含水层及奥陶系灰岩岩溶裂隙含水层。其中，“四含”直接覆盖在煤层露头之上，是浅部煤层开采直接充水水源。底板埋深 255.00~287.05m，平均 270.00m；含水砂层厚度 6.12~39.19m，平均 21.31m（图 2）。“四含”厚度由北向南、由东西两侧向中部逐渐增厚，由砾石、砂砾、粘土砾石、粗砂、中砂及粘土质砂等组成，其间夹有 0~4 层薄层状粘土夹砾石、粘土、砂质粘土、钙质粘土等。据 20 个“四含”抽水试验孔资料得出：静止水位标高 -114.78~+22.39m， $q_{91}=0.001717\sim 0.207L/(s.m)$ ， $K=0.011299\sim 0.6360m/d$ ，富水性弱~中等，水化学类型多样。

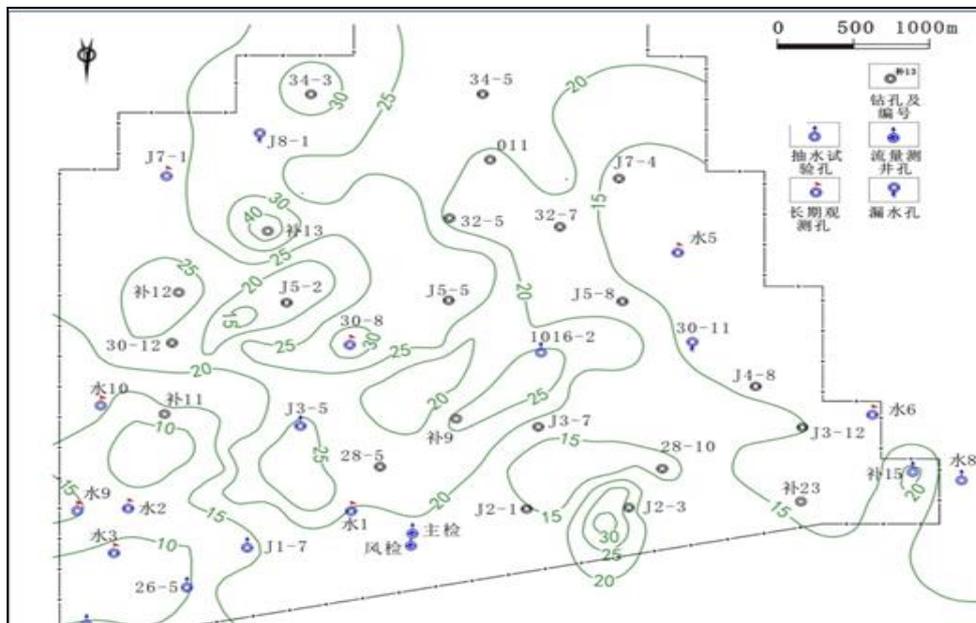


图 2 新生界松散层第四含水层（组）厚度等值线图

二、松散含水砂层注浆改造技术

五沟煤矿主采 10 煤层，“四含”直接覆盖在煤层露头之上，其岩性复杂，含水层水头压力约 1.5MPa（图 3）。矿井初步设计留设平均 84m 防水煤岩柱，压煤量达 2000 多万吨，造成煤炭资源损失严重。随着多年来的持续开采，矿井可采储量日益匮乏，截至目前，矿井 10 煤剩余圈定可采储量为 220 余万吨。采用常规水害防治技术与方法，开采浅部煤层时，采动裂隙波及“四含”，存在突水溃砂等风险。

为提高资源回收率，五沟煤矿积极与科研院所合作，开展了“松散含水砂层注浆改造与薄基岩煤层控水控灾开采应用与研究”。通过施工地面钻孔对“四含”进行劈裂、扩散、渗透注浆改造（图 4），加固煤层顶部“四含”及风氧化带，改变含水层径流补给条件，降低含水层的渗透性，将“四含”变为有效隔水层或者接近疏干的Ⅲ类水体，在确保安全的前提下，工作面开采上限逐级提高，实现留设防塌煤岩柱安全开采，最大限度解放浅部“四含”煤柱资源。最终形成“薄基岩下开采可行性研究→驱水固砂注浆改造→物探钻探效果验证→安全论证采前评价”一套近松散含水层下煤层绿色安全高效开采技术体系。

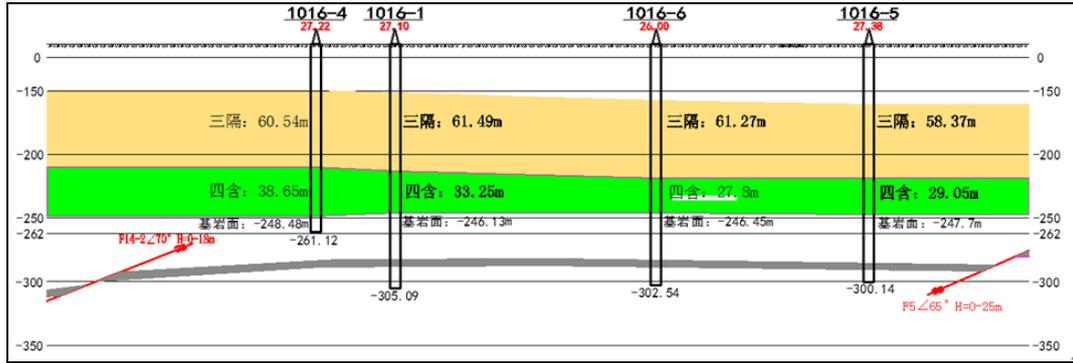


图 3 浅部煤层水文地质剖面图



图 4 1010-1 工作面“四含”注浆改造试验工程

(一)薄基岩下开采可行性研究。根据历年提高煤层开采上限的安全实践，“四含”水压低，富水性弱，渗流条件差， $q=0.0194L/s.m$ ， $k=0.093m/d$ ，通过含水砂层注浆改造，使防水→防砂→防塌煤柱的留设转变具有可行性。

设计注浆压力不低于受注层位静水压力的 2-3 倍，达到以下指标后才认为“四含”变为有效隔水层或者接近疏干的Ⅲ类水体，达到改造目的：

- 1.注浆压力达到结束标准后单位吸水率不得大于 $1Lu$ ；

2.治理区井下单孔稳定涌水量不大于 $1\text{m}^3/\text{h}$ 且过程中不含砂。

(二) 驱水固砂注浆改造。施工地面钻孔，采用水泥及粉煤灰混合注浆材料，对“四含”进行劈裂、扩散、渗透注浆改造（图 5）；梅花交错布孔，孔间距 25-40m（图 6），分序实施、分段下延、分级控时、控压、控量“三控”多回次劈裂注浆，形成纵向延伸、横向交错“根系骨架”空间网络结构，达到驱水固砂目的（图 7）。

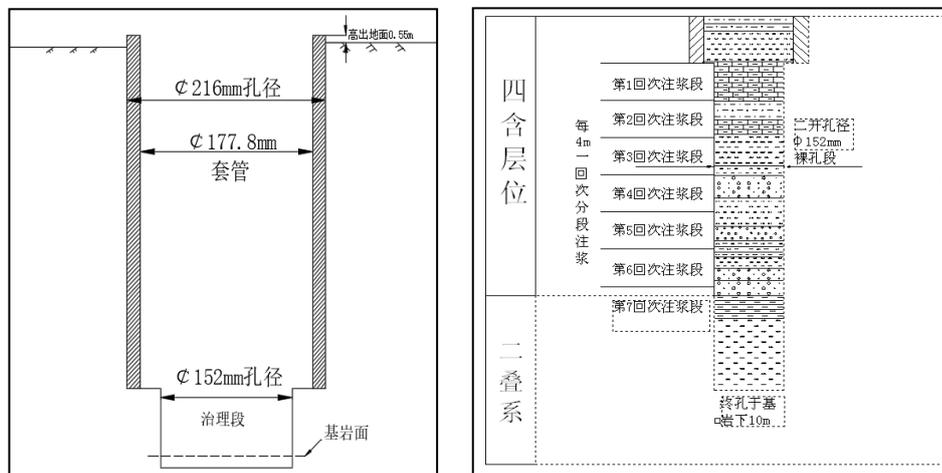


图 5 地面注浆钻孔结构及注浆工艺示意图

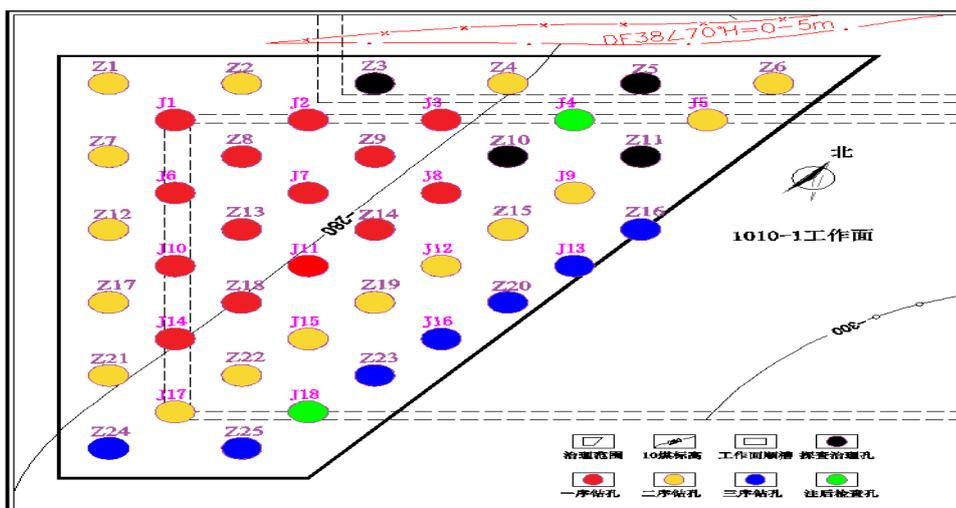


图 6 1010-1 工作面“四含”注浆改造范围及钻孔布置平面图



图7 地面注浆后钻孔取芯效果示意图

(三)物探钻探效果验证。注浆改造工程施工结束后，利用地孔物探、孔间物探及井下钻探对注浆效果进行综合验证，物探探测结果显示治理区段“四含”层位视电阻率值整体较高，富水性弱（图8）；钻探结果揭露“四含”层位均无水，表明注浆改造效果显著（图9）。

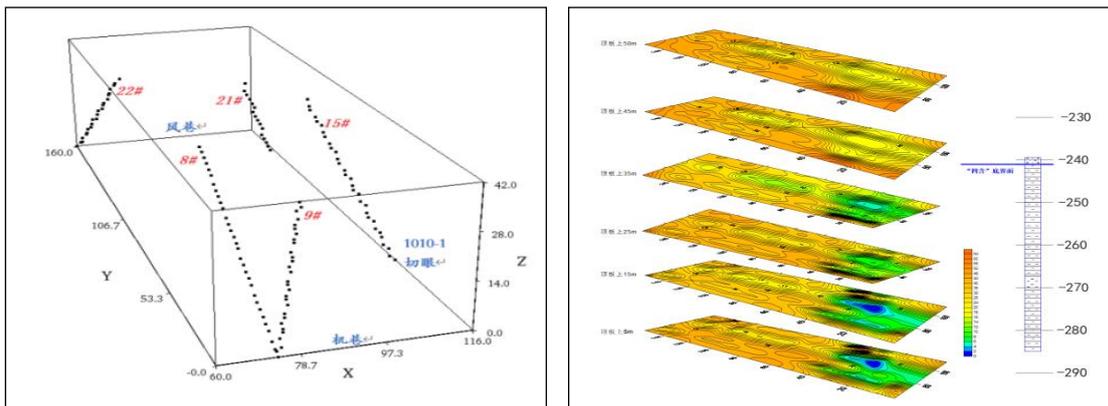


图8 孔间物探探测验证注浆效果成果示意图

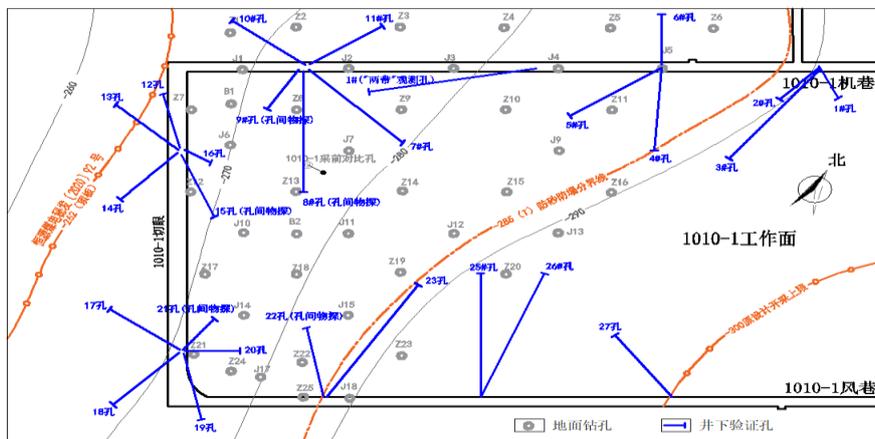


图9 1010-1工作面井下验证地面注浆加固效果总结平面图

（四）安全论证采前评价。与科研院校与院所合作，开展了《五沟煤矿 1010-1 工作面疏干效果及开采安全评价》、《五沟煤矿松散含水层注浆改造后覆岩特征变化规律研究》、《“三图双预测法”对 1010-1 工作面“四含”水害进行评价和预测》等多项科研论证研究，实施科技保安。

五沟煤矿于 2020~2021 年，在一采区西翼浅部 1010-1 工作面开展了“四含”注浆加固改造试验工程。完成 42 孔，钻探工程量 11790m，注浆量 70267t，其中水泥 57742t，粉煤灰 12525t。为验证地面“四含”注浆改造效果，在 1010-1 工作面实施了井下钻探验证工程，钻探工程量总计 2019m/27 孔，验证“四含”无水，钻孔取芯含有大量水泥，说明“四含”注浆效果良好，达到了固结砂层的目的。

该工作面设计回采范围内顶板标高-330.5 ~ -262.96m，其中 -285m（顶板）水平以浅，进行了“四含”注浆改造，留设防塌煤柱开采，-285m（顶板）以深区域为留设防砂煤柱开采区域。

1010-1 工作面于 2023 年 1 月 25 日开始试采，截至到 4 月 16 日，留设“四含”防塌煤岩柱区域已安全回采结束（图 10）。在防塌煤岩柱回采期间，工作面无淋水现象，老塘涌水量 3m³/h，出水清澈、不含砂，无其他水文异常。

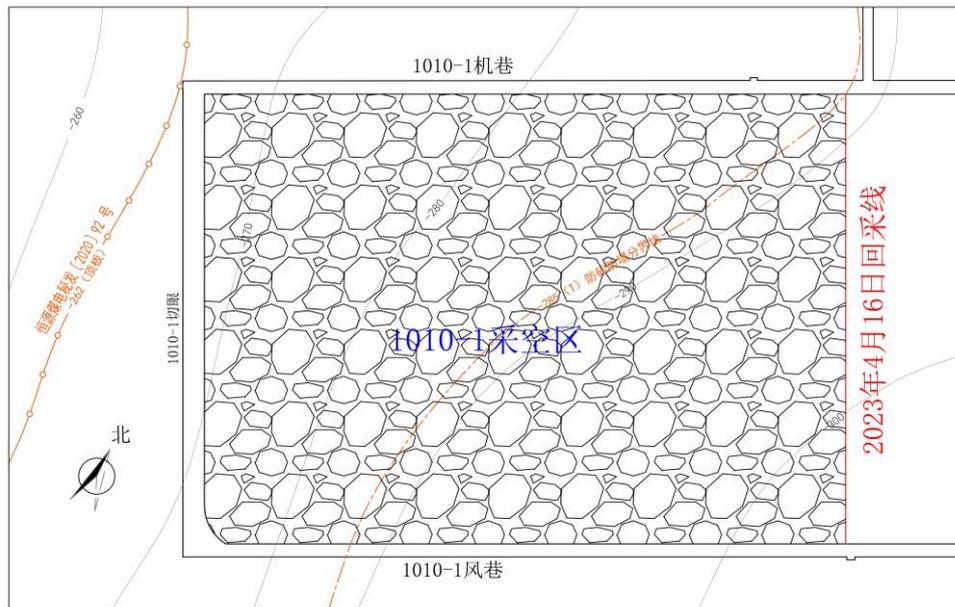


图 10 1010-1 工作面地面“四舍”注浆改造区域安全回采平面图

三、取得成果

1.该技术在五沟煤矿 1010-1 工作面成功应用，从根本上消除了薄基岩上覆含水砂层突水溃砂隐患，解决了留设防塌煤柱安全开采难题。工作面开采上限由原设计-300m（顶板）提高至-262.96m（顶板），留设最小“四舍”防塌煤（岩）柱 23.19m，安全采出优质煤炭资源 15 万吨。可将五沟煤矿原设计的煤岩柱尺寸由 50~100m 缩小至 20m，提高资源回收率，可持续应用于矿井浅部其他区域，预计可继续解放优质煤炭资源 160 万吨，产生利润 5.6 亿元，经济效益显著。

2.含水砂层注浆改造技术填补了“四舍”下留设防塌煤柱技术空白，该项技术为国内首创，可在类似条件下的矿区推广应用。

3.松散含水砂层注浆改造与薄基岩煤层控水控灾开采应用

与研究荣获中国工业企业科技创新成果奖；取得“一种注浆改造厚含水砂层提高煤层开采上限的方法”等发明专利 5 项；发表《薄基岩煤层上覆松散含水层注浆效果评价》等论文 6 篇（图 11）。



图 11 项目专利及发表论文