

神东矿区房采采空区安全隐患评估与治理技术

张俊英^{1,2} 李 文^{1,2} 杨俊哲³ 张 彬^{1,2} 贺安民³ 李宏杰^{1,2} 毕忠伟^{1,2} 陈清通^{1,2} 林惠立^{1,2}

(1. 煤炭科学技术研究院有限公司 安全分院 北京 100013; 2. 煤炭资源高效开采与洁净利用国家重点实验室
(煤炭科学研究总院) 北京 100013; 3. 神华神东煤炭集团有限公司 陕西 神木 719315)

摘 要: 基于调查与踏勘、综合分析、危险性分级与评估、现场监测与试验等方法,分析了神东矿区房采采空区的隐患类型,提出了神东矿区房采采空区危险性分级方法,开发了神东矿区房采采空区安全评估专家系统并进行了隐患评估,通过爆破试验对房采采空区进行注浆治理试验。结果表明,神东矿区已有房采采空区面积约29.05 km²,包含房采空区对应地表存在重要建筑物、通信塔或高压线塔、公路、井下采掘安全等4种隐患类型,并将神东房采采空区危险等级划分为5级;开发出神东矿区房采采空区安全专家评估系统,评估结果符合现场实际。经采取地面注浆治理试验和爆破治理试验,为房采采空区隐患评估、隐患治理及建筑物保护利用提供了可靠安全保证。

关键词: 房采采空区; 采空区隐患; 注浆治理; 爆破治理

中图分类号: TD713 文献标志码: A 文章编号: 0253-2336(2014)10-0014-06

Research on Hazard Assessment and Control Technology of Room and Pillar Mining Method Goaf in Shendong Mining Area

ZHANG Jun-ying^{1,2}, LI Wen^{1,2}, YANG Jun-zhe³, ZHANG Bin^{1,2}, HE An-min³,
LI Hong-jie^{1,2}, BI Zhong-wei^{1,2}, CHEN Qing-tong^{1,2}, LIN Hui-li^{1,2}

(1. Mine Safety Technology Branch, China Coal Research Institute, Beijing 100013, China; 2. State Key Laboratory of Coal Mining and Clean Utilization, China Coal Research Institute, Beijing 100013, China; 3. Shenhua Shendong Coal Group Co., Ltd., Yulin 719315, China)

Abstract: Based on a investigation and reconnaissance, comprehensive analysis, danger grading and evaluation, site monitoring and measurement as well as test and other methods, the paper analyzed hidden danger type of the goafs in a room and pillar mining and provided a danger grading method of the goafs in the room and pillar mining method of Shendong Mining Area. A safety evaluation experts system of the goafs in the room and pillar mining of Shendong Mining Area was developed and a hidden danger was evaluated. With a blasting experiment, a grouting experiment was conducted in the goafs of the room and pillar mining. The results showed that the goafs of the room and pillar mining had an area of 29.05 km² in Shendong Mining Area and the goafs of the pillar mining had 4 different hidden dangers, including the important buildings, communication towers and high voltage power line towers, important highway on the surface and the underground mining and driving safety. The danger grades of the goafs in the room and pillar mining in Shendong Mining Area were divided into five grades. A safety experts evaluation system was developed for the goafs in the room and pillar mining of Shendong Mining Area and the evaluation results could meet the site actual. The surface grouting and blasting treatment experiment measures could provide reliable safety insurances to danger evaluation of the goafs in room and pillar mining, hidden danger control and the buildings protection and utilization.

Key words: room and pillar mining method goaf; hidden hazard in goaf; grouting control; blasting control

0 引 言

神东矿区地处蒙陕晋三省交界处,是我国目前

最主要的煤炭生产基地之一,也是世界上仅有的千万吨矿井群、亿吨级生产矿区。煤层埋藏浅、倾角小、赋存稳定、地质构造简单是该矿区煤层赋存的典

收稿日期: 2014-08-18; 责任编辑: 曾康生 DOI: 10.13199/j.cnki.cst.2014.10.004

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973计划)资助项目(2012CB724208)

作者简介: 张俊英(1965—),男,河北邯郸人,研究员,博士,现任煤炭科学技术研究院有限公司安全分院副院长。

引用格式: 张俊英,李 文,杨俊哲,等. 神东矿区房采采空区安全隐患评估与治理技术[J]. 煤炭科学技术, 2014, 42(10): 14-19.

ZHANG Jun-ying, LI Wen, YANG Jun-zhe, et al. Research on Hazard Assessment and Control Technology of Room and Pillar Mining Method Goaf in Shendong Mining Area[J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(10): 14-19.

型特征^[1]。神东矿区房采采空区主要由 2 个部分组成: 一部分是早期地方小煤矿采用房柱式开采方式形成的采空区; 另一部分为 20 世纪末以来引进旺格维利开采方式形成的旺采采空区。近年来, 神东矿区相继发生了几起采空区相关事故。2008 年 12 月 3 日, 柳塔煤矿原采空区发生大面积冒顶事故, 冒顶产生的冲击波将大巷原标准密闭墙冲塌 2 处, 当时路经此段的 9 辆运输车, 有多人被采空区涌出的有毒有害气体致死; 2013 年 12 月 16 日, 神东矿区石圪台煤矿 31201 工作面发生冲击地压, 有 121 台支架被压死, 造成停产 52 d, 其原因是上覆 2-2 煤层的房采采空区煤柱遭破坏, 312101 工作面大面积悬顶, 发生整体垮落作用引起顶板突然冒落而诱发事故。因此, 神东矿区的房采采空区已成为威胁矿井安全高效生产的重要影响因素。针对房采采空区煤柱稳定性^[2-4]、房采采空区下长壁综采工作面动载矿压发生与压机理^[5-7]、多采空区下顶板失稳机理^[8]、采空区溃水溃沙灾害发生机理^[9]等, 一些专家和学者已经开展了一系列研究, 取得了一些研究成果。笔者在神东房采采空区调查与踏勘的基础上, 开发适合神东矿区的房采采空区安全评估专家系统, 并对神东矿区各类房采采空区进行了隐患评估和危险性分级, 结合注浆治理试验和爆破试验, 对神东矿区房采采空区隐患评估和治理开展系统研究, 为房采采空区隐患评估、废弃房采采空区上建筑物保护利用提供了一套合理、可靠的工作程序和方法, 有力保障了矿区的可持续发展。

1 神东矿区房采采空区现状

截至 2013 年, 神东矿区的寸草塔二矿、上湾煤矿、大柳塔煤矿、哈拉沟煤矿、榆家梁煤矿、寸草塔一矿、柳塔煤矿、乌兰木伦煤矿、补连塔煤矿、石圪台煤矿、保德煤矿等 11 座煤矿已有房采采空区共 154 处, 面积约 2 905.70 万 m², 其中大柳塔煤矿房采采空区面积最大, 约占 22%, 上湾煤矿次之, 约占 15%, 寸草塔一矿房采采空区面积最小, 仅占不到 1%。仅对大柳塔煤矿、上湾煤矿、哈拉沟煤矿、石圪台煤矿等进行了房采采空区积水量或地表塌陷区域进行统计, 积水量达 738.96 万 m³, 塌陷面积 106.88 万 m², 神东矿区房采采空区调查统计见表 1。

神东矿区房采采空区主要具有以下特点: ①房采区域大都位于井田的边角块段, 回采区域相对独立且分布不规则, 采空区覆岩空间结构运动具有特

殊性; ②房采采空区埋深基本在 150 m 以内, 且基岩薄、松散层较厚, 房采采空区底板-煤柱-顶板-覆岩空间结构难以判定其是否处于稳定状态, 其失稳发生时间难以预判; ③一些房采采空区内积水量较大、有毒有害气体聚集、对周边煤层或下伏煤层开采造成安全隐患。

表 1 神东矿区房采采空区调查统计

序号	煤矿	房采采空区 所在煤层	采空区面 积水量/ 地表塌陷		
			积/万 m ²	万 m ³	面积/万 m ²
1	大柳塔	1-2 ^上 、1-2、2-2 煤	642.49	19.18	—
2	上湾	1-2 煤	426.75	172.30	6.32
3	哈拉沟	2-2 煤	413.40	386.79	—
4	乌兰木伦	1-2、3-1 煤	72.00	—	—
5	补连塔	1-2、2-2 煤	88.86	—	—
6	石圪台	1-2、2-2 煤	292.35	160.69	100.56
7	柳塔	1-2 煤	258.11	—	—
8	寸草塔一矿	2-2、3-1 煤	24.79	—	—
9	寸草塔二矿	1-2、2-2 煤	125.50	—	—
10	榆家梁	4-2、5-2 煤	423.30	—	—
11	保德	8 煤	138.15	—	无

2 神东矿区房采采空区隐患类型分析

调查表明, 神东矿区遗留的房采采空区异常复杂、种类各异, 根据房采采空区的危害程度不同, 将神东矿区房采采空区划分为以下 4 种隐患类型^[10]。

2.1 房采采空区对应地表存在重要建筑物

神东矿区共有 19 处房采采空区地表存在重要建筑物: ①寸草塔二矿 302 采空区对应地表存在布尔台煤矿工业广场 2 栋宿舍楼、1 栋办公楼和材料库等; ②哈拉沟煤矿 22101L—22109L 采空区、22103P 采空区、柳塔煤矿 W2 II 301—304 采空区对应地表均为 1 处炸药库; ③柳塔煤矿一盘区集中进风巷东房采区、东辅运大巷房采采空区等对应地表为公司、集装站等密集建筑物; ④上湾煤矿、大柳塔煤矿、哈拉沟煤矿、榆家梁煤矿、柳塔煤矿、补连塔煤矿、保德煤矿等 13 处房采采空区对应地表建有零星民居或建筑物。对于存在重要建筑物的房采采空区区域应根据其重要程度进行及时监测和维护、充填治理或搬迁。

2.2 房采采空区地表存在通信塔或高压线塔

神东矿区共有 30 处房采采空区地表存在通信塔或高压线塔, 其中上湾煤矿 5 处、大柳塔煤矿 7 处、哈拉沟煤矿 5 处、榆家梁煤矿 4 处、寸草塔一矿 2 处、柳塔煤矿 3 处、补连塔煤矿 2 处、石圪台煤矿 2

处。对于存在通信塔或高压线塔的房间采空区区域,需要进行充填治理、加固或改线。

2.3 房采采空区对应地表存在重要公路

神东矿区共有13处房采采空区地表均为一级、二级或矿区公路:①上湾煤矿东翼I区、东翼II区采空区地表为阿大线一级公路和矿区公路;②大柳塔煤矿大柳塔井22607和22608工作面之间旺采采空区地表为大柳塔过境二级公路;③榆家梁煤矿52108L1-L6采空区和42209和42210综采工作面边角煤采空区地表为神扬公路;④上湾煤矿、寸草塔二矿、大柳塔煤矿、柳塔煤矿和石圪台煤矿等9处房采采空区地表为矿区公路。需对阿大一级公路下采空区进行注浆充填治理,对二级或矿区公路需进行及时监测,做好随沉随填,及时维护,避免对车辆造成损坏。

2.4 房采采空区周边存在采掘安全隐患

1) 在回采下层煤时,房采采空区积水存在溃水、溃沙危险,如上湾煤矿东翼I区东翼II区采空区(积水量约116万 m^3)、22301L旺采工作面采空区(积水量约4万 m^3)、12101L—12111L采空区(积水量约48.3万 m^3)、1-2煤西一盘区采空区(积水量约15万 m^3)、哈拉沟煤矿22119、22211采空区(积水量约2.89万 m^3)、22211—22215边角煤采空区与综采采空区相连(总积水量约383.9万 m^3)。

2) 房采采空区下长壁开采时,周期来压与上覆房采采空区煤柱破坏、顶板垮落时的冲击叠加,可能引起工作面动载矿压的发生,造成工作面支架压死事故,比如石圪台煤矿31201综采工作面上方采空区为原天隆四盘区形成的22煤采空区,在开采过程动载矿压现象明显并出现了压架事故。

3) 房采采空区遗留的大量的煤柱,随着下煤层的开采,在某时刻煤柱会发生突然垮塌,致使顶板也突然垮落,突然垮塌的高速气浪和冲击波可能会冲垮密闭,造成冲击性灾害危险。

4) 房采采空区的有害气体涌出,可能造成风量需求急剧增加,甚至出现采空区邻近区域连通作业场所导致人员伤亡的事故。

3 神东矿区房采采空区危险性分级方法

3.1 影响因素及评定指数

神东矿区地质影响因素主要有:开采高度、煤层倾角、房采采空区埋深、房采采空区附近断层分布情况、上覆岩层单轴抗压强度、煤柱单轴抗压强度、地

应力场中的最大最小主应力差、地应力方向、采空区积水情况、采空区自燃情况等10个因素。

神东矿区开采技术影响因素主要有:采空区面积、煤柱宽高比、采留比、顶板处理方式与垮落情况、地表塌陷情况、采空区密闭情况、上下及周围煤层开采情况、是否发生过房采采空区失稳事件、采空区上地面建筑物分布情况、房采采空区的遗留时间等10个因素。根据影响因素,确定房采采空区危险状态评定指数 W 的公式如下:

$$W = \sum_{i=1}^n G_i / \sum_{i=1}^n G_{i\max}$$

其中: G_i 为第 i 个影响因素的实际评分值; $G_{i\max}$ 为第 i 个影响因素中的最大危险状态评分值; n 为影响因素的数量。神东矿区房采采空区失稳危险状态评价即根据已基本掌握的上述20个影响因素影响进行权值计算,确定房采采空区危险状态评定指数后再进行危险等级划分,最后再根据现场调研情况进行校验危险分级的合理性和可行性。影响神东房采采空区失稳危险状态的因素及评分值见表2。

3.2 危险等级划分

通过对神东矿区房采采空区危险性综合评估,将危险等级划分为5级,对应的危险性评定指数 W 分别如下^[11-12]:I级危险(特大危险性): $W \geq 0.85$;II级危险(重大危险性): $0.75 \leq W < 0.85$;III级危险(较大危险性): $0.65 \leq W < 0.75$;IV级危险(一般危险性): $0.50 \leq W < 0.65$;V级危险(较小危险或无危险): $W < 0.50$ 。其中对于I—IV级房采采空区都要进行引起重视,对于III级以上房采采空区应尽快进行预防灾害发生或治理工作。

4 房采采空区专家评估系统开发与评估

4.1 专家评估系统开发

以MVC开发模式为设计思想,采取B/S架构,基于SPRING+STRUTS+JDBC的整体框架搭建,采用MYSQL数据库,通过PowerDesigner建模,通过IE浏览器访问服务,开发了“神华神东煤炭集团有限公司神东房采采空区专家评估系统”(以下简称专家评估系统)。

专家评估系统主页面包括3个区域,其中区域1是系统的所有功能模块,区域2是对专家评估项目的树形展示,区域3是具体专家评估项目的煤矿信息和评分分值等相关信息。专家评估系统具有页面简洁、操作简单、便于动态管理等显著特点。

表 2 影响房采采空区失稳危险状态的因素及评分值

序号	影响因素	条件	G_i	序号	影响因素	条件	G_i
1	采高 h/m	薄煤层 $h \leq 1.3$	1.0	11	顶板处理 方式与垮 落情况	顶板未处理 未垮落	3.0
		中厚煤层 $h = 1.3 \sim 3.5$	2.0			顶板未处理 部分垮落	2.0
		厚煤层 $h = 3.5 \sim 8.0$	3.0			顶板未处理 已全部垮落	1.0
		特厚煤层 $h > 8.0$	4.0			强制放顶 顶板已垮落	0.0
2	煤层倾角 $\sigma/(^\circ)$	近水平煤层 $\sigma < 8$	2.0	12	上下及周 围煤层开 采情况	上下及周围煤层均已采	0.0
		缓倾斜煤层 $\sigma = 8 \sim 25$	1.5			下部煤层未采 周围煤层已采	1.0
		倾斜煤层 $\sigma = 25 \sim 45$	1.0			上下及周围煤层部分开采	1.5
		急倾斜煤层 $\sigma \geq 45$	0.5			上下与周围煤层均未采	2.0
3	埋藏深度 H/m	极浅埋深 $H < 50$	4.0	13	地表塌陷 情况	地表已完全塌陷	0.0
		浅埋深 $H = 50 \sim 150$	3.0			地表未明显塌陷	1.0
		中等埋深 $H = 150 \sim 400$	2.0			地表局部塌陷	2.0
		较大埋深 $H \geq 400$	1.0			地表塌陷范围较大($> 2 \text{ m}^2$)	3.0
4	房采采空 区附近断 层情况	无断层	0.0	14	采空区 自燃情况	无自燃	1.0
		断层较少	1.0			部分自燃	2.0
		断层较多	2.0			大部分自燃	3.0
5	上覆岩层单 轴抗压强度 σ_c/MPa	$\sigma_c < 60$	4.0	15	采留比 K	$K < 1.0$	1.0
		$\sigma_c = 60 \sim 120$	2.0			$K = 1.0 \sim 2.0$	2.0
		$\sigma_c \geq 120$	0.0			$K \geq 2.0$	3.0
6	煤柱的单轴 抗压强度 R_c/MPa	$R_c < 60$	4.0	16	采空区密 闭情况	密闭墙厚 $< 1 \text{ m}$ 无充填材料	3.0
		$R_c = 60 \sim 120$	2.0			$1 \text{ m} \leq$ 密闭墙厚 $< 2 \text{ m}$ 充填材料 $\leq 2 \text{ m}$	2.0
		$R_c \geq 120$	0.0			密闭墙厚度 $\geq 2 \text{ m}$ 充填材料 $\geq 2 \text{ m}$	1.0
7	地应力场中 的主应力差 $\nabla\sigma/\text{MPa}$	$\nabla\sigma < 10$	0.0	17	房采采空 区失稳 事件数	0 次	1.0
		$\nabla\sigma = 10 \sim 20$	1.0			1 次	2.0
		$\nabla\sigma \geq 20$	2.0			2 次以上	3.0
8	地应力 方向	有利	0.0	18	房采采空 区的遗留 时间 $t/\text{月}$	$t \leq 6$	1.0
		一般	1.0			$t = 6 \sim 12$	2.0
		不利	2.0			$t \geq 12$	3.0
9	采空区积 水量 V/m^3	基本无积水 $V < 50$	0.0	19	采空区上 地面建筑 物级别	I 级保护物	8.0
		少量积水 $V = 50 \sim 500$	1.0			II 级保护物	6.0
		积水较多 $V = 500 \sim 1\,000$	2.0			III 级保护物	4.0
		大量积水 $V = 1\,000 \sim 10\,000$	3.0			IV 级保护物	2.0
		积水严重 $V \geq 10\,000$	4.0			无建筑物	1.0
10	采空区面积 $S/\text{万 m}^2$	$S < 10$	1.0	20	煤柱宽高 比 P	$P < 0.2$	1.0
		$S = 10 \sim 100$	2.0			$P = 0.2 \sim 1.0$	2.0
		$S = 100 \sim 200$	3.0			$P = 1.0 \sim 3.2$	1.0
		$S \geq 200$	4.0			$P \geq 3.2$	0.5

4.2 神东现有房采采空区危险性评估

利用“专家评估系统”对神东现有房采采空区危险性进行了评估(表 3),得出:不存在 I 级危险(特大危险性)房采采空区;属于 II 级危险(重大危险性)的房采采空区有 2 处,为寸草塔二矿 302 采空区和上湾煤矿东翼一区东翼二区采空区,其危险性评定指数分别为 0.76 和 0.75,需要引起充分重视,尽快进行治理;属于 III 级危险(较大危险性)的房采

采空区有 19 处,需要引起关注,对危险房采采空区区域进行治理;属于 IV 级危险(一般危险性)的房采采空区有 132 处,需要引起重视,发现危险及时进行治理;属于 V 级危险(较小危险或无危险)的房采采空区 1 处,可暂不进行治理。

4.3 危险性分级、评估合理性验证及应用

以寸草塔二矿 302 采空区为例,其危险性评定指数为 0.76,按 3.2 节危险等级划分,属于 II 级危

险,即具有重大危险性。

表 3 神东矿区房采采空区危险性评估

煤矿	房采采空区块段数	安全隐患数量/处				
		I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
大柳塔	39	0	0	1	38	0
上湾	7	0	1	3	3	0
哈拉沟	8	0	0	5	3	0
乌兰木伦	12	0	0	0	12	0
补连塔	10	0	0	0	10	0
石圪台	7	0	0	1	6	0
柳塔	9	0	0	5	4	0
寸草塔一矿	2	0	0	0	2	0
寸草塔二矿	8	0	1	0	6	1
榆家梁	48	0	0	3	45	0
保德	4	0	0	1	3	0

寸草塔二矿 302 采空区对应地表为布尔台矿业广场,302 采空区采高约 2.8 m,埋深 127 ~ 131 m,采 4 m 留 5 m 煤柱。通过彩色钻孔电视对钻孔 K66、K67 观测可知,钻孔 K66 在孔深 97.6 m 处及以下有裂缝,在孔深 111.6 m 处以下岩心非常破碎;钻孔 K67 在孔深 91.6 m 处及以下有裂缝,在孔深 94.9 m 处以下岩心非常破碎,说明采空区顶板已局部垮落,采空区裂隙带高度已达 30 余 m。而地表岩移观测点位移却均无明显变化,说明采空区处于暂时稳定状态。由于办公楼和宿舍楼均为重要建筑物,一旦采空区发生突然垮落造成地表突然塌陷,会造成严重伤亡事故。这从另一方面也表明了前述的采空区危险分级方法合理、危险性评估符合实际。

5 房采采空区安全隐患治理技术

目前国内外采空区治理技术主要有崩落、充填、加固和封闭 4 种基本类型以及由 4 种基本类型衍生出来的两种或多种技术组成的联合法等^[13],房采采空区隐患治理主要有地面注浆治理、未垮落采空区爆破治理、露天剥离治理、充填开采采空区残留煤柱治理等^[10,14-18]。结合神东矿区的特点,在神东矿区布尔台煤矿工业广场和榆家梁煤矿分别开展了地面注浆治理试验和爆破治理试验,并采用多种监测技术进行了效果检验^[17-18]。

5.1 地面注浆治理

选取布尔台矿工业广场办公楼附近区域为地面注浆治理试验区,该区域位于寸草塔二矿 302 采空区之上。资料表明,302 采空区采高约 2.8 m,埋深 127 ~ 131 m,采 4 m 留 5 m 煤柱,顶板为 9.6 m 左右

泥岩-粉砂岩,底板为 3 ~ 6 m 的粉砂岩。2007 年 5 月,万利公司矿井救护队曾组织人员进入 302 工作面采空区,顶板没有大面积冒落,只有顶板 1 层厚 500 mm 左右伪顶冒落,工作面巷道保存依然完整。

在布置注浆钻孔时,应避开建筑物和公路,考虑现有巷道走向,结合调研情况,根据邻近区域注浆布孔经验,选取办公楼附近区域为注浆治理试验区,布置以钻孔 K67 为中心,钻孔 K66、K68、K69、K70、K72 为周边孔,中心孔 K67 与孔 K66、K68、K69、K70、K72 间距分别为 25、25、40、26、31 m,两孔间距最小的是 K70 和 K69,为 20 m。试验共完成 8 个钻孔,4 个钻孔 K66、K67、K68、K69 在采空区上,钻孔 K70 通过压水试验压裂,钻孔 K72 及补打钻孔 K72,未在采空区之上,检查孔在采空区上,注浆总量 3 833 m³,钻孔位置如图 1 所示。

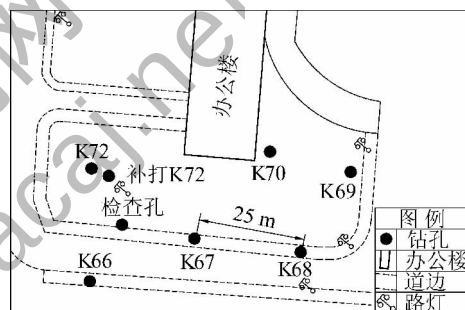


图 1 地面注浆治理试验钻孔布置

试验表明,浆液扩散半径 16 ~ 25 m,注浆工艺和浆液配比合理,为后续的采空区注浆治理积累了经验。试验后,在该区域共施工钻孔 82 个,治理面积 41 300 m²,完成注浆总量 53 176 m³,有效地保护了地表 2 栋宿舍楼、1 栋办公楼和材料库等建筑物以及 1 条矿间公路。

5.2 未垮落采空区爆破治理

选取榆家梁煤矿 52108 工作面采空区为爆破治理试验区,该采空区为采用旺格维利法开采遗留采空区,平均采高 3.6 m,平均埋深约 82 m,采 3.3 m 留 1 m 煤柱。试验共完成 25 个钻孔,3 个钻孔作为岩层内部位移的观测孔,不进行装药;22 个爆破钻孔。炮眼正方形布孔,炮孔直径 190 mm,炮孔间距 9 m,炮孔排距 9 m。采用倒置漏斗爆破法。单孔装药量 250 kg,装药高度 12.5 m,总装药量 5.5 t。炸药使用煤矿许用水胶炸药,使用导爆索、电雷管引爆。爆破治理后,岩层内部位移监测 1 号钻孔 1 号测点(位于采空区上方 10 m)下沉最大,达 927.2 mm,2 号测点(位于采空区上方 30 m)下沉量 17.1

mm 3 号测点(位于采空区上方 50 m)下沉量 1.25 mm(图 2),说明爆落破坏了基本顶的完整性,使上覆岩层逐层垮落,爆破取得了预期效果^[18]。

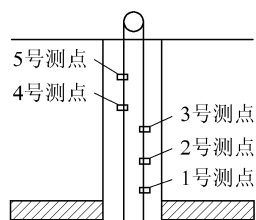


图 2 岩层内部位移监测点布置

6 结论和建议

1) 调查与踏勘表明,神东公司寸草塔二矿、上湾煤矿、大柳塔煤矿等 11 座煤矿已有房采采空区共 154 处,面积约 2 905.70 万 m^2 ,其中大柳塔煤矿房采采空区面积最大,约占 22%,上湾煤矿次之,约占 15%。已统计积水量达 738.96 万 m^3 ,塌陷面积为 106.88 万 m^2 。

2) 将神东矿区房采采空区划分为地表存在重要建筑物、地表存在通信塔或高压线塔、地表存在公路以及周边采掘安全隐患等 4 种隐患类型。调研表明,19 处房采采空区地表存在办公楼和其他建(构)筑物等;30 处房采采空区地表存在通信塔或高压线塔;13 处房采采空区地表存在一级、二级或矿区公路;多处房采采空区下,存在溃水溃沙、冲击性灾害、动载矿压、支架压死、有害气体涌出等危险。

3) 采用指数分级法,根据神东公司开采高度、煤层倾角等 10 个地质影响因素,采空区面积、煤柱宽高比、采留比等 10 个开采技术影响因素,确定了神东房采采空区危险性评定指数 W 。将神东房采采空区危险等级划分为 5 级:Ⅰ级特大危险性,Ⅱ级重大危险性,Ⅲ级较大危险性,Ⅳ级一般危险性,Ⅴ级较小危险或无危险。

4) 开发的“神东矿区房采采空区安全专家评估系统”可以统一管理当前已有房采采空区的各项参数和当前状况,能够对治理过的房采采空区进行重新评定和评估,可以实现对房采采空区的动态管理。经评估,寸草塔二矿 302 工作面采空区和上湾煤矿东翼Ⅰ区、Ⅱ区采空区属于Ⅱ级危险,具有重大危险性,需要引起充分重视,尽快进行治理。

5) 在神东布尔台工业广场和榆家梁煤矿分别开展了地面注浆治理试验和爆破治理采空区试验,确定了神东矿区地面钻孔浆液扩散半径 16~25 m,爆破钻孔布置及参数。

6) 神东房采采空区已成为威胁矿井安全高效生产的重要影响因素。建议各矿根据房采采空区危险等级的不同,按照轻重缓急的原则,分步骤、分批次进行治理。鉴于房采采空区的危害,今后应对矿区内可能存在采空区的区域加强调查与踏勘、物探和钻探勘查工作,查明分布,及时治理。

参考文献:

- [1] 张斌,刘青华,张建铭,等.神东矿区千万吨矿井群设备管理模式研究[J].煤炭学报,2010,35(11):1939-1944.
- [2] 伊茂森.神东矿区浅埋煤层关键层理论及其应用研究[D].北京:中国矿业大学(北京),2008.
- [3] 解兴智.浅埋煤层房柱式采空区顶板-煤柱稳定性研究[J].煤炭科学技术,2014,42(7):1-4.
- [4] 李文,胡智.薄基岩浅埋旺采工作面覆岩运移特征研究[J].煤炭工程,2013(2):62-68.
- [5] 鞠金峰,许家林,朱卫兵,等.近距离煤层工作面倾向煤柱动载矿压机制研究[J].煤炭学报,2010,35(1):15-20.
- [6] 鞠金峰,许家林,朱卫兵,等.大柳塔煤矿 22103 综采面压架机制及防治技术[J].煤炭科学技术,2012,40(2):4-7.
- [7] 解兴智.房柱式采空区下长壁工作面覆岩宏观变形特征研究[J].煤炭科学技术,2012,40(4):23-25.
- [8] 刘长友,杨敬轩,于斌,等.多采空区下坚硬厚层破断顶板群结构的失稳规律[J].煤炭学报,2014,39(3):395-403.
- [9] 杨鹏,冯武林.神府东胜矿区浅埋煤层涌水溃砂灾害研究[J].煤炭科学技术,2002,30(S0):65-69.
- [10] 李文,李健.浅埋煤层房采采空区隐患分析与治理技术[J].煤矿安全,2014,45(1):64-66.
- [11] 李文.房采采空区失稳危险性评价[J].中国安全科学学报,2011,21(3):95-100.
- [12] 贺安民.神东矿区旺采采空区失稳危险分级方法研究[J].煤矿开采,2013,18(1):70-72.
- [13] 李俊平,肖旭峰,冯长根.采空区处理方法研究进展[J].中国安全科学学报,2012,22(3):48-54.
- [14] 张俊英,王翰峰,张彬,等.煤矿采空区勘查与安全隐患综合治理技术[J].煤炭科学技术,2013,41(10):76-80.
- [15] 张俊英.地表新增荷载对采空区上方覆岩的影响规律[J].煤炭学报,2008,33(2):166-170.
- [16] LI Wen, ZHANG Bin, ZHANG Jun-ying, et al. Isolation Grouting Control Technology of Room and Pillar Method Goafs[C]//2013 International Symposium on Coal Mining and Safety - Safety and High Efficiency Mining in Coal, ST. Melbourne: PLUM - BLOSSOM PRESS, 2013: 159-164.
- [17] 刘晓菲,邓喀中,范洪冬,等.D-InSAR 监测老采空区残余变形的试验[J].煤炭学报,2014,39(3):467-472.
- [18] LI Wen, ZHANG Bin, BI Zhong-wei. Isolation roof caving control and monitoring technology of room and pillar method goafs[C]//ISRM European Rock Mechanics Symposium (EUROCK 2014). London: Taylor & Francis Group, 2014: 933-936.