

某矿北二采区提高开采上限 可行性分析

邵庆辉, 刘启蒙, 王 锬

安徽理工大学地球与环境学院, 安徽 淮南

收稿日期: 2021年10月25日; 录用日期: 2021年11月22日; 发布日期: 2021年11月30日

摘 要

为了延续矿井使用年限、提高煤炭资源回收利用率, 本文通过综合分析以往矿井开采实践中的水文地质资料以及正在施工的探查验证钻孔等基础资料, 系统评价顾桥矿北二采区煤层顶板含水层富水规律、顶板采动覆岩破坏发育高度等, 安全确定近松散层浅部采区开采上限。同时基于矿井已有地质、水文资料和第四系水文地质补充勘探的基础上, 参考国内类似水体下开采的实践经验, 分析研究了提高开采上限煤区的水文地质、开采条件, 有效地解决了保水开采提高开采上限的难题。本文所研究出的相关成果对类似条件下的煤炭开采具有一定的借鉴意义和应用价值。对保障煤矿安全高效生产具有较高的经济、社会效益。

关键词

开采上限, 近松散层, 安全开采

Feasibility Analysis of Raising Mining Upper Limit in North No.2 Mining Area of a Mine

Qinghui Shao, Qimeng Liu, Kun Wang

School of Earth and Environment, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui

Received: Oct. 25th, 2021; accepted: Nov. 22nd, 2021; published: Nov. 30th, 2021

Abstract

For mine use fixed number of year to improve the utilization rate of coal resource recovery, in this

article, through comprehensive analysis of previous mine hydrogeological data and under construction in the practice of mining exploration drilling verification such as basic data, system evaluation, north of guqiao coal mine mining area coal seam roof aquifer water enrichment rule Roof mining overlying rock destruction and height, etc., determine nearly loose bed mining by mining safety limit. At the same time, based on the existing geological and hydrological data of the mine and the quaternary hydrogeological supplementary exploration, and referring to the practical experience of mining under similar water bodies in China, the hydrogeological mining conditions in coal areas with higher mining upper limit are analyzed and studied, which effectively solves the problem of raising the mining upper limit of water conservation mining. The relevant results studied in this paper have certain reference significance and application value to the coal mining under similar conditions and have higher economic and social benefits to ensure the safe and efficient production of coal mines.

Keywords

Mining Upper Limit, Near Loose Layer, Safe-Mining

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

顾桥煤矿隶属于淮南矿业(集团)有限责任公司, 顾桥矿井位于淮南市凤台县西北约 20 公里处。地理坐标为: 东经 116°29'18"~116°38'48", 北纬 32°42'20"~32°52'16", 开采深度: -400 m~-1000 m 标高。于 2003 年 11 月开工建设, 2007 年 4 月 28 日正式投产, 矿井设计生产能力 5.0 Mt/a, 为使顾桥煤矿持续高速稳定向前发展, 为此本文选取顾桥矿北二采区某工作面为研究对象, 急需在生产补充地质勘探报告的基础上, 将上述资料进行补充, 分析研究, 归纳整理, 进一步查明矿井内构造形态, 煤层赋存规律, 煤厚变化及水文地质特征, 分析局部采区提高开采上限的可行性, 以满足矿井生产的实际需要[1] [2] [3]。

2. 开采上限分析的原则与依据

2.1. 法规原则

依据《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与开采规范》(2017) (以下简称为“三下规范”)、《矿区水文地质工程地质勘查规范》。

2.2. 含水层富水性等级和采动等级确定

根据现有资料与计算分析得到, 北二采区下含单位涌水量为 0.524~1.935 L/(s.m), 根据《矿区水文地质工程地质勘查规范》, 判定北二采区下含为“中等~强含水层”。根据“三下”规范表(见表 1), 符合水体采动等级 I 第 2 条描述, 即“直接位于基岩上方或地界面下无稳定的粘性土隔水层的松散孔隙强、中含水层水体”, 确定北二采区采动等级为 I 级; 允许采动程度为: 不允许导水裂缝带波及到水体; 要求留设的安全煤(岩)柱类型为: 顶板防水安全煤(岩)柱[4] [5] [6]。

Table 1. Mining grades of water bodies in the mining area and allowable mining levels
表 1. 矿区的水体采动等级及允许采动的程度

煤层位置	水体采动等级	水体类型	允许采动程度	要求留设的安全煤(岩)柱类型
	I	1) 直接位于基岩上方或底界面下无稳定的黏性土隔水层的各类地表水体 2) 直接位于基岩上方或底界面下无稳定的黏性土隔水层的松散孔隙强、中含水层水体 3) 底界面下无稳定的泥质岩类隔水层的基岩强、中含水层水体 4) 急倾斜煤层上方的各类地表水体和松散含水层水体 5) 要求作为重要水源和旅游地保护的水体	不允许导水裂缝带波及到水体	顶板防水安全煤(岩)柱
水体下	II	1) 松散层底部为具有多层结构、厚度大、弱含水的松散层或松散层中、上部为强含水层,下部为弱含水层的地表中、小型水体 2) 松散层底部为稳定的厚黏性土隔水层或松散弱含水层的松散层中、上部孔隙强、中含水层水体 3) 有疏降条件的松散层和基岩弱含水层水体	允许导水裂缝带波及松散孔隙弱含水层水体,但不允许垮落带波及到该水体	顶板防砂安全煤(岩)柱
	III	1) 松散层底部为稳定的厚黏性土隔水层的松散层中、上部孔隙弱含水层水体 2) 已或接近疏干的松散层或基岩水体	允许导水裂缝带进入松散孔隙弱含水层,同时允许垮落带波及该弱含水层	顶板防塌安全煤(岩)柱
	I	1) 位于煤系地层之下的巨厚灰岩强含水水体 2) 位于煤层之下的薄层灰岩具有强水源补给的含水水体 3) 位于煤层之下的作为重要水源或旅游资源保护的体	不允许底板采动导水破坏带波及水体,或与承压水导升带沟通,并有能起到强阻水作用的有效保护层	底板强防水安全煤(岩)柱
水体上	II	1) 位于煤系地层之下的弱含水水体,或已疏降的强含水体 2) 位于煤层之下的无强水源补给的薄层灰岩含水水体 3) 位于煤系地层或煤系地层底部其他岩层中的中、弱含水水体	允许采取安全措施后底板导水破坏带波及水体,或与承压水导升带沟通,但防水安全煤(岩)柱仍能起到安全阻水作用	底板弱防水安全煤(岩)柱

2.3. 基岩面高度及基岩风化带厚度

根据对采区内 111 个钻孔的统计基岩面,在古地形隆起,基岩面以 XLZM1 孔为中心,标高 -300.04~-314.87 m。以二线东段 66-01 孔、水 15 孔、66-09 孔和二 6 孔为中心的洼地,基岩面标高 -494.16 (二 6 孔)~-501.56 m (66-01 孔)。两者平均高差 194.12~186.67 m,矿井钻孔基岩面高程数据插值得到的北二采区回采上限涉及阶段的基岩面标高为见图 1,以二-三 4 孔、三补 1 孔、三-四 4 孔、四-五 5 孔和五 22 孔为界线,将采区分为东西两部分[7][8]。采区东部基岩面标高在 -400 m 以上,西部低于 -400 m。

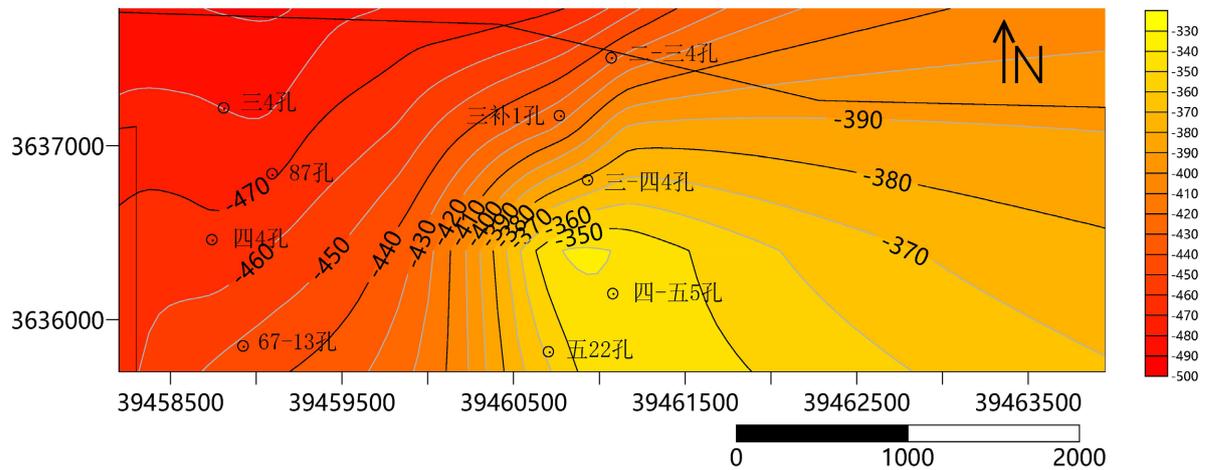


Figure 1. Contour map of bedrock surface elevation in North No.2 mining area

图 1. 北二采区基岩面标高等值线图

根据钻孔揭露, 风化带厚 7.55 (三-四 4 孔)~42.80 m (95 孔), 平均 20.83 m, 以四-五线 95 孔为最厚, 达 42.80 m (见图 2), 位于东南部古地形隆起范围, 在低洼地区随基岩面降低而明显变薄。采区西部基岩风化带厚度在 18~42 m 之间, 东部基岩风化带小于 20 m。北二采区开采 11-2 煤, 设计开采煤厚为 3.0 m。

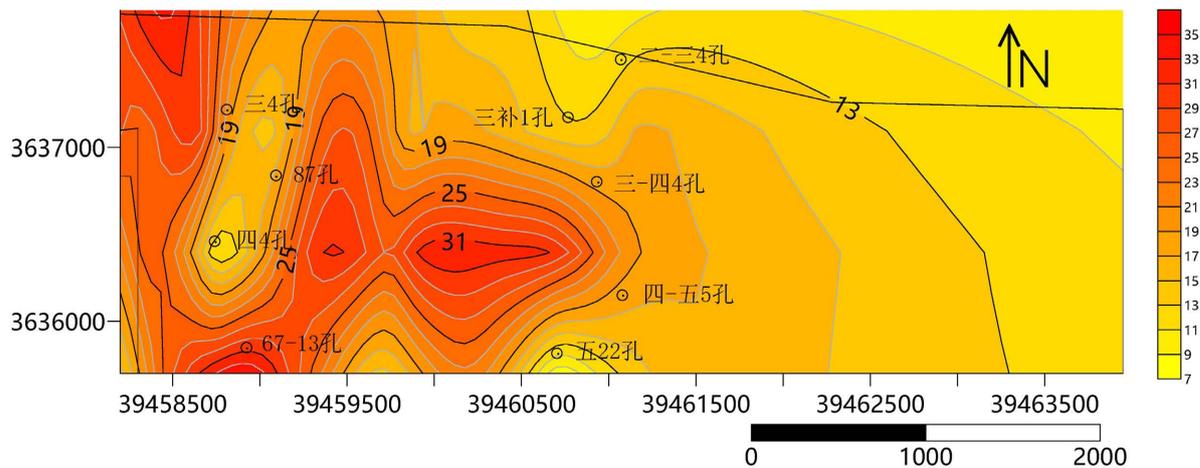


Figure 2. The thickness of the bedrock weathering zone

图 2. 基岩风化带厚度

2.4. 煤层覆岩力学类型

根据以往地质钻孔资料及本次取芯资料, 煤系地层中, 11-2 煤层顶板以细砂岩、中砂岩为主, 占钻孔总数的占钻孔总数的 67.4%, 采区内 11-2 煤至 13-1 煤之间的岩层厚度为 50.3 m~98.4 m 之间, 细砂岩占比 4.41%~47.75%, 平均 24.38%; 中砂岩占比 0%~31.11%, 平均 13.20%, 其余为粉砂岩、泥岩类软弱岩层。

根据本次钻孔取芯样品的岩石力学性质测试指标结果(见表 2~4)看, 本次测得的单轴抗压强度值 20~60 MPa 之间, 属于中硬岩石范畴。因此, 这里在进行煤柱设计时, 统一对各煤层的覆岩取中硬岩石评价标准[9] [10] [11]。

Table 2. Test results**表 2.** 试验结果

编号	工程地质岩组	取样深度 (m)	抗压强度 Mpa	抗拉强度 Mpa	弹性模量 Gpa	泊松比	内摩擦角°	内聚力 Mpa
1	泥岩	460.5	5	0.81	4.91	0.3	33.31	2.96
2	风化基岩	469.2	16.25	1.12	6.8	0.27	34.5	3.87
3	砂质泥岩	470.6	20.45	1.24	7.69	0.25	34.78	4.22
4	粉细砂岩互层	475.6	34.78	1.82	11.87	0.22	37.2	6.37
5	中细砂岩	483.2	60.5	2.4	25.12	0.2	38.7	7.58
6	砂泥岩互层	496.5	22.53	1.33	10.7	0.25	35.17	4.42
7	粉细砂岩	510.2	48.62	2.01	17.88	0.21	37.6	6.62
8	砂质泥岩	520.3	30.47	1.55	10.38	0.23	35.76	5.06
9	粉细砂岩	539.2	31.68	1.31	14.638	0.21	40	6.5
10	泥岩	544.1	10.2	0.96	5.78	0.28	33.83	3.41
11	粉细砂岩	548.2	41.03	1.36	16.892	0.21	43	7.5
12	13-1 煤层	554.9	5	0.8	4.87	0.3	33.26	2.92
13	砂质泥岩	558.8	11.37	0.49	4.723	0.25	38	2.5
14	粉细砂岩	575.2	41.43	1.57	17.471	0.21	42	8
15	砂质泥岩	590.6	24.52	1.48	8.8	0.23	35.2	4.66
16	中细砂岩	611.2	58.98	2.31	25.203	0.19	40	12
17	泥质粉砂岩	623.1	21.12	1.26	8.64	0.23	42.5	4
18	砂质泥岩	627.4	12.19	0.51	3.033	0.25	32	2
19	11-2 煤层	630.5	5	0.8	4.87	0.3	33.26	2.92
20	粉砂岩	650.3	24.37	0.93	10.03	0.24	42	5.5

Table 3. The comparison table of the compressive strength of sonic logging at different depths under the bedrock surface**表 3.** 基岩面下不同深度声波测井抗压强度对比表

岩石名称	岩石试验抗压强度(Mpa)				
	砂质泥岩	泥岩	粉细砂岩	中细砂岩	粉砂岩
最小值	11.37	5	31.68	58.98	-
最大值	30.47	10.2	48.62	60.5	-
平均值	7.64	11.63	37.52	59.74	24.37

Table 4. Table of test results of rock physical mechanics of coal roof
表 4. 煤层顶板岩石物理力学测试成果表

孔号	岩性	起始深度(m)	单轴抗拉强度(Mpa)	单轴抗压强度(MPa)	弹性模量(Gpa)	泊松比	抗剪强度																																																																																																																																																																
							凝聚力(MPa)	内摩擦角(度)																																																																																																																																																															
二-三~三 Kz1	风化砂质泥岩	506.3	0.114	4.02	0.482	0.281	2.023	18.716																																																																																																																																																															
		514.7							三~三-四 Kz2	风化砂质泥岩	515.9	0.295	11.855	1.746	0.253	1.787	31.558	522.5	三~三-四 Kz2	风化砂质泥岩	499.00~509.70	0.049	3.28	0.592	0.276	0.1741	52.073	511.60~520.30	0.201	1.069	1.537	0.256	0.891	18.056	四-五 Kz1	风化砂质泥岩	483	0.414	25.202	3.481	0.238	0.899	55.733	500	三~三-四 Kz2	风化粉砂岩	532.00~535.00	1.313	38.79	5.314	0.228	3.539	41.968	529.30~532.00	5.698	28.84	5.058	0.231	1.541	45.143	四-五 1	泥岩(底)	555	0.53	11.37	3.128	0.27	2	34	556	二-三 2	砂质泥岩(底)	589.15~591.00	0.67	16.6	6.241	0.25	3	38	二-三~三 Kz1	砂质泥岩	522.5	0.8	21.906	4.013	0.235	1.979	17.099	531.4	三~三-四 Kz2	砂质泥岩(底)	541.40~546.50	0.785	14.802	2.478	0.243	1.582	44.333	三-四 1	砂质泥岩(底)	561~568.5	0.51	12.23	5.139	0.26	2.5	35	四-五 Kz1	砂质泥岩	511.8	0.614	24.257	2.794	0.243	0.866	49.839	515	二-三 2	粉砂岩	529.11	0.822				1.54	48.633	533.51	二-三 2	粉砂岩	572.0~579.0	1.14	28.03	13.89	0.23	5.5	40.5	二-三~三 Kz1	粉砂岩(底)	552.8	1.787	41.705	9.256	0.217	4.327	15.103	559.5	三~三-四 Kz2	粉砂岩(底)	541.40~546.50	0.934	26.076	6.774	0.223	2.438	44.169	四-五 Kz1	粉细砂岩	510.1	0.773	24.909	3.172	0.24	2.204	38.165	511.8	四-五 Kz1	细砂岩
三~三-四 Kz2	风化砂质泥岩	515.9	0.295	11.855	1.746	0.253	1.787	31.558																																																																																																																																																															
		522.5							三~三-四 Kz2	风化砂质泥岩	499.00~509.70	0.049	3.28	0.592	0.276	0.1741	52.073	511.60~520.30	0.201	1.069	1.537	0.256	0.891	18.056	四-五 Kz1	风化砂质泥岩	483	0.414	25.202	3.481	0.238	0.899	55.733	500	三~三-四 Kz2	风化粉砂岩	532.00~535.00	1.313	38.79	5.314	0.228	3.539	41.968	529.30~532.00	5.698	28.84	5.058	0.231	1.541	45.143	四-五 1	泥岩(底)	555	0.53	11.37	3.128	0.27	2	34	556	二-三 2	砂质泥岩(底)	589.15~591.00	0.67	16.6	6.241	0.25	3	38	二-三~三 Kz1	砂质泥岩	522.5	0.8	21.906	4.013	0.235	1.979	17.099	531.4	三~三-四 Kz2	砂质泥岩(底)	541.40~546.50	0.785	14.802	2.478	0.243	1.582	44.333	三-四 1	砂质泥岩(底)	561~568.5	0.51	12.23	5.139	0.26	2.5	35	四-五 Kz1	砂质泥岩	511.8	0.614	24.257	2.794	0.243	0.866	49.839	515	二-三 2	粉砂岩	529.11	0.822				1.54	48.633	533.51	二-三 2	粉砂岩	572.0~579.0	1.14	28.03	13.89	0.23	5.5	40.5	二-三~三 Kz1	粉砂岩(底)	552.8	1.787	41.705	9.256	0.217	4.327	15.103	559.5	三~三-四 Kz2	粉砂岩(底)	541.40~546.50	0.934	26.076	6.774	0.223	2.438	44.169	四-五 Kz1	粉细砂岩	510.1	0.773	24.909	3.172	0.24	2.204	38.165	511.8	四-五 Kz1	细砂岩	515.8	4.06	90.406	10.708	0.214	1.99	46.835	529.11		
三~三-四 Kz2	风化砂质泥岩	499.00~509.70	0.049	3.28	0.592	0.276	0.1741	52.073																																																																																																																																																															
		511.60~520.30							0.201	1.069	1.537	0.256	0.891	18.056																																																																																																																																																									
四-五 Kz1	风化砂质泥岩	483	0.414	25.202	3.481	0.238	0.899	55.733																																																																																																																																																															
		500							三~三-四 Kz2	风化粉砂岩	532.00~535.00	1.313	38.79	5.314	0.228	3.539	41.968	529.30~532.00	5.698	28.84	5.058	0.231	1.541	45.143	四-五 1	泥岩(底)	555	0.53	11.37	3.128	0.27	2	34	556	二-三 2	砂质泥岩(底)	589.15~591.00	0.67	16.6	6.241	0.25	3	38	二-三~三 Kz1	砂质泥岩	522.5	0.8	21.906	4.013	0.235	1.979	17.099	531.4	三~三-四 Kz2	砂质泥岩(底)	541.40~546.50	0.785	14.802	2.478	0.243	1.582	44.333	三-四 1	砂质泥岩(底)	561~568.5	0.51	12.23	5.139	0.26	2.5	35	四-五 Kz1	砂质泥岩	511.8	0.614	24.257	2.794	0.243	0.866	49.839	515	二-三 2	粉砂岩	529.11	0.822				1.54	48.633	533.51	二-三 2	粉砂岩	572.0~579.0	1.14	28.03	13.89	0.23	5.5	40.5	二-三~三 Kz1	粉砂岩(底)	552.8	1.787	41.705	9.256	0.217	4.327	15.103	559.5	三~三-四 Kz2	粉砂岩(底)	541.40~546.50	0.934	26.076	6.774	0.223	2.438	44.169	四-五 Kz1	粉细砂岩	510.1	0.773	24.909	3.172	0.24	2.204	38.165	511.8	四-五 Kz1	细砂岩	515.8	4.06	90.406	10.708	0.214	1.99	46.835	529.11																												
三~三-四 Kz2	风化粉砂岩	532.00~535.00	1.313	38.79	5.314	0.228	3.539	41.968																																																																																																																																																															
		529.30~532.00							5.698	28.84	5.058	0.231	1.541	45.143																																																																																																																																																									
四-五 1	泥岩(底)	555	0.53	11.37	3.128	0.27	2	34																																																																																																																																																															
		556							二-三 2	砂质泥岩(底)	589.15~591.00	0.67	16.6	6.241	0.25	3	38	二-三~三 Kz1	砂质泥岩	522.5	0.8	21.906	4.013	0.235	1.979	17.099	531.4	三~三-四 Kz2	砂质泥岩(底)	541.40~546.50	0.785	14.802	2.478	0.243	1.582	44.333	三-四 1	砂质泥岩(底)	561~568.5	0.51	12.23	5.139	0.26	2.5	35	四-五 Kz1	砂质泥岩	511.8	0.614	24.257	2.794	0.243	0.866	49.839	515	二-三 2	粉砂岩	529.11	0.822				1.54	48.633	533.51	二-三 2	粉砂岩	572.0~579.0	1.14	28.03	13.89	0.23	5.5	40.5	二-三~三 Kz1	粉砂岩(底)	552.8	1.787	41.705	9.256	0.217	4.327	15.103	559.5	三~三-四 Kz2	粉砂岩(底)	541.40~546.50	0.934	26.076	6.774	0.223	2.438	44.169	四-五 Kz1	粉细砂岩	510.1	0.773	24.909	3.172	0.24	2.204	38.165	511.8	四-五 Kz1	细砂岩	515.8	4.06	90.406	10.708	0.214	1.99	46.835	529.11																																																						
二-三 2	砂质泥岩(底)	589.15~591.00	0.67	16.6	6.241	0.25	3	38																																																																																																																																																															
二-三~三 Kz1	砂质泥岩	522.5	0.8	21.906	4.013	0.235	1.979	17.099																																																																																																																																																															
		531.4							三~三-四 Kz2	砂质泥岩(底)	541.40~546.50	0.785	14.802	2.478	0.243	1.582	44.333	三-四 1	砂质泥岩(底)	561~568.5	0.51	12.23	5.139	0.26	2.5	35	四-五 Kz1	砂质泥岩	511.8	0.614	24.257	2.794	0.243	0.866	49.839	515	二-三 2	粉砂岩	529.11	0.822				1.54	48.633	533.51	二-三 2	粉砂岩	572.0~579.0	1.14	28.03	13.89	0.23	5.5	40.5	二-三~三 Kz1	粉砂岩(底)	552.8	1.787	41.705	9.256	0.217	4.327	15.103	559.5	三~三-四 Kz2	粉砂岩(底)	541.40~546.50	0.934	26.076	6.774	0.223	2.438	44.169	四-五 Kz1	粉细砂岩	510.1	0.773	24.909	3.172	0.24	2.204	38.165	511.8	四-五 Kz1	细砂岩	515.8	4.06	90.406	10.708	0.214	1.99	46.835	529.11																																																																									
三~三-四 Kz2	砂质泥岩(底)	541.40~546.50	0.785	14.802	2.478	0.243	1.582	44.333																																																																																																																																																															
三-四 1	砂质泥岩(底)	561~568.5	0.51	12.23	5.139	0.26	2.5	35																																																																																																																																																															
四-五 Kz1	砂质泥岩	511.8	0.614	24.257	2.794	0.243	0.866	49.839																																																																																																																																																															
		515							二-三 2	粉砂岩	529.11	0.822				1.54	48.633	533.51	二-三 2	粉砂岩	572.0~579.0	1.14	28.03	13.89	0.23	5.5	40.5	二-三~三 Kz1	粉砂岩(底)	552.8	1.787	41.705	9.256	0.217	4.327	15.103	559.5	三~三-四 Kz2	粉砂岩(底)	541.40~546.50	0.934	26.076	6.774	0.223	2.438	44.169	四-五 Kz1	粉细砂岩	510.1	0.773	24.909	3.172	0.24	2.204	38.165	511.8	四-五 Kz1	细砂岩	515.8	4.06	90.406	10.708	0.214	1.99	46.835	529.11																																																																																																					
二-三 2	粉砂岩	529.11	0.822				1.54	48.633																																																																																																																																																															
		533.51							二-三 2	粉砂岩	572.0~579.0	1.14	28.03	13.89	0.23	5.5	40.5	二-三~三 Kz1	粉砂岩(底)	552.8	1.787	41.705	9.256	0.217	4.327	15.103	559.5	三~三-四 Kz2	粉砂岩(底)	541.40~546.50	0.934	26.076	6.774	0.223	2.438	44.169	四-五 Kz1	粉细砂岩	510.1	0.773	24.909	3.172	0.24	2.204	38.165	511.8	四-五 Kz1	细砂岩	515.8	4.06	90.406	10.708	0.214	1.99	46.835	529.11																																																																																																															
二-三 2	粉砂岩	572.0~579.0	1.14	28.03	13.89	0.23	5.5	40.5																																																																																																																																																															
二-三~三 Kz1	粉砂岩(底)	552.8	1.787	41.705	9.256	0.217	4.327	15.103																																																																																																																																																															
		559.5							三~三-四 Kz2	粉砂岩(底)	541.40~546.50	0.934	26.076	6.774	0.223	2.438	44.169	四-五 Kz1	粉细砂岩	510.1	0.773	24.909	3.172	0.24	2.204	38.165	511.8	四-五 Kz1	细砂岩	515.8	4.06	90.406	10.708	0.214	1.99	46.835	529.11																																																																																																																																		
三~三-四 Kz2	粉砂岩(底)	541.40~546.50	0.934	26.076	6.774	0.223	2.438	44.169																																																																																																																																																															
四-五 Kz1	粉细砂岩	510.1	0.773	24.909	3.172	0.24	2.204	38.165																																																																																																																																																															
		511.8							四-五 Kz1	细砂岩	515.8	4.06	90.406	10.708	0.214	1.99	46.835	529.11																																																																																																																																																					
四-五 Kz1	细砂岩	515.8	4.06	90.406	10.708	0.214	1.99	46.835																																																																																																																																																															
		529.11																																																																																																																																																																					

3.1.2. 保护层厚度选取

根据“三下”规范中附表(见表5), 应该取:

$$H_b = 4A。$$

Table 5. Waterproof and safe coal rock (pillar) protective layer thickness (according to the “three under” regulations)
表 5. 防水安全煤岩(柱)保护层厚度(据“三下”规程)

覆岩岩性	松散层底部粘性土层厚度大于累计采厚/m	松散层底部粘性土层厚度小于累计采厚/m	松散层全厚小于累计采厚/m	松散层底部无粘性土层/m
坚硬	4A	5A	6A	7A
中硬	3A	4A	5A	6A
软弱	2A	3A	4A	5A
极软弱	2A	2A	3A	4A

注: $A = \frac{\sum M}{n}$, $\sum M$ 为累计采厚, n 为分层层数。适用于缓倾斜($0^\circ \sim 35^\circ$)、中倾斜($36^\circ \sim 54^\circ$)煤层。

3.1.3. 防水安全煤(岩)柱厚度 H_{sh}

$$H_{sh} = H_{li} + H_b + H_{fe} \quad (2)$$

其中 H_{fe} 为基岩风化带厚度。

3.2. 煤层安全煤(岩)柱计算

11-2 煤厚度 3.0 m, 倾角 6° , 根据已有研究成果, 顾桥矿北二采区导水裂缝带高度为 42~43 m, 为采高的 14.3 倍。北二采区防水安全煤(岩)柱为:

$$H_{sh} = 14.3 \sum M + 4A + H_{fe} \quad (3)$$

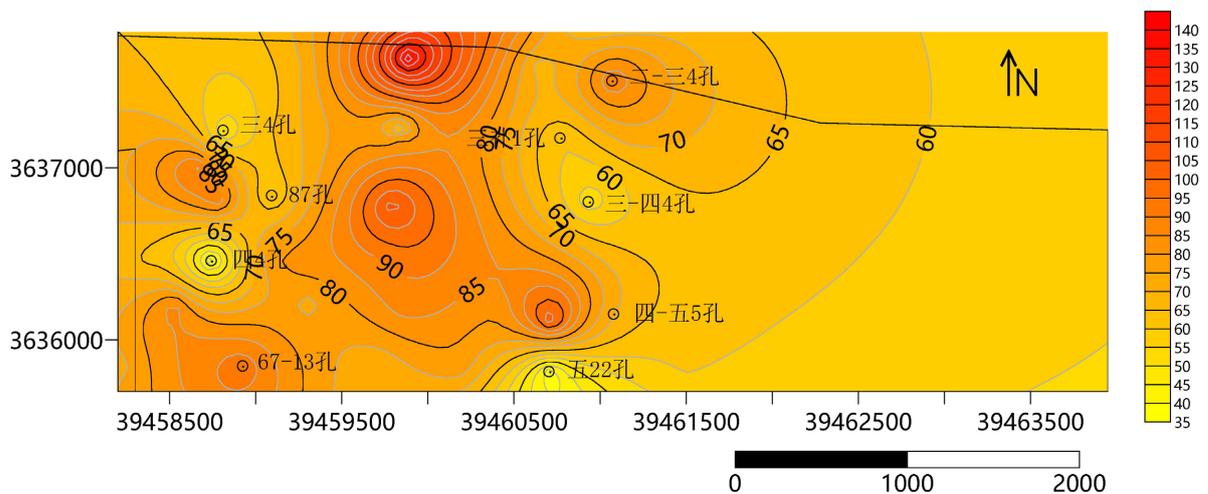


Figure 4. The contour map of the waterproof and safe coal (rock) pillar

图 4. 防水安全煤(岩)柱等值线图

由公式 3 计算, 得到防水安全煤(岩)柱等值线图, 图 4 可以看出, 采区东部防水安全煤(岩)柱基本在 65 m 以下, 采区西部在三 4 孔以北以西和以四 4 孔为中心地区, 防水安全煤(岩)柱基本在 65 m 以下, 采区西部, 三 4 孔、87 孔、四 4 孔和 67-13 孔以东地区, 防水安全煤(岩)柱均大于 75 m。

3.3 煤层回采上限计算

采区回采上限:

$$H_{11-2} = H - H_{sh} \tag{4}$$

式中: H_{11-2} 为 11-2 煤层开采上限, H 为基岩面标高

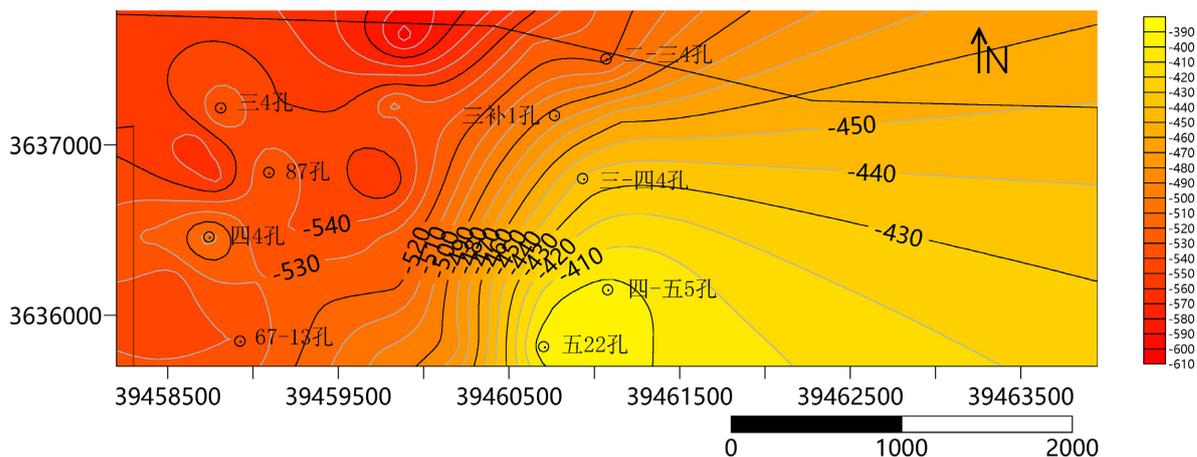


Figure 5. The contour map of the upper limit of the stoping in the North No.2 mining area

图 5. 北二采区回采上限等值线图

由公式 4 计算, 得到北二采区回采上限等值线图, 由图 5 可以看出北二采区东部回采上限基本在 -400 m 以下, 采区西部回采上限平均在 -540 m 左右, 在三 4 孔、三补 1 孔以北, 二-三 4 孔以西, 回采上限基本在 -600 m 以下。

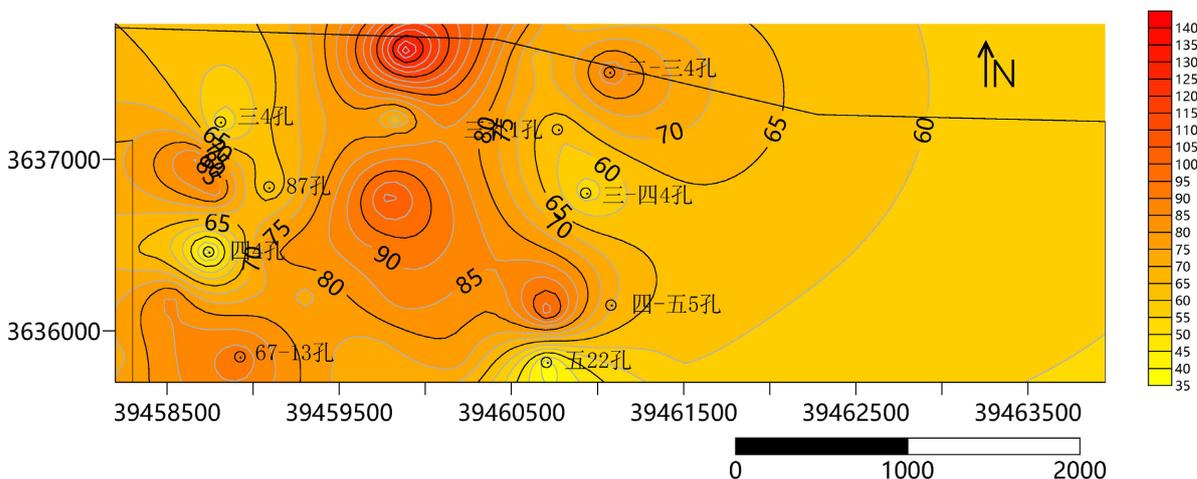


Figure 6. Contour map of the distance between the upper limit of mining and the distance from the bedrock surface

图 6. 回采上限与基岩面距离等值线图

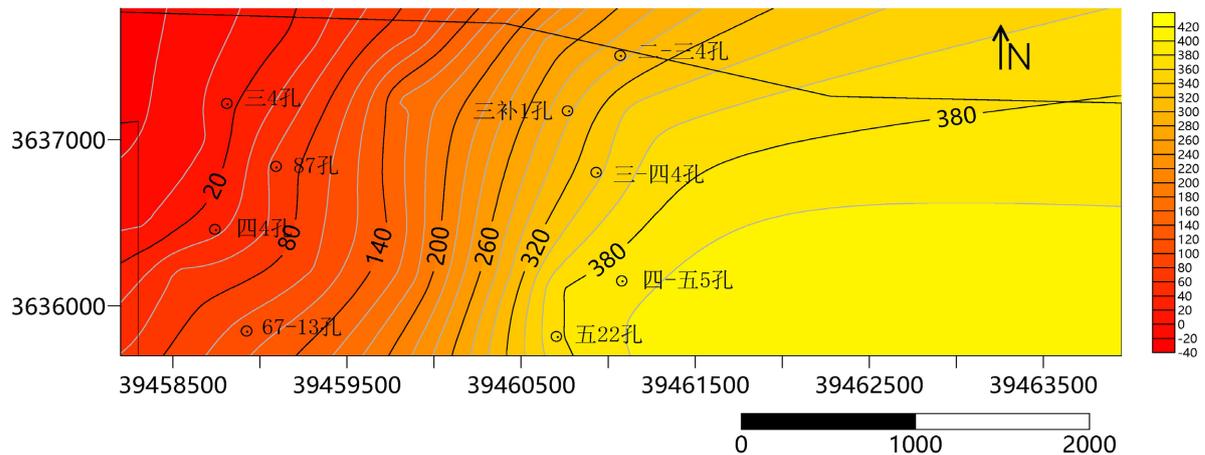


Figure 7. The distance between the water-conducting fracture zone and the bedrock surface

图 7. 导水裂缝带与基岩面距离

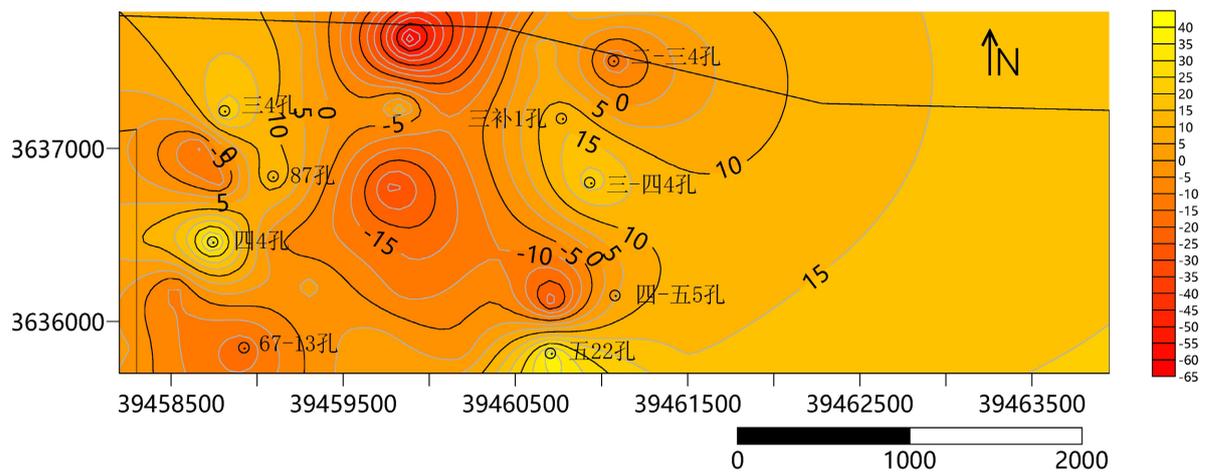


Figure 8. Contour map for calculating the difference between the water-proof and safe coal (rock) pillar and the remaining length

图 8. 计算防水安全煤(岩)柱与留设长度差值等值线图

3.4. 煤层提高回采上限可行性分析

根据《顾桥矿北二采区上盘区补充勘探地质报告》(2013)上限为基岩面下 60 m, 对回采上限与基岩面标高做差, 得到回采上限与基岩面的等值线图, 由图 6 可以看出在采区东部回采上限与基岩面距离基本在 60~65 m 之间, 在采区西部, 三 4 孔、87 孔、四 4 孔和 67-13 孔以东地区, 回采上限与基岩面距离均大于 75 m, 在以四 4 孔为中心地区与三 4 孔以北以西地区, 回采上限与基岩面距离均小于 65 m。根据现有资料, 风氧化带对导水裂缝带的发育高度具有抑制作用, 在采区西部, 风化带厚度在 18~42 m 之间, 平均 30 m 左右, 在以四 4 孔为中心地区与三 4 孔以北以西地区具有回采上限的可能性, 但由于此处导水裂缝带与基岩面距离太近, 基本小于 20 m, 提高回采上限可能会造成松散层的压架突水, 因此采区西部不建议提高回采上限。采区东部基岩风化带厚度在 20 m 以下, 平均 13~14 m 左右, 导水裂缝带与基岩面距离也在 300 m 以上(见图 7), 因此采区东部具有提高回采上限条件[14] [15] [16]。

4. 结语

本文遵循煤层开采上限相关规范依据, 对研究区煤层含水层富水性等级和采动等级进行分析, 得到

研究区的水体采动等级及允许采动的程度,为后续分析创造有利的依据,同时研究基岩面高度及基岩风化带厚度、煤层覆岩力学类型,最后提出经验推导公式。通过层层分析、逻辑分析、公式推导得出研究区相关结论资料。进行煤层回采上限分析、对研究区煤层提高回采上限可行性有如下分析:根据《淮南矿业集团顾桥矿北二采区新生界水文地质条件补勘报告》(2016)建议留设的防水安全煤(岩)柱(75 m),补勘报告中建议留设的防水安全煤(岩)柱(75 m)减去采用公式 3 计算结果,得到计算防水安全煤(岩)柱与留设长度差值等值线图,由图 8 可以看出采区东部计算结果小于报告建议结果,防水煤柱可缩小 10~15 m,具备提高回采上限可能性。采区西部,三 4 孔、87 孔、四 4 孔和 67-13 孔以东地区,计算结果与报告差值均为负值,而在以四 4 孔为中心地区与三 4 孔以北以西地区计算结果与报告虽为正值,但由于导水裂缝带与基岩面距离太近,也不具备提高回采上限可能性,因此,采区西部不建议提高回采上限。

基金项目

安徽理工大学研究生创新基金项目(2021CX2009)。

参考文献

- [1] 郭祥瑞. 邹庄煤矿 7401 工作面综放开采防水煤柱留设研究[D]: [硕士学位论文]. 徐州: 中国矿业大学, 2019.
- [2] 孟召平, 高延法, 卢爱红, 王睿, 乔旭, 黄成玉. 第四系松散含水层下煤层开采突水危险性 & 防水煤柱确定方法[J]. 采矿与安全工程学报, 2013, 30(1): 23-29.
- [3] 杨达明, 郭文兵, 谭毅, 白二虎. 薄基岩厚松散含水层下综放开采安全性研究[J]. 安全与环境学报, 2018, 18(1): 129-134.
- [4] 鲁建国, 李飞帆, 张新国. 条带充填参数对提高开采上限影响分析及应用研究[J]. 煤炭技术, 2019, 38(7): 3-6.
- [5] 鹿亮亮, 邵明喜, 曹思文, 张锐, 刘彬. 薄基岩特厚煤层工作面提高开采上限综合研究[J]. 煤炭技术, 2016, 35(5): 54-57.
- [6] 李运江, 武宇亮, 李华. 鲍店井田第四系松散层对开采上限的影响[J]. 煤矿现代化, 2015(2): 59-61.
- [7] 顾大钊, 张勇, 曹志国. 我国煤炭开采水资源保护利用技术研究进展[J]. 煤炭科学技术, 2016, 44(1): 1-7.
- [8] 鄧荣伟. 特厚松散含水层下提高开采上限可行性研究[J]. 煤炭工程, 2017, 49(8): 43-45.
- [9] 陈彦昭, 赵露. 泉店煤矿东翼新近系厚松散含水层下提高开采上限技术[C]//中国煤炭学会. 2017 煤炭安全高效绿色开采地质保障技术研讨会论文集. 2017: 4.
- [10] 邵小朋, 朱庆伟, 李博. 丁集煤矿 1521(3)工作面提高开采上限可行性研究[J]. 华北科技学院学报, 2017, 14(1): 61-64.
- [11] 张吉雄, 李猛, 邓雪杰, 李剑. 含水层下研石充填提高开采上限方法与应用[J]. 采矿与安全工程学报, 2014, 31(2): 220-225.
- [12] 于钟博, 刘延欣, 武宇亮, 王建. 基于钻孔成像技术与数值模拟的“两带”高度研究[J]. 煤矿安全, 2019, 50(6): 201-204.
- [13] 邓雪杰, 谭辅清, 房萧. 五沟煤矿第四含水层下合理回采上限分析[J]. 煤炭工程, 2012(4): 79-81+84.
- [14] 郭忠平, 文志杰, 王付清. 厚冲积层下厚煤层分层开采提高开采上限的研究[J]. 煤炭学报, 2008(11): 1220-1223.
- [15] 赵明, 赵健, 郑志阳. 谢桥矿水体下煤层 1202(1)工作面提高开采上限研究[J]. 中国煤炭, 2016, 42(12): 58-62+106.
- [16] 刘近国, 马海涛, 刘亚. 杨村煤矿 3 煤区域提高开采上限可行性研究[J]. 煤矿现代化, 2014(3): 106-109.