

研究报告

晋城矿务局古书院矿高产高效工作面瓦斯涌出规律研究及抽放可行性参数测定

焦作矿业学院瓦斯地质研究所

晋 城 矿 务 局

一九九三年九月

2024年12月15日
2024年12月15日

2024年12月15日

2024年12月15日

2024年12月15日

研究报告

晋城矿务局古书院矿 11303 高产高效工作面是我国首家日产万吨工作面，机械化程度高、产量集中，开采强度大。在工作面生产过程中瓦斯涌出量达 $27.45\text{m}^3/\text{min}$ ，工作面上隅角瓦斯局部积聚，回风系统瓦斯超限，严重影响安全生产，威胁职工生命安全。高产高效面瓦斯管理是一个令人不安的重大问题。对此局矿领导十分重视，曾研究各种办法和对策。为了全面掌握高产高效面瓦斯涌出规律、测定有关瓦斯参数及评价瓦斯抽放可行性，为优化通风管理和采取针对性的瓦斯防治措施提供科学依据，局矿提出了“古书院矿 11303 采面瓦斯涌出规律研究及抽放瓦斯可行参数测定”项目，经过可行性论证，由焦作矿业学院和晋城矿务局共同承担。该项研究将填补我国日产万吨高产高效工作面瓦斯涌出规律研究的空白，具有十分重要的意义。

1 项目的主要研试内容及目标

1.1 主要研试内容

1.1.1 煤层瓦斯基本参数测定

- a. 煤层瓦斯含量测定；
- b. 煤层瓦斯压力测定。

1.1.2 有关瓦斯抽放可行性评价参数测定

- a. 透气性系数测定；
- b. 孔隙率测定；
- c. 百米钻孔瓦斯流量衰减系数测定。

1.1.3 工作面瓦斯涌出规律研究

- a. 煤壁、落煤、运煤瓦斯放散特征测定；
- b. 工作面风速、瓦斯浓度分布规律研究；
- c. 工作面瓦斯涌出量与回采工序、回采速度关系；
- d. 采面瓦斯来源分析、工作面及下分层工作面瓦斯涌出量预测。

1.2 目标

1.2.1 研究高产高效工作面瓦斯涌出规律，为古矿及晋城局高产高效工作面瓦斯预测和制定瓦斯防治措施提供科学依据。

1.2.2 通过煤层瓦斯诸参数测定，对煤层瓦斯抽放可行性进行评价。

1.2.3 该项目研究建立的工作方法，可以在晋城矿区其他高产高效工作面设计和生产阶段推广应用。

2 课题取得的研究成果

经过课题组全体同志的艰苦工作与试验研究,已完成了该项目计划任务书和合同中规定的全部工作内容,达到了预期的目的,取得了以下研究成果:

2.1 瓦斯基本参数测定

2.1.1 采用世界上最先进的胶囊—粘液煤层瓦斯压力测定技术,在瓦斯较低的煤层中成功地测得了瓦斯压力,其值为 2.0~3.7at,平均值为 2.7at。

2.1.2 采用直接法和间接法测定了煤层瓦斯含量。在间接法测定煤层瓦斯含量时首次考虑了不同气体组分(N_2 和 CO_2)对吸附瓦斯含量的影响,并进行了计算。直接法测定结果为 $1.01\sim 7.73m^3/t$,平均值为 $5.64m^3/t$;间接法测定结果为 $5.761\sim 6.76m^3/t$,平均值为 $6.30m^3/t$ 。间接法的测定结果是直接法的 1.12 倍。

2.1.3 测定百米钻孔瓦斯流量衰减系数时考虑了巷道卸压带的影响,首创了补偿钻孔测定法,并采用了专门设计的低瓦斯流量测定装置,排除了封孔阻力的影响,测出了低瓦斯流量钻孔的百米钻孔瓦斯流量衰减系数,其值为 0.119~0.146。

2.1.4 采用径向流量法测定计算了煤层瓦斯透气性系数。在计算过程中首次采用了 Langmuir 方程替代抛物线型瓦斯含量方程,使结果更切合实际,测定结果为 $2.1\times 10^{-3}\sim 1.02\times 10^{-2}m^2/at^2.d$ 。

2.1.5 测定古矿 11303 工作面煤的孔隙率为 5~10%;孔隙容积为 $0.038\sim 0.063m^3/t$ 。

2.2 工作面瓦斯涌出规律

2.2.1 11303 高产高效工作面的特点是煤层瓦斯含量低,但由于开采强度大,产量集中,工作面绝对瓦斯涌出量大。瓦斯涌出量与平均日产量之间的关系符合 $Q=5.48+1.53\times 10^{-3}A$,产量可视为工作面瓦斯涌出量大的决定因素。

2.2.2 根据工作面风流瓦斯浓度分布测定结果,工作面风流瓦斯浓度分布是不均衡的,采面中部和回风上隅角靠近采空区一侧瓦斯浓度较高。在煤壁和采空区之间出现一个低瓦斯带,瓦斯积聚的部位是回风上隅角。沿采长方向上顺风流方向瓦斯浓度递增。

2.2.3 采场风速分布同样存在不均衡性。工作面中部和回风上隅角存在两个低风速区,与瓦斯浓度分布吻合。靠近煤壁一侧存在高风速带,低风速带位于采空区一侧。沿采长方向上,从主进至回风,风量从 $1435m^3/min$ 降至 $970m^3/min$;有效风量率从 100%降至 66%。因此,顺风流方向瓦斯涌出量增长率为 $0.023m^3/min.m$ 。

2.2.4 通过测定工作面不同位置煤壁瓦斯涌出强度,提出了煤壁瓦斯涌出量计算公式。计算得到该工作面测定条件下的煤壁瓦斯涌出量为 $1.14m^3/min$ 。

2.2.5 采用现场与实验室结合的方法,研究了落煤瓦斯涌出规律,计算得到落煤瓦斯涌出量为 $2.05m^3/min$ 。还研究了不同块度、不同压力下的煤样瓦斯放散特征。

2.2.6 研究了工作面生产工序与瓦斯涌出量之间的关系,结果表明,割煤、移架时工作面瓦斯涌出量出现大峰值,瓦斯涌出量与机组工作状态同步变化。通过分析计算得到工作面瓦斯涌出不均衡系数为 1.54,它是采区通风设计的重要参数。

2.2.7 进行了工作面瓦斯来源构成的研究,把工作面瓦斯来源分成三大方面,入风瓦斯占 18.5%,采面瓦斯占 44%,邻近层(包括下分层)瓦斯占 37.5%。研究了分层开采的瓦斯涌出系数,上下分层开采时瓦斯涌出系数分别为 1.4 和 0.6。这对分层开采时工作面瓦斯治理具有指导意义。

2.3 煤层瓦斯抽放可行性评价

煤层透气性系数是煤层瓦斯流动及抽放瓦斯难易程度的标志,单位为 $\text{m}^3/\text{at}^2 \cdot \text{d}$ 。钻孔瓦斯流量衰减系数是 100m 长度钻孔瓦斯流量随时间的延长衰减变化的参数,它可以作为衡量本煤层瓦斯预抽放难易程度的一种指标。原中国统配煤矿总公司颁布的《矿井瓦斯抽放管理规范》第 16 条规定:对未卸压的原始煤层,瓦斯抽放的难易程度可以划分为三类,主要是依据钻孔流量衰减系数和煤层透气性系数两个指标来划分的。

我们实测的结果为:

钻孔流量衰减系数 $\alpha = 0.119 \sim 0.146 > 0.05$,属难以抽放;

煤层透气性系数 $\lambda = 2.1 \sim 10.2 \times 10^{-3}$ 在 0.001 和 0.1 之间,属可以抽放。

综合以上分析我们认为就目前的煤层条件,本煤层属难以抽放。虽然煤层透气性系数 λ 不算太小,但煤层瓦斯含量不大,不可解吸瓦斯量比例较大,无法进行抽放。但如果采取措施,改变煤层条件,增加煤层瓦斯流动性,提高透气性系数,可以考虑进行卸压抽放或采空区抽放等。

2.4 工作面瓦斯涌出量预测

2.4.1 煤层瓦斯含量法

煤层瓦斯含量法预测瓦斯涌出量近几年在国内得到了广泛应用并取得了可喜的效果。具有安全可靠、精度高的特点,预测准确率达到 80% 以上。

2.4.1.1 邻近层瓦斯涌出量预测

邻近层瓦斯涌出主要来源于顶底板邻近煤层,在采高为 2.8m,工作面长度为 220m,推进速度为 4~10m/d 的条件下,可用下式进行计算:

$$q_{\text{邻}} = K \cdot \sum \frac{M_i}{M} \eta_i W_0 \quad (1)$$

式中 K —围岩瓦斯涌出系数。(一般取 1.2);

M_i —邻近层厚度, m;

M —开采层采高, m;

η_i —邻近层瓦斯排放率, %;

W_0 —煤层瓦斯含量。

经上式计算: $q_{\text{采}} = 0.945 \text{ m}^3 / \text{t}$ 。

2.4.1.2 开采层瓦斯涌出量预测

开采层瓦斯涌出实际上是生产煤炭的瓦斯含量与残存瓦斯含量之差。由于采煤工艺不同,采落煤炭的破碎程度及在工作面内停留的时间不同,开采层瓦斯涌出量不同。实测结果表明:落煤破碎的程度越大也就相当于暴露在大气中的表面积愈大,泄出的瓦斯量越大。残存于采落煤块中的瓦斯取决于煤的牌号、煤的结构、煤的瓦斯含量。通过实测,我们利用以下两种方法计算开采层的瓦斯涌出量:

第一种方法:

$$q_{\text{开}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_{3f} \cdot K_4 \cdot (W_0 - W_c) \quad (2)$$

式中 K_1 —工作面丢煤瓦斯涌出系数,当工作面回采率为 90% 时, $K_1 = 1.1$;

$$K_2$$
—掘进预排系数, $K_2 = \frac{L - 2h}{L} = 0.91$

L —工作面长度, $L = 220 \text{ m}$;

h —掘进巷道预排宽度, $h = 10 \text{ m}$;

K_{3f} —分层开采瓦斯涌出系数,实测 $K_{3f} = 1.4$;

K_4 —工作面瓦斯涌出不均衡系数,实测 $K_4 = 1.54$;

W_0 —煤层瓦斯含量, m^3/t ;

W_c —煤的残存瓦斯含量,根据煤样实验室测定为

$$W_c = 10.25e^{-\frac{4.61}{W}} = 4.84 \text{ m}^3 / \text{t}$$

计算为 $q_{\text{开}} = 3.15 \text{ m}^3 / \text{t}$ 。

第二种方法:

$$q_{\text{开}} = q_{\text{壁}} + q_{\text{落}} + q_{\text{运}} + q_{\text{空}} \quad (3)$$

式中 $q_{\text{壁}}$ —煤壁瓦斯涌出量,日产为 6000t 时,实测:

$$q_{\text{壁}} = \frac{q_0 VM (1 - e^{-\frac{M}{V}})}{\beta} = 1.14 \text{ m}^3 / \text{min};$$

$q_{\text{落}}$ —落煤瓦斯涌出量,日产为 6000t 时,实测:

$$q_{\text{落}} = \frac{abLT}{1440(2V + bT)} = 1.21 \text{ m}^3 / \text{min};$$

$q_{\text{运}}$ —运煤瓦斯涌出量,日产为 6000t 时,实测 $q_{\text{运}} = 0.84 \text{ m}^3 / \text{min}$;

$q_{\text{空}}$ —采空区瓦斯涌出量;

ζ —采空区瓦斯涌出系数,经计算为 57.6%。

$$q_{\text{空}} = (q_{\text{壁}} + q_{\text{落}} + q_{\text{运}}) \times \zeta / (1 - \zeta) = 4.33 \text{ m}^3 / \text{min}.$$

$$q_{\text{开}} = 7.523 \text{ m}^3 / \text{min}$$

2.4.1.3 工作面总瓦斯涌出量

工作面瓦斯涌出量为 $q_{\text{总}} = q_{\text{采}} + q_{\text{开}} = 4.10$ 。当日产量为 4000t、6000t、8000t、10000t 时的预测结果见表 1。

表1 瓦斯含量法预测瓦斯涌出量结果表

日产(t)	进风瓦斯量	开采层瓦斯量	邻近层瓦斯量	开+邻	总量
4000	3.15	8.75	2.63	11.38	14.53
8000	3.15	13.13	3.94	17.07	20.22
8000	3.15	17.50	5.25	22.75	25.90
10000	3.15	21.88	6.56	28.44	31.59

2.4.2 矿山统计预测法

经对工作面开采期间瓦斯涌出量与产量之间的关系进行统计分析,平均日产量与瓦斯涌出量之间存在如下关系式:

$$Q = 2.76 + \frac{4976}{A} \quad (4)$$

式中 Q--工作面相对瓦斯涌出量, m^3/t ;

A--工作面平均日产量, t.

并考虑到工作面瓦斯涌出不均衡系数 K₄ 对 11303 工作面瓦斯涌出量预测如表 2.

表2 统计法瓦斯涌出量预测结果表

序号	相对量	绝对量	产量(t)
1	8.0	16.87	4000
2	5.38	22.44	6000
3	5.07	28.17	8000
4	4.91	34.08	10000

2.4.3 下分层开采时瓦斯涌出量预测

分层开采的瓦斯涌出特点是上分层开采时瓦斯集中涌出,下分层开采时瓦斯涌出量小.可用下式进行预测:

$$Q = K_1 K_2 K_3 K_4 (W_1 - W_2) \quad (5)$$

当日产量为 8000t 时瓦斯涌出量为 $7.5m^3/min$. 根据预测结果,下分层开采时配风量为 $1000m^3$ 以上时即可满足生产要求.这时采用 U 型通风,可节省专用排放瓦斯巷道的工程费用.

2.5 瓦斯治理建议

古书院矿高产高效工作面的特点是煤层瓦斯含量不大,由于开采强度大,产量集中,造成工作面绝对瓦斯涌出量大,主要表现在回风上隅角和回风瓦斯浓度超限.煤层比较致密,透气性系数小,百米钻孔瓦斯流量衰减系数大,难

以进行本煤层抽放。因此建议:

2.5.1 在预测工作面瓦斯涌出量小于 $15\text{m}^3/\text{min}$ 时,采用 Y 型直向或偏 Y 型半直向通风方式。该通风方式的优点是:用单独风流稀释采空区瓦斯,能有效地消除上隅角的高瓦斯积聚,是处理工作面瓦斯的一种经济合理的方法;有两条新鲜风流巷道,提高工作面安全程度。苏联顿涅茨煤田马凯耶夫矿务局、我国松藻、阳泉矿务局都取得了明显的效果。

2.5.2 在预测工作面瓦斯涌出量大于 $15\text{m}^3/\text{min}$ 时,考虑采用直向通风和采空区抽放综合治理方法。采空区抽放是解决工作面安全生产,缓解工作面瓦斯超限矛盾行之有效的办法。

3 项目组织及成员

3.1 课题领导

彭立世	焦作矿院瓦斯地质所所长	教授
李凤堂	晋城矿务局副总工程师	高工
盖维珍	古书院矿总工程师	高工

3.2 项目主要完成人员

焦作矿业学院

秦祥基		课题组长
吕绍林		课题副组长
刘明举		课题副组长
郝杰锋		工程师

晋城矿务局

高宝林	通风处主任工程师	高工
段荣明	通风处处长	高工
袁希增	科技处主任工程师	高工
姜铁明	通风处	工程师
郝海金	科技处	工程师

古书院矿

张凤楼	副总工	高工
王宝玉	通风区长	工程师
王秋生	通风区副区长	工程师
赵中铃		技术员

在现场试验研究阶段得到了局矿领导大力支持和通风区通力合作,局矿为我们工作提供了良好的工作条件,在工作过程中局通风处、科技处及局有关领导对项目工作非常关心,极为重视,多次了解项目的进展情况,帮助解决工作中遇到的问题,对我们的工作给予了很大的支持,在此一并表示感谢!

