

**《煤矿瓦斯治理与利用总体方案》与《煤矿瓦斯治理与利用实施意见》
贯彻实施、建立健全安全生产长效机制和煤
矿瓦斯治理验收与评价考核、监督检查及
法律责任查处实务全书**

主编：叶选令（中国矿业大学教授）

第四册

中国煤炭出版社

TD712

Y-883

4

**《煤矿瓦斯治理与利用总体方案》与《煤矿瓦斯治理与利用实施意见》贯彻
实施、建立健全安全生产长效机制及煤矿瓦斯治理
验收与评价考核、监督检查及法律责任查处实务全书**

主编：叶选令（中国矿业大学教授）

第四册

中国煤炭出版社

目 录

第十六篇 煤矿瓦斯预测、监测及防治的技术改造

第一章 矿井瓦斯预测和监测技术	(3)
第一节 综掘工作面瓦斯预测技术	(3)
第二节 高产高效工作面瓦斯预测技术	(19)
第三节 矿井瓦斯监测技术与方法	(38)
第四节 矿井瓦斯监测、监控系统的开发	(47)
第二章 煤与瓦斯突出预测和防治技术	(60)
第一节 煤与瓦斯区域突出分布规律	(60)
第二节 矿井突出危险区域预测技术及装备	(75)
第三节 MJY-I 型煤与瓦斯突出监测预报系统	(88)
第四节 电磁辐射法预测突出危险性技术及便携式装备	(107)
第五节 掘进工作面防突综合配套技术的应用	(118)
第六节 矿井突出危险区域预测的瓦斯地质技术	(129)
第七节 石门揭煤的防突技术	(139)
第八节 工作面突出危险性实时跟踪预测技术及装备	(161)
第九节 长钻孔控制爆破防治突出技术	(179)
第十节 煤与瓦斯突出敏感指标的预测	(193)

第十七篇 煤矿安全技术和标准

第一章 煤矿下爆破作业安全规程	(215)
第二章 操作规程	(219)
第三章 煤矿救护规程	(220)
第四章 小煤矿安全生产基本条件	(265)
第五章 矿井安全评价指标体系定量指标划分标准	(267)

第十八篇 煤矿安全与瓦斯治理利用科技攻关

第一章	煤矿安全与瓦斯治理利用科技攻关机构	(278)
第二章	煤矿安全与瓦斯治理利用科技攻关计划	(285)
第三章	煤炭企业安全投入	(296)
第四章	煤炭安全技术开发	(302)

第十九篇 煤矿瓦斯事故典型案例分析

第一章	煤矿瓦斯爆炸事故案例	(317)
第二章	煤矿瓦斯突出事故案例	(395)
第三章	煤矿瓦斯煤尘爆炸事故案例	(415)

第二十篇 相关法律法规（煤矿安全违法查处及处罚标准）

第十六篇

煤炭瓦斯预测、监测 及防治的技术改造

第一章 矿井瓦斯预测和监测技术

第一节 综掘工作面瓦斯预测技术

综掘工作面瓦斯预测技术是综掘工作面通风设计及瓦斯防治与管理的基础,它决定着巷道的断面、风机能力的选择和瓦斯灾害治理的决策等。近十年来,随着采矿技术装备的飞跃发展,我国亦涌现出了一批综合机械化采煤、综合机械化掘进为特征的高产、高效集约化矿井,部分综掘面煤巷月掘进速度达300~600m。随着开采水平的延深,煤层瓦斯含量的增大,采掘工作面瓦斯涌出量也相应增大,采用现行的通风方式和装备仍存在瓦斯超限的问题,煤层瓦斯呈现条带状分布特征,高瓦斯带严重威胁矿井安全生产。因此,掌握煤层瓦斯赋存规律和综合机械化掘进工作面的煤壁、落煤瓦斯涌出特征,研究提出相应的瓦斯预测方法,为采掘供风、瓦斯治理和防治瓦斯突出提供可靠依据,具有重要意义。

本预测技术是通过平顶山矿区典型工作面瓦斯涌出的实测考察与分析的基础上建立起来的预测方法,对其他矿区具有指导意义。

一、平煤集团公司八矿和十矿的地质概况

平煤集团公司八矿和十矿为毗邻矿井,位于平顶山矿区东部,八矿距市中心11km,井田范围:东至沙河,西以21勘探线东500m与十矿为界,南以煤层露头及吕庄煤矿开采煤层(丁、戊组)下限(-100m)为界,北至李口向斜轴及白石沟逆断层,东西走向12km,南北倾斜宽4.5km,面积约54km²。

十矿距市中心3km,井田范围:西以25勘探线以一矿相邻,东以21勘探线600m分别与十二矿、八矿相邻,南以各煤层露头为界,北以李口向斜轴部及各煤层-1000m底板等高线为界,东西走向长4.8km,南北倾斜宽7.5km,面积约32.2km²。

井田内有3个煤系地层:上部为二叠系上石盒子组,含有丁、戊两可采煤层,中部为下二叠系山西组,含己组煤,下部为石炭纪太原组,含庚组煤。3个煤系地层总厚度约800m,主要可采煤层状况见表3-1-1,煤层柱状如图3-1-1所示,戊组和丁组煤为突出煤层。

表 3-1-1 主要可采煤层状况

煤 层	层间距 (m)	煤 种	煤厚 (m)	灰 分	挥 发 分
丁 ₅	0~7	1/3 焦煤	1.15	19.95~21.81	31.67~33.43
丁 ₆			1.6~2		
戊 ₈	70~90	肥煤	0.8~1	24.93~29.13	31.84~35
戊 ₉₋₁₀	0~17	气煤	4.1~4.3	15.83~22.55	32.63~34.97
戊 ₁₁	0.2~1	气肥煤、肥煤	1.8	22.79~25.92	31.24~32.73
己 ₁₅	160~180	肥煤、焦肥煤	1~4.75	8.51~15.17	24.36~31.36
己 ₁₆	0.49~3	肥煤、焦煤	0.5~1.75	10.19~12.92	26.23~28.29
己 ₁₇	0~10		13		
庚 ₂₀	70	肥煤	0.96	9.11~13	19~32.99

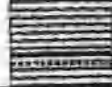
地层单位		累计厚度(m)	煤层厚度(m)	柱状图	岩性简述
第四系		4.2	4.2		黄土
		42.9	38.7		灰石夹黄泥
二 叠 系	石 盒 子 组	50.4	7.5		黄色中粒砂岩
		61.8	11.4		灰色页岩
		69.0	7.2		黄色页岩
		88.5	19.5		灰色页岩
		111.8	23.3		灰黄色细砂岩
		124.7	12.9		灰色页岩
		125.6	0.9		煤丁 ₁ (E ₁₁)
		137.1	11.5		灰白色中粒砂岩
		138.8	1.65		煤丁 ₂ (E ₁₁)
		167.8	29.0		灰色页岩
		195.1	27.3		灰白色砂质页岩夹细砂岩
		202.7	7.6		灰色页岩
		217.3	14.6		灰白色中粒砂岩
		222.7	5.4		深灰色页岩
		224.8	2.11		煤戊 ₈ (C ₁₇)
		226.3	1.5		黄质粘土页岩
		229.9	3.6		煤戊 ₉₋₁₁ (C ₁₈₋₁₈)
		257.4	27.5		灰色页岩
		278.0	20.6		灰白色中粒砂岩
	山西组	334.6	56.5		灰色页岩
		392.4	57.8		灰白色中粒砂岩及砂页岩
		406.5	14.1		灰色页岩
		407.9	1.41		煤己 ₁₅ (B ₁₀)
		413.4	5.5		黄质粘土页岩
		414.8	1.4		煤己 ₁₆ (B ₉)
		416.0	1.2		深灰色砂质页岩
		417.3	1.3		煤己 ₁₇ (B ₈)
石炭纪	太原组	426.5	9.2		灰色页岩
		465.1	38.6		石灰岩
		466.6	1.5		煤庚 ₂₀ (A ₄)
		475.2	8.6		灰色细砂岩夹砂质页岩
		484.4	9.2		石灰岩

图 3-1-1 煤系地层综合柱状图

八矿试验地点选择在己₁₅-13190 工作面的运输、回风顺槽, 走向长度 1100m, 工作面长度 160m, 煤层厚度 3.5m, 煤层倾角 10° 左右。

十矿的试验地点选择在戊₉₋₁₀-20100 工作面的运输、回风顺槽和戊₉₋₁₀-20150 工作面的运输、回风顺槽等 4 个地点。戊₉₋₁₀-20100 工作面走向长度为 1800m, 倾斜宽度 160m, 煤层厚度 4.2m, 煤层倾角东部最大为 27°, 向西缓至 15°~20°。戊₉₋₁₀-20150 工作面位于十矿北翼戊组零采区下山的第二阶段, 工作面走向长度 845m, 倾斜宽度 168m, 煤层厚度

4.2m 左右, 煤层倾角 17° 左右, 该煤层为气煤, 具有突出危险。

各试验地点掘进速度分别为:

八矿己₁₅-13190 工作面回风巷 2.89m/d;
己₁₅-13190 工作面运输巷 3.14m/d;
十矿戊₉₋₁₀-20100 工作面运输巷 5.47m/d;
戊₉₋₁₀-20100 工作面回风巷 6.19m/d;
十矿戊₉₋₁₀-20150 工作面运输巷 3.61m/d;
戊₉₋₁₀-20150 工作面回风巷 3.99m/d。

巷道断面分别为:

13190 工作面运输巷 10.2m^2 ;
13190 工作面回风巷 10.2m^2 ;
20100 工作面运输巷 12.8m^2 ;
20100 工作面回风巷 12.8m^2 ;
20150 工作面运输巷 12.8m^2 ;
20150 工作面回风巷 12.8m^2 。

二、综掘工作面瓦斯涌出特征及规律

(一) 综掘工作面瓦斯涌出特征

与炮掘工作面相比, 综掘工作面在瓦斯涌出方面主要有如下几个方面的特征。

(1) 掘进速度加快, 绝对瓦斯涌出量增大。由于综掘与炮掘工艺不同, 前者比后者掘进速度快得多, 煤层瓦斯释放速度加快, 而稀释的时间又不象炮掘那样充分。因此, 工作面绝对瓦斯涌出明显增加。表 3-1-2 是综掘工作面和炮掘工作面瓦斯涌出统计对比表, 可以看出前者比后者绝对瓦斯涌出量明显提高。

表 3-1-2 综掘与炮掘工作面 24 小时瓦斯涌出量统计

项目 工艺	煤 层	工作 面	绝对瓦斯涌出量 (m^3/d)	掘进速度 (m/d)	相对瓦斯涌出量 (m^3/t)	备 注
综掘	己 ₁₅	13190	2582	5.70	31.96	24 小时统计数
综掘	戊 ₉₋₁₀	20100	2426	4.0	33.99	24 小时统计数
综掘	戊 ₉₋₁₀	20150	2848	3.66	43.73	24 小时统计数
炮掘	己 ₁₅	13290	1440	4.23	24.01	24 小时统计数
炮掘	戊 ₉₋₁₀	21150	3024	3.6	47.21	24 小时统计数
炮掘	己 ₁₅	24030	2448	3.15	43.67	24 小时统计数

(2) 瓦斯涌出的不均匀性相对减小, 综掘工作面综掘工序有明显的连续性, 瓦斯涌出量尽管有波动, 但与炮掘工作面相比, 不均匀性相对下降, 不像炮掘那样大起大落, 放炮时瓦斯涌出浓度较高, 其他如除渣、架棚支护等工序时就明显降低。表 3-1-3 是综掘与炮掘工作面瓦斯涌出随工序变化统计表, 可以看出炮掘工作面瓦斯涌出浓度不均匀系数为 5.49, 而综掘工作面瓦斯涌出不均匀系数则为 4.58, 可见, 综掘工作面比炮掘工作面瓦斯涌出不均匀性相对减小。

(3) 相对瓦斯涌出量相对减少。综掘工作面掘进速度快, 落煤与运煤基本上是流水线,

表 3-1-3 综掘与炮掘工序变化瓦斯涌出情况表

项 目 分 类	综 掘	炮 掘
掘进时最高瓦斯浓度(%) (a)	2.2	2.8
其他工序时最低瓦斯浓度(%) (b)	0.48	0.51
当天平均瓦斯浓度(%) (c)	0.62	0.60
a/b	4.58	5.49
a/c	3.55	4.67
c/b	1.29	1.18

加之机械落煤的粒度分布均匀, 赋存于煤层中的游离部分瓦斯随割下来落煤而释放出来而存在于落煤中的吸附瓦斯未待充分解吸则随着运输机很快被运出工作面, 使得煤产量加的倍数大于瓦斯涌出量增加的倍数, 因此, 相对瓦斯涌出量相对减少, 这与回采工作面的情况正好相反。

(4) 掘进面端头瓦斯量超限。由于综掘工作面机械设备较多, 人员相对也多, 空间小, 而掘进速度加快, 落煤量增加, 加之落煤粒度小而均匀, 绝对瓦斯涌出量相应增大。因此, 掘进面端头瓦斯时常超限, 可达 4% 以上, 这样就大大地制约了机械化水平的发挥, 使得割煤不得不人为地时割时停, 和采取打超前钻孔预排煤层瓦斯的辅助措施。

(二) 综掘工作面瓦斯涌出规律

(1) 综掘工作面瓦斯涌出分布规律: 由于风筒出口风流至工作面端头快速折返, 加之掘进机等机械设备、风筒联接不规范及漏风等原因, 使得风流紊流的多向性、不稳定性、瓦斯涌出的不均匀性都特别明显。为此, 在研究中对综掘工作面瓦斯分布情况作了大量的现场考察, 并利用井下环境监测系统对综掘工作面瓦斯涌出进行了多探头、定点与不定点、连续监测, 将测定数据绘成直观的瓦斯等浓度曲线图, 尽管每次测定分布情况略有差异, 但总的分布趋势是一致的。图 3-1-2 是综掘工作面 20m 范围内某一次等浓度曲线。受风流、瓦斯来源影响, 从工作面端头往外大致分 3 个区段, 分别为折返区、风流不稳定区、风流稳定区段。第一区段是瓦斯主要来源, 导风筒吹出风流至端头煤壁迅速折返, 当风筒与迎头煤壁距离在 7m 之内时, 风量集中, 风速大, 很快就使瓦斯稀释扩散。如大于 7m 时, 很可能使瓦斯局部积聚; 第二区段为 8m 风筒出风口以前, 在这个范围内, 风流由端头煤壁返回, 加上掘进机械设备、操作人员等影响了风量通过能力, 使风流极不稳定, 这个范围内为暴露时间较短的新煤壁, 瓦斯仍在大量释放, 是瓦斯的第二个来源; 第三区段则在 8m 以后, 风流瓦斯趋于稳定, 且瓦斯扩散后分布均匀, 由图 3-1-2 看出瓦斯等浓度曲线分布均匀, 这一区段汇集了整个工作面的瓦斯, 因此, 瓦斯量是最大的。

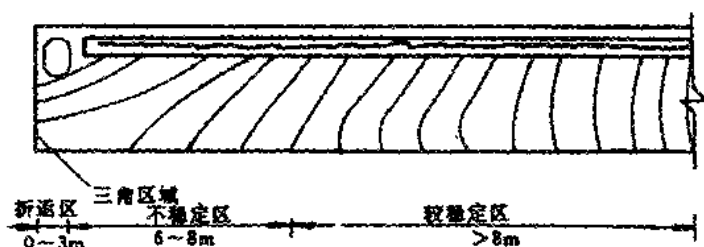


图 3-1-2 综掘工作面瓦斯浓度分布示意图

(2) 综掘工作面风流流动状态: 综掘工作面的风流流动, 大致分折返、不稳定、较稳定 3 个区段, 在此基础上还夹带有次生的旋涡流, 特别是在前 8m 范围内, 风流很不稳定。通过多次考察表明, 在风筒另一侧巷道煤帮与端头煤壁 0.5m^2 区域形成一个三角区域, 经多次测定, 当风筒口距端头煤壁小于 7m 时, 三角区域的最小风速为 0.2m/s , 没有积存瓦斯的可能性, 如图 3-1-2 所示, 当风筒口距端头煤壁距离大于 7m 时, 很可能出现无风区。

(三) 综掘工作面瓦斯涌出量的影响因素

1) 瓦斯涌出量与综掘工艺的关系

综掘工作面瓦斯涌出量随生产工艺变化波动较大, 一般在割煤时要比其他工序瓦斯涌出量大得多, 并且割煤速度越快, 瓦斯涌出量也越大; 割煤时间越长, 瓦斯涌出量持续的峰值也就越长。面间歇割煤和其他工序时的瓦斯涌出量小, 涌出量均匀。

研究还发现, 割煤工艺与架棚、检修工序时瓦斯涌出的变化特点不同, 割煤时瓦斯涌出波动很大, 不规律性非常明显, 面架棚、检修时, 瓦斯涌出量变化均匀, 起伏幅度小。

2) 瓦斯涌出量与地质构造的关系

综掘工作面瓦斯涌出受地质构造的影响, 在推进方向上的波动变化较大, 由于煤层中存在的褶曲、断层等地质构造使得煤层中的瓦斯分布具有明显的不均衡性。一般情况下, 开放性的断裂构造有利于煤层瓦斯排放, 因而在这类断层附近区域的煤层瓦斯含量及涌出量较同标高正常区域的瓦斯含量及涌出量低, 而对于封闭性断裂构造的情况则恰好相反, 由于瓦斯在生成过程中具有良好的保存条件, 因而封闭性断层附近煤层瓦斯含量比其他地点煤层瓦斯含量大。褶曲构造也存在着这种效应, 即背斜轴部附近瓦斯含量较大, 其涌出量也较大。

显然由于地质构造的影响, 造成煤层瓦斯含量的分布不均衡, 使得综掘工作面在推进方向有较为明显的瓦斯涌出波动变化。

3) 瓦斯涌出量与煤层厚度的关系

在煤层产状比较稳定的情况下, 综掘工作面瓦斯涌出比较均衡, 但当煤层产状发生显著变化时其瓦斯涌出量也发生相应的变化。在煤层产状的诸多因素中尤以煤层厚度的变化对瓦斯涌出影响最为显著。在平顶山矿区考察中, 综掘工作面沿走向推进过程中, 当煤层由 3m 变厚到 4~5m 时, 工作面瓦斯涌出明显增大, 平均瓦斯浓度由 0.4% 增大到 0.6%。相反, 当煤层厚度由 4m 变薄到 3m 左右时, 平均瓦斯浓度由 0.6% 下降到 0.4% 左右。

4) 瓦斯涌出量与掘进断面的关系

综掘工作面的断面受其设备和开采工艺的影响变化不是很大, 一般回风巷断面比运输巷断面稍大一点, 差异在 0.5m^2 左右, 虽然瓦斯涌出量随着煤壁暴露面积的增大而增加, 但由于瓦斯涌出量还变其所处工作地点煤层赋存深度的影响, 回风巷一般都处在运输巷的浅部, 因此回风巷的瓦斯涌出量与同一工作面的运输巷瓦斯涌出量相比, 差异并不明显。

5) 瓦斯涌出量与掘进速度的关系

综掘工作面实际考察表明, 综掘工作面瓦斯涌出量与掘进速度的平方根成正比, 即掘进速度快时, 瓦斯涌出量就大。由于掘进机割煤连续作业, 新鲜煤壁暴露的面积不断加大, 落煤粒度小、均匀且量大, 赋存于煤层中瓦斯的游离部分迅速地涌入到工作面, 吸附部分的少量瓦斯得到解吸涌入工作面, 使得工作面瓦斯涌出在短时间内迅速增大, 由于瓦斯涌出增大, 往往给综掘工作面带来潜在危险, 不得不人为地控制掘进速度, 限制瓦斯大量涌入综掘工作面。

(四) 综掘工作面瓦斯涌出来源

综掘工作面煤巷瓦斯涌出来源主要由煤壁瓦斯和落煤瓦斯两部分构成。一般情况下,从岩石中涌出的瓦斯量很少,可忽略不计。

随着矿井机械化程度的提高,综合掘进机在煤巷掘进中的使用日趋广泛,它具有推进速度快、劳动强度低等优点,但是在高瓦斯矿井,由于瓦斯易于超限而限制了它的使用。综掘工作面瓦斯涌出量的大小,除取决于涌出体的瓦斯含量和渗透条件外,还与其存在的时间和空间有关。综掘机具有机械落煤、装煤、运煤连续等特点,这样就给综掘面带来了一些不同于炮掘工作面的瓦斯涌出特征,煤壁的平均暴露时间短,瓦斯涌出量相对大。另外,机械落煤的瓦斯涌出也不同于放炮落煤那样在瞬间内一次全部涌出采掘空间,而是随综掘机的连续落煤,在连续运行的链板、皮带运输机上连续不断地涌向工作面,其涌出量的大小不仅仅取决于综掘机的生产能力、煤层的原始瓦斯含量及煤层透气性,还与链板机的运煤速度及煤巷的长度有关。

三、综掘巷道煤壁瓦斯涌出测定方法

(一) 巷道煤壁瓦斯涌出规律

众所周知,煤层的多孔隙、裂隙结构构成了气体流通的通道。在综掘煤巷掘进过程中,巷道周围煤层中的瓦斯压力平衡状态不断遭到破坏,瓦斯压力重新分布,煤层瓦斯渗透性增加而形成卸压带。由于煤体内部到煤壁之间存在着瓦斯压力梯度,卸压带内煤体中的瓦斯在压力梯度作用下沿煤体裂隙及孔隙向巷道涌出,瓦斯涌出强度随着煤壁暴露时间的增加而降低,掘进工作面瓦斯涌出量主要取决于瓦斯源的瓦斯涌出强度。通常,以每平方米煤壁单位时间内涌出的瓦斯量来表示煤壁瓦斯涌出强度,称为煤壁瓦斯涌出系数。

煤壁瓦斯涌出系数的大小取决于煤层的瓦斯压力、煤层的孔隙和裂隙结构、煤对瓦斯的吸附性能以及空间条件。当其他条件固定时,煤壁瓦斯涌出系数(涌出强度)是暴露时间的函数。

为了确定煤壁瓦斯涌出强度与暴露时间的关系,采用如下二种测定方法,在平煤集团公司的八矿、十矿等进行了大量的实际测定。

1) 壁罩测定法

测定装置如图 3-1-3 所示,在巷道新暴露的煤壁上安装壁罩,开动气泵,并测定不同时间内的气泵流量、气泵气出口中瓦斯浓度和工作面风流中瓦斯浓度,直到气泵气出口中瓦斯浓度基本不变为止。

煤壁瓦斯涌出强度由下式进行计算:

$$V_i = \frac{Q \cdot (C_2 - C_1)}{S \cdot (1 + C_1)} \quad (3-1-1)$$

式中 V_i ——煤壁瓦斯涌出强度, $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$;

Q ——气泵流量, m^3/min ;

C_1 ——工作面风流瓦斯浓度, %;

C_2 ——气泵气流中的瓦斯浓度, %;

S ——壁罩底面积, m^2 。

因 C_1 值很小, 均在 1% 以下, 故式 (3-1-1) 可简化为:

$$V_t = \frac{Q \cdot (C_2 - C_1)}{S} \quad (3-1-2)$$

2) 巷道测定法

巷道测定法应用较多, 其特点是该方法简单易行, 而且测定时不影响生产, 但必须测定较多的数据进行统计分析, 否则易产生误差。具体做法是在正常条件下连续掘进的煤巷中, 沿巷道长度每隔一定的距离设置测点 (图 3-1-4), 当掘进机正常落煤, 且同时连续装运时, 定期测定各测点的风量和瓦斯浓度, 计算出各段巷道单位时间内经过各测点的瓦斯涌出量, 然后根据各段巷道煤壁暴露面积来计算煤壁瓦斯涌出强度, 并按巷道掘进速度求出对应各段的平均暴露时间。

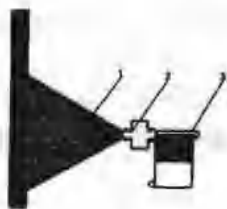


图 3-1-3 壁罩测定装置示意图



图 3-1-4 巷道测定法示意图

1—壁罩; 2—气泵; 3—瓦斯检定器

煤壁瓦斯涌出强度由下式计算:

$$V_t = \frac{Q_2 \cdot C_2 - Q_1 \cdot C_1}{200L \cdot h} \quad (3-1-3)$$

式中 V_t ——煤壁瓦斯涌出强度, $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$;

Q_1 、 Q_2 ——1、2 测点处巷道风量, m^3/min ;

C_1 、 C_2 ——1、2 测点处巷道瓦斯浓度, %;

L ——1、2 测点间距离, m;

h ——1、2 测点间平均煤厚, m。

3) 测定数据的整理和经验公式的建立

用上述两种方法对平顶山矿区八矿己₁₅、十矿戊₉₋₁₀ 煤掘进巷道煤壁瓦斯涌出强度与暴露时间关系进行实测, 经数据处理回归分析, 表明平顶山矿区综掘工作面瓦斯涌出强度与暴露时间的关系呈双曲线函数关系, 其形式为:

$$V_t = \frac{V_0}{(1+t)^\beta} \quad (3-1-4)$$

式中 V_t ——经过 $1+t$ 时间后, 煤壁瓦斯涌出强度, $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$;

V_0 ——相当于 $t=0$ 时, 煤壁瓦斯涌出强度, $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$;

t ——煤壁的平均暴露时间, d;

β ——衰减系数。

将 (3-1-4) 式化成线性方程为:

$$\log V = \log V_0 - \beta \log (t+1) \quad (3-1-5)$$

上式中 V_0 、 β 为待定系数, V 、 t 为每个测点的测定值。经数据处理后得出 n 对测定值, 代入 (3-1-5) 式中, 得到 n 个测定方程组:

$$\sum_{i=1}^m \log V_i = \sum_{i=1}^m \log V_0 - \beta \sum_{i=1}^m \log(t_i + 1) \quad (3-1-6)$$

$$\sum_{i=m+1}^n \log V_i = \sum_{i=m+1}^n \log V_0 - \beta \sum_{i=m+1}^n \log(t_i + 1) \quad (3-1-7)$$

将方程组联立解, 即可求出 V_0 及 β 值。

为了确定煤壁瓦斯涌出强度及累计瓦斯涌出量与煤壁暴露时间的关系, 在研究中采用巷道测定法在平顶山八矿、十矿典型工作面的综掘巷道进行了现场考察。

八矿 13190 工作面运输、回风综掘巷道数据测定结果见表 3-1-4、表 3-1-5, 十矿 20150 工作面运输、回风综掘巷数据测定结果见表 3-1-6、表 3-1-7。

利用测定的原始数据, 进行整理和分析就可得煤壁瓦斯涌出规律。将各测点实测的数据标在 $V-t$ 关系的复对数坐标纸上, $V-t$ 关系近似为幂函数关系。 $V-t$ 关系的经验公式可用如下公式表示:

$$\text{八矿己组煤: } V_2 = 6.76 (1+t)^{-0.6843} \quad (3-1-8)$$

$$\text{十矿戊组煤: } V_2 = 5.53 (1+t)^{-0.6843} \quad (3-1-9)$$

表 3-1-4 八矿己₁₅-13190 综掘运输巷工作面数据测定结果

测定时间 (年.月.日)	$\Delta 1-2$			$\Delta 2-3$			$\Delta 3-4$		
	t (d)	A (m ²)	$\Delta 1-2$ (m ² /(m ² ·d))	t (d)	A (m ²)	$\Delta 2-3$ (m ² /(m ² ·d))	t (d)	A (m ²)	$\Delta 3-4$ (m ² /(m ² ·d))
1997.7.28	5	210	1.69	5	208.8	1.98	5	140	2.28
1997.8.2	10	210	1.12	10	208.8	1.31	10	140	1.51
1997.8.7	15	210	0.86	15	208.8	1.02	15	140	1.17
1997.8.13	21	210	0.70	21	208.8	0.82	21	140	0.94
1997.8.18	26	210	0.60	26	208.8	0.71	26	140	0.82
1997.8.22	30	210	0.55	30	208.8	0.65	30	140	0.74
1997.8.27	35	210	0.50	35	208.8	0.58	35	140	0.67
1997.9.1	40	210	0.45	40	208.8	0.53	40	140	0.61
1997.9.6	45	210	0.42	45	208.8	0.49	45	140	0.57

表 3-1-5 八矿己₁₅-13190 综掘回风巷工作面数据测定结果

测定时间 (年.月.日)	$\Delta 1-2$			$\Delta 2-3$			$\Delta 3-4$		
	t (d)	A (m ²)	$\Delta 1-2$ (m ² /(m ² ·d))	t (d)	A (m ²)	$\Delta 2-3$ (m ² /(m ² ·d))	t (d)	A (m ²)	$\Delta 3-4$ (m ² /(m ² ·d))
1997.7.28	5	240	1.60	5	200	1.95	5	180	2.30
1997.8.2	10	240	1.02	10	200	1.24	10	180	1.46
1997.8.7	15	240	0.78	15	200	0.95	15	180	1.12
1997.8.13	21	240	0.63	21	200	0.79	21	180	0.93
1997.8.18	26	240	0.55	26	200	0.68	26	180	0.78
1997.8.22	30	240	0.50	30	200	0.61	30	180	0.71
1997.8.27	35	240	0.45	35	200	0.55	35	180	0.65
1997.9.1	40	240	0.41	40	200	0.50	40	180	0.59
1997.9.6	45	240	0.38	45	200	0.46	45	180	0.55

表 3-1-6 十矿戊₉₋₁₀-20150 综掘运输巷工作面数据测定结果

测定时间 (年·月·日)	$\Delta 1-2$			$\Delta 2-3$			$\Delta 3-4$		
	t (d)	A (m ²)	$\Delta 1-2$ (m ² / (m ² ·d))	t (d)	A (m ²)	$\Delta 2-3$ (m ² / (m ² ·d))	t (d)	A (m ²)	$\Delta 3-4$ (m ² / (m ² ·d))
1997.4.12	5	200	1.58	5	200	1.93	5	180	2.28
1997.4.17	10	200	1.01	10	200	1.23	10	180	1.45
1997.4.22	15	200	0.77	15	200	0.94	15	180	1.10
1997.4.27	20	200	0.64	20	200	0.78	20	180	0.92
1997.5.2	25	200	0.55	25	200	0.68	25	180	0.80
1997.5.7	30	200	0.49	30	200	0.60	30	180	0.71
1997.5.12	35	200	0.44	35	200	0.54	35	180	0.64
1997.5.17	40	200	0.41	40	200	0.50	40	180	0.59
1997.5.22	45	200	0.38	45	200	0.46	45	180	0.54
1997.5.27	50	200	0.35	50	200	0.43	50	180	0.51
1997.6.2	55	200	0.33	55	200	0.40	55	180	0.48

表 3-1-7 十矿戊₉₋₁₀-20150 综掘回风巷工作面数据测定结果

测定时间 (年·月·日)	$\Delta 1-2$			$\Delta 2-3$			$\Delta 3-4$		
	t (d)	A (m ²)	$\Delta 1-2$ (m ² / (m ² ·d))	t (d)	A (m ²)	$\Delta 2-3$ (m ² / (m ² ·d))	t (d)	A (m ²)	$\Delta 3-4$ (m ² / (m ² ·d))
1997.4.12	5	210	1.46	5	210	1.81	5	180	2.16
1997.4.17	10	210	0.93	10	210	1.17	10	180	1.38
1997.4.22	15	210	0.72	15	210	0.89	15	180	1.06
1997.4.27	20	210	0.59	20	210	0.74	20	180	0.88
1997.5.2	25	210	0.51	25	210	0.64	25	180	0.76
1997.5.7	30	210	0.46	30	210	0.57	30	180	0.68
1997.5.12	35	210	0.41	35	210	0.51	35	180	0.61
1997.5.17	40	210	0.38	40	210	0.47	40	180	0.56
1997.5.22	45	210	0.35	45	210	0.44	45	180	0.52
1997.5.27	50	210	0.33	50	210	0.41	50	180	0.49
1997.6.2	55	210	0.31	55	210	0.38	55	180	0.46

(二) 综掘巷道煤壁的瓦斯涌出极限

巷道煤壁瓦斯涌出强度随时间的延长而降低,煤壁瓦斯排放过程在理论上讲是无限的。但实际上,经历一定暴露时间后,连续掘进长度达到某一数值,巷道瓦斯涌出量保持最大稳定值。巷道煤壁媒体内的瓦斯大部分在煤壁暴露后的几个月内涌出,实测表明,在综掘巷的头两个月的瓦斯涌出总量就占 70% 以上,一般巷道长度在 120~140m (暴露时间约 1 个月) 范围内瓦斯涌出大幅度上升,当巷道暴露时间为 5~6 个月时,掘进长度达 600~700m,巷道瓦斯涌出量达到最大值,巷道长度再增加时,瓦斯涌出量趋于稳定值。表 3-1-8 为平顶山八矿己₁₅-13190 工作面运输、回风巷,十矿戊₉₋₁₀-20100 工作面运输、回风巷与戊₉₋₁₀-20150 工作面运输、回风巷综掘工作面单位面积瓦斯涌出量随时间变化的实测结果。

表 3-1-8 煤壁瓦斯涌出量实测结果

矿 别	八矿己 ₁₅ -13190 工作面			十矿戊 ₉₋₁₀ -20100 工作面			十矿戊 ₉₋₁₀ -20150 工作面		
暴露时间 (d)	瓦 斯 涌出量 Q (m^3/m^2)	ΔQ (m^3/m^2)	$\frac{\Delta Q}{Q_{\max}}$ (%)	瓦 斯 涌出量 Q (m^3/m^2)	ΔQ (m^3/m^2)	$\frac{\Delta Q}{Q_{\max}}$ (%)	瓦 斯 涌出量 Q (m^3/m^2)	ΔQ (m^3/m^2)	$\frac{\Delta Q}{Q_{\max}}$ (%)
10	203	203	68	235	235	74	244	244	75
30	259	56	19	295	60	19	301	57	18
60	279	20	7	311	16	5	317	16	5
90	285	6	2	316	5	2	323	6	2
120	287.8	2.8	1	317	1	0.3	324.2	1.2	0.37
150	298.6	0.8	0.27	317.6	0.6	0.19	324.9	0.7	0.22
180	298.9	0.3	0.10	317.9	0.3	0.09	325.2	0.3	0.09
210	299	0.1	0.03	318	0.1	0.03	325.3	0.1	0.03

实测表明,综掘工作面掘进时煤壁煤体遭破坏程度比炮掘要小,巷道周边煤壁成形好,其煤体内瓦斯涌出从暴露至枯竭状态的时间约在 4~5 个月。

影响综掘巷道瓦斯涌出量稳定的极限巷道长度由下式确定:

$$L_{\max}=150 \cdot V_d \quad (3-1-10)$$

式中 $L_{\max}$ ——巷道煤壁瓦斯涌出的极限长度, m;

V_d ——巷道平均日掘进速度, m/d。

(三) 综掘巷道煤壁瓦斯涌出的排放深度

在地下煤层瓦斯流动场内,由于煤巷的掘进,破坏了煤层内原始瓦斯平衡状态,导致瓦斯压力重新分布,煤层瓦斯渗透性增加而形成卸压带。由于煤体内部到煤壁之间存在着瓦斯压力梯度,卸压带内煤体中的瓦斯在压力梯度作用下沿煤体的裂隙及孔隙间向巷道涌出,瓦斯涌出程度随着煤壁的暴露时间的增加而逐渐降低,直到枯竭。巷道煤壁煤体内瓦斯排放过程在理论上是无限的。但实际上,经历一定暴露时间后,当煤壁煤体内瓦斯涌出达到某一数值,巷道瓦斯涌出趋于稳定值时,则为煤壁瓦斯涌出排放深度,它取决于暴露时间和煤的变质程度。

1) 测定方法

现场测试仪器主要采用抚顺分院研制生产的 WP-1 型井下煤层瓦斯含量测定仪(或皂模流量计)及其配套取样装备。取样装备(图 3-1-5)由负压取样器、回转式风动钻机、空芯麻花钻杆、钻头等组成。风动钻机和取样器是以井下压风为动力,其取样过程是通过取样器上配置的环式负压射器产生的负压把在钻进中钻孔内前方及周围钻下的钻屑经空芯麻花钻杆吸至取样器的取样桶内。取样过程在 15s 内完成,井下工作面地点压风系统的风压必须在 0.4MPa 以上,流量大于 $3.0\text{m}^3/\text{min}$,可实现孔深 15m 距离的取样。

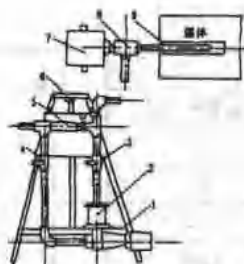


图 3-1-5 取样装备示意图

1—气体引射器；2—内装筛网的煤样筒；3、4、5—阀门；
6—支架；7—手持式压风钻机；8—联接套；9—中空螺旋转杆

2) 煤壁瓦斯涌出的排放宽度

煤壁瓦斯涌出的排放宽度的测试工作是在平顶山八矿的五二皮带巷、一四八巷、己₁₅-13190 工作面的运输顺槽、十矿的戊₉₋₁₀-20150 工作面的运输顺槽、回风顺槽等 5 条巷道进行的。

试验期间共打 90 余个钻孔，得出了 40 个测点的 720 个数据。测定钻孔是按（图 3-1-6）所示的方式布置在煤层中，即在煤层中垂直巷道的走向方向并根据该地点掘进揭煤时间布置 3~4 个直径为 $\Phi 42\text{mm}$ 、深 15~18m 的钻孔。钻孔每进 1m 取一煤样，测定瓦斯解吸参数。经数据处理回归后其结果见表 3-1-9。在测定中我们采用负压引射装置（取样器）收取煤样，保证定点取样，且煤样暴露时间控制在 30s 内，煤样在常压下进行自然解吸。



图 3-1-6 排放带测定示意图

表 3-1-9 巷道煤壁瓦斯排放宽度测定结果

序号	八矿己 ₁₅ 煤层		序号	十矿戊 ₉₋₁₀ 煤层	
	暴露时间 (d)	排放宽度 (m)		暴露时间 (d)	排放宽度 (m)
1	1	2	1	1	2
2	5	3.2	2	5	3
3	10	4	3	10	4.2
4	15	5	4	15	5
5	20	6	5	20	6.2
6	25	7.5	6	20	6
7	30	8	7	30	7.5
8	40	8	8	45	8
9	45	9.3	9	45	9
10	60	10.8	10	60	10
11	60	10.4	11	60	10.5
12	75	11.8	12	75	11
13	75	12	13	75	11.6
14	90	12.5	14	90	12
15	100	12.6	15	90	12.4