

**矿井火灾时期风流流动规律
与控制技术的计算机仿真**

王 冶 赵跃江

山西矿业学院

1991. 3

矿井火灾时期风流流动规律 与控制技术的计算机仿真

《煤矿安全规程》规定，“每一矿井，每年必须由矿总工程师组织编制矿井灾害预防和处理计划，报矿务局总工程师批准”。该计划是贯彻以“预防为主”的方针，要预见到矿井可能发生的故事，应能做到防止事故的发生，并能在一旦发生事故时，能提示防止事故扩大和迅速抢救人员的最有效措施，达到将事故消灭在初起阶段，保证安全生产。

本文将根据矿井发生火灾时，由于“火风压”的作用，使矿井风流紊乱，扩大灾害范围，甚致发生局部风流反向逆转，影响安全撤退人员和抢险救灾工作的顺利进行。这样的实例国内外以及我省都有过。为此，试图应用计算机解算仿真火灾时期矿井风流的稳定性和风流逆转的规律以及控制风流的措施等。用计算机代替人来完成这一复杂的工作，应用“人工智能”对矿井火灾发展规律进行预测，核验“事故处理计划”的准确性，为事故处理工作的行动提供科学可靠的依据，使安全和抢险救灾工作有备无患。

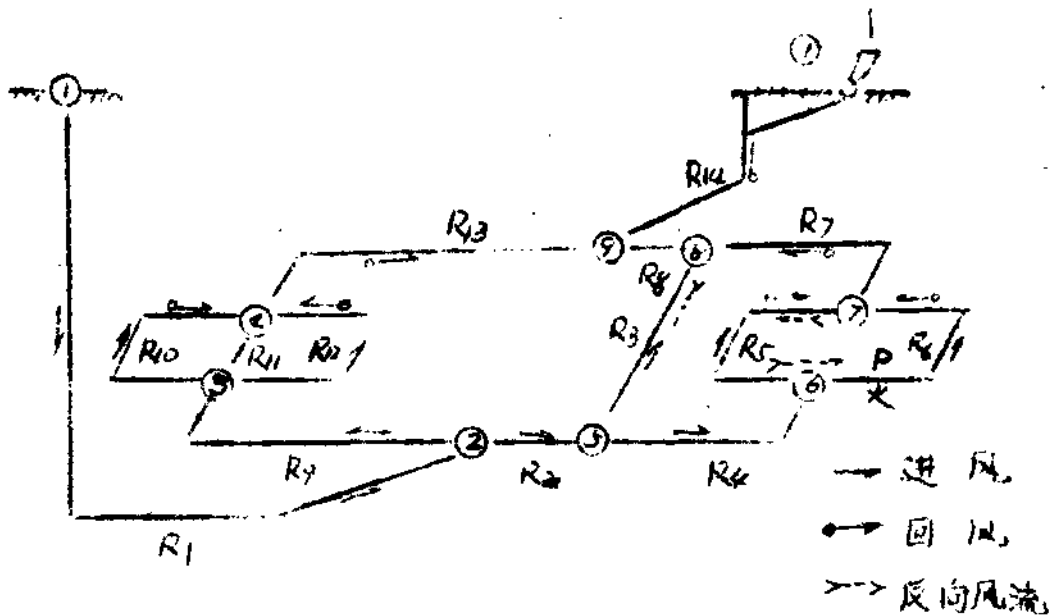
一、灾害仿真系统预测灾害发展规律

按照《矿井灾害预防和处理计划》的要求，我们对某地方小矿一个可能发生火灾事故的地点进行仿真，以指导安全生产。

如图一所示为该矿的通风系统图，矿井主扇风机型号为70B，—21型NO.18轴流式风机，叶片安装角度 30° ，转速1000转/分。

图中 R_5 、 R_6 、 R_{10} 、 R_{11} 、 R_{12} 为回采工作面，在正常生产时各巷道的风流状态如表一所示。系统中的 R_6 工作面进风与回风的高差

为50m。在 R_6 工作面的进风巷道中设有采区变电所P点。易于发生矿井火灾。下面我们将应用计算机来仿真。当该巷道发生火灾后的不同时期对整个矿井通风系统的影响。（注：有关矿井复杂通风网路以及“火风压”的数学模型省略）。



图一 矿井通风系统

1) 6巷道的火源温度达到530℃

经计算机仿真得到此时整个矿井的通风状况如表二所示。

2) 6巷道的火源温度达到1750℃

连续仿真得表三的结果。

矿井通风状况

表一

巷道	起点—终点	风阻 kg/m^7	风量 m^3/s	风压 pa
1	1—2	0.4067	48.130	942.1132
2	2—5	1.9796	21.138	884.5480
3	5—8	6.6150	5.474	198.2148
4	5—6	0.1470	15.664	36.0738
5	6—7	1.420	9.418	126.0574
6	6—7	3.185	6.246	126.0574
7	7—8	0.147	15.664	36.0738
8	8—9	0.7644	21.138	341.5594
9	2—3	1.078	26.992	785.3965
10	3—4	1.519	10.70	173.9304
11	3—4	2.0972	9.170	173.9304
12	3—4	3.430	7.121	173.9304
13	4—9	0.637	26.992	464.0985
14	9—1	0.4018	48.130	930.7648

扇风机工况：风量 $48.13 \text{ m}^3/\text{s}$ ，风压 3296.328 Pa

6 巷道发火温度为 530℃ 时风流状况

表二

巷道	风量 m^3/s	风压 P_a	巷道	风量 m^3/s	风压 P_a
1	48.38	951.9328	8	21.797	363.1782
2	21.797	940.5452	9	26.584	761.8182
3	3.825	96.7848	10	10.602	170.7356
4	17.933	47.481	11	9.023	170.7356
5	0	0	12	8.959	170.7356
6	17.933	1024.3053	13	26.584	450.163
7	17.933	47.481	14	48.38	940.5256

扇风机工况：风量 $48.38 m^3/s$ 。风压 $3275.160 P_a$

6 巷道发火温度为 1750℃ 时风流状况

表三

巷道	风量 m^3/s	风压 P_a	巷道	风量 m^3/s	风压 P_a
1	43.536	958.0774	8	22.229	378.9366
2	22.229	217.8442	9	26.27	743.9768
3	0	0	10	10.436	165.4338
4	22.229	217.8442	11	8.889	165.4338
5	-10.118	145.4712	12	6.945	165.4338
6	32.308	3324.65	13	26.271	439.6182
7	22.229	72.6376	14	48.536	946.533

扇风机工况：风量 $48.536 m^3/s$ 。风压 $3253.6 P_a$

3) 结果分析

a) 当6巷道的火源温度达到 530°C 时(表二)。5巷道的风流停滞 $Q_5 = 0$ 。因此在救灾过程中应特别注意此临界点。

b) 当6巷道的温度继续升高时。5巷道的风流必然发生反向。此时5巷道会受到火烟流的侵袭。巷道内的人员、设备将处在危险之中。

c) 当6巷道温度达到 1750°C 时(表三)。5巷道反向风量达到 $-10.113 \text{ m}^3/\text{s}$ 。因此5巷道完全被含有毒气的烟流侵入。人员已无法安全撤出。同时3巷道也发生了风流停滞 $Q_3 = 0$ 。出现了危险的临界点。

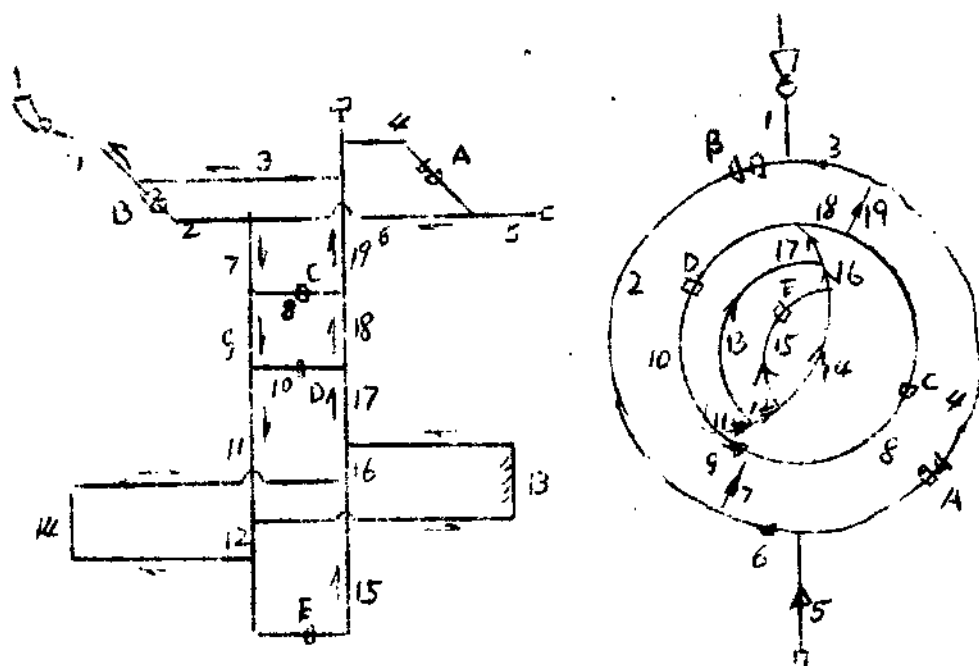
d) 当温度继续升高时3巷道风流也必将反向。处在火烟影响范围之内。这表明火灾的影响又扩大到了一个新的范围。

这样。我们通过计算机的仿真可模拟。当6巷道发生火灾时。整个矿井的风流状况。火灾的影响范围。做到心中有数。不至于发生错误的估计与判断。及时采取有效的抢险救灾控制措施。以保证救灾的正常进行。

二、根据灾害地点及影响范围给出处理方案

1、实例矿井概述

该矿设计生产能力30万吨/年。现生产采区在二水平。采用下山开采。中央对角式通风。通风系统图与网络图如图二所示。风流方向如图中用箭头给出。13、14为回采工作面。



图二 矿井通风系统图及网络图

矿井主扇风机为70B₂—11型NO18轴流式风机。叶片角度25°，转速750转/分。各巷道的风阻为：（单位为Kg/m'）

$$R_1 = 0.049, \quad R_2 = 0.1568, \quad R_3 = 0.0588.$$

$$R_4 = 0.1568, \quad R_5 = 0.0882, \quad R_6 = 0.0882.$$

$$R_7 = 0.1666, \quad R_8 = 0.49, \quad R_9 = 0.1666.$$

$$R_{10} = 0.49, \quad R_{11} = 0.1666, \quad R_{12} = 0.1666.$$

$$R_{13} = 5.88, \quad R_{14} = 2.94, \quad R_{15} = 1.96.$$

$$R_{16} = 0.1764, \quad R_{17} = 0.1764, \quad R_{18} = 0.1764$$

$$-6- \quad R_{19} = 0.1764$$

A、B、C、D、E五个风门的过风量固定为：

$$Q_4 = 0.2 \text{ m}^3/\text{s}, \quad Q_2 = 0.2 \text{ m}^3/\text{s}, \quad Q_8 = 1.3 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{15} = 2.7 \text{ m}^3/\text{s}, \quad Q_{10} = 1.3 \text{ m}^3/\text{s}$$

经计算机计算得表四。

矿井风量分配结果

表四

巷道	风量 m^3/s	风压 P_a	巷道	风量 m^3/s	风压 P_a
1	29.81085	43.54564	11	29.81085	119.7557
2	0.2	0.006267	12	16.76015	46.79837
3	29.61085	51.556	13	10.0507	593.9774
4	0.2	0.006272	14	14.06015	492.2424
5	29.81085	78.38216	15	2.7	14.2884
6	29.61085	77.334	16	16.76015	49.5512
7	29.41084	144.1086	17	29.81085	126.8
8	1.3	0.8281	18	28.11085	139.3948
9	28.11085	131.6506	19	29.41085	152.5856
10	1.3	0.8281			

扇风机工况：风量 $29.81085 \text{ m}^3/\text{s}$ ，风压 $1653.7 P_a$

A风门增加的风阻 37005.38 kg/m^7 ，增加的风压 $1480.222 P_a$

B风门增加的风阻 36360.93 kg/m^7 ，增加的风压 $1454.443 P_a$

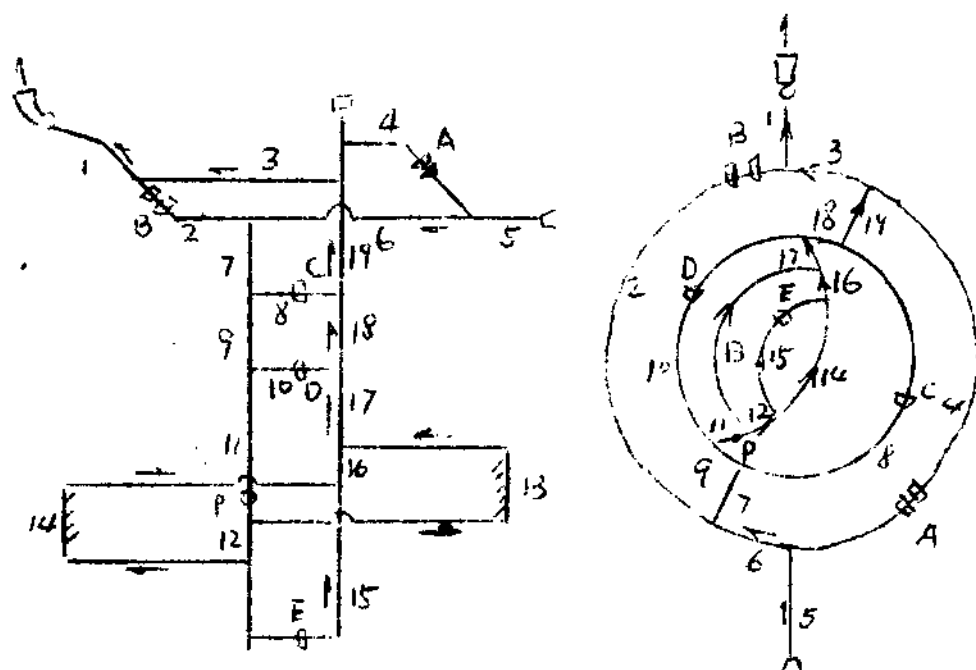
C风门增加的风阻 654.0622 kg/m^7 ，增加的风压 $1100.193 P_a$

D风门增加的风阻 65.563 kg/m^7 ，增加的风压 $492.2425 P_a$

E风门增加的风阻 493.6804 kg/m^7 ，增加的风压 $835.1478 P_a$

2. 发火情况

1980年元月在西翼皮带下山第五部皮带处发生火灾(图二中巷道11中P点)。火灾蔓延130 m左右。发火巷道其中一段冒高3 m, 煤壁燃烧深度0.5 m。火灾发生后, 团团的浓烟随着风流蔓延进入采区的几乎所有地区, 使得工作面的工人被困, 而且发火巷道是进风巷, 所以火灾切断了工人的退路, 他们多次突围均未成功, 只好顺着风流撤退, 情况十分危险。图三用箭头表示了火灾的影响范围。



图三 火灾影响区域图

由图三明显可以看出, 火焰顺着风流进入为13、14采煤工作面, 严重威胁工作面内工人和设备的安全, 应立即采取措施。

3. 计算机分析得出处理方案

处理灾害的要求如下:

- (1) 尽可能减小灾害影响范围, 有利于灭火;
- (2) 使火灾烟流不进入采煤工作面 13、14 以保证人员设备的安全。

处理方案及风流状况见表五所示。

火灾处理方案及风流状况表

表五

处理方案: 采区内的大反风; 反风量: 60%, 即 $Q(19) = -18 \text{ m}^3/\text{s}$

处理措施: (1) 打开 A、B 两风门

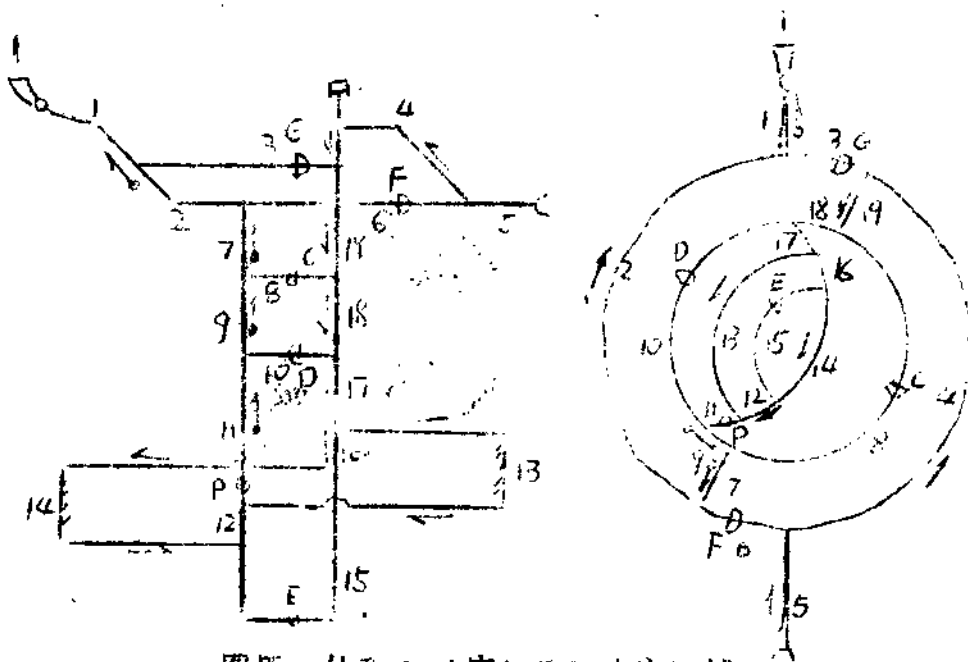
(2) 6 风道加打一风卡, 增加的风阻为 10.1722 kg/m^7

(3) 3 风道加打一风卡, 增加的风阻为 10.8316 kg/m^7

巷道	风量 m^3/s	风压 P_a	巷道	风量 m^3/s	风压 P_a
1	33.25279	54.18165	11	-16.43505	45.00
2	25.62884	102.9921	12	-10.35411	17.86
3	7.62395	633.0016	13	-6.080935	217.429
4	25.62395	102.9528	14	-3.683073	187.735
5	33.25279	97.52697	15	-1.67104	188.550
6	7.62884	596.233	16	-10.35411	13.911
7	-18	53.9784	17	-16.43505	47.648
8	-0.77894	397.152	18	-17.22106	52.314
9	-17.22106	49.40772	19	-18	57.154
10	-0.786	305.303			

扇风机工况: 风量 $54.18165 \text{ m}^3/\text{s}$, 风压 $851.534 P_a$

由计算机分析得到的处理方案为采区内的大反风。反向风量以原风量的60%计算。这是《煤矿安全规程》所要求的。具体的实施方案表五中已列出。这样得到了图四所示的新的火灾范围图。图中F、G为新加大的两个风卡。以限制通风风道。



图四 处理方案实施后的火灾区域图

由图四可以看到这时火灾的波及范围已控制在11—9—7—2—1巷道中，如图中→所示。工作面的人员可以从16—17—18—19—4—5的新鲜风流路线安全撤出。

三、结束语

矿井通风系统是属于复杂的通风网络。网络的解算非常复杂。风流的稳定性也很差。因此应用计算机仿真技术。可以使日常的矿井通风管理工作达到科学化。在灾变时期。根据事故的不同地点。不同形式。可依照仿真模拟的事故处理方案。迅速采取安全撤退井下人员的措施和抢险救灾的实施方案。做到心中有数。临危不乱。保障人员和国家财产的安全。

计算机仿真技术。可以与屏幕显示相结合。将更为直观、方便。这种仿真技术不仅可用于煤矿。对铁路运输、生产系统及程序控制的各种网络型结构均可开发利用。

山西矿业学院

王 冶

赵耀江

1991. 2