

黄金分割法求解火源特性区间临界点

朱红青 周心权 邬燕云

中国矿业大学北京校区资源开发工程系采矿教研室, 北京 100083

摘要 在利用定性定量综合分析法和火源特性区间法确定火灾控风方案时,因火灾强度的变化,造成火源特性区间出现1次临界点.采用黄金分割法搜索该临界点,能提高搜索效率,从而大大减少定量计算量.

关键词 黄金分割; 临界点; 火源特性区间

分类号 TD752

1 问题的提出

矿井发生火灾时,救灾决策者希望能解决以下3个问题:①及时获取可靠的火灾灾变状态动态变化的有关信息,如风量、风向、风温、烟流蔓延范围和浓度等参数变化;②通过相关技术,确定旨在安全撤人救灾的控风方案;③及时安全实施控风方案.

针对上述问题,研究了火灾非稳态灾变状态模拟技术,并开发了相应的软件,帮助了解火灾时期风流状态动态变化;应用风流定性控制方法帮助决策者确定控风方案和避灾或救灾路线;应用火源特性区间法初步解决矿井火灾火源燃烧特性难以估计的问题,其确定控风方案的具体流程如下:①确定火源位置,计算火灾强度;②模拟火灾影响(包括烟流侵入工作地点的时间,有毒气体浓度,风流逆转位置、时间等);③确定火灾控风方案(包括控风设施的数目、位置、风阻大小);④模拟控风效果,优选控风方案.

在利用火源特性区间法解决火源强度难以估计的问题时,主要考虑了火灾时期的控风与正常时期的风量调节有一个重要区别:正常时期风量调节以风量控制为主,保证风量适应生产要求;火灾时期控风以风向控制为主,保证烟流不污染避灾路线.所以,以控制风向为主的控风设施有较大的调节范围,即对于火灾控制,若火灾火源强度处于某一特定范围内,火灾对矿井某些巷道风向的影响不变.因为在同一火源强度区间内,控风方案对风向产生相同影响.在

火灾时期,只要火源实际强度与估计火源强度位于同一区间,即使两者相差较大,由估计火源强度确定的控风方案,在方案实施后,仍能达到预定的控风效果,较好地弥补了火源强度估计失实所造成的控风误差.把火源强度估计值与实际值之间的点与点对应的严格要求关系,转变为估计值(一定范围内有效)与实际值区间对点对应的宽松要求关系.

相对于火灾强度,关键是要寻找特性区间,而确定特性区间,则要寻找火源特性区间临界点.由于在特性区间寻找1次临界点,就要用火灾模拟软件进行1次全风网的动态模拟,所以要求寻找的次数越少越好.

临界点的求解是个一维搜索问题,目前主要采用试探法,即一端逼近搜索法和两端逼近搜索法.该法缺点是试算次数多,计算工作量巨大.为了减少计算量,本文将讨论利用黄金分割法求解火源特性区间的临界点.

2 应用黄金分割法搜索火灾特性区间的临界点

对于下单峰函数 $y=f(t)$, 在区间 $[a_0, b_0]$ 有惟一极值, 根据 Fibonacci 搜索方法, 其第 1 次缩短时, 2 个搜索试点的位置如图 1.

$$\begin{cases} t_1 = b_0 + \frac{F_{n-1}}{F_n}(a_0 - b_0) \\ t_2 = a_0 + \frac{F_{n-2}}{F_n}(b_0 - a_0) \end{cases} \quad (1)$$

式中, F_n, F_{n-1}, F_{n-2} —Fibonacci 数, 由表 1 查得; a_0, b_0 —搜索区间初值; t_1, t_2 —2 个搜索试点的位置.

表1 Fibonacci 数
Table 1 Fibonacci table taba

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
F_n	1	2	3	5	8	13	21	34	55	89	144	233	

式(1)中的缩短率数列为:

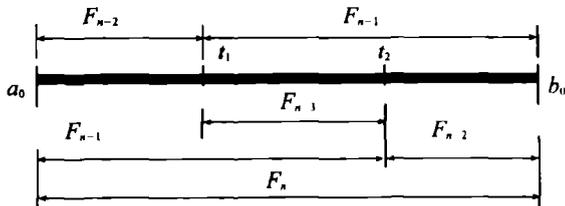


图1 2个搜索试点的位置

Fig.1 The location of two searching points

$$\frac{F_{n-1}}{F_n}, \frac{F_{n-2}}{F_{n-1}}, \dots, \frac{F_1}{F_2}$$

将上述数列分为奇数项 F_{2k-1}/F_{2k} 和偶数项 F_{2k}/F_{2k+1} , 因为这2个数列都收敛于同一极限, 即:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \frac{F_{2k-1}}{F_{2k}} = \lambda \quad \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{F_{2k}}{F_{2k+1}} = \mu \quad (2)$$

且
$$\lambda = \mu = \frac{\sqrt{5}-1}{2} \approx 0.618 \quad (3)$$

所以, 以不变的区间缩短率0.618, 代替 Fibonacci 搜索法每次不同的缩短率, 即得到了黄金分割法(或为0.618法). 对于某一矿井或高层建筑, 若某一位置发生火灾, 首先根据可燃物的种类、数量、分布范围, 估计火源燃烧强度的大小, 其火源强度范围的大小可结合相应的火灾试验来推算. 对于某一具体位置火源, 假设根据推算, 估计火源燃烧释放的最大热量为 H_a , kJ/min, 释放的最小热量为 H_b , kJ/min, 则火源特性区间为 $[H_a, H_b]$, 搜索区间也为 $[H_a, H_b]$, 则利用黄金分割法搜索临界点的步骤如下.

(1) 按 H_a 和 H_b 利用火灾非稳态模拟软件模拟, 若某些关键分支风流向同向, 则在搜索区间 $[H_a, H_b]$ 内不存在特性区间临界点; 若反向则在搜索区间 $[H_a, H_b]$ 内存在一特性区间临界点.

(2) 在 $[H_a, H_b]$ 区间内按照黄金分割法取试

点 H_1 , 其位置在区间长度的0.618处:

$$H_1 = 0.618 \times H_a \quad \text{kJ/min} \quad (4)$$

然后应用火灾模拟软件进行模拟计算, 若关键分支风向反转, 模拟区间变为 $[H_a, H_1]$; 若关键分支风向不变, 模拟区间为 $[H_1, H_b]$.

(3) 针对子区间 $[H_1, H_b]$ (或 $[H_a, H_1]$), 确定第2个试点 H_2 , 其位置在子区间长度的0.618处:

$$H_2 = 0.618 \times H_1 \quad \text{kJ/min} \quad (4)$$

然后应用火灾模拟软件进行模拟计算, 若关键分支风向反转, 模拟区间变为 $[H_1, H_2]$; 若关键分支风向不变, 模拟区间为 $[H_2, H_b]$.

(4) 按上述步骤反复进行, 进一步缩小特性区间, 在 n 步后, 其区间为 $[H_n, H_{n-1}]$, 区间长度为 L_n , 且 $L_n = H_n - H_{n-1}$, 若:

$$L_n \leq \delta \quad (6)$$

则 H_n 或 H_{n-1} 为火源特性区间的临界点. 式(5)中 δ 为预设的精度, 其值一般定为 10^{-1} .

(5) 根据临界点 H_n 或 H_{n-1} , 结合定性分析法确定相应的控风措施, 形成控风方案.

3 结论

通过理论分析和以往的现场应用实践证明, 与用一端逼近搜索法搜索火源特性区间临界点相比, 黄金分割法的最大优点是每进行一次搜索, 其区间范围减少0.618倍或0.382倍, 大大提高了搜索效率, 相应地减少了全风网动态模拟的次数, 对于减少工作量和火灾事故救灾很有意义.

参考文献

- 1 钱颂迪. 运筹学. 北京: 清华大学出版社, 北京: 1999. 149
- 2 Zhou Xinquan, Zhu Hongqing. The Application of the Qualitative and Quantitative Synthetical Analysis Method to Decision Making of Mine Fire Fighting. in: Mining Science and Technology '99. 1999.83

Searching the Critical Point of Fire Characteric Zone by Golden Partition Method

ZHU Hongqing, ZHOU Xinquan, WU Yangyiu

China University of Mining and Technology- Beijing, 100083, Chian

ABSTRACT Because of fire intensity changing, the critical point exists within fire characteric zone when using the qualitative and quantitative synthetical analysis method and fire characteric zone method to determine the airflow control scheme. The golden partition method is applied to search the critical point, enhancing the searching efficiency.

KEY WORDS golden partition method; critical point; fire characteric zone.