

文章编号:1671-251X(2009)10-0039-05

# 通风网络区域划分算法与程序实现

王红刚, 吴奉亮, 常心坦, 肖鹏

(西安科技大学能源学院, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 通风网络风道之间的风量依从关系对于通风网络的合理性分析具有重要意义。对于任意复杂的通风网络系统, 有时很难从图形上直接判断出任意2条风道之间的风量依从关系。文章提出了通风网络任意风道影响区和依赖区的概念, 指出其可用于任意风道之间的风量依从关系的分析;介绍了通风网络各风道依赖区、影响区划分方法以及任意风道之间归属度和依赖度计算方法, 并采用C#语言编制了程序;最后用实例验证了文中所论及算法的正确性。

**关键词:** 矿井; 通风网络; 风道; 影响区; 依赖区; 归属度; 依赖度

**中图分类号:** TD722/725      **文献标识码:** A

## An Algorithm of Zones' Partition in Ventilation Network and Its Program Implementation

WANG Hong-gang, WU Feng-liang, CHANG Xin-tan, XIAO Peng

(School of Energy Engineering of Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** The airflow domination relations between air ducts of ventilation network have significance in reasonable analysis of ventilation network. For a complex ventilation network system, sometimes it is difficult to obtain airflow domination relations between arbitrary two air ducts from ventilation network diagram directly, so the paper put forward conceptions of influence zone and dependent zone of arbitrary air duct of ventilation network, and pointed out that the conceptions can be used to analyze the airflow domination relations between arbitrary air ducts. It introduced a partition method of dependent zone and influence zone of each air duct in ventilation network and calculating algorithm of faith degree and dependence degree between arbitrary air ducts and used C# language to programme. Finally, a case was used to verify the validity of the algorithm discussed in the paper.

**Key words:** mine, ventilation network, air duct, influence zone, dependent zone, faith degree, dependent degree

## 0 引言

矿井通风系统在煤矿安全生产中发挥着极其重要的作用, 它不仅为井下各作业地点提供源源不断的新鲜空气以供人员呼吸, 而且稀释和排除井下各种有毒有害气体和矿尘, 从而创造良好的矿井工作环境, 保障井下作业人员的身体健康和劳动安全<sup>[1]</sup>。矿井通风系统一般采用分区通风的方式, 以

保证风流在到达各用风地点之前都是新鲜的, 即各主要用风地点并联用风, 经过一个用风地点的风流不再经过另外一个用风地点。因此, 分析矿井各用风地点是否并联回风是分析通风系统合理性的基础和关键。某些矿井由于建设时期较早, 服务年限已经很长, 期间又经过多次的改扩建, 矿井通风系统极其复杂, 分区通风条件很难满足, 有时甚至判断是否分区通风都并非易事。

从流体力学的角度来看, 对于正常运转的通风系统, 在多数时间内其各风道的风阻变化以及通风动力的变化很小, 可以认为整个通风系统的风流流态为稳态流动<sup>[2]</sup>。与此同时, 目前关于通风系统分

收稿日期: 2009-05-13

作者简介: 王红刚(1979-), 男, 河南许昌人, 西安科技大学能源学院2006级博士研究生, 主要研究方向为矿井通风与瓦斯治理。  
E-mail: hnyzwhg@yahoo.com.cn

析的研究侧重于从非稳态的通风系统入手来分析通风网络结构的灵敏度,进而分析通风系统稳定性、可靠性和合理性<sup>[3~7]</sup>,鲜有对稳态通风系统的内部结构的分析。鉴于此,笔者针对稳态通风系统,提出通风网络任意风道影响区和依赖区的概念,提出通风网络各风道依赖区、影响区划分方法以及任意风道之间归属度和依赖度计算方法,有望填补该方面的空白。

实际上,对于稳态流动的通风系统,如果已知各用风地点的风量来源和经过各用风地点的空气流经的区域,以及各风道与用风地点之间的风量依从关系,则可方便地判断分区通风条件是否满足、如果不满足时影响程度有多大以及采取何种措施可以满足分区通风条件等,从而降低通风系统合理性分析的难度和复杂度,加深对通风网络内部结构的理解和认识。

## 1 基本概念的定义

通常矿井通风网络可视为一个有向连通图,其中各风道的风量在稳态通风时期保持相对稳定,可视为常量。设有稳态通风网络  $G = (V, E)$ , 其中  $V$  为节点集合,  $E$  为风道集合。对于其中任意一条风道  $i$ , 就风量依从关系而言, 整个通风网络的分支集合  $E$  可分为 3 个部分: 依赖区  $E_{dep(i)}$ 、影响区  $E_{inf(i)}$  和无关区  $E_{irr(i)}$ 。风道  $i$  的依赖区  $E_{dep(i)}$  是指风量可最终部分或全部流入该风道的其它风道的集合; 风道  $i$  的影响区  $E_{inf(i)}$  是指该风道的风量可最终部分或全部流经的风道的集合; 风道  $i$  的无关区  $E_{irr(i)}$  是指既不属于该风道的依赖区又不属于该风道的影响区的风道集合。如果风道  $i$  是风道  $j$  的依赖区中的一条风道, 则风道  $j$  必是风道  $i$  的影响区中的一条风道。风道  $i$  对风道  $j$  的归属度是指风道  $i$  中的风量有多大比例流入到风道  $j$ ; 风道  $j$  对风道  $i$  的依赖度则是指风道  $j$  中的风量有多大比例来源于风道  $i$ 。

类似可定义节点的影响区、依赖区和无关区以及节点间的归属度和依赖度,本文仅就风道的这一组概念展开讨论,对节点的讨论与此类同,不再赘述。

## 2 算法与程序实现

### 2.1 影响区、依赖区与无关区的划分算法

假设整个通风网络的风流方向为从上到下,则划分该通风网络中风道  $i$  的依赖区  $E_{dep(i)}$  就是以该风道为根,向上搜索其分支,最终形成一颗树; 而划

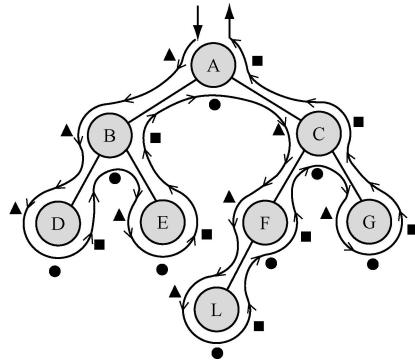
分该通风网络中风道  $i$  的影响区  $E_{inf(i)}$  则是以该风道为根,向下搜索其分支,最终形成一个倒立的树; 风道  $i$  的无关区则可以直接由影响区、依赖区和总的通风网络分支集合之间的布尔运算得到:

$$E_{irr(i)} = E - E_{dep(i)} - E_{inf(i)} \quad (1)$$

通常树的搜索算法有深度优先和广度优先两种,这里采用深度优先算法生成依赖区和影响区,在下文将采用广度优先算法在影响区和依赖区内计算归属度和依赖度<sup>[8~9]</sup>。

在通风网络  $G = (V, E)$  中,采用深度优先算法生成风道  $i$  的影响区的基本思想是从风道  $j$  的末节点  $V_{e(j)}$  出发,在  $E$  中搜索每一条以  $V_{e(j)}$  为始节点的风道  $k$ ,先将风道  $k$  加入影响区分支集合  $E_{inf(i)}$ ,然后再从风道  $k$  的末节点  $V_{e(k)}$  出发,在  $E$  中搜索每一条以  $V_{e(k)}$  为始节点的风道  $j$ ,重复以上操作,直至末节点为通风网络的大气节点即回风口时,回溯当前的搜索到上层节点,继续搜索以此上层节点为始节点的另外一条尚未被加入集合  $E_{inf(i)}$  的风道,遇到大气节点就回溯,最终一直回溯到风道  $i$  的末节点  $V_{e(i)}$ ,并且以此节点为始节点的所有风道都被加入到集合  $E_{inf(i)}$  中为止。

采用深度优先算法生成影响区的搜索顺序如图 1 所示。



A - 要生成影响区的风道  $i$  的末节点; B、C、F - 通风网络内部节点;  
D、E、G、L - 大气节点

图 1 采用深度优先算法生成影响区的搜索顺序示意图

采用深度优先算法生成依赖区的搜索过程与生成影响区类似,只是搜索方向与图 1 所示相反,是向上的。

### 2.2 归属度与依赖度的计算算法

在完成通风网络各风道的影响区、依赖区与无关区划分的基础上,可以计算该通风网络中任意 2 条风道之间的归属度与依赖度。设有通风网络中的任意 2 条风道  $i$  和  $j$ , 用  $D_{ij}$  表示风道  $i$  对风道  $j$  的归属度或依赖度,则:

$$D_{ij} = \begin{cases} > 0 & i \in E_{dep(j)}, D_{ij} \text{ 表示归属度} \\ = 0 & i \in E_{irr(j)} \\ < 0 & i \in E_{inf(j)}, D_{ij} \text{ 表示依赖度} \end{cases}$$

式中:  $E_{dep(j)}$  表示风道  $j$  的依赖区;  $E_{irr(j)}$  表示风道  $j$  的无关区;  $E_{inf(j)}$  表示风道  $j$  的影响区。

已知  $E_{dep(j)}$  和任意风道  $i \in E_{dep(j)}$ , 则采用广度优先算法计算归属度  $D_{ij}$  的基本思想是首先设置  $D_{jj} = 1$ , 在集合  $E_{dep(j)}$  中搜索每一条风道  $i$ , 如果以风道  $i$  的末节点  $V_{e(i)}$  为始节点的每一风道  $k$ ,  $k \in E_{dep(j)}$ ,  $D_{kj}$  都已经计算获得, 则:

$$D_{ij} = \sum_{k=1}^n \frac{f(k)}{f(V_{e(i)})} \times D_{kj} \quad (3)$$

式中:  $D_{ij}$  为风道  $i$  对风道  $j$  的归属度;  $n$  为在  $E_{dep(j)}$  中以  $V_{e(i)}$  为始节点的风道数量;  $f(k)$  为风道  $k$  的风量;  $f(V_{e(i)})$  为风道  $i$  的末节点的风量;  $D_{kj}$  为风道  $k$  对风道  $j$  的归属度;  $i, k \in E_{dep(j)}$ 。

类似地, 对任意风道  $i \in E_{inf(j)}$ , 依赖度  $D_{ij}$  可由式(4)计算得到:

$$D_{ij} = - \sum_{k=1}^n \frac{f(k)}{f(V_{s(i)})} \times D_{kj} \quad (4)$$

式中:  $D_{ij}$  为风道  $i$  对风道  $j$  的依赖度;  $n$  为在  $E_{inf(j)}$  中以  $V_{s(i)}$  为始节点的风道数量;  $f(k)$  为风道  $k$  的风量;  $f(V_{s(i)})$  为风道  $i$  的始节点的风量;  $D_{kj}$  为风道  $k$  对风道  $j$  的依赖度;  $i, k \in E_{inf(j)}$ 。

风道  $i$  对风道  $j$  的归属度  $D_{ij}$  和风道  $j$  对风道  $i$  的依赖度  $D_{ji}$  存在如下换算关系:

$$D_{ji} = - \frac{f(i)}{f(j)} D_{ij} \quad (5)$$

式中:  $f(i)$ 、 $f(j)$  分别为风道  $i$ 、风道  $j$  的风量。

### 2.3 程序实现

.NET 是微软公司在 21 世纪推出的一个功能强大、高效并且可扩展的集成编程环境, 它充分展现了应用程序开发的潜能, 并提供了生成应用程序所需的工具和技术, 这些构架大大简化了开发工作, 减少了开发者的负担。C# 语言是一种高效、安全、灵活的现代化完全面向对象的程序设计语言, 专门为 .NET 应用而开发, 是 .NET 平台的通用开发工具。因此, 笔者采用基于 .NET 的 C# 语言编写了通风网络任意风道的影响区和依赖区划分的深度优先算法程序, 以及计算任意风道间归属度和依赖度的广度优先算法程序<sup>[10~11]</sup>, 其流程如图 2、图 3 所示。

### 3 实例应用

某矿通风方式为单井口进风、单井口回风, 设计

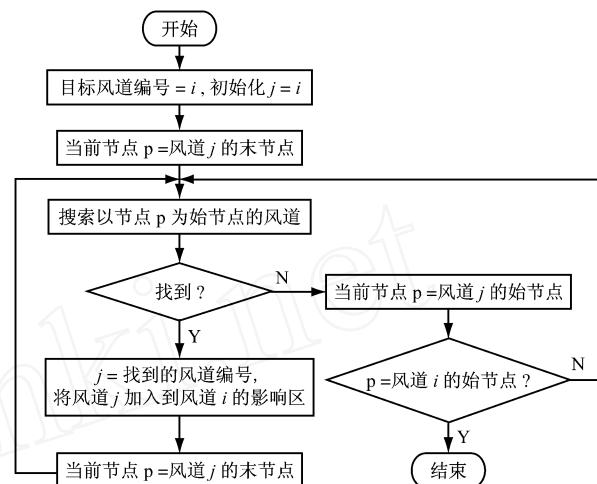


图 2 通风网络任意风通的影响区划分程序流程图

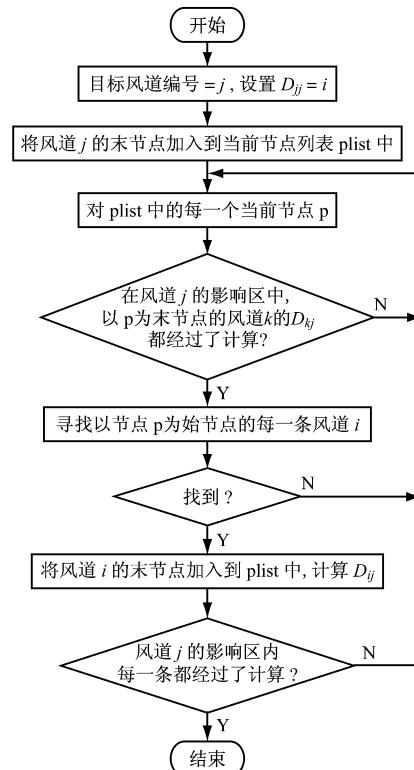


图 3 通风网络任意风通的依赖度计算程序流程图

时采用分区通风方式, 通风网络系统在生产过程中经多次更改。目前全矿共有 52 条巷道, 其通风网络如图 4 所示。该矿的主要用风地点为风道 13、15 和 20, 其影响区及依赖区如图 5 所示。

从图 5 可看出, 这 3 条风道互不包含在各自的影响区或依赖区内, 即不存在串联通风, 因此, 该矿通风系统虽经多次更改, 仍然保持了设计时的分区通风方式。

对于风道 20, 程序计算出的其它风道对其的归属度/依赖度  $D_{i,20}$  如表 1 所示。

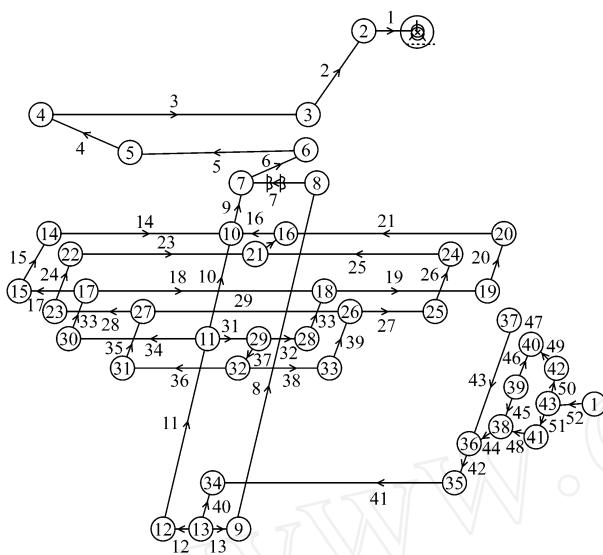
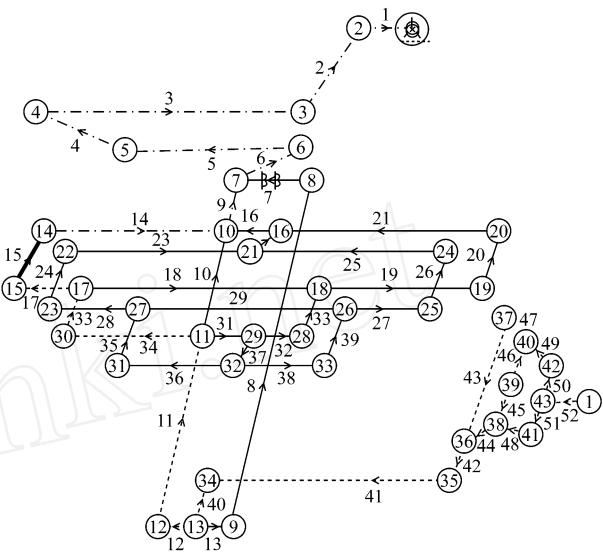
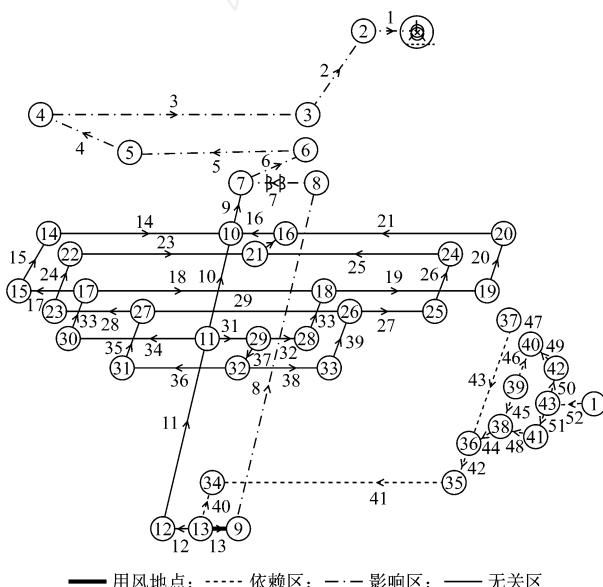


图 4 某矿通风网络图

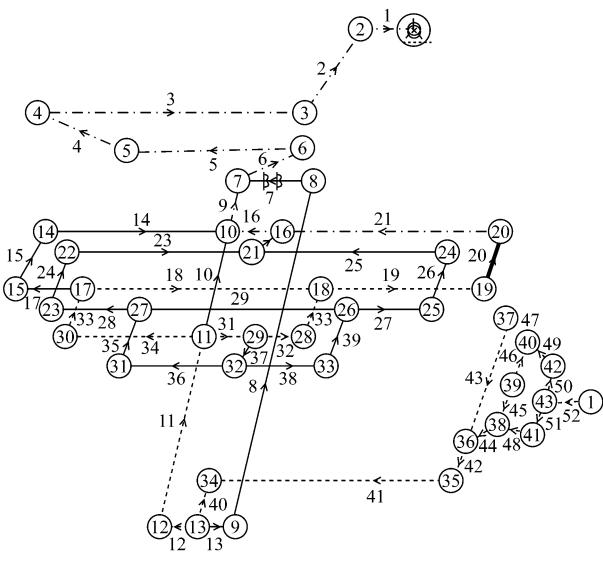


— 用风地点; - - - 依赖区; - - - 影响区; — 无关区

(b) 风道 15 的影响区和依赖区



(a) 风道 13 的影响区和依赖区



— 用风地点; - - - 依赖区; - - - 影响区; — 无关区

(c) 风道 20 的影响区和依赖区

图 5 风道 13、15、20 的影响区和依赖区示意图

表 1 风道  $i$  对风道 20 的归属度/依赖度表

$i$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$D_{i,20}$	- 0.069 6	- 0.069 6	- 0.069 6	- 0.069 6	- 0.069 6	- 0.069 6	0	0	0
$i$	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$D_{i,20}$	0	0.133 2	- 0.133 2	0	0	0	- 0.354 8	0	1
$i$	19	20	21	22	23	24	25	26	27
$D_{i,20}$	1	1	- 1	0	0	0	0	0	0
$i$	28	29	30	31	32	33	34	35	36
$D_{i,20}$	0	0	1	0.346 6	1	0.025 6	0.025 6	0	0
$i$	37	38	39	40	41	42	43	44	45
$D_{i,20}$	0	0	0	0.069 6	0.069 6	0.069 6	0.069 6	0.069 6	0.069 6
$i$	46	47	48	49	50	51	52	—	—
$D_{i,20}$	0.048 3	0.069 6	0.069 6	0.048 3	0.048 3	0.069 6	0.059	—	—

文章编号:1671-251X(2009)10-0043-03

# 矿压显现观测数据的时间序列分析

葛君山

(江苏海事职业技术学院电气工程系, 江苏南京 211170)

**摘要:**正确分析和处理矿山压力观测数据以了解和掌握矿压显现规律,对于保证煤矿安全生产具有重要意义。文章首先对原始的矿压显现观测数据进行预处理,得出各数据间存在的统计相关性,然后采用时间序列分析方法,分别对矿压显现数据进行平稳化处理、正态性检验和正态性处理、建立模型并最终得出模型的预测。预测结果表明,采用时间序列分析方法分析矿压显现规律是一种可行的研究方法,且预测的步长越大,误差越大。

**关键词:**矿山压力; 矿压显现; 时间序列分析; 模型; 预测

**中图分类号:**TD32

**文献标识码:**A

收稿日期:2009-06-09

**作者简介:**葛君山(1965-),男,硕士,高级工程师,1990年毕业于中国矿业大学(北京),现任江苏海事职业技术学院教师,已发表文章9篇。E-mail:g\_j\_shan@163.com

## 4 结论

(1) 提出针对某指定风道将通风网络划分为依赖区、影响区和无关区的概念与划分算法,介绍了其在通风合理性分析中的应用。

(2) 提出了任意风道归属度和依赖度的概念及其计算方法,对于深入了解通风网络系统的内部结构,分析主要用风地点的风量来源组成、经过用风地点后的污风对不同风道的影响程度等都具有现实意义。

(3) 现实生产中的矿井,其风道风阻处于不同程度的波动之中,当风阻的变化不大时,通风网络的各风道风向不变,即各风道的依赖区、影响区和无关区保持不变;当风阻变化较大时,有些风道风向将发生变化,从而使得一些风道的依赖区、影响区和无关区发生改变,此时就需要重新划分各风道的依赖区、影响区和无关区,相应的风道间的归属度和依赖度也需要重新计算。

(4) 本文介绍的相关概念和算法同样适用于城市水网、气网等流体管网系统的内部结构分析。

## 参考文献:

[1] 张国枢. 通风安全学[M]. 徐州:中国矿业大学出版

## 0 引言

矿压显现在大多数情况下会给地下开采工作造成不同程度的危害。为保证生产安全,提高开采经

社,2000.

- [2] MURSON B R, YOUNG D F, OKIISHI T H. Fundamentals of Fluid Mechanics [M]. 5th ed. 北京:电子工业出版社,2006.
- [3] 魏引尚,常心坦,李如明. 复杂通风系统的稳定性分析[J]. 西安科技大学学报,2003,23(2).
- [4] 贾进章,马恒,刘剑. 基于灵敏度的通风系统稳定性分析[J]. 辽宁工程技术大学学报,2002,21(4).
- [5] 仵自连,栗成杰. 矿井通风系统稳定性和可靠性研究[J]. 煤炭科学技术,2006,34(9).
- [6] 吴勇华. 通风系统灵敏度分析[J]. 西安矿业学院学报,1992,12(3).
- [7] 王从陆,吴超. 矿井通风及其系统可靠性[M]. 北京:化学工业出版社,2007.
- [8] 陈广.C#程序设计基础教程与实训[M]. 北京:北京大学出版社,2008.
- [9] FORD W, TOPP W. 数据结构 C++语言描述[M]. 北京:清华大学出版社,1998.
- [10] SHEPHERD G, KRUNKINSKID. Programming with Microsoft Visual C++. NET Core Reference [M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [11] WATKINS D, HANNOND M, ABRAMS B. Programming in the .NET Environment [M]. 北京:清华大学出版社,2003.