

TD725
L-216

通风网络计算原理

刘承思 著

山东科学技术出版社

836311



通风网络计算原理

刘承思 著

*

山东科学技术出版社出版

(济南市玉函路)

山东省新华书店发行

山东新华印刷厂印刷

*

850×1168毫米32开本 5印张 104千字

1990年1月第1版 1990年1月第1次印刷

印数: 1—1000

ISBN 7—5331—0649—0/TD·3

定价 3.85 元



“泰山科技专著出版基金”顾问、评审
委员会、编辑委员会

顾 问 宋木文 伍 杰 苗枫林

评审委员会 (以姓氏笔画为序)

卢良恕 吴阶平 杨 乐 何祚庥

罗沛霖 高景德 唐敖庆 蔡景峰

戴念慈

编辑委员会

主任委员 杜秀明 石洪印

副主任委员 梁 衡 邓慧方 王为珍

委 员 (以姓氏笔画为序)

邓慧方 王为珍 卢良恕 石洪印

刘韶明 吴阶平 杨 乐 何祚庥

杜秀明 罗沛霖 林凤瑞 唐敖庆

高景德 梁 衡 梁柏龄 蔡景峰

戴念慈

我们的希望（代序）

进行现代化建设必须依靠科学技术。作为科学技术载体的专著，正肩负着这一伟大的历史使命。科技专著面向社会，广泛传播科学技术知识，培养专业人才，推动科学技术进步，对促进我国现代化建设具有重大意义。它所产生的巨大社会效益和潜在的经济效益是难以估量的。

基于这种使命感，自1988年起，山东科学技术出版社设“泰山科技专著出版基金”，成立科技专著评审委员会，在国内广泛征求科技专著，每年补贴出版一批经评选的科技著作。这一创举已在社会上引起了很大反响。

但是，设基金补助科技专著出版毕竟是一件新生事物，也是出版事业的一项改革。它不仅需要在实践中不断总结经验，逐步予以完善；同时，也更需要社会上有关方面的大力扶植，以及学术界和广大读者的热情支持。

我们希望，通过这一工作，高水平的科技专著能够及早问世，充分显示它们的价值，发挥科学技术作为生产力的作用，不断推动社会主义现代化建设的发展。愿“基金”支持出版的著作如泰山一样，耸立于当代学术之林。

泰山科技专著评审委员会

1989年3月

前 言

现代社会的生存和前进，离不开能源的开发和各种矿产品的利用。随着采掘工业的飞速发展，对矿山安全提出了越来越严格的要求。矿井通风是矿山安全生产的最重要保障。

通风研究已有一个多世纪的历史。近二、三十年来，大型矿井逐渐增多，风网结构日趋复杂，风网计算、研究和应用已跃进到一个新的高度，引起了各国采矿工作者的普遍重视。笔者亦进行了多方面的探索，部分成果在有关科技期刊或学术会议上发表过。现在，将计算方面的内容集中整理成《通风网络计算原理》一书，希望能在我国现代化进程中发挥其应有的效益。

本书介绍了通风网络的基本概念、通风网络图的矩阵表示方法、通风网络计算的理论基础、风量自然分配的各种解法及其关系；尤其对回路法、网孔法、割集法与节点法及其应用做了较为详尽的讨论。

本书可供矿山通风工作者及矿业院校师生使用，也可供输油、煤气及供水科技人员参考。

刘承思

1989年于西安

目 录

第一章 矿井通风网络	1
第一节 风路和节点	1
第二节 通风网络的类型	4
第三节 回路、割集和树	7
第二章 通风网络诸矩阵	16
第一节 关联矩阵	16
第二节 回路矩阵和网孔矩阵	19
第三节 割集矩阵	24
第四节 诸矩阵间的基本关系	28
第三章 风网解法的基本依据	33
第一节 风量平衡定律与风量平衡方程	34
第二节 风压平衡定律与风压平衡方程	37
第三节 支路特性方程	38
第四章 通风网络的风量解法	41
第一节 支路风量法	41
第二节 回路风量法	42
第三节 网孔风量法	62
第四节 逐个回路计算的方法	66
第五节 计算中几个问题的处理	80
第五章 通风网络的风压解法	87
第一节 支路风压法	87
第二节 割集风压法	88

第三节 节点风压法	112
第六章 解法评述	123
附录 风网计算程序使用说明、源程序及算例	126
参考文献	147

第一章 矿井通风网络

矿井通风系统是矿井生产系统的一个子系统，包含通风方法（风机的工作方法）、通风方式（进风井和排风井的数量与相对位置）、地下通风巷道网及通风构筑物。如果在井巷布置平面图上标注出通风设施、风流方向及风量等，就形成通风系统图。为便于了解通风井巷的空间位置关系，有时将通风系统图绘制成有立体感的三度空间的图形。

与运输系统、通讯系统、供水管道系统和电力系统等相似，通风系统也是一种网络系统。为便于应用，常将通风系统图经拓扑变换，改制成通风网络图，其特点是清楚、方便、有效。在通风网络图中，边—风流的通路称为风路（或支路），顶点—风路的相交点称为节点。需要特别注意的是风路与节点的连接关系（结构形式），而风路的长短曲直和节点的位置分布则是无关紧要的。风路和节点位置可以描绘成多种形式，但并不改变实际问题的性质（拓扑性质）。

在实践应用中，常将通风网络图径称为通风网络、通风网路或风网。

第一节 风路和节点

风路和节点是组成通风网络的基本元件。研究通风网络的结构与特性，应首先了解元件的特性。

一、风路

1. 需风风路

采掘工作面、硐室等有人员作业或设备运行的场所,其风量是根据冲淡沼气、排除污浊气体、调节气候条件等需要确定的,故称需风风路(或用风风路)。为便于分析,通常将上述用风地点及直接与其串联且风量相等的通路作为一条风路来处理。

合理的通风系统中,各需风风路应独立供给新鲜风流,矿井的全部进风应经过需风风路的使用之后再排出。因此,需风风路的风量之和应等于矿井总风量。图1—1所示通风网络中, e_8 、 e_9 、 e_{11} 、 e_{12} 为需风风路,显然,它们的风量之和等于矿井总风量。

需风风路是矿井通风的核心,其风量必须保质保量供给,不能任其自流。需风风路的供风状况是评价通风系统的最重要的依据。

2. 常流风路

由于受风网结构的制约,当需风风路的风量确定后,其风量即被唯一确定且

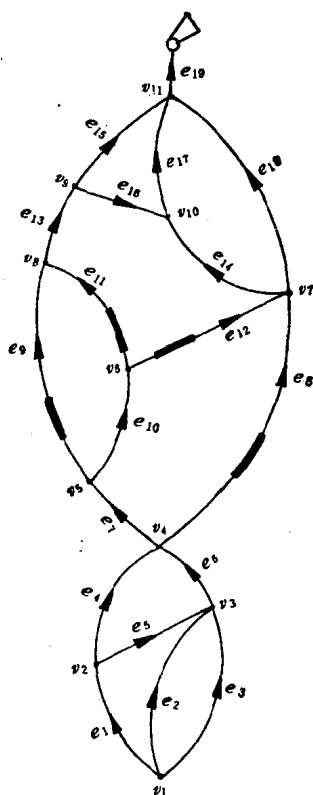


图 1—1

可直接由节点风量方程求出的风路称常流风路。图 1—1 中的 e_7 、 e_{10} 、 e_{13} 等即为常流风路，它们的风量可由节点风量方程 $q_{10}=q_{11}+q_{12}$ 、 $q_7=q_9+q_{10}$ 、 $q_{13}=q_9+q_{11}$ 求出。

由于需风风路的风量为常量，故属于常流风路。

3. 变流风路

变流风路对风量无特定需要，因而，其风量可以在一定范围内变动，甚至可以倒流。图 1—1 中的 $e_1 \sim e_6$ 、 $e_{14} \sim e_{18}$ 即为变流风路。

变流风路彼此间能构成回路，其自然分配风量不能直接由节点风量方程求得（否则为常流风路）。变流风路风量既要满足风量平衡定律，也要满足风压平衡定律，计算过程较麻烦。

二、节点

1. 常流节点

常流节点所关联的风路均为常流风路。图 1—1 中的 v_5 、 v_6 、 v_8 即为常流节点，它们分别关联 e_7 、 e_9 、 e_{10} ； e_{10} 、 e_{11} 、 e_{12} ； e_9 、 e_{11} 、 e_{13} 诸常流风路。

流经常流节点的风量是固定的。

2. 变流节点

变流节点所关联的风路均为变流风路。图 1—1 中的 v_2 、 v_3 、 v_{10} 即为变流节点，它们分别关联 e_1 、 e_4 、 e_5 ； e_2 、 e_3 、 e_6 、 e_6 ； e_{14} 、 e_{16} 、 e_{17} 诸变流风路。

流经变流节点的风量，一般随所关联的风路的风量变化而变化。

3. 混合节点

混合节点所关联的风路既有常流风路也有变流风路。图 1—1 中的 v_7 、 v_9 即为混合节点，它们分别关联 e_8 、 e_{12} 、 e_{14} 、

e_{18} 、 e_{13} 、 e_{15} 、 e_{16} 诸风路。其中 e_8 、 e_{12} 、 e_{13} 为常流风路，其余为变流风路。

流经混合节点的风量，当流入（或流出）该节点的风量均为常流风路的风量时，该风量必然是固定的，否则可能是变化的。

常流风路关联常流节点或混合节点，变流风路关联变流节点或混合节点。

通风网络就是由上述风路与节点组成的。各种风路与节点在风网中所处的位置不同，其分风作用不同。

第二节 通风网络的类型

一、按风网所含风路的类型划分

1. 常流风网

仅由常流风路组成的通风网络（以下凡提到风路时，若不加说明，即包括其所关联的节点），称为常流风网。

2. 变流风网

仅由变流风路组成的通风网络，称为变流风网。

3. 混合风网

由常流风路与变流风路共同组成的通风网络，称为混合风网。

二、按结构与计算的复杂程度划分

1. 简单风网

由风路串联，并联或二者混联组成的风网，称简单风网。简单风网的计算方法较简单，详见一般教科书。

2. 复杂风网

在简单风网中加入对角风路后，就形成复杂风网。所谓对角风路，是当其它风路的风阻发生变化时，其风流就能反向的风路。复杂风网的解算一般需反复迭代才能达到足够的计算精度。简单风网是复杂风网的特殊情况，故复杂风网的解法均适用于简单风网。

三、按控制类型划分

1.全控制型风网

全部由常流风路组成的常流风网，又称为全控制型风网，因为要对这类风网的各风路定量供风，必须对各独立回路均实行控制。

2.非控制型（全自然分风型）风网

全部由变流风路组成的变流风网，又称为非控制型风网（全自然分风型风网）。这类风网在自然分风条件下，其风压可自行平衡，最为经济。

3.局部控制型风网

由常流风路和变流风路共同组成的混合风网，又称为局部控制型风网。为了对这类风网中的各常流风路定量供风，仅控制其部分回路就能达到目的。

在实践中，全控制型风网与非控制型风网较少见，而局部控制型风网较为普遍。

四、平面风网与非平面风网

1.平面风网

如果通风网络图能画在平面上，使得它的支路仅在节点处相交，则称这个风网为平面风网。图 1—2(a) 所示风网，虽有立交现象，但可以画成图 1—2(b) 的形式(避免了立交)，所以是平面风网。

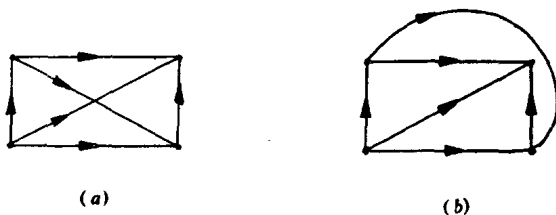


图 1—2

2. 非平面风网

如果通风网络的节点和支路，无论如何移动都不可能避免某些支路立交的现象，则称这个风网为非平面风网。图1—3(a)所示风网，无论如何都不能避免立交现象，即使画成图1—3(b)的形式，也还有两条支路立交，所以是非平面风网。

平面风网与非平面风网在矿井中都存在。

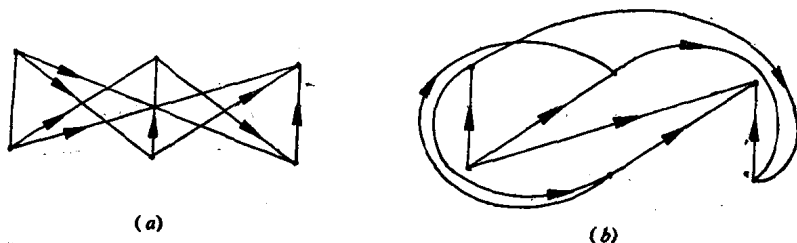


图 1—3

五、按风流流动过程和用途划分

1. 进风网

进风井口到用风网之间，由输送新鲜空气的风路所组成的子网络，称为进风网。图 1—1 所示风网中，风路 $e_1 \sim e_6$ 即组成进风网。

2. 用风网

由需风风路组成的子网络，称为用风网。为方便计，常将需风风路周围的常流风路也纳入用风网。图 1—1 所示风网中， $e_7 \sim e_{13}$ 即组成用风网。

3. 排风网

用风网到排风井口之间，由排除污浊风流的风路所组成的子网络，称为排风网(回风网)。图 1—1 所示风网中， $e_{14} \sim e_{19}$ 即组成排风网。

六、常流子网和变流子网

1. 常流子网

由常流风路组成的子网络，称为常流子网。图 1—1 所示风网图中，常流子网分成两个连通片(部分)，第一片由风路 $e_7 \sim e_{13}$ 组成，第二片由风路 e_{14} 组成。显然，第一片是用风网，说明常流子网包含着用风网。

2. 变流子网

由变流风路组成的子网络，称为变流子网。图 1—1 所示的风网图中，变流子网也分成两个连通片，第一片由风路 $e_1 \sim e_6$ 组成，第二片由风路 $e_{14} \sim e_{18}$ 组成。

变流子网与传统分风理论中的自然分风网相对应，而用风网与传统分风理论中的控制分风网(按需分风网)相对应。

第三节 回路、割集和树

回路、割集和树，是描述风网局部结构以及研究和解算风网的极为重要的概念，对加快计算收敛速度，进行风流控制等方面都有重要意义。

一、回路与网孔

1. 回路

风网图中有限条风路（不管其方向）的序列为 $\{e_{i_1}, e_{i_2}, \dots, e_{i_k}\}$ 。若其中 $e_{i_{j-1}}$ （ $1 < j \leq k$ ）的终节点正好是 e_{i_j} 风路的始节点， e_{i_1} 的始节点又正好是 e_{i_k} 的终节点，即每个节点都连接2条风路时，则称这个风路序列为一个回路。

回路是由风路组成的闭合路径，沿着这个闭合路径循行一周，经过的风路和节点都不能重复。图1—4所示风网中，由风路 e_1 、 e_6 、 e_5 、 e_3 组成的闭合路径（即从节点 v_1 出发，经过风路 e_1 到达节点 v_4 ，从节点 v_4 经过风路 e_6 到达节点 v_3 ，从节点 v_3 经风路 e_5 到达节点 v_2 ，从节点 v_2 经风路 e_3 回到节点 v_1 ）就是一个回路；但是，由风路 e_1 、

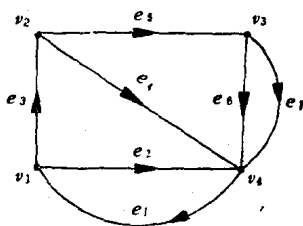


图1—4

e_6 、 e_7 、 e_2 组成的闭合路径却不是一个回路，因为沿着这个路径循行一周，要经过节点 v_4 两次；由风路 e_2 、 e_3 、 e_5 、 e_5 、 e_4 组成的闭合路径也不是回路，因为沿着这个路径循行一周，风路 e_5 和节点 v_2 都要经过两次。

对于任意回路，只要断开它的一条风路，组成该回路的其它风路便不能构成闭合路径。

2. 网孔

在分析平面风网时，常常用到网孔的概念。网孔是一特殊的回路，该回路的内部空间不包括风路，它的形状与一个网的孔相似。图1—4所示风网中，由风路 e_2 、 e_3 、 e_4 组成的回路就是一个网孔；而由风路 e_2 、 e_3 、 e_5 、 e_6 组成的回路却不是一

个网孔，因为在这个回路的内部空间包含了风路 e_4 。

3. 回路的标记及分类

(1) 回路及其方向一般用它的有序风路集来表示，也可以用它的有序节点集来表示，在图中常用带有指向箭头的弧线来标注。

对于大多数风网来说，回路的数目可能是很多的。如图1—5所示风网中，共有7个回路，即 $\{e_1, e_5, e_2\}$ 、 $\{e_3, e_4, e_5\}$ 、 $\{e_2, e_4, e_6\}$ 、 $\{e_1, e_3, e_6\}$ 、 $\{e_1, e_3, e_4, e_2\}$ 、 $\{e_1, e_5, e_4, e_6\}$ 和 $\{e_2, e_5, e_3, e_6\}$ 。

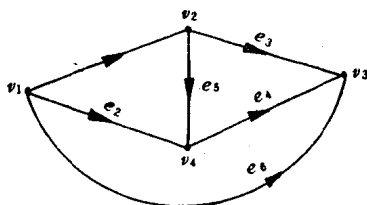


图 1—5

(2) 依据回路所含风路的类型，可将其做如下分类：

①常流回路：仅由常流风路构成的回路，称为常流回路，如图1—1所示风网中的回路 $\{e_7, e_9, e_{11}, e_{12}, e_8\}$ 。

常流回路中各节点必关联常流风路，因而无变流节点。

常流回路的风压需要控制才能平衡。

②变流回路：仅由变流风路构成的回路，称为变流回路，如图1—1所示风网中的回路 $\{e_1, e_5, e_3\}$ 。

变流回路中各节点均关联变流风路，因而无常流节点。

变流回路的风压在自然分风条件下可自行平衡，否则需要控制。