

ICS 13.100
D 09
备案号:26884—2010



中华人民共和国煤炭行业标准

MT/T 442—2008
代替 MT/T 442—1995

矿井通风网络解算程序编制通用规则

General compiling regulation of mine ventilation network calculating program

2009-12-11 发布

2010-07-01 实施

国家安全生产监督管理总局 发布

前 言

本标准对 MT/T 442—1995《矿井通风网络解算程序编制通用规则》进行了修订,以代替 MT/T 442—1995。

本标准与 MT/T 442—1995 相比,主要变化如下:

- 删除了原标准 MT/T 442—1995 中的第 5 章解算步骤;
- 增加了第 3 章术语及定义,第 4 章基本功能,第 8 章误差分析;
- 第 5 章对通风网络数学模型进行了修订,增加了流体网络的数学表述内容;
- 第 6 章对解算方法及原则进行了补充与完善。

本标准由中国煤炭工业协会科技发展部提出。

本标准由煤炭行业煤矿安全标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:煤炭科学研究总院抚顺研究院、辽宁工程技术大学。

本标准主要起草人:梁运涛、刘剑、王刚、贺明新、李艳昌、倪景峰。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- MT/T 442—1995。

矿井通风网络解算程序编制通用规则

1 范围

本标准规定了矿井通风网络解算程序的适用范围、术语和定义、基本功能、通风网络数学模型、解算原则、解算精度和误差分析。

本标准适用于稳定状态下矿井通风网络解算程序的编写。

本标准不适用于非稳定状态下矿井通风网络解算程序的编写。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 15663.8 煤矿科技术语 煤矿安全

AQ 1028 煤矿井工开采通风技术条件

MT 421 煤矿用主要通风机现场性能参数测定方法

MT/T 635 矿井巷道通风摩擦阻力系数测定方法

MT/T 440 矿井通风阻力测定方法

3 术语和定义

除 GB/T 15663.8 的术语和定义适用于本标准外，补充以下术语和定义。

3.1

矿井通风网络 mine ventilation network

表示矿井风路、风流方向、通风设施、通风动力装置之间关联关系的网络。

3.2

风路 airflow branch

有风流流经的井筒、巷道以及回采工作面等通风线路。

3.3

节点 node

两条或两条以上风路的交汇点。在同一条巷道中，将巷道断面形状、断面面积、支护方式、坡度的变化点也可称为节点。

3.4

回路 circuit

通风网络中若干条风路首尾相接构成的闭合路径。

3.5

通风网络解算 ventilation network flow distribution

已知通风网络中各风路的风阻及通风机特性曲线(或矿井总风量)，计算各风路风量的过程。

3.6

固定风量风路 fixed air flux branch

通风网络解算时有风量期望值并且不参与迭代计算的风路。

3.7

自然分风 natural airflow distribution

不含有固定风量风路的网络解算,解算结果满足节点风量平衡和回路阻力平衡定律。

3.8

按需分风 fixed airflow distribution

含有固定风量风路的网络解算,解算结果满足节点风量平衡定律,而不一定满足回路阻力平衡定律。

3.9

按需调节 adjustment for fixed airflow distribution

为使按需分风结果能够满足通风网络节点风量平衡、回路阻力平衡而采取的增加、降低通风阻力或者改变通风动力的措施。

3.10

网络半割集 half cut set of ventilation network

一个将通风网络分成进风侧和回风侧两部分,并使通风网络失去连通性的最小风路的集合。

3.11

固定通风网络半割集下的按需分风 fixed half cut set's airflow distribution

一个通风网络半割集的按需分风称之为固定通风网络半割集下的按需分风。

3.12

无理固定风量的风路 irrational fixed air flux branch

由于固定风量风路的位置或者固定风量值不合理导致通风网络解算结果不收敛的固定风量风路。

3.13

通风网络拓扑关系 topology relationship of ventilation network

通风网络中满足拓扑几何学原理的风路、节点、构筑物、通风动力装置等各空间数据间的相互关系,即风路与节点的连接关系以及构筑物、通风动力装置等通风设施与风路的绑定关系。

4 基本功能

通风网络解算程序至少应具有如下功能:

- 自然分风;
- 按需分风;
- 固定通风网络半割集下的按需分风;
- 解算能力不受通风网络风路数和节点数的限制;
- 能够自动检测无理固定风量风路;
- 模拟矿井自然风压;
- 程序操作应具有良好的人机交互功能。

5 数学模型

5.1 质量守恒定律

5.1.1 狭义的质量守恒定律(亦称节点质量守恒定律)

在单位时间内,任一节点流入和流出的风流质量的代数和为零。习惯上取流入为正、流出为负,则节点质量守恒定律可以写为式(1):

$$\sum \rho_v q_v - \sum \rho_h q_h = 0$$

$$[(v_i, v_j) \in E^+(v_i), (v_k, v_i) \in E^-(v_i), v_i \in V, v_j \in V, v_k \in V] \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

ρ_v, ρ_u ——风路 (v_i, v_j) 和风路 (v_k, v_l) 的风流密度, 单位为千克每立方米 (kg/m^3);

q_v, q_u ——风路 (v_i, v_j) 和 (v_k, v_l) 的风量, 单位为立方米每秒 (m^3/s);

(v_i, v_j) ——始节点为 v_i 、末节点为 v_j 的风路;

(v_k, v_l) ——始节点为 v_k 、末节点为 v_l 的风路;

$E^+(v_i)$ ——节点 v_i 的流入风路集合;

$E^-(v_i)$ ——节点 v_i 的流出风路集合;

V ——通风网络的节点集合。

当密度变化可以忽略不计时, 式(1)可写为式(2):

$$\sum q_v - \sum q_u = 0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$[(v_i, v_j) \in E^+(v_i), (v_k, v_l) \in E^-(v_i), v_i \in V, v_j \in V, v_k \in V]$$

即节点风量平衡定律。该定律表明: 对通风网路中的任一节点, 流进的风量等于流出的风量。

通风网络 G 中共有 m 个节点, 可以列出 m 个节点风量平衡方程, m 个节点流量平衡方程的矩阵表示如式(3):

$$BQ^T = \left(\sum_{j=1}^n b_{ij} q_j \right)_{m \times 1} = 0 \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$B = (b_{ij})_{m \times n}$, 为通风网络 G 的完全关联矩阵;

$Q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$, 为分支的流量矩阵, 其排列次序与关联矩阵一致, Q^T 是 Q 的转置。

5.1.2 广义质量守恒定律

在单位时间内, 任一有向割集对应的风路流量的代数和等于 0。割集风量平衡方程的矩阵表示如式(4):

$$SQ^T = \left(\sum_{j=1}^n s_{ij} q_j \right)_{1 \times 1} = 0 \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$S = (s_{ij})_{1 \times n}$, 为有向割集矩阵及其元素值, s 为割集数。

5.2 能量守恒定律

在任一闭合回路 C 上所发生的能量转换的代数和为零, 如式(5):

$$\sum_{i=1}^{|C|} h_i + h_l^c + h_z^c = 0 \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

h_i ——风路 i 的阻力;

h_l^c ——回路 C 上的机械通风动力;

h_z^c ——回路 C 上的自然风压、火风压等;

$|C|$ ——回路的分支数。

将 h_l^c 和 h_z^c 统称为附加阻力, 并记为 h' 。当回路上既无机械通风动力又无自然风压或火风压时, 式

(5)可写为 $\sum_{i=1}^{|C|} h_i = 0$, 即阻力平衡定律。该定律表明: 在任一回路上, 不同方向的风流, 它们的阻力相等。

按照回路矩阵 $M = (m_{ij})_{n \times n}$ 的风路排列次序, 用阻力集合元素构造风路阻力矩阵和回路附加阻力矩阵分别为 $H = (h_1, h_2, \dots, h_n)$, $H' = (h'_1, h'_2, \dots, h'_n)$ 。回路能量平衡方程式的矩阵表示如式(6):

$$MH^T = H'^T \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

H^T, H'^T —— H 和 H' 的转置。

或写为式(7)：

$$\left(\sum_{j=1}^n m_{ij} h_j - h'_i\right)_{n \times 1} = 0 \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中：

s ——回路总数。

5.3 通风阻力定律

风流在风路中流动时，基本皆为紊流，其阻力（习惯上也叫压力损失、能量损失、压降等）表达式如式(8)：

$$h_i = r_i q_i^2 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中：

h_i ——风路的阻力值，单位为帕(Pa)；

r_i ——风路的风阻值，单位为牛二次方秒每八次方米($N \cdot s^2/m^8$)；

q_i ——风路的风量值，单位为立方米每秒(m^3/s)。

此时，回路阻力平衡方程也可写为式(9)：

$$\sum_{j=1}^n m_{ij} r_j q_j |q_j| - h'_i = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, s) \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中：

m_{ij} ——回路方向系数。

6 解算原则

6.1 计算方法

对通风网络解算数学模型的求解可采用牛顿法、克劳苏法(又称斯考德-恒斯雷法)以及节点风压法等任何有效数值计算方法。

6.2 固定风量需风点的配风原则

用风地点对应的固定风量风路的配风量值依据 AQ 1028 确定。

6.3 最大固定风量风路数

按需分风最大固定风量的风路数确定原则为：去掉固定风路后通风网络仍能保持连通性。

6.4 通风机特性曲线

通风机特性曲线的测试依据 MT 421 进行。网络解算中，通风机特性曲线方程可以采用分段三次以上非线性方程等任何能够完整准确表达通风机特性曲线的方程(或方程组)来描述，不宜采用容易导致网络解算假收敛的单一二次抛物线方程来描述通风机风量风压特性曲线。

6.5 矿井自然风压计算的前提条件

矿井自然风压的计算需已知通风网络各节点的标高以及各条风路风流的平均密度。

6.6 井巷通风摩擦阻力系数确定

进行通风网络解算之前必须提供矿井通风网络的井巷通风摩擦阻力系数。矿井巷道通风摩擦阻力系数测定方法依据 MT/T 635 进行，或者依据 MT/T 440 进行阻力测定后计算确定。

6.7 模拟矿井反风的已知条件

- 矿井采用通风机反转反风方法的，应具有反转特性曲线；
- 矿井采用反风道反风方法的，应具有反风状态下井下风门的开启和关闭状态及其他局部风阻变化状态参数。

7 解算精度

程序应包含一个检验解算精度的模块，以便在完成风量分配计算后，把解算结果回代到原数学模型

中,计算节点风量闭合差和回路风压闭合差,并以这两个闭合差的最大绝对值作为本次解算的精度。

8 误差分析

8.1 风量误差

通风网络解算结果的风量误差依据下式计算:

$$\epsilon_1 = \frac{|q - q'|}{q} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

ϵ_1 ——风路的风量误差,单位为百分号(%);

q ——风路的实际测试风量值,单位为立方米每秒(m^3/s);

q' ——风路的解算风量值,单位为立方米每秒(m^3/s)。

8.2 阻力误差

通风网络解算结果的阻力误差依据式(11)计算:

$$\epsilon_2 = \frac{|h - h'|}{h} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中:

ϵ_2 ——风路的阻力误差,单位为百分号(%);

h ——风路的实际测试阻力值,单位为帕(Pa);

h' ——风路的解算阻力值,单位为帕(Pa)。