

ICS
D
备案号:

AQ/T

中华人民共和国安全生产行业标准

AQ/T1067—2008

矿井风流热力状态预测方法

Mine Merry Heat Prediction Standard

(送审稿)

2008—11—19 发布

2009—01—01 实施

国家安全生产监督管理总局 发布

目 录

前

言	II
1 范	
围	1
2 规 范 性 引 用 文	
件	1
3 术 语 和 定	
义	1
4 矿 井 风 流 热 力 状 态 预 测 的 基 础 资	
料	2
5 矿 井 风 流 热 力 状 态 预 测 内 容 、 范 围 及 精 度 要	
求	4
6 矿 井 风 流 热 力 状 态 预 测 方	
法	5
附 录 A (规 范 性 附 录) 井 底 车 场 风 流 热 状 态 预 测 方	
法	6
附 录 B (规 范 性 附 录) 井 巷 风 流 热 状 态 预 测 方	
法	8
附 录 C (规 范 性 附 录) 掘 进 工 作 面 风 流 热 状 态 预 测 方	
法	1 2
附 录 D (规 范 性 附 录) 回 采 工 作 面 风 流 热 状 态 预 测 方	
法	1 4
附 录 E (资 料 性 附 录) 大 型 机 电 设 备 放 热 量 计	
算	1 6
附 录 F (资 料 性 附 录) 矿 井 微 气 候 基 本 参 数 计	
算	1 8

前 言

在深部采矿工程中，矿井热环境条件将是制约采矿生产、危及安全和健康的一个重要因素。在新矿井、新水平和新采区的设计中，为了调查清楚投产后的矿井热环境状况，则必须对矿井风流的热力状态进行预测，以为合理地(节能、经济、安全和环保)设计矿井开拓系统、生产系统和生产工艺、通风系统与降温系统提供必要的热力参数，规范矿井风流热力状态预测方法，为此制定本标准。

由于矿井热环境条件的复杂性和多变性，致使预测精度受到限制，因此，在选用矿井制冷降温设备时，要有足够的备用量。进行矿井风流热力状态预测，除执行本规范的规定外，尚应符合国家现行的有关标准、规范和规定。

本标准为您推荐性标准。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D 为规范性附录，附录 E、附录 F 为资料性附录。

本标准由国家安全生产监督管理总局提出。

本标准由全国安全生产标准化技术委员会煤矿安全分技术委员会归口。

本标准负责起草单位：中国煤炭工业劳动保护科学技术委员会。

本标准参加起草单位：煤炭科学研究总院抚顺分院。

本标准主要起草人：李红阳、杨德源、罗海珠、朱锦文

矿井风流热力状态预测方法

1 范围

本标准规定了矿井风流热力状态预测的定义术语、预测的基础资料、内容、范围、精度要求及预测方法。

本标准适用于全国井工开采的矿井，包括生产、新建和改、扩建矿井。

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。凡是注明日期的引用文件，其随后所有的修改件(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后确定，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。

GB50155-1992 采暖通风与空气调节术语标准

GB50215-2005 煤炭工业矿井设计规范

DZ/T0080-1993 煤田地球物理测井规范

DZ/T0215-2002 煤、泥炭地质勘查规范

煤矿安全规程(2006年版)

3 术语和定义

GB50155-1992 中确立的术语和定义以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1 矿井热源 mine heat source

处在井巷中的，并能对风流加热(或吸热)的载热体，称为矿井热源。

3.2 矿山地热 geothermal Mine

在矿区开采范围内的地热状况，称为矿山地热。

3.3 地温场 geothermal Field

地层中的温度分布，称为地温场。

3.4 地温异常区 temperature anomalies

地温梯度值，高于或低于正常值(1.6~3.0℃/100m)的地层区域称为地温异常区。

3.5 地面大气参数 ground atmospheric parameters

矿区地面空气的参数，包括温度、湿度、风速和气压等，可由矿区附近气象站(台)查出。

3.6 矿井风流热力状态预测 mine Merry heat prediction

在新矿井或新水平、新采区设计中，根据矿井的热环境条件，预先计算出基建和投产后矿内风流的热力状态。

3.7 最热月平均气象参数 on average the hottest meteorological parameters

最热月空气的温度、相对湿度和大气压力的平均值。

3.8 正向、逆向热力计算 positive, the reverse thermodynamic calculation

沿风流方向进行的热力计算称为正向热力计算，逆风流方向进行的热力计算称为逆向热力计算。

3.9 矿内作业场所温度 mine temperature at work area

在矿井下从事掘进、回采、巷道维护及设备操作等场所的风流温度(即干球温度)。

4 矿井风流热力状态预测的基础资料

4.1 矿区气象资料

—— 调查矿区附近气象站(台)近 10 年的气温、相对湿度和大气压力历年的月平均值和年平均

均值；

—— 0~3.2m 之间不同深度的温度；

—— 年平均日影响深度；

—— 降水量；

—— 气象站的地理坐标；

4.2 井田地质地温资料

—— 提供井田的精查地质报告；

—— 井田恒温带的深度，温度，地温梯度；

—— 矿井不同开采深度的地温(深钻孔或浅钻孔测温)，等温线图，地温场分布；

—— 井田地质构造，岩浆活动以及岩层中放射性元素含量；

—— 井田地层和井巷围岩种类、分布及岩石的导热率、密度和比热；

4.3 矿井水文地质资料

—— 地下水的来源、分布、通道，水量及温度；

—— 矿井涌水量，水温及水质；

—— 矿井排水动力及排水系统；

—— 水沟断面规格；

—— 顶板及两帮淋水情况，水温及水量；

4.4 地温、岩石热物理参数测试及深部地温预测

—— 参照 DZ/T0080-1993 煤田地球物理测井规范、DZ/T0215-2002 煤、泥炭地质勘查规范；

4.5 矿井生产技术资料

4.5.1 矿井开拓系统

—— 开拓系统布置；

—— 矿井生产能力(日产量及年产量)；

—— 矿井服务年限；

4.5.2 矿井通风系统

—— 风量分配；矿井、采区及采面的通风方式；

—— 矿井主要通风机的功率；

——掘进通风方式及局部通风机的功率。

4.5.3 矿井运输系统

——运输系统布置；
 ——运输方式；
 ——运输动力的容量；
 ——运输量；
 ——日运输作业时间；

4.5.4 矿井压缩空气供应系统；

4.5.5 井下冷、热水管道的分布；

4.5.6 矿井安全情况：瓦斯，火灾，粉尘；

4.5.7 矿井供电系统

——中央变电所、采区变电所及移动变电站的位置和设备容量；
 ——主要机电设备的分布及容量；

4.6 矿井巷道状况

——巷道编号、名称；
 ——井巷的几何尺寸(断面、长度及周长)；
 ——始、终端的标高；
 ——围岩岩性；
 ——围岩初始温度；
 ——井巷通风时间；
 ——断面形状及支护方式；
 ——风量；

4.7 采掘工作面状况

4.7.1 回采工作面状况

——回采工作面编号、名称；
 ——采面上、下口的标高；
 ——采面长度；
 ——采高；
 ——控顶距；
 ——顶、底板岩性；
 ——围岩初始温度；
 ——日产量；
 ——采面供风量，采面通风方式；
 ——采面内及上、下平巷机电设备的容量(kW)；
 ——采矿方法，回采工艺及顶板管理；
 ——采面内的涌水量及水温；

—— 采面内每斑的工作人数。

4.7.2 掘进工作面状况

—— 掘进工作面编号、名称；

—— 掘进工作面的几何尺寸：断面，长度，周长及标高；

—— 围岩岩性；

—— 围岩初始温度；

—— 通风方式，局部通风机功率，供风量，送风距离，风筒直径及材料；

—— 日进尺；

—— 每班工作人数；

—— 掘进及转载设备的容量；

—— 巷道支护方式；

—— 涌水量及水温；

—— 每斑火药耗量。

5 矿井风流热力状态预测内容、范围及精度要求

5.1 预测内容

预测采掘工作面最热月的风流热力状态参数。

5.1.1 预测矿井通风系统特征点(井底车场)风流热力状态参数；

5.1.2 预测矿井通风系统特征点(井巷)风流热力状态参数；

5.1.3 预测回采工作面出口(距回风道口 15m 处采面内的运输空间中)的风流热力状态参数(参考《煤矿安全规程》1992 年版执行说明)；

5.1.4 进行逆向热力计算时，预测回采工作面进口(距进风巷 3m 的采面内)的风流热力状态参数；

5.1.5 预测掘进通风系统中特征点(风机后、风筒出口及回风巷)的风流热力状态参数；

5.1.6 预测掘进工作面(距迎头 2m 处回风流)风流的热力状态参数。

5.2 预测范围

对于新矿井、新水平、新采区设计，要分期(基建期、投产期、达产期、中期和后期)预测矿井风流的热力状态参数。

5.3 预测精度

特征点(井底车场、井巷、掘进工作面及回采工作面)风流温度预测绝对误差 $\leq 1.5^{\circ}\text{C}$ ，相对误差不得超过 $\pm 5\%$ 。

5.4 对风流热力状态参数测试仪器仪表的精度要求

5.4.1 温度测量：测量范围为 $-25\sim+50^{\circ}\text{C}$ ，最小分度值为 0.1°C ；

5.4.2 大气压力测量：测量范围为 $80\text{kPa}\sim 120\text{kPa}$ ($600\sim 900\text{mmHg}$)，最小分度值为 50Pa ；

5.4.3 风速测量：测量范围：低速为 $0.2\sim 5\text{m/s}$ ，中速为 $0.4\sim 10\text{m/s}$ ，高速为 $0.8\sim 30\text{m/s}$ ；测量精度要求：低速为 $\leq 0.2\text{m/s}$ ，中速为 $\leq 0.4\text{m/s}$ ，高速为 $\leq 0.8\text{m/s}$ ；

5.4.4 相对湿度测量：测量范围为 $50\sim 100\%$ ，测量精度要求为 $\leq 5\%$ 。

6 矿井风流热力状态预测方法

采用单线路预测法(主干线路法),从已知节点(一般以入风井筒的地面井口进风点)开始,顺风流方向,选择一条通往预测终点(一般为回采工作面出口)的主要风路,逐段预测,计算出相关特征点(如井底车场、一翼或采区进风点以及采掘工作面进风点等)的风流热状态参数。

6.1 预测方法的选用

6.1.1 按照 GB50215-2005 标准 7.5.2 的规定,所采用的预测方法必须经过鉴定的、并经多个矿井的预测验证,证明是可靠的;

6.1.2 必须调查清楚预测矿井的主要热、湿源和设计(或实际)通风状况;

6.1.3 在矿井通风网路中的风流汇合点,应考虑汇合风流的影响,计算混合风流的热、湿参数;

6.1.4 在通风网路解算中,应考虑风流热力状态的变化;

6.2 井底车场风流热状态预测方法按照规范性附录 A 进行。

6.3 井巷风流热状态预测方法按照规范性附录 B 进行。

6.4 掘进工作面风流热状态预测方法按照规范性附录 C 进行。

6.5 回采工作面风流热状态预测方法按照规范性附录 D 进行。

6.6 大型机电设备放热量计算方法按照资料性附录 E 进行。

6.7 矿井微气候基本参数计算按照资料性附录 F 进行。

6.8 预测结果处理

预测完成后,应编制矿井风流热力状态预测报告。

预测报告主要包括:

- 预测矿井名称、预测时间、预测人员;
- 预测目的和要求;
- 当时矿井通风和生产情况;
- 列出矿井风流热力状态预测的基础资料;
- 矿井风流热力状态参数计算;
- 预测结果分析;
- 绘制预测矿内风流热状态曲线图;
- 提出矿井热害防治措施的建议方案。

附录 A
(规范性附录)

井底车场风流热状态预测方法

A.1 井底车场风流热状态预测方法

A.1.1 井筒深度 $H < 900\text{m}$ 时

井底车场风流温度 t_2 :

$$t_2 = \sqrt{\frac{1}{4} \left(\frac{\gamma k_{B2} \varphi_2 n + c_p}{\gamma k_{B2} \varphi_2 m} \right)^2 + \frac{i_1 + 10^{-3} gH - \gamma k_{B2} \varphi_2 l}{\gamma k_{B2} \varphi_2 m}} - \frac{1}{2} \left(\frac{\gamma k_{B2} \varphi_2 n + c_p}{\gamma k_{B2} \varphi_2 m} \right), \text{ } ^\circ\text{C} \dots\dots\dots (\text{A-1})$$

A.1.2 井筒深度 $H \geq 900\text{m}$ 时

井底车场风流温度 t_2

$$t_2 = \sqrt{\frac{1}{4} A^2 + D} - \frac{1}{2} A, \text{ } ^\circ\text{C} \dots\dots\dots (\text{A-2})$$

$$A = \frac{\gamma k_{B2} \varphi_2 n + c_p + \frac{1}{2} \frac{k_\tau H D \pi}{M_B}}{\gamma k_{B2} \varphi_2 m}$$

$$D = \frac{i_1 + 10^{-3} gH + \frac{\sum Q_M}{M_B} + \frac{k_\tau H D \pi}{M_B} (t_{gu} - \frac{1}{2} t_1) - \gamma k_{B2} \varphi_2 l}{\gamma k_{B2} \varphi_2 m}$$

式中:

t_1 —地面井口入风温度, $^\circ\text{C}$;

t_2 —井底车场风流温度, $^\circ\text{C}$;

i_1 —地面井口入风焓值, kJ/kg ;

i_2 —井底车场风流焓值, kJ/kg ;

$\sum Q_M$ —井筒中各种局部热源放热量之和, kW ;

Q_{gu} —井筒围岩放热量, kW ;

φ_1 —地面井口入风相对湿度, %;

φ_2 —井底车场风流相对湿度, %;

k_{B1} —地面井口气压修正系数, $k_{B1} = \frac{101.08}{B_1}$;

k_{B2} —井底车场气压修正系数, $k_{B2} = \frac{101.08}{B_2}$;

B_1 —地面井口大气压力, kPa ;

B_2 —井底车场大气压力, kPa ;

t_{gu} —井筒围岩的平均初始温度, $^\circ\text{C}$;

M_B —通过井筒的风量, kg/s ;

k_τ —风流与围岩间的不稳定热交换系数, $\text{kW/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$;

H —井筒的深度, m ;

D —井筒的直径, m ;

c_p —空气的定压比热, $c_p=1.005\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$;

γ —水在 0°C 时的汽化潜热, $\gamma=2.501\text{kJ/g}^\circ\text{C}$;

m, n, l —常数, 见表 A1。

表 A1 常数 m, n, l

风温 $^\circ\text{C}$	0~10	5~15	10~20	15~25	20~30	25~35
m	3.77	3.96	4.68	6.42	9.82	16.60
n	0.266	0.209	0.089	-0.114	-0.424	-0.940
l	0.0120	0.0158	0.0206	0.0264	0.0334	0.0432

附录 B
(规范性附录)

井巷风流热状态预测方法

B.1 水平井巷风流热状态预测方法

B.1.1 通风时间小于 1 年的水平井巷

B.1.1.1 水平井巷终端温度

$$t_2 = t_1 e^{-\Gamma\phi} + \left(\frac{1 - e^{-\Gamma\phi}}{\Gamma}\right) \left(T + \frac{\sum Q_M}{M_B c_p}\right), \text{ } ^\circ\text{C} \dots\dots\dots (\text{B-1})$$

$$\Gamma = \frac{k_\tau UL}{M_B c_p} + \frac{k_T U_T L}{M_B c_p} + \frac{k_w B_w L}{M_B c_p} + E\Delta\varphi$$

$$T = \frac{k_\tau UL}{M_B c_p} t_{\text{gu}} + \frac{k_T U_T L}{M_B c_p} t_T + \frac{k_w B_w L}{M_B c_p} t_w - F\Delta\varphi$$

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1; \quad E = \frac{N_y}{B - P_m}; \quad F = E\varepsilon'$$

$$\phi = \begin{cases} \frac{1}{1 + E\varphi_1} (\Delta\varphi = 0) \\ \frac{\ln\left(1 + \frac{E\Delta\varphi}{1 + E\varphi_1}\right)}{E\Delta\varphi} (\Delta\varphi \neq 0) \end{cases}$$

B.1.1.2 水平井巷始端温度(逆向计算)

$$t_1 = t_2 e^{\Gamma\phi} - \left(\frac{e^{\Gamma\phi} - 1}{\Gamma}\right) \left(T + \frac{\sum Q_M}{M_B c_p}\right), \text{ } ^\circ\text{C} \dots\dots\dots (\text{B-2})$$

B.1.2 通风时间大于 1 年的水平井巷

B.1.2.1 水平井巷终端温度

$$t_2 = \sqrt{\frac{1}{4} A^2 + D} - \frac{1}{2} A \dots\dots\dots (\text{B-3})$$

$$A = \frac{k_B \gamma \varphi_2 n + c_p + \frac{1}{2} k_1}{k_B \gamma \varphi_2 l}$$

$$D = \frac{i_1 + k_2 + \frac{\sum Q_M}{M_B} - k_B \gamma \varphi_2 m - \frac{1}{2} k_1 t_1}{k_B \gamma \varphi_2 l}$$

$$k_1 = \frac{k_\tau UL}{M_B} + \frac{k_T U_T L}{M_B} + \frac{k_w B_w L}{M_B}$$

$$k_2 = \frac{k_\tau UL}{M_B} t_{\text{gu}} + \frac{k_T U_T L}{M_B} t_T + \frac{k_w B_w L}{M_B} t_w$$

B.1.2.2 水平井巷始端温度(逆向计算)

$$t_1 = \sqrt{\frac{1}{4}A^2 + D} - \frac{1}{2}A, \text{ } ^\circ\text{C} \dots\dots\dots(\text{B-4})$$

$$A = \frac{k_B \gamma \varphi_1 n + c_p + \frac{1}{2}k_1}{k_B \gamma \varphi_1 l}$$

$$D = \frac{i_2 - k_2 - \frac{\sum Q_M}{M_B} - k_B \gamma \varphi_1 m + \frac{1}{2}k_1 t_2}{k_B \gamma \varphi_1 l}$$

B.2 倾斜井巷风流热状态预测方法

B.2.1 通风时间小于 1 年的倾斜井巷

B.2.1.1 倾斜井巷终端温度

$$t_2 = t_1 e^{-\Gamma \phi} + \left(\frac{1 - e^{-\Gamma \phi}}{\Gamma} \right) \left(T \pm Y + \frac{\sum Q_M}{M_B c_p} \right), \text{ } ^\circ\text{C} \dots\dots\dots(\text{B-5})$$

$$\Gamma = \frac{k_\tau UL}{M_B c_p} + \frac{k_T U_T L}{M_B c_p} + \frac{k_W B_W L}{M_B c_p} + E \Delta \varphi$$

$$T = \frac{k_\tau UL}{M_B c_p} t_{gu} + \frac{k_T U_T L}{M_B c_p} t_T + \frac{k_W B_W L}{M_B c_p} t_w - F \Delta \varphi$$

$$Y = \frac{k_\tau UL}{M_B c_p} L \sigma \left(\frac{1}{1 - e^{-\Gamma \phi}} - \frac{1}{\Gamma} \right) \sin \psi$$

$$\Delta \varphi = \varphi_2 - \varphi_1; \quad E = \frac{N_y}{B - P_m}; \quad F = E \varepsilon'$$

$$\phi = \begin{cases} \frac{1}{1 + E \varphi_1} (\Delta \varphi = 0) \\ \frac{\ln \left(1 + \frac{E \Delta \varphi}{1 + E \varphi_1} \right)}{E \Delta \varphi} (\Delta \varphi \neq 0) \end{cases}$$

B.2.1.2 倾斜井巷始端温度(逆向计算)

$$t_1 = t_2 e^{\Gamma \phi} - \left(\frac{e^{\Gamma \phi} - 1}{\Gamma} \right) \left(T \mp Y + \frac{\sum Q_M}{M_B c_p} \right), \text{ } ^\circ\text{C} \dots\dots\dots(\text{B-6})$$

B.2.2 通风时间大于 1 年的倾斜井巷

B.2.2.1 倾斜井巷终端温度

$$t_2 = \sqrt{\frac{1}{4}A^2 + D} - \frac{1}{2}A, \text{ } ^\circ\text{C} \dots\dots\dots(\text{B-7})$$

$$A = \frac{k_{B2} \gamma \varphi_2 n + c_p + \frac{1}{2}k_1}{k_{B2} \gamma \varphi_2 l}$$

$$D = \frac{i_1 \pm 10^{-3} g \Delta H + k_2 + \frac{\sum Q_M}{M_B} - k_{B2} \gamma \varphi_2 m - \frac{1}{2} k_1 t_1}{k_{B2} \gamma \varphi_2 l}$$

$$k_1 = \frac{k_\tau U L}{M_B} + \frac{k_T U_T L}{M_B} + \frac{k_W B_W L}{M_B}$$

$$k_2 = \frac{k_\tau U L}{M_B} t_{gu} + \frac{k_T U_T L}{M_B} t_T + \frac{k_W B_W L}{M_B} t_w$$

B.1.2.2 井巷始端温度(逆向计算)

$$t_1 = \sqrt{\frac{1}{4} A^2 + D} - \frac{1}{2} A, \text{ } ^\circ\text{C} \dots\dots\dots (\text{B-8})$$

$$A = \frac{k_{B1} \gamma \varphi_1 n + c_p + \frac{1}{2} k_1}{k_{B1} \gamma \varphi_1 l}$$

$$D = \frac{i_2 \mp 10^{-3} g \Delta H - k_2 - \frac{\sum Q_M}{M_B} - k_{B1} \gamma \varphi_1 m + \frac{1}{2} k_1 t_2}{k_{B1} \gamma \varphi_1 l}$$

式中:

t_1 —巷道始端风流温度, $^\circ\text{C}$;

t_2 —巷道终端风流温度, $^\circ\text{C}$;

t_{gu} —围岩原始温度, $^\circ\text{C}$;

M_B —风量, kg/s ;

k_τ —风流与围岩不稳定热交换系数, $\text{kW/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$;

k_T —水管壁传热系数, $\text{kW/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$;

k_W —水沟盖板传热系数, $\text{kW/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$;

U —巷道周长, m ;

U_T —水管周长, m ;

B_W —水沟的宽度, m ;

L —巷道长度, m ;

t_1 —水管内水的温度, $^\circ\text{C}$

t_w —水沟中水的平均温度, $^\circ\text{C}$

$\sum Q_M$ —各种局部热源放热量之和, W ;

σ —地温梯度, $^\circ\text{C/m}$;

ψ —巷道倾角, $^\circ$;

φ_1 —巷道始端风流的相对湿度, %;

φ_2 —巷道终端风流的相对湿度, %;

k_B —巷道风流气压修正系数, $k_B = \frac{101.08}{B}$;

k_{B1} —巷道始端风流气压修正系数, $k_{B1} = \frac{101.08}{B_1}$;

k_{B2} —巷道始端风流气压修正系数, $k_{B2} = \frac{101.08}{B_2}$;

B —巷道大气压力, kPa;

B_1 —巷道始端大气压力, kPa;

B_2 —巷道终端大气压力, kPa;

ε' , P_m , N_y —常系数, 见表 B1。

表 B1

空气温度 ℃		1~10	11~17	17~23	23~29	29~35	35~45	45~50
ε'		9.324	19.979	-3.770	-8.988	-14.288	-22.958	-27.685
P_m Pa	井下	1016.20	1459.01	2108.05	3028.41	4281.27	6497.05	10193
	地面	734.16	1053.36	1522.08	2187.85	3105.55	4692.24	6974
N_y		95880	77805	223307	306100	415160	608076	850589

附录 C
(规范性附录)

掘进工作面风流热状态预测方法

C.1 掘进工作面风流温度预测图(见图 E1)

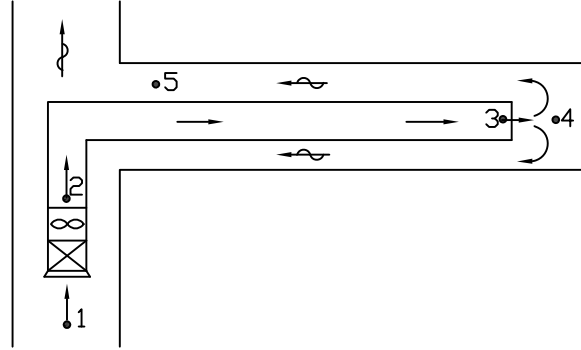


图 E1 掘进工作面风流预测系统

C.2 风机后风流温度(特征点 2)

$$t_2 = t_1 + \Delta t = t_1 + k_t \frac{N_e}{V_B}, \text{ } ^\circ\text{C} \dots\dots\dots (\text{C-1})$$

C.3 风筒出口温度(特征点 3)

$$t_3 = \frac{R_1 t_2 [A_a + N(N - A_a)] + N[\Pi(A_a + A_b) + R_1 A_c]}{R_1 A_a (1 + N) - N[R_2(A_a + A_b) + NR_1]}, \text{ } ^\circ\text{C} \dots\dots\dots (\text{C-2})$$

$$R_1 = 1 + \frac{\gamma k_B \phi_4 n}{c_p} + M; \quad R_2 = 1 + \frac{\gamma k_B \phi_3 n}{c_p} - M$$

$$\Pi = 2Mt_{gu} + Z \sum Q_{M3} - \frac{\gamma k_B m (\phi_4 - \phi_3)}{c_p}$$

$$A_a = 1 + \frac{\gamma k_B \phi_5 n}{c_p} + \frac{1}{2} E + N$$

$$A_b = 1 + \frac{\gamma k_B \phi_4 n}{c_p} - \frac{1}{2} E - N$$

$$A_c = Et_{gu} + \frac{\sum Q_{MB}}{M_{Bm} c_p} - \frac{\gamma k_B m (\phi_5 - \phi_4)}{c_p}$$

$$E = \frac{k_{\tau B} F_B}{M_{Bm} c_p}; \quad N = \frac{k_f F_f}{2M_{Bm} c_p}; \quad k = \frac{M_{B3}}{M_{B2}}; \quad M_{B3} = \frac{2kM_{Bm}}{1+k}; \quad Z = \frac{1+k}{2kM_{Bm} c_p}$$

$$M_{Bm} = \frac{1}{2}(M_{B2} + M_{B3}); \quad M = \frac{(1+k)k_{\tau 3} F_3}{4kM_{Bm} c_p}$$

C.4 掘进迎头温度(特征点 4)

$$t_4 = \frac{\Pi + R_2 t_3}{R_1}, \text{ } ^\circ\text{C} \dots\dots\dots (\text{C-3})$$

C.5 回风巷中温度(特征点 5)

$$t_5 = \frac{A_b t_4 + N(t_2 + t_3) + A_c}{A_a}, \text{ } ^\circ\text{C} \dots\dots\dots(\text{C-4})$$

式中:

t_1 —特征点 1 风流温度, $^\circ\text{C}$;

t_2 —特征点 2 风流温度, $^\circ\text{C}$;

t_3 —特征点 3 风流温度, $^\circ\text{C}$;

t_4 —特征点 4 风流温度, $^\circ\text{C}$;

t_5 —特征点 5 风流温度, $^\circ\text{C}$;

N_e —风机的额定功率, kW;

V_B —通过风机的风量, m^3/min ;

k_t —温度系数, 可取 30~34;

$\sum Q_{M3}$ —掘进工作面近区各种热源放热量之和, kW;

$\sum Q_M$ —掘进巷道中各种局部热源放热量之和, kW;

F_f —风筒的传热面积, m^2 ;

k_f —风筒的传热系数, $\text{kW}/\text{m}^2\text{ } ^\circ\text{C}$;

F_4 —掘进面近区传热面积, m^2 ;

k_{t4} —掘进面近区不稳定热交换系数, $\text{kW}/\text{m}^2\text{ } ^\circ\text{C}$;

F_B —掘进巷道的传热面积, m^2 ;

k_{tB} —掘进巷道围岩不稳定热交换系数, $\text{kW}/\text{m}^2\text{ } ^\circ\text{C}$;

M_{B2} —特征点 2 风量, kg/s;

M_{B3} —特征点 3 风量, kg/s;

φ_4 —特征点 4 的相对湿度, %;

φ_5 —特征点 5 的相对湿度, %;

$$k_{B4}$$
—特征点 4 气压修正系数, $k_{B4} = \frac{101.08}{B_4}$

$$k_{B5}$$
—特征点 5 气压修正系数, $k_{B5} = \frac{101.08}{B_5}$

x_4 —特征点 4 空气的含湿量, kg/kg(干空气);

x_5 —特征点 5 空气的含湿量, kg/kg(干空气);

m, n —常系数, 其取值见表 C1:

表 C1

空气温度 $^\circ\text{C}$	1~6	6~12	12~18	14~21	21~26	26~31	31~37	37~45
m	3.68	2.83	0.14	-1.70	-8.33	-18.80	-35.00	-63.85
n	0.34	0.48	0.69	0.82	1.13	1.53	2.05	2.83

附录 D
(规范性附录)

回采工作面风流热状态预测方法

D.1 回采工作面风流温度预测图(图 F1)。

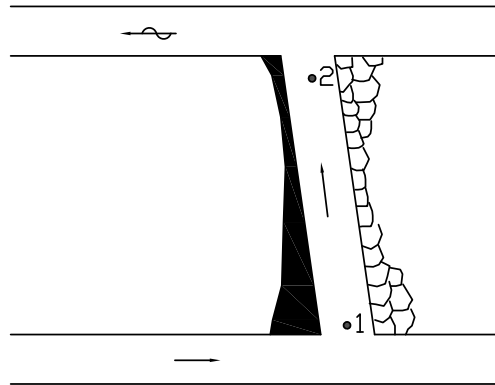


图 F1 回采工作面风流预测图

D.2 回采工作面出口风流温度：

$$t_2 = t_1 e^{-\Gamma\Phi} + \left(\frac{1 - e^{-\Gamma\Phi}}{\Gamma}\right) \left(T + \frac{\sum Q_M}{M_B c_p}\right), \text{ } ^\circ\text{C} \dots\dots\dots (\text{D-1})$$

$$\Gamma = \frac{k_\tau UL}{M_B c_p} + E\Delta\varphi; \quad \Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1; \quad \Delta t_k = 0.0024L^{0.8}(t_k - t_{fm})$$

$$E = \frac{N_y}{B - P_m}; \quad T = \frac{k_\tau UL t_{gu}}{M_B c_p} + \frac{G_k c_k \Delta t_k}{M_B c_p} - F\Delta\varphi; \quad F = E\varepsilon'$$

$$\Phi = \begin{cases} \frac{1}{1 + E\varphi_1} (\Delta\varphi = 0) \\ \frac{\ln\left(1 + \frac{E\Delta\varphi}{1 + E\varphi_1}\right)}{E\Delta\varphi} (\Delta\varphi \neq 0) \end{cases}$$

D.3 回采工作面进口风流温度(逆向计算)

$$t_1 = e^{\Gamma\Phi} t_2 - \left(\frac{e^{\Gamma\Phi} - 1}{\Gamma}\right) \left(T + \frac{\sum Q_M}{M_B c_p}\right), \text{ } ^\circ\text{C} \dots\dots\dots (\text{D-2})$$

式中：

t_1 —特征点 1 风流温度， $^\circ\text{C}$ ；

t_2 —特征点 2 风流温度， $^\circ\text{C}$ ；

G_k —运煤量， kg/s ；

c_k —煤的比热容， kJ/kgk ；

U —回采工作面周长， m ；

L —回采工作面长度，m；

M_B —回采工作面风量，kg/s；

k_{τ} —回采工作面的不稳定热交换系数，kW/m²°C；

$\sum Q_M$ —采面内各种热源放热量之和，kW；

t_{fm} —运输线路上风流平均湿球温度，°C；

t_k —回采工作面落煤温度，其取值见表 D1，°C；

表 D1

t_{gu} °C		≤40	≤50	≤60
t_k °C	未降温	$t_{gu}-2$	$t_{gu}-4$	$t_{gu}-6$
	降温	$t_{gu}-6$	$t_{gu}-8$	$t_{gu}-10$

附录 E
(资料性附录)

大型机电设备放热量计算方法

E.1 采掘机械运转时放热

$$Q_{cj} = 0.8k_{cj}N_{cj}, \text{ kW} \dots\dots\dots(\text{E-1})$$

式中:

k_{cj} —设备的时间利用系数, 它等于每日实际工作时间(时)被 24 除;

N_{cj} —采掘机械电机消耗的功率, kW;

采掘机械设备放热量而引起的风流温升按下式计算:

$$\Delta t = 0.15k_{cj} \frac{N_{cj}}{c_p M_B} \dots\dots\dots(\text{E-2})$$

E.2 提升设备工作时放热量

$$Q = (1 - \eta_t)k_t N_t, \text{ kW} \dots\dots\dots(\text{E-3})$$

式中:

η_t —提升机工作效率;

k_t —提升机时间利用系数;

N_t —设备功率, kW。

E.3 变压器工作时放热量

$$Q_b = k_b N_b, \text{ kW} \dots\dots\dots(\text{E-4})$$

式中:

$k_b = 0.05$ —矿井下变压器的平均热损率;

N_b —变压器功率, kW;

E.4 水泵工作时放热量

$$Q_{sh} = 0.2879N_{sh}, \text{ kW} \dots\dots\dots(\text{E-5})$$

$$\text{或 } Q_{sh} = 0.2879 \frac{H_{sh} V_{sh}}{\eta_{sh}}, \text{ kW} \dots\dots\dots(\text{E-6})$$

引起水的温升按下式计算:

$$\Delta t = 0.2879 \frac{H_{sh}}{\eta_{sh} \rho_{sh} c_{sh}}, \text{ } ^\circ\text{C} \dots\dots\dots(\text{E-7})$$

式中:

H_{sh} —水泵扬程, kPa;

V_{sh} —流量, m^3/s ;

ρ_{sh} —密度, kg/m^3 ;

c_{sh} —比热, $\text{kJ}/\text{kg}^\circ\text{C}$;

η_{sh} —水泵效率, 一般取 0.6~0.85。

E.5 通风机工作时放热量

$$Q_B = 0.564N_B, \text{ kW} \dots\dots\dots(\text{E-8})$$

通风机引起的风流温升为:

$$\Delta t_B = (28 \sim 34) \frac{N_B}{V_B}, \text{ } ^\circ\text{C} \dots\dots\dots(\text{E-9})$$

式中:

N_B —通风机功率, kW;

V_B —通风机的风量, m^3/min 。

E.6 电机车工作时放热量

$$Q_c = \frac{1}{\tau} LA_c k_c, \text{ kW} \dots\dots\dots(\text{E-10})$$

式中:

T —每日运输时间, h;

L —运输距离, km;

A_c —运输量, t/d;

k_c —吨公里能耗量。

E.7 电动机运转时放热量

$$Q_E = N_i(1 - \eta_E)k_t, \text{ kW} \dots\dots\dots(\text{E-11})$$

式中:

N_i —电动机功率, kW;

η_E —电动机效率;

k_t —时间利用系数。

E.8 蓄电池机车运行时的放热量

$$Q_x = k_x k_t N_x, \text{ kW} \dots\dots\dots(\text{E-12})$$

式中:

k_x —修正系数, 可取 1.5;

k_t —时间利用系数;

N_x —设备功率, kW。

附录 F

(资料性附录)

矿井微气候基本参数计算

F.1 矿内空气温度

F.1.1 热力学温标(T, K)和摄氏温标(t, °C)

$$T = 273.15 + t, \text{ K} \dots \dots \dots (\text{F-1})$$

F.1.2 干球温度(t_B)和湿球温度(t_f), 可用干、湿球温度计直接测出;F.1.3 露点温度(t_e)

$$t_e = \frac{273.3x}{17.275 - x}, \text{ °C} \dots \dots \dots (\text{F-2})$$

式中:

P_w —水蒸气分压力, kPa;

F.2 空气压力

F.2.1 矿井下大气压力(B)

$$B = B_0 + k_p H \text{ 或 } B = B_0 + g\rho H, \text{ kPa} \dots \dots \dots (\text{F-3})$$

式中:

B_0 —矿井地面大气压力, kPa;

k_p —压力梯度, $k_p=0.01133$ (夏季)~ 0.01267 (冬季);

H —计算点水平距地表的深度, m;

g —重力加速度, m/s^2 ;

ρ —密度, kg/m^3 。

F.2.2 水蒸气分压力(P_w)

$$P_w = B - P_g, \text{ kPa} \dots \dots \dots (\text{F-4})$$

式中:

P_g —湿空气中干空气的分压力(kPa)。

F.2.3 饱和水蒸气分压力(P_b)

P_b 值可按空气温度值(t)在湿空气性质表中查出, 也可以用下式计算:

$$P_b = 0.6105 \exp \frac{17.275t}{237.3 + t}, \text{ kPa} \dots \dots \dots (\text{F-5})$$

F.3 空气的密度

F.3.1 干空气的密度:

$$\rho_g = 0.00348 \frac{B - P_w}{T}, \text{ kg/m}^3 \dots \dots \dots (\text{F-6})$$

F.3.2 湿空气的密度:

$$\rho_B = 0.00348 \frac{B}{T} - 0.00132 \frac{P_w}{T}, \text{ kg/m}^3 \dots \dots \dots (\text{F-7})$$

H.4 空气的湿度

H.4.1 相对湿度(ϕ):

$$\varphi = \frac{P_w}{P_b}, \% \dots\dots\dots(F-8)$$

H.4.2 含湿量(x):

$$x = 0.622 \frac{P_w}{B - P_w} = 0.622 \frac{\varphi P_b}{B - \varphi P_b}, \text{ kg/kg(干空气)} \dots\dots\dots(F-9)$$

H.5 空气的焓 i

$$i = 1.005t + (2501 + 1.84t)x, \text{ kJ/kg} \dots\dots\dots(F-10)$$

$$\text{或: } i = c_p t + \gamma k_B \varphi (m + nt + lt^2), \text{ kJ/kg} \dots\dots\dots(F-11)$$

式中:

t—空气温度, °C;

x—空气含湿量, kg/kg(干空气)

φ —相对湿度, %;

c_p —空气的定压比热, $c_p=1.005\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$;

γ —水在 0°C 时的汽化潜热, $\gamma=2.501\text{kJ/g}^\circ\text{C}$;

k_B —气压修正系数;

m, n, l—常系数, 取值见表 A1。