

# 矿井降温技术规范

## 1 范围

本标准规定了矿井热害防治技术的定义和术语、技术条件、适用范围、技术要求、降温系统测试及评价方法。

本标准适用于煤矿地下开采的矿井，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。

GB/T 15586 设备及管道保冷设计导则

GB 50016 建筑设计防火规范

GB 50019 采暖通风与空气调节设计规范

GB 50050 工业循环冷却水处理设计规范

GB 50155 采暖通风与空气调节术语标准

GB 50215 煤炭工业矿井设计规范

## 3 术语和定义

GB 50155 及 AQ/T 1067 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

#### 矿井热害 **mine victims**

煤矿井下作业环境的空气温度超过国家规定的卫生和安全标准，从而对人体健康、生产和安全造成危害。

### 3.2

#### 矿井热害防治 **control of mine victims**

通过采用各种技术措施进行矿井热害的预防和治理，称之为矿井热害防治，又称矿井空气调节、矿井热害控制或矿井降温。

### 3.3

#### 矿用降温设备 **mine air conditioning equipment**

符合矿井特殊环境和安全要求的、为实现热害防治目的所需要的各种设备的统称。

### 3.4

#### 矿井制冷降温 **mine cooling**

采用人工制冷措施降低井下作业环境的空气温度。

### 3.5

#### 矿井制冷降温系统 **mine cooling system**

为达到冷却煤矿井下风流之目的，由制冷、输冷、传冷和排热四个基本环节构成的系统。

### 3.6

#### 地温场 **geothermal field**

地层中的温度分布。

### 3.7

#### 地温异常区 **temperature anomalies**

地温梯度值(或大地热流值)低于或高于正常值(1.6~3.0℃/100m)的地层区域。

3.8

**热害矿井 thermal victims mine**

具有热害的矿井，称为热害矿井。

3.9

**井田热害区 mine victims of the district**

在井田中，由原始岩温确定的有热害的区域，称为井田热害区。

3.10

**矿区最热月平均气象参数 on average the hottest meteorological parameters**

矿区最热月空气温度、相对湿度和大气压力的平均值。

3.11

**同向通风 with the same direction ventilation**

煤、矸的运输方向与风流方向相同的通风方式。

3.12

**制冷站 refrigeration station**

安装制冷机组及其配套设备的场所。

3.13

**风流冷却站 merry cooling stations**

安装空气冷却器(传冷设备)及其配套设备的地点。

3.14

**矿井集中制冷降温系统 mine concentrated refrigeration cooling system**

制冷站的制冷量等于或大于 2MW，集中向多个作业地点供冷的系统。

3.15

**矿井局部(分散)制冷降温系统 mine local (distributed) refrigeration cooling system**

制冷站的制冷量小于 2MW，向 1 个或几个作业地点供冷的系统。

**4 热害矿井等级及卫生标准**

**4.1 热害矿井等级**

**4.1.1 井田热害区等级的划分**

井田热害区等级应按原始岩温划分二级：

a) 一级热害区： 31℃~37℃；

b) 二级热害区： ≥37℃。

**4.1.2 矿山地温类型的划分**

矿山地温类型应按地温梯度划分三类：

a) 低温类： ≤1.6℃/100m；

b) 常温类： 1.6℃/100m~3.0℃/100m；

c) 高温类： ≥3.0℃/100m。

**4.1.3 热害矿井等级的划分**

热害矿井应按采掘工作面的风流温度划分为三级：

a) 一级热害矿井： 28℃~30℃；

b) 二级热害矿井： 30℃~32℃；

c) 三级热害矿井： ≥32℃。

对于一级热害矿井应加强通风，采掘工作面风流速度应为 2.5 m/s~3.0m/s；对于二级和三级

热害矿井，除加强通风、提高风速外，还应采取人工制冷降温措施。对于三级热害矿井若不采取有效的降温措施，则应停止作业。

#### 4.2 煤矿井下气象条件要求

生产矿井采掘工作面空气温度不应超过 28℃、机电设备硐室的空气温度不应超过 30℃。

采掘工作面的空气温度等于或超过 32℃、机电设备硐室的空气温度等于或超过 34℃时，应停止作业。当采掘工作面的风流温度为 28℃~30℃时，作业地点的风流速度应为 2.5 m/s ~3.0m/s；当采掘工作面的风流温度为 30℃~32℃时，作业地点的风流速度应为 3.0 m/s ~4.0m/s。

### 5 矿井热害防治通则

#### 5.1 矿井热害防治技术基础

矿井地温的测试与深部地温的预测资料；矿内风流热力状态的预测资料；生产矿井风流热力状态的实际测试资料；矿井设计或实际生产系统。

#### 5.2 矿井热害防治原则

矿井热害防治应按下列原则：

- a) 矿井热害防治，应以预防为主，综合防治措施；
- b) 应推广应用国内外已有的新技术，新装备和成熟的经验；
- c) 所采用的技术装备，应符合《煤矿安全规程》及国家相关法律法规的要求；
- d) 所采用的技术措施，应进行能效分析，符合国家的节能减排政策；
- e) 对于新设计的矿井，应根据矿井通风的难易程度、矿井热环境条件变化，分期规划实施热害防治措施。

#### 5.3 人工制冷降温与非人工制冷的适用界限

制冷降温与非人工制冷适用界限按下列规定：

- a) 井田处在一级热害区，应首先采用非制冷降温措施，使矿井达到无热害，否则采用人工制冷降温措施；
- b) 井田处在二级热害区，矿井采取非人工制冷技术措施之后，采掘工作面风流温度仍然超过 30℃，应采取人工制冷降温措施；
- c) 矿井热害防治，应通过技术经济分析，在满足矿井热害防治需求的前提下，应以折合费用最小值、能耗低作为非人工制冷降温和非人工制冷的界限。

### 6 非人工制冷降温技术

#### 6.1 热害矿井通风系统设计原则

6.1.1 应缩短进风线路的长度，优先采用分区式或对角式通风系统。

6.1.2 矿井主要进风巷道应开凿在低温岩层中。

6.1.3 进风巷道应避免或减小井下局部热源影响，大型机电硐室应采取独立通风系统。

6.1.4 加大采掘工作面的供风量，提高作业地点的风速，但采煤工作面内不超过 4m/s。

#### 6.2 矿井涌(淋)热水处理

6.2.1 井下涌(淋)水温度较高的矿井，热水应采用隔热管道或水沟加隔热盖板排放。

6.2.2 排水管道应布置在回风巷道和回风井中，热水不应在巷道中漫流。

6.2.3 应查明热水的来源，并采用专门的热水治理措施。

#### 6.3 采煤工作面通风

降温需要时，可采用同向(或下行风)通风或 W 型通风方式，但有煤(岩)与瓦斯(二氧化碳)突出危险的采煤工作面不应采用下行通风方式。

#### 6.4 回采工艺

应按热力因素确定采煤工作面的长度、供风量、回采工艺和顶板管理方法，减少采空区漏风。

#### 6.5 天然冷源利用

有天然冷源可合理利用的矿区，如低温水(水温低于 15℃)、冷空气(冬季)以及冰雪等，应充分利用。

#### 6.6 矿井开拓生产系统

按热力因素确定矿井开拓生产系统：

a) 热害矿井的开拓系统、通风系统、井田开拓与开采程序、矿井生产系统的布置，应考虑有利于热害防治；

b) 矿井及采煤工作面的日产量、生产水平标高等参数，应按热力学的方法进行核算。

#### 6.7 井下用水

应采用温度较低的水源。

#### 6.8 井下管道布置

井下热水管道等应优先布置在回风井和回风巷道中。当设在进风巷道中时，应采取隔热措施。

#### 6.9 个体防护

在热害矿井等级为二~三级的作业环境，短时作业的人员，可穿着冷却服进行个体防护。

#### 6.10 煤壁注水

利用采准巷道进行煤壁注水(水温低于原始煤体温度 5℃以上)，以降低煤体温度。

### 7 人工制冷降温技术

#### 7.1 采掘工作面与机电硐室热状况的鉴定

##### 7.1.1 鉴定位置

热状况鉴定的位置如下：

a) 掘进工作面鉴定位置，在工作面距迎头 2m 处的风流中；

b) 长壁采煤工作面鉴定位置，在采煤工作面运输空间中央距回风道口 15m 处的风流中；

c) 机电硐室鉴定位置，在硐室回风巷道口的回风流中；

d) 温度计感温包(或测温元件)距人体、载热体或载冷体应大于 0.5m。

7.1.2 鉴定时间应在生产班(8 时~10 时或 20 时 ~22 时)进行。

7.1.3 测试仪表，一般采用机械通风式干湿球温度计，最小分度为 0.2，仪器至少每 6 个月校正一次。

#### 7.2 风流冷却站位置

风流冷却站安设在采掘工作面和机电硐室的进风巷道中，具体位置如下：

a) 距采煤工作面进风口为 50 m ~100m；

b) 距掘进工作面迎头为 50 m ~100m；

c) 在机电硐室的进风道口。

#### 7.3 矿井需冷量

##### 7.3.1 矿井需冷量按式(1)计算

$$Q_x = Q_c + Q_j + Q_d + Q_s \dots\dots\dots(1)$$

式中：

$Q_x$ —矿井制冷降温所需要冷量，kW；

$Q_c$ —实施降温的采煤工作面总需冷量，kW；

$Q_j$ —实施降温的掘进工作面总需冷量，kW；

$Q_d$ —实施降温的机电硐室总需冷量，kW；

$Q_s$ —矿井制冷降温系统总冷量损失, kW。

### 7.3.2 采煤工作面需冷量

采煤工作面需冷量计算方法如下:

- 按 7.1.1 的规定, 取工作面出口的风流温度为标准值, 本标准规定为 28℃;
- 以 28℃为初始参数, 进行逆向热力计算, 计算出风流冷却站混合风流的参数, 即温度( $t_c$ ), 含湿量( $x_c$ )和焓值( $i_c$ );
- 计算空气冷却器出口的风流参数:  $t_x$ ,  $x_x$ ,  $i_x$ ;
- 根据正向热力计算的结果, 计算出空气冷却器的入风参数:  $t_1$ ,  $x_1$ ,  $i_1$ ;
- 采煤工作面空气冷却器的产冷量可按式(2)计算:

$$Q_c = M_{BO} (i_1 - i_x) \dots\dots\dots(2)$$

式中:

$M_{BO}$  —通过空气冷却器的风量, kg/s。

### 7.3.3 掘进工作面需冷量

掘进工作面需冷量计算方法如下:

- 按 7.1.1 的规定, 取工作面迎头的风流温度为标准值, 本标准规定为 28℃;
- 以 28℃为初始参数, 进行逆向热力计算, 计算出空气冷却器后的风流参数: 温度( $t_2$ ), 含湿量( $x_2$ ), 焓值( $i_2$ );
- 根据正向热力计算的结果, 计算出空气冷却器的入风参数:  $t_1$ ,  $x_1$ ,  $i_1$ ;
- 掘进工作面需冷量按式(3)计算:

$$Q_j = M_{BO} (i_1 - i_2) \dots\dots\dots(3)$$

### 7.3.4 机电设备硐室需冷量

机电设备硐室需冷量计算方法如下:

- 按 7.1.1 的规定, 取硐室出口风流温度为标准值(30℃);
- 以 30℃为初始条件, 进行逆向热力计算, 计算出硐室入风参数: 温度( $t_2$ ), 含湿量( $x_2$ ), 焓值( $i_2$ );
- 计算空气冷却器入风参数:  $t_1$ ,  $x_1$ ,  $i_1$ ;
- 机电设备硐室需冷量按式(4)计算:

$$Q_d = M_{BO} (i_1 - i_2) \dots\dots\dots(4)$$

### 7.3.5 矿井制冷降温系统冷量损失

矿井降温系统冷量损失应低于 20%。

### 7.3.6 矿井有效冷量和制冷设备配冷量

矿井有效冷量和制冷设备配冷量如下:

- 矿井有效冷量等于用于冷却采掘工作面及机电设备硐室风流温度的所有空冷器产冷量之和;
- 制冷设备配冷量按式(5)计算:

$$Q_0 = 1.2Q_x \dots\dots\dots(5)$$

## 7.4 矿井降温系统类型

### 7.4.1 井下局部降温系统

#### 7.4.1.1 采用冷风机组局部降温系统

该系统冷风机组分散设在井下, 适用于井下具有充分的排热能力(或将冷凝热排到地面), 可

排出制冷设备的全部冷凝热的矿井，煤矿井下用冷风机组应符合井下安全要求。

#### 7.4.1.2 采用冷水机组局部降温系统

该系统冷水机组分散设在井下，适用于井下具有充分的排热能力(或将冷凝热排到地面)，可排出制冷设备的全部冷凝热的矿井，煤矿井下用冷水机组应符合井下安全要求。

#### 7.4.2 集中降温系统

##### 7.4.2.1 井下集中(含井下分区集中)降温系统

该系统制冷站集中设在井下，适用于井下具有充分的排热能力(或将冷凝热排到地面)，可排出制冷设备的全部冷凝热的矿井，煤矿井下用制冷空调设备应符合井下安全要求。

##### 7.4.2.2 地面集中降温系统

制冷站集中设在地面，适用于矿井需冷量大，井下排热困难的矿井。但是由于地面系统具有设备使用寿命长，安全可靠等突出优点，在深部开采矿井降温中，可广泛使用。

##### 7.4.2.3 地面与井下联合降温系统

在地面和井下同时设置集中制冷站，适用于矿井需冷量特大，井下排热困难的矿井。该系统由于系统复杂，技术难度大，可在有条件的矿井使用。

7.4.2.4 建立集中降温系统的矿井的边远采区，由于集中供冷线路太长，仍然需要采用中小型设备进行局部降温。

#### 7.5 矿用制冷设备的适用条件

矿用制冷设备的适用条件如下：

- a) 设备的制冷量按 7.3.6 要求选用。
- b) 制冷站制冷设备的台数，对于集中制冷站单台设备的制冷量不小于 500kW，台数不少于 2 台，一般为 3~4 台，并有 1 台备用。
- c) 煤矿井下用制冷设备的外形尺寸应符合井下的运输和安装空间要求，地面制冷站使用的设备，也应考虑减少占地面积。
- d) 制冷设备的结构类型
  - (1) 按其制冷量来确定：

制冷量小于 500kW 选用活塞式制冷机组；制冷量不小于 500kW 选用螺杆式或离心式制冷机组；在有工业余热、瓦斯或高温地热水的矿区地面制冷站，可考虑选用溴化锂吸收式冷水机组。

- (2) 按煤矿井下制冷方式来确定：

煤矿井下用冷风机组选用活塞式制冷机组；煤矿井下用冷水机组选用螺杆式或离心式制冷机组。

#### 7.6 矿井制冷站技术条件

##### 7.6.1 制冷站设计基础资料

制冷站设计应具有以下基础资料：

- a) 制冷站负荷应根据矿井热力状态预测、矿井需冷量计算和制冷设备的选型资料来确定；
- b) 矿井生产发展资料应有矿井基建期、投产初期、生产的中期和后期的矿井开拓、开采程序，生产系统布置和矿井通风系统资料；
- c) 矿井地质构造和地温场随着生产发展的变化情况资料；
- d) 水文水质资料应有矿井涌水量、水温、水质等资料，地面水源的温度与水质等；
- e) 气象资料应有矿区地面大气的最高和最低温度、空调计算温度、最热月平均温度、大气压力、相对湿度、土壤冻结深度以及全年主导风向等，可由矿区当地气象站(台)查出；
- f) 设备资料应有制冷机组及其辅助设备的主要性能、技术规格、外形和安装图、技术参数等。

## 7.6.2 制冷站位置

确定制冷站位置的基本原则:

- a) 制冷站及系统的折合费用最低;
- b) 系统能耗最小;
- c) 土建及硐室工程量小;
- d) 安装、维护和操作方便;

## 7.7 矿用制冷设备技术条件

### 7.7.1 矿用高低压换热装置技术条件

a) 矿用高低压换热装置类型如下:

- (1) 壳管式高低压换热器;
- (2) 水能回收装置;
- (3) 多腔热压转换器。

b) 为了搬运和安装的方便,高低压换热装置应由多件单体组成。单体件的外形尺寸应由用户确定。

c) 高、低压载冷剂均应采用清水或符合国家规定的其他载冷剂。

d) 高压载冷剂的进口温度不应超过  $3.5^{\circ}\text{C}$ , 低压载冷剂的出口温度不应超过  $5.5^{\circ}\text{C}$ 。

e) 矿用高低压换热装置装有安全阀, 换热装置与管道连接处应安装弹性伸缩器。

### 7.7.2 冷水机组技术条件

冷水机组应具有如下技术条件:

a) 名义工况和使用工况

冷水机组名义工况和使用工况见表 1。

表 1 冷水机组的名义工况和使用工况

工况	冷水出口温度 $/^{\circ}\text{C}$	冷水进出温差 $/^{\circ}\text{C}$	冷却水进口温度 $/^{\circ}\text{C}$	冷却水进出温差 $/^{\circ}\text{C}$
名义工况	+7	5	+32	4
使用工况	1~7	5~10	20~40	4~10

b) 冷水机组系列化标准

(1) 地面用冷水机组名义工况制冷量:  $1000\text{kW}\sim 5000\text{kW}$ ;

(2) 煤矿井下用冷水机组名义工况制冷量:  $350\text{kW}\sim 2000\text{kW}$ 。

c) 优先选择性能系数(COP)高的制冷机组, 见表 2

表 2 不同制冷机组性能系数(COP)

制冷压缩机类型	活塞式	螺杆式	离心式	吸收式
制冷系数	$\geq 3.6$	$\geq 4.5$	$\geq 4.8$	$\geq 1.3$

d) 技术要求

(1) 煤矿井下用冷水机组冷凝器(含有冷却器)水侧承压不小于  $4.0\text{MPa}$ , 蒸发器水侧承压不小于  $2.5\text{MPa}$ ;

(2) 煤矿井下用冷水机组冷凝器进水温度不大于  $40^{\circ}\text{C}$ ;

(3) 采用溴化锂吸收式冷水机组时, 应符合 GB50019 标准有关规定。

### 7.7.3 煤矿井下用冷风机组技术条件

煤矿井下用冷风机组应具有如下技术条件:

a) 机组应能在如下环境中长期正常运行

- (1) 气象环境：气温为 20℃~40℃，相对湿度为不小于 85%，大气压力为不小于 100kPa；
- (2) 环境空气中具有可爆性气体和粉(煤)尘。

b) 名义工况

蒸发温度为+5℃，冷凝温度为不小于 40℃。

c) 技术要求

- (1) 煤矿井下用冷风机组进出风流温差为 9℃~12℃；
- (2) 冷凝器水侧承压不小于 2.5MPa；
- (3) 冷凝器进水温度不大于 40℃；

d) 产品系列化标准

名义工况制冷量为：90 kW，120 kW，160 kW，235kW，290kW 等规格。

e) 机组外形尺寸

煤矿井下用冷风机组单机最大外形尺寸应适合于在采掘巷道中移动。

#### 7.7.4 矿用空气冷却器技术条件

规定了强制流动的矿用水冷表面式空气冷却器(简称矿用空气冷却器)技术要求，适用于以水为介质的矿用空气冷却器。

a) 对空气冷却器的安设地点的要求同风流冷却站，即尽量靠近采掘工作面。

b) 技术要求

- (1) 应具有足够的降温降湿能力，风流通过空气冷却器前后温差为 9℃~12℃；
- (2) 水侧的工作压力不小于 4.0MPa，水侧阻力不大于 0.08MPa；
- (3) 通风阻力不大于 1300Pa；
- (4) 应具有良好的防粉尘污染和清洗性能；
- (5) 结构紧凑，适合于在采掘巷道中移动；
- (6) 重量要轻，拆卸和运输方便；
- (7) 外表面应进行防腐蚀处理；

c) 产品的系列化标准

名义工况产冷量为：90 kW，120 kW，150 kW，180 kW，235 kW，300kW，400kW 等规格。

#### 7.7.5 井下排热技术条件

井下排热技术条件如下：

a) 排热负荷  $Q_k$

排热负荷应等于或大于冷凝器的冷凝热和油冷器的排热量之和，按式(6)确定：

$$Q_k \geq 1.3Q_0 \dots\dots\dots(6)$$

式中：

$Q_k$ —制冷设备排热负荷，kW；

$Q_0$ —制冷设备的名义工况制冷量，kW。

b) 井下可供排热环境条件要求

- (1) 井下涌水温度应低于冷凝温度 4℃~5℃；
- (2) 井下回风温度应低于冷凝器进水温度 2℃~3℃；
- (3) 由地面或含水层供水。

##### 7.7.5.1 利用井下涌水排热的技术条件

a) 利用井下涌水排热时，地下水必须经过净化处理，达到矿用制冷设备用水的水质标准。

b) 水量可按式(7)确定:

$$V_w \geq 0.86 \frac{Q_k}{\Delta t} \dots\dots\dots(7)$$

式中:

$V_w$ —排出制冷设备全部冷凝热所需要的水量,  $m^3/h$ ;

$Q_k$ —排热负荷, kW;

$\Delta t$ —冷却水通过冷凝器温升,  $\Delta t=4^\circ C \sim 10^\circ C$ 。

### 7.7.5.2 利用井下回风流排热的技术条件

a) 采用喷淋式水冷却器技术条件

所需风量按式(8)确定:

$$M_B \geq M_w \frac{t_{w1} - t_{w2}}{t_{B2} - t_{B1}} \dots\dots\dots(8)$$

排热能力按式(9)确定:

$$Q_k = M_B (i_2 - i_1) \text{ 或 } Q_k \geq M_w c_w (t_{w1} - t_{w2}) \dots\dots\dots(9)$$

式中:

$t_{w1}$ ,  $t_{w2}$ —分别为喷淋室进、出水温,  $^\circ C$ ;

$t_{B1}$ ,  $t_{B2}$ —喷淋室进、出风流温度,  $^\circ C$ ;

$M_B$ ,  $M_w$ —通过喷淋室风量和水量, kg/s;

$i_1$ ,  $i_2$ —喷淋室进、出风流的焓, kJ/kg;

$Q_k$ —喷淋室排热负荷, kW。

b) 表面蒸发式水冷却器技术条件

传热面积按式(10)确定:

$$F = \frac{Q_k}{k_k \Delta t_m} \dots\dots\dots(10)$$

式中:

$F$ —表面蒸发式水冷却器的传热面积,  $m^2$ ;

$k_k$ —传热系数,  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$\Delta t_m$ —对数平均温差,  $^\circ C$ ;

$Q_k$ —水冷却器的热负荷, W。

### 7.7.5.3 地面或含水层供水排热系统

a) 冷却水应循环使用。

b) 冷却水温度, 应按下列要求确定:

(1) 冷却水进口温度  $\leq 32^\circ C$ 。

(2) 冷却水进口最低温度: 压缩式冷水机组不宜低于  $15.5^\circ C$ , 溴化锂吸收式冷水机组不宜低于  $24^\circ C$ 。

(3) 冷却水进出口温差: 压缩式冷水机组为  $4^\circ C \sim 5^\circ C$ , 吸收式冷水机组为  $5^\circ C \sim 7^\circ C$ 。

c) 冷却水水质应符合 GB50050 之规定, 并应采取下列措施:

(1) 水泵或冷水机组的入口管道上应设置过滤器或除污器。

(2) 当一般开式冷却水系统不能满足制冷设备的水质要求时, 宜采用闭式冷却塔或设置中间换热器。

d) 多台制冷机组和冷却水泵之间通过共用集管连接时,每台制冷机组入口或出口管道上宜设阀门。

e) 地面冷却塔的选用和设置,应符合下列要求:

(1) 冷却塔的出口水温、进出口水温差和循环水量,在夏季空调室外计算湿球温度条件下,应满足冷水机组的要求。

(2) 室外计算温度在 0℃ 以下的地区,冬季运行的冷却塔应采取防冻措施。

(3) 冷却塔材料应符合防火要求。

(4) 冷却塔的噪声标准,应符合 GB50019 有关要求。

## 7.8 矿井降温系统供水技术

### 7.8.1 供水管径

管径按式(11)计算

$$D_x = 0.0188 \sqrt{\frac{V}{v}} \dots\dots\dots(11)$$

式中:

$D_x$ —供水管径, mm;

$V$ —管路内水流量,  $m^3/h$ ;

$v$ —经济流速, m/s。

### 7.8.2 水泵选用

#### 7.8.2.1 水泵流量按式(12)计算

$$V = (1.1 \sim 1.2) V_w \dots\dots\dots(12)$$

式中:

$V$ —水泵流量,  $m^3/h$ ;

$V_w$ —冷水或冷却水实际需要水量,由矿用空冷器供冷和制冷设备排热的实际需要确定。

#### 7.8.2.2 水泵扬程按式(13)计算

$$H = 1.2(1.1H_f + H_{sh} + \Delta H) \dots\dots\dots(13)$$

式中:

$H$ —水泵扬程, m;

$H_f$ —直管段摩擦阻力, m;

$H_{sh}$ —换热设备(蒸发器、冷凝器、空冷器及高低压换热器等)阻力, m;

$\Delta H$ —水泵出水口与最高供水点之间的高差, m。

### 7.8.3 供水系统类型

#### 7.8.3.1 冷却水系统类型

分为直流式(一次性供水)、循环式、混合式(需补充部分新水)三种类型。

#### 7.8.3.2 冷水系统类型

分为地面、井下、地面与井下联合系统三种类型。

### 7.8.4 供水系统稳定性指标

#### 7.8.4.1 水力系统的稳定性指标按式(14)计算:

$$y = \frac{1}{x_{\max}} \dots\dots\dots(14)$$

式中:

$x_{\max}$ —系统工况变动后，空冷器可能出现的最大失调度，其值按式(15)计算：

$$x_{\max} = \frac{V_{\max}}{V_{BO}} \dots\dots\dots(15)$$

式中：

$V_{\max}$ —通过空冷器冷水最大可能流量， $\text{m}^3/\text{h}$ ；

$V_{BO}$ —空冷器需要冷水流量， $\text{m}^3/\text{h}$ 。

#### 7.8.4.2 水力系统的稳定性指标评价

$y$  值越小系统的稳定性越差；当  $y=1$  时，系统稳定性最好。

系统在实际运行中， $0 < y < 1$ ，提高系统稳定性的主要方法是，相对地减小干管阻力或相对地增大空冷器阻力。

#### 7.8.4.3 系统稳定工作必要条件

系统稳定工作必要条件应满足式(16)：

$$0 \leq H_{ij} \leq H_p \dots\dots\dots(16)$$

式中：

$H_{ij}$ —在  $j$  周期管道中第  $i$  个断面上压力，MPa；

$H_p$ —设计工作压力，MPa。

### 7.9 矿用保冷管道技术条件

#### 7.9.1 地面保冷管道

地面保冷管道应符合 GB50019 有关规定。

#### 7.9.2 井下保冷管道

##### 7.9.2.1 环境要求

井下保冷管道应满足如下要求：

- a) 环境潮湿，空气相对湿度一般为 85%~100%，并有淋水；
- b) 空气温度一般为 20℃~40℃；
- c) 空间狭窄，不宜搬运。

##### 7.9.2.2 结构要求

井下保冷管道应满足如下要求：

- a) 内管表面应进行防锈处理，或选用具有防腐、防锈性能材料管道作为内管；
- b) 保冷(温)层应有良好的保冷和防潮性能；
- c) 保护层应有一定的强度，以保护保冷层不受破坏；同时还要有良好的防潮、防水性能，以避免水气进入保冷层，并对其外表面进行防腐蚀处理，保护层的外表面不得产生凝结水；
- d) 管道与设备及仪表的连接部分、管接头、管件等要进行保温处理。

##### 7.9.2.3 矿用保冷材料要求

保冷材料应符合 GB/T15586 要求，在矿井环境条件下应满足：

- a) 导热系数不大于 0.04W/(m·℃)；
- b) 吸水性不大于 0.2kg/m<sup>2</sup>；
- c) 抗静电、阻燃、无刺激、无毒、耐腐蚀；
- d) 价格低廉、施工方便、便于维护。

##### 7.9.2.4 保冷层厚度计算方法

(1) 不考虑管壁热阻时：

$$D_3 \ln \frac{D_3}{D_2} = \frac{2\lambda_u}{\alpha_n} \left( \frac{t_0 - t_w}{t_B - t_0} \right) \dots\dots\dots(17)$$

(2) 考虑管壁热阻时:

$$D_3 \ln \frac{D_3}{D_2} = \frac{2\lambda_u}{\alpha_n} \left[ \frac{t_0 - t_w}{t_B - t_0} - \frac{\alpha_n}{2\lambda_f} D_2 \ln \frac{D_2}{D_1} \right] \dots\dots\dots(18)$$

(3) 保冷层厚度按式(19)计算:

$$\delta_u = \frac{1}{2} (D_3 - D_2) \dots\dots\dots(19)$$

式中:

$D_1$ —管道内径, m;

$D_2$ —内管外径, m;

$D_3$ —保冷层外径, m;

$t_0$ —保冷管道的外表面温度(其值应大于环境空气的露点温度), °C;

$t_w$ —管内冷水的平均温度, °C;

$t_B$ —巷道中风流的平均温度, °C;

$\lambda_u$ —保冷材料的导热系数, W/(m·°C);

$\alpha_n$ —保冷管道外表面的放热系数, W/(m<sup>2</sup>·°C);

$\lambda_f$ —管道壁的导热系数, W/(m·°C)。

## 7.10 矿井降温系统评价

### 7.10.1 能耗评价

#### 7.10.1.1 制冷设备制冷系数按式(20)计算

$$\varepsilon_{xa} = \frac{Q_0}{N_e} \dots\dots\dots(20)$$

式中:

$\varepsilon_{xa}$ —制冷设备制冷系数;

$Q_0$ —表示制冷机组制冷量, kW;

$N_e$ —表示制冷压缩机轴功率, kW。

#### 7.10.1.2 系统制冷系数按式(21)计算

$$\varepsilon_c = \left( \sum_1^{n1} Q_{xi} - \sum_1^{n2} Q_{Tj} - \sum_1^{n3} Q_{pj} - \sum_1^{n6} Q_{Br} \right) / \left( \sum_1^{n1} N_{xai} + \sum_1^{n5} N_p + \sum_1^{n4} N_{Br} \right) \dots\dots\dots(21)$$

式中:

$\sum_1^{n2} Q_{xi}$ —同时运转制冷机组总制冷量, kW;

$\sum_1^{n2} Q_{Tj}$ —冷水池和供冷管道总冷量损失, kW;

$\sum_1^{n3} Q_{pj}$ —冷水通过水泵冷量损失, kW;

$\sum_1^{n6} Q_{Br}$ —空冷器配用的局部通风机对风流加热量, kW;

$\sum_1^{n1} N_{xai}$  一同时运转的制冷机总的动力消耗, kW;

$\sum_1^{n5} N_p$  一同时运转的水泵总动力耗, kW;

$\sum_1^{n4} N_{Br}$  一空冷器和冷却塔配用局部通风机总功率, kW。

### 7.10.1.3 系统总效率按式(22)计算

$$\eta_{CT} = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{xa}} \dots\dots\dots(22)$$

式中:

$\eta_{CT}$ —系统总效率。

### 7.10.2 经济评价

采用折合费用评价矿井降温系统经济效果, 按式(23)表示:

$$\Pi = Z + E_H \cdot K \dots\dots\dots(23)$$

式中:

$\Pi$ —折合费用;

$Z$ —矿井降温系统年运行管理费用, 元/月;

$K$ —矿井降温系统的基本建设投资, 元;

$E_H$ —标准经济效率系数, 1/月;

$$Z = c_E + c_a + k_z c_z + c_M + c_{np} \dots\dots\dots(24)$$

$$K = k_c + k_o + k_g \dots\dots\dots(25)$$

式中:

$c_E$ —降温系统中所有动力设备的用电费, 元/月;

$c_a$ —降温系统提取的总折旧费, 元/月;

$k_z$ —附加工资系数;

$c_z$ —服务于系统的工作人员的工资, 元/月;

$c_M$ —附加材料费, 元/月;

$c_{np}$ —其它费用, 包括维修和服务费, 设计时可采用总费用的 6%;

$k_c$ —用于降温工程的材料、仪器及测试装置等费用, 元/月;

$k_o$ —设备及其安装费, 元/月;

$k_g$ —机房、硐室及巷道工程费, 元/月。

## 7.11 矿井降温系统的测试

### 7.11.1 测试的内容与参数

#### 7.11.1.1 制冷机组测试

制冷机组测试的参数如下:

- 制冷剂循环系统测试: 制冷压缩机的吸排气温度及压力; 冷凝压力与温度; 蒸发压力与温度; 油压、油温与油位;
- 冷水系统测试: 蒸发器的进、出口冷水温度及水压差, 冷水量;
- 冷却水系统测试: 冷凝器的进、出口水温及水压差, 冷却水量;

- d) 油冷却系统测试：油冷器的进、口水温、冷却水量；
- e) 风流系统测试(冷风机组)：蒸发器的进、出口风流温度及通风阻力损失，通过蒸发器的风量；
- f) 电机电控系统测试：主电机及油泵电机的电压、电流、功率等。

#### 7.11.1.2 制冷站的环境测试

测试制冷站内的空气温度、气压、湿度及井下制冷站风量。

#### 7.11.1.3 矿用空气冷却器的性能测试

矿用空气冷却器性能测试的参数如下：

- a) 冷水系统测试：进/口水温、压力及流量；
- b) 风流系统测试：进口风流干球/湿球温度、出口风流干球/湿球温度、气压、风量及通风阻力。

#### 7.11.1.4 风流冷却系统测试

风流冷却系统测试的内容与参数如下：

- a) 系统测点的确定：矿用空气冷却器(或冷风机组)的出口(采煤工作面空冷器)；风流的分(合)点；巷道断面的变异点；
- b) 测试参数：干球/湿球温度、风量、大气压力及通风阻力。

#### 7.11.1.5 冷水系统测试

冷水系统测试的内容与参数如下：

- a) 系统测点的确定：蒸发器进、出口；空冷器进、出口；管道的分(合)点；变异点(异径管的连接处)；
- b) 测试参数：水温、水压及水量。

#### 7.11.1.6 冷却水系统测试

冷却水系统测试的内容与参数如下：

- a) 测试点的确定：冷凝器的进、出口；水冷却器 (或冷却塔)的进、出口；管道的分(合)处；异径管的连接处；
- b) 测试参数：水温、水压及水量。

#### 7.11.1.7 掘进工作面降温效果测试

测试掘进工作面的降温、降湿、降焓效果以及风筒的保冷性能，测点位置见图 1。

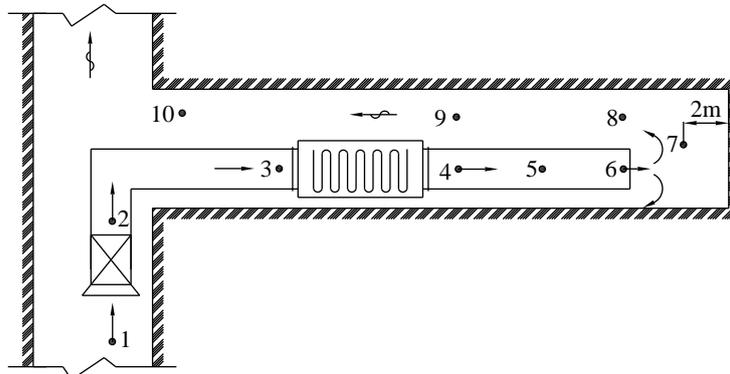


图 1 掘进工作面降温效果测试

#### 7.11.1.8 采煤工作面降温效果测试

测试风流通过采煤工作面热力状态变化情况，分析降温、降湿和降焓效果，测点位置见图 2。

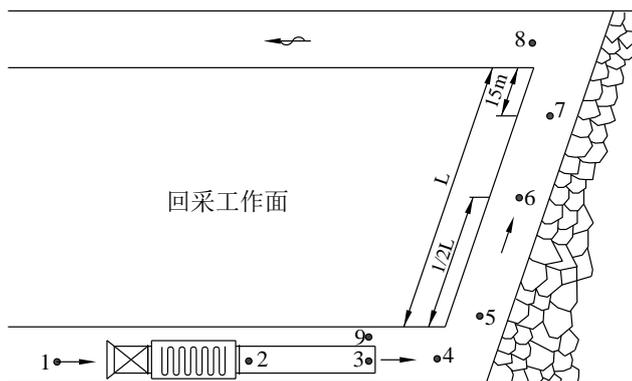


图 2 采煤工作面降温效果测试

## 7.11.2 测试结果处理

测试完成后，应编制矿井降温系统测试及评价报告，测试及评价报告主要内容应包括：

- a) 测试矿井名称、测试时间、测试人员；
- b) 测试目的和要求；
- c) 当时矿井通风和生产情况；
- d) 列出矿井降温系统基础资料；
- e) 矿井降温系统各项参数测试及测试结果分析；
- f) 提出矿井降温系统测试及评价报告。