

团 体 标 准

T/COSHA XXX—2023

金属矿山深部矿井通风与降温技术规范 第 2 部分：矿井通风与制冷降温技术

Technical specifications for ventilation and temperature reduction in deep metal
mines— Part 2: Mine ventilation and cooling technology

（征求意见稿）

（本草案完成时间：）

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 矿井通风降温技术	2
4.1 基本要求	2
4.2 系统通风降温技术	2
4.3 局部通风降温技术	5
5 矿井制冷降温技术	5
5.1 系统组成	5
5.2 矿井需冷量计算	5
5.3 集中制冷降温技术	6
5.4 局部制冷降温技术	8
附录 A (资料性) 岩层预冷风温计算	10
附录 B (资料性) 矿井总风量计算	11
附录 C (资料性) 风速及风量有关规定	12
C.1 井巷断面平均最高风速规定	12
C.2 回采工作面排尘、排热风速规定	12
C.3 掘进工作面所需风量规定	12
C.4 独立通风硐室所需风量规定	12
附录 D (资料性) 矿井需冷量计算	13
D.1 矿井需冷量按式(4)计算:	13
D.2 回采工作面降温需冷量	13
D.3 掘进工作面降温需冷量	13
D.4 机电设备硐室需冷量	13
附录 E (资料性) 制冷设备配冷量计算	15
附录 F (资料性) 排热负荷计算	16
附录 G (资料性) 制冷设备用水量计算	17
附录 H (资料性) 喷淋式水冷却器需风量及排热能力计算	18
附录 I (资料性) 表面蒸发式水冷却器传热面积计算	19

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本标准参照规范性引用文件相关数据资料。

本文件由山东黄金矿业科技有限公司深井开采实验室提出。

本文件由中国职业安全健康协会归口归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

金属矿山深部矿井通风与降温技术规范

第 2 部分：矿井通风与制冷降温技术

1 范围

本标准规定了金属矿山深井热害防治的降温方式、降温系统适用范围、降温技术及设备和开采过程中对通风与降温的技术要求。

本标准适用于金属矿地下开采的深部地热矿井，包括生产、新建和改、扩建矿井，浅部热害矿井可参照本标准执行。

本标准适用于其他类型非金属矿山（不包括煤矿）地下开采热害矿井，包括生产、新建和改、扩建矿井。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 16423 金属非金属矿山安全规程（含解读）
- GB 50771 有色金属采矿设计规范
- GB 50830 冶金矿山采矿设计规范
- GB 50418 煤矿井下热害防治设计规范
- GB 50019 采暖通风与空气调节设计规范
- GB 50155 采暖通风与空气调节术语标准
- GB 50050 工业循环冷却水处理设计规范
- GB/T 29044 采暖空调系统水质标准
- MT/T 1136 矿井降温技术规范
- AQ 2013 金属非金属地下矿山通风安全技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

深井 deep mine

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

3.2

矿井热害 mine victims

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

3.3

矿井热源 source of heat in mine

通过物理化学变化过程向矿井空气散发热量的物体。主要包括矿岩体、空气自然压缩、运转的机电设备、矿岩搬运设备、矿井涌出的热水、采下的矿石和木材的氧化、充填体、炸药爆炸以及人体等。

3.4

恒温带 constant temperature zone

距地表最浅的年温度变化小于 0.1℃的带。该带地温不受太阳辐射影响，不同纬度地区的恒温带深度不同。

3.5

多级机站通风系统 ventilation system for multistage station

在矿井主通风风路内各设置若干级风机站，串联接力将地表新鲜空气送至需风区段，并将污风排出地表所构成的通风系统。

3.6

多风机站通风系统 Multi-fan station ventilation system

在矿井主通风风路内各设置若干级并联风机站，接力地将污风排出地表所构成的通风系统。

3.7

主扇通风系统 main fan ventilation system

在矿井进风段设置压入式一级风机站或在回风段设置抽出式一级风机站的通风系统。

3.8

辅扇 Auxiliary fan

用于调节通风系统的分支风道风量的扇风机称为辅扇(即辅助扇风机)，分为带风墙辅扇和无风墙辅扇两种。

3.9

矿井制冷降温系统 mine cooling system

采用制冷机械等制冷设备和措施，冷却井下作业面的进风温度，主要由制冷、输冷、传冷和排热四个基本环节构成，包括制冷站、空气冷却器、风流冷却站等，分为集中制冷降温系统和局部(分散)制冷降温系统两种。

4 矿井通风降温技术

4.1 基本要求

- 1) 热害矿井的开拓系统、通风系统、开采顺序，应有利于热害防治；
- 2) 矿井开拓系统宜采用分区通风等进风风路较短的通风系统；
- 3) 矿山应根据生产变化和发展及时调整通风系统，调节风量，并绘制和修改全矿通风系统图。
- 4) 回采顺序宜采用后退式回采顺序，提高工作面的风量和风速，降低风流温度；
- 5) 掘进工作面 and 通风不良的工作场所，应设局部通风设施。
- 6) 应充分利用低温岩层冷却进风风流，进风风流应避免受井下局部热源影响。
- 7) 应及时隔离热水、残留可燃矿石、采空区及围岩放热等；
- 8) 采空区尽可能采用低温充填材料，减少充填体热量排放。

4.2 系统通风降温技术

4.2.1 技术类型

4.2.1.1 主扇风机通风技术

- a) 在矿井主风路回风段内设置主通风机站，即主扇通风系统回风侧由一个风机站组成；
- b) 主通风系统机站通过的风量应等于矿井总风量；
- c) 主通风机站可安装一台或若干台风机并联构成，但风机并联台数一般不宜超过 4 台；
- d) 风机站的风机出口均应安装合适的扩散器，以减少风机出口的突然扩大造成的损失。机站的密闭墙一侧应安装有气密性良好的检查门，门开启的方向应与风机出风口方向一致；
- e) 主扇通风系统的风机宜选用矿用轴流风机，每台风机均要求其反转时的反风量应达到正常运转风量的 60% 以上。

4.2.1.2 多级机站通风技术

应符合以下条件：

- a) 每级机站通过的风量之和应不少于矿井总风量的 70%；
- b) 每个机站可安装一台或若干台风机并联构成，但风机并联台数一般不宜超过 4 台。
- c) 进风段机站在有专用进风井的矿井，一级总进风机站可设在专用进风水平或运输水平的进风井联络巷内。
 - 1) 要求提升井进少量新鲜空气，则进风机站风机风量应等于矿井总风量与提升井进风量之差（即进风井风量）再乘以机站漏风系数；风机风压应略小于专用进风井巷的通风阻力和机站局部阻力（即风机前后风流的突然缩小和突然扩大的阻力损失）之和，使运输水平进风处和提升井井底车场处于负压区，提升井可进风。而风机风压与专用进风井巷（含机站）通风阻力之差值，决定了提升井的进风量；
 - 2) 要求提升井出少许风量（如北方地区冬季防止提升井结冰），则进风机站风机风量应等于矿井总风量与提升井出风量之和再乘以机站漏风系数；风机风压应稍大于专用进风井巷和机站的通风阻力，使运输水平进风处与提升井井底车场处于正压区，提升井可出风。而风机风压和专用进风井巷（含机站）通风阻力之差值，决定了提升井的出风量；
 - 3) 无论是否有专用进风井的矿山，可在运输水平各采区进风天井的联络巷内设置机站，这些并联机站组成了一级进风机站。机站风机风量的选取应满足该处进风天井提供给上部作业采区的需风量；风机风压的选取应保证该进风天井在上部供风水平的出风口处风压低于机站巷入风口处风压，否则将通过上下其他通道（设备井、电梯井和斜坡道等）形成局部污风循环。
- d) 需风段机站
 - 1) 在需风段的进、回风侧巷道内，可按需要设置由若干个并联机站组成的 1~2 级机站；
 - 2) 在进风侧设置的机站，考虑到不能在需风段形成高于运输水平的风压以及回采作业爆破冲击波的破坏，一般应采用无风墙风机进行引风。该风机的选取只需其引风量能满足该需风巷要求的风量即可；
 - 3) 在回风侧设置的机站，由于污风直接送入回风井巷，该机站采用无风墙风机或有风墙风机均可；
 - 4) 无风墙风机因靠近采场作业区，风机的噪声根据目前的技术应控制在 90dB 以下，可选取低转速、大风量的风机。同时，风机的安装应采取相应措施以避免采场爆破冲击波的破坏。
- e) 回风段机站
 - 1) 回风段可按需要在各回采中段的回风巷和总回风巷内分别设置一级由若干个并联机站组成的中段回风机站和总回风机站；
 - 2) 中段回风机站的风量应满足中段回风量的要求，机站风压一般只需克服该中段回风井巷至总回风井巷的通风阻力；
 - 3) 总回风机站可设置在总回风井巷口或井下总回风巷内，全矿只有一个总回风机站时，该机站风量应不小于该矿井总回风量；而总回风机站风压应不小于通过该回风井巷的矿井最大通风阻力风路的井巷总阻力减去该风路前几级机站风压之和，再加上总回风机站的局部阻力；
 - 4) N 条专用进风井巷和 M 条回风井巷的矿井，则应设置 N 个一级总进风机站和 M 个一级总回风机站。一条专用进风井如要供给几个中段同时作业的风量，则应在每个中段水平进风井联络巷内分别设置进风机站，它们并联组成一级总进风机站；
 - 5) 所有风机站的风机出口均应安装合适的扩散器，减少风机出口的突然扩大造成的压力损失。机站的密闭墙一侧应安设有气密性良好的检查门，门开启的方向应与风机出风口方向一致。

4.2.1.3 多风机回风机站通风技术

- a) 在矿井主风路回风段内设置多级风机站，即多风机站通风系统回风侧应由多级的风机站组成。
- b) 多风机站通风系统的每级机站由一个或若干个并联机站组成，每级机站通过的风量之和应不少于矿井总风量的 70%。

- c) 每个机站由一台或若干台风机并联构成，但风机并联台数一般不宜超过 4 台。
- d) 回风段机站
 - 1) 回风段可按需要在各回采中段的回风巷和总回风巷内分别设置一级由若干个并联机站组成的中段回风机站和总回风机站；
 - 2) 中段回风机站的风量应满足中段回风量的要求，机站风压一般需克服进风井至该中段回风井巷、总回风井巷的通风阻力；
 - 3) 总回风机站可设置在总回风井巷口或井下总回风巷内，全矿只有一个总回风机站时，该机站风量应不小于该矿井总回风量；而总回风机站风压应不小于通过该回风井巷的矿井最大通风阻力风路的井巷总阻力减去该风路前几级机站风压之和，再加上总回风机站的局部阻力；
 - 4) 所有风机站的风机出口均应安装合适的扩散器，以减少风机出口的突然扩大造成的压力损失。机站的密闭墙一侧应安设有气密性良好的检查门，门开启的方向应与风机出口方向一致。
 - 5) 多风机站通风系统的风机宜选用矿用轴流风机，每台风机应均能实现反风；
 - 6) 在设计多风机站通风系统时，矿井通风系统网络图中，除了通风的井巷和需风点外，还应包含运输矿岩、设备、材料和人员的井巷（如设备井、措施井、电梯井和斜坡道等）。

4.2.2 主通风机技术要求

- a) 主通风机的风量不应小于矿井总风量乘以主通风机风硐装置的漏风系数，漏风系数宜取 1.10~1.15，风井内安装有提升装置时应取 1.20。主通风机的风压不应小于矿井最大阻力损失加上主通风机风硐装置的阻力损失与风机出口动压损失，还应计算自然风压的影响，主通风机通风装置的阻力损失宜取 150Pa~200Pa，装有消声器时，其阻力应另外计算；
- b) 主通风机工况点的效率，按全压计算不应低于 70%，按静压计算不应低于 60%。轴流式风机的工况点，应位于风机特性曲线最高点的右方，其最大风压不应超过最高点的 90%；
- c) 主通风机应能在较大范围内高效工作，宜满足不同开采时期的风量和负压要求，并应留有一定余量；轴流式通风机在最大设计风量和负压时，叶轮运转角度应小于设备允许范围 5°，离心式通风机的选择设计转速不应大于设备允许最高转速的 90%；
- d) 轴流式主通风机应校验电动机的正常启动容量和反风容量；
- e) 排送高硫或有腐蚀性气体的风机，应采取防腐蚀措施或选用耐腐蚀风机；
- f) 主通风机宜选用高效可调节风机，实现风量可调；
- g) 通风机的电动机应选用交流异步电动机或变频调速电机，电机功率较大时，也可选用同步电动机。轴流式风机选用电动机时，应满足反转反风的需要；
- h) 通风机电动机的功率应满足风机运转期间所需的最大功率。轴流式风机的电动机功率备用系数宜取 1.1~1.2，并应校核电动机的启动能力；离心式风机宜取 1.2~1.3。
- i) 主扇风机应有使矿井风流在 10min 内反向的措施；
- j) 采用轴流式通风机时，可采用反转反风，反风量不应小于正常运转时风量的 60%；
- k) 采用离心式通风机时，应采用反风道反风；反风风门的起重量大于 1t 时，应采用电动、手摇两用绞车风门。

4.2.3 主通风机房技术要求

- a) 机房面积应满足设备正常运转和维护检修的要求，并应留有存放备用电动机的地方。机房大门应满足设备搬运的需要或预留安装孔；
- b) 机房内应根据安装检修需要设置起吊装置，机房高度应满足检修安装设备起吊的要求；
- c) 机房内应设隔声值班室；地面主扇风机房及出风口噪声控制值，应符合现行《工业企业噪声控制设计规范》GBJ87 和有关工业企业设计卫生标准的规定；
- d) 在同一通风井后期需换装通风机时，应预留通风机房位置和风道接口；
- e) 主风道内风速宜取 10m/s~12m/s，最大不应超过 20m/s，压入式通风的进风百叶窗风速，宜取 4m/s~5m/s；
- f) 需测量风压的风道，应在风道的直线段，风流平稳的地点；

- g) 扩散器出口应布置在通风机房的主导风向下风侧；
- h) 进、出风道上均应设有密封性能良好的检查门；
- i) 在进、出风道上设置消声装置时，风道断面应适当增大；
- j) 离心式风机进口或出口风道上，应设置启动闸门。
- k) 主通风机房应设有风量、风压、电流、电压和轴承温度等监测仪表。

4.2.4 矿井总风量计算

- a) 矿井需风量，应按排尘风速、井下同时工作的最多人数、有柴油设备运行的矿井、矿井降温风量四种计算方法分别计算，并取其中最大值。
 - 1) 按排尘风速计算所需风量，矿山所需要的总风量为各工作面所需风量和需要独立通风的硐室所需风量之和，所有需风点和有风流通过的井巷，平均最高风速不应超过 GB16423-2020 的规定，同时回采工作面、掘进工作面、独立通风硐室排尘、排热风速应符合附录 3 相关要求。
 - 2) 按井下同时工作的最多人数计算，矿井需风量应不少于每人 $4\text{m}^3/\text{min}$ 。
 - 3) 有柴油设备运行的矿井计算需风量，同时作业机台数每千瓦供风量不少于 $4\text{m}^3/\text{min}$ 。
- b) 矿井总风量应等于矿井需风量乘以矿井需风量备用系数 K ， K 值可取 $1.20\sim 1.45$ 。

4.3 局部通风降温技术

4.3.1 采场作业面通风降温

- a) 作业面较短的采场，可采用自然通风或局扇通风；作业面较长的采场，应合理设置进、回风天井。
- b) 当通风系统总风压较弱，风量不足时，可利用辅扇加强通风。
- c) 有出矿水平的采场，宜用主扇总风压造成的贯穿风流通风。
- d) 采用无底柱分段崩落采矿法时，进路可用局扇通风或通过崩落矿岩的孔隙进行渗透式通风（也称爆堆通风）。
- e) 采用风筒通风，局部通风的风筒口与工作面的距离：压入式通风应不超过 10m ；抽出式通风应不超过 5m ；混合式通风，抽出式风筒的入口应滞后压入式风筒的出口 5m 以上，且压入式风筒出口吹出的风量应小于抽出式风筒入口吸入的风量。
- f) 压入式通风进风口应设在新鲜风流且温度较低位置，并防止产生循环风；抽出式通风出风口应设在主风流下风侧处，如下风侧风流会污染其他作业点，则应将抽出的污风用风筒直接引入最近的回风井巷内。
- g) 硐室型高温采场宜采取综合降温措施，即采用井巷通风、风筒通风与机械制冷结合的措施。
- h) 高温矿房爆破后可采用自动控制冷水喷雾系统降温。

4.3.2 掘进作业面通风降温

- a) 掘进工作面应采用局部通风降温。
- b) 长距离独头掘进巷道，当一台局扇提供的风量不足时宜采用局扇串联通风。
- c) 采用支柱法掘进天井时，风筒口应伸出保护台，并加保护罩，采用吊罐法掘进天井时，宜扩大中心孔加强通风（孔径 300mm 以上），或使风筒随吊罐上下移动。
- d) 掘进长距离独头巷道，当一台局扇提供的风量不足时，宜采用大功率压入式通风或风库接力通风。

5 矿井制冷降温技术

5.1 系统组成

矿井制冷降温技术系统主要由制冷、输冷、排热三部分组成。

5.2 矿井需冷量计算

5.2.1 矿井需冷量

矿井需冷量主要包括采掘作业面、机电硐室、热水放热、空气压缩等降温蓄冷量以及制冷降温系统冷损失之和。矿井降温系统冷量损失应低于20%。

5.2.2 矿井有效冷量

矿井有效冷量为冷却回采作业面、掘进作业面、机电设备硐室风流温度等所有空冷器的制冷量之和。

5.2.3 制冷设备配冷量

制冷设备配冷量满足MT/T 1136《矿井降温技术规范》要求。

5.3 集中制冷降温技术

5.3.1 技术类型

5.3.1.1 地面集中制冷降温系统

地面集中式制冷降温系统主要由地面制冷站、地面冷却水循环回路（包括冷却塔）、一级冷水循环回路、高低压换热机组或高低压转换装置、二级冷水循环回路、风机盘管等部分组成。制冷站集中布置在地面，适用于矿井需冷量大，井下排热困难的矿井。

5.3.1.2 井下集中（含井下分区集中）降温系统

井下集中式制冷降温系统主要由井下制冷站（制冷机组）、冷却水循环回路、冷水循环回路、风机盘管等组成。按冷凝方式可分为地面冷却塔散热的井下集中式制冷降温系统、井下水仓散热的集中式制冷降温系统、井下建冷却塔（硐室）的集中式制冷降温系统。

5.3.1.3 地面与井下联合降温系统

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

5.3.1.4 冰制冷降温系统

冰制冷降温系统由制冰站、输冰机、融冰池、空冷器等组成。

5.3.1.5 空气压缩制冷降温

空气压缩制冷降温主要由压缩机、涡轮冷却器、高效热交换器、温控系统组成。

5.3.1.6 其他集中制冷降温

矿井降温应推广应用新型的高效制冷技术：

- 1) 利用矿井浅层低温水的高温热交换制冷降温系统；
- 2) 除湿降温协同降温技术；
- 3) CO₂相变制冷降温技术；
- 4) 自然冷源预冷压缩空气输冷降温技术；
- 5) 热管降温法、空气透平膨胀制冷系统等。

5.3.2 制冷系统技术要求

制冷系统参照MT/T 1136《矿井降温技术规范》的要求。

5.3.2.1 制冷机组适用条件

- 1) 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；
- 2) 井下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应考虑减少占地面积；
- 3) 制冷量小于500kW宜选用活塞式制冷机组；制冷量大于500kW宜选用螺杆式或离心式制冷机组；在有工业余热、高温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。

5.3.2.2 冷水机组技术要求

- 1) 冷水机水侧承压应根据矿井深度及制冷硐室的深度确定，井下用冷水机组冷凝器（含有冷却器）水侧承压应不小于 4.0MPa，蒸发器水侧承压应不小于 2.5MPa；
- 2) 井下用冷水机组冷凝器进水温度应不大于 40℃；
- 3) 冷水机组使用工况：冷水出口温度 1~7℃；
- 4) 冷水进出温差 5~10℃；冷却水进口温度 20~40℃；
- 5) 冷却水进出温差 4~10℃。
- 6) 采用溴化锂吸收式冷水机组时，应符合 GB50019 标准有关规定。

5.3.2.3 冷风机组技术要求

- 1) 使用条件：环境气温为 30℃以上，相对湿度大于 85%，大气压力大于 100kPa。
- 2) 技术要求：井下用冷风机组进出风流温差为 9℃~12℃；冷凝器水侧承压不小于 2.5MPa；冷凝器进水温度不大于 40℃。

5.3.2.4 制冰输冰机组技术要求

1) 片冰机制冰法

制冰机蒸发温度一般在-15~-30℃，较低的蒸发温度可使冰粒具有较大的过冷度，减小输送过程中冰融化损失，而且便于输送。管道输送时，流态冰的含冰量通常在30%~60%之间，可根据盐水浓度和蒸发温度调整。

2) 管冰机制冰法

管冰的规格一般为外径30~50mm，高25~50mm，壁厚在5~20mm 之间可调，当管冰外径为50mm时，推荐管冰厚度在10~15mm之间。管冰储藏温度在-20℃~-40℃。

5.3.2.5 矿用高低压换热装置技术要求

- 1) 矿用高低压换热装置类型：壳管式高低压换热器；水能回收装置；多腔热压转换器；
- 2) 高低压换热装置应由多件单体组成；
- 3) 高、低压载冷剂应采用清水或符合国家规定的其他载冷剂；
- 4) 高压载冷剂的进口温度不应超过 3.5℃，低压载冷剂的出口温度不应超过 5.5℃；
- 5) 矿用高低压换热装置应有安全阀，换热装置与管道连接处应安装弹性伸缩器。

5.3.2.6 矿用空气冷却器技术要求

- 1) 空气冷却器的安设地点应尽量靠近采掘工作面；
- 2) 空气冷却器应具有足够的降温除湿能力，风流通过空气冷却器前后温差为 9℃~12℃；
- 3) 空气冷却器供水侧的工作压力不小于 4.0MPa，出水侧阻力不大于 0.08MPa；
- 4) 空气冷却器通风阻力不大于 1200Pa；
- 5) 空气冷却器应具有良好的防粉尘污染和清洗性能；
- 6) 空气冷却器结构紧凑，拆卸方便，适合于在采掘巷道中移动；
- 7) 空气冷却器外表面应进行防腐蚀处理或采用防腐材料。

5.3.3 输冷系统技术要求

- a) 地面保冷管道应符合 GB50019 有关规定；
- b) 井下保温管道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；
- c) 保温（冷）层应有良好的保冷性能；
- d) 保护层应有一定的强度，以保护保冷层不受破坏；保冷层表面应防腐蚀处理，保护层的外表面不得产生凝结水；
- e) 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；
- f) 井下保温管道应抗静电、阻燃、无刺激、无毒、耐腐蚀；
- g) 保温（冷）层放热导热系数不大于 0.04W/(m·℃)，吸水性不大于 0.2kg/m²。

5.3.4 排热系统技术要求

- a) 排热负荷要求
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，见附录6。
- b) 利用回风井巷排热的技术要求
- 1) 排热回风道应直接与回风井或回风斜井连通；
 - 2) 排热回风井不应行人或作为设备通道，但可作为安全出口；
 - 3) 排热井巷风流不应形成循环风或污染新鲜风流；
 - 4) 井下回风温度应低于冷凝器进水温度 $2^{\circ}\text{C}\sim 3^{\circ}\text{C}$ 。
- c) 利用冷水排热的技术要求
- 1) 由地面或井下含水层（涌水）供水，水质应满足制冷设备的正常运转要求；
 - 2) 井下涌水温度宜低于冷凝温度 $4^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$ ；
 - 3) 制冷设备用水量应满足 MT/T 1136《矿井降温技术规范》要求，见附录 7。
- d) 利用冷却器排热的技术要求
- 1) 采用喷淋式水冷却器，需风量及排热能力应满足 MT/T 1136《矿井降温技术规范》要求，见附录 8；
 - 2) 采用表面蒸发式水冷却器，传热面积应满足 MT/T 1136《矿井降温技术规范》要求，见附录 9。
- e) 地面冷却塔技术要求
- 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°C 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。

5.4 局部制冷降温技术

5.4.1 技术类型

- a) 井下冷风机组局部制冷降温系统
- 1) 冷风机组分散布置在井下，适用于应能排出制冷设备全部冷凝热的井巷或硐室；
 - 2) 利用空气压缩机的蒸发制冷，应选用安全、环保、使用寿命长的制冷剂，制冷剂循环输送管道严密不泄露。制冷机风温一般宜在 $5^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ 范围可调，风机应能远距离输送冷风到作业面；
 - 3) 冷凝器热风排风宜采用隔热风筒输送到回风巷或者作业面影响以外的区域。
- b) 井下冷水机组局部制冷降温系统
- 1) 冷水机组分散布置在井下，适用于井下具有充分排水能力的矿井，应能排出制冷设备冷凝热；
 - 2) 利用生产用水或其它补给水源的水一次性排热方式。将低温补给水源（水温 $\leq 28^{\circ}\text{C}$ ）由水泵送进制冷装置吸热，吸收热负荷后的热水不再循环使用，而是一次性排至地表或经井下水仓排至地表；
 - 3) 利用循环水及低温新风排热方式。将生产用水或其它水源作为冷却水循环使用，在回风巷安装排热冷却器（塔），排热冷却器（塔）一端的局扇压入低温新风冷却热水，升温的风流排至回风井巷内，由回风系统排出地表。散发热量后的冷却水经由保温管路回到压缩机循环使用。
- c) 矿用蓄冰空调系统
- 1) 冰冷辐射系统
把冰运送至井下融冰池溶化成低温水，用泵和输冷管将低温水输送至采掘工作面，通过通风机与风流热交换降温或者用输冰车直接将冰运至采掘工作面进风侧，进风风流通过冰溶化吸热降温。
 - 2) 蓄冷空调系统
——井下蓄冷冷媒可以是冰、冰浆、冷水等，冷媒宜满足局部降温的温度要求。
——预冷空气通过冷媒时，应保持风流均匀流动，得到均匀降温。
——当冷媒的温度无法满足降温要求，应及时更换冷媒，或对冷媒重新蓄冷。

d) 冷雾降温技术

低温雾化液滴同时具有温差换热和蒸发带走热量两个功能。

- 1) 矿井温度越高，通风降温效率越低，高地温环境应适当提高通风量、降低风流温度，宜增设低温喷雾降温设备。
- 2) 低温喷雾能够有效降低喷雾区域的环境温度，喷雾温度宜设置为 15℃ 以下，可有效辅助降温。

5.4.2 技术要求

5.4.2.1 制冷设备布置

- 1) 制冷主机宜布置在回风侧或距离冷水水源较近处，便于冷凝热排放；
- 2) 局部制冷机组中的工作装置和蒸发器宜安装在距掘进工作面约 150m 的位置，并可随掘进工作面的推进而移动。蒸发器应接入向掘进工作面送风的风筒中串联使用，工作装置和蒸发器由柔性高压管连接。

5.4.2.2 风流冷却器位置

煤矿井下热害防治设计规范（GB 50418）风流冷却器在采掘工作面和机电硐室的进风巷道中安设位置如下：

- 1) 距采矿工作面进风口 50m~100m；
- 2) 距掘进工作面 50m~100m；
- 3) 在机电硐室的进风道口。

附 录 A
(资料性)
岩层预冷风温计算

低温岩层预冷矿井进风流温度按式 (A.1) 计算:

$$t_L = \frac{t_0 - t_R}{\exp\{(L \times K \times P)/(G \times C_p)\}} + t_R \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

t_L — 与入风口相距 L 米处的巷道气温, °C;

L — 预冷巷道的长度, m;

G — 预冷风量, kg/s;

C_p — 空气的定压比热, J/kg·°C;

K — 岩体与空气的热交换系数, W/m²·°C;

P — 预冷巷道的周长, m;

t_0 — 地表的气温, °C;

t_R — 预冷岩层岩体的温度, °C。

附 录 B
(资料性)
矿井总风量计算

B.1 矿井总风量为回采工作面、备用工作面、掘进工作面和独立通风硐室所需风量的总和，按式 (B.1) 计算：

$$Q = k(\sum Q_h + \sum Q_b + \sum Q_j + \sum Q_d) \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

Q —矿井需风量 (m³/s)；

$\sum Q_h$ —回采工作面所需风量，m³/s；

$\sum Q_b$ —备用工作面所需风量，m³/s；

$\sum Q_j$ —掘进工作面所需风量，m³/s；

$\sum Q_d$ —独立通风硐室所需风量，m³/s。

B.2 按井下同时工作的最多人数计算时，矿井需风量应不少于每人 4m³/min；

B.3 有柴油设备运行的矿井需风量，应按同时作业机台数每千瓦供风量不小于 4m³/min。

B.4 矿井降温风量按式 (B.3) 计算：

$$Q_z = \frac{\sum Q_r}{3600 C_p (i_2 - i_1) \rho} \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

Q_z —矿井通风降温风量，m³/s；

$\sum Q_r$ —井下热源散热量，kw/h；

c_p —井巷空气定压比热，kw/kg·°C，一般为 0.24；

ρ —井下空气比重，kg/m³；

i_1 、 i_2 —井巷始、终点热焓，kw/kg

附录 C
(资料性)
风速及风量有关规定

C.1 井巷断面平均最高风速规定

表 C.1 井巷断面平均最高风速规定

序号	井巷名称	最高风速 (m/s)
1	专用风井, 专用总进、回风道	20
2	专用回风的物料提升井	12
3	风桥	10
4	提升人员和物料的井筒、用于进风的物料提升井、中段的主要进风道和回风道、修理中的井筒, 主要斜坡道	8
5	运输巷道、输送机斜井、采区进风道	6
6	采场	4

注: 摘自《金属非金属矿山安全规程》

C.2 回采工作面排尘、排热风速规定

根据《采矿手册》, 排尘排热风速选择:

- a) 巷道型、硐室型采场风速不小于 0.5m/s;
- b) 电耙道和二次破碎巷道风速不小于 1.0m/s;
- c) 电动无轨装载运输设备作业的工作面风速不小于 0.5m/s;
- d) 柴油无轨装载运输设备作业的工作面风速不小于 1.0m/s。

C.3 掘进工作面所需风量规定

高温掘进工作面风速应按照《金属非金属矿山安全规程》规定湿球温度选择排热风速。

C.4 独立通风硐室所需风量规定

- a) 井下炸药库、破碎硐室、主溜井卸矿硐室、箕斗装载硐室等作业地点, 应分别计算;
- b) 机电设备散热量大的硐室, 应按机电设备运转的发热量计算;
- c) 充电硐室应按回风流中氢气浓度小于 0.5% 计算;
- d) 铲装运输设备及充填体放热, 应按排热量要求计算。

附 录 D
(资料性)
矿井需冷量计算

D.1 矿井需冷量按式(4)计算:

$$Q_x = Q_c + Q_j + Q_d + Q_w + Q_k + Q_s = \sum Q_{BOC} + \sum Q_{BOJ} + \sum Q_{BOD} + \sum Q_{LS} \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

Q_x — 矿井制冷降温的需冷量, kW;

Q_c — 回采作业面降温需冷量, kW;

Q_j — 掘进作业面降温需冷量, kW;

Q_d — 机电硐室降温需冷量, kW;

Q_w — 热水放热降温需冷量, kW;

Q_k — 空气压缩放热降温需冷量, kW;

Q_s — 矿井制冷降温系统冷量损失, kW;

$\sum Q_{BOC}$ — 回采作业面需冷量之和, kW;

$\sum Q_{BOJ}$ — 掘进作业面需冷量之和, kW;

$\sum Q_{BOD}$ — 所有硐室需冷量之和, kW;

$\sum Q_{LS}$ — 系统冷量损失之和, kW;

D.2 回采工作面降温需冷量

$$Q_c = M_{Bc}(i_1 - i_x) \dots\dots\dots (D.2)$$

式中:

M_{Bc} — 通过空气冷却器的风量, kg/s。

i_1 、 i_x — 空气冷却器进口、出口风流焓。

D.3 掘进工作面降温需冷量

$$Q_j = M_{Bc}(i_1 - i_x) \dots\dots\dots (D.3)$$

式中:

D.4 机电设备硐室需冷量

- a) 逆向热力计算硐室入风参数: 温度 (), 含湿量 (), 焓值 ();
- b) 计算空气冷却器入风参数: ;
- c) 机电设备硐室需冷量按式(12)计算:

$$Q_d = M_{Bc}(i_1 - i_x) \dots \dots \dots (D. 4)$$

附 录 E
(资料性)
制冷设备配冷量计算

制冷设备配冷量按式 (8) 计算:

$$Q_0 = 1.2Q_x \dots\dots\dots (E. 1)$$

附 录 F
(资料性)
排热负荷计算

参照煤矿井下热害防治设计规范（GB50418）：
排热负荷计算：

$$Q_k \geq (1.2 \sim 1.3)Q_0 \dots\dots\dots (F. 1)$$

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。

附 录 G
(资料性)
制冷设备用水量计算

参照煤矿井下热害防治设计规范（GB50418）：
制冷设备用水量计算：

$$V_w \geq 0.86 \frac{Q_k}{\Delta t} \dots\dots\dots (G. 1)$$

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 ；

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

附录 H

(资料性)

喷淋式水冷却器需风量及排热能力计算

参照煤矿井下热害防治设计规范 (GB50418) :
采用喷淋式水冷却器, 需风量及排热能力计算:
所需风量按式 (11) 计算:

$$M_B \geq M_w \frac{t_{w1} - t_{w2}}{t_{B2} - t_{B1}} \dots\dots\dots (H. 1)$$

排热能力按式 (12) 计算:

$$Q_k = M_B(i_2 - i_1) \text{ 或 } Q_k \geq M_w c_w(t_{w1} - t_{w2}) \dots\dots\dots (H. 2)$$

式中:

- i_1 、 i_2 - 喷淋室进、出风流的焓, kJ/kg;
- t_{w1} 、 t_{w2} - 分别为喷淋室进、出水温, °C;
- t_{B1} 、 t_{B2} - 喷淋室进、出风流温度, °C;
- M_B 、 M_w - 通过喷淋室风量和水量, kg/s;
- Q_k - 喷淋室排热负荷, kW。

附 录 I

(资料性)

表面蒸发式水冷却器传热面积计算

采用表面蒸发式水冷却器，传热面积按式 (13) 计算：

$$F = \frac{Q_k}{k_k \Delta t_m} \dots\dots\dots (I. 1)$$

式中：

F — 表面蒸发式水冷却器的传热面积， m^2 ；

Q_k — 水冷却器的热负荷， W ；

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

Δt_m — 对数平均温差， $^\circ C$ 。