

# 《金属矿山热害防治技术规范》

## 团体标准编制说明

中国冶金矿山企业协会团体标准化工作委员会

二零二五年五月

# 目 次

一、项目背景 .....	1
二、行业概况 .....	1
三、需求分析与效益预测 .....	1
四、制定本标准的意义 .....	2
五、标准编制过程 .....	2
六、标准编制原则 .....	2
七、标准的研究思路及内容 .....	3
（一）编制思路 .....	3
（二）标准技术框架 .....	3
（三）标准技术内容 .....	3
八、标准的应用领域 .....	9
九、标准属性 .....	9

## 一、项目背景

本标准由中国冶金矿山企业协会提出并归口。根据中国冶金矿山企业协会团体标准化工作委员会 2022 年第二批团体标准制修订计划，由中国恩菲工程技术有限公司会同安徽理工大学、中南大学、东北大学、本溪龙新矿业有限公司、鞍钢矿业有限公司、铜陵有色金属集团股份有限公司冬瓜山铜矿等单位共同起草。

## 二、行业概况

伴随我国浅部矿产资源的开采殆尽，矿井开采深度将逐步增加，未来超千米矿山将成为金属矿产资源供给主力。当前，我国一批金属矿山正在向 1000m 甚至 1500m 以上的深井发展，如思山岭铁矿、冬瓜山铜矿、金川二矿区、会泽铅锌矿、凡口铅锌矿、红透山铜矿、铜绿山铜铁矿、李家湾锰矿等，其开采深度已接近或超过 1000m，个别矿山甚至超过 1500m。在建和拟建的一些深井矿山，其开采深度达到 1200~1500m，如陈台沟铁矿、瑞海金矿、三山岛金矿西岭矿区、纱岭金矿、水旺庄金矿、高地锰矿等。

矿井越深地温越高。当达到千米深时地温可达到 30~40℃，当矿体埋藏深度达到 1500m 时，温度将达到 36~50℃。工人在井下的高温下作业，轻则效率低下，出现中暑，重则危及生命。我国的《金属非金属矿山安全规程》规定，井下的湿球温度不得超过 27℃。而井下的环境温度受多因素影响，除了地表气候（气温）外，还包括空气的自压缩热、原岩散热、电气设备放热、柴油机放热等，矿井到达一定的深度后仅靠通风是不能进行有效降温的。

在国外，南非是当今世界开采深度最大的国家，在深井环境控制方面取得了大量经验，其主要经验是：在井下开拓时最大限度地优化通风系统；研制各种新型高效的粉尘、炮烟和废气净化装置，以供井下进行循环通风时利用；采取各种手段尽量隔绝井下热源向井下通风风流的热流流动，以求降低井下风温，在特别困难的情况下，采用制冷空调技术降低风温。

国内自新中国成立以来才开始深井地温研究。煤矿较早开展矿井降温的研究工作。20 世纪 50 年代初，煤科院抚顺分院最先开始地温观测，1974 年中科院地质所对平顶山矿区的地热问题进行了研究。金属矿山在“九五”期间，由长沙矿山研究院等单位承担国家“九五”攻关课题“深井矿山环境控制研究”为解决我国深井开采的环境问题做了一个良好的开端。但当时由于我国深井开采问题尚处在萌芽阶段，高温矿井的环境控制问题尚未获得很好的解决。

国外针对热害防治采用机械制冷的矿山也较多，如英国的彭德尔顿煤矿 1923 年就在采区安设制冷机冷却采区风流；巴西的莫罗维罗矿及南非的鲁滨逊矿，于 20 世纪 30 年代采用集中冷却井筒入风的方法降温；南非 20 世纪 60 年代便开始使用大型矿井集中空调；从 20 世纪 70 年代，国内外人工制冷降温技术开始迅速发展。这一时期矿井人工制冷降温主要以蒸汽压缩制冷机组为主，而且使用越来越广泛、越来越成熟。该种降温技术从兴起以来，便成为矿井降温的主要手段。另外采用冰冷的技术，如南非 Mponeng 金矿深度超 4000 米，采用冰浆制冷+分区通风，工作面温度控制在 30℃ 内。

综上所述，国内外深井矿山在热害防治方面的措施包括加大风量、隔绝热源、个体防护、局部制冷和集中制冷（风、水、冰冷）等措施。

热害防治技术研究方面目前还存在对井下热负荷计算、井下热害评价等未形成统一认识，井下热害控制意识较薄弱，个体防护及培训不到位；制冷技术方面经验还没有系统的整理和总结。故现阶段围绕深井矿山热害防治技术开展系统的归纳总结十分必要，也意义重大。

### 三、需求分析与效益预测

越来越多的金属矿山已面临或即将面临着高地温的技术条件，如基建期为了保证巷道工程的贯通，矿山需要解决长距离独头作业的热害问题，布置可靠的局部制冷设备才能为高效掘进提供基础保障；生产期，也需要合理测算深井矿山的热负荷大小，测算矿山的制冷量，如何科学合理的布置制冷系统，如何确定制冷系统的工作制度；针对安全管理方面，还需要系统提出矿山的热害防治措施以及建立热害防治的安全管理制度。

综上所述，针对金属矿山热害防治的技术管理工作必不可少。本标准的形成和发布必将有助于指导或推动矿山，尤其是深井矿山的热害防治相关工作，可有效解决深井资源开发所面临的热害问题，有利于矿山安全生产管理，预期将产生较大的企业经济效益和良好的社会效益。

### 四、制定本标准的意义

随着矿井开采深度的不断延深，矿井岩温不断增高，矿井热害控制日趋重要。尤其是近年来，越来越多矿山进入深井开采，深井热害防治设计与安全管理必不可少。煤炭行业早在 2007 年 5 月就已经发布了《煤矿井下热害防治设计规范》GB 50418-2007，且在 2017 年 3 月进行了大幅度修订，发布了 GB 50418-2017 版本，而用于指导金属非金属矿山深井开采的热害防治设计规范性文件还未形成，不利于开展深井矿山的热害防治的设计工作，故拟定起草编订本标准《金属矿山热害防治技术规范》，用于指导矿山热害防治设计、热害防治措施实施与日常安全管理等工作。拟编制的《金属矿山热害防治技术规范》主要内容包括下矿井气象条件预测内容和方法、热负荷计算、通风降温、制冷机械降温、热害矿井安全管理等。

本标准是在前期已完成的相关成果的基础上，结合当前国内现行规范，对金属矿山热害防治的技术经验进行归纳总结，旨在对矿山环境条件预测、非制冷降温、制冷降温、电气及自动化控制、热害矿山安全管理等技术要求方面制定相关规定，最终有利于指导金属矿山井下热害防治的设计、实施及生产管理。

### 五、标准编制过程

- （1）标准编制立项时间：2022 年 4 月-2022 年 7 月，形成立项文件，已完成；
- （2）标准编制启动工作：2022 年 8 月-2022 年 9 月，形成编制工作思路和提纲，已完成；
- （3）正式开展标准编制：2022 年 10 月-2023 年 9 月，形成标准初稿，已完成；
- （4）标准初期评审并修改：2023 年 10 月-2024 年 12 月，召开第二次会议进行研讨，修改标准初稿（含编制说明）；
- （5）标准再次评审并修改：2025 年 1 月-2025 年 5 月，召开第三次会议进行研讨，根据专

家意见对标准初稿进行修改完善；将完善后的标准初稿提交团标委秘书处，根据秘书处意见修改完善，形成征求意见稿。

（6）公开征求意见：2025 年 5 月-2025 年 6 月，秘书处公开征求意见。

## 六、标准编制原则

本标准的制定符合产业发展的原则，本着先进性、科学性、合理性和可操作性的原则以及标准的目标、统一性、协调性、适用性、一致性和规范性原则来进行本标准的制定工作。

本标准起草过程中，主要按 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》和 GB/T 20001.5-2017《标准编写规则 第 5 部分：规范标准》进行编写。

## 七、标准的研究思路及内容

### 7.1 编制思路

国家矿山安全监察局在 2013 年就已经开展了“超大规模超深井金属矿山开采安全关键技术研究”（“双超”）的相关课题，其中包括“超深井金属矿山热害控制安全技术研究”专题（专题于 2015 年 10 月已验收完成），专题针对深井热负荷计算、热害防治、通风降温和制冷机械降温等方面已经形成了一系列重要研究成果。同时中国恩菲工程技术有限公司在 2017 年至 2019 年，企业内部启动公司标准立项，编制并发布了《金属非金属热害防治设计指南》，且在多个深井矿山设计中进行了应用。

本次团体标准在前期已完成的相关成果的基础上，进行部分内容的细化和扩充，如增加井下热害环境的日常管理、新型制冷技术、热害控制措施等内容。

### 7.2 标准技术框架

本标准共 10 个部分，包括前言、范围、规范性引用文件、术语和定义、总则、矿山环境条件预测、非制冷降温、制冷降温、电气及自动化控制、热害矿山安全管理和附录。

### 7.3 标准技术内容

本标准规定了矿山环境条件预测、非制冷降温、制冷降温、电气及自动化控制、热害矿山安全管理的技术要求。

本标准主要适用于金属矿山井下热害防治的设计、实施及生产管理。

#### 7.3.1 总则部分

##### 1、基本规定

矿山热害防治主要以预防为主，防、治结合的原则。为了使矿山热害防治设计方案技术可行、经济合理，主要包括以下技术内容：

（1）热害矿山选用分区通风或对角式通风方式，有利于缩短通风的进风线路，减少进风侧围岩对风流的预热，同时选用抽出式通风可以避免压入式通风风机对风流的做功加热。

（2）进风巷道布置在较低的原岩温度低的岩层中，并合理缩短进风线路的长度，也有利于减少进风侧围岩对空气的预热。

（3）热害矿山应尽量提高矿山整体开采机械化、自动化水平，减少人员作业。另外，机械

化水平的提高,作业人员可以在有空调的驾驶室或地表控制室远程操作,从而减少暴露在热害环境中的时间。

(4) 风量增大到一定程度,继续增大风量将无法起到通风降温的作用,同时也是不经济,需要通过技术经济比较选取该采用何种制冷方式。

同时,强调矿山基建期的热害防治,应结合矿山基建动态变化,制定不同阶段的热害防治措施;尽可能充分利用生产期的永久设施;优先集中一个中段进行贯通,形成矿山全负压通风系统,充分利用最经济的通风方式来解决井下热害问题;宜以电动设备为主,提高机械化程度,并针对无轨设备应配置空调驾驶舱。

在矿山生产时,对井下的无轨设备、电气设备等热源进行科学管理,对井下水沟、热水管等设施进行合理布置,采取综合措施来隔绝或减少热源的释放。

## 2 其他规定

(1) 本条是制定矿山热害防治技术方案的整体原则,需要根据矿山地温资料、地质条件、开拓系统、通风系统、制冷降温范围、开采深度、矿山涌水量和水温、回风量和温度、采掘机械化程度、热源调查资料等资料,结合类似矿山的热害防治经验,通过综合技术经济比选和论证后确定。

(2) 通风和制冷降温系统要随矿山开拓运输系统和采矿方案的变化而动态调整。

(3) 热害矿山两种降温措施,一是通过加大通风,采用按需通风系统,保障人员、设备作业点处有充足的风量;二是通过地表制冷系统或井下制冷系统,制冷系统明确系统制冷能力、运行时间。

(4) 强调热害矿山具备条件时,可以充分利用矿山回风、排水、机械的余热,作为井口预热、厂房保温、生活用热的需要。

### 7.3.2 矿山环境条件预测部分

#### 1、基础资料

明确进行矿山环境条件预测时需要收集的气象及地质方面的基础资料、进行新建矿山环境条件预测时需要收集的矿山开采设计资料,以及改建、扩建和延深矿山环境条件预测时需要收集的基础资料,重点强调近十年内井下各关键位置的实测统计资料。

#### 2、井下环境条件预测

(1) 明确热害矿山环境条件下采、掘作业面及设备硐室最热月环境的预测内容。

(2) 强调热害矿山环境条件预测时应考虑矿山达产或生产期热害最严重时期的恶劣条件。

(3) 明确矿山环境条件的预测方法,包括数学分析法、模型模拟法或实测统计法,不同方法具有不同的优缺点,预测时可以通过多种方法预测,相互补充和验证;另外在生产矿山、改建、扩建和延深矿山设计时,也可借鉴邻近矿山或现有矿山已验证的预测方法。

#### 3、冷负荷计算

(1) 明确了采用数学分析法计算冷负荷的原则,由于井下热源与空气之间的传热是一个复

杂的过程，很难精准计算井下的各部分热负荷，在考虑矿山整体制冷系统设计时，也无需考虑所有热源，实际也很难考虑全部热源。针对回风侧的散热量，由于生产过程中一般无人员或设备进入，其散热量也可以暂不考虑。

在有人员或设备作业情况下，局部热负荷可能对整体矿山影响不大，但对局部环境影响非常大，故除了要考虑主要热源之外，还有必要考虑充填体水化热、矿堆散热、人体散热等热量。

针对无人驾驶电机车运输区域，计算井下整体放热量时，其自动化运行设备的放热量可以暂不考虑，但高温环境下对电机车运行效率影响较大的除外。

(2) 明确了岩石热物理参数的选取要求，包括根据地温率对原始岩温的预测。

(3) 明确了井下热源总放热量的计算方法，针对局部充填体水化热、矿石氧化、木材氧化、照明等，在计算整个矿山热负荷时由于量小可以适当简化或暂忽略。

(4) 明确了潮湿井巷的壁面水分蒸发吸热量计算方法。

(5) 由于井巷末端的空气温度、含湿量和井巷的热、湿源的散、吸热量和存在相互影响的耦合关系，难以通过一次计算出井下热负荷最终状态情况下的值，故推荐采用试算法，经多次迭代，当迭代的前、后两次的数值差满足工程计算所需的精度（如 3%）时，可停止迭代，可以认为此时井下热传导已经处于平衡状态，确定终值。

### 7.3.3 非制冷降温部分

#### 1、通风降温

(1) 常规巷道独头掘进时，布置直径 400mm~600mm 的风筒，但针对热害矿山为了提高作业面的风速，通常需要增大风筒直径，如直径 800~1000mm 的大直径风筒，故掘进的巷道断面需要根据风筒布置情况适当增大尺寸。

(2) 当送风量达到一定值后，存在通风降温的有效性问题，同时还得考虑通风井巷工程的费用增加，通过计算确定经济风速和最大送风量。

(3) 在有条件的情况下，充分利用浅部废弃巷道进行风流预冷，这也是一种较为经济的做法。本条矿山环境良好条件是指矿山具有无粉尘超标、无有毒有害气体、无放射性物质等环境状态良好的浅部废弃巷道。

#### 2、井下热水治理

(1) 矿山有热水涌出时，避免热水向空气中释放热量和增加空气的湿度，导致空气焓值的增加，故针对井下热水的排放应进行科学管理，独立排出。

(2) 针对矿山有热水涌出时，进风巷道的布置应尽量避开有热水涌出的断层裂隙带，同时采取封水、截水、导水、防水隔热等治理措施。

#### 3、井下设备选择及布置

(1) 因柴油设备的单位功率放热量是电动设备的 2.8 倍，故本条明确了热害矿山的井下移动式采掘设备宜优先使用电动设备，宜配置空调驾驶舱，降低井下开采热环境的恶化，改善作业人员的环境。

(2) 热害矿山应尽可能提高装备机械化、自动化水平, 来减少井下作业人员的暴露时间, 降低热害对作业人员的损伤。

4、井下巷道隔热: 热害矿山可以通过采用隔热混凝土、多孔类材料等对裸露围岩进行封闭, 阻隔高温围岩向井巷的传热。

#### 5、硐室布置

(1) 环境参数超限的机电设备硐室包括中央变电所、牵引变电所、配电站等地方, 由于硐室内难以形成自然风流, 热害程度往往更加严重, 故有条件的应通过局扇或增加独立回风通道, 将加热后的风流直接引至回风侧。采矿工作面的机电设备也优先布置在回风侧, 尽量使释放的热量不进入人员和设备作业区。

(2) 需要人员值守的硐室包括水泵房、中央变电所、调度室、值班室等地方, 宜配备空调舱, 改善人员的值守环境。

(3) 主要机电设备硐室包括中央变电所、牵引变电所、配电站、变电所等, 属于热害较严重的地方, 宜采取减少围岩和机电设备等散热量进入硐室进风风流, 并采取增加风量、局部通风排热、加大局部风速或采用水冷电机等措施。

6、个人防护及其他: 矿山若有条件可以利用天然冷源或已有冷源进行井下降温, 如浅地表的低温巷道、低温地下水。

#### 7.3.4 制冷降温部分

1、根据冷源的安装位置, 矿山制冷降温方式包括地面集中式、井下集中式、井下局部式、地面与井下联合式等。

##### (1) 地面集中制冷降温

制冷站集中设在地面, 适用于矿山需冷量不特别大且井下排热困难的矿山。地面集中制冷降温系统具有设备使用寿命长, 系统安全可靠, 运行维护方便且能耗小等优点。

地面集中制冷降温, 又可分为: 直接冷却进风、制备冷水送入井下、制备冰送入井下等形式, 应根据综合比较后确定。

##### (2) 井下集中制冷降温

制冷站集中设在井下, 适用于矿山需冷量大, 且井下具有充分的排热能力或能将冷凝热排到地面的有利条件的矿山。当排放冷凝热采用冷却塔时, 冷却塔设在地面, 冷凝热直接排至大气; 若冷却塔设在井下, 冷凝热一般排至井下回风道, 间接排放至大气。

##### (3) 地面与井下联合降温系统

在地面和井下同时设置制冷降温系统, 适用于矿山需冷量大、井下局部排热困难的矿山。

当井下采场比较分散且不断向新作业地点延伸时, 较适合井下局部制冷降温作为辅助制冷措施。

当矿山开采过深时(如 3000m 以下)时, 载冷剂管线压力过高, 难以保证安全。同时由于自压缩热的产生, 采用水作为载冷剂时, 送至深井的冷水的温升较多, 显著影响末端制冷降温效



果，因此宜采用制冰方式。

(4) 集中制冷降温系统的冷水机组若是单台制冷量过小，不利于节能；同时考虑多台间能相互备用，故台数不少于 2 台。

(5) 通过技术经济论证，有余热源（如蒸汽或热水）利用时，选用吸收式冷水机组，可以利用余热制冷，大幅降低制冷运行电耗。

(6) 受室外空气湿球温度的限制，冷却水温度一般不会低于 32℃；受制冷机冷凝温度的限制，冷却水回水温度一般不高于 42℃，因此规定冷却水供回水温差不宜大于 10℃。

(7) 制冷降温系统的制冷机组、冷水泵、冷却水泵、冷却塔风机等装机功率较大，通过变频有利于降低矿山制冷能耗。

## 2、地面集中式制冷

井筒内安装的管道过大时，会使得井筒直径增加，增加了井筒造价。千米及以下深井水管承受的高压 >10MPa 以上，水管壁厚加大，管径过大自重大，安装的原因限制管径。水管流速过高，管道又长消耗动力过大，所以应限制流速。

制冰降温系统目前在国内外深度大的热害矿山有少量应用。制冰降温系统的稳定运行，须统一协调制冰、输冰和融冰等环节。同时，制冰降温系统地面占地较大，初投资较高，机组的性能系数相对冷水机组低，井下冰水排回地面也增加了系统能耗，因此应谨慎选用制冰降温系统。输冰系统应有防冲击和防堵措施，保证制冰降温系统的安全稳定运行。

3、井下局部制冷，为保证井下移动式局部降温机组的制冷性能、保障工作面风流的除湿效果，需规定蒸发温度和载冷剂温度的限值。

## 4、地面与井下联合制冷

地面制冷系统冷却总进风风流时，空气冷却器结合井筒防冻的空气加热器一并考虑，可节省空气处理机房占地和设备投资。

## 5、载冷剂循环系统

载冷剂直接接触的设备和管道应考虑载冷剂特性，当载冷剂采用盐溶液（如氯化钠、氯化钙水溶液）或者有机溶液（如乙二醇、丙二醇水溶液）时，载冷设备和管道应考虑相应防腐措施，防止载冷剂腐蚀输送的设备和管道。

6、冷却水循环系统，为防止冷却水系统结垢、污垢和腐蚀，保证设备的换热效率和使用年限，特制定本条规定。

7、空气冷却处理，作为井下空气冷却器选型的规定，综合考虑了保证空气冷却器冷却效果、节能、减噪等要求。

## 7.3.5 电气及控制部分

### 1、电气

(1) 为了避免热害严重的矿山井下停电事故发生，对作业人员造成生理伤害，本条规定热害严重的矿山其通风系统的主通风机供电按照矿山电力负荷中的一级负荷考虑，增强供电系统的

可靠性。

根据 GB16423 井下人员作业场所的气象条件规定湿球温度超过 30℃，应停止作业；

结合《矿井降温技术规范》MT/T 1136-2011，热害矿井按照采掘工作面的风流温度划分为三级：一级热害矿井 28℃-30℃；二级热害矿井 30℃-32℃；三级热害矿井 $\geq 32^{\circ}\text{C}$ ，针对三级热害矿井若不采取有效的降温措施，则应停止作业。

综上所述，本次规范编写推荐热害严重矿山为三级热害矿山，即采掘工作面风流温度 $\geq 32^{\circ}\text{C}$ 的情况，主通风机供电应按照矿山电力负荷中的一级负荷考虑。

(2) 对于设置在井下的制冷站，配套的电气设备应采用具有较强防潮、防滴溅等性能的矿用一般型设备，以满足井下使用环境。

(3) 对于井下中央变电所、电源进线电缆应酌情考虑远景负荷。

(4) 除了交流电压 380V 以外，井下低压配电电压采用交流 660V 等电压等级的矿山较为常见，降温设备的电压需要与之匹配。

## 2、监测与控制

针对制冷降温系统的智能化水平方面，优先采用远程集中控制系统，局部移动式制冷降温系统，也可以采用现场进行就地监控。

对制冷降温监控系统功能的控制要求，包括报警功能、群控联锁功能、数据存储、操作权限等方面。

### 7.3.6 热害矿山安全管理部分

1、针对降温效果监测提出的定期进行风速、风温、湿度及氧含量等井下环境指标进行监测与记录，进行通风降温效能评价，并定期形成月度诊断分析报告和季度总结报告。

2、井下作业地点的环境条件应符合《金属非金属矿山安全规程》GB16423 的有关规定。针对不同的作业环境，采取不同的工作制度：

国外不同国家针对超过规定温度的工况下，采用改变工作制度、降低劳动强度等措施。

如德国规定等效温度（或体感温度） $t_{\text{eff}} \leq 25^{\circ}\text{C}$ ；当  $t_{\text{eff}} = 29^{\circ}\text{C}$  时，限作业 6h；当  $t_{\text{eff}} = 30^{\circ}\text{C}$  时，限作业 5h，每小时休息 10 分钟；当  $t_{\text{eff}} = 32^{\circ}\text{C}$  时，限作业 5h，每小时休息 20 分钟；荷兰规定缩短作业时的起始温度是  $t_a = 30^{\circ}\text{C}$ ，干球温度为  $30^{\circ}\text{C}$  以上的环境，每班作业时间不得超过 6h；意大利规定  $t_a < 32^{\circ}\text{C}$ ，允许的班作业时间仍为 8h； $t_a = 32 \sim 35^{\circ}\text{C}$  时，班工作时间应缩短为 5h；但对  $t_a > 35^{\circ}\text{C}$  时的班作业时间没有进行规定；匈牙利规定  $t_{\text{eff}} = 26^{\circ}\text{C}$  时，班工作时间仍为 8h， $t_{\text{eff}} = 26 \sim 28^{\circ}\text{C}$  时，班工作时间缩短到 6h。

3、热害矿山应该按季度对地表及井下制冷机组的制冷量进行标定，对制冷主体设备进行能耗、制冷效率进行测试，对系统运行工况进行诊断和分析。

4、制冷站作为热害矿山降温系统的重要组成部分，涉及制冷设备、管路、阀门、仪表等承压设备，为保障制冷系统的安全运行，在矿山企业实际运行中，必须加强安全管理。

5、热害矿山的热害突发（包括主风机、制冷系统等停止工作时）将对作业人员造成安全影

响，为保障井下作业人员安全，也需要编制应急预案，制定热害突发时的应急撤离路线。

6、强调热害矿山应设定矿山的热害防治制度，设置热害防治安全培训机构，定期开展下井作业人员的热害安全预防培训。

## **八、标准的应用领域**

本标准应用于新建、改建和扩建的金属矿山井下热害防治的设计、实施及日常安全管理。

## **九、标准属性**

本标准属于中国冶金矿山企业协会团体标准，由冶金矿山企业协会推广，推荐各设计单位引用。