

前 言

本规范是根据住房和城乡建设部《关于印发 2014 年工程建设标准规范制订修订计划的通知》(建标〔2013〕169 号)的要求,由中煤科工集团武汉设计研究院有限公司和中国煤炭建设协会会同有关单位,对原国家标准《煤矿井下热害防治设计规范》GB 50418—2007 进行修订的基础上完成的。

本规范在修订过程中,规范编制组经广泛调查研究,认真分析、总结和汲取了近年来国内外煤矿井下热害防治的设计和现场生产实践经验以及热害防治方面的新技术、新工艺及新的科研成果,注意与相关标准的衔接,体现了节能减排理念,并广泛征求意见,反复研究、修改,最后经审查定稿。

本规范共分 9 章和 2 个附录,主要内容有:总则、术语、基本规定、井下作业地点环境气象条件、井下气象条件预测、非制冷降温、制冷降温、电气与自动化、节能等。

本次修订的主要内容:增加了基本规定、节能两章和“矿井气象条件预测方法”一个附录,并将原规范的矿井热害防治一章拆分为非制冷降温、制冷降温两章。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由中国煤炭建设协会负责日常管理工作,由中煤科工集团武汉设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。本规范在执行过程中,请各单位结合设计、生产实践和科学研究,认真总结经验,注意积累资料,如发现需要修改或补充之处,请将意见和建议寄交中煤科工集团武汉设计研究院有限公司(地址:湖北省武汉市武昌区武珞路 442 号,邮政编码:430064,传真:027—87717101,邮箱:

zsl0713@sina.com),以便今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位:中煤科工集团武汉设计研究院有限公司

参 编 单 位:煤炭工业合肥设计研究院

煤炭工业济南设计研究院有限公司

煤炭工业郑州设计研究院股份有限公司

中煤科工集团重庆设计研究院有限公司

中煤邯郸设计工程有限责任公司

中煤科工集团沈阳设计研究院有限公司

山西约翰芬雷华能设计工程有限公司

主要起草人:张世良 吴兆吉 潘正云 吴亚非 郭宝德

白 灵 刘运良 苗常盛 鲍 宇 于新胜

辛德林 张建平 张 焱 陈团团 安长河

张大伟 李 强 王明喜 徐宏伟 于新锋

肖 民 刘 智 闫 斌 任建华 陆庆春

严 海 付小敏 陈 炬 唐金秀 郭 靖

主要审查人:李 明 杨纯东 邓星利 刘桂平 孔凡平

李 新 孙永星

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(2)
3	基本规定	(4)
4	井下作业地点环境气象条件	(5)
4.1	井下作业环境控制地点	(5)
4.2	井下作业环境设计参数	(5)
5	井下气象条件预测	(6)
5.1	基础资料	(6)
5.2	井下气象条件预测内容和方法	(6)
5.3	冷负荷计算	(7)
6	非制冷降温	(9)
6.1	通风	(9)
6.2	机电设备选择及布置	(9)
6.3	井下热水治理	(9)
6.4	其他非制冷降温	(10)
7	制冷降温	(11)
7.1	一般规定	(11)
7.2	井下集中式降温	(12)
7.3	地面集中式降温	(13)
7.4	地面与井下联合制冷降温	(15)
7.5	井下移动式降温	(15)
7.6	载冷剂循环系统	(16)
7.7	冷却水循环系统	(20)
7.8	空气冷却处理	(21)

8 电气与自动化	(23)
8.1 电气	(28)
8.2 监测与控制	(23)
8.3 仪器、仪表	(26)
9 节 能	(28)
9.1 一般规定	(28)
9.2 工艺系统及设备节能	(28)
9.3 其他能源利用	(28)
附录 A 等效温度的计算方法	(29)
附录 B 矿井气象条件预测方法	(31)
本规范用词说明	(41)
引用标准名录	(42)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(2)
3	Basic requirements	(4)
4	Meteorological environment of underground working place	(5)
4.1	Control site of underground work environment	(5)
4.2	Design parameters of underground working environment	(5)
5	Prediction of meteorological condition in underground mine	(6)
5.1	Basic data	(6)
5.2	Predictive content and method of meteorological condition in underground mine	(6)
5.3	Cold load calculation	(7)
6	Non refrigeration cooling	(9)
6.1	Ventilation	(9)
6.2	Mechanical and electrical equipment selection and arrangement	(9)
6.3	Underground hot water control	(9)
6.4	Other non refrigeration cooling	(10)
7	Refrigeration and cooling	(11)
7.1	General requirements	(11)
7.2	Underground centralized cooling	(12)
7.3	Ground centralized cooling	(13)
7.4	Combined cooling of ground and underground	(15)

7.5	Underground movable cooling	(15)
7.6	Refrigerant circulation system	(16)
7.7	Cooling water circulation system	(20)
7.8	Air cooling treatment	(21)
8	Electrical and automation	(23)
8.1	Electrical	(23)
8.2	Monitoring and control	(23)
8.3	Instrument and apparatus	(26)
9	Energy conservation	(28)
9.1	General requirements	(28)
9.2	Process system and equipment energy saving	(28)
9.3	Other energy use	(28)
Appendix A	Calculation method of equivalent temperature	(29)
Appendix B	Forecast method of mine meteorological condition	(31)
	Explanation of wording in this code	(41)
	List of quoted standards	(42)

1 总 则

1.0.1 为了在煤矿井下热害防治设计中贯彻执行国家现行有关煤炭工业的法律、法规、方针、政策,以人为本,保障井下安全生产和井下生产人员的身体健康,改善劳动条件和提高劳动生产效率,使热害防治设计做到技术先进、安全可靠、经济合理,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于煤矿井下热害防治设计。

1.0.3 煤矿井下热害防治应进行专项设计,设计应积极推广使用国内外已有的科研成果和成熟经验,因地制宜地采用新技术、新工艺、新材料、新设备,并应遵循安全、环保、节能、高效、技术经济合理的原则。

1.0.4 新建、改建、扩建矿井的煤矿井下热害防治工程应与矿井建设同时设计、同时施工、同时投产使用。

1.0.5 煤矿井下热害防治设计除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 井下气象条件 underground meteorological conditions

指矿井井下空气的干球温度、相对湿度、风速和大气压力等的综合状态。

2.0.2 等效温度 equivalent temperature

在风速为零、相对湿度为 100% 的条件下,使人产生某种热感觉的空气干球温度(饱和气温),代表使人产生同一热感觉的不同风速、相对湿度和气温的组合,该饱和气温定义为等效温度。

2.0.3 矿井热害 thermal disaster in mine

指矿井中对影响人体健康、降低劳动生产率和危及安全生产的热、湿作业环境。

2.0.4 热害矿井 mine with thermal disaster

井下生产作业地点气象条件超过现行法规、标准规定指标的矿井。

2.0.5 地热地质参数 geothermal geological parameters

地热地质参数包括恒温带的温度与深度,地温梯度,原始岩温,岩石(煤)的热导率、比热、密度,热水的温度、流量、压力等。

2.0.6 矿井热害防治 thermal disaster prevention and control of mine

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,又称矿井降温。

2.0.7 非制冷降温 non refrigeration cooling

采用增加通风量、改善通风系统等非制冷措施,使井下作业地点的气象条件达到规定指标的方法。

2.0.8 制冷降温 refrigeration cooling

采用制冷措施,冷却井下作业地点的进风流,使作业地点气象条件达到规定标准的方法。

2.0.9 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。

2.0.10 井下热水 underground hot water

流入煤矿井巷内的水温高于所在井巷岩温的矿井涌水。

住房和城乡建设部信息中心
浏览专用

3 基本规定

3.0.1 矿井热害防治设计应遵循防治结合的原则,并应符合现行国家标准《煤炭工业矿井设计规范》GB 50215 的有关规定。

3.0.2 矿井热害防治设计方案应根据矿井建设条件及类似矿井的经验,经技术经济比较确定。

3.0.3 矿井热害防治设计宜采取分期、分区治理的原则。建井期间的热害防治宜利用生产期的永久设施。

3.0.4 进行矿井热害防治设计时,应通过计算确定矿井通风降温的可行范围,并应通过技术经济比较确定防治措施。应首先采用非制冷降温的方式,当非制冷降温的方式不能达到降温要求或技术经济不合理时,应采用制冷降温的方式。

3.0.5 采用制冷降温的矿井应设置热害防治的管理机构,并按岗位配置热害防治人员。

3.0.6 矿井制冷降温设备选型应符合国家现行相关标准的要求。

4 井下作业地点环境气象条件

4.1 井下作业环境控制地点

- 4.1.1 井下采、掘工作面等人员工作地点及影响设备正常运行的场所,应对环境气象条件进行控制。
- 4.1.2 采煤工作面的气象条件控制地点应为工作面进风口距进风巷 3m 处至距回风巷 15m 的全长范围内。
- 4.1.3 掘进工作面的气象条件控制地点应为距迎头 2m 处。
- 4.1.4 机电设备硐室的气象条件控制地点应为机电设备硐室风流出口前 2m 处。

4.2 井下作业环境设计参数

- 4.2.1 井下作业地点和机电设备硐室的气象条件应符合国家现行有关法规及标准的规定。
- 4.2.2 井下作业地点环境气象条件可用等效温度进行评价,等效温度的计算方法应按本规范附录 A 执行。
- 4.2.3 采取制冷降温时,气象条件控制地点等效温度应符合下列规定:
 - 1 采煤工作面气象条件控制地点范围内等效温度不应超过 28°C ,且采煤工作面进风口处等效温度不应低于 18°C ;
 - 2 掘进工作面气象条件控制地点范围内等效温度不应超过 28°C ;
 - 3 机电设备硐室气象条件控制地点范围内等效温度不应超过 30°C ,且进风口处等效温度不应低于 18°C 。

5 井下气象条件预测

5.1 基础资料

5.1.1 新建矿井气象条件预测应具备下列基础资料,并应对其进行分析:

- 1 矿井所在地与地温相关的地质资料;
- 2 当地气象台站最近 10a 及以上的气象资料;
- 3 邻近生产或在建矿井最近 3a 以上的最热月实际地热资料和作业环境气象资料;
- 4 矿井的开拓、开采、通风设计及设备安装、人员配备等资料。

5.1.2 改建、扩建和生产矿井井下气象条件预测的基础资料可使用实测统计资料,统计数据不宜少于 3a。

5.2 井下气象条件预测内容和方法

5.2.1 热害矿井的井下气象条件预测应包括采、掘工作面及机电设备硐室最热月气象参数和超温时间段,预测结果应包括下列内容:

- 1 采煤工作面的气象条件控制地点最热月平均空气温度、相对湿度;
- 2 掘进工作面的气象条件控制地点最热月平均空气温度、相对湿度;
- 3 机电设备硐室内最热月平均空气温度、相对湿度,硐室内设备运行台数最多时月平均空气温度、相对湿度;
- 4 采、掘工作面和机电设备硐室的空气温度超限的月份;
- 5 热害分析、论证或评价所需的热源分析结果及其他参数。

5.2.2 井下作业场所气象条件预测时期应与矿井产量相对应,并应符合下列规定:

1 新建矿井应预测移交生产时期、达到设计产量时期、热害最严重时期;

2 改建、扩建和生产矿井应预测热害防治工程建成使用时期和热害最严重时期。

5.2.3 井下气象条件预测方法应符合下列规定:

1 应根据矿井实际条件选择数学分析法、实测统计法或实验室模型模拟法,采用的预测方法应经过验证或鉴定,预测方法可按本规范附录 B 的规定执行;

2 井下气象条件预测应包括井下主要热源、湿源与风流的热湿交换,主要热源包括围岩、井下热水、空气压缩(或膨胀)、机电设备和煤岩氧化等;

3 在风流汇合处应计算风流汇合前、后的空气参数;

4 改建、扩建和生产矿井设计时,可采用生产矿井或邻近矿井经验证的预测方法进行井下气象条件预测。

5.3 冷负荷计算

5.3.1 矿井采用制冷降温时,应在井下气象条件预测的基础上,计算气象参数超限的采、掘工作面及机电设备硐室所需要的冷负荷、制冷降温系统的年运行时间,并应分析运行期间各月份制冷降温系统的冷负荷变化情况。

5.3.2 采、掘工作面的冷负荷计算应根据围岩的散热、空气压缩或膨胀产生的热量、机电设备的散热、人体散热、氧化热以及井下热水的散热等与风流的热湿交换等因素确定,并应通过气象条件预测方法对空气冷却器处理前、后的井下作业环境控制地点的气象参数进行风流热力计算。

5.3.3 矿井制冷降温所需要的冷负荷应按式(5.3.3)计算:

$$Q = k \times \sum Q_c + \sum Q_j + \sum Q_d + \sum Q_{qt} \quad (5.3.3)$$

式中: Q ——矿井制冷降温所需要的冷负荷(kW);

k ——采煤工作面最大冷负荷同时系数,宜按 0.85~1.0 选取;

Q_c ——同时降温的各采煤工作面最大冷负荷(kW);

Q_j ——同时降温的各掘进工作面计算冷负荷(kW);

Q_d ——同时降温的各机电设备硐室计算冷负荷(kW);

Q_{qt} ——其他降温地点计算冷负荷(kW)。

6 非制冷降温

6.1 通 风

- 6.1.1 热害矿井应合理缩短进风线路的长度,并应采用分区式通风或对角式通风。初期采用中央并列式通风的,应布置一个生产采区。
- 6.1.2 进风井井口应布置在高温气体不能侵入的地方,已布置在高温气体能侵入的地点的,应制定相关措施。
- 6.1.3 矿井主要进风巷道宜布置在原岩温度低的岩层中。
- 6.1.4 进风巷道宜避免或减小井下局部热源影响,气象条件超限的机电设备硐室宜采用独立通风。
- 6.1.5 采用非制冷降温的矿井通风设计,应合理加大供风量,提高作业地点的风速。采用制冷降温的热害矿井,不宜加大作业地点的通风量。
- 6.1.6 采煤工作面应采取有利于降温的通风方式。
- 6.1.7 采煤工作面应采取减少采空区漏风的措施。
- 6.1.8 掘进工作面宜选用高效节能局部通风机。

6.2 机电设备选择及布置

- 6.2.1 井下设备选择时不宜采用超大能力的设备。
- 6.2.2 井下大型机电设备冷却宜采用水冷方式。

6.3 井下热水治理

- 6.3.1 有井下热水涌出时,主要进风巷布置应符合下列规定:

- 1 宜避开井下热水涌出等局部高温区和含水层、透水性强的岩层及断层裂隙带;

2 进风井巷布置在有井下热水涌出、渗出的地带或含水裂隙带时,应根据矿井的具体情况,分别采取封水、截水、导水、防水、隔热等治理措施。

6.3.2 热害矿井的主要水沟或排水管道宜布置在回风巷中,进风井巷的井下热水水沟或排水管道应采取隔热措施,热害严重的区域可设置独立通风的专用泄水巷。

6.3.3 有井下热水涌出时,井底水仓与井底车场巷道间宜设隔热处理措施。

6.4 其他非制冷降温

6.4.1 在高温区域短时间作业的人员,可采取冷却服等个体防护措施。

6.4.2 采煤工作面综合防尘、防火灌浆、混凝土支护、煤壁注水等作业用水,宜采用天然冷水。

6.4.3 矿井设计应减少采、掘工作面的数量。

6.4.4 有条件的热害矿井宜采用充填法开采。

6.4.5 热害矿井宜采用双巷或多巷布置方式。

7 制 冷 降 温

7.1 一 般 规 定

7.1.1 采用制冷降温措施时,应根据矿井建设条件及类似矿井的经验,进行技术经济论证后选用以下降温方式:

- 1 井下移动式降温系统;
- 2 井下集中式降温系统;
- 3 地面集中式降温系统;
- 4 地面与井下联合降温系统。

7.1.2 集中式降温系统的制冷量应根据制冷站位置分别由下列有关各项累加计算后,再乘以 1.10~1.20 的富裕系数确定:

- 1 矿井制冷降温所需要的冷负荷;
- 2 作业用水的损失引起的附加冷负荷;
- 3 输冷或换冷环节的冷量损失引起的附加冷负荷;
- 4 其他环节需要的冷负荷。

7.1.3 矿井降温载冷剂可用于冷却矿井进风流、采区进风风流或作业地点进风风流,也可用于冷却采掘作业用水。组合方式和制冷量的分配应根据具体矿井生产条件,经技术经济比较确定。

7.1.4 制冷降温系统硐室应符合现行国家标准《煤矿井底车场硐室设计规范》GB 50416 的有关规定。

7.1.5 制冷降温设备硐室宜采用独立通风。

7.1.6 制冷机冷凝热不应排放至矿井进风风流中。

7.1.7 技术经济比较合理且条件具备时,冬季或过渡季宜将大气作为冷源,直接利用冷却水系统进行降温。

7.1.8 制冷机组的制冷剂选择应符合防火、不爆炸、无毒、环保等要求。

7.1.9 井下制冷机冷凝温度应根据冷凝条件,经技术经济比较后确定。

7.1.10 井下制冷机及其配套设施的最大件尺寸应满足矿井运输的要求。

7.2 井下集中式降温

7.2.1 制冷机及主要辅助设备应设置在井下制冷站硐室内。井下制冷站硐室位置的选择和硐室内部的布置应有利于供冷和排放冷凝热,并应满足设备的通风和安全、搬运、安装、维修、操作等要求。

7.2.2 冷凝热排放方式应根据技术经济比较后确定,并应符合下列规定:

1 矿井水质、水量、水温合适或经处理合适时,应利用矿井水排放冷凝热;

2 地面排放冷凝热时,应利用大气或天然水体;

3 利用井下回风排放冷凝热时,回风风流湿球温度不宜高于 29°C 。

7.2.3 井下集中降温系统的冷冻水供水温度不应高于 7°C ,冷冻水回水温度不应高于 18°C 。

7.2.4 利用地面冷却塔排放冷凝热时,冷却循环水供回水温差应根据当地气象资料、矿井条件,经技术经济比较后确定。利用矿井水排放冷凝热或利用井下回风排放冷凝热时,冷却循环水供回水温差不宜小于 5°C 。

7.2.5 利用矿井回风喷淋排放冷凝热时,应符合下列规定:

1 喷淋硐室的位置宜靠近制冷站硐室;

2 井下喷淋硐室的空气流速宜为 $2.5\text{m/s}\sim 7.5\text{m/s}$;

3 水气比宜为 $0.5\sim 2.5$;

4 喷嘴及喷淋硐室的布置应使该喷淋硐室的通风阻力不大于 150Pa ;

- 5 回水应采取沉淀、过滤等处理措施。
- 7.2.6 冷冻水系统应采用闭式循环系统。
- 7.2.7 降温系统的冷冻水循环水泵的数量和流量应与制冷机组匹配。
- 7.2.8 采用地面冷却塔排放冷凝热时,冷却水循环水泵宜设置在地面。

7.3 地面集中式降温

7.3.1 地面制冷站设计应符合现行国家标准《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 的相关规定,并应符合下列规定:

- 1 制冷站位置距进风井口的距离不宜小于 50m;
- 2 制冷站布置宜靠近敷设载冷剂管道的井筒或钻孔;
- 3 制冷站内宜设置值班室及控制室,根据使用需求也可设置维修及工具间。

7.3.2 地面制冷机房内设备布置应符合下列规定:

- 1 应有良好的通风设施,必要时设置事故通风,值班室或控制室的室内设计参数应满足工作要求;
- 2 制冷剂安全阀泄压管应接至室外安全处;
- 3 机房内应设置给水与排水设施,满足水系统冲洗、排污要求;
- 4 冬季机房内设备和管道中存水或不能保证完全放空时,机房内应采取供暖措施,房间温度不应低于 5℃;
- 5 制冷机组与墙之间的净距不应小于 1m,与配电柜的距离不应小于 1.5m;
- 6 制冷机房应设电话及事故照明装置,照度不宜小于 100 lx,仪器仪表集中处应设局部照明;
- 7 机组与机组或其他设备之间的净距不应小于 1.2m;
- 8 制冷机房宜留有蒸发器、冷凝器或低温发生器的维修空间;

9 机组与其上方管道或电缆桥架的净距不应小于 1m;

10 制冷机房内应根据设备布置的要求预留安装孔、洞及运输通道,机房主要通道的宽度不应小于 1.5m。

7.3.3 冷水机组选型应符合下列规定:

1 有稳定可利用废热热源或瓦斯利用产生的热源时,应采用两级制冷,第一级制冷机应采用溴化锂吸收式冷水机组,第二级制冷机应以电为动力;

2 无可利用废热热源时,制冷机应以电为动力,是否分级制冷应经技术经济比较后确定。

7.3.4 冷水机组蒸发温度和载冷剂进、出口温度应符合下列规定:

1 以清水为载冷剂时,制冷机蒸发温度不应低于 0°C ,载冷剂出口温度不应高于 3°C ,载冷剂入口温度不应高于 18°C ;

2 以盐水为载冷剂时,制冷机蒸发温度不宜低于 -5°C ,载冷剂出口温度不应高于 -2°C ,载冷剂入口温度不应高于 18°C 。

7.3.5 冷水机组应能根据入口载冷剂温度自动调节制冷负荷,制冷站应能根据并联制冷机组负荷情况自动调节制冷单元的运行数量。

7.3.6 制冷机应能根据室外气温变化自动调整冷凝压力。

7.3.7 溴化锂吸收式冷水机组严禁建设以煤为燃料的专用锅炉房。

7.3.8 地面集中式降温系统不宜采用直燃吸收式制冷机组。

7.3.9 井深大于 600m 时,地面集中降温系统的冷冻水系统应在井底设置压力耦合装置。耦合方式的选择应考虑安全、节能、高效、维护管理方便等因素,经技术经济论证后确定。压力耦合装置应符合下列规定:

1 采用间接交换压力耦合方式时,二次载冷剂温度跃升不宜超过 4°C ;

2 采用直接压力耦合方式时,载冷剂水温度跃升不宜超过

0.5℃。

7.3.10 地面集中式降温系统中采用制冰降温方式时,输冰系统应有防冲击和防堵措施。

7.3.11 采用制冰降温系统时,井下应设置融冰池,融冰池设计应符合下列规定:

1 融冰池有效容积宜按 30min~60min 井下载冷剂循环量设计,有效水深宜按 1.2m~1.5m 设计;

2 载冷剂进出口应分别布置在融冰池两端;

3 落冰口应水平布置在融冰池中部,并应朝向融冰池进水口端,高度宜在设计水深中部。

7.4 地面与井下联合制冷降温

7.4.1 地面与井下联合制冷降温系统中采用地面制冷系统对矿井总进风风流进行冷却时,地面空气冷却器宜结合井筒防冻进行设计和布置。

7.4.2 井下制冷硐室及地面制冷机房宜靠近敷设载冷剂管道的井筒或钻孔布置。

7.5 井下移动式降温

7.5.1 采用井下移动式局部降温机组,应符合下列规定:

1 采用水冷式局部降温机组,宜就近利用矿井涌水,并应校核水质、水量和水温能否满足排放冷凝热的要求;

2 采用蒸发冷凝式局部降温机组或风冷式局部降温机组,应校核该处的通风量及温度、湿度参数是否满足排放冷凝热的要求。

7.5.2 采用井下水带走冷凝热时应符合下列规定:

1 制冷机冷凝器宜采用直接冷却方式;

2 应采取措施防止冷却水排水对新风流造成热污染。

7.5.3 采用井下回风带走冷凝热时应符合下列规定:

1 制冷机冷凝器应采用间接冷却方式;

2 风冷式冷却器宜采用蒸发式冷却。

7.5.4 井下移动式降温设备为直接蒸发式时,蒸发温度不应低于 2°C ;井下移动式降温设备送出载冷剂为冷水时,载冷剂出口温度不应高于 5°C ,入口温度不应高于 18°C 。

7.5.5 移动式局部降温机组的设置应有利于作业地点的降温,应放置在不易受损坏、不影响正常生产、方便维护及拆卸移动的地点。

7.5.6 制冷机的冷却方式与冷凝温度应根据井下冷凝条件确定。当移动式降温设备在同矿区各矿间或矿井内不同使用地点调配使用时,冷却方式及冷凝温度应根据各矿冷却方式中最不利冷凝条件确定。

7.6 载冷剂循环系统

7.6.1 载冷剂水质均应符合国家现行标准的有关规定,并应满足设备使用要求。

7.6.2 当冷媒温度为 0°C 及以下时,载冷剂的选择应根据原材料的来源、腐蚀性、水溶性、冷媒温度等因素,经技术经济论证后确定。

7.6.3 载冷剂循环泵选型应满足下列要求:

1 载冷剂循环泵宜与制冷机组一对一配置,并应设置备用泵;

2 系统流量应按载冷剂设计循环量的1.1倍~1.2倍计算;

3 水泵流量、扬程及工作泵台数除应满足额定工况要求外,还应适合负荷调节的要求;

4 水泵扬程应满足近5年内冷媒输送距离变化的要求;

5 水泵额定工况效率应达到一级能效,最不利工况点效率不宜低于70%;

6 载冷剂循环泵宜采用变频调节装置,并应避免工频泵与变频泵并联运行。

7.6.4 一、二级载冷剂循环泵前均应设置过滤器,过滤器应符合下列规定:

1 矿井集中降温系统采用间接压力耦合时,过滤精度应高于 $1000\mu\text{m}$;

2 地面集中降温系统采用直接压力耦合时,过滤精度应高于 $300\mu\text{m}$;

3 过滤器应有压差检测报警和自动反冲洗功能;

4 过滤器应有备用,当一台过滤器反冲洗时,其余过滤器应能满足系统在额定工况下运行。

7.6.5 地面集中式载冷剂一级循环系统宜采用高位水箱定压,系统补水量应按日常工况及工作面搬迁工况设计,并应符合下列规定:

1 日常工况补水量应按系统水容量的 $1\%\sim 3\%$ 计算;

2 搬迁工况补水量宜按系统水容量的 $2\%\sim 3\%$ 计算;

3 事故时补水泵流量宜按系统水容量的 $5\%\sim 10\%$ 计算;

4 日常补水泵宜设置 2 台,1 用 1 备;

5 日常补水泵宜兼顾搬迁工况补水,搬迁工况补水不设备用泵;

6 补水泵的扬程应保证补水压力比定压点的压力高 $30\text{kPa}\sim 50\text{kPa}$;

7 补水管径应按补水泵最大流量及系统 24h 注满水两者的最大值设计;

8 采用高位定压水箱补水时,水箱容量不应小于 10min 最大补水量;

9 系统的补水定压点宜设在循环水泵的吸入口侧,定压点压力应使管道系统最高点的表压高于该处大气压力 5kPa 以上。

7.6.6 井下载冷剂循环系统宜采用闭式膨胀罐定压补水,补水引自地面给水管或一次载冷剂循环管时应有减压措施,减压装置应符合下列规定:

1 应设置日常工况和搬迁工况两套补水减压装置,日常工况补水减压装置流量宜按系统水容量的 1% 设计,搬迁工况补水减压装置流量宜按系统水容量的 3% 设计;

2 减压装置前应设置电动切断阀控制减压装置启停,电动切断阀上游应设置手动闸阀。

7.6.7 矿井制冷降温系统的载冷剂管道设计应进行水力计算,并应符合国家现行标准的有关规定。安装在井筒内或地面保温钻孔内的载冷剂管道流速不宜大于 2.5m/s。

7.6.8 系统中有超压危险的管道和设备应设置安全阀,并应采取泄压排放措施。

7.6.9 载冷剂主管宜选用钢管,井筒管道管壁厚度应分段计算,并应符合现行国家标准《工业金属管道设计规范》GB 50316 的规定,井筒管道宜采用焊接连接。

7.6.10 管道及管件应进行防腐处理。

7.6.11 制冷降温系统的载冷剂输送管道应设置保冷结构,保冷结构设计应符合国家现行标准,并应满足供冷管道的温升小于 0.6℃/km。

7.6.12 井下管道保冷结构应具有保冷、防潮性能,保护层材料应具有防水、阻燃、抗静电、抗压、无毒、无刺激的性能。

7.6.13 载冷剂管道宜采用预制保温管,并应符合下列规定:

1 保温材料导热系数不应大于 0.033W/(m·k),轴向偏心距应小于 5mm,低温侧载冷剂管温升不应大于 0.2℃/km;

2 保护壳抗冲击强度应满足 3kg 重锤在 2m 垂高落锤冲击下无裂缝、无破坏;

3 用于煤矿井下的预制保温管的保温材料和外护管应具有阻燃、防静电功能;

4 焊口处保温应在水压试验合格后由预制保温管厂家现场补做固定保温结构,补做固定保温结构的外护管应与预制保温管外护管熔接为一个整体,法兰及阀门处应补做活动保温结构;

5 预制保温管的工作管宜采用 20 钢无缝钢管制作。

7.6.14 载冷剂输送管道的敷设应符合下列规定：

1 管道水平敷设段的坡度不宜小于 1‰；

2 管道敷设可采用架空或地沟形式，其选择宜与矿井其他管道敷设方式一致；

3 管道沿井筒敷设时，井筒中应留有管道安装、检修和更换空间；

4 管道应设支吊架，井筒管道下部应设置弯头管座或直管座及其承重梁，当管路垂高较大时，宜在中间加设若干直管座及其承重梁，其间距可取 100m～150m，直管座的下方宜设置管路伸缩装置；

5 井筒内管道应设置导向卡，导向卡应固定在井筒中的导向梁上，相邻导向梁的间距不得大于管道纵向稳定计算值，导向梁宜利用罐道梁或梯子间梁，不能利用时，应设置单独的导向梁；

6 管道应在系统各高点设排气阀，在各低点设排水阀；

7 管道不宜布置在回风巷道、回风井中。

7.6.15 载冷剂管道布置在斜巷时应设置固定装置。

7.6.16 载冷剂管道安装应采取措施减少冷桥。

7.6.17 载冷剂输送管道宜采用自然补偿。

7.6.18 在生产矿井扩建降温系统，当井筒内无安装载冷剂管空间时，可采用地面保温钻孔方式安装地面至井下的载冷剂管。

7.6.19 管道系统应按规定进行水压试验。

7.6.20 采用制冰降温系统时，载冷剂输送系统应符合下列规定：

1 输冰管道应有防堵措施，落冰管转弯半径不应小于该管道直径的 8 倍，弯头处应设疏通口；

2 下井输冰管道应有防冲击措施；

3 融冰池应有保温措施，顶部应设置可移动隔热盖板，保温厚度应按防结露设计，保温材料应选用不吸水材料；

4 保温结构外应设置隔气层。

7.7 冷却水循环系统

7.7.1 冷却水系统的水质应符合国家现行标准的要求,并应采取下列措施:

1 当水质不符合国家现行标准的要求时,应设置保证冷却水系统水质的水处理设施;

2 水泵或冷水机组的入口管道上应设置过滤器或除污器;

3 采用水冷管壳式冷凝器的冷水机组,宜设置冷凝器自动在线清洗装置。

7.7.2 制冷降温系统的冷却水应循环使用。当开式冷却水系统不能满足制冷设备的水质要求时,应采用闭式循环系统或设置中间换热器。

7.7.3 采用地面大气排放冷凝热时,冷却水系统设计应符合现行国家标准《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 的相关规定,并应符合下列规定:

1 冷却水泵宜与制冷机一对一配置,并应设置备用泵;

2 采用两级制冷时,冷却水泵宜与制冷单元一对一配置,并应设置备用泵;

3 冷却塔宜与制冷机或制冷单元一对一配置,不设备用塔。

7.7.4 冷却水泵选择应符合下列规定:

1 冷却水泵设置的台数及流量应与制冷机组匹配。

2 水泵的扬程不应小于下列各项之和:

1) 制冷机冷凝器的阻力、机房内冷却水流经的其他设备的阻力;

2) 冷却水供回水管道及附件的阻力之和的 1.2 倍;

3) 冷却塔或喷淋室正常运行所需的进水压力。

3 冷却水泵宜采用变频控制。

4 冷却水系统应设置备用泵,冷却水泵总台数不应少于 2 台。

7.7.5 采用矿井回风或矿井涌水排放冷凝热时,循环冷却水泵宜与制冷机一对一配置,并应设置备用泵。

7.7.6 冷却水装置应根据水源情况选择,水源丰富地区宜选用开式冷却塔,水源贫乏地区宜选用闭式冷却塔。

7.7.7 冷却塔风机宜变频控制,并应根据冷却塔出水温度自动控制冷却塔风机调速。

7.7.8 开式冷却循环水系统补水量应根据蒸发量、排污量及风吹损失计算确定。计算条件不全时宜按系统循环量的 2% 估算;闭式冷却循环水系统宜采用高位水箱补水定压,补水量宜按系统水容量的 1% 计算。

7.7.9 冷却循环水系统补水泵的小时流量宜按补水量的 2 倍~3 倍计算。

7.7.10 管路宜选用无缝钢管、螺旋焊接钢管或者直缝焊接钢管。井筒中的管路应按照压力分段选择壁厚。

7.7.11 地面室外冷却水管道宜埋地敷设,采用架空敷设时管道上方宜设置遮阳板,井下冷却水管道宜架空敷设。

7.7.12 冷却水输送管道宜采用自然补偿。

7.8 空气冷却处理

7.8.1 载冷剂应直接用于冷却作业地点进风流,经技术经济比较合理时,也可用于冷却矿井全部进风流、采区进风流或用于冷却采掘作业面用水。

7.8.2 空气处理设备的处理风量应根据冷负荷与送风温差确定,但应小于所在巷道处的风量。

7.8.3 空气冷却器选型应符合下列规定:

- 1 空气与载冷剂应采用逆流换热;
- 2 空气冷却器风流出口温度不宜高于 21℃;
- 3 空气冷却器载冷剂出口温度不宜高于 18℃;
- 4 空气冷却器在额定风量下的风阻不应大于 1200Pa。

7.8.4 空气冷却器的空气冷却处理方式宜采用表面水冷式或直接蒸发式。

7.8.5 制冷降温系统的末端空气冷却器位置的选择应有利于作业地点的降温,应放置在不易受损坏、不影响正常生产作业、方便维护及拆卸移动的地点。

7.8.6 采煤工作面降温时,空气冷却器布置应符合下列规定:

1 空气冷却器应布置在进风顺槽内,并通过风筒导入采煤工作面进风口;

2 当一组空气冷却器不能满足采煤工作面冷负荷需求时,应顺风流方向分级降温,分级降温的各级空气冷却器进风温度不宜低于 29℃;

3 采煤工作面布置小型空气冷却器时,应设置喷淋降尘设施。

7.8.7 掘进工作面空气冷却器布置应符合下列规定:

1 工作面通风量不足以能带走工作面需冷负荷时,应顺风流方向分级降温,分级降温的各级空气冷却器进风温度不应低于 29℃;

2 工作面通风量能带走工作面需冷负荷,但需要两台空气冷却器才能满足供冷时,应在送风道并联安装两台空气冷却器;

3 空气冷却器宜靠近风筒出口布置,当空气冷却器远离风筒出口布置时,空气冷却器后的风筒宜采用保温风筒。

7.8.8 空气冷却器排出的冷凝水宜回收作为降温工作面的洒水或空气冷却器冲洗用水。

8 电气与自动化

8.1 电 气

8.1.1 煤矿集中式降温系统应为二级用电负荷,其电源应符合下列规定:

1 地面集中式降温系统两回路供电线路宜引自附近变电所不同母线段,当条件不允许时,另一回路电源可引自其他配电点;

2 井下集中式降温系统两回电源宜引自井下主变电所或采区变电所;

3 集中式降温系统供电方式宜采用单母线分段接线。

8.1.2 井下移动式降温系统电源宜引自附近采区变电所或移动变电站。

8.1.3 井下末端空气冷却器电源应引自附近配电点。

8.1.4 生产矿井增设降温设备时,应校核供电系统的供电能力。

8.1.5 矿井降温设备电压等级应与矿井供配电电压一致。

8.1.6 矿井降温系统设置变电所时,其配电变压器不应少于 2 台,当 1 台变压器停止运行时,其余变压器容量应能保证二级负荷用电。

8.1.7 矿井降温系统电气设备宜靠近制冷设备间单独布置。

8.2 监测与控制

8.2.1 非制冷降温监控系统应根据煤矿安全监控系统的要求设置。

8.2.2 制冷降温系统应设置监测与控制系统,包括检测、显示、计量、调节与控制、联锁与自动保护、集中监控与管理等。

8.2.3 监控系统应根据工艺特点规划控制器或控制分站,控制器或控制分站宜安装在被控系统或设备附近。监控系统应根据制冷规模和工艺特点设计,并应满足工艺系统安全、经济的要求。当采用移动式制冷降温系统时,宜设置就地监控系统;当采用集中式制冷降温系统时,宜采用集中监控方式。

8.2.4 监控系统应与煤矿安全生产监控系统统一规划,并直接入煤矿安全生产监控系统。

8.2.5 采用集中监控方式时,应设置控制室,控制室宜靠近制冷设备间布置。

8.2.6 制冷降温系统的控制(硐)室,应设矿井生产调度电话。

8.2.7 制冷降温系统监测项目及功能应符合表 8.2.7 的规定。

表 8.2.7 制冷降温系统监测项目及功能

工艺 环节	监 测 项 目	监 测 功 能			
		指示	报警	积算	记录
制 冷 系 统	制冷机蒸发温度、冷凝温度	√	√	—	—
	制冷机蒸发器进、出口水(风)温度、压力	√	√	—	—
	制冷机冷凝器进、出口水(风)温度、压力	√	√	—	—
	制冷机本体载冷剂循环流量	√	√	—	√
	制冷机本体冷却水循环流量	—	√	—	√
	制冷机制冷功率、电功率	√	—	—	—
	制冷机组及主要辅机运行信号	√	√	—	—
	制冷机组及主要辅机电气保护动作信号	√	√	—	√
	压力耦合装置一、二次侧载冷剂温度、压力	√	√	—	—
	压力耦合装置一、二次侧载冷剂流量	√	—	—	—
	压力耦合装置及主要辅机运行信号	√	√	—	—
	压力耦合装置及主要辅机电气保护动作信号	√	√	—	√

续表 8.2.7

工艺 环节	监 测 项 目	监 测 功 能			
		指示	报警	积算	记录
载冷剂 循环 系统	制冷系统载冷剂供、回水母管温度、压力	√	—	—	—
	制冷系统载冷剂回水母管流量	√	—	√	—
	载冷剂循环泵进、出口温度、压力	√	—	—	—
	载冷剂进、回总管温度、压力	√	—	—	—
	载冷剂进、回总管流量	√	—	√	—
	载冷剂过滤器前后压差	√	√	—	—
	定压点压力、补水装置出口压力、流量	√	√	—	—
	井下流量分配站载冷剂流量、温度、压力	√	—	—	—
	用于流量调节的阀门或变频装置的信号	√	—	—	—
	主要设备运行信号	√	—	—	—
	主要设备电气保护动作信号	√	√	—	√
冷却水 循环 系统	冷却水泵进、出口温度、压力	√	—	—	—
	冷却塔出水温度	√	—	—	—
	冷却水池水位	√	√	—	—
	闭式冷却循环系统定压点压力	√	√	—	—
	主要设备运行信号	√	—	—	—
	主要设备电气保护动作信号	√	√	—	√
	空气冷却器载冷剂进、回水温度、压力	√	√	—	—
	空气冷却器风流压差	√	√	—	—
	空气冷却器风机运行信号	√	—	—	—
其他	水处理系统水位、压力	√	—	—	—
	蒸汽或热水供应系统相关温度、压力、流量	√	—	—	—
	系统及主要设备用电电能	√	—	√	√
	监控系统电源状态信号	√	√	—	—
	仪表气源状态信号	√	√	—	—
	其他主辅设备运行状态信号	√	—	—	—

注:1 表中符号:“√”为需监测,“—”为可不监测。

2 对于设备已配套的仪表或可提供的参数,监控系统中不宜重复设置。

8.2.8 监控系统应具有下列监测与控制功能：

- 1 制冷系统主要运行数据及作业环境参数的监测；
- 2 主要参数越限值报警及保护信号的指示与记录；
- 3 主辅设备及系统的联锁与控制；
- 4 主辅设备及系统的保护；
- 5 制冷系统负荷调节；
- 6 系统调整及运行方式转换；
- 7 设备及系统的能量计算、统计和记录。

8.2.9 监控系统应具有以下报警和保护功能，并在控制室设置相应的声光报警信号：

- 1 工艺系统主要运行参数偏离正常范围；
- 2 主要作业环境气象参数超限；
- 3 制冷设备蒸发器及冷凝器断水保护；
- 4 定压及补水系统故障；
- 5 控制电源或气源故障；
- 6 重要主、辅设备故障；
- 7 主要电气设备故障、保护动作。

8.2.10 全年运行的制冷降温系统，宜按多工况运行方式设计。

8.3 仪器、仪表

8.3.1 矿井制冷降温系统和井下作业环境应设置检测温度、流量、压力等参数的仪表，并应符合下列规定：

1 热害矿井应在进风井口、井底车场、主要大巷、采掘工作面及机电硐室等主要作业环境设置气象参数观测点，配备相应的手持式气象检测、监测设备；

2 具有代表性的参数，应在便于观察的地点设置就地检测仪表，并预留仪表测试接口。

8.3.2 热害矿井采掘工作面及机电设备硐室的气象参数观测站应接入矿井安全监测系统，并在气象条件超出设定的范围时发出

报警信号。

8.3.3 仪器、仪表的选型应满足工艺设备安全经济运行、在线检修及系统测试的要求。用于经济计算和分析的仪器、仪表的精度不应低于 0.5 级。

8.3.4 载冷剂流量分配站应设置自动调节阀,其中两通阀宜采用等百分比特性,三通阀宜采用抛物线特性或线性特性。

9 节 能

9.1 一般规定

9.1.1 煤矿井下热害防治节能设计应符合现行国家标准《煤炭工业矿井节能设计规范》GB 51053 的相关要求。

9.2 工艺系统及设备节能

9.2.1 采用制冷降温系统的冷源设备应根据热害防治负荷的大小、能源条件、能源价格以及节能减排和环保要求等,通过综合论证确定。在技术经济合理的情况下,宜利用水源、地源或空气源热泵的冷量。

9.2.2 运行过程中有量调节要求的设备宜采用变频控制。

9.2.3 在技术经济合理的前提下,宜回收利用制冷机组的冷凝热。条件具备的矿井,可采用热电联产等热能综合利用方式。

9.3 其他能源利用

9.3.1 矿井热害防治设计应充分利用矿井周边天然冷源或已有的冷源。

9.3.2 当有可以利用的电厂热源或其他余热、废热时,地面制冷站可采用溴化锂吸收式冷水机组。

附录 A 等效温度的计算方法

A.0.1 在已知干球温度 t_a 、湿球温度 t_f 、风速 v 时,可按图 A.0.1 等效温度计算图查询对应的等效温度。

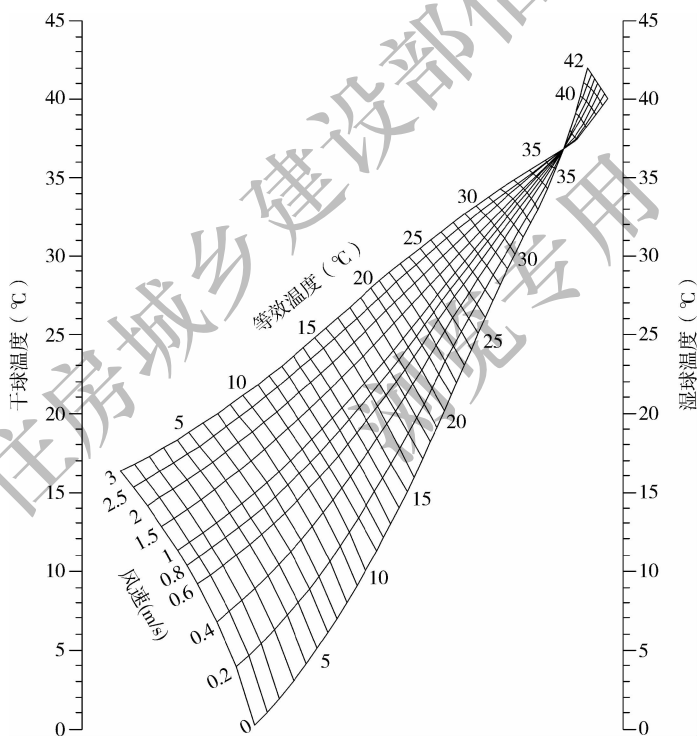


图 A.0.1 等效温度计算图

A.0.2 当干湿球温差不大于 5°C 、湿球温度 t_f 为 $25^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ 、风速 v 在 $0.5\text{m/s} \sim 3.5\text{m/s}$ 的范围内时,可按下列公式计算等效温

度 t_{eff} 。

$$t_{\text{eff}} = \frac{20.86 + 0.354t_f - 0.133v + 0.0707v^2 + (4.12 - X_1 + X_2)}{0.4129}$$

(A. 0. 2-1)

$$X_1 = \frac{8.33[17X_3 - (X_3 - 1.35)(t_f - 20)]}{(X_3 - 1.35)(t_a - t_f) + 141.6} \quad (\text{A. 0. 2-2})$$

$$X_2 = \frac{4.25[(t_a - t_f)X_3 + 8.33(t_f - 20)]}{(X_3 - 1.35)(t_a - t_f) + 141.6} \quad (\text{A. 0. 2-3})$$

$$X_3 = 5.27 + 1.3v - 1.15e^{-2v} \quad (\text{A. 0. 2-4})$$

附录 B 矿井气象条件预测方法

B.0.1 矿井气象条件预测方法主要有三类：数学分析法、实验室模型模拟法和实测统计法。三种方法各有优缺点，比较普遍采用的是数学分析法和实测统计相结合的方法，预测的精度可以满足矿井降温工程设计的要求。

B.0.2 矿井气象条件预测宜分段计算，且应按下列原则进行分段：

- 1 按不同的井巷类型分；
- 2 巷道断面、支护方式是否有变化；
- 3 巷道是否有分风或混合风；
- 4 巷道长度，一般最好不超过 1km；
- 5 巷道标高变化处。

B.0.3 矿井的各项主要热源散热量可按表 B.0.3-1、表 B.0.3-2、表 B.0.3-3 中的公式计算。主要热源的总散热量可按式计算：

$$\sum Q_i = Q_W + Q_R + Q_Y + Q_d + Q_h + Q_t + Q_{\text{其他}} \quad (\text{B.0.3})$$

式中： $\sum Q_i$ ——风流从环境中吸收(放出)的热量总和(kW)；

$Q_{\text{其他}}$ ——其他热源的总散热量(kW)；

其他符号含义见表 B.0.3-1。

表 B.0.3-1 主要热源散热量计算表

种类	计算公式	符号注释	备注
围岩散热	$Q_w = \alpha F_L \left(t_b - \frac{t_1 + t_2}{2} \right)$ $\alpha = 0.0002326 \frac{\epsilon W_p^{0.8} \gamma^{0.8} P_L^{0.2}}{F^{0.2}}$ $0.00535 \frac{\left(\frac{T_b}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_1 + T_2}{200} \right)^4}{T_b - \left(\frac{T_1 + T_2}{2} \right)}$ $t_b = t_p - K \left(t_p - \frac{t_1 + t_2}{2} \right) \ln(e^{1/K} + 1)$ $t_p = \frac{t_{y1} + t_{y2}}{2}$ $t_y = t_h + \frac{Z - Z_h}{q_w} + G_{hh} L_h \cos \beta_h$	Q_w——井巷围岩散热量(kW); α——巷道壁面向风流的放热系数[kW/(m²·℃)]; F_L——巷道壁面积(m²); t_b——巷道壁面平均温度(℃); t_1、t_2——巷道的起点、终点风流温度(℃); ϵ——巷道壁面粗糙系数; W_p——巷道平均风速(m/s); γ——巷道风流密度(kg/m³); P_L——巷道周长(m); F——巷道断面积(m²); T_b——巷道壁温的绝对温度(K); T_1、T_2——巷道风流起点、终点的绝对温度(K); t_p——巷道的平均原始岩温(℃); K——经时系数; t_{y1}、t_{y2}——巷道起点、终点的原始岩温(℃); t_y——巷道某点的原始岩温(℃); t_h——恒温带温度(℃); Z——地表至测算处的深度(m); Z_h——恒温带深度(m); q_w——水平地温率(m/℃); G_{hh}——水平地温变化梯度(℃/m); L_h——巷道某点距计算采用地温率 q_w 处的距离(m); β_h——巷道与水平地温变化方向的夹角	ϵ:与巷道支护方式有关,一般砌碛取 1,锚喷取 1.65,木支架和金属支架等取 2.4~2.8。 K:可通过表 B.0.3-2 计算。 G_{hh}: 水平方向地温变化不大时,计算时可取 $G_{hh}=0$

续表 B. 0. 3-1

种类	计 算 公 式	符 号 注 释	备 注
热水水沟散热	$Q_R = (0.0057 + 0.0041V_b)F_s$ $\left[(t_s - t_q)S_x + \frac{\gamma(d_s - d_p)}{C_p} \right]$ $V_b = (0.5158 + 0.0353W_p)W_p$	Q_R ——热水水沟的散热量(kW); V_b ——水面上空气流动的速度(m/s); F_s ——热水表面积(m^2); t_s ——热水平均温度($^{\circ}C$); t_q ——水沟附近空气的温度($^{\circ}C$); S_x ——水沟形式系数; d_s ——对应于 t_s 的饱和空气含湿量(kg/kg干空气); d_p ——巷道风流的平均含湿量(kg/kg干空气); C_p ——巷道风流的定压比热[kJ/(kg· $^{\circ}C$)]	t_q :一般 $t_q = \frac{t_1 + t_2}{2}$; S_x :一般明水沟 $S_x = 1$,暗水沟 $S_x = 0.6$,且 $d_s = d_p$; C_p :一般 $C_p = 1.005$ kJ/(kg· $^{\circ}C$)
压缩热	$Q_y = GA(Z_1 - Z_2)E$	Q_y ——风流的压缩热(膨胀热)(kW); G ——风流的质量流量(kg/s); A ——功热当量[kJ/(kg·m)]; Z_1, Z_2 ——风流的起点、终点标高(m); E ——风流充吸收或放出热量的系数	$A = 9.81 \times 10^{-3}$ kJ/(kg·m); E :一般 $E = 0.2 \sim 0.3$
机电设备散热	$Q_d = \sum \phi \cdot N_d$	Q_d ——机电设备对风流的加热量(kW); $\sum \phi$ ——机电设备散热折算系数; N_d ——同时使用的机电设备总额定功率(kW)	$\sum \phi$:一般 $\sum \phi = 0.2$,水泵 $\sum \phi = 0.035 \sim 0.040$

续表 B.0.3-1

种类	计算公式	符号注释	备注
氧化散热	$Q_h = q_0 F_h W_p^{0.8}$	Q_h ——氧化散热量(kW); q_0 ——当量氧化散热系数(kW/m ²); F_h ——氧化散热面积(m ²)	q_0 是一个综合系数,可通过表B.0.3-3或参照邻近矿井选取; F_h :一般 $F_h = F_L$
人体散热	$Q_t = R_t \cdot n_t$	Q_t ——人体散热量(kW); R_t ——人体散热系数(kW/人); n_t ——巷道(包括采、掘面,硐室)工作的人数(人)	R_t :轻劳动 $R_t = 0.14$,中等程度劳动 $R_t = 0.21$,重劳动 $R_t = 0.47$

表 B.0.3-2 经时系数 K 值计算表

条 件	K 值计算公式	有关参数计算
$0 < F_0 \leq 2$ $0 < B_i < +\infty$	$K = e^{kk}$ $KK = K_1 + K_2 \ln F_0 + K_3 \ln^2 F_0 + \frac{K_4 + K_5 \ln F_0 + K_6 \ln^2 F_0}{B_i + 0.375}$ $0 < F_0 \leq 1 \text{ 时,}$ $K_1 = 2.409 \times 10^{-2}, K_2 = -0.31426$ $K_3 = 1.469 \times 10^{-2}, K_4 = -1.06322$ $K_5 = 0.15100, K_6 = -1.625 \times 10^{-2}$ $1 < F_0 \leq 2 \text{ 时,}$ $K_1 = 2.001 \times 10^{-2}, K_2 = -0.29984$ $K_3 = 1.598 \times 10^{-2}, K_4 = -1.06163$ $K_5 = 0.13668, K_6 = -9.703 \times 10^{-2}$	$A_1 = \frac{\lambda_g}{C_g r_g}$ $R_0 = 0.564 \sqrt{F}$ $F_0 = \frac{A_1 \tau}{R_0^2}$ $B_i = \frac{\alpha R_0}{\lambda_g}$ 式中: A_1——岩石的导温系数(m²/s); λ_g——岩石导热系数[W/(m·°C)]; C_g——岩石比热[kJ/(kg·°C)]; r_g——岩石密度(kg/m³); R_0——巷道的等效半径(m); F_0——傅里叶系数; τ——巷道的通风时间(s); B_i——比奥准数

续表 B. 0. 3-2

条 件	K 值计算公式	有关参数计算
$2 < F_0 < +\infty$ $0 < B_i < +\infty$	$K = T'(K_7 Y^2 + K_8 Y + K_9)$ $T' = \frac{1}{0.0011x^5 - 0.0045x^4 - 0.0157x^3 + 0.1459x^2 + 0.7288x + 1.017}$ $x = \lg F_0$ $Y = \frac{1}{K_0 + \frac{1}{B_i}}$ $K_0 = -0.1622x^3 + 0.1634x^2 + 0.5587x + 0.6227$ $K_7 = -0.0125x^3 - 0.12074x^2 - 0.3984x - 0.2553$ $K_8 = 0.0099x^3 + 0.1034x^2 + 0.7627x + 1.0415$	$A_1 = \frac{\lambda_g}{C_g r_g}$ $R_0 = 0.564 \sqrt{F}$ $F_0 = \frac{A_1 x}{R_0^2}$ $B_i = \frac{\alpha R_0}{\lambda_g}$ 式中: A_1——岩石的导温系数(m^2/s); λ_g——岩石导热系数 [$\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$]; C_g——岩石比热 [$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$]; r_g——岩石密度 (kg/m^3); R_0——巷道的等效半径(m); F_0——傅里叶系数; τ——巷道的通风时间(s); B_i——比奥准数
$0 < F_0 < +\infty$ $B_i \rightarrow +\infty$	$K_9 = -0.000007x^3 - 0.00025x^2 + 0.00129x - 0.001661$ $K = T'$	

表 B. 0. 3-3 当量氧化热系数

地 点	q_0 (kW/m^2)	地 点	q_0 (kW/m^2)
一般岩石井巷	0.00058~0.00233	岩巷掘进面	0.00116~0.00233
煤 巷	0.00349~0.00582	煤巷掘进面	0.0093~0.01163
采煤工作面	0.01163~0.01745	掘进巷道回风段	0.00232

B. 0. 4 井筒、长年通风巷道、采煤工作面的终点气象参数计算应符合下列公式规定:

1 温湿度应按下列公式计算:

$$t_2 = t_1 + \frac{\sum Q_i}{G \cdot C_p} - \frac{\gamma h (d_2 - d_1)}{C_p} \quad (\text{B. 0. 4-1})$$

$$d_2 = d_1 + \frac{F_L f \beta (P_{bs} - \varphi_p P_{ts})}{R_v T G (1 - h)} \quad (\text{B. 0. 4-2})$$

$$\varphi_2 = \frac{P_2}{P_{s2} \left(1 + \frac{0.622}{d_2}\right)} \quad (\text{B. 0. 4-3})$$

式中： h ——巷道水分蒸发从空气中吸热的比值， h 值与巷道的原始岩温、巷道壁温以及巷道中的空气的干、湿球温度之间的关系有关，一般，空气的干球温度高于壁温而湿球温度低于壁温时，壁面水分蒸发既从空气中吸热也从围岩中吸热， $0 < h < 1$ ，计算时取 $h = 0.4 \sim 0.7$ ；当空气湿球温度高于壁温时，壁面水分蒸发所需的全部热量将取自空气， $h = 1$ ，计算时取 $0.8 \sim 0.95$ ；如壁温超过空气的干球温度，则壁面水分蒸发只从围岩吸取热量，若无其他湿源时， $h = 0$ ，一般计算时取 $0.1 \sim 0.3$ ；

d_1, d_2 ——巷道始末端风流的含湿量(kg/kg 干空气)；

f ——巷道潮湿率，壁面完全潮湿时为 1，完全干燥时为 0，处于中间状态下， $0 < f < 1$ ，计算时，稍潮湿(无明显湿痕)取 $0.1 \sim 0.3$ ，一般潮湿(有湿痕)取 $0.3 \sim 0.7$ ，潮湿取 $0.7 \sim 1.0$ ；

β ——传质系数(m/s)， $\beta = \frac{0.001\alpha}{C_p \gamma}$ ；

P_{bs} ——对应于壁面平均温度的饱和水蒸气分压力(Pa)；

φ_0 ——巷道起点和终点风流的平均相对湿度(%)；

P_{ts} ——对应于风流平均温度的饱和水蒸气分压力(Pa)；

R_v ——水蒸气气体常数[kg/(kg · K · s)]， $R_v = 0.46189$ ；

T ——巷道壁面平均绝对温度与风流平均绝对温度的平均

$$\text{值(K), } T = \frac{T_b + \frac{T_1 + T_2}{2}}{2} ;$$

φ_2 ——巷道终点风流的相对湿度(%)；

P_2 ——巷道终点风流的大气压力(Pa)；

P_{s2} ——对应巷道终点风流温度的饱和水蒸气分压力(Pa);

其他有关符号含义见表 B. 0. 3-1。

2 应按下列步骤进行计算:

按上述计算公式计算终点气象参数时,需采用迭代方法计算,步骤如下:

- 1)假设巷道终点风流温度 t_2 和相对湿度;
- 2)以上述假设值,按下式计算 d_2 ,再按式(B. 0. 4-1)计算;

$$d_2 = \frac{0.622\varphi_2 P_{s2}}{P_2 - \varphi_2 P_{s2}} \quad (\text{B. 0. 4-4})$$

- 3)当 t_2 与 t_2^1 之差不符合给定精度(如 ± 0.01)时,则重新以二者的平均值作为假设的 t_2 重新计算,直到满足精度为止,这时假设的 t_2 即为所求的巷道终点风流温度的初算值,以 t_2^2 表示;
- 4)用 t_2^2 、 φ_2 及式(B. 0. 4-2)计算出巷道终点风流的含湿量;
- 5)若 d_2^1 与 d_2 之差在给定精度范围时,则 t_2^2 和 φ_2 即为所求的巷道终点风流温度和相对湿度,否则,用 t_2^2 及 d_2 按式(B. 0. 4-3)计算出 φ_2^1 ;
- 6)以 φ_2^1 和 φ_2 的平均值作为 φ_2 的假定值,以 t_2^2 作为 t_2 的假定值,再按步骤 2)~6)计算,直到二者的精度都能满足要求为止,这时计算的巷道终点风流温度和相对湿度即为所求值。

B. 0. 5 掘进巷道的气象参数预测。

由于掘进巷道特殊的供风关系,对于压入式通风的掘进面按风流的流向分四段计算,也就是局部通风机入口至局部通风机出口、局部通风机出口至风筒末端、风筒末端至掘进工作面、掘进工作面至掘进巷道出风口。各段的气象参数计算见表 B. 0. 5-1。

采用抽出式通风的掘进巷道进风段可按表 B. 0. 4 中的方法计算。在降温工程中掘进巷道的通风建议不采用抽出式。

表 B.0.5-1 掘进巷道的气候预测

计算段	计算公式	符号注释	备注
局部通风机入口至局部通风机出口	$t_{j1} = t_1 + \frac{AP_F K_{jd}}{9.81C_p \gamma \eta_1 \eta_2}$ $P_F = \frac{R_F L_F Q_{md}}{100 - N_F L_F} + 0.973 \frac{Q_{md}^2}{D_F}$	t_{j1}——局部通风机出口的风流温度(℃)； P_F——局部通风机的工作压力(Pa)； K_{jd}——局部通风机电动机容量安全系数，一般 $K_{jd}=1.15$； η_1——局部通风机效率，一般 $\eta_1=0.5\sim0.8$； η_2——局部通风机电机效率，一般 $\eta_2=0.8\sim0.9$； R_F——风筒百米风阻($N \cdot s^2/m^8$)； L_F——风筒的总长度(m)； Q_{md}——风筒出口的风量(m^3/s)； N_F——风筒百米漏风率(1/100m)； D_F——风筒的直径(m)	R_F、N_F：可参照邻近矿选取，或参照表 B.0.5-2、表 B.0.5-3 选取
局部通风机出口至风筒末端	$t_{j2} = t_{jh} - (t_{jh} - t_{j1})e^{-A_j L_j}$ $A_j = 0.86 \frac{\pi D_F}{G_{j1} C_p} \cdot K$ $K_j = \frac{1 \times 10^{-3}}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{dh_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_2}}$ $\alpha_1 = 2.236 \frac{W_F^{0.8} \gamma^{0.8} U_F^{0.2}}{F_F^{0.2}}$ $\alpha_2 = 1.319 \sqrt{\frac{\Delta t_2}{dh_j}} + 5.35$ $\frac{T_{F1}^4 - T_{F2}^4}{T_{F1} - T_{F2}} \times 10^{-6}$	t_{j2}——风筒内任意处(含风筒出口)的风流温度(℃)； t_{jh}——计算段风筒外巷道风流的平均温度(℃)； L_j——计算段风筒的长度(m)； π——圆周率，$\pi=3.14159$； G_{j1}——风筒内风流的平均质量风量(kg/s)； K_j——风筒的总传热系数 [$kW/(m^2 \cdot ^\circ C)$]；	

续表 B. 0. 5-1

计算段	计 算 公 式	符 号 注 释	备 注
局部通风机出口至风筒末端	$\Delta t_2 = \frac{\Delta t_1}{\alpha_2 \left(\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{dh_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_2} \right)}$	α_1 ——风筒内壁面对风筒内风流的放热系数 $[W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$; λ_j ——风筒壁及隔热层的导热系数 $[W/(m \cdot s \cdot ^\circ C)]$; dh_j ——风筒壁及隔热层的厚度(m); α_2 ——风筒外壁对巷道风流的放热系数 $[W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$; W_F ——风筒内的平均风速 (m/s); U_F ——风筒内壁周长(m); F_F ——风筒内截面积(m^2); Δt_2 ——巷道风流平均温度与风筒外壁面平均温度之差($^\circ C$); T_{F1} 、 T_{F2} ——风筒内、外壁面的平均绝对温度(K); Δt_1 ——风筒内风流与巷道风流间的平均温度差($^\circ C$)	
风筒末端至掘进工作面	$t_{j3} = t_{j2} + \frac{\sum Q_{ji}}{G_{j2} C_p} - \frac{\gamma h}{C_p} (d_{j3} - d_{j2})$	t_{j3} ——掘进面风流温度 ($^\circ C$); $\sum Q_{ji}$ ——掘进面热源放热量(kW); G_{j2} ——掘进面风流的质量风量(kg/s); d_{j3} ——掘进面风流的含湿量(kg/kg干空气); d_{j2} ——风筒末端风流含湿量(kg/kg干空气), 一般可视与局部通风机入风口风流含湿量相等	

续表 B.0.5-1

计算段	计算公式	符号注释	备注
掘进工作面至掘进巷道出口	$t_{j+1} = t_{j3} + \frac{\sum Q_{ji}}{G_{j2} C_p} - \frac{\eta}{C_p} (d_{j4} - d_{j3})$ $t_{j4} = \frac{t_{j41} G_{j2} + \left(\frac{t_{j1} + t_{j2}}{2} \right) (G_{j0} - G_{j2})}{G_{j0}}$	t_{j41} ——不考虑风筒漏风时的回风流末端温度(℃); d_{j4} ——回风风流的含湿量(kg/kg干空气); t_{j4} ——考虑风筒漏风时的回风流末端温度(℃); G_{j0} ——风机出风口处的风流质量风量(kg/s)	

表 B.0.5-2 风筒的百米风阻 R_F

风筒直径(m)	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
百米风阻($N \cdot s^2/m^8$)	130	50~96	35~50	10~20	10	5	3

表 B.0.5-3 风筒的百米漏风率 N_F

风筒长度(m)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
百米漏风率(%)	0.2	0.18	0.1~0.15	0.1	0.09	0.08	0.07	0.06	0.055	0.05

B.0.6 混合风流参数的计算。

矿井气象参数计算可以从地面开始,按不同井巷类型及风量、断面等的变化分段计算,也可以从某一已知风流参数点开始计算,直到计算段的终点。在风流汇合处要考虑混合风流的影响。混合风流的参数可按下式计算:

$$t = \frac{\sum (t_i G_i)}{\sum G_i}, \varphi = \frac{\sum (\varphi_i G_i)}{\sum G_i} \quad (B.0.6)$$

式中: t ——混合风流的温度(℃);

t_i ——汇入改点的第 i 分支巷道的风流温度(℃);

G_i ——汇入改点的第 i 分支巷道的风流质量风量(kg/s);

φ ——混合风流的相对湿度(%);

φ_i ——汇入改点的第 i 分支巷道的风流相对湿度(%).

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019

《煤炭工业矿井设计规范》GB 50215

《工业金属管道设计规范》GB 50316

《煤矿井底车场硐室设计规范》GB 50416

《煤炭工业矿井节能设计规范》GB 51053