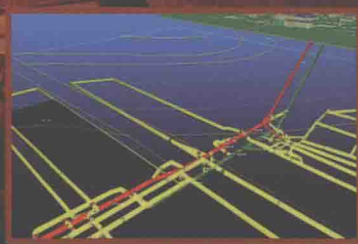


高温矿井 风流热湿交换与热害控制

Heat & Moisture Transfer
and Heat-hazard Control
for Hot Mine

© 范剑辉 魏宗武 编著



非外借



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

广西高校中青年教师基础能力提升项目（KY2016YB033）资助出版

高温矿井 风流热湿交换与热害控制

范剑辉 魏宗武 编著

電子工業出版社

Publishin

Industry

内 容 简 介

本书主要介绍矿井热源及其计算方法、高温高湿环境下的人机工程学、矿井空气热湿交换原理及其计算方法、井巷围岩与风流热湿交换的数值模拟、矿井热害防治常用技术、矿井制冷降温系统设计方案优选决策及国内外矿井降温工程实例等。

本书内容丰富，理论推导严谨，可供采矿、安全及矿井通风等领域的工程技术人员和管理人员参考，也可供高等院校相关专业的师生参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

高温矿井风流热湿交换与热害控制/范剑辉，魏宗武编著. —北京：电子工业出版社，2018.1
ISBN 978-7-121-33209-8

I. ①高… II. ①范… ②魏… III. ①高温矿井—热害—环境控制—研究 IV. ①TD79

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第 303893 号

责任编辑：杨秋奎（yangqk@phei.com.cn） 特约编辑：孙 悦

印 刷：北京七彩京通数码快印有限公司

装 订：北京七彩京通数码快印有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：720×1 000 1/16 印张：11 字数：216 千字

版 次：2018 年 1 月第 1 版

印 次：2018 年 1 月第 1 次印刷

定 价：48.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888，88258888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式：（010）88254755。

前言

随着地表浅层矿产资源的日趋枯竭,开发深部矿产资源已成为必然趋势。深部采矿面临许多新的难题,矿井热害问题就是其中之一。随着开采深度的不断加深,巷道围岩的温度越来越高,导致矿井内风流温度也越来越高,影响井下热环境气候。矿井热害已经成为制约矿井深部开采的最重要因素,成为继岩爆、地压、瓦斯、火、水、顶板、粉尘等之外的又一重要矿井灾害。

矿山生产实践表明,井巷越深,热害问题越严重。南非金矿开采的深度已达 4000m,巴西、印度的金属矿山开采的深度也超过 2000m。20 世纪 90 年代以来,我国地下开采深度已发展到 700~800m,并以每年 10m 左右的速度加深。高温问题逐步出现在实际工程问题中,例如安徽铜陵狮子山铜矿冬瓜山矿某 875m 水平处风温达到 30~39℃,湘西某金矿采掘工作面温度约 32℃,都已超过国家规定的温度。近年来的统计资料显示,我国约有 140 处矿井出现了高温问题,其中约 60 个矿区的采掘工作面温度超过 30℃。

高温高湿的工作环境严重影响了井下工作人员的身心健康,降低了劳动生产率,威胁矿井的安全生产,增加安全生产事故发生的概率。矿井热害理论和防治技术研究已经成为我国矿山安全高效生产中的一个重要课

题。

本书主要介绍矿井热源及其计算方法、高温高湿环境下的人机工程学、矿井空气热湿交换原理及其计算方法、井巷围岩与风流热湿交换的数值模拟、矿井热害防治常用技术、矿井制冷降温系统设计方案优选决策、国内外矿井降温工程实例等。

由于编著者水平所限,书中不足之处,敬请各位专家和广大读者批评指正。

编著者

2017年9月

目 录

CONTENTS

第1章 绪论	1
1.1 矿井高温高湿危害	1
1.2 矿井热害研究的主要成果	2
1.3 矿井热害研究的不足	5
第2章 矿井热源	6
2.1 地表大气状态的变化	6
2.2 空气的自压缩温升	7
2.3 围岩传热	9
2.4 机电设备放热	11
2.4.1 采掘机械的放热量	11
2.4.2 提升运输设备的放热量	12
2.4.3 电机车工作时的放热量	14
2.4.4 电动机运转时的放热量	14
2.4.5 扇风机的放热量	14
2.4.6 灯具的放热量	15
2.4.7 水泵的放热量	15
2.5 其他热源	15
2.5.1 氧化放热	15

2.5.2	水放热	16
2.5.3	人员放热	16
2.5.4	其余热源	17
第3章 高温高湿环境下的人机工程学		18
3.1	引言	18
3.2	高温高湿环境人体生理反应	20
3.2.1	神经系统	21
3.2.2	心血管系统	21
3.2.3	呼吸系统	26
3.2.4	热代谢	29
3.2.5	水盐代谢	36
3.2.6	能量代谢	37
3.3	人体的热调节与热适应	39
3.3.1	人体的热调节	39
3.3.2	人体的热适应	43
3.4	按劳动舒适程度评价矿井环境质量的指标	47
3.4.1	湿球温度	47
3.4.2	卡他度	47
3.4.3	有效温度	49
3.4.4	综合温标	51
3.4.5	比冷却力	51
3.5	矿井环境对人体及劳动生产率的影响	53
3.5.1	矿井环境对人体的影响	53
3.5.2	高温对劳动生产率的影响	53
3.5.3	高温事故	54
3.6	我国高温高湿作业的安全标准	55
3.6.1	《工作场所有害因素职业接触限值》标准	55
3.6.2	《高温作业分级》标准	56

第4章 矿井空气热湿交换原理	58
4.1 热传导	59
4.1.1 热传导定律	59
4.1.2 不稳定热传导	61
4.2 对流换热	63
4.3 复合传热	64
4.4 空气与水之间的热湿交换	67
4.4.1 热湿交换原理	67
4.4.2 热交换量的计算	68
4.4.3 空气与水直接接触时的状态变化过程	69
第5章 矿井空气热湿交换计算方法	71
5.1 引言	71
5.1.1 数理统计法	71
5.1.2 模拟巷道法	73
5.1.3 数值分析法	75
5.2 围岩热传导及调热圈	77
5.2.1 围岩热传导微分方程	77
5.2.2 调热圈及其相关概念	78
5.2.3 调热圈半径的计算	79
5.3 流体与固体壁直接接触时的对流传热微分方程组	80
5.4 空气流过自由水面时的对流传热传质微分方程组	81
5.5 湿壁巷道与风流间的热湿交换	82
5.5.1 湿壁巷道与风流之间的热湿交换的微观解释	82
5.5.2 湿壁巷道对流传热传质微分方程组	83
5.6 井巷围岩与风流热湿交换影响因素分析	87
5.6.1 矿内风流的流动状态	87
5.6.2 对流换热的特征和影响因素	87
5.6.3 对流换热系数	88

5.6.4	不稳定传热系数	90
5.6.5	井巷传质常用方法	92
5.6.6	井巷围岩与风流热湿计算的趋势	93
第6章	井巷围岩与风流热湿交换的数值模拟	95
6.1	计算流体动力学的相关理论	95
6.1.1	计算流体动力学的求解步骤	95
6.1.2	相关控制方程	96
6.1.3	控制方程的离散化	98
6.1.4	离散方程的求解方式	99
6.1.5	湍流的数值模拟	101
6.2	CFD在FLUENT软件中的应用	102
6.2.1	FLUENT软件简介	102
6.2.2	FLUENT软件求解的步骤	104
6.2.3	流体数值模拟的动力学控制方程	105
6.3	边界条件	106
6.3.1	固壁边界条件 (wall)	107
6.3.2	速度进口边界条件 (velocity-inlet)	108
6.3.3	自由流出边界条件 (outflow)	108
6.4	流体计算数值模拟的分析	108
第7章	矿井热害防治常用技术	110
7.1	通风降温	110
7.1.1	改良通风系统	110
7.1.2	改善通风条件	111
7.1.3	调温巷道通风	111
7.1.4	其他通风降温措施	111
7.2	空调制冷降温 and 人工制冰降温技术	112
7.2.1	空调制冷降温技术	112
7.2.2	人工制冰降温技术	113

7.3	控制热源降温	115
7.3.1	机械热的控制	115
7.3.2	向煤层内注水	115
7.3.3	管道热及热水的处理	116
7.3.4	采空区降温	116
7.4	个体防护措施	116
7.5	隔热-换热-压缩空气制冷综合技术	117
7.5.1	降温技术简介	117
7.5.2	隔热材料的选择	117
7.5.3	换热袋的规格及使用方法	118
7.5.4	气压缩制冷装置	119
7.6	其他新型降温技术	120
7.6.1	压缩空气制冷技术	120
7.6.2	HEMS降温系统	120
7.6.3	空气透平膨胀制冷系统	121
7.6.4	压气蒸发冷却技术	121
7.6.5	热电乙二醇降温冷却技术	121
7.6.6	瓦斯发电制冷降温技术	122
7.6.7	热管降温技术	122
第8章	矿井制冷降温系统设计方案优选决策	123
8.1	引言	123
8.1.1	决策理论	123
8.1.2	决策理论在矿业领域的应用	125
8.1.3	矿井降温系统确定的步骤	125
8.2	矿井制冷降温系统方案决策评价指标及权值	126
8.2.1	矿井降温系统方案决策评价指标体系确立	126
8.2.2	按相对重要性序列矩阵法确定指标权值	129
8.2.3	评价指标的权值确定	131
8.3	矿井制冷降温系统方案确定的多目标决策法	132

8.3.1	评价价值数据处理方法	133
8.3.2	多目标决策法的步骤	134
8.3.3	专家评议法	135
第9章	国内外矿井降温工程实例	136
9.1	德国煤矿降温概况	136
9.2	南非矿山降温概况	139
9.3	河南平煤集团矿井降温概况	141
9.3.1	矿井热害现状	142
9.3.2	平煤五矿矿井降温工程概况	142
9.3.3	存在的问题	146
9.3.4	近期降温工作	146
9.3.5	长远降温工作	146
9.4	国投新集矿业集团矿井降温概况	146
9.4.1	主要设备及参数	147
9.4.2	系统工艺流程	147
9.4.3	国内配套设备情况	148
9.4.4	采掘工作面制冷降温系统安装方式	148
9.4.5	制冷降温效果	149
9.4.6	存在的问题及经验教训	150
9.5	新汶矿业集团孙村煤矿矿井降温概况	153
9.5.1	-800m水平自然涌水排热降温工程	153
9.5.2	冰冷低温辐射降温技术	155
9.6	兖矿集团巨野矿区赵楼矿井降温概况	159
9.6.1	基建矿井地面喷淋临时降温技术	159
9.6.2	井下集中式永久制冷降温技术	161
参考文献		164

第1章 绪论

随着矿井（煤矿及非煤矿井）开采深度逐渐增加、综合机械化程度不断提高，地热和井下设备向井下空气散发的热量显著增加；与此同时，从岩石裂隙中涌出的热水或与热水接触的高温围岩放热，不仅使矿内气温升高，而且还增大了湿度。矿内高温高湿环境严重影响井下作业人员的身体健康和生产效率，形成了矿井热害，并成为制约矿物开采深度的决定性因素。

根据矿井热害形成的热源（包括岩温、地下热水的水温及煤层和硫化物矿体的氧化放热等）划分热害类型，我国矿井热害的类型有：

（1）正常地热增温型矿井热害，矿床一般分布在地热正常区，矿井温度随着开拓深度的增加而逐渐升高。

（2）异常地热增温型矿井热害，除一部分在区域地热异常区出现外，多数矿床分布在局部地热异常区。这类矿区，当开采深度不大时（常在 500m 深度以内）就在井巷内出现高温。如安徽省罗河铁矿在 -700m 水平的岩温高达 38~42℃。

（3）热水地热异常型矿井热害，主要是由深循环地下热水造成的。地下热水沿断层裂隙带上升的，沿裂隙进入矿井造成热害。由于热水流速快、水量大，矿井气温很快升高，还可能造成热水淹井事故。

（4）煤炭或硫化物氧化型矿井热害。

划分矿井热害类型的目的在于预测矿床井下开采时可能出现的矿井高温、矿井热害，并根据划分的类型设计治理措施；此外，机电设备生热和入风气温过高也可成为热源。

1.1 矿井高温高湿危害

矿井热害会给安全高效生产和井下作业人员的身心健康造成多方面的危害和影响。

(1) 对井下工作人员的影响。由于井下的特殊环境,空气湿度往往比较高,采掘工作面空气相对湿度常年接近 90%。如此的高湿环境,再加上高温,会导致人体出现许多不良症状,比如体温调节系统出现紊乱致使体温和皮肤温度升高,汗腺分泌增加从而导致人体的水盐代谢紊乱,机体大量失水导致循环、消化、泌尿及神经系统出现紊乱甚至病变等。据有些煤矿调查统计结果,长期工作在高温高湿条件下,人更容易患风湿病、皮肤病、皮肤癌和心脏病等职业疾病。

(2) 对工作效率的影响。如果作业人员长时间在高温高湿环境下工作,其中枢神经系统比较容易发生紊乱和失调,进而会出现浑身乏力疲劳、精神昏沉恍惚等一系列不良症状,导致工作人员的劳动生产率下降。根据苏联的相关研究,矿内空气温度与工人的劳动生产效率有着直接的关系,当超过国家标准规定的温度时,工人的劳动生产效率随着空气温度每升高 1°C 降低 6%~8%。

(3) 对井下环境的影响。根据连锁反应理论,高温会使环境中的活化分子数量增加,进而加速矿石中的可燃物的氧化过程,加剧有害气体的释放,并消耗空气中的氧气;高温环境会使井下机电设备排热困难,高湿环境还会使电缆、电机等加速老化变质。

(4) 对经济效益的影响。矿内的高温高湿环境降低井下工作人员的劳动生产率,同时也会缩短工时,从而降低生产定额,并最终增加采矿费用;此外,井下工作人员在高温高湿环境下工作,企业需要支付相应的高温补贴费用,也增加了生产成本。

(5) 对安全生产的影响。根据事故致因理论的轨迹交叉论,事故的发生是人的不安全行为和物的不安全状态综合作用的结果。其中,人的不安全行为往往是主要因素。井下高温高湿环境往往使人的注意力分散,精神不够集中,急躁、烦闷等,从而为事故的发生创造了更多的可能条件。

1.2 矿井热害研究的主要成果

最早的矿井热害研究工作始于对地温、地热等矿井热力状况的观察和测量,如 1740 年法国在 Belfort 地区对一些金属矿山开展了相关测量工作;英国于 18 世纪末开展了对矿井巷道围岩温度场的系统测量和研究工作,发现了地热在增温层中随深度增加不断增加的现象。20 世纪初期,伴随着矿井热环境的统计和研究,一些煤矿也开始把相关的制冷设备和技术应用于井下,如巴西于 1915 年首次将空调器应用于 Morro Velho 金矿,联邦德国于 1924 年在地下 958m 深处设计并搭建了集中式的矿井人工制冷系统。

南非的矿业发展较早,矿井也较早地进入了深部开采阶段,其于 20 世纪 20

年代开始开展矿井热害治理和矿井制冷降温工作，同时对矿井热环境的各种热参数及其变化情况展开研究。此后，与矿内热环境相关的理论得到了比较快速的发展。南非矿井高温与事故率之间的关系见表 1-1。

表 1-1 南非矿井高温与事故率之间的关系

作业地点温度（℃）	工伤次数（人/千人）
27	0
29	150
31	300
32	450

联邦德国的 Heise Drekopt 于 1923 年通过分析研究井巷围岩内部温度场的变化规律，首先提出了围岩调热圈的概念。之后，一些专家学者发展了井巷风流相关热参数的计算和预测理论，比如南非的 Biccard Jappe 发表了关于深矿井风流温度计算和预测的论文。

20 世纪 50 年代，基于围岩调热圈温度场的概念，运用相应的传热学和热力学知识，日本的田野、平松良雄，联邦德国的 Konig 及英国的 Van Heerden 等人对围岩与风流间的热交换问题进行了理论上的研究，并分别提出了关于围岩内部温度分布状况的理论解。1953 年，苏联学者 Шеръанъ 根据调热圈的概念得到了关于不稳定换热系数的较为精确的计算公式。1955 年，日本的平松良雄根据矿井风流与围岩的热交换特点及围岩内部的温度场的变化规律提出了热传递的物理模型，并分析了矿井风流的温度变化与时间的关联性。

20 世纪 60 年代，随着电子计算机技术的发展和推广，逐渐出现了风温预测的电算方法。德国的 Nottor 和苏联的Вороиаев等人通过对热传导方程编制计算机程序，对围岩内部温度变化情况进行了数值计算研究，并得到了其温度场的分布情况。矿内热环境参数的测算工作也逐步展开，如德国的 Mucke 于 1964 年测定圆板状试块在稳态导热下的岩石导热系数，Sherrat 实测了一段强制加热巷道中的围岩温度分布，并确定了相关的当量常数。

在前人已有成果的基础上，20 世纪 70 年代关于矿井内热环境问题的研究体系也慢慢成熟完善，形成了相对较为完整的学科体系，比较有代表性的一些标志是相关研究的专著相继问世，如 1974 年日本平松良雄的专著《通风学》等矿内热环境调节书籍的出版。在这个时期，对矿内热环境规律的研究也越来越细化，比如 1971 年德国的 J. Voss 通过对矿井采掘面的风流温度的变化情况进行了理论分析和研究，提出了相关的风流温度计算公式；J. Mcguaid 于 1975 年提出了调节矿内热环境的相关技术措施。保加利亚的 Shcherban 于 1977 年论述了掘进工作面风流温度的计算方法。

20 世纪 80 年代,对矿井热环境的研究又进入了一个新的阶段。这个时期,苏联、南非、德国、美国、日本、波兰、匈牙利等国家都展开了大量的矿内热环境的相关统计和研究工作。这个时期主要偏向于矿内热状况的研究,比如对相关重要参数的测算、统计及其变化规律的分析等。1980 年,日本的田野利用计算传热学等相关理论,基于有限差分法建立了围岩调热圈温度场的分布模型,并研究了不同岩性(比如岩石热导率)和不同巷道形状等参数的变化对调热圈温度场的影响情况,同时提出了在有湿交换条件下的风流温度计算方法。南非的 Starfield 等人于 1983 年在总结前人计算模型的基础上提出了基于调热圈概念的风流与围岩间的不稳定换热系数的改进计算方法。日本的田野于 1985 年提出了比较完整的描述矿内热状况的相关参数测算方法的模型和计算机软件。

与国外关于矿内热环境的研究和统计工作相比,我国的相关研究工作开展得相对较晚。随着热害问题的出现,我国于 20 世纪 50 年代初才开始开展相关的研究工作,同时对一些地点和矿井的地温和热环境状况进行了考察和观测。这个时期,煤炭科学研究总院抚顺分院对一些矿山开展了相关的矿内热状态的观察测量和统计分析和统计工作。到了 70 年代,煤炭部有计划地对一些高温矿井的相关热力状况进行了较为系统地观察测量和统计分析和统计工作,并在大量统计资料的基础之上,利用相关的数理工具对矿井内热状况相关参数的变化规律进行了研究和分析,提出了预测风流温度变化的计算模型。1976 年,基于传热学和热力学等学科的相关理论和成果,杨德源提出了矿内风流热力状况的计算方法,建立了预测风流热力状况的预测模型。

20 世纪 80 年代到 90 年代,矿山热环境的相关科研工作得到了较为系统化的发展,在借鉴国外研究成果并结合自身研究成果的基础上,一些专著也相继出版,如《矿山地热与热害治理》和《矿山地热概论》等。矿井热害的理论和预防治理等内容也在高校的矿山通风与安全等专业中得到了加强,相关科研单位也逐渐开展了矿内热环境的理论和治理方面的研究工作。周西华、秦跃平、张兴凯、吴世跃等相关专家分别开展了井巷的传热传质系数、围岩与风流间的不稳定换热系数等的研究工作。侯祺棕对井下巷道围岩与风流之间的热湿交换规律进行了相关的研究和分析工作,提出了在考虑井巷壁面润湿情况下风流温度的计算模型,并结合计算模型给出了相应的计算流程图。2002 年,周西华在对矿内围岩与风流换热过程理论分析的基础上,提出了风流与围岩之间不稳定换热系数的解析表达式和实用式。2005 年,高建良分析了在有水蒸气传递的情况下的巷道几何尺寸、岩石的热物理性质、通风时间、巷道围岩与风流对流换热系数等参数的变化对围岩温度场及调热圈半径的影响。

这些研究成果为进一步研究、控制矿井热环境状况提供了很好的依据和借鉴。

1.3 矿井热害研究的不足

到目前为止,世界各国的专家、学者在井巷围岩的温度场分布,围岩与风流间的热交换计算,巷道水分蒸发的处理,预测风流温度、湿度等相关热力参数方面进行了系统深入的研究,同时提出了多种用于计算和预测矿井热状况参数的模型和方法。这些模型和计算方法对于认识矿井热环境状况、治理和改善矿内热环境有着非常重要的意义。但是,由于矿井工作环境条件的复杂性和影响风流与围岩热湿交换的因素的多样性,尤其对于不同的井下环境,比如不同的巷道、不同的水平、不同的支护方式,甚至火山熔岩余热带来的矿井热环境异常等,风流热力状况的变化也呈现出不同的特点。

矿井内风流的热湿源有多种,围岩散热是其重要的热源之一,其散热量的计算也是非常复杂的。矿山的开采工作一般都在增温层,由于采深的增加,地热进一步增加,使得围岩散热的影响也越来越大,散热量的计算精度直接影响矿内热环境的预测和矿内整体热负荷的计算,进而影响降温决策和降温方法的选择。

虽然国内外已经就井巷风流与围岩的热湿计算提出了一些算法,国内煤炭科学研究总院抚顺分院在这方面所做的工作最多,成果也最丰硕;但是目前这些方法还不够完善,主要是制约计算精度的因素还比较多,比如壁面放热系数的确定和变化情况、壁面粗糙度系数的确定和影响、壁面水分蒸发(潜热)的处理(如湿度系数法、显热比法、放湿系数法等),以及不同巷道断面和风速对热湿交换的影响等。

虽然目前有多种计算矿井围岩与风流热湿交换的模型,但鉴于其考虑因素的有限性,所以都存在一定的局限性,计算围岩散热和风流温度、湿度的变化的方法还不够完善,尤其是井巷围岩与风流间的传质过程的处理方法和计算方式还没有从理论上得到较好的解决,从而使得矿井内热状况的计算和预测结果与实际测算相比有较大差别。为了提高风流各参数的预测精度,需要进一步深入研究井巷围岩与风流间的热湿交换机理,找到热交换和湿交换之间的耦合规律,提出更精确的预测模型和计算公式。

目前,矿内围岩与风流间的换热计算一般可采用基于围岩调热圈概念导出的不稳定换热系数来进行计算;而湿交换则可采用湿度系数或显热比法来进行计算。由此建立起来的计算公式和模型往往是一个多元函数,即计算结果受多种因素的影响,比如壁面粗糙度、巷道断面周长、风流质量流量、岩石的热导率和巷道的风流的含湿量等,而这些参数的测算往往是一个统计平均的结果;这些参数获取的精确程度及对计算结果的影响程度将决定围岩与风流热湿交换的特点,因此,有必要进行深入分析,找出改善矿井热湿计算精度的方法。

所谓矿井生产环境，就是在矿井生产系统形成之后，由井巷空间、生产技术装备的分布、矿岩的运输方式、矿井排水系统、矿井供电系统、矿井供气（压缩空气）及通风系统等构成的环境系统。

在矿井环境系统中，能够对风流加热（或吸热）的载热体称为矿井热源。由于矿井所处的地质地热环境、大气环境及采矿生产系统的不同，致使矿井热源也有所差异，但主要热源的种类基本相同，例如，井巷围岩放热、矿岩运输放热、机电设备运转时放热、氧化放热及矿井水放热（或吸热）等。风流向下流动时的自压缩热对风流热力状态的影响在深矿井中是相当大的，是导致风流温升的主要因素。为了便于研究，通常将矿井热源分为相对热源和绝对热源。相对热源的放热（或吸热）量取决于风流温度的高低，如围岩放热和矿井水放热等；绝对热源的放热（或吸热）量不受风流影响或受风流温度影响甚小，如机电设备运转时放热和氧化放热等。

2.1 地表大气状态的变化

井下的风流是自地表流入矿井内的，因而地表大气温度与湿度的日变化与季节变化必然会影响到井下。

地表大气温度在一昼夜内的波动称为气温的日变化，它是由地球每天接受太阳辐射热和散发的热量变化造成的。白天，地球吸收太阳的辐射热，使靠近地表大气的温度升高，下午 14~15 时气温达到全天的最高值；夜晚，地面将吸收的太阳辐射热向大气散发，黎明前是地表散热的最后阶段，故一般凌晨 4~5 时气温最低。地表气温的日变化是以 24h 为周期的。各地的气温虽然都是以 24h 为周期的周期性波动，但不全是谐波，因为全日最低温度与最高温度间的间隔小时数，不