

煤炭管理干部技术培训丛书

# 矿井通风与安全技术

孙承仁 王家楝



山西科学教育出版社

# 矿井通风与安全技术

孙承仁 王家棟

\*

山西科学教育出版社 (太原井川北路十一号)  
出版发行 太原市千峰利技印刷厂印刷

\*

开本: 787×1092 1/16 印张: 13 字数: 312 千字

1986年6月第1版 1986年6月太原第1次印刷

印数: 1—10300册

\*

书号: 15370·18 定价: 3.50元



## 出 版 说 明

为了提高煤矿管理干部素质,搞好煤矿的生产技术管理,适应煤矿生产建设发展的需要,煤炭工业部教育司组织北京煤炭管理干部学院、中国矿业学院及山西矿业学院的有关教师编写了一套煤矿管理干部技术培训教材,用于培训有高中文化程度的煤矿管理干部,同时也可作为职工中专有关专业课的代用教材或有关技术人员的参考书。

这套教材包括:《煤矿测量》、《煤矿地质》、《井巷工程》、《采煤法》、《巷道布置及其稳定性》、《矿井通风与安全》、《矿井技术改造》、《煤矿机械》、《煤矿电工》、《电子计算机在煤矿的应用》。

## 绪 言

人们在长期的生产斗争实践中,认识到:在环境比较舒适的条件下,令人精神愉快,精力集中,从而确保劳动者在体力或脑力方面顺利地进行工作。一旦这个环境发生较大的改变时,不仅使人体感到不舒服,而且影响工作效率,甚至危及人的肌体健康和生命安全;也会导致资源损失和生产停滞。因此,对环境的控制是现代化工业文明或现代生活的需要、手段和重要标志。

由于煤炭生产多属地下作业(井工开采占90%以上),存在着自然条件的复杂性和生产的特殊性。煤层埋藏地下,不仅地质条件复杂、构造千变万化,而且有瓦斯、矿尘、水、火等自然灾害的威胁。据1982年统计:统配煤矿均属瓦斯矿井,其中低沼气矿井占57.5%;高沼气矿井占26.5%;有煤岩与沼气突出矿井占16%。资料证明,随着开采深度的增加,高沼气矿和突出矿井的数量、次数、强度有增加的趋势,并出现了二起二氧化碳突出的矿井。据鉴定,我国约90%的煤矿具有煤尘爆炸危险性;约占57%的矿井所开采的煤层易自然发火;此外,部分矿区的地面、地下水患威胁比较严重。顶板事故频率在煤矿灾害事故中占的比重较高。地下作业的特殊性表现在:生产地点分散、空间有限、且随生产移动;生产环节多、工序多、立体交叉作业、昼夜连续生产;井巷和地面的通道数量和断面积有限,空气难以畅通;地热,设备和人体散热及地下水渗出蒸发,致使矿内气候条件不良;同时,由围岩自然涌出和生产过程中产生的有毒有害气体和呼吸性粉尘对矿内空气的污染,使井下安全卫生条件恶化等方面。因此,对煤矿井下生产环境的控制尤为重要。

我们的党和政府一贯重视劳动保护和安全生产,在建国初期,就提出了安全生产方针。在领导社会主义生产和建设的同时,制定了一系列安全生产法规、政策、法令等,大大改善了劳动环境,创造了良好的安全卫生条件,采取了相应的劳动保护措施,使广大劳动者的身体健康和生命安全得到了保障。

三十多年来,煤炭工业发展的经验证明,在生产中能认真贯彻,切实执行党的安全生产方针,则必然会使事故减少,队伍稳定,效率提高,使生产建设顺利发展。

为了使煤炭工业适应新时期发展的需要,促使四化建设顺利进行,国务院颁布了《矿山安全工作条例》《矿山安全监察工作条例》,煤炭部相应地颁发了《煤矿安全工作条例》、《煤矿安全监察工作条例》;于1980年对《煤矿安全生产暂行规程》作了修订,并颁布了《煤矿安全规程》,还先后发布了五个安全令、《“煤矿安全规程”执行说明》;并且对一些抗灾能力低的矿井提供了技术改造的投资。引进和研制了先进的安全技术装备。并要求全国煤矿进行全员安全培训等。因此,事故率有所下降,煤炭产量也相应地有了较大幅度的增长。

但是,煤矿安全生产的现状表明,我国煤矿安全还未能达到彻底的好转。其原因有诸多方面,主要是缺乏防止和控制事故的科学手段和先进的装备;安全管理制度不相适应,目前安全工作和管理制度也不够完整;最根本的原因是人们对安全第一的方针,没有足够的认识,往往把安全同生产对立起来,因而由于违章指挥、冒险作业所导致的安全事故,时有发生。

事实上，安全与生产属于同一范畴，而不安全因素与安全生产才是对立的、矛盾的。目前，世界上一些主要产煤国家提高了机械化程度，采用了综合机械化采煤，安全状况明显好转，据英国和日本的不完全统计，综采工作面事故率比普采工作面约降低50%。由于井下使用先进的安全技术装备，能及时预测、遥测井下通风、空气成分、气候条件等物理化学等方面的参数。从而有利于及时采取有效措施，做到防患于未然。

我国不少煤矿在安全生产方面也做出了成效。如开滦煤矿，虽然地质条件复杂，自然灾害威胁也很严重，开采年代已逾百年，技术装备并非上乘，但是由于领导能认真贯彻安全第一的方针，加强安全管理，事故率下降，煤炭生产形势很好。因此，安全生产是煤炭企业管理水平的综合反映。安全是生产中一项重要指标，是第一位的指标。

总之，只要能牢固的树立安全第一的思想，正确认识煤矿中不安全因素，按照客观规律，以科学的态度组织煤炭生产，就能掌握安全生产的主动权，迅速改变我国煤矿安全生产的落后面貌，早日跨入世界先进行列。

# 目 录

## 绪 言

|              |       |
|--------------|-------|
| 第一章 矿内大气环境保护 | ( 1 ) |
|--------------|-------|

|          |       |
|----------|-------|
| 第一节 矿内空气 | ( 1 ) |
|----------|-------|

|            |       |
|------------|-------|
| 第二节 矿内气候条件 | ( 5 ) |
|------------|-------|

|            |        |
|------------|--------|
| 第二章 矿井所需风量 | ( 11 ) |
|------------|--------|

|            |        |
|------------|--------|
| 第一节 矿井风量计算 | ( 11 ) |
|------------|--------|

|                 |        |
|-----------------|--------|
| 第二节 采掘工作面、硐室需风量 | ( 13 ) |
|-----------------|--------|

|          |        |
|----------|--------|
| 第三节 风量分配 | ( 16 ) |
|----------|--------|

|               |        |
|---------------|--------|
| 第三章 矿井通风压力和阻力 | ( 18 ) |
|---------------|--------|

|            |        |
|------------|--------|
| 第一节 矿井通风压力 | ( 18 ) |
|------------|--------|

|          |        |
|----------|--------|
| 第二节 通风阻力 | ( 26 ) |
|----------|--------|

|                |        |
|----------------|--------|
| 第三节 矿井通风经济合理分析 | ( 32 ) |
|----------------|--------|

|            |        |
|------------|--------|
| 第四章 矿井通风动力 | ( 35 ) |
|------------|--------|

|          |        |
|----------|--------|
| 第一节 自然通风 | ( 35 ) |
|----------|--------|

|          |        |
|----------|--------|
| 第二节 机械通风 | ( 37 ) |
|----------|--------|

|            |        |
|------------|--------|
| 第三节 风机特性曲线 | ( 41 ) |
|------------|--------|

|            |        |
|------------|--------|
| 第四节 风机的工作点 | ( 44 ) |
|------------|--------|

|             |        |
|-------------|--------|
| 第五节 风机的联合作用 | ( 45 ) |
|-------------|--------|

|            |        |
|------------|--------|
| 第五章 矿井通风系统 | ( 48 ) |
|------------|--------|

|                  |        |
|------------------|--------|
| 第一节 矿井通风系统的拟定与选择 | ( 48 ) |
|------------------|--------|

|          |        |
|----------|--------|
| 第二节 采区通风 | ( 52 ) |
|----------|--------|

|          |        |
|----------|--------|
| 第三节 通风网路 | ( 55 ) |
|----------|--------|

|                  |        |
|------------------|--------|
| 第四节 通风构筑物 and 漏风 | ( 60 ) |
|------------------|--------|

|          |        |
|----------|--------|
| 第六章 掘进通风 | ( 65 ) |
|----------|--------|

|          |        |
|----------|--------|
| 第一节 通风方法 | ( 65 ) |
|----------|--------|

|          |        |
|----------|--------|
| 第二节 局扇通风 | ( 68 ) |
|----------|--------|

|            |        |
|------------|--------|
| 第七章 矿井通风管理 | ( 74 ) |
|------------|--------|

|                 |        |
|-----------------|--------|
| 第一节 管理机构 and 任务 | ( 74 ) |
|-----------------|--------|

|                |                |              |
|----------------|----------------|--------------|
| 第二节            | 矿内空气成分和气候条件检测  | (74)         |
| 第三节            | 风量、风速的检查       | (77)         |
| 第四节            | 通风压力和阻力测量      | (80)         |
| 第五节            | 矿井主扇性能鉴定       | (88)         |
| 第六节            | 风量调节和灾变时期的风流控制 | (95)         |
| 第七节            | 评定矿井通风的主要技术指标  | (100)        |
| <b>第八章</b>     | <b>矿井瓦斯</b>    | <b>(102)</b> |
| 第一节            | 矿井瓦斯的生成        | (102)        |
| 第二节            | 矿井沼气涌出         | (105)        |
| 第三节            | 矿井沼气爆炸及其预防     | (108)        |
| 第四节            | 沼气喷出与突出及其预防    | (117)        |
| 第五节            | 矿井沼气的抽放及其利用    | (125)        |
| 第六节            | 沼气浓度的检查及其监测    | (128)        |
| <b>第九章</b>     | <b>矿 尘</b>     | <b>(135)</b> |
| 第一节            | 矿尘的产生及其危害      | (135)        |
| 第二节            | 煤尘爆炸及预防        | (138)        |
| 第三节            | 矿尘职业病及其预防      | (148)        |
| <b>第十章</b>     | <b>矿井火灾</b>    | <b>(154)</b> |
| 第一节            | 矿井火灾的发生        | (154)        |
| 第二节            | 矿井火灾的预防        | (158)        |
| 第三节            | 矿井火灾的处理        | (166)        |
| 第四节            | 火区管理及启封        | (173)        |
| <b>第十一章</b>    | <b>矿井水灾</b>    | <b>(175)</b> |
| 第一节            | 矿井水灾的发生        | (175)        |
| 第二节            | 矿井水灾的防治        | (177)        |
| 第三节            | 矿井透水事故的处理      | (182)        |
| <b>第十二章</b>    | <b>煤矿井下救护</b>  | <b>(184)</b> |
| 第一节            | 煤矿救护组织及装备      | (184)        |
| 第二节            | 矿工自救           | (189)        |
| 第三节            | 矿井灾害预防及处理计划    | (193)        |
| 附录 I、国际制单位     |                |              |
| 附录 II、井巷摩擦阻力系数 |                |              |

# 第一章 矿内大气环境保护

矿内大气环境是指在井巷条件下矿内空气的化学、物理的状态及其变化。由于煤矿生产的特点,致使矿内空气污染,尤其是随着生产的迅速发展,各种物理、化学等因素使矿内大气环境更加恶化。为了保护劳动者的健康和生命,保证生产安全顺利地发展,煤矿企业必须搞好环境保护工作,创造良好的作业环境。

本章论述矿内空气的质量(成分)及其标准(污染物浓度的限值)、井巷中矿内空气污染状况和对人体的危害、检测方法及其预防措施;矿内气候条件的特点及其改善途径。

## 第一节 矿内空气

矿内空气是在井巷中存在或流动的气体、尘埃(煤、岩尘、碎屑)、水蒸汽的混合物。它的质量是煤矿生产环境的一项重要指标。

### 一、矿内空气的主要成分

矿内空气来源于地面。因此,它的主要成分是地面空气。

地面空气是多种气体的混合物,见表1—1。它的主要成分是:氮和氧,其含量较稳定,变化在0.004%以内。氢、氦、氩、氙等为稀有气体多计入氮含量中,故通常称氮占79%(按体积)。

地 面 空 气 成 分

表1—1

| 名 称  | 化学式              | 按体积%    | 名 称       | 化 学 式                                  | 按体积%                  |
|------|------------------|---------|-----------|----------------------------------------|-----------------------|
| 氮    | N <sub>2</sub>   | 78.084  | 甲 烷       | CH <sub>4</sub>                        | 0.00010               |
| 氧    | O <sub>2</sub>   | 20.946  | 钾         | K                                      | 0.00010               |
| 氩    | Ar               | 0.934   | 氢         | H <sub>2</sub>                         | 0.00005               |
| 二氧化碳 | CO <sub>2</sub>  | 0.033   | 氧化氮       | NO <sub>2</sub>                        | 0.00003               |
| 氖    | Ne               | 0.0018  | 氙         | Xe                                     | 0.000008              |
| 水蒸汽  | H <sub>2</sub> O | 0.001   | 臭氧        | O <sub>3</sub>                         | 0.000001              |
| 氦    | He               | 0.00053 | 氡         | Rn                                     | 0.6×10 <sup>-18</sup> |
| 氪    | Kr               | 0.00010 | 二氧化硫、一氧化碳 | NH <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , CO | 少量变化大                 |

(一)氧是无色、无味、无臭,比重为1.11,化学性很活泼的气体。它能助燃,供生物呼吸的物质。

氧气把人体内产生的二氧化碳置换排出,并到人体各组织内分解由食物中所摄取的营养料,形成热能、机械能,供给人体新陈代谢的需要而维持人的生命。

人对氧气的需要量取决于:人的体质强弱,劳动强度大小和神经紧张程度。常以呼吸系数

表示,即呼吸系数=呼出的二氧化碳量/吸收的氧量,见表1--2所示。由表中看出,劳动强度越大则呼吸系数越大。一般在0.8左右,在井下作业条件下其值为0.8~1,繁重劳动时超过1。

表1--2

| 状 态<br>(中等身材) | 呼吸频率<br>(次/分) | 吸收量<br>(升/次) | 需氧量<br>(升/分) | 二氧化碳<br>排出量<br>(升/分) | 呼吸系数<br>$k=\text{CO}_2/\text{CO}$ |
|---------------|---------------|--------------|--------------|----------------------|-----------------------------------|
| 静 止 躺 卧       | 17            | 0.4          | 0.24         | 0.19                 | 0.8                               |
| 静 止 站 立       | 17            | 0.6          | 0.33         | 0.26                 | 0.8                               |
| 行走、4.5公里/时    | 17            | 1.5          | 1.00         | 0.87                 | 0.87                              |
| 行走、8公里/时      | 20            | 2.5          | 2.50         | 2.35                 | 0.97                              |
| 繁重呼吸器繁重劳动     | 30            | 3.0          | 3.20         | 3.40                 | 1.06                              |

在空气中氧含量(按体积,以下同)降低时,人体会出现不同反应:17%时,静止状态无反应,行动时则会引起喘息和呼吸困难;15%时,呼吸、脉搏急促,感觉和判断能力减弱,以致失去劳动能力;10~12%,失去理智,时间稍长会有生命危险;

8%时,很快失去知觉,出现假死,几分钟内即可致死。因此,《煤矿安全规程》(以下简称《规程》)规定:进风流中氧气含量不得低于20%。

在地下作业环境中,由于:坑木、煤和岩石的氧化,人员的呼吸;矿内火灾、沼气或矿尘爆炸能使矿内空气中氧含量减少;而从煤和岩石中涌出或生产过程中放出的各种有害气体,使氧含量相对降低。因此,对井下密闭区域和通风不良地点,不经空气成分检测就不得冒然进入,否则会发生缺氧窒息死亡的事故。

(二)氮是无色、无味、无臭,比重为0.97,既不助燃,又不助呼吸的惰性气体。正常含量(79%)时,对人无害,尚可抑制氧化过急。但在高压中作业时,如处理不当,则会引起“潜涵病”。在井下老空区、不通风的旧巷、火灾隔离区内形成高氮区,由于缺氧使人窒息死亡。

(三)二氧化碳是无色,略带酸臭味,不助燃不助呼吸的气体。易溶于水,故常隐匿在老空废井积水中;对人的眼、鼻和口腔粘膜有刺激作用。比重为1.52,故多积存在通风不良的巷道或老空区的底部及下山盲巷中。

空气中二氧化碳正常含量(0.033%)对人无害。当外界或人体内二氧化碳含量增多时(3—5%)则人的神经中枢受刺激而引起呼吸频率加快,人体疲惫,甚至出现耳鸣,血液流动加快,呼吸困难等症状;10%时,由于血液酸中毒,呼吸中枢麻痹,致使人缺氧窒息。

煤矿井巷中二氧化碳的来源较多。一般情况下来源于:煤、岩、坑木等缓慢氧化;煤、岩缓慢涌出;人员呼吸和灯火燃烧;爆破工作及碳酸性岩石水解。而当发生矿内火灾、沼气或煤尘爆炸以及煤(岩)与二氧化碳突然涌出时,则会产生大量的二氧化碳,导致重大事故。吉林营城煤矿,甘肃窑子三矿曾分别于1975年6月、1978年5月发生了岩石与二氧化碳突出。

因此,《规程》中规定:采掘工作面进风流中,二氧化碳不得超过0.5%;工作面风流中达到1%时,必须查明原因,采取措施,报矿总工程师批准,进行处理;采掘工作面回风道,采区回风道风流中二氧化碳超过1%时,必须停止工作,由矿总工程师采取有效措施,进行处理;矿井总回风或一翼回风中二氧化碳超过0.75%,矿总工程师必须立即查明原因,进行处理,并报告矿务局总工程师;停风区中二氧化碳不得超过1%,方可开动局扇,恢复正常通风,否则回风系统内必须撤人;停风区内二氧化碳达到3%,不能立即处理时,必须予以封闭。

在日常通风管理中，要十分注意加强检查。尤其是在掘进巷道接近老空区下部边缘时或恢复旧井巷，打开密闭区更要加强管理；停风区不得随意进入，以免发生窒息事故；对有二氧化碳突出危险的矿井，要时刻观察突出的征兆。

## 二、矿内空气中常见的有害气体

煤矿矿内空气中常见的有害气体，就其主要危害而言可分为：

窒息性气体：氮、二氧化碳（见前述）；

有毒性气体：一氧化碳、二氧化氮、硫化氢、二氧化硫、氨；

爆炸性气体：沼气、氢。

上述气体统称为矿井瓦斯。但其中沼气占80~90%以上，所以通常把沼气称作瓦斯。有关沼气的论述，见本书第八章。

有毒性气体的基本性质、对人的危害、来源及安全浓度（矿内空气中最高允许含量）等见表1—3。

矿内空气还受到矿尘的污染，有关内容见第九章论述。

## 三、对有害气体的防治

（一）加强检测。《规程》规定：井下空气应定期取样化验。当巷道中空气成分不符合规定时，必须立即采取措施，同时向矿井调度室报告。

（二）加强通风是最基本的防治措施。只有做到不断地供给井下足够的新鲜空气，才能使矿内空气中氧含量不低于20%，并将有害气体稀释，以符合《规程》规定。

（三）预防煤炭自燃和矿内火灾，沼气、煤尘爆炸。因为，这些事故不仅消耗氧含量，而且产生大量一氧化碳、二氧化碳，造成人员伤亡事故。

（四）遵守放炮规程。采用水炮泥，既可防尘消焰，又能吸收二氧化氮。

（五）喷雾洒水是降低二氧化氮、硫化氢、二氧化硫及二氧化碳含量的有效措施。石灰水能有效地吸收硫化氢气体，必要时可注入煤层。

## 四、中毒急救

（一）将中毒者移到新风巷道或地面。对昏迷假死者，清除口中堵塞物，解开上衣，要注意保暖。

（二）人工呼吸或输氧。一氧化碳中毒者可掺入5~7%的二氧化碳促进恢复呼吸机能；二氧化氮、硫化氢、二氧化硫中毒者不得直接刺激肺部，必要时采用活动上肢或拉舌法人工呼吸。

（三）药物治疗。粘膜受害时用1%硼酸水或弱矾水冲洗眼，漱口，并饮用牛奶、蜂蜜减轻刺激；硫化氢中毒时，饮稀氯水或浸毛巾放在口、鼻旁或饮用解毒。一氧化碳中毒时口服生萝卜汁解毒。

表1-3

矿内有有害气体概况

| 名称   | 化学式              | 主要性质                                                      | 危害性与中毒症状                                                                                                                                   | 来源                                                                                                                                               | 安全浓度                                           |
|------|------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 一氧化碳 | CO               | 无色、无味、无毒。比重0.97，浓度达13—75%有爆炸性，引爆温度830—810℃，呈蓝色火焰。         | 中毒：CO与血色亲和力比氧大250—300倍，排斥，阻碍氧，使血液中毒，使人体缺氧窒息死亡。<br>轻度：0.048%，1小时，耳痛，心跳；<br>严重：0.128%，0.5—1小时，四肢无力，呕吐，丧失行动能力；<br>致命：0.4%，短时，丧失知觉，昏迷，呼吸停闭，死亡。 | 1.放炮，1千克炸药生成40升CO；<br>2.火灾，1米木材生成500米 <sup>3</sup> CO；<br>3.煤自燃；<br>4.沼气，煤尘爆炸，CO可达1—7%，<br>5.用水灭火。                                               | $\leq 0.0025\%$<br>$\leq 30$ 毫克/米 <sup>3</sup> |
| 二氧化氮 | NO <sub>2</sub>  | 潮红色，刺激臭味，比重1.57，极易溶于水，成硝酸。                                | 刺激：眼、鼻、口腔，呼吸速有刺激作用，破坏肺组织造成肺水肿。中毒潜伏期6—24小时。<br>0.008%咳嗽、胸闷；<br>0.01%呼吸困难、呕吐，样线麻木；<br>0.035%短时间死亡。                                           | 爆炸工作产生，硝酸炸药分解：<br>$4\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow 2\text{NO}_2 + 8\text{H}_2\text{O} + 3\text{N}_2$ ，<br>20%以下有少量NO，与空气中氧化合成NO <sub>2</sub> | $\leq 0.0025\%$<br>$\leq 5$ 毫克/米 <sup>3</sup>  |
| 硫化氢  | H <sub>2</sub> S | 无色，微甜，0.0001%嗅出臭鸡蛋味，易溶于水，比重1.177，浓度达4.3—46%有爆炸性，引爆温度260℃。 | 剧毒：对人的眼、呼吸系统粘膜有刺激作用，使血液中毒。<br>0.01—0.015%：流涎液、清水鼻涕，呼吸短促；<br>0.02%：强烈刺激粘膜头痛，呕吐，无力；<br>0.05%：半小时失去知觉，窒息死亡。                                   | 1.有机物腐烂；<br>2.煤岩放出；<br>3.硫化矿物水解，自然；<br>4.含硫矿生爆炸；<br>5.老窑积水。                                                                                      | $\leq 0.0085\%$<br>$\leq 10$ 毫克/米 <sup>3</sup> |
| 二氧化硅 | SiO <sub>2</sub> | 无色，玻璃刺激味及酸味，比重2.2，易溶于水，成硅酸，俗称“水玻璃”。                       | 剧毒：对眼、呼吸道强烈刺激腐蚀性作用，引起肺水肿；<br>0.002%喉红、流涎、头痛；<br>0.05%急性支气管炎、肺水肿、死亡。                                                                        | 1.含硫煤中放出；<br>2.硫化矿物氧化；<br>3.含硫煤自燃；<br>4.含硫矿尘爆炸。                                                                                                  | $\leq 0.0005\%$<br>$\leq 15$ 毫克/米 <sup>3</sup> |
| 氨    | NH <sub>3</sub>  | 无色，有刺激臭味，比重0.588，易溶于水。                                    | 致氧化生成一氯化氨，一氯化氨氧化生成二氯化氨，危害性同二氯化氨。                                                                                                           | 煤爆炸业产生。                                                                                                                                          | $\leq 0.0005\%$<br>$\leq 10$ 毫克/米 <sup>3</sup> |
| 氢气   | H <sub>2</sub>   | 无色、无味、无毒。比重0.0698，不可呼吸，非常易燃。                              | 无毒，但可窒息，浓度达4—75%能爆炸，引爆温度为560℃。                                                                                                             | 1.煤层中涌出；<br>2.蓄电池充电时产生。                                                                                                                          | $\leq 1.5\%$<br>$\leq 44.64$ 克/米 <sup>3</sup>  |

## 第二节 矿内气候条件

矿内气候条件是指矿内空气温度、湿度和风速三者的综合状态。气候条件的好坏对人的情绪、行为和健康有着重要影响。

### 一、矿内空气温度

温度是矿内气候条件的重要因素。一般适宜的温度为15~20℃。《规程》规定：采掘工作面温度不得超过26℃；机电硐室内不得超过30℃。

#### (一) 矿内空气温度的影响因素

1. 地面气温 它对浅井（井深小于400米）有直接影响。而随着井深增加，其影响逐渐减小，至千米深井已无明显影响。

地面气温因地球纬度、季节以及气候变化而差别很大。由于我国地处北半球亚热带到寒温带，地面气候变化十分复杂。北方冬季气温较低，会使进风井冻结；南方夏季气温高，会使井下气温超过26℃。在高温环境中容易发生事故。如广西合山里兰煤矿，掘进工作面气温达32℃，据测定每人每班失水量高达3.85公斤，平均2.1公斤。76年有415人患有各种皮肤病，曾发生多起中暑事故。据日本北海道7个矿井调查，在30~37℃以上的工作面较30℃以下的工作面的事故率增加1.5~2.3倍。

2. 岩石温度 地表温度随地面气温变化，通称变温带。随着深度增加，气温对变温带岩温的影响逐渐减小，几乎不受影响的岩温约为当地年平均温度或略高1~2℃，称为恒温带（恒）。恒温带深度（ $Z_{恒}$ ）为20~30米。不同地区恒温带状况，见表1-4。恒温带以下则为增温带，其岩温随地层深度（垂深）增加升高。岩温增加1℃的垂深，称地温率 $g_{温}$ （米/℃）。地温率可由地面或井下不同深度钻孔测岩温求算。

不同地区恒温带状况 表1-4

| 地 区 | 纬度(北)  | 恒温带深<br>(米) | 恒温带温度<br>(℃) | 地温率<br>(米/℃) |
|-----|--------|-------------|--------------|--------------|
| 抚 顺 | 40°56' | 25—30       | 10.5         | 36           |
| 唐 山 | 39°38' | 14          | 9.0          |              |
| 枣 庄 | 34°52' | 40          | 17.0         | 45           |
| 淮 南 | 32°40' | 20—30       | 16.8         |              |
| 长 广 |        | 31          | 18.9         | 44           |

$$g_{温} = \frac{Z_i - Z_{恒}}{t_i - t_{恒}} \text{ 米/℃} \quad (1-1)$$

式中  $Z_i$ 、 $t_i$ ——分别为增温带内任一垂深（米）与其岩温（℃）。

因此，对任一垂深 $Z_i$ 处的岩温 $t_i$ 可按下式计算。

$$t_i = t_{恒} + \frac{Z_i - Z_{恒}}{g_{温}} \text{ 米/℃} \quad (1-2)$$

岩温对矿内气温的影响，在于岩温和气温进行热交换。夏季地面气温高于岩温则岩石吸热使气温失热而降温变凉；冬季则相反，岩石放热而使冷空气吸热而升温变暖。因此，较浅的矿井出现春暖夏凉的现象。岩石吸热或放热范围叫调节圈，其大小随通风时间和空气与岩石的温差而变化。

3. 空气受压缩或膨胀 空气向下流动受空气柱压缩产生热量。一般垂深100米，温升1℃。

空气向上流动则膨胀而降温,平均每升高100米,降温 $0.8\sim 0.9^{\circ}\text{C}$ 。

4.氧化生热 矿内煤、岩、坑木、充填材料氧化;人体散热;放炮等均产生热量使气温升高。如氧化生成2克二氧化碳时,生热4.3千卡,使 $1\text{米}^3$ 空气升温 $14.5^{\circ}\text{C}$ 。每米采准巷道煤层单位暴露面积生热 $13\sim 15$ 千卡。因此,回采工作面往往是通风系统中温度高峰区段。

5.水分蒸发 每克水蒸发吸收0.588千卡热量,使 $1\text{米}^3$ 空气降低 $1.9^{\circ}\text{C}$ 。地下水活动强烈,则岩温低。但地层中有热泉、热水则岩温升高。如湖南711矿地下水温高达 $52^{\circ}\text{C}$ ,井下作业环境恶化。

6.通风强度(单位时间并巷入风量) 低温空气吸收热量,此时供风量越大,降温越大。因此,加大通风强度是矿井降温的一项主要措施。但是,受并巷断面(实际是风速)限制而不能任意增大,尤其是当气温过高时,增大流速则加大了对流热,反而使作业环境更加恶化。

此外,机械设备运行生热,尤其是随着机械化程度的迅速提高,这一热源不可忽视。

## (二) 矿内空气温度的变化规律

矿内气温受诸多因素影响,但升温作用大于降温作用。所以,矿内气温随风流路线延长逐渐升高。对深井并巷内只有升温。在较浅矿井中,进风路线的气温受地面气温与岩温差而变化。随着风路延长(1000~2000米),岩石的调节作用减弱,以至停止。一般情况下,风流进入采区巷道时,开始升温。当风流到回采工作面时,温升达高峰区段。在回风路线中,由于通风强度较大,受水分蒸发、气体上升膨胀等影响而气温略有下降 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ (最大 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$ ),但基本上常年不变。

## 二、矿内空气湿度

水汽是空气中重要物质之一。通常说空气都是指含水汽的湿空气。空气含水汽量在不同地点和不同时间相差很大。它对人体热平衡有着密切关系。

### (一) 空气湿度

湿度是指空气中所含的水汽量,其表示方法有:

1.绝对湿度( $f$ ) 每单位体积或重量的空气中所含水汽量,克/米<sup>3</sup>或克/公斤。

2.相对湿度( $n$ ) 空气中所含水汽量(即绝对湿度 $f$ )与同体积同温度下空气的饱和水汽量( $F$ )之比的百分数。即:

$$n = \frac{f}{F} \times 100\% \quad (1-3)$$

饱和水汽量( $F$ )是在某温度下,空气中最大含水汽量,克/米<sup>3</sup>,见表1-5。 $F$ 值随温度升高而增大;反之则减小。

由公式(1-3)可知,当空气绝对湿度不变时,相对湿度随温度升高而下降,反之则上升,能准确地表示空气的干湿程度。所以,常用相对湿度表示空气湿度,简称湿度。适宜的湿度为 $50\sim 60\%$ 。

### (二) 影响因素

1.地面与矿内气温差 夏季地面气温高,热空气进入井下降温, $F$ 值随之降低,相对湿度

度增大,变为潮湿。当相对湿度达100%时,则出现水珠。冬季地面气温低,冷空气进入井下升温, $F$ 值增大,相对湿度下降,空气变得干燥。

饱和水蒸汽量和饱和水蒸汽压力

表1—5

| 空气温度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 饱和水蒸汽量<br>$\rho$ 值(克/米 $^3$ ) | 饱和水蒸汽压力<br>$P$ 值(毫米汞柱) | 空气温度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 饱和水蒸汽量<br>$\rho$ 值(克/米 $^3$ ) | 饱和水蒸汽压力<br>$P$ 值(毫米汞柱) |
|--------------------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| -15                            | 1.6                           | 1.45                   | 14                             | 12.0                          | 11.99                  |
| -10                            | 2.3                           | 2.16                   | 15                             | 12.8                          | 12.79                  |
| -5                             | 3.4                           | 3.17                   | 16                             | 13.6                          | 13.64                  |
| 0                              | 4.9                           | 4.58                   | 17                             | 14.4                          | 14.50                  |
| 1                              | 5.2                           | 4.92                   | 18                             | 15.3                          | 15.50                  |
| 2                              | 5.6                           | 5.29                   | 19                             | 16.2                          | 16.5                   |
| 3                              | 6.0                           | 5.68                   | 20                             | 17.2                          | 17.5                   |
| 4                              | 6.4                           | 6.09                   | 21                             | 18.2                          | 18.7                   |
| 5                              | 6.8                           | 6.53                   | 22                             | 19.3                          | 19.8                   |
| 6                              | 7.3                           | 7.00                   | 23                             | 20.4                          | 21.1                   |
| 7                              | 7.7                           | 7.49                   | 24                             | 21.6                          | 22.4                   |
| 8                              | 8.3                           | 8.02                   | 25                             | 22.9                          | 23.8                   |
| 9                              | 8.8                           | 8.58                   | 26                             | 24.2                          | 25.2                   |
| 10                             | 9.4                           | 9.21                   | 27                             | 25.6                          | 26.7                   |
| 11                             | 9.9                           | 9.84                   | 28                             | 27.0                          | 28.4                   |
| 12                             | 10.6                          | 10.52                  | 29                             | 28.5                          | 30.1                   |
| 13                             | 11.3                          | 11.23                  | 30                             | 30.1                          | 31.8                   |

2.井巷淋水,湿式作业、喷雾洒水使空气湿度增大。

3.风路越长空气吸收水分越多,湿度越大。

### (三) 矿内空气湿度的变化规律

在较浅矿井中,由于进风路线气温的变化,湿度也变化,夏潮冬干。采掘区段温度高则湿度变小。但由于湿式作业、喷雾洒水则使湿度增大。总回巷中温度常年不变,而又因风路长,吸水份多,使湿度达95%以上,并基本上常年不变。

### (四) 相对湿度的测量

常用手摇式、发条式和电动式干湿温度计测量湿度。手摇式由干、湿(裹纱布浸水)两支温度计组成。在测点以每分钟150转速率旋转温度计,经1~2分钟,以干温度值和干湿温度差值,查表1—6得出湿度值。

气温与风速关系表 表1—7

| 气温( $^{\circ}\text{C}$ ) | 风速(米/秒) |
|--------------------------|---------|
| <15                      | 0.3—0.5 |
| 15—18                    | 0.5—0.8 |
| 18—20                    | 0.8—1.0 |
| 20—23                    | 1.0—1.5 |
| 23—26                    | 1.5—1.8 |

## 三、风 速

风速是指矿内空气在单位时间内流动的距离,米/秒或米/分。

风速对气温起着调节作用。实践证明,在一定的气温条件下,有一适应的风速,见表1—7。

由干、湿温度计读数查相对湿度

表 1—6

| 干温温度<br>计 读 数 | 湿 温 度 之 差   |    |    |    |    |    |    |    |
|---------------|-------------|----|----|----|----|----|----|----|
|               | 0           | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  |
|               | 相 对 湿 度 (%) |    |    |    |    |    |    |    |
| 0             | 100         | 91 | 83 | 76 | 70 | 62 | 55 | 48 |
| 5             | 100         | 86 | 78 | 71 | 65 | 58 | 51 | 44 |
| 10            | 100         | 80 | 73 | 66 | 60 | 53 | 46 | 40 |
| 15            | 100         | 75 | 68 | 61 | 55 | 48 | 41 | 35 |
| 20            | 100         | 70 | 63 | 56 | 50 | 43 | 36 | 30 |
| 25            | 100         | 65 | 58 | 51 | 45 | 38 | 31 | 25 |
| 30            | 100         | 60 | 53 | 46 | 40 | 33 | 26 | 20 |
| 35            | 100         | 55 | 48 | 41 | 35 | 28 | 21 | 15 |
| 40            | 100         | 50 | 43 | 36 | 30 | 23 | 16 | 10 |
| 45            | 100         | 45 | 38 | 31 | 25 | 18 | 11 | 5  |
| 50            | 100         | 40 | 33 | 26 | 20 | 13 | 6  | 0  |
| 55            | 100         | 35 | 28 | 21 | 15 | 8  | 1  |    |
| 60            | 100         | 30 | 23 | 16 | 10 | 3  |    |    |
| 65            | 100         | 25 | 18 | 11 | 5  |    |    |    |
| 70            | 100         | 20 | 13 | 6  |    |    |    |    |
| 75            | 100         | 15 | 8  |    |    |    |    |    |
| 80            | 100         | 10 |    |    |    |    |    |    |
| 85            | 100         | 5  |    |    |    |    |    |    |
| 90            | 100         | 0  |    |    |    |    |    |    |
| 95            | 100         |    |    |    |    |    |    |    |
| 100           | 100         |    |    |    |    |    |    |    |

#### 四、矿内气候对人体影响及其改善

##### (一) 气候条件对人体影响

气候条件对人体热平衡有着重要作用。由于食物在人体内氧化和分解,产生热量。生热的多少依人的体质、年龄和劳动强度大小而不同。成年人在轻微劳动时120千卡/时,而较繁重劳动则250~300千卡/时。人体代谢的热量中,约1/3用于人体生理机能活动和肌肉做功,维持正常的体温(36.5~37℃),其余热量要散发到体外。人体生热与散热保持平衡状况——热平衡。一旦平衡破坏,则可能使人体升温而感到闷热、心情烦躁,甚至中暑死亡;或者散热过多,身体受凉易患感冒或其他疾病。这两种情况都会使劳动生产率下降。

人体散热主要通过对流、辐射和汗水蒸发三种方式,此外呼吸和排泄也带出少量的热。人体散热方式和气候条件有关,见表1—8。

人体散热方式和气候条件的关系

表1—8

| 气候条件 | 湿 度      |                  | 风 速    |                  | 备 注 |      |               |
|------|----------|------------------|--------|------------------|-----|------|---------------|
|      | 15—20℃适宜 |                  | 50—80% |                  |     | 0.15 |               |
| 散热方式 | 低        | 高                | 小      | 大                | 慢   | 快    |               |
| 对 流  | —        | >25℃减弱<br>>37℃停止 | —      | —                | 弱   | 强    | 湿度、风速起主导作用    |
| 辐 射  | —        | >26℃减弱<br>>37℃反射 | —      | —                | —   | —    | 介质温度起主导作用     |
| 蒸 发  | —        | >25℃常强<br>>37℃强  | 强      | >70℃弱<br>>100℃停止 | 弱   | 强    | 湿、压、风速三者,综合作用 |

一般情况下,人体对流散热和辐射散热约占人体总散热量的75%,汗水蒸发散热占25%。因此,创造适宜的气候条件是矿井通风的基本任务。

## (二) 气候条件改善

改善的目的在于创造良好的劳动环境,保护矿工身体健康和提高劳动生产率。改善的手段是将矿内气温、湿度和风速调配得当。但是,当前控制湿度还较困难。所以,主要是从调节气温和风速着手(风速控制在第二章内论述)。

### 1. 气温调节

(1) 空气预热 在寒冷地区的冬季,气温很低,易影响矿工健康和使进风井筒、井底结冰造成提升、运输事故。为此,采用蒸汽或水暖设备,将一部分风量预热到70~80℃后,掺入进风中,低混合入风温度不得低于2℃。

(2) 降温 我国南方夏季地面气温高达38~40℃,直接影响矿内气温,尤其是采掘工作面气温易超过《规程》规定。在>600米的深井中,即使以正常地温率增温,其地温也将达到相当高的程度。因此,地温将成为一个严重的威胁,不容忽视。矿井降温措施有:

①全矿性降温的基本措施是:加强通风管理,管好通风设施,提高有效风量率,发挥现有通风设备的能力;改善通风方法和通风系统,采用对角式、分区式通风,利用旧井巷或开凿小井(岩石)调温,合理布置采准巷道(入风道布置在低温、发热少的围岩中),改善工作面通风系统,增大通风强度以及对发热量大的机电硐室采用独立通风。设置大型矿用空调机,如JKFT—70型,螺杆压缩机固定在制冷站,配75KW电机,其制冷量为20万卡/小时。对浅井尚可用喷洒冷水降温。

②局部性降温:采用压气或水力喷射器,或引小型局扇增加风速;用移动式压缩制冷机JKT—20型(氟利昂—12制冷剂,配用22KW电机,制冷量6万卡/小时),如淮南使用该机后使工作面气温由27.7℃降为25.3℃;缩短风路,采用下行风,使入风巷处在经通风冷却的水平,机电设备及煤流散热均处在回风流中,降温效果较好。平顶山一矿1108工作面气温高达31℃,改用下行风则下降为26℃;喷雾洒水,冷却效果取决于水温、雾粒大小与密度、喷水方向及水量等因素。煤层注水综合性物理法降温,如苏联工业性试验结果是气温降1.5℃,

岩温降3.9℃，综合降温2.2℃，沼气涌出量和煤尘生成量均有所降低。

## 2.降低湿度的措施

控制湿度比较难：一般采用注浆、截水、设置雨棚等措施防止井巷淋水；清理水沟、设置盖板减少水分蒸发，既降湿又改善作业环境。