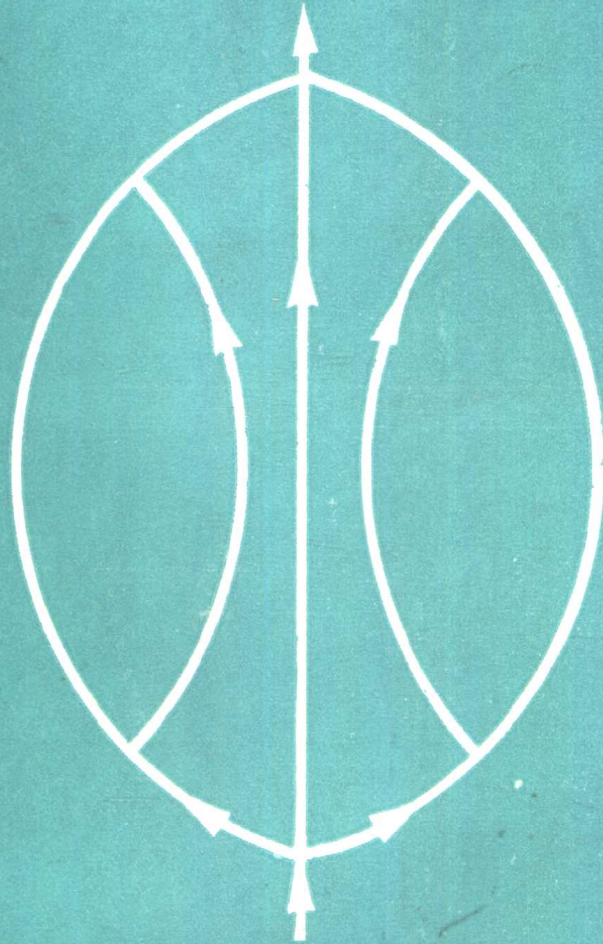


煤矿技工学校试用教材

矿井通风与安全



煤炭工业出版社

TJ72
K-224

煤矿技工学校试用教材

矿井通风与安全

康成铭编

煤炭工业出版社

739473

(京)新登字 042 号

内 容 提 要

本书是根据煤矿技工学校中级技工采掘工种教学大纲的要求编写的，重点介绍了矿井通风的基本理论和实际操作知识以及矿井水、火、沼气、煤尘等灾害的发生、发展规律及其防治措施，附录中还介绍了有关的法定计量单位及其换算关系，每章之后有复习思考题和习题。

本书文字浅显、通俗易懂，适合煤矿技工培训的特点，是煤矿技工学校的试用教材，也可供煤矿中级技工培训和有一定文化的工人自学使用。

责任编辑：邓 荷 香

煤矿技工学校试用教材
矿井通风与安全
康 成 铭 编

*
煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

*

开本787×1092mm¹/₄ 印张11¹/₄

字数 265千字 印数 181-25, 205

1989年9月第1版 1991年9月第2次印刷

ISBN 7-5020-0336-3/TD·315

书号 3140

定价 4.20元

前 言

为了适应煤矿技工学校教学和技工培训改革的需要，加速煤矿工人的智力开发和人才培养，促进煤炭工业现代化生产建设的发展和技术进步，原煤炭工业部劳动工资司于1985年成立了全国煤矿技工教材编审委员会，全面规划了技工教材的建设工作，确定编写一套具有煤矿特点的中级技工教材。这套教材包括：《综采工作面采煤机械》、《煤矿开采方法》、《矿山电工》、《机械化掘进工艺》、《机械制图》、《工程力学》、《采煤机液压传动》等共60余种。

这套教材主要适用于煤矿中级技工（包括在职技工和后备技工）正规培训需要，也适合具有初中文化水平的工人自学和工程技术人员参考。

《矿井通风与安全》是这套教材中的一种，是根据全国煤矿技工培训统一教学计划和大纲进行编写的，并由全国煤矿技工教材编审委员会组织审定认可，是全国煤矿技工学校和在职培训采掘等工种必备的统一教材。该教材由鸡西煤矿技工学校康成铭同志主编，淄博矿务局技工学校于连臣同志主审，长广、淮北、铜川、韩城等煤矿（矿务局）技工学校的有关教师和工程技术人员参加了审定修改工作。原煤炭工业部劳动工资司的有关同志具体组织并参加了该教材的审定和修改工作。

由于编写时间仓促，经验不足，书中难免有错误之处，请使用单位及读者批评指正。

全国煤矿技工教材编审委员会

1988年10月4日

目 录

绪 言	1
第一章 矿井空气	2
第一节 矿井空气的主要成分	2
第二节 矿井空气中的有害气体	3
第三节 矿井气候条件	8
第二章 矿井通风	15
第一节 通风压力与阻力	15
第二节 通风系统	28
第三节 采区通风	41
第四节 掘进通风	45
第五节 风量计算与测量	52
第三章 矿井瓦斯	61
第一节 煤层沼气含量	61
第二节 沼气涌出	64
第三节 矿井沼气爆炸及其预防	70
第四节 沼气浓度检测	80
第五节 瓦斯喷出与突出	87
第六节 瓦斯抽放	101
第四章 矿尘	108
第一节 矿尘的产生及其危害	108
第二节 煤尘爆炸及其预防	110
第三节 煤矿尘肺病及其防治	117
第四节 粉尘浓度的测定	120
第五章 矿井防灭火	127
第一节 概述	127
第二节 煤炭自燃	128
第三节 矿井防火	133
第四节 矿井灭火	141
第六章 矿井防治水	152
第一节 矿井水灾的发生	152
第二节 矿井防治水	155
第三节 矿井透水事故的处理	163
第七章 矿山救护	166
第一节 矿工自救基本知识	166
第二节 避难硐室和自救呼吸器	167
第三节 矿井灾害预防与处理计划	170
附录一 字母表	171

附录二	国际单位制的基本单位	171
附录三	国际单位制中具有专门名称的导出单位示例	172
附录四	国家选定的非国际单位制单位示例	172
附录五	常用法定计量单位与工程单位制单位的换算	172
附录六	压力单位换算	173
参考文献	174

绪 言

《矿井通风与安全》是井下采掘等工种的重要专业课。它的任务是根据党和国家的安全生产方针，掌握矿井通风的基本知识和各种自然灾害发生的规律，运用科学技术手段，将新鲜风流源源不断地送到矿井各用风地点，排除或冲淡有害气体，创造良好的劳动卫生条件，防止各种事故的发生，达到安全生产的目的。

矿井采煤是地下作业，工作空间狭窄，见不到阳光，空气也不如地面新鲜流畅，经常会受到水、火、瓦斯、煤尘、顶板等自然灾害的威胁。因此，搞好矿井通风与安全工作，是关系到煤矿职工生命安全和身体健康以及千家万户幸福的大事，同时也是保护国家资源和财产不受损失及高速发展煤炭工业的重要前提。

党和国家无比关怀煤矿工人的生命安全和身体健康，制订了“安全第一”的生产方针。在整个生产和建设过程中，都要树立人是最宝贵的思想，必须把保护矿工的生命安全和身体健康作为第一位的工作来抓，并要把“安全第一”作为生产和建设的指导思想和准则。

每个煤矿工人都应充分认识安全生产的重要性，一定要掌握矿井通风的基本知识和预防各种自然灾害的措施，结合实验和实习，掌握实际操作技能。在生产实践中自觉遵守各项规章制度，保证安全生产，为发展煤炭事业和四个现代化多做贡献！

第一章 矿井空气

第一节 矿井空气的主要成分

人们的生存一时一刻都离不开空气，在矿井中工作时，也必须有新鲜空气。矿井中的空气来自地面大气，所以首先介绍地面大气的主要成分。

我们居住的地球周围包围着很厚很厚的空气，一般称为大气。它的主要成分及按体积计算各种成分所占百分比是：

氧 (O ₂)	20.96%
氮 (N ₂)	79.00%
二氧化碳 (CO ₂)	0.04%

除上述之外，地面大气还含有少量的数量不定的水蒸气、微生物和灰尘等。

一、氧

空气中氧是无色、无味、无臭的气体，它的密度为空气密度的 1.11，化学性质很活泼，几乎可以和所有的气体相化合。氧能助燃及供人和动物呼吸。

氧对人的生命有着密切关系，是人体新陈代谢不可缺少的物质。没有氧，人就活不成了。

人体维持正常生命过程的需氧量，取决于人的体质、精神状态和劳动强度等。一般说来，人在休息时，平均每分钟需氧量为 0.25 L；工作和行走时大约为每分钟 1~3 L。

空气中氧的浓度对人体健康影响很大。最有利于人呼吸的氧浓度为 21% 左右；当氧的浓度降低到 17% 时，人在静止状态无影响，若是工作，能引起喘息、心跳和呼吸困难；当氧浓度降低到 10~12% 时，人将失去知觉，对人的生命已有严重威胁；在氧浓度为 6~9% 时，人在短时间内将会死亡。

矿井中氧气减少的原因很多：（1）人员的呼吸、炸药爆炸、坑木腐朽、煤的缓慢氧化都要消耗氧气；（2）从煤层和围岩中会涌出各种有害气体（如沼气和二氧化碳等），其它气体含量增多了，氧的浓度就相对地减少了；（3）矿井火灾、沼气和煤尘爆炸等都会使氧气减少。在通风不良的巷道中，氧气浓度可能显著降低，在进入之前必须先进行检测，否则贸然进入可能使人窒息。

《煤矿安全规程》（以下简称《规程》）规定：在采掘工作面的进风流中，按体积计算，氧气不得低于 20%。因此，每个矿井必须进行不间断地通风，把适量的新鲜空气源源不断地送到矿井中，这是矿井通风工作最基本的任务之一。

二、氮

氮是无色、无味、无臭的气体。它的密度为空气密度的 0.97，不助燃，也不能供人呼吸。在正常情况下，氮对人体无害。但是，当空气中含量过多时，就会使氧的浓度相对减少，故会因缺氧而使人窒息。

矿井中氮气的来源是：坑木等有机物质的腐烂，会产生氮气；炸药爆炸会生成氮气；

从煤层和岩层的裂缝中还会涌出氮气。

三、二氧化碳

二氧化碳是无色、略有酸味的气体。它的密度为空气密度的1.52，是一种较重的气体，常在巷道的底板、下山等低矮地方积存。二氧化碳不助燃，也不能供人呼吸，易溶于水，生成碳酸，使水溶液呈弱酸性。二氧化碳对眼、鼻、喉粘膜有刺激作用，是略有毒性的气体。

二氧化碳对人的呼吸有刺激作用，当肺泡中二氧化碳浓度增多时，能刺激人的呼吸神经中枢，引起呼吸量增加。这常常用于急救受有害气体伤害的患者。首先让患者吸入混有5%二氧化碳的氧气，以加强其呼吸。

空气中二氧化碳过多时，会对人体引起不良影响。当空气中二氧化碳浓度为1%时，呼吸急促；当二氧化碳浓度增加到5%时，呼吸困难，同时有耳鸣和血液流动加快的感觉；当二氧化碳浓度增加到10~20%时，呼吸将处于停顿状态并失去知觉；当二氧化碳浓度高达20~25%时，人将中毒死亡。

矿井中二氧化碳的来源主要是：有机物的氧化；煤和岩石的缓慢氧化；矿井水（主要是酸性水）遇碳酸性岩石（方解石和石灰石等）分解产生；爆破工作，矿内火灾，煤炭自燃以及沼气、煤尘爆炸生成；从煤层和岩层中涌出；人员呼吸等都能产生二氧化碳。

总之，地面空气进入矿井之后，在温度、湿度、成分、压力等方面都要发生变化。我们把变化小的、与地面空气成分相差不大的叫做新鲜空气或新鲜风流，而把变化大的、清洗过工作面的叫做污浊空气或乏风。

第二节 矿井空气中的有害气体

一、矿井中的有害气体

在矿井生产和建设过程中，常常会遇到一氧化碳（CO）、硫化氢（H₂S）、二氧化硫（SO₂）、二氧化氮（NO₂）、沼气（CH₄）、氢气（H₂）、氨气（NH₃）等气体，其中有的有毒，有的能燃烧或爆炸，我们把它们统称为有害气体。

（一）一氧化碳（CO）

一氧化碳是无色、无味、无臭的气体。它的密度为空气密度的0.97，微溶于水。在一般温度与压力下，一氧化碳的性质不活泼，但当浓度在13~75%时，遇火能引起爆炸。

一氧化碳毒性很强，它对人体内血色素的亲合力比氧大250~300倍。因此，一氧化碳吸入人体后，就阻碍了氧和血色素的正常结合，使人体各部组织和细胞因缺氧而引起窒息和死亡。

一氧化碳中毒程度和中毒速度与下列因素有关：

- （1）空气中一氧化碳的浓度；
- （2）与一氧化碳接触时间的长短；
- （3）呼吸频率和呼吸深度。

人若处于静止状态，一氧化碳浓度与中毒程度，见表1-1。

一氧化碳中毒有明显特点：嘴唇呈桃红色，两面颊有红斑点。如果一氧化碳达1%时，人只要呼吸几口就失去知觉；如果长期在含有一氧化碳0.01%的空气中生活与工作，还会发生慢性中毒。《规程》规定：井下空气中一氧化碳浓度不得超过0.0024%。

表 1-1 一氧化碳浓度与中毒症状

CO的浓度		中毒时间	中毒程度	中毒症状
mg/L	体积百分比			
0.2	0.016	数小时		无症状或有轻微症状
0.6	0.048	1小时以内	轻微中毒	耳鸣、心跳、头昏、头痛
1.6	0.128	0.5~1小时	严重中毒	四肢无力、呕吐、丧失行动能力
5.0	0.400	短 时 内	致命中毒	丧失知觉、痉挛、呼吸停顿、假死

矿井中一氧化碳的来源是：爆破工作、火灾、沼气和煤尘爆炸、煤炭自燃等都能产生一氧化碳。由于沼气和煤尘爆炸能迅速产生大量一氧化碳，所以对人的威胁极其严重。

(二) 硫化氢 (H₂S)

硫化氢是无色、微甜、有臭鸡蛋味的气体。它的密度为空气密度的1.19，易溶于水，能燃烧，当浓度在4.3~46%时还能爆炸。硫化氢有很强的毒性，能使血液中毒，对眼睛、粘膜和呼吸系统有强烈刺激作用。当空气中硫化氢的浓度为0.01%时，就能闻到气味，流唾液，流清鼻涕并呼吸困难；当硫化氢浓度达0.02%时，眼、鼻、喉粘膜受强烈刺激；头痛、呕吐、四肢无力；浓度达0.05%时，半小时内人失去知觉、痉挛、死亡。

《规程》规定：井下空气中硫化氢的浓度不得超过0.00066%。

矿井空气中硫化氢的来源是：有机物的腐烂；含硫矿物（黄铁矿、石膏等）遇水分解；爆破工作产生；从旧巷涌水中或从煤层和围岩中放出。

(三) 二氧化硫 (SO₂)

二氧化硫是无色、具有强烈硫磺燃烧味的气体，它的密度为空气密度的2.2，易溶于水。由于它对眼睛和呼吸器官有强烈刺激作用，所以矿工们称它为“害眼气体”。二氧化硫与呼吸器官的湿表面接触后能形成硫酸，因而对呼吸器官有腐蚀作用，使喉咙和支气管发炎，呼吸麻痹，严重时引起肺水肿。当空气中二氧化硫浓度达0.002%时，能引起眼红肿、流泪，咳嗽、头痛、喉痛；达0.005%时，能引起急性支气管炎和肺水肿，并在短时间内死亡。

《规程》规定：井下空气中二氧化硫的浓度不得超过0.0005%。

矿井空气中二氧化硫的来源是：含硫矿物的缓慢氧化或自燃生成；从煤层或围岩中放出；在含硫矿层中爆破也能生成。

(四) 二氧化氮 (NO₂)

二氧化氮为红褐色气体，它的密度为空气密度的1.57，极易溶于水，能和水结合成硝酸，对肺组织起破坏作用，造成肺水肿；对眼睛、鼻腔、呼吸道等有强烈刺激作用，是一种毒性很强的气体。

空气中二氧化氮浓度达0.004%时，2~4小时内尚不致显著中毒；达0.006%时，短时间内喉咙就感到刺激、咳嗽、胸痛；达0.01%时，强烈刺激呼吸器官，严重咳嗽，声带痉挛，呕吐、泄泻，神经麻木；达0.025%时，短时期内即可致死。

二氧化氮中毒可以有潜伏期，有的在严重中毒的当时也无明显感觉，还可坚持工作。但经过6~24小时后发作，出现严重的咳嗽、头痛、呕吐甚至死亡。

《规程》规定：矿井空气中二氧化氮的浓度不得超过0.00025%。

矿井中二氧化氮的来源是：放炮产生。通常放炮后产生一氧化氮（NO），因它极不稳定，遇到空气中的氧即转化为二氧化氮。

（五）氢气（H₂）

氢是无色、无味、无臭的气体，它的密度为空气密度的 0.07。浓度在 4~74% 时有爆炸性。矿井空气中氢气的来源是：蓄电池充电时放出。

《规程》规定：井下充电室风流中以及局部积聚处的氢气浓度，都不得超过 0.5%。

（六）氨气（NH₃）

氨是无色、有强烈刺激臭味的气体，它的密度为空气密度的 0.58，易溶于水。有毒，对眼、皮肤和呼吸系统有刺激作用，严重时可引起肺水肿。当空气中氨的浓度达到 0.0011% 时，人可嗅到气味，达 0.0093% 时，每天呼吸 6 小时一个月无内无明显症状。但浓度在 0.047% 时，人接触后就会出现受刺激的症状，贫血、体重下降、抵抗力降低。严重时导致肺水肿以致死亡。

《规程》规定氨的最高允许浓度为 0.004%。

矿井中的有害气体，除以上介绍的 6 种之外，还有二氧化碳和沼气。二氧化碳已在第一节中讲过，不再重复；沼气的数量约占有害气体总和的 80% 以上，是我们重点详细讲述的内容，放到第三章矿井瓦斯作为专题介绍。

二、有害气体的检测

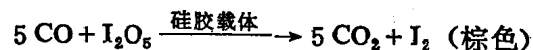
矿井中的有害气体，必须经常进行检测，以便及时发现问题，及时进行处理。检测有害气体的方法很多，如取样化验，检定管快速测定以及利用各种仪表直接测定等。取样化验是在化验室进行分析，求得有害气体的浓度，需要时间较长，不能根据具体情况及时采取有效措施。目前一般多用各种检定管直接测定有害气体的浓度。

用检定管测定有害气体浓度的原理，是根据待测有害气体与检定管中的指示剂发生化学反应后，指示剂变色的深浅或长度来确定的。前者称为比色法，后者称为比长法。比长法的优点是：准确、方便、成本低，所以目前应用较为广泛。

用检定管测定有害气体浓度时，需用的仪器有多种气体检定泵（或抽气唧筒）、秒表和各种气体检定管。

下面以比长式一氧化碳检定管为例，说明其测定原理、仪器构造和测定方法。

比长式一氧化碳检定管，是利用吸附五氧化二碘（I₂O₅）和发烟硫酸的硅胶作指示剂，置于玻璃管中，当含有一氧化碳的气体通过检定管时，检定管中的指示剂与一氧化碳相接触并发生化学反应：



一氧化碳将五氧化二碘还原，产生一个棕色环（游离碘），变色环的长度与通过检定管气体中的一氧化碳浓度成正比。因此，根据变色环的长度就可知道一氧化碳的浓度，并从检定管的刻度上直接读出数值。

比长式一氧化碳检定管的构造如图 1-1 所示，为一个两端封口的玻璃管。为了消除乙烯（C₂H₂）、硫化氢（H₂S）、二氧化硫（SO₂）等气体的干扰，在检定管有黑色物质的一端，装有活性炭（用于消除 H₂S 和 SO₂）、硫酸、硫酸银（消除 C₂H₂）等消除剂。西安煤矿仪器厂生产的比长式一氧化碳检定管有 3 种不同规格，其测定范围是：C₁D 型（0.0005~

0.01%) ; C_1Z 型 (0.005~0.1%) ; C_1G 型 (0.05~1%) 。

吸气泵的构造如图 1-2 所示, 它由上压盖 2、下压盖 7、橡皮波纹管 3 组成吸气球, 在上压盖上带有插管座 1 为吸气口, 下压盖有出气阀门 8 为排气口, 弹簧 6 可使气球压缩后恢复原位, 链条 4 是限制弹簧伸张力以保持气球为 50mL 的容积, 支撑环 5 用于支撑波纹管使其不变形。

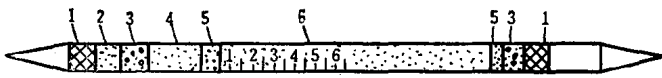


图 1-1 比长式一氧化碳检定管

1—堵塞物; 2—活性炭; 3—硅胶; 4—消除剂; 5—玻璃粉; 6—指示剂

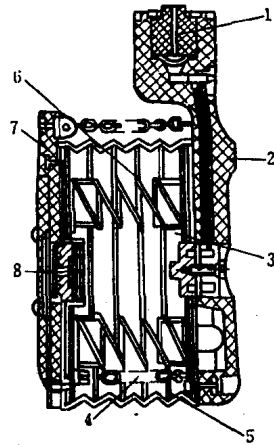


图 1-2 吸气泵

1—插管座; 2—上压盖; 3—橡皮波纹管; 4—链条; 5—支撑环; 6—弹簧; 7—下压盖; 8—出气阀门

使用时将比长式检定管两端打开, 按检定管上的箭头指向插入吸气泵的插管座 1 中, 手握吸气泵, 使其完全被压缩后, 放开吸气泵, 开始计算时间, 到 90 秒钟后即可拔出检定管。由变色环的长度可以直接从检定管刻度上读出一氧化碳的浓度。如果被测空气中一氧化碳浓度过低, 用 C_1D 型检定管也不能测出时, 可增加通过检定管气样的体积 (即增加吸气泵的动作次数)。例如吸气泵连续动作 5 次后, 从检定管刻度上读得一氧化碳浓度为 0.002%, 则实际一氧化碳浓度为:

$$\frac{\text{检定管刻度示值}}{\text{吸气泵动作次数}} = \frac{0.002\%}{5} = 0.0004\% \text{ (即 4 ppm)}$$

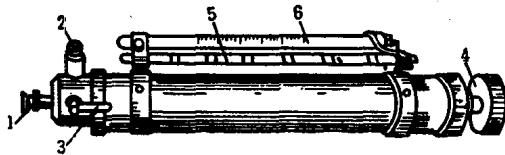


图 1-3 抽气唧筒

1—气体入口; 2—检定管插孔; 3—三通阀阀把; 4—活塞杆; 5—比色板; 6—温度计

抽气唧筒的构造如图 1-3 所示。它是由铝合金管及气密性良好的活塞等组成。抽取一次气样为 50mL。在活塞杆 4 上有十个等份刻度, 表示抽入气样的毫升数。三通阀阀把 3 有三个位置: 阀把平放时, 是抽取气样; 阀把拨向垂直位置时, 推动活塞把气样通过检定管插孔压出; 当阀把在 45° 位置时, 处于密闭状态, 此时可把气样带到安全地点进行检定。

测定方法是:

1) 采取气样。用抽气唧筒, 在测定地点先将活塞往复抽送 2~3 次, 使唧筒内原有气体完全被待测气体所置换;

2) 送入气样。把检定管两端的玻璃封口打开、将有黑色物质一端插入抽气唧筒的插孔2内,然后把采样唧筒中的50 mL气样用100秒钟均匀地送入检定管,气样中的一氧化碳即与指示剂起化学反应,产生一个棕色环;

3) 读取数值。按棕色环上端指示长度,由检定管刻度直接读出数值。

无论使用吸气泵或抽气唧筒,在检定时都应注意下列事项:

(1) 检定管应储放在阴凉处,不要碰坏两端的玻璃封口,否则不能再用;

(2) 检定管打开后不要放置太久,以免影响测定结果;

(3) 若需测定一氧化碳浓度超过0.1%的气样时,必须首先考虑测定人员的防毒措施,然后再进行测定。

用检定管测定其它有害气体时,其方法基本与测定一氧化碳相类似,只是采用不同的检定管罢了。我国生产有一氧化碳、二氧化碳、硫化氢,二氧化硫、氧化氮等数种比长式检定管,测定时应注意采用与该种待测气体一致的检定管。

三、防止有害气体危害的措施

为了防止有害气体的危害,应采取以下措施:

1) 加强通风。用适量的风量将各种有害气体排除到矿井外或冲淡到《规程》规定的无害浓度以下,是目前防止有害气体危害的重要措施之一。

2) 加强检查。应用各种仪器经常检查各种有害气体的情况,以便及时发现问题并采取有效措施。

3) 如果某种有害气体储藏量较大,可采用回采前预抽的办法。如许多矿井将沼气预先抽放出来,送到地面,并加以利用。

4) 井下通风不良的地区或不通风的旧巷道,往往积聚大量有害气体。因此,应在其出口处设置栅栏,并挂上“禁止入内”的牌子。如果要进入时,必须先进行检查,当确认对人体无害时,方可进入。

5) 当工作面有二氧化碳涌出或放炮产生二氧化氮时,应采用喷雾洒水的方法,使其溶解在水中。若在水中加入适量的石灰或一些药剂,效果会更好。水炮泥对灭火和减少放炮产生有害气体很有效,应推广使用之。

6) 如果有人由于缺氧窒息或呼吸了有毒气体中毒时,必须及时抢救并注意下列事项:

(1) 立即将窒息者或中毒者移到新鲜风流中或送到地面,首先将中毒者口里妨碍呼吸的东西(如假牙、粘液、血、泥土等)清除,将硬领、腰带、上衣解松。但对一氧化碳中毒者要注意保暖、避免着凉;

(2) 给中毒者输送纯氧并进行人工呼吸。对一氧化碳和硫化氢中毒者,最好在纯氧中加入5%的二氧化碳,刺激呼吸神经中枢,以增强呼吸能力;

(3) 对二氧化氮和二氧化硫中毒者,只能用拉舌法或活动上肢法进行人工呼吸,刺激神经引起呼吸运动,不能用压迫胸部的人工呼吸,以免加剧肺部水肿;

(4) 对硫化氢中毒者可用浸有氯水的棉花或毛巾,放在患者嘴鼻旁,也可给患者喝少许稀氯水溶液解毒;

(5) 人体外部器官受毒气刺激时,可用药水冲洗。如眼睛受二氧化硫、二氧化氮和硫化氢等气体毒害时,可用1%的硼酸水或弱明矾水溶液冲洗;喉咙受害时,可用苏达溶液或硼酸水漱口;受氨气毒害时,可用硼酸水或生理盐水漱口,用柔软毛巾擦身和冲洗

眼、鼻。

第三节 矿井气候条件

矿井气候条件是指井下空气的温度、湿度、风速这三者的综合作用。人不论在休息或劳动，身体总是不断产生热量和散失热量，以维持人体热量的平衡，使体温保持在36.5~37℃。如果失去这种平衡，人体就会感到不舒服。这种热平衡直接受井下气候条件的影响。因此，气候条件的好坏，对人体的健康和劳动生产率的提高有着密切的关系。

一、矿井空气的温度

矿井空气的温度是影响井下气候条件的主要因素，温度过高或过低时，都会使人感到不舒服，最适宜的井下空气温度是15~20℃。

影响矿井空气温度的因素有：

(1) 岩石温度的影响。一般在地面以下20~30m深度地带，岩石温度在全年内保持不变，其温度相当于当地年平均地表温度（或略高些或略低些），这一地带称为恒温带。在恒温带以下，岩石的温度随着深度的增加而升高，不受地面气温变化的影响。岩石温度的增加与垂直深度成正比，用地温率表示（即岩石温度每增加1℃时所增加的垂直深度的米数）。地温率与岩石的性质、种类有关，因此各地不同。现将我国部分不同纬度地区的恒温带温度和深度列于表1-2中。

表 1-2 部分地区恒温带温度和深度

地 区	纬度 (北纬)	恒温带深度 (m)	恒温带温度 (℃)
抚 顺	41°50'	25~30	10.5
河 北 怀 来	40°20'	14	9.0
唐 山	39°38'	35	12.7
天 津	39°10'	32	13.6
山 东 枣 庄	34°52'	40	17.0
淮 南 九 龙 岗	32°40'	20~30	16.8

知道了当地的恒温带温度、深度和地温率，就可以用下列公式计算出某一深度岩石的温度：

$$t = t_m + \frac{Z - Z_m}{g_m}, \text{℃} \quad (1-1)$$

式中 t ——深度为 Z m的岩石温度，℃；
 t_m ——恒温带的岩石温度，℃；
 Z ——地表到欲求岩石温度处的垂直深度，m；
 Z_m ——当地恒温带的深度，m；
 g_m ——当地的地温率，m/度。

例如：某矿当地恒温带深度为28m，恒温带岩石温度为5℃，地温率为30m/度，地面标高为海拔+250m，求-450m处的岩石温度。

〔解〕 因地表标高+250m，井下-450m处的垂直深度为250+450=700m，根据公式(1-1)：

$$t = t_m + \frac{Z - Z_m}{g_m} = 5 + \frac{700 - 28}{30} = 27.4^\circ\text{C}$$

答：井下-450m处岩石温度为27.4℃。

当地面空气流入矿井后，因与岩石温度有温差，故在流动的同时便进行热交换。如果地面气温低于岩石温度，岩石放热，使空气吸热温度逐渐升高；如果地面气温高于岩石温度，岩石吸热，使空气放热温度逐渐降低。

(2) 地面空气温度对井下气温也有较大影响。夏季地面气温很高，热空气流入井下，使井下气温升高；冬季地面气温很低，冷空气流入井下，使井下的气温降低。这种影响对于浅井更为明显。北方地区由于冬季寒冷，冷空气使入风井结冰，对行人和运输不利。因此，必须对入风进行预先加热。

(3) 井下生成热和吸热对矿井气温也有影响。煤炭、坑木、硫化矿物、油垢等都能氧化，生成二氧化碳，同时放出热量。每生成2g二氧化碳约产生18kJ的热量，可使1m³空气升温14.5℃；水分蒸发又要大量吸热，1kg水蒸发时约吸收2.5kJ的热量，能使1m³空气降温1.9℃。井下的风流排到地面，要带走大量的水汽，也就带走大量的热量。

(4) 当空气沿井筒向下流动时，由于空气受到压缩而产生热量，一般垂直深度每增加100m，其温度升高1℃左右；当空气沿井筒向上运动时，由于膨胀而吸热降温，平均每升高100m，温度将下降0.8~0.9℃。

(5) 通风强度对矿井温度有较大影响。当风流通过工作面或井巷时，要吸收热量，随风流散失到地面，供风量越大，则吸热越多，气温就会下降；风量不足的矿井，气温将会升高一些，瓦斯也不易排除。

综上所述，当地面空气进入矿井后，由于受到上述各种因素的影响，沿途气温要发生变化。在进风井和井底车场附近，由于岩石的吸热和放热作用，对气温起调节作用，夏季使气温下降，冬季使气温升高，矿井“冬暖夏凉”就是这个原因。当风流流经一段路程之后，不论冬季还是夏季，气温将随风路的延长而逐渐升高，到达回采工作面时达到最高点，回风中的气温略有下降，而且常年变化不大。

二、矿井空气的温度

(一) 湿度的概念

空气的湿度是指空气中含水蒸气数量多少而言，表示湿度的方法有两种：

1. 绝对湿度

绝对湿度是指每1m³或每1kg空气中所含水蒸气的克数，此种方法应用较少。

2. 相对湿度

相对湿度是指某一体积空气中实际含有水蒸气量与同温度下饱和水蒸气量之比的百分数，此种湿度应用极广，用公式表示如下：

$$\varphi = \frac{f}{F_s} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中 φ ——相对湿度，%；

f ——空气中所含水蒸气数量，g/m³；

F_s ——同温度下空气中饱和水蒸气数量，g/m³。

饱和空气中水蒸气数量的大小取决于空气的温度，见表13。

表 1-3 饱和水蒸气表

t°	在 1 m ³ 空气内 (g)	在 1 kg 空气内 (g)	水蒸气压力 (Pa)	t°	在 1 m ³ 空气内 (g)	在 1 kg 空气内 (g)	水蒸气压力 (Pa)
-20	1.1	0.8	127.99	14	12.0	9.8	1598.53
-15	1.6	1.1	193.32	15	12.8	10.5	1705.19
-10	2.3	1.7	287.98	16	13.6	11.2	1818.51
-5	3.4	2.6	422.63	17	14.4	11.9	1933.17
0	4.9	3.8	610.61	18	15.3	12.7	2066.49
1	5.2	4.1	655.94	19	16.2	13.5	2199.81
2	5.6	4.3	705.27	20	17.2	14.4	2333.14
3	6.0	4.7	757.27	21	18.2	15.3	2493.12
4	6.4	5.0	805.26	22	19.3	16.3	2639.78
5	6.8	5.4	870.59	23	20.4	17.3	2813.09
6	7.3	5.7	933.25	24	21.6	18.4	2986.41
7	7.7	6.1	998.58	25	22.9	19.5	3173.06
8	8.3	6.6	1069.24	26	24.2	20.7	3359.71
9	8.8	7.0	1143.90	27	25.6	22.0	3559.70
10	9.4	7.5	1227.90	28	27.0	23.4	3786.34
11	9.9	8.0	1311.89	29	28.5	24.8	4012.99
12	10.0	8.6	1402.55	30	30.1	26.3	4239.64
13	11.3	9.2	1497.21	31	31.8	27.3	4492.95

(二) 井下相对湿度的测定方法

测定矿井空气的相对湿度，一般用手摇式湿度计（图1-4）和风扇式湿度计（图1-5）。两者测定原理相同。现以手摇式湿度计为例来说明相对湿度的测定方法。

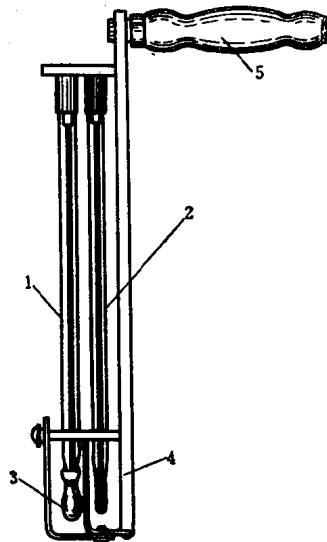


图 1-4 手摇式湿度计

1—湿温度计；2—干温度计；3—湿纱布；
4—金属框架；5—手柄（摇把）

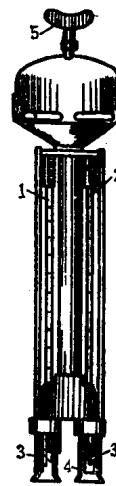


图 1-5 风扇式湿度计

1、2—温度计；3、4—套管；5—钥匙

手摇式湿度计是将两支构造相同的温度计装在一个金属框架上，其中一个为干温度

计，另一个为湿温度计（即在水银球上包裹湿纱布）。测定时手握摇把，以每分钟 150 转的速度旋转 1~2 分钟。由于湿纱布水分充分蒸发，吸收了热量，使湿温度计的指示数值下降，与干温度计之间形成一个差值。根据干、湿温度计的差值和干温度计的指示数查表 1-4，即可求得相对湿度。

例如：已知干温度计读数 $t_{\text{干}} = 22^{\circ}\text{C}$ ，湿温度计读数 $t_{\text{湿}} = 20^{\circ}\text{C}$ ，干、湿温度读数之差 $\Delta t = 2^{\circ}\text{C}$ ，求其相对湿度。

〔解〕 根据 $t_{\text{干}} = 22^{\circ}\text{C}$ 和 $\Delta t = 2^{\circ}\text{C}$ 查表 1-4，得相对湿度 $\varphi = 82\%$ 。

表 1-4 由干、湿温度计读数查相对湿度

干温度计的指示数 ($^{\circ}\text{C}$)	干湿温度计读数之差 ($^{\circ}\text{C}$)							干温度计指示数 ($^{\circ}\text{C}$)	干湿温度读数之差 ($^{\circ}\text{C}$)								
	0	1	2	3	4	5	6		7	0	1	2	3	4	5	6	7
	相对湿度 (%)								相对湿度 (%)								
0	100	81	63	46	28	12	—	—	18	100	90	80	72	63	55	48	41
5	100	86	71	58	43	31	17	4	19	100	91	81	72	64	57	50	41
6	100	86	72	59	46	33	21	8	20	100	91	81	73	65	58	50	42
7	100	87	74	60	48	36	24	14	21	100	91	82	74	66	58	50	44
8	100	87	74	62	50	39	27	16	22	100	91	82	74	66	58	51	45
9	100	88	75	63	52	41	30	19	23	100	91	83	75	67	59	52	46
10	100	88	77	64	53	43	32	22	24	100	91	83	75	67	59	52	47
11	100	88	79	65	55	45	35	25	25	100	92	84	76	68	60	54	48
12	100	89	79	67	57	47	37	27	26	100	92	84	76	69	62	55	50
13	100	89	79	68	58	49	39	30	27	100	92	84	77	69	62	56	51
14	100	89	79	69	59	50	41	32	28	100	92	84	77	70	64	57	52
15	100	90	80	70	61	51	43	34	29	100	92	85	78	71	65	58	53
16	100	90	80	70	61	53	45	37	30	100	92	85	79	72	66	59	53
17	100	90	80	71	62	55	47	40									

通常所说的湿度一般均指相对湿度而言，相对湿度值是表示空气干、湿程度的参数。在一定的温度与压力下，饱和水蒸气量 $F_{\text{饱}}$ 是一个常数，而相对湿度 φ 和绝对湿度 f 成正比， φ 值越大，空气越潮湿； φ 值越小，空气越干燥。一般认为相对湿度 φ 值在 50~60% 较为适宜。

(三) 矿井空气湿度的变化规律

在一般情况下，在矿井进风路线上，冬季空气进入矿井后，因温度升高而使饱和能力加大（即 $F_{\text{饱}}$ 值增大）。所以，沿途要吸收水分，使进风井巷显得干燥；夏季地面空气进入矿井后，温度逐渐下降，饱和能力变小，空气中所含的一部分水蒸气凝结成水珠，附着于巷道壁，使沿途井巷显得潮湿。因此，在进风路线上往往出现“冬干夏湿”现象。但进风井巷如果有淋水、即使在冬天，也是潮湿的。

矿井的回风巷道和出风井，相对湿度都在 95% 以上，而且一般常年变化不大。

三、矿井中的风速

井巷和采掘工作面的风速过低或过高都不好。风速过低了，汗水不易蒸发，人体多余热量不易散失掉，人就会感到闷热不舒服，同时沼气也容易积聚；风速过高时，容易使人