

煤矿通风与安全

《煤矿通风与安全》编写组

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书比较系统地阐述了矿井通风的基础理论，通风技术管理方法，通风设计与煤矿各种自然灾害的发生、发展规律和防治措施；反映了我国煤矿通风与安全工作中所取得的最新成就，并介绍了国外某些科技成果。

本书系煤炭系统大专院校采煤专业通风与安全课程的教材，亦可作为煤矿“七·二一”工人大学等的参考教材和供现场有关人员参考。

煤 矿 通 风 与 安 全

《煤矿通风与安全》编写组

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16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787×1092¹/₁₆ 印张21¹/₄

字数 508 千字 印数1—19.160

1979年6月第1版 1979年6月第1次印刷

书号15035·2211 定价2.20元

前 言

在煤矿生产建设过程中，要经常不断地同水、火、瓦斯和煤尘等自然灾害作斗争。因此，搞好矿井通风与安全，是保障矿工生命安全、身体健康、避免发生事故和高速度发展煤炭工业的一个重要前提。

党和政府一贯十分重视煤矿的安全生产工作。遵照伟大导师毛主席关于“在实施增产节约的同时，必须注意职工的安全、健康和必不可少的福利事业”的教导，早在1952年全国劳动保护工作会议上就制定了安全生产方针，其后又颁发了一系列劳动保护法令。多年来，煤炭战线的广大职工在毛主席革命路线的指引下，高举鞍钢宪法的伟大旗帜，全面贯彻党的安全生产方针，充分发动群众，依靠群众，建立健全了合理的规章制度，在三大革命斗争中，逐步认识和掌握了各种自然灾害的发生和发展规律，采取以预防为主的各种防治措施，使通风与安全工作取得很大成绩。为了总结和推广煤矿通风与安全方面的经验，使从事和即将从事煤矿工作的同志们进一步了解和掌握有关通风与安全的技术理论和生产实践知识，更好地为煤矿安全生产服务。为此，1974年，由山东矿业学院、山西矿业学院、四川矿业学院、西安矿业学院、河北矿冶学院、阜新煤矿学院、重庆大学、贵州工学院、淮南煤炭学院和焦作矿业学院等十所院校的通风与安全教研室的同志们，在调查研究的基础上，共同协作编写了《煤矿通风与安全》试用教材。1977年，为了进一步适应煤炭工业形势发展的需要，由上述院校对试用教材进行了修编。在大家讨论拟定修编提纲的基础上，推举山东矿业学院、四川矿业学院、西安矿业学院和淮南煤炭学院通风与安全教研室的有关教师执笔，写出了本书初稿。然后经过两次修改，最后由西安矿业学院和山东矿业学院负责总审定稿。

本书在编写过程中，得到了广大通风与安全工作者的大力支持和热情帮助，提出了许多宝贵意见，对此表示衷心的感谢。

由于编审者的水平所限，加之修编时间比较仓促，书中一定会有不少缺点和错误，恳请读者批评指正。

编 者

1978年1月

目 录

第一章 矿内空气与所需风量	1
第一节 矿内空气	1
第二节 矿内空气中的有害气体和矿尘	2
第三节 矿内气候条件	6
第四节 采掘工作面及峒室所需风量的计算	14
第五节 巷道通过风量的测算	16
第二章 矿井通风压力	22
第一节 矿井空气的常用物理参数	22
第二节 矿井空气的静压	23
第三节 风流流动的基本规律	27
第四节 矿井通风中的能量方程	30
第五节 井巷通风压力及其测定	32
第三章 矿井通风阻力	43
第一节 矿井风流的流态与阻力定律	43
第二节 摩擦阻力	45
第三节 局部阻力	50
第四节 井巷风阻与等积孔	53
第五节 井巷通风阻力测定	56
第六节 流体流动的相似原理	65
第四章 矿井通风动力	70
第一节 自然通风	70
第二节 矿用扇风机	74
第三节 矿用扇风机的特性及其表示方法	83
第四节 扇风机性能测定	91
第五节 扇风机的合理工作范围	101
第六节 扇风机的联合工作	104
第五章 采区通风	109
第一节 采区通风网路	109
第二节 采区通风系统	111
第三节 通风构筑物	115
第四节 提高有效风量的措施	121
第六章 掘进通风	124
第一节 掘进通风方法	124
第二节 掘进通风设备与选择计算	128
第三节 局扇通风技术管理	135
第四节 煤巷掘进通风	139

第七章 通风网路中风流流动的规律与应用	143
第一节 通风网路中风流流动的普遍规律	143
第二节 串联风路与并联网路中风流流动的特殊规律	145
第三节 对角风路中风流方向的变化规律和应用	148
第四节 复杂网路中风量自然分配的计算	149
第五节 通风网路中风量自然分配的图解	154
第六节 通风计算机	160
第八章 风量按需调节	168
第一节 局部风量调节	168
第二节 矿井总风量调节	177
第三节 多台主扇联合运转的相互调节	180
第九章 矿井通风设计	184
第一节 拟定矿井通风系统	184
第二节 计算和分配矿井总风量	189
第三节 计算井巷通风总阻力	193
第四节 选择矿井通风设备	195
第五节 概算矿井通风费用	197
第六节 生产矿井的通风设计简述	198
第十章 矿井瓦斯	200
第一节 概述	200
第二节 煤层瓦斯含量	200
第三节 矿井瓦斯的涌出	202
第四节 瓦斯爆炸及其预防	212
第五节 瓦斯喷出与突出及其预防	222
第六节 瓦斯抽放	236
第七节 瓦斯检测仪表	247
第十一章 矿尘	254
第一节 概述	254
第二节 煤尘的爆炸及其预防	255
第三节 煤矿尘肺及其预防	261
第十二章 煤矿防灭火	269
第一节 概述	269
第二节 煤炭自燃	270
第三节 煤炭自燃火灾的预防	275
第四节 外源火灾的预防	283
第五节 矿内灭火	284
第六节 火区的管理与启封	293
第十三章 煤矿防治水	295
第一节 概述	295
第二节 煤矿防治水的措施	295
第三节 透水事故的处理	307
第十四章 煤矿救护	310

第一节 概述	310
第二节 矿山救护队	310
第三节 矿工自救	313
第四节 矿井灾害预防和处理计划(简称计划)	315
附录 I 井巷摩擦阻力系数 α 值表	318
附录 II 井巷局部阻力系数 ξ 值表	322
附录 III 井巷通风阻力测定记录表格	322
附录 IV 4-72-11离心式扇风机性能表	324
附录 V 轴流式扇风机技术特征	330
主要参考书及参考资料	334

第一章 矿内空气与所需风量

煤矿生产是地下作业，自然条件比较复杂。地面空气在进入井下并流经各作业场所的过程中，将掺入大量有害气体和矿尘，成分逐渐发生变化；同时，空气的温度、湿度和压力也要发生变化。为了保证矿工的健康，进行安全生产并不断提高劳动生产率，必须不断供给井下适量的新鲜空气，以冲淡和排除有害气体和矿尘，创造良好的气候条件。这是矿井通风的基本任务之一。

本章重点阐述矿内空气和井下各种有害气体的基本性质及测定方法；气候条件对人体的影响；采掘工作面和峒室所需风量的计算及井巷中通过风量的测算等。

第一节 矿内空气

矿内空气来源于地面空气。地面空气主要由氧（O₂）、氮（N₂）和二氧化碳（CO₂）所组成。上述气体在空气中各占的体积百分比为：

氧	20.96%
氮	79.00%
二氧化碳	0.04%

除上述气体外，地面空气中还含有1%左右的水蒸汽和微量的灰尘与微生物等。

地面空气进入矿井后，在成分上将发生一系列的变化，诸如氧浓度减少，混入各种有害气体和矿尘；同时，空气的温度、湿度和压力也要发生变化。

由此可见，地面空气与矿内空气是有区别的。但是，如果矿内空气在成分上与地面空气差别不大或近似相同时（例如井底车场、运输大巷等的风流），这种矿内空气称为新鲜风流；而流经采掘工作面后的风流，则称为污浊风流。

矿内空气的主要成分：

一、氧

空气中的氧是一种无色、无味、无臭的气体，对空气的比重为1.11。它的化学性质很活泼，几乎可与所有气体相化合。氧能助燃和供人与动物呼吸。

氧对人的生命有着密切关系。人所以能生存，是因为人体内不断进行着细胞的新陈代谢作用，即新细胞不断代替衰亡了的旧细胞；而新陈代谢作用是靠人吃进食物与吸入空气中的氧，在体内进行氧化过程来维持的。因此，凡是矿内作业场所和人们通行、聚集的地点，都必须要有充足的氧。

人体维持正常生命过程所需的氧量，取决于人的体质、精神状态和劳动强度等。一般说，人在休息时平均需氧量为0.25升/分，进行工作和行走时为1~3升/分。

矿内空气中氧的浓度是要不断减少的。这是因为矿内各种有机物（木材、支架等）和无机物（矿物、岩石）的氧化，矿物自燃，矿井火灾，以及瓦斯、煤尘爆炸等，都要直接消耗氧。此外，井巷内不断放出的各种有害气体，也相对地降低着氧的浓度。但是，只要

是通风良好的巷道，氧浓度的减少量是微小的；只有在通风不良或采空区的旧巷内，氧浓度才可能显著降低。人们在进入上述巷道之前，必须先进行检查，否则不能冒然进入。

空气中氧的浓度对人的健康影响很大。最有利于呼吸的氧浓度为21%左右；当氧浓度降为17%时，人在静止状态尚无影响，但在工作时能引起喘息、呼吸困难和心跳；当氧浓度降到10~12%时，人将失去理智，对人的生命已有严重威胁；在氧浓度为6~9%时，人在短时间内将失去知觉或死亡。

因此，《煤矿安全生产试行规程》（以下简称《规程》）规定：在总进风和采掘工作面进风流中，按体积计算，氧气不得低于20%。为此，必须对矿井进行不间断的通风，将适量的新鲜空气源源不断地送到井下。这是矿井通风最基本的任务之一。

二、氮

空气中的氮，无色、无味、无臭，比重0.97，不助燃也不能供人呼吸。在正常情况下，氮对人体无害，但在废弃的旧巷或隔离着的火区内，可积存大量的氮，氧浓度相对地减少，使人因缺氧而窒息。

三、二氧化碳

二氧化碳是无色略带酸臭味的气体，比重1.52，常积聚于巷道的底部。不助燃也不能供人呼吸，略有毒性，易溶于水。

二氧化碳对人的呼吸有刺激作用。当肺泡中二氧化碳增多时，能刺激人的呼吸神经中枢，引起呼吸频繁，呼吸量增加。所以在急救受有害气体伤害的患者时，常常首先让其吸入含有5%二氧化碳的氧气，以加强呼吸。但空气中二氧化碳浓度过高时，又会相对地减少氧的浓度，并使人中毒或窒息。二氧化碳对人体的影响与其浓度有关。浓度为1%时，呼吸感到急促；浓度增加到5%时，呼吸感到困难，同时有耳鸣和血液流动很快的感觉；达10~20%时，呼吸将处于停顿状态和失去知觉；当浓度高达20~25%时，人将中毒死亡。

二氧化碳的主要来源有：有机物的氧化；煤和岩石的缓慢氧化，以及矿井水与碳酸性岩石的分解作用；爆破工作，矿内火灾，煤炭自燃以及瓦斯、煤尘爆炸时，也能产生大量二氧化碳。此外，有的煤层或岩层能长期连续放出二氧化碳，甚至有的煤层在短时间内大量喷出或与大量煤粉同时喷出二氧化碳。发生这种现象时，往往会造成严重破坏性事故。

第二节 矿内空气中的有害气体和矿尘

一、矿内空气中的有害气体

在煤矿生产过程中，比较经常遇到的有害气体有：沼气（ CH_4 ）、一氧化碳（ CO ）、二氧化硫（ SO_2 ）、二氧化氮（ NO_2 ）、硫化氢（ H_2S ）和氢气等。上述气体（沼气在第十章论述）的基本性质、来源、对人体的危害、安全浓度以及中毒后的急救措施等，见表1-1。

二、有害气体的检查

对矿内空气中的各种有害气体，必须经常进行检查测定，以便发现问题及时处理。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。采取空气试样在化验室进行分析，求得有害气体的浓度，需要较长的时间，并且不能根据具体情况迅速采取有效的预防措施。因此目前一般多用各种检定管直接测定有害气体的浓度。现将检定管测定法简述如下：

用检定管测定某种有害气体的浓度，是根据待测有害气体与检定管中指示剂发生化学

变化后，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，所以目前较多采用。我国生产的有一氧化碳、硫化氢、二氧化硫和氧化氮等几种比长式检定管。

表 1-1 矿内有害气体的情况及防治措施

气体名称	主要来源	比重	色和味	溶水性	危害性	中毒症状	安全浓度%	预防和处 理措施	急救措施
一 氧 化 碳 CO	爆破工 作、火 灾、瓦 斯和煤 尘爆 炸、煤 炭自燃	0.97	无 色 无 味 无 臭	微 溶	极毒。一氧化碳与 血色素的结合力比氧 与血色素的结合力 大250~300倍，使血 液中毒，阻碍氧和血 色素的结合，使人体 缺氧引起窒息和死 亡。 浓度达13~75%有 爆炸性	轻微中毒：耳鸣、 头痛、心跳。 严重中毒：四肢 无力，呕吐丧失行 动能力。 致命中毒：丧失 知觉，痉挛，呼吸停 顿，假死。 (致命中毒的浓 度为0.4%)	<0.0016 短时间内 <0.02	防止 煤炭自燃 火灾和瓦 斯、煤尘 爆炸事故 的发生； 放炮后喷 雾；加强 通风	立即移到新鲜风 流中，注意保暖； 进行人工呼吸
硫 化 氢 H ₂ S	有机物 腐烂、 硫化矿 物水解、煤 岩中放 出	1.19	无色、 微甜、 有臭鸡 蛋臭 0.0001% 可嗅到	易 溶	有强烈毒性。能使 人的血液中毒；对眼 睛、粘膜及呼吸系统 有强烈刺激作用。 浓度达4.3~46% 有爆炸性	浓 度 为 0.01~0.015%时， 流垂液和清水鼻 涕、呼吸困难。 浓度0.02%，眼、 鼻、喉粘膜受强烈 刺激；头痛、呕吐， 四肢无力。 浓度0.05%，半 小时内人失去知 觉，痉挛，死亡	<0.00066	向煤体 注入石灰 水(水采 时可在水 中加石 灰)； 加强通 风	立即移到新鲜 风流中，进行人 工呼吸； 用浸有氯水的 棉花或毛巾放在 患者嘴鼻旁，也 可让患者喝稀氯 水溶液解毒； 用1%硼酸水 或弱明矾水冲洗 眼睛
二 氧 化 氮 NO ₂	爆 破 工 作	1.57	棕红 色、 有刺 激臭	极 易 溶	有强烈毒性。能和 水结合成硝酸，对肺 组织起破坏作用，造 成肺浮肿；对眼睛、鼻 腔、呼吸道等有强烈 刺激作用	浓度0.006%，咳 嗽，胸部发痛； 浓度0.01%，剧 烈咳嗽，呕吐，神经 系统麻木； 浓度0.025%，短 时间内死亡	<0.00025	加强通 风，用水 炮泥和喷 雾洒水	立即移到新鲜 风流中，用拉舌 法或活动上肢法 进行人工呼吸； 用1%浓度的 硼酸水或弱明矾 水冲洗眼睛
二 氧 化 硫 SO ₂	含硫矿 物氧化及 自燃； 含硫矿层 中进行爆 破工作； 硫化矿 尘的爆炸	2.2	有刺激 臭及酸 味	易 溶	有强烈毒性。与眼、 呼吸道的湿表面接触 后能形成硫酸，对眼 及呼吸道有强烈腐蚀 作用，引起肺水肿	浓度0.002%，引 起眼红肿，流泪，咳 嗽，头痛，喉痛； 浓度0.005%，引 起急性支气管炎， 肺水肿，并在短时 间内死亡	<0.0007	预防火灾 加强通风	立即移到新鲜 风流中，用拉舌 法或活动上肢法 进行人工呼吸； 用1%硼酸水 或弱明矾水冲洗 眼睛
氢 H ₂	蓄电 池充 电时 放出	0.07	无 色 无 味 无 臭		浓度达4~74%有 爆炸性		<0.5	加强通风	

用检定管测定某种有害气体浓度时需用的仪器有：抽气唧筒、秒表和气体检定管。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装有化学指示剂、两端封口的玻璃管，如图1-1所示。

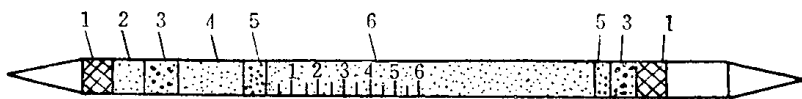
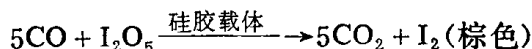


图 1-1 比长式一氧化碳检定管

1—堵塞物；2—活性炭；3—硅胶；4—消除剂；5—玻璃粉；6—指示剂

比长式一氧化碳检定管测定一氧化碳浓度的原理是，利用吸附五氧化二碘（ I_2O_5 ）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（CO）相接触并起化学反应，CO 将 I_2O_5 还原，产生一个棕色变色圈（游离碘），变色圈的长度与通过检定管的气体中的 CO 浓度成正比。因此，根据变色圈的长度就可指示 CO 的浓度，并从检定管的刻度上直接读值。其化学反应式如下：



为了消除乙烯、硫化氢、二氧化硫等气体的干扰，在检定管的前端（有黑色物质的一端）装有活性炭（消除 H_2S 和 SO_2 ）、硫酸、硫酸银（消除乙烯 C_2H_2 ）等消除剂。

检定管的测定范围为 0.001~0.1%。

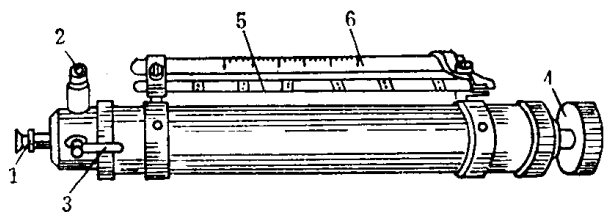


图 1-2 抽气唧筒

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

图 1-2 所示为抽气唧筒。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 50 毫升，在活塞杆 4 上有十等分刻度，表明吸入气体试样的毫升数。三通阀阀把 3 有三个位置：阀把平放时，是抽取气体试样；当阀把拨向垂直位置时，推动活塞把试样通过检定管插孔 2 压出；当阀把拨在 45° 位置时，是密闭状态，此时可把气体试样带到安全地带进行测定。

测定方法如下：

1. 采取空气试样 用抽气唧筒，在测定地点先将活塞往复抽送 2~3 次，使唧筒内原来存在的空气完全被待测气样所置换；

2. 送入气体试样 把检定管两端的玻璃封口打开，将有黑色物质的一端插入抽气唧筒的插孔 2，然后把采样唧筒中 50 毫升气样用 100 秒钟均匀地送入检定管，气样中含有的二氧化碳即与指示剂起反应，产生一个变色圈；

3. 读值 按变色圈上端所指示的长度，由检定管上的刻度直接读出 CO 浓度。检定管上的数字 1 即代表 0.01%；2 代表 0.02%，以此类推。一大格又分五小格，每小格即是 0.002%。

测定时注意事项：

1. 检定管打开后不要放置太久，以防影响测定结果；
2. 检定管应储放在阴凉处，不要碰坏两端封口，否则，不能再使用；

3. 这种检定管只能测定 0.1% 以下的 CO 浓度, 若需测定浓度超过 0.1% 的气样时, 首先应考虑测定人员的防毒措施, 然后再进行测定。

在井下实测前, 首先准备一个胶皮气囊, 其中装以新鲜空气, 在测定时可在抽取巷道中一部分气样以后, 再从气囊中抽取新鲜空气使之冲淡。空气中所含 CO 的实际浓度, 即为测定时读值乘以冲淡的倍数。

对于浓度低于 0.001% 的微量一氧化碳, 在测定时可把气体试样送入的时间增大 2~10 倍, 再观察其结果, 若送气时间增大 10 倍, 得出结果为 0.002%, 则实际浓度为 0.0002%。或增加送气次数, 然后把所得浓度值被送气次数除, 同样可得微量一氧化碳的真实浓度。

用检定管测定其它有害气体时, 其方法基本相同, 但测定某种气体时, 应采用该种待测气体的检定管。

三、矿尘

在采掘生产过程中所产生的煤和岩石的细微颗粒统称为矿尘。矿尘对矿井生产和人体都有严重危害。煤尘能引起爆炸; 矿尘能引起矿工尘肺病。因此, 《规程》规定, 粉尘中含游离二氧化硅在 10% 以上时, 空气中的粉尘浓度要降低到 2 毫克/米³ 以下, 井下空气中煤尘的浓度, 不得超过 10 毫克/米³。

四、矿井瓦斯

矿井瓦斯是井下有害气体的总称。但是, 在这些气体中的主要成分是沼气 (据抚顺龙凤矿分析, 沼气占 83.4~96.5%), 所以, 通常所谓矿井瓦斯, 就是指沼气。本书以后谈及矿井瓦斯问题时, 一般均指沼气而言。

矿井瓦斯是一种无色、无味、无臭的气体。比重为 0.554, 在矿井标准条件下每米³ 重 0.716 公斤。它难溶于水。扩散性较空气高 1.6 倍。瓦斯虽然无毒, 但当浓度很高时, 会引起窒息。

矿井瓦斯不助燃, 但在空气中具有一定浓度 (5~16%), 并遇到高温 (650~750℃) 时能引起爆炸, 对安全生产威胁很大。为了便于管理, 将矿井瓦斯按其涌出量的大小分成若干等级, 并按不同等级, 采取相应的安全措施和管理标准。

1. 矿井瓦斯涌出量的表示方法

矿井瓦斯涌出量的大小, 可用绝对涌出量和相对涌出量两种方法来表示。

1) 绝对瓦斯涌出量 指矿井在单位时间内涌出瓦斯量的立方米数, 用 $Q_{\text{瓦}}$ 表示, 单位为米³/日或米³/分。

2) 相对瓦斯涌出量 指矿井在正常生产条件下月平均产煤一吨的瓦斯涌出量, 用 $q_{\text{瓦}}$ 表示, 单位为米³/吨。

相对瓦斯涌出量可用下式计算:

$$q_{\text{瓦}} = \frac{Q_{\text{瓦}} \cdot n}{T} \quad (1-1)$$

式中 $q_{\text{瓦}}$ ——矿井相对瓦斯涌出量, 米³/吨;
 $Q_{\text{瓦}}$ ——矿井绝对瓦斯涌出量, 米³/日;
 T ——矿井瓦斯鉴定月的产量, 吨/月;
 n ——矿井瓦斯鉴定月的工作日数, 日/月。

2. 矿井瓦斯等级

根据《规程》第150条规定，矿井瓦斯等级按矿井瓦斯相对涌出量来划分。矿井瓦斯等级标准，见表1-2。

表 1-2 矿井瓦斯等级

矿 井 瓦 斯 等 级	矿 井 相 对 瓦 斯 涌 出 量 (米 ³ /吨)
一 级 瓦 斯 矿	5 和 5 以 下
二 级 瓦 斯 矿	5 以 上 到 10
三 级 瓦 斯 矿	10 以 上 到 15
超 级 瓦 斯 矿	15 以 上

开采瓦斯喷出（大量瓦斯在压力状态下，从煤岩裂缝中放出，包括短时间的喷出和长时间的喷出）或有煤和瓦斯突出（在压力状态下，在很短的时间内，煤和瓦斯同时突然大量喷出）煤层的矿井都作为超级瓦斯矿井。

矿井瓦斯等级越高，在管理上要求的安全措施越严格；同时要求供给的风量也越多。

有的矿井除了有沼气涌出外，还涌出大量二氧化碳（CO₂），也应按它的相对涌出量大小划分等级。但这种等级划分不作为矿井安全管理的依据，只作为计算矿井所需风量之用。如果某矿井的二氧化碳等级高于沼气的等级时，则应按二氧化碳的等级来确定该矿井所需要的风量，但仍按沼气的等级来制定安全生产的管理措施。

第三节 矿内气候条件

矿内气候条件是指矿内空气的温度、湿度和风速三者的综合状态而言。不论在工作或休息时，人体都在不断地产生热量和散失热量，以保持热平衡，使体温维持在36.5~37℃，如果不能保持热平衡，就会引起身体不舒适。因此，矿井气候条件的好坏，对人的身体健康和劳动生产率的提高有着重要影响。

一、矿内空气的温度

矿内空气温度是影响矿内气候条件的重要因素。气温过高或过低，对人体都有不良的影响。最适宜的矿内空气温度是15~20℃。

1. 矿内空气温度的影响因素

1) 岩石温度 矿内空气的温度与岩石温度有着直接关系。地壳表层的温度是随地面气温的变化而变化的，随着深度的增加，地温随气温变化的幅度则逐渐减小，当达到一定深度时，地温不再变化。一般将地表下某一深度处地温常年基本保持恒定的那个地带，称为恒温带。在实际工作中，例如在矿区地温预测中，恒温带的深度和温度是必不可少的计算参数。恒温带的深度一般为20~30米，恒温带的温度则接近于当地的年平均气温。我国部分不同纬度地区恒温带的深度和温度值，见表1-3。

理论和实测证明，岩层的温度在恒温带以下，将随深度的增加成正比增加，因此可用下式预测不同深度处的岩层温度：

$$t = t_{\text{恒}} + \frac{Z - Z_{\text{恒}}}{g_{\text{温}}} \quad (1-2)$$

式中 t ——深度为 Z 米处的岩层温度，℃；

$t_{\text{恒}}$ ——恒温带的温度，℃；

- Z ——地表至某处的深度，米；
 $Z_{\text{恒}}$ ——恒温带的深度，米；
 $g_{\text{温}}$ ——地温率，米/度，即岩层温度增加 1°C 所增加的垂直深度的米数。对于含煤地层， $g_{\text{温}} = 30 \sim 35$ 米/度。

表 1-3 恒温带的深度和温度

地 区	纬 度 (北纬)	恒温带深度(米)	恒温带温度($^{\circ}\text{C}$)
抚 顺	$41^{\circ}50'$	25~30	10.5
河 北 怀 来	$40^{\circ}20'$	14	9.0
唐 山	$39^{\circ}38'$	35	12.7
天 津	$39^{\circ}10'$	32	13.6
山 东 枣 庄	$34^{\circ}52'$	40	17.0
淮 南 九 龙 岗	$32^{\circ}40'$	20~30	16.8

地温率 $g_{\text{温}}$ 可通过地面或井下不同深度的钻孔测定岩层温度，然后用下式计算：

$$g_{\text{温}} = \frac{Z - Z_{\text{恒}}}{t - t_{\text{恒}}}, \text{米/度} \quad (1-3)$$

式中符号意义同前。

2) 空气的压缩与膨胀 空气向下流动时，由于空气柱的增加，空气受到压缩而产生热量，一般垂深每增加 100 米，其温度升高 1°C ；相反，空气向上流动时，则又因膨胀而降温，平均每升高 100 米，温度下降 $0.8 \sim 0.9^{\circ}\text{C}$ 。

3) 氧化生热 矿井内的有用矿物、坑木、充填材料、油垢、布料等都能氧化发热。例如，经氧化生成 2 克二氧化碳时，能产生热量 4.3 千卡，可使 1米^3 空气升温 14.5°C 。据研究，在煤层中的采准巷道，单位暴露面积氧化产生的热量可高达 $13 \sim 15$ 千卡/米·时。因此，回采工作面往往是通风系统中温度最高的区段。

4) 水分蒸发 水分蒸发时从空气中吸收热量，使空气温度降低。每蒸发一克水可吸收 0.585 千卡的热量，能使 1米^3 空气降温 1.9°C ，可见水的蒸发对降低气温起着重要的作用。

5) 通风强度（指单位时间进入井巷的风量）温度较低的空气流经巷道或工作面时，能吸收热量，供风量越大，吸收热量越多。因此，加大通风强度是降低矿井温度的主要措施之一。

6) 地面空气温度的变化 地面气温对井下气温有直接影响，尤其是较浅的矿井，矿内空气温度受地面气温的影响更为显著。

7) 地下水的作用 矿井地层中如果有高温热泉，或有热水涌出时，能使地温升高；相反，若地下水活动强烈，则地温降低。

8) 其它因素 如机械运转以及人体散热等都对井下气温有一定影响。特别是随着机械化程度的不断提高，机械运转所产生的热量不能忽视。

2. 矿内空气温度的变化规律 由上所述，矿内空气温度受着多种因素的影响，其中有升温作用，也有降温作用。但实践证明，升温作用大于降温作用。所以，矿内空气温度是随着风流经过距离的加长而逐渐升高的。具体地说：进风路线气温的变化在矿井深度较小的情况下，主要受地面气温和岩石温度的影响。冬季，地面气温低于井下岩石温度，地

面空气流入井下后，风流吸热，岩层放热。所以，进风路线上气温逐渐升高；夏季，情况相反，气温逐渐降低。这就是说，在进风路线上矿内空气的温度与地面气温相比，有冬暖夏凉的现象。这种现象的产生，主要是围岩起着空气温度调节器的作用。如果矿井开采深度较大，进风路线又很长时，则地面气温只能影响进风路线一定的距离（约1000~2000米），超过此段距离时，不论冬季还是夏季，随着进风路线的延长，气温逐渐升高。

回采工作面的气温在整个风流路线上，一般是最高的区段。因为，回采工作面除煤岩氧化外，还有人体和机械运转生热、爆破工作等，都使气温升高。但回采工作面的气温又与开采深度及进风路线的长度有关。开采深度大、进风路线长时，由于风流在进风路线上已充分进行了热交换，使气温常年基本保持不变；当开采深度不大、进风路线短时，回采工作面的气温仍将随着地面气温的变化而变化。例如阳泉矿务局各矿的回采工作面，冬季气温很低，夏季气温则较高。不少小煤窑的回采工作面，其气温变化更有类似的情况。

在回风路线上，因通风强度较大，水分蒸发吸热，加之气流向上流动而膨胀降温，使气温略有下降，但基本上常年变化不大。

二、矿内空气的湿度

1. 空气湿度的表示方法 矿内空气湿度是指矿内空气中所含水蒸汽量而言。其表示方法有二：

绝对湿度——指每1米³或1公斤的空气中所含水蒸汽量的克数。

相对湿度——指某一体积空气中实际含有水蒸汽量与同温度下的饱和水蒸汽量之比的百分数。

相对湿度 φ 可用下式表示：

$$\varphi = \frac{f}{F_{\text{饱}}} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中 f ——空气中所含水蒸汽量（即绝对湿度），克/米³；

$F_{\text{饱}}$ ——在同一温度下空气中的饱和水蒸汽量，克/米³。空气中饱和水蒸汽量的大小取决于空气的温度。温度越高， $F_{\text{饱}}$ 值越大，见表1-4。

通常讲的矿内空气的湿度都是指相对湿度。相对湿度值是表示空气干湿程度的一个参数。在一定温度与压力下， $F_{\text{饱}}$ 是一个常数，而 φ 和 f 成正比，表明 φ 值越大，空气越潮湿；反之，则越干燥。

2. 井下空气湿度的变化规律 一般情况下，在矿井进风路线上，冬天，空气进入井下以后因温度升高，空气的饱和能力加大（ $F_{\text{饱}}$ 值变大），所以，沿途要吸收水分，使进风井巷显得干燥；夏天，空气入井后温度逐渐降低，饱和能力逐渐变小，空气中一部分水蒸汽凝结成水珠，使沿途井巷显得潮湿。总之，进风线路有可能出现冬干夏湿的现象。但如果进风井巷有淋水，则即使在冬天，也是潮湿的。

在总回风道和出风井中，相对湿度一般都接近100%，即不管冬夏，回风流中的湿度总是大于进风流中的湿度，而且回风流中所含水蒸汽量也大于进风流中所含水蒸汽量（夏季多雨期例外）。因此，随着矿井排出的污风，每昼夜可从矿井内带走数吨甚至上百吨的地下水。

3. 湿度的测量 矿内空气的相对湿度一般用手摇湿度计（图1-3）和风扇湿度计（图1-4）测量。

表 1-4 饱和水蒸汽表

t°	在1米 ³ 空气内	在1公斤 空气内	水蒸汽压力 (毫米水银柱)	t°	在1米 ³ 空气内	在1公斤 空气内	水蒸汽压力 (毫米水银柱)
-20	1.1	0.8	0.96	14	12.0	9.8	11.99
-15	1.6	1.1	1.45	15	12.8	10.5	12.79
-10	2.3	1.7	2.16	16	13.6	11.2	13.64
-5	3.4	2.6	3.17	17	14.4	11.9	14.5
0	4.9	3.8	4.58	18	15.3	12.7	15.5
1	5.2	4.1	4.92	19	16.2	13.5	16.5
2	5.6	4.3	5.29	20	17.2	14.4	17.5
3	6.0	4.7	5.68	21	18.2	15.3	18.7
4	6.4	5.0	6.09	22	19.3	16.3	19.8
5	6.8	5.4	6.53	23	20.4	17.3	21.1
6	7.3	5.7	7.00	24	21.6	18.4	22.4
7	7.7	6.1	7.49	25	22.9	19.5	23.8
8	8.3	6.6	8.02	26	24.2	20.7	25.2
9	8.8	7.0	8.58	27	25.6	22.0	26.7
10	9.4	7.5	9.21	28	27.0	23.4	28.4
11	9.9	8.0	9.84	29	28.5	24.8	30.1
12	10.0	8.6	10.52	30	30.1	26.3	31.8
13	11.3	9.2	11.23	31	31.8	27.3	33.7

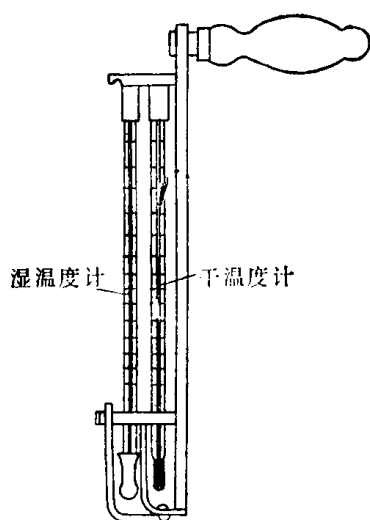


图 1-3 手摇湿度计

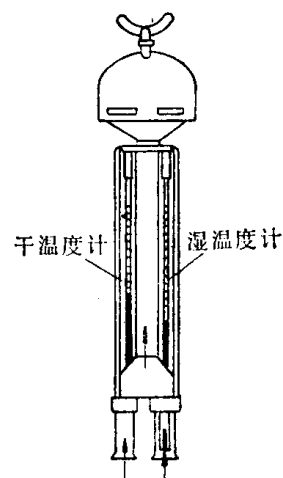


图 1-4 风扇湿度计

手摇湿度计和风扇湿度计测量原理相同。现以手摇湿度计为例说明相对湿度的测量方法。手摇湿度计由两支温度计组成。一支为干温度计，另一支为湿温度计（在温度计的水银球外面包裹湿纱布）。测定时手握摇把，以每分钟 150 转的速率旋转 1~2 分钟，使湿温度计外裹的湿纱布中的水分充分蒸发，吸收热量，则湿温度计的指示数降低。根据干、湿温度计的读数差值和干温度计读数可在表 1-5 中查得相对湿度值。

〔例 1〕 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、湿温度差 $\Delta t = t_{\text{干}} - t_{\text{湿}} = 22 - 20 = 2^{\circ}\text{C}$ ，根据 $t_{\text{干}}$ 和 Δt ，在表 1-5 中查得相对湿度 $\varphi = 82\%$ 。

表 1-5 由干、湿温度计读数查相对湿度

干温度计 读数 (°C)	干、湿温度计读数差 (°C)								干温度计 读数 (°C)	干、湿温度计读数差 (°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	53	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	37	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									

三、矿内气候条件对人体的影响及其测定

1. 气候条件对人体的影响 气候条件对人体的散热条件有着重要影响。由于食物在人体内不断氧化和分解，产生大量的热，其中约有1/3消耗于人体，维持一定的体温，其余2/3的热量要散发到体外。人体产生的热量依体质、年龄和劳动强度的大小而异。成年人进行较轻微的工作时，每小时约生热120千卡，而进行较繁重的劳动时，则每小时可产生250千卡以上的热量。

人体散热的方式有对流、辐射和蒸发三种。在空气温度较低时，热量主要通过对流和辐射散失；当气温超过25°C时，则对流、辐射作用将大大减少（《规程》规定，采掘工作面的温度不得超过摄氏26°）。当气温达37°C时，对流、辐射作用完全停止，唯一的散热方式是出汗蒸发。人体出汗1毫升，能帮助散热约0.58大卡。但蒸发作用与空气的温度、湿度和风速有关，蒸发的效果取决于空气的相对湿度。相对湿度 φ 低于30%，蒸发过快，会感到干燥； $\varphi=80\%$ ，蒸发困难； $\varphi=100\%$ 时，蒸发完全停止。最适宜的相对湿度为50~60%。当空气的温度、湿度一定时，增加风速可以提高散热效果。气温与体温相差越大，增加风速以后的散热效果越显著。因此，温度和风速之间应有较合适的关系，见表1-6。

表 1-6 温度和风速的合适关系

空气温度 $t(^{\circ}\text{C})$	适宜的风速 (米/秒)
<15°	<0.5
15~20°	<1.0
20~22°	>1.0
22~24°	>1.5
24~26°	>2.0

总之，人体的感觉情况受着气温、湿度和风速等多种因素的综合影响，在温度高、湿度大、风速小、三者的散热作用都很弱时，体内热量散失不出去，就会感到闷热，不舒服；相反，当气温低、湿度小、风速大、三者的散热效果都很强时，人体就会散热过多，容易引起感冒或其它疾病。因此，创造适宜的气候条件，亦是矿井通风的基本任务之一。

2. 气候条件的测量 由上所述，气候条件是空气温度、湿度和风速三者的综合结果，因此，气候条件的优劣，不能单独测定某个因素的值来评定，而必须测量其综合结果。

目前一般采用卡他计来测定。卡他计是一种检查气温、湿度及风速的综合作用的仪器，如图 1-5 所示。其下端为长圆形贮液球，长约 40 毫米，直径为 16 毫米，表面积为 22.6 厘米²，内贮酒精，上端亦有长圆形的空间，以便在测定时容纳上升的酒精，卡他计全长约 200 毫米，其上刻有 38℃ 和 35℃ 两个刻度，其平均值正好等于人体的温度。

测定时，将卡他计先放入 60~80℃ 的热水中使酒精上升至仪器的上部空间 1/3 左右处，取出抹干，然后挂在巷道风流中，此时酒精面开始下降，记录由 38℃ 降至 35℃ 所需的时间，然后用下式求出卡他度：

$$H_{\text{干}} = \frac{F}{t} \quad (1-5a)$$

式中 $H_{\text{干}}$ ——干卡他度(贮液器单位面积，每秒散热量)，毫卡；

F ——卡他常数。每个仪器都具有不同的常数，其数值是贮液球在温度由 38℃ 降至 35℃ 时每平方厘米的表面积上所散失的热量；

t ——温度由 38℃ 降至 35℃ 所经过的时间，秒。

干卡他度只能测出空气以对流、辐射形式散热的效果。如要测出对流、辐射及蒸发三者的综合散热效果，则要用湿卡他计测量。测量时将贮液器包湿纱布后按上述方法进行测定。湿卡他度的计算公式如下：

$$H_{\text{湿}} = \frac{F}{t} \quad (1-5b)$$

式中符号意义同前。

由于蒸发作用， t 值变小，所以湿卡他度大于干卡他度。

不同劳动强度情况下所需要的干、湿卡他度值，对不同体质的劳动者来说是不相同的，应通过实际测定来确定。对从事井下中等强度的工作人员，比较舒适的干、湿卡他度分别为 8~10 和 25~30。

四、气候条件的改善

改善气候条件的目的在于将井下，特别是采掘工作面的气温、湿度和风速调配得当，以创造良好的劳动环境，从而保证矿工的身体健康和提高劳动生产率。在煤矿生产中，要控制空气的相对湿度是比较困难的，所以，主要从调节气温和风速着手。风速控制问题将在有关章节阐述，这里只叙述空气温度的调节问题。气温调节包括预热和降温两个方面：

1. 空气的预热 我国北部地区，冬季气温很低，为了保护矿工的健康和防止进风井

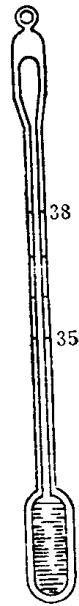


图 1-5 卡他计