

安全技术管理专业

国家示范院校重点建设专业主干课程教材

矿山通风

主编 赵汝星 韩月强

安全技术管理专业

国家示范院校重点建设专业主干课程教材

矿 山 通 风

主 编 赵汝星 韩月强

副主编 张 浪 王大尉

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

矿山通风/赵汝星, 韩月强主编. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2010
安全技术管理专业国家示范院校重点建设专业主干课程教材
ISBN 978-7-5045-8407-6

I. ①矿… II. ①赵… ②韩… III. ①矿山通风-高等学校: 技术学校-教材 IV. ①TD72
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 127076 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街1号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

世界知识印刷厂印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 11 印张 254 千字

2010 年 7 月第 1 版 2010 年 7 月第 1 次印刷

定价: 23.00 元

读者服务部电话: 010-64929211/64921644/84643933

发行部电话: 010-64961894

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

如有印装差错, 请与本社联系调换: 010-80497374

前 言

教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》（教高〔2006〕16号）指出：“要全面贯彻党的教育方针，以服务为宗旨，以就业为导向，走产学结合发展道路，为社会主义现代化建设培养千百万高素质技能型专门人才，为全面建设小康社会、构建社会主义和谐社会作出应有的贡献。”“改革教学方法和手段，融‘教、学、做’为一体，强化学生能力的培养。”“与行业企业共同开发紧密结合生产实际的实训教材，并确保优质教材进课堂。”

根据教高〔2006〕16号文件精神，结合安全技术管理专业实际情况，通过企业调研和反复研讨，本学院与企业专家共同开发了基于工作过程系统化的课程体系和基于工作过程的系列教材，共11本。

本套教材具有以下特点：

1. 教材内容根据岗位能力培养的需要设置。教材的开发都经历了企业调研、提炼典型职业活动、确定典型工作任务、分析完成典型工作任务所需要的能力、根据能力目标配置教学内容的程序。所以，教材内容是围绕能力培养这一主线设置的。

2. 教材内容根据典型工作任务流程设置，并在知识的选取上遵循“管用、够用、适用”的原则。

3. 教材结构有利于“学训一体”“任务驱动”教学方法的实施。本套教材结构不完全统一，但都划分为学习任务、任务描述、提交成果、学习引导、学习过程、知识链接等几个层次，有利于先进的教学方法的实施。

在上述教材的编写过程中，我们参考了很多国内同类教材、兄弟院校的相关教材及网络资源。在此，对给予教材编写帮助的单位、领导、同行表示最诚挚的感谢。同时，由于时间关系和编者的水平有限，教材中的错误在所难免，恳切希望广大读者对教材提出宝贵的意见和建议，以便修订时加以完善。

编委会

2010年3月

目 录

1 矿井空气测定	(1)
1.1 矿井空气主要成分分析	(1)
1.2 矿井主要有害气体的测定	(4)
1.3 矿井空气温度测定	(10)
1.4 矿井空气湿度测定	(13)
1.5 井巷中风流的流速测定	(17)
1.6 矿井气候条件综合评价	(23)
2 矿井通风压力测量	(29)
2.1 矿井空气主要物理参数测算	(29)
2.2 风流能量与压力测量	(31)
2.3 压力测定仪器的使用	(36)
2.4 矿井通风中能量方程的应用	(42)
3 矿井通风阻力测量	(45)
3.1 矿井通风阻力分析	(45)
3.2 矿井通风阻力测定	(48)
3.3 矿井通风难易程度判定	(55)
3.4 通风阻力的降低	(58)
4 矿井通风动力分析	(61)
4.1 自然风压测定	(61)
4.2 通风机的性能测定	(63)
5 矿井通风系统分析	(78)
5.1 矿井通风方法与通风方式分析	(78)
5.2 采区通风系统分析	(81)

5.3	矿井需风量计算及分析	(88)
5.4	风量分配基本规律分析	(92)
5.5	通风网络解算	(95)
6	井巷掘进通风	(101)
6.1	井巷掘进通风方法分析	(101)
6.2	掘进通风安全措施分析	(111)
7	矿井通风管理	(114)
7.1	矿井通风构筑物设置及井巷漏风	(114)
7.2	矿井风量调节及反风	(120)
附录		
附录一	矿井空气成分测定	(127)
附录二	矿井通风参数的测定	(130)
附录三	矿井通风阻力测定报告	(133)
附录四	记录表	(139)
附录五	井巷摩擦阻力系数 α 在标准状态下的实验参考值	(144)
附录六	通风机特性曲线	(147)
附录七	通风机性能测定记录表	(166)
参考文献		(170)

1 矿井空气测定

地面空气进入矿井以后称为矿井空气。矿井空气由于受到井下各种自然因素和生产过程的影响，其成分和性质发生了一系列变化，因此，首先应了解和掌握本部分内容，为进一步学习奠定基础。

1.1 矿井空气主要成分分析

工·作·任·务

1. 掌握矿井空气成分及特性。
2. 了解井下空气质量标准。

任·务·分·析

通过本部分内容的学习，使学生对矿井空气成分产生感性的认识，并初步了解井下有毒有害气体对工人的伤害程度。

提·交·成·果

1. 提交井下空气成分测量计划书。
2. 提交井下空气成分报告书。

工·作·引·导

一、地面大气组成

地面空气是由氧、氮、二氧化碳、氩、氖和其他一些微量气体以及水蒸气组成的混合气体，通常将这种气体称为湿空气，把完全不含有水蒸气的空气称为干空气，干空气的组成成分比较稳定，其主要成分见表1—1。

二、矿井空气的主要成分及基本性质

地面空气进入井下后，在成分和性质上都发生了一系列变化，如氧含量降低，二氧化碳

表 1—1 地面大气组成成分

气体成分	质量分数（%）	体积分数（%）
氧气（O ₂ ）	23. 23	20. 96
氮气（N ₂ ）	76. 71	79. 00
二氧化碳（CO ₂ ）	0. 06	0. 04

注：惰性气体计入氮气中。

含量增加；混入各种有毒、有害气体；混入煤尘和岩尘；空气的温度、湿度和压力也发生了变化等。通常将地面空气或井巷中经过用风地点以前、受污染程度较低的进风巷道内的空气称为新鲜空气或新风；经过污染程度较重的工作地点（采煤、掘进工作面）进入回风巷道内的空气称为污浊空气、污风或乏风。

尽管矿井空气与地面空气不完全相同，但在新鲜空气中，其主要成分仍然是氧、氮和二氧化碳。

1. 氧气（O₂）

氧气是维持人体正常生理机能所需的气体。人类在生命活动过程中，必须不断吸入氧气，呼出二氧化碳。人体维持正常生命过程所需的氧气量，取决于人的体质、精神状态和劳动强度。一般情况下，人体需氧量与劳动强度的关系见表 1—2。

表 1—2 人体需氧量与劳动强度的关系

劳动强度	呼吸空气量/L·min ⁻¹	氧气消耗量/L·min ⁻¹
休息	6 ~ 15	0. 2 ~ 0. 4
轻劳动	15 ~ 20	0. 6 ~ 1. 0
中度劳动	30 ~ 40	1. 2 ~ 1. 6
重劳动	40 ~ 60	1. 8 ~ 2. 4
极重劳动	40 ~ 80	2. 5 ~ 3. 0

当空气中的氧浓度降低时，人体就可能产生不良的生理反应，出现种种不舒服的感觉，严重时可能导致缺氧死亡。人体缺氧症状与空气中氧浓度的关系见表 1—3。

表 1—3 人体缺氧症状与空气中氧浓度的关系

空气中的 O ₂ 浓度（体积分数）（%）	主要症状
17	静止时无影响，工作时能引起喘息和呼吸困难
15	呼吸急促，心率加快，耳鸣目眩，感觉和判断能力降低，失去劳动能力
10 ~ 12	失去理智，时间稍长有生命危险
6 ~ 9	失去知觉，呼吸停止，如不及时抢救，几分钟内可能导致死亡

注：以下如不加以说明，浓度一律指体积分数。

造成矿井空气中氧浓度降低的主要原因有人员呼吸，煤岩和其他有机物的缓慢氧化，煤炭自燃，瓦斯、煤尘爆炸。此外，煤岩和生产过程中产生的各种有害气体，也会使空气中氧浓度相对降低。所以，井下废弃的巷道、盲巷、采空区以及通风不良的地点，空气中的氧浓度可能显著降低，如果不经检查贸然进入，就可能引起人员缺氧窒息。缺氧窒息是造成井下

人员伤亡的原因之一。

2. 氮气 (N₂)

氮气是一种惰性气体，是新鲜空气的主要组成成分，它本身无毒、不助燃，也不能供呼吸。在正常情况下，氮气对人体无害，但若空气中氮气浓度升高，则势必会造成氧浓度相对降低，可能导致人员窒息伤亡。

3. 二氧化碳 (CO₂)

二氧化碳是一种无色、略带酸味的气体，它对空气的相对密度为 1.52，比空气重，不助燃，也不能供呼吸，在风速较小的巷道中，底板附近二氧化碳含量较大；在风速较大的巷道中，一般能与空气均匀混合。

在新鲜空气中含有微量的二氧化碳对人体是无害的。二氧化碳对人体的呼吸中枢神经有刺激作用，所以在抢救有害气体中毒或窒息的人员时，经常在氧气中先加入 5% 的二氧化碳，以刺激其呼吸功能。二氧化碳对人体的影响与其浓度有关：浓度为 1% 时，呼吸急促；浓度增加到 2% 时，人的呼吸频率将增加 1 倍；浓度增加到 5% 时，会感到呼吸困难。因此，当空气中二氧化碳的浓度过高时，将使空气中的氧浓度相对降低，严重时可能造成人员中毒或窒息。人体二氧化碳中毒症状与空气中二氧化碳浓度的关系见表 1—4。

表 1—4 人体二氧化碳中毒症状与空气中二氧化碳浓度的关系

空气中 CO ₂ 浓度 (%)	主要症状
1	呼吸加深，但对工作效率无明显影响
3	呼吸急促，心率加快，头痛，人体很快疲劳
5	呼吸困难，头痛，恶心，呕吐，耳鸣
6	严重喘息，极度虚弱无力
7~9	动作不协调，大约 10 min 可发生昏迷
9~11	几分钟内可导致死亡

井下二氧化碳的主要来源有人员的呼吸，煤和有机物的氧化，碳酸性岩石的分解，煤炭自燃，炸药爆破，瓦斯、煤尘爆炸等。另外，有的煤层和岩层中也能长期连续地释放出二氧化碳，有的甚至能与煤岩粉一起突然大量喷出，给矿井人员安全带来极大的危害。

为了避免二氧化碳带来的危害，在老空区下部或边缘回采、掘进巷道时要加强检查，预防二氧化碳通过裂隙大量涌入采掘工作面；在打开密闭巷道时要提高警惕；已停风的旧巷道严禁入内，以免发生二氧化碳中毒或窒息事故。

三、矿井空气主要成分的质量（浓度）标准

由于井下空气质量对人体健康和矿井安全有着重要的影响，所以《煤矿安全规程》（以下简称《规程》）对矿井空气中主要成分（氧气、二氧化碳）的含量标准作出了明确规定：采掘工作面进风流中的氧气浓度不得低于 20%，二氧化碳浓度不得超过 0.5%；总回风流中二氧化碳浓度不得超过 0.75%；当采掘工作面风流中二氧化碳浓度达到 1.5% 或采区、采掘工作面回风巷道风流中的二氧化碳浓度超过 1.5% 时，必须停工处理。

◇ 重点提示

- 1. 井下采掘工作面进风流中氧气浓度的限值。

2. 井下采掘工作面二氧化碳浓度达到何值时需停工进行处理？

◇ 相关链接

有关法律、法规关于事故报告方面的条款。

《煤矿安全规程》第 100 条指出，井下空气成分必须符合下列要求：

采掘工作面的进风流中，氧气浓度不低于 20%，二氧化碳浓度不超过 0.5%。

1.2 矿井主要有害气体的测定

矿井空气中的主要有害气体有：一氧化碳（CO）、硫化氢（H₂S）、二氧化硫（SO₂）、二氧化氮（NO₂）、氨气（NH₃）、氢气（H₂）和甲烷（CH₄）等。这些有害气体对井下作业人员的安全和身体健康危害极大，必须引起高度重视。

工·作·任·务

1. 了解井下主要有害气体。
2. 掌握井下有害气体对身体的伤害程度及其爆炸特性。
3. 掌握井下有害气体的测定方法。

任·务·分·析

通过本部分内容的学习，应能掌握井下有害气体的测定方法。

提·交·成·果

对井下有害气体取样，使用相关分析仪器对有害气体进行检验测定，并提交检验测定报告。

工·作·引·导

一、矿井空气中的主要有害气体及其基本性质

1. 一氧化碳（CO）

一氧化碳是一种无色、无味的气体，相对密度为 0.97，微溶于水，能与空气均匀混合。在一般温度和压力下，一氧化碳的化学性质不活泼，但一氧化碳能燃烧，当空气中的一氧化碳含量在 13% ~ 75% 时遇火能引起爆炸。

一氧化碳与人体血液中血红蛋白（血红蛋白是人体血液中携带氧气和排出二氧化碳的细胞）的亲和力比氧气大 250 ~ 300 倍。因此一氧化碳一旦进入人体后，就与血液中的血红蛋白相结合，这样就阻碍了血红蛋白与氧的结合，使血红蛋白失去输氧的功能，从而造成人体血液“室

息”。所以，医学上又将一氧化碳称为血液窒息性气体，人体一氧化碳中毒症状与空气中一氧化碳的浓度和接触时间的关系见表1—5。

表1—5 人体一氧化碳中毒症状与空气中一氧化碳的浓度和接触时间的关系

一氧化碳浓度（体积）（%）	主要症状
0.02	2~3 h内可能引起轻微头痛
0.08	40 min内出现头痛，眩晕和恶心；2 h内体温和血压下降，脉搏微弱，出冷汗，可能出现昏晕
0.32	5~10 min内出现头痛，眩晕；0.5 h内可能出现昏迷并有死亡危险
1.28	几分钟内出现昏迷和死亡

矿井空气中一氧化碳的主要来源有井下爆破，矿井火灾，煤炭自燃以及煤尘、瓦斯爆炸事故等。

2. 硫化氢（H₂S）

硫化氢无色、微甜，有浓烈的臭鸡蛋味，空气中硫化氢的浓度达到0.000 1%即可闻到，当浓度较高时，因嗅觉神经中毒麻痹，反而嗅不到。硫化氢相对密度为1.19，易溶于水，在常温、常压下1单位体积的水可溶2.5单位体积的硫化氢，所以，它可能积存于旧巷的积水中。硫化氢能燃烧，空气中硫化氢浓度为4.3%~45.5%时有爆炸危险。

硫化氢有剧毒，有强烈的刺激作用，不但能引起鼻炎、气管炎和肺水肿，而且还能阻碍生物的氧化过程，使人体缺氧。当空气中硫化氢的浓度较低时主要以腐蚀刺激作用为主；浓度较高时能引起人体迅速昏迷或死亡，腐蚀刺激作用往往不明显。人体硫化氢中毒症状与空气中硫化氢浓度的关系见表1—6。

表1—6 人体硫化氢中毒症状与空气中硫化氢浓度的关系

硫化氢浓度（体积）（%）	主要症状
0.002 5~0.003	有强烈臭味
0.005~0.01	1~2 h内出现眼与呼吸道刺激症状，臭味“减弱”或“消失”
0.015~0.02	恶心、呕吐、头晕、四肢无力、反应迟钝。眼与呼吸道有强烈刺激症状
0.035~0.045	0.5~1 h内出现严重中毒，可引发肺炎、支气管炎及肺水肿，有死亡危险
0.06~0.07	很快昏迷，短时间内死亡

矿井空气中硫化氢的主要来源有有机物腐蚀，含硫矿物的水解，矿物氧化和燃烧，从老空区和旧巷积水中释放出的硫化氢。我国有些矿区煤层中也有硫化氢涌出。

3. 二氧化硫（SO₂）

二氧化硫无色，有强烈的硫黄气味及酸味，当空气中二氧化硫的浓度达到0.000 5%时即可嗅到。二氧化硫的相对密度为2.22，在风速较小时，易积聚于巷道的底部。二氧化硫易溶于水，在常温、常压下1单位体积的水可溶4单位体积的二氧化硫。

二氧化硫遇水后生成硫酸，对眼睛及呼吸系统黏膜有强烈的刺激作用，可引起喉炎和肺水肿。当空气中二氧化硫的浓度达到0.002%时，眼及呼吸器官即感到有强烈的刺激，浓度

达到 0.05% 时，短时间内即有生命危险。

矿井空气中二氧化硫的主要来源有含硫矿物的氧化与自燃，在含硫矿物中爆破，含硫矿层中涌出。

4. 二氧化氮 (NO_2)

二氧化氮是一种褐红色的气体，有强烈的刺激气味，相对密度为 1.59，易溶于水。

二氧化氮溶于水后生成腐蚀性很强的硝酸，对眼睛、呼吸道黏膜和肺部组织有强烈的刺激及腐蚀作用，严重时可引起肺水肿。二氧化氮中毒有潜伏期，有的在严重中毒时尚无明显感觉，还可坚持工作，但经过 6 ~ 24 h 后就会发作，中毒者指头出现黄色斑点，并出现严重的咳嗽、头痛、呕吐症状，甚至死亡。人体二氧化氮中毒症状与空气中二氧化氮浓度的关系见表 1—7。

表 1—7 人体二氧化氮中毒症状与空气中二氧化氮浓度的关系

二氧化氮浓度 (体积) (%)	主要症状
0.004	2 ~ 4 h 内出现咳嗽症状
0.006	短时间内感到喉咙刺激、咳嗽、胸闷
0.01	短时间内出现严重中毒症状，神经麻痹，严重咳嗽，恶心、呕吐
0.025	短时间内可能出现死亡

5. 氨气 (NH_3)

氨气是一种无色、有浓烈臭味的气体，相对密度为 0.59，易溶于水，空气中氨气浓度达到 30% 时有爆炸危险。

氨气对皮肤和呼吸道黏膜有刺激作用，可引起喉头水肿。

矿井空气中氨气的主要来源有爆破作业，用水灭火，部分岩层中也有氨气涌出。

6. 氢气 (H_2)

氢气无色、无味、无毒，相对密度为 0.07，氢气不能自燃，其点燃温度比甲烷低 100 ~ 200℃，当空气中氢气浓度为 4% ~ 7% 时有爆炸危险。

矿井空气中氢气的主要来源是充电硐室为充电式电机车充电。

二、矿井空气中有害气体的安全浓度标准

矿井空气中有害气体对井下人员的生命安全危害极大，因此《规程》对常见的有害气体的安全标准作了明确的规定，其值见表 1—8。

表 1—8 矿井空气中有害气体的最高允许浓度

有害气体名称	符 号	最高允许浓度 (%)
一氧化碳	CO	0.002 4
氧化氮 (换算成二氧化氮)	NO_2	0.000 25
二氧化硫	SO_2	0.000 5
硫化氢	H_2S	0.000 66
氨	NH_3	0.004

制定这些标准时，留有较大的安全系数，如空气中 CO 浓度达到 0.048% 时，1 h 内可出现轻微的中毒症状，而《规程》中规定的 CO 最高允许浓度为 0.002 4%，是其轻微中毒浓度的 1/20。因此，只要严格执行《规程》，就可以避免有害气体的伤害。

三、矿井有害气体的测定

有害气体的快速测定可使用多种气体测定器进行。多种气体测定器配合测定不同气体的气体检定管即可测定待测气体中的有害气体成分。

1. 检定管

气体检定管分为比长式与比色式两种，现在最常用的是比长式检定管，如图 1—1 所示。保护胶由以硅胶为载体的吸附试剂制成，其用途是除去对指示胶变色有干扰的气体。

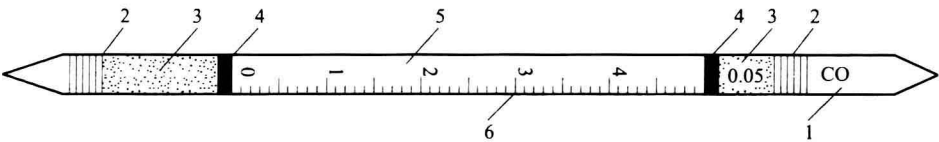


图 1—1 检定管结构示意图

1—外壳 2—堵塞物 3—保护胶 4—隔离层 5—指示胶 6—指示被测气体浓度的刻度

当含有被测气体的空气以一定速度通过检定管时，被测气体与指示胶发生化学反应，根据指示胶变色的长度来确定其含量（也有根据指示胶变色的程度来确定其含量的，称为比色式，目前很少使用），中国用于煤矿的检定管有一氧化碳（CO）检定管、硫化氢（H₂S）检定管、二氧化碳（CO₂）检定管、二氧化氮（NO₂）检定管、二氧化硫（SO₂）检定管以及氧气（O₂）检定管等几种。

一氧化碳检定管是以活性硅胶为载体表面吸附化学试剂（碘酸钾）作为指示胶，当含有一氧化碳的空气通过检定管时，与指示胶发生反应，沿管壁形成一个棕色环，色环移动距离与被测气体中一氧化碳的含量成正比例关系，据此便可直接从检定管的刻度读出空气中的一氧化碳含量。目前，国内生产的比长式一氧化碳检定管的主要型号见表 1—9。

表 1—9 一氧化碳检定管的型号

型号	测定范围（%）	采样量/mL	送气时间/s	使用温度/℃
一型	0.000 25 ~ 0.005	50	100	15 ~ 35
二型	0.001 ~ 0.05	50	100	15 ~ 35
三型	0.001 ~ 0.1	50	100	15 ~ 35
四型	0.01 ~ 0.5	50	100	15 ~ 35
五型	0.5 ~ 20	50	100	15 ~ 35
C ₁ D 型	0.000 5 ~ 0.01	50	90	15 ~ 30
C ₁ G 型	0.005 ~ 0.1	50	90	15 ~ 30
C ₁ Z 型	0.05 ~ 1	50	90	15 ~ 30
CO 型	0.000 8 ~ 0.024	100	100	15 ~ 30

硫化氢检定管也是以活性硅胶为载体，而它所吸附的化学试剂为乙酸铅，当含有硫化氢的空气通过检定管时，便与指示胶反应，沿管壁产生一褐色的变色柱，变色柱的长度与空气中硫化氢的含量成正比例关系，据此便可直接从检定管的刻度读出空气中硫化氢的含量。硫化氢检定管的主要型号见表 1—10。

表 1—10 硫化氢检定管的型号

型号	测定范围（%）	采样量/mL	送气时间/s	使用温度/℃
一型	0.000 1 ~ 0.01	50	100	不限
二型	0.001 ~ 0.1	50	100	不限
三型	0.005 ~ 0.5	50	100	不限
S ₁ D 型	0.000 5 ~ 0.01	50	100	不限
S ₁ Z 型	0.005 ~ 0.1	50		不限

二氧化碳检定管是以活性氧化铝为载体，表面吸附氢氧化钠作为指示胶，当含有二氧化碳的空气通过检定管时，与氢氧化钠反应变为白色，白色变色柱的长度与空气中二氧化碳的含量成正比例关系，据此便可直接从检定管的刻度读出空气中二氧化碳的含量。二氧化碳检定管的主要型号见表 1—11。

表 1—11 二氧化碳检定管的型号

型号	测定范围（%）	采样量/mL	送气时间/s	使用温度/℃
一型	0.05 ~ 5	50	100	不限
二型	0.5 ~ 20	50	100	不限
C ₂ G 型	0.05 ~ 10	50	100	不限

其他气体检定管的规格见表 1—12。

表 1—12 氧气、氮氧化物、二氧化硫检定管的型号

检定管名称	型号	测定范围（%）	检定管名称	型号	测定范围（%）
氧气检定管	一型	1 ~ 21	氮氧化物检定管	一型	0.000 1 ~ 0.01
	二型	1 ~ 100		二型	0.001 ~ 0.1
	三型	0.1 ~ 5	二氧化硫检定管	一型	0.000 1 ~ 0.01
				二型	0.001 ~ 0.1

2. 多种气体测定器

多种气体测定器如图 1—2 所示。

3. 测定方法

测定时将所需测定气体的检定管两端打开，按检定管上箭头指向插入多种气体测定器的接头，然后将阀门把扳至水平，拉动拉杆使其全部拉出，然后将阀门把扳至垂直，推动拉杆使 50 mL 的气样匀速地通过检定管，最后根据检定管变色柱（或色环）的长度直接读出被测气体的浓度。

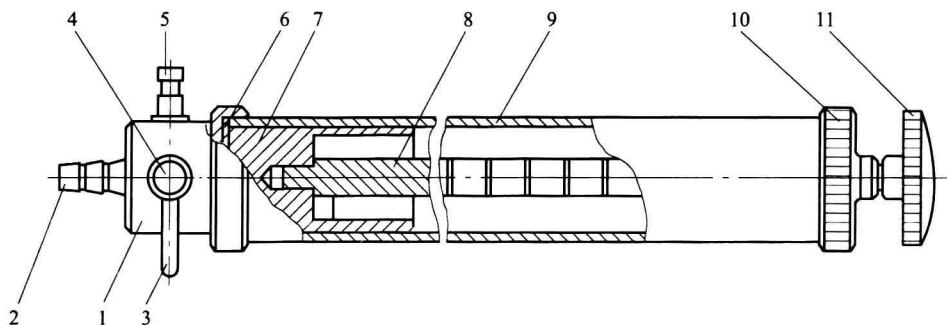


图 1—2 多种气体测定器结构示意图

1—变换器 2—气嘴 3—阀门把 4—阀 5—接头 6—垫圈 7—活塞 8—拉杆
9—活塞筒 10—活塞筒盖 11—手柄

当待测气体的含量不在检定管的测定范围，或在测定地点无适合含量的检定管时，可采用以下方法测定。

高含量气样或在测定地点只有低含量检定管时的测定。若被测气体的含量大于检定管的上限，应首先考虑测定人员的防毒措施，然后采用稀释被测气体或减少送气量及送气时间的方法测定。前者是用新鲜空气将被测气体的浓度稀释到 $1/N$ ，再将稀释后的气体送入检定管进行测定，测定结果乘以气体稀释后体积变大的倍数 N ，即得被测气体的含量。后者是将送气量及送气时间同时减少为原来的 $1/N$ ，测定结果乘以 N 倍，即得被测气体的含量。对于采样量为 100 mL，送气时间为 100 s 的检定管， N 可取 2 或 4；而对于采样量为 50 mL，送气时间为 100 s 的检定管， N 最好取 2，因为 N 过大，采样量太小，易产生较大的误差。因此，对测定结果要求高时，最好更换测定上限更高的检定管。

低含量气样或在测定地点只有高含量检定管时的测定。在此情况下，测定结果不易量读，可采用增加送气量的方法进行测定，即被测气体的含量等于检定管测出的含量除以送气次数。如用二型 CO 检定管进行测定，连续 5 次，每次按送气量为 50 mL、送气时间为 100 s 的要求送气，检定管的读数为 0.003%，则被测气体的含量为 $0.003\% / 5 = 0.0006\%$ 。

四、防治井下有害气体的措施

1. 加强通风，将各种有害气体稀释到《规程》规定的浓度以下。
2. 加强检查，严格执行《规程》规定，制定各项检查制度，利用各种仪器监测、检查各种有害气体，以便采取相应的措施。
3. 如果某种气体的涌出量较大，可采取抽放措施。
4. 井下不通风的废弃巷道或通风不良的地点，通常会积聚大量的有害气体，若要进入这些区域，必须先进行检查，确认无害后方可入内。
5. 工作面内有二氧化碳或爆破生成二氧化氮时，可采用喷雾洒水的方法使其溶于水中。
6. 若有人缺氧窒息或呼吸有害气体中毒，应立刻将中毒者转移到有新鲜空气的地方，并进行人工呼吸（二氧化碳、硫化氢中毒者除外），施行急救。

◇ 重点提示

应掌握井下工作人员出现缺氧窒息或吸入过量有害气体时紧急施救的方法。

1.3 矿井空气温度测定

地面空气进入矿井沿井巷流动时，其温度会发生变化，而矿井空气的温度是影响矿井气候条件的主要因素之一，温度过高或过低，都会使人感到不舒适，根据测定，最适宜的井下空气温度是 15 ~ 20℃。

工·作·任·务

1. 掌握矿井空气温度对矿井气候条件的影响程度。
2. 了解矿井空气温度的主要影响因素。
3. 掌握矿井空气温度测量的方法。

任·务·分·析

根据现场实习及对井下不同地点空气温度的测定，能对影响井下温度的因素进行简单分析。

提·交·成·果

1. 提交不同季节矿井空气温度测试报告。
2. 影响矿井空气温度因素分析报告。

工·作·引·导

一、影响矿井空气温度的主要因素

矿井空气温度除与其地理位置有关外，还受以下因素影响。

1. 地面空气

地面空气对井下气温有直接影响，夏季地面气温很高，热空气流入矿井以后会使井下气温升高。冬季地面温度很低，冷空气流入井下后使井下温度降低，如不预热，进风井可能结冰。特别是浅井，由于没有充分的热交换时间，井下的气温常随地面气温的不同而变化，冬季气温低，夏季气温高。

2. 岩层温度

空气进入井下后，因与岩层存在温差，在流动的同时就要进行热交换，岩层温度（地

温)的高低直接影响着矿井空气温度的变化。

岩层深度不同其温度也不同。浅部岩层温度随着地表温度的变化而变化,随着深度的增加,岩层温度随着地面温度变化的幅度将逐渐减小,当达到一定深度(一般为20~30 m)时,岩层温度不再随着地面温度的变化而发生变化,将这一地带称为恒温带。恒温带的深度与地理位置有关,其地温约为当地年平均气温。在恒温带以下,岩层温度随着深度的增加而升高,与地面气候变化无关。只要知道某地区的恒温带温度和地温率,就可以利用式(1—1)预测深部水平岩层的岩层温度。

$$T_z = T_{\text{恒}} + (z - z_{\text{恒}}) / g_{\text{温}} \quad \text{式(1—1)}$$

式中 T_z ——深度为 z 处的岩层温度,℃;

$T_{\text{恒}}$ ——恒温带的岩层温度,℃;

z ——地下岩层温度为 T_z 处的深度, m;

$z_{\text{恒}}$ ——恒温带的深度, m;

$g_{\text{温}}$ ——地温率, m/℃。

【例1—1】已知地表年平均温度为10℃,恒温带深度为30 m,地温率为30 m/℃,求深度为400 m的岩层温度。

解:深度为400 m的岩层温度为:

$$T_z = T_{\text{恒}} + (z - z_{\text{恒}}) / g_{\text{温}} = 10 + (400 - 30) / 30 = 22.3^\circ\text{C}$$

答:深度为400 m处的岩层温度为22.3℃。

当地面空气进入井下后,因与岩层有温差,故在流动的同时进行热交换。如井下空气温度低于岩层温度,则岩层放热,使井下空气的温度逐渐升高;反之,岩层吸热,使井下空气的温度逐渐下降。

3. 物质氧化

井下可氧化的物质比较多,如煤炭、坑木、硫化矿物、炭质页岩、油页岩、油垢等都能被氧化。经研究,当物质氧化生成2 g CO_2 (相对于空气中的 CO_2 增加0.1%)时,能产生18 kJ的热量,可使1 m^3 的空气温度升高14.5℃。前苏联A·H·谢尔班研究得出:煤层中采准巷道暴露面氧化放热量约为27.2 kJ/($\text{m}^2 \cdot \text{h}$),回采工作面为54.4~62.8 kJ/($\text{m}^2 \cdot \text{h}$)。由此可见,井下物质氧化放热量很大。一般回采工作面是通风系统中气温最高的区段。

4. 水分蒸发吸收热量

水分蒸发时,将从空气中吸收热量,使空气温度降低,每蒸发1 kg水可吸收2.5 kJ的热量,能使1 m^3 的的空气的温度降低1.9℃。

5. 空气压缩与膨胀

当空气沿井筒向下流动时,因空气受到压缩而产生热量,一般垂直深度每增加100 m,空气温度升高1℃左右;相反,空气向上流动时,因膨胀而降温,平均每升高100 m,温度下降0.8~0.9℃。

6. 地下水

矿井地层中有高温热泉或有地热水涌出时,能使地下岩层温度升高;相反,若低温的地下水活动剧烈,则地下岩层温度降低。