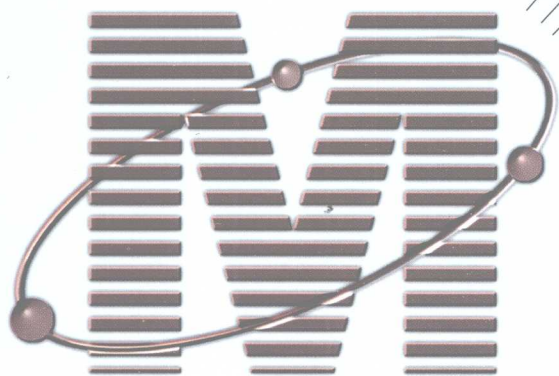




煤炭技工学校通用教材



(修订)

矿井通风与安全

煤炭工业出版社

煤炭技工学校通用教材

矿井通风与安全 (修订)

全国职业培训教学工作指导委员会煤炭专业委员会 编

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

煤炭技工学校通用教材

矿井通风与安全 (修订)

全国职业培训教学工作指导委员会煤炭专业委员会 编

*

煤炭工业出版社 出版

(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: www.cciph.com.cn

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 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 29¹/₄

字数 692 千字 印数 1—10,000

2008 年 12 月第 1 版 2008 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5020 - 3409 - 2 / TD 72

社内编号 6214 定价 52.00 元

(含习题集)

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

全国煤炭技工教材编审委员会

主任委员	刘 富					
副主任委员	仵自连	刘同良	张贵金	韩文东	范洪春	刘荣林
	雷家鹏	曾宪周	夏金平	张瑞清		
委 员	(按姓氏笔画为序)					
	于锡昌	牛麦屯	牛宪民	王亚平	王自学	王朗辉
	甘志国	石丕应	仵自连	任秀志	刘同良	刘荣林
	刘振涛	刘 富	刘 鉴	刘鹤鸣	吕军昌	孙东翔
	孙兆鹏	邢树生	齐福全	严世杰	吴庆丰	张久援
	张 君	张祖文	张贵金	张瑞清	李 玉	李庆柱
	李祖益	李家新	杨 华	辛洪波	陈家林	周锡祥
	范洪春	赵国富	赵建平	赵新社	夏金平	高志华
	龚立谦	储可奎	曾宪周	程光玲	程建业	程彦涛
	韩文东	雷家鹏	樊玉亭			

前 言

为了加快煤炭技工学校的教学改革步伐，不断适应社会主义市场经济发展和劳动者就业的需要，加速煤炭工业技能型人才的培养，促进煤炭工业现代化建设和科学技术的进步，在全国职业培训教学工作指导委员会的指导下，全国职业培训教学工作指导委员会煤炭专业委员会，以全国煤炭技工学校“八五”教材建设规划为基础，研究制定了全国煤炭技工学校新时期教材建设规划，并列入了国家劳动和社会保障部制定的全国技工学校教材建设规划，劳动和社会保障部以《关于印发1999年度全国职业培训教材修订开发计划的通知》（劳社培就司函（1999）第15号）下发全国。这套教材59种，其中技术基础课教材43种，实习课教材16种。目前正在陆续出版发行当中。

这套教材主要适用于煤矿技工学校教学，工人在职培训、就业前培训，也可供煤炭高等职业教育学校相关专业参考。

《矿井通风与安全》（修订）是这套教材中的一种，是根据经劳动和社会保障部批准的全国煤矿技工学校统一教学计划、教学大纲的规定编写的，经全国职业培训教学工作指导委员会煤炭专业委员会审定，并被劳动和社会保障部认定为合格教材，是全国煤炭技工学校教学，工人在职培训、就业前培训的必备的统一教材。

本教材由湖南人文科技学院赵新社同志编写。本教材在编写过程中，得到了学校领导、广大教师和煤矿企业有关工程技术人员的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

由于时间仓促，书中难免有不当之处，恳请广大读者批评指正。

全国职业培训教学工作指导委员会
煤炭专业委员会

2008年10月

目 次

绪论	1
第一章 矿井空气	3
第一节 矿井空气的主要成分	3
第二节 矿井空气中的主要有害气体	6
第三节 矿井气候条件	12
第二章 矿井通风压力与阻力	20
第一节 矿井通风压力	20
第二节 矿井通风阻力	41
第三章 矿井通风系统	60
第一节 概述	60
第二节 矿井通风动力	61
第三节 主要通风机的工作方法	75
第四节 矿井通风方式	76
第五节 采区通风	79
第六节 通风设施	84
第七节 通风网络	89
第八节 矿井通风图	100
第四章 掘进通风	104
第一节 掘进通风方法	104
第二节 局部通风机通风设备	110
第三节 局部通风机通风参数测算及设备选择	120
第四节 局部通风机通风的技术管理	124
第五章 矿井风量计算	129
第一节 配风原则、方法和依据	129
第二节 采煤、掘进、硐室和其他用风地点所需风量的计算	129
第三节 矿井总进风量的计算	134
第四节 井巷中的风速和实际通过的风量的测算	135
第五节 矿井漏风	142
第六章 矿井瓦斯	145
第一节 瓦斯的生成及性质	145
第二节 煤层瓦斯含量	146
第三节 矿井瓦斯涌出与瓦斯等级鉴定	148
第四节 瓦斯爆炸及其预防	156

第五节	矿井瓦斯检测与监控	171
第六节	瓦斯喷出和煤与瓦斯突出及其预防	180
第七节	瓦斯抽放	199
第七章	矿尘	208
第一节	粉尘的产生与分类	208
第二节	粉尘的性质及危害	210
第三节	煤矿粉尘防治技术	212
第四节	煤尘的爆炸性	232
第五节	防止煤尘爆炸与传播的措施	239
第六节	煤矿尘肺病	250
第七节	粉尘浓度的测定	252
第八章	矿井防灭火	256
第一节	矿井火灾及其危害	256
第二节	煤炭自燃火灾的特性	258
第三节	煤炭自燃火灾的预防	264
第四节	外因火灾的预防	280
第五节	矿井灭火	283
第六节	火区的管理与启封	293
第九章	矿井防治水	298
第一节	矿井水源	298
第二节	造成矿井水灾的原因及危害	300
第三节	矿井防治水	302
第四节	矿井透水事故的处理	311
第十章	矿山救护	315
第一节	矿山救护队及其装备	315
第二节	矿工自救与互救	318
第三节	矿井灾害预防和处理计划	335
第四节	煤矿安全标志牌	339
附录		344
附录一	井巷摩擦阻力系数 α 值表	344
附录二	矿井通风质量标准及检查评定办法	349
参考文献		365

绪 论

《矿井通风与安全》是煤炭技工学校采掘类专业的一门重要专业课程，它主要由两大部分组成，一是矿井通风，二是煤矿安全。

我国煤矿 90% 是井工开采、地下作业，较之地面作业它有许多不安全的自然因素：瓦斯、矿尘、水、火、顶板等灾害事故时时刻刻都在威胁着我们煤矿井下职工。如何创造良好的井下工作环境，防止各种灾害事故的发生，保障井下人员的身体健康和生命安全，保护国家资源和财产，确保矿井正常生产，是《矿井通风与安全》课程研究与探讨的主题。

矿井通风是指对矿井不断输入新鲜空气和排出污浊空气的作业过程，是研究矿井（井巷）空气流动规律及矿井通风方式、方法的一门学科。它的基本任务是：①供给井下工作人员以足够的新鲜空气；②把有害气体及粉尘稀释到安全浓度以下，并排至矿井以外；③保证井下有适宜的气候条件，以利于工人劳动和机电设备的运转。

煤矿安全是人们在与煤矿自然灾害的斗争中，不断总结经验、吸取教训、探索规律、研究对策、健全措施、建立理论体系而逐渐形成和诞生的，它是研究矿井瓦斯、矿尘、水、火等自然灾害发生发展规律以及科学的预防措施的一门学科。

《矿井通风与安全》课程的基本内容是：矿井空气成分、性质、检测方法；矿井气候条件及其影响因素；矿井通风压力与通风阻力的概念、种类、测算方法及矿井空气流动规律；矿井通风设备、方法、方式，矿井通风网络的基本连接形式及特点；矿井通风设施的类型及质量要求；采区通风系统；掘进通风方法、设备及技术管理；矿井配风原则、配风地点所需风量的计算以及井巷中实际通过的风速和风量的测算；矿井瓦斯的性质，煤层瓦斯含量、瓦斯涌出量，矿井瓦斯爆炸、煤与瓦斯突出的规律及预防措施；粉尘的性质与危害，煤矿粉尘防治技术，煤尘爆炸特性，预防煤尘爆炸与传播的措施；矿井火灾种类、特点、危害，煤炭自燃火灾的特性及预防措施，外因火灾的预防措施，矿井灭火措施与火区管理；矿井涌水水源、涌水原因分析及防治水措施；矿山救护队及其装备，矿工自救与互救知识及基本操作技能。

我国是社会主义国家，党和国家十分关怀煤矿企业工人的生命安全和身体健康，先后多次制订（修订）颁发了《煤矿安全规程》、《矿山安全法》和《煤炭法》等安全法规。明确要求采掘工业必须安全生产，坚持安全第一的方针，要求煤矿企业各级领导干部在管理生产的同时，必须负责管理安全工作，全体职工都必须参与安全管理工作。煤炭企业的各级行政正职都是安全生产的第一责任人。

所谓“安全第一”，是指生产过程中，必须坚持安全第一的方针，当生产与安全发生矛盾时，生产必须服从于安全，坚持做到不安全不生产、隐患不排除不生产、措施不落实不生产。对煤矿企业而言，安全第一的含义：一是在煤矿生产建设整个过程中，要树立人是最宝贵的思想，矿工的生命安全第一；二是在煤矿生产建设整个过程中，把保护煤矿职工生命安全和身体健康作为第一位的工作来抓；三是要求每一个职工树立安全生产意识，

把安全第一作为生产建设的指导思想和行动准则。安全第一的方针是我国煤矿企业在生产实践中经历了多次惨痛教训，付出了血的代价才总结出来的。经验和教训充分说明，在煤矿生产中，只有坚持安全第一的方针，才符合煤矿生产的客观规律，违背安全第一的方针，就必然受到惩罚。

建国半个多世纪以来，我国煤矿企业在矿井通风与安全方面取得了巨大的成就：改进了矿井通风系统，完善了矿井安全设施，部分矿井采用了先进的安全技术和装备，增强了矿井的抗灾能力；健全了安全法规，实行了科学管理，煤矿企业职工的业务水平、操作能力和安全意识得到了很大程度的提高；重大恶性事故基本上得到了控制，百万吨死亡率大幅度降低。但是，我国的煤矿安全工作与世界上一些主要产煤大国相比还有较大的差距，要改变这种落后状况，把握安全的主动权，对煤矿企业未来的建设者来说任重道远，责无旁贷。我们必须树立一种强烈的责任感和使命感，正确、全面地理解安全第一的方针。在学习过程中，要坚持手脑并用，勤于思考，勇于探索，较熟练地掌握本课程的基本理论知识和基本技能，努力培养分析问题和处理问题的实际能力，立志为煤炭事业的发展和祖国的繁荣昌盛做出自己应有的贡献。

第一章 矿 井 空 气

第一节 矿井空气的主要成分

一、地面空气的主要成分

矿井空气来源于地面空气。一般地说，地面空气的成分是一定的，它主要由氧 O_2 、氮 N_2 和二氧化碳 CO_2 3 种气体组成。按体积和质量计算，它们在空气中所占有的比值见表 1-1。

除上述成分之外，地面空气中还含有少量氢、氫、氦、氩等气体以及水蒸气、微生物和灰尘等。

表1-1 地面空气成分

气 体 名 称	在空气中所占比率/%	
	按体积计算	按质量计算
氧	20.90	23.14
氮	78.13	75.53
二氧化碳	0.03	0.05
氩和其他稀有气体	0.94	1.28

二、矿井空气的主要成分

(一) 地面空气进入矿井后成分和性质的变化

地面空气进入矿井后，在成分和性质上将发生下列变化：

(1) 混入各种有害气体 如甲烷 CH_4 ^①、二氧化碳 CO_2 、硫化氢 H_2S 、二氧化硫 SO_2 等从煤层、岩层中涌出，混入井下空气中。

(2) 混入煤尘和岩尘 井下各种作业所产生的细小岩尘、煤尘和其他杂尘悬浮在井下空气中。

(3) 氧气浓度降低 井下一切物质（煤、岩石、支架等）的缓慢氧化；井下火灾，瓦斯、煤尘爆炸；爆破工作；火区氧化以及人员呼吸等都要消耗氧，产生二氧化碳 CO_2 、一氧化碳 CO 、二氧化氮 NO_2 等气体，使井下空气中氧浓度降低。

(4) 矿井空气的温度、湿度和压力发生变化 由于地热、氧化及水分蒸发等原因，使井下空气温度增高，湿度增加，空气压力随之相应变化。

^① 甲烷 CH_4 ，亦称沼气。在矿山，习惯上把甲烷称为瓦斯。

(二) 矿井空气的概念

相对地面新鲜空气而言，在成分和性质上发生了一系列变化的矿井井巷及工作面的空气称为矿井空气。相对地面空气而言，在成分和性质上变化程度不大的矿井空气称为新鲜空气，简称新风，如井下进风井巷中的空气；把经过井下工作面使用或受到井下浮尘和有害气体污染的，在成分和性质上变化程度较大的矿井空气称为污浊空气，简称污风或乏风，如井下回风井巷中的空气。

(三) 矿井空气的主要成分

虽然地面空气进入矿井后将发生一系列变化，但组成矿井空气的主要成分仍然是氧、氮和二氧化碳。

1. 氧 O_2

1) 性质

空气中的氧是一种无色、无味、无臭、化学性质很活泼的气体，易使其他物质氧化，几乎可以与所有气体相结合。标准状况下，氧的密度为 1.429kg/m^3 ，相对空气的密度为 1.11，是人与动物呼吸和物质燃烧不可缺少的气体。

2) 对人体的影响

氧与人的生命有着十分密切的关系。人所以能生存主要是靠吃进食物及吸入空气中的氧，在体内进行新陈代谢作用来维持的，人离开新鲜空气就好像鱼儿离开水一样无法生存。人对氧的需要是随人的体质强弱及劳动强度大小而定的。休息时，平均需氧量为 0.25L/min ；进行工作和行走时，需氧量为 $1 \sim 3\text{L/min}$ 。空气中氧浓度为 21% 左右时最有利于呼吸。在矿井条件下，空气中氧浓度降低对人体的影响见表 1-2。

表 1-2 空气中氧浓度降低对人体的影响

空气中氧浓度/%	人 体 的 反 应
17	静止时无影响，但工作时将引起喘息、心跳，呼吸困难
15	呼吸及脉搏跳动急促，感觉及判断能力减弱，失去劳动能力
10 ~ 12	失去理智，时间稍长即有生命危险
6 ~ 9	人在短时间内将失去知觉或死亡

《煤矿安全规程》（以下简称《规程》）第一百条规定：采掘工作面的进风流中，氧气浓度不低于 20%。

3) 矿井空气中氧浓度降低的原因

- (1) 有机物及无机物（坑木、煤、岩石）氧化；
- (2) 爆破工作；
- (3) 井下火灾及瓦斯、煤尘爆炸；
- (4) 矿井中各种气体（ CH_4 、 CO_2 及其他气体）的混入，使氧浓度相对降低；
- (5) 人的呼吸。

2. 氮 N_2

1) 性质

氮是一种无色、无味、无臭的气体，标准状况下的密度为 1.25kg/m^3 ，相对空气的密度为 0.97，不助燃，也不供人呼吸。在正常情况下，氮对人无害；但在井下有限空间里，当空气中氮浓度过高时，将相对地降低氧的浓度，而使人缺氧窒息。

2) 矿井空气中氮浓度增大的原因

- (1) 有机物质的腐烂；
- (2) 爆破工作 (1kg 硝化甘油炸药爆炸时能产生 135L 氮)；
- (3) 天然的氮气从煤、岩裂隙中涌出。

在通风正常的井巷中，氮的浓度一般变化不大。

3. 二氧化碳 CO_2

1) 性质

二氧化碳是无色、略带酸臭味的气体，标准状况下的密度为 1.976kg/m^3 ，相对空气的密度为 1.52，约为空气密度的 1.5 倍，所以二氧化碳也有“重气”之称。二氧化碳易溶于水，不助燃，也不能供人呼吸，略有毒性。因为它比空气重，故常积存在下山、盲巷、暗井、采空区和通风不良的巷道底部。

2) 对人体的危害

二氧化碳对人体的呼吸有刺激作用。当肺泡中二氧化碳增加时，能刺激呼吸神经中枢，引起频繁呼吸（所以在急救受有害气体伤害的患者时，常常首先让患者吸入混有 5% 二氧化碳的氧，以帮助患者加强呼吸）。二氧化碳在大气中含量极少，对人体无害；但井下空气中二氧化碳浓度过大时，会使氧浓度相对地降低，形成缺氧，使人中毒或窒息。空气中二氧化碳浓度变化对人体的影响见表 1-3。

表 1-3 空气中二氧化碳浓度变化对人体的影响

空气中二氧化碳浓度/%	人 体 的 反 应
1	感到呼吸急促
3	呼吸量增大 2 倍，易发生疲劳现象
4~5	呼吸量增大 3 倍，呼吸感到困难，且有较重的耳鸣，太阳穴处血管出现剧烈跳动现象
6	出现强烈喘息和虚弱现象
10~20	发生昏迷状态，人失去知觉
20~25	立刻中毒（窒息）死亡

3) 二氧化碳的来源

- (1) 人的呼吸（劳动时，每人每小时呼出 45~50L 二氧化碳）；
 - (2) 工程爆破 (1kg 硝化甘油炸药爆炸时，能产生 250L 二氧化碳)；
 - (3) 煤及含碳岩石的氧化；
 - (4) 有机物的氧化（如坑木腐朽）；
 - (5) 煤、岩层裂隙中自然放出；
 - (6) 矿井发生瓦斯、煤尘爆炸和火灾事故时，将产生大量的二氧化碳。
- 《规程》第一百条规定：采掘工作面的进风流中，二氧化碳浓度不超过 0.5%。

第二节 矿井空气中的主要有害气体

一、矿井空气中主要有害气体的性质、来源与危害

矿井空气中的主要有害气体有一氧化碳、硫化氢、二氧化硫、二氧化氮和甲烷等，这些气体的基本性质、来源、危害性、中毒症状及最高允许浓度见表 1-4。

表 1-4 矿井主要有害气体的性质、来源、危害及中毒症状

气体名称	基本性质				主要来源	危害性	中毒症状	最高允许浓度/%
	色味臭	相对空气的密度	溶解性	燃烧爆炸性				
甲烷 CH ₄	无色、无味、无臭，但有时发出一种类似苹果的特殊气味	0.554	难溶于水	不助燃，有燃烧爆炸性	从煤层或岩层中涌出	虽无毒，但浓度较高时会相对降低空气中的氧浓度，使人窒息；当浓度在 5% ~ 16% 之间时遇火能爆炸	浓度为 43% 时，呼吸困难，气喘；浓度为 57% 时，时间稍长即死亡	见《规程》有关规定
一氧化碳 CO	无色、无味、无臭	0.97	微溶于水	不助燃，有燃烧爆炸性	爆破作业；井下火灾；瓦斯、煤尘爆炸	极毒。一氧化碳与血色素的亲合力比氧大 250 ~ 300 倍，一氧化碳进入人体后使血液中毒，阻碍了氧气和血色素的正常结合，使人体缺氧引起窒息和死亡。浓度在 13% ~ 75% 之间时遇火能爆炸	轻微中毒（浓度为 0.048% 时，1h 以内）：耳鸣、头痛、心跳。严重中毒（浓度为 0.128% 时，0.5 ~ 1h 内）：四肢无力，呕吐，丧失行动能力。致命中毒（浓度为 0.4% 时，短时间内）：丧失知觉，痉挛，呼吸停顿，假死 一氧化碳中毒的显著特征是嘴唇呈桃红色，两颊有红斑点	0.0024
二氧化氮 NO ₂	红褐色、有刺激性臭味	1.57	极易溶于水	不助燃，无燃烧爆炸性	爆破作业；通常爆破后产生一氧化氮，因其极不稳定，遇到空气中的氧即转化为二氧化氮	有强烈的毒性。能和水结合形成硝酸，对肺组织起破坏作用，造成肺部浮肿；对眼睛、鼻腔、呼吸道等有强烈刺激作用	浓度为 0.006% 时，咳嗽、胸部发痛；浓度为 0.01% 时，剧烈咳嗽、呕吐，神经系统麻木；浓度为 0.025% 时，短时间内即可中毒死亡 二氧化氮中毒具有潜伏期，中毒后 6h 甚至更长的时间才能出现中毒征兆 有手指尖及头发变黄，吐出淡黄色痰液等特征	0.00025

表 1-4 (续)

气体名称	基 本 性 质				主要来源	危害性	中毒症状	最高允许浓度/%
	色味臭	相对空气的密度	溶解性	燃烧爆炸性				
硫化氢 H_2S	无色、稍甜、有臭鸡蛋味	1.19	易溶于水	不助燃，有燃烧爆炸性	有机物腐烂；含硫矿物水解；爆破工作；煤岩体中放出	有强烈毒性。能使人的血液中毒，对眼睛黏膜及呼吸系统有强烈的刺激作用。浓度在 4% ~ 46% 之间时遇火能爆炸	浓度为 0.01% 时，流唾液和清水鼻涕，呼吸困难；浓度为 0.02% 时，眼、鼻、喉黏膜受到强烈刺激，头痛，呕吐，四肢无力；浓度为 0.05% 时，半小时内，人失去知觉、痉挛、死亡	0.00066
二氧化硫 SO_2	无色、有强烈硫磺燃烧味	2.20	易溶于水	不助燃，无燃烧爆炸性	含硫矿物氧化及自燃；在含硫矿层中进行爆破工作；从煤岩体放出；硫化矿尘的爆炸	有强烈的毒性。与眼睛、呼吸道的湿表面接触后能形成硫酸，对眼睛及呼吸道有强烈腐蚀作用，使喉咙和支气管发炎，呼吸麻痹，严重时引起肺水肿	浓度为 0.002% 时，引起眼睛红肿、流泪、咳嗽、喉痛；浓度为 0.05% 时，引起急性支气管炎、肺水肿、并在短时间内死亡 由于二氧化硫对眼睛及呼吸器官有强烈的刺激作用，故煤矿工人称之为“瞎眼气体”	0.0005

矿井空气中的有害气体，除以上介绍的 5 种主要有害气体外，还有二氧化碳、氢气和氮气等。

二、矿井空气成分的检测

矿井空气成分的检测是矿井通风测量的主要内容，检测矿井空气成分及其浓度的目的是为了确定其是否符合《规程》规定。若不符合规定要求，则必须采取措施进行处理。另外，检测井下空气中一氧化碳的浓度，还是预测井下自燃火灾及分析火区状况的可靠方法之一。

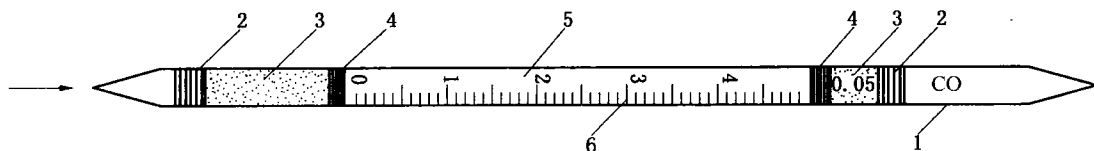
检测矿井空气成分及其浓度的方式有人工定点、定时检测和自动监测。人工检测方法有 2 种：一种称之为取样化验分析法，即把在井下采取的气样送到地面化验室，利用气相色谱仪或气体分析仪分析气样获得井下空气的成分及其浓度。该方式所测得的数据准确度高、范围广（如用色谱仪可分析多种气体成分和浓度），但需要时间长，不能很快做出判断，不能根据具体情况及时采取有效的处理措施。另一种称之为就地检测法，即利用便携式检测仪表在现场对空气中某种气体的浓度进行快速检测。下面介绍就地快速检测方法之一——检定管检测法。

检定管检测法的检测仪器由检定管及吸气装置两部分组成。

（一）检定管及其检测原理

1. 检定管的结构

检定管的结构如图 1-1 所示，它由外壳 1、堵塞物 2、保护胶 3、隔离层 4 及指示胶 5 等组成。其中，外壳是用中性玻璃管加工而成的，其内径一般为 2~6mm。堵塞物用的是玻璃丝布、防声棉或耐酸涤纶，它对管内物质起固定作用。保护胶是用硅胶作载体吸附试剂制成的，其用途是除去对指示胶变色有干扰的气体。隔离层一般用的是有色玻璃粉或其他惰性有色颗粒物质，它对指示胶起界限作用。指示胶是以活性硅胶为载体吸附化学试剂经加工处理而成。



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

图 1-1 检定管结构示意图

2. 检定管的工作原理

当含有被测气体的空气以一定的速度通过检定管时，被测气体与指示胶发生化学反应，根据指示胶变色的程度或变色的长度来确定其浓度。前者称为比色式，后者称为比长式。由于比色式检定管存在灵敏度低、颜色不易辨认，2 个色阶代表的浓度间隔太大，成本高，定量测定准确性差等缺点，所以目前主要采用比长式检定管。我国煤矿使用的检定管有一氧化碳、硫化氢、二氧化碳、二氧化硫、二氧化氮和氧气检定管等几种，其主要性能见表 1-5。测定时应注意，测定不同的气体必须使用不同的检定管，或者说必须使用与待测气体相一致的检定管，不得出现差错。

表 1-5 中国煤矿用比长式气体检定管主要性能

检定管名称	型号	测量范围 (体积比)	最小 分辨率	最小检 测浓度	颜色变化	检测剂组成
一氧化碳	I	$(5 \sim 50) \times 10^{-6}$	5×10^{-6}	5×10^{-6}	白→棕褐色	五氧化二碘、发烟硫酸、硅胶
	II	$(10 \sim 500) \times 10^{-6}$	20×10^{-6}	10×10^{-6}		
	III	$(100 \sim 5000) \times 10^{-6}$	200×10^{-6}	100×10^{-6}		
硫化氢		$(3 \sim 100) \times 10^{-6}$	5×10^{-6}	3×10^{-6}	白→棕色	醋酸铅、硅胶
二氧化碳	I	0.2% ~ 3.0%	0.2%	0.1%	蓝色退为 白色	氢氧化钠、百里酚酞、活性氧化铝
	II	1% ~ 15%	1%	9.5%		
二氧化硫		$(2.5 \sim 100) \times 10^{-6}$	5×10^{-6}	2.5×10^{-6}	紫→土黄色	氢氧化钠、甲酚红、石英砂
二氧化氮		$(1 \sim 50) \times 10^{-6}$	2.5×10^{-6}	1×10^{-6}	白→黄绿色	联邻甲苯胺、硅胶
氧		1% ~ 21%	1%	0.5%	白→茶色	氢氧化钾、活性氧化铝、焦性没食子酸
氢		0.5% ~ 3.0%	0.5%	0.3%	白→淡红色	钡、二氧化硒、活性氧化铝

1) 一氧化碳检定管

一氧化碳检定管是以活性硅胶为载体，吸附化学试剂碘酸钾和发烟硫酸作为指示胶，当含有一氧化碳的空气通过检定管时，与指示胶反应，有碘生成，沿玻璃管壁形成一个棕色环。随着气流通过，棕色环向前移动，其移动的距离与被测空气中一氧化碳浓度成正比关系。因此，当检定管中通过定量空气后，根据色环移动的距离便可测得空气中一氧化碳的浓度。

2) 硫化氢检定管

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醋酸铅。当含有硫化氢的空气通过检定管时，与指示胶反应并沿玻璃管壁产生一褐色变色柱，变色柱的长度与空气中硫化氢的浓度成正比关系。根据这一原理便可测得空气中硫化氢的浓度。

3) 二氧化碳检定管

二氧化碳检定管是以活性氧化铝作为载体，吸附带有变色指示剂的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，与活性氧化铝上所载的氢氧化钠反应，由原来的蓝色变为白色，白色药柱的长度与被测空气中二氧化碳浓度成正比。当被测的定量空气通过检定管后，根据白色药柱的长度可以直接从检定管的刻度上读出二氧化碳的浓度。

4) 其他气体检定管

其他几种气体比长式检定管的结构及工作原理与上面介绍的基本相同，只是检定管内装的指示剂各有不同，颜色变化各有差异而已。

(二) 吸气装置及其检测方法

吸气装置有 J-1 型采样器、DQJD-1 型多种气体检定器和 XR-1 型气体检测器。

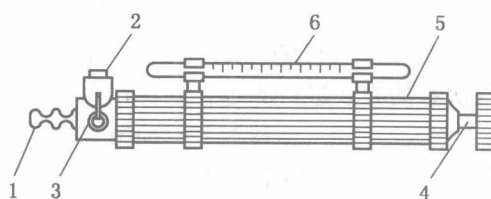
1. J-1 型采样器

1) 结构

J-1 型采样器实质上是一个取样（抽气）唧筒，其结构如图 1-2 所示，它是由铝合金管及气密性良好的活塞所组成。抽取一次气样为 50mL，活塞上有 10 等分刻度，表示吸入气样的毫升数。采样器前端的三通阀把 3 有 3 个位置：阀把平放时，吸取气样；阀把拨向垂直位置时，推动活塞即可将气样通过检定管插孔 2 压入检定管；阀把位于 45°位置时，三通阀处于关闭状态，便于将气样带到安全地点进行检定。

2) 测定方法

(1) 采样与送气 不同的检定管要求用不同的采样和送气方法。对于很不活泼的气体，如 CO、CO₂ 等，一般是先将气体吸入采样器，在此之前应在测定地点将活塞往复抽送 2~3 次，使采样器内原有的空气完全被气样（待测气体）所取代。打开检定管两端的封口，把检定管浓度标尺“0”的一端插入采样器的插孔 2 中，然后将气样按规定的送气时间以均匀的速度送入检定管。如果是较活泼的气体，如 H₂S，则应先打开检定管两端封口，把检定管浓度标尺上限的一端插入采样器的入口 1 中，然后以均匀的速度抽气，使



1—气样入口；2—检定管插孔；3—三通阀把；
4—活塞杆；5—吸气筒；6—温度计

图 1-2 J-1 型采样器结构示意图

气样先通过检定管后进入采样器。在使用检定管时，不论用送气或抽气方式采样，均应按照检定管使用说明书的要求准确采样。

(2) 读取浓度值 检定管上印有浓度标尺。浓度标尺零线一端称为下端，测定上限一端称为上端。送气后由变色柱（或变色环）上端所指示的数字，可直接读取被测气体的浓度。

(3) 高浓度气样的测定 如果被测气体的浓度大于检定管的上限（即气样还未送完，检定管已全部变色）时，应首先考虑测定人员的防毒措施，然后采用下述方法进行测定。

①稀释被测气体。在井下测定时，先准备一个装有新鲜空气的胶皮囊带到井下，测定时先吸取一定量的待测气体，然后用新鲜空气（由装有新鲜空气的胶皮囊供给）使之稀释到 $1/2 \sim 1/10$ ，再送入检定管，将测得的结果乘以气体稀释后体积变大的倍数，即得被测气体的浓度值。

例如用Ⅲ型 CO 检定管测定时，先吸入气样 10mL，后加入 40mL 新鲜空气将其稀释，在 100s 内均匀送入检定管，其示数为 0.04%，则被测气体中 CO 的浓度为：

$$0.04\% \times \frac{10+40}{10} = 0.04\% \times 5 = 0.2\%$$

②采用减少送气量和送气时间进行测定。如使用采样量为 100mL、送气时间为 100s 的检定管测高浓度时，可把采样量和送气时间分别减少到 $\frac{100\text{mL}}{N}$ 和 $\frac{100\text{s}}{N}$ ，这时被测气体的浓度 = 检定管读数 $\times N$ 。对于采样量为 100mL，送气时间为 100s 的检定管， N 可取 2 或 4；如果要求采样量为 50mL，送气时间为 100s 时， N 最好不要大于 2，因为 N 过大，采样量太少，容易产生较大的测定误差。因此，对测定结果要求较高的，最好更换测定上限大的检定管。

(4) 低浓度气样的测定 如果气样中被测气体的浓度低，结果不易量读，可采用增加送气次数的方法进行测定，即：

$$\text{被测气体的浓度} = \text{检定管上读数} \div \text{送气次数}$$

例如用Ⅱ型 CO 检定管测定时，按送气量为 50mL，送气时间为 100s 的要求，连续送 5 次气样后，检定管的指示数为 0.002%，则被气体中 CO 的浓度应为： $0.002\% \div 5 = 0.0004\%$ 。

2. DQJD-1 型多种气体检定器

1) 结构

DQJD-1 型多种气体检定器的主要部件就是 1 个由橡胶波纹管构成的吸气泵，它与各种检定管配合使用。吸气泵的结构如图 1-3 所示，由橡胶波纹管、插管座、上下压盖、链条、支撑环、弹簧和出气阀门等组成。吸气泵一次动作吸气体积为 50mL。吸气泵上的支撑环 5、弹簧 6 及链条 4 是为了保证一次吸气量为 50mL 而设置的。调整链条的长短可改变吸气量的大小。

2) 测定方法

使用时将所需测定气体的检定管两端打开，按检定管上所标箭头指向插入吸气泵的插管座 1 内，手握吸气泵，并将它完全压缩；然后按照所用检定管要求的送气时间均匀地放松，使 50mL 气样等速地通过检定管；最后根据检定管变色柱的长度（或变色环移动距