



多种气体检定器

祝运武 李德洪 编著

煤矿安全仪器仪表丛书

煤矿安全仪器仪表丛书

多种气体检定器

祝运武 李德洪 编著



·煤炭工业出版社

B755740

内 容 提 要

本书简要介绍了国内外广泛使用的多种气体检定器的概况,较详细地阐述了多种气体检定器的采样器及与其配用的检定管,携带式一氧化碳检定器和氧气检定器等环境监测仪器的结构、原理、性能和仪器的组装调试、操作、校正、试验、维修及管理;对烟雾探测器的原理、结构及使用也作了介绍。

本书可供从事矿井安全工作的工程技术人员、管理干部和仪器使用维修人员及从事各种环境监测的专业人员学习参考;也可作为煤矿院校和有关专业学校的教学参考书。

责任编辑:李淑琴

煤矿安全仪器仪表丛书

多种气体检定器

阮运武 李德洪 编著

煤炭工业出版社 出版

(北京宣武门外大街甲1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 787×1092mm¹/₃₂ 印张3¹/₄

字数 83 千字 印数 1—1,340

1991年3月第1版 1991年3月第1次印刷

ISBN 7-5020-0513-7/TD·469

书号 3289

定价 1.90元

前 言

矿井瓦斯与煤尘爆炸、煤与甲烷突出、火灾是严重威胁煤矿安全生产的重大灾害。矿井安全监测仪器仪表和救护装备是预防和处理灾害的有力武器。为了使用好这些装置和仪器仪表，切实保障煤矿井下工作人员的安全，原煤炭部安全局和制造局特组织编写了《煤矿安全仪器仪表丛书》。

本《丛书》介绍了检测、监视、遥测仪器；环境监测和粉尘测定仪器；自救和灭火装备等类型的仪器仪表。《丛书》主要介绍仪器仪表的原理、结构、组装、调试、操作、检验、修理及管理。本书内容实用、通俗易懂，适合于从事煤矿通风、安全工作的领导干部、工程技术人员以及使用、维护安全仪器仪表的专业人员学习参考，亦可供现场生产技术管理人员、设计人员，煤矿学校和安全技术培训班的师生使用。

本书的第四章和第五章由抚顺煤矿安全仪器厂高级工程师李德洪同志编著。其余部分均由西安煤矿仪表厂高级工程师祝运武同志编著。全书经祝运武同志整编、校订。在编写过程中，曾得到编写单位领导的大力支持和有关同志的协助，谨此表示感谢。

本书涉及的内容和知识较为广泛，在编著过程中，力求准确与实用。如有不妥之处，敬请读者批评指正。

目 录

第一章 概述	1
第一节 多种气体的环境卫生标准	1
第二节 多种气体检定器的基本类型	6
第三节 几种典型的检定管、采样器与检定器	12
第四节 检定器的选择原则与气体浓度换算	19
第二章 多种气体检定器与采样器	23
第一节 DQJD-1型多种气体检定器	23
第二节 AQY-50型一氧化碳检定器	34
第三节 真空式采样器	39
第四节 DQJD-2型多种气体采样器及其他采样器	41
第五节 各类气体采样器的应用对比	46
第六节 加长管的选择	48
第三章 多种气体检定管	51
第一节 概述	51
第二节 一氧化碳检定管	58
第三节 比长式硫化氢检定管	70
第四节 比长式二氧化碳检定管	76
第五节 比长式氮气检定管及其他气体检定管	79
第四章 AT-2型一氧化碳检定器	86
第一节 概述	86
第二节 工作原理分析	87
第三节 结构	91
第四节 使用操作	91
第五节 调校与维修	95

第五章 氧气检定器	98
第一节 概述	98
第二节 AY-1型氧气检测仪	102
第三节 AY-1A型氧气检测仪	106
第六章 烟雾探测器	111
第一节 概述	111
第二节 BYT3270型离子感烟火灾探测器	114
附表 DQJD-1型多种气体检定器主要零部件明细表 ...	116
参考资料	118

第一章 概 述

多种气体是指氧气及各种有害气体。这些有害气体包括矿井里的有害气体，工厂车间里的有害气体以及居民公共场所等地方存在着的有害气体。有害气体时刻危害着人们的身体健康，危及安全生产，所以为了保护环境，保障人民的身体健康和保证安全生产，必须首先确知环境中氧气的最低浓度及有害气体的最高浓度的限值。它可通过应用各类仪器仪表对这些气体进行检测。通过检测了解环境的恶劣程度，以便采取措施。

第一节 多种气体的环境卫生标准

我国于1982年制定的《大气环境质量标准》(GB3095-82)中规定的空气污染物三级标准浓度限值见表1-1(摘录)。

我国于1979年制定了《工业企业设计卫生标准》(TJ36-79)该标准列出的居住区大气有害气体的最高允许浓度值见表1-2(摘录)、工矿车间环境有害气体的最高允许浓度见表1-3(摘录)。

我国对煤矿井下环境也作了许多必要的规定。如在《煤矿安全规程》中，对煤矿井下多种有害气体最高允许浓度的限值为：一氧化碳24ppm；二氧化硫5ppm；硫化氢6.6ppm；氧化氮(换算成二氧化氮)2.5ppm；氨40ppm等。同时，还规定矿井氧气浓度的最低限值为20%。

表 1-1 空气污染物三级标准浓度限值

物质名称	分子式	浓 度 限 值						
		取值时间	一级标准		二级标准		三级标准	
			mg/ m ³	ppm	mg/ m ³	ppm	mg/ m ³	ppm
一氧化碳	CO	日 平 均	4.0	3.2	4.0	3.2	6.0	4.8
		任何一次	10.0	8	10.0	8	20.0	16
二氧化硫	SO ₂	每日平均	0.02		0.06		0.10	
		日 平 均	0.03		0.15		0.25	
		任何一次	0.15	0.05	0.50	0.175	0.70	0.25
氮氧化物	NO _x	日 平 均	0.05		0.10		0.15	
		任何一次	0.10		0.15		0.30	
光化学氧化剂	O ₃	一小时平均	0.12		0.16		0.20	

注：1.日平均：为任何一日的平均浓度不允许超过的限值。

2.任何一次：为任何一次采样测定不允许超过的浓度限值。不同污染物“任何一次”采样时间见有关规定。

3.年日平均：为任何一年的日平均浓度均值不允许超过的限值。

表 1-2 我国居住区环境中有害气体的最高允许浓度限值

物质名称	分 子 式	最高容许浓度			
		一 次		日 平 均	
		mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm
一氧化碳	CO	3.00		1.00	
乙 醛	CH ₃ CHO	0.01			
二甲苯	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	0.30			
二氧化硫	SO ₂	0.50		0.15	
二硫化碳	CS ₂	0.04			
五氧化二磷	P ₂ O ₅	0.15		0.05	
丙烯腈	CH ₂ = CHCN			0.05	
丙烯醛	CH ₂ = CHCHO	0.10			

续表

物质名称	分子式	最高容许浓度			
		一 次		日 平 均	
		mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm
丙 酮	CH ₃ COCH ₃	0.30			
甲 醇	CH ₃ OH	3.00		1.00	
甲 醛	HCHO	0.05			
汞蒸汽	Hg (汽)			0.003	
苯	C ₆ H ₆	2.40		0.80	
苯乙烯	C ₆ H ₅ CH=CH ₂	0.01			
苯 胺	C ₆ H ₅ NH ₂	0.10		0.03	
氨	NH ₃	0.20			
氧化氮(换算成	NO				
二氧化氮)	NO ₂	0.15			
硫化氢	H ₂ S	0.01			
氯	Cl ₂	0.10		0.03	
氯丁二烯	CH ₂ =CHCCl=CH ₂	0.10			
氯化氢	HCl	0.05		0.015	

注：1. 一次最高容许浓度是指任何一次测定结果的最大容许值。

2. 日平均最高容许浓度是指任何一天的平均浓度的最大容许值。

随着人类对环境越来越高的要求，污染物的增多和污染物处理的高级化，对多种有害气体的种类限制会更加广泛，以达到创造更加优良的环境，更加有利于人类健康，有利于安全生产。

为了搞好对多种有害气体的预防和预测工作，下面将对国内外各种气体检定器的基本类型，测定范围、原理结构、使用操作、性能、调试校正，以及维护保养等知识将分别加以介绍。

表 1-3 国内外车间环境空气中有毒气体最高容许浓度限值

物质名称	分子式	最高容许浓度					
		中 国		日 本		美 国	
		mg/ m ³	ppm	mg/ m ³	ppm	mg/ m ³	ppm
一氧化碳	CO	30	24		50		50
二氧化硫	SO ₂	15	5.3		5		2
硫化氢	H ₂ S	10	6.6		10		10
二氧化氮	NO ₂				5		3
一氧化氮	NO	5	3.8				25
二硫化碳	CS ₂	10			10		10
二氧化硒	SeO ₂	0.1					
二氧化碳	CO ₂				5000		5000
溴 氧	O ₃	0.3			0.1		0.1
氨	NH ₃	30	39.5		25		25
溴 气	Br ₂	0.3			0.1		0.1
氯 气	Cl ₂	1			1		1
砷化氢	AsH ₃	0.3			0.05		0.05
硒化氢	H ₂ Se				0.05		0.05
二氯甲烷	CH ₂ Cl ₂				500		500
三氯甲烷	CHCl ₃				50		10
二氯化碳	CCl ₄	25			10		5
乙 醛	CH ₃ CHO						100
乙 醚	C ₂ H ₅ OC ₂ H ₅	500					400
乙 醇	C ₂ H ₅ OH						1000
汞蒸汽	Hg (汽)	0.1		0.05		0.05	
氢氰酸	HCN				10		10
四氯化碳	CCl ₄	25			10		5
丙 酮	CH ₃ COCH ₃	400			200		750
苯 胺	C ₆ H ₅ NH ₂				5		2
苯	C ₆ H ₆	40	12		10		10
甲 苯	C ₆ H ₅ CH ₃	100			100		100
二甲苯	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	100			100		100
甲 醛	HCHO	3			2		1

续表

物质名称	分子式	最高容许浓度					
		中 国		日 本		美 国	
		mg/ m ³	ppm	mg/ m ³	ppm	mg/ m ³	ppm
丙烯腈	$\text{CH}_2 = \text{CHCN}$	2			20		2
丙烯醛	$\text{CH}_2 = \text{CHCHO}$	0.3			0.1		0.1
苯乙烯	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH} = \text{CH}_2$	40					
四氯乙烯	$\text{Cl}_2\text{C} = \text{CCl}_2$				50		50
三氯乙烯	$\text{Cl}_2\text{C} = \text{CHCl}$	30			50		50
溴甲烷	CH_3Br	1					5
氯乙烯	$\text{CH}_2 = \text{CHCl}$	30			2.5		5
碘甲烷	CH_3I	1					2
甲 醇	CH_3OH	50			200		200
二氯乙烯	$\text{ClCH} = \text{CHCl}$				150		200
丙 醇	$\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$	200					
丁 烯	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH} = \text{CH}_2$	100					
丁二烯	$\text{CH}_2 = \text{CHCH} = \text{CH}_2$	100					1000
丙烯醇	$\text{CH}_2 = \text{CHCH}_2\text{OH}$	100					
环己烷	$\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2$	100					
氧化锌	ZnO	5					
氧化镉	CdO	0.1					
醋酸甲脂	$\text{CH}_3\text{CO}_2\text{CH}_3$	100			200		200
醋酸乙脂	$\text{CH}_3\text{CO}_2\text{C}_2\text{H}_5$	300			400		400
醋酸丙脂	$\text{CH}_3\text{CO}_2\text{C}_3\text{H}_7$	300			200		200
醋酸丁脂	$\text{CH}_3\text{CO}_2\text{C}_4\text{H}_9$	300			200		200
砷	As			0.2		0.2	

注：1.表中“日本”栏中最高容许浓度，是日本产业卫生学会于1983年规定的最高容许浓度限值。

2.表中“美国”栏中最高容许浓度，是1983~1984年美国工人卫生专门会议提出的最高容许浓度限值。

第二节 多种气体检定器的基本类型

目前,国内外用于检测多种气体的仪器品种繁多,可归纳成如下几种主要类型。

1. 接触(催化)燃烧式气体传感器

此类仪器是利用可燃性气体在有足够氧气和一定高温条件下发生催化燃烧,放出热量,从而引起电阻变化的特性,达到对可燃性气体浓度进行测量的目的。有代表性的传感器是:Pt丝+催化剂(Pd⁺、Pt⁺、Al₂O₃、CuO)。这类仪器具有体积小、重量轻的特点。

日本产品有XP-311型、XP-316型、XA-322M型、XPO-310M型等。法国产品有YM-1型,英国产品有MSA-GP型,联邦德国产品有M401型等,中国产品为SF1型、AXZ-1型、AZJ-85型、W821型、SJ-2型、JJ-2型、SWJ-1B型和AQJ-9型。

2. 化学吸附半导体式气体传感器

此类仪器是利用半导体表面的金属氧化物当吸附着被测气体时,将引起电导率变化的特性,达到测定某种气体浓度的目的。

该类仪器主要用于测定氢(H₂)、一氧化碳(CO)、硫化氢(H₂S)和氨(NH₃)等气体。

目前有日本产品BM-204型、BZG-2F型、BM-401M型和BM-010型等。

3. 固体热导式气体传感器

此类仪器是利用被测气体的不同浓度在金属氧化物表面燃烧引起电阻变化的特性,达到测定被测气体浓度的目的。

主要用于测定氢(H₂)、一氧化碳(CO)、氨(NH₃)

等气体，也可用于测定其他可燃性气体。携带式仪器的型号有日本产品XA-321A型、XP-702S型、XP-703D型等。

4. 气体热传导式气体传感器

此类仪器是利用气体的热传导率与白金丝（发热体）的热传导率之差所引起的温度变化的特性来测定气体的浓度。几种主要气体的热传导率见表1-4。

表 1-4 几种气体相对空气的热传导率

气体名称	氧	氮	氢	一氧化碳	二氧化碳	二氧化硫	硫化氢	甲烷
分子式	O ₂	N ₂	H ₂	CO	CO ₂	SO ₂	H ₂ S	CH ₄
热导率 W/(m·K)	1.556	1.530	10.93	1.478	0.941	0.527	0.825	2.020

这类传感器主要用于测定氢（H₂）、一氧化碳（CO）、二氧化碳（CO₂）、氮（N₂）、氧（O₂）等气体的浓度。日本常用的携带式仪器有XP-314型，联邦德国产品有GMAC-30型、DuCkef型等，中国产品为LRD-1型。

以上仪器具有体积小、重量轻、测量范围大的特点。

5. 薄膜半导体式气体传感器

此类仪器是利用约1000Å（埃）厚的（ $\text{\AA} = 10^{-8}\text{cm}$ ）薄膜半导体表面吸附被测气体而引起电导率变化的特性，测定该气体的浓度。

这类仪器主要用于测定氯（Cl₂）、硫化氢（H₂S）等气体的浓度。常用的型号有MOS-900Cl₂（用于测定氯气）、MOS-900H₂S型（用于测定硫化氢）、MOS-900EO型（用于测定环氧树脂）。

6. 定电位电解式气体传感器

此类仪器是利用定电位电解法, 采用外加电源的燃料电池(称极谱电池), 电解液用硫酸, 一面使电极与电解质溶液的界面保持一定电位; 一面进行电解, 通过改变其设定电位, 有选择地使用气体、进行氧化还原反应, 从而在工作极间形成电流, 以此电流来定量检测气体的浓度。一些主要气体的氧化还原反应电位见表1-5。几种典型定电位电解式气体传感器的性能见表1-6。

表 1-5 主要气体的氧化还原反应电位

气 体	氧化还原反应式	氧化还原电位 (V)
CO	$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	+ 0.12
SO ₂	$\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	+ 0.17
NO ₂	$\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{e}^-$	+ 0.80
NO	$\text{NO} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e}^-$	+ 0.96
NO	$\text{NO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	+ 1.02
O ₂	$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	+ 1.23

表 1-6 几种典型定电位电解式气体传感器性能

气 体	电 极 材 料	电 解 质	最小测量范围 (ppm)
CO	Pt黑	H ₂ SO ₄	0~50
H ₂ S	Pt黑、Au	H ₂ SO ₄	0~1
NO	Pt黑、Au	H ₂ SO ₄	0~10
NO ₂	Au	H ₂ SO ₄	0~5
SO ₂	Au	H ₂ SO ₄	0~15
HCl	Pt黑、Au	H ₂ SO ₄	0~15
Cl ₂	Au	H ₂ SO ₄	0~3
PH ₃	Pt黑、Au	H ₂ SO ₄	0~1
AsH ₃	Pt黑、Au	H ₂ SO ₄	0~1

这类仪器主要用于测定二氧化氮 (NO_2)，一氧化碳 (CO)，硫化氢 (H_2S)，氧化氮 (NO)，砷化氢 (AsH_3)，磷化氢 (PH_3)，硅化氢 (SiH_4)，硼化氢 (B_2H_6)，锗化氢 (GeH_4) 等气体的浓度。日本产便携式仪器有EC-80型、EC-233型、COMA-10型、XCO-323型、XCO-222型，美国产品有MiniCO I、CO II、CO III型（主要用于测定一氧化碳气体的浓度）和SPE型等，联邦德国产品有CiOmOWarn型，英国产品有SCO I型、SCO II型，EMCOR型等，中国产品为CY-2型、CY-7型等。

7. 燃料电池电解式气体传感器

此类仪器是利用被测气体在特殊电极上可引起电流变化的特性，测定该气体的浓度。例如硫化氢气体在特殊电极上的反应有如下式子

$\text{H}_2\text{S} + 2\text{Ag} \longrightarrow \text{Ag}_2\text{S} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ 该反应产生的电子 2e^- 形成电流，通过测定这个电流，便可知硫化氢 (H_2S) 气体的浓度。

这类仪器主要用于测定硫化氢 (H_2S)，氢化氰 (HCN)，二氯甲醛 (COCl_2)，二氧化氮 (NO_2)，氯 (Cl_2)，二氧化硫 (SO_2) 等气体的浓度。日本产品有COM-10型、COM-11型（主要用于测定 H_2S 气体）、COM-12型（主要用于测定 COCl_2 气体）、COM-13型（主要用于测定 Cl_2 ）、COM-16型（主要用于测定 SO_2 气体）等，目前，尚未见相应国产型号。

8. 隔膜电池式气体传感器（又称伽伐尼电池式气体传感器）

此类仪器是利用伽伐尼电池与氧气 (O_2) 接触产生放电电流的特性，测定氧气的浓度。它由两个电极、隔膜及电解

液构成。阳极是铅，阴极是铂或银，电解液是氢氧化钾（KOH），隔膜是聚四氟乙烯薄膜。被测气体，例如氧（ O_2 ）渗过该薄膜后，溶于电解液中，在电极上产生电化学反应（反应方程式见第五章），两极之间形成电位差，由此而产生的电流与氧气浓度成正比。因而可以很容易地测得氧气的浓度。该类仪器测氧时，不需任何外接电源，各项性能指标均能满足矿井的要求，且体积小，重量轻，携带方便。日本产品有携带式OS-3S型、OS-3SE型，中国产品为AY-1型、AY-1A型和XO-326A型等。

上述仪器除用于测氧外，还可用于测其他许多种气体。几种典型的伽伐尼电池式气体传感器的性能见表1-7。

表 1-7 几种典型伽伐尼电池式气体传感器性能

被 测 气 体	最小测量范围 (ppm)	检 测 灵 敏 度 (ppm)
Cl_2	0~3	0.1
HCN	0~10	0.1
H_2S	0~10	0.2
HCl	0~15	0.2
F_2	0~3	0.1
HF	0~10	0.2
SO_2	0~15	0.5
Br_2	0~3	0.2
NH_3	0~50	2
H_2	0~100	2
NO_2	0~150	5
PH_3	0~1	0.1
O_2	$0 \sim 1 \times 10^4$	100

9. 气相色谱仪

气相色谱式仪器就是在色谱柱内，用载气把气体试样展

开,使气体的各组分完全分离的方法。它是将气体进行全面分析的仪器。但该类仪器笨重,只适于实验室环境中使用。

10. 红外线气体分析仪

此类仪器是用选择性检测器测定气样中特定成分引起的红外线吸收量的变化,从而求出气样中气体特定成分的浓度。该仪器主要用于测定一氧化碳(CO)、二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)等气体的浓度。日本产品有PIR-1型和UnOr型。

11. 光干涉式气体传感器

此类仪器是利用被测气体与新鲜空气的光干涉形成的光谱来测定某气体的浓度。主要用于测定甲烷(CH₄)、二氧化碳(CO₂)、氢气(H₂)以及其他许多种气体的浓度。

该类仪器有日本产品理研18型、SR-7型、理研28型,东科KW型等,联邦德国产品有ZGJ-5型,中国产品有GWJ-1A型、GWJ-2型和AQG-1型、AQG-2型等。

12. 检定管传感器与多种气体采样器组合类型仪器

此类仪器中的检定管是利用填充于玻璃管内的指示剂与被测气体起反应而测定各种被测气体的浓度。其中,利用被测气体与指示剂起反应变化深浅颜色程度来测定气体浓度的检定管叫比色式检定管。利用被测气体与指示剂起反应后变色的长度来测定气体浓度的检定管叫比长式检定管。使用时,经常是把检定管与多种气体采样器配合使用。根据变色的程度和变色的长度来确定被测气体的浓度。

该类仪器的最大特点是结构简单、重量轻、使用方便、迅速,具有相当高的灵敏度。最适合于在各种环境中测定一氧化碳(CO)、硫化氢(H₂S)、一氧化氮(NO)、二氧化氮(NO₂)、氨(NH₃)、二氧化碳(CO₂)以及烷烃、