

施 文 编著

The Principle and Application of Hazardous Gas Detectors

有毒有害气体检测仪器 原理和应用



化学工业出版社

施 文 编著

The Principle and Application of Hazardous Gas Detectors

有毒有害气体检测仪器 原理和应用



化学工业出版社

· 北京 ·

基础文献

图书在版编目 (CIP) 数据

有毒有害气体检测仪器原理和应用/施文编著. —北京:
化学工业出版社, 2009. 1
ISBN 978-7-122-03846-3

I. 有… II. 施… III. ①有毒气体-检测仪表②有害气体-检测仪表 IV. X51 TH765.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 154723 号

责任编辑: 宋 辉 刘 哲

装帧设计: 周 淳 张 辉

责任校对: 蒋 宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号)

邮政编码 100011)

印 装: 北京市彩桥印刷有限责任公司

850mm×1168mm 1/32 印张 7¼ 字数 169 千字

2009 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686)

售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 20.00 元

版权所有 违者必究

前

言

有毒有害气体检测已经成为各行业保护工作人员生命和健康、保护国家和个人财产不受损害、保护生产和生活环境不受污染的有力手段,并成为在石油化工、煤矿生产、市政设施、环境保护等方面的一项日常工作。

本书从有毒有害气体检测的基本原理和性能特点,特别是笔者十几年来在气体检测行业的应用经验出发,全面介绍在日常气体检测工作中最为常见的气体传感器(催化燃烧式、电化学传感器,半导体、光离子化检测器,非色散红外检测器,热导检测器等)检测技术,以及利用这些传感器、检测器所构成的便携式、固定式、移动式单一和复合式气体检测仪器,阐述了这些气体检测仪器在日常工作监测、密闭空间进入检测、煤矿安全检测、环保应急事故处理、无线解决方案等方面的应用。

特别感谢美国 Industrial Scientific (英思科)公司、美国 RAE Systems (华瑞)公司在气体检测技术方面给以编者的培训、指导。只有对这些基本知识系统不断地积累和学习,才能加深对于相关技术的理解。

感谢那些气体检测技术应用的实践者,他们不断地提出对于气体检测技术的具体要求,才促使气体检测技术不断发展,更重要的是为本书提供了大量的生动事例,使得本书更加接近于应用实际。

本书适合于在各个行业（石化、煤矿、市政、环保等）应用
传感（检测）器气体检测仪器的有关人员以及相关气体检测仪器的
市场开发和销售人员在工作中参考。

言 前

编者

2008年9月

目

录

第1章 概 述

1.1 有毒有害气体简介	1
1.2 气体检测的历史	5
1.3 气体检测的现在	9
1.4 气体传感器	10
1.5 有毒有害气体的种类	12
1.6 有毒有害气体的危险特性	13
1.6.1 燃烧性	13
1.6.2 毒害性	14
1.6.3 窒息性	14
1.6.4 腐蚀性	15
1.6.5 爆炸性	15
1.7 有毒有害气体的存在领域	16
1.8 有毒有害气体检测仪的分类	19
1.9 有毒有害气体检测仪的不足	21

第2章 可燃性气体检测

2.1 可燃性气体基本知识	23
2.1.1 可燃气体的爆炸范围和爆炸极限	24
2.1.2 可燃气体爆炸场所的划分	30

2.1.3	可燃性气体监测仪表的防爆结构	31
2.1.4	防爆方法对危险场所的适用性	35
2.1.5	爆炸性危险气体的分类	36
2.1.6	防爆标志格式说明	37
2.1.7	危险场所判定	38
2.1.8	爆炸危险场所防爆电气设备选型	40
2.1.9	可燃气体的危险程度	41
2.1.10	测量可燃性气体的方法和场合	43
2.2	检测可燃气体的仪器	44
2.2.1	催化燃烧式传感器	44
2.2.2	可燃性气体的其它危险	54
2.2.3	高浓度可燃气体的检测	55
2.2.4	非色散红外吸收式传感器	58

第3章 有毒有害气体检测

3.1	有毒有害气体概述	65
3.1.1	空气中有毒有害气体进入人体的途径	68
3.1.2	有毒物质对于人体的危害	69
3.2	有毒有害气体和蒸气的检测方法	73
3.2.1	比色管测量技术	74
3.2.2	电化学传感器	75
3.2.3	半导体传感器	86
3.2.4	离子化检测器	88
3.3	有毒有害气体检测场合和检测方法	97

第4章 有毒有害气体检测报警仪器的选用

4.1	仪器的一般概念	100
4.2	气体检测仪器分类	105

4.3 便携式气体检测仪器	106
4.3.1 常见的便携式仪器组成	106
4.3.2 单一式气体检测仪	109
4.3.3 单一式气体检测仪的操作	112
4.3.4 复合式气体检测仪	116
4.4 选择便携式仪器可能遇到的问题	118
4.4.1 泵吸/扩散	118
4.4.2 传感器的选择	120
4.4.3 本质安全的认证	121
4.4.4 ISO 认证	123
4.4.5 电池	123
4.4.6 数据采集/无数据采集功能	124
4.4.7 其它需要考虑的内容	125
4.5 便携式仪器使用上的问题	125
4.5.1 警报设置	125
4.5.2 校正	126
4.5.3 仪器自动管理平台	128
4.5.4 延长校正检查的间隔	130
4.6 固定式气体检测仪器	132
4.6.1 固定式气体变送器	132
4.6.2 控制器	134
4.6.3 固定式监测系统	140
4.7 移动式气体检测仪	145
4.8 气体检测仪器的选用原则	146
4.8.1 确定气体检测仪器的使用目的	147
4.8.2 确认所要检测的气体种类和浓度范围	147
4.8.3 确定使用场合	148

4.9 选择有毒有害气体检测仪时的误区	149
4.10 使用气体检测仪时需要注意的问题	151
4.10.1 加强培训和学习	151
4.10.2 注意经常性的测试和校准	151
4.10.3 注意各种不同传感器间的检测干扰	153
4.10.4 注意各类传感器的寿命	153
4.10.5 将开启的仪器永远放在你的身边	153
4.10.6 注意检测仪器的浓度测量范围	154

第5章 气体检测仪器的应用实例

5.1 密闭空间进入监测	156
5.1.1 密闭空间中的危险气体	158
5.1.2 可燃气体和蒸气	162
5.1.3 有毒气体和蒸气	164
5.1.4 选择仪器的标准	165
5.1.5 传感器的选择	168
5.1.6 密闭空间的检测顺序	172
5.1.7 密闭空间进入气体检测仪的趋势	173
5.2 煤矿安全检测	174
5.3 煤矿中使用的气体检测仪	174
5.3.1 固定式仪器	175
5.3.2 便携式仪器	175
5.4 环保应急事故中的气体检测	178
5.4.1 初始个人防护确认	179
5.4.2 泄漏检测	180
5.4.3 危险范围确认	181
5.4.4 数据采集的工具	182
5.4.5 作为漏液确认	182

5.4.6 进行污染情况判断	182
5.4.7 使用气体检测仪进行善后工作	182
5.5 无线解决方案	183
5.5.1 公用无线网络平台	185
5.5.2 自建 WIFI 无线基站监测系统	189

附 录

附录 1 《SH3063—1999 石油化工企业可燃气体和有毒气体 检测报警设计规范》摘要	193
附录 2 GBZ/T 205—2007《密闭空间作业职业危害防护规 范》及 GBZ/T 206—2007《密闭空间直读式仪器气 体检测规范》摘要	198
附录 3 中华人民共和国职业卫生标准 GBZ 2.1—2007《工作 场所有害因素职业接触限值》摘要	203
附录 4 108 种物质的燃烧爆炸参数	217

第 1 章

概 述

1.1 有毒有害气体简介

随着全球工业化步伐的不断加快,伴随着工业生产而产生的各种各样的有毒有害气体对人类的危害也愈加显得严重。除了我们熟知的一氧化碳、硫化氢等气体的危害,各类挥发性有机化学物质对人类健康和安全的危害也已经受到越来越多的关注;同时,随着科学技术水平对人类健康和安全认识的不断提高,以往我们不太注意或者说无需注意的有毒有害气体危害也已经开始渗入到我们每天的工作和生活之中,比如室内空气质量、车内空气污染等,可以这样讲,无论处于任何人类的工作和生活的环境之中,人们都可能受到有毒有害气体的危害。

有毒有害气体的危害是时时刻刻存在的。当一个电信工人下井进行一次例行电信线路检测的时候,他可能就处于一种危险的境地。也许你不会想到,在那个貌似干净的密闭地下管道的深处,一只死老鼠在腐败分解过程中所消耗掉的氧气就会使整个管井处于一种缺氧的状态。而其本身有机物质的腐烂也会产生硫化氢和

一氧化碳等气体。这样，下到管井中的工人可能遇到的有毒有害气体的威胁就包括了氧气不足的窒息危险和有毒气体的中毒问题。但事情也许还没有完结，随着城市管道的复杂程度越来越大，这条电信管道旁边的另一条煤气管道恰好发生了可燃气体的微量泄漏，泄漏的不断积累又使得这个本不该存在可燃气体的电信管井中出现可燃气体浓度超标！此时，也许在工人下井时，他的维修工具和梯子发生碰撞产生的火星就会在整个管井中发生严重的爆炸事件！

在城市市政工程中，下水道是一个十分危险的场所，通过排水过程，大量有机物质会被携带至下水道中，一旦处于合适的温度湿度下，它们就会发生腐烂而生成大量的甲烷气体（也就是俗称的沼气），这些气体会在下水道中扩散，一旦遇到合适的空间发生积累，就形成了气体爆炸的隐患（图 1-1）；另

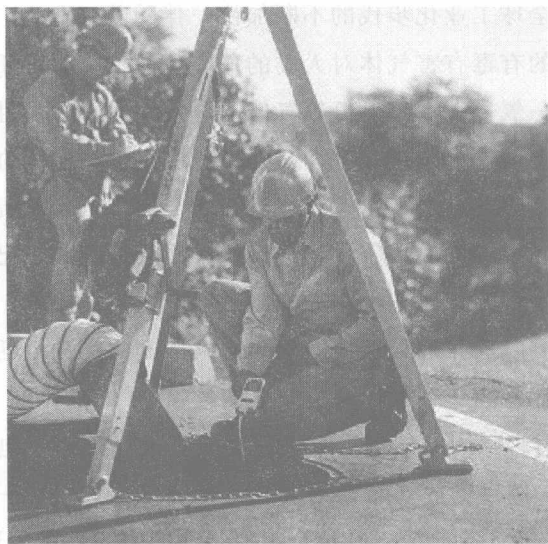


图 1-1 一个市政工人在进入下水道之前用气体

检测仪检测里面的有毒有害气体的含量

外，也许刚好一个加油站的地下油罐发生了泄漏，而泄漏的汽油又恰恰进入到下水道中，这些不断积累的可燃气体在遇到火源的情况下，就会发生严重的爆炸事故。

事实上，我们很早就受到关于有毒有害气体检测常识的教育，在小学自然课程里，老师就会教授我们如何将燃烧的纸扔在地窖中，检测其中是否缺氧。即使是现在，我们有时也会看到维修工人在进入一个密闭空间，比如一个下水道工作之前，将一个正在燃烧的东西投下去，通过检验燃烧是否会继续来判断下水道中的氧气是否充足，但现在这种测试已经远远不够了，正如我们在前面所描述的那样，现在工人可能遇到的危险检测项目已经不仅仅是缺氧那么简单的问题了，这个燃烧的东西可能会使整个管道发生严重的爆炸事故！

以上只是一些经常发生的事故的例子，但已足够使我们意识到环境中的气体种类和浓度会对人类的安全造成多大的威胁。但这还只不过是有害有毒气体对人类危害的一部分，因为这些危害都是对人类生命造成直接的、立即的伤害，或者我们可以称之为“急性”危害。事实上，我们的工作和生活的环境周围还无时无刻地发生着一些潜在的有害有毒气体“慢性”中毒和危害，比如新闻曾经提到的，在一些边远地区，劳动条件恶劣的皮革制造厂中，生产过程中会使用大量的有机溶剂——苯或甲苯来作为黏合剂的溶剂。在一般通风条件下，在其间工作的工人们可能不会遇到立即中毒等危急的情况（只能说可能，因为事实上，很多年轻的女工发生急性中毒的情况还时有发生），但如果工人长时间在此环境中工作，这些在工人身体中不断积累的有机溶剂就会对他们的健康造成很大的潜在危害，我们称之为“慢性危害（慢性中毒）”，也许，当这些工人离开工作岗位的几年后，这些危害才会显现出来，造成身体机能的破坏、罹患癌症等，而这些“慢性中

毒”会给国家和他们个人及家庭带来经济上和身体上更大的损失和伤痛。从这个方面讲，现场对于这些有机挥发性有毒有害物质浓度的监测就是对于工人今后生活的保障。因此，有毒有害气体的检测还有“保障工人退休以后生活”的目的，这也是职业健康工作的内容之一。

总而言之，确定有毒有害气体的种类和浓度已经成为各个行业、各个工种的劳动安全和环境保护工作中必须做到的重要部分。这种确定包含着两大部分：检测和监测。检测是在未知的环境中对于各种各样的有毒有害气体的确认，而监测是在已知的危险环境中对于有毒有害气体的浓度进行实时的检测。

随着测量技术、电子技术和计算机技术的发展，我们已经有了各种各样检测和监测气体种类和浓度的方法，但毋庸置疑，拥有一台气体检测仪器或者一套气体检测系统并不就能解决有毒有害气体的检测和监测的所有工作。首先，有毒有害气体的检测是一个复杂的系统管理工程，我们需要在研究和认识各种有毒有害气体的出现概率、危险性和毒性的基础上，通过确认检测方案、设定报警限度，并切实列出排除危险的应急措施，才能更好地利用各类现有的气体检测技术，确保人员及环境的安全，保证正常生产活动的顺利进行。另外，有毒有害气体的检测也是一项复杂和知识性很强的技术工作。如果对待测环境和环境中可能出现的气体种类、性质、分布、发展没有充分的了解，我们很难选择一个合适的气体监测检测仪器或系统。比如，在选购气体检测仪器的时候，仅仅说我需要“检测一氧化碳浓度”还远远不够，你要做的还有对自己需要检测的环境更多地了解，比如，可能发生的一氧化碳气体浓度范围和变化趋势如何？浓度最大可能到多少？是稳定的还是变化的？这个环境中还有没有存在其它的气体泄漏的

可能？这些气体是否也是有毒有害气体？它们的种类和浓度范围、是否会对这种检测方式构成干扰？是在一个密闭的还是在—一个开放的环境中？需要连续监测还是仅仅一次性检测？等等。

1.2 气体检测的历史

人类认识气体危害的历史很早，最近很畅销的盗墓小说中总是提到流行几千年的“鬼吹灯”传说，其实这就是古老墓穴中缺氧或存在其它有毒气体的一个例证，但这只是一个感觉或者经验之说，其中的科学道理可能就连当时的江湖大盗也未必说得清楚。人们更多、更详细和科学地了解各类气体对人员安全和健康的危害，应当是在工业革命开始以后并伴随着化学学科的发展而逐渐发展起来的。

从气体监测和检测仪器的发展历史上看，矿工可能是最早认识到需要一种检测危险气体装置的工人。由于矿井生产的特点，密闭矿井中复杂多变的气体组分会产生各种各样的危险情况，除了全世界矿工都担惊受怕的“无敌杀手”——瓦斯（主要是甲烷气体），他们还会遇到像一氧化碳、二氧化碳、氮氧化物、二氧化硫等可能对他们的生命构成极大威胁的气体组分。同时，由于这些气体的不断泄漏、沉积而占据了大量的空间，狭小密闭的有限空间中的氧气也会不足。此时简单的防毒工具（比如浸水的毛巾、海绵过滤器等）也已经失去了保护工人的功能，工人可能会因氧气不足而窒息死亡。

从人们开始利用煤开始，矿井中存在的甲烷（瓦斯）气体就

是矿工遇到的最大的威胁。由于甲烷没有任何的色味先兆，它在不知不觉之间就会积累达到发生爆炸的浓度（我们一般称之为爆炸下限）。而一旦积聚到了这样的浓度，任何的火源出现，比如当时工人照明用的火把、行动中的摩擦火花都会引起剧烈的爆炸事故。1815年，著名化学家、英国人亨福瑞·戴维（Humphry Davy）发明了可以在矿井瓦斯环境中使用的安全矿灯——Davy



图 1-2 Davy 安全矿灯

安全矿灯（Davy's lamp, 图 1-2）。Davy 灯的出现，不仅排除了因蜡烛或火把照明引起的煤矿内瓦斯爆炸的危险，同时它也是一种间接检测瓦斯和氧气的设备：当灯中的火焰较高时，意味着有瓦斯存在；而当其中的火焰较低时，则意味着氧气量不足。Davy 灯的发明对 19 世纪欧洲煤矿的安全开采做出了极大的贡献。而这种灯的众多变种仍然应用于现代化的矿井之中。

伴随瓦斯出现的一氧化碳也是矿工们关心的重要危险气体之一。同样，由于它也缺乏味道、颜色等警报特性，工人会在毫无察觉的情况下处于极为危险的环境之中。那时的工人只能用一些小动物，比如著名的“矿井金丝鸟”来检验是否在周围的环境中存在可以致死的一氧化碳，这也是在那个时代定性检测有毒气体——一氧化碳的无可奈何的方法。后来，人们发明了测量一氧化碳的比色管，才让这些可怜的小动物不会为了人类的安全而死于非命。这种检测管作为气体检测技术的鼻祖，开始广泛应用在可能存在这种危险气体的各种场合。在认识到氧气不足的危害后，人们又发明了可以检测缺

乏氧气的氧气检测比色管。同样，这些检测管在经过不断改良以后，在当前的气体检测工作中还可以见得到。

随着船运事业的蓬勃发展，如何监测船、舰船舱密闭空间所存在的有毒有害气体，也极大地刺激了现代气体检测装置的发展。1926年，火烧连营般的油船爆炸促使加利福尼亚的标油(Standard Oil)公司开始研制、开发可燃气体直读指示器的工作。1927年，Oliver W. Johnson 发明并提出了一种利用可燃气体在一个涂有催化剂的铂丝上进行催化燃烧机理的便携式可燃气体传感器，图 1-3 是当时所生产的检测仪器（称为标油电子蒸气指示器 Standard Oil Electric Vapor Indicator）。它有两个表头，一个用来检测可燃性气体，另一个用来调节传感器的平衡零点，这台仪器还可以用手动泵进行远程检测。在美国加州硅谷生产这种仪器的 Johnson-Williams Instruments (1928 年) 公司也成为世界上的第一个制造现场气体检测仪器的生产公司。即使是 80



图 1-3 1926 年 Oliver W. Johnson 发明的可

实际使用的催化燃烧式传感器的仪器