

在线分析仪表丛书

红外线气体 分 析 器

康永济 主编

化 学 工 业 出 版 社



在线分析仪表丛书

红外线气体分析器

康永济 主编

化学工业出版社

(京)新登字119号

在线分析仪表丛书
红外线气体分析器

康永济 主编
责任编辑：郑永吉
封面设计：季玉芳

化学工业出版社 出版发行
(北京市朝阳区惠新里3号)
化学工业出版社印刷厂印刷
三河通达装订厂装订
新华书店北京发行所经销

开本 787×1092 1/32 印张 12 1/2 插页 4 字数 285 千字
1993年11月第1版 1993年11月北京第1次印刷
印数 1—1000

ISBN 7-5025-1130-X/TP·36

定 价 9.60 元

内 容 简 介

本书从使用角度出发概括了红外线气体分析器的主要技术指标、特点和分类。比较详细地阐述了红外线气体分析器的工作原理,仪器主要部件的结构和理论,并对国外和国产的部分典型分析器的前置放大器、主放大器、恒温控制电路做了比较详细的分析和讨论。最后对各分析器的采样、预处理系统和整机的工作原理、结构、特征、技术性能、调校、维修要点、故障处理和典型应用都做了较详细的介绍。对分析器的生产现状和发展趋势也做了概括介绍。在叙述上力求简明易懂,尽力避免不必要的理论推导。

参加本书编写的有大连理工大学康永济(绪论,第一、二、三、四、五章,第六章第一、二、三、五节),李雪冰(第六章第四节),王君仁(第六章第六节),上海化工研究院朱建模(第六章第七、八节),四川化工厂魏正森(第七、八章,其中865型分析器由湖北化肥厂程光仪提供初稿,URAS-2T分析器由南京栖霞山化肥厂李德厚提供初稿)。全书由王君仁润色加工,康永济整理定稿。北京环境保护仪器厂王德云高级工程师担任主审。

本书可供从事自动分析工作的技术人员、管理人员、仪表工人阅读,也可供分析仪器设计、制造部门的技术人员及大专院校有关专业师生参考。

前 言

在线分析仪表在我国化工、化肥装置的生产、节能、安全、环保等方面起着越来越重要的作用。它的应用是近代科技发展的产物。生产过程的温度、压力、流量、物位四大热工参数是主要的监控对象，但毕竟是质量控制的间接参数，而成分量测量分析，则提供了最为直接的质量指标。过去，因在线使用的分析仪表技术水平低、品种数量少、可靠性不高、稳定性差、维修难度大、限制了它的应用范围。七十年代中期，随着年产三十万吨大化肥、大乙烯等大型化工生产装置的引进，分析仪表开始有了较为广泛的应用，它们参与了生产过程质量参数的监测和控制，有的还投入了安全生产在线联锁系统，成为工厂自动化水平的重要标志。但这些仪表在安装、调试、投运过程中也暴露出大量问题，特别是样品预处理系统问题更多。为此，我司组织了工厂和国内部分研究所、专业制造厂、大专院校等单位联合攻关，共同攻克了不少应用中的疑难问题，取得了丰硕的成果。

为推广这些技术成果，决定组织编写本丛书。书中的内容，理论部分主要由高校的老师负责，而实际应用部分则全部由工厂组成的编写组完成。工厂编写组在对引进和国产的各类化工生产装置进行广泛深入调研的基础上，分工完成了书中有关仪表安装、调校、维护及各类故障处理等应用方面的内容。可以说，这套丛书是十几年来现场技术工作的结晶，是攻关成果的汇总。它对于提高我国化工生产控制分析仪表的应用水平，改

善产品质量、提高效益，有着重大的现实意义。

丛书编写得到了四川化工总厂、云南天然气化工厂、湖北化肥厂、金陵公司化肥厂等七十年代引进的年产三十万吨大化肥厂的全力支持，同时镇海石化化肥厂、山西化肥厂、四川维尼纶厂、燕山石化前进化工厂、金山石化总厂、大庆石化总厂、南京烷基苯厂、南京化工公司、化工部自动化研究所、南京炼油厂、苏州硫酸厂、四川川东脱硫总厂、乌鲁木齐石化化肥厂、齐鲁石化第二化肥厂、沧州化肥厂、泸州天然气化工厂、南京分析仪器厂、四川仪表九厂、北京分析仪器厂、浙江大学、大连理工大学、华东化工学院、沈阳化工学院、化工部第八设计院、广州石化化肥厂等诸多单位，提供了许多有益的资料。在此，一并向这些单位和有关人员表示衷心感谢！

工厂编写组的魏正森、程光仪、樊县圃、胡端瑞、李德厚、顾世超等同志直接参加了丛书的有关部分编写工作，杨嘉玲、易德君、崔先鸿、黄秉宁、王介、郑保山、宋连铭、胡楼善、李仲杰等同志为丛书的编写提供了不少宝贵意见和建议，在此，谨向他们表示最诚挚的谢意！

由于水平有限，错误和缺陷在所难免，恳请读者批评指正。

化工部化肥司

目 录

绪论	1
一、红外线基本知识简介	1
二、红外线气体分析器概述	5
第一章 红外线气体分析器基本原理	10
第一节 红外线辐射源	10
一、斯特芬-玻耳兹曼定律	10
二、维恩位移定律	11
第二节 红外线气体分析器的基本原理	12
一、利用红外线作分析器的基础	12
二、朗伯-比尔吸收定律	14
第三节 红外线气体分析器的特点	16
一、能测量多种气体	16
二、测量范围宽	16
三、灵敏度高	17
四、精度高	17
五、反应快	17
六、有良好的选择性	17
七、能进行连续分析和自动控制	17
八、操作简单、维修方便	18
第四节 红外线气体分析器的应用	18
一、在化工和石油化工中的应用	18
二、控制热处理气氛	19
三、测定易燃易爆性气体混合物	19
四、控制燃烧效率	19

五、大气污染的测定	20
六、原子能工业中的应用	20
七、生物研究中的应用	20
八、汽车废气的测量	21
九、在医疗方面的应用	21
第五节 红外线气体分析器的类型	21
一、按红外线气体分析器的物理特征分类	21
二、按结构和测量原理分类	22
三、按信号检测系统分类	22
四、按测量光束的数目分类	23
第六节 红外线气体分析器的现状与发展方向	23
一、现在的技术水平	23
二、发展趋势	26
第二章 红外线气体分析器的工作原理	34
第一节 负式红外线分析器的工作原理	34
一、工作原理	34
二、优点和缺点	35
第二节 补偿式红外线气体分析器的工作原理	36
一、机械补偿法	36
二、光源补偿法（电气补偿法）	36
三、气室补偿法	36
四、三种补偿法比较	37
第三节 直读式红外线气体分析器	38
一、空间双光路红外线气体分析器	38
二、空间单光路红外线气体分析器（时间双光路红外线 气体分析器）	42
三、直读式红外线分析器与补偿式红外线分析器的比较	44
四、正式红外线分析器的优缺点	46
第三章 红外线气体分析器的主要部件	47
第一节 红外线辐射光源	47

一、红外线辐射光源的组成和对红外光源的要求	47
二、红外光源的种类	48
三、反光镜	50
四、切光片	50
第二节 气室、窗口材料和滤波元件	51
一、气室	51
二、窗口材料	52
三、滤光元件	54
第三节 接收气室——检测器	57
一、检测器的作用	57
二、检测器的种类	57
三、薄膜电容检测器	63
四、半导体检测器	77
第四节 红外线气体分析器的几个特性分析	78
一、切光频率	78
二、测量气室长度的选择	79
三、参比气室及过滤气室的长度选择	82
四、接收气室的结构参数	83
第五节 选择性及提高选择性的措施	85
一、选择性和选择性系数	85
二、选择性系数及提高选择性的措施	87
第四章 红外线气体分析器的前置放大器	91
第一节 直流极化法用的前置放大器	91
一、工作原理	91
二、“佛分”产 FQ 型红外线分析器的前置放大器	95
三、“南分”产 HW-001 型红外线分析器的前置放大器	99
四、西德“HB”公司 URAS-2T 型红外线分析器 前置放大器	103
第二节 高频调幅振荡法——美国贝克曼公司 865 型 红外线气体分析器的前置放大器	108

一、高频信号源晶体振荡器的工作原理	109
二、调幅电路	117
三、倍压检波及滤波电路	120
四、缓冲放大器	122
第三节 高频振荡调频法——8220 型红外线气体分析器的	
前置放大器	124
一、晶体管振荡器与频率调制器	124
二、频率解调	127
第五章 红外线气体分析器的主放大电路与恒温控制电路	133
第一节 主放大器	133
一、贝克曼 865 型红外线气体分析器的主放大器	134
二、横河 8220 型红外线气体分析器的 8225 型转换放大器	156
三、哈特曼-布朗公司的 URAS-2T 型分析器的主放大器	161
四、HW-001 型主放大器	168
第二节 红外线气体分析器的恒温控制系统	177
一、贝克曼 865 型红外线分析器的恒温控制系统	178
二、横河 8220 型分析器的恒温控制系统	185
三、URAS-2T 型红外线气体分析器的恒温控制系统	186
第六章 典型红外线气体分析器	189
第一节 美国贝克曼公司 865 型红外线气体分析器	189
一、概述	189
二、光学系统的主要部件	191
三、电气系统	193
第二节 横河 8220 型红外线气体分析器	200
一、概述	200
二、8221 型检测器	200
三、8225 型转换放大器	206
四、恒温箱	207
五、电源	207
第三节 哈特曼-布朗公司 (HARTMAN-BRAUN) URAS-2T 型	

红外线气体分析器	210
一、概述	210
二、光学系统	212
三、电气系统	214
第四节 堀场 EIA-31 型、TIA-31 型红外线分析器	220
一、概述	220
二、测量原理	221
三、分析器电路	223
四、防爆装置	226
五、恒温装置	226
第五节 HW-001 型红外线气体分析器	227
一、概述	227
二、光学系统——单光源双光路系统	229
三、电气系统	229
第六节 FQ 型红外线气体分析器	233
一、概述	233
二、分析系统	234
三、电气系统	235
第七节 GQH-T-200 型双组分红外分析仪	239
一、仪器的主要技术指标	239
二、仪器的使用条件	239
三、仪器的工作原理	240
四、主要部件介绍	247
五、仪器的特点	259
第八节 日本横河 IR11、IR21 型红外线气体分析仪	260
一、概述	260
二、仪器的结构及测量原理	261
三、仪器的特点	265
四、电路分析	265
第七章 红外线气体分析器在工业生产和环境监测中的应用	270

第一节 取样及其重要性	270
第二节 在合成氨工业生产中的应用	275
一、在中小型合成氨工业中的应用	276
二、在大型合成氨工业中的应用	284
三、在部分氧化法氨生产中的应用	303
第三节 在燃烧系统和环境监测中的应用	306
一、燃烧排放气的取样装置和预处理系统	307
二、大气污染监测的取样装置	314
第四节 在石油化工中的应用	316
第八章 红外线气体分析器的安装、调校和维护	319
第一节 仪器安装和开表程序	319
一、取样位置的选择和取样装置的安装	319
二、输气走线和配管	320
三、预处理系统和分析器的安装	322
四、配线	323
五、开表程序	324
第二节 FQ 型的调校和故障处理	325
一、仪器的调校和投运	325
二、日常维护	329
三、故障排除	330
第三节 URAS-2T 的调校与使用	332
一、仪器的调校和投运	332
二、日常维护和典型故障排除	338
第四节 865 型红外线气体分析器的调校与使用	342
一、调校前的检查和准备	342
二、仪器的调校和投运	344
三、测量非线性 and 输出线性化	349
四、维护	350
五、故障处理	351
第五节 8220 型的调校和维护	354

一、调校前的检查和准备	354
二、调校和投运	357
三、维护	363
四、故障处理	364
第六节 过程分析器标准气配制	366
一、低压配气	367
二、低压多组分配气	370
三、低压容积配气	372
第七节 红外线气体分析器的误差	374
一、背景气干扰附加误差	375
二、预处理过程附加误差	377
三、电源频率变化附加误差	378
四、环境变化附加误差	379
五、流速变化附加误差	380
附录一 不同浓度单位换算系数	381
附录二 部分国产红外线气体分析器	382
参考文献	387

绪 论

一、红外线基本知识简介

1. 红外线的发现

人们对自然界的认识，总是有个过程。古代人们在看到天空出现彩虹时，常常给它加上一些神秘的和超自然的意义。直到 1666 年著名的科学家牛顿通过实验证明，棱镜能把组成光的复合光线分离开，从而建立了光谱学的基础。如图 1 所示（简化图）。

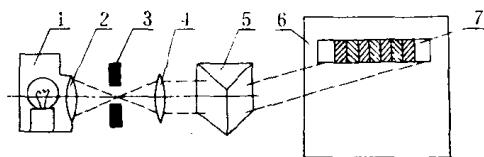


图 1 白炽灯的光谱

1—白炽灯；2—凸透镜；3—窄缝；4—凸透镜；
5—棱镜；6—屏幕；7—光谱

从白炽灯中放出一束光线，经过窄缝和棱镜折射后，就会在棱镜后面的屏上显出散开的、由各种颜色组成的一条彩色带，并按红、橙、黄、绿、青、蓝、紫的次序，有规律的排列着。

从牛顿的实验中我们可以看到：太阳光的光谱是由七种波长、折射率不同的单色光组成的，其中红光的波长最长，紫光的波长最短。

太阳光谱中除了七个单色光以外还有没有其它波长的光呢?1800年英国天文学家 W·赫谢尔在研究太阳光谱的各部分的热效应时,用灵敏温度计逐个测各单色光的温度,发现红光区的温度最高。当把温度计移到红光区界限以外,意外地发现温度计的指示温度,比相邻的红光区的温度还高很多。这一现象证明了太阳光的光谱并不限于红光区,在红光区边界之外还有人们用肉眼看不见的光。这就是红外线。

2. 红外线的定义

红外线是一种看不见的光,其波长范围在 $0.75\sim 1000\mu\text{m}$ 。因为它在可见光谱红光界限之外,所以得名红外线。红外线是电磁波谱中的一段,而电磁波谱是由一个按波长、频率或光子能量的次序而排列的辐射连续谱。电磁波谱包括波长从 $4\times 10^{-10}\text{cm}$ 以下直到几万 m 之间的多种波段,见表 1。

实验证明:所有的电磁波辐射在被物体吸收后都能产生热。而红外波段还有它自己的独有的特点:

(1) 红外辐射被物体吸收后产生出的热量很容易被检测出来;

(2) 受热物体是红外辐射的良好发射源;

(3) 在整个电磁波谱中红外波段的热功率最大。

因此,红外辐射(即红外线),也叫“热辐射”。

红外辐射的另一个定义是:红外辐射是介于可见光区和微波区之间的电磁波谱。这一界限可以用不同的方式来表示,例如用波长、频率、光子能量或波数等。见表 2。

从表 2 中可以看出,红外线在整个电磁波谱中占据着一条比可见光更宽的谱带。红外线与可见光之间的界限,用人的眼睛就可以很容易地确定。而红外线与无线电波之间的界限,却很难精确地划分开,因为没有明确的划分标准。所以人们认为,

表 1 电磁波谱表

波 段	波 长 (常用单位)
低频振动	20000m 以上
无线电波 {	长波 20000~2000m
	中波 2000~200m
	短波 200~10m
	超短波 10~0.5m
	毫米波 0.5m 以下
红外线 {	远红外线 1000~100 μ m
	中红外线 100~15 μ m
	近红外线 15~0.75 μ m
可见光 {	红 0.75~0.62 μ m
	橙 0.62~0.59 μ m
	黄 0.59~0.56 μ m
	绿 0.56~0.50 μ m
	青 0.50~0.48 μ m
	蓝 0.48~0.45 μ m
	紫 0.45~0.40 μ m
紫外线	4000~50 $\text{\AA}$ (埃)
伦琴射线	50~0.04 $\text{\AA}$
γ 射线	$4 \times 10^{-10}\text{cm}$ 以下

注: $1\text{mm} = 10^3 \mu\text{m} = 10^7 \text{\AA}$ 。

表 2 红外波段的界限

	下 限	上 限
波 长	0.75 μm	1mm
频 率	$3 \times 10^{11}\text{Hz}$	$4 \times 10^{14}\text{Hz}$
光子能量	$1.23 \times 10^{-3}\text{eV}$	1.72eV
波 数	10cm^{-1}	$1.3 \times 10^4\text{cm}^{-1}$

红外线与最短的无线电波——毫米波的谱段的边界是彼此重叠的。有人把红外线波段的上限定在 $420\mu\text{m}$ ，而物理学者多以 $1000\mu\text{m}$ 即 1mm 作为红外线波段的上限。

因为红外线谱段很宽，为了研究和应用上的方便，把它分成三个波段。即近红外段 ($0.75\sim 15\mu\text{m}$)，中红外段 ($15\sim 100\mu\text{m}$) 和远红外段 ($100\sim 1000\mu\text{m}$)。在目前工业上所用的红外线分析器，多数采用近红外波段。由于红外线在电磁波谱中，介于无线电波与可见光之间，因此红外线与前两者既有共同之处（如反射、折射和直线传播等），也有它自身的特殊性，我们重点讨论红外线的特殊性及其在工业在线分析仪表中的应用。

3. 红外线的产生

从物理学中知道，原子及分子各壳层的电子的能量是不连续的分立数值，即电子是处在不同的能级中（各能级的能量是不连续的、分立的）。分子中除了电子能级外，还组成分子的各

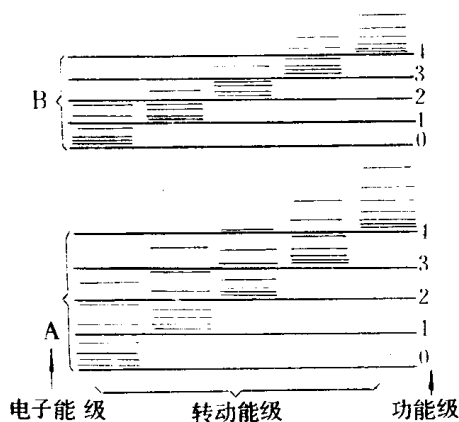


图 2 分子能级示意图