

气田工人自学丛书

天然气工业分析

龙昂 多皓 编著

石油工业出版社

气田工人自学丛书

天然气工业分析

龙 昂
多 皓 编 著

石油工业出版社

内 容 简 介

本书共分两部分。第一部分简要介绍天然气工业分析的基础知识，第二部分收集评述了天然气工业常用的重要分析方法。

本书主要供具有初中以上文化程度的天然气工业分析人员阅读。本书可作为职工技术培训或技工学校教材，也可作为中等专业学校教学参考书。所收集的天然气工业分析方法，可供各油气田、化肥厂、煤气厂及天然气使用单位参考选用。

气田工人自学丛书

天 然 气 工 业 分 析

龙 昂 编著
多 皓

石油工业出版社出版

(北京安定门外外馆东后街甲36号)

妙峰山印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 32开本 16¹/₈ 印张 350千字 印1—2,000

1987年8月北京第1版 1987年8月北京第1次印刷

书号: 15037·2693 定价: 2.35元

前 言

随着我国天然气工业的发展，天然气的开发、加工和利用过程中的分析检验工作也在不断发展和完善。为适应油气田分析人员技术培训的迫切需要，我们将现在油气田上采用的分析方法经过整理，编写了这本小册子。书中介绍了天然气工业分析的基础知识，并且收集汇编了天然气工业分析中适用的重要分析方法，编者尽可能评述了这些方法的适用范围和使用注意事项。

本书在四川输气技工学校负责同志的大力支持下，经四川石油管理局李延平副总工程师和天然气研究所夏丽云主任工程师审阅了全稿。中国科学院成都分院有机化学研究所杨季秋副研究员和四川石油管理局张婵好工程师、罗鉴生工程师和余树良工程师对书稿提出了许多宝贵意见。编者在此一并表示衷心感谢。

由于编者学识有限、实践经验不足，使本书尚存在不少缺点和错误，诚恳欢迎读者批评指正。

编 者

于成都华阳

目 录

第一部分 基础知识

第一章 绪论	1
第一节 天然气基本知识	1
一、天然气及其组成	1
二、气田水	3
三、凝析油	3
四、天然气的分离净化	4
五、天然气工业分析	5
第二节 样品的采集和处理	5
一、天然气样品的采集	5
二、水样的采集	10
三、固体样品的采集	11
第三节 分析误差和有效数字	12
一、分析误差	12
二、有效数字	15
第二章 分析实验室基本知识	19
第一节 器皿的洗涤	19
一、器皿的洗涤方法	19
二、常用洗液	20
第二节 分析用水	22
一、普通蒸馏水	22
二、重蒸馏水	22
三、电导水	23
四、不含氨的蒸馏水	23

五、无二氧化碳的蒸馏水	23
六、去离子水	24
第三节 天平	24
一、分析天平	24
二、天平使用规则	29
三、天平室规则	30
第三章 气体分析	32
第一节 基本知识	32
一、气体的摩尔体积	33
二、气体体积校正系数	33
第二节 气体浓度	35
一、气体浓度的表示方法	35
二、气体浓度的换算	37
第三节 气体分析常用仪器设备	38
一、流量测量仪器	38
二、抽气仪器	44
三、高压气瓶	46
第四节 气体的吸收和干燥	49
一、气体吸收剂	49
二、气体干燥剂	51
三、气体吸收仪器	51
第五节 气体分析仪器	54
一、吸收式气体分析仪	54
二、化学吸收一体积色层法	56
第六节 标准气样的配制	58
一、标准气体	58
二、静态配气法	60
三、动态配气法	67
第四章 容量分析基础知识	70
第一节 基本知识	70

一、容量分析法的类型	71
二、标准溶液的配制	73
第二节 容量器皿的正确使用	76
一、量筒和量杯	76
二、滴定管	76
三、移液管	78
四、容量瓶	80
第三节 容量器皿的校准	82
第四节 容量分析的计算	86
第五节 提高分析结果准确度的方法	92
一、减少偶然误差的方法	92
二、消除系统误差的方法	92
第五章 容量分析方法	94
第一节 中和滴定法	94
一、滴定曲线	94
二、酸碱指示剂	96
三、酸碱标准溶液的配制和标定	98
第二节 络合滴定法	103
一、氨羧络合剂	104
二、络合滴定曲线	107
三、金属指示剂	107
四、缓冲溶液	109
五、EDTA标准溶液的配制	111
第三节 沉淀滴定法	112
一、溶度积	113
二、银量法（莫尔法）	115
三、硝酸银标准溶液	119
第四节 氧化还原滴定法	120
一、氧化还原剂的克当量	120
二、电极电位	122

三、氧化还原滴定曲线·····	126
四、氧化还原指示剂·····	127
五、碘量法·····	128
第六章 电化学分析法·····	133
第一节 电导分析法·····	133
一、电导和电导率·····	133
二、电导仪和电导率仪·····	134
三、电导分析法的应用·····	140
第二节 电位分析法·····	144
一、基本知识·····	144
二、酸度计·····	147
三、PH 值的测定·····	148
四、电动势的测定·····	150
五、电位滴定·····	151
第三节 库仑分析法·····	153
一、基本原理·····	153
二、微库仑仪的工作原理·····	155
第七章 吸收分光光度分析法·····	159
第一节 基础知识·····	159
第二节 目视比色法·····	163
第三节 光电比色法·····	165
第四节 分光光度法·····	167
一、72型分光光度计·····	168
二、751型可见及紫外分光光度计·····	171
第五节 原子吸收及火焰发射分光光度法·····	174
第八章 气相色谱法·····	176
第一节 基础知识·····	176
第二节 色谱柱·····	179
一、固体固定相·····	180
二、固定液·····	181

三、担体	182
四、色谱柱的制备	185
五、色谱柱的选择性和柱效率	186
第三节 检测器	188
一、热导池检测器	188
二、氢火焰离子化检测器	189
三、火焰光度检测器	190
四、微库仑计检测器	192
五、检测器的性能	192
第四节 色谱的定性和定量	195
一、内标法	196
二、外标法	198
三、归一化法	199
四、定量校正因子法	200

第二部分 天然气工业分析方法

第一章 天然气全组分分析	202
第一节 概述	202
第二节 气相色谱法	202
第三节 烃类组分的分析	205
一、色谱柱	206
二、热导池检测器	206
三、操作条件	206
四、定量和结果计算	207
五、讨论	208
第四节 氢和氮的分析	209
一、色谱柱	209
二、热导池作检测器	209
三、操作条件	209
四、讨论	210
第五节 氦、氩和氮的分析	211

一、操作条件	211
二、色谱柱	212
三、操作步骤	213
第六节 硫化氢和二氧化碳的分析	215
第二章 硫化氢的分析	217
第一节 常量硫化氢的分析	217
一、碘量法	217
二、硫酸银法	221
第二节 微量硫化氢的分析	223
一、亚甲基兰比色法	224
二、汞量法	228
三、荧光光度法	230
四、色谱法	234
第三章 总硫含量的测定	236
第一节 概述	236
一、氧化法	237
二、还原法	237
三、加和法	237
第二节 氧化法	237
一、氧化-比色法	237
二、氧化-库仑法	243
第三节 还原法	250
一、铂网还原-库仑法	250
二、铂网还原-汞量法	255
三、火焰光度法	255
第四节 加和法	260
第四章 有机硫化合物的分析	265
第一节 总有机硫的测定	265
第二节 硫醇的分析	267
一、碘量法	268

二、银量法	268
三、亚甲基蓝比色法	269
四、汞量法	271
五、色谱法	274
六、电位滴定法	275
七、差减法	278
第三节 硫醚的分析	278
一、紫外分光光度法	279
二、色谱法	282
三、差减法	282
第四节 氧硫化碳和残余有机硫化化合物的分析	282
第五章 在线分析仪	284
第一节 概述	284
第二节 硫化氢在线分析仪	285
一、光电比色法	285
二、纸带比色法	287
三、电位法	288
四、库仑滴定法	290
第三节 总硫在线分析仪	294
一、测定原理	294
二、仪器主要部件	296
三、操作条件	297
四、标定与计算	298
第四节 $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_2$ 比率在线分析仪	299
一、测定原理	300
二、干扰物质的影响	301
三、校正方法	302
第五节 连续式油分计	302
一、测定原理	303
二、操作条件	304

三、校正	305
第六节 红外线气体分析仪	305
一、概述	305
二、测定原理	309
三、技术条件	311
第七节 水分自动分析仪	311
一、测定原理	311
二、气路流程图	312
三、技术条件	314
第八节 氧自动分析仪	314
一、测定原理	314
二、技术条件	315
第六章 天然气净化厂脱硫溶液的分析	317
第一节 概述	317
第二节 硫代硫酸盐含量的测定	318
第三节 硫化氢和二氧化碳含量的测定	320
一、碘量法测硫化氢	320
二、硫酸解析-氢氧化钡法测二氧化碳	321
三、硫化氢和二氧化碳含量的测定	323
四、气相色谱法测二氧化碳和硫化氢	325
第四节 脱硫溶液的组成分析	328
一、一乙醇胺水溶液中一乙醇胺含量的测定	328
二、环丁砜-二异丙醇胺水溶液的组成分析	329
三、色谱法分析脱硫溶液的组成及降解产物	331
第五节 一乙醇胺水溶液中变质产物的分析	336
一、总氮的测定	338
二、伯胺的测定	340
第七章 硫化氢制硫磺的分析	344
第一节 概述	344
第二节 转化气分析	344

一、转化气的取样	344
二、硫化氢和二氧化硫的测定	347
三、水分的测定和硫蒸气的测定	355
第三节 烟气中氧含量的测定	357
第四节 工业硫磺质量分析	359
一、概述	359
二、硫磺中水分的测定	360
三、硫磺中灰分的测定	361
四、硫磺中酸度的测定	362
五、硫磺中有机物的测定	363
六、硫磺中铁含量的测定	367
七、硫磺中砷的测定	369
第八章 水质分析法	375
第一节 概述	375
第二节 总固体和浊度	377
一、总固体	377
二、悬浮性固体	378
三、可溶性固体	379
四、各种固体的灼烧减量及其灼烧残渣	380
五、浊度	380
第三节 酸碱度	383
一、pH 值	383
二、酸度	387
三、碱度	388
四、电位滴定法测酸碱度	390
五、含硫化氢水中重碳酸盐的测定	392
第四节 硬度	396
一、总硬度	397
二、钙的测定	401
三、镁的测定	403

第五节 硫酸盐和氯化物	404
一、硫酸盐的测定	404
二、氯化物的测定	407
第六节 硫化氢和硫化物	411
一、碘量法	412
二、电位滴定法	413
三、亚甲基蓝比色法	415
第七节 磷酸盐	418
一、正磷酸盐的测定	418
二、总无机磷酸盐的测定	420
三、总磷酸盐的测定	423
第八节 溶解氧、耗氧量和需氧量	424
一、溶解氧 (DO) 的测定	424
二、化学耗氧量 (COD) 的测定	430
三、总耗氧量 (TOD) 的测定	438
四、生化需氧量 (BOD) 的测定	439
第九节 有机物	443
一、油分	443
二、苯和芳烃	448
三、有机硫化化合物	450
四、有机氮化合物	454
五、联氨	457
第十节 铁及其它金属离子	459
附录	463
I、原子量表	463
II、天然气主要组分的物化性质	467
III、饱和水蒸汽的压力及水蒸汽含量	469
IV、溶液浓度相互换算公式表	470
V、溶度积表	474
VI、热导池检测器的相对响应值和相对校正因子	475

VII、标准电极电位	479
VIII、常见酸碱溶液的百分浓度、比重及当量浓度	481
IX、换算为标准状况下的气体体积校正系数 (K)	483

第一部分 基础知识

第一章 绪论

第一节 天然气基本知识

一、天然气及其组成

天然气是指在不同地质条件下生成、运移，并以一定压力储集在地下构造中的气体。它们埋藏在深度不同的地层中，通过井筒引至地面。大多数天然气是可燃性气体，主要成分是饱和气态烃类，还含有少量非烃气体。有的天然气非烃气体含量可能超过90%。从化学组成看，天然气的组分大致可以分为三类：

第一类：烃类化合物

1. 烷烃

绝大多数天然气中，甲烷(CH_4)含65~99%，是最多的组分。乙烷(C_2H_6)、丙烷(C_3H_8)和丁烷(C_4H_{10})也有一定含量。在常温常压下为液体的戊烷(C_5H_{12})及戊烷以上组分，包括它们的同分异构体(简记为 C_5^+)，通常含量甚微。

2. 芳烃

不少天然气中含有少量的苯 () 及其同系物。

3. 不饱和烃和环烷烃

有的天然气中含有微量的不饱和烃和环烷烃。

第二类：含硫化合物

1. 无机硫化物

天然气中含的无机硫化物，主要是硫化氢(H_2S)。天然气中硫化氢的含量，因产地、产层不同、会有很大变化。有的天然气中硫化氢含量极微。

2. 有机硫化物

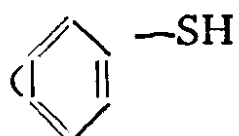
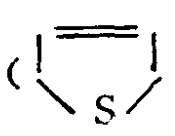
硫醇(RSH)：天然气中主要含甲硫醇(CH_3SH)和乙硫醇($\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$)，更高级的硫醇含量甚微。

硫醚(RSR)：天然气中有时含有少量的二甲基硫醚(CH_3SCH_3 ，简称甲硫醚)和二乙基硫醚($\text{C}_2\text{H}_5\text{SC}_2\text{H}_5$ ，简称乙硫醚)。更高的硫醚在天然气中含量甚微。

二硫化物(RSSR)：天然气中有时含有少量的甲基二硫化物(CH_3SSCH_3)和乙基二硫化物($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{SSCH}_2\text{CH}_3$)

氧硫化碳(COS)：又叫硫化羰、硫氧碳或羰基硫。天然气中有时含有微量的氧硫化碳。

其它：天然气中还可能含有极微量的二硫化碳(CS_2)、

硫酚 ()、噻吩 ()及其衍生物。

第三类：其它组分

1. 二氧化碳(CO_2)和一氧化碳(CO)

大多数天然气都含有二氧化碳，其含量有时相当高。有的天然气中含有少量的一氧化碳。