

高等学校教学用书

石油化学实验

苏联 В·И·依莎古良茨等著

石油工业出版社

石 油 化 学 实 验

苏联 В.И.依莎古良茨 Т.М.叶哥洛娃著

北京石油学院科学研究科翻译组译

北京石油学院石油工学教研室校订

苏联高等教育部审定作为高等石油学校教材

石 油 工 业 出 版 社

本書系學習石油化學的參考書。書中敘述了分析和合成性質的實驗作業，講解了這些實驗的理論基礎並介紹了石油烴類的某些重要的化學變化。

書中對於石油餾分的各種研究方法加以概述，並對加工過程的化學原理提出了總括性的理論資料。本書內容符合於蘇聯高等教育部「石油與天然氣工程」專業的石油及天然氣化學理論課程的教學大綱。

本書由北京石油學院科學研究科翻譯組李金洋、王成義同志譯出，由石油工程教研室郭昭泉、柳庸行同志校訂。

В. И. ИСАГУЛЯНЦ Г. М. ЕГОРОВА

ХИМИЯ НЕФТИ

根據蘇聯國立石油燃料科技書籍出版社(ГОСТОПТЕХИЗДАТ)

1949年列寧格勒版翻譯

統一書號：15037·155

石油化學實驗

北京石油學院科學研究科翻譯組譯

北京石油學院石油工程教研室校訂

石油工業出版社出版

(社址：北京六鋪炕石油工業部內)

北京市書刊出版業營業許可證出字第083號

石油工業出版社印刷廠印刷

新華書店科技發行所發行

各地新華書店經售

850×1168 $\frac{1}{2}$ 開本 * 印張7 $\frac{1}{2}$ * 202千字 * 印4,631—5,930冊

1955年4月北京第1版第1次印刷

1960年7月北京第1版第4次印刷

定價1.30元

前 言

在蘇聯高等石油工業學校中，講授石油化學的目的，是爲了對石油及天然氣的化學組成及其加工的化學方法進行深入的研究，以便對於石油及天然氣這一原料作最合理的使用。

只有將實驗作業很好地加以安排，學生才能很好地消化本課程的講課，在實驗室內通過各種實驗，就能使學生熟悉石油、天然氣及其加工產品的組成，和了解其組成的主要化學研究方法以及石油與天然氣加工過程的化學機理。

由於根本沒有可以用來指導石油化學實驗的參考書，因而促使著者編寫本書。書中敘述了莫斯科石油學院近12—15年來的石油化學教學經驗，希望能對有關問題的文獻中的缺陷有所彌補，那怕是一點一滴的彌補。

書中提供出氣態烴類、液態餾出物產品（發動機燃料餾分）、合成汽油烴類以及潤滑油烴類等研究方法的資料。

在某些章節中分別舉例研究了石油在各種加工過程中的化學反應，同時也說明了很多合成產品的製造方法，這些合成產品或者是以石油原料爲基礎而製成的，或者是爲了改善某種產品的性質而在石油工業中應用的。

在每章中，當講述各種研究方法以前，先闡明有關本章或本題目的理論資料，並引證文獻（主要是原著）。這樣就能使學生深入的研究本講課中所提到的資料，並能敏慧地進行實驗的準備。

決不能認爲本書對有關問題都作了詳盡無遺的解釋，更不能把本書當作對有關石油原料加工與研究之所有問題都作了詳細的解釋。

目 錄

前 言	5
序 言	7
第一章 石油氣態烴類及其研究	7
第1節 石油氣體的組成	7
第2節 分析氣體的一般方法和特殊方法	10
氣體的取樣	12
用秤量法進行氣體比重的測定	14
氣體比重的測定	16
用奧爾士儀器進行的氣體的預分析	17
用奧爾士儀器進行的氣體的全分析	21
飽和烴類氣體的低溫分餾	23
第二章 石油餾出物的化學組成及其物理性質	37
第1節 石油的化學組成的研究方法	37
第2節 物理特性的測定	44
比重的測定	45
光學性質的測定	49
折射率的測定	56
等脹比容的測定	58
苯胺點的測定	50
第三章 石油輕餾分及其研究	63
第1節 分離和測定烴類的物理方法	63
在實驗室精餾柱中進行液態烴類混合物的分餾	64
用苯胺點法測定直餾汽油的族組成	70
用苯胺點法測定裂化汽油的族組成	74
色層分析	75
第2節 研究石油輕餾分的化學方法	78
第3節 不飽和烴類的測定法和分離法	80
硫酸對不飽和烴的作用	81
用硫酸法測定芳香烴和不飽和烴的總含量	83
用硫酸和磷酸酐混合液測定芳香烴和不飽和烴的總含量	85
不飽和烴和鹵素的作用	85
用碘價和溴價法測定不飽和烴	86
按馬爾哥什士法測定碘價	88
溴價的測定	90

將不飽和烴變成二溴化物的分離法	93
用二氯化二硫分離不飽和烴	94
用汞鹽分離和鑑定不飽和烴	96
用氫價法測定不飽和烴的含量	99
用茚羧酸酐法測定二烯烴	103
第4節 芳香烴的測定法和分離法	105
硫酸對芳香烴的作用	105
用硫酸和磷酸酐混合液測定芳香烴	107
用濃 H_2SO_4 磺化汽油及芳香烴自磺酸中的分離	109
芳香烴類的鑑定	109
用苦味酸鑑定芳香烴（使芳香烴變成苦味酸鹽）	110
用鄰苯二甲酸酐鑑定芳香烴（使芳香烴變成鄰烷基苯甲醌苯甲酸）	111
用氧化法鑑定芳香烴	112
按古士達夫遜的過溴化法鑑定芳香烴和環烷烴	115
按古士達夫遜-卡諾華洛夫的過溴化法鑑定六員環烷烴	117
按捷林斯基的催化脫氫法進行汽油餾分中六員環烷烴的定量測定	118
存在於正構烷烴中的異構烷烴的測定	122
第四章 各種潤滑油的烴類	127
第1節 各種潤滑油的化學組成	127
第2節 用在真空中蒸餾潤滑油餾出物的方法來研究潤滑油	130
第3節 具有潤滑油性質的單體高分子烴類的合成	131
十八烷基苯的合成	134
第4節 潤滑油烴類的環分析	139
第五章 石油的非烴類組分	146
第1節 石油中的含氧化合物	146
環烷酸	147
自石油中分出的單體脂肪酸	152
自石油中分出的單體酚類	152
石油含氧化合物的研究	153
純態環烷酸的分離	154
環烷酸甲酯的製取	154
第2節 石油的含硫化合物	155
用燈法測定石油餾出物中的硫	157
硫醇的鑑定（使硫醇變成二硝基氯化苯的衍生物）	159
第3節 膠狀瀝青物質	130
瀝青-膠狀物質的定量測定	132
第六章 單體化合物的合成	134

第1節 醇脫水以製烯	165
在液相下自叔丁醇製取異丁烯	166
在氣相中由伯異丁醇在氧化鋁上作用製取異丁烯	168
由 β -十萘酚製取八氯化萘	169
第2節 單體異構烷烴類的合成	170
2,3-二甲基丁烷(二異丙基)的製取	171
2,2-二甲基丁烷(新己烷)的製取	174
2,2,3-三甲基丁烷(或Триптан)的製取	175
第3節 用催化加氫法製取飽和烴類	180
由異戊烯製取異戊烷	181
在常壓下由苯製取環己烷	182
在氫壓下由苯製取環己烷	182
活性鎳催化劑的製備	185
第4節 潤滑油添加劑的合成	185
帕拉弗洛的合成	187
以羥基酚作基本組分製備多作用添加劑的合成法	190
呋喃基-對-胺基酚的合成	195
第七章 石油原料在各種加工過程中的化學反應	196
第1節 烴類的催化裂化	193
用無水三氯化鋁為催化劑時石油餾分的裂化	200
用矽酸鋁為催化劑時烴類的裂化反應	202
第2節 烴類的高溫熱解	209
索拉油的高溫熱解試驗	220
苯的高溫熱解試驗(聯苯的製取)	221
第3節 烯烴的疊合	222
異丁烯以氟化硼乙醚為催化劑時的疊合作用	224
第4節 烴類的異構化	225
第5節 有 $AlCl_3$ 、 H_2SO_4 等存在時用烯烴烴化異烷烴	228
有濃硫酸存在時用異丁烯烴化異戊烷	231
有硫酸存在時用叔丁醇烴化異戊烷	231
有硫酸存在時用二異丙基硫酸酯烴化異戊烷	232
第6節 在硫酸的存在下用丙烯烴化苯	234
第7節 烷烴的催化環化	235
正庚烷的環化試驗(根據B.Л. 莫爾達夫斯基和Г.Д. 喀木舍爾)	240
第8節 石油烴類的氧化	241
石腦氧化法	242

序 言

在高等石油工業學校中將石油化學作為獨立的課程開始講授，這是與 C. C. 納苗特金院士的名字分不開的。

教學系統和課程內容在納苗特金院士所著的「石油化學」一書中已有詳細說明。

石油化學課程的主要目的就是研究石油的烴類和非烴類化合物的組成部分，以及深入的研究加工過程的化學機理。

雖然石油的開採、煉製以及消費都已有了很大的規模，但是對於石油化學組成的研究却是十分不夠的。所有我們知道的有關石油化學組成的知識，也僅限於在 200°C 以前餾出的餾分的組成，同時，也還是不完全的。

關於石油的化學組成所以知道得很不夠，是因為分離及鑑定存在於石油組成中的各族烴類的無數異構物是十分複雜的，同時到目前為止，在工業上還沒有必要對石油的化學組成進行詳細的研究。

由於航空事業的發展，結構最新的發動機便需要具有抗爆穩定性很高的新燃料。在研究中指出，含有異構烴烴的汽油可作為此種燃料。這便推動了人們對於各種石油的汽油餾分的化學組成進行全面的研究，因而在石油煉製工廠中也出現了一系列新過程，這便保證了航空事業在高品質發動機燃料方面的要求，同時也比較正確和合理地利用了石油資源。

早在 50 年以前，偉大的俄國化學家門捷列夫就已經注意到了石油的不合理和掠奪性的使用，並且天才地預言了石油煉製工業的未來及石油應用之方向。

俄國學者馬爾哥弗尼可夫、奧格洛布林、里森科及別益里什欽等，首先對石油進行了研究，從而明瞭含於石油組成中的烴類的結構。

馬爾哥弗尼可夫首先採用了有機化合物的分析方法來測定石油烴類的結構。他在石油中（在汽油餾分中）發現了環族烴類，

即所謂環烷烴。在他的研究以前，在環烷烴中僅僅知道某些天然產品，例如香精油和松節油。

馬爾哥弗尼可夫的研究，可認為是石油研究領域中的經典研究，並且直至現代仍保持着它的價值。近代，哈里齊可夫、古爾維奇、科諾華洛夫、捷林斯基、納苗特金等進行大規模的研究，這便大大地擴充了我們對於石油的化學組成的瞭解。

假如在革命以前，石油的研究只不過是由個別學者所發起而僅為個別學者的事，那末現在石油的研究已成為有國家意義的事情了，並且走向為國民經濟服務的道路。

近30年來，石油煉製工業已完全改變了自己的面貌和本質。從石油的蒸餾改變為石油的煉製，並出現了很多新的化學過程，這些過程便大大地增加了產品的品種，並且主要是大大提高了石油產品的質量。

石油的研究方法亦與這些過程相應地有了改變，並且充實了起來。除了從前已經知道的物理方法和化學方法以外，光譜法在研究烴類的結構時，也獲得了廣泛的應用，其中，當研究汽油餾分時已廣泛地採用了綜合散射法。為俄國植物學家M. 茲維特所首先發明的、用來將複雜有機化合物的混合物分離成單體化合物的色層分析法，在研究石油烴類時已被採用，此法可能將成為研究石油餾分的化學組成，特別是研究潤滑油餾分的最簡便的方法之一。

雖然環分析法不能給出烴類的相對結構的解答，而僅能指出芳香烴、環烷烴和烷烴間含量的比例，但是用它還是能夠解決研究潤滑油化學組成的問題的。

由於石油煉製工業中掌握了很多新的過程，這些過程又生產出了很多新產品，因此石油化學的任務除了研究天然石油餾分以外，又擴充到進行這些新產品組成的研究。在多數情況下，這些新過程是催化過程和合成過程。催化過程在石油煉製工業中獲得了廣泛的應用。另外，有機合成亦佔有不小的地位，其目的是為了製取可作為改善石油產品質量的添加劑的各種化合物。

本書內容符合於上述目的，今將其分述於下列七章中。

第一章 石油氣態烴類及其研究

第1節 石油氣體的組成

由於來源的不同，石油氣態烴類可分為二類：1)當開採石油時所放出的氣體或天然石油氣體，2)當石油加工時所生成的氣體——直餾氣體、裂化氣體和高溫熱解氣體。

天然石油氣體在石油產地中是石油的經常伴侶，它是由甲烷及甲烷的同系物所組成。天然石油氣體通常均含有二氧化碳雜質，並經常含有氮，而在某些情況下亦含有硫化氫和稀有氣體。

不同石油產地的氣體其組成亦各不相同。可分為乾氣(貧氣)和肥氣(濕氣或富氣)兩種。乾氣主要由甲烷和少量的乙烷、丙烷及其高分子同系物所組成。肥氣不僅含有相當大量的甲烷的氣態同系物，而且也含有易揮發液態烴類(包括自戊烷至辛烷)的蒸氣。液態烴類可與一部分丁烷一起以氣體汽油狀態自氣體中提取出來。在乾氣中汽油的含量為每一立方公尺氣體 50 克以下，而在肥氣中為每一立方公尺 100 克以上。

二氧化碳是天然氣體中經常含有的雜質，其在天然氣體中的含量為自千分之幾至百分之幾(按體積計)。在稀有的情況下二氧化碳的含量可達 40% 或更高。

氮經常是石油氣體的組成部分。在含氮的氣體中有時也有稀有氣體存在；其中最具有價值的是氬，氬的含量為萬分之幾或千分之幾，僅有時可達百分之幾。在含硫石油的氣體中含有硫化氫，其含量為自千分之幾至百分之幾。在石油氣體中不含氧；此處氧的存在僅是混有空氣的標誌。一氧化碳、氫和不飽和烴類也不含於天然石油氣體中。今將蘇聯最重要石油產地的典型氣體的組成載於表 1。

石油加工氣體應分為直餾氣體和破壞加工(裂化、高溫熱解)氣體兩種。

蘇聯天然石油氣體的組成 (按體積%)

表 1

產 地	比重 (空氣 =1)	CO ₂	N ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	異-C ₄ H ₁₀	正-C ₄ H ₁₀	高分子	附 註
蘇拉罕, IV _а 層	0.778	19.5	—	76.3	2.0		1.2			分析是以不 含空氣和 CO ₂ 的純 氣體為基礎 的。而在原 氣體中含 CO ₂ 1— 1.5%; 在 10—15°C時 選取氣體。 在原氣體中 含 CO ₂ 達 3%
蘇拉罕, IV _а 層	0.632	4.3	—	90.7	2.5		1.0			
拉曼	—	16.6	—	75.5	2.7		2.2			
莎本齊	0.667	8.8	—	84.6	0.9		0.7			
巴拉罕	0.691	11.5	—	83.7	0.6		0.2			
蒲特	—	13.2	—	81.3	1.6		2.9			
比比-埃巴	—	6.5	—	90.7	2.1		0.4			
蘇班	—	2.0	—	92.9	2.1		2.0			
克爾	0.602	1.6	—	93.3	2.3		0.8			
格羅茲內新區, I層	1.268	—	—	43.6	10.7	18.5	9.6	7.5	10.1	
格羅茲內新區, IV層	1.313	—	—	43.9	7.9	14.0	11.3	9.5	13.4	
格羅茲內新區, VII層	1.207	—	—	51.0	11.5	16.9	12.9		7.7	
格羅茲內新區, VIII層	1.19	—	—	49.4	11.3	18.0	8.0	5.8	7.4	
格羅茲內新區, IX層	1.240	—	—	50.6	10.8	13.5	8.4	6.4	10.9	
格羅茲內新區, X層	1.24	—	—	47.6	10.4	17.3	10.1	7.2	7.5	
格羅茲內老區, 乾氣	0.85	—	—	75.8	6.0	8.0	2.6	3.1	4.5	
格羅茲內老區, IV層	1.156	—	—	52.6	11.8	13.8	6.0	8.8	6.9	
馬益可蒲, C層	1.53	7.5	—	10.7	17.8	35.7	3.6	11.1	8.4	
馬益可蒲, E層	0.740	5.6	—	82.6	4.0	3.9	0.9		3.0	
邱索夫城		0.4	—	41.7	21.6	20.7			13.7	

當直餾時, 便將溶解於石油中的殘餘天然氣體烴類自石油中分出。由於自石油中分離出氣體的過程是在較高溫度下進行的, 因此氣體便帶走了大量 (達 50%, 重量) 的汽油蒸氣。這些氣體通常稱為不凝縮氣體。其特點就是不含有二氧化碳及氮, 而僅含有少量的甲烷與乙烷。將這些氣體經過去汽油後, 所剩下的氣體幾乎是完全由丙烷和丁烷所組成的。

丙烷和丁烷亦可自瓦斯油工廠中的氣體汽油的穩定 (精餾) 過程中得到。自氣體中得到的汽油, 因含有丙烷, 所以具有非常高的揮發度。因此除掉丙烷和過量的丁烷就是氣體汽油穩定過程

的任務。

石油破壞加工氣體是石油原料的熱分解產品。它們的特點就是：除了含有烷屬烴類和少量的 CO_2 外，通常也含有不飽和烴類、氫、硫化氫和一氧化碳。生成氣體的量為破壞加工過程的條件所決定：過程的溫度愈高和壓力愈低，氣體的產率便愈高。例如，當氣相裂化 ($550-600^\circ$) 時所生成的氣體的產率要比加壓裂化 ($450-530^\circ$) 時的氣體產率幾乎大二倍，而當溫度約為 800° 時，則自石油原料中所得的產品幾乎均為氣態產品。氣體的組成亦為破壞加工的條件所決定。升高過程的溫度便能促使氫和烯烴的生成。增高壓力便促使氣相烯烴疊合而生成液態產品。利用這個道理就可以解釋為什麼氣相裂化氣體所含的氫 (7—10%) 和烯烴 (40—45%) 比較加壓裂化氣體 (氫為 1—3%，不飽和烴類為 20% 以下) 為多。

裂化的催化劑對氣體的組成有很大的影響。例如，用三氯化鋁為催化劑的裂化氣體便不含不飽和烴類，幾乎均由異丁烷和正丁烷的混合物所組成。當採用矽酸鋁催化劑進行裂化時，同樣也可以得到含有大量飽和烴類的氣體 (烯烴約為 10%)。在這種情況下，其主要組分為丙烷和丁烷。此種氣體和溫度條件與其相近的低溫裂化氣體間的顯著區別，就是低溫裂化氣體的飽和部分中主要是甲烷和乙烷。

破壞加氫氣體的 70—90% 是由氫所組成，其餘的部分便是飽和烴類。烷烴、烯烴和芳香烴的催化脫氫氣體及催化環化氣體均為氫及混入其中的甲烷、乙烷和乙烯所組成。環烷烴的催化脫氫氣體幾乎全由氫組成。

二氧化碳、氮、一氧化碳和硫化氫在裂化氣體中的含量的總和通常為 1—2%。但在某些情況下，由於過程或原料的化學組成的特殊性，則這些組分中的某幾個的含量便很高。例如，在含硫原料的裂化氣體中，硫化氫的含量可達百分之幾；在氧化裂化氣體中有時可發現一氧化碳達 8% 和二氧化碳達 5%。而氮的含量可能達到 60%。裂化氣體通常多自裂化裝置的分離器中分離

出來，而由於分離器操作條件的不同，因此同一個裝置中的氣體的組成亦可能發生變化。分離器內的壓力愈高，則氣體中的甲烷（和氫）便愈多，而不飽和烴類便愈少。被氣體帶走的液態烴類的數量同樣也不是固定不變的：例如，在加壓裂化氣體中汽油的含量為12—18%（重量）。

除了自分離器（它能決定該裂化系統中的氣體的類型）分離出的氣體外，在工廠中當裂化餾出物經過穩定以後可得到一種氣體。自裂化裝置的穩定器中出來的氣體主要由含3個和4個碳原子的烴類所組成，並大多數為烯烴。

關於石油破壞加工氣體的組成如表2所示。

石油加工氣體的組成

直餾不凝縮氣體（按體積%）

表2

氣 體	比 重 (空氣=1)	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	異-C ₄ H ₁₀	正-C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	高分子
管式裝置	1.91	7.2	3.5	23.1	20.1	18.8	21.4	6.0
15個蒸餾釜	1.83	8.3	4.8	27.4	19.3	20.3	11.8	8.2

裂化氣體及高溫熱解氣體（按體積%）

氣 體	H ₂	CH ₄	C ₂	C ₃	異-C ₄	正-C ₄	高分子	所有的 烴類	二烯烴
加壓低溫裂化	2	40	18	23	8	4	5	18	—
加壓高溫裂化	6	29	25	33	3	2	2	15	—
氣相裂化	7	30	35	18	5	3	1	40	1
高溫熱解	11	52	23	9	4			30	1
用矽酸鋁的催化裂化	5	10	6	27	48	4	—	10	—

第2節 分析氣體的一般方法和特殊方法

為了分析未知組成的氣體，通常均先進行某些預先測定，以確定其特性和選擇詳細的研究方法。首先測定二氧化碳的含量，

氧的含量和不飽和烴類的總含量。這種測定可以決定該氣體是屬於天然氣體的範疇，抑或屬於裂化氣體的範疇；並且可以指出該氣體試樣是純粹試樣抑或是混有空氣的試樣。在此測定後，爲了對氣體中所含的烴類有某些概念，往往要測定氣體的比重。

根據預先實驗的結果，便可進行氣體的全面分析，而假如需要的話，則可進行特殊分析。氣體的全面分析包括：

(1) 採用每個組分的特殊液體試劑來處理氣體混合物的方法，連續測定能被吸收組成部分(H_2S 、 CO_2 、 O_2 、 C_nH_{2n} 、 CO ，有時亦有 C_nH_{2n-2} 等)的總和；

(2) 採用燃燒及測定燃燒產物的方法來測定飽和烴的總量及氫；

(3) 採用直接測量體積的方法來測定氣體殘餘物中的游離氮。

特殊分析方法隨氣體的特性和實驗前所指定的任務而不同。對於天然氣體通常多進行飽和烴類的詳細分析，或進行汽油烴類總含量的不很準確的測定。對於探井中的氣體和新開採的未研究過的石油產地的氣體，甚至要測定其稀有氣體——氮和氬的含量。

對於裂化氣體應研究其烴類部分的組成，並且要分別地測定飽和烴類和不飽和烴類的含量。

在所有上述測定中均須進行氣體體積的測量。大家都知道，由於溫度和壓力的不同及試樣濕度的大小，同等重量的氣體可能佔有不同的體積。因此，爲了得到準確的數據，必須用相同的條件來表示分析結果：通常多將氣體體積換算爲標準狀況下的體積，即溫度爲 $0^\circ C$ 和壓力爲 760 公厘水銀柱時的體積。

氣體的換算可根據波義爾-馬里奧特和蓋-呂薩克定律，按此定律，氣體的體積是隨壓力和溫度而變化的。

在 $t^\circ C$ 和大氣壓力爲 P 公厘時，氣體的體積（在濕狀態下測量的）爲 V ，可按下式將其換算爲在 $0^\circ C$ 和 760 公厘下處於乾燥狀態的體積：

$$V_0 = \frac{V(P_0 - P_w)}{760(1 + \alpha t)},$$

式中 V_0 ——換算為標準狀況下的氣體體積；

P_0 ——換算為 0°C 時的大氣壓力；

P_w ——在 $t^\circ\text{C}$ 時水蒸汽的蒸汽壓力；

α ——氣體膨脹係數，等於 0.003665。

可從載有在不同溫度下的水蒸汽蒸汽壓力數值的表格中，求出 P_w 的數值來。

當將大氣壓力換算為 0°C 下的壓力時，則須計算水銀的膨脹係數和玻璃或黃銅（當氣壓表為黃銅刻度時）的直線膨脹係數。關於濕度的校正數值和氣壓表讀數可見表 3。

氣體的濕度和氣壓表（玻璃刻度）讀數的校正 表 3

溫度, $^\circ\text{C}$	P_w , 公厘	氣壓表的校正, 公厘	總校正, 公厘	溫度, $^\circ\text{C}$	P_w , 公厘	氣壓表的校正, 公厘	總校正, 公厘
7	7.5	0.9	8.4	16	13.6	2.1	15.7
8	8.0	1.0	9.0	17	14.5	2.2	16.7
9	8.6	1.2	9.8	18	15.5	2.3	17.8
10	9.2	1.3	10.5	19	16.5	2.4	18.9
11	9.8	1.4	11.2	20	17.5	2.6	20.1
12	10.5	1.5	12.0	21	18.7	2.7	21.4
13	11.2	1.7	12.9	22	19.8	2.8	22.6
14	12.0	1.8	13.8	23	21.1	2.9	24.0
15	12.8	1.9	14.7	24	22.4	3.1	25.5

為了計算簡便起見，在大多數情況下，可採用整數（四捨五入）度數和公厘數。此外，可從表 3 中看出，當溫度在 11° 和 21°C 之間可求出溫度的總校正數，從而便可自 P 中直接減去相當溫度（以攝氏度數表示）的公厘數而求得氣壓表的真實讀數。

氣體 的 取 樣

對於欲實驗物質的正確取樣是每一個分析的必須條件。

在氣體分析實踐中可碰到下列四種情況：

(1) 氣體處於較高的壓力下（在裝置中、儀器中或金屬氣罐中）；

(2) 氣體處於大氣壓力下（在玻璃瓶中或其他容器中）；

(3) 氣體處於真空下（在儀器中或裝置中）；

(4) 氣體處於溶解狀態（在水中和石油中等）。

在第一種情況下，若氣體本身的壓力不過高時，則氣體可在本身壓力下直接進入分析設備中。在高壓下，則需自裝置中或氣罐中取專門的分析試樣置於玻璃瓶中，在玻璃瓶中氣體是處於常壓或稍高的壓力下。當氣體處於常壓下時，則可用液體將其排送於分析儀器中。假如氣體處於真空下，可用普通水銀泵將試樣注入瓶中，以便在常壓下儲存。帶有平衡瓶的盛有水銀的移液管 1 便可作為泵用。在移液管上設有三通開關：開關的一個通路與氣源 3 相聯結，第二個通路與瓶 2 相連（見圖 1）。當將溶解氣體試樣取出而置於瓶中時，亦可用水銀泵來抽取，在這種情況下應加熱含有氣體的液體試樣。

儲在氣體的瓶子通常均有帶二個孔的塞子，在一個孔中插入短玻璃管，而在另一孔中則插入長玻璃管（插至瓶底）。

將橡皮管堅固地套於玻璃管的開端上，並用螺旋夾將橡皮管夾住。用排擠盛於瓶中的液體的方法或用在充滿空氣的乾瓶中長時間吹氣的方法，將氣體導入瓶中。

對於烷烴可用水作其封閉液體。而對於含有 CO_2 、 H_2S 和烯烴的氣體則採用鹽類（ NaCl 、 Na_2SO_4 等）的飽和溶液作封閉液體，因這些氣體在鹽類的飽和溶液中的溶解度要比其在水中的溶解度為小。當氣體的數量很少時，為了進行很準確的分析，可採用水銀作封閉液體。

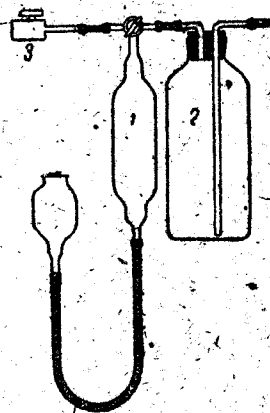


圖 1 將氣體試樣抽入瓶中的儀器之簡圖

採用吹氣的裝瓶法時，將損失大量的試樣：因為若想有把握地將空氣完全除掉，則需要有 20 倍體積的氣體通過瓶子。

在所有情況下，均需考慮到氣體的重組分在瓶的冷壁上有凝縮的可能性，因此當取氣體時，要保持其溫度稍微高於氣源的溫度。

用秤量法進行氣體比重的測定

一定體積（換算為標準狀況下的體積）的氣體的重量與同體積空氣重量之比便稱為氣體的比重，在比較時通常取空氣為 1（空氣的體積亦應換算為在 0°C 和 760 公厘水銀柱時的體積）。

氣體混合物的比重等於每個組分的比重和其在混合物中的百分數的乘積的算術平均值。對於二已知氣體的混合物，便可準確地算出每個組分的百分含量。此種測量進行得很快，因而當要每天檢查工廠和實驗室裝置的工作時，常採用此法。當分析含有數個組分的天然氣時，根據其比重，則僅能得到所含烴類的初步數據。當除掉 CO_2 、 O_2 、 H_2S 和 N_2 後，若烴類氣體殘餘的比重接近 0.6—0.7，則該氣體便屬於乾氣；假如其比重接近於 1.2—1.6，則此氣體為肥氣。

今將某些氣體的比重列於表 4。

氣體的比重

表 4

名 稱	比 重 (空氣=1)	名 稱	比 重 (空氣=1)
空氣	1.000	丁烷	2.006
氧	1.1053	硫化氫	1.1910
氮	0.9670	一氧化碳	0.9672
二氧化碳	1.5292	氫	0.1381
甲烷	0.5545	氦	1.3780
乙烷	1.0493	丙烯	1.4980
丙烷	1.5622	丁烯	2.0573
乙炔	0.9751	乙炔	0.9121
氫	0.0695	四甲基甲烷	2.4910