



# 分析化学数据手册

地质出版社

065-62

R

—37

# 分析化学数据手册

51-7/07

罗 明 富 译  
陆 恩 泽

地质出版社

# 分析化学数据手册

罗明富 陆恩泽 译

\*

地质矿产部书刊编辑室编辑

责任编辑 关英

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

\*

开本：850×1168<sup>1/16</sup> 印张：7<sup>3/4</sup> 插页：6个字数：177,000

1982年8月北京第一版·1982年8月北京第一次印刷

印数1—16,580册·定价：1.60元

统一书号：15038·新724

## 前 言

“分析化学数据手册”是根据日本分析化学会编“分析化学データブック”（改订二版）一书翻译的。堪称为日本“分析化学便覽”的姊妹篇，内容丰富，涉及分析化学的各方面。“手册”以图、表为主，广泛收集了分析化学的各种分析方法和基本数据；系统地汇编了元素定性分析、重量分析、容量分析、各种仪器分析和分离方法以及各类分析方法所涉及各种试剂的性质，用途，配制……等；介绍了进行试验时统计数值表的使用方法，从而大大地缩短了为获取较好的试验方案和处理数据的时间；还介绍了化学试验的安全问题。

“手册”采用袖珍本，特别适合于经常在野外工作的地质、采矿、石油等的化验员及工厂实验室化验员携带、查阅常用的分析化学实验数据和理论值；还适用于从事机械、冶金、医药等实验室的化验员和高等、中等学校理科学生及科研人员查阅之工具书。

本书首先由罗明富译出，后经陆恩泽对全文进行修改和补译。本稿在初译过程中得到761厂工程技术人员的热情帮助和指教。一并在此致谢。

由于水平所限难免存有错误，敬希读者指正。

# 目 录

## 1. 基础数值

- 1.1 重要的物理常数..... (1)
- 1.2 酸和碱的解离常数..... (3)
- 1.3 络合物稳定常数..... (6)
- 1.4 标准氧化还原电位 (水溶液) ..... (17)

## 2. 器具·试剂

- 2.1 器具..... (22)
- 2.2 标准试剂..... (33)
- 2.3 试剂溶液的配制和标定..... (34)
- 2.4 有机试剂..... (45)
- 2.5 酸、碱、醇的浓度..... (72)
- 2.6 缓冲溶液..... (86)
- 2.7 饱和水溶液面上的相对湿度、干燥剂、冷却剂... (93)

## 3. 定性分析

- 3.1 阳离子的系统分析..... (插页)
- 3.2 阴离子的分析..... (97)
- 3.3 微量定性反应..... (102)
- 3.4 熔球反应..... (125)
- 3.5 火焰反应..... (126)
- 3.6 试纸、检定管..... (127)
- 3.7 有机化合物的鉴定..... (135)

## 4. 分 离

- 4.1 蒸馏.....(161)
- 4.2 溶剂萃取 (液-液萃取) .....(163)
- 4.3 离子交换.....(179)
- 4.4 色层分离法.....(186)
- 4.5 电化学方法.....(273)

## 5. 重量分析

- 5.1 主要沉淀反应一览.....(280)
- 5.2 均匀沉淀反应一览.....(285)
- 5.3 溶度积.....(290)
- 5.4 氢氧化物沉淀的 pH.....(300)

## 6. 容量分析

- 6.1 酸·碱滴定.....(301)
- 6.2 氧化还原滴定.....(313)
- 6.3 沉淀滴定.....(334)
- 6.4 络合滴定.....(345)
- 6.5 非水溶剂滴定.....(359)

## 7. 光 分 析

- 7.1 吸光光度测定 (主要元素) .....(361)
- 7.2 发射光谱分析.....(387)
- 7.3 火焰分析.....(398)
- 7.4 萤光分析.....(401)
- 7.5 原子吸收分光光度分析的测定波长和灵敏度.....(406)

7.6 红外(线)吸收光谱.....	(407)
7.7 紫外吸收光谱.....	(411)

## 8. 电化学分析

8.1 参考电极电位.....	(414)
8.2 恒电位电解分析.....	(416)
8.3 极谱分析法.....	(417)
8.4 电量分析.....	(425)
8.5 离子选择性电极.....	(429)

## 9. 气体分析

## 10. 热分析

10.1 仪器的校正.....	(438)
10.2 几个典型的测定实例.....	(441)

## 11. X-射线分析

11.1 X-射线绕射用“ $2\theta-d/n$ ”换算图( $2d\sin\theta = n\lambda$ ).....	(447)
11.2 $d$ -晶格常数的关系式.....	(448)
11.3 特性 X-射线波长表.....	(449)
11.4 特性 X-射线的相对强度.....	(449)
11.5 主要分光结晶的 $2d$ .....	(449)

## 12. 质谱分析

## 13. NMR和ESR

13.1 NMR (傅氏转换核磁共振).....	(454)
13.2 ESR (电子顺磁共振).....	(458)

## 14. 放射能分析

- 14.1 由核反应生成放射性同位素的放射性强度  
表示式.....(460)
- 14.2 中子放射化分析的检出重量.....(460)
- 14.3 放射性原子核一览.....(462)

## 15. 统计数值表的使用方法

- 15.1 异常值的舍弃检定表的使用方法 (Grubbs  
的方法) .....(470)
- 15.2  $t$  表的使用方法 (表 e) .....(471)
- 15.3  $F$  表的使用方法 (表 f) .....(472)
- 15.4 重复数的决定法 (差的检定) .....(473)
- 15.5 正交多项式 (当标准是等间隔时) 的使用  
方法 (表 b) .....(473)

## 16. 分析实验的安全

- 16.1 化学实验的种类.....(484)
- 16.2 关于化学实验的一般注意事项.....(485)
- 16.3 关于物质危险性的认识.....(487)
- 16.4 维护安全的设备.....(489)



# 1. 基础数值

## 1.1 重要的物理常数

万有引力常数	$G = 6.6732 \times 10^{-8}$ 达因·厘米 <sup>2</sup> /克 <sup>2</sup>
重力加速度 (标准)	$g_n = 980.665$ 厘米/秒 <sup>2</sup>
1升 (公升) 的体积	$l = 1$ 分米 <sup>3</sup>
水的最大密度 (760mm Hg)	$\rho_m = 0.999973$ 克/厘米 <sup>3</sup> (4°C)
汞的密度 (0°C 760 mm Hg)	$\rho_0 = 13.5955$ 克/厘米 <sup>3</sup>
水的三相点的绝对温度 (常数)	$T_{\text{三相点}} = 273.16\text{K}$
冰点的绝对温度	$T_{\text{冰点}} = 273.15\text{K}$
方解石中的栅线间距 (20°C)	$d_{20} = 3.03567 \times 10^{-8}$ 厘米
标准大气压 (760mm Hg)	$P_0 = 1013250$ 达因/厘米 <sup>2</sup>
热的功当量	$J = 4.1855$ 千焦耳/15°C卡
气体常数	$R = 8.31434 \times 10^7$ 尔格/克分子·度
理想气体的标准体积	$V_0 = 22.4136$ 米 <sup>3</sup> /克分子

阿佛加德罗 (Avogadro) 常数	$N_A = 6.022169 \times 10^{23}/\text{克分子}$
波尔兹曼常数	$k = 1.380622 \times 10^{-16} \text{尔格/K}$
法拉第常数	$F = 9.648670 \times 10^4 \text{库仑/克分子}$
光速 (在真空中)	$c = 2.9979250 \times 10^{10} \text{厘米/秒}$
普朗克常数	$h = 6.626196 \times 10^{-27} \text{尔格} \cdot \text{秒}$
电子的电荷	$e = 4.803250 \times 10^{-10} \text{绝对静电单位}$ $= 1.6021917 \times 10^{-20} \text{绝对电磁单位}$
电子的质量	$m_e = 9.109558 \times 10^{-28} \text{克}$
电子比	$e/m_e = 1.758802 \times 10^{11} \text{库仑/公斤}$ $= 10^7 \text{绝对电磁单位/克}$
原子的质量单位	$u = 1.660531 \times 10^{-24} \text{克}$
质子的质量	$M_p = 1.672614 \times 10^{-24} \text{克}$
中子的质量	$M_n = 1.674920 \times 10^{-24} \text{克}$
质子与电子的质量比	$M_p/m_e = 1836.109$
波尔磁子	$\mu_B = eh/2m_e c = 9.274096 \times 10^{-21} \text{尔格/高斯}$
核磁子	$\mu_n = eh/2M_p c = 5.050951 \times 10^{-24} \text{尔格/高斯}$
电子的磁矩	$\mu_e = 9.284851 \times 10^{-21} \text{尔格/高斯}$
质子的磁矩	$\mu_p = 1.4106203 \times 10^{-23} \text{尔格/高斯}$
黑德伯常数	$R_\infty = 1.09737312 \times 10^5/\text{厘米}$
1 克的能量	$1g = 5.609538 \times 10^{20} \text{百万电子伏特}$
1 电子伏特的能量	$1eV = 1.6021917 \times 10^{-19} \text{焦耳}$

(注) 1. 此表是根据日本《化学便览 (基础编)》和《理科年表(1973年)》里的资料编写的。

2. 此表省略了测定误差。

## 1.2 酸和碱的解离常数

酸和碱的解离常数  $K_a$ ,  $K_b$ . 其定义分别用下式表示之:

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

$$K_b = \frac{[OH^-][B^+]}{[BOH]}$$

如果  $K_w$  为水的离子积, 对共轭的酸, 碱有如下的关系:

$$K_a \cdot K_b = K_w$$

$$pK_w = 14.733(5^\circ\text{C}), 14.346(15^\circ\text{C})$$

$$13.996(25^\circ\text{C})$$

### a. 弱酸的 $pK_a$ .

化合物	温度[ $^\circ\text{C}$ ]	$pK_{a1}$	$pK_{a2}$	$pK_{a3}$
$\text{HNO}_2$	30	3.22		
$\text{H}_2\text{SeO}_3$	18	2.541	8.010	
$\text{H}_3\text{AsO}_3$	25	9.4	13.5	
$\text{H}_2\text{SO}_3$	18	1.780	6.991	
$\text{HIO}_4$	25	8.27		
$\text{H}_2\text{CrO}_4$	25		6.495	
$\text{HClO}$	18	7.530		
$\text{HIO}$	25	9.7		
$\text{HCN}$	18	9.32		

化合物	温度(°C)	$pK_{a_1}$	$pK_{a_2}$	$pK_{a_3}$
H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	25	6.352	10.329	
H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25		1.564	
H <sub>2</sub> TcO <sub>4</sub>	25	7.810	10.33	
H <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub>	25	2.19	6.7	11.2
HF	25	3.173		
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	20	9.234	12.74	13.80
HIO <sub>3</sub>	25	0.772		
H <sub>2</sub> S	20	7.06	12.44	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	25		1.921	
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	25	2.148	7.198	11.75
甲酸	25	3.752		
柠檬酸	25	3.128	4.761	6.396
琥珀酸	25	4.207	5.638	
醋酸	5	4.770		
	25	4.756		
	50	4.787		
二氯醋酸	25	1.257		
草酸	25	1.271	4.266	
d-酒石酸	25	3.036	4.360	
硫甘醇	25	3.60	10.55	
三氯醋酸	25	0.635		
乳酸	25	3.858		
反式丁烯二酸	25	3.020	4.384	

化合物	温度(°C)	$pK_{a_1}$	$pK_{a_2}$	$pK_{a_3}$
丙 酸	25	4.874		
顺丁烯二酸	25	1.943	6.225	
丙 二 酸	25	2.837	5.693	
一氯醋酸	25	2.865		
n-酪酸	25	4.820		
安息香酸	25	4.200		
水 杨 酸	30	2.754	12.377	
苦 味 酸	25	0.708		
吡啶甲酸	25	1.01	5.32	
苯 酚	25	9.998		
苯二甲酸	25	2.950	5.408	

**b. 弱碱的 $pK_b$**

化合物	温度(°C)	$pK_b$
NH <sub>4</sub> OH	0	4.85
	10	4.78
	25	4.75
	40	4.7
	75	4.78
	100	4.85
Ca(OH) <sub>2</sub>	25	2.427

化 合 物	温 度 [°C]	pK <sub>b</sub>
联 氨	25	6.5
羟 氨	20	7.971
六硝基二苯胺	25	8.74
乙 胺	25	3.47
乙 二 胺	25	4.07
二 乙 胺	25	3.018
二 甲 胺	25	3.284
三(羟乙基)胺	25	6.22
苯 胺	25	9.418
吡 啶	18	8.80
	25	8.64
	40	8.37
	60	8.07

### 1.3 络合物稳定常数

$$K_{MA}^A = [MA]/[M][A], K_{MA_2}^{MA} = [MA_2]/[MA][A],$$

$$K_{MA_3}^{MA_2} = [MA_3]/[MA_2][A],$$

$$K_{MHA}^{HA} = [MHA]/[M][HA],$$

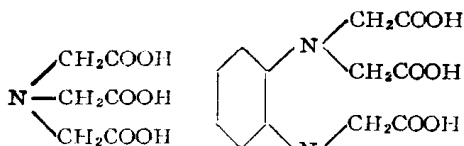
$$\beta_2 = K_{MA}^A \cdot K_{MA_2}^{MA}, \beta_3 = K_{MA}^A \cdot K_{MA_2}^{MA} \cdot K_{MA_3}^{MA_2}$$

a. 羧络合剂

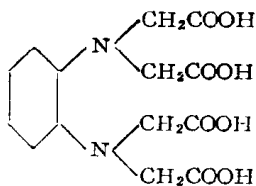
表中所示的是离子强度  $\mu = 0.1$ , 温度  $t = 20-25$  °C 时的  $\log K_{MA}^{\wedge}$  值。

金属离子	EDTA	NTA <sup>a</sup>	CY-DTA <sup>b</sup>	DT-PA <sup>c</sup>	TTHA <sup>d</sup>	GEDTA <sup>e</sup>
H <sup>+</sup> ( $pK_{a_1}$ )	1.99	1.89	2.43	2.08	2.42	2.00
( $pK_{a_2}$ )	2.67	2.49	3.52	2.41	2.95	2.68
( $pK_{a_3}$ )	6.16	9.37	6.12	4.26	4.16	8.85
( $pK_{a_4}$ )	10.26		11.70	8.60	6.12	9.46
( $pK_{a_5}$ )				10.55	9.40	
( $pK_{a_6}$ )					10.19	
Ag <sup>+</sup>	7.32	5.4				6.83
Al <sup>3+</sup>	16.13	>10	17.63	18.4	19.7	
Ba <sup>2+</sup>	7.76	4.82	8.64	8.63	8.22	8.41
Bi <sup>3+</sup>	27.94		24.5			
Ca <sup>2+</sup>	10.59	6.41	12.50	10.74	10.06	11.00
Cd <sup>2+</sup>	16.46	9.83	19.23	18.9	18.65	16.70
Ce <sup>3+</sup>	15.98	10.83	16.76	20.50	19.20	15.70
Co <sup>2+</sup>	16.31	10.38	18.92	18.4	17.1	12.3
Cr <sup>3+</sup>	23	>10				
Cu <sup>2+</sup>	18.80	12.92	21.30	21.53	19.2	17.8
Fe <sup>2+</sup>	14.33	8.84		16.55		11.93
Fe <sup>3+</sup>	25.1		27.48	28.6	26.8	
Hg <sup>2+</sup>	21.80		24.30	27.0	26.8	23.12

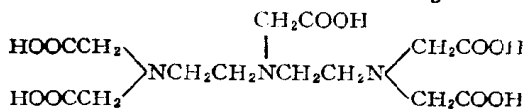
金属离子	EDTA	NTA <sup>a</sup>	CY-DTA <sup>b</sup>	DT-PA <sup>c</sup>	TTHA <sup>d</sup>	GEDTA <sup>e</sup>
La <sup>3+</sup>	15.50	10.36	16.35	19.48	22.22	15.55
Mg <sup>2+</sup>	8.69	7.0	10.32		8.1	5.21
Mn <sup>2+</sup>	14.04	7.44	16.78	15.60	14.65	12.3
Ni <sup>2+</sup>	18.62	11.54	19.4	20.32	23.40	13.6
Pb <sup>2+</sup>	18.04	11.39	19.68	18.6	17.1	14.6
Sr <sup>2+</sup>	8.63	4.98	10.54	9.68	9.26	8.50
Th <sup>4+</sup>	23.2	12.4	23.20	>27	31.9	
Tl <sup>+</sup>	5.8	3.44	5.84			
VO <sup>2+</sup>	18.77		19.40			
Y <sup>3+</sup>	18.09	11.48	19.41	22.05		16.82
Zn <sup>2+</sup>	16.50	10.66	18.67	18.75	16.65	14.5
Zr <sup>4+</sup>	29.9	20.8				



a

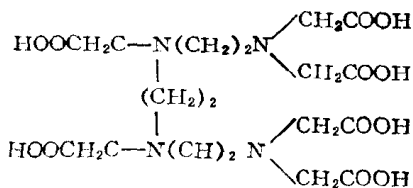


b

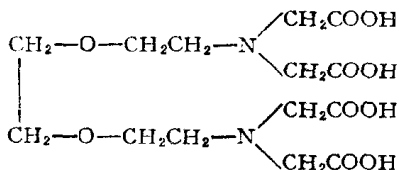


c





d



e

### b. 其他的配位体

金属离子	平衡常数		离子强度
柠檬酸			
	$\text{p}K_{a_1}$	3.0	0.5
	$\text{p}K_{a_2}$	4.4	0.5
	$\text{p}K_{a_3}$	5.9	0.5
	$\log K_{MA}^A$	$\log K_{MHA}^{HA}$	