

710918

讲义

Π
34238
1054

自然科学著作

发射光谱分析 简明手册

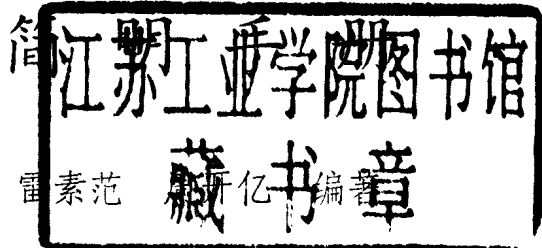
雷素范 周开亿 编著

Π
238
54

冶金工业部钢铁研究总院
《空心阴极》学术委员会

自然科学著作

发射光谱分析



北京

1983

内 容 提 要

本书介绍了91个元素的常用发射光谱分析线的波长、强度和检出限,以及光谱分析工作者常用的数、理、化常数,是一本简明手册性的著作。

本书可供冶金、机械、地质、环保、化工、食品、原子能、农业、医药卫生、仪器仪表以及科学研究等部门从事发射光谱分析的技术人员、工程师、管理人员、研究人员、设计人员、维修人员、工人以及高等、中等院校相近专业的教师、学生和实验人员参考。

发射光谱分析简明手册

(学习班专用讲义)

雷素范 周开亿 编著

编辑者:《空心阴极》学术委员会

(北京市学院南路24号14室)

出版者:冶金工业部钢铁研究总院

(北京市学院南路24号)

印刷者:北京市妙峰山印刷厂

(北京市门头沟区妙峰山公社)

字数:70000 1983年11月第1版 工本费:0.50元

前 言

为了满足光谱分析工作者的日常需要,我国曾翻译出版过《光谱图线表》(加里宁 雅夫涅利 阿列克谢耶娃 奈马尔克著,韦雅文、周鸿吉译,地质出版社,1955年3月第1版)和《矿物原料分析光谱谱线表》(加里宁等著,蒋铁珊译,地质出版社,1959年1月第1版)等书,现已二十余年。通过多年的使用,我们发现该书有些小的错误,元素按俄文字母排列,查阅不便,并且没有光谱分析新光源的结果以及常用的数、理、化数据。为此,我们结合自己的实践经验,对这些书进行了整理,写成《发射光谱分析简明手册》一书^①,敬献给读者。

由于编著者水平所限,书中难免存在一些缺点和错误,欢迎大家批评指正。

编 著 者

一九八三年九月一日于北京

①本书的主要参考资料还有:

- (1) B.V.L'vov, *Atomic Absorption Spectrochemical Analysis*, American Elsevier, New York, (1970).
- (2) 发射光谱分析编写组, 发射光谱分析, 冶金工业出版社, 1977年11月。
- (3) А.Н.Заядль и др, *Таблицы Спектральных Линий*, Физматгиз (1962).
- (4) 饭田修一等编, 张质贤译, 物理学常用数表, 科学出版社, 1979年8月第1版。
- (5) J.Mika and T.Török, *Analytical Emission Spectroscopy*, Bristol Adam Hilger (1978).
- (6) R.C.Weast, *Handbook of Chemistry and Physics*, 61th Edition, CRC (1980-1981).

目 录

1. 发射光谱分析常用分析线和检出限 (按元素符号字母 列排)	(1)
Ac, Ag(1), Al, Am(2), Ar, As, Au, B(3), Ba, Be(4), Bi, Br, C(5), Ca(6), Cd, Ce(7), Cl, Co(8), Cr(9), Cs, Cu(10), Dy, Er(11), Eu, F(12), Fe, Ga(13), Gd, Ge(14), H, He, Hf(15), Hg, Ho(16), I, In(17), Ir, K(18), Kr, La, Li(19), Lu, Mg(20), Mn (21), Mo, N(22), Na, Nb(23), Nd(24), Ne, Ni(25), O, Os(26), P(27), Pa, Pb(28), Pd, Pm, Po(29), Pr, Pt(30), Ra, Rb, Re, Rh (31), Rn, Ru(32), S, Sb, Sc, Se(33), Si, Sm(34), Sn, Sr, Ta(35), Tb, Tc, Te(36), Th, Ti(37), Tl, Tu, U(38), V, W(39), Xe, Y(40), Yb, Zn(41), Zr(42)	
2. 常用光谱仪的色散率	(43)
3. 各种显影、定影、停显液配方	(45)
4. 光谱感光板的性能	(59)
5. 用作强度标的铁谱线组	(46)
6. 各种可见光的大约中心波长	(46)
7. 换值黑度 W 和 P	(47)
8. 称样量(克)、溶液体积(毫升)、元素含量(%) 与浓度(微克/毫升)间的关系	(49)
9. 一些化合物的熔点和沸点	(50)
10. 元素的物理-化学常数	(52)
11. 常用对数表和反对数表	(56)
12. 平方表	(57)
13. 平方根表	(57)
14. 常用数字词头表	(60)
15. 俄、英字母对照表	(60)

II

1. 发射光谱分析常用分析线和检出限

(按元素符号字母排列)

元 素	波 长 (埃)	激 发 电 位 (伏) ^②	强 度		检 出 限 (%)		干 扰 元 素 (%)
			电 弧	火 花 〔放电管〕	电 弧 ^①	空 心 阴 极	
⁸⁸ Ac ²²⁷ 铀 (电离电位6.9伏)	4183.12 I	3.0	500	20			
	4179.98 I	3.0	1000	50			
	4088.44 II	10.8	2000	3000			
	2626.44 III	23.7	20	5000			
⁴⁷ Ag ^{107.9} 银 (电离电位7.6伏)	5465.487 I	6.0	1000R	500R			Cr(0.03)
	5209.067 I	6.0	1500R	1000R	0.01		
	4055.46 I	6.72	800R	500R			
	3382.891 I	3.7	1000R	700R	0.0001	0.00001	Sb(1), Cr(0.5) Fe, Cu(0.1), Mn(0.3)
	3280.683 I	3.8	2000R	1000R	0.0001	0.00001	

① 目前在作固体样品 (如各种金属与合金) 中的痕量元素分析时, 使用溶液进行分析的电感耦合高频等离子体光源 (ICP) 的检出限(%), 一般与电弧相当, 但分析精度明显提高。下同。

② 若为离子线则包括电离电位在内。下同。

续表

元 素	波 长 (埃)	激 发 电 位 (伏)	强 度			检 出 限 (%)		干 扰 元 素 (%)
			电 弧	火 花 [放电管]	电 弧	电 弧	空心阴极	
$_{47}^{107.9}\text{Ag}$ 银	2437.791 II	17.5	60	500wh	1			
	2246.414 II	17.9	25	300				
$_{13}^{127}\text{Al}$ 铝 (电离电位6.0伏)	6243.36 II	21.0		80				Mo As, Mo Fe, Mo, Mg V, Mn, Mo Fe
	3961.527 I	3.1	3000	2000	0.001	0.0003		
	3944.03 I	3.1	2000	1000	0.001	0.0003		
	3092.713 I	4.0	1000R	1000R	0.003	0.001		
	3082.155 I	4.0	800R	800R	0.003	0.001		
	2660.393 I	4.7	150R	60	0.01	0.01		
	2652.498 I	4.7	150R	60	0.01	0.01		
	2373.362 I	5.2	200R	100R	0.1	0.1		
	2367.062 I	5.2	150R	50R	0.1	0.1		
$_{95}^{248}\text{Am}$ (248)	3510.13 I	3.5	5000					(0.00003)
钷 (电离电位6.0伏)	2969.29 II	10.5	1000					
	2832.26 II	10.4	5000					

$^{39.9}_{18}\text{Ar}$ 氩 (电离电位 15.8伏)	8115.311 I 7503.868 I 7067.217 I 6965.430 I	13.1 13.5 13.3 13.3		[5000] [700] [400] [400]		
$^{74.9}_{33}\text{As}$ 砷 (电离电位9.8 伏)	2898.71 I	6.6	25R	40	0.1	Fe
	2880.44 I	6.6	50R	50	0.003	
	2780.22 I	6.8	75R	75	0.003	
	2456.53 I	6.4	100R	8	0.1	
	2349.84 I	6.6	250R	18	0.003	Mo
	2288.12 I	6.8	250R	5	0.003	Cd(0.01)
	1972.62 I	6.3	500			
$^{197}_{79}\text{Au}$ 金 (电离电位9.2 伏)	1937.59 I	6.4	500			
	1890.42 I	6.6	500			
	3122.781 I	5.1	500h	5	0.01	
$^{10.8}_5\text{B}$ 硼 (电离电位8.3 伏)	2675.95 I	4.6	250R	100	0.001	Co, W(1)
	2427.95 I	5.1	400R	100	0.001	Sr, Pt(1)
	2497.733 I	5.0	500	400	0.003	Fe(3), Sn(0.1)
	2496.778 I	5.0	300	300	0.003	Fe(3)
	2089.59 I	5.9	150	20	0.05	
	2088.93 I	5.9	100	15	0.05	
	2067.23 III	43.9		20	1.0	
	2065.77 III	43.9		20	1.0	

续表

元素	波 长 (埃)	激发电位 (伏)	强 度		检 出 限 (%)		干 扰 元 素 (%)
			电 弧	火 花 [放电管]	电 弧	空心阴极	
^{58}Ba 37.3 级 (电离电位5.2 伏)	6595.326 I	3.0	1000	300	0.01		Mo, Fe
	6496.901 II	7.7	800R	300Wh	0.003		
	6141.716 I	2.7	2000Wh	2000Wh	0.003		
	5535.48 I	2.2	1000R	200R	0.003		
	4934.086 II	7.7	400h	400h	0.001		
	4554.042 II	7.9	1000R	200	0.0003	0.0003	Mo(0.5), Nb(0.3) V(1)
	3071.58 I	4.0	100R	50R	0.1		
	2335.269 II	11.2	60R	100R	0.03		
^{9}Be (电离电位9.3 伏)	4572.67 I	8.0	15	15	1		Ti(0.3), Nb Nb, V(0.01) Pb
	3321.343 I	6.5	1000R	30	0.001		
	3321.086 I	6.5	100	15	0.001		
	3131.072 II	13.2	200	150	0.0003	0.0001	
	3130.416 II	13.2	200	200	0.0003	0.0001	
	2650.781 I	7.4	25		0.001		
	2650.702 I	7.4	10		0.003		
	2650.636 I	7.4	25		0.003		

	2650.615 I	7.4	20	15	0.003	Pb(3), Zr (0.1), Co(0.5)
	2650.550 I	7.4	30		0.003	
	2650.470 I	7.4	100	15	0.003	
	2494.733 I	7.7	30	20	0.003	
	2548.610 I	5.3	2000R	50	0.0003	
$_{83}\text{Bi}^{209}$ 铋 (电离电位7.3 伏)	4722.552 I	4.0	1000	100	0.01	Fe, Mo, Sn(10) Mo(0.2)
	3067.716 I	4.0	3000hR	2000wh	0.0003	
	2993.342 I	5.6	200wh	100wh	0.01	
	2989.029 I	5.6	250w	100wh	0.01	
	2938.30 I	6.1	300w	300w	0.01	Mn, Nb(0.1)
	2897.975 I	5.7	500WR	500WR	0.01	
	2809.62 I	6.3	200	100	0.1	
	2780.52 I	5.9	200	100	0.1	
	2276.578 I	5.5	100R	40	0.01	
	2061.70 I	6.0	300R	100	0.1	
$_{35}\text{Br}^{79,8}$ 溴 (电离电位 11.9伏)	4816.71 II	26.1		[300]		(0.0005)
	4785.50 II	26.1		[400]		
	4704.86 II	26.2		[250]		
$_{6}\text{C}^{12}$ 碳 (电离电位 11.3伏)	4267.258 II	32.2		500	0.3	
	4267.03 II	32.2		350		
	2837.602 II	27.6		40		

续表

元 素	波 长 (埃)	激 发 电 位 (伏)	强 度		检 出 限 (%)		干 扰 元 素 (%)
			电 弧	火 花 [放电管]	电 弧	空心阴极	
${}^6\text{C}^{12}$ 碳 (电离电位 11.3伏)	2836.710 II	27.6		200			
	2478.573 I	7.7	400	[400]	0.1		
	2296.89 III	53.7		200	0.1		
${}^{40,41}\text{Ca}$ 钙 (电离电位6.1 伏)	5349.474 I	5.0	12	12	1		
	5270.276 I	4.9	20	10	0.1		
	5265.562 I	4.9	20	10			
	5264.240 I	4.9	15	8			
	4454.781 I	4.7	200	5	0.01		
	4434.96 I	4.7	150	25	0.01		
	4425.441 I	4.7	100	20	0.03		
	4226.728 I	2.9	500R	50R	0.001	0.00005	Fe, Cr
	3968.468 II	9.2	500R	500R	0.001	0.00005	Fe, Ar
	3933.666 II	9.3	600R	600R	0.001	0.00005	
	3179.332 II	13.2	100	400W	0.01	0.0001	Fe, Mo, Cr
	3158.869 II	13.2	100	300W	0.03	0.001	Fe, Mo, Co
	2994.958 I	6.0	25	3	1		Cr(>0.3)

$^{48}\text{Cd}^{112.4\text{eV}}$ (电离电位9.0 伏)	6438.47 I	7.3	2000	1000	0.03		$\text{Cr}(0.1), \text{V}(0.3), \text{Ni}, \text{Zr}(1), \text{Ti}(2), \text{Nb}(3)$ $\text{Co}(0.3), \text{Ti}(0.02), \text{V}(0.3)$ Fe
	4799.92 I	6.4	300	300	0.03	0.001	
	3610.510 I	7.4	1000	500	0.003	0.0001	
	3466.201 I	7.4	1000	500	0.003		
	3403.653 I	7.4	800	500h	0.003	0.0001	
	3261.06 I	3.8	300	300	0.003	0.0001	
	2748.58 II	19.3	5	200	1		
	2572.93 II	19.3	3	150	1		
	2312.77 II	20.1	1	200	1		
	2288.018 I	5.4	1500R	300R	0.001		
$^{58}\text{Ce}^{140.1\text{eV}}$ (电离电位6.6 伏)	4418.784 II	10.3	40	10	0.03		$\text{CN}, \text{Ti}, \text{Cr}$ $\text{CN}, \text{Ti}, \text{Cr}$
	4186.599 II	10.4	80	25	0.03		
	4137.646 II	10.1	25	12	0.03		
	4040.762 II	10.1	70	5	0.03		
	4012.388 II	10.2	60	20	0.03		
	3999.24 II	10.0	80	20	0.03	0.001	
	3898.27 II	10.2	80	6			
	3577.46 II	10.5	300	12			
	3560.80 II	10.8	300	2			
	3539.09 II	10.4	100	10			

续表

元 素	波 长 (埃)	激 发 电 位 (伏)	强 度		检 出 限 (%)		干 扰 元 素 (%)
			电 弧	火 花 〔放电管〕	电 弧	空心阴极	
$^{53}\text{Ce}^{140.1}$ 铈 (电离电位6.6 伏)	3221.171 II	11.0	50	8	0.3		W(0.1), Ti (0.5) Ti(3), Sm(0.3) Mo
	3201.714 II	11.3	50	10	0.1		
$^{135.5}\text{Cl}$ 氯 (电离电位 13.0伏)	4896.77 II	31.2		[200]		0.0003	
	4819.46 II	28.9		[200]		0.0001	
	4810.06 II	28.9		[200]		0.0001	
	4794.54 II	28.9		[250]		0.0001	
	4132.48 II	32.0		[200]		0.001	
	3833.40 II	34.5		[200]			
$^{58.9}\text{Co}$ 钴 (电离电位7.9 伏)	4121.319 I	3.9	1000R	25	0.01		
	4118.773 I	4.1	1000R		0.01		
	3995.310 I	4.0	1000R	20	0.01		
	3529.813 I	4.0	1000R	30	0.01	0.001	
	3502.279 I	4.0	2000R	20	0.003	0.001	
	3474.022 I	4.2	3000R	100	0.001	0.0001	
	3465.800 I	3.6	2000R	25	0.003		

		4.0	300R	200	0.001	0.0001	Ni(0.03), La, Cr(I)
	3453.505 I	4.0	300R	200	0.001	0.0001	
	3412.339 I	4.2	1000R	100	0.01		
	3405.120 I	4.1	2000R	150	0.003	0.0001	
	2519.822 II	14.1	40	200	0.1		
	2378.622 II	13.5	25	50w	0.1		
	2363.787 II	13.6	25	50	0.1		
	2307.857 II	15.5	25	50w	0.1		
	2286.166 II	13.7	40	300	0.1		
$^{52}_{24}\text{Cr}$ 铬 (电离电位6.8 伏)	5208.436 I	3.3	500R	100	0.01		
	5206.04 I	3.3	500R	200	0.01		
	5204.52 I	3.3	400R	100	0.01		
	4289.72 I	2.9	3000R	800r	0.001		
	4274.80 I	2.9	4000R	800r	0.001	0.0001	Ca $\begin{Bmatrix} \text{Cu(I)}, \\ \text{Ti(I)}, \text{Nb} \\ (3), \text{Zr(5)} \end{Bmatrix}$
	4254.33 I	2.9	5000R	1000R	0.001	0.0001	
	3605.33 I	3.4	500R	400R	0.003	0.0003	
	3593.49 I	3.4	500R	400R	0.003	0.0003	
	3578.69 I	3.5	500R	400R	0.003	0.0003	
	2860.93 II	12.6	60	100	0.01		
	2855.68 II	12.6	60	200	0.01		

续表

元 素	波 长 (埃)	激 发 电 位 (伏)	强 度		检 出 限 (%)		干 扰 元 素 (%)
			电 弧	火 花 〔放电管〕	电 弧	空心阴极	
$^{24}\text{Cr}^{52.9}$ 铬 (电离电位6.8 伏)	2849.84 II	12.6	80	150R	0.01		
	2843.25 II	12.6	125	400R	0.01		Fe(10), Zr
	2835.633 II	12.6	100	400R	0.01		
	2731.908 I	5.5	300r	30	0.1		V(0.1), Ti
	2408.622 I	6.2	150r	2r	0.3		Co(0.3)
$^{55}\text{Cs}^{132.9}$ 铯 (电离电位3.9 伏)	8943.50 I	1.4	2000R		0.001	0.0008	
	8521.10 I	1.5	5000R		0.001	0.00007	
	4593.177 I	2.7	1000R	50R	0.01	0.001	V, Fe, Ni
	4555.355 I	2.7	2000R	100	0.01	0.001	Ba(0.01), Ti (0.1), Fe
$^{29}\text{Cu}^{63.5}$ 铜 (电离电位7.7 伏)	5218.202 I	6.2	700		0.1		
	5153.235 I	6.2	600		0.1		
	5105.541 I	3.8	500		0.1		
	3273.962 I	3.8	3000R	1500R	0.0001	0.00001	Co(0.3), Th (0.5), Ti(1) Fe(5)

	3247.540 I	3.8	500R	2000R	0.0001	0.00001	Co, Mo(0.1), Nb, Cr(1), Fe(10)
	2961.165 I	5.6	350	300	0.03	0.0001	Ag(3)
	2824.369 I	5.8	1000	300	0.03	0.0001	
	2618.366 I	6.1	500w	100	0.1	0.001	
	2492.146 I	5.0	200r	50	0.1	0.001	
	2246.995 II	16.0	30	500	0.1		
	2192.260 II	16.2	25	500h	0.1		
	2135.976 II	16.2	25	500w	0.1		
⁶⁶ Dy ^{182.5} 镨 (电离电位6.8 伏)	4211.75 I	>2.9	200		0.01		
	4167.99 I	>3.0	50		0.1		
	4077.96 II	9.9	150r	100	0.1		Ar
	4045.99 I	>3.0	150	12	0.1		
	4000.48 II	10.0	400	300	0.1		
⁶⁸ Er ^{167.8} 铒 (电离电位约 6.2伏)	4007.957 I		35		0.01		Ti(3)
	3906.316 II	>3.2	25	12	0.01		
	3692.64 II	9.6	20	12	0.01		
	3499.11 II	9.8	18	15	0.01		
	3372.750 II		35	20	0.01		{Zr(0.1), Ce (10) Gd(0.3) Zr(1)}
	2910.357 II	9.9	20	6	0.01		
	2586.73				0.01		

续表

元 素	波 长 (埃)	激发电位 (伏)	强 度		检 出 限 (%)		干 扰 元 素 (%)
			电 弧	火 花 〔放电管〕	电 弧	空心阴极	
$^{152}_{54}\text{Eu}$ 枯 (电离电位5.7 伏)	4205.046 II	8.6	200R	50	0.001		CN
	4129.737 II	8.7	100R	50R	0.001		
	3907.110 II	9.1	1000RW	500R	0.03		
	3819.66 II	8.9	500wd	500wd	0.03		CN
	2906.676 II	10.0	300W	300	0.01		
	2820.77 II	10.1	200W	200W	0.03		
	2813.95 II	10.1	300w	300wh	0.1		Y(10) Ce(10), Fe
	2727.78 II	10.2	300	500	0.01		
	2638.764 II	10.6	300	200	0.1		
$^{19}_{9}\text{F}$ 氟 (电离电位 17.4伏)	7398.7 I	14.4		[400]		(0.0001)	
	7202.4 I	14.7		[125]		(0.00025)	
	7128.0	14.8		[150]		(0.0001)	
	6902.46 I	14.6		[500]		(0.0008)	
	6856.02 I	14.5		[1000]		(0.0005)	
	5291.0(CaF)	≤ 3.2	200		0.1		