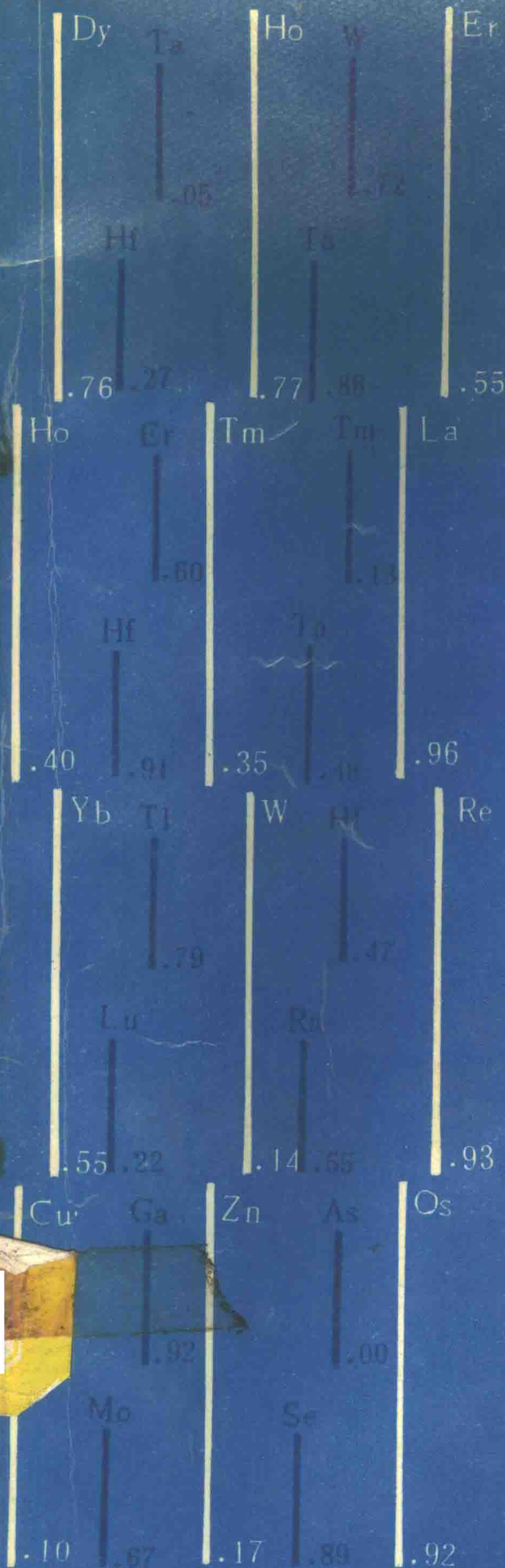


实用X射线 谱线图表

王毅民 编著

原子能出版社



实用X射线谱线图表

王毅民 编著

张鸿文 审校

原子能出版社

.73

.35

.93

.54

.20

.87

.43

.10

.40

.07

内 容 简 介

本书是为了适应 X 射线荧光分析技术的迅速发展而编写的工具书, 它简明、实用。全书共分 12 部分, 分别提供了 12 种图表, 其中以 X 射线谱线能量图和 2θ 图为最具特色, 在国内外的同类书中还是首次出现, 这将给 X 荧光分析工作者带来极大好处。本书适用于一切从事 X 荧光光谱分析工作的厂、矿、科研单位的科技工作者和大专院校有关专业的师生。

实用 X 射线谱线图表

王毅民 编著

张鸿文 审校

原子能出版社出版

(北京 2108 信箱)

国防科工委印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 $1/16$ · 印张 9.75 · 字数 246 千字

1989 年 9 月北京第一版 · 1989 年 9 月北京第一次印刷

印数 1—1200 册

ISBN 7-5022-0057-6

TL · 23 定价: 6.40 元

前 言

X射线荧光分析技术作为一种常规分析手段已广泛应用于冶金、地质、建材、石油、化工、机械、农业、环境保护等生产和科研部门。它是一种非破坏性分析方法，具有分析范围广，精度高，制样简单，自动化程度高，无污染等多种优点。X射线荧光光谱仪不仅可以单独使用，而且还可以与电子探针及扫描或透射电子显微镜配套使用，从而使这项技术有了更广泛的应用。

对于X射线分析工作者来说，X射线谱线表是必不可少的工具书。为了适应X射线荧光分析技术迅速发展的实际需要，编制了这本简明实用X射线谱线图表。本书包括各种类型的专用和综合的谱线数据表和图表12种。其最大特色是提供了以图线形式编排的谱线图表：X射线谱线 2θ 图表（波长色散分析专用）和X射线谱线能量图表（能量色散分析专用）。这种形式的谱表清晰、直观，使用方便。它不仅可帮助分析工作者迅速制定分析方案，而且对初学者尽快熟悉谱线，掌握选择靶材，确定分析线，找出干扰线和确定背景点等也大有裨益。

全书收入相对强度在1%以上的一级线和吸收限1600条。非图表线和其他弱线未收入本书，如有需要可查阅文献[2]或其他专门文献。本书给出了TAP, RAP, KAP, ADP, PET, InSb , Ge, $\text{LiF}(200)$, $\text{LiF}(220)$ 和 $\text{LiF}(420)$ 等十种常用分光晶体的 2θ 角。近年来为分析轻元素研制了很多种多层晶体，这类晶体即使是类型相同，其每块晶体的 $2d$ 值也不完全一样，因此这些晶体的 2θ 值应按每块晶体的实际 $2d$ 值用布拉格方程计算出来。

此外，本书以各种醒目的方式突出吸收限在谱线图表中的位置，强调吸收限数据的重要性。这不仅因为在考虑激发源的选择、谱线的产生和确定背景点时要用到吸收限数据，而且在估量和校正吸收，以及增强效应时也有其特殊意义。

李连仲、赵宗玲等同志对本书的出版给予了热情帮助和支持，张家骅、高新华和梁国立等同志对于书稿提出了宝贵的修改意见，张鸿文同志为本书做了审校工作。在此一并表示衷心的感谢。由于编者水平所限，不当乃至错误之处难免，恳请批评指正。

编者

目 录

前 言

简要说明	(1)
1. 元素的主要X射线发射线与吸收限波长和能量表 (按原子序数排列)	(4)
2. 元素的主要X射线衍射线与吸收限波长、能量和 2θ 表 (以晶体分类按原子序数排列)	(13)
表2.1 TAP ($2d=25.75\times 10^{-10}\text{m}$) 晶体	(13)
表2.2 PET ($2d=8.742\times 10^{-10}\text{m}$) 晶体	(22)
表2.3 InSb (111) 和Ge (111) 晶体	(29)
表2.4 LiF(200), LiF(220)和LiF(420)晶体	(37)
3. 元素的主要X射线衍射线与吸收限波长、能量和 2θ 表 (按波长排列)	(57)
4. 元素的主要分析线波长、能量和 2θ 表 (按原子序数排列)	(98)
5. 元素的主要分析线波长、能量和 2θ 表 (按波长排列)	(100)
6. 常用X光管主要靶线波长、能量和 2θ 表	(102)
7. 常用X光管主要靶线的康普顿散射峰波长、能量和 2θ 表	(106)
8. 常用放射性同位素源特性表及能谱图	(109)
8.1 特性表	(109)
8.2 能谱图	(110)
9. 常用放射性同位素源主要发射线的康普顿散射峰能量表	(112)
10. 某些元素主要谱线的全能峰和逃逸峰能量表	(113)
11. 主要X射线谱线能量图(能量色散分析专用)	(117)
12. 主要X射线谱线 2θ 图(波长色散分析专用)	(123)
12.1 LiF (220) 晶体	(124)
12.2 LiF (200) 晶体	(131)
12.3 Ge (111) 晶体	(138)
12.4 PET晶体	(140)
12.5 InSb 和TAP晶体	(141)
12.6 TAP晶体	(142)
附录 I 化学元素的电子组态	(143)
附录 II 元素的主要X射线发射线和相应的电子跃迁	(146)
附录 III 产生各主要谱线的辐射跃迁几率	(147)

简 要 说 明

本谱线图表按不同用途, 共编制成十种谱表和两套图表。下面分别予以说明。

1. 表1的目的是提供基本的X射线波长和能量数据^[1,2,3]。能量是按 $E(\text{keV}) = 12.398541/\lambda$ 式计算出来的。波长 λ 的单位为 $10^{-10}\text{m}^{[1]}$, 能量 E 的单位为keV。

下标“ab”表示吸收限。如 K_{ab} , L_{IIIab} , M_{Vab} 等分别表示K, L_{III} 和 M_V 谱线吸收限。

“*”表明文献数据中吸收限波长大于该线系某一谱线波长的反常情况。

本表也列出了某些放射性同位素源发射的Np和Pu的L X射线, 这些元素的其他谱线从略。

2. 表2是以晶体分类按原子序数排列的谱线表。本表只涉及TAP、PET、InSb、Ge、LiF (200)、LiF (220) 和LiF (420) 七种最常用的分光晶体。根据各晶体通常使用范围, 将上述七种晶体分成四组: (1)TAP, (2)PET, (3)InSb和Ge, (4)LiF (200, 220, 420)。每种晶体都有其最适宜的应用范围。表中所列谱线是以其分析线在此波长范围内的元素为中心, 其他元素的谱线(包括高次衍射线)若不在此波长范围内则不再收入此表。这种表主要用来查找指定元素的分析线或背景点处是否有谱线干扰。另外, 在调整大晶面间距(2d)的晶体的 2θ 角度时, 为了避免在真空条件下进行, 常使用Ti, Cr, Fe, Cu等元素的高次线, 本表也为此提供了方便。

表中的 K_α 波长是按下式计算的: $\lambda_{K_\alpha} = \frac{2}{3}\lambda_{K_{\alpha_1}} + \frac{1}{3}\lambda_{K_{\alpha_2}}$

2θ 由下式计算: $2\theta = 2 \cdot \sin^{-1} \frac{n\lambda}{2d}$

栏头中各符号的意义如下(以下各表相同):

L: 谱线;

λ : 波长 (10^{-10}m);

E: 能量 (keV);

2θ 栏内的罗马数字 I, II, III, IV, V, VI 表示衍射级数。

3. 表3是按波长递减的顺序排列的谱线表。本表涉及到十种晶体。由于本表按波长顺序排列, 各晶体又有各自的应用范围, 这就有可能使十种晶体在表中相继出现, 而同时出现的晶体只有三种。这样用起来是很方便的。该表是X荧光分析中利用率最高的一种。为便于查找, 表中在各元素的主要分析线前标有“**”(K α)和“*” (L α_1) 记号。衍射级数(n)栏内的“*”表示该行为吸收限数据。本书所用十种晶体的有关数据如下表。

4. 表4和表5是为查各元素主要分析线的 2θ 角而编制的。现代的X荧光分析仪一般均可一次编排和存入(计算机或微处理机)许多元素的分析参数, 这种情况下查本表要比查表3方便得多。

5. X光管靶线是进行定性定量分析的重要基本数据。表6集中收列了目前常用的Sc, Cr, Mo, Rh, Ag, W, Pt和Au等靶的主要X射线。其中有些弱线是前面的表中所没有的。

常用晶体的主要参数表

符 号	名 称	晶面指数 (<i>hkl</i>)	晶面间距 (<i>2d</i>), 10^{-10} m
KAP	邻苯二甲酸氢钾 (Potassium hydrogen phthalate)	100	26.632
RAP	邻苯二甲酸氢铷 (Rubidium hydrogen Phthalate)	100	26.121
TAP	邻苯二甲酸氢铊 (Thallium hydrogen phthalate)	100	25.75
ADP	磷酸二氢铵 (Ammonium dihydrogen Phosphate)	101	10.642
PET	季戊四醇 (Pentaerythritol)	002	8.742
InSb	锑化铟 (Indium antimonide)	111	7.4806
Ge	锗 (Germanium)	111	6.532
LiF	氟化锂 (Lithium fluoride)	200	4.0267
LiF	氟化锂 (Lithium fluoride)	220	2.848
LiF	氟化锂 (Lithium fluoride)	420	1.8

6. 在X荧光分析,尤其是定量分析中,激发源发射线的康普顿散射峰常用作基体校正和计算背景的依据。表7和表9分别提供了在几种典型几何结构下常用X光管和放射性同位素源主要发射线的康普顿散射峰的波长、能量和相应的 2θ 角。康普顿散射峰的波长 λ' 由下式计算:

$$\lambda' = \lambda_0 + 0.0243(1 - \cos \phi)$$

式中 λ_0 为入射线波长, ϕ 为散射角。在这里, $\phi = \phi_1$ (入射角) + ϕ_2 (出射角)。本表中的R和C分别代表瑞利(相干)和康普顿(非相干)散射。C后面括号内的数字表示散射角 ϕ ($=\phi_1 + \phi_2$)。

7. 表8及附图是用于能量色散和非色散分析的。这方面的材料主要取自文献[4,5]。

8. X荧光分析中,探测器物质的逃逸峰常是谱线干扰的重要来源。表10在列出SiK α 和ArK α 逃逸峰的同时,也列出了NeK α , KrK α 和XeL α 的逃逸峰数据,以供使用多道仪器的用户使用。逃逸峰能量 E_{es} 由下式计算:

$$E_{es} = E - E_{D-r}$$

这里, E 为入射光子的全能峰能量, E_{D-r} 为探测器工作物质的特征X射线的能量。

9. X射线能量图表是为能量色散分析而编制的。在本图表中,谱线按能量从小到大的顺序横向排列。但并不是将所有谱线都排在同一行,而是按不同线系在纵向上展开:由下向上按K、L、M线顺序排列。同一线系内的各谱线(这里主要指L系线)又按电子跃迁的不同来分组。各元素的主要分析线(K α 或L α)用粗线表示,弱线以细线画出。放射性同位素源发射的 γ 线和某些放射性元素(Np和Pu)的谱线标有箭头,以示区别。

吸收限不是发射线,但却是与谱线的产生有关的重要数据,因此也在图中用虚线标出。为了突出它的位置,读者若将这些虚线涂上不同的颜色(例如,K吸收限涂上蓝色,L $_{III}$ 吸收限涂上红色,L $_{II}$ 和L $_I$ 吸收限涂上粉红色,M吸收限涂上橙色,激发源的发射线用绿色加宽),就使谱线之间的关系,元素之间的吸收和增强关系,以及谱线的产生等物理概念体现

得更加清楚。而且也把单调的数据表变成色彩鲜明、直观醒目的图案。

10. X射线谱线 2θ 图表(波长色散分析专用)。本图表与能量图表类同。按当前最常用的分光晶体共编制了LiF(200), LiF(220), Ge, PET, InSb和TAP六种晶体衍射的常用分析元素的主要谱线的 2θ 图表。图表的横向刻度为 2θ 角度。一级衍射线的编排原则同前图表, 而高次衍射线按衍射级数和线系分别排在一级线的上下: 高次K系线在一级K系线下方; 高次L系线在一级L系线的上方。高次线用间断的线段标出, 两段线、三段线、四段线和五段线分别代表Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ和Ⅴ级线。这样就构成以分析线为中心, 其他主要干扰线分布其周围的图案。从而使分析元素与其他基体元素之间的吸收和增强关系, 分析线与干扰线之间的相对位置变得清楚、直观。

元素主要谱线的图表形式与传统的数据表相比, 毕竟是一种尝试, 有待于在使用中改进和完善。敬请读者提出宝贵意见。

参 考 文 献

- [1] J. A. Bearden, "X-Ray Wavelengths", in CRC «Handbook of Chemistry and Physics» by C. W. Robert, ed. 63, CRC Press, 1982~1983.
- [2] E. W. White and G. G. Johnson, Jr., «X-Ray Emission and Absorption Wavelengths and Two-Theta Tables», ed. 2, Amer. Soc. Test. Mater. (1970).
- [3] E. P. Bertin, «Principles and Practice of X-Ray Spectrometric Analysis», ed. 2, 951~971, Plenum Press, N. Y. (1975).
- [4] 张家骅, 徐君权, 朱节清; «放射性同位素X射线荧光分析», 24~34, 原子能出版社 (1981).
- [5] The Radiochemical Centre, Amersham, U. K., Technical Bulletin, 75/6.

谱线与吸收限	波长 $\lambda, 10^{-10}\text{m}$							能量 E, keV						
	9F	10Ne	11Na	12Mg	13Al	14Si	15P	9F	10Ne	11Na	12Mg	13Al	14Si	15P
K_{α_2}	—	—	—	—	8.34173	7.12791	6.160	—	—	—	—	1.486	1.739	2.013
K_{α}	18.32	—	—	—	—	—	—	0.677	—	—	—	—	—	—
$\text{K}_{\alpha_{1,2}}$	—	14.610	11.9101	9.8900	—	—	—	—	0.848	1.041	1.254	—	—	—
K_{α_1}	—	—	—	—	8.33934	7.12542	6.157	—	—	—	—	1.487	1.740	2.014
K_{β}	—	14.452	11.575	9.521	7.960	6.753	5.796	—	0.858	1.071	1.302	1.558	1.836	2.139
$\text{K}_{\alpha\beta}$	18.05	14.3018	11.569	9.5122	7.94813	6.738	5.784	0.687	0.867	1.072	1.303	1.560	1.840	2.144
	16S	17Cl	18Ar	19K	20Ca	21Sc	22Ti	16S	17Cl	18Ar	19K	20Ca	21Sc	22Ti
K_{α_2}	5.37496	4.7307	4.19474	3.7445	3.36166	3.0342	2.75216	2.307	2.621	2.956	3.311	3.688	4.086	4.505
K_{α_1}	5.37216	4.7278	4.19180	3.7414	3.35839	3.0309	2.74851	2.308	2.622	2.958	3.314	3.692	4.091	4.511
K_{β}	—	4.4034	—	—	—	—	—	—	2.816	—	—	—	—	—
K_{β_1}	5.0316	—	—	—	—	—	—	2.464	—	—	—	—	—	—
$\text{K}_{\beta_{1,3}}$	—	—	3.8860	3.4539	3.0897	2.7796	2.51391	—	—	3.191	3.590	4.013	4.461	4.932
K_{β_5}	—	—	—	3.4413	3.0746	2.7634	2.4985	—	—	—	3.603	4.033	4.487	4.962
$\text{K}_{\alpha\beta}$	5.0185	4.3971	3.87090	3.4365	3.0703	2.762	2.49734	2.471	2.820	3.203	3.608	4.038	4.489	4.965
	23V	24Cr	25Mn	26Fe	27Co	28Ni	29Cu	23V	24Cr	25Mn	26Fe	27Co	28Ni	29Cu
K_{α_2}	2.50738	2.29361	2.10578	1.93998	1.79285	1.66175	1.54439	4.945	5.406	5.888	6.391	6.916	7.461	8.028
K_{α_1}	2.50356	2.28970	2.10182	1.93604	1.78997	1.65791	1.54056	4.952	5.415	5.899	6.404	6.931	7.478	8.048
$\text{K}_{\beta_{1,3}}$	2.28440	2.08487	1.91021	1.75661	1.62079	1.50014	1.39222	5.427	5.947	6.491	7.058	7.650	8.265	8.906
K_{β_5}	2.26951	2.07087	1.8971	1.7442	1.60891	1.48862	1.38109	5.463	5.987	6.536	7.108	7.706	8.329	8.977

谱线与吸收限	波长 $\lambda, 10^{-10}\text{m}$										能量 E, keV					
	$_{23}\text{V}$	$_{24}\text{Cr}$	$_{25}\text{Mn}$	$_{26}\text{Fe}$	$_{27}\text{Co}$	$_{28}\text{Ni}$	$_{29}\text{Cu}$	$_{30}\text{Zn}$	$_{31}\text{Ga}$	$_{32}\text{Ge}$	$_{33}\text{As}$	$_{34}\text{Se}$	$_{35}\text{Br}$	$_{36}\text{Kr}$	$_{37}\text{Rb}$	$_{38}\text{Sr}$
$K_{\alpha 1}$	2.2691	2.0702	1.8963	1.7434	1.6081	1.4880	1.3805	5.464	5.989	6.538	7.111	7.710	8.332	8.981	9.678	10.390
$L_{\alpha 1}$	—	—	—	—	18.292	16.693	15.286	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$L_{\alpha 2}$	—	—	19.45	17.59	15.972	14.561	13.336	—	—	0.637	0.705	0.776	0.851	0.930	1.011	1.093
$L_{\beta 1}$	—	—	—	17.525	15.915	14.525	13.288	—	—	—	0.707	0.779	0.854	0.932	1.011	1.093
$L_{\beta 2}$	—	—	—	19.75	17.87	16.27	14.90	—	—	—	0.628	0.694	0.762	0.832	0.905	0.980
$L_{\beta 3}$	—	—	19.11	17.26	15.666	14.271	13.053	—	—	0.649	0.718	0.791	0.869	0.950	1.033	1.116
$L_{\beta 4}$	—	17.9	—	17.202	15.618	14.242	13.014	—	0.693	—	0.721	0.794	0.871	0.953	1.033	1.116
$L_{\beta 5}$	—	18.96	17.19	15.95	14.31	13.18	12.122	—	0.654	0.721	0.792	0.866	0.941	1.023	1.106	1.189
$L_{\beta 6}$	—	16.7	—	—	—	—	—	—	0.742	—	—	—	—	—	—	—

表 1.2 30号元素到36号元素的波长能量表

谱线与吸收限	波长 $\lambda, 10^{-10}\text{m}$										能量 E, keV					
	$_{30}\text{Zn}$	$_{31}\text{Ga}$	$_{32}\text{Ge}$	$_{33}\text{As}$	$_{34}\text{Se}$	$_{35}\text{Br}$	$_{36}\text{Kr}$	$_{37}\text{Rb}$	$_{38}\text{Sr}$	$_{39}\text{Y}$	$_{40}\text{Zr}$	$_{41}\text{Nb}$	$_{42}\text{Mo}$	$_{43}\text{Tc}$	$_{44}\text{Ru}$	$_{45}\text{Rh}$
$K_{\alpha 1}$	1.43900	1.34399	1.25801	1.17987	1.10882	1.04382	0.9841	8.616	9.225	9.856	10.508	11.182	11.878	12.599	13.341	14.105
$K_{\alpha 2}$	1.43516	1.34008	1.25405	1.17588	1.10477	1.03974	0.9801	8.639	9.252	9.887	10.544	11.223	11.925	12.650	13.397	14.155
$K_{\beta 1}$	—	1.20835	1.12936	1.05783	0.99268	0.93327	0.8790	—	10.261	10.978	11.721	12.490	13.285	14.105	14.950	15.805
$K_{\beta 2}$	1.29525	—	—	—	—	—	—	9.572	—	—	—	—	—	—	—	—
$K_{\beta 3}$	—	1.20789	1.12894	1.05730	0.99218	0.93279	0.8785	—	10.265	10.982	11.727	12.496	13.292	14.113	14.950	15.805
$K_{\beta 4}$	1.2848	1.1981	1.1195	1.0488	0.9843	0.9255	0.8708	9.650	10.349	11.075	11.822	12.596	13.397	14.238	15.090	15.945
$K_{\beta 5}$	1.28372	1.19600	1.11686	1.04500	0.97992	0.92046	0.8661	9.658	10.367	11.101	11.865	12.653	13.470	14.315	15.170	16.025
$K_{\beta 6}$	1.2834	1.1958	1.11658	1.0450	0.97974	0.9204	0.86552	9.661	10.368	11.104	11.865	12.655	13.471	14.325	15.170	16.025
$L_{\alpha 1}$	14.02	12.953	11.965	11.072	10.294	9.585	—	0.884	0.957	1.036	1.120	1.204	1.294	—	—	—
$L_{\alpha 2}$	12.254	11.292	10.4361	9.6709	8.9900	8.3746	7.817	1.012	1.098	1.188	1.282	1.379	1.480	1.586	1.697	1.807
$L_{\beta 1}$	12.131	11.100	10.187	9.367	8.646	7.994	7.392	1.022	1.117	1.217	1.324	1.434	1.553	1.677	1.807	1.937
$L_{\beta 2}$	13.68	12.597	11.609	10.734	9.962	9.255	—	0.906	0.984	1.068	1.155	1.245	1.340	—	—	—
$L_{\beta 3}$	11.983	11.023	10.175	9.4141	8.7358	8.1251	7.576	1.035	1.125	1.219	1.317	1.419	1.526	1.637	1.750	1.867
$L_{\beta 4}$	11.862	10.828	9.924	9.125	8.407	7.753	7.168	1.045	1.145	1.249	1.359	1.475	1.599	1.730	1.867	2.000
$L_{\beta 5}$	—	—	9.640	—	—	—	7.304	—	—	1.286	—	—	—	1.698	—	—
$L_{\beta 6}$	11.200	10.359	—	8.929	8.321	7.767	—	1.107	1.197	—	1.389	1.490	1.596	—	—	—
$L_{\beta 7}$	—	—	9.581	—	—	—	7.264	—	—	1.294	—	—	—	—	1.707	—
$L_{\beta 8}$	10.35	9.517	8.773	8.107	7.503	6.959	6.47	1.198	1.303	1.413	1.529	1.652	1.782	1.916	2.055	2.195

表 1.3 37号元素到44号元素的波长能量表

谱线与吸收限	波长 $\lambda, 10^{-10} \text{ m}$										能量 $E, \text{ keV}$									
	$_{37}\text{Rb}$	$_{38}\text{Sr}$	$_{39}\text{Y}$	$_{40}\text{Zr}$	$_{41}\text{Nb}$	$_{42}\text{Mo}$	$_{44}\text{Ru}$	$_{37}\text{Rb}$	$_{38}\text{Sr}$	$_{39}\text{Y}$	$_{40}\text{Zr}$	$_{41}\text{Nb}$	$_{42}\text{Mo}$	$_{44}\text{Ru}$						
K_{α_1}	0.92969	0.87943	0.83305	0.79015	0.75044	0.71359	0.64741	13.336	14.098	14.883	15.691	16.522	17.375	19.151						
K_{α_2}	0.92555	0.87526	0.82884	0.78593	0.74620	0.70930	0.64308	13.396	14.166	14.959	15.776	16.616	17.480	19.280						
K_{β_1}	0.82921	0.78345	0.74156	0.70228	0.66634	0.63287	0.59307	14.952	15.826	16.726	17.655	18.507	19.591	21.635						
K_{β_2}	0.82868	0.78292	0.74072	0.70173	0.66576	0.63229	0.57248	14.962	15.836	16.738	17.669	18.623	19.609	21.58						
K_{β_3}	0.8219	0.7764	0.7345	0.6959	—	0.62692	0.56785	15.085	15.969	16.880	17.817	—	19.777	21.34						
K_{γ_1}	0.81645	0.77081	0.72864	0.68993	0.65416	0.62099	0.56166	15.186	16.085	17.016	17.971	18.953	19.966	22.075						
K_{γ_2}	0.8154	0.76989	0.72776	0.68901	0.65318	0.62001	0.56089	15.205	16.104	17.037	17.995	18.982	19.997	22.105						
K_{γ_3}	0.81554	0.76973	0.72766	0.68883	0.65298	0.61978	0.56051	15.203	16.108	17.039	17.999	18.988	20.005	22.120						
L_I	8.3636	7.8362	7.3563	6.9185	6.5176	6.1508	5.5035	1.482	1.582	1.685	1.792	1.902	2.016	2.253						
L_{II}	7.3251	6.8697	6.4558	6.0778	5.7319	5.4137	4.85381	1.693	1.805	1.921	2.040	2.163	2.290	2.654						
L_{III}	7.3183	6.8628	6.4488	6.0705	5.7243	5.40655	4.84575	1.694	1.807	1.923	2.042	2.166	2.293	2.659						
L_{IV}	6.9842	6.5191	6.0942	5.7101	5.3613	5.0488	4.4866	1.775	1.902	2.034	2.171	2.313	2.456	2.763						
L_{V, V_1}	—	—	—	5.5863	5.2379	4.9232	4.3718	—	—	—	2.219	2.367	2.518	2.836						
$L_{III, IV}$	6.862	6.387	5.962	5.579	5.230	4.913	4.369	1.807	1.941	2.080	2.222	2.371	2.524	2.838						
L_V	8.0415	7.5171	7.0406	6.6069	6.2109	5.8475	5.2050	1.542	1.649	1.761	1.877	1.996	2.120	2.382						
L_{β_1}	7.0759	6.6239	6.2120	5.8360	5.4923	5.17708	4.62058	1.752	1.872	1.996	2.124	2.257	2.395	2.683						
L_V	—	—	—	5.3843	5.0361	4.7258	4.1822	—	—	—	2.303	2.462	2.624	2.965						
$L_{III, IV}$	6.644	6.173	5.756	5.378	5.031	4.719	4.180	1.866	2.009	2.154	2.305	2.464	2.627	2.966						
L_{β_1}	6.8207	6.4028	6.0186	5.6681	5.3455	5.0488	4.5230	1.818	1.936	2.060	2.187	2.319	2.456	2.741						
L_{β_2}	6.7876	6.3672	5.9832	5.6330	5.3102	5.0133	4.4866	1.827	1.947	2.072	2.201	2.335	2.473	2.763						
$L_{\gamma_1, 2}$	6.0458	5.6445	5.2830	4.9536	4.6542	4.3800	3.8977	2.051	2.197	2.347	2.503	2.664	2.831	3.181						
$L_{I, II}$	6.008	5.592	5.217	4.879	4.575	4.304	3.835	2.064	2.217	2.377	2.541	2.710	2.881	3.233						

表1.4 45号元素到51号元素的波长能量表

谱线与吸收限	波长 $\lambda, 10^{-10}\text{m}$										能量 E, keV									
	$_{45}\text{Rh}$	$_{46}\text{Pd}$	$_{47}\text{Ag}$	$_{48}\text{Cd}$	$_{49}\text{In}$	$_{50}\text{Sn}$	$_{51}\text{Sb}$	$_{52}\text{Rh}$	$_{53}\text{Pd}$	$_{54}\text{Ag}$	$_{55}\text{Cd}$	$_{56}\text{In}$	$_{57}\text{Sn}$	$_{58}\text{Sb}$	$_{59}\text{Zn}$	$_{60}\text{Ga}$	$_{61}\text{Ge}$	$_{62}\text{As}$	$_{63}\text{Se}$	$_{64}\text{Br}$
$K_{\alpha 1}$	0.61763	0.58982	0.5638	0.53942	0.51654	0.49505	0.47483	20.074	21.021	21.991	22.985	24.003	25.045	26.112	25.045	26.112	27.174	28.239	29.305	30.371
$K_{\alpha 2}$	0.61328	0.58545	0.55941	0.53501	0.51211	0.4906	0.47035	20.217	21.178	22.164	23.174	24.211	25.272	26.360	25.272	26.360	27.428	28.493	29.558	30.623
$K_{\beta 1}$	0.54620	0.52112	0.49769	0.47573	0.45518	0.43588	0.41774	22.700	23.792	24.912	26.062	27.239	28.448	29.680	28.448	29.680	30.912	32.144	33.376	34.608
$K_{\beta 2}$	0.54561	0.52052	0.49707	0.47511	0.45455	0.43524	0.41709	22.724	23.820	24.943	26.096	27.277	28.487	29.726	28.487	29.726	30.958	32.190	33.422	34.654
$K_{\beta 3}$	0.54101	0.51670	0.49306	—	0.45086	0.43175	0.41378	22.917	23.996	25.146	—	27.500	28.717	29.954	28.717	29.954	31.186	32.418	33.650	34.882
$K_{\beta 4}$	0.53503	0.51023	0.48703	0.46533	0.44500	0.42592	0.40797	23.174	24.300	25.457	26.645	27.862	29.110	30.391	29.110	30.391	31.623	32.855	34.087	35.319
$K_{\beta 5}$	0.53401	0.5093	0.48598	—	0.44393	0.42495	0.40702	23.218	24.344	25.512	—	27.929	29.176	30.462	29.176	30.462	31.694	32.926	34.158	35.390
K_{ab}	0.53395	0.5092	0.48589	0.46407	0.44371	0.42467	0.40668	23.220	24.349	25.517	26.717	27.943	29.196	30.487	29.196	30.487	31.719	32.951	34.183	35.415
L_I	5.2169	4.9525	4.7076	4.48014	4.26873	4.07165	3.88826	2.377	2.503	2.634	2.767	2.903	3.045	3.188	3.045	3.188	3.420	3.652	3.884	4.116
$L_{\alpha 2}$	4.60545	4.37588	4.16294	3.96496	3.78073	3.60891	3.44840	2.692	2.833	2.978	3.127	3.279	3.436	3.595	3.436	3.595	3.827	4.059	4.291	4.523
$L_{\alpha 1}$	4.59743	4.36767	4.15443	3.95635	3.77192	3.59994	3.43941	2.697	2.839	2.984	3.134	3.287	3.444	3.605	3.444	3.605	3.837	4.069	4.301	4.533
$L_{\beta 1}$	4.2417	4.0162	3.80774	3.61467	3.43606	3.26901	3.11513	2.923	3.087	3.256	3.430	3.608	3.793	3.980	3.793	3.980	4.212	4.444	4.676	4.908
$L_{\beta 2,3}$	4.1310	3.90887	3.70335	3.51408	3.33838	3.17505	3.02335	3.001	3.172	3.348	3.528	3.714	3.905	4.101	3.905	4.101	4.333	4.565	4.797	5.029
$L_{III ab}$	4.1299	3.9074	3.6999	3.5047	3.3237	3.1557	3.0003	3.002	3.173	3.351	3.538	3.730	3.929	4.132	3.929	4.132	4.364	4.596	4.828	5.060
L_{γ}	4.9217	4.6605	4.4183	4.19315	3.98327	3.78876	3.60765	2.519	2.660	2.806	2.957	3.113	3.272	3.437	3.272	3.437	3.669	3.901	4.133	4.365
L_{δ}	4.37414	4.14622	3.93473	3.73823	3.55531	3.38487	3.22567	2.835	2.990	3.151	3.317	3.487	3.663	3.844	3.663	3.844	4.075	4.307	4.539	4.771
$L_{\nu 1}$	3.9437	3.7246	3.52260	3.33564	3.16213	3.00115	2.85159	3.144	3.329	3.520	3.717	3.921	4.131	4.348	4.131	4.348	4.580	4.812	5.044	5.276
$L_{II ab}$	3.9425	3.7228	3.5164	3.3257	3.1473	2.9823	2.8294	3.145	3.330	3.526	3.728	3.939	4.157	4.382	4.157	4.382	4.614	4.846	5.078	5.310
$L_{\beta 4}$	4.2888	4.0711	3.87023	3.68203	3.50697	3.34335	3.19014	2.891	3.046	3.204	3.367	3.535	3.708	3.887	3.708	3.887	4.119	4.351	4.583	4.815
$L_{\beta 5}$	4.2522	4.0346	3.83313	3.64495	3.46984	3.30585	3.15258	2.916	3.073	3.235	3.402	3.573	3.750	3.933	3.750	3.933	4.165	4.397	4.629	4.861
$L_{\nu 2}$	—	—	3.31216	3.1377	—	—	—	—	—	3.743	3.951	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$L_{\nu 3,4}$	3.6855	3.4892	—	—	2.9800	2.8327	2.6953	3.364	3.553	—	—	4.161	4.377	4.600	—	—	—	—	—	—
$L_{\nu 5}$	—	—	3.30635	—	—	—	—	—	—	3.750	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$L_{I ab}$	3.629	3.437	3.2564	3.0849	2.9260	2.7769	2.6388	3.417	3.607	3.807	4.019	4.237	4.465	4.699	4.465	4.699	4.931	5.163	5.395	5.627
M_{γ}	—	—	—	—	—	17.94	16.92	—	—	—	—	—	—	—	0.691	0.733	—	—	—	—

表1.5 52号元素到58号元素的波长能量表

谱线与吸收限	波长 $\lambda, 10^{-8} \text{m}$										能量 E, keV									
	55Fe	55Mn	56Fe	56Co	57Fe	57Co	58Fe	58Ni	59Ni	59Cu	55Fe	55Mn	56Fe	56Co	57Fe	57Co	58Fe	58Ni	59Ni	59Cu
K_{α_1}	0.45578	0.43783	0.42087	0.40484	0.38967	0.37531	0.36168	0.3485	0.336	0.324	27.203	28.318	29.459	30.626	31.818	33.035	34.280	35.553	36.841	38.145
K_{α_2}	0.45130	0.43332	0.41634	0.40029	0.38511	0.37074	0.35709	0.34413	0.332	0.321	27.473	28.613	29.780	30.974	32.195	33.443	34.721	36.022	37.341	38.680
K_{β_1}	0.40066	0.38456	0.36941	0.35505	0.34151	0.32869	0.31652	0.30481	0.2935	0.282	30.945	32.241	33.563	34.921	36.305	37.721	39.171	40.652	42.164	43.698
K_{β_2}	0.40000	0.38391	0.36872	0.35436	0.34081	0.32798	0.31582	0.30411	0.2928	0.281	30.997	32.295	33.626	34.989	36.380	37.803	39.258	40.744	42.261	43.798
K_{β_3}	—	—	—	—	0.33814	0.32546	0.31342	0.30181	0.2905	0.2795	—	—	—	—	36.667	38.095	39.559	41.052	42.576	44.120
K_{β_4}	0.39110	0.37523	0.36026	0.34611	0.33277	0.32012	0.30816	0.29661	0.2853	0.2743	31.702	33.043	34.416	35.823	37.259	38.731	40.234	41.766	43.328	44.910
K_{β_5}	—	—	—	—	0.33229	0.31931	0.30737	0.29581	0.2845	0.2735	—	—	—	—	37.312	38.829	40.378	41.966	43.584	45.232
K_{β_6}	0.39974	0.37381	0.3584	0.34451	0.33104	0.31844	0.30648	0.29493	0.2836	0.2725	31.812	33.168	34.594	36.059	37.563	39.105	40.687	42.308	43.969	45.671
L_{α_1}	3.71696	3.55754	—	3.2670	3.1355	3.006	2.8917	2.7853	2.6853	2.5903	3.336	3.485	—	3.795	3.954	4.125	4.308	4.494	4.684	4.878
L_{α_2}	3.29846	3.15791	—	2.9020	2.78553	2.67533	2.5706	2.4706	2.3753	2.2843	3.759	3.926	—	4.272	4.451	4.634	4.823	5.016	5.212	5.410
L_{α_3}	3.28920	3.14860	3.0166	2.8924	2.77595	2.66570	2.5615	2.4615	2.3657	2.2743	3.769	3.938	4.110	4.287	4.466	4.651	4.840	5.032	5.226	5.421
L_{β_1}	2.57088	2.83672	—	2.5932	2.4826	2.3790	2.2818	2.1881	2.0987	2.0137	4.173	4.371	—	4.781	4.984	5.192	5.404	5.618	5.834	6.051
L_{β_2}	2.88217	2.75053	—	2.51180	2.40435	2.3030	2.2087	2.1180	2.0317	1.9487	4.302	4.508	—	4.935	5.157	5.384	5.614	5.846	6.080	6.316
L_{β_3}	2.8555	2.7196	2.5926	2.4740	2.3629	2.261	2.166	2.074	1.985	1.898	4.342	4.559	4.782	5.012	5.247	5.484	5.724	5.966	6.210	6.456
L_{β_4}	3.43832	3.27979	—	2.9932	2.8627	2.740	2.6203	2.503	2.389	2.280	3.606	3.780	—	4.142	4.331	4.525	4.722	4.921	5.121	5.322
L_{β_5}	3.07677	2.93744	—	2.6837	2.56821	2.45891	2.3561	2.2581	2.1637	2.0727	4.030	4.221	—	4.620	4.828	5.042	5.262	5.484	5.708	5.934
L_{β_6}	2.71241	2.58244	—	2.3480	2.2415	2.1418	2.0487	1.9587	1.8717	1.7877	4.571	4.801	—	5.280	5.531	5.789	6.052	6.318	6.586	6.856
L_{β_7}	2.6879	2.5542	2.4292	2.3139	2.2048	2.1053	2.0124	1.9224	1.8357	1.7517	4.613	4.854	5.104	5.358	5.623	5.889	6.161	6.436	6.712	6.989
L_{β_8}	3.04861	2.91207	—	2.6666	2.5553	2.4493	2.3497	2.2537	2.1617	2.0727	4.070	4.258	—	4.650	4.852	5.062	5.277	5.494	5.712	5.931
L_{β_9}	3.00893	2.87429	—	2.6285	2.5164	2.4105	2.3109	2.2149	2.1229	2.0339	4.121	4.314	—	4.717	4.927	5.144	5.365	5.588	5.812	6.037
$L_{\beta_{10}}$	—	—	—	2.2371	2.1387	2.0460	1.9602	1.8777	1.7977	1.7197	—	—	—	—	5.797	6.069	6.345	6.622	6.900	7.178
$L_{\beta_{11}}$	2.5674	2.4475	—	—	—	—	—	—	—	—	4.829	5.066	—	—	—	—	—	—	—	—
$L_{\beta_{12}}$	—	—	—	2.2328	2.1342	2.0410	1.9553	1.8727	1.7927	1.7147	—	—	—	—	5.809	6.075	6.341	6.607	6.874	7.141
$L_{\beta_{13}}$	2.5099	2.3880	2.2737	2.1673	2.0678	1.9780	1.8934	1.8117	1.7327	1.6557	4.940	5.192	5.453	5.721	5.996	6.268	6.548	6.828	7.108	7.388
M_{α_1}	15.93	—	—	—	12.75	12.08	11.53	—	—	—	.778	—	—	—	.972	—	—	—	—	—

表1.6 59号元素到86号元素的波长能量表

能量 E, kev														
谱线与吸收限	波长 $\lambda, 10^{-10} \text{m}$													
	$_{59}\text{Pr}$	$_{60}\text{Nd}$	$_{62}\text{Sm}$	$_{63}\text{Eu}$	$_{64}\text{Gd}$	$_{65}\text{Tb}$	$_{66}\text{Dy}$	$_{59}\text{Pr}$	$_{60}\text{Nd}$	$_{62}\text{Sm}$				
K_{α_2}	0.34875	0.33647	0.31370	0.30312	0.29304	0.28342	0.27425	35.551	36.849	39.524	40.993	42.310	43.746	45.209
K_{α_1}	0.34414	0.33185	0.30904	0.29845	0.28835	0.27872	0.26953	36.028	37.362	40.120	41.543	42.998	44.484	46.001
K_{β_3}	0.30498	0.29403	0.27376	0.26433	0.25534	0.24683	0.23862	40.654	42.168	45.290	46.906	48.557	50.231	51.959
K_{β_1}	0.30426	0.29330	0.27301	0.26358	0.25460	0.24608	0.23788	40.750	42.273	45.414	47.039	48.698	50.384	52.121
K_{β_2}	—	—	0.27111	—	0.25275	—	0.23618	—	—	45.733	—	49.055	—	52.496
K_{β_3}	0.29679	0.2861	0.2662	0.25692	0.24816	0.2397	0.2317	41.775	43.336	46.576	48.258	49.962	51.725	53.511
K_{α_1}	0.29518	0.28453	0.26464	0.25553	0.24681	0.23841	0.23048	42.003	43.576	46.851	48.521	50.235	52.005	53.794
L_{I1}	2.7841	2.6760	2.4823	2.3948	2.3122	2.2352	2.15877	4.453	4.633	4.995	5.177	5.362	5.547	5.743
L_{α_2}	2.4729	2.3807	2.21062	2.1315	2.0578	1.9875	1.91991	5.014	5.208	5.609	5.817	6.025	6.238	6.458
L_{α_1}	2.4630	2.3704	2.1998	2.1209	2.0468	1.9765	1.90881	5.034	5.231	5.636	5.846	6.058	6.273	6.495
L_{β_6}	2.1906	2.1039	1.94643	1.8737	1.8054	1.7422	1.68213	5.660	5.893	6.370	6.617	6.867	7.117	7.370
$L_{\beta_{2,15}}$	2.1194	2.0360	1.88221	1.8118	1.7455	1.6830	1.62369	5.850	6.090	6.587	6.843	7.103	7.367	7.636
L_{β_3}	—	—	1.84700	1.7772	1.7130	1.6510	1.58837	—	—	6.713	6.976	7.238	7.510	7.806
$L_{III\text{ab}}$	2.0791	1.9967	1.8457	1.7761	1.7117	1.6497	1.5916*	5.963	6.210	6.718	6.981	7.243	7.516	7.790
L_{γ}	2.512	2.4094	2.21824	2.1315	2.0494	1.9730	1.89743	4.936	5.146	5.589	5.817	6.050	6.284	6.534
L_{β_1}	2.2588	2.1669	1.99806	1.9203	1.8468	1.7768	1.71062	5.489	5.722	6.205	6.457	6.714	6.978	7.248
L_{γ_1}	1.9611	1.8779	1.72724	1.6574	1.5924	1.5303	1.47266	6.322	6.602	7.178	7.481	7.786	8.102	8.419
L_{γ_2}	—	—	1.6966	1.6282	1.5644	1.5035	1.44579	—	—	7.308	7.615	7.925	8.246	8.576
$L_{III\text{ab}}$	1.9255	1.8440	1.6953	1.6271	1.5632	1.5023	1.4445	6.439	6.724	7.313	7.620	7.932	8.253	8.583
L_{β_4}	2.2550	2.1669	2.00095	1.9255	1.8540	1.7864	1.72103	5.498	5.722	6.196	6.439	6.687	6.941	7.204
L_{β_3}	2.2172	2.1268	1.96241	1.8867	1.8150	1.7472	1.6822	5.592	5.830	6.318	6.572	6.831	7.096	7.370
L_{γ_2}	1.8791	1.8013	1.66044	1.5961	1.5331	1.4764	1.42278	6.598	6.883	7.467	7.768	8.087	8.398	8.714
L_{γ_3}	1.8740	1.7964	1.65601	1.5903	1.5297	1.4718	1.41640	6.616	6.902	7.487	7.796	8.105	8.424	8.754
$L_{I\text{ab}}$	1.8141	1.7390	1.6002	1.5381	1.4784	1.4223	1.3692	6.835	7.130	7.748	8.061	8.386	8.717	9.055
M_{α}	13.343	12.68	11.47	10.96	10.46	10.00	9.59	0.929	0.978	1.081	1.131	1.185	1.240	1.293
$M_{IV\text{ab}}$	13.394*	12.737*	11.552*	11.013*	—	—	—	0.926	0.973	1.073	1.126	—	—	—
M_{β}	13.06	12.44	11.27	10.750	10.254	9.792	9.357	0.949	0.997	1.100	1.153	1.209	1.266	1.325
$M_{IV\text{ab}}$	13.122*	12.459*	11.288*	10.711	—	—	—	0.945	0.995	1.098	1.158	—	—	—
M_{γ}	10.998	10.505	9.6	9.211	8.844	8.486	8.144	1.127	1.180	1.292	1.346	1.402	1.461	1.522

表1.7 67号元素到73号元素的波长能量表

谱线及吸收限	波长 $\lambda, 10^{-10}\text{m}$										能量 E, keV				
	^{67}Ho	^{68}Er	^{69}Tm	^{70}Yb	^{71}Lu	^{72}Hf	^{73}Ta	^{74}Ho	^{75}Er	^{76}Tm	^{77}Yb	^{78}Lu	^{79}Hf	^{80}Ta	
K_{α_2}	0.26549	0.25713	0.2491	0.24142	0.23408	0.22702	0.22031	46.701	48.223	49.773	51.357	52.967	54.614	56.278	
K_{α_1}	0.26076	0.25237	0.24434	0.23666	0.22930	0.22223	0.21550	47.548	49.128	50.743	52.390	54.071	55.791	57.534	
K_{β_1}	0.23083	0.22341	0.21826	0.2096	0.20309	0.19686	0.19089	53.713	55.497	57.305	59.153	61.049	62.982	64.951	
K_{β_2}	0.23012	0.22266	0.21556	0.20884	0.20231	0.19607	0.19009	53.879	55.684	57.518	59.369	61.285	63.235	65.225	
K_{β_3}	0.22855	0.22124	0.21404	0.20739	0.20084	—	0.18876	54.249	56.041	57.926	59.784	61.733	—	65.684	
K_{β_4}	0.2241	0.2167	0.2098	0.2033	0.1969	0.1908	0.18501	55.326	57.215	59.097	60.986	62.969	64.982	67.016	
K_{β_5}	0.22291	0.21567	0.20880	0.20224	0.19585	0.18982	0.18394	55.621	57.488	59.380	61.306	63.306	65.317	67.405	
L_I	2.0860	2.015	1.9550	1.89415	1.8360	1.78145	1.72841	5.944	6.153	6.342	6.546	6.753	6.960	7.173	
L_{α_2}	1.8561	1.7955	1.7381	1.68285	1.63029	1.58046	1.53293	6.680	6.905	7.133	7.368	7.605	7.845	8.088	
L_{α_1}	1.8450	1.78425	1.7268	1.67189	1.61951	1.56958	1.52197	6.720	6.949	7.180	7.416	7.656	7.899	8.146	
L_{β_1}	1.6237	1.5675	1.5162	1.4661	1.4189	1.37410	1.33094	7.636	7.910	8.177	8.457	8.738	9.023	9.316	
$L_{\beta_2,15}$	1.5671	1.51399	1.4640	1.41550	—	—	—	7.912	8.189	8.469	8.759	—	—	—	
L_{β_3}	—	—	—	—	1.37012	1.32639	1.28454	—	—	—	—	9.049	9.348	9.652	
L_{β_4}	1.5378	1.4848	1.4349	1.38696	1.34183	1.29761	1.2555	8.063	8.350	8.641	8.939	9.240	9.555	9.875	
$L_{III,ab}$	1.5368	1.4835	1.4334	1.3852	1.3405	1.2972	1.2553	8.068	8.358	8.650	8.944	9.249	9.558	9.877	
L_{γ}	1.8264	1.7566	1.6963	1.63560	1.5779	1.52325	1.47106	6.789	7.058	7.309	7.580	7.858	8.140	8.428	
L_{β_1}	1.6475	1.5873	1.5304	1.47565	1.42359	1.37410	1.32698	7.526	7.811	8.102	8.402	8.709	9.023	9.343	
L_{γ_1}	1.4174	1.3641	1.3153	1.26769	1.22228	1.17900	1.13794	8.747	9.089	9.426	9.780	10.144	10.516	10.896	
L_{γ_2}	1.3923	1.3397	1.2905	1.24271	1.1987	1.15519	1.11388	8.905	9.255	9.608	9.977	10.343	10.733	11.131	
$L_{III,ab}$	1.3905	1.3386	1.2892	1.2428*	1.1985	1.1548	1.1137	8.917	9.262	9.617	9.976	10.345	10.737	11.133	
L_{β_4}	1.6595	1.6007	1.5448	1.49138	1.44056	1.39220	1.34581	7.471	7.748	8.026	8.313	8.607	8.906	9.213	
L_{β_5}	1.6203	1.5616	1.5063	1.45233	1.40140	1.35300	1.30678	7.652	7.940	8.231	8.537	8.847	9.164	9.488	
L_{γ_2}	1.3698	1.3210	1.2742	1.22879	1.1853	1.14442	1.1053	9.051	9.386	9.730	10.090	10.460	10.834	11.217	
L_{γ_3}	1.3643	1.3146	1.2678	1.22232	1.17953	1.13841	1.09836	9.088	9.431	9.780	10.143	10.511	10.891	11.278	
$L_{I,ab}$	1.3190	1.2706	1.2250	1.1818	1.1402	1.0997	1.0613	9.400	9.758	10.121	10.491	10.874	11.274	11.682	
M_{α}	9.20	8.82	8.48	8.149	7.840	7.539	7.252	1.348	1.406	1.462	1.521	1.581	1.645	1.710	
$M_{\alpha,ab}$	—	8.847*	8.487*	—	—	—	7.11	—	1.401	1.461	—	—	—	1.744	
M_{β}	8.965	8.592	8.249	7.909	7.601	7.303	7.023	1.383	1.443	1.503	1.568	1.631	1.698	1.765	
$M_{IV,ab}$	—	8.601*	—	—	—	—	6.87	—	1.442	—	—	—	—	1.805	
M_{γ}	7.865	7.546	—	7.024	6.768	6.544	6.312	1.576	1.643	—	1.765	1.832	1.895	1.964	
$M_{III,ab}$	—	—	—	—	—	—	5.650	—	—	—	—	—	—	2.194	

表1.8 74号元素到80号元素的波长

谱线与吸收限	波长 $\lambda, 10^{-10}\text{m}$										能量 E, keV									
	^{18}W	^{15}Re	^{16}Os	^{17}Ir	^{18}Pt	^{19}Au	^{80}Hg	^{14}W	^{15}Re	^{16}Os	^{17}Ir	^{18}Pt	^{19}Au	^{80}Hg						
K_{α_2}	0.21383	0.20761	0.20164	0.19580	0.19038	0.18508	0.17996	57.983	59.720	61.488	63.290	65.125	66.990	68.896						
K_{α_1}	0.20901	0.20278	0.19679	0.19105	0.18551	0.18020	0.17507	59.320	61.143	63.004	64.897	66.835	68.804	70.821						
K_{β_1}	0.18518	0.17970	0.17443	0.16937	0.16450	0.15981	0.15532	66.954	68.996	71.080	73.204	75.371	77.583	79.826						
K_{β_2}	0.18437	0.17888	0.17361	0.16854	0.16368	0.15898	0.15449	67.248	69.312	71.416	73.564	75.749	77.988	80.255						
K_{β_3}	0.18309	0.17766	0.17245	0.16737	0.16255	0.15788	0.15353	67.718	69.788	71.896	74.079	76.275	78.531	80.756						
K_{β_4}	0.17942	0.17405	0.16891	0.16396	0.15920	0.15462	0.15020	69.103	71.234	73.403	75.619	77.880	80.187	82.547						
K_{β_5}	0.17892	0.17362	0.16842	0.16352	0.15881	0.15422	0.14978	69.297	71.412	73.617	75.823	78.072	80.395	82.778						
K_{β_6}	0.17837	0.17302	0.16787	0.16292	0.15818	0.15359	0.14918	69.510	71.660	73.858	76.102	78.382	80.725	83.111						
L_{I}	1.6782	1.63056	1.58498	1.54094	1.49950	1.45964	1.4216	7.388	7.604	7.823	8.046	8.268	8.494	8.722						
L_{α_1}	1.48743	1.44396	1.40234	1.36250	1.32432	1.28772	1.25264	8.336	8.586	8.841	9.100	9.362	9.628	9.898						
L_{α_2}	1.47639	1.43290	1.39121	1.35128	1.31304	1.27640	1.24120	8.398	8.654	8.912	9.175	9.443	9.714	9.989						
L_{β_1}	1.28989	1.25100	1.21349	1.17796	1.14355	1.11092	1.07975	9.612	9.911	10.217	10.525	10.842	11.161	11.483						
L_{β_2}	1.24460	1.20660	1.16979	1.13532	1.10200	1.07022	1.03975	9.982	10.275	10.599	10.921	11.251	11.585	11.925						
L_{β_3}	1.21545	1.17721	1.1405	1.10585	1.0724	1.04044	1.00987	10.201	10.532	10.871	11.212	11.561	11.917	12.277						
$L_{\text{III ab}}$	1.2155*	1.1773*	1.1408*	1.1058	1.0723	1.04000	1.0091	10.200	10.531	10.868	11.212	11.563	11.922	12.287						
L_{γ}	1.42110	1.37342	1.32785	1.28448	1.2429	1.20273	1.1640	8.725	9.027	9.337	9.653	9.975	10.309	10.652						
L_{β_4}	1.28181	1.23858	1.19727	1.15781	1.11990	1.08353	1.04868	9.673	10.010	10.356	10.709	11.071	11.443	11.823						
L_{γ_1}	1.09855	1.06099	1.02503	0.99085	0.95797	0.92650	0.89646	11.286	11.686	12.096	12.513	12.943	13.382	13.831						
L_{γ_2}	1.07448	1.03699	1.00107	0.96708	0.9342	0.90297	0.87319	11.539	11.956	12.385	12.821	13.272	13.731	14.199						
$L_{\text{III ab}}$	1.0745*	1.0371*	1.0014*	0.9671*	0.93414	0.90259	0.87221	11.539	11.955	12.381	12.820	13.273	13.737	14.215						
L_{β_5}	1.30162	1.25917	1.21844	1.17958	1.14223	1.10651	1.07222	9.525	9.847	10.176	10.511	10.855	11.205	11.563						
L_{β_6}	1.26269	1.22031	1.17955	1.14085	1.10394	1.06785	1.03358	9.819	10.160	10.511	10.868	11.231	11.611	11.996						
L_{γ_3}	1.06806	1.03233	0.99805	0.96545	0.93427	0.90434	0.87544	11.608	12.010	12.423	12.842	13.271	13.710	14.163						
L_{γ_4}	1.06200	1.02613	0.99186	0.95931	0.92791	0.89783	0.86915	11.675	12.083	12.500	12.924	13.362	13.809	14.265						
$L_{\text{I ab}}$	1.02467	0.9894	0.9556	0.9236	0.8931	0.86376	0.8353	12.100	12.531	12.972	13.424	13.883	14.354	14.843						
M_{α_2}	6.992	—	—	6.275	6.058	5.854	—	1.773	—	—	1.976	2.047	2.118	—						
M_{α_1}	—	6.729	6.490	—	—	—	—	—	1.843	1.910	—	—	—	—						
M_{α_3}	6.983	—	—	6.262	6.047	5.840	5.6476	1.776	—	—	1.980	2.050	2.123	2.195						
$M_{\gamma \text{ ab}}$	6.83	6.560	6.30	6.05	5.81	5.554	5.36	1.815	1.890	1.968	2.049	2.134	2.220	2.313						
M_{β}	6.757	6.504	6.267	6.038	5.828	5.624	5.4318	1.835	1.906	1.978	2.053	2.127	2.205	2.283						
$M_{\text{IV ab}}$	6.59	6.33	6.073	5.83	5.59	5.374	5.157	1.881	1.959	2.042	2.127	2.218	2.307	2.404						
M_{γ}	6.092	5.885	5.682	5.500	5.319	5.145	4.984	2.035	2.107	2.182	2.254	2.331	2.410	2.488						
$M_{\text{III ab}}$	5.435	5.234	5.043	4.861	4.686	4.518	4.355	2.281	2.369	2.459	2.551	2.646	2.744	2.847						

表 1.9 81号元素到94号元素的波长能量表

谱线与吸收限	波长 $\lambda, 10^{-10} \text{ m}$										能量 $E, \text{ keV}$				
	La	Pr	Pb	Bi	Th	U	Np	Pu	Ti	Pb	Bi	Th	U	Np	Pu
K_{α_1}	0.17504	0.17029	0.16572	0.16383	0.13783	0.13097			70.833	72.808	74.816	89.955	94.667		
K_{α_2}	0.17014	0.16538	0.16079	0.15881	0.13281	0.12595			72.873	74.970	77.110	93.355	98.440		
K_{β_1}	0.15098	0.14681	0.14278	0.14087	0.11827	0.11230			82.120	84.453	86.837	104.833	110.406		
K_{β_2}	0.15014	0.14597	0.14195	0.14000	0.11740	0.11139			82.580	84.939	87.344	105.609	111.307		
K_{β_3}	0.14917	0.14495	0.14111	0.13916	0.11667	0.11069			83.117	85.537	87.864	106.270	112.011		
K_{γ_1}	0.14595	0.14191	0.13797	0.13602	0.11404	0.10818			84.951	87.339	89.864	108.721	114.610		
K_{γ_2}	0.14553	0.14155	0.13759	0.13564	0.11366	0.10780			85.196	87.591	90.112	109.084	115.014		
K_{γ_3}	0.14495	0.14088	0.13694	0.13500	0.11307	0.10723			85.537	88.008	90.540	109.654	115.626		
L_{α_1}	1.38477	1.34990	1.31610	1.30000	1.11508	1.08712	1.0428	1.0226	8.954	9.185	9.421	11.119	11.619	11.890	12.125
L_{α_2}	1.21875	1.18648	1.15536	1.13926	0.96788	0.92256	0.90105	0.88028	10.173	10.450	10.731	12.810	13.439	13.760	14.085
L_{β_1}	1.20739	1.17501	1.14386	1.12776	0.95600	0.91064	0.88913	0.86830	10.269	10.552	10.839	12.969	13.615	13.945	14.279
L_{β_2}	1.04963	1.0210	0.99331	0.97721	0.82790	0.78838	0.769	0.75148	11.812	12.144	12.482	14.976	15.727	16.123	16.499
L_{γ_1}	1.01031	0.98221	0.95518	0.93908	0.79354	0.75468	0.73623	0.71851	12.272	12.623	12.980	15.624	16.429	16.841	17.256
L_{γ_2}	0.98058	0.9526	0.92556	0.90946	0.76468	0.72631	0.70814	0.69068	12.644	13.015	13.396	16.214	17.071	17.509	17.951
L_{γ_3}	0.9793	0.95073	0.9234	0.9073	0.7607	0.7223			12.661	13.041	13.427	16.299	17.165		
L_{γ_4}	1.12769	1.09241	1.05856	1.04246	0.85446	0.80509	0.7809	0.7591	10.995	11.350	11.713	14.510	15.400	15.877	16.333
L_{γ_5}	1.01513	0.98291	0.95198	0.93581	0.78521	0.74998	0.7258	0.7039	12.214	12.614	13.024	16.203	17.221	17.751	18.294
L_{γ_6}	0.86752	0.83973	0.81311	0.79694	0.65313	0.61477	0.5965	0.57888	14.292	14.765	15.248	18.983	20.168	20.785	21.418
L_{γ_7}	0.8442	0.81683	0.79043	0.77426	0.63258	0.59485	0.57699	0.55973	14.887	15.379	15.888	19.600	20.843	21.488	22.151
L_{γ_8}	0.8434	0.81538	0.7887	0.77261	0.6299	0.5919			14.701	15.206	15.720	19.683	20.947		
L_{γ_9}	1.03918	1.0075	0.97690	0.96073	0.79257	0.74799	0.72871	0.70620	11.931	12.306	12.692	15.643	16.576	17.061	17.557
$L_{\gamma_{10}}$	1.00082	0.96911	0.93855	0.92238	0.75479	0.71029	0.68920	0.66871	12.391	12.794	13.210	16.426	17.456	17.990	18.541
$L_{\gamma_{11}}$	0.84773	0.8210	0.79565	0.77948	0.64221	0.60524	0.5873	0.57068	14.628	15.102	15.583	19.306	20.485	21.111	21.726
$L_{\gamma_{12}}$	0.84130	0.8147	0.78917	0.77300	0.63559	0.59857	0.5810	0.56400	14.737	15.219	15.711	19.507	20.714	21.340	21.983
$L_{\gamma_{13}}$	0.8081	0.78196	0.7571	0.74099	0.6059	0.5695			15.342	15.856	16.376	20.463	21.771		
$L_{\gamma_{14}}$	5.472	5.299	5.13	5.000	4.151	3.924	2.266	2.266	2.266	2.340	2.417	2.987	3.160		
M_{α_1}	5.460	5.286	5.118	5.000	4.1381	3.910	2.271	2.271	2.271	2.346	2.423	2.996	3.171		
M_{α_2}	5.153	4.955	4.764	4.644	3.729	3.497	2.406	2.406	2.406	2.502	2.603	3.325	3.545		
M_{β_1}	5.249	5.076	4.909	4.791	3.941	3.716	2.362	2.362	2.362	2.443	2.526	3.146	3.337		
M_{β_2}	4.952	4.757	4.572	4.454	3.557	3.333	2.504	2.504	2.504	2.606	2.712	3.486	3.720		
M_{γ_1}	4.823	4.674	4.532	4.414	3.679	3.479	2.571	2.571	2.571	2.653	2.736	3.370	3.564		
M_{γ_2}	4.198	4.047	3.904	3.786	3.068	2.884	2.953	2.953	2.953	3.064	3.176	4.041	4.299		