

稀有元素特性 手冊

М. А. 費良德 著
Е. И. 謝明諾娃

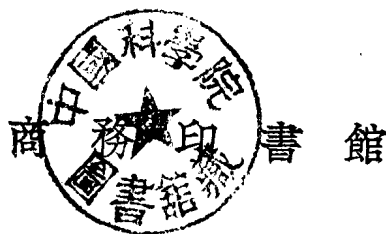
商 務 印 書 館

54.4407/2
468

稀有元素特性 手冊

M. A. 費良德 著
E. H. 謝明謹 註
楊 熙 珍 譯

200490/25



本手冊係根據蘇聯國立黑色與有色金屬科技書籍出版社 (Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии) 出版的費良德 (М. А. Филинд) 和謝明諾娃 (Е. И. Семенова) 合著的“稀有元素特性手冊”(Свойства редких элементов, справочник) 1953 年版譯出的。

本手冊可供冶金企業的工程師、科學工作者及冶金專業的學生參考。

本手冊由山東工學院化學教研組楊熙珍同志譯出。

稀有元素特性手冊

М. А. 費良德, Е. И. 謝明諾娃著

楊熙珍譯

★版權所有★

商務印書館出版

上海河南中路二一一號

(上海市書刊出版業營業許可證出字第〇二五號)

新華書店總經售

商務印書館上海廠印刷

(13017·88)

1955 年 12 月初版

開本 787×1092 1/32

1957 年 1 月上海第 3 次印刷

字數 311,000

印張 11 12/16 插頁 5

印數 2,001—5,000

定價(10) 洋 1.86

目 錄

序	5
理化特性與機械特性的量及常數	7
稀有元素的特性	10
稀有元素的一般性資料	11
稀有元素在 Д. И. 門捷列夫的元素週期系中的位置 [258] ..	12
地殼內稀有元素的含量 [230]	13
稀有元素的同位素 [3; 123]	14
稀有元素的晶體結構	20
疏散元素	24
鎵 (Ga)	27
銻 (Ge)	37
硒 (Se)	48
銦 (In)	58
碲 (Te)	69
鉿 (Hf)	77
銠 (Re)	86
鉍 (Tl)	93
輕元素	103
鋰 (Li)	109
鈹 (Be)	117
鈷 (Rh)	120
鉯 (Cs)	125
難熔及製合金元素	141
硼 (B)	144
鈦 (Ti)	149

— 3 —
1467053

钒 (V)	190
锆 (Zr)	200
铌 (Nb)	221
钼 (Mo)	229
钽 (Ta)	241
钨 (W)	258
放射性元素	273
镭 (Ra)	274
钍 (Th)	276
铀 (U)	282
稀土元素	307
镧 (La)	309
铈 (Ce)	313
镨 (Pr)	317
钕 (Nd)	320
钷 (Pm)	322
钐 (Sm)	322
铕 (Eu)	324
钆 (Gd)	324
铽 (Tb)	325
镝 (Dy)	326
钬 (Ho)	327
铒 (Er)	328
铥 (Tm)	328
镱 (Yb)	329
镱 (Lu)	330
铪 (Hf)	331
钇 (Y)	331
附 錄	333
文 獻	362

序

本書簡明地表列了稀有元素的參考數據、常數、物理特性、機械特性和工藝性能。

研究單位及生產單位的實驗室工作者很早就提出需要這樣一本常用的參考手冊。實際上，實驗工作和生產工作不盡是有可能和必要去使用那些豐富的及較大的參考手冊。例如，卷數多的“物理-工程量手冊”，朗道脫-白爾許泰 (Ландольт-Бернштейн) 表格，或“國際數據表”，在這些參考手冊中對於每一個常數常常給出了一列的數字，以供讀者從中選擇。

在這本參考手冊中，介紹了一些稀有金屬的最重要性質方面的數字，並註明了這些數字的來源。

利用這本手冊，讀者可以不費力地並且很快地得到他所想知道的任一種元素的知識。

編纂本書時利用了許多參考書、各別元素的專門論文、以及本國和外國期刊中登載過的論文。

本書並沒有把稀有元素的一切物理的、機械的、工藝的特性加以闡明。它們只佔本書的一部分，並且亦沒有給出特性方面完整的一系列數據。

因此，在某些情形中，還必須參考關於各別元素方面的其他較詳細的書籍和論文。

第一本關於稀有元素特性的蘇聯書是 A. H. 克雷斯托夫涅可夫和 A. C. 柴霍夫合著的“稀有金屬的熱力性能及理化特性”，1939 年和 1943 年出版，並曾在科學工作者和大學生中間享有盛名。

本書與它不同之處，在於本書主要是給出稀有金屬在結構、物理及機械特性方面系統化了的數據，附帶敘述一些它們的加工方法、化學安定性以及應用範圍。

書中所用名詞“工藝性質”並不是指與製造稀有元素有關的條件和因素，而是指與它們能承受加工的能力有關的技術條件，也就是鑄造性能，經受壓力加工、熱處理、切削加工以及焊接的能力。

書中材料是按照所謂稀有元素的“技術的”分類法排列的（疏散元素、輕元素、難熔元素、放射性元素、稀土元素），決不是因為作者自己認為這種分類法是很正確的。在稀有元素的參考書中亦可以更正確地按照 Д. И. 門捷列夫的週期系的組別來排列，或者按照它們的名稱的第一個字母來排列。但是，這裏作者所採用的稀有元素的分類方法是通用的，廣大讀者所熟悉的，而且是便利的，因為該組元素的名稱本身就簡明地指出了該組元素所具有的最重要的特徵。

作者企圖通過這一平凡的工作，來滿足讀者們對於稀有元素性能方面的簡明手冊的需求，同時作者對一切寶貴的批評和意見都將十分感謝。

書中關於鉛、銻、銻、鉍、鉍、鉍、鉍、鉍、鉍、鉍、鉍及稀土元素的特性的各部分由 М. А. 費良德寫成。

書中關於鎢、鎢、鎢、鎢及鉍的特性的各部分由 Е. И. 謝明諾娃寫成。

書中關於鈦及鎢的特性的各部分由 Е. И. 謝明諾娃和 М. А. 費良德兩人共同寫成。書中關於鉍及鉍的特性的各部分由 М. А. 費良德及 Л. В. 梅里尼可夫共同寫成。

作者對在本書編纂過程中提供了有價值的意見和指導的各位科學技術工作者表示深刻的感謝。他們是：博士教授 С. А. 伯果靜、博士教授 Н. Н. 慕拉奇、博士教授 Н. П. 沙興、博士教授 Г. А. 梅葉松、Г. Ф. 高莫夫斯基教授、И. С. 司傑潘諾夫及本書編輯技術碩士 Г. В. 薩姆沙諾夫。

作者誌

理化特性與機械特性的量及常數

在本手冊中列舉的物理特性與理化特性的量及常數

量、常數	量 度 單 位	
	中 文	俄 文
原 子 量	—	—
原 子 體 積	厘米 ³ /克·原子	см ³ /г-атом
密 度	克/厘米 ³	г/см ³
蒸 氣 壓	毫米水銀柱	мм. рт. ст.
溫 度	攝氏溫度	°C
比 熱	卡/克·度	кал/г·град
線 脹 係 數	—	—
體 脹 係 數	—	—
導 熱 係 數	卡厘/米·秒·度	кал/см·сек·град
熔 化 潛 熱	卡/克	кал/г
汽 化 潛 熱	卡/克	кал/г
電 阻 係 數	歐姆·厘米	ом·см
導 電 係 數	歐姆 ⁻¹ ·厘米 ⁻¹	ом ⁻¹ ·см ⁻¹
電阻溫度係數	—	—
磁 化 率	—	—
標準電極電位	伏特	в
表 面 張 力	達因/厘米	дин/см
抗 蝕 性	毫米/年	мм/год

在本手冊中列舉的機械特性的量及常數

量	定 義	單 位
彈性係數 E	在開始伸長的(有彈性的)一段極限內,壓力與相對應的伸長率之比……	千克/毫米 ²
拉力強度極限 σ_b (瞬時抗張強度)	試樣裂斷前最大載荷的壓力……	千克/毫米 ²
拉力屈伏極限 σ_s (物理的)	金屬試樣在載荷保留原狀時仍能繼續伸長(流動)之最低壓力……	千克/毫米 ²
屈伏極限 $\sigma_{0.2}$ (條件的)	被拉製的試樣增加的長度為其本身開始時長度的0.2%時的壓力……	千克/毫米 ²
拉力比例極限 $\sigma_{0.4}$	試樣能按載荷比例變形時的最大壓力,亦即虎克定律能適用的壓力……	千克/毫米 ²
伸長率 δ	試樣增加的長度與最初長度之比……	%
斷面縮率 ψ	試樣裂斷處橫斷面(頸)的減小與原來橫斷面之比,以百分數表示……	%
拉伸及壓縮的疲勞極限 σ	金屬能經受的任意地多次反覆的、而仍未發生裂痕的最大壓力……	千克/毫米 ²
衝擊韌性 a_k	在較弱的斷面上使試樣破裂或變形所需由衝擊載荷產生的功……	千克·米/厘米 ²
壓縮係數	壓力每增加一大氣壓試樣所減少的體積與原有體積之比……	厘米 ³ /千克
硬度 H_D	硬度 H_B 乃將淬火鋼珠壓入試驗金屬求得之硬度——所施壓力與印痕表面之比……	千克/毫米 ²
硬度 H_A	加壓力 60 千克將金剛石錐形鑽尖壓入試驗金屬表面求得之硬度……	—
硬度 H_B	加壓力 100 千克將鋼珠(直徑 1.6 毫米)壓入試驗金屬表面求得之硬度……	—
硬度 H_C	加壓力 150 千克將金剛鑽壓入試驗金屬表面求得之硬度……	—
硬度 H_G	加壓力 150 千克將鋼珠(直徑 1.6 毫米)壓入試驗金屬表面求得之硬度……	—
鑽石刻劃硬度	用 10 種鑽石刻劃印痕的方法鑑定的硬度……	—

接上表

量	定 義	單 位
按彈性反衝法測得之硬度 H_s	用金屬圓柱錐體從試驗表面回彈的方法求得之硬度……………	—
硬度 H_V	加壓力 1—120 千克將具有頂角 136° 之金剛石四面角錐壓入而求得之硬度…	千克/毫米 ²
顯微硬度	加壓力 0.5—200 克將具有頂角 136° 之金剛石角錐壓入微體積金屬求得之硬度……………	千克/毫米 ²
蠕變極限	當蠕變速度或總的蠕動變形在一定時間內不超過容許值 (1 小時內 0.0001 % 或 1 年內 0.9 %) 而能長久作用之最大壓力 (溫度一定)……………	—

在本手冊中列舉的物理量的量度單位

量	單 位
長 度……………	Å, 毫米
面 積……………	毫米 ² , 厘米 ² , 米 ²
體 積……………	厘米 ³ , 米 ³
重 量……………	克, 千克
壓 力……………	毫米水柱; 毫米水銀柱; 千克/米 ² ; 千克/厘米 ² ; 百皮茲
熱 量……………	千卡, 卡
絕對溫度 (T_{abs}) ……	°K

附註: 在以後的表中表示常數的數值常採用 $A \cdot 10^{-n}$ 的形式: 鯨的鯨膜係數 $\times 10^8 = 18$, 即該係數數值等於 18×10^{-6} 。

稀有元素的特性

稀有元素^①在現代技術中起着重要的作用，各種科學及技術領域的進步與發展不可能缺少一系列稀有元素的應用。

特種鋼的冶煉、航空業、無線電工學以及其他許多工業的發展都有賴於稀有元素的應用。

已掌握了生產方法並用到工業上的稀有元素的數目在逐年增加着。

但需要說明，直到現在對稀有元素特性的研究還是不夠的。如對稀土組元素的許多特性幾乎沒有什麼研究，這是由 17 個元素組成的較大的組，而在其他大多數元素中還是“空白點”。

同樣對某些稀元素如鉛、銻、銨、釩等的性質研究得也不夠。其中，甚至按照已有的不完全的數據已可看出稀有元素的物理特性和機械特性是蘊藏着很大的資力的，不過在近代技術中尚未完全利用。

在稀有金屬的特性弄清楚以前，稀有金屬在技術上的採用很有限，但由於它們的特性的確定、原料來源的探求、和個別的稀有金屬工藝的發展，它們已開始在技術中佔有牢固的地位。按其生產和應用的範圍與某些“非稀有的”金屬沒有什麼區別。

鎢與鉬的應用的發展可做為說明此點的例子，它們現在被廣泛地用於各種技術領域及生產中，並已分成獨立的冶金工業部門。

像鈦、鋯這些稀有元素的應用發展得非常迅速，至少是個典型例子。根據文獻記載，這些金屬在短時期內便用來製造由不易獲得的金屬做成的金屬鋼，而這種鋼在許多現代技術部門都有着重要的工業上的應用。

在稀有元素的應用和生產的發展方面類似的例子還可以舉出許多；所

① “稀有元素”一名詞所指的是下面敘述的疏散元素組、輕元素組、難熔元素組、放射性元素組及稀土元素組，其性質於後面說明。

有的情況都說明對稀有元素的原料來源的探求、製造方法的擬定及研究它們的性質和應用範圍等各方面的掌握，在很大的程度內決定於科學研究工作的規模與廣泛性。在這方面，蘇聯科學佔據着重要的地位。以 Д. И. 門捷列夫爲首的俄羅斯科學家們在稀有元素化學的發展 [260] 中給出了很有價值的貢獻。蘇聯科學家們的許多研究工作，如院士 В. И. 衛爾納德斯基，А. Е. 費爾斯曼，А. П. 維諾格拉多夫等人的研究，豐富了世界科學和技術，創造了繼續發展稀有元素科學的條件。無疑地，把有關稀有元素的結構、物理特性、機械特性和應用範圍等方面的文獻數據系統化及綜合化，將促進它們在蘇聯技術中繼續普及和運用。

下面引入關於稀有元素及其在 Д. И. 門捷列夫週期系中所佔位置的一般性資料。

稀有元素的一般性資料

元 素	化 學 符 號	原 子 序 數	原 子 量 按 1952 年數據	發現或分離出 該元素的年代
鉍	Be	4	9.013	1828*
硼	B	5	10.82	1808*
鈮	V	23	50.95	1831*
鎢	W	74	183.92	1783
釷	Gd	64	156.9	1830
鎳	Ga	31	69.72	1875*
鈦	Hf	72	178.6	1923
鈷	Ge	32	72.60	1886
鈦	Ho	67	164.94	1886*
鎳	Dy	66	162.46	1907*
鎳	Eu	63	152.0	1901
銦	In	49	114.76	1863
鐿	Yb	70	173.04	1878*
釷	Y	39	88.92	1828*
鐳	La	57	138.92	1839
鋰	Li	3	6.940	1817

接上表

元 素	化 學 符 號	原 子 序 數	原 子 量 按 1952 年數據	發現或分離出 該元素的年代
鐳	Lu	71	174.99	1907
鉬	Mo	42	95.95	1781*
釹	Nd	60	144.27	1885*
銩	Nb	41	92.91	1801
鐳	Pr	59	140.92	1885*
鉕	Pm	61	(145)	1945
鐳	Ra	88	226.05	1898
銻	Re	75	186.31	1925
銻	Rb	37	85.48	1861
釷	Sm	62	150.43	1879
硒	Se	34	78.96	1817
銦	Sc	21	44.96	1879
銻	Tl	81	204.39	1861
鉭	Ta	73	180.88	1802
碲	Te	52	127.61	1782
銩	Tb	65	159.2	1843*
鈦	Ti	22	47.90	1791
釷	Th	90	232.12	1829
銻	Tu	69	169.4	1879
鈾	U	92	238.07	1841*
銻	Cs	55	132.91	1860
鐳	Ce	58	140.13	1825*
銻	Zr	40	91.22	1789
銦	Er	68	167.2	1843*
* 分離出的年代				

稀有元素在 Д. И. 門捷列夫的元素

週期系中的位置[258]

關於稀有元素的概念與以偉大的俄羅斯學者 Д. И. 門捷列夫命名的和

由他發現的元素週期系有着密切的連繫。

稀有元素在週期系中的位置介紹於下。

原子量按照 1952 年公佈的數據校正[236]。

本書中每部分開始時都給出每種稀有元素的原子體積和公認的同位素數目。

關於稀有元素的同位素的系統資料,後面有單獨的表格記載着。

地殼內稀有元素的含量[230]

(按 A. Л. 維諾格拉多夫的數據)

元 素	元素之序數	地 殼 內 元 素 的 含 量 (按 1949 年數據)	
		重量百分數	原子百分數
鉍	4	6×10^{-4}	1.2×10^{-3}
碲	5	3×10^{-4}	6×10^{-4}
釷	23	1.5×10^{-2}	8×10^{-3}
錳	74	1×10^{-4}	1×10^{-5}
釷	64	1×10^{-3}	1×10^{-4}
錒	31	1.5×10^{-3}	4×10^{-4}
鈾	72	3.2×10^{-4}	5×10^{-5}
鐳	32	7×10^{-4}	2×10^{-4}
鈾	67	1.3×10^{-4}	1.5×10^{-5}
鐳	66	4.5×10^{-4}	5×10^{-5}
鐳	63	1.2×10^{-4}	1.8×10^{-5}
鐳	49	1×10^{-5}	1.5×10^{-6}
鐳	70	3×10^{-4}	3×10^{-5}
釷	39	2.8×10^{-3}	6×10^{-4}
釷	57	1.6×10^{-3}	2.5×10^{-4}
釷	3	6.5×10^{-3}	1.9×10^{-2}
鐳	71	1×10^{-4}	1×10^{-5}
鉍	42	3×10^{-4}	6×10^{-5}
釷	60	2.5×10^{-3}	3.5×10^{-4}
鉍	41	1×10^{-3}	2×10^{-4}

接上表

元 素	元素之序數	地殼內元素的含量 (按1949年數據)	
		重量百分數	原子百分數
鎢	59	7×10^{-4}	9×10^{-5}
鉬	61	—	—
鐳	88	1×10^{-10}	9×10^{-12}
銻	75	1×10^{-7}	8.5×10^{-9}
銻	37	3×10^{-2}	7×10^{-3}
銻	62	7×10^{-4}	9×10^{-5}
銻	34	6×10^{-5}	1.5×10^{-5}
銻	21	6×10^{-4}	3×10^{-4}
銻	81	3×10^{-4}	3×10^{-5}
銻	73	2×10^{-4}	1.8×10^{-5}
銻	52	1×10^{-6}	4.3×10^{-7}
銻	65	1.5×10^{-4}	1×10^{-5}
銻	22	6×10^{-1}	2.5×10^{-1}
銻	90	8×10^{-4}	7×10^{-5}
銻	69	8×10^{-5}	8×10^{-6}
銻	92	3×10^{-1}	2×10^{-5}
銻	55	7×10^{-4}	9×10^{-5}
銻	58	4.5×10^{-3}	6×10^{-1}
銻	40	2×10^{-2}	4×10^{-3}
銻	68	4×10^{-1}	5×10^{-5}

1. A. II. 維諾格拉多夫的數據僅研究地球岩石層內的元素含量。

稀有元素的同位素[3;123]

元 素	符 號	原子序數	同 位 素 的 公 認 數 值	同位素的含量% (通用)
鈹	Be	4	9	100
硼	B	5	10	18.83 ± 0.02

接上表

元 素	符 號	原子序數	同 位 素 的 公 認 數 值	同位素的含量% (通用)
鈾	V	23	11	81.17±0.02
			50	0.23
			51	99.77
鐳	W	74	180	0.126±0.006
			182	26.31±0.03
			183	14.28±0.01
			184	30.64±0.03
			186	28.6±0.01
釷	Gd	64	152	0.20
			154	2.15
			155	14.79
			156	20.59
			157	15.71
			158	24.78
			160	21.79
			69	60.16
鐳	Ga	31	71	39.84
			174	0.18
鉛	Hf	72	176	5.30
			177	18.47
			178	27.10
			179	13.84
			180	35.11
鎢	Ge	82	70	20.65±0.04
			72	27.43±0.02
			73	7.86±0.04
			74	36.34±0.05
			76	7.72±0.01

接上表

元 素	符 號	原子序數	同 位 素 的 公 認 數 值	同位素的含量% (通用)
鈿 鎔	Ho	67	165	100
	Dy	66	156	0.0524±0.0005
			158	0.0902±0.009
			160	2.294±0.011
			161	13.88±0.09
			162	25.53±0.13
			163	24.97±0.12
			164	28.18±0.14
			164	28.18±0.14
銻	Eu	63	151	47.77
銲	In	49	153	52.23
			113	4.23±0.03
鐳	Yb	70	115	95.77±0.03
			168	0.140±0.002
			170	3.034±0.030
			171	14.34±0.14
			172	21.88±0.22
			173	16.18±0.16
			174	31.77±0.32
釷	Y	39	176	12.65±0.13
			89	100
			138	0.089
釷	La	57	139	99.911
			139	99.911
鋰	Li	3	6	7.30
鐳	Lu	71	7	92.70
			175	97.45
鉬	Mo	42	176	2.55
			92	15.84
鉬	Mo	42	94	9.04
			94	9.04