

有色金屬及
合金的組織和性質

В. Д. 杜爾金 著
М. В. 魯岷切夫

高等教育出版社

有色金屬及合金的組織和性質

B. Д. 杜爾金, M. B. 魯岷切夫著
吳雲書 唐棣生 謝希文譯

高等教育出版社

本書根據蘇聯國立黑色及有色冶金科技書籍出版社(Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии)出版的杜爾金(В. Д. Туркин)和魯岷切夫(М. В. Румянцев)合著的“有色金屬及合金的組織和性質(Структура и свойства цветных металлов и сплавов)”1947年版譯出。原書並經院士保赤瓦爾(А. А. Бочвар)和博士彼得羅夫(Д. А. Петров)教授校閱。

本書係討論金屬學上的一般問題:金屬和合金的原子結構、二元和三元系狀態圖、合金的物理——化物性質和工藝性質、塑性變形和熱處理時合金在性質上和組織上的變化,並對各類工業合金的組織和性質加以分析。

本書適於作為工業企業中、設計機關和科學研究機關中工程技術工作人員的實用手冊,並作為高等工業學校學生在學習金屬學課程時的參考書。

本書第一章至第五章及第八章由吳雲書翻譯,第六第七兩章由唐棣生翻譯,第九章至第十四章由謝希文翻譯,並經北京鋼鐵學院徐祖耀教授校閱。

有色金屬及合金的組織和性質

В. Д. 杜爾金, М. В. 魯岷切夫著

吳雲書 唐棣生 謝希文譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

上海勞動印製廠印刷 新華書店總經售

統一書號 15010·454 開本 850×1168 1/32 印張 14 插頁 1 字數 342,000

一九五六年二月上海第一版

一九五七年三月上海第二次印刷

印數 3,001—6,500

定價(10) 洋 2.10

目 錄

序言	7
第一章 金屬的原子結構	9
第二章 二元系和三元系狀態圖	22
1. 吉布氏相律	23
2. 二元系狀態圖	26
3. 三元系狀態圖	42
第三章 合金的原子結構	61
A. 固溶體的結構	61
1. 替代固溶體	62
2. 間隙固溶體	78
3. 缺位固溶體	86
B. 化合物的結構	87
1. 具有正常原子價的化合物	88
2. 電子化合物(猶姆-勞塞里相)	100
第四章 金屬和合金的物理及工藝性質	105
1. 純金屬的一般性質	105
2. 單相固溶體合金的基本性質	111
3. 由兩相混合體所組成的合金的基本性質	115
4. 含有化合物成分的合金的性質	122
第五章 各種狀態下金屬和合金的性質及組織	125
A. 單晶體的形成及其性質	125
B. 多晶體的形成及其性質	129
1. 從液體結晶時,多晶體金屬的形成	129
2. 多晶體金屬變形時斷裂的特性	133
3. 多晶體金屬冷變形時在性質上所產生的變化	135
4. 經變形的多晶體受熱時性質的變化	141
B. 溫度對金屬性質的影響	148
F. 熱處理時金屬和合金性質的變化	149
第六章 銅及其合金	155

A. 銅	155
B. 銅合金	167
1. 黃銅	167
2. 青銅	205
第七章 鎳及其合金	232
A. 鎳	232
B. 電工合金	238
B. 結構鎳合金	251
第八章 鋁及其合金	254
A. 鋁	254
B. 鋁合金	260
1. 可壓力加工的合金	261
2. 鑄造鋁合金	301
第九章 鎂及其合金	350
A. 鎂	350
B. 鎂合金	353
1. 可壓力加工的合金	356
2. 鑄造合金	362
3. 鎂合金的腐蝕	367
第十章 鋅及其合金	371
A. 鋅	371
B. 鋅合金	376
第十一章 耐磨合金	389
A. 錫	389
B. 鉛	390
B. 以錫及鉛為基的耐磨合金	392
Γ. 以銅、鎳、銀、鋅、鋁和鎂為基體的耐磨合金	405
第十二章 印刷合金	415
1. 鉛、銻、錫合金	415
2. 鉛、銻、錫三元合金中的夾雜物	422
3. 各種生產用途印刷合金的配方	423
4. 含有其他組元的合金	426
第十三章 硬質合金	431
A. 鈾	431
B. 鉬	432

B. 鉬	434
Γ. 鈦	435
Ⅱ. 硬質合金	435
第十四章 貴金屬	440
1. 貴重金屬及其合金的應用	443
2. 鉑族金屬	444

有色金屬及合金的組織和性質

B. Д. 杜爾金, M. B. 魯岷切夫著
吳雲書 唐棣生 謝希文譯

高等教育出版社

本書根據蘇聯國立黑色及有色冶金科技書籍出版社(Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии)出版的杜爾金(В. Д. Туркин)和魯岷切夫(М. В. Румянцев)合著的“有色金屬及合金的組織和性質(Структура и свойства цветных металлов и сплавов)”1947年版譯出。原書並經院士保赤瓦爾(А. А. Бочвар)和博士彼得羅夫(Д. А. Петров)教授校閱。

本書係討論金屬學上的一般問題:金屬和合金的原子結構、二元和三元系狀態圖、合金的物理——化物性質和工藝性質、塑性變形和熱處理時合金在性質上和組織上的變化,並對各類工業合金的組織和性質加以分析。

本書適於作為工業企業中、設計機關和科學研究機關中工程技術工作人員的實用手冊,並作為高等工業學校學生在學習金屬學課程時的參考書。

本書第一章至第五章及第八章由吳雲書翻譯,第六第七兩章由唐棣生翻譯,第九章至第十四章由謝希文翻譯,並經北京鋼鐵學院徐祖權教授校閱。

有色金屬及合金的組織和性質

В. Д. 杜爾金, М. В. 魯岷切夫著

吳雲書 唐棣生 謝希文譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

上海勞動印製廠印刷 新華書店總經售

統一書號 15010·454 開本 850×1188 1/32 印張 14 插頁 1 字數 342,000

一九五六年二月上海第一版

一九五七年三月上海第二次印刷

印數 3,001—6,500

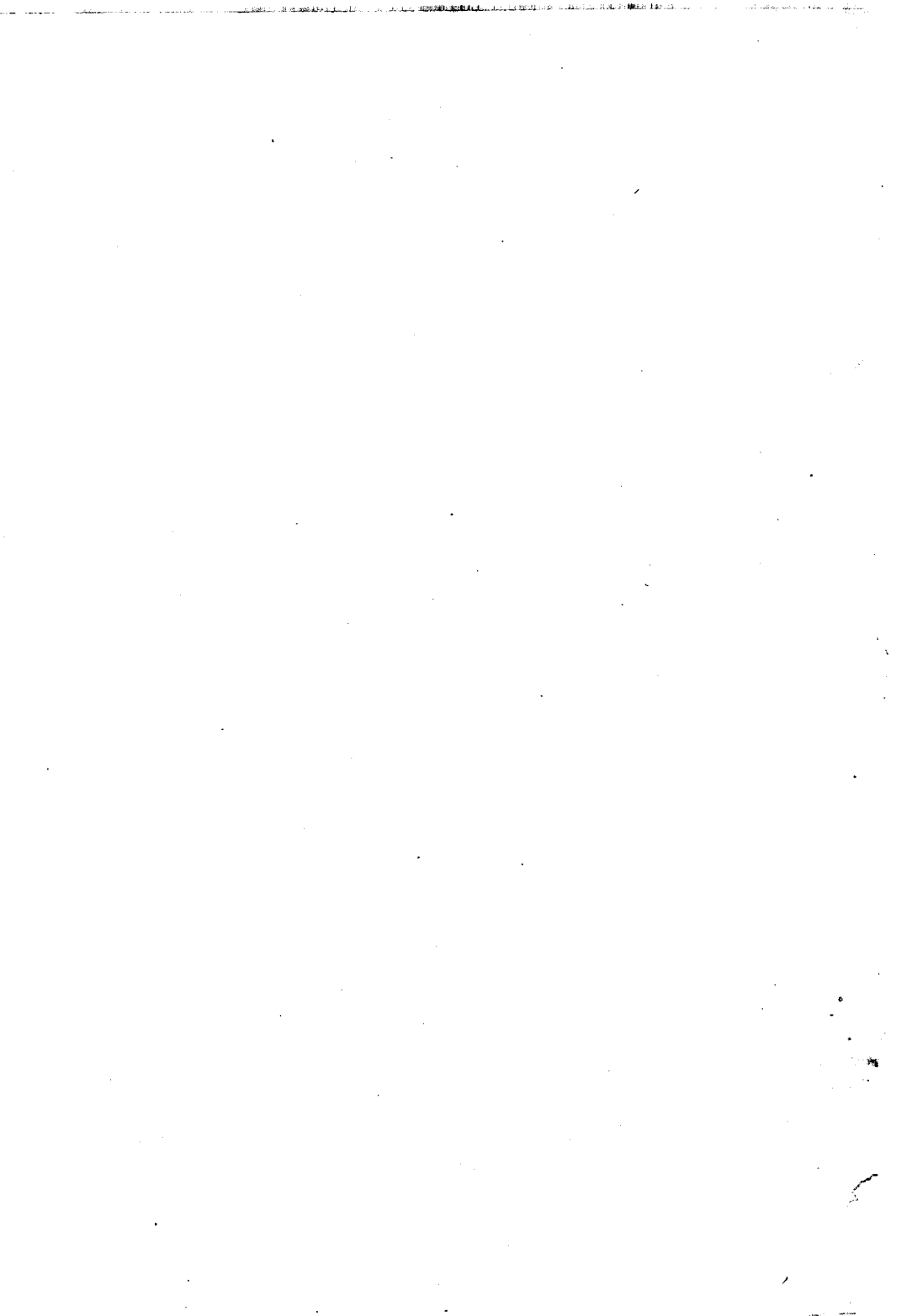
定價(10) 2.10

目 錄

序言	7
第一章 金屬的原子結構	9
第二章 二元系和三元系狀態圖	22
1. 吉布氏相律	23
2. 二元系狀態圖	26
3. 三元系狀態圖	42
第三章 合金的原子結構	61
A. 固溶體的結構	61
1. 替代固溶體	62
2. 間隙固溶體	78
3. 缺位固溶體	86
B. 化合物的結構	87
1. 具有正常原子價的化合物	88
2. 電子化合物(猶姆-勞塞里相)	100
第四章 金屬和合金的物理及工藝性質	105
1. 純金屬的一般性質	105
2. 單相固溶體合金的基本性質	111
3. 由兩相混合體所組成的合金的基本性質	115
4. 含有化合物成分的合金的性質	122
第五章 各種狀態下金屬和合金的性質及組織	125
A. 單晶體的形成及其性質	125
B. 多晶體的形成及其性質	129
1. 從液體結晶時,多晶體金屬的形成	129
2. 多晶體金屬變形時斷裂的特性	133
3. 多晶體金屬冷變形時在性質上所產生的變化	135
4. 經變形的多晶體受熱時性質的變化	141
B. 溫度對金屬性質的影響	148
Γ. 熱處理時金屬和合金性質的變化	149
第六章 銅及其合金	155

A. 銅	155
B. 銅合金	167
1. 黃銅	167
2. 青銅	205
第七章 鎳及其合金	232
A. 鎳	232
B. 電工合金	238
B. 結構鎳合金	251
第八章 鋁及其合金	254
A. 鋁	254
B. 鋁合金	260
1. 可壓力加工的合金	261
2. 鑄造鋁合金	301
第九章 鎂及其合金	350
A. 鎂	350
B. 鎂合金	353
1. 可壓力加工的合金	356
2. 鑄造合金	362
3. 鎂合金的腐蝕	367
第十章 鋅及其合金	371
A. 鋅	371
B. 鋅合金	376
第十一章 耐磨合金	389
A. 錫	389
B. 鉛	390
B. 以錫及鉛為基的耐磨合金	392
F. 以銅、鎳、銀、鋅、鉛和鎂為基體的耐磨合金	405
第十二章 印刷合金	415
1. 鉛、錫、錫合金	415
2. 鉛、錫、錫三元合金中的夾雜物	422
3. 各種生產用途印刷合金的配方	423
4. 含有其他組元的合金	426
第十三章 硬質合金	431
A. 鈾	431
B. 鉬	432

B. 鉬	434
F. 鈦	435
Ⅲ. 硬質合金	435
第十四章 貴金屬	440
1. 貴重金屬及其合金的應用	443
2. 鉑族金屬	444



序 言

有色金屬和合金方面工作的專家在其實際工作中必然要用到高等工業學校的金屬學教本，也要閱讀發表在蘇聯和國外各種雜誌、科學研究所論文集、技術通報以及諸如此類的刊物上有關金屬學的專門文獻。

但是我們還極端地缺乏能結合金屬的一般理論問題和擺在有色冶金工程師面前的實際任務的一般書籍。

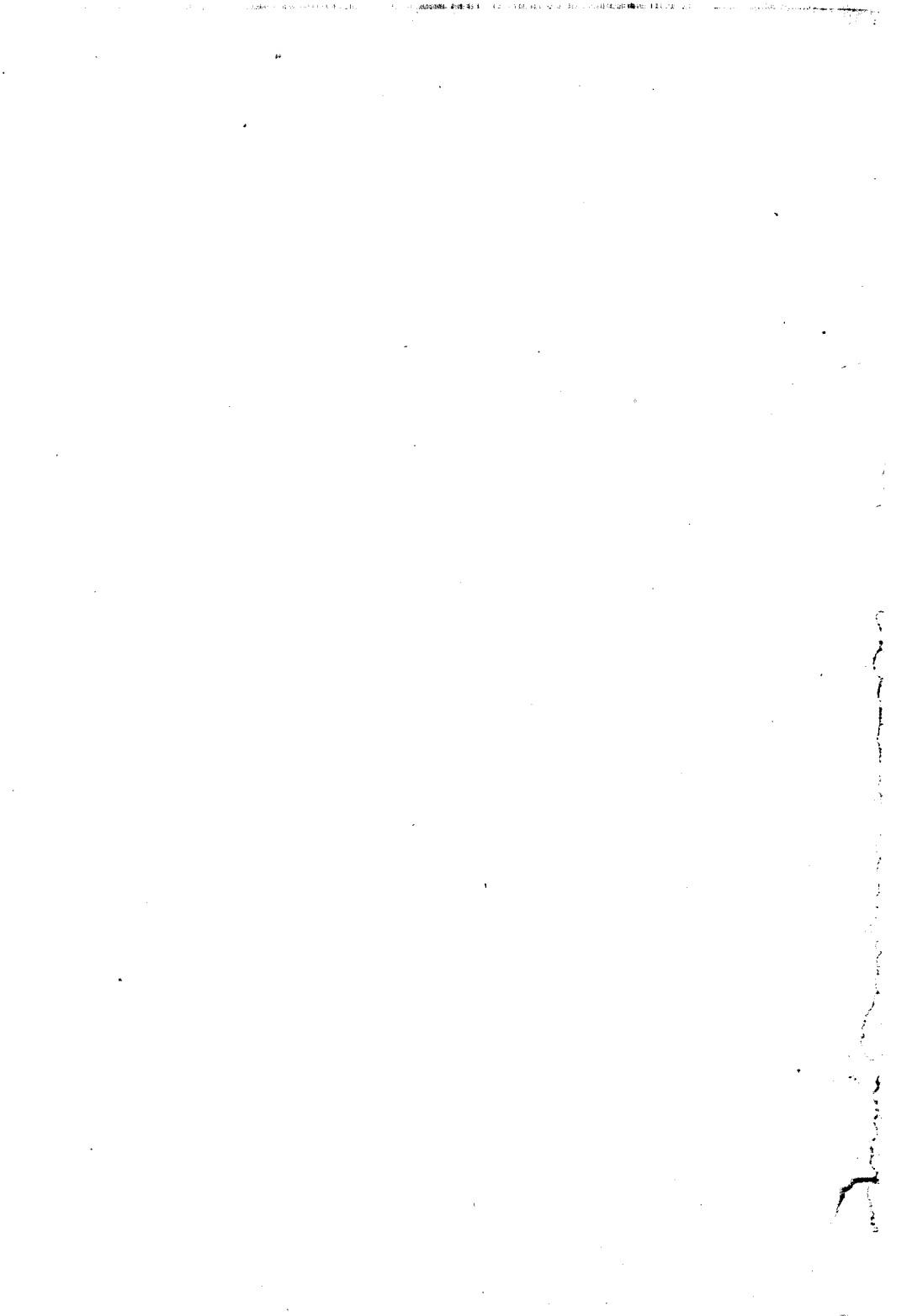
作者認為本書的目的是爲了幫助剛參加生產工作不久的工程師把自己的理論知識和實際工作結合起來，且使他們易於閱讀有關金屬學方面的專門書刊。本書可以幫助具有實際經驗的工程師重溫自己的理論知識。本書也可以用作高等工業學校冶金系和機械製造系的學生學習金屬學課程時的參考書。

本書前五章敘述金屬學的一般問題：金屬和合金的原子結構，二元系和三元系狀態圖，合金的物理-化學、機械性質和工藝性質，在塑性變形和熱處理影響下組織和性質的變化；其餘九章係討論各類工業合金的組織和性質。

當討論合金的性質時，作者曾力圖最完滿地闡述工業上最常應用的合金的基本性能。如果把所有合金的性能都加以詳細地敘述，則本書的份量將會增加幾倍之多。作者不擬完成這樣的任務。作者並不強求把合金的組織和性質的全部基本問題都來詳盡無遺地加以闡述，所以如果對本書內可能有的缺點提出批評或指示時，作者將無任感謝。

第六章（青銅部分）、第十二章和第十四章係 M. B. 魯岷切夫工程師執筆，其餘各章均由技術科學候補博士 B. Д. 杜爾金副教授所寫。

作 者



第一章 金屬的原子結構

從物理學中可知，自然界中有兩類固體：非晶體和晶體。

原子在非晶體內毫無秩序地排列着，像玻璃、松香、洋乾漆、地板蠟等都屬於非晶體。

原子在晶體內按嚴格的規律次序排列着。

所有的金屬及其合金都是結晶體。它們的原子或離子均按一定的次序排列在所謂空間結晶點陣的結點上。

相等而彼此平行的各平行體上無限多的頂點的集合稱為空間點陣。這種結晶點陣是由三個不同方向的三個系列的平行平面在空間交叉而形成。在每一組平行平面中，相鄰兩平面間的距離彼此相等，其距離係根據點陣類型的不同而各異。這個距離即稱為點陣常數。不同方向的平面相交而成的角度就是某類點陣所特有的量。晶體的此種空間點陣的概念見圖 1 所示。

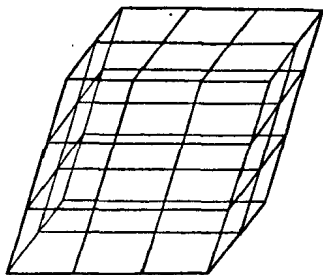


圖 1. 空間點陣模型。

結晶固體內原子的排列，也就是物體的原子結構，早已成為很多學者的研究對象^①。

1895 年 B. K. 鐸琴發現了現在以他的名字命名的鐸琴射線（X 射線）。X 射線與普通可見光線在其本質上的區別，僅僅在於它比可見光線具有小得多（大約是 10,000 分之一）的波長。

1912 年 M. 列涅愛（Ляуэ）在以前很多研究工作的基礎上假定 X

① 參考 B. Д. 庫茲涅佐夫（Кузнецов），剛體物理學，卷一，1937 年版。

射線的波長約與點陣內原子之間的距離相等。他當時試圖運用X射線研究晶體，而把晶體作為衍射光柵。他的助手福利得利赫（Фридрих）和克尼賓（Книппинг）在開始幾次實驗就完全證實了這些假設。由X射線通過晶體所得到的列涅愛X光照相，清晰地顯示了X射線從晶體原子間反射以後干擾的圖片。這終究證實了原子在晶體點陣內的有規則的排列。從列涅愛的發現時起，大家對結晶物質的結構展開了熱烈的研究。

B. Г. 布雷格和 B. Л. 布雷格 (Брерр) 對空間點陣的研究方法曾作了最詳盡的工作。由於應用X射線目前已經準確地研究了幾乎所有的金屬以及大量化合物的結構^①。

序 號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H 1	元素結晶結構																
2	3 Li 1	□ 面心立方 □ 體心立方 ⊗ 金剛石型立方 □ 正方 ◇ 菱形 ⬡ 六方																
3	11 Na 1																	
4	19 K 1	20 Ca 2	21 Sc 2(3)	22 Ti 2(4)	23 V 1(5)	24 Cr 1(6)	25 Mn 2(7)	26 Fe 2(10)	27 Co 2(10)	28 Ni 2(10)	29 Cu 1	30 Zn 4(13)	31 Ga 3	32 Ge 8	33 As 4(12)	34 Se 6	35 Br 2	36 Kr 8
5	37 Rb 1	38 Sr 2	39 Y 2(3)	40 Zr 2(4)	41 Nb 1(5)	42 Mo 1(6)	43 Tc 1(7)	44 Ru 1(10)	45 Rh 1(10)	46 Pd 1(11)	47 Ag 1	48 Hg 6(12)	49 Tl 3	50 Sn 4	51 Sb 3(6)	52 Te 6	53 I 2	54 Xe 8
6	55 Cs 1	56 Ba 2	57-71 2(4)	72 Hf 2(5)	73 Ta 2(5)	74 W 2(6)	75 Re 2(7)	76 Os 2(10)	77 Ir 2(10)	78 Pt 1(10)	79 Au 1	80 Hg 6(12)	81 Tl 3	82 Pb 4	83 Bi 3(6)	84 Po ?	85 At ?	86 Rn 8
7	87 Fr ?	88 Ra ?	89 Ac ?	90 Th 2(3)	91 Pa 2(4)	92 U 2(5)	93 Np 2(6)	94 Pu 2(7)	95 Am 2(8)	96 Cm 2(9)	97 Bk 2(10)	98 Cf 2(11)	99 Es 2(12)	100 Fm 2(13)	101 Md 2(14)	102 No 2(15)	103 Lr 2(16)	104 Rf 2(17)

圖 2. 元素的結晶結構。

① 參閱 P. P. 愛華德 (Ewald), U. C. 赫爾曼 (Hermann), 組織報告 (Strukturbericht), 1913—1928 年版和 1932 年版。

圖 2 的門德雷也夫表內表示已經研究出的元素的結構。在週期系內各原子結構符號上方的數字表示該元素的原子序數。下方的數字表示該元素的原子價。靠近某些元素原子結構符號之旁的數字表示某一原子結構的配位數。括弧內的數字為近似配位數。

如將圖 2 的表與通常典型的門德雷也夫週期表(圖 3)相比較時,前者具有稍有不同的形式。如所週知,後一表(圖 3)共有九個縱族 $\ominus$ 。在金屬學上將門德雷也夫週期表列為 18 個縱族較為方便(圖 2)。這樣的排列可使自然族(按字面的狹義而言)的元素落在同一縱行之內。表內的粗折線把全部元素分成兩部分:左邊為金屬,右邊為非金屬。但是,準確地把金屬和非金屬的界限區分開來是很難的。例如砷、銻和鉍祇在很小的程度上具有金屬的性質,而碳、矽、硒和碲也可以認為具有一些金屬性質。

在門德雷也夫週期表的 92 種元素中, 68 種,即 75%, 都是金屬。在其餘的元素中,有 11 種即佔總數 12%, 均具有一些金屬特性。

由此可見,在我們所熟悉的簡單物質中,金屬具有多麼巨大的意義。

圖 2 內用粗線所構成的 4—7 週期內 3—10 族的元素是所謂過渡族元素。表內稀土族元素的分佈自成一族。表的下方單獨一行為已知結構的稀土族元素。

圖 2 示出每一元素結晶所形成的點陣的類型。元素的所有不同的結晶構造形式,可歸納為六種類型。同時可以看出,處於同一自然族內的元素的結構,大都屬於同一類型。例如鋰、鈉、鉀、銣和鉍各元素屬於同一自然族,它們全部結晶成體心立方點陣。屬於同一族的鈮、鉕和釷也結晶成同一類型的點陣。第 9 族元素:鈷(同素異形體之一)、銻和銩;第 10 族元素:鎳、鈮和鉑;第 11 族元素:銅、銀和金均為面心立方點陣。第 12 族元素:鈹、鎂、鋅和鎳均結晶成密排六方點陣。第 14 族元

$\ominus$ 該表內譯者又加入了後來發現的一些元素——譯者註。