

基礎材料科學與工程

上 冊

L.H. 范 韦 拉 克 著

曉 園 出 版 社
世 界 圖 書 出 版 公 司

基礎材料科學與工程

原著者 Lawrence H. Van Vlack

譯著者 蔡希杰·徐祖光

曉園出版社
世界圖書出版公司

北京·廣州·上海·西安

1992

基礎材料科學與工程

下 冊

原著者 Lawrence H. Van Vlack

譯著者 陳皇鈞・熊京國

曉 園 出 版 社
世界圖書出版公司

北京・廣州・上海・西安

1992

内 容 简 介

本书译自英文。书中从材料的内部结构探讨材料的性质与行为,揭示材料结构性质和性能的内在关系,为认识和改进材料的性能提供必备的基础知识

基础材料科学与工程(繁体字本)

[美]L. H. 范韦拉克 著

蔡希杰 徐祖光 译

晓园出版社出版

世界图书出版公司北京分公司重印

北京朝阳门内大街 137 号

新燕印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1992 年 11 月第一次 开本:850×1168 1/32

1992 年 11 月第一次印刷 印张:10.5

印数:0001—1320

ISBN:7-5062-1403-2/TB. 11

定价:6.50 元(W9203/23)

世界图书出版公司通过中华版权代理公司向台湾晓园出版社购得重印权
限国内发行。

内 容 简 介

本书译自英文。书中从材料的内部结构探讨材料的性质与行为,揭示材料结构、性质和性能的内在关系,为认识和改进材料的性能提供必备的基础知识。

基础材料科学与工程 下册(繁体字本)

[美]L. H. 范布拉克 著

陈皇钧 熊京国 译

晓园出版社出版

世界图书出版公司北京分公司重印

北京朝阳门内大街 137 号

新燕印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1992 年 11 月第一版 开本:850×1168 1/32

1992 年 11 月第一次印刷 印张:11.5

印数:0001—1320

ISBN:7-5062-1404-0/TB·12

定价:6.90 元(W9203/24)

世界图书出版公司通过中华版权代理公司向台湾晓园出版社购得重印权
限国内发行。

常數和單位換算 (附錄A)

常 數*

重力加速度, g	9.80 . . . 米/秒 ²
原子質量單位, amu	1.66 . . . $\times 10^{-24}$ 克
亞佛加厥數, N	0.6022 . . . $\times 10^{24}$ 莫耳 ⁻¹
波茲曼常數, k	86.1 . . . $\times 10^{-6}$ 電子伏特/度 (絕對溫度)
	13.8 . . . $\times 10^{-24}$ 焦耳/度 (絕對溫度)
	8.31 焦耳/莫耳·度 (絕對溫度)
電容 (真空), ϵ	8.85 . . . $\times 10^{-12}$ 庫侖/伏特·米
電荷, q	0.1602 . . . $\times 10^{-18}$ 庫侖
電偶矩, β	9.27 . . . $\times 10^{-24}$ 安培·米 ²
電子伏特, eV	0.160 . . . $\times 10^{-18}$ 焦耳
法拉第, $\mathcal{F}$	96.5 . . . $\times 10^3$ 庫侖
Fe-Fe ₃ C 共析成份	0.77 碳重量百分比
Fe-Fe ₃ C 共析溫度	727度 (攝氏) [1340 度 (華氏)]
氣體常數, R	8.31 . . . 焦耳/莫耳·度 (絕對溫度)
	1.987 . . . 卡/莫耳·度 (絕對溫度)
氣體體積 (標準情況下)	22.4 . . . $\times 10^{-3}$ 米 ³ /莫耳
蒲朗克常數, h	0.662 . . . $\times 10^{-33}$ 焦耳·秒
光速, c	0.299 . . . $\times 10^9$ 米/秒

單位換算*

1 安培	= 1 庫侖/秒
1 埃	= 10^{-10} 米
	= 10^{-8} 厘米
	= 0.1 毫微米
	= 3.937×10^{-9} 吋
1 原子質量單位	= $1.66 . . . \times 10^{-24}$ 克
1 英制熱量單位	= $1.055 . . . \times 10^3$ 焦耳
1 英制熱量單位/度(華氏)	= $1.899 . . . \times 10^3$ 焦耳/度 (攝氏)
1 [英制熱量單位/呎 ² ·秒]	= $0.519 . . . \times 10^3$ [焦耳/(米 ² ·秒)]/[度(攝氏)/米]
秒]/[度(華氏)/吋 ²]	= $0.519 . . . \times 10^3$ (瓦/米 ²)/(度(攝氏)/米)
1 英制熱量單位·呎 ²	= $11.3 . . . \times 10^3$ 焦耳/米 ²
1 卡, 克	= 4.18 . . . 焦耳
1 厘米	= 10^{-2} 米
	= 0.3937 吋
1 庫侖	= 1 安培·秒
1 立方厘米	= $0.0610 . . .$ 吋 ³
1 立方吋	= $16.3 . . . \times 10^{-6}$ 米 ³
1 度差 (攝氏)	= 1.8 度 (華氏)
1 電子伏特	= $0.160 . . . \times 10^{-18}$ 焦耳
1 度差 (華氏)	= 0.555 . . . 度 (攝氏)
1 呎	= 0.3048 . . . 米
1 呎·磅重	= 1.355 . . . 焦耳
1 加侖(美制液體單位)	= $3.78 . . . \times 10^{-3}$ 米 ³

* 所有無理值都是延續下去的。

單位換算(繼前頁)

1 克	= 0.602... $\times 10^{24}$ 原子質量單位
	= 2.20... $\times 10^{-3}$ 磅
1 克/厘米 ³	= 62.4... 磅/呎 ³
	= 1000 仟克/米 ³
	= 1 百萬克/米 ³
1 吋	= 0.0254... 米
1 焦耳	= 0.947... $\times 10^{-3}$ 英制熱量單位
	= 0.239... 卡, 克
	= 6.24... $\times 10^{18}$ 電子伏特
	= 0.737... 呎·磅重
1 焦耳/米 ²	= 1 瓦·秒
1 [焦耳/米 ² ·秒]/[度(攝氏)/米]	= 8.80... $\times 10^{-5}$ 英制熱量單位/呎 ²
	= 1.92... $\times 10^{-3}$ [英制熱量單位/(呎 ² ·秒)]
1 仟克	= 2.20... 磅
1 百萬克/米 ³	= 1 克/厘米 ³
	= 10 ⁶ 克/米 ³
	= 1000 仟克/米 ³
1 米	= 10 ¹⁰ 埃
	= 10 ⁹ 毫微米
	= 3.28... 呎
	= 39.37 吋
1 微米	= 10 ⁻⁶ 米
1 毫微米	= 10 ⁻⁹ 米
1 牛頓	= 0.224... 磅重
1 歐姆·吋	= 0.0254... 歐姆·米
1 歐姆·米	= 39.37 歐姆·吋
1 巴	= 0.145... $\times 10^{-3}$ 磅重/吋 ²
1 泊	= 0.1 巴·秒
1 磅重	= 4.44... 牛頓
1 磅	= 0.453... 仟克
1 磅/呎 ³	= 16.0... 仟克/米 ³
1 磅/吋 ²	= 6.89... $\times 10^{-3}$ 百萬巴
1 瓦	= 1 焦耳/秒
1 (瓦/米 ²)/度(攝氏)/米]	= 1.92... $\times 10^{-3}$ [英制熱量單位/(呎 ² ·秒)]
	/[度(華氏)/吋]

SI 公制字首

十億	G	10 ⁹
百萬	M	10 ⁶
仟	k	10 ³
毫	m	10 ⁻³
微	μ	10 ⁻⁶
毫微	n	10 ⁻⁹

譯 序

一本書的誕生是不容易的。多少人的時間與精力，多少人的思想結晶，才能滿足莘莘學子一些微薄的求知慾。

無可置疑地，“材料”將是21世紀發展尖端科技所不可或缺的一門；舉凡機械，電機，化工，土木，都硬得是在許多方面依靠著“它”，以求發展與創新。因此，對於工科的學生而言，了解“材料”一些基本的結構，性質與性能是必須具備的。

Van Vlack 教授以其在材料方面的經驗與學識，著作了這本“材料科學工程”。而今已是第五版，無庸說，這是一本好書。

蔡希杰先生畢業於清華大學，並以教育部公費於美國加州史丹福大學取得碩士學位。回國任教後，於百忙之中，譯著本書一至七章。陳皇鈞先生目前正於台大攻讀博士學位，課餘受託譯著本書八至十六章。本人則擔任本書的校訂及補遺。

許多事是很難完美的。與其他大多數的書一樣，原文版也有一些瑕疵。例如，例題 1-5.1，4-8.1 的計算部分，練習題 2-4.7 的解答，隨堂測驗 4L 及 4P，……等等。在譯本書時已作改正，另外 4-7.3 圖，本書也已改成“Ni⁵⁹”，目的是想與課文一致。

本人才疏學淺，校訂時，懷著戰戰兢兢的心情，下筆前，無不一一推敲原句，幾經斟酌，務使讀者能以“平常心”，領略原作者所教導的觀念。為避免有些原文含義混淆，本人也已作適當的補充，例如，在例題 4-5.1 註中，“金屬原子”半徑的定義，而原文並沒有“金屬原子”四個字。

編譯期間，感謝周良德先生從旁協助校稿，更感謝“曉園”對本人的信任與支持，最後，付梓倉促，若有疏忽，尚請讀者指教。

熊 京 國
徐 祖 光

1985年9月20日

於曉園

原 序

如同先前 Cohen 教授獨到的描述，這本工程的主題是以材料內部結構的觀點來探討材料的性質及行為。結果，為了要符合材料的性質，在其內部結構上便必須做某些適切的改變。此外，若製作過程或使用條件改變其結構時，材料的特性也跟著改變。

這本新版的基礎材料科學與工程和前四版一樣，逐一地展現結構 $\longleftrightarrow$ 性質 $\longleftrightarrow$ 性能之間的關聯，這是建立在大學的基礎化學和物理上，利用他們的理論及擷取其背景資料而發展出我們所需要的理論，工程上大量的應用已能顯現上述所提之關聯。

本版已做有計劃的改進，以期能使學生更能獲益。(1)題目上已分成三個部分以符合教學的需要。(2)在聚合體，陶瓷，電子及複合材料上已適度的增加，此舉係受到參與材料先修課程鑑定的 180 所學校中之多數所鼓舞。(3)每章末尾的複習和練習部分已增大以作為輔助教學之用。

本版包含了三個部分，第一部分闡明材料的相，包括——結構、性質和性能。這部分（至第九章）一般都是做為工程上的訓練之用。這幾章包括了原子規則與不規則的排列；金屬，聚合體，陶瓷和半導體以及非導體材料。若有時間上的限制，則第一部分可作為先修課程。第二部分考慮多相材料而著重在相的關係，熱處理，複合物及應用上的性能，這部分特別注重設計上的訓練。第三部分介紹使用廣泛的鑄鐵（最便宜的金屬），混凝土（最重的），及木材（最大體積的），此部分為選修。這三種材料都不是純物質，但是基本上在結構和性質方面卻是近似的。

第六章（聚合體材料）已重新寫過，加入了製作過程方面的資料。如同第十二章（複合物），第九章（磁，電偶，和光學材料）也是新的。此外，在第十三章也已增加破壞強度一節，因為其在製造可信度上非常重要。

在補助教學上仍保留第四版中所包括的預習部分和在每章節結

束時共將近 200 題的例題以及每章結束後超過 500 題的習題。另外第五版在每章結束後增加了隨堂測驗（及答案），專有名詞和觀念的闡釋。

習題分成兩種形式，第一種是試作（未遮陰影的），這些題目與例題非常類似或直接可以列式計算，目的是讓學生在未正式接觸難題（陰影部分）之前先“進入情況”，因為這些難題需要更多的分析與更精確的計算。

如同先前的幾版，教師可以刪除一些章節及主題以順應初學者的學習時間及學習次序。有 (●) 圓點的標記表示此節非必要學習只是附屬於無標記的章節以求連貫。

遺憾地是，我無法向數百位密西根大學的學生以及數十位外校教師一一致謝，因為他們對這本新版書，有諸多貢獻，他們所有的建議都被認真的考慮過，而且大部分都被採納。

若是對於 Bigelow 教授對前版書的批評及建議沒有致謝的話，那我就太怠慢了！同時也感謝 M. Cohen（麻省理工學院）教授，對於第五版所給予我的許多鼓勵和建議。同樣地，Filisko, Hosford, Hucke, Leslie, 和 Tien 等教授們對於課堂上迴響，更是有非常高的價值。而後的校訂者是在我辦公室經常與我合作的 Ardis Vukas 女士，及 Addison-Wesley 公司的 Marion Howe 和 Dick Morton，真的很高興與他們再度一起工作，他們使工作進行的非常順利。Fran 的鼓勵和耐心是豐盛而不可缺少的。

Ann Arbor, 密西根
1984 年 9 月

L.H.VV.

目 錄

第一章

材料科學工程導論

- 1-1 材料與文明 2
- 1-2 材料與工程 4
- 1-3 結構 $\longleftrightarrow$ 性質 $\longleftrightarrow$ 性能 7
- 1-4 材料的類別 10
- 1-5 一些材料性質的回顧 13
- 複習與研討 20

第一部分

固相的結構和性質

第二章

原子與原子之配位

- 2-1 單獨的原子與離子 29
- 2-2 分子 34
- 2-3 原子的配位 39
- 2-4 原子間距 45
- 2-5 在配位原子間電子的運動 52
- 2-6 基於原子配位之概論 56
- 複習與研討 57

第三章

固體內原子的規則排列

- 3-1 晶體 67
- 3-2 立方晶體 70
- 3-3 六方體晶體 76
- 3-4 同素異形 79
- 3-5 單位晶胞之幾何學 80

3-6	晶體方向	84
3-7	晶體平面	89
•3-8	X-光繞射	96
	複習與研討	100

第四章

固體內原子的不規則排列

4-1	固體中的雜質	115
4-2	金屬固溶體	115
•4-3	固溶體化合物	119
4-4	晶體內的缺陷	123
4-5	非結晶體材料	132
4-6	原子的振動	137
4-7	原子的擴散	143
•4-8	擴散過程	152
	複習與研討	155

第五章

單相金屬

5-1	單相合金	167
•5-2	單相合金的加工	173
5-3	彈性變形	175
5-4	單晶的塑性變形	180
5-5	金屬在塑性變形後的性質	188
5-6	再結晶	193
5-7	多晶金屬的行爲	201
	複習與研討	206

第六章

分子的相

6-1	巨大分子	216
6-2	線性聚合體	226
6-3	三度空間之聚合體	232

6-4	分子結構的變化	237
6-5	玻璃轉變溫度	239
6-6	分子晶體	242
6-7	聚合體材料的變形	246
•6-8	成形過程	253
	複習與研討	259

第七章

陶瓷材料

7-1	陶瓷的相	271
7-2	陶瓷晶體 (AX)	273
7-3	陶瓷晶體 (A_mX_p)	279
7-4	多元化合物	282
7-5	矽酸鹽	285
7-6	陶瓷材料的機械性質	291
7-7	陶瓷材料的製造過程	296
	複習與研討	305

附 錄	317
-----	-----

索 引	323
-----	-----

目 錄

第八章

導電材料

- 8-1 電荷載體 319
- 8-2 金屬的導電性 321
- 8-3 絕緣體 328
- 8-4 本質半導體 329
- 8-5 外稟半導體 339
- 8-6 半導體裝置 346
- 8-7 半導體製造技術 352
- 複習與研討 355

第九章

磁性、介電性及光學材料

- 9-1 磁性材料 366
- 9-2 介電材料 378
- 9-3 壓電材料 387
- 9-4 光學材料 391
- 複習與研討 398

第貳部份

多相固體的組織、性質及其控制法

第十章

相 圖

- 10-1 相間的定量關係 409
- 10-2 相圖（平衡圖） 415
- 10-3 相的化學成份 421
- 10-4 相的數量 424

10-5	商業用合金與陶瓷	428
10-6	鐵-碳系統內的相	436
10-7	Fe-Fe ₃ C 相圖	443
10-8	沃斯田鐵分解	444
10-9	普通碳鋼與低合金鋼	448
	複習與研討	451

第十一章

用以發展與控制顯微組織的製程

11-1	顯微組織	467
11-2	固體內的反應	473
11-3	退火製程	484
11-4	均質化製程	488
11-5	析出製程	490
11-6	鋼： $\gamma \rightarrow (\alpha + \bar{C})$ 反應速率	496
11-7	鋼：商業用熱處理製程	506
11-8	鋼：硬化能	512
	複習與研討	523

第十二章

複合材料

12-1	材料的結合	536
12-2	加強材料	541
12-3	界面的應力	545
12-4	高強度複合材料	547
	複習與研討	548

第十三章

材料在使用中的性能

13-1	使用要求	554
13-2	破壞	557
13-3	高溫中的失敗	566
13-4	輻射損傷	569

13-5	腐蝕反應	573
13-6	使用中影響腐蝕的因素	584
	複習與研討	592

第叁部份

三種更複雜但廣泛使用的材料

第十四章

鑄 鐵

14-1	緒論	604
14-2	鐵-碳相圖	605
14-3	石墨化	607
14-4	工程鑄鐵	608
	複習與研討	615

第十五章

混凝土

15-1	骨材	620
15-2	波特蘭水泥	624
15-3	混凝土拌合	627
15-4	其他粘結劑與混凝土	630
	複習與研討	633

第十六章

木 材

16-1	木材的構造	640
16-2	木材的性質	643
16-3	木材的加工	647
	複習與研討	651

附 錄	655
-----	-----

索 引	657
-----	-----

第一章

材料科學工程導論

前 言

材料在人類文化和文明的發展上已經成為不可或缺的一部分；例如，以前是使用石頭、青銅和鐵器的時代。同樣地，今日，在許多儀器產品和系統中，都必須含有複雜精妙的尖端科技材料。而工程師的專長便是使用材料和能量來配合社會的需要。

本書的主題為材料之性質決定於其內部的結構，而後在製造和使用時，材料之性質則影響其性能。為改變材料之性能，吾人必須改變其內部的結構。相反地，如果使用之條件改變了材料結構，工程師必須能預期其性質和性能將如何地改變。

在此章最後一節中，將回顧一些和普通物理有關之重要性質，這些性質可給予我們將結構 $\Leftrightarrow$ 性質 $\Leftrightarrow$ 性能互相結合的基礎。為了方便起見，我們通常將材料分類成金屬、聚合體和陶瓷三類。