

中等专业学校交流讲义

金属学

卢光熙等编



中国工业出版社

75
172
02

中等专业学校交流讲义



金 属 学

卢光熙等编

3k-4/3



本书讲述了金属的结构与结晶，金属的试验方法，合金理论，铁碳合金，金属的塑性变形与再结晶，金属的机械性能，有色金属及合金等问题。

本书系供中等专业学校机械类型的金属热处理专业之交流讲义，也可供有关技术人员自修或参考。

金 属 学

卢 光 熙 等 编

*

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

机工印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 $16 \frac{1}{8}$ · 字数 371,000

1961年7月北京第一版·1961年7月北京第一次印刷

印数 0,001—3,033 · 定价(9-4)1.50元

统一书号: 15165·485(—Ⅳ—80)

前 言

这本金属学教材是根据1960年8月間在第一机械工业部中等专业学校金属热处理专业教材审編会议上通过的讲义經過修改的結果。整个审編和修改都是根据1959年审定的金属热处理专业适用的〔金属学教学大綱〕。

教材中沒有編入〔合金鋼〕部分。

根据各校〔教改〕动向，合金鋼部分拟并入〔热处理工艺学〕課程，以减少重复和避免不易配合的缺点；

讲义在1960年編出以后，經過各校半年多的使用，感到有些缺点。在这次修改过程中曾作了一些更正。但因時間比較仓促，因此对某些需要作較大的变动的部分，沒有来得及修改。尤其是第二篇份量較多，許多內容宜在实验課中讲授，但在这次修改过程中，鉴于目前尚无实验課教材，故仍基本保留了原样。

参加本书初稿編写的有太原重型机械学院袁荣春、南昌航空工业专科学校譚达吾、北京机械学院焦天峰和长春工业专科学校卢光熙等同志。在初稿的編审过程中，太原机械学院武煌同志参加了修改工作。最后的修改与編审是由长春工业专科学校卢光熙同志担任的。

編者对参加本书工作所有同志的劳动和提出的宝贵意見致以热誠的謝意。

由于編写和修改的时间十分仓促，加之我們的思想水平和科学水平都不高，因此錯誤和缺点是有所难免的；我們殷切地希望讀者提出批評和指正。

編 者

1961年4月22日

目次

前言	3
緒論	7

第一篇 金屬的結構与結晶

第一章 金屬的結構与性質	10
第一节 金屬的一般概念	10
第二节 結晶格子	11
第三节 結晶指数及其表示方法	14
第四节 晶体的有向性	16
第五节 实际晶体的結構	16
第二章 金屬的結晶	19
第一节 液态金屬的結構	19
第二节 結晶的能量条件	19
第三节 結晶理論	20
第四节 結晶的基本形式	24
第五节 鑄錠的結構	25
第六节 固态金屬中的轉变	27

第二篇 金屬的試驗方法

引言	30
第一章 粗型分析	30
第二章 显微分析	34
第一节 显微試样的制备	34
第二节 金相显微鏡	37
第三节 金相显微鏡使用要点	42
第四节 显微摄影	43
第五节 电子显微分析	46
第三章 X-射綫晶体分析	47
第一节 X-射綫的发生及其主要性質	47
第二节 吳立夫-布拉格公式	48
第三节 X-射綫晶体分析方法	49
第四章 金屬材料与金屬制品的无损探伤	51
第一节 X-射綫探伤	51
第二节 磁力探伤	54
第三节 超声波探伤	55
第五章 物理試驗法	56

第一节 热分析法	56
第二节 膨脹分析法	58
第三节 磁性分析	61
第四节 电阻分析	64
第五节 放射性同位素在金屬試驗中的应用	64

第三篇 合金理論

引言	67
第一章 合金的結構	67
第一节 組元在液态时的相互作用和液态合金的結構	67
第二节 組元在固态时的相互作用和固态合金的結構	67
第二章 相律	73
第三章 平衡图及其測定	75
第四章 組元形成无限固溶体时的合金平衡图	77
第一节 平衡图及其分析	77
第二节 杠杆定律	78
第三节 相律在同晶型平衡图中的应用	79
第四节 固溶体的非平衡結晶	80
第五节 枝晶偏析	81
第五章 組元形成有限固溶体时的合金平衡图	81
第一节 共晶型平衡图	81
第二节 包晶型平衡图	88
第六章 組元形成化合物时的合金平衡图	90
第七章 具有固态相变的合金平衡图	92
第八章 合金的成分、組織与性能間的关系	94
第一节 固溶体的性能	94
第二节 化合物和中间相的性能	96
第三节 两相混合物的性能	96
第九章 三元合金平衡图	98
第一节 概論	98

第二节	組元形成无限固溶体时的三元合金平衡图	101
第三节	形成三元共晶的三元系合金平衡图	104
第四节	三組元在固态下有限互溶时的共晶型平衡图	108

第四篇 鉄碳合金

引言	110
第一章 鉄-渗碳体合金平衡图	111
第一节 鉄、碳和鉄碳合金中的各主要相	111
第二节 鉄-渗碳体合金平衡图	112
第三节 鉄-渗碳体合金平衡图的詳細分析	115
第四节 杠杆定律在鉄-渗碳体合金平衡图中的应用	121
第二章 碳素鋼	122
第一节 含碳量对鋼的組織和性能的影响	122
第二节 鋼中的常存杂质及其对鋼的影响	125
第三节 鋼的缺陷	128
第四节 碳素鋼的分类、牌号、规范与用途	134
第三章 鑄鉄	138
第一节 鑄鉄按組織的分类	138
第二节 鉄-碳稳定系平衡图	140
第三节 冷却速度对鑄鉄組織的影响——混合結晶	142
第四节 化学成分对鑄鉄組織的影响	143
第五节 鑄鉄中的石墨和鑄鉄的性能	144
第六节 鑄鉄的牌号和用途	147
第七节 变质鑄鉄	148
第八节 可鍛鑄鉄	150
第九节 球墨鑄鉄	154

第五篇 塑性变形、再結晶与金屬的机械性能

引言	157
第一章 单晶金屬的塑性变形与断裂	157
第一节 滑移	157
第二节 双晶(孪晶)	161
第三节 金屬的断裂	162
第二章 多晶金屬的塑性变形与断裂	164
第一节 多晶金屬的塑性变形与断裂	164

第二节 塑性变形对金屬的組織与性能的影响	164
第三章 加热对經塑性变形后的金屬的組織与性能的影响	167
第一节 經过塑性变形的金屬的加热	167
第二节 金屬的冷加工和热加工	170
第三节 鋼的冷加工与热加工	171
第四章 金屬的机械性能及其测定方法	172
第一节 彈性、强度和塑性	173
第二节 冲击韌性	182
第三节 金屬在反复应力下的强度	185
第四节 硬度	189
第五节 金屬在高温下的机械性能	196
第六节 耐腐性	199

第六篇 有色金属及其合金

引言	202
第一章 鋁及其合金	202
第一节 純鋁	202
第二节 鋁合金的分类及牌号	205
第三节 鋁合金的热处理原理	206
第四节 热处理不能强化的形变鋁合金	212
第五节 热处理可以强化的形变鋁合金	214
第六节 鑄造鋁合金	220
第二章 鎂及其合金	225
第一节 鎂的性能及用途	225
第二节 鎂合金	225
第三章 銅及其合金	228
第一节 純銅	228
第二节 銅鋅合金(黃銅)	231
第三节 青銅	235
第四章 軸承合金及焊料	240
第一节 軸承合金	240
第二节 焊料	244
第五章 鈦及其合金	245
第一节 鈦鈹的冶炼及其性能	245
第二节 鈦合金及其热处理	247
第六章 粉末冶金	250
第一节 概論	250
第二节 粉末合金的制造过程	251
第三节 硬质合金	253
第四节 含油軸承	256

75
172
02

中等专业学校交流讲义



金 属 学

卢光熙等编

3k-4/3



本书讲述了金属的结构与结晶，金属的试验方法，合金理论，铁碳合金，金属的塑性变形与再结晶，金属的机械性能，有色金属及合金等问题。

本书系供中等专业学校机械类型的金属热处理专业之交流讲义，也可供有关技术人员自修或参考。

金 属 学

卢 光 熙 等 编

*

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

机工印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 $16 \frac{1}{8}$ · 字数 371,000

1961年7月北京第一版·1961年7月北京第一次印刷

印数 0,001—3,033 · 定价(9-4)1.50元

统一书号: 15165·485(—Ⅳ—80)

前 言

这本金属学教材是根据1960年8月間在第一机械工业部中等专业学校金属热处理专业教材审編会议上通过的讲义經過修改的結果。整个审編和修改都是根据1959年审定的金属热处理专业适用的〔金属学教学大綱〕。

教材中沒有編入〔合金鋼〕部分。

根据各校〔教改〕动向，合金鋼部分拟并入〔热处理工艺学〕課程，以减少重复和避免不易配合的缺点；

讲义在1960年編出以后，經過各校半年多的使用，感到有些缺点。在这次修改过程中曾作了一些更正。但因時間比較仓促，因此对某些需要作較大的变动的部分，沒有来得及修改。尤其是第二篇份量較多，許多內容宜在实验課中讲授，但在这次修改过程中，鉴于目前尚无实验課教材，故仍基本保留了原样。

参加本书初稿編写的有太原重型机械学院袁荣春、南昌航空工业专科学校譚达吾、北京机械学院焦天峰和长春工业专科学校卢光熙等同志。在初稿的編审过程中，太原机械学院武煌同志参加了修改工作。最后的修改与編审是由长春工业专科学校卢光熙同志担任的。

編者对参加本书工作所有同志的劳动和提出的宝贵意見致以热誠的謝意。

由于編写和修改的时间十分仓促，加之我們的思想水平和科学水平都不高，因此錯誤和缺点是有所难免的；我們殷切地希望讀者提出批評和指正。

編 者

1961年4月22日

目次

前言	3
緒論	7

第一篇 金屬的結構与結晶

第一章 金屬的結構与性質	10
第一节 金屬的一般概念	10
第二节 結晶格子	11
第三节 結晶指数及其表示方法	14
第四节 晶体的有向性	16
第五节 实际晶体的結構	16
第二章 金屬的結晶	19
第一节 液态金屬的結構	19
第二节 結晶的能量条件	19
第三节 結晶理論	20
第四节 結晶的基本形式	24
第五节 鑄錠的結構	25
第六节 固态金屬中的轉变	27

第二篇 金屬的試驗方法

引言	30
第一章 粗型分析	30
第二章 显微分析	34
第一节 显微試样的制备	34
第二节 金相显微鏡	37
第三节 金相显微鏡使用要点	42
第四节 显微摄影	43
第五节 电子显微分析	46
第三章 X-射綫晶体分析	47
第一节 X-射綫的发生及其主要性質	47
第二节 吳立夫-布拉格公式	48
第三节 X-射綫晶体分析方法	49
第四章 金属材料与金屬制品的无损探伤	51
第一节 X-射綫探伤	51
第二节 磁力探伤	54
第三节 超声波探伤	55
第五章 物理試驗法	56

第一节 热分析法	56
第二节 膨脹分析法	58
第三节 磁性分析	61
第四节 电阻分析	64
第五节 放射性同位素在金屬試驗中的应用	64

第三篇 合金理論

引言	67
第一章 合金的結構	67
第一节 組元在液态时的相互作用和液态合金的結構	67
第二节 組元在固态时的相互作用和固态合金的結構	67
第二章 相律	73
第三章 平衡图及其測定	75
第四章 組元形成无限固溶体时的合金平衡图	77
第一节 平衡图及其分析	77
第二节 杠杆定律	78
第三节 相律在同晶型平衡图中的应用	79
第四节 固溶体的非平衡結晶	80
第五节 枝晶偏析	81
第五章 組元形成有限固溶体时的合金平衡图	81
第一节 共晶型平衡图	81
第二节 包晶型平衡图	88
第六章 組元形成化合物时的合金平衡图	90
第七章 具有固态相变的合金平衡图	92
第八章 合金的成分、組織与性能間的关系	94
第一节 固溶体的性能	94
第二节 化合物和中间相的性能	96
第三节 两相混合物的性能	96
第九章 三元合金平衡图	98
第一节 概論	98

第二节	組元形成无限固溶体时的三元合金平衡图	101
第三节	形成三元共晶的三元系合金平衡图	104
第四节	三組元在固态下有限互溶时的共晶型平衡图	108

第四篇 鉄碳合金

引言	110
第一章 鉄-渗碳体合金平衡图	111
第一节 鉄、碳和鉄碳合金中的各主要相	111
第二节 鉄-渗碳体合金平衡图	112
第三节 鉄-渗碳体合金平衡图的詳細分析	115
第四节 杠杆定律在鉄-渗碳体合金平衡图中的应用	121
第二章 碳素鋼	122
第一节 含碳量对鋼的組織和性能的影响	122
第二节 鋼中的常存杂质及其对鋼的影响	125
第三节 鋼的缺陷	128
第四节 碳素鋼的分类、牌号、规范与用途	134
第三章 鑄鉄	138
第一节 鑄鉄按組織的分类	138
第二节 鉄-碳稳定系平衡图	140
第三节 冷却速度对鑄鉄組織的影响——混合結晶	142
第四节 化学成分对鑄鉄組織的影响	143
第五节 鑄鉄中的石墨和鑄鉄的性能	144
第六节 鑄鉄的牌号和用途	147
第七节 变质鑄鉄	148
第八节 可鍛鑄鉄	150
第九节 球墨鑄鉄	154

第五篇 塑性变形、再結晶与金屬的机械性能

引言	157
第一章 单晶金屬的塑性变形与断裂	157
第一节 滑移	157
第二节 双晶(孪晶)	161
第三节 金屬的断裂	162
第二章 多晶金屬的塑性变形与断裂	164
第一节 多晶金屬的塑性变形与断裂	164

第二节 塑性变形对金屬的組織与性能的影响	164
第三章 加热对經塑性变形后的金屬的組織与性能的影响	167
第一节 經过塑性变形的金屬的加热	167
第二节 金屬的冷加工和热加工	170
第三节 鋼的冷加工与热加工	171
第四章 金屬的机械性能及其测定方法	172
第一节 彈性、强度和塑性	173
第二节 冲击韌性	182
第三节 金屬在反复应力下的强度	185
第四节 硬度	189
第五节 金屬在高温下的机械性能	196
第六节 耐腐性	199

第六篇 有色金属及其合金

引言	202
第一章 鋁及其合金	202
第一节 純鋁	202
第二节 鋁合金的分类及牌号	205
第三节 鋁合金的热处理原理	206
第四节 热处理不能强化的形变鋁合金	212
第五节 热处理可以强化的形变鋁合金	214
第六节 鑄造鋁合金	220
第二章 鎂及其合金	225
第一节 鎂的性能及用途	225
第二节 鎂合金	225
第三章 銅及其合金	228
第一节 純銅	228
第二节 銅鋅合金(黃銅)	231
第三节 青銅	235
第四章 軸承合金及焊料	240
第一节 軸承合金	240
第二节 焊料	244
第五章 鈦及其合金	245
第一节 鈦鈹的冶炼及其性能	245
第二节 鈦合金及其热处理	247
第六章 粉末冶金	250
第一节 概論	250
第二节 粉末合金的制造过程	251
第三节 硬质合金	253
第四节 含油軸承	256

緒 論

人类社会的发展是和金属在人类社会中的应用分不开的。我們不能設想現代的人类社会如果一旦离开了金属将变成一个什么样子。从国防事业、工农业生产、經濟文化建設直到日常生活，我們已經完全不能离开金属了。不仅如此，現代科学技术的发展更进一步地对金属提出了形形色色的要求：汽車和金属切削机床上的齿輪既要具有高强度、高韌性，又要具有足够的耐磨性；自动綫上的金属切削刀具必須鋒利得削鉄如泥，而且还必須保證一定的寿命；噴气发动机的叶片必須具有很高的耐熱性；无綫电技术中电子管的阴极在加热時必須能够发射足够数量的电子；电机和电气仪表中的某些零件必須具有特殊的磁性；特种仪器中的某些零件当温度在一定範圍內变化時不应发生尺寸的微小变化；原子反应堆中的某些金属材料不應該过多地吸收中子等等。

金属在現代人类社会中之所以具有这样巨大的重要性，乃是由它所固有的性能所决定的。不同的金属或同一金属在不同的条件下又具有不同的性能。金属的性能决定于它的內部組織，而組織又决定于化学成分和处理过程。金属学就是随着生产发展而发展起来的，研究金属和合金的成分、处理过程、組織与性能之間的关系的一門独立的科学，就是研究用改变化学成分，或用机械、热处理及其他方法来改善金属材料性能的科学。

金属学是建立在冶金和各种机械制造工艺的基础上的。这些生产工艺每天都在向金属学提出新的研究課題，而金属学的研究成果又在不断地促进这些生产工艺的发展。掌握金属学对于一切从事冶金和机械类各专业的設計与工艺人員都是必要的，因为它将帮助我們在設計和工艺过程中保證产品质量。尽管金属学对于所有冶金和机械类各专业具有普遍的重要意义，但它对于金属热处理专业具有更为密切的关系。因为任何专业都不像热处理专业那样无时无刻地不和金属的內部組織与性能的变化打交道。因此，金属学和热处理常被人們并列地命名，而且热处理实际上是金属学的重要组成部分。

金属学的内容包括下列九个部分：

1. 純金属的结构和結晶——研究固体状态下純金属的結晶构造，从液态冷却时的轉变过程以及它們的性能問題。
2. 合金理論——研究合金（两种或两种以上的金属熔合后的材料）在固态下的結晶构造，从液态冷却时的轉变过程以及它們的性能問題。
3. 試驗方法——研究用現代的物理学和化学的方法来分析与研究金属及合金的成分、組織和性能問題。
4. 强度原理和塑性变形——研究金属和合金在力学載荷的作用下所表現的行为以及因力学載荷引起变形时的組織和性能改变問題。
5. 热处理——研究通过加热、保温和冷却的方法来改变金属及合金的机械、物理与化学性能的問題。
6. 鉄碳合金——研究鋼和鑄鉄（应用最广泛金属材料）的成分、处理历史、組織、性能之間的关系以及它們的应用問題。

7. 合金鋼——研究各种合金元素对鋼和鑄鉄的組織与性能的影响以及含有合金元素的鋼和鑄鉄的应用問題。

8. 有色金屬及其合金——研究各种有色金屬与合金的成分、組織和性能之間的关系以及它們的应用問題。

9. 金屬腐蝕与防护——研究金屬在各种介质中腐蝕的特性及其防护問題。

迄今为止，由于世界各国劳动人民和科学家們不断实践和研究的结果，金屬学已經达到了相当高的理論水平，积累了丰富的經驗，并且在繼續迅速地发展着。

偉大的社会主义国家苏联，过去对金屬学的发展作出了卓越的贡献，而今天在这一領域中的成就仍旧領先于其他国家。苏联在宇宙航行方面的輝煌成就就是一个最好的例証，因为火箭、人造卫星和宇宙飞船都需要各种新型的金屬材料。

我們偉大的祖国，在制造和使用金屬材料方面，有着悠久的历史。

在夏代（公元前2205~1766年），鑄了第一把銅劍，长3.9市尺，这是应用銅合金的开端。至殷商时代（公元前1766~1122年）就已經大量地使用銅及其合金来制造生产工具及兵器了。据周礼考工記所載：「金有六齐：六分其金而錫居其一，謂之钟鼎之齐；五分其金而錫居其一，謂之斧斤之齐；四分其金而錫居其一，謂之大刃之齐；五分其金而錫居其二，謂之削杀矢之齐；金錫半謂之齒隧之齐」。这里所說的金就是銅，齐就是合金。由此可見我国古代劳动人民早就掌握了銅錫合金中含錫量的变化对性能的影响，从而才把它們用在不同的用途上。

在鋼鉄方面，尙不能肯定其萌芽时期，但据可靠資料已知在春秋时代（距今2400年左右）已有鉄业，我国是使用鉄最早国家之一。

宋朝的沈括在他所著的梦溪笔談一书中記載了我国古代劳动人民使用鋼鉄的經驗，例如在制劍时为使劍刃鋒利而劍身柔韌，应当用鋼作劍刃而用鉄作劍身。

明朝的曹昭在格古要論（1388年）中記載了檢驗金、銀、銅、鉄及其合金的綜合方法。他所介紹的方法与今天使用的粗型分析法相符。根据目前所掌握的史料而言，利用粗型分析法来研究和檢驗金屬的組織，实为我国古代劳动人民所首創。

根据以上引用的不完全的片断材料可知，我們的祖先是勤劳勇敢的，他們在金屬的生产和使用上曾經作出了不可磨滅的贡献，而金屬学的兴起正是建筑在这些生产和使用經驗的基础之上的。但是由于我国长期停留在封建社会，統治阶级认为这些都是雕虫末技，不但不予提倡，反而任加摧殘，加之在那种社会制度下，匠师們的技术不肯公开，而生产規模又小，所以进展迟緩。鴉片战争以后，資本主义工业在我国虽然有所发展，但是半封建半殖民地的社会制度更严重束縛着生产力的发展，因而也就阻碍着科学技术的进步。只有在1949年中华人民共和国成立以后，我国劳动人民的智慧才得到了无限的发挥。

拿作为金屬学的重要基础的冶金生产来看，在旧中国，从1890年張之洞在湖北大冶开办第一个鋼鉄厂起，到1949年为止整整五十九年間的累計鋼产量只达760万吨。其中最高的年产量包括当时日寇經營的鞍鋼在內只有90万吨。到1949年全国解放前夕，全国鋼的年产量仅为十五万八千吨。这不仅远远地落在比較发达的資本主义国家后面，就連瑞典、比利时、荷兰等小国的鋼产量也比我們多。解放以前国内所用的鋼材，不仅是合金鋼材，就連建筑五金器材如窗钩、水管等在內，也无不依靠进口。解放后在党的领导下，經過三年

恢复，到1952年鋼产量就达到了135万吨/年。在第一个五年计划的最后一年（1957年），增加到535万吨。全国人民在1958年大跃进中，在党的总路线的光辉照耀下，开展了轰轰烈烈的全党全民大炼钢铁运动，使鋼的年产量在一年之间增长了一倍，达到了800万吨（不包括土鋼，下同）。1959年的继续大跃进，鋼产量达到1335万吨。1960年又达到了1845万吨。这使我国的鋼的年产量从1949年占世界第26位跃居到了第6位。我国钢铁事业这种发展的高速度，在任何资本主义国家是从来没有过的，也是永远不会有过的。（我国鋼产量从15.8万吨增长到1300万吨只用了十年，而美国用了29年，英国用了67年）。

冶金工业的发展带动着机器制造业的飞跃发展，也推动着金属学的进步。特别是经过1958年的大跃进，思想不断解放，迷信不断破除，党的领导与群众运动相结合，使我国的金属科学大放异彩，成果累累。

球墨鑄铁的生产和应用，在当代的金属材料中是一项重大的成就，而目前我国在这方面已取得一定的成就。

利用内耗方法研究鋼中碳、氮原子的扩散、脱溶、沉淀等问题已取得了一定的结果。在相变动力学方面，研究了硼对奥氏体分解为珠光体时成核及长大率的影响，贝氏体转变机构及高速鋼中残余奥氏体的分解等问题。新技术中所必需的材料如耐热合金、金属陶瓷、金属涂层、磁性材料等更是在研究工作中占据了重要地位。

金属学的研究机构已经设立多处。研究工作已取得了许多可喜的成果。我国的高等院校、中等专业学校也设立了有关的专业，培养这方面的专门人员。许多冶金工厂和机器制造工厂都设立了设备完善的金属实验室。

我们完全相信，在党和毛主席的英明领导下，全体劳动人民和金属科学工作者，利用我国地大物博的优越条件和依靠自己的双手与智慧，必然会创造出更加优异的成绩，并在短时期内跃入世界金属科学的最先进行列中去。

第一篇 金屬的結構与結晶

第一章 金屬的結構与性质

第一节 金屬的一般概念

金屬是具有光澤、可鍛性以及高的导电性与导热性的物体。

但是光澤和可鍛性并不能作为区别金屬与非金屬的基本标志；因为有些金屬（如銻）在一般条件下不能鍛压成形，而粉末金屬也可能沒有光澤；只有导电性才是金屬的基本性能。相对于非金屬而言，金屬具有小的电阻率。表 I-1 列出一些金屬与非金屬的电阻率。

但从表 I-1 也可看出：某些金屬（鉍、錳）的电阻率和某些非金屬（碳）的电阻率並沒有多大区别。因此单凭导电性来区别金屬与非金屬还是不够的。

一切物质的电阻都和温度有关，金屬的电阻随温度的升高而增大；而非金屬的电阻却随温度的升高而减小。电阻随温度变化的关系才是区别金屬与非金屬的基本标志。

表 I-1 某些金屬与非金屬的电阻率（欧姆厘米）

金 屬	銀	1.50×10^{-6}	非 金 屬	碳	1400×10^{-6}
	銅	1.55×10^{-6}		硅	85×10^{-3}
	金	2.06×10^{-6}		磷	1×10^5
	鋁	2.62×10^{-6}		硫	1.9×10^{11}
	鉛	21.9×10^{-6}			
	錳	71.0×10^{-6}			
	鉍	106.8×10^{-6}			



图 I-1 金屬結構簡图。

电阻和温度的关系与物质内部原子或分子的結合有关。金屬原子間的結合是由于失去价电子而帶有正电荷的离子（以后按照习惯均称为原子）与帶有負电荷的公有化的电子（自由电子）相互吸引的結果，如图 I-1 所示。自由电子在原子之間川流不息，在外电压的作用下就会发生定向的流动，这便可以解释金屬为何具有高的导电性。随着温度的升高，原子振动的頻率和振幅均要增大，这就阻碍自由电子的运动，使导电性下降，电阻率增大。

非金屬沒有金屬結合的特点，因之导电性很差。但是随着温度的升高，脱离原子而获得自由的电子的数目增多；而原子振动的加剧对导电性的影响較小；故温度升高，非金屬的导电性增大，电阻率下降。

在已发现的 102 种元素中，有 70 种左右是金屬。但是要想把金屬与非金屬严格地分开还是一件很不容易的事。因为从性质上讲，有些元素的性质介于金屬与非金屬之間，屬此屬彼，难以划分。周期表中 14、15 及一部分 13 組中的元素就是如此；它們不能无条件地算成金屬或非金屬，而是处于中間过渡的位置。表 I-2 給出門德雷业夫周期表。

表 1-2 門德雷夫夫周期表

序 號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18											
1	(1. H) 氫																(2. He) 氦												
2	3. Li 鋰																9. F 氟	10. Ne 氖											
3	11. Na 鈉																17. Cl 氯	18. Ar 氬											
4	19. K 鉀																35. Br 溴	36. Kr 氪											
5	37. Rb 銣																53. I 碘	54. Xe 氙											
6	55. Cs 銫																85. At 砒	86. Rn 氡											
7	87. Fr 鈾																?	?											
元素晶格符號												過渡族元素							銅族		錒系族(錒族)								
面心立方晶格 體心立方晶格 金屬石立方型晶格 複雜立方晶格												六方晶格 密排六方晶格 正方晶格 斜方晶格																	
□												○																	
□												○																	
⊠												□																	
田												◇																	

第二节 結晶格子

1 晶体与非晶体

固体可分为晶体和非晶体，两者在本质上的区别就在于原子或分子排列的情况不同。在晶体中，原子或分子的排列有着一定的規則次序；在非晶体中，原子或分子的排列是比较紊乱的。

由于原子或分子排列的本质差别，因而晶体和非晶体的特性就不相同。非晶体的断口