



教育部 高职高专规划教材

无机化学

(五年制)

● 林俊杰 王静 主编

化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

无机化学

(五年制)

林俊杰 王 静 主编

化学工业出版社
教材出版中心
·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

无机化学 (五年制) / 林俊杰, 王静主编. — 北京:
化学工业出版社, 2002.5
教育部高职高专规划教材
ISBN 7-5025-3651-5

I. 无… II. ①林… ②王… III. 无机化学-高等
学校: 技术学校-教材 IV. 061

中国版本图书馆CIP数据核字 (2002) 第015484号

教育部高职高专规划教材

无 机 化 学

(五年制)

林俊杰 王 静 主编

责任编辑: 陈有华

责任校对: 蒋 宇

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社

出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市燕山印刷厂印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 21 彩插 1 字数 506 千字

2002 年 6 月第 1 版 2002 年 8 月北京第 2 次印刷

ISBN 7-5025-3651-5/G·992

定 价: 30.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

随着社会的发展、科技的进步、改革开放步伐的加快，社会主义市场经济进一步建立和完善，社会对改革的要求越来越高，越来越紧迫。社会不仅需要通才，更需要专才。也就是说，社会主义现代化的新的发展阶段迫切需要培养和造就一大批高素质的劳动者和实用人才。高等职业教育的发展，是与社会主义市场经济发展的需要相适应的，它是实施科教兴国战略、提高劳动素质、促进社会经济发展的重要途径。

本书的编写由全国石化行业职业教育教学指导委员会领导和组织，意在适应职业教育的发展和解决高等职业教育教材急需的问题。教材的编写着力于反应高等职业教育的特点，突出实用性和实践性；着力于学生综合素质的形成，培养学生的科学思想方法和创新能力；认真贯彻必需、够用为度的原则。以利于学生的后续课程的学习和为持续教育打下较坚实的基础。在编写过程中尽管涉及的知识面较宽，但力求不攀高，使之保持适宜的深度。

本书在相应的内容后均安排有相关的实验，以利学生理论联系实际，巩固知识。同时还在相关内容后，安排了一些相应的阅读材料，以利学生拓宽知识，提高学习兴趣。

在使用本教材时，各校可根据教学计划的安排和教学大纲的要求以及本校的具体情况对内容的分量进行适当的增减与取舍。带“*”的内容可作为选学内容。

本书由林俊杰、王静担任主编。参加本书编写工作的有张正兢（编写第四、十二、十五章）、徐少华（编写第五、八、九章）、陈东旭（编写第一、三、十章）、王静（编写绪论、第二、六、七章）、林俊杰（编写第十一、十三、十四章）。本书承天津渤海职业技术学院伍承樑老师担任主审。书稿虽经反复审阅、修改后定稿，但由于时间仓促，编者水平有限，定有不少错漏，恳请同行和读者批评指正。

本书在编写出版过程中，始终得到全国石化行业职业教育教学指导委员会、化学工业出版社和有关学校的大力支持，在此一并致谢！

编 者

2002 年 1 月

目 录

本书常用符号的意义及单位	1
绪 论	2
一、无机化学的研究对象	2
二、无机化学的发展	2
三、化学在国民经济和日常生活中的作用及其发展前景	2
四、无机化学课程的任务和学习方法	4
第一章 化学基本量和化学计算	5
第一节 物质的量	5
一、物质的量	5
二、摩尔质量	6
三、气体的标准摩尔体积	7
第二节 溶液的浓度	9
一、溶液中溶质的质量分数	9
二、溶液的浓度	9
第三节 化学方程式及根据化学方程式的计算	11
一、化学方程式	11
二、热化学方程式	11
三、原料利用率和产品产率	12
四、根据化学方程式的计算	12
本章小结	15
思考题与习题	16
实验 准备实验	17
阅读材料 国际单位制 (SI)	19
第二章 碱金属和碱土金属	21
第一节 氧化还原反应	21
一、氧化数	21
二、氧化还原反应	22
三、氧化还原反应方程式的配平——氧化数法	22
第二节 碱金属和碱土金属的通性	24
一、碱金属和碱土金属的通性	24
二、焰色反应	25
第三节 钾、钠、钙、镁单质及其重要化合物	25
一、钾、钠、钙、镁单质的性质	25
二、钾、钠、钙、镁的制备和用途	26
三、钾、钠、钙、镁的重要化合物	27

第四节 离子反应	30
一、电解质	30
二、离子反应和离子方程式	31
三、离子互换反应进行的条件	32
* 第五节 硬水及其软化	32
一、硬水和软水	32
二、硬水的危害	33
三、硬水的软化	33
本章小结	34
思考题与习题	35
实验 碱金属和碱土金属及其重要化合物	37
阅读材料 海水化学资源	38
第三章 卤素	40
第一节 卤素的性质	40
一、卤素的通性	40
二、卤素的化学性质	41
三、卤素的制取	43
四、卤素的用途	44
第二节 卤素的重要化合物	44
一、卤化氢和氢卤酸	44
二、氯的含氧酸及其盐	46
第三节 卤素及其化合物的性质比较	48
一、卤素单质的性质比较	48
二、卤化氢(氢卤酸)的性质比较	48
三、卤离子的性质比较	48
四、卤素含氧酸及其盐的性质比较	49
本章小结	49
思考题与习题	50
实验 卤素	51
阅读材料 拟卤素	53
第四章 原子结构和元素周期律	55
第一节 原子的组成和同位素	55
一、原子的组成	55
二、同位素	56
第二节 原子核外电子的运动状态	56
一、电子云	56
二、核外电子的运动状态	57
第三节 核外电子的排布规律	59
一、泡利不相容原理	59
二、能量最低原理	60

三、洪德规则	61
四、全空、半充满、全充满状态	62
第四节 元素周期律和元素周期表	63
一、元素周期律	63
二、元素周期表	63
第五节 周期表中元素性质的递变规律	65
一、原子半径	65
二、金属性和非金属性	66
三、氧化数	69
四、元素周期表的意义及应用	70
本章小结	71
思考题与习题	72
阅读材料 四个量子数	73
第五章 分子结构	75
第一节 化学键	75
一、离子键	75
二、共价键	77
三、金属键	84
第二节 分子间力	84
一、分子的极性	84
二、分子的极化	87
三、分子间力	87
四、分子间力与物质性质的关系	88
五、氢键	89
第三节 晶体的基本类型	90
一、晶体的特征	90
二、晶体的基本概念	90
三、晶体的基本类型	91
四、层状晶体	93
* 五、理想晶体和实际晶体	93
本章小结	94
思考题与习题	96
阅读材料 杰出的化学家——鲍林	97
第六章 化学反应速率和化学平衡	100
第一节 化学反应速率	100
一、化学反应速率	100
二、影响化学反应速率的因素	101
第二节 化学平衡	103
一、可逆反应	103
二、化学平衡	104

三、气体分压定律 化学平衡常数	104
四、有关化学平衡的计算	107
第三节 化学平衡的移动	108
一、浓度对化学平衡的影响	108
二、压力对化学平衡的影响	109
三、温度对化学平衡的影响	110
四、催化剂与化学平衡	110
五、勒夏特列原理	110
本章小结	111
思考题与习题	112
实验 化学反应速率与化学平衡	113
阅读材料 化学反应速率和化学平衡在生产中的应用	115
第七章 电解质溶液	117
第一节 电解质的电离	117
一、弱电解质的电离平衡	117
二、电离常数和电离度的关系	118
三、多元弱酸的电离平衡	119
* 四、强电解质在水溶液中的状况	120
第二节 水的电离和溶液的 pH	120
一、水的电离平衡和水的离子积	120
二、溶液的酸碱性和溶液的 pH	121
三、酸碱指示剂	122
第三节 盐类的水解	122
一、水解常数 水解度	123
二、盐类的水解	123
三、影响盐类水解的因素	127
四、水解理论的应用	127
第四节 同离子效应和缓冲溶液	128
一、同离子效应	128
二、缓冲溶液	128
第五节 难溶电解质的溶解沉淀平衡	130
一、溶度积	131
二、溶度积和溶解度的相互换算	131
三、溶度积规则及应用	132
本章小结	138
思考题与习题	139
实验 电解质溶液	140
阅读材料 酸碱理论简介	142
第八章 硼族元素	144
第一节 硼族元素的特性	144

一、价电子层构型与元素性质递变·····	144
二、缺电子原子和缺电子化合物·····	145
第二节 硼的重要的化合物·····	145
一、硼的卤化物·····	145
二、硼酸及其盐·····	146
三、硼氢化合物——乙硼烷·····	147
第三节 铝及其重要化合物·····	147
一、铝的性质和制备·····	147
二、氧化铝和氢氧化铝·····	149
三、铝盐·····	150
本章小结·····	151
思考题与习题·····	151
实验 硼、铝及其重要化合物的性质·····	152
阅读材料 新型无机材料简介·····	153
第九章 碳族元素 ·····	155
第一节 碳族元素的性质·····	155
一、价电子层构型·····	155
二、性质递变·····	155
第二节 碳的重要化合物·····	156
一、氧化物·····	156
二、碳酸·····	157
三、碳酸盐·····	157
* 四、纯碱的工业生产·····	159
第三节 硅的重要化合物·····	160
一、二氧化硅·····	160
二、硅酸·····	161
三、硅酸盐·····	162
* 四、分子筛·····	162
第四节 锡和铅的重要化合物·····	163
一、二氧化铅·····	163
二、氯化亚锡·····	164
三、锡和铅的氢氧化物·····	165
四、铅盐·····	165
本章小结·····	166
思考题与习题·····	167
实验 碳、硅、锡、铅重要化合物的性质·····	167
阅读材料(I) 二氧化碳对大气的污染——温室效应·····	171
阅读材料(II) 铅对人体的危害及含铅废水的处理·····	171
第十章 电化学基础 ·····	172
第一节 原电池·····	172

一、原电池	172
二、离子-电子法配平氧化还原反应方程式	174
三、原电池的电动势	176
第二节 电极电势	176
一、标准氢电极	176
二、标准电极电势值的测定	177
三、标准电极电势表	177
四、影响电极电势的因素——能斯特方程式	178
第三节 电极电势的应用	179
一、判断原电池的正、负极	179
二、判断氧化剂和还原剂的相对强弱	179
三、判断氧化还原反应进行的方向	180
四、判断氧化还原反应发生的次序	181
* 五、计算氧化还原反应的平衡常数	181
第四节 电解	182
一、电解原理	182
二、电解的应用	184
* 第五节 金属的腐蚀与防护	185
一、金属的腐蚀	185
二、金属的防护	186
本章小结	187
思考题与习题	188
实验 氧化还原反应与电化学基础	190
阅读材料 化学电源简介	192
第十一章 氮族元素	195
第一节 氮族元素概述	195
一、氮族元素的一般特性	195
二、氮和磷	196
第二节 氮族元素的重要化合物	198
一、氮和铵盐	198
二、氮的氧化物	201
三、亚硝酸及其盐	202
四、硝酸及其盐	203
五、磷的含氧酸	205
六、磷酸盐	206
七、砷、锑、铋的盐	207
本章小结	207
思考题与习题	210
实验 氮、磷、砷、锑、铋重要化合物的性质	212
阅读材料 再说氮族元素	214

第十二章 氧族元素	216
第一节 氧族元素的特性	216
一、价电子层构型	216
二、性质递变	216
第二节 氧 臭氧 过氧化氢	216
一、氧和臭氧	216
二、过氧化氢的性质	217
第三节 硫 硫化氢及硫化物	219
一、硫	219
二、硫化氢	220
三、硫化物的溶解性	221
第四节 硫的含氧化合物	222
一、二氧化硫 亚硫酸及其盐	222
二、三氧化硫 硫酸及其盐	224
三、硫的其他含氧酸及其盐	226
本章小结	228
思考题与习题	229
实验 氧、硫重要化合物的性质	230
阅读材料 臭氧与大自然的关系	232
第十三章 配位化合物	234
第一节 配合物的基本概念	234
一、配合物的定义	234
二、配合物的组成	235
三、配合物的命名	237
第二节 配合物的价键理论	237
一、价键理论的基本内容	237
二、配合物的空间构型	238
三、配位数与配合物的结构	238
第三节 配合物的稳定性	240
一、配位平衡及其常数	240
二、配位平衡的移动	242
第四节 内配合物简介	246
第五节 配位理论的应用	248
一、配合物形成时的特征	248
二、配位理论的应用	248
本章小结	251
思考题与习题	252
实验 配合物的生成和性质	254
阅读材料 特殊配合物及其应用	256
第十四章 过渡元素	258

第一节 过渡元素的特性	258
一、电子层结构	258
二、过渡元素的特性	258
第二节 铜、银、锌、汞及其重要化合物	259
一、锌和汞的单质	259
二、铜和银的化合物	260
三、锌和汞的化合物	262
第三节 铬、锰及其重要化合物	264
一、铬及其重要化合物	264
二、锰及其重要化合物	265
第四节 铁、钴、镍及其重要化合物	266
一、氧化物	266
二、氢氧化物	266
三、盐类	267
四、配合物	267
本章小结	269
思考题与习题	270
实验 铜、锌、银、汞、铬、锰、铁、钴、镍的重要化合物	272
阅读材料(Ⅰ) 镧系元素和锕系元素简介	277
阅读材料(Ⅱ) 元素与人体健康	280
第十五章 滴定分析法	282
第一节 滴定分析法	282
一、概述	282
二、标准溶液	284
三、滴定分析的计算	285
四、滴定分析的误差	286
第二节 酸碱滴定法	287
一、方法原理	287
二、滴定曲线及指示剂的选择	290
三、应用实例	293
第三节 沉淀滴定法	294
一、方法原理	294
二、应用实例	295
第四节 配位滴定法	296
一、方法原理	296
二、应用实例	301
第五节 氧化还原滴定法	302
一、高锰酸钾法	302
二、碘量法	303
本章小结	305

思考题与习题	306
阅读材料 费休法测定微量水分	307
附录	309
附录 I 强酸、强碱、氨溶液的质量分数(w)与密度(ρ)及浓度(c)关系表	309
附录 II 碱、酸和盐的溶解性表 (293K)	310
附录 III 电离常数表	310
附录 IV 溶度积常数	311
附录 V 电极电势表 (298.15K)	312
附录 VI 配合物的稳定常数	315
参考文献	316
元素周期表	

本书常用符号的意义及单位

符 号	意 义	单 位
N_A	阿伏加德罗常数	$6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$
N_B	B 物质的基本单元数	
n_B	B 物质的物质的量	mol
m_B	B 物质的质量	g
M_B	B 物质的摩尔质量	g/mol
$V_{m,0}$	气体的标准摩尔体积	$22.4\text{L}/\text{mol}$
w_B	B 物质的质量分数	无单位
ρ	质量浓度、密度	g/L、g/cm ³
c_B	溶质 B 的物质的量浓度	mol/L
c'	相对浓度	无单位
V	溶液的体积、气体的体积	L 或 mL
q	反应热	kJ/mol
$E^\ominus$	原电池的标准电动势	V
$\varphi^\ominus$	标准电极电势	V
ϕ	电极电势	V
T	热力学温度	K
v	反应速率	mol/(L·S)mol/(L·min)等
p	压强	Pa kPa
$K^\ominus$	标准化学平衡常数	无量纲
ε	反应转化率	%
$K_a^\ominus, K_b^\ominus$	酸、碱标准电离平衡常数	无量纲
Q, Q_c	反应熵、浓度熵	无量纲
α	电离度	%
K_w	水的标准离子积	无量纲
$K_h^\ominus$	标准水解平衡常数	无量纲
h	水解度	%
$K_{sp}^\ominus$	标准溶度积常数	无量纲
S	溶解度	g/100gH ₂ O
μ	偶极矩	C·m
$K_{稳}^\ominus, K_{不稳}^\ominus$	配离子的标准稳定常数和不稳定常数	无量纲
$T_{B/A}$	标准溶液 A 对被测组分 B 的滴定度	g/mL

绪 论

一、无机化学的研究对象

世界是由物质所组成的，物质世界处于永恒的运动之中。化学变化就是物质运动的形式之一——物质的化学运动。研究化学的目的，在于认识物质的性质以及物质化学运动的规律，并将这些规律用于生产，将天然资源经过化学变化加工成可以为人类生产、生活的各种物质资料。然而，世界上的物质是多种多样的，由于物质的性质决定于物质的组成和结构，为了从本质上掌握化学变化的规律，化学必须首先研究物质的组成、结构、性质及其相互关系。此外，化学变化中还常发生放热、吸热、光、电等现象，所以，化学是研究物质的组成、结构、性质及其变化规律和变化过程中的能量关系的一门科学。

无机化学是化学科学中发展最早的一门分支学科，它主要承担着研究化学变化的基本原理、重要规律和元素、单质及其化合物（除碳氢化合物及其衍生物）的性质、存在、制备及用途的重大任务。

二、无机化学的发展

和其他学科一样，化学这门科学也起源于人类的生产活动。从最初的烧制陶瓷、原始的金属冶炼到造纸、火药的发明……，都是从生产实践中发展起来的古代实用化学，它所涉及的原料及成品几乎都是无机物，所以最初的化学是无机化学。化学的发展也是从无机物的研究开始的。

17 世纪的欧洲产业化革命，使社会生产发生了很大变化。由于冶金、化工生产的发展，人们积累了大量关于物质转化的新知识，从而加快了对物质世界的认识产生了飞跃。

从 18 世纪中叶到 19 世纪中叶的一百多年中，随着生产和科学实验的不断发展，发现了许许多多新的元素。特别是 19 世纪 60 年代元素周期律的发现，奠定了现代无机化学的基础。

20 世纪 40 年代以来，由于原子能工业、电子工业、宇航、激光等新兴工业和尖端科学技术的发展，对有特殊性能的无机材料的需求日益增多，从而使无机化学在理论和实践方面有了许多新的突破。特别是结构理论的发展（化学键、配合物）和现代物理方法的使用，使人们对无机物的结构和变化规律有了更加系统而深入的认识。当今无机材料化学、生物无机化学、金属有机化学是无机化学中最为活跃的一些领域，而物理无机化学、无机高分子化学、稀有元素化学、能源化学、环境化学等新的边缘学科也都生机勃勃。无机化学和其他化学分支一样，正从基本上是描述性的科学向推理性的科学过渡，从定性向定量过渡，从宏观向微观深入，一个比较完整的、理论化的、定量化的和微观化的现代无机化学新体系正在迅速地建立起来。

三、化学在国民经济和日常生活中的作用及其发展前景

化学在国民经济和日常生活中的作用是极其重大的。可以想象，如果自然水不加以纯化，如果农作物不施用农药和化肥，如果不从矿石中冶炼各种金属，如果无法从自然资源中提取大量的纯物质及合成新物质……，那么国民经济和人们的日常生活将不堪设想。相反，

正是由于有了化学、化学工业和其他科学技术的发展，国民经济才能健康发展，人们的日常生活才能得到保证。

随着社会的不断进步，科学技术的不断发展，现代工业需要多种具有特殊性能的合成材料。如现代国防建设需要特种合金、纯质非金属材料 and 弹药；电子工业需要稀有元素高纯物质；轻纺工业需要合成纤维、合成橡胶、塑料；农业现代化需要高效、低毒、不污染环境的化肥和农药；近代技术发展需要的半导体、激光、原子能、航空航天器材等等，其中不少属于无机合成材料或无机化学品。这将不断为无机化学特别是无机合成等学科提出新的任务。当前，环境的污染和破坏越来越威胁着人类的生存。在防治环境污染方面，化学也将起着重要作用。化学对提高人类的物质文化水平和满足人类精神生活需要方面的作用也是不可低估的。

21 世纪，人们更加密切地关注着科学的发展，因为科学已成为人类社会进步与发展的关键。而科学的飞速发展，最大的动力是国民经济的需要。作为通向未来的钥匙的化学，为解决人类的需求，毫无疑问将同其他领域科学协同发展。

无机化学涉及的范围很宽，实际上周期表中的一百多种元素以及除了碳氢化合物及其衍生物以外的所有化合物都是无机化学研究的对象，因此，无机化学的研究任务非常繁重，前途十分广阔，是一门丰富多彩具有无限发展前景的学科。

现代无机化学的发展具有三个特点，即从宏观到微观，从定性向定量，既分化又综合，因而出现了许多边缘学科。当今世界所面临的能源、食物、自然资源的不足以及环境恶化的威胁，坚持可持续发展战略成了全球的共识。人类对征服疾病，认识自身也提出了更新的要求。我们既面临挑战又适逢机遇，可以肯定的预言，化学将会在以下众多方面做出新的贡献。

能源科学 能源是一个国家工业的粮食，化学家要在核能、太阳能的利用上唱主角，例如化学法储存是太阳能利用中进行能量储存较有希望的一种方法；燃料电池的研究；低品位热源的利用等。

材料科学 材料是科学技术的先导。新的无机材料的合成，特别是薄膜材料（如微电子材料，光导、超导材料，光敏材料，抗磨损、耐腐蚀材料等）以及纳米材料，越来越显示出重要作用。它们不仅对未来的粮食和能源孕育着希望，也是发展现代无机化学的起点。

生命科学 生命过程离不开蛋白质和核酸等大分子的参与。它对了解与人类健康密切相关的生化过程，研究营养素，改善膳食，制配新药，增进人们的健康，延长寿命等有着密切关系，也是化学家需要研究的一大领域。

环境科学 它是一门防止污染的化学。如何去解决环境、空气和水的污染，特别是全球面临的三大环境问题，即臭氧空洞的形成，温室效应和酸雨，都是化学家奋斗的目标。

计算机科学 近年来，电子信息产业发展迅猛，其中包括基材^①、光刻胶、掺杂剂、封装材料及专用清洗剂等，特别是生物芯片的产生，提出一些蛋白质的主要功能不是构成生物体的某种结构，而是用于传输和处理信息。生物计算的发展所带来的生物芯片，即 DNA 芯片，使人们所追求的数据并行处理和芯片自修复功能有可能实现。

食品科学 随着世界范围内的耕地资源的逐年减少，粮食生产将面临严峻形势，解决这一难题也离不开化学。化学对提高农业的生产效益起着极为突出的作用。如化肥、植物激素

① 基片材料，可在其上制造电子元件或电子电路（集成电路）。

及生长调节物质、昆虫激素及生产调节物质、固氮和光合作用、海洋食物、生物活性分子的分离和鉴定等，对提高粮食产量及食品开发起着重要的作用。

总之，化学将对人类生活产生日益重大的影响。今天，化学和物理一起已经成为当代自然科学的核心。化学已成为高科技发展的支柱。化学与人类的生存息息相关，现代化的科学文明和美好生活都不能缺少化学这块基石。

四、无机化学课程的任务和学习方法

无机化学是高等职业技术学院石油与化工类专业及有关相近专业必修的第一门化学基础课程。本课程立足于新的课程体系基础之上，对无机化学及分析化学中的容量分析部分进行优化组合。课程任务是使学生在初中化学知识的基础上，进一步学习无机化学及分析化学中的基础理论、基础知识，掌握化学反应的一般规律和基本化学计算方法，学习常见元素及其化合物的性质，同时通过化学实验操作的基本训练，培养学生分析问题、解决问题的能力，为学习后续课程和从事科学技术工作打下比较巩固的基础。

在学习中要求学生把理论课同实验课很好地结合起来，既要牢固掌握基本理论和知识，又要学会基本的实验技能，并具有一定的分析和解决实际问题的能力以及科学的思维方法。学习基础理论时，要坚持理论联系实际的原则，决不能机械地生搬硬套，一定要以实验为依据，要重视对基本概念的理解、记忆和应用，反对单纯死记硬背，在理解的基础上加强记忆。要注重增强阅读能力，不仅对教材要反复阅读，而且要充分利用图书馆、资料室、通过阅读多种参考书籍及资料，帮助自己更加深刻地理解及掌握所学知识。要提高课堂效率，听好每一节课，根据各章的学习目标，抓住重点和主线进行学习。实验课要仔细操作，仔细观察实验现象，多问几个为什么，要认真作好记录，并根据实验记录和所学的理论知识写出完整的实验报告。在学习、复习的过程中，要注意前后知识的联系和理论知识的应用，逐步学会运用所学的基础理论去分析物质的性质，分析物质间的转化及其内在的联系，从而找出带有规律性的东西，只有这样才能使所学的知识条理化、系统化，才能加深理解和记忆。