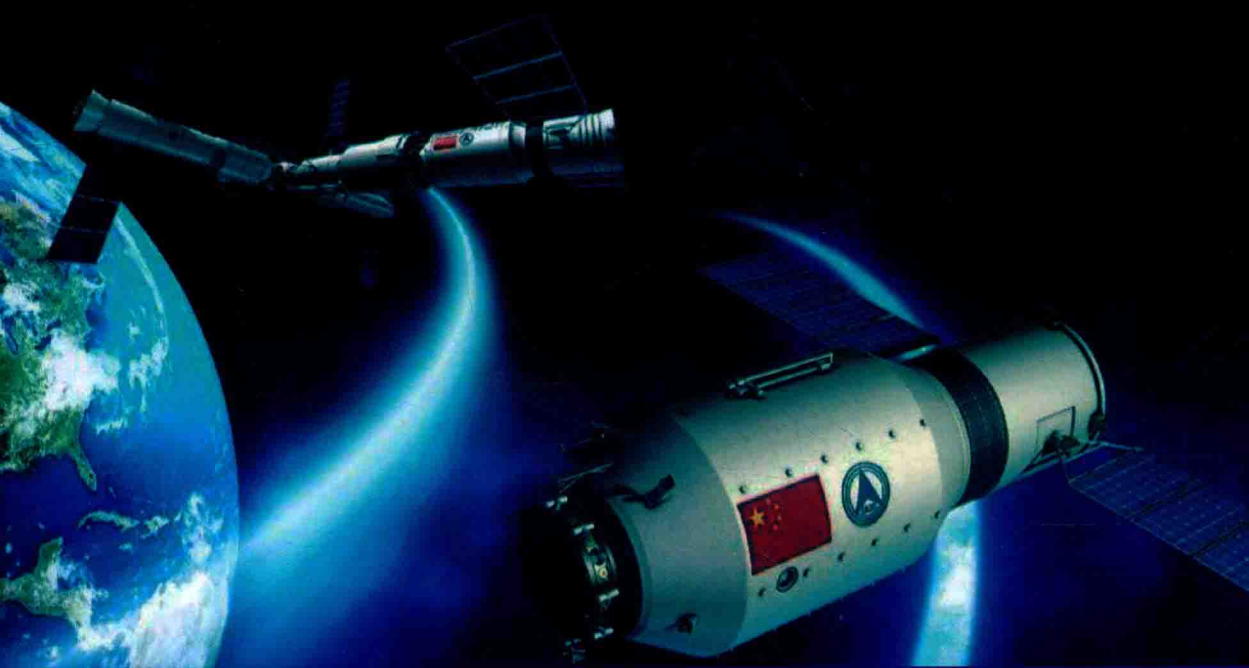


Introduction to Aerospace  
Materials Chemistry

# 航空航天 材料化学概论

江雷 朱英 等 编著



科学出版社

# 航空航天材料化学概论

江 雷 朱 英 等 编著

科学出版社

北 京

## 内 容 简 介

化学作为一门“核心、实用和富有创造性”的科学，在国家工业生产、经济发展、环境安全和民生健康等相关领域的发展中具有无可替代的作用与价值。航空航天技术是衡量一个国家综合实力的指标，化学为航空航天技术提供了创造新物质的重要手段，对航空航天技术发展起到了强有力的支撑和保障作用。为帮助了解化学材料在航空航天领域的研究与进展，本书全面地介绍了元素周期表中的元素及其化合物，以及碳材料和高分子材料的结构、性质及其在航空航天领域的应用实例。

本书可为航空航天领域的科研人员以及相关专业的本科生和研究生提供参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

航空航天材料化学概论 / 江雷等编著. —北京: 科学出版社, 2019.6

ISBN 978-7-03-060761-4

I. ①航… II. ①江… ②朱… III. ①航空材料—材料科学—应用化学 ②航天材料—材料科学—应用化学 IV. ①V25

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第043683号

责任编辑: 张淑晓 宁 倩 / 责任校对: 杜子昂

责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

http://www.sciencep.com

天津市文林印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2019年6月第一版 开本: 787×1092 1/16

2019年6月第一次印刷 印张: 27 3/4

字数: 635 000

定价: 138.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

# 前 言

化学元素周期表的发现是人类最重要的科学成就之一，是化学发展的一个重要里程碑，对其他自然学科如生物学、天文学、物理学等的发展都具有广泛的意义。化学可为人类社会的可持续发展提供能源、健康、农业、航空航天和教育等方面的解决方案。正是基于化学元素对人类的重大贡献，2017年12月20日，联合国将2019年列为“国际化学元素周期表年”。

航空航天是人类利用载人或无人飞行器在地球大气层内外进行的航行活动，大大改变了交通运输的结构，不但提供了一种快速、方便、安全、舒适的交通运输手段，而且给国民经济各部门带来直接的经济效益。化学作为一门中心学科，承担着制造新物质和研发新材料的任务，这势必为航空航天领域的发展提供强有力的工具。氢气作为高效燃料将中国大推力运载火箭长征五号成功送入太空；第三代铝锂合金、碳纤维复合材料应用在中国的大飞机C919众多部件；梦想号波音787梦想客机和空客A380都将锂电池作为主电池系统；北斗导航卫星系统采用了高精度铷原子钟和氢原子钟提供高度精确的时间；过氧化锂为载人航天器的生命保障系统提供氧气。总之，航空航天领域的发展，需要高效的燃料、轻质高强的新材料、高性能的化学电源、更加精确的时间和可靠的生命维持系统，这一系列的需求都离不开化学元素优化组合产生的新物质。本书以化学元素基本物理化学性质为主线，系统介绍它们的单质及其化合物的结构特征、制备方法、特性以及应用领域，着重介绍它们在航空航天领域相关研究中的发展及其为人类探索未知科学领域和未知宇宙空间作出的重要贡献。

北京航空航天大学化学学院自2008年成立以来，一直以“建设具有航空航天特色的国际一流化学学院”为目标。为庆祝北京航空航天大学化学学院成立十周年，在一线教学的老师们总结了近年来航空航天特色基础化学教学内容编成此书，旨在建设具有航空航天特色的化学学科。本书涵盖了元素周期表中所有的元素及其化合物，以及碳材料和高分子材料在航空航天领域的应用实例和在其他领域的应用和发展，为航空航天类相关专业的本科生、研究生、教师和该领域科技人员提供参考。衷心感谢衡利莘、孙晓波、王哲、田东亮、王女、吴俊涛、赵勇、侯永平、王景明、鹿现永、周苇、刘欢、霍利军、王华、杨中甲、程群峰和王明存老师参与本书的编写工作。在本书编写过程中，也得到了北京航空航天大学化学学院其他许多老师的大力协助和支持，在此表示衷心感谢。

由于编者的学识和精力有限，书中难免存在疏漏之处，诚恳希望读者批评指正。

编 者

2018年12月

# 目 录

## 前言

第1章 绪论	1
1.1 化学元素的发展	1
1.2 化学元素周期表	2
1.3 化学在社会发展中的作用	4
参考文献	5
第2章 碱金属	6
2.1 碱金属元素的性质	6
2.2 碱金属的单质	7
2.2.1 物理性质	7
2.2.2 化学性质	7
2.3 碱金属的化合物	9
2.3.1 氧化物	9
2.3.2 氢氧化物	10
2.3.3 盐类	12
2.4 碱金属在航空航天领域的应用	12
2.4.1 单质与合金	12
2.4.2 化合物	14
2.4.3 电池	15
2.4.4 原子钟	17
参考文献	18
第3章 碱土金属	20
3.1 引言	20
3.2 碱土金属单质的物理和化学性质	21
3.2.1 基本物理性质	21
3.2.2 物理性质的递变性	21
3.2.3 物理性质的特性	22
3.2.4 基本化学性质	25
3.2.5 化学性质的递变性	25
3.2.6 化学性质的特性	26
3.3 碱土金属化合物的物理与化学性质	27

3.3.1	氧化物	27
3.3.2	过氧化物	28
3.3.3	氢氧化物	28
3.3.4	氢化物	28
3.3.5	氮化物	28
3.3.6	卤化物	29
3.3.7	碱土金属的盐	29
3.4	碱土金属在航空航天领域的应用	31
3.4.1	铍及其合金在航空航天领域的应用	31
3.4.2	镁及其合金在航空航天领域的应用	34
3.4.3	钙元素在航空航天领域的应用	38
3.4.4	锶元素在航空航天领域的应用	39
3.4.5	碱土金属元素的多元合金	40
	参考文献	40
<b>第4章</b>	<b>硼族元素</b>	<b>42</b>
4.1	引言	42
4.2	硼及其化合物	43
4.2.1	单质硼	44
4.2.2	硼的化合物	46
4.2.3	硼及其化合物的应用	52
4.3	铝及其化合物	55
4.3.1	铝单质	55
4.3.2	铝的化合物	56
4.3.3	铝合金的应用	58
4.4	镓、铟、铊	60
	参考文献	62
<b>第5章</b>	<b>碳族元素</b>	<b>64</b>
5.1	引言	64
5.2	单质的物理和化学性质	64
5.2.1	碳单质	64
5.2.2	硅单质	68
5.2.3	锗分族单质	69
5.3	化合物的物理与化学性质	71
5.3.1	碳化合物	71
5.3.2	硅化合物	75
5.3.3	锗分族化合物	76
5.4	碳族元素与化合物在航空航天领域的应用	79

5.4.1 碳及其化合物的应用	79
5.4.2 硅及其化合物的应用	80
5.4.3 锗及其化合物的应用	81
参考文献	82
<b>第 6 章 氮族元素</b>	<b>83</b>
6.1 氮	83
6.2 氨和铵盐	85
6.2.1 氨	85
6.2.2 铵盐	86
6.3 氮的含氧化合物	86
6.3.1 氮的氧化物	86
6.3.2 氮的含氧酸及其盐	88
6.4 磷与砷、锑、铋	91
6.4.1 磷在自然界中的分布与单质磷	91
6.4.2 磷的含氧化合物	92
6.4.3 砷、锑、铋的单质及重要化合物	94
6.5 氮族元素在航空航天领域的应用	97
6.5.1 概述	97
6.5.2 硝基氧化剂	98
6.5.3 肼类燃烧剂	99
参考文献	101
<b>第 7 章 氧族元素</b>	<b>102</b>
7.1 氧族简介	102
7.2 氧	103
7.2.1 氧的成键特征	103
7.2.2 氧分子和氧分子离子	103
7.2.3 臭氧	106
7.2.4 氧和 p 区元素的氧化物	109
7.2.5 过氧化氢	109
7.2.6 三氧化硫和二氧化硫	112
7.2.7 金属氧化物	112
7.2.8 氧在航空航天领域的应用	113
7.3 硫	115
7.3.1 单质硫的同素异形体	116
7.3.2 硫化氢、硫化物和多硫化物	117
7.3.3 硫的氧化物、含氧酸及其盐	118
7.3.4 非金属含氧酸结构简介	120

7.3.5 硫的其他含氧酸及其盐	121
7.3.6 硫的生物作用	123
7.3.7 硫元素在航空航天领域的应用	124
7.4 硒和碲	125
7.4.1 硒的简介	125
7.4.2 硒的化学性质	126
7.4.3 碲的简介	127
7.4.4 硒和碲的含氧酸	127
7.4.5 金属的硫化物、硒化物和碲化物	128
7.4.6 硒在航空航天领域的应用	128
7.4.7 碲在航空航天领域的应用	129
7.5 钋	131
7.5.1 钋元素简介	131
7.5.2 钋元素在航空航天领域的应用	131
参考文献	132
<b>第8章 卤族元素</b>	<b>134</b>
8.1 引言	134
8.2 卤素单质的物理和化学性质	135
8.2.1 与单质作用	136
8.2.2 卤素间的置换反应	137
8.2.3 与水(酸、碱)作用	137
8.3 卤素化合物的物理与化学性质	138
8.3.1 卤化氢与氢卤酸	138
8.3.2 卤素氧化物	139
8.3.3 卤素的含氧酸及其盐	140
8.4 卤素在航空航天领域的应用	143
8.4.1 含氟化合物	143
8.4.2 含氯化合物	146
8.4.3 含溴化合物	147
8.4.4 含碘化合物	147
参考文献	147
<b>第9章 惰性气体</b>	<b>149</b>
9.1 惰性气体性质	149
9.2 惰性气体的发现	149
9.3 惰性气体化学的建立	150
9.4 惰性气体应用	151
9.5 惰性气体化合物的应用	153

9.5.1 原子能反应堆工艺	153
9.5.2 核燃料工业	154
9.5.3 化学及化学工业	155
9.5.4 其他	156
参考文献	158
<b>第 10 章 钛、钒副族</b>	<b>160</b>
10.1 钛副族元素的性质	160
10.1.1 钛副族元素概述	160
10.1.2 钛	161
10.1.3 锆	164
10.1.4 铪	166
10.2 钒副族元素的性质	167
10.2.1 钒副族元素概述	167
10.2.2 单质的物理和化学性质	168
10.2.3 重要化合物的物理和化学性质	170
10.3 钛钒副族元素的应用	174
10.3.1 航空用钛钒合金	174
10.3.2 国内外航空用钛钒合金应用现状	184
10.4 总结与展望	195
参考文献	195
<b>第 11 章 铬、锰副族</b>	<b>199</b>
11.1 铬副族元素	199
11.1.1 铬的单质	201
11.1.2 三价铬 Cr(III)的化合物	201
11.1.3 六价铬 Cr(VI)的化合物	203
11.1.4 钼元素和钨元素	205
11.1.5 铬副族元素的应用	206
11.2 锰副族元素	210
11.2.1 锰的单质	211
11.2.2 锰的化合物	211
11.2.3 锝元素和铼元素	214
11.2.4 锰副族元素的应用	215
参考文献	216
<b>第 12 章 铁系、铂系</b>	<b>218</b>
12.1 铁系	218
12.1.1 铁系物质简介	218
12.1.2 铁系化合物	219

12.1.3	铁系元素化学反应	226
12.1.4	铁系材料的应用	228
12.2	铂系	234
12.2.1	铂系物质简介	234
12.2.2	铂系化合物及化学反应	235
12.2.3	铂系材料的应用	237
	参考文献	244
<b>第 13 章</b>	<b>铜、锌副族</b>	<b>246</b>
13.1	铜副族元素	246
13.1.1	铜的性质与用途	246
13.1.2	银的性质与用途	253
13.1.3	金的性质与用途	259
13.2	锌副族元素	265
13.2.1	锌的性质与用途	265
13.2.2	镉的性质与用途	271
13.2.3	汞的性质与用途	275
	参考文献	281
<b>第 14 章</b>	<b>稀土元素</b>	<b>284</b>
14.1	稀土元素特性	285
14.1.1	稀土元素的制备	285
14.1.2	稀土元素的发色原理及光谱特性	286
14.1.3	稀土元素的主要物理化学性质	286
14.2	我国稀土资源概况	287
14.3	稀土元素的名称由来及应用概况	288
14.4	稀土材料在航空航天领域的应用	295
14.4.1	稀土永磁材料在信息技术中的应用	295
14.4.2	稀土钢在航空航天领域的应用	297
14.4.3	高性能稀土镁合金在航空航天领域的应用	299
14.5	稀土材料应用前景及发展发向	300
14.5.1	稀土材料应用前景	300
14.5.2	稀土产业发展方向	301
	参考文献	301
<b>第 15 章</b>	<b>原子核化学</b>	<b>303</b>
15.1	原子核化学发展史	303
15.1.1	$\alpha$ 、 $\beta$ 和 $\gamma$ 射线的研究	303
15.1.2	几个著名的核反应	304
15.1.3	重核的裂变和轻核的聚变	306

15.2 原子核化学基本知识	307
15.2.1 原子核的半径	308
15.2.2 结合能	308
15.2.3 核自旋	309
15.2.4 磁偶极矩	309
15.2.5 原子核的字称	310
15.2.6 原子核的衰变	310
15.2.7 核反应	311
15.2.8 核裂变	311
15.3 原子核化学在航空航天领域的应用	313
15.4 核辐射对航天器的影响	316
参考文献	317
<b>第 16 章 碳增强高分子复合材料</b>	<b>318</b>
16.1 引言	318
16.1.1 碳材料	318
16.1.2 复合材料	320
16.1.3 碳增强复合材料	321
16.2 碳纤维增强复合材料	321
16.2.1 碳纤维	321
16.2.2 碳纤维增强复合材料简介	325
16.2.3 碳纤维增强复合材料的应用	329
16.3 碳纳米管增强复合材料	331
16.3.1 碳纳米管	331
16.3.2 碳纳米管增强复合材料简介	334
16.3.3 碳纳米管增强复合材料的性能	335
16.3.4 碳纳米管增强复合材料的应用	336
16.4 石墨烯增强复合材料	339
16.4.1 石墨烯	339
16.4.2 石墨烯增强复合材料简介	340
16.4.3 石墨烯增强复合材料的应用	345
参考文献	346
<b>第 17 章 仿生石墨烯纳米复合材料</b>	<b>348</b>
17.1 引言	348
17.1.1 天然鲍鱼壳的界面结构	349
17.1.2 石墨烯独特的物理性能	350
17.1.3 仿生石墨烯纳米复合材料设计原理	351
17.2 仿生石墨烯纳米复合材料的制备方法	352

17.2.1	层层自组装法	352
17.2.2	真空抽滤法	354
17.2.3	蒸发法	354
17.2.4	电泳沉积法	354
17.2.5	凝胶成膜法	354
17.2.6	冰模板法	355
17.2.7	裁剪叠层压制法	356
17.3	二元仿生石墨烯纳米复合材料	356
17.3.1	单一界面相互作用	357
17.3.2	协同界面相互作用	365
17.4	三元石墨烯纳米复合材料	372
17.4.1	一维基元材料协同强韧作用	372
17.4.2	二维基元材料协同强韧作用	374
17.5	仿生石墨烯纳米复合材料应用	376
17.6	仿生石墨烯纳米复合材料展望	378
	参考文献	379
<b>第 18 章</b>	<b>树脂基复合材料</b>	<b>385</b>
18.1	引言	385
18.2	树脂基复合材料的特性与航空航天应用	385
18.2.1	高性能树脂基复合材料的结构、成型和性能	385
18.2.2	高性能树脂基复合材料在航空航天领域的应用	386
18.2.3	高性能树脂基复合材料在其他领域的应用	388
18.2.4	先进树脂基复合材料的展望与未来	389
18.3	常用复合材料基体热塑性树脂	390
18.3.1	高性能树脂简介	390
18.3.2	聚砜树脂	391
18.3.3	聚苯硫醚	392
18.3.4	聚醚醚酮	393
18.3.5	聚醚酰亚胺	393
18.3.6	聚四氟乙烯	394
18.4	常用复合材料基体热固性树脂	395
18.4.1	酚醛树脂	395
18.4.2	环氧树脂	397
18.4.3	有机硅树脂	399
18.4.4	双马来酰亚胺树脂	400
18.4.5	氰酸酯树脂	402
18.4.6	硅芳炔树脂	404

---

18.4.7 聚酰亚胺树脂 .....	405
18.5 树脂基复合材料成型工艺 .....	410
18.5.1 复合材料成型工艺的类型和选择 .....	410
18.5.2 复合材料热压罐成型工艺 .....	412
18.5.3 缠绕成型 .....	414
18.5.4 RTM 成型 .....	416
18.5.5 模压成型 .....	418
18.5.6 其他成型技术 .....	419
参考文献 .....	421
附表 元素的中英文名称及发现与由来 .....	422

# 第1章 绪 论

## 1.1 化学元素的发展

众所周知，人类迄今共发现了一百多种化学元素，每种元素具有不同的物理、化学性质，造就了多姿多彩的、充满生命力的世界。然而，这些化学元素是怎么来的呢？

公元前 12 世纪，我国殷周之交的奴隶制全盛时期认为物质是由金、木、水、火、土组成，这就是所谓的“五行”学说。“五行”学说认为金、木、水、火、土可在一个永不终止的循环过程中变化，它们之间有着错综复杂的作用，这些作用产生了形形色色的物质<sup>[1]</sup>。

公元前 6 世纪，被尊为“希腊七贤”之一的唯物哲学家泰勒斯（Thales）认为万物的本原是水<sup>[2]</sup>。希腊最早的思想家阿那克西米尼（Anaximenes）认为万物的本原是气<sup>[3]</sup>。被称为辩证法奠基人之一的赫拉克利特（Herakleitos）认为万物的本原是火。到了公元前 5 世纪，古希腊的自然科学家、医生恩培多克勒（Empedokles）综合了以前的哲学家们的见解，提出了“四根说”，认为水、气、火、土是构成万物的 4 种“根基”。柏拉图（Platon）第一个把它们改称为“四元素”，所以，柏拉图是历史上最早使用“元素”（stoikheia）一词的哲学家。

公元前 4 世纪，古希腊哲学家亚里士多德（Aristotle）提出“原性学说”<sup>[4]</sup>，他认为自然界是由四种相互对立的“基本性质”——热和冷、干和湿组成的。它们的不同组合，构成了火（热和干）、气（热和湿）、水（冷和湿）、土（冷和干）四种元素；“基本性质”可以从原始物质中取出或放进，从而引起物质之间的相互转化。这样，宇宙的本源、世界的基础不是物质实体，而是离开实物而独立存在的“性质”了，这导向唯心主义。

13~14 世纪，西方的炼金术士们对亚里士多德提出的元素又作了补充，增加了 3 种元素：水银、硫磺和盐，这就是炼金术士们所称的“三本原”。但是，他们所说的水银、硫磺、盐只是表现出了物质的性质，水银——金属性质的体现物，硫磺——可燃性和非金属性质的体现物，盐——溶解性的体现物。到了 16 世纪，瑞士医生帕拉塞尔苏斯（Paracelsus）把“三本原”应用到他的医学中，他提出物质是由三种元素——盐（肉体）、水银（灵魂）和硫磺（精神）按不同比例组成的，疾病产生的原因是有机体中缺少了上述三种元素之一，为了治病，要在人体中注入缺少的元素<sup>[5]</sup>。

无论是古代的自然哲学家、炼金术士们，还是古代的医药学家们，对元素的理解都是通过客观事物的观察或者臆测的方式解决的。直到 17 世纪中叶，逐渐兴起的科学实验使人类积累了一些物质变化的实验资料，人类才开始从化学分析的结果出发去解决元素的概念。1661 年，被称为化学之祖的英国科学家玻意耳（Boyle）综合分析了前人积累的资料，反复进行科学实验后指出，“元素是组成复杂物体的和在分解复杂物体时最后得到的



按照原子量大小排出“六元素”表，该表对元素进行了分族，有了周期的雏形<sup>[11, 12]</sup>。1865年，英国的化学家纽兰兹（Newlands, J. A. R.）排出一个“八音律”，他发现元素的性质有周期性，第八种元素与第一种元素性质相似，像音乐中八音度的第八个音符一样，有相似的重复。“八音律”揭示了元素化学性质的重要特征，但未能揭示出事物内在的规律性。

1860年，门捷列夫写作《化学原理》时，被无机化学缺乏系统性所困扰。于是，他开始搜集已知元素的性质和有关数据，他发现一些元素除有特性之外，还有其他共性，例如，已知卤素元素的氟、氯、溴、碘，都具有相似的性质；碱金属元素锂、钠、钾暴露在空气中时，都很快被氧化，因此都只能以化合物形式存在于自然界中；有的金属如铜、银、金都能长久地存在于空气中而不被腐蚀，正因为如此它们被称为贵金属。于是，门捷列夫将元素符号、原子量、元素性质及其化合物经过了一系列的排列后，发现了元素化学性质的规律性，终于在1869年发现了元素周期律。他将化学元素从杂乱无章的迷宫中分门别类地进行了整理<sup>[13]</sup>。

如果说，原子-分子论的建立是对化学的一次总结，那么周期律的发现使元素成了一个严整的体系，从而使化学变成一门系统科学，它是化学史上的一个重要里程碑，它对原子结构、有机化学、原子能、地球化学、生物化学、冶金、新元素的发现与合成都有深远的影响。为纪念门捷列夫的伟大发现，科学家把101号元素命名为钷。恩格斯曾给予门捷列夫高度评价：“门捷列夫不自觉地应用黑格尔的量转化为质的规律，完成了科学上的一个勋业。”但是，由于时代的局限性，门捷列夫不可能认识到周期律更本质的规律。

1902年，捷克化学家布劳纳（B. Brauner）设计的周期表中有几处颠倒了原子量的排列。1905年，瑞士化学家维尔纳设计的元素周期表也有这种现象，这是对门捷列夫周期律的直接挑战。随着阴极射线、电子、射线、放射性等的发现，1899~1900年，英国物理学家卢瑟福（Rutherford）提出原子有核模型，揭示了原子的复杂结构。1913年，荷兰物理学家范德布鲁克（van den Broek）指出，元素在周期表中的排列序数等于该元素原子具有的电子数。这一假说把元素在周期表中排列序数和原子结构联系起来。但是，这个假定动摇了门捷列夫和他的同辈及先辈们的周期律的固有概念。

1913~1914年，英国物理学家莫斯莱（Moseley）对X射线技术进行了研究，从而验证了范德布鲁克的假说。1916年，德国化学家柯塞尔（Kossel）把原子序数放进周期表中，代替了门捷列夫的原子量<sup>[14]</sup>。1920年，英国物理学家查德维克（Chadwick）证实了莫斯莱的工作。这样，一系列物理学的新发现使元素周期律获得了新定义，元素的物理和化学性质，皆随着元素的原子序数（即原子核外电子数或核电荷数）的递增呈周期性变化。

按照核电荷递增顺序排列各元素，使前面出现的矛盾迎刃而解。随着现代原子结构理论的建立，周期律理论得到发展。1913年，玛丽·居里（Marie Curie）提出原子核结构设想。1913年，卢瑟福发现质子。1932年，查德维克发现中子。质子和中子被发现后，苏联物理学家伊万年科（D. Ivanenko）、德国物理学家海森堡（Helsenberg）等立即提出原子核由质子和中子组成的理论<sup>[10]</sup>。1913年，英国化学家索迪（F. Soddy）提出“同位素”概念。1919年，阿斯顿（Aston）发明了质谱仪，他用这台装置发现了多种元素同位素，研究了53种非放射性元素，发现了天然存在的287种核素中的212种，第一次证明原子

质量亏损。他为此荣获 1922 年诺贝尔化学奖。1913 年, 丹麦物理学家玻尔 (Bohr) 用他的原子结构模型成功地解释了氢元素的线光谱。1923~1924 年, 法国物理学家德布罗意 (de Broglie) 提出了“物质波”概念。1926 年, 奥地利物理学家薛定谔 (Schrödinger) 提出了微观粒子运动方程, 为核外电子运动状态和能级的计算提供了依据。这样, 一系列物理学的新发现揭示了元素周期律的本质, 元素的化学性质是它们原子序数的周期性函数。元素中有决定意义的不是原子量, 而是元素的核电荷及核外电子数; 元素的物理性质和化学性质, 以及由元素形成的各种化合物的性质, 皆与元素原子核电荷的数量呈周期性关系。

遵循元素与核电荷数的规律, 把 106 种元素按照周期、族和区的规律排列得到化学元素表。早期的元素周期表有多种形式, 有平面形、环形、塔形、螺旋形、扇形、台阶形、三角式、透视式及其他不同的表格形式。<sup>[15-18]</sup> 目前, 最常用的表是维尔纳长式周期表。元素周期表有 7 个周期, 包括 16 个族、4 个区, 元素在周期表中的位置能反映该元素的原子结构。从而划分出活泼金属、非金属、过渡元素、低熔合金、镧系、锕系元素区。

### 1.3 化学在社会发展中的作用

化学是研究物质的组成、结构、性质及变化规律的科学, 是一门与材料、生命、信息、环境、能源、地球、空间、核科学等密切交叉和相互渗透的中心科学, 是发现和创造新物质的主要学科。化学作为一门“核心、实用和富有创造性”的科学, 在人类认识自然和改造自然、提高人类的生活质量和健康水平、促进其他学科发展、推动社会进步等方面已经并仍然发挥着巨大的、不可替代的作用。在对药物化学和冶金化学的广泛探究之下, 产生了原子-分子学说, 使化学从实用技术跨入了科学之门。在这一理论的指导下, 人们发现了大量元素, 同时揭示了物质世界的根本性规律——元素周期律。现代物质结构理论的建立, 使物质世界的谜底进一步揭开, 合成物质大量涌现。

1928 年尿素的合成不仅打破了不能人工合成生物物质的思想禁锢, 而且这一研究结果在这以后的合成化学中获得了极大的发展。1965 年, 我国科学家首次合成了牛胰岛素, 这是世界上第一次用人工方法合成具有生命活性的蛋白质, 为人类探索生命的秘密迈出了第一步。随着物理学和化学等科学的发展及各种检测技术的出现, 人类一方面从化学角度出发, 开始研究材料的化学组成、化学键结合方式、结构及合成方法, 另一方面从物理学角度出发, 开始研究材料的物性, 就是以凝聚态物理、晶体物理和固体物理等作为基础来说明材料组成、结构及性能间的关系, 并研究制备材料和使用材料的有关工艺性问题。在此基础上, 人工合成塑料、合成纤维及合成橡胶等合成高分子材料出现, 它们与已有的金属材料 and 陶瓷材料 (无机非金属材料) 构成了现代材料的支柱。此外, 超导材料、半导体材料、光纤等材料都是这一阶段的杰出代表。当前, 面对能源与资源短缺的现状, 需要开发煤炭的洁净利用与多联产技术, 提高现有原油的采收率和利用率, 掌握天然气资源的优化利用技术, 同时发展清洁可再生的新型能源。而这在很大程度上依赖化学研究的突破。化学在保护生态环境中处于不可替代的地位, 起着独特的作用。要解决环境污染问题, 还