

无机化学丛书

·第六卷·

化学卷

中国科学技术
经·典·文·库

卤素
铜分族
锌分族

/钟兴厚 萧文锦 袁启华 姜润和

/徐绍龄 徐其亨 田应朝 刘松愈

/吕云阳 王文绍 刘颂禹 季振平



科学出版社

中国科学技术经典文库

无机化学丛书 第六卷

卤 素

钟兴厚 萧文锦

袁启华 姜润和

铜分族

徐绍龄

田应朝

锌分族

吕云阳

刘颂禹

徐其亨

刘松愈

王文绍

季振平



科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是《无机化学丛书》第六卷,丛书第18,19,20专题,分别叙述卤素、铜分族、锌分族的无机化学.系统介绍了这些元素的存在形式、制备、物理和化学性质、分析方法,并分类讨论了它们的化合物的性质、用途及合成方法.可供高等学校师生、科技人员参考.

图书在版编目(CIP)数据

无机化学丛书.第6卷,卤素、铜分族、锌分族/钟兴厚等编著. —北京:科学出版社,2011

(中国科学技术经典文库.化学卷)

ISBN 978-7-03-030547-3

I. 无… II. 钟… III. 无机化学—丛书 IV. O61-51

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第042532号

责任编辑:杨淑兰 杨 震 张淑晓/责任校对:李 影

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

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 时 彩 色 印 刷 有 限 公 司 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

1995年12月第 一 版 开本:B5 (720×1000)

2011年3月第三次印刷 印张:41 1/2

印数:1—1 500 字数:742 000

定价:98.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《无机化学丛书》十卷书目

第一卷 1. 稀有气体 2. 氢 3. 碱金属

第二卷 4. 铍 5. 碱土金属 6. 硼 7. 铝 8. 镓分族

第三卷 9. 碳 10. 硅 11. 锗分族

第四卷 12. 氮 13. 磷 14. 砷分族

第五卷 15. 氧 16. 硫 17. 硒分族

第六卷 18. 卤素 19. 铜分族 20. 锌分族

第七卷 21. 钪 22. 稀土元素

第八卷 23. 钛分族 24. 钒分族 25. 铬分族

第九卷 26. 锰分族 27. 铁系 28. 铂系

第十卷 29. 铜系 30. 铜系后元素

《无机化学丛书》编委会

顾 问 戴安邦 顾翼东

主 编 张青莲

副主编 申泮文

编 委 尹敬执 曹锡章 吕云阳 唐任寰

《无机化学丛书》序

无机化学是化学科学的一个重要分支，也是最早发展起来的一门化学分支学科。无机化学研究的对象是周期系中各种元素及其化合物，不包括碳氢化合物及其衍生物。二十世纪中叶以来，无机化学又进入了新的发展阶段。这是和许多新的科学技术领域，如原子能工业、空间科学技术、使用半导体材料的通信和计算技术等的兴起密切相关的。这些科技部门要求人们利用无机化学的理论去探索和研制种种具有特殊性能的新材料，研究极端条件下物质的性质和反应机理，以及提出新的无机物生产的工艺流程。与此同时，现代物理学、生命科学、地质科学以及理论化学的新进展等因素也都在日益推动着无机化学的发展进程。

我国在解放前缺少与无机化学有关的工业基础，因此无机化学人才培养得较少，科学研究工作的基础也比较薄弱。解放后我国无机化学虽然有了很大发展，但仍比较落后。为了扭转这种局面，加速无机化学科学人员的培养和提高，促使教学和研究工作的迅速发展，以及为了解决我国丰富的矿产资源的综合利用、新型材料的合成、无机化学新观点和新理论的提出等问题，有必要编辑出版一套中型的无机化学参考书。为此，科学出版社和中国化学会共同组织了《无机化学丛书》编辑委员会主持本丛书的编写工作。经过多次讨论和协商、拟订了丛书的编辑计划和写作大纲，确定丛书分十八卷，共四十一个专题，从 1982 年起陆续出版。全丛书共约六百余万字，前十卷为各族元素分论，后八卷为无机化学若干重要领域的专论。

本丛书适合高等学校教师、高年级学生和研究生、科学研究人员和工程技术人员参阅。编委会竭诚欢迎广大读者对本书的内容提出宝贵的意见，以便在再版时加以修改。

《无机化学丛书》编委会

1982 年 9 月

前 言

《无机化学丛书》第六卷包括三个专题：18.卤素，19.铜分族和20.锌分族。

卤素专题中，氟及氯、溴、碘分作两章，卤素间化合物为一章，碲单列一章，分别讨论了单质和化合物，着重对化合物的合成、性质和结构的新知识以及它们的应用作了较详细的介绍。本专题由武汉大学钟兴厚、萧文锦、袁启华教授、娄润和副教授编写。编写初期，张诚善教授曾参与大纲编写并提供部分资料，秦子斌教授在初稿完成过程中提出过许多宝贵意见。本专题由兰州大学张淑民教授审阅。

铜分族专题按铜、银、金次序分三章着重介绍单质、化合物，并就它们的性质、结构及其应用进行讨论。本专题由云南大学徐绍龄、徐其亨教授和刘松愈、田应朝副教授编写，并经萧文锦和季振平审阅。

锌分族专题综述了该分族的通性，并按元素顺序分三章着重介绍单质、化合物的性质、结构与制备。本专题锌、汞两章由辽宁大学吕云阳教授和沈阳冶炼厂王文绍、刘颂禹高级工程师编写，镉由武汉大学季振平副教授编写。锌、镉、汞三章依次由北京大学严宣申、黄竹坡教授及中国科学院北京化学研究所梁树权教授审阅。

全卷由萧文锦、季振平修改统校。本卷的完成得到了张青莲教授的指教、关怀和帮助，谨表示由衷的感谢，并向所有协助本卷编写及出版的同志们致谢。

本卷在编写中较多地引用了 J. C. Bailar Jr. 等编著的“Comprehensive Inorganic Chemistry”一书中的有关内容，兹向他们以及所引用文献的其他作者们致谢。

由于我们学识水平所限，会有不妥乃至错误之处，恳请读者赐教指正。

作 者

1991年11月于武昌、昆明、杭州

目 录

《无机化学丛书》序

前言

18. 卤 素

18.1 氟	5
1.1 单质	5
1.1.1 元素的发现及其应用	5
1.1.2 单质氟的制备	7
1.1.3 氟的物理性质	12
1.1.4 氟的化学反应性	14
1.1.5 氟及其化合物的分析	19
1.1.6 氟化合物的毒性和生理性质	22
1.2 氟化氢及其溶剂体系	24
1.2.1 氟化氢的制备和化学性质	24
1.2.2 氟化氢的物理性质	26
1.2.3 氟化氢的酸度	28
1.2.4 氟化氢溶剂体系	31
1.3 氧和氮的氟化合物	38
1.3.1 氟氧化合物的结构	38
1.3.2 氟氧化合物的制备和性质	39
1.3.3 氟氮化合物	42
1.3.4 氟胺和氟卤胺化合物	49
1.3.5 含氟氮键的离子化合物	54
1.3.6 含氮氧键的氟化合物	54
1.4 硼、碳、硅、磷、硫的氟化合物	57
1.4.1 硼的氟化合物	57
1.4.2 碳的氟化合物	59
1.4.3 硅、磷、硫的氟化合物	62
1.4.4 硅、磷、硫的含氟酸及其盐	66
1.5 主族元素氟化物通论	68

1.5.1 主族元素氟化物概述·····	68
1.5.2 I, II 主族元素氟化物·····	70
1.5.3 III—V 主族元素氟化物·····	72
1.5.4 VI, VII 主族元素氟化物·····	74
1.5.5 稀有气体氟化物·····	77
1.6 过渡元素氟化物通论·····	80
1.6.1 过渡元素氟化物的制法·····	81
1.6.2 <i>d</i> 过渡元素氟化物·····	82
1.6.3 <i>f</i> 过渡元素氟化物·····	85
参考文献·····	87
18.2 氯、溴、碘 ·····	93
2.1 氯、溴、碘元素·····	93
2.1.1 发现史·····	93
2.1.2 存在·····	93
2.1.3 制备及应用·····	95
2.1.4 氯、溴、碘原子·····	104
2.1.5 氯、溴、碘分子·····	118
2.2 卤化氢·····	131
2.2.1 卤化氢的制备和纯化·····	131
2.2.2 氢卤酸的制备和纯化·····	133
2.2.3 卤化氢的物理性质·····	134
2.2.4 液体卤化氢的性质·····	139
2.2.5 卤化氢水溶液·····	141
2.2.6 卤化氢的化学性质·····	144
2.3 氯、溴、碘离子(氧化态为-1)和卤化物·····	151
2.3.1 氯、溴、碘离子的性质·····	151
2.3.2 卤化物的分类、制备和性质·····	156
2.4 氯、溴、碘的分析测定·····	171
2.4.1 氯、溴、碘的分析·····	171
2.4.2 卤化氢和卤离子的鉴别和测定·····	173
2.5 氯、溴、碘的生物活性·····	176
2.6 氯、溴、碘的氧化物和含氧酸及其盐·····	179
2.6.1 卤-氧键·····	179
2.6.2 氯、溴、碘的氧化物·····	184
2.6.3 氯、溴、碘的氧氟化物·····	203

2.6.4 卤素含氧酸及其盐	210
2.7 卤素的氮化合物	249
2.7.1 氮-氯化物	249
2.7.2 氮-溴化合物	255
2.7.3 氮-碘化合物	257
参考文献	261
18.3 卤素间化合物	267
3.1 卤素阳离子	267
3.1.1 卤素阳离子的概念	267
3.1.2 卤素阳离子的形成与介质的关系	267
3.1.3 单原子卤素阳离子	270
3.1.4 双原子卤素阳离子	272
3.1.5 三原子卤素阳离子	274
3.1.6 五原子和七原子卤素阳离子	276
3.2 卤素间化合物	279
3.2.1 概述	279
3.2.2 卤素间化合物的制备	280
3.2.3 物理性质	284
3.2.4 化学性质	296
3.3 多聚卤素阴离子	307
3.3.1 多聚卤素阴离子及其分类	307
3.3.2 多聚卤素化合物的制备	308
3.3.3 多聚卤素阴离子化合物的稳定性	311
3.3.4 多卤化合物的结构	315
3.3.5 多卤阴离子及其化合物的化学性质	321
参考文献	322
18.4 碲	326
4.1 碲的存在与制备	326
4.2 单质碲	328
4.3 碲的化合物	329
4.4 碲的有机化合物	331
参考文献	333

19. 铜 分 族

19.1 铜	337
---------------------	-----

1.1	历史	337
1.2	存在、矿物与矿石	337
1.3	冶炼	339
1.4	元素	341
1.5	铜的化学性质	344
1.6	合金	348
1.7	铜(0)化合物与含铜-金属键化合物	348
1.8	铜(I)化合物	350
1.8.1	氢化铜(I)	350
1.8.2	卤化铜(I)	350
1.8.3	氰化铜(I)	353
1.8.4	氧化铜(I)	353
1.8.5	硫化铜(I)	354
1.8.6	铜(I)的氮、磷、砷化合物	355
1.8.7	铜与硼	355
1.8.8	羧酸铜(I)	356
1.8.9	硝酸铜(I)	357
1.8.10	硫的含氧酸的铜(I)衍生物	357
1.8.11	卤酸铜(I)和高卤酸铜(I)	357
1.8.12	有机铜(I)化合物	357
1.8.13	铜(I)配合物	361
1.9	铜(II)化合物	369
1.9.1	卤化铜(II)	369
1.9.2	氰化铜(II)、氰酸铜(II)与硫氰酸铜(II)	372
1.9.3	氢氧化铜(II)与氧化铜(II)	373
1.9.4	硫化铜(II)	374
1.9.5	叠氮化铜(II)	375
1.9.6	四氢硼酸铜(II)取代物	375
1.9.7	碳酸铜(II)	376
1.9.8	羧酸铜(II)	377
1.9.9	氟代酸铜(II)	378
1.9.10	亚硝酸铜(II)与硝酸铜(II)	379
1.9.11	铜(II)的各种磷酸盐	379
1.9.12	砷酸铜(II)与亚砷酸铜(II)	380
1.9.13	亚硫酸铜(II)、硫酸铜(II)、硫代硫酸铜(II)与连多硫酸铜(II)	380

1.9.14 硒化铜(II)、亚硒酸铜(II)与硒酸铜(II)·····	382
1.9.15 碲化铜(II)、亚碲酸铜(II)与碲酸铜(II)·····	382
1.9.16 卤酸铜(II)与高卤酸铜(II)·····	382
1.9.17 铜(II)的其他化合物·····	383
1.9.18 铜(II)配合物·····	385
1.10 铜(III)化合物·····	398
1.11 铜的分析化学·····	399
主要参考文献·····	404
一般参考文献·····	405
19.2 银 ·····	406
2.1. 历史·····	406
2.2 存在、矿物及矿石·····	406
2.3 银的提取和纯银的制备·····	408
2.3.1 银的提取·····	408
2.3.2 从废料中回收银·····	410
2.3.3 纯银的制备·····	412
2.4 银在照相术中的应用·····	412
2.5 银的同位素·····	414
2.6 银的物理性质·····	416
2.7 银的化学性质·····	417
2.8 银合金·····	419
2.9 银(I)化合物·····	419
2.9.1 氢化银·····	420
2.9.2 银(I)的卤化物·····	420
2.9.3 氰化银(I)、氰酸银(I)、硫氰酸银(I)、六氰合铁(II)酸银(I)和六氰合铁(III) 酸银(I)·····	423
2.9.4 氧化银(I)和氢氧化银(I)·····	424
2.9.5 硝酸银(I)、亚硝酸银(I)和次亚硝酸银(I)·····	426
2.9.6 硫化银(I)·····	427
2.9.7 亚硫酸银(I)、硫酸银(I)、连多硫酸银(I)和硫代硫酸银(I)·····	428
2.9.8 碳酸银(II)、碳酸氢银(II)和过碳酸银(II)·····	430
2.9.9 卤素含氧酸的银(I)盐·····	431
2.9.10 银(I)的磷化物、磷酸盐、焦磷酸盐和偏磷酸盐·····	432
2.9.11 铬酸银(I)和重铬酸银(I)·····	434
2.9.12 银(I)的砷化物·····	434

2.9.13	钼酸银(I)和钨酸银(I)·····	435
2.9.14	硒化银(I)、硒酸银(I)和亚硒酸银(I)·····	436
2.9.15	碲化银(I)和碲酸银(I)·····	436
2.9.16	羧酸银(I)·····	437
2.9.17	氯化银、叠氯化银(I)、亚氨基银和氨基银·····	438
2.9.18	有机银化合物·····	438
2.9.19	一价银配合物·····	440
2.10	银(II)化合物·····	447
2.10.1	氟化银(II)·····	447
2.10.2	银(II)氧化物·····	448
2.10.3	银(II)含氧酸盐·····	448
2.10.4	银(II)配合物·····	449
2.11	银(III)化合物·····	450
2.12	银的分析·····	452
	参考文献·····	454
19.3	金·····	456
3.1	历史·····	456
3.2	存在和提取·····	456
3.3	金的同位素和物理性质·····	458
3.4	金的化学性质·····	459
3.5	金(I)化合物·····	461
3.5.1	氢化金(I)·····	461
3.5.2	卤化金(I)·····	461
3.5.3	氧化物、氢氧化物和金(I)酸盐·····	461
3.5.4	氰化物·····	461
3.5.5	硫化物、硒化物和碲化物·····	462
3.5.6	硫代硫酸盐和硫氰酸盐·····	463
3.5.7	氮化物、叠氮化物和磷化物·····	463
3.6	金(III)化合物·····	464
3.6.1	金(III)的氢化物·····	464
3.6.2	卤化物和卤合金(III)酸盐·····	464
3.6.3	氧化物、氢氧化物和含氧酸盐·····	466
3.6.4	氰化物·····	466
3.6.5	硫化物、硒化物和碲化物·····	467
3.6.6	硒酸盐、亚硒酸盐、硫氰酸盐和硒氰酸盐·····	467

3.6.7 氮化物、叠氮化物、硝酸盐、磷化物和砷酸盐	468
3.7 有机金化合物	469
3.7.1 有机金(I)化合物	469
3.7.2 有机金(III)化合物	473
3.7.3 金的烯烃化合物、炔基化合物和茂基化合物	482
3.8 配合物	484
3.8.1 金的含氮配位体配合物	484
3.8.2 金的磷、胂配合物	486
3.8.3 金的含硫配位体配合物	489
3.8.4 金的异氰配合物	491
3.8.5 含有金-金属键的配合物	492
3.9 金的定性和定量分析	496
参考文献	497

20. 锌 分 族

20.1 绪论	501
参考文献	504
20.2 锌	505
2.1 发现史	505
2.2 存在与分布	507
2.3 同位素	509
2.4 冶炼	510
2.5 用途	514
2.5.1 金属的用途	514
2.5.2 锌镀层	515
2.5.3 合金	515
2.6 物理性质	516
2.7 化学性质	518
2.8 在生物体中的作用	520
2.9 合金	522
2.10 分析	526
2.10.1 定性分析	526
2.10.2 定量分析	526
2.11 锌(I)化合物	527
2.12 锌(II)化合物	528

2.12.1	氢化锌	528
2.12.2	卤化物	528
2.12.3	氧化物、过氧化物	535
2.12.4	氢氧化锌、羟基配合物	538
2.12.5	硫化物、硒化物、碲化物	541
2.12.6	氮化物、磷化物、砷化物和锑化物	544
2.12.7	碳化锌	546
2.12.8	第 VII 族含氧酸盐	546
2.12.9	第 VI 族含氧酸盐	547
2.12.10	第 V 族含氧酸盐	549
2.12.11	碳酸盐、碱式碳酸盐	551
2.12.12	其他含氧酸盐	552
2.12.13	有机锌化合物	555
2.12.14	配合物	558
参考文献		563
20.3	镉	564
3.1	发现史	564
3.2	存在与分布	564
3.3	同位素	565
3.4	生产	566
3.5	用途	568
3.6	物理性质	568
3.7	化学性质	570
3.8	毒性	571
3.9	合金	571
3.10	分析	574
3.10.1	定性分析	574
3.10.2	定量分析	575
3.11	镉(I)化合物	576
3.12	镉(II)化合物	577
3.12.1	氢化镉(CdH_2)	577
3.12.2	卤化镉	577
3.12.3	拟卤化镉	579
3.12.4	氧化物和镉酸盐	580
3.12.5	氢氧化镉和碱式盐	581

3.12.6 硫族化合物	582
3.12.7 氮族化合物	584
3.12.8 碳化镉(CdC_2)	585
3.12.9 含氧酸盐	586
3.12.10 有机镉化合物	588
3.12.11 镉的配位化合物	591
参考文献	599
20.4 汞	601
4.1 发现史	601
4.2 存在与分布	601
4.3 同位素	602
4.4 冶炼	603
4.5 用途	603
4.6 物理性质	604
4.7 化学性质	607
4.8 毒性	608
4.9 合金	608
4.10 分析	612
4.11 汞(I)的化合物	612
4.11.1 氢化汞(I)	613
4.11.2 卤化物	614
4.11.3 氧化亚汞	617
4.11.4 硫化物	617
4.11.5 氮化物	617
4.11.6 碳化物	617
4.11.7 第 VII 族含氧酸盐	618
4.11.8 第 VI 族含氧酸盐	618
4.11.9 第 V 族含氧酸盐	618
4.11.10 碳酸汞(I)	619
4.11.11 其他含氧酸盐	619
4.11.12 有机汞(I)化合物	619
4.11.13 配合物	620
4.12 汞(II)的化合物	620
4.12.1 氢化物	621
4.12.2 卤化物	621

4.12.3 氧化物	627
4.12.4 硫化物、硒化物和碲化物	629
4.12.5 氮化物	631
4.12.6 磷化物、砷化物和锑化物	633
4.12.7 第 VII 族含氧酸盐	633
4.12.8 第 VI 族含氧酸盐	634
4.12.9 第 V 族含氧酸盐	635
4.12.10 第 IV 族含氧酸盐	635
4.12.11 其他含氧酸盐	635
4.12.12 有机汞(II)化合物	636
4.12.13 配合物	639
参考文献	642
名词代号	643