

化学化工中计算机应用技术丛书

元素化学反应 速查手册

李梦龙 主编

附赠光盘



化学工业出版社

化学化工中计算机应用技术丛书

元素化学反应速查手册

李梦龙 主编

李益洲 李功兵 印中华 副主编



化学工业出版社

·北京·

本书是《化学化工中计算机应用技术丛书》之一。

本书是一本元素化学反应的工具书，主要内容为元素单质的化学反应，包含反应近 13000 条，数据覆盖量大，来源渠道多，同时对反应的说明简单而确切。

本手册随书赠送配套光盘一张，其中包括手册的内容、使用非常方便的元素化学反应查询软件和丰富的化学信息。为查询提供随光盘的查询程序（也可在网络上下载此程序）及网络查询功能是本书的特色。这些查询工具可让您迅速、多方面地查询到相关的信息。本光盘使用非常方便，无需安装。不但可以模糊检索、二次检索，而且还提供了精确检索。

本手册同时提供网络版检索网站，您只需要在网页中输入网址即可检索到元素化学反应方面的所有资源。

本书可作为大中专院校化学化工专业师生的教学参考书，也可供广大化学化工科技工作者学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

元素化学反应速查手册/李梦龙主编. —北京: 化学工业出版社, 2008. 3

(化学化工中计算机应用技术丛书)

ISBN 978-7-122-02171-7

I. 元… II. 李… III. 化学元素-化学反应-手册
IV. 0611-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 024037 号

责任编辑: 杜进祥

文字编辑: 咎景岩

责任校对: 宋 夏

装帧设计: 张 辉

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 20 字数 531 千字 2008 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究

出版者的话

随着以计算机、网络技术、通信技术为代表的信息技术的迅猛发展，计算机和互联网在化学化工领域中得到了广泛应用。由于化学所研究的主要对象——化合物的种类繁多，已超过 2×10^7 个，使得化学的知识（信息）量也远远超过其他科学，唯有通过计算机才有可能对浩如烟海的化学知识进行有效的处理。今天，计算机技术已深入到化学化工领域的各个方面，成为化学化工科技工作者必不可少的工具。

为了让更多的人了解化学化工领域中计算机技术的发展动向和最新科技成果，我们邀请部分专家、学者编写了《化学化工中计算机应用技术丛书》，力求反映当今化学化工领域计算机技术应用的发展方向和科技成果。本套丛书第一批有《化学数据速查手册》、《化学多媒体素材制作和应用》、《化学软件及其应用》、《Excel 与化学化工试验数据处理》、《元素化学反应速查手册》、《化学中的计算机数值方法》等 6 个分册。我们希望这套丛书的出版能进一步推动计算机技术在化学化工领域的应用，为化学化工领域的科技人员及院校师生了解现代计算机技术提供有益的参考。今后，我们将根据化学化工中计算机技术的发展，继续组织编写新的分册，以满足读者的要求。恳切希望使用本套丛书的读者随时向我们提出宝贵的意见和建议，以便再版时使之臻于完善。

2008 年 4 月

前 言

现代社会是一个信息化的社会，随着计算机技术和因特网（Internet）技术在全世界的迅速发展及飞速普及，越来越多的学术活动、生活和社会活动在计算机和网络上进行。本手册随书赠送配套光盘一张，其中包括手册的内容、使用非常方便的元素化学反应查询软件和丰富的化学信息。本光盘使用非常方便，无需安装，可以帮助您快速找到您所需要的数据，迅速解决您工作和学习中遇到的化学反应问题，大大提高您的工作和学习效率。因此本书更能适应现代社会的工作和学习，无疑会成为您的得力助手。

本手册的主要内容元素单质的化学反应，包含反应近 13000 条，另外作为李梦龙主编的《化学数据速查手册》（化学工业出版社，2003）一书的横向联合工具，提供无机化合物的性质查询。最后提供一些化学反应相关的软件工具及网址等，以供有需求的读者参考。本手册同时对元素化学反应做了一些初步的统计，以让读者对所有元素参加的化学反应概况有个大致的了解。在检索方面，本软件采用了百度等知名网站的人性化检索设计，不但可以模糊检索，检索出一些相关信息，同时提供二次检索，而且也为专门人士提供精确检索，精确检索适合在对要检索的内容比较了解的情况下使用。因此本手册可供各个层次的人士使用，是一个元素化学反应方面内容丰富、使用方便的工具软件。

本手册同时提供网络版检索网站，您只需要在网页中输入网址即可检索到元素化学反应方面的所有资源。网络版以元素周期表为主界面，提供元素性质的查询及相关化学反应的查询。化学反应以无机化学反应为主。同时列出合成路线查询一栏，供大家探讨。

本书是一本元素化学反应的工具书，提供所有元素参加的无机化学反应查询，数据覆盖量大，来源渠道多，同时为使本书简洁，对反应的说明力求简单而确切。为查询提供了随光盘的查询程序（也可在网络上下载此程序）及网络查询功能是本书的特色。这些查询工具可让您迅速地、多方面地查询到相关的信息。

1. 关于此书的编排。为加速查询，本书按元素的原子序数大小进行编排。目录上每族元素按其原子序数大小排列，每一个元素的化学反应，把该元素写在前面，按第二个反应物的首个元素的原子序数排列。

2. 内容采用先叙述，再列出反应式的形式以增强可读性。反应式未能确定者，没有列出。为使化学反应方程式显得简洁，反应条件不写在进程符号的上下方，而全部列入说明文字中。由于时间有限，说明文字内容不可能面面俱到。当然，内容越多，工具书的用处越大，因而本书的数据库提供在线更新功能，欢迎广大读者追加文字说明，以使其成为一本非常实用的数据齐全的工具书。

本书由李梦龙主编，李益洲、李功兵、印中华副主编。参加编写人员还包括张丽芳、王智猛、蒲雪梅、文志宁、姜林、刁元波。另外，该书在网络信息与数据采集、书稿录入、编排与校核方面，得到了实验室相关人员包括李敏、郭延芝、冯晓瑜、孙李娜、谢微、王克龙、周翠松、余乐正、马代川、谭福元、方亚平、杨刚、方正、张云佳、冯子男、潘义等人的大力协助。感谢他们对书稿配套数据库光盘所作出的努力。

本书编写参考了很多书籍，很多信息来源于他们的辛勤劳动，特此致谢！

限于作者水平，书中不足在所难免，望广大读者指正！

编者

2008年2月

目 录

绪论	1
----	---

上篇 主族元素

第一章 I A 族	7
第一节 氢	7
第二节 锂	22
第三节 钠	26
第四节 钾	39
第五节 铷	46
第六节 铯	48
第七节 钫	50
第二章 II A 族	51
第一节 铍	51
第二节 镁	54
第三节 钙	61
第四节 锶	65
第五节 钡	68
第六节 镭	70
第三章 III A 族	72
第一节 硼	72
第二节 铝	75
第三节 镓	79
第四节 铟	80
第五节 铊	81
第四章 IV A 族	83
第一节 碳	83
第二节 硅	89
第三节 锗	91
第四节 锡	93
第五节 铅	95
第五章 V A 族	97
第一节 氮	97
第二节 磷	99
第三节 砷	104
第四节 锑	107
第五节 铋	108

第六章	ⅥA族	110
第一节	氧	110
第二节	硫	120
第三节	硒	126
第四节	碲	128
第五节	钋	130
第七章	ⅦA族	131
第一节	氟	131
第二节	氯	136
第三节	溴	144
第四节	碘	149
第五节	砹	155
第八章	零族	156
第一节	氦	156
第二节	氖	156
第三节	氩	156
第四节	氪	157
第五节	氙	157
第六节	氡	158
下篇 副族元素		
第九章	ⅠB族	159
第一节	铜	159
第二节	银	161
第三节	金	163
第四节	Uuu	164
第十章	ⅡB族	165
第一节	锌	165
第二节	镉	168
第三节	汞	169
第四节	Uub	172
第十一章	ⅢB族	173
第一节	钪	173
第二节	钇	174
第十二章	ⅣB族	177
第一节	钛	177
第二节	锆	181
第三节	铪	185
第四节	铪	188
第十三章	ⅤB族	189

第一节	钒	189
第二节	铌	193
第三节	钽	198
第四节	钿	203
第十四章	ⅥB族	204
第一节	铬	204
第二节	钼	207
第三节	钨	214
第四节	铪	218
第十五章	ⅦB族	219
第一节	锰	219
第二节	锝	225
第三节	铈	227
第四节	铈	229
第十六章	ⅧB族	230
第一节	铁	230
第二节	钴	239
第三节	镍	243
第四节	钨	252
第五节	铈	255
第六节	钨	258
第七节	钨	261
第八节	铈	264
第九节	钨	269
第十节	铈	274
第十一节	铈	274
第十二节	Uun	275
第十七章	镧系和铷系	276
第一节	镧系	276
第二节	铷系	284
附录：光盘安装与使用说明		304
参考文献		309

绪 论

一、元素概要

宇宙间形形色色的物质无一不是由化学元素组成的。迄今已经发现的化学元素有 112 种。人们要全面地认识和研究自然界的物质，就必须对组成各种物质的化学元素有个全面、系统的了解。地球中含量最丰富的元素为氧，其次为硅；而在宇宙中含量最丰富的元素为氢，其次为氦。一些普通的元素中约有 70% 以上为金属，其余为非金属。在室温条件下，大部分元素以固态形式存在，汞与溴两种元素为液态，其余元素均为气态。在众多的元素中，只有少数几种元素在自然界中以游离态存在，它们是氧、氮、惰性气体（氦、氖、氩、氪、氙和氡）、硫、铜、银和金。多数元素与其他元素形成化合物。

众所周知，每种元素及其组成的化合物的性质各异，因此其用途也各有不同。例如：钛因为其密度小、熔点高、机械强度大、化学性质稳定等特点，被广泛用于航空和航天工业；在钢中加入少量的钨可以提高钢的硬度和机械强度；铷和铯是非常活泼的金属元素，其中铯可以被用于星际宇宙飞行的火箭发动机，其产生的推动力是普通燃料推力的数十倍。不同元素组成的化合物都有其特有的性质和特点，例如：卤化银的溶解度依 AgCl 、 AgBr 、 AgI 的顺序依次降低，颜色依次加深，而氟化银 (AgF) 溶于水。因此，它们在人们的生产和生活中扮演着各式各样的角色。例如：纯净的二氧化钛 (TiO_2) 被称为钛白，由于其化学性质稳定，具有优良的遮盖能力，对破坏性紫外线的不透明性，常被用作高级白色颜料。四氯化钛 (TiCl_4) 在常温下是无色液体，具有刺激性气味，具有腐蚀性，可用于制作烟雾弹，也作为有机聚合反应的催化剂。

随着生命科学的发展，尤其是痕量分析技术的提高，无机元素在生物体中的重要作用正在被逐渐认识，痕量金属元素和生物大分子配体形成的配合物包括金属酶和金属蛋白质，并决定着这些生物大分子的功能。周期表中的众多元素都直接或间接地影响着生物的生存和发展，它们不仅对于维持生物大分子的结构至关重要，而且广泛参与了各种生命过程，在物质传输、信息传递、生物催化和能量转换中都起着十分关键的作用。例如：血红素中的铁影响氧的传输与消耗，叶绿素中的镁影响着太阳能的吸收和转化，光合体中的锰和铁都影响能量的转换；此外，一些离子在细胞间信号的传递（神经系统中的钾和钙）、肌肉收缩（钙）、酶催化作用（维生素 B_{12} 中的钴）等方面起了重要作用。

二、元素概念的形成

自古以来元素就被认为是构成自然界一切物质的最简单组成部分。不过我们现在的元素概念是随着科学的发展推进而逐渐形成的。我国古时候的五行学就反映了万物原始的概念。《尚书·洪范》中提出“五行：一曰水、二曰火、三曰木、四曰金、五曰土。水曰润下，火曰炎上，木曰曲直，金曰从革，土爰稼穡。”其分别指水的性质润物而下，火的性质燃烧而上，木的性质可曲可直，金的性质可以熔铸改造，土的性质可以耕种收获。虽然这种思想具有局限性，但是它尝试从所有物质中寻找统一因素并具有一定的实物意义。类似的，西方哲学家也认为万物均由水、气、火和土组成。亚里士多德提出“原性学说”——自然界由四种相互对立的基本性质组成（热、冷、干和湿），而这些性质的不同组合构成火、气、水和土四种元素，基本性质的加入和取出会引起物质间的相互转变。但这种思想主张的是离开实物独立存在的“性质”。虽然西方的炼金术士对亚里士多德的元素进行了补充，增加了汞、硫和盐（分别代表着金属性质、可燃和非金属性、溶解性的体现物），但以上对元素的理解均通过客观失去的观测或臆测获得。直到 17 世纪中叶，随着科学实验的兴起，人们才通过对实验资料的化学分析来重新定义元素的概念。

对元素的正确理解源于波义耳 (Robert Boyle) 的《怀疑派化学家》一书。他提出元素按照其本质应该是一种物质; 其后拉瓦锡 (Antoine-Laurent Lavoisier) 明确说明简单物体的概念, 并指出用各种方法都无法分解的物质都是元素, 这无疑是元素认知中的一大进步。遗憾的是拉瓦锡并没有区分“元素”和“简单物体”。直到 19 世纪, 道尔顿将元素的概念与原子联系起来, 门捷列夫确立化学元素周期律, 明确指出元素的基本属性是原子量, 提出单质和元素的不同概念。19 世纪末期, 电子、X 射线和放射性相继被发现, 引发了科学家们对原子结构的研究, 同位素这一概念就是在这种背景条件下被提出来的。并且, 英国物理学家阿斯顿证明几乎所有元素都具有同位素。

1923 年, 国际原子量委员会做出决定: 化学元素是根据原子核电荷的多少对原子进行分类的一种方法, 把核电荷数相同的一类原子称为一种元素。随着人们对分子结构和核粒子的进一步研究, 可以预计, 元素概念将会得到进一步的丰富。

三、元素化学反应

无机化学研究涵盖了整个元素周期表中的所有元素, 涉及了物质的结构类型、化学键类型和各种化合物反应等。所有包含金属离子的化合物以及在反应部位不包含碳氢或碳碳键的化合物, 它们所发生的反应都归属为无机反应。可以认为元素无机化学为无机化学的中心内容。化学反应按照类型可分为均相反应和复相反应, 其中无机反应多为均相反应, 溶液中的反应尤为普遍。按反应的性质则可分为氧化还原反应、亲核或亲电子的取代反应、分子内重排反应等。

元素的金属性和非金属性与原子的电子层结构、核电荷数和原子半径相关。总的来说, 金属单质在化学反应中倾向于失去电子, 表现为还原性; 非金属单质在化学反应时不仅倾向于得到电子, 也倾向于失去电子, 因而其化学性质表现为既具有氧化性, 又具有还原性; 在金属与非金属之间有一种中间状态, 处于该状态的元素具有金属或半金属性。一般来说, 同周期的元素单质的还原性由左到右递减, 对应的氧化性则由左到右递增。同一主族金属元素单质的还原性从上到下递增; 同主族非金属元素单质的氧化性从上到下递减。根据元素在周期表中的位置可将其分成 s 区、p 区、ds 区、d 区以及 f 区元素。

各异的元素单质性质必然导致多样的化学反应甚至特异的反应条件。例如: s 区的金属具有很强的还原性, 用水作氧化剂即能将其溶解; 另外该区的元素单质很容易就能与氧结合。p 区的金属活泼性较 s 区弱, 它们一般不同水反应, 而且与氧的反应能力差。一般来说, 过渡金属的金属性比同周期的 p 区元素要强, 但远弱于同周期的 s 区元素。而第一过渡系比第二、三过渡系的典型过渡元素活泼。除铜外, 第一过渡系金属一般都可以从稀酸中置换氢, 而其他过渡系金属则不能被稀酸中氢离子氧化。例如 Ca、Li、Na 与水反应释放出 H_2 , Mg 与水蒸气反应释放出 H_2 , 而大多数的金属与酸反应释放出 H_2 。此外, 元素化学反应受反应条件的影响, 即使相同的元素单质, 如果在不同的反应条件下, 其产物也会有所不同, 如: 铜 (Cu) 与氧 (O_2) 在 $900^\circ C$ 下反应生成 Cu_2O , 在 $450\sim 500^\circ C$ 则生成 CuO ; 硫 (S) 在空气中燃烧生成二氧化硫 (SO_2), 而在催化剂 (V_2O_5) 条件下则可以被进一步氧化生成三氧化硫 (SO_3)。

1. s 区元素概述

s 区元素包括氢元素, 以及碱金属和碱土金属 (I A 和 II A 族)。由于该区元素的最外层电子构型为 ns^1 和 ns^2 , 故被称为 s 区元素。该区中的元素是最活泼的金属元素。如碱金属, 由于内层电子的屏蔽作用, 使得该族的元素很容易失去外层的 1 个 s 电子; 而碱土金属也同样容易失去外层的 2 个 s 电子而显出较强的金属性。s 区元素中, 同一族元素的性质自上而下有规律地变化, 如原子半径在周期表中由上至下依次增加, 电离能和电负性依次减小, 金属活泼性依次增强。但性质的递变并不均匀, 尤其是第二、三周期之间在性质上有较

大的差异。例如：锂的熔点和硬度高于其他碱金属，但其导电性较弱。铍的熔点和沸点比其他碱土金属要高，硬度也是碱土金属中最大的，但却具有脆性。此外锂和铍的化合物也表现出与其同族元素相应化合物不同的性质。应该指出的是，s区中各族元素通常只有一个稳定的氧化态。由于碱金属第二电离能较大，因此通常显+1价；碱土金属由于第三电离能很大而显+2价。

s区元素的单质具有很强的还原能力，能够与大多数的非金属反应，除铍和镁外均容易与水作用生成稳定的氢氧化物。碱金属和碱土金属与氧反应可形成正常氧化物、过氧化物和超氧化物三种类型的氧化物。其中前两类具有反磁性，后一类具有顺磁性。

2. p区元素概述

p区元素的价电子构型为 ns^2np^x 。它包括除氢以外的所有非金属元素和部分金属元素(ⅢA~ⅦA族和零族元素)，其中共包含了31种元素，10种金属元素。金属元素与非金属元素沿对角线“B—Bi—As—Te—At”分界。除ⅦA和零族外，各族元素均由非金属元素开始，然后过渡到金属元素。与s区元素相比，该区元素具有较大的电负性。p区元素的性质随周期数的增加呈递变性：同族元素的原子半径随周期数的增加逐渐增大；获得电子的能力逐渐减弱；金属性逐渐增强，反之非金属性减弱。因此，各族中第一个元素的原子半径最小，电负性最大，获电子的能力最强。

第二周期外层只有2s和2p轨道，一般其形成化合物的配位数不超过4；其他周期的元素具有d轨道，可以容纳更多的电子，因此可以拥有更高配位数的化合物。同s区类似的，第二周期的p区元素表现出反常性质。例如：氮、氧、氟的单键键能分别小于其对应的第三周期元素的单键键能。这三种元素较小的原子半径使得成键时原子间距离较近，因此未参与成键的电子之间发生较强的排斥作用，从而削弱了共价单键的强度。此外，应该指出的是，由于d区元素的插入，第四周期p区元素的有效核电荷显著增大，对核外电子的吸引力增强，因此原子半径显著减小。这也使得第四周期的p区元素在同族中表现出特殊性。如ⅦA族元素的含氧酸中，溴酸和高溴酸的氧化性均高于其他卤酸和高卤酸。

p区元素通常具有多种氧化态。较重元素有利于形成低氧化态。p区元素及其化合物的许多性质呈现规律性变化。该区元素(除稀有气体、铟和铊)的氢化物都是以共价键结合的分子型氢化物，通常以气体或挥发性液体形式存在。这些氢化物稳定性的递变规律与p区元素的电负性递变规律一致；其生成热、熔点、沸点和分子极性等也都按元素在周期表中所处的族和周期呈周期性变化。但第二周期的 NH_3 、 H_2O 和 HF 由于分子间形成氢键，导致它们的熔点和沸点反常地高。这些氢化物的化学性质各异。有的可与水反应生成氢气，如 B_2H_6 和 SiH_4 ；有的可与水中的氢离子发生加合反应，如 NH_3 ；有的则可在水中发生离解而显酸性，如 HX 和 H_2S 等。除 HF 外，其他的共价型氢化物都具有还原性，且还原能力与其稳定性的递变规律恰好相反。

p区元素通常能与氧直接或间接形成氧化物(稀有气体中只有氡能与氧间接形成氧化物)。同一周期最高氧化数氧化物的水合物的酸性随原子序数的增大而递增；同族元素相同氧化数氧化物的水合物的酸性自上而下随原子序数的增加而递减。

常见的以非金属元素为中心原子的含氧酸有 H_3BO_3 、 H_2CO_3 、 H_2SiO_3 、 HNO_3 、 H_3PO_4 、 H_2SO_4 和 HClO_4 。在同一周期中，含氧酸的酸性随原子序数递增。常见的含氧酸盐中，磷酸盐和硅酸盐对热稳定，但易脱水缩合成多酸盐；硝酸盐和卤酸盐对热不稳定；碳酸盐和硫酸盐居中。含氧酸及其盐均有氧化还原性，且氧化还原性受pH值的影响。

3. ds区元素概述

ds区元素包括铜族(ⅠB)和锌族(ⅡB)，其电子构型分别为 $(n-1)d^{10}ns^1$ 和 $(n-1)$

$d^{10}ns^2$ 。铜族元素与碱金属元素的最外电子层都只有一个电子，失去电子后显+1价；锌族元素和碱土金属元素的最外电子层都有两个电子，失去后显+2价。因此它们在氧化态和某些化合物性质方面具有相似处，但次外层电子的差异决定了它们之间存在显著性差异。

ds区的元素单质除汞在常温下为液体外，其他五种金属均为固体。铜族元素具有美丽的色泽，被用作饰物和钱币；它们具有突出的延展性、导电性和导热性。与其他过渡元素相比，该区元素单质的熔、沸点较低，尤其是锌族元素，主要是由于其原子半径大；且次外层d轨道全充满，不参与形成金属键。锌、镉、铜、银、金、钠、钾等可溶于汞形成汞齐，汞齐可呈液态或固态。

铜族元素的金属性远比碱金属弱，且随原子序数的增加而减弱，它们不能从稀酸中置换出氢气。铜族中每种元素都有+1、+2和+3三种氧化态，但这些氧化态的稳定性各不相同，且某一价态的稳定性与其存在的状态密切相关。铜族元素能形成许多二元化合物，其键型具有共价性。它们还能形成稳定的配合物。锌族元素的金属性同样随原子序数的增加而减弱。另外锌族的二价离子具有较强的极化能力，本身的变形性也大，它们形成的二元化合物同样具有共价性。同铜族元素类似，它们也能形成较稳定的配合物。

4. d区元素概述

d区元素原子的价层电子构型为 $(n-1)d^{1-10}ns^{1-2}$ (Pd的价层电子构型为 $4d^{10}5s^0$)。该区元素由于原子半径较小，因此单质的密度通常比较大。第四周期d区元素被习惯性称为轻过渡元素（或第一过渡元素），它们在地壳中的含量丰富，其单质和化合物在工业上用途广泛；第四周期和第五周期则被称为重过渡元素（或第二、第三过渡元素），其含量相对较少。轻过渡元素随原子序数的增大，有效核电荷增大，原子半径缓慢减小；重过渡元素从左到右原子半径仅略有减小。d区元素的单质都具有高熔点、高沸点，并有良好的导电性和导热性。由于d区元素同族自上而下，原子半径增加并不显著，而且各原子4d或5d轨道可以相互重叠，因此金属原子间的结合力增强，从而导致原子化焓递增，熔、沸点也显著递增，如该区的钨和铼是熔点最高的金属。

过渡元素的单质能与活泼的非金属元素单质直接形成化合物。它们可以与氢形成金属氢化物（过渡型氢化物），这类氢化物基本保留着金属的物理性质，如金属光泽、导电性等。IVB~VIII B族的元素能与原子半径较小的非金属形成间充式化合物，该类化合物的特点是，熔点高、硬度大、化学性质不活泼。过渡元素容易形成配合物。其元素离子具有能级相近的价电子轨道可接受配体的孤对电子，同时其离子半径较小，具有较大的有效核电荷，对配体有较强的吸引力和较强的极化作用，因此它们有很强的形成配合物的倾向。另外，一些过渡元素的原子也能形成配合物。

过渡元素的单质由于其优良的物理和化学性能，在冶金工业上用于各种合金钢的制造。而它们的单质或是化合物在化学工业中常被用作催化剂，这是因为在反应过程中，过渡元素可形成不稳定的配合物，这些配合物作为中间产物可起到配位催化的作用，另外过渡元素也可通过提供适宜的反应表面，起到接触催化作用。轻过渡元素单质比重过渡元素单质要活泼。例如：轻过渡元素可与酸作用产生氢气；重过渡元素则不与酸发生置换反应，但多数元素单质可与浓碱或熔碱发生反应。

过渡元素可以形成多种氧化数的化合物。在某些条件下，只有这些元素的最外层s电子参与成键；在其他条件下，其部分或全部d电子也能参与成键。通常过渡元素的高氧化态化合物比其低氧化态化合物的氧化性强。同族元素自上而下，高氧化态化合物趋向稳定。轻过渡元素随原子序数的增加，最高氧化数逐渐升高，但当3d轨道中电子数超过5时，最高氧化数又逐渐降低。重过渡元素氧化数的变化趋势与轻过渡元素一致，但元素的最高氧化态化合物稳定，而低氧化态化合物则不常见。

5. f 区元素概述

目前周期表中有两个系列的内过渡元素——镧系和锕系元素。人们通常将 f 区元素定义为最后一个电子填入 $(n-2)f$ 亚层的元素，因为 57 号元素 La 和 89 号元素 Ac 的 $(n-2)f$ 亚层上没有填入电子，因此有时将镧系和锕系分别界定为 La 后的 14 种元素和 Ac 后的 14 种元素。但由于如何界定镧系元素和锕系元素的问题尚无定论，本书将 La 和 Ac 分别归属于镧系和锕系元素。由于 f 区元素原子的电子构型主要差别在于外数第三层的 f 亚层上，因此也称 f 区元素为内过渡元素。应当指出的是，Ac 系元素均为放射性元素。

镧系元素的原子及其阳离子的基态电子构型常用发射光谱的数据来确定，La~Yb 元素的基态价层电子构型可以用 $4f^{0\sim 14}5d^{0\sim 1}6s^2$ 表示。镧系元素的原子半径和离子半径随原子序数的增大而缓慢减小，这种现象被称为“镧系收缩”。虽然随原子序数的增加相邻元素原子半径只缩小约 1pm，但是从 La 到 Lu 14 种元素的原子半径递减的累积约 14pm，从而造成镧系后的 Hf 和 Ta 的原子半径和同族 Zr 和 Nb 的原子半径极为相近，即镧系收缩效应。

一般认为镧系元素的特征氧化数为 +3。无论是在酸中还是在碱中，镧系元素都很活泼，是较强的还原剂。其还原能力仅次于碱金属，远强于铝和锌而与镁接近。通常金属单质保存时需表面涂蜡，避免发生氧化，甚至着火。

锕系元素具有多种电子构型，90 号元素 Th 为 $6d^27s^2$ ，89(Ac)、91(Pa)、92(U)、93(Np) 和 96(Cm) 号元素为 $5f^{n-1}6d^17s^2$ ，而其余元素为 $5f^n7s^2$ 。与镧系元素不同的是，锕系元素的氧化态呈现多样性，如 Ac~Am 的锕系元素在水溶液中具有几种不同的氧化态。前半部分的锕系元素容易表现为高氧化态，但 +3 价离子的稳定性随着原子序数的增加而增加。与镧系类似的是，锕系元素同样存在收缩，即锕系元素相同氧化态的离子半径随原子序数的增加而缓慢减小。

锕系元素单质的金属性比较强，其氧化还原电位随着原子序数的增加而增加。锕系元素单质通常为银白色金属，容易与水或氧作用，保存时应避免与氧接触。它们还可与其他金属形成金属间化合物。

四、元素化学反应的快速检索

虽然已有众多的工具书对现有元素化学反应进行了归纳和总结，但是受纸质版书籍的限制，元素的属性和相关反应多按族的方式和原子序数进行排列，因此元素反应的查询方式缺少灵活性。譬如在已知反应条件或产物的情况下查询元素反应就存在一定的难度。有效地根据读者所掌握的信息实现对元素反应的快速查询是编写本书的主要目的。

本书收录元素化学反应 13000 余条，主要包括常见的、重要的无机反应。每节的最开始对元素进行了简要的介绍，并罗列了其中英文名称、名称由来、发现人，发现时间、发现地点、原子量、常见价态、电子构型以及其相关描述和用途等。在反应式的编排上，按照原子序数进行排序。这样在已知反应物的情况下，可以通过本书直接对反应进行查询。此外本书中还收集了若干元素有机反应，但限于作者水平，在反应的取舍等方面具有一定的试探性，书中若有不妥，恳请读者和同行指出。同时本书通过光盘检索系统，尝试使读者对元素化学反应的查询变得更加直接和快捷。

在计算机出现以前，由于纸是信息的主要存储载体，人类一直都在用手工的方式来处理和检索信息。面对浩瀚无垠的信息海洋，手工检索信息如同大海捞针。计算机的出现和发展为我们大规模地收集、加工、存储、处理及传递信息提供了先进和快捷的技术手段。通过计算机，人们可以将大量的信息存储，从而使得在极短时间内完成手工需要几天甚至几个月才能完成的检索工作成为可能，并且通过灵活的检索策略可以获得比手工检索更准确、更全面的信息。充分利用计算机并结合百度等知名网站的人性化设计，我们通过光盘的形式为读者提供元素化学反应查询服务，不但可以模糊检索，检索出相关的信息，例如当输入 H_2O 进

行检索时，系统将显示所有与水相关的反应，包括水参与和生成水的反应，而且也专门人士提供精确检索，如在上例的基础上通过 AND 或 OR 进一步选取检索条件，精确检索适合在对要检索的内容比较了解的情况下使用。

本手册可供各个层次的人士使用。通过该元素化学反应检索系统，读者可以方便地根据任何信息（包括反应物、反应条件或产物）而不仅仅局限于反应物进行检索。这无疑足计算检索系统在元素化学反应方面有感兴趣的尝试。书中列出单独的章节对检索系统进行了详细的说明。

元素化学知识体系，涉及面广，内容繁杂，且随学科的发展而不断更新。本手册以元素化学反应为线索，系统地对元素化学知识进行了梳理和整合。通过该元素化学反应检索系统，读者可以方便地根据任何信息（包括反应物、反应条件或产物）而不仅仅局限于反应物进行检索。这无疑足计算检索系统在元素化学反应方面有感兴趣的尝试。书中列出单独的章节对检索系统进行了详细的说明。

元素化学知识体系，涉及面广，内容繁杂，且随学科的发展而不断更新。本手册以元素化学反应为线索，系统地对元素化学知识进行了梳理和整合。通过该元素化学反应检索系统，读者可以方便地根据任何信息（包括反应物、反应条件或产物）而不仅仅局限于反应物进行检索。这无疑足计算检索系统在元素化学反应方面有感兴趣的尝试。书中列出单独的章节对检索系统进行了详细的说明。

元素化学知识体系，涉及面广，内容繁杂，且随学科的发展而不断更新。本手册以元素化学反应为线索，系统地对元素化学知识进行了梳理和整合。通过该元素化学反应检索系统，读者可以方便地根据任何信息（包括反应物、反应条件或产物）而不仅仅局限于反应物进行检索。这无疑足计算检索系统在元素化学反应方面有感兴趣的尝试。书中列出单独的章节对检索系统进行了详细的说明。

元素化学知识体系，涉及面广，内容繁杂，且随学科的发展而不断更新。本手册以元素化学反应为线索，系统地对元素化学知识进行了梳理和整合。通过该元素化学反应检索系统，读者可以方便地根据任何信息（包括反应物、反应条件或产物）而不仅仅局限于反应物进行检索。这无疑足计算检索系统在元素化学反应方面有感兴趣的尝试。书中列出单独的章节对检索系统进行了详细的说明。

元素化学知识体系，涉及面广，内容繁杂，且随学科的发展而不断更新。本手册以元素化学反应为线索，系统地对元素化学知识进行了梳理和整合。通过该元素化学反应检索系统，读者可以方便地根据任何信息（包括反应物、反应条件或产物）而不仅仅局限于反应物进行检索。这无疑足计算检索系统在元素化学反应方面有感兴趣的尝试。书中列出单独的章节对检索系统进行了详细的说明。

元素化学知识体系，涉及面广，内容繁杂，且随学科的发展而不断更新。本手册以元素化学反应为线索，系统地对元素化学知识进行了梳理和整合。通过该元素化学反应检索系统，读者可以方便地根据任何信息（包括反应物、反应条件或产物）而不仅仅局限于反应物进行检索。这无疑足计算检索系统在元素化学反应方面有感兴趣的尝试。书中列出单独的章节对检索系统进行了详细的说明。

元素化学知识体系，涉及面广，内容繁杂，且随学科的发展而不断更新。本手册以元素化学反应为线索，系统地对元素化学知识进行了梳理和整合。通过该元素化学反应检索系统，读者可以方便地根据任何信息（包括反应物、反应条件或产物）而不仅仅局限于反应物进行检索。这无疑足计算检索系统在元素化学反应方面有感兴趣的尝试。书中列出单独的章节对检索系统进行了详细的说明。

上篇 主族元素

第一章 I A 族

第一节 氢

氢有三种同位素：氕 (${}^1_1\text{H}$) 在氢的天然元素中含量为 99.98%；氘 (${}^2_1\text{H}$) 的原子量为 2，占 0.02%；氚 (${}^3_1\text{H}$) 的原子量为 3，在自然界中的含量极少。0°C 时氢在水中的溶解量为 2.1×10^{-6} ，稍溶于有机溶剂；它还能被许多金属吸收，如钯。氢在常温下为不活泼物质，但在高温下可分解为活泼的自由单原子，可作为很多反应的催化剂。原子氢为强还原剂，可还原多种金属化合物，除此之外还可与一些金属和非金属反应生成氢化物。

元素符号 H 中文名 氢 英文名 Hydrogen

名称由来 希腊文 hydro (水) 和 genes (发生)。

发现人 卡文迪许 发现时间 1766 发现地点 英格兰

原子量 1.000794 常见价态 +1, -1 电子构型 $1s^1$

描述 无色无臭无味气体，是宇宙中含量最丰富的元素，在地壳里含量第 10。

来源 工业制法用高温水蒸气与甲烷或碳起反应制得；实验室制法用金属与酸性溶液反应，或电解制取。

用途 大量氢气用于制氨，也用于填充气球、金属精炼和火箭燃料。氢的两种更重的同位素是另用作核聚变、裂变燃料的氘 (D) 和氚 (T)。

放射性 * H-1, H-2, H-3 (放 β [12.3y])

常见化合物 H_2O , H_2S , HCl , NH_3 , CH_4 , NaOH

元素反应：





