

SHIYONG
HUAXUE SHOUCHE

实用化学手册

(第2版)

张向宇 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

实用化学手册

(第2版)

张向宇 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本手册共分 17 章,包括化学元素,无机化合物,有机化合物,气体,空气,水,固体与液体物质的性质,溶液,电化学知识,工艺化学仪器知识,仪器分析,分离和纯化技术,高聚物制品的简易鉴别,试验技术及有关知识,安全知识,人体健康与环境,常数、单位换算及其它。

本手册主要供化学、化工、航空、航天等相关的科研人员,技术工作者及大专院校相关专业学生查阅和参考。

图书在版编目(CIP)数据

实用化学手册 / 张向宇编著. —2 版. —北京:国防
工业出版社, 2011. 10
ISBN 978 - 7 - 118 - 07247 - 1

I. ①实… II. ①张… III. ①化学 - 手册
IV. ①06 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 184882 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 70% 字数 1936 千字

2011 年 10 月第 2 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 148.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

编写本手册的目的,是想为从事化学及其它有关专业的工作人员及学生,提供一本内容实用、数据准确的工具书。化学是一门十分重要的基础学科之一,与科学研究、工业农业、医疗卫生、环境保护、交通运输部门以及人们的日常生活息息相关。有关人员在实际工作和生活中,往往需要花大量时间从很多图书、资料中查找相关数据,很不方便。

《实用化学手册》第1版1986年4月出版,是国内第一本实用型的手册,距今已24年。在这期间承蒙读者厚爱,多次重印,甚受欢迎。考虑到科学技术的迅速发展及新的数据不断出现补充与更新,有必要对本手册进行修订。

《实用化学手册》第2版的内容根据国家最新标准进行修订,无机物化合物的品种由1226种增加到2145种,有机物的品种由1240种增加到3071种等。修订后的手册内容更加简明、实用。

《实用化学手册》第2版共分17章:化学元素,无机化合物,有机化合物,气体,空气,水,固体与液体物质的性质,溶液,电化学知识,工艺化学知识,仪器分析,分离和纯化技术,高聚物制品的简易鉴别,试验技术及有关知识,安全知识,人体健康与环境,常数、单位换算及其它。

本手册主要供航空、航天、船舶、兵器、核能、电子、冶金、矿山、化工、制药、医疗、卫生、环保、食品、汽车、机车、石油、煤炭等及大专院校、科研设计机构相关专业的科技工作者、老师、学生查阅与参考。

在修订的过程中,承蒙中航工业南方动力(集团)有限公司等单位的有关专家的支持与帮助,株洲世林聚合物有限公司部分员工付出了辛勤劳动,在此表示深深感谢。

编写过程中参考了许多文献资料,由于篇幅有限,在手册中只列出了主要参考文献。

由于编者水平所限,书中不妥之处在所难免,第2版发行后,恳请读者和同行不吝赐教。

2010年10月于湖南株洲

目 录

第一章 化学元素	1	3.1.4 官能团和取代基	169
1.1 元素周期表	1	3.1.5 位次的编号	170
1.2 元素的性质	4	3.1.6 官能团和取代基的位次标明法和 位次符号的省略法	171
1.3 同位素	11	3.1.7 立体异构形容词	172
1.4 范德华半径、共价半径、原子和 离子半径	16	3.1.8 链烃基名、碳环基名和杂环基名 (或总称为母体基名)	173
1.5 元素的电离势	21	3.1.9 氘、氚化合物的命名	173
1.6 原子的电子亲合势	25	3.1.10 链异构形容词	173
1.7 元素的电负性	25	3.1.11 有机官能团的汉语名称	174
1.8 元素的主要氧化值	26	3.2 有机化合物的物理性质	176
1.9 单质和同素异形体	27	3.3 天然油脂及蜡	446
第二章 无机化合物	29	3.3.1 天然油脂的组成	446
2.1 无机化学物质的系统命名原则 ..	29	3.3.2 常用天然油脂的物理性质	448
2.1.1 总则	29	3.3.3 天然蜡的组成与性质	448
2.1.2 二元化合物	31	3.4 常用有机化合物的 英文缩写代号	449
2.1.3 三元、四元等化合物	33	3.5 常见有机化工产品名称、商品名、 俗名及别名	451
2.1.4 简单含氧酸和简单含氧酸盐	33	第四章 气体	457
2.1.5 同多酸与同多酸盐、杂多酸 与杂多酸盐	37	4.1 气体的标准状况	457
2.1.6 含硼化合物	38	4.2 气体体积换算成标准状况	457
2.1.7 配位化合物	38	4.3 气体的质量与体积的计算	458
2.1.8 络合物	39	4.4 气体的各种浓度 表示法与换算	458
2.1.9 加成化合物	40	4.5 气体在水中的溶解度	459
2.1.10 一些酸的化学式及名称	41	4.6 气体的密度	462
2.2 无机化合物的物理性质	42	4.7 气体的摩尔体积	462
2.3 常见无机化合物的生成热	127	4.8 气体的介电常数	463
2.4 矿物	130	4.9 气体和蒸气的导热系数	464
2.5 常见无机化工产品名称、商品名、 别名及俗名	140	4.10 气体和蒸气的比热容	465
第三章 有机化合物	162	4.11 气体和蒸气的黏度	469
3.1 有机化合物的系统命名原则	162	4.12 气体的折射率	472
3.1.1 总则	162	4.13 气体和蒸气的临界特性	472
3.1.2 烃	163		
3.1.3 杂环母核	166		

4.14	制冷用气体的性质	474	6.14	水的黏度	509
4.15	气体的低温性质	475	6.15	水的表面张力	510
4.16	氮气的性质	476	6.16	水与各种聚合物的接触角	511
第五章	空气	477	6.17	水的折射率	511
5.1	空气的物理化学常数	477	6.18	水的介电常数	511
5.2	干燥空气的平均组成	478	6.19	水的介质损耗角正切	511
5.3	不同温度下空气的密度	479	6.20	极纯水的电导率	512
5.4	潮湿空气的密度	479	6.21	水的体积膨胀	512
5.5	空气在水中的溶解度	480	6.22	水的可压缩性	512
5.6	使空气饱和的水蒸气含量	481	6.23	硬水	513
5.7	空气的湿度	482	6.24	海水的化学成分	514
5.8	固定湿度	486	6.25	人造海水的组成	514
5.9	空气的露点、水分压和含水量	488	6.26	中水	515
5.10	干燥剂干燥空气的效率	488	6.27	生活饮用水	515
5.11	吸收空气中杂质的吸收剂	489	6.28	饮用水的深度净化及国外 饮用水标准	520
5.12	空气的折射率	489	第七章	固体与液体物质的性质	525
5.13	空气的黏度	490	7.1	一些物质的分子大小	525
5.14	空气的弹性常数	490	7.2	偶极矩	525
5.15	空气的导热系数	490	7.3	物质的密度	527
5.16	空气的比热容	491	7.4	熔点	539
5.17	空气通过吸收 装置的抽气速度	491	7.4.1	常见物质的熔点	539
5.18	房间换气	491	7.4.2	显微镜法测定的化合物熔点	540
5.19	不同海拔高度空气的 氧气含量	492	7.4.3	甲醇-水溶液的冷冻点	541
第六章	水	496	7.4.4	乙醇-水溶液的冷冻点	541
6.1	水的物理化学常数	496	7.4.5	1,2-丙二醇-水溶液的 冷冻点	542
6.2	水的绝对密度	497	7.4.6	甘油-水溶液的冷冻点	542
6.3	水的密度与体积的关系	499	7.4.7	普列斯通-水溶液的冷冻点	543
6.4	水的饱和蒸气压	499	7.4.8	氯化钠-水溶液的冷冻点	543
6.5	-99℃~0℃时冰的蒸气压力	502	7.4.9	氯化镁-水溶液的冷冻点	543
6.6	饱和水蒸气	502	7.4.10	氯化钙水溶液的冷冻点	544
6.7	过热水蒸气	505	7.4.11	低共熔混合物	544
6.8	水的比热容	506	7.4.12	高熔点氧化物之间 的液相温度	545
6.9	水蒸气的比热容	506	7.4.13	非水冷冻浴	545
6.10	水的沸点	507	7.5	沸点	546
6.11	不同大气压下水的沸点	508	7.5.1	几种常用物质的沸点	546
6.12	水的沸点与大气压、海水 深度的关系	508	7.5.2	有机溶剂的沸点	546
6.13	水的离子积	509	7.5.3	含水二元共沸物	549

7.5.4	部分二元共沸物	550	7.13	导热系数	597
7.5.5	含水和醇的三元共沸物	551	7.13.1	不同金属与合金的 导热系数	597
7.5.6	大气压对馏出温度 影响的修正	553	7.13.2	不同非金属物质的 导热系数	599
7.6	表面张力	553	7.13.3	不同液体与溶液的 导热系数	600
7.6.1	不同液体的表面张力	553	7.14	压缩系数与膨胀系数	602
7.6.2	金属与熔盐的表面张力	555	7.14.1	固体的线膨胀系数	602
7.6.3	有机化合物的界面张力	556	7.14.2	固体的体积膨胀系数	603
7.6.4	无机化合物水溶液 的表面张力	556	7.14.3	不同液体与溶液的体积膨胀 系数	604
7.6.5	有机化合物水溶液 的表面张力	557	7.14.4	不同液体与水溶液的可压缩 系数	606
7.7	黏度	558	7.15	蒸气压	608
7.7.1	不同液体的黏度	558	7.15.1	水银的蒸气压	608
7.7.2	盐水溶液的黏度	564	7.15.2	氨水溶液的蒸气压	610
7.7.3	一些物质水溶液的比黏度	565	7.15.3	液氨的蒸气压	610
7.7.4	蔗糖水溶液的黏度	566	7.15.4	二氧化碳的蒸气压	611
7.7.5	甲醇水溶液的黏度	566	7.15.5	液氮的蒸气压	612
7.7.6	乙醇水溶液的黏度	566	7.15.6	液氧的蒸气压	612
7.7.7	甘油水溶液的绝对黏度	567	7.15.7	不同物质的蒸气压	613
7.8	折射率	568	7.16	晶体	620
7.8.1	液体的折射率	568	第八章	溶液	622
7.8.2	用于校对折射率的物质	571	8.1	不同温度下物质在水中的 溶解度	622
7.8.3	卤族酸水溶液的折射率	572	8.2	常见有机化合物在水中的 溶解度	626
7.8.4	甘油水溶液的折射率	572	8.3	难溶化合物的溶度积	629
7.8.5	固体物质的折射率	573	8.4	无机化合物在有机溶剂中的 溶解度	632
7.9	介电常数	573	8.5	各种物质的溶解热	635
7.9.1	液体的介电常数	573	8.6	溶液的浓度和密度	643
7.9.2	固体的介电常数	576	8.6.1	一些无机物水溶液的密度和 百分浓度	643
7.10	固体的电介质强度	578	8.6.2	盐酸溶液的浓度和密度	651
7.11	电阻率与电导率	578	8.6.3	硝酸溶液的浓度和密度	651
7.11.1	物质的电阻率	579	8.6.4	硫酸溶液的浓度和密度	652
7.11.2	离子导体的电导率	580	8.6.5	发烟硫酸的密度和 三氧化硫含量	654
7.12	潜热	580			
7.12.1	固体与液体物质的比热容	580			
7.12.2	元素和无机物的熔化 热与气化热	589			
7.12.3	有机物的气化热	592			
7.12.4	不同物质的燃烧热	594			
7.12.5	有机化合物的燃烧热	595			

8.6.6	发烟硫酸换算成无水硫酸	654	8.6.44	氯化锌溶液的浓度和密度	673
8.6.7	磷酸溶液的浓度和密度	654	8.6.45	氯化钡溶液的浓度和密度	673
8.6.8	铬酸溶液的浓度和密度	656	8.6.46	三氯化铁溶液的浓度和密度	674
8.6.9	氢氟酸溶液的浓度和密度	657	8.6.47	氯化钙溶液的浓度和密度	675
8.6.10	氯酸溶液的浓度和密度	657	8.6.48	氯化镁的浓度和密度	675
8.6.11	高氯酸溶液的浓度和密度	657	8.6.49	氯化铵溶液的浓度和密度	676
8.6.12	氢溴酸溶液的浓度和密度	658	8.6.50	次氯酸钠溶液的 浓度和密度	676
8.6.13	氢碘酸溶液的浓度和密度	658	8.6.51	次氯酸钙溶液的浓度和密度	677
8.6.14	醋酸溶液的浓度和密度	658	8.6.52	过氧化氢溶液的浓度和密度	678
8.6.15	酒石酸溶液的浓度和密度	659	8.6.53	甲醇、乙醇、甘油(丙三醇)及 蔗糖水溶液的浓度和密度	678
8.6.16	柠檬酸溶液的浓度和密度	660	8.7	溶液的依数性	682
8.6.17	草酸溶液的浓度和密度	660	8.7.1	冰点降低常数	682
8.6.18	蚁酸溶液的浓度和密度	660	8.7.2	沸点升高常数	684
8.6.19	丹宁酸溶液的浓度和密度	662	8.7.3	盐水溶液的沸点	685
8.6.20	氢氧化钙溶液的 浓度和密度	662	8.8	标准溶液和指示剂	687
8.6.21	氨水溶液的浓度和密度	662	8.8.1	溶液的浓度及其换算	687
8.6.22	氢氧化钠溶液的浓度和密度	663	8.8.2	标准溶液	688
8.6.23	氢氧化钾溶液的浓度和密度	663	8.8.3	缓冲溶液	691
8.6.24	碳酸钠溶液的浓度和密度	664	8.8.4	滴定用指示剂	693
8.6.25	碳酸钾溶液的浓度和密度	665	第九章	电化学知识	712
8.6.26	硫酸铵溶液的浓度和密度	665	9.1	电解质与离子平衡	712
8.6.27	硫酸锌溶液的浓度和密度	666	9.1.1	电离度	712
8.6.28	硫酸镁溶液的浓度和密度	666	9.1.2	平均活度系数与离子强度	713
8.6.29	硫酸铝溶液的浓度和密度	667	9.1.3	溶液与纯净液体的电导率	713
8.6.30	硫酸铜溶液的浓度和密度	668	9.1.4	酸、碱的离解常数	716
8.6.31	硝酸铵溶液的浓度和密度	668	9.1.5	某些络离子的不稳定常数	718
8.6.32	硝酸锌溶液的浓度和密度	669	9.2	电化学	723
8.6.33	铬酸钠溶液的浓度和密度	669	9.2.1	标准电极电位	723
8.6.34	铬酸钾溶液的浓度和密度	669	9.2.2	在不同金属上析出氢和氧的 过电位	733
8.6.35	重铬酸钠溶液的浓度和密度	670	9.2.3	电解质水溶液的分解电压	734
8.6.36	氯酸钠溶液的浓度和密度	670	9.2.4	电化学计算	734
8.6.37	硫酸钠溶液的浓度和密度	670	9.3	防锈知识	737
8.6.38	硝酸钠溶液的浓度和密度	671	第十章	工艺化学知识	744
8.6.39	亚硝酸钠溶液的浓度和密度	671	10.1	橡胶	744
8.6.40	磷酸钠溶液的浓度和密度	672	10.1.1	橡胶的结构、组成与特性	745
8.6.41	硅酸钠(水玻璃)溶液的 浓度和密度	672	10.1.2	几种未补强与补强硫化胶 的物理力学性能	750
8.6.42	醋酸钠溶液的浓度和密度	673			
8.6.43	氯化钠溶液的浓度和密度	673			

10.1.3	生胶性质、工艺性能和电性能	753	10.9.8	常用液态密封垫	861
10.1.4	硫化橡胶的耐溶剂和化学介质性能	754	10.10	硅酸盐制品及非金属矿	862
10.2	合成树脂及塑料	769	10.10.1	水泥	862
10.2.1	一些树脂及塑料的英文缩写代号	769	10.10.2	耐水泥与耐火砖	865
10.2.2	合成树脂的结构、组成与特性	775	10.10.3	玻璃	868
10.2.3	合成高聚物材料的性质	783	10.10.4	陶瓷	869
10.2.4	合成树脂的溶解性	796	10.10.5	水玻璃	878
10.3	绝缘材料	799	10.10.6	硅胶	878
10.3.1	绝缘材料的耐热分级	800	10.10.7	石棉	879
10.3.2	层压制品	802	10.10.8	石墨	881
10.3.3	电工用薄膜及其复合材料制品	804	10.10.9	滑石	882
10.3.4	浸渍纤维制品与绝缘漆的相容性	806	10.10.10	膨润土	883
10.4	纤维	807	10.10.11	陶土与高岭土	884
10.4.1	纤维的分类	807	10.10.12	矾土	884
10.4.2	无机纤维的化学成分	808	10.10.13	氟石	884
10.4.3	有机纤维的名称、结构、特性与用途	809	10.10.14	重晶石	885
10.4.4	纤维素醚(酯)类	813	10.10.15	叶蜡石	885
10.4.5	纤维的质量比电阻	817	10.10.16	长石	885
10.4.6	常用纺织纤维的性质	817	10.10.17	石英	886
10.5	石油	824	10.10.18	蛭石	886
10.6	可燃冰	828	10.10.19	燧石	887
10.7	煤	830	10.10.20	大理石	887
10.8	涂料	836	10.10.21	云母	888
10.9	胶黏剂与密封剂	844	第十一章 仪器分析		890
10.9.1	胶黏剂的分类	844	11.1	气相色谱、高速液相色谱与裂解色谱分析	890
10.9.2	主要结构胶黏剂的品种及性能	845	11.1.1	气相色谱(GC)	890
10.9.3	常用合成胶黏剂	846	11.1.2	高速液相色谱(HSLC)	892
10.9.4	各种材料用胶黏剂的选择	850	11.1.3	裂解气相色谱(PGC)	893
10.9.5	胶接前材料的化学处理	856	11.1.4	凝胶渗透色谱(GPC)	894
10.9.6	几种热塑性塑料的溶液胶接方法	859	11.2	原子光谱分析	895
10.9.7	常用密封材料	860	11.2.1	原子发射光谱分析	895
			11.2.2	激光显微光谱分析(LMA)	897
			11.2.3	电感耦合等离子体发射光谱分析(ICP-AES)	899
			11.2.4	原子吸收光谱	900
			11.3	分子吸收光谱分析	901
			11.3.1	紫外及可见吸收光谱(VU-Vis)	902
			11.3.2	红外吸收光谱(IR)	904

11.4 核磁共振谱分析	908	14.6 制冷	977
11.4.1 核磁共振谱分析的 基本原理	908	14.7 筛析	979
11.4.2 核磁共振波谱仪的基本结构 及其应用	909	14.8 磨料	984
11.5 质谱分析	910	14.9 滤纸	985
11.6 电子显微镜分析	911	14.10 玛瑙研钵和坩埚	986
11.6.1 透射电子显微镜(TEM)	912	14.11 墨水	987
11.6.2 扫描电子显微镜(SEM)	913	14.12 胶黏剂与固封剂	988
11.6.3 显微分析技术	914	14.13 润滑剂	990
11.6.4 热分析仪	915	14.14 纯水的制备	990
第十二章 分离和纯化技术知识	920	第十五章 安全知识	992
12.1 蒸馏与浓缩	920	15.1 燃烧与爆炸	992
12.2 重结晶	922	15.1.1 可燃物质的着火性 与灭火剂	992
12.3 萃取	924	15.1.2 能燃烧爆炸的物质	997
12.4 色谱法	926	15.1.3 能引起燃烧的物质	998
12.5 干燥	929	15.1.4 其它可燃混合物	999
第十三章 高聚物制品的鉴别	937	15.1.5 各种气体和空气或氧气混合 燃烧时火焰的最高温度	1000
13.1 橡胶	937	15.1.6 某些物质的燃点	1000
13.1.1 橡胶的通性试验	937	15.1.7 某些粉尘的爆炸下限	1001
13.1.2 橡胶的特性试验	943	15.1.8 某些物质的自燃点	1001
13.2 塑料	945	15.1.9 可燃气体的最高燃烧速度	1001
13.2.1 燃烧试验法	945	15.1.10 常用灭火器	1002
13.2.2 溶解度试验法	945	15.2 气瓶与高压气体	1002
13.2.3 元素检定法	947	15.2.1 常用压缩气体和液化气体的 气瓶设计压力	1002
13.2.4 各种塑料的特征试验	949	15.2.2 高压气瓶的漆色与标志	1003
13.2.5 利用塑料的物理性能进行 初步鉴别	951	15.2.3 气瓶的余压	1006
13.3 纤维	953	15.3 放射性危险物	1006
13.3.1 纤维的系统鉴别	953	15.3.1 射线的种类与性质	1006
13.3.2 各种纤维的特征试验	955	15.3.2 放射性物品的分类	1007
13.3.3 各种纤维的性质	958	15.3.3 主要射线的最大容许剂量	1007
13.4 一些高聚物简易鉴别的 物理性质	958	15.3.4 几种放射性物品的 γ 射线的 放射剂量	1007
第十四章 试验技术及有关知识	967	15.3.5 放射性同位素毒性分组	1008
14.1 洗涤	967	15.4 化学危险物	1008
14.2 去渍	968	15.4.1 常见的化学危险物的性质	1008
14.3 玻璃仪器	969	15.4.2 致癌物质	1019
14.4 玻璃的简易加工	972	15.5 车间空气中有害气体、蒸气及 粉尘的最高容许浓度	1020
14.5 加热与灼烧	974		

15.6 毒物、危险物的保管与贮存 ...	1023	17.3 国际单位制	1069
15.6.1 毒物、危险物的保管	1023	17.3.1 国际单位制(SI)的 基本单位	1069
15.6.2 常用化工产品的 包装与贮存	1024	17.3.2 国际单位制(SI)的 辅助单位	1070
15.7 不幸事故的急救与处理	1026	17.3.3 国际单位制(SI)中具有专门名称的 导出单位	1070
15.7.1 烧伤急救法	1026	17.3.4 国际单位制(SI)的词头	1073
15.7.2 创伤急救法	1026	17.3.5 与国际单位制(SI) 并用的单位	1073
15.7.3 虚脱急救法	1027	17.3.6 国际单位制以外的单位	1074
15.7.4 中毒急救法	1027	17.4 单位换算	1077
15.8 化学危险物品贮运 注意事项	1027	17.4.1 长度	1077
第十六章 人体健康与环境	1031	17.4.2 面积	1080
16.1 人体中的化学成分	1031	17.4.3 体积、容积	1082
16.1.1 人体组成的主要化学元素 ...	1031	17.4.4 质量	1084
16.1.2 人体组成的主要化合物	1031	17.4.5 密度与比重	1086
16.1.3 人体某些成分的微量元素 正常参考值	1032	17.4.6 压力与应力	1089
16.1.4 人体血液的元素成分	1033	17.4.7 温度	1096
16.1.5 人血液生化检验微量元素 正常值	1035	17.4.8 热性质	1105
16.2 大气与人体健康	1035	17.4.9 力	1108
16.2.1 空气中氧气与人体健康	1036	17.4.10 功、能、热	1108
16.2.2 大气污染与人体健康	1038	17.4.11 功率	1109
16.2.3 重金属污染与人体健康	1041	17.4.12 速度	1111
16.2.4 室内空气污染与人体健康 ...	1043	17.4.13 流率	1112
16.3 水与人体健康	1044	17.4.14 表面张力	1114
16.3.1 水质污染与人体健康	1044	17.4.15 比容	1114
16.3.2 生活饮用水水质检测项目与 人体健康	1045	17.4.16 平面角	1114
16.3.3 各种饮用水与人体健康	1051	17.4.17 黏度	1114
16.4 食物的化学成分	1053	17.4.18 扭矩	1117
16.4.1 人所需要的营养素和 微量元素	1054	17.4.19 时间	1117
16.4.2 食物中的营养成分	1056	17.5 希腊字母	1118
第十七章 常数、单位换算及其它 ...	1066	17.6 化学名词的特定用字注音	1119
17.1 重要的物理与化学常数	1066	17.7 化学元素用字注音	1119
17.2 日光光谱	1068	元素周期表	1121
		参考文献	1122

第一章 化学元素

1.1 元素周期表

元素周期表是元素周期律的具体表现形式,它反映了各种化学元素间的内在联系。目前已发现的化学元素共 114 种,其中天然的 93 种,人造的 21 种。元素符号都采用拉丁名称缩写,新发现原子序数 112、114 和 116 的元素尚未命名。

1869 年俄国化学家门捷列夫把当时发现的六十多种元素,按相对原子质量由小到大的次序排列起来,并把性质相似的放在一起。这样就找到了元素的性质随元素相对原子质量的增加呈周期性变化的规律即元素周期律,并提出了他的元素周期表。

到了 20 世纪,由于原子结构理论的发展和采用 X 射线等方法研究物质结构,更加深入地揭示了周期表中各元素间的内在联系。事实证明,元素的性质不是随着相对原子质量的递增,而是随着原子序数即核电荷数的递增而呈周期性的变化。这就进一步阐明了元素周期律的本质。

周期表常有两种格式:短式周期表和长式周期表,后者又称维尔纳式长周期表(1905 年)。

门捷列夫短周期表的特点是分九个族(类),除 0 及 VIII 族外,每个族又分为主族(A)和副族(B)。这种表格式比较紧凑,便于主副族比较。

维尔纳式长周期表里每一横排元素叫一个周期,共七个周期。依次为第一周期,第二周期……第七周期。

第一周期 从氢到氦共有两个元素,为特短周期;

第二周期 从锂到氖共八个元素,为短周期;

第三周期 从钠到氩共八个元素,为短周期;

第四周期 从钾到氩共十八个元素,为长周期;

第五周期 从铷到氙共十八个元素,为长周期;

第六周期 从铯到氡共三十二个元素,为特长周期;

第七周期 为特长周期,但到目前为止,只发现 26 个元素,其中 2 个无名称,还未排满,因此又叫未滿周期。

维尔纳式长周期表的特点是把每一周期安排在同一行(这样没有奇偶数列,各周期都只有一行)。它又分简式与详式两种。详式有辐射类型、电子构型等内容;简式则没有这些。据 Rang 和 Werner 等人意见,把所有元素分成九个族,所有族(除 0 族与第 VIII 族外)再分成两个组,通常用 A 组(主族)和 B 组(副族)标明。分组又有两种方法。第一种方法是在长周期表中,将第 VIII 族以前的元素称为 A 组,而第 VIII 族以后则称为 B 组;第二种方法,是在长周期表中将铜组与锌组元素及每一周期过渡元素以前的元素(第 I、II 主族除外)称为 B 组,其它元素(0 及 VIII 族除外)则称为 A 组。

本手册中的长周期表(见附表)是属于简式的,是按第二种方法分组,但表中附有原子核外电子的排列。

在第六周期中,从元素镧(57 号,La)到元素镥(71 号,Lu)共有十五个元素的性质非常相似,应该同排在一个位置,但又放不下,因此把这十五个元素在表下另辟一个横行,叫镧系元素。同样,第七周期中,从元素锕(89 号,Ac)到元素铪(103 号,Lr),也有十五个元素的性质十分相似,因此又在镧系元素下面再辟一横行,称为锕系元素。

元素周期表从纵向看,除第八、九、十这三个纵行算一族叫第Ⅷ族外,其它十五个纵行,每个纵行各为一族。最右边一族为惰性气体,其原子结构是一种稳定结构,很难与其它物质化合,通常称为零族。周期表中间部分的副族元素又称过渡元素。在第Ⅷ族中共有九个元素,其中铁、钴、镍三个元素又叫铁系元素,钪、铈、铈、铈、铈、铈又叫铂系元素。在第Ⅲ_B族中从钪(Sc)、钇(Y)和镧(La)到镥(Lu)之间的各个元素可通称稀土金属。

有些元素族在习惯上还有特殊名称,如:

I_A:Li、Na、K、Rb、Cs、Fr——碱金属元素。

II_A:Be、Mg、Ca、Sr、Ba、Ra——碱土金属元素。

III_A:B、Al、Ga、In、Tl——硼族或土族元素。

IV_A:C、Si、Ge、Sn、Pb——碳族元素。

V_A:N、P、As、Sb、Bi——氮族元素。

VI_A:O、S、Se、Te、Po——氧族元素,而S、Se、Te、Po四个元素又叫硫属元素。

VII_A:F、Cl、Br、I、At——卤素元素,简称为卤素。

0:He、Ne、Ar、Kr、Xe、Rn——惰性元素。

超铀元素 超铀元素是指在元素周期表中原子序数大于92(铀)的元素。如镎(Np)、钷(Pu)、镅(Am)、锔(Cm)、锫(Bk)、锿(Es)、镆(Fm)、钔(Md)、锘(No)、铹(Lr)、(Rf)、(Ha)等十三种元素。它们都是用人工方法制得的放射性元素。除镎和钷以外,其它元素在研究时,常用微克数量或示踪方法,所以对它们的化学性质知道不多,因此有待于进一步的研究。

在化学元素中,除了惰性气体外,人们通常又将它们分为金属与非金属两大类,但二者之间并无明显界限。有的元素在一些情况下像金属,而在另外情况下又类似非金属。就物理性质而言,金属一般具有金属光泽,有良好的延性、展性、导电性与导热性等性质。就电化学性质而言,金属元素的最大特点是在化学反应中易失去电子,而且原子越容易失去电子,则这个元素的金属性越强;非金属元素在化学反应中易得到电子,若原子越容易得到电子,则它的非金属性越强。

1. 金属元素

(1) 下列元素属于金属:

Ac、Ag、Al、Am、Au、Ba、Be、Bh、Bi、Bk、Ca、Cd、Ce、Cf、Cm、Co、Cs、Cu、Db、Ds、Dy、Er、Es、Eu、Fe、Fm、Fr、Ga、Gd、Ge、Ha、Hf、Hg、Ho、Hs、In、Ir、K、La、Li、Lr、Lu、Md、Mg、Mt、Na、Nb、Nd、Ni、No、Np、Os、Pa、Pb、Pd、Pm、Po、Pr、Pt、Pu、Ra、Rb、Re、Rf、Rg、Rh、Ru、Sb、Se、Sg、Sm、Sn、Sr、Ta、Tb、Tc、Th、Ti、Tl、Tu、U、W、Y、Yb、Zn、Zr。

(2) 稀有金属元素 在自然界中含量很少或分布稀疏以及研究得较少的元素。根据性质的不同可分为:

① 稀土元素 又称稀土金属,是稀有元素,是周期表第1族副族中的Sc、Y和La系元素的总称。共有Sc、Y、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu十七种元素,具有银白色金属光泽。其中Pm是人造的放射性元素,尚未在天然矿物中发现,其余的常量元素共同存在于独居石与Sc、Y等矿石中。其原子结构具有共同特点,即外层有2个电子,次外层有8个电子,它们的化学性质十分相像,化合价一般是+3价。能与热水作用而发生氢(钪除外),并易溶于稀酸。能形成稳定的配位化合物以及微溶于水的草酸盐、氟化物、碳酸盐、磷酸盐和氢氧化物等。稀土金属具有极为丰富的光、电、磁、热等特性,俗称现代新材料的维生素。

② 稀有轻金属 如Li、Rb、Cs、Fr(人造元素)、Be。

③ 稀有难熔金属 又称高熔点稀有金属,如Ti、Zr、Hf、Ta、Nb、W、Mo、V、Re、Tc(人造元素)。

④ 稀有分散元素 Re、Ga、In、Tl、Ge、Se、Te。

⑤ 放射性稀有金属 Tc、Pm、Po、Fr、Ra、Ac系元素(Ac、Th、Pa、U、Np、Pu、Am、Cm、Bk、Cf、Es、

Fm、Md、No、Lr)、Rf、Db、Sg、Bh、Hs、Mt、Ds、Rg 等。

⑥ 贵金属 Au、Ag、Pt、Ir、Os、Ru、Rh、Pd。

就物理性质而言属于金属元素的有：

As、Cr、Mn、Mo、V。

2. 非金属元素

下列元素属于非金属元素：

At、B、Br、C、Cl、F、I、N、O、P、S、Se、Si、Te。

在非金属元素中的稀有气体 He、Ne、Ar、Kr、Xe 和 Rn，属零族元素，它们为单原子分子，无色无臭。化学性质极不活泼，故有“惰性气体”之称。在 1962 年首次制得了 Xe 的化合物 XePtF₆，使稀有气体的化学性质有了突破。

在工业生产中，金属又被分成如下几类：

(1) 按颜色分 Fe(及其合金)是黑色金属，有时也包括 Cr 和 Mn；余下的元素叫有色金属。

(2) 按密度分 一般指相对密度小于 5 的金属如 Al、Be、Mg、Ca、Sr、Cs、Li、Na、K、Rb、Se 等为轻金属。

相对密度大于 5 的金属，如 Ag、Au、Fe、Cu、Ni、Pb、Sn、W、Ta 等为重金属。

(3) 按熔点分 人们将熔点高于 800℃ 的金属叫难熔金属，如 Ni、Mo、Mn、Zr、W、In 等。

在周期表中各类元素的原子价变化见表 1-1。

表 1-1 周期表中各类元素的原子价变化^①

类	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	0
对氢的原子价氢化物	1 RH	2 RH ₂	3 RH ₃	4 RH ₄	3 RH ₃	2 RH ₂	1 RH	—	—
对氧的原子价氧化物	1 R ₂ O	2 RO	3 R ₂ O ₃	4 RO ₂	5 R ₂ O ₅	6 RO ₃	7 R ₂ O ₇	8 RO ₄	—

① 表中所列元素对氢的原子价，并不能作为该类中所有元素的原子价，而只能作为其中某些元素的原子价

元素对氧的最高原子价，通常与其所在的类号相同；但表 1-2 中的元素例外。

表 1-2 元素的特殊化合价和它们的化合物

元素	化合价									
	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	-2	-3	
Cu	Cu ₂ O	CuO	CuO ₂ ⁻							
Ag	Ag ₂ O	AgO	Ag ₂ O ₃							
Au	Au ₂ O	AuO	Au ₂ O ₃							
			Au ₂ Cl ₃							
Cr		Cr(OH) ₂	Cr ₂ O ₃			Na ₂ Cr ₂ O ₇				
U				UO ₂	UCl ₅	UO ₃				
Mn		MnSO ₄	Mn(OH) ₃	MnO ₂		H ₂ MnO ₄	KMnO ₄			
Fe		Fe(OH) ₂	Fe(OH) ₃			K ₂ FeO ₄				
Co		Co(OH) ₂	Co ₂ O ₃	CoO ₂						
Ni		Ni(OH) ₂	Ni ₂ O ₃	NiO ₂						
N	N ₂ O	NO	N ₂ O ₃	NO ₃	N ₂ O ₅				N ₂ H ₃	

(续)

元素	化合									
	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	-2	-3	
P			P ₂ O ₃	P ₂ O ₄	P ₂ O ₅					PH ₃
O		OF ₂							H ₂ O	
S				S ₂ O		SO ₃			H ₂ S	
Cl	Cl ₂ O		HClO ₂	ClO ₂	KClO ₃		HClO ₄			
							KClO ₄			
Br	Br ₂ O		HBrO ₂	BrO ₂	HBrO ₃		Br ₂ O ₇			
I	HIO		HIO ₂	I ₂ O ₄	I ₂ O ₅		HIO ₄			

1.2 元素的性质

表 1-3 中列出了元素的性质。

说明如下：

原子序数指元素周期表中的序数，其数值等于它的核电荷数。

原子核外电子排列与元素周期表有密切的关系。各元素原子核外的电子数等于各元素的核电荷数；而核外电子层数则与该元素在周期表中的周期数相同。各电子层从第一层到第七层分别叫 K、L、M、N、O、P、Q 层。凡带有角标^①者的元素电子层排列是指可能的排列。

相对原子质量采用 1975 年国际相对原子质量表，以 C¹² = 12 为标准，各元素的相对原子质量是与它相比所得的相对质量。自然界中的碳相对原子质量为 12.011，之所以不为整数 12，是由于自然界中的碳含有两种质量不同的原子：C¹²（C¹²有时也可写成¹²C）与 C¹³。前者占 98.892%，后者占 1.108%，因此其平均相对原子质量为

$$\frac{12 \times 98.892 + 13 \times 1.108}{100} = 12.011$$

相对原子质量的尾数准确至 ±1；而带角标^②者的尾数准确至 ±3。括号内的数字表示较稳定的放射性同位素的质量数。

密度通常是指在 20℃ 下每一立方厘米多少克，对同素异形体则在数字后面加以注明。在密度数值右上角的数字则表示其密度的测量温度。如：铯的密度为 1.8785^{15℃} g/cm³，则表示该值是在 15℃ 时测得的结果；有的还在后面注明了状态。如溴的密度为 3.119（液体）g/cm³，则表示溴液体的密度。

熔点及沸点的数值指 101.08kPa 压力下该元素的熔化温度与沸腾温度。如果压力有变化，则在数值后面用括号加以注明。例如碳的熔点 4000(63atm)，则表示在 63 个大气压下，碳的熔点为 4000℃。碳的沸点一栏中“3850 升华”，则表示在 3850℃ 下碳元素升华。括号内的熔点、沸点表示可能的数值。

在电阻率一栏中，有的数值后面注明了元素的状态。例如氯的电阻率 > 10⁹（液体），则表示氯液体的电阻率大于 10⁹ μΩ · cm。

在地壳中的重量分数一栏中，凡注有^③者，表示该元素为镧系元素，在一般情况下，估计其在地壳中的质量分数是 0.01%；凡注有^④者，则表示该元素为人工元素。

表 1-3 中的 STP—表示在标准温度与压力下的测试值。

表 1-3 元素的性质

原子序数	元素名称	元素符号	元素周期表位置	相对原子质量	密度/(g/cm ³) (20℃)	熔点/℃	沸点/℃	导热系数/ [J/(℃·cm·s)]	电阻率/ μΩ·cm	化合价	在地壳中 质量分数/%
1	氢	H	1S	1.0079	0.8987 × 10 ⁻⁴	-259.20	-252.77			1	1.00
2	氦	He	1S ²	4.00260	0.17847 (STP)	-272.2 (25atm)	-268.935	141.7 × 10 ⁻⁵		0	1 × 10 ⁻⁶
3	锂	Li	1S ² 2S	6.941 ^②	0.535	179	1336	0.71 ^{0℃}	8.6	1	0.005
4	铍	Be	[He]2S ²	9.01218	1.86	1285	2970	1.588	12	2	4 × 10 ⁻⁴
5	硼	B	[He]2S ² 2P ¹	10.81	2.46	2074	3675		18 × 10 ¹²	3	0.005
6	碳	C	[He]2S ² 2P ²	12.011	2.267 (石墨) 3.515 (金刚石)	4000	3850 升华	0.238	1375	2,4	0.35
7	氮	N	[He]S ² 2S ² 2P ³	14.0067	0.001165 (气体)	-209.07	-195.798			3,5	0.04
8	氧	O	[He]S ² 2S ² 2P ⁴	15.9994 ^②	0.001331 (气体)	-218.787	-182.98			2	49.13
9	氟	F	[He]2S ² 2P ⁵	18.998403	0.001580 (气体)	-219.62	-188.14			1	0.08
10	氖	Ne	[He]S ² 2S ² 2P ⁶	20.179 ^②	1.207 (液体) (沸点)	-248.6	-246.1	45.98 × 10 ⁻⁵		0	5 × 10 ⁻⁷
11	钠	Na	[Ne]3S	22.98977	0.97	97.8	883	1.325	4.4	1	2.40
12	镁	Mg	[Ne]3S ²	24.305	1.74	650	1117	1.572	4.4	2	2.35
13	铝	Al	[Ne]3S ² 3P ¹	26.98154	2.6984	660.2	2447	2.09	2.6	3	7.45
14	硅	Si	[Ne]3S ² 3P ²	28.0855 ^②	2.33	1415	2680	0.836	10 ⁵	4	26.0
15	磷	P	[Ne]3S ² 3P ³	30.97376	1.828 (白) 2.34 (红) 2.699 (黑)	44.2 597 610	280.3 431 升华 453 升华		10 ¹⁷	3,5	0.12
16	硫	S	[Ne]3S ² 3P ⁴	32.06	2.08 (α) 1.96 (β) 1.92 (γ)	112.8 114.6 106.8	444.60	27.59 × 10 ⁻⁴	2 × 10 ²³	2,4,6	0.10

(续)

原子序数	元素名称	元素符号	原子核外电子排列	相对原子质量	密度/(g/cm ³) (20℃)	熔点/℃	沸点/℃	导热系数/ [J/(℃·cm·s)]	电阻率/ μΩ·cm (液体)	化合价	在地壳中 质量分数/%
17	氯	Cl	[Ne]3s ² 3p ⁵	35.453	0.00298(气体)	-101.0	-34.05		>10 ⁹	1,3,5,7	0.20
18	氩	Ar(A)	[Ne]3s ² 3p ⁶	39.948 ²	0.0017824	-189.38	-185.87	16.39 × 10 ⁻⁵		0	4 × 10 ⁻⁴
19	钾	K	[Ar]4s ¹	39.0983 ²	0.87	63.5	758	0.97	6.6	1	2.35
20	钙	Ca	[Ar]4s ²	40.08	1.55	851	1487	1.254	4.5	2	3.25
21	钪	Sc	[Ar]3d ¹ 4s ²	44.9559	2.992	1397	2730			3	6 × 10 ⁻⁴
22	钛	Ti	[Ar]3d ² 4s ²	47.90 ²	4.507(α) 4.32(β)	1672	3260		3	3,4	0.61
23	钒	V	[Ar]3d ³ 4s ²	50.9415	6.1	1919	3400		59	3,5	0.02
24	铬	Cr	[Ar]3d ⁵ 4s ¹	51.996	7.20	1900	2640	0.669	14	2,3,6	0.03
25	锰	Mn	[Ar]3d ⁵ 4s ²	54.9380	7.30	1244	2120			2,3,4,6,7	0.10
26	铁	Fe	[Ar]3d ⁶ 4s ²	55.847 ²	7.86	1530	3000	0.75	10	2,3,6	4.2
27	钴	Co	[Ar]3d ⁷ 4s ²	58.9332	8.9	1495	3550	0.69	8	2,3	0.002
28	镍	Ni	[Ar]3d ⁸ 4s ²	58.70	8.90	1455	2840	0.585	6.8	2,3	0.02
29	铜	Cu	[Ar]3d ¹⁰ 4s ¹	63.546 ²	8.92	1083	3582	4.13	1.6	1,2	0.01
30	锌	Zn	[Ar]3d ¹⁰ 4s ²	65.38	7.14	419.47	907	1.11	5.9	2	0.02
31	镓	Ga	[Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ¹	69.72	5.907	29.75	1980		52	2,3	1 × 10 ⁻⁴
32	锗	Ge	[Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ²	72.59 ²	5.323	937	2830		89000	4	1 × 10 ⁻⁴
33	砷	As	[Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ³	74.9216	5.72(灰色) 2.026(黄色) 4.7(黑色)	817 (28atm)	613 升华		35	3,5	5 × 10 ⁻⁴
34	硒	Se	[Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁴	78.96 ²	4.792 (六角菱形) 4.48(红色单斜)	217 170	685		1.2	2,4,6	8 × 10 ⁻⁵