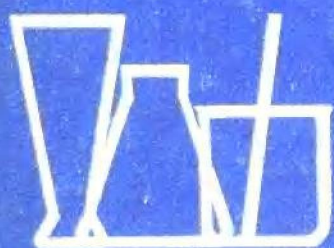


工厂分析化学手册

上册

国营长安机器制造厂 编著



国防工业出版社

工厂分析化学手册

基础知识

上册

国营长安机器制造厂 编著

国防工业出版社

内 容 简 介

本手册分上、下两册出版。上册内容为基础知识部分，共十八章，较系统地阐述了工厂试验室有关化学与仪器分析方面的基本原理；下册是分析方法和常用参考资料与附表部分，共有十五章，详细、全面地介绍了化学与仪器分析的理论与方法，并收入了大量的实用数据。分析方法多以准确、可靠的快速法为主。多数分析项目均有两种以上的分析方法，而且尽量采用无毒的先进分析技术。常用参考资料系与化学分析有关的实践经验汇总。

本手册可供工厂试验室、科研单位和大专院校的有关科技人员阅读参考。

工厂分析化学手册

基 础 知 识

上 册

国营长安机器制造厂 编著

*

国防工业出版社 出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092 1/16 印张 21 1/2 插页 2 499千字

1982年3月第一版 1982年3月第一次印刷 印数：00,001—12,000册

统一书号：15034·2278 定价：3.40元

前 言

分析化学与现代化工业生产有着密切的关系，它是确保产品质量的“眼睛”和“先行兵”。无论是对原材料的化验，或对生产流程中的产品质量控制，以及炼钢炉前的快速测定和表面处理溶液成分的分析等，分析化学都起着不可缺少的重要作用。

随着我国社会主义建设的不断发展，广大科技人员迫切需要一部反映近代分析技术的、既有理论又有实际操作的分析化学工具书，为此目的，我们编写了这本《工厂分析化学手册》，供工厂中从事这方面工作的科技人员和工人阅读使用，也可作为培训技术工人的教材和参考书。

本手册分上、下两册出版。主要包括：基础知识、分析方法、常用参考资料及附表等三部分。上册内容为基础知识部分，共有十八章，较系统地阐述了工厂试验室中有关化学与仪器分析方面的基本原理；下册是材料分析方法、常用参考资料及附表两部分，较详细地介绍了对黑色金属、有色金属、化工及辅料、表面处理溶液，以及石油产品与涂料等的分析，其中多以化学法为主，并采用了部分仪器分析的先进技术。书中有较多图、表，大都来源于生产实践，有一定的参考价值。

在编写过程中，我们进行了调查和收集资料工作，并召开了审稿会，得到了很多单位和个人的大力支持与帮助，621所庞纪士同志还对全稿进行了审校，在此一并向他们致以诚挚的谢意！

由于我们的业务水平所限，书中的错误和不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

目 录

第一章 化学元素	1	§ 2 掩蔽	110
§ 1 元素的一般知识	1	第九章 定性分析基础	116
§ 2 元素(R)原子价的变化(按周期排列)	3	§ 1 概述	116
§ 3 原子内电子的分布	3	§ 2 阳离子与阴离子的鉴定	117
§ 4 元素的熔点和沸点	5	§ 3 几种特殊的定性分析方法	123
§ 5 化学元素中外文名称对照表	6	§ 4 有色物质与离子的颜色	125
第二章 分析用水的制备	9	第十章 重量分析	126
§ 1 蒸馏法	9	§ 1 重量分析对沉淀的要求	126
§ 2 离子交换树脂法	9	§ 2 对沉淀剂的选择和用量	127
第三章 试剂	13	§ 3 共沉淀现象及其减少办法	128
§ 1 试剂常识	13	§ 4 沉淀条件	129
§ 2 常用试剂一般性质	14	§ 5 重量分析基本操作	130
§ 3 有机试剂	20	§ 6 重量分析结果的计算	135
第四章 试样的准备与分解	30	§ 7 重量分析常用数据表	136
§ 1 试样的采取和制备	30	第十一章 容量分析	154
§ 2 试样的分解	33	§ 1 容量分析概述	154
第五章 分析天平的检定和砝码的校正	37	§ 2 酸碱滴定	157
§ 1 分析天平的基本原理	37	§ 3 络合滴定	176
§ 2 分析天平的构造	38	§ 4 氧化还原滴定	195
§ 3 天平的安装与调整	45	§ 5 沉淀滴定	205
§ 4 砝码	48	第十二章 吸收光度法	210
§ 5 天平和砝码的使用规则	50	§ 1 概述	210
§ 6 天平的检定	51	§ 2 吸收光度法的原理	210
§ 7 砝码的校正	53	§ 3 影响吸收光度法的因素	211
第六章 溶液的配制和标定	58	§ 4 提高吸收光度法准确度的有关问题	213
§ 1 溶液浓度的表示方法	58	§ 5 吸收光度法的应用	217
§ 2 溶液的配制、调整和计算	60	§ 6 仪器介绍	220
§ 3 标准溶液的配制和标定	60	§ 7 金属与非金属元素的分析方法	225
第七章 缓冲溶液	74	第十三章 高速分析	237
§ 1 溶液的 pH 值	74	§ 1 概述	237
§ 2 缓冲溶液的作用	75	§ 2 高速分析的理论基础	237
§ 3 缓冲溶液 pH 值的计算	76	§ 3 高速分析的发展	237
§ 4 常用的缓冲溶液	78	第十四章 电化学分析	239
§ 5 络合滴定及光度法常用缓冲溶液	80	§ 1 概述	239
§ 6 常用 pH 标准溶液	81	§ 2 电位滴定	239
第八章 分离分析技术	82	§ 3 电导滴定	248
§ 1 异相分离法	82	§ 4 电解分析	252

§ 5 库仑分析.....	256	第十七章 原子吸收光谱分析	291
第十五章 极谱分析	257	§ 1 原子吸收光谱分析原理.....	291
§ 1 概述.....	257	§ 2 原子吸收仪器装置.....	293
§ 2 极谱分析原理.....	258	§ 3 原子吸收分析中的干扰及抑制.....	300
§ 3 极谱分析的电流峰(极大)现象.....	262	§ 4 原子吸收测定条件选择.....	302
§ 4 氧波的影响及消除.....	263	§ 5 分析方法.....	307
§ 5 极谱极化池.....	264	第十八章 气相色谱分析	309
§ 6 波高测量.....	265	§ 1 概述.....	309
§ 7 极谱分析的新技术.....	266	§ 2 仪器设备.....	309
§ 8 极谱分析常用数据表.....	269	§ 3 气相色谱常用名词术语的物理意义.....	312
第十六章 光谱分析	273	§ 4 气相色谱柱用的吸附剂和担体.....	313
§ 1 发射光谱的产生与原子结构的关系.....	273	§ 5 气液色谱用固定液.....	316
§ 2 光谱定性分析.....	274	§ 6 气相色谱分离的基本原理.....	320
§ 3 光谱定量分析.....	275	§ 7 气相色谱的定性和定量.....	325
§ 4 光电光谱分析.....	280	§ 8 各种类型化合物的相对校正因子.....	331
§ 5 附表.....	283		

第一章 化学元素

§ 1 元素的一般知识

表 1 元素的一般知识

原子序数	元素名称	化学符号	原子量(1973年)	原子价	密度(克/毫升)	发现年份
1	氢	H	1.0079	1	0.07/-252°C	1766
2	氦	He	4.0026	0	0.15/-269°C	1868
3	锂	Li	6.941	1	0.534/28°C	1817
4	铍	Be	9.01218	2	1.90	1797
5	硼	B	10.81	3	2.34	1808
6	碳	C	12.011	2, 4	3.52	古
7	氮	N	14.0067	1, 3, 5	0.81/-195°C	1772
8	氧	O	15.9994	2	1.14/-184°C	1774
9	氟	F	18.99840	1	1.14/-200°C	1810
10	氖	Ne	20.179	0	—	1898
11	钠	Na	22.98977	1	0.9712/20°C	1807
12	镁	Mg	24.305	2	1.741	1775
13	铝	Al	26.98154	3	2.699/20°C	1825
14	硅	Si	28.086	4	2.42/20°C	1823
15	磷	P	30.97376	3, 5	1.83(白磷) 2.20(红磷)	1669
16	硫	S	32.06	2, 4, 6	2.07(斜方晶) 1.96(单斜晶)	古
17	氯	Cl	35.453	1, 3, 5, 7	1.507/-33°C	1774
18	氩	Ar	39.948	0	1.3845/-183°C	1894
19	钾	K	39.098	1	0.86/20°C	1807
20	钙	Ca	40.08	2	1.54	1808
21	钪	Sc	44.9559	3	2.5	1879
22	钛	Ti	47.90	3, 4	4.50/18°C	1791
23	钒	V	50.9414	3, 4, 5	5.69	1830
24	铬	Cr	51.996	2, 3, 6	6.92/20°C	1797
25	锰	Mn	54.9380	2, 3, 4, 6, 7	7.42	1774
26	铁	Fe	55.847	2, 3, 6	7.85~8	古
27	钴	Co	58.9332	2, 3	8.71/21°C	1735
28	镍	Ni	58.70	2, 3	8.6~9.0	1751
29	铜	Cu	63.546	1, 2	8.92/20°C	古
30	锌	Zn	65.38	2	7.14	古
31	镓	Ga	69.72	2, 3	5.903/25°C	1875
32	锗	Ge	72.59	4	5.46/20°C	1836
33	砷	As	74.9216	3, 5	5.73/15°C	中
34	硒	Se	78.96	2, 4, 6	4.3~8	1817
35	溴	Br	79.904	1, 3, 5, 7	3.12	1826
36	氪	Kr	83.80	0	2.16/-146°C	1898
37	铷	Rb	85.4678	1	1.532/20°C	1861
38	锶	Sr	87.62	2	2.5~5.8	1790
39	钇	Y	88.9059	3	5.51	1791
40	锆	Zr	91.22	4	6.44	1789
41	铌	Nb	92.9064	3, 5	8.55	1801
42	钼	Mo	95.94	3, 4, 6	9.01	1778
43	锝	Tc	98.9062	6, 7	—	1937
44	钌	Ru	101.07	3, 4, 6, 7, 8	12.06/0°C	1844
45	铑	Rh	102.9055	3	12.44	1803

(续)

原子序数	元素名称	化学符号	原子量(1973年)	原子价	密度(克/毫升)	发现年份
46	钯	Pd	106.4	2, 4	12.16	1803
47	银	Ag	107.868	1, 2	10.492/20°C	古
48	镉	Cd	112.40	2	8.67	1817
49	铟	In	114.82	1, 2, 3	7.28	1863
50	锡	Sn	118.69	2, 4	7.31	古
51	锑	Sb	121.75	3, 5	6.619/20°C	古
52	碲	Te	127.60	2, 4, 6	(α) 6.24 (β) 6.00	1782
53	碘	I	126.9045	1, 3, 5, 7	4.94/20°C	1811
54	氙	Xe	131.30	0	3.52/-109°C	1898
55	铯	Cs	132.9055	1	1.873/20°C	1860
56	钡	Ba	137.34	2	3.5/25°C	1774
57	镧	La	138.9055	3	6.15	1839
58	铈	Ce	140.12	3, 4	6.9	1803
59	镨	Pr	140.9077	3	6.475	1885
60	钕	Nd	144.24	3	6.96	1885
61	钷	Pm	[145]	3	—	1938
62	钐	Sm	150.4	2, 3	7.7	1879
63	铕	Eu	151.96	2, 3	—	1901
64	钆	Gd	157.25	3	—	1880
65	铽	Tb	158.9254	3	—	1843
66	镝	Dy	162.5	3	—	1886
67	钬	Ho	164.9304	3	—	1879
68	铒	Er	167.26	3	4.77	1843
69	铥	Tm	168.9342	3	—	1879
70	镱	Yb	173.04	2, 3	—	1878
71	镥	Lu	174.97	3	—	1907
72	铪	Hf	178.49	4	12.1	1923
73	钽	Ta	180.9479	5	16.6	1802
74	钨	W	183.85	6	18.6~19.1	1781
75	铼	Re	186.207	—	20.53	1924
76	锇	Os	190.2	2, 3, 4, 8	22.25	1803
77	铱	Ir	192.22	3, 4	22.42/17°C	1804
78	铂	Pt	195.09	2, 4	21.45	1738
79	金	Au	196.9665	1, 3	19.296/20°C	古
80	汞	Hg	200.59	1, 2	13.596/0°C	古
81	铊	Tl	204.37	1, 3	11.86	1861
82	铅	Pb	207.2	2, 4	11.34/20°C	古
83	铋	Bi	208.9804	3, 5	9.80/20°C	中
84	钋	Po	210	—	—	1898
85	砹	At	[210]	1, 3, 5, 7	—	1940
86	氡	Rn	222	0	—	1900
87	钫	Fr	[223]	1	—	1939
88	镭	Ra	226.0254	2	5.0	1898
89	锕	Ac	227	3	—	1899
90	钍	Th	232.0381	4	11.3	1828
91	镤	Pa	231.0359	—	—	1917
92	铀	U	238.029	4, 6	18.70/13°C	1789

§ 2 元素(R)原子价的变化(按周期排列)

表 2 元素(R)原子价的变化

族	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	0
对氢而论的原子价	1	2	3	4	3	2	1		
氢化物	RH	RH ₂	RH ₃	RH ₄	RH ₃	RH ₂	RH		
对氧而论的原子价	1	2	3	4	5	6	7	8	—
氧化物	R ₂ O	RO	R ₂ O ₃	RO ₂	R ₂ O ₅	RO ₃	R ₂ O ₇	RO ₄	—

§ 3 原子内电子的分布

表 3 原子内电子的分布

层	K	L	M	N	层	K	L	M	N	O	P	
n	1	2	3	4	n	1	2	3	4	5	6	
l	1	1 2	1 2 3	1	l	1	1 2	1 2 3	1 2 3 4	1 2 3	1	
	s	s p	s p d	s		s	s p	s p d	s p d f	s p d	s	
1 H 2 He	1 2				31 Ga 32 Ge 33 As 34 Se 35 Br 36 Kr	2 2 2 2 2 2	2 6 2 6 2 6 2 6 2 6 2 6	2 6 10 2 6 10 2 6 10 2 6 10 2 6 10 2 6 10	2 1 2 2 2 3 2 4 2 5 2 6			
3 Li 4 Be 5 B 6 C 7 N 8 O 9 F 10 Ne	2 2 2 2 2 2 2 2	1 2 2 1 2 2 2 3 2 4 2 5 2 6			37 Rb 38 Sr 39 Y 40 Zr 41 Nb 42 Mo 43 Tc 44 Ru 45 Rh 46 Pd 47 Ag 48 Cd 49 In 50 Sn 51 Sb 52 Te 53 I 54 Xe	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 6 2 6 2 6 2 6 2 6 2 6 2 6 2 6 2 6 2 6 2 6 2 6 2 6 2 6 2 6 2 6 2 6	2 6 10 2 6 10 2 6 10 2 6 10 2 6 10 2 6 10 2 6 10 2 6 10 2 6 10 2 6 10 2 6 10 2 6 10 2 6 10 2 6 10 2 6 10 2 6 10 2 6 10	2 6 2 6 2 6 1 2 6 2 2 6 4 2 6 5 2 6 6 2 6 7 2 6 8 2 6 10 2 6 10 2 6 10 2 6 10 2 6 10 2 6 10 2 6 10 2 6 10	1 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2		
11 Na 12 Mg 13 Al 14 Si 15 P 16 S 17 Cl 18 Ar	2 2 2 2 2 2 2 2	2 6 2 6 2 6 2 6 2 6 2 6 2 6 2 6	1 2 2 1 2 2 2 3 2 4 2 5 2 6		55 Cs 56 Ba 57 La 58 Ce 59 Pr 60 Nd	2 2 2 2 2 2	2 6 2 6 2 6 2 6 2 6 2 6	2 6 10 2 6 10 2 6 10 2 6 10 2 6 10 2 6 10	2 6 10 2 6 10 2 6 10 2 6 10 2 2 6 10 3 2 6 10 4	2 6 2 6 2 6 1 2 6 2 6 2 6	1 2 2 2 2 2	
19 K 20 Ca 21 Sc 22 Ti 23 V 24 Cr 25 Mn 26 Fe 27 Co 28 Ni 29 Cu 30 Zn	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 6 2 6 2 6 2 6 2 6 2 6 2 6 2 6 2 6 2 6 2 6 2 6	2 6 2 6 2 6 1 2 6 2 2 6 3 2 6 5 2 6 6 2 6 7 2 6 8 2 6 10 2 6 10	1 2 2 2 2 2 2 2 2 1 2								

(续)

层	K	L	M	N	O	P	Q
n	1	2	3	4	5	6	7
l	1	1 2	1 2 3	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3	1
	s	s p	s p d	s p d f	s p d f	s p d	s
61 Pm	2	2 6	2 6 10	2 6 10 5	2 6	2	
62 Sm	2	2 6	2 6 10	2 6 10 6	2 6	2	
63 Eu	2	2 6	2 6 10	2 6 10 7	2 6	2	
64 Gd	2	2 6	2 6 10	2 6 10 7	2 6 1	2	
65 Tb	2	2 6	2 6 10	2 6 10 9	2 6	2	
66 Dy	2	2 6	2 6 10	2 6 10 10	2 6	2	
67 Ho	2	2 6	2 6 10	2 6 10 11	2 6	2	
68 Er	2	2 6	2 6 10	2 6 10 12	2 6	2	
69 Tm	2	2 6	2 6 10	2 6 10 13	2 6	2	
70 Yb	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6	2	
71 Lu	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 1	2	
72 Hf	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 2	2	
73 Ta	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 3	2	
74 W	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 4	2	
75 Re	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 5	2	
76 Os	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 6	2	
77 Ir	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 7	2	
78 Pt	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 9	1	
79 Au	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	1	
80 Hg	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2	
81 Tl	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 1	
82 Pb	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 2	
83 Bi	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 3	
84 Po	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 4	
85 At	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 5	
86 Rn	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 6	
87 Fr	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 6	1
88 Ra	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 6	2
89 Ac	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 6 1	2
90 Th	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10	2 6 2	2
91 Pa	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 2	2 6 1	2
92 U	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 3	2 6 1	2
93 Np	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 5	2 6	2
94 Pu	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 6	2 6	2
95 Am	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 7	2 6	2
96 Cm	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 7	2 6 1	2
97 Bk	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 9	2 6	2
98 Cf	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 10	2 6	2

§ 4 元素的熔点和沸点

表 4 元素的熔点和沸点

元 素	熔点 (°C)	沸点 (°C)	元 素	熔点 (°C)	沸点 (°C)
Ag	960.5	1950	Na	97.7	880
Al	658.9	2500	Nb	2500	3700
Ar	-189.4	-185.8	Nd	840	
As	817 (36气压)	615 (升华)	Ne	-248.6	-245.9
Au	1063	2966	Ni	1455	2900
B	2300	2550	O	-218.8	-182.97
Ba	704	1540	Os	2700	5500
Be	1285	2970	P (白)	44	280.5
Bi	271.3	1560	(赤)	590	—
Br	-5.7	59		(43气压)	
C	3500 升华		Pb	327.4	1744
Ca	850	1440	Pd	1554	4000
Cd	320.9	767	Pr	940	
Ce	640	1400	Pt	1773.4	4400
Cl	-101	-34	Ra	960	1140
Co	1490	2900	Re	3170	5900
Cr	1800	2200	Rh	1966	4500
Cs	28	670	Rn	-71	-61.8
Cu	1083.2	2595	Ru	2450	4900
F	-218	-188.2	S (斜方晶)	112.8	444.6
Fe	1535	3000	(单斜晶)	119	
Ga	29.8	2000	Sb	630.5	1635
Ge	958	2700	Sc	1200	2400
H	-259.4	-252.7	Se	220	685
He	-272.2 (26气压)	-268.9	Si	1415	2287
Hf	2200	5300	Sm	>1300	
Hg	-38.87	356.9	Sn	231.9	2270
In	156.4	2100	Sr	770	1370
Ir	2440	4900	Ta	3000	5300
I	113	183	Te	450	1390
K	63	760	Th	1845	5200
Kr	-157	-152.9	Ti	1800	5100
La	826	1800	Tl	303	1457
Li	186	1336	U	1133	3500
Mg	651	1107	V	1710	3000
Mn	1250	2151	W	3370	5900
Mo	2625	3700	Xe	-111.5	-108
N	-210	-195.8	Y	1490	4600
			Zn	419.5	907
			Zr	1900	5050

§ 5 化学元素中外文名称对照表

表 5 化学元素中外文名称对照表

原子序数	符 号	中 文 名 称	拉 丁 名 称	英 文 名 称	法 文 名 称	德 文 名 称	俄 文 名 称	日 文 名 称
1	H	氢	Hydrogenium	Hydrogen	Hydrogène	Wasserstoff	Водород	水素
2	He	氦	Helium	Helium	Hélium	Helium	Гелий	ヘリウム
3	Li	锂	Lithium	Lithium	Lithium	Lithium	Литий	リチウム
4	Be	铍	Beryllium	Beryllium	Glucium	Beryllium	Бериллий	ベリウム
5	B	硼	Borium	Boron	Bore	Bor	Бор	ホウ素
6	C	碳	Carbonium	Carbon	Carbone	Kohlenstoff	Углерод	炭素
7	N	氮	Nitrogenium	Nitrogen	Azote	Stickstoff	Азот	窒素
8	O	氧	Oxygenium	Oxygen	Oxygène	Sauerstoff	Кислород	酸素
9	F	氟	Fluorinum	Fluorine	Fluor	Fluor	Фтор	フッ素
10	Ne	氛	Neonum	Neon	Neon	Neon	Неон	ネオン
11	Na	钠	Natrium	Sodium	Sodium	Natrium	Натрий	ナトリウム
12	Mg	镁	Magnesium	Magnesium	Magnesium	Magnesium	Магний	マグネシウム
13	Al	铝	Aluminium	Aluminium	Aluminium	Aluminium	Алюминий	アルミニウム
14	Si	硅	Silicium	Silicon	Silicium	Silicium	Кремний	ケイ素
15	P	磷	Phosphorum	Phosphorus	Phosphore	Phosphor	Фосфор	リン
16	S	硫	Sulphur	Sulfur	Soufre	Schwefel	Сера	イオウ
17	Cl	氯	Chlorum	Chlorine	Chlore	Chlor	Хлор	塩素
18	Ar	氩	Argonium	Argon	Argon	Argon	Аргон	アルゴン
19	K	钾	Kalium	Potassium	Potassium	Kalium	Калий	カリウム
20	Ca	钙	Calcium	Calcium	Calcium	Calcium	Кальций	カルシウム
21	Sc	钪	Scandium	Scandium	Scandium	Scandium	Скандий	スカンジウム
22	Ti	钛	Titanium	Titanium	Titane	Titan	Титан	チタン
23	V	钒	Vanadium	Vanadium	Vanadium	Vanadium	Ванадий	バナジウム
24	Cr	铬	Chromium	Chromium	Chrome	Chrom	Хром	クロム
25	Mn	锰	Manganum	Manganese	Manganese	Mangan	Марганец	マンガン
26	Fe	铁	Ferrum	Iron	Fer	Eisen	Железо	鉄
27	Co	钴	Cobaltum	Cobalt	Cobalt	Kobalt	Кобальт	コバルト
28	Ni	镍	Niccolum	Nickel	Nickel	Nickel	Никель	ニッケル
29	Cu	铜	Cuprum	Copper	Cuivre	Kupfer	Медь	銅
30	Zn	锌	Zincum	Zinc	Zinc	Zink	Цинк	亜鉛

(续)

原子序数	符 号	中文名称	拉丁名称	英文名称	法文名称	德文名称	俄文名称	日文名称
71	Lu	镧	Lutetium	Lutetium	Lutécium	Lutetium	Лютеций	ルテシウム
72	Hf	铪	Hafnium	Hafnium	Celtium	Hafnium	Гафний	ハフニウム
73	Ta	钽	Tantalum	Tantalum	Tantale	Tantal	Тантал	タンタル
74	W	钨	Wolfram	Tungsten	Tungstène	Wolfran	Вольфрам	タングステン
75	Re	铼	Rhenium	Rhenium	Rhénium	Rhenium	Рений	レニウム
76	Os	铱	Osmium	Osmium	Osmium	Osmium	Осний	オスシウム
77	Ir	铱	Iridium	Iridium	Iridium	Iridium	Иридий	イリジウム
78	Pt	铂	Platinum	Platinum	Platine	Platin	Платина	白金
79	Au	金	Aurum	Gold	Or	Gold	Золот	金
80	Hg	汞	Hydargyrum	Mercury	Mercur	Quecksilber	Ртуть	水銀
81	Tl	铊	Thallium	Thallium	Thallium	Thallium	Таллий	タリウム
82	Pb	铅	Plumbum	Lead	Plomb	Blei	Свинец	鉛
83	Bi	铋	Bismuthum	Bismuth	Bismuth	Wismut	Висмут	ビスマス
84	Po	钋	Polonium	Polonium	Polonium	Polonium	Полоний	ポロニウム
85	At	砹	Astatium	Astatine	Astatine	Astatin	Астатин	アスタチン
86	Rn	氡	Radon	Radon	Radon	Radon	Радон	ラドン
87	Fr	钫	Francium	Francium	Francium	Francium	Франций	フランシウム
88	Ra	镭	Radium	Radium	Radium	Radium	Радий	ラジウム
89	Ac	锕	Actinium	Actinium	Actinium	Actinium	Актиний	アクチニウム
90	Th	钍	Thorium	Thorium	Thorium	Thorium	Торий	トリウム
91	Pa	镤	Protactinium	Protactinium	Protactinium	Protactinium	Протактиний	プロトアクチニウム
92	U	铀	Uranium	Uranium	Uranium	Uran	Уран	ウラン
93	Np	镎	Neptunium	Neptunium	Neptunium	Neptunium	Нептуний	ネプツニウム
94	Pu	钚	Plutonium	Plutonium	Plutonium	Plutonium	Плутоний	プルトニウム
95	Am	镅	Americium	Americium	Americium	Americium	Америций	アメリシウム
96	Cm	锔	Curium	Curium	Curium	Curium	Кюрий	キュリウム
97	Bk	锫	Berkelium	Berkelium	Berkelium	Berkelium	Беркелий	バーケリウム
98	Cf	锿	Californium	Californium	Californium	Californium	Калифорний	カリホルニウム
99	Es	镅	Einsteinium	Einsteinium	Einsteinium	Einsteinium	Эйнштейний	アインシュタインニウム
100	Fm	镆	Fermium	Fermium	Fermium	Fermium	Фермий	フェルミウム
101	Md	钔	Mendelevium	Mendelevium	Mendelevium	Mendelevium	Менделевий	メンデレヴィウム
102	No	锿	Nobelium	Nobelium	Nobelium	Nobelium	Нобелий	ノーベリウム
103	Lr	铹	Lawrencium	Lawrencium	Lawrencium	Lawrencium	Лауренций	ローレンシウム

第二章 分析用水的制备

天然水中，常含有氯化物、碳酸盐、硫酸盐、泥沙等少量无机物和有机物，不能直接作为分析用水，必须经过制备，达到分析用水技术要求后才能使用。

工厂试验室内分析用水，常用的制备方法有两种，一种是蒸馏法，另一种是离子交换法。

§1 蒸馏法

蒸馏法为目前试验室中最广泛采用的一种制备纯水的方法。它是将天然水加热成蒸汽，使水中的盐类分离，然后再冷凝成水，所以这种水叫蒸馏水。虽然所用的蒸馏锅系采用镀锡铜皮、铝皮等材料制成，但所得的蒸馏水中仍含有微量的金属离子和有机物杂质，这对于质量要求较高的分析用水来说，则难以达到要求。一般采用玻璃烧瓶或石英烧瓶进行二次或多次蒸馏后，才能达到分析要求。

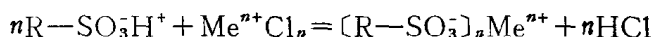
§2 离子交换树脂法

离子交换树脂是一种具有可进行离子交换能力的树脂状物质，属于网状结构体型的高分子化合物。在树脂固定网络骨架上，连接许多带极性能离解的功能基，这种功能基虽不能自由移动，但功能基上可离解的离子，可以自由移动。这种离子与周围离子可以相互交换。具有阳离子交换性能的叫阳离子交换树脂，具有阴离子交换性能的叫阴离子交换树脂。

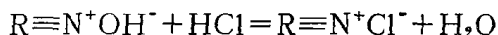
由于离子交换树脂有很好的去离子作用，可用来快速制备纯水，而且质量很高，相当于用石英烧瓶蒸馏 28 次后的质量。这是一种多、快、好、省的纯水制备方法。

一、工作原理

含有离子的天然水，流过氢型的阳离子交换树脂后，则金属离子与树脂的氢离子进行交换，金属离子被吸附，同时氢离子与阴离子生成酸而流出：



含阴离子的水流过氢氧型阴离子交换树脂后，则阴离子与氢氧根离子交换，阴离子被吸附，氢氧根离子与氢离子作用生成水流出：

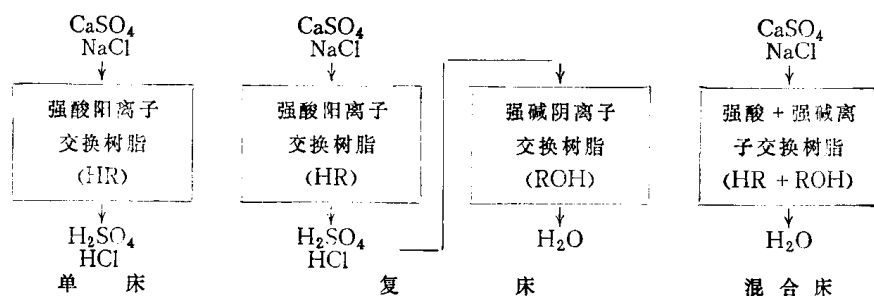


这种含有离子的水，流过氢型阳离子交换树脂柱和氢氧型阴离子交换树脂柱后，流出的水即为纯度很高的纯水。

二、操作方法

用离子交换树脂制备纯水的操作方法，有单床法，复床法和混合床法三种。单床法是为

了某种特殊用途，如制备无金属阳离子水，将蒸馏水经过阳离子交换树脂柱即可得到无阳离子水。复床法是将阳离子与阴离子交换树脂柱相互串联起来，含离子的水经过阳离子树脂柱除掉阳离子，水中的阴离子再经过阴离子树脂柱被除掉，流出的水为纯水。混合床法是将阴阳两种离子交换树脂混合于一个交换柱中，从而形成一个无限个复床装置。所以它的交换能力最强，而所得的纯水质量也高。



为了延长混合型交换树脂的使用周期，大多在混合床前加一复床，这是目前较为理想的方法。其操作流程如下：

1. 装柱 先将树脂用温水浸泡 2~3 小时，使其充分膨胀。在交换柱下部放上玻璃棉，将树脂注入（用水浸着，不应有气泡）后，再放些玻璃棉。混合床的装柱是将化学处理好的阴、阳离子交换树脂装入交换柱中，同时注入水，然后从下部压入空气，使两种树脂混合均匀。再用水由下向上压入，排除柱中的空气后，再以水浸泡。所用树脂的种类和型号示于表 8。

2. 树脂的化学处理 阳离子交换树脂柱以 1+1 盐酸淋洗；阴离子交换树脂柱以 1 N 氢氧化钠溶液淋洗，用量均为每公斤 3.5~5.0 升，流速为 20~50 毫升/分。

3. 蒸馏水淋洗 用蒸馏水洗至阳离子交换柱流出液对甲基橙指示剂不显红色，阴离子交换柱流出液对酚酞指示剂不显红色。

4. 水的去离子处理 可根据分析使用对水的要求，采用单床、复床或混合床法进行。

5. 树脂再生 经过树脂交换柱处理的水，如经检验质量不合要求，树脂需要再生。单床法树脂的再生与操作 2 同；混合床树脂的再生，先用自来水从下逆压冲洗，使水从上部流出，至树脂有明显的分层后，将树脂注入塑料盆中，把水倒掉。然后加 3.5 N 氢氧化钠溶液，以浸过树脂为度，再用玻璃棒搅拌几次，则阴离子树脂浮在上面，然后用尼龙做的瓢将上层阴离子交换树脂移到另一盆中，将分开的阴阳离子交换树脂分别进行处理。

6. 蒸馏水淋洗 同操作 3。

三、各种方法所制备纯水的质量表

表 6 纯水质量表

精制方法	精制水的电阻率 (欧姆·厘米)	精制方法	精制水的电阻率 (欧姆·厘米)
纯水的理论值	1.83×10^7	石英容器三次蒸馏	2.0×10^6
蒸馏水	1.0×10^5	石英容器 28 次蒸馏	1.6×10^7
玻璃容器一次蒸馏	5.0×10^5	复床式	1.0×10^6
玻璃容器三次蒸馏	1.0×10^6	混合床式	1.8×10^7

四、其他方法简介

为了延长树脂使用周期，在新的纯水制备方法中，有不少是将电渗析与离子交换法联合使用：先利用电渗析器将天然水中大量的阳离子和阴离子除掉，所剩下的淡水再流经混合床离子交换柱，最后即可得到质量很高的水。这样可以提高混合床的生产能力，延长树脂使用周期，降低再生剂消耗量，是今后试验室值得推广的一种纯水制备方法。其制备系统如图 1 所示。

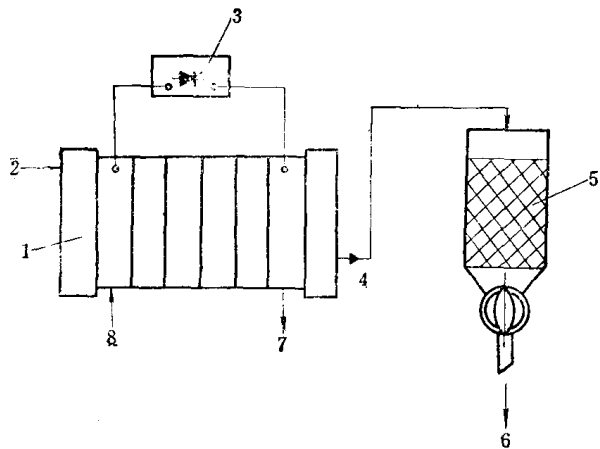


图 1 电渗析与离子交换净水装置
1—电渗析器；2—原水；3—硅整流器；4—淡水；5—交换柱；
6—纯水；7—极水流出；
8—极水进入。

五、水的质量检查

(1) 以导电仪检验水的比导电度应为 2×10^{-6} 欧姆⁻¹·厘米⁻¹ 以下，或电阻率在 5×10^5 欧姆·厘米以上。

(2) 以 pH 试纸检验水的 pH 应在 5.4~6.6 之间。

(3) Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的检查 取水 50 毫升，加氨性缓冲溶液 10 毫升，再滴加铬黑 T 指示剂 3 滴应为蓝色，如呈现紫色就证明有 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 存在。

(4) 氯离子的检查 取水 50 毫升，加 1+1 的硝酸 5 滴，加入 0.1 N 硝酸银溶液 5 滴，摇匀后应不显混浊。

试验室分析用水标准如表 7。

表 7 试验室分析用水标准

序 号	项 目	指 标
1	外 观	无色透明无臭无味
2	pH	5.4~6.6
3	蒸发残渣 (毫克/升)	<5
4	灼烧残渣 (毫克/升)	<1
5	氨及铵盐 (NH_4^+) (毫克/升)	<0.05
6	碳酸盐 (CO_3^{2-}) (毫克/升)	<0.2
7	硫酸盐 (SO_4^{2-}) (毫克/升)	无
8	氯化物 (Cl^-) (毫克/升)	无
9	硝酸盐 (NO_3^-) (毫克/升)	无
10	硅 (毫克/升)	无
11	钙 + 镁 (毫克/升)	<0.1
12	重 金 属 (毫克/升)	无
13	导 电 率 (Ω)	$8 \times 10^{-6} \sim 5.8 \times 10^{-8}$