

简明环境分析手册

朱梅年 朱泳煊 编著
姚在永 万国江

新时代出版社

内 容 简 介

本书包括以下五个方面的内容：环境化学分析；环境样品的采取与处理；环境监测数据分析；环境质量分析；环境分析参考资料。书中汇集了大量的数据、表格，这是作者多年来从事环境分析工作积累的资料，为了使得内容更加广泛、综合性强，作者还分析和参考了国内外有关研究成果。在写作时注意了简明实用等工具书的特点。

本书对从事环境保护科研、监测及实验室工作的人员是一本比较实用的基础工具书。

简明环境分析手册

朱梅年 朱泳煊 编著
姚在永 万国江
责任编辑 宋桂珍

新时代出版社出版 新华书店北京发行所发行
国防工业出版社印刷厂印刷
787×1092毫米 32开本 19.875印张 437千字
1988年1月第1版 1988年1月北京第1次印刷
印数：10001—15000册

ISBN7-5042-0026-3/X1 定价：4.05元

前 言

近年来,我国的环境保护事业有了迅猛的发展,从中央到各省、地、市、县直至厂矿、企业,都先后建立了专门的环境保护科研及监测机构,环境保护专业队伍也迅速壮大。为了适应形势发展的需要,提高作为环保事业先导的环境分析工作的水平,我们根据多年从事环境分析工作所积累的大量有关数据及基础资料,并参考了国内外近年来发表的论文和研究成果,编写了这本综合性的简明手册,为广大同行提供一些工作上的方便。

本书在选材上有所侧重。由于环境化学分析是环保工作的基础和最重要的手段,所以这方面的内容在本书占了较大的篇幅,而其它篇章则力求简要、实用。对于环境质量分析,由于目前熟悉这方面内容的人还不多,而它的应用又较广,所以编写这一篇时,对一些基本概念、术语、公式和方法,作了较详细的说明,并列举了一些应用实例,以满足广大读者的需要。

本书在编写过程中,得到了中国科学院学部委员涂光炽、刘东生两位教授的鼓励和指导,在此表示衷心地感谢。

由于我们水平所限,书稿虽经反复修改,仍难免有差错,希望广大读者批评指正。

作 者

1983年4月

目 录

第一篇 环境化学分析

第一章 环境化学分析人员须知	1
§ 1 天平使用规则	1
§ 2 天平和砝码的等级标准	2
§ 3 空气中的称量值与真空称量值的换算	4
§ 4 玻璃量器允许误差及校正	7
§ 5 某些材料的体积热胀系数	9
§ 6 实验室常用器皿玻璃的成分及性质	10
§ 7 实验室常用塑料和纤维的性质及鉴别	13
§ 8 铂金器皿使用规则	17
§ 9 玻璃器皿的洗涤	18
§ 10 蒸馏水及高纯水的水质与检验	20
§ 11 化学试剂纯度的表示方法	23
§ 12 滤纸及其它滤器	24
§ 13 干燥剂的性能及用途	29
§ 14 常用热浴和冷浴	32
§ 15 热电偶的性能	33
§ 16 灼热温度的目测估计	36
§ 17 一些特殊实验用品的制备	36
§ 18 几个主要工业国家的筛规	39
§ 19 实验室常用粘接剂	41
§ 20 实验室的一般安全措施	44
(1) 实验人员注意事项	44
(2) 极谱分析实验室防止汞中毒的注意事项	46

(3) 压缩气体钢瓶的安全使用	48
(4) 几种常用压缩气体的安全处置	49
(5) 化学灼伤及中毒的紧急处理	49
附表 常见化学危险品的性质	52
第二章 环境工作者常用的化学数据	58
§ 1 国际原子量及元素的某些性质	58
§ 2 酸、碱的电离常数	64
§ 3 难溶化合物的溶度积	71
§ 4 一些常见络合物的稳定常数	91
§ 5 标准电极电位	102
§ 6 离子的活度系数	119
附表 常见盐类在水中的溶解度通性	122
第三章 环境分析化学常用数据表	125
§ 1 离子的鉴别、分离与掩蔽	125
(1) 鉴别离子的简单反应	125
(2) 鉴别某些气体的简单方法	131
(3) 常用试剂与某些阳离子的反应	133
(4) 一些阴离子与常用试剂的反应	136
(5) 氢氧化物沉淀的pH范围图	138
(6) 沉淀氢氧化物的试剂	140
(7) 常用沉淀剂	141
(8) 某些均相沉淀剂	143
(9) 在溶液中最稳定的离子	144
(10) 巯基棉分离富集某些金属离子的条件	145
(11) 某些元素的挥发和蒸馏分离条件	146
(12) 国产离子交换树脂主要产品的规格、性能	147
(13) 在离子交换树脂上某些阴离子的选择系数	150
(14) 在离子交换树脂上某些金属离子的选择性系数	151
(15) 稀水溶液中的离子交换亲合势的比较	152
(16) 普通金属离子的 R_f 值	153
(17) 阴离子的 R_f 值	155
(18) 常用萃取剂	156
(19) 阳离子的掩蔽剂	172

(20) 阴离子和中性分子的掩蔽剂	177
(21) 常用解蔽剂	179
(22) 分析中使用的某些氧化剂和还原剂	181
§ 2 容量分析用表	184
(1) 容量分析当量表	184
A 酸碱滴定	184
B 氧化-还原滴定	186
C 沉淀滴定和络合滴定	189
D EDTA滴定	190
(2) 酸碱滴定时指示剂的选择	192
§ 3 比色与分光光度法用表	193
(1) 滤色片的选择	193
(2) 校准分光光度计波长标尺的有色溶液	193
(3) 吸光度(消光度)与透光率对照表	193
(4) 吸光度与百分吸光度换算表	196
(5) 水样透明度与混浊度换算表	201
(6) 二氧化硅混浊度标准溶液	202
(7) 水质色度标准溶液的配制	202
(8) 永久性余氯标准比色溶液的配制	203
(9) 永久性余氯标准比色溶液	205
§ 4 电化学分析用表	206
(1) 一些参比电极的组成及电位	206
(2) 甘汞电极在 0~50°C 的电位	207
(3) 离子选择性电极用的几种pM标准	218
(4) 电导池常数的测定	208
§ 5 原子吸收光谱分析用表	209
(1) 几种常用火焰的外观特征	209
(2) 火焰温度	210
(3) 常用分析火焰中的主要成分	211
(4) 某些元素在预混合型乙炔和氢火焰内的原子化效率	212
(5) 某些重要金属化合物的离解能 D_0	213
(6) 元素空心阴极灯的辐射线相对强度	215
(7) 火焰原子吸收分析常用谱线	224
(8) 按波长排列的原子发射和吸收线	232
(9) 氢的原子线和离子线	241

(10) 用于抑制和消除干扰的一些试剂	242
§ 6 色谱分析用表	243
(1) 常用气相色谱担体和吸附剂的型号和性质	243
(2) 聚合物的固定相	248
(3) 常用色谱固定液	258
(4) 气相色谱仪常用检测器性能比较	268
附表	269
(1) 毫克/升与毫克当量/升互换表	269
(2) 水硬度单位的换算	270
(3) 钙、镁等离子浓度折算成硬度的系数表	270
(4) 总硫化物换算为硫化氢的系数	271
(5) 大气污染物浓度两种表示法的换算关系	271
第四章 溶液的配制	276
§ 1 溶液浓度的表示方法及互换	276
§ 2 常用酸碱的比重和浓度	279
§ 3 常用缓冲溶液和pH标准溶液	283
§ 4 指示剂的配制	287
§ 5 标准滴定溶液的配制与标定	300
§ 6 标准溶液的配制	317

第二篇 环境分析样品的采集和处理

第一章 环境分析试样的采集	334
§ 1 随机取样	334
§ 2 采样时间和采样频度	335
§ 3 大气样品的采集	339
§ 4 烟气采样	359
§ 5 水样的采集和保存	366
§ 6 土壤样品的采集	375
§ 7 生物样品的采集	376
第二章 环境样品的分解	380

§ 1	样品分解中的沾污和损失	380
§ 2	土壤样品的分解	382
§ 3	生物样品的湿法分解	385
§ 4	生物样品的干灰化	389

第三篇 环境监测数据分析

第一章	数据整理	394
§ 1	有效数字及其运算规则	394
§ 2	算术平均值、加权平均值、几何平均值和中位值	397
§ 3	标准差、极差和变异系数	399
§ 4	误差的传递	402
§ 5	可疑值的取舍	403
§ 6	数据的图形表示	406
第二章	统计检验	412
§ 1	检验数据的正态性	412
§ 2	由样本平均值估计总体平均值	421
§ 3	由样本方差估计总体方差	423
§ 4	平均值的比较	425
§ 5	配对数据的比较	427
§ 6	方差的比较	428
§ 7	非参数检验方法	435
§ 8	2×2 表	445
§ 9	检测限	448
§ 10	常用质量控制图编制方法	450
第三章	回归直线和相关系数	453
§ 1	直线回归方程	453
§ 2	相关系数	454
§ 3	直线回归的方差分析	455
§ 4	回归方程的稳定性	456

§ 5 简单线性回归中单个异常值的检验	456
---------------------------	-----

第四篇 环境质量分析

第一章 环境质量分析基础	459
§ 1 环境质量和环境质量分析的概念	459
§ 2 污染物排放情况调查	464
§ 3 环境质量标准	471
§ 4 环境质量参数	472
第二章 环境质量分析指数	474
§ 1 基本数据处理	474
§ 2 环境质量指数的一般概念	480
§ 3 环境质量单一指数	482
§ 4 环境质量综合指数	486
第三章 环境质量分析方法及应用	488
§ 1 环境有害物释放分析	488
§ 2 大气环境质量分析	493
§ 3 水质质量分析	502
§ 4 土壤环境质量分析	512
§ 5 土壤环境污染趋势分析	517
§ 6 环境质量分组	520

第五篇 环境分析参考资料

第一章 地壳的化学元素丰度	526
表5-1-1 地球壳层的特征	526
表5-1-2 元素在地壳中平均含量的资料	527
表5-1-3 各类岩石化学成分的对比	532
表5-1-4 土壤中的元素含量	533
表5-1-5 元素在岩石圈、土壤和地表植物中丰度的比较	534
表5-1-6 大气圈的平均化学成分	536

表5-1-7	大气圈杂质的平均含量	536
表5-1-8	地球生命物质的平均成分	537
表5-1-9	海水的平均化学成分	538
表5-1-10	内陆水中矿物质的化学成分	540
表5-1-11	某些河水的化学成分	541
表5-1-12	某些大湖泊水的化学成分	545

第二章 农作物及某些食品中的化学元素 549

表5-2-1	我国六省区九类粮食中的元素含量	549
表5-2-2	美国主要农作物中常量元素的含量	551
表5-2-3	美国主要农作物中微量元素的含量	552
表5-2-4	某些蔬菜中的铜、锌、铅和钼的含量	554
表5-2-5	在某些食物中必须痕量元素的含量	555
表5-2-6	各种食物中必须微量元素的含量平均值	556
表5-2-7	在生、熟和罐头食品中必须痕量元素的损失或 增加情况	556
表5-2-8	日本食品中正常镉浓度	558
表5-2-9	某些食品中的镉浓度	559
表5-2-10	小麦、精面粉及家畜、家禽饲料中的 必须微量元素	559

第三章 人体内的化学元素组成 560

表5-3-1	人体内必须的常量和微量元素的含量及其 在地壳中的含量	560
表5-3-2	标准人体的化学组成	561
表5-3-3	正常脏器内的元素含量	562
表5-3-4	每天必须的微量元素的平衡	563
表5-3-5	每天必须的微量非金属和一个碱土金属的平衡	564
表5-3-6	海水、古代和现代人、野生动物中元素的含量	565
表5-3-7	我国十九个地区人发中化学元素含量范围值	566
表5-3-8	人发灰分中供制作标准曲线的含量范围	567

表5-3-9	日本人头发中25种元素的含量	568
表5-3-10	各种人群发汞平均含量	570
表5-3-11	骨痛病患者体内组织中的镉和铅含量	570
表5-3-12	人体从空气中摄取微量金属占总摄取量的百分比	571
第四章 环境标准		572
表5-4-1	我国居住区大气中有害物质最高容许浓度	572
表5-4-2	苏联居民区大气中有害物质的最高容许浓度	574
表5-4-3	车间空气中有害物质的最高容许浓度	580
表5-4-4	工业废气排放试行标准	586
表5-4-5	空气污染物对人体健康的影响	589
表5-4-6	我国饮用水水质标准	593
表5-4-7	地面水水质卫生要求	594
表5-4-8	地面水中有害物质的最高容许浓度	595
表5-4-9	农田灌溉水水质标准	597
表5-4-10	城市污水灌溉农田水质标准	598
表5-4-11	渔业水域水质标准	599
表5-4-12	海水中有害物的最高容许浓度	601
表5-4-13	对海水成分和性状的总要求	602
表5-4-14	工业废水排放标准	603
表5-4-15	世界各国的饮用水水质标准	605
表5-4-16	饮水中不纯物质的限度	609
表5-4-17	某些国家和组织规定的自来水水质标准	610
表5-4-18	美国自来水中微量元素的含量	611
表5-4-19	美国用作公共水源的地面水标准	612
表5-4-20	美国对排入地下的水的控制指标	615
表5-4-21	日本渔业用水的水质标准	616
表5-4-22	日本对工业污水中使鱼类致死的有毒物质浓度的规定	616
表5-4-23	苏联水产用水水质标准	617

XII

表5-4-24	美国环保局推荐的灌溉水中污染物限量	618
表5-4-25	食品中砷、铜、铁、铅、锡和锌的限量	619
表5-4-26	各国对蔬菜、水果的最高允许残留量规定	621
表5-4-27	我国粮食中化学毒物残留量标准	621
表5-4-28	金属离子、酸根对于植物的危害性临界浓度	622
表5-4-29	某些农药的每日允许摄入量	623

第一篇 环境化学分析

第一章 环境化学分析人员须知

环境化学分析的对象一般较复杂，而且被测物的含量往往又极微，为了取得精确可靠的分析数据，就要求分析人员对实验操作的每一个环节都要仔细认真，一丝不苟，而且对实验室的环境应严加注意。为此，对于一个环境化学分析人员来说，必须熟练掌握以下的基本知识。

§1 天平使用规则

一、分析天平应放置在温度均匀、干燥、无腐蚀性气体的房间内，避免阳光照射，最好是朝北的房间，放置天平的台子要有防震措施，远离震动源。

二、天平的安装、调整、检修应由有一定经验的人来做，天平及砝码应定期交计量部门检定。

三、在同一分析工作中应使用同一台天平和砝码，以减少天平和砝码本身的误差给分析结果带来的影响；各台天平的砝码不要混用。

四、升降天平梁要轻缓，取、放被称量物体、加减砝码、移动游码时应将天平梁托起，防止天平刀口受剧烈撞击而损坏。

五、要用带骨制或塑料制尖头的镊子夹取砝码；机械加码天平在加减砝码时，要一档一档慢慢加减，防止砝码跳落、

互撞。

六、被称量物体，特别是粉末和化学药品，不能直接放在天平上称量，应放在薄的表玻璃、铝或不锈钢片制的小舟、小箕内称量；挥发性、腐蚀性的样品及液体样品、吸湿性强的样品要放在适当的密闭容器内称量。

七、加热或冷却过的物体要放置良久，待其温度与天平一致后再进行称量，因温度差异将会导致天平室内空气流动及天平不等臂性增加而得不到准确的称量结果。

八、被称物体及砝码要放在天平盘中部，称量时要关闭天平门，塑料易带静电吸附灰尘，最好不要使用塑料容器盛放粉末样品进行称量。

九、天平经常保持清洁，不用时罩上防尘罩，天平室应放置变色硅胶作干燥剂并经常更换。

十、天平安装后不应经常搬动；如需搬动，则要将称盘、吊耳、天平横梁、挂码、阻尼盒等全部卸下后再行搬动；如搬动距离很近时，可在支力和刀承的间隙中垫几层柔软的擦镜纸，然后再轻轻搬动；天平搬动后，一定要重新进行调整。

§ 2 天平和砝码的等级标准

表1-1-1 天平精度分类

精度级别	名义分度值与最大载荷之比	精度级别	名义分度值与最大载荷之比
1	1×10^{-7}	6	5×10^{-6}
2	2×10^{-7}	7	1×10^{-5}
3	5×10^{-7}	8	2×10^{-5}
4	1×10^{-6}	9	5×10^{-6}
5	2×10^{-6}	10	1×10^{-4}

表1-1-2 各级天平分度值表

最大称量(克)	级别									
分度值不大于 (毫克)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
200	0.02	0.04	0.1	0.2	0.4	1	2	4	10	20
100	0.01	0.02	0.05	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10
50	0.005	0.01	0.025	0.05	0.1	0.25	0.5	1	2.5	5
30	0.003	0.006	0.015	0.03	0.06	0.15	0.3	0.6	1.5	3
20	0.002	0.004	0.010	0.02	0.04	0.10	0.2	0.4	1.0	2
2	0.0002	0.0004	0.001	0.002	0.004	0.01	0.02	0.04	0.1	0.2
1	0.0001	0.0002	0.0005	0.001						

表1-1-3 二、三等砝码允差

	二等砝码		三等砝码	
	质量允差 (毫克)	检定精度 (毫克)	质量允差 (毫克)	检定精度 (毫克)
200克	±1.5	±0.5	±4	±2
100克	1.0	0.3	2	1
50克	0.5	0.3	2	1
30克	0.4	0.2	1	0.8
20克	0.3	0.1	1	0.5
10克	0.2	0.06	0.8	0.4
5克	0.15	0.03	0.6	0.3
3克	0.15	0.03	0.5	0.3
2克	0.10	0.03	0.4	0.2
1克	0.10	0.03	0.4	0.2
500毫克	0.05	0.02	0.2	0.1
300克	0.05	0.02	0.2	0.1
200克	0.05	0.02	0.2	0.1
100克	0.05	0.02	0.2	0.1
50克	0.05	0.02	0.2	0.1
30克	0.05	0.02	0.2	0.1
20克	0.05	0.02	0.2	0.1
10克	0.05	0.02	0.2	0.1
5克	0.05	0.02	0.2	0.1
3克	0.05	0.02	0.2	0.1
2克	0.05	0.02	0.2	0.1
1克	0.05	0.02	0.2	0.1

§3 空气中的称量值与真空称量值的换算

如物体在空气中称得的质量为 M_1 、密度为 D_m ，用于称量的砝码密度为 D_w ，空气的密度为 D_a ，则物体在真空中的真实质量 M_{vac} 为：

$$M_{vac} = M_f + D_a \cdot M_f \left(\frac{1}{D_m} - \frac{1}{D_w} \right)$$

D_a 通常取 0.0012, 于是:

$$M_{vac} = M_f \left[1 + 0.0012 \left(\frac{D_w - D_m}{D_m D_w} \right) \right]$$

若设 $K = 0.0012 \left(\frac{D_w - D_m}{D_m D_w} \right) \times 1000$

则,

$$M_{vac} = M_f \left(1 + \frac{K}{1000} \right)$$

用不同密度的砝码称量时, 其 K 值如下表所示:

表1-1-4 空气中称量换算为真空中称量时的 K 值

被称量 物体的 密度 $d =$	K 值				
	黄铜砝码 $d = 8.4$	不锈钢砝码 $d = 7.8$	铂或铂铱砝码 $d = 21.5$	铂或石英砝码 $d = 2.7$	金砝码 $d = 19.3$
0.2	5.89	5.85	5.98	5.58	5.97
0.3	3.87	3.85	3.96	3.56	3.95
0.4	2.87	2.85	2.95	2.55	2.94
0.5	2.26	2.25	2.35	1.95	2.34
0.6	1.86	1.85	1.95	1.55	1.93
0.7	1.57	1.56	1.66	1.26	1.65
0.75	1.46	1.45	1.55	1.15	1.53
0.80	1.36	1.35	1.45	1.05	1.43
0.82	1.32	1.31	1.41	1.01	1.39
0.84	1.29	1.27	1.37	0.98	1.36
0.86	1.25	1.24	1.34	0.94	1.33
0.88	1.22	1.21	1.31	0.91	1.29
0.90	1.19	1.18	1.28	0.88	1.26
0.92	1.16	1.15	1.25	0.85	1.24
0.94	1.13	1.12	1.22	0.82	1.21
0.96	1.11	1.10	1.20	0.80	1.18
0.98	1.08	1.07	1.17	0.77	1.16
1.00	1.06	1.05	1.15	0.75	1.13
1.02	1.03	1.02	1.12	0.72	1.11
1.04	1.01	1.00	1.10	0.70	1.08