

内 容 简 介

化学试剂在工农业生产、科学研究和教学中都有重要的应用。本书在有关理论的基础上,介绍了各种化学试剂的基本性质及它们的命名原则,主要用途,提纯方法,安全使用和保管等。并简要地介绍了一些重要的无机试剂和有机试剂。

本书可供有关技术人员、管理干部、教师和青年学生阅读参考。

化学知识丛书 9

化 学 试 剂 知 识

朱贵云 刘德信 编著

责任编辑 王玉生

科学出版社 出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1987年9月第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1988年12月第二次印刷 印张: 13 3/4

印数: 9,301—12,450 字数: 316,000

ISBN 7-03-000739-5/O·196

定价: 5.20 元

目 录

第一章 概述	1
第一节 化学试剂	1
第二节 化学试剂的等级标准	3
第二章 无机化学试剂的命名与分类	9
第一节 无机化学试剂的命名	9
第二节 无机化学试剂的分类	20
第三章 无机酸碱试剂	22
第一节 酸碱概述	22
第二节 无机酸碱试剂的范围和强度	24
第三节 无机酸碱试剂的特性	26
第四节 重要的无机酸碱试剂	29
第四章 无机沉淀和络合试剂	53
第一节 无机沉淀剂的主要类型	53
第二节 无机沉淀剂的选择	60
第三节 影响沉淀生成的因素	62
第四节 无机络合试剂的基本类型	65
第五节 无机络合试剂的结构特点	74
第六节 无机络合试剂的反应特性	78
第五章 无机氧化-还原试剂	86
第一节 无机氧化-还原试剂的概述	86
第二节 氧化-还原试剂的强度	88
第三节 氧化-还原试剂的反应特性	93
第四节 主要氧化-还原试剂介绍	99
第六章 生化试剂	119

第一节	生化试剂的分类	119
第二节	生化试剂的来源	120
第三节	几类重要的生化试剂	122
第七章	有机试剂的命名和分类	135
第一节	有机试剂的命名	137
第二节	有机试剂的分类	144
第八章	有机试剂的结构和性能	148
第一节	分析功能团和助分析团	148
第二节	有机试剂的生色理论	151
第三节	取代基对有机试剂性能的影响	157
第四节	同分异构现象	162
第五节	从有机试剂结构初步判别其性能	166
第六节	有机试剂的发展	168
第九章	有机试剂与无机离子的反应	172
第一节	有机试剂和无机试剂作用的平行类似现象	172
第二节	有机试剂与无机离子的反应类型	176
第三节	金属螯合物	182
第四节	三元络合物	191
第五节	提高有机试剂灵敏度和选择性的方法	195
第十章	重要的有机试剂及其应用	201
第一节	有机试剂在定性分析中的应用	201
第二节	有机沉淀剂	202
第三节	有机络合剂	212
第四节	有机萃取剂	221
第五节	有机显色剂	232
第六节	重要的有机试剂简介	242
附表	重要的有机试剂及其性质和应用	269
第十一章	有机溶剂	290
第一节	概述	290
第二节	烃类和卤代烃类	295

第三节	芳香族有机溶剂	301
第四节	含氧有机溶剂	304
第五节	其它溶剂	314
第六节	一些有机溶剂的提纯和回收	315
第十二章	溶液的配制	329
第一节	非标准溶液的配制	329
第二节	标准溶液和基准物质	352
第三节	不稳定物质溶液的配制	357
第十三章	化学试剂的分离提纯	360
第一节	分离提纯方法的基本分类	360
第二节	分离提纯方法的进展	362
第三节	化学试剂分离提纯的几个方法	366
第十四章	危险试剂知识	401
第一节	易燃试剂	401
第二节	易爆试剂	404
第三节	毒性试剂	414
附录一	某些化合物的俗名和别名	428
附录二	常用生化试剂缩写表	432

第一章 概述

第一节 化学试剂

化学试剂的生产和经营是国民经济中的一个重要行业。它的重要性对于使用部门的人员来说是毋需介绍的，但对于管理部门和生产部门的人员来说，却不是每个人都十分清楚的。在工业生产中，为了使工艺流程正常进行，并保证产品的质量，必须对生产进行中间控制和成品检验。这时化学试剂就同卡尺和砝码一样，由质量检验人员用它来鉴定产品是否符合规格和标准。在农业方面，化学试剂可用来测定土壤中的氮、磷、钾等的含量，土壤的酸、碱度，以及农作物的养分等，以实现合理施肥、科学种田。在科学研究和教学中，化学试剂更是必不可少的物质。特别是现代科学技术的发展都离不开化学试剂。例如：大规模集成电路和半导体工业，需要电子工业用的电子纯化学试剂；激光技术脱离不开激光材料，而激光材料也是化学试剂的一个重要门类；要想研究肿瘤、诊断与治疗癌症离不开生化试剂，而生化试剂也是化学试剂的一个重要的新门类。

化学试剂是有严格的质量标准的，由于试剂的品种多、门类多，所以试剂的质量标准也是多种多样的。而这些标准的制定都是以应用为依据的。一般说来，纯度高的化学试剂，其制备手续是十分复杂的，因此价格昂贵，只在确实需要时才使用。选择试剂要根据试剂杂质的含量和人们对试剂的要求来考虑，不能只追求纯。当然，现代科学技术的发展

要求化学试剂的品种越来越多，质量越来越高。如大规模集成电路用的光刻胶要求超纯、超净、超精细：有害杂质一般要求控制在 10^{-8} — 10^{-9} ；其洁净度要求每单位体积内 $0.5\mu\text{m}$ 以下的悬浮物不得超过一定的颗粒数；精细程度要求分辨率达到 $0.5\mu\text{m}$ ，也就是用光刻胶刻制的线条要达到头发丝千分之一那样细。

化学试剂的特点是门类广、品种多。长期以来人们总是把化学试剂看作分析试剂，而实际上分析试剂只是化学试剂的几十个门类中的一类。目前，为科学技术服务 的化学试剂，无论在门类、品种、质量上都发展到了一个新的水平。据统计，国际上流通的商品试剂达二万多种，而能供应的品种已近五万种。化学试剂的门类是根据用途划分的，目前国际上门类划分的总趋势是越分越细，而且已使品种系列化、配套化，尽量让用户一拿到手就能使用。国外七十年代增添了不少新门类、新品种，如大规模集成电路用的高纯试剂，环境科学研究用的微量分析试剂，生命科学研究用的生化试剂，电子工业用的电子纯试剂等等。

我国的化学试剂工业自解放以来有了很大的发展，现在已经建成设备较完善、技术力量雄厚、管理经验较成熟的北京、上海、天津、西安、沈阳、成都和广州等七个化学试剂生产基地，能够生产四千多个品种，质量也在不断提高。当然，在品种和质量上与国外相比都还有一定的差距，需要我们继续努力。

第二节 化学试剂的等级标准

一、化学试剂等级标准的制定

按照用途的不同，化学试剂质量的标准是不一样的，这就产生了化学试剂的“等级”。不同等级的同一种试剂，其质量是不同的。即便是同一等级的同一试剂，由于生产的国家、厂商、组织不相同，试剂的质量也不尽相同。为了解决这个问题，国际标准化组织第 47 技术委员会于 1968 年在柏林召开的第八次代表大会上，决定建立 16 个“化学分析试剂”工作小组，委托他们制定化学试剂规格标准和试验方法标准。但至今也未能拿出一个正式的、各国都承认的标准。

但是为了保证产品的质量，使每一批试剂产品都符合一定的规格，国外的试剂工业都有相应的标准以资遵循，如国家标准、学会标准、厂订标准等。美国目前有四种标准，即约·罗逊的“化学试剂及其标准”（Reagent Chemicals and Standards），“美国化学学会标准”（A.C.S. Analytical Reagents），“美国药物标准”和“厂订标准”。联邦德国默克有以该公司出版的《化学试剂纯度分析》为依据的“默克”标准。英国 BDH 公司，霍普金和威廉公司的“阿纳拉实验室用化学品的标准”（Analar Standards for Laboratory Chemicals）。苏联由国家制定的“全苏标准”（ГОСТ）和“技术标准”（ТУ）等等。

我国对化学试剂的质量也有规定的标准，如“化学试剂国家标准”（GB），原化工部“部颁化学试剂标准”（HG），化工部“部颁化学试剂暂行标准”（HGB）等。

化学试剂的标准规格是怎样制定的呢？在解决这个问题

时首先要考虑的是对某种试剂必须测定哪些项目，然后再考虑哪些分析方法。值得注意的是对试剂除了要求纯度高之外，还要考虑到特殊要求，在试剂的保证书上应说明物质的最低含量和那些在应用时会产生影响的杂质的最高含量。

二、化学试剂的等级

1. 我国化学试剂的等级

我国的试剂规格共有高纯、光谱纯、基准、分光纯、优级纯、分析纯和化学纯等七种。国家和主管部门颁布具体指标要求的是后三种：

优级纯 即一级品。纯度最高，适用于精密的分析工作和科学研究工作。

分析纯 即二级品。纯度较一级略差，适用于重要分析工作。

化学纯 即三级品。纯度与二级相差较大，适用于工矿、学校一般分析工作。

各厂出品的化学试剂在瓶签上注明的标志尽管不完全统计，但规格和等级都是按国家统一规定的。如何辨别各种标志、符号所属等级，可参见表 1-1。

我们只要看到瓶签上有上述其中一个标志，就可以知道该化学试剂是几级品了。

瓶子贴的标签除表明级别的颜色以外，为了醒目美观还有各种各样的装璜。例如二级品是红色的，但有的在标签的四周套上红框粗线；有的将试剂名称用红色字或在名称上衬红底；近几年用得较多的是在二级品的标志符号上衬上各种红底图案。其它等级的颜色标志也与上述一样。但近几年来

表 1-1 我国化学试剂等级标志*

级 别	一级品	二级品	三级品		
中文标志	保证试剂 优级纯	分析试剂 分析纯	化学纯	实验试剂 医 用	生物试剂
代 号	GR	AR	CP	LR	BR或CR
瓶签颜色	绿色	红色	蓝色	棕色或其它色	黄色或其它色

*上表所列等级标志，是指的包装（或以瓶为单位的包装）标志。

有的化学试剂去掉了颜色标志，只用文字或符号标明。所以使用化学试剂时，不要单依标签颜色分级，主要应以文字或代号为准。

2. 几种等级标准的对照

在文献资料中和进口的化学试剂标签，有的等级与我国现行等级不太一致，下面将几种常碰到的分级标准对照列成表 1-2。

表 1-2 化学试剂的几种分级对照

质量次序 国别	1	2	3	4	5
我国现行	一级品 保证试剂 优级纯 GR	二级品 分析试剂 分析纯 AR	三级品 化学纯 CP	实验试剂 医 用 LR	生物试剂 BR或CR
欧、美、日等国	GR	AR	CP		
苏 联	化学纯 ХЧ	分析纯 ЧДА	纯 Ч		

3. 化学试剂的包装规格

化学试剂包装单位的规格，是指每个包装容器内盛装化学试剂的净重或体积。包装单位的大小是根据化学试剂的性质、用途和它们的单位价值而决定的。一般情况，固体化学试剂以 500 克（一市斤）分装一瓶，液体的多以 500 毫升分装一瓶。我国规定化学试剂有下列五类包装单位：

第一类 0.1 克，0.25 克，0.5 克，1 克，5 克；

第二类 5 克，10 克，25 克；

第三类 25 克，50 克，100 克或 25 毫升，50 毫升，100 毫升。

以安瓿包装的液体化学试剂则增加 20 毫升包装单位；

第四类 100 克，250 克，500 克或 100 毫升，250 毫升，500 毫升；

第五类 500 克，1 公斤至 5 公斤（每 0.5 公斤为一间隔）或 500 毫升，1 升，2.5 升，5 升。

包装单位在 5 公斤或 5 升以上的化学试剂，根据使用者需要，在保证储运安全的原则下，可以不受包装类别的限制，适当扩大包装单位。一般说来，包装单位越小，试剂的单位价值越贵，制作也是比较困难的，所以在使用时更应注意节约。

在瓶子标签的某个角上（一般在右上角），有时还注明“符合 GB”、“符合 HG”或“符合 HGB”字样。这些符号是该化学试剂的技术条件（或杂质最高含量）符合国家规定的具体标准。这些符号的含义前面已经提到。在这些符号后并有该化学试剂的统一编号，如 GB625-65 是硫酸的国家标准代号，HG3-123-64 是无水硫酸钠的部颁标准代号，HGB3166-60 是结晶碳酸钠的部颁暂行标准代号。

三、高纯试剂

由于现在工业发展的特殊需要，如电子工业原材料、光学材料、单晶、光导纤维、高能电池等等，都提出了比保证试剂纯度更高的要求，它们要求试剂杂质含量比保证试剂低两个数量级、三个数量级、四个数量级甚至更多的数量级，这种试剂称为“高纯试剂”。但是，目前对这些产品确实意义和质量标准还很不一，因此在名称上有的叫高纯，有的叫超纯、特纯、光谱纯等等。这些产品是用成本非常高的方法生产出来的，并采用了特别精细的包装措施。这类试剂大体上可分以下几种：

特纯试剂 这种试剂特别适用于一些痕量分析。它的杂质含量低达 10^{-6} — 10^{-9} 级，这是保证试剂所达不到的。

电子工业用试剂 也叫电子纯的 MOS 试剂。这种试剂一般用于半导体、电子管等方面，其特点是杂质的最高含量在 0.01—10ppm。在这类试剂中，为了满足半导体元件不断向微小化发展而对杂质的苛刻要求，它的杂质保证限量可以降低到 ppb，即 10^{-9} 。它的尘埃等级达到 0—2ppb。

单晶生长用化学试剂 要想人工合成单晶，必需有特别纯的物质。利用这种物质来培养晶体不必再作纯度处理。这类试剂除了对其中一些重要物质进行分析检验外，还要进行应用检验，因此恒定的组分可以得到高度的保证。

除此之外，还有光导纤维用的化学试剂，仪分试剂，特殊高纯度的有机材料等等。

高纯试剂对包装材料的纯度要求很高。只有能保证与装入的试剂不发生变化，具有一定稳定性的物质才能作包装材料用。也就是说，这种容器是用特殊材料做成的，比如头等

玻璃或特种塑料。塞子之类的东西也要用特纯的材料。填料、垫圈和垫片等要用氟塑料。

供高纯制剂用的包装材料在用之前必须保证非常干净，在分装车间必须经过特别净化处理过程，要注意最大可能地做到高度的无尘埃和不存在润滑剂。比如，高纯盐酸包装用的小瓶，在包装前首先要用盐酸甲醇溶液反复浸泡，然后再用二次蒸馏水冲洗。

试剂的生产工厂都要特别整洁，例如生产电子纯的试剂净化室要求超净过滤，有的甚至规定 100 毫升中 $2\mu\text{m}$ 的粒子在 100 个以下。

第二章 无机化学试剂的命名与分类

化学试剂一般分为无机试剂和有机试剂两大类。通常认为含有碳元素的试剂是有机试剂，其余全是无机试剂。这个界限本来就不严格，例如碳酸盐，氰化物按照这个说法应归有机试剂，但习惯上仍把它们看成无机试剂。尤其是近年来，随着配位化合物和金属有机化合物的发展，无机化学和有机化学的界限愈来愈不清楚，因此在无机试剂和有机试剂之间，也就很难划一条明确的界限。一般说来，所谓无机试剂是指在无机反应中所用的试剂。如单质，酸、碱试剂，氧化-还原试剂，沉淀试剂，络合试剂，等等。

无机试剂有着广泛的应用，国民经济各部门和现代科学技术的发展都离不开无机试剂，并且要求无机化学试剂的品种愈来愈多，质量愈来愈好。例如：半导体科学的发展，要求半导体硅的杂质含量在 10^{-9} 以下；激光科学的发展，要求一些新的试剂用以制造新的激光材料和开辟新的分析途径。

无机试剂的发展与化学这门大的学科，尤其是与无机化学的发展密切相关。例如，随着配位化合物的发展，象 $\text{Ni}(\text{CO})_4$ 、 $\text{Cr}(\text{CO})_6$ 等羰基化合物也作为试剂而商品化；二茂铁的合成及后来一系列金属有机化合物的合成，给无机化学试剂开拓了一个新的领域。

第一节 无机化学试剂的命名

无机试剂由于门类多、品种杂，命名也十分繁杂。下面

就几个方面进行说明。

一、单质试剂的命名

元素单独存在时构成单质，是化学试剂的一部分。在国外的一些书籍中，元素和单质是不加区分的。但国内通常把元素视作某一类原子，而将单质看成是元素稳定存在的形式。其实很多时候都不严格区分，所以我们在这里也不严格区分。

在 106 种元素中，真正作为试剂在市面上流通的大约 70 多种，主要是些金属（锂、铜、锌……）和一些非金属（硫、磷……）。

一些气体（氢、氮、氧……）是装在钢瓶里流通使用的，一般并不把它看成是试剂。

表 2-1 单质试剂的名称

符号	名称	符号	名称	符号	名称
Li	锂	Ti	钛	Br	溴
Be	铍	V	钒	Rb	铷
B	硼	Cr	铬	Sr	锶
C	碳	Mn	锰	Y	钇
Na	钠	Fe	铁	Zr	锆
Mg	镁	Co	钴	Nb	铌
Al	铝	Ni	镍	Mo	钼
Si	硅	Cu	铜	Ru	钌
P	磷	Zn	锌	Rh	铑
S	硫	Ga	镓	Pd	钯
K	钾	Ge	锗	Ag	银
Ca	钙	As	砷	Sn	锡
Sc	钪	Se	硒	I	碘

还有一些人造元素和放射性元素，如铯、碲等等，由于

其半衰期较短或难于制取，也很少作为试剂在市面上流通。不过也有不少标记原子和化合物，正在用于一些现代科学技术和分析技术上。

表 2-1 列出了一些单质试剂的名称。

二、同位素的命名

同位素是核电荷相同而原子量不同（即质子数相同而中子数不同）的同一元素的多种原子，在周期表中占同一位置。同位素一般均不另定名称而称“某 $\times$ ”，“某”指元素的名称。“ $\times$ ”是此项同位素的质量数。例如： ^{12}C 称为碳 12； ^{16}O 称为氧 16； ^{17}O 称为氧 17。

放射性同位素，在不致引起误会时，可以称为“射某”。例如： ^{235}U 称铀 235 或射铀； ^{24}Na 称钠 24 或射钠。

氢的同位素特别重要，除 ^1H 外，其余分别定名为： $^2\text{H}(\text{D})$ 称氘， $^3\text{H}(\text{T})$ 称氚。

在自然界中已经找到大约 300 多种同位素，人工造成的同位素有 1200 种左右。

三、同素异性体的命名

同素异性体是同一种元素组成的不同性质的单质。同素异性体的命名是在元素名称前面加上表示其特性的形容词来定名。例如：臭氧 (O_3)，无定形硒，单斜硫，白磷等。此外，也可采用 α 、 β 、 γ 等希腊字母表示。例如： β 硫（或写成 $\text{S}\beta$ ，即单斜硫）， α 铁， β 铁， γ 铁， δ 铁等。

四、无机化合物的命名

1. 无机化合物命名中使用的字和词

化 代表简单的化合物。如 NaCl 叫氯化钠。

络 代表用配价键结合。如 $\text{Fe}(\text{CO})_4$ 叫四羰络铁。

合 代表分子与分子或分子与离子相结合。如 $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 叫水合氯化钙。

代 一种意思是表示硫（或硒、碲）取代氧，如 $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}$ 叫硫代硫酸。另一种意思是表示多元含氧酸中氢离子被取代的数量。如 NaH_2PO_4 可以叫一代磷酸钠，但通常叫磷酸二氢钠。

替 取代氨分子上的氢时用替字。如 NH_2Cl 叫氯替氨，现较少应用。

聚 代表两个以上的同种分子互相聚合。如 $(\text{NaPO}_3)_6$ 叫六聚偏磷酸钠。

缩 两个以上同种分子互相聚合，在聚合时放出水、氨等分子，就用缩字代表。如 2 个 H_2SO_4 去掉一个水叫一缩二硫酸 $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ 。

基和根 化合物分子中去掉某些原子或原子团后，剩下的原子团叫做基，带有电荷的基叫根。如：

NH 氨

NH_2 氨基

HO 氢氧基或羟基

HS 氢硫基或巯基

CO 羰基

CN 氰基

HSO_4^- 一价硫酸根或硫酸氢根

SO_4^{2-} 硫酸根

NH_4^+ 铵根

酰基 含氧酸分子中去掉 OH 基后剩下的基叫酰基。如：

H_3PO_4 磷酸

H_2PO_3 磷酸一酰

HPO_2 磷酸二酰

PO 磷酰

HNO_3 硝酸

NO_2 硝酰，硝基

HNO_2 亚硝酸

NO 亚硝酰，亚硝基

离子——根据元素名称及其电化价来给元素的离子命名。例如：

Cl^- 氯离子

Zn^{2+} 锌离子

Fe^{3+} 铁离子

Fe^{2+} 亚铁离子

HSO_4^- 硫酸氢根离子

SO_4^{2-} 硫酸根离子，等等。

特定的词头——有些基少含一个氢原子用词头“亚”表示，如：

NH_2 叫氨基，而 NH 叫亚氨基。另外，含有 $-\text{O}-\text{O}-$ 叫过氧基，含有 $-\text{S}-\text{S}-$ 叫过硫基。

2. 二元化合物的命名

凡只含有两种元素的化合物，叫做二元化合物。二元化合物的名称，是把两种元素的名称加上化学介词“化”字缀