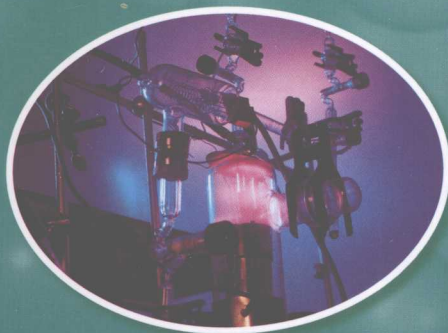
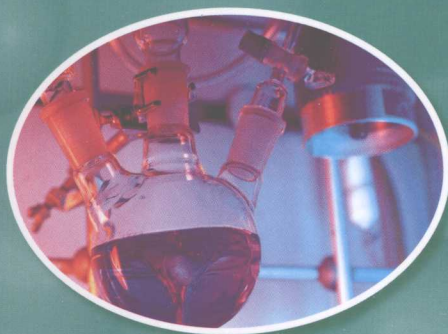


高等学校基础课教材

无机及分析化学

(第二版)

陈学泽 主编



中国林业出版社

高等学校基础课教材

无机及分析化学

(第二版)

陈学泽 主编

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

无机及分析化学/陈学泽 主编. —2 版. —北京: 中国林业出版社, 2008. 5

高等学校基础课教材

ISBN 978-7-5038-5025-7

I. 无… II. 陈… III. ①无机化学 - 高等学校 - 教材 ②分析化学 - 高等学校 - 教材
IV. 061 065

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 055782 号

中国林业出版社·环境景观与园林园艺图书出版中心

策划、责任编辑: 吴金友 李 顺

电话: 66176967 66189512

出 版 中国林业出版社 (100009 北京西城区德内大街刘海胡同 7 号)

网 址 www.cfph.com.cn

E-mail cfphz@public.bta.net.cn

发 行 新华书店北京发行所

印 刷 三河市富华印刷包装有限公司

版 次 2008 年 5 月第 2 版

印 次 2008 年 5 月第 1 次

开 本 787mm × 1092mm 1/16

印 张 20.25

字 数 510 千字

印 数 1 ~ 5000 册

定 价 39.00 元

第二版前言

本书是在《无机及分析化学》2000年(第一版)的基础上修订而成。修订时,参照了2000年以来各校的教学实践经验,参照了经过国家本科教学水平评估的《高等农林院校本科专业无机及分析化学的基本要求》。为了更好的使用本教材,修订时编写了配套的《无机及分析化学实验》,还编写了《无机及分析化学习题解答》。前者将由中国林业出版社出版发行,后者将作为教学参考资料提供给使用本书的学校。

修订过程中,考虑到新开《仪器分析》的专业日益增多,删去了第一版中作为仪器分析简介的第十四章,将其中必要的内容并入本书第三章分析化学导论中,而原来的第十五章改为第十四章。其他改动较大的地方有:应用酸碱质子理论处理酸碱平衡,使这一部分内容结构更为严谨。参照法定计量单位的国家标准和应用习惯,更改了一些符号及叙述方式,如物质的平衡浓度改用方括号表示,物质A的平衡浓度表示为[A];增删了一些插图,如增加了分子轨道理论的能级图,使其内容更为直观。此外,还增加了一些与当代无机化学和分析化学密切相关的内容,对有关内容作了相应的修订。

在使用本教材时,各校可根据具体情况按照本课程的基本要求斟酌取舍。加星号的章节属于扩展的内容,可供教学中选用。

参加本书修订工作的学校有:中南林业科技大学、南京林业大学、浙江林学院、北京林业大学、福建农林大学和西南林学院。参加本书第一版的各所高校均参加了第二版的修订工作,其中:中南林学院更名为中南林业科技大学,福建林学院与福建农业大学合并为福建农林大学。具体修订工作的分工是:陈学泽(绪论),刘守庆(第一章),冯炎龙(第二章),刘力(第三章),包宏(第四章),付惠(第五章),王元兰(第六章),陈媛梅(第七章),杨志(第八章),贾向东(第九章),杨桂娣(第十章),郭亚平(第十一章),王志坤(第十二章),郑石英(第十三章),朱丽珺(第十四章),池杏微(附录)。全书初稿由作者共同审阅后,由主编定稿。

本书初稿经中南大学古映莹先生、邓飞跃先生精心审阅,提出不少极为宝贵的意见,谨此致谢。

本书第一版出版后,收到各校使用本教材的师生许多的意见和建议,热心地提供修改意见并指出书中的错误,对于本次修订工作起了重要作用,在此一并表示谢意。由于编者学识的局限性,修订后仍不可避免会有错误和缺点,希望本书的读者提出批评和修改意见。

编者

2007年7月

第一版前言

本书按照高等农林院校本科专业无机及分析化学的基本要求，并结合各参编学校多年来的教学实践编写而成。

本教材在内容的选择和章节安排上，注意了无机化学和分析化学两部分内容的互相衔接，避免了不必要的重复。为了适应目前中学教改情况，教材内容的起点均与现行中学化学教材相衔接。考虑到农林院校对本课程的要求及大学一年级学生的实际水平，本书避免了复杂的理论推导，文字叙述也力求深入浅出，通俗易懂，便于自学。

为了满足我国改革开放和国际学术交流的需要，全书的术语、符号、计量单位均采用我国目前的法规，对于一些文献资料中常见的非法定计量单位也列于附录，以便查阅。

为了加强实践性教学，本书将无机化学内容作了较大幅度的压缩，分析化学内容也作了适当的调整。与上一届高等林业院校合编的《无机化学》和《分析化学》（约 600 页）比较，本书的篇幅减少了约二分之一，因而有简明的特点。因为各专业的授课学时不尽相同，书中一些章节加有 * 号，可供不同专业选用和供学生自学参考。讲授本书需 80 学时，各校在使用时可根据各自的学时数进行取舍。

本书可供高等林业院校林学、环境科学、生物技术、生态学、食品科学与工程、高分子材料与工程、林产化工和木材科学与工程等专业的学生选用，高等农业院校（或其他高等院校）的相应专业也可参考选用。

本书由教育部面向 21 世纪课程内容和教学体系改革立项的 04-8-5 课题组、国家林业局教学指导委员会化学小组提出并组织中南林学院、北京林业大学、南京林业大学、浙江林学院、西南林学院和福建林学院共同编写。本书初稿 1999 年下期在中南林学院和浙江林学院试用一届后，由作者作了进一步的修改，经主编、副主编审稿、修改，最后由主编校阅定稿。

04-8 课题组负责人、中国农业大学朱寿珩先生、赵义芳先生和赵士铎先生审阅了本书初稿，中南林学院李文斌先生通读了本书初稿，他们对本书提出了许多宝贵意见，谨在此表示感谢。

由于受到学术水平和教学经验的限制，本书难免有缺点和错误，恳切希望读者予以批评指正。

编者 2000 年 4 月

《无机及分析化学》(第一版)编委会

主 编 陈学泽 (中南林业科技大学)

副主编 包 宏 (北京林业大学)

武 瑾 (北京林业大学)

冯炎龙 (浙江林学院)

付 惠 (西南林学院)

何海斌 (福建农林大学)

编 委 (按姓氏笔画排序)

王元兰 (中南林业科技大学)

冯冰玉 (西南林学院)

刘 力 (浙江林学院)

刘洪仕 (中南林业科技大学)

朱丽珺 (北京林业大学)

杨 志 (中南林业科技大学)

杨远才 (福建农林大学)

贾向东 (北京林业大学)

蒋新元 (中南林业科技大学)

主 审 胡兹苓 (南京林业大学)

《无机及分析化学》(第二版)编委会

主 编 陈学泽 (中南林业科技大学)

副主编 (按姓氏笔画排序)

冯炎龙 (浙江林学院)

付 惠 (西南林学院)

包 宏 (北京林业大学)

陈媛梅 (北京林业大学)

杨桂娣 (福建农林大学)

编 委 (按姓氏笔画排序)

王元兰 (中南林业科技大学)

王志坤 (浙江林学院)

池杏微 (北京林业大学)

刘 力 (浙江林学院)

刘守庆 (西南林学院)

朱丽珺 (北京林业大学)

杨 志 (中南林业科技大学)

汤 林 (中南林业科技大学)

郑石英 (福建农林大学)

郭亚平 (中南林业科技大学)

胡 笏 (北京林业大学)

贾向东 (北京林业大学)

目 录

第二版前言

第一版前言

绪 论	(1)
一、化学研究的内容	(1)
二、无机化学和分析化学的地位和作用	(1)
三、无机及分析化学与专业的关系	(2)
第一章 溶液和胶体	(3)
第一节 分散系统及其分类	(3)
第二节 溶液	(4)
一、溶液的浓度	(4)
二、稀溶液的依数性	(5)
三、强电解质溶液	(10)
第三节 胶体	(12)
一、分散度和比表面	(12)
二、表面现象	(13)
三、溶胶的性质	(15)
四、胶团结构	(18)
五、溶胶的稳定性和聚沉值	(19)
六、表面活性物质和乳浊液	(21)
习题	(22)
第二章 化学反应基本理论	(24)
第一节 化学热力学	(24)
一、基本概念	(24)
二、化学反应热效应	(25)
三、熵和熵增原理	(29)
四、Gibbs 函数和化学反应方向	(32)
第二节 化学动力学	(34)
一、反应速率及其表达	(34)
二、质量作用定律	(35)
三、化学反应的速率理论	(37)
第三节 化学平衡	(40)
一、化学平衡状态	(40)
二、平衡常数	(41)
三、Gibbs 函数与标准平衡常数	(41)
四、多重平衡规则	(44)
五、化学平衡的移动	(44)

习题	(47)
第三章 分析化学导论	(50)
第一节 定量分析的一般步骤	(50)
一、试样的采取和制备	(51)
二、试样的分解	(51)
三、测定方法的选择	(52)
四、数据处理及报告分析结果	(52)
第二节 有效数字及运算规则	(52)
一、有效数字	(52)
二、有效数字的修约	(53)
三、有效数字的运算规则	(54)
第三节 定量分析中的误差	(54)
一、误差的来源及分类	(55)
二、误差的表示方法	(56)
三、提高分析结果准确度的方法	(58)
四、分析结果的数据处理	(59)
第四节 滴定分析	(63)
一、滴定分析概述	(63)
二、滴定分析法的分类	(63)
三、滴定反应的条件和滴定方式	(63)
四、标准溶液	(64)
五、滴定分析的计算	(65)
第五节 仪器分析方法概述*	(69)
一、分析化学的发展和仪器分析的产生	(69)
二、仪器分析法的分类	(69)
三、仪器分析的特点	(70)
四、仪器分析的发展趋势	(71)
习题	(72)
第四章 溶液中的离子平衡	(74)
第一节 酸碱质子理论	(74)
一、酸碱质子理论	(75)
二、酸碱反应的实质	(76)
第二节 水溶液中的质子转移平衡	(76)
一、酸碱水溶液中的质子转移平衡	(77)
二、酸碱水溶液中各种相关型体浓度的计算	(80)
第三节 酸碱解离平衡与溶液 pH 计算	(82)
一、一元弱酸或弱碱溶液	(82)
二、多元弱酸(碱)溶液	(84)
三、两性物质溶液	(86)
第四节 酸碱缓冲溶液	(87)

一、缓冲作用原理	(88)
二、缓冲溶液 pH 值的计算	(88)
三、缓冲容量和缓冲范围	(89)
四、缓冲溶液的配制	(90)
第五节 溶液中的多相离子平衡	(91)
一、难溶电解质的溶度积	(91)
二、沉淀的生成和溶解	(93)
习题	(99)
第五章 酸碱滴定法	(102)
第一节 酸碱平衡系统中各型体的分布*	(102)
一、一元弱酸溶液中各种型体的分布	(102)
二、多元酸溶液中各种型体的分布	(104)
第二节 酸碱指示剂	(105)
一、酸碱指示剂的变色原理	(106)
二、酸碱指示剂的变色范围	(106)
三、影响酸碱指示剂变色范围的主要因素	(108)
四、混合指示剂	(108)
第三节 酸碱滴定曲线和指示剂的选择	(109)
一、强酸与强碱的相互滴定	(110)
二、强碱(酸)滴定一元弱酸(碱)	(112)
三、多元酸和多元碱的滴定	(115)
第四节 酸碱滴定法的应用	(118)
一、酸碱标准溶液的配制与标定	(118)
二、应用实例	(119)
习题	(122)
第六章 重量分析法和沉淀滴定法	(124)
第一节 重量分析法	(124)
一、重量分析对沉淀的要求	(124)
二、影响沉淀纯度的因素	(125)
三、沉淀的形成与沉淀的条件选择	(127)
四、沉淀的过滤、洗涤、烘干或灼烧	(128)
五、重量分析的计算和应用示例	(128)
第二节 沉淀滴定法	(129)
一、莫尔法	(130)
二、佛尔哈德法	(131)
三、法扬司法	(132)
四、银量法的应用	(133)
习题	(134)
第七章 配位化合物	(136)
第一节 基本概念	(136)

一、配位化合物的组成	(136)
二、配位化合物的命名	(138)
第二节 配位平衡	(139)
一、配位平衡常数	(139)
二、配位平衡的移动	(141)
第三节 螯合物	(143)
一、螯合物的定义	(143)
二、螯合剂	(144)
三、螯合效应	(144)
四、螯合物的应用	(146)
习题	(147)
第八章 配位滴定法	(149)
第一节 溶液中 EDTA 各型体的分布和酸效应系数	(149)
一、EDTA 的解离平衡	(149)
二、EDTA 的酸效应系数	(149)
三、EDTA 与金属离子形成的螯合物的特点	(150)
第二节 EDTA 配合物的条件稳定常数	(151)
一、副反应与副反应系数	(151)
二、条件稳定常数	(152)
第三节 金属指示剂	(153)
一、金属指示剂的作用原理	(153)
二、金属指示剂应具备的条件	(153)
三、常见的金属指示剂	(154)
四、金属指示剂的选择	(154)
五、金属指示剂的封闭和僵化现象	(155)
第四节 配位滴定曲线	(155)
一、配位滴定曲线	(155)
二、单一金属离子定量滴定的条件	(157)
三、酸效应曲线及其应用	(158)
四、配位滴定 pH 值范围的选择	(159)
第五节 配位滴定法的应用	(159)
一、提高配位滴定法选择性的途径	(160)
二、配位滴定法的应用	(161)
习题	(162)
第九章 氧化还原与电化学	(164)
第一节 基本概念	(164)
一、氧化还原反应	(164)
二、氧化数	(164)
三、半反应	(165)
第二节 氧化还原反应方程式的配平	(166)

一、氧化数法	(166)
二、离子—电子法	(167)
第三节 原电池与电极电势	(169)
一、原电池和氧化还原反应	(169)
二、电极和半反应	(170)
三、标准电极电势	(170)
四、浓度对电极电势的影响	(172)
第四节 电极电势的应用	(174)
一、判断氧化剂还原剂的强弱	(174)
二、判断氧化还原反应的方向和限度	(175)
第五节 元素电势图	(177)
习题	(179)
第十章 氧化还原滴定法和电势分析法	(181)
第一节 影响氧化还原反应的因素	(181)
一、条件电势	(181)
二、副反应	(182)
第二节 氧化还原滴定曲线和滴定终点的确定方法	(183)
一、氧化还原滴定曲线	(183)
二、氧化还原滴定终点的确定	(186)
第三节 常用的氧化还原滴定方法	(188)
一、高锰酸钾法	(188)
二、重铬酸钾法	(190)
三、碘量法	(191)
第四节 电势分析法	(193)
一、电势分析法基本原理	(194)
二、指示电极与参比电极	(194)
三、直接电势法	(195)
四、电势滴定法	(200)
习题	(201)
第十一章 物质结构基础	(203)
第一节 原子结构和元素周期律	(203)
一、原子核外电子运动状态	(203)
二、原子核外电子排布和元素周期律	(208)
三、元素性质的周期性	(213)
第二节 分子结构	(217)
一、价键理论	(217)
二、杂化轨道理论	(219)
三、配合物中的价键理论	(222)
四、分子轨道理论	(226)
五、分子间力和氢键	(230)

第三节 晶体结构	(234)
一、晶体的特征	(234)
二、晶体的内部结构及类型	(235)
三、离子极化	(236)
习题	(238)
第十二章 元素选述	(241)
第一节 卤素	(241)
一、概述	(241)
二、卤素单质	(242)
三、卤化氢和氢卤酸	(242)
四、卤化物	(243)
五、卤素的含氧酸及其盐	(244)
第二节 氧	(245)
一、氧和臭氧	(245)
二、过氧化氢	(246)
第三节 氮和磷	(247)
一、氮及其重要化合物	(247)
二、磷的重要化合物	(249)
第四节 铜和银、锌镉汞	(250)
一、铜和银的重要化合物	(250)
二、锌镉汞的重要化合物	(251)
第五节 铬钨锰	(252)
一、铬和钨的化合物	(252)
二、锰的化合物	(254)
第六节 铁和钴	(254)
一、铁的化合物	(254)
二、钴的化合物	(255)
习题	(256)
第十三章 分光光度法	(257)
第一节 物质对光的选择性吸收	(257)
一、电磁波谱	(257)
二、光与物质的相互作用	(257)
三、分光光度法特点	(258)
第二节 光的吸收定律	(259)
一、朗伯一比耳定律	(259)
二、摩尔吸光系数	(260)
三、偏离朗伯一比耳定律的原因	(260)
第三节 分光光度计	(262)
第四节 分析条件选择	(263)
一、反应条件的选择	(263)

二、仪器测量条件选择	(265)
三、参比溶液的选择	(266)
四、干扰及消除方法	(267)
第五节 定量方法	(267)
一、单组分定量方法	(267)
二、多组分定量方法	(268)
三、示差分光光度法	(268)
习题	(269)
第十四章 化学与社会	(271)
第一节 化学与环境	(271)
一、现代社会面临的环境问题	(271)
二、化学与环境的密切关系	(275)
第二节 化学与生命体	(276)
一、生物无机化学简介	(276)
二、生命体中的化学元素	(277)
第三节 稀土与农林业	(279)
一、稀土元素简介	(279)
二、稀土元素对植物生理功能的影响	(281)
第四节 化学与纳米材料	(282)
一、化学与材料科学的结合	(282)
二、纳米功能复合材料	(283)
三、纳米功能复合材料的发展趋势	(285)
习题	(286)
附录	(287)
表1 基本物理常数表	(287)
表2 单位换算	(287)
表3 一些物质的标准生成焓、标准生成 Gibbs 函数和标准熵 (298 K)	(288)
表4 一些水合离子的标准生成焓、标准生成 Gibbs 函数和标准熵	(292)
表5 常见弱酸弱碱的解离常数	(293)
表6 难溶化合物溶度积常数 (291 ~ 298 K)	(294)
表7 配合物的稳定常数	(296)
表8 常见金属离子的 $\lg\alpha_{M(OH)}$ 值和 EDTA 的 $\lg\alpha_{Y(H)}$ 值	(300)
表9 标准电极电势 (298.2 K)	(301)
表10 一些氧化还原电对的条件电势 (298.2 K)	(303)
表11 一些物质的相对分子质量	(304)
参考文献	(307)

绪 论

一、化学研究的内容

化学是一门研究物质的组成、结构、性质及其变化规律的科学，在现代自然科学中占有十分重要的地位。

化学研究的内容很广泛，由于学科发展，传统上把化学分为无机化学、分析化学、有机化学和物理化学四大分支学科，通常称之为“四大化学”。无机化学研究除碳氢化合物及其衍生物以外的所有元素单质和它们的化合物的组成、结构、性质、变化规律和变化过程中的能量关系。分析化学把化学与物理学、电子学、信息学等学科的方法原理相结合来研究物质的组成、含量、结构的分析原理、方法和技术。有机化学研究碳氢化合物及其衍生物，人类已发现和合成的400多万种化合物中，大约有400万种是有机物，因而有机物与人类的生存和发展息息相关。物理化学用物理学的原理和方法研究物质及其反应，以寻求物质化学性质与物理性质之间的联系，物理化学是化学的理论部分。

随着科学的发展和研究的深入，学科之间相互交叉渗透出现了许多与化学有关的边缘学科。例如与数学、物理、天文学、地学、生物学等一级学科形成的交叉学科有计算化学、物理化学、天体化学、地球化学、生物化学等；除此以外，还有许多与二级学科形成的边缘学科，如植物化学、生物无机化学、食品化学、药物化学、细胞化学、酶化学、环境化学等等。由于化学与许多学科形成交叉的边缘学科，因此有人称化学为自然科学的中心学科。

二、无机化学和分析化学的地位和作用

1. 无机化学是化学科学中发展得最早的分支学科，是其他化学分支学科的基础。无机化学中的一些基本定律、原理和实验技术在其他化学分支中得到了广泛应用，从而推动了这些学科的发展。无机化学的主要任务是将一些天然无机物加工成化工原料和化工产品，使日益增长的生产和生活需求得到满足。无机化学工业在国民经济中具有十分重要的地位，其兴衰直接关系到国家经济建设发展的快慢。

2. 分析化学是研究物质及其变化的重要方法之一，是人们获得物质化学组成和结构信息的科学。在化学学科本身的发展以及与化学有关的各学科领域中，分析化学都起着重要的作用，例如矿物学、地质学、生理学、生物学、医学、农（林）学和许多技术学科，都要用到分析化学。任何科学研究，只要涉及化学现象，就必定要运用分析化学这一手段。

在国民经济建设中，分析化学的实用意义就更加明显。分析化学起着工业生产上“眼睛”的作用。原料、材料、中间产品和出厂成品的质量检查，生产过程的控制和管理，都需要应用分析化学。科学理论的建立、新技术与新工艺的研究和推广也常以分析结果作为重要依据，所以，常常称分析化学为科研工作的“参谋”。

在农（林）业上，植物的营养诊断，土壤肥力的测定，农药、肥料品质的评定，农林产品质量的检验，重金属和农药残留量的检测等，都广泛地应用分析化学。

近年来，环境保护问题已经引起人们的普遍重视，对大气和水质等的连续监测，也是分析化学的任务之一。对废料、废液、废渣的处理和综合利用，也都需要分析化学。

由于科学和技术的发展，分析化学正处在变革之中。近代的科学研究和生产不仅要求测定物质的化学组成，还要求研究诸如元素的氧化态、配合态及空间分布；物质的晶体结构、表面结构及微区结构；不稳定中间体等。这些研究拓展了分析化学的应用范围，大大地促进了分析化学的发展。

三、无机及分析化学与专业的关系

《无机及分析化学》包含了无机化学和分析化学两个分支的最基础的内容，是高等农林院校各相应专业一年级开设的第一门化学基础课。许多后续课程，如有机化学、物理化学、仪器分析、环境化学、环境监测、生物化学、土壤学、植物生理学、植物化学、食品化学和林产品加工分析等都要用到本课程的原理和方法。本课程是一门树立准确“量”概念的课程，要求切实掌握分析方法及相关原理，自觉培养严谨、认真和实事求是的科学作风，提高分析问题和处理实际问题的能力。所以，学好本课程对于后续课程的学习和日后的实际工作都有着重要意义。

第一章 溶液和胶体

溶液广泛地存在于自然界，例如海洋、湖泊、河流和地下水就是水溶液系统。农（林）业上施肥、喷洒农药也都用到溶液。还有许多化学反应是在溶液中进行的。因此，不了解溶液的性质，很多化学问题、生物学问题就不能解决。胶体在自然界同样普遍存在，对现代工农业生产和科学研究起着重要作用。再广阔一些，可以说上至天体星空，下至地壳岩石，它们都是由胶体形成的。至于土壤的形成与发展，动植物的骨架和组织以至各种生命现象，也都与胶体密切相关。因此，研究和掌握溶液和胶体的基础知识具有重要的意义。

第一节 分散系统及其分类

在自然界和生产实践中，经常遇到的并不是纯的气体、液体或固体，而是一种或几种物质分散在另一种物质之中所构成的系统，例如，水滴分散在空气中形成的云雾，奶油和蛋白质分散在水中形成的牛奶，染料分散在油中形成的油漆和油墨，各种矿物分散在岩石中形成的矿石等，这些都称为分散系统。系统中被分散的物质称为分散质（或分散相），包含分散质的物质称为分散剂（或分散介质）。上述分散系统中，水滴、奶油、蛋白质、染料、各种矿物是分散质，而空气、水、油、岩石则是分散剂。

在分散系统中，分散质和分散剂可以是固体、液体或气体，故按分散质或分散剂的聚集状态分类，分散系统可以有9种。例如，溶胶分散系统可以分成8种，见表1-1。

表1-1 按分散相和分散介质的聚集状态对溶胶分散系统的分类

分散质	分散剂	系统名称	实例
液	气	气溶胶	云、雾
固	气	气溶胶	烟、尘
气	液	泡沫	肥皂泡
液	液	乳浊液	牛奶、原油、农药乳浊液
固	液	溶胶、悬浊液	油漆、泥浆、农药悬浊液
气	固	固体泡沫	泡沫塑料、浮石、馒头
液	固	固溶胶	珍珠、肉冻
固	固	固溶胶	大部分合金、有色玻璃

按分散质粒子直径的大小，可将分散系统分为三类，其分类标准及主要特性列于表1-2。