

摄影洗印化学

上册

金 驾 东

前 言

摄影是传播文化艺术和科学技术的重要工具，也是近代科学研究和工、农业生产中经常采用的一种有效辅助手段。

近二、三十年来，由于科学技术飞跃发展和社会生产力的空前提高，人们发展并广泛采用了诸如幻灯、电影、电视、广播、录音和录象等形声媒介。这些近代化信息传递媒介的采用，加快了信息传递的速度，提高了知识和思想交流的效率，对社会的进步起到了一定的作用。

摄影是幻灯和电影的基础，与其它形声媒介也有一定的联系。相比之下，它的历史最为悠久，技术比较完备，应用范围也最为广泛。

摄影的重要作用是由它的特点所决定的。它的基本特点有三：

第一，摄影能相当忠实地记录被摄景物的形象与色彩，并可得到各种不同尺寸供直接观看或投影观察的图象（照片、透射照片和影片），它是用真实形象说明问题的。因此，易为人们接受，并在一定程度上打破由于文字和语言的不同对思想交流的限制。它是文字和语言的重要补充，并且在某些情况下，起到文字与语言所不能起到的独特作用。

第二，摄影能在一定程度上打破时间和空间对人们认识问题的限制。人类的一切活动都是在一定的时间和空间内进行的，事物都是随着时间的进程不断地发展和变更。其中许多事物是处于转瞬即逝的突变阶段。过去的事物只能留在人们的记忆中，无法使它的形象再现。但摄影可把转瞬即逝的现象记录

下来，使它凝固在某个时间上。我们看到的照片、影片等摄影影像，都是过去某个瞬间景象的记录，借助这些影像来帮助我们认识、研究和阐明有关的问题。

一个人的活动空间总是有限的，许多地方是难以或不能亲临现场的。但通过摄影可打破空间的限制，它不仅可以使人们看到遥远地区的景象，并可使人观察到那些难以到达地区的景色和信息，如海底、太空、其它星球、人体内部和物体内部的结构等，因此大大地扩展了人类的眼界和认识问题的条件。

此外，摄影有较大的信息容量，摄影胶片能容纳的信息比印刷要大几十、几百甚至若干万倍。利用这种特性，能给图书、文献、档案的保存和流通带来极大的便利。现在国外普遍采用的缩微技术，不仅有效地节省了储存图书与文件的建筑面积，并且非常便于使用和运输。

由于上述特点和摄影科学技术不断进步而取得的巨大成就，使摄影和以摄影为基础的电影的应用范围日益扩展。它不仅已经并且将继续在我国的文化艺术和人民文娱生活中起重要作用，并且将在工业、农业、医学、国防、科研、教育和商业等各个领域无疑地也会随着我国四个现代化的进展而得到更为广泛的应用；从事摄影工作的队伍也将随之扩大。

为了帮助电影洗印部门日益增多的青年同志们进行业务学习，为了向其它部门从事摄影和洗印专业人员以及有关同志介绍化学知识，在几位热心同志的帮助与鼓励下，这本摄影洗印化学（上册）经过适当整理与补充后重新出版，与读者见面了。为了便于同志们自学，书中仍采用较为通俗的语言阐明了摄影化学基本原理及有关黑白感光材料洗印加工的实用化学知识。希望读者通过对基本原理的了解后，能用以解决工作中遇到的某些实际问题，提高工作效率和产品质量，为我国四个现代化的宏伟事业作出更大的贡献。

原书中的彩色摄影化学部分，由于彩色摄影发展速度很

快，材料比较丰富，已另行整理作为下册向读者介绍。

由于时间仓促，虽然修改时补充了一些新的内容和数据，但有些新材料的采用将牵涉到本书结构的变化，工作量较大，故未能编入。此外，有的数据似应结合新材料重新试验求取，但鉴于它们仍能对原理起到验证作用，所以这次未予更换。除了上述不足之处外，还会有其它不当或欠严谨之处，欢迎同志们批评指正。

电影学院摄影技术教研组的同志为本书提供了一些插图，中国电影科学技术研究所金婉瑜、纪家琪同志对本书的出版工作给予了热情的帮助，这里谨致谢意。

金驾东 1979年11月

目 次

前 言	(1)
第一章 基础化学	(1)
§ 1—1 化学基础知识	(1)
§ 1—2 氧化还原反应	(5)
§ 1—3 溶液	(6)
§ 1—4 电离的基本知识	(14)
§ 1—5 酸与碱及其强弱的表示方法	(16)
§ 1—6 影响化学反应速度的主要因素	(18)
§ 1—7 有机化学常识	(19)
第二章 照相感光材料的一般性能	(27)
§ 2—1 照相感光材料的组成	(27)
§ 2—2 感光特性曲线	(37)
§ 2—3 感光材料的性能	(44)
第三章 潜影及显影液的组成	(66)
§ 3—1 潜影的形成和性质	(66)
§ 3—2 显影的方法和原理	(74)
§ 3—3 显影剂的结构和性能	(81)
§ 3—4 显影液的成分和功用	(95)
第四章 显影液的性能	(112)
§ 4—1 显影液成分对感光度的影响	(112)
§ 4—2 显影液成分对影调的影响	(114)
§ 4—3 显影液成分对颗粒性的影响	(118)
§ 4—4 显影液成分对显影速度的影响	(119)
§ 4—5 底片显影液及其特点	(121)
§ 4—6 正片显影液配方及其特点	(132)
§ 4—7 修正曝光不正确的底片显影液	(136)
§ 4—8 显影条件对照相性能的影响	(140)

§ 4—9 连续加工时显影液成分的变化和维持其性能稳定的方法	(145)
§ 4—10 显影液的配制和清洁方法	(150)
§ 4—11 显影过程中出现的缺陷及消除方法	(152)
第五章 各种类型的冲洗方法	(159)
§ 5—1 反转冲洗法	(159)
§ 5—2 快速冲洗法	(173)
§ 5—3 双液显影法	(183)
§ 5—4 用钒离子进行显影法	(184)
第六章 定影和水洗	(188)
§ 6—1 定影的化学实质	(188)
§ 6—2 定影液的配方	(190)
§ 6—3 影响定影速度和质量的因素	(196)
§ 6—4 定影液的衰弱和逆流原则的应用	(198)
§ 6—5 定影液的回收和再生	(201)
§ 6—6 定影时所产生的故障和消除方法	(209)
§ 6—7 水洗的目的	(211)
§ 6—8 影响水洗效率的因素	(213)
§ 6—9 水洗程度的检查方法	(217)
§ 6—10 提高最后水洗效率的方法	(221)
第七章 洗印加工的辅助过程	(227)
§ 7—1 停显液和坚膜液	(227)
§ 7—2 影象的加厚	(230)
§ 7—3 影象的减薄	(239)
§ 7—4 影象的调色	(247)
第八章 洗印药品及药液的化学分析法	(258)
§ 8—1 分析化学的基础知识	(258)
§ 8—2 标准溶液的配制	(270)
§ 8—3 主要照相药品的化学分析法	(276)
§ 8—4 显影液的化学分析法	(286)
§ 8—5 定影液和漂白液的化学分析	(300)
§ 8—6 电影洗印加工用水的化学分析法	(304)

第一章 基础化学

§1-1 化学基础知识

一、分子——原子论

1. 一切物质都是由分子组成。分子是物质的最小颗粒，它保持原物质的成分和一切化学性质。

2. 分子是由更小的颗粒——原子组成的。

3. 分子和原子都处于不停的运动状态。

二、化学元素

自然界里有各式各样不同种类的原子存在着，各种原子的重量、和别种原子的化合能力以及其他性质，都各不相同。

具有相同化学性质的一定种类的原子，叫化学元素。

“化学原素”是指同一种类的原子，不管它是游离状态的，还是存在于化合物分子内的，例如“氧原素”这个名称，对于游离状态的氧原子和存在于化合物分子（例如水）内的氧原子同样适用。

三、原子量 原子量是原素的特性之一。

用克来做原子量的单位实在太大了，因为一个氢原子重0.0000000000000000000000001673克（即 1.673×10^{-24} 克），这个小数第一位有效数字在小数点后的第24位。

为了实用上的便利，决定采用碳原子（ ^{12}C ）作为测量元素原子量的标准，规定碳原子（ ^{12}C ）的原子量为12，其他元素原子与它的相对重量就是该元素的原子量，例如氢的原子量为1.008，氧为16，硫为32.06等。

四、分子量

物质的分子量就是用该分子中原子量的总和来表示的分子的重量,例如氢(H_2)的分子量约等于2;水的分子量约等于18。

知道了各种元素的原子量,就很容易根据分子式来算出任何化合物的分子量,例如硫酸的分子量(H_2SO_4)是这样计算的:

$$\text{两个氢原子量} \quad 1 \times 2 = 2$$

$$\text{一个硫原子量} \quad 32 \times 1 = 32$$

$$\text{四个氧原子量} \quad 16 \times 4 = 64$$

$$\text{所以硫酸的分子量} \quad = 98$$

五、克原子和克分子

元素的克原子,就是用克作单位来表示的某种元素的原子量数。用克原子和克分子来表示物质的重量,大大地简化了物质在科学上和实用上的各种计算。例如氢的原子量是1.0078,它的一个克原子量重1.0078克;氧的原子量是16,氧的一个克原子重16克。

因为元素的克原子就是用克作单位来表示某元素的原子量数,所以每种元素的一个克原子里一定含有同个数的原子。

物质的克分子,就是用克作单位来表示的某物质的分子量数。例如氢(H_2)的分子量约为2,氢的克分子就约为2克。

六、物质不灭定律

各种物质在化学反应以前的总重量,必等于反应以后生成的各种新物质的总重量。

七、定比定律

每种物质的成分,在质的方面和量的方面都是严格不变的。一定的物质不管它是怎样制取的,一定含有同样成分的元素,这些元素各以严格一定的重量之比相互化合。例如“水”总是含着氧和氢两种元素,并且在重量方面一定是以氧16和氢2之比互相化合。

八、化学符号和化学分子式

化学符号是用化学元素拉丁名称的前面字母(一个或两

个) 来代表某元素的原子, 这种字母叫化学符号。

元素的化学符号有三种含义:

- (1) 表示这元素的名称;
- (2) 表示这元素的一个原子;
- (3) 表示这元素的原子量。

例如“H”这个符号的意义是: (1) 表示氢; (2) 表示一个氢原子; (3) 表示氢的原子量。

兹将今后学习中需要经常碰到的一些化学符号列表于下:

元素名称	符 号	主要化合价	原 子 量
氢	H	+ 1	1.008
碳	C	4	12.011
氮	N	- 3, 2, 4	14.007
氧	O	- 2	16.00
钠	Na	+ 1	23.00
镁	Mg	+ 2	24.305
铝	Al	3	26.98
磷	P	5	30.97
硫	S	- 2, 4, 6	32.06
钾	K	+ 1	39.09
铬	Cr	+ 3, 6	51.996
铁	Fe	2, 3	55.84
溴	Br	- 1	79.904
银	Ag	+ 1	107.868
碘	I	- 1	126.9

用化学符号来表示某物质分子成分的式子，叫做化学分子式，化学分子式有以下四种含义：

- (1) 表示这物质的一个分子；
- (2) 表示这分子质的成分；
- (3) 表示这分子量的成分；
- (4) 表示这分子的分子量。

九、化合价

两种元素化合时，其中一种元素的一个原子只能和一定数目的另一种元素的原子化合，元素的一个原子能和氢原子化合的数目，或者能置换多少个氢原子的数目，就是它的化合价。

十、化学方程式

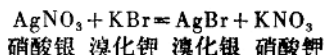
用化学符号和化学分子式来表示化学反应的式子，叫做化学方程式。化学方程式清楚地反映着物质不灭定律。

化学方程式内，等号的左方是参加反应的各物质的分子式和分子数；右方是反应各生成物的分子式和分子数。

化学方程式是根据物质不灭定律来写的，在一个写得正确的方程式里，等号左右两方每种元素的原子个数一定彼此相等。

根据分子式和方程式，可以作化学计算。

譬如，在下列的化学反应中



假使我们知道在这个反应中用去溴化钾的量是多少（设用去溴化钾 2 克），我们就可以算出有多少硝酸银参加了反应，也可以算出生成了多少溴化银及硝酸钾。

算法如下：

先算出这四种物质的分子量，

$$\text{AgNO}_3 \text{ 的分子量} = 107.68 + 14 + 16 \times 3 = 169.68$$

$$\text{KBr 的分子量} = 39.09 + 79.9 = 118.99$$

$$\text{AgBr 的分子量} = 107.87 + 79.9 = 187.77$$

KNO_3 的分子量 $= 39.09 + 14 + 16 \times 3 = 101.09$

从方程式中我们知道，一个分子的硝酸银可以同一个分子的溴化钾化合，也就是说，169.68分重的 AgNO_3 可以与118.99分重的 KBr 化合。现在我们已知用去了 KBr 2克，根据比例关系，就可以求出用去了多少克 AgNO_3 。

$$169.68:118.99 = X:2$$

$$X = \frac{169.68 \times 2}{118.99} = 2.85 \text{克}。$$

同理，也可以求出产生多少克 AgBr 与 KNO_3 。

§ 1—2 氧化还原反应

用最通俗话讲，一个物质与空气中氧气互相结合的反应，我们称它为氧化。反之，某一化合物失去氧的作用，我们称它为还原。例如：铁器在空气中长期存放，就生成一层棕色的氧化铁，即铁锈，这就是氧化反应的一例；而把天然铁矿中的矿石（即氧化铁）加上焦炭加热（即炼铁），氧化铁中的氧与炭化合，铁就单独游离出去了，这种反应就叫做还原反应。这当然是氧化还原的最简单的定义，是不全面的，因为在整个化学反应中，实际上属于这种类型的反应是不多的。我们现在所说的氧化和反应是指：凡是在化学变化中增加元素正原子价或减少负原子价的都称为氧化；反之，增加其负原子价或减少其正原子价的都叫还原。譬如：在电影胶片的药膜（感光层）中，银是以溴化银的形式存在的，溴化银中的银是正一价（ Ag^+ ），溴是负一价（ Br^- ），两者结合成溴化银后，正负电荷相抵消，不显电性。在光的作用或化学作用下，溴化银中的银离子（ Ag^+ ）获得一个电子，变成零价的金属银，照片上的黑白影象就是由金属银组成。在这个反应中银由正一价变到零价，是减少正原子价，所以称之为还原反应。反之，当金属银（ Ag^0 ）放在硝酸中时它便溶解，而变成了硝酸银 AgNO_3 ，在硝酸银中的银是正一

价(Ag^+)，银从零价变到正一价，这样的反应叫氧化反应。卤化银（包括溴化银、氯化银和碘化银，主要是溴化银）被还原为金属银，是摄影过程的基本化学反应。在摄影过程的不同阶段，采用不同的方法使卤化银被恰当地还原成金属银，使形成优质影象，是摄影化学的基本任务。在这个基本反应中，银的原子价由正一价变成零价是减少正原子价的过程，因此它是一个还原反应。一种物质能促使一个还原反应时，它自己本身叫还原剂，所以说，氧化还原反应是同时进行的，它在使其他物质还原的过程中，自己被氧化了。

§1-3 溶 液

在日常生活中，谁都知道许多物质具有能够在溶剂中溶解的性能，并且对溶解时发生的现象也很熟悉。例如把一撮食盐（最好用化学上纯净的氯化钠）投入水中，食盐就慢慢地在水中溶解，最后全部溶解，变成完全透明而均一的溶液；要是不经过特殊的化学反应，或把溶液蒸发到干，就不容易觉察到里面有食盐存在。一般溶液和食盐溶液一样，都是那样纯净透明而又完全均一的液体。溶液里的溶质分成非常细小的、眼睛看不见的粒子，它们均匀散布在溶剂里，所以全部溶液会那样澄清，一点也不混浊（这和制得的溶液是无色的或有色的没有关系）。而且，只要不让溶液蒸发，这个溶液不论搁置多么长久，溶质本身决不会成沉淀析出。溶液里溶质的分子均匀地分布在溶剂中的分子中间，所以通常把这种溶液叫做分子溶液，也就是真溶液。

溶质和溶剂以及它们相互反应的产物所组成的均一透明的液体叫做溶液。

澄清而不混浊是溶液的基本特征，换句话说，溶液是全部都呈均一状态的。溶液和悬浊液及乳浊液不同的地方就在于：悬浊液和乳浊液都是混浊的液体。

悬浊液是一种液体，它中间散布着固体的微小颗粒（分子的集合体）。

把悬浊液静置相当时间，它中间悬浮的固体微粒就会与溶剂分离。

乳浊液是一种液体，它中间散布着另一种液体的微小珠滴。

牛乳就是一种乳浊液，它里面含有脂肪的微滴。把浮浊液静置相当时间，它的组成部分也会互相分离开来（牛乳里分出乳酪）。

一、溶解过程

固体物质在液体中溶解的过程大致如下：

所有物质的分子都在不停地运动着，在固体物质中，分子的运动具有围绕某一平衡位置振动的特性。当我们将固体物质置于可溶解此固体的液体中时，固体上单个的分子就慢慢脱离表面，而且由于扩散作用，均匀地分布于全部溶剂中。分子能脱离固体表面，一方面是由于它们本身的分子振动运动；另一方面是由于溶剂中分子的吸引。假若在溶解的同时，没有它的逆过程——结晶——发生，则溶解仍可继续进行，直到任意量固体全部溶解为止。溶液中的分子，当撞击着尚未溶解的物质表面时，又重新被吸住，而结成晶体。既然固体物质的溶解是由于分子本身运动而脱离固体的表面，以及溶剂分子的吸引和扩散作用的结果，那么如果溶质是很细的粉末，则由于液体接触面增大，就可以加速溶解。此外，加热及搅拌能加快分子运动和提高扩散速度，均可加速物质的溶解。

二、溶液在化学反应中的意义

化学反应的过程，就是一种物质的分子变成另一种物质的分子的过程。在大多数的情况下，至少有两种分子互相反应，才能发生这种变化。

分子只有在极近的距离（依分子本身那样大小作为距离的

尺度)，才能显出引起分子间发生化学反应的能力，所以要发生反应，就必须使反应物的分子紧密靠近。气体分子因为能自由运动，所以最容易接近而混合在一起。

液体的分子也比较容易移动位置，搅动和加热都能使液体分子的移动加快。要使不同的固体分子充分接触非常困难。一定要把反应物分别研成极细的粉末，然后把它们放在一起仔细搅拌，让它们充分混合。在实验室里，通常都把固体物质放在乳钵里研磨。

但是，使固体物质和固体物质发生反应，最好先把它们分别溶成溶液，因为溶液里溶质的分子是分散的，它们容易相互碰撞，也就是说，它们相互碰撞的机会比较多。然后，把溶好的两种溶液混合在一起，再加摇荡或搅动。

三、饱和溶液、不饱和溶液和过饱和溶液

很多固体、液体和气体都能溶解于水。

某些物质溶解时，不论溶剂的量有多少，总能全部溶解，例如酒精和甘油都能以任何比例溶解于水。

可是，大部分物质溶解于水（或其他溶剂内），都有一定的限度。

一种溶液在一定的状况下，再也不能使某种溶质继续溶解，就叫做那种溶质的饱和溶液。

一种溶液在一定的状况下，还能继续溶解若干量的某种溶质，就叫做那种溶质的不饱和溶液。

一种溶液在一定的状况下，所溶解溶质的量超过了在该温度时的溶解度，叫做过饱和溶液。

通常制备溶液多数使用大量的、过多的水，因此制备出来的溶液都是不饱和溶液。

溶液的种类除上述名称（饱和的和不饱和的）外，还有两种不很明确的名称，就是浓溶液和稀溶液。“浓溶液”常指含有多量溶质的溶液，不管这溶液有没有达到饱和，“稀溶液”

指含有少量溶质的溶液。

四、溶解度

通常都以在一定的温度下某物质在 100 克水内制成饱和溶液时所能溶解的克数来表示溶解性，我们把这个克数叫做某物质的溶解度。

自然界里没有绝不溶解的物质，但是很多物质的溶解度非常小，所以常把它们叫做“不能溶解”的物质。

大多数物质的溶解度随温度的变化而发生很大的变化。

大部分固体的溶解度在加热时都急剧增加，只有极少数固体的溶解度不很受温度的影响（例如食盐），也有温度升高时溶解度反而减少的（例如石膏）。

为了清楚地表示温度对于各种物质的影响，可以把溶解度和温度的关系画出一定的曲线，这就叫做溶解度曲线。在方格纸上用横坐标表示温度，用纵坐标表示各种物质能溶解的克

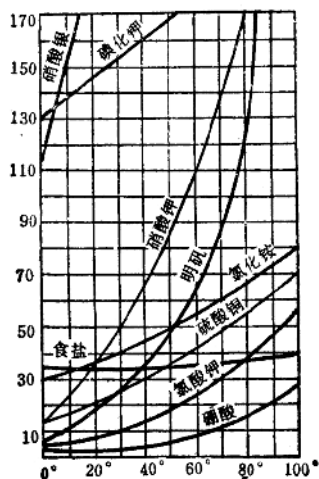


图1 溶解度曲线

数，也即各种物质的溶解度，如图1所示。

气体的溶解度依各种气体的性质、温度、压力而定。温度升高时，气体的溶解度就减小；压力减小时，气体的溶解度也就减小。

五、溶液的浓度*

溶液的浓度就是一定量的溶液内含溶质的数量（重量或体积）。

溶液的浓度可以用不同的方法来表示，通常用重量的百分比来表示。例如，食盐的2%溶液就是指100克溶液内含食盐2克，也就是说，含有98克纯净的水。

在化学的实验应用上，常用1升溶液里所含溶质的克分子数来表示浓度，这比较更方便。已经讲过，物质的克分子就等于那种物质的分子量用克作单位时所表示的数量。

1升溶液里含有1个克分子的溶质的溶液，叫做1克分子溶液；含有2个克分子的溶质的溶液，叫做2克分子溶液；其余可以类推。

克分子的浓度表示法，就是在那个数字后面再附一个字母“M”。

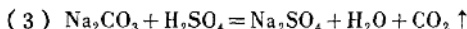
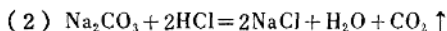
例如1M表示1克分子溶液，0.1M表示十分之一克分子溶液（就是说，10升溶液里含有1个克分子的溶质，换句话说，1升溶液里含有1/10克分子的溶质）。

因为各种物质的1个克分子里各含有相同数目的分子，所以1升任何物质的1克分子溶液里所含溶质的分子数也相同。总之，体积相同、克分子浓度也相同的各种溶液里，所含的溶质的分子数也相同。

用克分子数来表示溶液的浓度，在实际的工作中用处很

* 本节的计算部分，对学习第八章化学分析有用。如不学习第八章，可以不学本节。

大，因为已知某种溶液的克分子数和它的体积数，我们就很容易算出需用多少另一种物质来使它们的分子间发生完全的反应而没有剩余。例如，我们使溴化钾与硝酸银溶液以及使盐酸、硫酸等溶液分别与碳酸钠完全反应时需用的量（假定各种溶液的克分子浓度都相同），可以根据反应方程式来求出：



从第一个反应方程式知道：一个体积的 1 克分子硝酸银溶液需用一个体积的 1 克分子溴化钾溶液和它反应。

从第二个反应方程式知道：一个体积的 1 克分子的碳酸钠溶液需用两个体积的 1 克分子盐酸溶液和它反应。

从第三个反应方程式知道：一个体积的 1 克分子碳酸钠溶液需用一个体积的 1 克分子硫酸溶液和它反应。

另外，在化学上还有一种最常用的浓度，叫当量浓度，是用 1 升溶液中所含溶质的克当量来表示浓度的。

1 升溶液中含 1 克当量溶质，称为规定溶液或当量溶液，用字母 N 表示。如 1 升中含 0.5 克当量，即称为半当量溶液 (0.5 N)；如含 0.1 克当量，即称为十分之一当量溶液 (0.1 N) 等。

在配制化合物——酸、碱及盐——的当量溶液时，需注意酸的当量等于其分子量用在酸分子中所含氢原子数目去除；碱的当量等于分子量被碱中金属的原子价去除，至于盐类的当量，可用金属原子合起来的总价数去除分子量而求得。

例如： HNO_3 (分子量 63) 的当量等于…… $63 \div 1 = 63$

H_2SO_4 (分子量 98) 的当量等于…… $98 \div 2 = 49$

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ (分子量 74) 的当量等于…… $74 \div 2 = 37$

Na_2SO_3 (分子量 126) 的当量等于…… $126 \div 2 = 63$

当量溶液在化学上的用途甚广，它的优点在于：当我们