

“小水泥”技术丛书

化学分析与生产控制

中国建筑工程出版社

“小水泥”技术丛书

化学分析与生产控制

“小水泥”技术丛书编写组

中国建筑工业出版社

本书介绍适应小水泥厂特点的化学分析与生产控制的有关知识。内容有：水泥检验基础知识（包括化学基础知识和化学分析基础知识）；仪器设备及其使用；平均试样的采取与制备；试剂浓度的表示方法、配制与标定；水泥化学分析方法；水泥与水泥原料主要成分的测定原理、系统分析以及水泥厂的生产控制。系统分析方法主要介绍镪、银坩埚熔融法，并在书末附有快速分析简表。本书可供小水泥厂化学分析、生产控制人员阅读参考。

本书由山东省建委建材局组织济南水泥厂和淄博建筑材料工业学校编写。在编写中主要参考了建筑材料科学研究院编《水泥快速化学分析》及《水泥化学分析与岩相检验》等书。

“小水泥”技术丛书
化学分析与生产控制
“小水泥”技术丛书编写组

中国建筑工业出版社出版（北京西郊百万庄）
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
湖北省新华印刷厂印刷

开本：787×1092毫米 1/32 印张：8 插页：4 字数：130千字

1973年9月第一版 1973年9月第一次印刷

印数：1—28,600册 定价 0.43元

统一书号：15040·3064

毛主席语录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

一切 而
且求质量

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

出版者的話

在毛主席制定的“以农业为基础、工业为主导”的发展国民经济总方针和一整套“两条腿走路”方针指引下，我国小水泥工业得到了蓬勃的发展。广大群众发扬自力更生、艰苦奋斗的革命精神，就地取材，土法上马，使一个个小水泥厂迅速建成，投入生产，有力地支援了农田水利建设和地方工业基本建设。目前，各省、市、自治区都在以路线斗争为纲，坚持为农业服务的方向，狠抓巩固提高，有计划地发展小水泥生产。

为了适应小水泥工业的发展形势，以及加强企业管理和进行技术教育的需要，我们请山东省建委、广东省建工局、江苏省基建局、浙江省基建局、四川省建委组织有关单位编写了这一套“小水泥”技术丛书，给小水泥厂广大职工提供必要的生产知识和技术资料。

这一套丛书共分为《水泥生产知识》、《原料与配料》、《粉磨》、《烧成》、《生产设备》、《化学分析与生产控制》、《简易物理检验》和《无熟料水泥》八个分册，将陆续出版。

这一套丛书从当前大多数小水泥厂的实际情况出发，重点介绍年产量在一、二万吨左右的小水泥厂有关生产设备、操作技术以及简易检验方法等。为了便于新工人学习技术，有些分册还专门写了一些基础知识。

VI

在编写过程中，承蒙山东省建委、广东省建工局、江苏省基建局、浙江省基建局、四川省建委的大力支持，组织编写人员深入到小水泥厂作了一些调查研究，收集了有关的技术资料，征求过一些小水泥厂工人、技术人员的意见；同时还得到国家建委设计、科研单位的帮助。“小水泥”技术丛书编写组同志，集体讨论审查了各分册的具体内容，力求使这套丛书能适合初中文化程度的广大职工阅读。但是，由于小水泥工业是个新事物，经验总结得还不够，书中缺点、错误在所难免，希望广大读者提出意见，以便再版时订正。

目 录

第一章 水泥检验基础知识	1
第一节 化学基础知识	1
第二节 化学分析基础知识	15
第三节 化验工作注意事项	17
第二章 仪器设备及其使用	21
第一节 天平	21
第二节 玻璃仪器	29
第三节 加热设备	36
第四节 金属和陶瓷器皿	40
第三章 平均试样的采取与制备	45
第一节 平均试样的采取	45
第二节 平均试样的制备	48
第四章 试剂	52
第一节 试剂浓度的表示方法	52
第二节 普通试剂的配制	59
第三节 标准溶液的配制与标定	63
第五章 水泥化学分析方法	74
第一节 容量分析	74
第二节 重量分析	82
第三节 离子交换分离法	89
第六章 水泥与水泥原料主要成分的测定原理	93
第一节 二氧化硅的测定原理	93
第二节 三氧化二铁的测定原理	97
第三节 三氧化二铝的测定原理	97
第四节 氧化钙的测定原理	98
第五节 氧化镁的测定原理	100
第六节 三氧化物的测定原理	100
第七节 氧化亚锰的测定原理	101

第八节	三氧化硫的测定原理	102
第九节	单独测铁的原理(磷酸快速法)	106
第十节	游离氧化钙的测定原理	108
第十一节	碳酸钙滴定值的测定原理	109
第十二节	水分的测定原理	110
第十三节	烧失量的测定原理	111
第七章	水泥与水泥原料的系统分析	112
第一节	粘土分析	112
第二节	石灰石分析	127
第三节	生石灰和消石灰分析	133
第四节	铁粉(硫酸渣)分析	135
第五节	矿渣分析	142
第六节	石膏分析	150
第七节	煤分析	152
第八节	水泥生料分析	155
第九节	水泥熟料分析	156
第十节	普通水泥分析	163
第十一节	矿渣水泥分析	163
第十二节	火山灰质水泥分析	164
第八章	生产控制	165
第一节	生产控制的简易检验方法	165
第二节	生产例行控制	172
附录:		
一、粘土、石灰石、铁粉、煤灰、生料和熟料快速分析简表		
二、化学分析结果允许误差		
三、国际原子量表		
四、常用酸及氨水的比重和浓度		
五、碳酸钙滴定值换算表		
六、容量分析中的当量		
七、常见化学分子式一览表		

第一章 水泥检验基础知识

第一节 化学基础知识

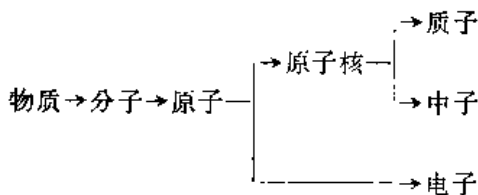
化学是研究物质本性和它的变化的科学。整个的自然界完全是由不断运动着的物质所组成，“除了运动的物质以外，世界上什么也没有，而物质的运动则必取一定的形式。”仅仅改变物质的外部形态，本质并没有变化的过程叫做物理变化；而物质本质发生变化的过程叫做化学变化。

水泥检验，就是利用制造水泥的物质（原、燃料）的性质及其所特有的化学变化，来测定它们的定量组成，借以指导水泥生产的正常进行。为帮助了解物质的组成、结构、性质、变化及伴随这些变化的种种现象，指导化学分析工作。下面简单介绍物质及其变化的一般知识。

一、物质的组成

一切物质都是由分子组成；分子由更小的微粒——原子组成；原子和分子都处于不断的运动状态。这就是现代科学上关于物质结构的原子-分子论。

物质的组成可以想象为下面图式：



（一）分子

分子是由一定数量的原子构成的保持原物质一切化学

性质并能够独立存在的最小微粒。物质具有什么性质，正是由于构成它的分子具有这种性质的缘故。例如我们闻到氨的气味，就是因为扩散到空气中的氨分子进入鼻孔，刺激了嗅神经而引起的。

（二）原子

原子是不能用寻常的化学方法来分割的最小微粒，所以它是参加化学反应的基本微粒。所谓化学反应，实际上就是参加反应的那些物质分子里的原子，重新组合成其它物质分子的过程。

（三）原子和分子都处于不断运动状态

科学上积累的许许多多事实证实，原子和分子永远处于不断运动状态。例如，水泥生产中物料的烘干，就是因为水分子运动时离开物料扩散到大气中去了。

分子运动的速度随温度升高而加快。如在一些实验中，常用加热的办法来加速反应，以缩短实验时间。这是由于温度升高，使分子运动速度加快，彼此碰撞机会增多，因此反应速度大大加快。

（四）原子结构

经过长期科学实验证实，原子由原子核和核外电子组成。原子核位于整个原子的中心，带正电荷。核外电子按一定规律分层排布，绕核高速运转。电子带负电荷，一个电子带一个单位负电荷。原子核所带的正电荷数与核外电子所带的负电荷总数相等，所以整个原子是电中性的。

原子核又是由质子和中子组成的。中子不带电，质子带电，一个质子带一个单位的正电荷。因为原子核所带的正电荷数与核外电子所带的负电荷数相等，所以，核内质子数等于核外电子数。

原子核所带的正电荷叫核电荷，各种元素原子的核电荷各不相同，核电荷增加，核外电子数也增加。

核外电子分层排布的规则：

1. 每一层上可能有的电子数最多等于层数平方的 2 倍。离核最近的第 1 层最多只能容纳 2 个电子，第 2 层不超过 8 个，第 3 层不超过 18 个，余类推。

2. 所有原子（除钫外）的最外层上的电子不能超过 8 个，而次外层不能超过 18 个。

各种元素具有不同的性质，其基本原因是因为它们的原子结构不同。元素原子的结构可以平面示意图表示（如图 1）。

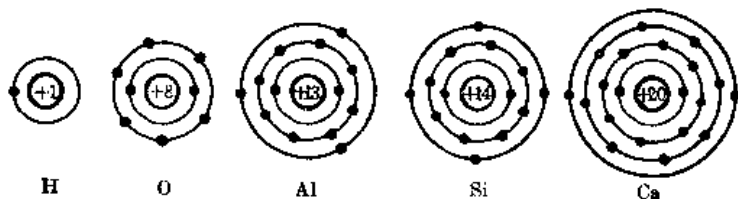


图 1 部分元素的原子结构示意图

“事物都是一分为二的”，不仅原子可分为原子核和电子，原子核可分为质子和中子，电子、质子、中子也都是可分的。任何物质都是无限可分的，任何物质都是对立的统一。

（五）分子结构

分子由原子组成。实验证明，原子最外电子层的电子达到 8 个时，形成原子的稳定结构，除惰性气体外，其他元素原子的最外层均未达到稳定结构，所以，都有得到或失去部分电子，或以其他形式达到稳定结构的倾向。原子内部的这

种矛盾性的发展，使原子与原子之间产生一种化学结合力而彼此结合成分子。在化学上，这种化学结合力叫做化学键。离子键和共价键是两种最基本的化学键。

1. 离子键

以食盐（氯化钠 NaCl ）为例，它的分子由一个钠原子和一个氯原子结合而成。当钠原子与氯原子结合时，钠原子最外层的一个电子转移给氯原子，这样，它们双方的最外层都达到了8个电子的稳定结构（如图2所示）。

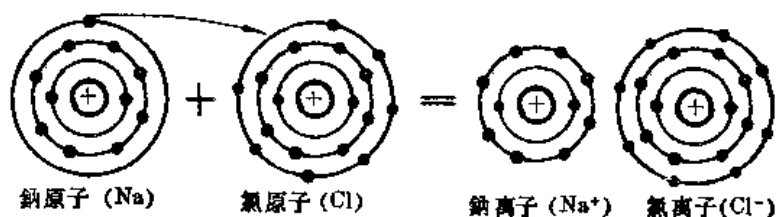


图2 氯化钠分子的形成

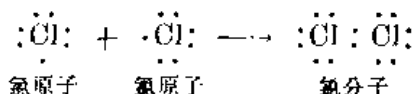
原来不带电的钠原子由于失去一个电子而带一个单位正电荷；原来不带电的氯原子由于得到一个电子而带一个单位负电荷。这种带有电荷的微粒叫做离子。带正电荷的离子叫阳离子或正离子，带负电荷的离子叫阴离子或负离子。如钠离子是阳离子，以 Na^+ 表示；氯离子是阴离子，以 Cl^- 表示。由于这两种离子带相反电荷，因而产生静电引力，这种引力使它们结合在一起形成不显电性的氯化钠分子（ NaCl ）。

靠阳离子和阴离子之间静电引力产生的化学结合力叫做离子键或电价键。由离子键结合成分子的化合物叫做离子化合物。

2. 共价键

氯分子是由两个氯原子结合而成的。氯原子最外层有7

个电子，因此，两个氯原子都有获得电子的趋向。当两个氯原子相遇时，它们的最外层各供给一个电子，组成电子对，为两个氯原子所共有，这样两个原子的最外层都具有8个电子的稳定结构，从而相互结合成一个分子：



上式中Cl周围的黑点表示氯原子最外层的电子数，两个氯原子之间的一对电子表示共有的电子对。

由于原子之间形成共有电子对而产生的化学结合力叫做共价键或原子键。由共价键结合成分子的化合物叫做共价化合物。

一种元素的一个原子和一定数目的其他元素的原子相化合的能力，称为该元素的化合价（原子价）。

以离子键看，元素的化合价就是电子转移数目，或者说原子得失电子数。因此，化合物分子中所有元素化合价的代数总和等于零。

以共价键看，元素的化合价等于它的原子与其它原子构成共有电子对所供给的电子数目。

由上面可看出，元素的化合价主要决定于元素原子的最外层电子数。

二、化学的基本概念

（一）元素和元素符号

具有相同化学性质的同种原子叫做元素。如氧化钙分子中有氧原子，水分子中有氧原子，但不论这些氧原子存在于什么物质的分子中，它们的性质都一样，因此把所有的氧原

子总称为氧元素。其他如硅元素、钙元素、铁元素、铝元素等等。

如果物质的分子由同一种元素的原子组成，这类物质就叫做单质，如氧气、氢气等。如果物质的分子由不同种元素的原子组成，这类物质就叫做化合物，如氧化钙、氧化铝等。

各种元素用拉丁文名称第一个字母来表示，如氧(O)、氢(H)等。如果几种元素的名称的第一个字母相同，则在第一个字母后再添上其后面的字母表示，如碳(C)、钙(Ca)、铜(Cu)；硫(S)、硅(Si)、Sn(锡)、锶(Sr)等。

元素符号可以表示下列三种意义：

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。

如元素符号Ca表示：(1)钙元素；(2)1个钙原子；(3)钙的原子量等于40。

(二) 分子式

用元素符号来表示某物质分子组成的化学式叫分子式。如碳酸钙分子式为 CaCO_3 、二氧化硅的分子式为 SiO_2 等等。

分子式有如下四种含义：

1. 表示这物质的一个分子；
2. 表示这分子的质的组成；
3. 表示这分子的量的组成；
4. 表示这分子的分子量。

如氧化钙的分子式 CaO 表示：(1)氧化钙的一个分子；(2)这分子里有钙元素和氧元素；(3)这分子有一个钙原子(其重量为40碳单位)和一个氧原子(其重量为16碳单位)；(4)一个氧化钙分子的分子量是56碳单位。

(三) 原子量和分子量

物质都有重量，因此组成物质的分子及组成分子的原子也一定有重量。如碳原子的重量等于

0.000 000 000 000 000 000 000 01993克

显然，用克来表示原子的重量使用很不方便，因此，科学上采用碳原子重量的 $\frac{1}{12}$ 作为衡量一切元素原子的重量单位，这个单位叫做“碳单位”。这样，一个碳原子的重量约等于12“碳单位”。

我们把某元素用“碳单位”来表示的一个原子的重量叫做该元素的原子量。为简便起见，通常省去“碳单位”三个字。如碳的原子量等于12，氧的原子量等于15.999，硫的原子量等于32.06等等。

用原子量单位为标准表示出一个分子的重量叫做分子量。按照分子式，计算出物质分子中所有原子量的总和，就得分子量。

如氧化铝的分子式是 Al_2O_3 ，在它的一个分子中有2个铝原子和3个氧原子，铝的原子量为26.98，氧的原子量为15.999，因此 Al_2O_3 分子量等于 $26.98 \times 2 + 15.999 \times 3 = 101.96$ 。

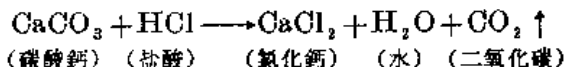
(四) 化学方程式

在一切化学反应中，参加反应的物质的总质量，等于反应后生成的物质的总质量，叫做物质质量不灭定律。

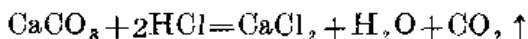
化学方程式就是根据物质质量不灭定律，用分子式来表示物质所发生的化学反应的式子。只要知道参加反应的物质和反应后生成的物质，就可以写出化学方程式来。

例如，碳酸钙溶于盐酸，生成氯化钙、水和二氧化碳，

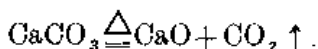
其化学反应方程式先写成：



根据物质质量不灭定律，调整方程式中各分子式前的系数，使箭号两边各种元素的原子个数相等，并把箭号改成等号，便得完整的化学反应方程式：

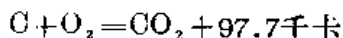


有的化学反应方程式用一定的符号表示出反应的条件或生成物的特征。如用碳酸钙煅烧石灰放出二氧化碳，其化学反应方程式如下：

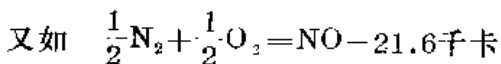


式中等号上面的“ Δ ”表示加热，有的还写明加热的温度； CO_2 右上角的“ $\uparrow$ ”表示气态物质。如反应生成物是沉淀物质，则用“ $\downarrow$ ”表示，标在沉淀物的右下角。

另外，有些化学反应要放出或吸收热量，则在等式右边用正号或负号分别表示放出或吸收多少热量（千卡）。如：



上式表示碳的燃烧是放热反应，1克原子碳燃烧生成1克原子二氧化碳，并放出97.7千卡热量。



表示氮和氧化合生成一氧化氮是吸热反应， $\frac{1}{2}$ 克分子的氮和 $\frac{1}{2}$ 克分子的氧化合，生成1克分子一氧化氮时，吸收21.6千卡的热量。

这种标出反应时所放出或吸收的热量的化学方程式叫做热化学方程式。

化学反应方程式不但简明扼要地表示出各种化学反应，

而且还表示出反应物与生成物的重量比。根据化学方程式，知道反应物的重量可计算出生成物的重量；反之，亦可计算制取一定重量的生成物所需反应物的重量。

(五) 离子方程式

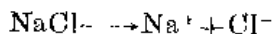
1. 电解质与非电解质

溶于水中或在熔融状态下能够导电的物质叫做电解质，不能导电的物质叫做非电解质。酸、碱和盐等无机物都是电解质。绝大多数有机化合物如酒精、蔗糖和甘油等都是非电解质。

2. 电离

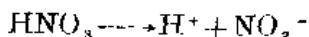
当电解质溶于水中时，其分子会离解成带电荷的粒子，这些粒子叫做离子。分子离解成离子的过程叫做电离。

根据分子的结构，酸、碱、盐类的分子是由离子组成的，当他们放在水中时，受水分子的吸引和碰撞，减弱了离子之间的吸引力，而分离成为自由运动的正离子(阳离子)和负离子(阴离子)。如氯化钠溶于水后，分离成钠离子和氯离子：



由于正负离子所带电荷的总数相等，所以整个溶液仍保持电中性。

离子可以由一个原子形成，也可以由几个原子组成，如：



(硝酸) (氢离子) (硝酸根)

离子和原子、分子的性质完全不同。如氯离子是无色、无味、无毒的，能在水中存在，不能结合成氯分子；氯原子则可以结合成氯分子；由氯分子组成的氯气是黄绿色、有刺激性的有毒气体。