

111251

基本馆藏

# 鑽井泥漿及 水泥漿的試驗

— 苏联 E. Г. 巴布柯娃著



石油工業出版社

# 鑽井泥漿及 水泥漿的試驗

苏联 E.Γ.巴布柯娃著

石油工業出版社

## 內 容 提 要

書中敘述了普通化學、膠體化學、地質及鑽井的基本知識。比較詳細地介紹了在正常與複雜鑽進條件下泥漿及水泥漿的配制和使用方法，並且還介紹了在油礦條件下試驗泥漿及水泥漿的方法。

本書可作為培養和提高油礦上泥漿及水泥漿試驗員的教學參考材料，也可供鑽井工作人員閱讀。

**Е. Г. БАБУКОВА**

ЛАБОРАНТ ПО ГЛИНИСТЫМ И

ЦЕМЕНТНЫМ РАСТВОРАМ В БУРЕНИИ

根據蘇聯國立石油燃料科技書籍出版社(ГОСТОПТЕХИЗДАТ)

1954年莫斯科版翻譯

統一書號：15037-214

## 鑽 井 泥 漿 及 水泥漿的試驗

陳 柏 起 譯

★

石油工業出版社出版(地址：北京六鋪炕石油工業部十号楼)

北京市書刊出版登記證出字第083號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

★

787×1092 $\frac{1}{2}$ 開本 \* 印張6 $\frac{3}{4}$  \* 插頁1 \* 131千字 \* 印1—1,176冊

1957年1月北京第1版第1次印刷

定價(10)1.00元

# 目 录

|                       |    |
|-----------------------|----|
| I. 無机化学基本知識 .....     | I  |
| 1. 物質和它的变化 .....      | 1  |
| 2. 化学的基本定律 .....      | 7  |
| 3. 水及溶液 .....         | 11 |
| 4. 金屬 .....           | 17 |
| 5. 硅 .....            | 20 |
| 6. 最主要的酸类、碱类和鹽类 ..... | 21 |
| II. 膠体化学基本知識 .....    | 25 |
| 1. 膠体系統 .....         | 25 |
| 2. 膠体与机械力量 .....      | 27 |
| 3. 亲液膠体和憎液膠体 .....    | 31 |
| 4. 膠体溶液生成的过程 .....    | 33 |
| III. 地質基本知識 .....     | 38 |
| 1. 地壳的構造 .....        | 38 |
| 2. 岩石的成因 .....        | 40 |
| 3. 地層学 .....          | 44 |
| 4. 油田的形成 .....        | 45 |
| 5. 油層压力与溫度 .....      | 47 |
| 6. 油田水 .....          | 49 |
| 7. 勘探石油的方法 .....      | 50 |
| IV. 鑽井 .....          | 52 |
| 1. 鑽井目的 .....         | 52 |
| 2. 旋轉鑽井 .....         | 53 |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 3. 地面設備 .....                   | 60         |
| 4. 鑽井前的准备工作 .....               | 61         |
| 5. 井身結構 .....                   | 62         |
| 6. 鑽桿和套管 .....                  | 63         |
| 7. 下套管前的准备工作 .....              | 66         |
| <b>V. 粘土的性質和泥漿 .....</b>        | <b>68</b>  |
| 1. 粘土的性質 .....                  | 68         |
| 2. 泥漿 .....                     | 72         |
| 3. 泥漿的化学处理 .....                | 109        |
| 4. 泥漿的加重料 .....                 | 130        |
| 5. 泥漿的淨化 .....                  | 141        |
| 6. 在复杂条件下鑽井用的泥漿 .....           | 143        |
| 7. 泥漿工作組織 .....                 | 156        |
| <b>Ⅵ. 固井水泥, 試驗方法, 注水泥 .....</b> | <b>157</b> |
| 1. 膠結材 .....                    | 156        |
| 2. 羅馬水泥 .....                   | 160        |
| 3. 硅酸鹽水泥(波特蘭水泥) .....           | 160        |
| 4. 对固井水泥的要求, 凝固時間 .....         | 160        |
| 5. 影响注水泥質量的原因 .....             | 165        |
| 6. 特种水泥 .....                   | 167        |
| 7. 固井水泥的样品选取及試驗方法 .....         | 170        |
| 8. 注水泥 .....                    | 182        |
| 9. 水泥車 .....                    | 187        |
| <b>附 录 .....</b>                | <b>187</b> |
| <b>参考文献 .....</b>               | <b>187</b> |

## I. 無机化学基本知識

### 1. 物質和它的变化

我們周圍的所有物体和东西都是由物質構成的；这些物質在發生各种不同变化时，便从一种狀態变成另外一种狀態，同时也往往生出在性質上和形态上完全新的物質。

物質在物理变化时，通常是物質的形态改变，并非化学性質改变(例如，在水結成冰、矿物破碎时，物質的形态改变了，但它們的化学性質則仍旧不变)。

物質在起化学变化时，則生成与原来化学性質完全不同的新物質。例如，若按照一定的比例把苛性鈉与鹽酸混合起来，則生出水 and 食鹽——与苛性鈉或与鹽酸在性質上毫無共同点之物質。

### 化合物与混合物

自然界中很少存在純粹的物質；在大多数情況下，它們都組成混合物。

用物理方法可以分成各个組成部分之混合物称为机械混合物。机械混合物無固定的成分，因为組成混合物的物質在数量上可以隨意变更。

混合物中之每种物質都保持着其原有的性質。用過濾法可以淨化的髒水，用磁鉄可以很容易地彼此分成單獨組成部分的鉄屑与硫磺之混合物，皆可做为机械混合物的例子。然

而，假如我們取定量的鐵屑和硫磺进行加热，它們之間便会产生化合物，即生成在性質上与鐵屑或硫都不同的硫化鐵。此时再用普通的物理方法，比如用磁鐵欲將鐵和硫分开是不可能的。

### 單質和化合物

用某种方法可以將物質分解成更簡單的物質的所有物質，皆称为化合物。自然界中的化合物甚多；至今計有二百余万种。例如，水、鹽、糖、苛性鈉、碳酸鈉等等皆为化合物。尚有不能分解成其他物質的物質，称为單質；这类物質在自然界中計有 100 种左右。氫、氧、硫、氯、鐵、鋁、銅等等皆为單質。

單質与化合物的主要区别在于，單質之分子由同种原子組成，而化合物之分子則由異种原子組成。例如，氫的分子是由兩個氫原子組成，而水的分子則由兩個氫原子和一个氧原子組成。

### 物質的結構

兩千余年前，古希臘的哲学家們就曾推測到，物質并不是什么整体的、不可分的，而是由肉眼不能辨別的極小顆粒組成的。这些顆粒当时被称做原子，意即不可再分之顆粒。

十八世紀，化学這門科学的創始人，偉大的俄国学者 И.В. 罗蒙諾索夫又發展了物質結構的原子学說。他确定了物質是由分子組成的，而分子又是由原子組成的。

由于近年来發明了 X 射綫和电子显微鏡等，于是不仅使人們确信有分子和原子的存在，而且能够观察到化合物中的

个别大分子。因此，現今已不是什么“推測”，而是确切地证实了一切物質皆由分子組成，而分子則由原子組成；原子又由更微小的顆粒——电子、質子和中子組成。

一切原子的結構型式都一样：原子的中心有質子和中子組成的原子核。电子則以極大的速度繞核運轉，形成所謂电子層。

### 原子的相互作用，元素的化合价

电子距原子核愈远，原子核与电子之間的吸引力愈弱。分佈在最外一層的电子被核吸引的力量弱于吸引其余电子的力量，因而它們能够脱离核而投向别的原子。此种現象在物質相互起化学反应时即可产生。

試驗証明，当电子層有 8 个电子運轉时，該电子層最为稳定。在此种情况下，电子不能轉移到其他原子的軌道上，亦不能把外来的电子接受到自己的軌道上来。因此，外層具有 8 个电子的元素，不与其他元素进行化合。故称它們为惰性元素，其化合价等于零。門捷列夫週期表中的零族元素便是这类元素，如：氦(He)、氖(Ne)、氩(Ar)、氙(Xe)、氡(Rn)。

当原子化合成分子时，原子中离核最远的电子的运动便起变化——一些原子失去外層的电子，另一些原子則获得这些电子，而获得的，正是要凑足外層 8 个电子所缺的电子数。

当相互起化学作用时，失去的或获得的电子（即外層的电子）称为价电子，价电子数量即表明元素的化合价。

如果原子失去电子，則表明其原子核的正电荷大于負电



荷，于是整个颗粒便带正电荷。这种颗粒的化合价就是正的化合价。反之，如果原子获得电子，那么负电荷就大于正电荷，于是颗粒便带负电荷。

因为一个电子层不能容纳 8 个以上的电子，所以负价和正价的总和经常等于 8。当某种元素的一个原子和氢原子相互作用时，所化合的氢原子的个数也称为化合价。这一点与上边说过的化合价是一回事。实际上，一个氢原子的外层只有一个电子，在相互起化学作用时，氢原子就失去了这个电子。因此，能够与某元素化合的氢原子的数目，等于所结合的电子的数目。

### 原子量，分子量

原子的体积是取决于电子层的体积。原子核的体积比原子最外边的电子层的体积（也就是比原子本身的体积）要小得多。然而原子的主要质量却在核内，因为位于核内的是比电子重得多的质子和中子。比如，质子质量是电子质量的 1840 倍，而中子与质子的重量则相等。

如果用克来表示原子量的话，那么得出来的数值实在太小了。例如最轻的气体——氢——的原子量等于

$$\frac{1.66}{1,000,000,000,000,000,000,000,000}, \text{即 } 10^{-24} \times 1.66 \text{ 克。}$$

因为用这样微小的数值进行计算实在不方便，故所有元素之原子量不用克来表示，而用假定的单位来表示。起初是拿氢的一个原子的重量作为此种假定单位，再将其余各元素原子的重量与氢原子的重量相比。后来是将各元素之原子重量与氧原子的重量进行比较，把氢的原子量定为 16；因此，

某物質的原子量比氧原子量的  $\frac{1}{16}$  大多少倍的倍數，即稱為該物質原子的原子量。此時氫的原子量等於 1.008。

組成分子的原子的重量總和，稱為分子量。例如，水的分子由兩個氫原子和一個氧原子組成，氫的原子量等於 1.008，氧的原子量等於 16，因此水的分子量等於

$$2 \times 1.008 + 16 = 18.016.$$

### 門捷列夫的元素週期表

因為各種不同元素的原子的電子和質子的數量不同，於是原子的體積和原子量都不同，因而元素的物理性質和化學性質也都不同。

偉大的俄國學者 Д. И. 門捷列夫在研究元素的性質時曾確定，元素的性質與元素的原子量之間存在着週期性的關係（門捷列夫週期表）。門捷列夫按原子量由小而大的次序，從最輕的元素氫開始，到最重的元素銻為止，排成一橫列。此時他發現了元素的性質是週期性的循環着，即在橫列中每隔一定數量的元素，就見有性質彼此相似的元素（見附錄，表 1）。

各元素性質週期性重現的規律，稱為元素週期律或門捷列夫週期律。門捷列夫將性質相似的元素從橫列中分了出來，並且又按照原子量增加的順序把它們排列成縱列。他把這些縱列稱為類，週期表中共有 9 類（見門捷列夫週期表，附錄，表 1）。每類的各個元素的化合價都相同，並且等於本類的編號。比如，I 類中所有的元素都是一價的，II 類中的元素都是兩價的，III 類中的元素都是三價的，余类推。

在元素的各橫列中可看出元素的性質依次地變化着，門

捷列夫把这些橫列称为週期。週期表中共有 7 个週期。第一个週期只包括两种元素——氦和氢。下边是两个短週期，各包括 8 种元素。每个短週期的开始是典型的金属，往后，金属性质逐渐减少，週期的末尾是典型的非金属或惰性气体。往下是两个长週期（第四个週期和第五个週期），各包括 18 种元素。再下是第 6 个週期，包括 32 种元素；这个週期同其他两个长週期一样，也有 18 个方格或元素位置，其中元素 La（镧）所在的那一个方格内共有 15 种元素，而不是一种，因为这些元素的性质彼此都很相似，而且化合价都相同。

长橫列中元素的金属性质遞減的速度，比短橫列中元素的金属性质遞減的速度慢得多；因此长橫列中的元素大部分是金属，仅到橫列末尾才出现非金属。

如果注意到长週期的元素的化合价如何变化，那么便可看出一部分元素的化合价是首先从一价开始（I 类中的 K）增加到七价（VII 类中的 Mn），然后是三种彼此相似的元素（Fe、Co、Ni）。在这些元素之后又是一种化合价等于 1 的元素（Cu），而它后边的那些元素的化合价则都向上增加，到达七价（Br）后又下降到零价（Kr）。

这样的规律性在下边两个长週期中也可正确地看出。由于化合价週期性地循环，于是可将长週期的元素分成相当于短週期的两个橫列，并可將每个元素置于相当于其化合价的那个类中。但是由于长週期中有一些按照化合价来说，相当于短週期中的元素（例如：长週期中的一价元素——铜、银和金），而它们的其它性质则不同于短週期中相当的元素（短週期的一价元素——锂、钠、钾）的性质，于是門捷列夫又把它们划分做副类。在週期表中副类的位置稍偏向右方（見門

捷列夫週期表)。每个副类都是由在性質上彼此極為相似的元素組合而成的。

当門捷列夫編制週期表时，有許多元素还未被發現，然而門捷列夫根据他已确定的規律，不仅預言到了这些元素的存在，而且还准确地指出了它們的性質及原子量。后来这些元素被發現了，此表于是得到了补充。

週期表中的所有元素，从最輕的氫(1)开始，都按原子量的遞增順序依次編了号，因此每种元素都有自己的序数。

很明显，元素的序数可以表明一个原子中的电子总数，从而也可表明原子的正电荷的值(因为电子的数量等于質子的数量)。元素的序数又称为門捷列夫序数。

元素序数标在各类每个方格的左上方；比如鋰的序数是3(見附录，表1)，鉀的序数是19等等。在長週期的副类中，元素序数也位于左上方；比如銅的序数是29、銀的序数是47、金的序数是79(見附录，表1)。

## 2. 化学的基本定律

### 化 学 反 应

化学反应分为下列四种：

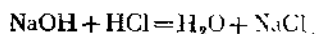
1. 化合反应——两种或多种物質变成一种新物質的反应(例如，两个氢原子和一个氧原子化合，生出一个水分子)。

2. 分解反应——一种物質变成两种或多种新物質的反应(例如，石灰石  $\text{CaCO}_3$  在剧烈煅燒时生出生石灰  $\text{CaO}$  和碳酸气  $\text{CO}_2$ )。

3. 置換反应，这是一种單質同一种化合物之間的反应，反应后所生出来的仍是一种單質和一种化合物，但物質的組

成却不同了。例如，若把鉄釘投入胆矾溶液中，鉄釘便被复上一层銅，因为鉄置换了胆矾中的銅，并佔据其位置，生成了綠矾；而銅則从化合物中分离出来呈金屬状态，并复盖于鉄釘表面上。結果，生出一种單質——銅，和一种化合物——綠矾。

4. 复分解反应，这是两种化合物之間的反应，反应时这两种物質的原子相互交换，結果，生成两种新的物質。例如，苛性鈉  $\text{NaOH}$  (燒碱) 与鹽酸  $\text{HCl}$  相互作用时，生成水和食鹽：



为了使物質能够相互起作用，通常需要有一定的条件。在某些場合下，使这些物質互相接触即可。例如，鈉金屬投入水中，瞬时即与水化合而生成碱——苛性鈉。在另一种場合下，就需要加热(例如， $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ )，也有时需將物質溶解。例如，檸檬酸結晶可与干苏打混合起来，它們之間并不产生反应，但只要將該混合物投入水中，水便立即开始吱吱作响并起泡沫，酸与苏打相互起了反应，而放出碳酸气。

### 定 比 定 律

任何化学反应中，一种物質的某些量只能与另一种物質之定量相化合，因此生成的化合物的組成是固定的。物質定比定律的定义是：每种化合物無論由何种方法得之，其組成固定不变。

### 物質不灭定律

任何化学反应中，物質不能毁灭，亦不能創造，只不过

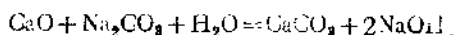
是从一种形态变为另一种形态罢了；因此，反应前的物质总重量是多少，反应后的物质总重量依然是多少。

物质化学变化的这个基本定律，是由伟大的俄国学者 M. B. 罗蒙诺索夫首先发现的。他把这个定律称为物质不灭定律；或称罗蒙诺索夫定律。这个定律的定义是：参加化学反应的物质的总重量，必等于生成物质的总重量。

### 应用化学方程式的计算

化学反应中各元素数量比例的计算，都是根据定比定律与物质不灭定律来进行的。例如，当碳酸钠  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和生石灰  $\text{CaO}$  相互作用时，从一吨碳酸钠中可得出多少苛性钠  $\text{NaOH}$ ，这就需要计算一下。

我们先写出在水溶液中  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{CaO}$  相互作用时的化学反应式：



利用门捷列夫周期表，我们再计算一下参加反应的各物质之分子量：

|                                          |                             |
|------------------------------------------|-----------------------------|
| 钙(Ca)的原子量.....                           | 40.08                       |
| 氧(O)的原子量.....                            | 16.00                       |
| <hr/>                                    |                             |
| 生石灰(CaO)的分子量.....                        | 56.08                       |
| <hr/>                                    |                             |
| 钠(Na)的原子量.....                           | 22.99, $2\text{Na} = 45.98$ |
| 碳(C)的原子量.....                            | 12.01                       |
| 氧(O)的原子量.....                            | 16.00, $3\text{O} = 48$     |
| <hr/>                                    |                             |
| 碳酸钠( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )的分子量..... | 105.99                      |

用同样方法可计算出水( $\text{H}_2\text{O}$ )的分子量等于 18.016，

白堊( $\text{CaCO}_3$ )的分子量等于 100.09, 苛性鈉( $\text{NaOH}$ )的分子量等于 40。

这时, 如果  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{CaO}$  的相互反应以分子量来表示, 则可写成:

$$56.08 + 105.99 + 18.016 = 100.09 + 2 \times 40.$$

因此, 105.99 个重量單位的碳酸鈉能生成 80 个重量單位的苛性鈉, 即 1 吨碳酸鈉能生成  $\frac{80}{105.99} = 0.754$  吨  $\text{NaOH}$ 。

如果計算一下方程式左边元素 ( $\text{CaO} + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ) 分子量的总和与右边元素 ( $\text{CaCO}_3 + 2\text{NaOH}$ ) 分子量的总和, 則得出:

左边的

$$56.08 + 105.99 + 18.016 = 180.086 \text{ 或四舍五入为 } 180.09;$$

右边的

$$100.09 + 2 \times 40 = 180.09.$$

从計算中可以看出: 反应前的物質重量 (方程式左边等于 180.09) 等于反应后生成的物質的重量 (方程式右边等于 180.09)。

### 当量的概念

某一元素的当量就是該元素和一个重量單位氫化合时, 或者在反应中置換一个重量單位的氫时所需的重量, 也就是說这个重量是相当于一个重量單位的氫。例如, 氯化氫  $\text{HCl}$  的一个分子是一个氯原子与一个氢原子化合起来的; 因为氯的原子量等于 35.5, 于是可以說一个重量單位的氫与 35.5 个重量單位的氯化合了。也就是氯的当量等于 35.5。

鹽酸与白堊相互作用时的反应是:



此处，一个钙原子置换了盐酸中的两个氢原子；因为钙的原子量等于 40.08，于是 40.08 个重量单位的钙置换出两个重量单位的氢，也就是设钙的当量等于  $\frac{40.08}{2} = 20.04$ 。

我們已經知道，某元素的一个原子与氢原子相互作用时所需的氢原子之个数即称为该元素之化合价（見“原子的相互作用，元素的化合价”一节）。也就是說，元素的当量还可利用另一种方法求得，即用元素的化合价去除该元素之原子量。例如，钙的原子量等于 40.08，化合价等于 2，当量则等于  $\frac{40.08}{2} = 20.04$ ，这与上边我們求得的结果相同。

化合物的当量的求法与上述相似，为此仍需用可被金属置换之氢原子数去除该化合物的分子量。例如，硫酸( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )中有两个氢原子可被置换；也就是硫酸之当量舍去小数等于：

$$D = \frac{2.016 + 32.06 + 64}{2} = \frac{98}{2} = 49.$$

酸中能为金属置换之氢原子数称为酸的碱度，也就是說，为了测定某种酸的当量需以碱度去除其分子量。

元素及化合物之当量是用重量单位来表示的。如果当量值用克来表示，则称该值为克当量。如果当量用毫克表示，则称为毫克当量。例如 1 克当量之碳酸钠  $\text{Na}_2\text{CO}_3 = \frac{106}{2} = 53$  克，而 1 毫克当量之  $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 53$  毫克。

### 3. 水 及 溶 液

自然界的水

自然界的水有三种物理状态——固态、液态和气态。



地面上大約 70% 的地方都是水。大氣中含有水，土壤中浸透着水；土壤中水的含量達 15—25%，有時甚至達到 70%。水還集聚於岩石的細小裂縫中，此外，水和許多礦物結合成耐久的化合物，並長期保存在這些化合物中。

水能溶解許多礦物鹽，所以天然水沒有純淨的。所有天然水中最潔淨的算是雨水和雪水，但它們仍含有鹽類和不溶解的固體顆粒；因為在形成雨或雪時，水蒸氣起初是在微塵中凝結成小水珠，後來水珠溶解了空氣中的二氧化碳、氧和氮以及當閃電時在空氣中產生的硝酸銨  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 。1 噸雨水中含有 50 克可溶解的鹽。

河水含鹽更多，然而河水的成分卻極不固定。當河流與岩石接觸時，河水就將岩石上的鹽沖刷下來；不過在它流過途中又匯集了許多小溪（這些小溪是在降雨、山洪暴發和冰河融化時形成的），溪水就又沖淡河水並降低其中鹽的濃度。因此，在春季當河裡大量增添雨水及雪水時，河水中鹽的濃度就降低；反之，在夏季當水從河裡大量蒸發而河水的增添量又不大時，鹽的濃度就增高。河水中溶鹽的含量達 0.3 克/公升。

河水中鹽的成分也同鹽的濃度一樣，極不固定，主要的是鈣鹽——硫酸鹽和碳酸鹽。

含鹽最富的天然水是海水，1 噸海水含鹽達 35 公斤。海鹽的主要成分是氯化鈉和硫酸鈉，其含量達 78%，約 12% 是氯化鎂，約 6% 是硫酸鎂，僅 4% 是各種鈣鹽。

水中溶鹽愈多，水的硬度就愈大。硬度一般分為兩種：臨時硬度和永久硬度。臨時硬度取決於水中酸式鈣鹽和酸式鎂鹽的含量。因為當水煮沸時這些鹽易於分解，所以這種硬