

中国科学院技术出版社

高分子化合物

（第二版）

科学出版社

世界科学技术新成就

高分子化合物

王 葆 仁

科学普及出版社

1042

本書提要

“高分子化合物”是一种新型的、应用很广的化学材料。它不但能代替纖維、陶瓷，而且还能代替木材、橡膠和金屬。它可以隨着对各种材料不同的需要而研究制造出不同性能的材料来。它的原料却只是空气、水和煤，这是到处全有的东西。因此它最大的优点便是不受地区和物資的限制，無論什么地方都能建立起高分子化合物的工業系統来，所以它的發展前途是非常廣闊的。

在这本小冊子中簡潔扼要地告訴你什么是高分子化合物，怎样制造？有什么特点？目前已有多少种？它在人类生活上起了什么重大作用？也指出它在本質上的缺陷，以及亟待改进的地方。文中不但举了许多例子，还配了许多插图，使讀者对高分子化合物有概括的和正确的認識。

总号：440

高分子化合物

著 者：王 葆 傑

出版者：科 学 普 及 出 版 社

(北京市西便門外廊家溝)

北京市書刊出版業登記證出字第 91 号

發 行 者：新 華 書 店

印 刷 者：北 京 市 印 刷 一 厂

(北京市西便門南大街 7 号)

开本：787×1092 1/32

印張：1

1957 年 1 月第 1 版

字數：19,100

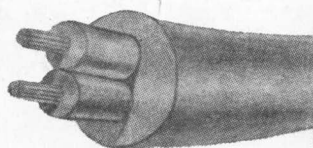
1957 年 1 月第 1 次印刷

印數：12,570

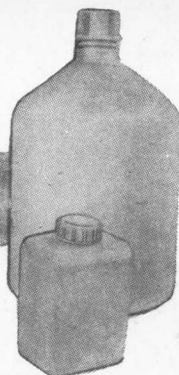
統一書号：13051·13

定 价：(9) 1 角 3 分

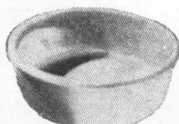
CAB55/09



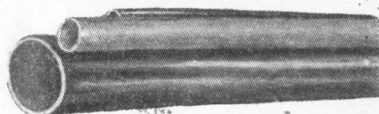
高絕緣的超 放電達及電纜



巨大的不銹鋼的瓶子

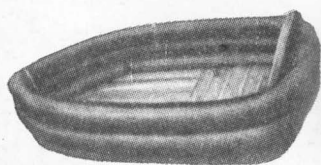


清潔耐久的醫院用盆

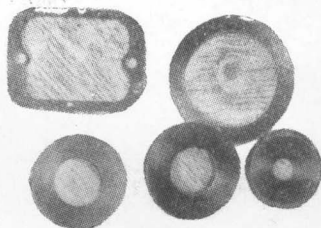


耐久耐壓工廠用的水管

圖 1 聚乙烯的制品。



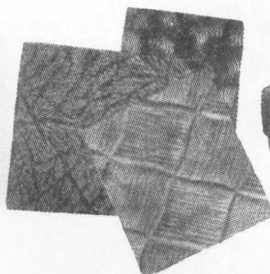
能吹氣的小船



人造膠皮墊圈



代替皮革用的日用品

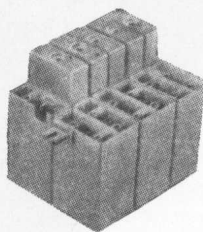


各種人造 皺紋皮及車墊



舒服的皮靠椅

圖 2 聚氯乙烯制品。



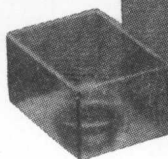
輕巧的蓄電池壳



耐用的水表過濾圈



高絕緣的短波無線電零件



美丽的医院用具

圖 8 聚苯乙烯制成品。



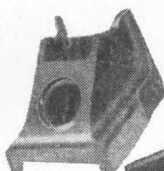
圖 9 用聚甲基丙烯酸甲酯做的假牙和牙托。



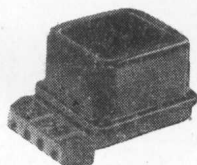
电影片盤



陽極管座



电话机零件



無線電壳

圖 10 酚醛塑料制成品。

高分子化合物的一般介紹

一、高分子化合物是一种新型的化学材料

在生产过程中材料和技术是两个最主要的因素。有适宜的材料才能够制造出品质优良的产品来。新型材料的出现，不但能提高产品质量和增加产品种类，有时还能促进生产力的向前发展，因而推动了文化的进步。同时，文化的进步也能使生产技术提高，及促使新型材料的不断发现。所以文化和生产互相影响，而且有着不可分割的关系。

人类的历史，是从我们祖先能利用石头来制造工具的时候开始的，我们称那个时代做“石器时代”。以后我们祖先找到铜做材料，用它做成的工具比石头制的坚韧锋利，可以进行种种较精细的操作。它又能耐火传热，可以制成鼎锅，煮熟食物。从此人类的文化得以大大地向前推进一步。这就是“铜器时代”。再以后我们祖先又发现了铁，知道用它做出来的工具比铜更坚硬锋利，更适合工业和农业生产，这就进入了“铁器时代”，这时期人类的文化有了很大的发展。

石头的利用是很方便而自然的，只要找到质地、大小和形状适宜的石地就行，不需要复杂的加工。用铜做材料就不同了，虽然铜在自然界中也存在，但是人们必须要学会高温熔融和模铸的技术，才能把它做成工具来使用。铁的利用就需要具有更高的技术了。元素的铁在自然界中除了陨石里以外是不存在的，人们只能从铁的矿石里用化学冶炼的方法把它提炼出

来。至于制造各种鋼材那就更复杂了，沒有高度的文化，不掌握高度的技术，是不可能制造出优良的鋼材的。

随着时代的进步，人們所使用的材料也不断增加。直到上一个世紀末为止，主要的材料有：石料、木材、竹材、棉花、麻、絲、羊毛、皮革、鋼鐵、各种金屬、磚瓦、陶瓷、水泥、玻璃、橡膠等等。这些材料有的是从自然界取来直接应用的，有些是在取得后再經過冶煉、提取、焙燒等等化学加工手續制造出来的。凡是經過化学加工得来的材料都可以叫做化学材料。

从本世紀开始，化学家們又研究出了一类很重要的新型材料——高分子化合物。这些高分子化合物在工業上迅速地得到了应用。它們首先是作为木料、陶瓷等的代用品。随着它們的优越性能不断地为人們所了解，它們的新品种也不断地增加，現在已經成为工業上一类最重要的材料了。許多“合成”出来的高分子化合物在电气工業、飞机工業、汽車拖拉机工業和其他一些工業里都有它重要的用途。缺少了高分子化合物，这些工業是不可能建立起来的。此外制造重型机器中，也需要高分子化合物做軸承、軸瓦。雷达和一些通訊器材需要高分子化合物做絕緣材料。紡織工業要用合成纖維。电影片、照相膠卷、录音膠帶、留声机片也都是高分子化合物做成的。总之，我們可以說，缺少了高分子化合物这一类化学材料，要建設現代化的工業和現代化的国防是不可能的，要提高和丰富人民的物質生活和文化生活也是不可能的。

从“石器时代”到上一世紀的末期，人們所使用的材料，种类虽然有很大的增加，可是它們都具有相同的局限性，就是受

天然資源的限制。缺乏了某種原料，就不可能制得某種材料。如橡膠樹只生長在熱帶和亞熱帶，許多礦產在各個地區的分布極不平均。這樣就使得某些地區因為不能得到某些重要的材料而建立不起某種工業來。但高分子化合物就沒有這樣的局限性，因為製造各種各類的高分子化合物所需的原料，主要的只是煤、水、鹽和空氣，這些原料是到處都有的。各種高分子化合物的性質又是多種多樣，適於各種不同用途的材料。這就是說，我們可以在任何國家任何地區建立起高分子化合物的工業，來適應各個地區材料的需要。這在材料的供應上是一個飛躍的進步。

目前世界各國都在建立高分子化合物的工業，大量的來生產高分子化合物。在市場上出現的高分子化合物已有一千多種，在研究試制階段的就更多了。全世界高分子化合物制品的年產總量達六七百萬噸。這樣大的數字，除了鋼鐵工業和石油工業以外，是沒有其他的工業比得上的。這就反映了高分子化合物的重要性。

二、高分子化合物的分子結構

什麼是高分子化合物呢？首先介紹分子這個名詞。大家都知道分子是一切化合物最小的單位粒子。每一個分子是一定數目的原子由化學能力結合起來的。這些原子可以是同一元素的原子也可以是不同元素的原子。一般的化合物中每一分子只含有幾個到幾十個原子，比較最複雜的有機化合物分子也不過含有二三百個原子。可是高分子化合物每一個分子內卻含有幾千個、幾萬個甚至幾十萬個原子。每一個高分子比起平常的低分子來，那是要龐大得多，真像是大象比老鼠，南瓜比豌豆，所

以叫做高分子。

我們常見的水，在它的每一個分子內，只含有三個原子，其中包括二個氫原子，一個氧原子。它的化學程式是 H_2O 。

蔗糖就比較複雜了，每一個蔗糖分子含四十五個原子。它的化學程式是 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ 。

在牛油里面含有一種化合物叫做三硬脂酸甘油酯。這是比較複雜的化合物，但是在每一分子里也不過只有一百七十三個原子。它的化學程式是 $\text{C}_{57}\text{H}_{113}\text{O}_6$ 。

高分子就不同了，我們也來舉幾個例子：

耐綸（又叫尼隆，就是做玻璃絲襪的材料）的分子里大約含有四千個原子。它的化學程式是 $(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_2\text{N}_2)_n$ ，“ n ”是聚合度（解釋見後面），在這裡大約在一百左右。

天然橡膠每一個分子里大約含有五萬到六萬個原子。它的化學程式是 $(\text{C}_5\text{H}_8)_n$ ，“ n ”大約在五千人左右。

木材里面有一種高分子化合物，叫做纖維素，它的每一分子里約含有十萬到二十萬個原子。它的化學程式是 $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ ，“ n ”約為五千到一萬。

上面所說的高分子化合物的化學程式都是在括弧外面有一個“ n ”，它表示“聚合度”。每一個高分子化合物分子里面含有几千到几十万個原子，這許多原子都是按一定方式排列起來的。它們首先是排成許多相同的小單位，許許多多這樣的小單位再連接成為一個高分子。比如橡膠分子里面的小單位是 (C_5H_8) ，每一個橡膠分子里面含有“ n ”個小單位像下面這樣連結起來：
……— (C_5H_8) — (C_5H_8) — (C_5H_8) — (C_5H_8) — (C_5H_8) —……

這些小單位我們叫它們做“鏈節”，好像鎖鏈里面的每一環，“ n ”是“聚合度”，就是表示有多少個鏈節聚合在一起的意思。

像耐綸、橡膠這一类的高分子化合物，它們的分子結構是許多鏈節連成一個長鏈的高分子，叫做“綫型”結構。如圖3里的（1）所表示

的。許多綫型分子構成高分子化

合物如（2）。當

然每一個分子通

常都蜷曲成不

規則的綫團如

（3）。在這些鏈

節串連的時候也

可以連成分枝的

型式如（4）。如果

在分子鏈和

分子鏈中間再有

許多鏈節把它們

“交聯”起來，這

樣就成為像（5）那樣的立體型結構，實際上分子的形狀當然

不是像一堵牆，而是比較蜷曲的，像一張不規則的網子。如果

交聯很多，分子形狀固定，就成為很牢固的化合物。堅硬的金

剛石結構如（6），是一個交聯多的典型例子。

在綫型分子結構的高分子化合物中，如果在它們的鏈節里

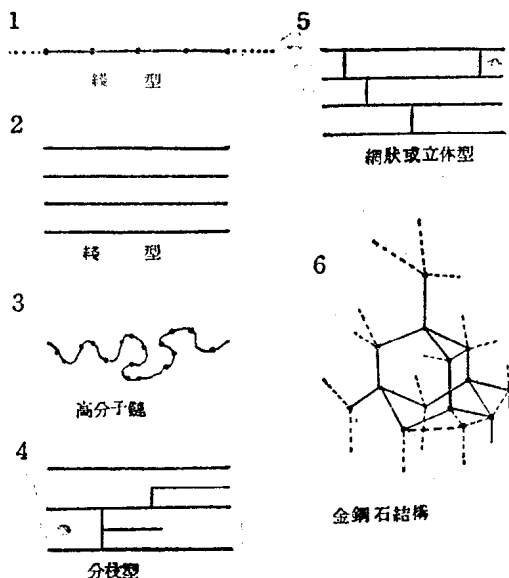


圖3 高分子化合物結構示意圖。

含有可以相互起化学反应的基团*，也可以在适当的情况下发生化学反应，分子链和分子链交联起来，成为立体型结构。这种从线型结构转变成为立体型结构的变化，在分子化合物的应用方面是很重要的，在后面还要详谈。

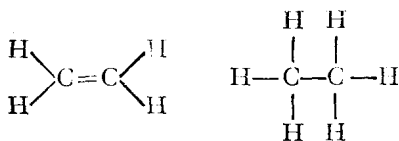
三、分子化合物的“合成”方法

自然界里存在很多分子化合物。比如木材、竹材、棉、麻里的纤维素；蚕丝、羊毛、角、髮、皮革的主要成分蛋白质；还有各种粮食里面所含的淀粉等都是分子化合物。这些东西我们早就利用来制造生产资料和生活资料了。但是它们的生产量有限，种类不多，性质又是固定的，不能适应各种不同的要求。现在我们所要说的分子化合物主要是指靠“合成”的方法制造出来的化学材料。

所谓“合成”，就是把简单的低分子化合物经过化学方法加工处理，把它们聚合起来成为复杂的高分子化合物。这些可以起聚合反应的低分子化合物，又叫做“单体”，分子化合物又叫做“聚合物”。所用的化学方法有两种：一种叫“加成聚合”；一种叫“缩合聚合”。

在有机化合物里面有一类化合物叫做烯类化合物。它们的分子，像乙烯(C_2H_4)所含的H原子要比乙烷(C_2H_6)少些。乙烯和乙烷的结构式是：

* 基团——在化学中又叫“基”，又叫“原子团”，比如是 CH_3- (甲基)， $-CHO$ (醛基)， $-CO$ (酮基)， $-COOH$ (酸基)， $-NH_2$ (氨基)， $-NO_2$ (硝基)……等等。它们在化学反应中好像一个简单的原子，有它自己独立不同的性质；化合物的化学性质就和所含的基有关系。



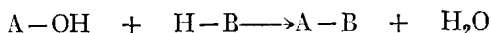
乙烯

乙烷

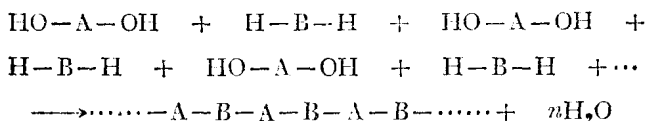
在乙烯中碳原子中間就有一个双鍵，其他的烯类化合物也都有双鍵。因此，可說在它們分子里面有一部分潛在的化合能力还没有用完。当我们把这些烯类化合物用光去照射、加热，或者用某一些化学藥品去处理的时候，它們潛在的化合能力就活躍起来，許多个烯类分子就相互化合，也就是聚合成为一个高分子。这样的化合作用好像是分子和分子一个一个相加起来，成为一个大分子，所以叫“加成聚合”。又像鉄軌和鉄軌接起来成为軌道一样。烯类單体的分子像是一根一根的鉄軌，而聚合成的高分子像是接成的軌道。在这里我們很清楚的看出来每一个烯类分子在聚合以后就成为高分子的一个鏈节，它們的化学組成是完全相同的。从“ n ”个分子經過加成聚合而形成的高分子就有“ n ”个鏈节。

“縮合聚合”就比較复杂一些，首先我們要了解“縮合”的意义。在許多化合物里都含有所謂“官能团”，这就是一些可以起化学反应的基团。比如有两种化合物，一种含有 OH （化学家叫它做羟基）的官能团，另一种含有 H （化学家叫它做活潑的氢原子）的官能团，当这两种化合物發生化学变化时，它們两个分子可以縮去一分 H_2O （即是放出一分子水）結合成为一个較大的分子。这种反应在化学里叫縮合反应。（縮合反应，不一定是縮掉了 H_2O ，也可以縮掉 HCl 、 NaCl 、 H_2S 、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 等

等，这里仅仅是举一种例子来说明。)



现在如果第一种化合物里含有不只一个 OH，第二种化合物里含有不只一个 H，它们在化合的时候就可以有许多分子缩去了许多水，聚合成为一个高分子。这种反应就叫做“缩合聚合”：



我们可以设想“缩合反应”好像是把二根短綫打一个結連起来，把打結处多余的綫头剪掉（就等于縮掉一段），結成一根綫。“缩合聚合”就好像是把許多根短綫打結連起来成为一根很長的繩子。这样高分子的鏈节（现在是 A-B），它的化学組成是和原来的單体不相同的（縮掉了 H_2O ）。

現在我們可以应用种种烯类單体經過加成聚合的方法，应用种种含有官能团的單体經過缩合聚合的方法，制造出种种不同的高分子化合物。單体不相同，聚合成的高分子化合物当然也不相同。單体相同，如果聚合度不相同，也会得到不同性質的高分子化合物。此外兩種或兩種以上的單体还可以聚合到一起成为一个高分子化合物，这叫做共聚合。因此，可能制造出来的高分子化合物种类是無穷無尽的了。

一种高分子化合物在制成以后还可以进行化学反应，轉变成另一种高分子化合物。最重要的就是前面所提到的从綫型的高分子化合物轉变为立体型的高分子化合物。这里可以有兩種方法使它轉变。一种方法就是某一些高分子化合物在它每一个

分子里含有双鍵，这些双鍵可以和硫黃起化学反应生成交联。例如生橡膠經過硫化以后变成橡皮就是这种变化。另一种方法是某一些高分子化合物的分子里面还有一些官能团，在較高的温度中可以繼續發生化学反应生成交联。电木粉在高温受压力以后变成坚硬的电木就是由于發生了这种变化。

四、高分子化合物的几个基本性質

高分子化合物在每一个分子里含有成千上万个原子，这些原子并且依照一定的規律排列起来，或是成为鏈狀的綫型分子，或是成为網狀的立体型分子，这已經在前面叙述过了。这种分子結構和低分子化合物的分子結構是截然不同的，因此高分子化合物有許多性質也是和低分子化合物截然不同的。这里我們談几个基本性質：

第一是彈性。前面說到过，綫型高分子化合物的分子在普通的情况下是蜷曲着的，好像是一团不規則的綫团。我們可以想像到当力量加上去时这种蜷曲着的分子可以被拉得直一些，当拉力除去以后，分子又可以恢复到原来蜷曲的形狀。橡膠之所以具有彈性就是因为它的分子是很柔順的綫型分子。許多綫

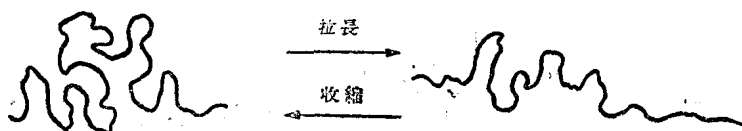


圖 4 高分子化合物的彈性。

型分子都具有不同程度的彈性，凡彈性大的我們都叫它們做橡膠类的高分子化合物。立体型的高分子化合物如果交联不多也可以伸長縮短，比如橡皮。但是高度硫化的硬橡皮交联很多，就变成很僵硬，不能再伸長縮短了（交联达到最大程度的金剛

石，是世界上最硬的东西）。

第二是可塑性。綫型高分子当加热到一定温度以上就漸漸軟化。这时可以把它們在模子里做成一定式样，或是用机器滾压成一定式样，在冷下来以后它們就保持了那个式样。这种性質叫做可塑性。利用这种性質我們可以把高分子化合物做成各式各样的物体。高分子化合物不但在軟化的时候可以加工，还可以加高温度使它們熔融成为液体来澆鑄物件，或是从小孔里挤出来做出管子、棒子或拉成細絲、吹成容器等等。这些加工成型的方法都是利用它們的可塑性。很大一部分高分子化合物，因为它們具有可塑性，可以塑制成各种物件，因而它們被称为塑料类的高分子化合物。

高分子化合物便于加工成形的可塑性也是它們作为材料的重要优点之一。巨大的物件如整个船的壳子，工厂厂房屋頂，都可以一下子压鑄出来。小的如精細的螺絲、齒輪也可以澆鑄。并且鑄出来以后表面就很光滑細致，不需要再在車床鉋床上加工，可以直接使用，这样就大大地縮短了工序。

立体型的高分子化合物在加热的时候不能軟化和熔融，所以又叫热稳定性高分子化合物。前面曾經說到，有一些綫型高分子化合物在加热的时候会繼續起化学反应轉变为立体型的，那些高分子我們叫它們做热固性高分子化合物。具有一般可塑性即是热时变軟冷时变硬的，我們叫它們做热塑性高分子化合物。

第三是結晶性。当許多分子按照一定的形式很整齐的排列起来时，就形成了結晶。低分子化合物因为分子小，容易排得整齐，所以都容易結晶。高分子化合物每一个分子都很長大，

又蜷曲成不規則的綫团，所以不能排列成为整齐的形式，因此也就不能結晶。可是許多綫型高分子化合物，当把它們拉長的时候，它們里面的各个分子鏈的鏈节和鏈节之間有一些地方可以排得很整齐，这些地方就成为結晶状态；在另外地方还是不整齐的非結晶状态，这种情况叫做部分結晶。如果分子鏈和分子鏈之間因为含有某一些基团彼此發生了較强的吸引力，这种部分結晶状态就可以固定下来，分子鏈也不再恢复到原有的形

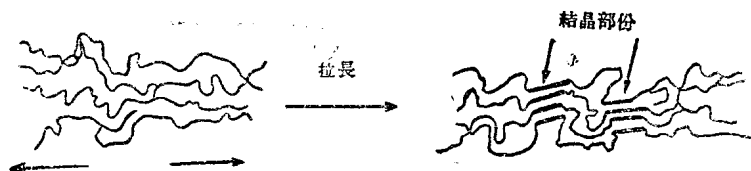


圖 5 高分子化合物的部分結晶。

狀。具有这种性質的高分子化合物可以拉成很細而堅牢的絲，我們叫它們做纖維类的高分子化合物。

像耐綸这些高分子化合物，当把它們熔融以后从細孔里挤出来成为細絲的时候，这些細絲并不堅韌。只有在把它們拉長使它們發生了部分結晶以后才具有相当大的强度。这个拉長的步驟叫做“冷拉”。

第四是对电的絕緣性。高分子化合物都不能傳电，所以有很好的絕緣性，可以广泛地用做絕緣材料。許多低分子化合物也有很好的絕緣性，但是它們不可能像高分子化合物这样当作絕緣材料来使用。比如蔗糖、牛油都有絕緣性，但是我們不可能把它們做成电气材料如电灯头或是插銷、朴落等。同时高分子化合物一般都是不吸水的，因此它們的絕緣性質就比無机的低分子化合物更好。因为水能傳电，所以越不吸水的，絕緣性

就越好。

我們把几种高分子化合物的絕緣常数列在表 1 里面，并且把它們同玻璃和瓷的絕緣常数做一个比較。我們就可以看到像

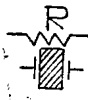
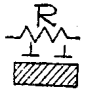
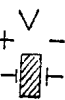
			
	容阻 Ω	表阻 Ω	击穿电压 KV/min
聚乙烯	10^{14}	10^{14}	60
聚苯乙烯	10^{14}	10^{14}	60
耐綸	10^{13}	10^{13}	24
醋酸纖維素	10^{12}	10^{12}	24
聚氯乙稀	10^{13}	10^{13}	50
玻璃、瓷	10^{13}		45

表 1 高分子化合物的絕緣常数。

				
	抗拉 磅/平方吋	抗压 磅/平方吋	抗冲击 磅/平方吋	抗霉 磅/平方吋
聚酯—玻璃布層压品	100,000	70,000	70	80,000
鋼	100,000	50,000	45	
鋁	25,000	12,000	20	
聚乙烯	1,800		不破	彈性
聚氯乙稀	2,000	1,000	不破	
聚苯乙烯	8,000	13,000	2	17,000
耐綸（纖維）	50,000	14,000	不破	17,000
聚氯乙稀（硬）	7,000	10,000	1.5	16,000
醋酸纖維素	6,000	14,000	3	12,000
有机玻璃	8,000	12,000	0.4	17,000

表 2 高分子材料的机械强度。