



高分子时代

王 葆 仁

科学普及出版社



高分子时代

王德和

科学出版社出版

高 分 子 时 代

王 葆 仁

科 学 普 及 出 版 社

一九六三年·北京

总号: 048

高 分 子 时 代

著 者: 王 葆 仁

出 版 者: 科 学 普 及 出 版 社

(北京市西直门外郭家嘴)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 112 号

发 行 者: 新 华 书 店

印 刷 者: 五 三 五 工 厂

开 本: $787 \times 1092^{1/32}$ 印 张: $1\frac{1}{8}$

1963 年 12 月 第 1 版 字数: 20,000

1963 年 12 月 第 1 次印刷 印数: 25,540

统一书号: 15051·003

定 价: 0.14 元

目 录

划时代的材料——高分子化合物	1
一、高分子化合物是一种新型的化学材料	1
二、高分子化合物在工、农业生产和医疗卫生中的作用	3
三、高分子化合物在尖端科学技术中的作用	7
什么是高分子化合物	9
一、高分子化合物的化学结构	9
二、高分子化合物的基本性质	11
三、高分子化合物的合成方法	14
几种重要的高分子化合物	17
一、塑料类	18
二、纤维类	22
三、橡胶类	25
四、其他	27
高分子工业的发展前景	29

划时代的材料——高分子化合物

一、高分子化合物是一种新型的化学材料

二十世紀下半世紀，人類已經進入了高分子時代。用材料來劃分時代，是由於新材料的出現往往能使生產發生革命性的飛躍發展，從而使物質文明大大地向前邁進。

大家知道，人類的歷史是從利用石頭製造工具的時候開始的。我們稱那個時代為石器時代。以後我們祖先找到銅做材料，用它做成的工具比石頭制的堅硬鋒利。它又能製成容器煮熟食物。從此人類文化大大的向前推進，這就是銅器時代。再以後人們又發現了鐵，用它做的工具比用銅做的更堅硬鋒利，更適合工農業生產。這就進入了鐵器時代。這時期人類文化有了進一步的發展。

隨著時代的進步，人們所使用的材料不斷增加。直到上一世紀末為止，主要的材料有：石頭、木材、竹材、棉花、麻、絲、羊毛、皮革、鋼鐵、各種金屬、磚瓦、陶瓷、水泥、玻璃、橡膠等等。

這些材料，有的是從自然界取來就直接應用的；有的是在取來以後，再經過冶煉、提取、焙燒等化工手續後製造出來的。這些材料的取得，都依賴於大自然的“賜與”。因此人們在利用這些材料的時候，就不得不受到地區資源的限制。例如，橡膠樹只生長在熱帶和亞熱帶地區，別的地區就沒有橡膠樹，因此就不容易得到橡膠；即使在熱帶和亞熱帶地區，栽培一棵橡膠樹，也必須經過一定的年月後，才能出膠，而且數量也是很有

限的。又如許多矿产不仅要經過多少万年才能形成，而且分布地区也极不平均。这样就使得某些地区，因为不能得到某些重要的原料，而建立不起某种工业来。另一方面，这些材料的性能也是固定的，因此也就限制了人們不能随心所欲地制造出各种特殊性能的材料来。

由于科学技术的不断发展，对材料的性能提出了越来越高的要求，人类已經不能滿足于大自然的“賜与”；大自然也滿足不了人类的“索取”。于是人类进一步自己創造了許多材料。人类創造材料的本领甚至还大大地超过了大自然。化学家們現在不仅能够制造多种与天然产品相同的材料，而且能够按照人們的需要，制造自然界所沒有的具有各种特殊性能的新型材料。高分子化合物，就是二十世紀以来化学家們創造出来的一类最新型的化学材料。

这种新型的化学材料比起其他材料的优越之处究竟何在呢？

首先，高分子材料的品种多，性能好，可以适应生产对于材料性能的多种要求。各种高分子材料都各有各的特色：有的强度大，有的彈性高，有的耐高温，有的耐腐蝕，有的絕緣性能好，有的光学性能好，可以任意选用。它們的性能还可以优于旧有的材料。例如，一般玻璃的透光率是85%，而有机玻璃的透光率可以达到93%；一般鋼材的强度約达6000公斤/平方厘米，而有些塑料的强度可以达到10000公斤/平方厘米以上。一种高分子材料还可以同时具有多种优良性能。在旧材料中，我們不可能找到一种材料比如既透明而又强度大的，可是高分子材料却可以按照人們的需要，利用合成方法，把这两种优良性能綜合地表现在一种材料身上。

其次，高分子材料的生产原料丰富，不受地区資源和自然

条件的限制，到处可以大量生产。前面已经说过，过去所用的材料，都要受天然资源的限制，某些地区缺乏某种原料，就不可能得到某种材料。高分子材料则不同，它所用的原料主要是水、空气、盐、煤、石油或天然气等等，比较容易大量地取得。因此，在任何地方都可以找到适当的原料来建立大规模的高分子工业，以适应生产对于材料的需要。

第三，应用高分子材料制造成品，加工成型方便，可以缩短生产周期，提高劳动生产率。谁都知道，用钢做一个齿轮，在工艺上是很复杂的，要先轧成钢材，再经切割，最后还要经过车床、铣床等加工才能制成。用高分子材料做齿轮就很简单，只要用一个模子一压就行。又如，用钢材做汽车的外壳，要经过许许多多的工序，而用高分子材料来做就简单得多，只要有了模子，一压就是一个。如果用别的材料是很难进行这样的快速生产的。

基于以上原因，高分子材料的出现是材料发展史中一个飞跃的进步。它们不但大量地为工农业生产和新技术的建立供应了性能优越的材料，而且它们还以不断出现的新性能，促使工、农业生产不断进行技术革新和技术改造。因此我们说，高分子材料是划时代的材料。

二、高分子化合物在工、农业生产和 医疗卫生中的作用

随着合成高分子工业的迅速发展，各种各样的高分子化合物，如酚醛树脂、聚氯乙烯等合成塑料，尼龙66、卡普隆等合成纤维，丁苯、氯丁等合成橡胶，以及各种胶合剂、润滑油、离子交换树脂等相继出现，为工、农业生产提供了性能优异的材料，为技术的不断革新提供了物质基础。

大家知道，絕緣材料对电器工业是絕對重要的。在电力設備方面，例如制造导綫、发电机、馬达、变压器等等，都需要絕緣材料。最初制造的电动机，是在导綫外面繞上很厚的一层棉紗或蚕絲来作为絕緣体的。因此，那个时候电动机的体积很大。自从合成高分子塑料出現以后，由于它具有良好的絕緣性能，只要直接在导綫上涂上薄薄的一层，就可以达到絕緣上的要求，这样就大大地縮小了电动机的体积。另外，对于电动机來說，它的絕緣材料所能耐的温度越高，它所能發揮的功率就越大。可是棉紗、蚕絲是不能耐高温的，受热以后会碳化，而碳是傳电的，因此，为了不影响棉紗或蚕絲的絕緣性能，只好降低电动机的功率，使它保持較低的温度，这样电动机的效能就差。用高分子化合物作絕緣材料，可以耐到二百度，甚至更高的温度。因此，同样大小体积的馬达，其功率就可以比以前大大的提高。由此可以看出，如果没有高分子絕緣材料，体积小而功率高的发电机和馬达是制造不出来的。

在鋼鉄工业中，如果没有高分子材料，軋鋼机的生产效能就不可能有今天这么大。因为某些高分子材料不但耐磨，而且在受磨后不但易磨損，耐磨程度反而有所增高。因此，在大型軋鋼机上用高分子材料做軸承，比青銅軸承要好得多。

在化学工业中腐蚀是个严重問題。現在随着高分子工业的发展，这个問題已逐漸获得了解决。除了可以在金屬管道、反应器等的面涂上高分子材料防腐蚀以外，現在还可以直接用塑料制成耐腐蚀的管道、反应器等，它們也具有足够的强度。

在紡織工业中，自从有了合成纖維以后，我們习惯所用的天然纖維就越来越多的为合成纖維所代替了。合成纖維的好处很多，首先它的强度大，而且耐磨，一双尼龙袜子能頂七、八双棉紗袜子穿；合成纖維不生霉，不腐烂，因为細菌和虫子都

不会侵蚀合成纤维；合成纤维比天然纤维生产周期短，占地少，产量大，能够又多又快又好地满足人民日益增长的要求。目前各国正在进行关于直接把高分子化合物做成薄膜制成衣服的研究工作，对于这种“无纺布”

的透气、花纹、布纹、颜色等问题，在国内外都已逐步得到了解决，并且已经大量用在窗帘、台布等方面。随着这种“无纺布”的研究发展，必将引起纺织工业的重大革新。

在交通运输方面，没有橡胶做轮胎，汽车是不可能运行的。利用增强塑料做船外壳、火车车厢、汽车车身（图1），强度可以和钢相仿，

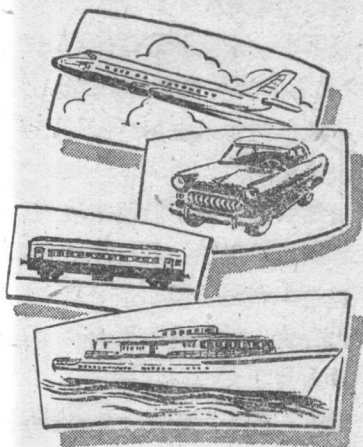


图 1

既耐磨，又有弹性，质量轻，动力省。汽车和飞机的内部零件已经采用了很多高分子材料，一架图-104 喷气式飞机，用高分子材料做的零件有 11 万件。

在农业方面，高分子化合物也逐渐得到应用，取得了显著的增产效果。比如在早春气温较低的时候，用高分子薄膜复盖幼苗来保温（图2），就可以提早播种期，大大提高土地的利用率，在必要的时候，也可以用来延

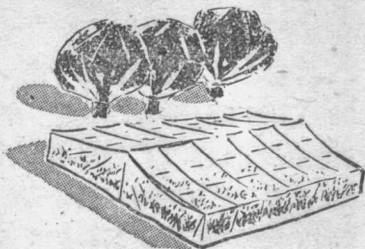


图 2

迟收割期。这种高分子薄膜可以透光保温而不透水汽，效用很象简便的温室，在国外已经大量采用。

大家都知道，生土的颗粒是松散的，水少了会漏掉，水多了会板结，肥料也很容易流失，因而生土地长不好庄稼。必定要经过多年耕作，使生土渐渐变成熟土，才能长好庄稼。现在有一种高分子化合物，加到生土中去马上就能使生土变成熟土，适于种植。目前虽然由于成本高，还不能普遍应用，但是随着化学工业的发展，将来一定会大量应用的。

又如，在靠海的地方，海水虽然很多，但不能用来灌溉。根据实验，只要把海水中的盐分降到 1% 以下，就可以用来浇田。但是如何能把海水变淡呢？这是人们在若干年来一直幻想着的一件事。现在有一种高分子化合物，叫做离子交换树脂，利用它就能把海水变淡。当然，目前离子交换树脂的价格还比较贵，但是可以相信，在离子交换树脂的生产成本不断降低，淡化海水的技术问题获得解决之后，用淡化海水来进行灌溉的理想是可以实现的。另外还有这样一种高分子化合物，把它撒到稻田里去，在水面上就会形成一层薄膜，这层薄膜可以防止水分蒸发，从而保持水温，使秧苗提早发育。如果把它撒到水库里去，就可以减少水库里的水蒸发。这些作用在农田水利方面的意义是很大的。

在医疗卫生方面，由于高分子化合物的出现，给人们的身體健康，不断地带来了福音。例如，大血管断了，可以用塑料管接起来；肾脏坏了，可以用塑料和离子交换树脂做一个人工肾脏来代替。最近还有用高分子粘胶剂接骨，两、三天就可以把断了的骨头粘牢；有的医院还用塑料给病人补好了头骨。至于用塑料做成的假牙，和真牙一模一样，这就早已为大家所熟悉的了。

三、高分子化合物在尖端科学技术中的作用

近年来，各項尖端科学技术都有了很大的发展，其中高分子材料所起的作用，是不容忽視的。下面就簡單的介紹一下高分子化合物在发展探空技术、原子能技术、电子技术和半导体材料等尖端技术中的重要作用。

在探空技术方面：对于人造卫星和宇宙飞船的结构材料来说，要满足飞上去的要求，一般問題不大。因为摩擦力的大小，决定于火箭的速度和空气的密度，在上天时虽然火箭的速度是逐渐加快的，但空气的密度却越来越小，因而摩擦生热的問題就不十分严重。但是，当飞船由空間返回地球时，情况就不同了。虽然装在飞船上的自动控制系统能使速度变慢，但由于大气层密度越来越大，阻力越来越大，由摩擦所产生的热量就非常之高，估計船体表面达到温度总有好几千度。什么材料能够經受得起比如三千度以上的高温呢？鋼到一千几百度就熔化了；合金鋼頂多能耐到二千度的高温；陶瓷到二千多度也不行了，因此这些材料都不能用。

假如飞船外面的材料是一层比較厚的体型高分子材料（参見第 10 頁），那末在高温下尽管它的外层燒起来了（图 3），而且还要被一层一层地燒下去，但是由于它是不熔化的对热的絕緣体，虽

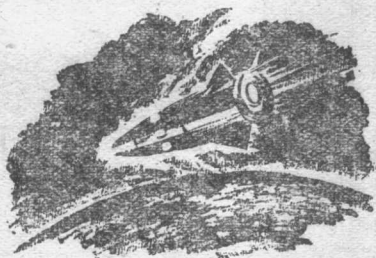


图 3

然外面的温度已經达到好几千度，而內部的温度还是很低的；强度也不会变化太多。比如說二寸厚的外壳，在高温下燒掉了一寸，但只要剩下一寸厚的外壳仍然保持着一定的强度，就可以

胜利地完成返回的任务。

高速飞行的发动机，例如喷气涡轮，它的温度也可能达到几千度，所以也不能用一般金属材料来制造，现在正在试用高分子材料制造喷气涡轮。总之，在探空技术方面，有很多问题都需要用高分子材料来解决。

在原子能技术方面：要研究原子能，首先就要提取核燃料。用化学方法提取，成本高，效果也不好。如果应用离子交换树脂去分离铀和钍等放射性原料，则效果很好。另外，原子能工厂排出来的废水很多，这些废水具有放射性，对人身有影响，所以不能随便放掉。现在可以用离子交换树脂来除去废水里所含的放射性物质。在对于放射性的防护上，也需要利用很多高分子材料来解决。

在电子技术方面：要实现遙控、遙測等电子技术，必须要有

高频绝缘材料，而天然的高频绝缘材料是很少的。雷达为什么早没有被人们制造出来呢？缺乏高频绝缘材料是原因之一；只有在高分子材料出现以后，才给人们提供了多种的高频绝缘材料，人们才制造出了雷达和各种

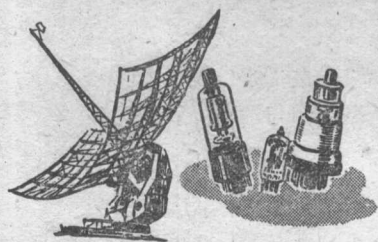


图 4

电子元件(图 4)。

在半导体材料方面：用塑料制造半导体虽然还在试验研究中，但这是一个很好的方向。目前的半导体，一般都用锗和硅来制造，对这些元素不仅要求纯度很高，而且还要求是单晶(没有裂纹和外来杂质的单一晶体)。由于不可能得到比较大的单晶体，因此这些材料只能作很小的半导体元件。如果高分子半

导体研究成功，就可以不受面积体积大小的限制。設想我們把高分子半导体做成象漆一样的东西，在屋頂塗上一层，利用它的光电效应（物体吸收光能变成电能；同时物体的电性在光的輻射下也发生变化），就可以产生电流，这样发电厂、輸电綫等等都可以省去了。

总之，現在我們可以这样說：目前高分子材料已經成为发展尖端科学技术和工农业生产中一类最重要的材料。如果缺少了高分子化合物这一类化学材料，要建設现代化的工业、現代化的农业、现代化的科学技术和现代化的国防是不可能的；要提高和丰富人民的物质、文化生活也是不可能的。

什么是高分子化合物

从上面的介紹中，大家已經知道了高分子化合物在国民經济和科学技术的发展中所起的重大作用。那么，高分子化合物究竟是一些什么东西呢？它的特性怎样呢？这一定也是大家所希望知道的，下面就讲讲这个問題。

一、高分子化合物的化学結構

首先介紹一下什么叫做分子这个名詞。我們知道，分子是一切物质的最小单位粒子。每一个分子是由一定数目的原子結合起来的。这些原子可以是同一元素的原子，也可以是不同元素的原子。一般化合物的分子所含有的原子数，是几个、几十个、几百个，很少有几千个以上的；而高分子化合物的一个分子中所含有的原子数，就很少是在几万以下的，有的是几十万、几百万，甚至趋近无穷大。每个高分子比起平常的低分子来，如同大象比老鼠、南瓜比豌豆一样，所以从分子大小来看，高分

子是一种分子很大的化合物。再說，低分子化合物的每个分子都是一样大小，有一定的結構，从而具有一定的性质。这种分子不能再用一般的机械方法把它分拆。如果把它拆开（即分解），那么它就变了性质，成为另外的物质了。高分子并不如此。构成高分子化合物的每个分子就不完全是一样大小的，平常所謂高分子的分子量，只是一个平均数字，即平均分子量。而且，一个高分子可以用外力把它拉断或者切开，变成两个分子，它的一般性质仍不改变。由此可以想象到，高分子化合物不仅是一种分子很大的化合物，单单分子很大这一点，还不足以表达出它的結構特征来。

高分子化合物的結構特征倒底是什么呢？簡單的說，高分子化合物是“由結構相同的重复单位所組成的，以长鏈为基础的化合物”。所謂“結構相同的重复单位”，就是說高分子化合物的每一个分子，是由許許多多結構相同的单元，一个一个的以化学鍵（原子之間依靠兼屬两个原子的电子对，在相互轉动时所发生的磁場引力而联結起来）連接起来而組成的（也有一些高分子，其重复单位并不完全相同，这里暫不去讲它）。比如一个天然橡胶分子 $(C_5H_8)_n$ ，里面含有几万个原子，这許多原子都是按一定的規則排列起来的，它們首先是排成許多相同的小单位 (C_5H_8) ，这許多小单位再連接成为一条长鏈： $\cdots(C_5H_8)-(C_5H_8)-(C_5H_8)\cdots$ 。我們把这些小单位叫做鏈节，就好象鎖鏈里的一环；用 n 表示聚合度，就是表示有多少个鏈节聚合在一起的意思。所謂“以长鏈为基础”，就是說这种化合物可能是由一根一根的分子鏈組成的；也可能是由若干根分子鏈彼此間互相联結起来而組成的。如果高分子化合物是由一根根分子鏈組成的，叫做綫型高分子化合物；如果在分子鏈和分子鏈中間还有一些短鏈把它們联結起来，就叫做体型高分子化合物。

(图 5)。綫型高分子是可以熔化和可以在适当溶剂內溶解的，体型高分子既不熔化也不溶解。

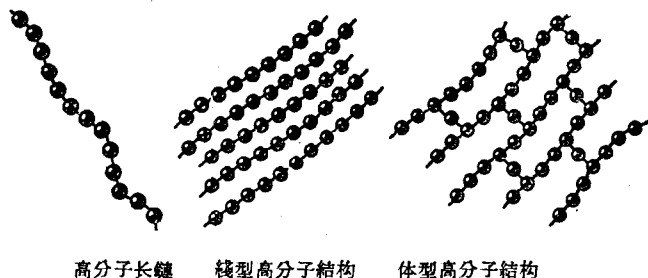


图 5

高分子的长鏈究竟有多长呢？就一个中等的高分子，比如一个聚异丁烯橡胶分子來說，平均直徑約为 5 埃(埃为长度单位，一埃为一千万分之一毫米)，而其平均长度約为 25 微米(一微米为千分之一毫米)，即其长度約为直徑的五万倍。按这样的比例，假如其直徑为 1 毫米，則其长度約在 50 米左右。

二、高分子化合物的基本性质

由于高分子具有这样的結構特征，所以它有一些性质与低分子截然不同。

第一是强度。一般低分子的形状可以认为是球形或橢圓球形的，因为分子的长度和直徑之間比例不大。这些球堆集在一起，球和球之間只有在接触点上才相互有些作用，力量也很微弱。因此，低分子化合物几乎沒有强度，不能作为結構材料来使用。比如我們所吃的糖、盐，就是这样(金屬具有特殊的結構，不是低分子)。高分子化合物就不同了。在一个高分子中有几万甚至几十万个原子，而且分子的直徑与长度相差几万倍，是細

长形的，分子与分子之間接触点很多，因此相互作用力就很大。另外，分子是在运动着的，分子在运动中就要互相碰撞，因此高分子鏈就不可能是直綫状态，而必然是蜷曲着的。这样，分子和分子一定互相糾纏在一起。就因为高分子間的吸引力大，又是互相糾纏在一起，因此高分子化合物就具有强度，可以作为材料来使用。

第二是彈性：由于高分子化合物的分子鏈在普通的情况下是蜷曲着的，而且許多分子鏈互相糾纏在一起，好象是一团不規則的綫团。我們可以想象到，当用力去拉它的时候，这种蜷曲着的分子可以被拉得长一些；当拉力除去以后，分子又可以恢复到原来蜷曲的形状。因此，高分子化合物具有彈性。不管是綫型或体型高分子化合物，都具有不同程度的彈性。

第三是塑性：一般的低分子化合物在受热之后，到一定温度就可以完全熔化成液体，这就是說低分子化合物有一定的熔点。而高分子化合物在受热以后，不是一下子就完全变成液体，而是先經過一个軟化过程。这是因为高分子化合物是由許多很长很长的分子鏈构成的。当鏈的某一部分受热时，这一部分結構单位的运动量就增加；但由于高分子是不易傳热的，因此，除了这一部分受热以外，其他結構单位則受热不多，甚至还没有受热，这些部分的結構单位运动量就不大。所以高分子化合物不可能一下子达到由固体状态轉为液体状态，这就是高分子化合物具有塑性的原因。

第四是結晶性：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长，又蜷曲成不規則的綫团，所以不容易排列成为整齐的形式，也就是不容易結晶。可是許多綫型高分子化合物，当把它們拉长