

橡胶弹性物理学

〔英〕L. R. G. 特雷劳尔著

向 知 人 譯

林 文 彪 校

輕工業出版社

橡 膠 彈 性 物 理 學

[英] L. R. G. 特雷勞爾著

向 知 人 譯

林 文 彪 校

輕 工 業 出 版 社

一九五七年·北 京

L. R. G. TRELOAR
THE PHYSICS OF RUBBER ELASTICITY
OXFORD 1949

根据英国牛津大学出版社一九四九年版譯出

橡 膠 彈 性 物 理 学

[英] L. R. G. 特雷劳尔著

向 知 人 譯

林 文 彪 校

*

輕工業出版社出版

(北京西單皮庫胡同 52 号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 062 号

北京市印刷二厂印刷

新华書店發行

*

統一書号:15042•橡 15•(93)•787×1092 耗 $1/32 \cdot 7\frac{3}{4}$ 印張•140 千字

一九五七年一月北京第一版

一九五七年一月北京第一次印刷

印数: 1—4,050

定价: (10)1.22 元

內 容 介 紹

「橡膠彈性物理學」是從物理性質的角度上來研究橡膠這門科學的一本書。作者詳盡地分析橡膠分子的基本結構，扼要地闡明類似橡膠的彈性與類似橡膠的物體狀態的密切關係。這本書通過數據的計算來說明橡膠的最重要的特徵，即橡膠在較小張力作用下的高度彈性變形性能。作者從一個典型張力-形變曲線開始來研究橡膠在變形中的內能變化和熱力變化，由長鏈分子網的結構型態引伸到彈性和形變的理論，通過分子流動和分子結晶作用的分析來解釋橡膠的機械性能及動力性質。

這本書適合於橡膠和非金屬材料技術工作者的參考和閱讀。

目 录

第一章 橡膠的一般物理性質.....	7
一、引言.....	7
二、橡膠的化学組成.....	9
三、橡膠彈性的早期理論.....	12
四、彈性动力学理論.....	13
五、彈性的一般条件.....	15
六、硫化作用.....	17
七、玻璃状态.....	18
八、結晶作用.....	20
第二章 橡膠在变形中內能和熵的变化.....	22
一、基本原理.....	22
二、試驗的考据.....	28
三、热彈性轉化現象.....	31
四、以后的試驗工作.....	32
五、更进一步的热力学研究.....	34
六、体积变化的意义.....	35
七、扼要重述.....	38
八、伸長的热效应.....	38
第三章 長鏈分子的彈性.....	43
一、長鏈分子的統計性質.....	43
二、受阻的旋轉.....	47
三、分子長度的分布.....	49
四、單独分子鏈的熵.....	55
五、分子鏈上的張力.....	56
第四章 分子網的彈性.....	58

一、基本假設	58
二、理論的發展	61
三、理論的演進	65
四、特殊張力-形变关系	71
五、膨脹橡膠的儲能方程式	76
六、結論	77
七、附录	78
第五章 簡單类型的形变的試驗	79
一、張力-形变关系的形式	79
二、一般的結論	87
三、模数的理論引伸	88
第六章 大量形变部位的理論演進	93
一、引言	93
二、無規律分子鏈的統計处理方法	93
三、具体分子上的应用	100
四、分子鏈的伸長及分子价角度的形变	104
五、非高斯型分子鏈網	106
第七章 統計理論的差誤	113
一、引言	113
二、一般均匀的形变試驗	114
三、莫雷关于大量彈性形变的理論	120
四、雷福林对一般理論的解釋	121
五、試驗結果的討論	127
第八章 橡膠的偏光彈性性質	128
一、異向同性與異向異性的物体	128
二、双折射綫及其測量	129
三、分子網的光学性質	132
四、試驗的觀察	142
五、橡膠分子的異向異性	146

六、一般的結論·····	150
第九章 已擴張和未擴張橡膠的結晶作用 ·····	150
一、引言·····	150
二、結晶體的結構和大小·····	151
三、未擴張橡膠的結晶作用·····	156
四、已擴張橡膠的結晶作用·····	162
五、結晶度百分比的絕對測定·····	167
六、結晶作用的機構·····	171
第十章 分子結晶与机械性能 ·····	174
一、分子間鍵合的結晶體·····	174
二、結晶現象对于張力-形变曲綫的影响·····	178
三、結晶作用与抗張强度·····	180
四、結論·····	187
第十一章 張力松弛状态与分子流动 ·····	188
一、一般的討論·····	188
二、未硫化橡膠的流动測定·····	189
三、分子流动的理論基础·····	195
四、張力松弛·····	200
五、回縮·····	203
六、疊加原理·····	204
第十二章 橡膠的动力性質 ·····	206
一、彈回性·····	206
二、松弛現象的一般分析·····	208
三、在实际物体上的应用·····	211
四、周期的变形——亞历山大罗夫和朗佐金·····	212
五、共振現象·····	217
六、松弛時間的分布·····	220
七、分布函数的形式·····	222
八、結論·····	226

第十三章 大量彈性形變的解法	227
一、引言	227
二、解法的唯一性	229
三、不均勻的形變	232
四、簡單切剪	234
五、圓筒的扭轉	236
六、伸長和扭轉同時進行	238
七、空心圓筒的扭轉	240
八、結語	240
附重要名詞譯文對照表	241

TQ330.1

1:2

橡 膠 彈 性 物 理 學

[英] L. R. G. 特雷劳尔著

向 知 人 譯

林 文 彪 校

輕 工 業 出 版 社

一九五七年·北 京

內 容 介 紹

「橡膠彈性物理學」是從物理性質的角度上來研究橡膠這門科學的一本書。作者詳盡地分析橡膠分子的基本結構，扼要地闡明類似橡膠的彈性與類似橡膠的物體狀態的密切關係。這本書通過數據的計算來說明橡膠的最重要的特徵，即橡膠在較小張力作用下的高度彈性變形性能。作者從一個典型張力-變形曲線開始來研究橡膠在變形中的內能變化和熱力變化，由長鏈分子網的結構型態引伸到彈性和變形的理論，通過分子流動和分子結晶作用的分析來解釋橡膠的機械性能及動力性質。

這本書適合於橡膠和非金屬材料技術工作者的參考和閱讀。

目 录

第一章 橡膠的一般物理性質	7
一、引言	7
二、橡膠的化学組成	9
三、橡膠彈性的早期理論	12
四、彈性动力学理論	13
五、彈性的一般条件	15
六、硫化作用	17
七、玻璃状态	18
八、結晶作用	20
第二章 橡膠在变形中內能和熵的变化	22
一、基本原理	22
二、試驗的考据	28
三、热彈性轉化現象	31
四、以后的試驗工作	32
五、更进一步的热力学研究	34
六、体积变化的意义	35
七、扼要重述	38
八、伸長的热效应	38
第三章 長鏈分子的彈性	43
一、長鏈分子的統計性質	43
二、受阻的旋轉	47
三、分子長度的分布	49
四、單独分子鏈的熵	55
五、分子鏈上的張力	56
第四章 分子網的彈性	58

一、基本假設·····	58
二、理論的發展·····	61
三、理論的演進·····	65
四、特殊張力 - 形变关系·····	71
五、膨脹橡膠的儲能方程式·····	76
六、結論·····	77
七、附录·····	78
第五章 簡單类型的形变的試驗 ·····	79
一、張力 - 形变关系的形式·····	79
二、一般的結論·····	87
三、模数的理論引伸·····	88
第六章 大量形变部位的理論演進 ·····	93
一、引言·····	93
二、無規律分子鏈的統計处理方法·····	93
三、具体分子上的应用·····	100
四、分子鏈的伸長及分子价角度的形变·····	104
五、非高斯型分子鏈網·····	106
第七章 統計理論的差誤 ·····	113
一、引言·····	113
二、一般均勻的形变試驗·····	114
三、莫雷关于大量彈性形变的理論·····	120
四、雷福林对一般理論的解釋·····	121
五、試驗結果的討論·····	127
第八章 橡膠的偏光彈性性質 ·····	128
一、異向同性与異向異性的物体·····	128
二、双折射綫及其測量·····	129
三、分子網的光学性質·····	132
四、試驗的觀察·····	142
五、橡膠分子的異向異性·····	146

六、一般的結論·····	150
第九章 已擴張和未擴張橡膠的結晶作用·····	150
一、引言·····	150
二、結晶體的結構和大小·····	151
三、未擴張橡膠的結晶作用·····	156
四、已擴張橡膠的結晶作用·····	162
五、結晶度百分比的絕對測定·····	167
六、結晶作用的機構·····	171
第十章 分子結晶与机械性能·····	174
一、分子間鍵合的結晶體·····	174
二、結晶現象对于張力-形变曲綫的影响·····	178
三、結晶作用与抗張强度·····	180
四、結論·····	187
第十一章 張力松弛状态与分子流动·····	188
一、一般的討論·····	188
二、未硫化橡膠的流动測定·····	189
三、分子流动的理論基础·····	195
四、張力松弛·····	200
五、回縮·····	203
六、疊加原理·····	204
第十二章 橡膠的动力性質·····	206
一、彈回性·····	206
二、松弛現象的一般分析·····	208
三、在实际物体上的应用·····	211
四、周期的变形——亚历山大罗夫和朗佐金·····	212
五、共振現象·····	217
六、松弛時間的分布·····	220
七、分布函数的形式·····	222
八、結論·····	226

第十三章 大量彈性形變的解法	227
一、引言	227
二、解法的唯一性	229
三、不均勻的形變	232
四、簡單切剪	234
五、圓筒的扭轉	236
六、伸長和扭轉同時進行	238
七、空心圓筒的扭轉	240
八、結語	240
附重要名詞譯文對照表	241

第一章 橡膠的一般物理性質

一、引言

“橡膠”這個名詞有兩個不同的意義。原來它是指巴西橡樹所產的天然橡膠“印度橡膠”而言，其主要化學組成是橡膠烴 $(C_5H_8)_n$ 或聚異戊二烯。另外一種天然橡膠是“古塔波洽橡膠”或“巴拉塔橡膠”，其實驗式也是 $(C_5H_8)_n$ ，但其分子構造形式稍有不同。近年來合成橡膠已經有了突飛猛進的發展，其化學組成是多種多樣的。現在“橡膠”這個名詞一般地包括了所有類似天然橡膠具有大量彈性伸長性質的物體。某些作者寧願將“橡膠”這個名詞限於原來的用法，而用另外的名稱，如“合成彈性體”來表示更普遍的一類。然而，在這本書里將採用比較通常的用法。從語句中可以看出“橡膠”這個名詞是指通常的或者指特殊的意義，如發生混淆的話，就可以認為是指的天然橡膠或巴西橡膠。

選擇這個名詞的用法的理由不完全是就字論字。從科學觀點上來說，用物理性質和用化學組成來給橡膠下定義同樣是合理的。其實，在這本書里我們將主要涉及更多有關基本結構方面的問題，在這方面所有的橡膠基本上是相同的，而對各種橡膠由於個別細微末節的特點而造成它們之間的區別的問題考慮得較少。這本書的重點主要將放在類似橡膠的彈性与類似橡膠的物體狀態是互相聯系的一種現象上，我們將看到這樣的一種物態與特殊類型的分子結構是有密切關係的。

类似橡胶状态的最明显的也是最重要的特征，当然就是：在较小张力作用之下有高度弹性变形性。圖 1 所表示的

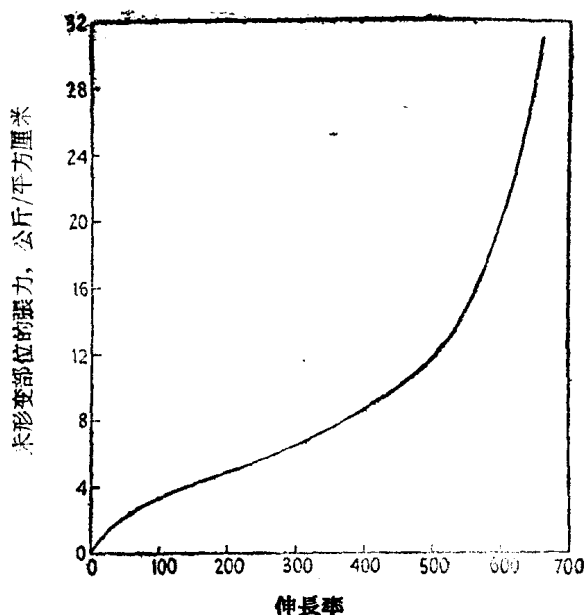


圖 1 硫化橡膠的典型張力-伸長曲線。

就是橡膠的一個典型張力-形變曲線，其最大的伸長通常是在 500~1,000% 範圍之內，而楊氏彈性模數的值（在伸長率小的部位）是 10 公斤/平方厘米或 10^7 達因/平方厘米。為了比較，也可以提到典型硬性固體的楊氏彈性模數是在 10^{12} 達因/平方厘米的範圍內，而它們的最大彈性（即可倒逆的）伸長性很少超過 1%。所以一方面對橡膠來說，另一方面對普通的硬性固體來說，它們之間存在着極大的差異。怎樣解釋這種差異將是本書的主要問題。

二、橡膠的化学組成

已經提到天然橡膠主要是一種碳氫化合物，其實驗式是 $(C_5H_8)_n$ 。新鮮乳漿中存在的這種碳氫化合物是一種小球狀物，其平均直徑約為 0.5 微米 ($5 \cdot 10^{-5}$ 厘米) 懸浮在似水的媒質或乳清中，碳氫化合物的濃度約為全重的 35%。碳氫化合物的顆粒假如沒有被一層主要由蛋白質所組成的非橡膠成分所包圍附着在顆粒的表面成為一種保護膠質體的話，就會聚結起來。乳漿經干燥除去水分或以酸沉淀的處理後即獲得固體橡膠，後者處理的方法能產生比較質純的橡膠，因為在經酸沉淀處理後，大部分非橡膠成分遺留在乳清中。

橡膠烴在化學上是異戊二烯 $(C_5H_8)_n$ 的一種聚合物，組成一個連續的分子鏈的形狀，其結構如圖 2 (a) 所示。分子鏈中的每第四鍵是一個雙鍵，每第四個碳原子上接上一個甲基

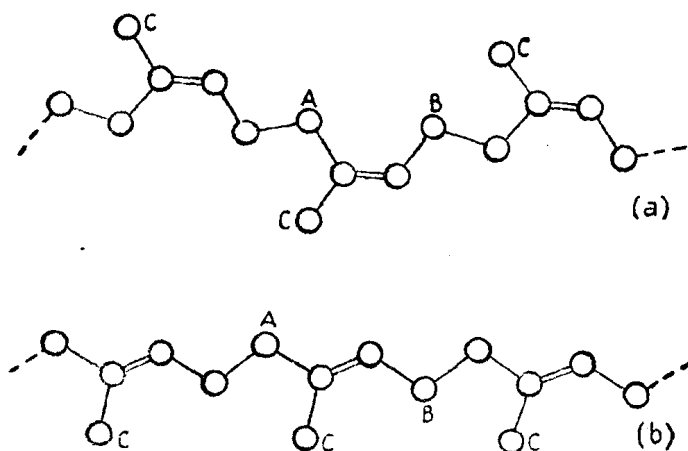


圖 2 分子結構：(a) 巴西橡膠；(b) 古塔波洽橡膠。

AB—異戊二烯單位。C—甲基羰基。