

JU AN ZHI XIANG JIAO CHONG MO

---

陈毓勋 吴元江 编著

# 聚氨酯橡胶冲模

334.5

机械工业出版社

# 聚氨酯橡胶冲模

陈毓勋 吴元江 编著

机械工业出版社

本书介绍了国产聚氨酯橡胶的冲压性能与工艺计算方法以及各种聚氨酯橡胶冲模与工艺装备。其中包括薄料冲裁模、弯曲模、拉深模、翻边模、胀形模、局部成形模、三轴滚弯机的弯曲垫板以及橡胶模具元件。这些橡胶模具的优点是结构简单、制模周期短、制模成本低以及钢材消耗少。这些模具主要适用于品种多、中批与小批生产、改型快以及产品试制的冲压、钣金零件的生产。

本书供从事设计与制造聚氨酯橡胶冲模的技术人员与工人参考。

## 聚氨酯橡胶冲模

陈毓勋 吴元江 编著

\*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

\*

开本  $787 \times 1092 \frac{1}{32}$  · 印张  $4 \frac{3}{4}$  · 字数 104 千字

1982年6月北京第一版·1982年6月北京第一次印刷

印数 0,001—4,800 · 定价 0.46 元

\*

统一书号: 15033 · 5288

## 前 言

聚氨酯橡胶是一种具有强度与硬度较高、耐磨、耐油、耐老化、抗撕裂以及流动性较好的弹性体。

近几年来，聚氨酯橡胶已应用于冲压、钣金工艺中制造各种橡胶模具。其中，聚氨酯橡胶冲裁模成功地解决了薄板（厚度小于0.2毫米）冲裁件的质量与模具寿命这些关键性问题。聚氨酯橡胶成形模（包括弯曲模、拉深模、翻边模、胀形模以及局部成形模等）属于半钢模的结构形式，显著地简化了模具结构，从而降低了制模成本，并缩短了制模周期。聚氨酯橡胶落锤模还具有抗冲击强度高，零件质量好以及制模周期短的优点。采用不同硬度的聚氨酯橡胶作为模具的弹性元件（顶件器、卸料器以及压边圈等）可显著地简化模具结构。采用聚氨酯橡胶作为三轴滚弯机的弯曲垫板预弯零件切向两端的直线段时可以显著地减少直线段长度。

本书总结了作者对国产聚氨酯橡胶的冲压性能与工艺计算方法、聚氨酯橡胶冲模的成形原理及其模具设计等方面的研究成果。同时综合地介绍了国内、外有关聚氨酯橡胶冲模的研究成果。

在编写过程中得到南京橡胶厂、南京开关厂、南京电子管厂、上海渔业机械研究所、北京照相机厂、北京科技交流站、上海自行车厂、北京航空学院等单位的大力支持与帮助，在此表示感谢。

由于作者水平限制，书中有不妥之处欢迎批评指正。

# 目 录

## 前言

一、概述	1
二、聚氨酯橡胶的机械性能与成分	4
三、聚氨酯橡胶的压力计算与硬度选择	8
四、聚氨酯橡胶容框的强度校核	22
五、聚氨酯橡胶冲裁模	27
六、聚氨酯橡胶弯曲模	67
七、板料滚弯的聚氨酯橡胶弯曲垫板	118
八、聚氨酯橡胶拉深模	121
九、聚氨酯橡胶翻边模	129
十、聚氨酯橡胶落锤模	130
十一、聚氨酯橡胶胀形模	136
十二、聚氨酯橡胶局部成形模	140
十三、聚氨酯橡胶爆炸成形模	144
十四、聚氨酯橡胶模具元件	145
十五、聚氨酯橡胶的机械加工性能	147

## 一、概 述

聚氨酯橡胶是聚氨基甲酸酯橡胶的简称。它是一种性能介于橡胶与塑料之间的弹性体，与环氧塑料一样是一种高分子材料。

德国在 1937 年开始研究聚氨酯橡胶的合成，并于第二次世界大战期间应用于军事工业。英国于 1940 年开始将聚氨酯橡胶应用于合成皮革。美国于 1950 年开始研究，由于这种橡胶的生产发展较快，到 1970 年的产量居世界首位，已近两万吨。苏联于 1960 年开始研究，于 1967 年开始试产。我国在较短的几年内研制成功了聚酯型与聚醚型的聚氨酯橡胶，已应用于民用产品与军事工业之中。

聚氨酯橡胶按加工方法的不同可分为浇注型、热塑型以及混炼型三类。按主要原料的不同又可分为聚酯型、聚醚型以及聚酰胺型三类。目前应用于冲压、钣金生产中作为模具材料的一般是浇注型的聚酯型聚氨酯橡胶。也有采用浇注型的聚醚型聚氨酯橡胶的，但其抗冲击强度不如聚酯型聚氨酯橡胶。

浇注型的聚氨酯橡胶由于具有下列主要优点，所以能够在冲压、钣金生产中的冲裁、成形以及弹性元件等几个方面获得越来越广泛地应用。

1. 硬度较高的聚氨酯橡胶能产生较高的单位压力与剪切力。国产硬度为邵氏 95 A 的聚氨酯橡胶压缩性能曲线，如图 1 所示。由图中可见，在压缩量较小的情况下 ( $\epsilon \leq 5\%$ )，由于弹性模量远大于硬度为邵氏 70 A 的常用天然橡胶，所以能比天然橡胶产生较大的单位压力，并且具有一定的弹性。

此外，耐冲击强度较高。因此这种橡胶可作为薄料冲裁模与落锤模的凹模。但是这种硬度的聚氨酯橡胶受压缩时可能会引起永久变形与松弛现象。试验研究证实，当压缩应变为30%时可能引起10%的永久变形。在压缩量不变的情况下，停止继续加载的一分钟后，载荷会自动减小。但这两种现象对于成形速度较快的落锤成形与压缩量较小的冲裁过程影响不大。

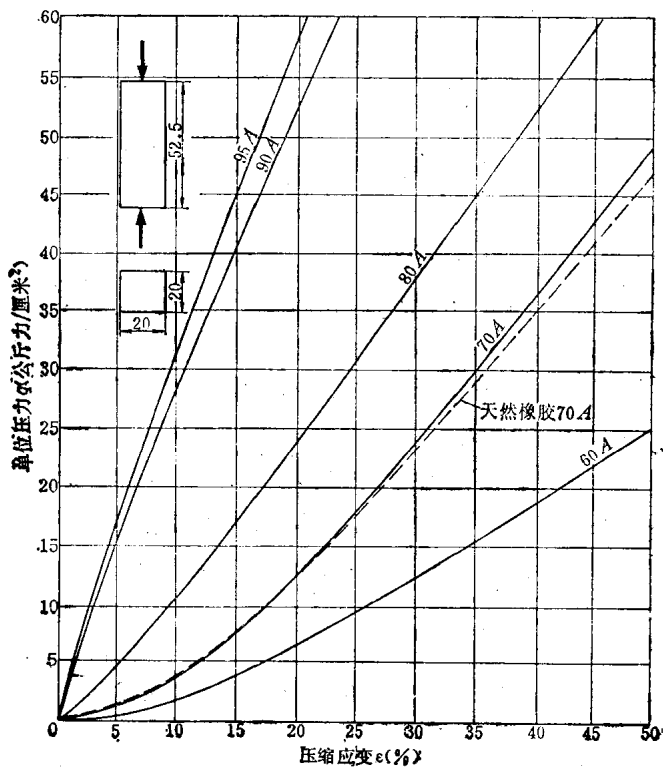


图1 国产聚氨酯橡胶的压缩性能曲线

此曲线族是在形状系数为  $K = 0.1$  的情况下获得的

2. 硬度较低的聚氨酯橡胶具有较好的流动性能。由聚氨酯橡胶压缩性能曲线可见, 硬度为邵氏 70 A 的聚氨酯橡胶与天然橡胶的机械性能相近, 流动性较大; 另一方面在压缩应变较大的情况下 ( $10\% \leq \epsilon \leq 35\%$ ) 仍能产生一定的单位压力。此外, 在压缩量较大的情况下只能引起较小的永久变形。因此, 此类橡胶可作为各种成形模的半模(凹模或凸模)与弹性元件(如顶件器、卸料器或压边圈等)。

3. 耐磨、耐油、耐老化以及抗撕裂性能较好。聚氨酯橡胶的耐磨性特别好, 约为天然橡胶的 5~10 倍, 故有耐磨橡胶之称。耐油性约为天然橡胶的 5~6 倍。此外, 耐大气老化的性能也很好。因此应用于制造冲压、钣金工艺装备的使用寿命远远超过天然橡胶。此外, 由于抗撕裂性能较好, 所以作为薄料冲裁模的凹模材料更为合适。

4. 可用以进行表面无损成形。由于在成形过程中聚氨酯橡胶与毛料之间错动较小, 零件表面一般不会划伤。所以可对电镀的、喷漆的、有浮雕的、多层组合的以及有包附层的毛料进行无损成形, 从而提高了这类零件的表面质量与劳动生产率。

5. 聚氨酯橡胶成形模结构简单, 制造容易。这种模具一般由一个钢制凸模与一个安装聚氨酯橡胶模垫的容框所组成。前者可以采用软钢制造, 后者结构简单, 制造周期短, 成本低且模具安装方便。

6. 切削性能较好。较硬的聚氨酯橡胶可以与金属一样地进行各种机械加工(如锯、钻、车、铣与磨等), 所以便于加工成各种形状的模具元件。

此外, 聚氨酯橡胶成形模所成形的零件回弹量较小, 且可以降低材料的极限弯曲半径; 另外, 一副模具可以成形尺



寸不同或厚度不同的零件。

生产实践证实，聚氨酯橡胶冲模具有一定的使用寿命。例如，国外成形荧光灯反射器的橡胶容框可成形十万个零件，弯曲次数达40万次。又如弯曲一个厚度为3毫米的软钢V形件，橡胶容框已弯曲14400个零件尚未发现损坏。又如弯曲自行车照明灯的托架（厚度为3毫米）的软钢零件，已生产十万个零件而容框内的聚氨酯橡胶模垫没有明显的磨损。又如厚度为0.3毫米钢板制成的经电镀的卡箍零件，已生产了五万个零件而容框内的聚氨酯橡胶模垫没有磨损的痕迹，零件的电镀表面也没有划伤的痕迹。

应当指出，聚氨酯橡胶虽然具有上述优点，但也存在一些缺点。例如对温度的敏感性较强，耐高温与低温的性能差，耐水解性也比较差。此外，目前的价格较高，模具的材料费用接近于制模钢材。

## 二、聚氨酯橡胶的机械性能与成分

不同的聚氨酯橡胶的机械性能是不同的。从冲压、钣金工艺的应用而言，有使用价值的是硬度为邵氏70~95A的聚氨酯橡胶。硬度为邵氏95A的橡胶主要应用于冲裁模、落锤模以及局部成形模等。在冲压过程中其压缩量一般不大于10%。硬度为邵氏70~80A的橡胶主要应用于各种成形模与弹性元件等。在成形过程中其压缩量一般处于10~35%之间。

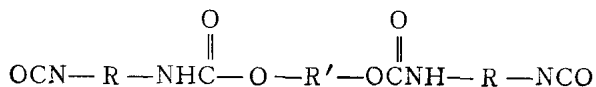
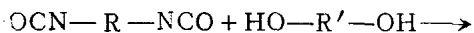
表1中列出各种硬度聚氨酯橡胶的机械性能。

聚氨酯橡胶的合成是以异氰酸酯（—NCO）反应为基础的。一般先制备分子量较低的预聚体，经扩链交联反应，最

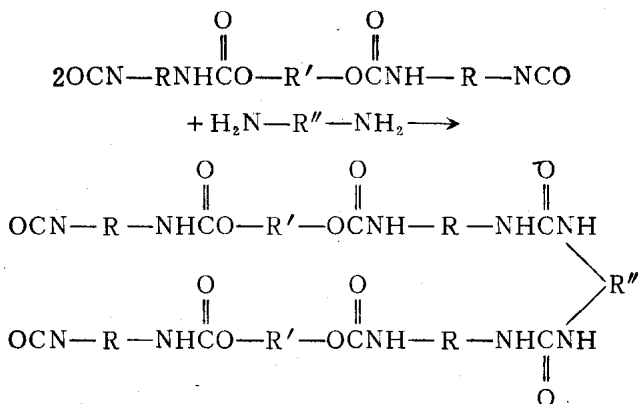
表 1 五种国产聚氨酯橡胶的机械性能

性能指标 \ 牌 号	8295	8290	8280	8270	8260
性能					
硬度(邵氏 A)	95 ± 3	90 ± 3	83 ± 5	73 ± 5	63 ± 5
伸长率(%)	400	450	450	500	550
强度极限(公斤力/厘米 <sup>2</sup> )	450	450	450	400	300
300%定伸强度(公斤力/厘米 <sup>2</sup> )	150	130	100	50	25
断裂永久变形(%)	18	15	12	8	8
阿克隆磨耗(厘米 <sup>3</sup> /1.61公里)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
冲击回弹性(%)	15~30	15~30	15~30	15~30	15~30
抗撕强度(公斤力/厘米 <sup>2</sup> )	100	90	80	70	50
脆性温度(°C)	-40	-40	-50	-50	-50
老化系数(100°C, 72小时)	≥0.9	≥0.9	≥0.9	≥0.9	≥0.9
耐油性(煤油、室温、72小时的增重率%)	≤3	≤3	≤4	≤4	≤4

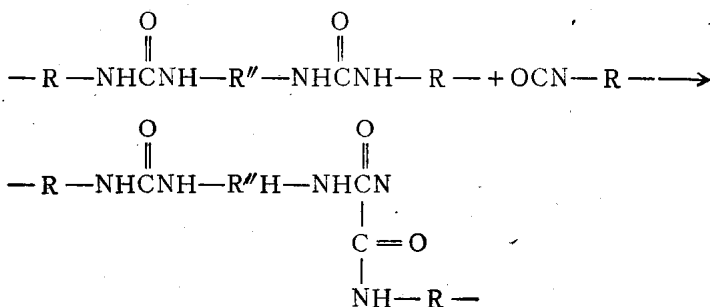
后制得硫化橡胶。浇注型聚氨酯橡胶的工艺特点是它完全革除了一般橡胶的传统加工方法，而采用液体注模成形。预聚体是利用二异氰酸酯与端羟基的聚酯或聚醚反应来制备的：



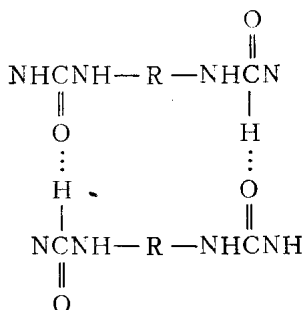
由于含端羟基的原料不同而区别为聚酯型或聚醚型。控制异氰基与羟基的比例 (NCO/OH) 可制得端基为异氰基或为羟基的预聚体，通常是制得端基为异氰基的预聚体，并且按端异氰基的含量高低，而最终可获得硬度高低不同的聚氨酯橡胶。扩链与交联反应的固化过程是使其与多元胺或多元醇等带活性氢的化合物反应而进行的。目前最常用的是芳香族二元胺，首先通过形成脲键而扩链：



然后由缩二脲键形成一级交联：



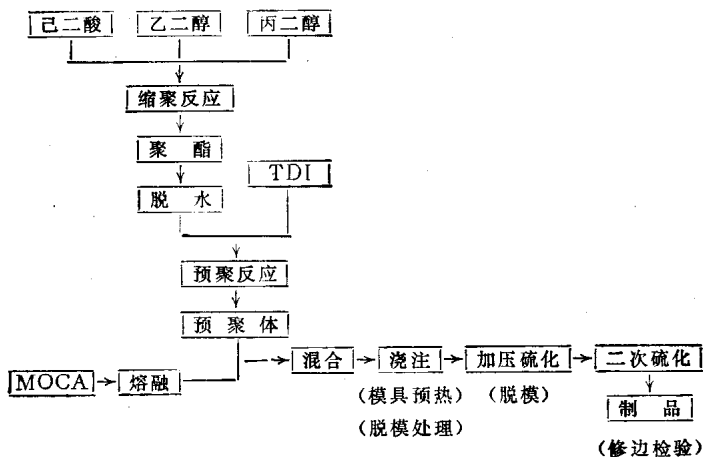
由分子间的氢键形成二级交联：



这样构成一个网状体形高弹性体。

目前应用于金属钣料压力加工中的聚氨酯橡胶主要是聚酯浇注型聚氨酯橡胶。它具有较高的强度。它由己二酸、乙二醇、丙二醇缩聚而成分子量 2000 左右的端羟基聚酯，进一步与甲苯二异氰酸酯 (TDI) 合成分子量较低的端基为异氰基的预聚体，再与 MOCA[4,4'-亚甲基双(2-氯苯胺)]熔融混合浇注模压成形，并经二次硫化而获得制品。

聚酯浇注型聚氨酯橡胶生产过程如下：



### 三、聚氨酯橡胶的压力 计算与硬度选择

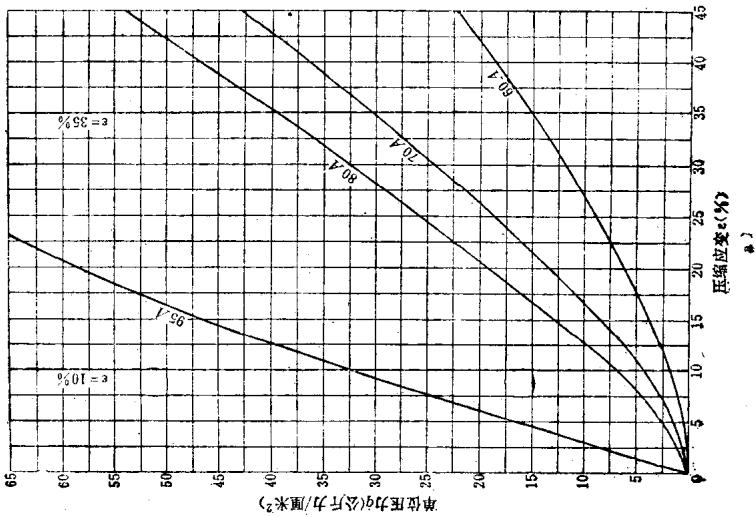
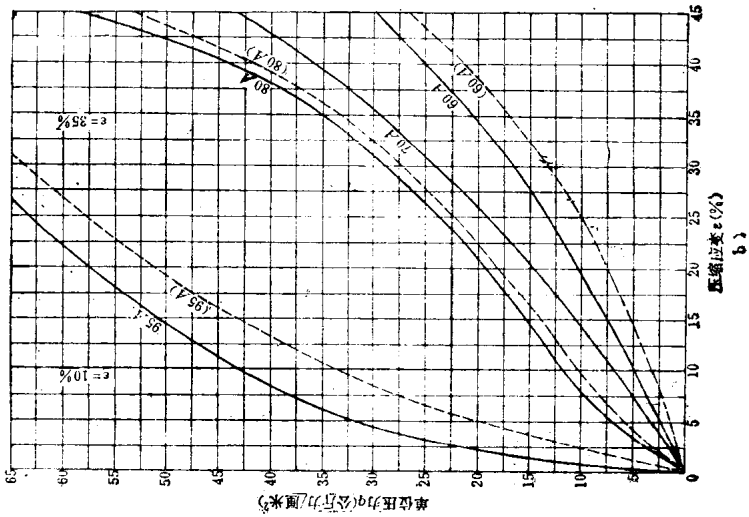
聚氨酯橡胶在成形模中可用作顶件器、卸料器与压边圈的弹顶元件以及无容框的模垫。必须根据已知的橡胶元件尺寸、压缩量以及所承受的载荷选择合适的硬度。

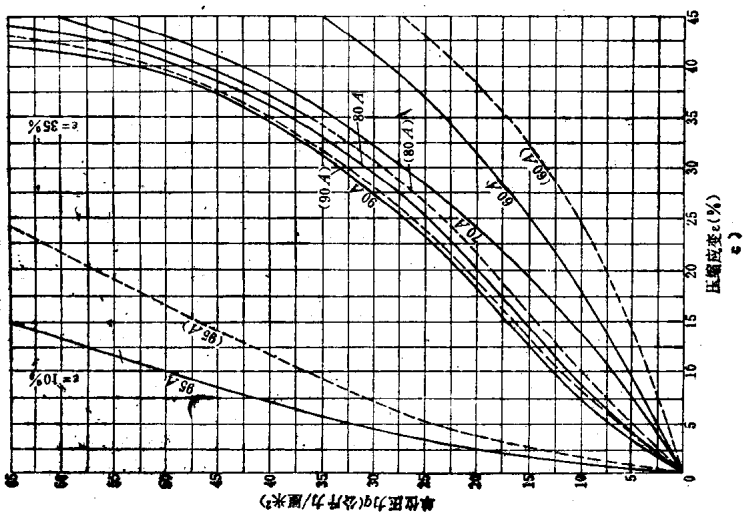
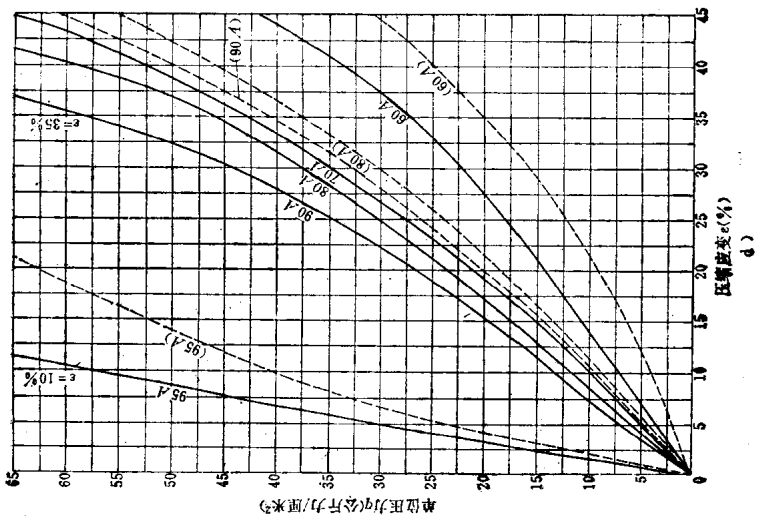
图 2 所示为五种国产聚氨酯橡胶（邵氏 95 A、90 A、80 A、70 A 与 60 A）在不同形状系数情况下所获得的压缩性能实验曲线族。

由于模具中所使用的橡胶元件形状与尺寸是多种多样的，为进行工艺计算方便起见，采用形状系数  $K$  标志橡胶元件各种不同的形状与尺寸。所谓形状系数是指橡胶元件承受载荷的作用面积与侧表面积之比。

由图 2 可获得各种硬度聚氨酯橡胶的形状系数  $K$ -近似弹性模量  $E'$  的实验曲线族，如图 3 所示。曲线族中的近似弹性模量  $E'$  是压缩应变为 10% 与 35% 时的平均值，所以是近似值。必须按图 4 所示的修正系数  $C$  加以修正而得弹性模量的最大值  $E_{最大}$ ，以此数据作为压力计算的依据，计算结果偏于安全。

由图中可见，聚氨酯橡胶处于无润滑情况下工作时，形状系数对于近似弹性模量影响很显著。特别是在压缩应变为 10~25% 的范围内影响更甚。在采用机油（20 号）润滑承载表面的情况下工作时，近似弹性模量可以显著减小，亦即可降低所需压力机的吨位。对于硬度为邵氏 70 A、80 A 与 90 A 的聚氨酯橡胶，在采用机油（20 号）润滑情况下的形状系数-近似弹性模量曲线几乎重合。





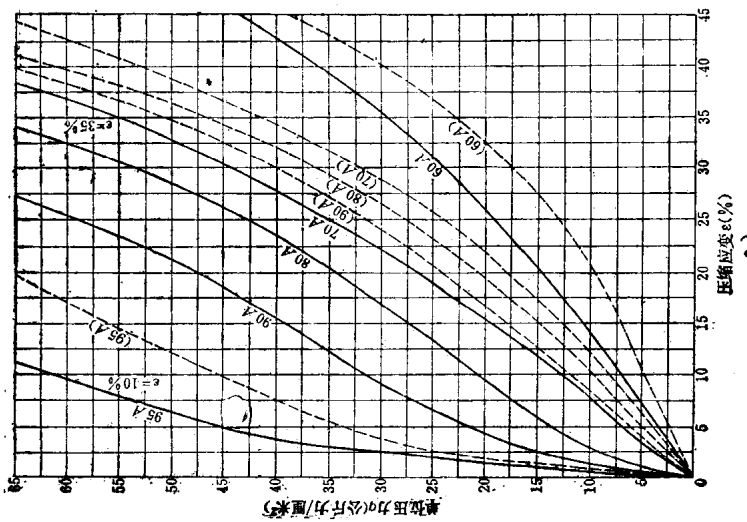
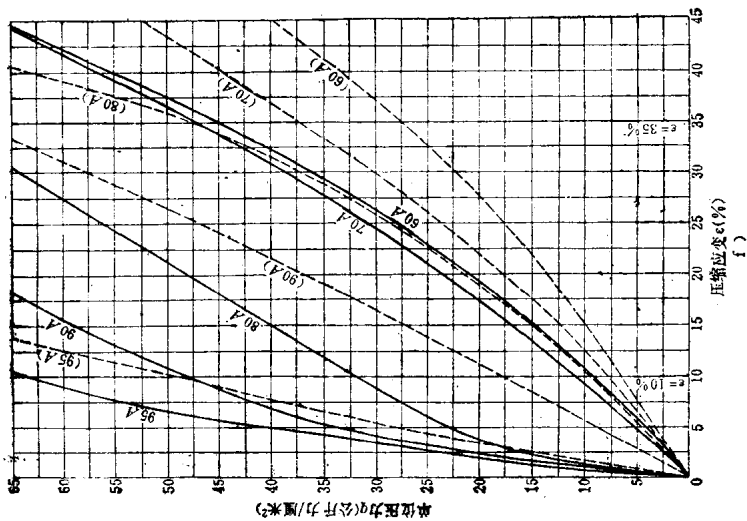


图2 各种硬度聚氨酯橡胶的压缩性能实验曲线族

a) 形状系数  $K=0.1$  b)  $K=0.78$  c)  $K=1.04$  d)  $K=1.56$  e)  $K=2.08$  f)  $K=3.13$



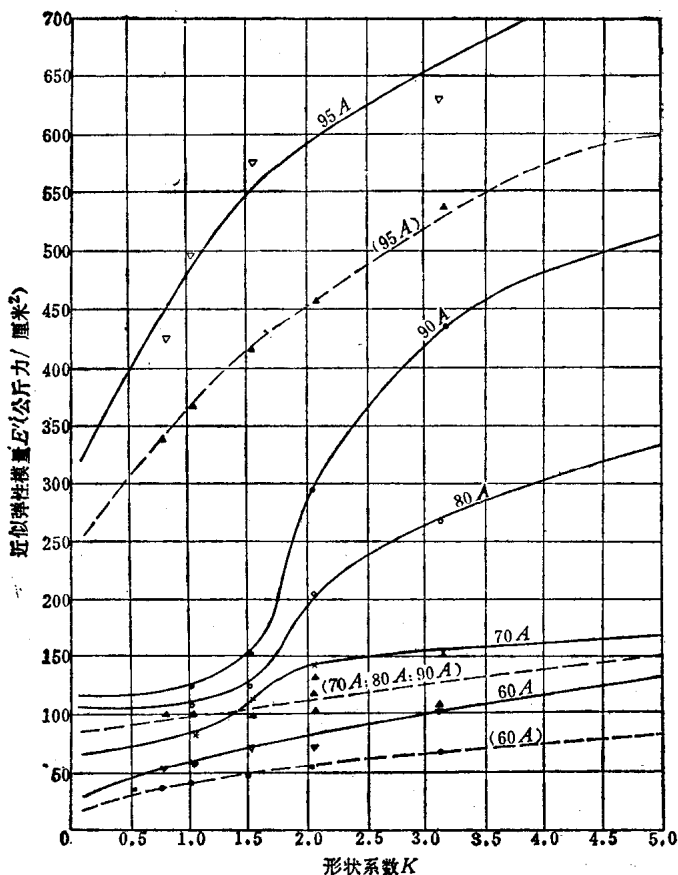


图 3 聚氨酯橡胶的形状系数  $K$ -近似弹性模量  $E'$  的实验曲线族

图 5 所示长方形橡胶元件的形状系数为：

$$K = \frac{F_1}{F_2} = \frac{lb}{2h(l+b)} \quad (1)$$

式中  $F_1$ ——载荷作用面积(毫米<sup>2</sup>)；

$F_2$ ——侧表面积(毫米<sup>2</sup>)。