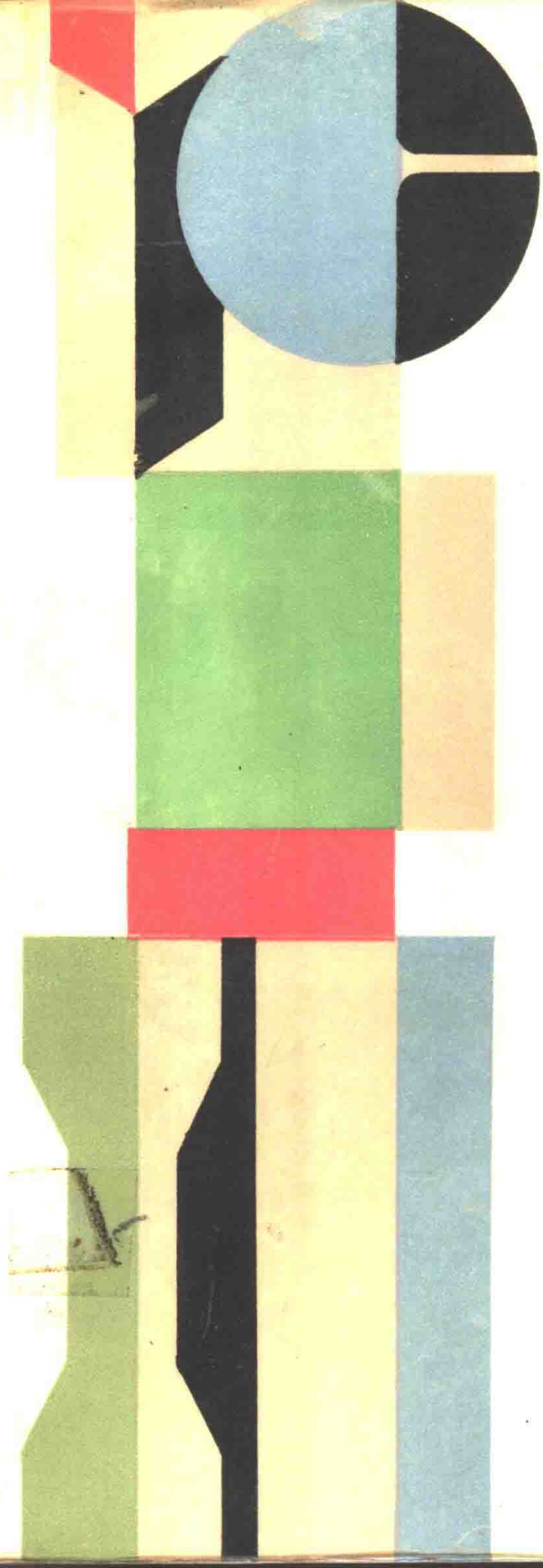


塑料性能评定



塑料性能评定

上海市塑料研究所

黄德余 主编

中国标准出版社

塑料性能评定

上海市塑料研究所

黄德余 主编

责任编辑 张巧华

中国标准出版社出版

(北京复外三里河)

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

版权专有 不得翻印

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ 印张 $8\frac{1}{2}$ 字数 203000

1990年12月第一版 1990年12月第一次印刷

ISBN7-5066-0290-3/TB·108

印数 1—4 000 定价 3.80 元

科目 229—25

内 容 简 介

本书着重介绍了聚酰胺、聚甲醛、ABS、聚乙烯、聚丙烯、聚四氟乙烯等15种主要国产树脂、塑料（除聚氯乙烯外）的物理力学性能、热性能、电性能和耐化学药品性能等。

本书图文并茂。附录中汇总了15种树脂、塑料的全面性能的实测数据。实用性强。对从事塑料研究、生产和使用的工程技术人员及其他行业的有关人员有重要的参考价值。

前 言

三十多年来我国塑料工业发展迅速,应用日益广泛,但仍处于不断开发、提高质量和继续发展阶段。为便于各行各业了解国产树脂、塑料的质量现状,在我所从1980年起陆续开展“塑料性能评定”课题研究的基础上撰写了本书。它着重介绍我国目前生产的主要树脂、塑料(除聚氯乙烯外)的物理力学性能、热性能、电性能和耐化学药品性等,并与国际上工业发达国家的同类产品进行对比。这在国内尚属首次。通过对比分析,肯定了国产树脂、塑料多方面的优良性能,同时也反映了存在的差距。

本书首先采用了现行国家标准规定的试验方法和法定计量单位;其次,由于对国内外同类产品在不同的测试环境下采用相同的试验方法,数据的可比性强,更具有实用的参考价值。

本书可供从事塑料生产和成形加工的工程技术人员了解材质的全面质量情况,特别是在高低温和特殊介质下的性能情况,并可从图表和实测数据中了解与国外同类产品的异同。从事塑料产品应用的工程技术人员,可根据实测数据和使用条件进行选材,做到安全可靠、物尽其用、经济合理。也可作为高分子和塑料专业的教学参考书。

我所参加塑料性能评定工作的主要人员有傅锦华、俞吉英、王麟书、马惠吉、黄尚元、卜春贤、费志英、仲慧珍、庄寿珍、郑谋鉴、吕皓明、丁志明、黄德余诸同志。

本书由高级工程师黄德余执笔主编,由名誉所长、总工程师郭钟福指导和审定,吕皓明、文逸萍做了大量的校核和绘图工作。

《塑料性能评定》一书的出版将使我所的研究成果为我国迅速发展的塑料工业做出一点积极的贡献。但由于我们水平有限,恳请广大读者批评指正。

上海市塑料研究所

目 录

第一章 聚酰胺·····	1
第一节 概述·····	1
第二节 物理力学性能·····	3
第三节 热性能·····	16
第四节 电性能·····	20
第五节 耐化学药品性·····	22
第二章 聚甲醛·····	25
第一节 概述·····	25
第二节 物理力学性能·····	26
第三节 热性能·····	34
第四节 电性能·····	37
第五节 耐化学药品性·····	38
第三章 聚碳酸酯·····	40
第一节 概述·····	40
第二节 物理力学性能·····	41
第三节 热性能·····	46
第四节 电性能·····	50
第五节 耐化学药品性·····	51
第四章 聚砒·····	53
第一节 概述·····	53
第二节 物理力学性能·····	55
第三节 热性能·····	60
第四节 电性能·····	64
第五节 耐化学药品性·····	66
第五章 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯·····	67

第一节	概述·····	67
第二节	物理力学性能·····	68
第三节	热性能·····	74
第四节	电性能·····	79
第五节	耐化学药品性·····	81
第六章	氟塑料·····	82
第一节	概述·····	82
第二节	聚四氟乙烯的物理力学性能·····	85
第三节	聚四氟乙烯的热性能·····	98
第四节	聚四氟乙烯的电性能·····	101
第五节	聚四氟乙烯的耐化学药品性·····	104
第六节	聚全氟乙丙烯的性能·····	105
第七章	聚对苯二甲酸丁二醇酯·····	112
第一节	概述·····	112
第二节	物理力学性能·····	113
第三节	热性能·····	120
第四节	电性能·····	123
第五节	耐化学药品性·····	126
第八章	聚对苯二甲酸乙二醇酯·····	127
第一节	概述·····	127
第二节	物理力学性能·····	129
第三节	热性能·····	137
第四节	电性能·····	140
第五节	耐化学药品性·····	141
第六节	PET的共混改性·····	144
第九章	聚酰亚胺薄膜·····	146
第一节	概述·····	146
第二节	物理力学性能·····	148
第三节	老化性能·····	153
第四节	电性能·····	158

第五节	耐化学药品性·····	164
第十章	聚甲基丙烯酸甲酯（有机玻璃）·····	166
第一节	概述·····	166
第二节	物理力学性能·····	168
第三节	热性能·····	177
第四节	电性能·····	179
第五节	耐化学药品性·····	180
第十一章	酚醛塑料·····	182
第一节	概述·····	182
第二节	物理力学性能·····	183
第三节	热性能·····	189
第四节	电性能·····	191
第五节	耐化学药品性·····	196
第十二章	氨基塑料·····	197
第一节	概述·····	197
第二节	物理力学性能·····	198
第三节	热性能·····	205
第四节	电性能·····	207
第五节	耐化学药品性·····	211
第十三章	聚乙烯·····	212
第一节	概述·····	212
第二节	物理力学性能·····	214
第三节	热性能·····	219
第四节	电性能·····	223
第五节	耐化学药品性·····	224
第十四章	聚丙烯·····	228
第一节	概述·····	228
第二节	物理力学性能·····	229
第三节	热性能·····	233
第四节	电性能·····	236

第五节	耐化学药品性·····	237
第十五章	聚苯乙烯·····	239
第一节	概述·····	239
第二节	物理力学性能·····	240
第三节	热性能·····	245
第四节	电性能·····	246
第五节	耐化学药品性·····	247
附录	塑料性能汇总表·····	249

第一章 聚 酰 胺

聚酰胺塑料是在聚酰胺纤维基础上发展起来的, 最早被用于承受负荷的热塑性塑料, 也是较为广泛地应用于机械、仪器、仪表和汽车等工业部门的一种工程塑料。

聚酰胺的品种在国外已达几十种, 目前我国, 聚酰胺 6、聚酰胺 66 及聚酰胺 1010 是三个批量生产的大品种。

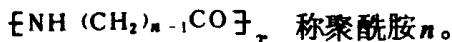
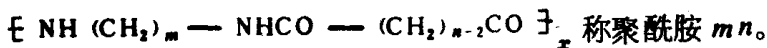
第一节 概 述

聚酰胺 (polyamide, 简称 PA) 塑料, 商品名为尼龙 (Nylon)。它的品种虽然很多, 但是它们都是分子中具有酰胺基团 $\left[\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}} - \text{NH} \right]$ 的线性高分子化合物。

聚酰胺可由二元胺和二元酸通过缩聚制取, 也可由内酰胺通过开环聚合而成。分子结构中主要由一个酰胺基和若干个次甲基 $-\text{CH}_2-$ 或其他环烷基、芳香基构成。

聚酰胺的命名由二元胺与二元酸中的碳原子数来决定, 如己二胺和己二酸反应所得的缩聚物就称聚酰胺 66, 并规定前一个数字指二元胺中的碳原子数而后一个数字为二元酸中的碳原子数; 若由氨基酸的自聚来制取的, 则由氨基酸中的碳原子数来定, 如己内酰胺中有 6 个碳原子, 故自聚物称聚酰胺 6。

聚酰胺的二种通式:



聚酰胺链段中重复出现的酰胺基团是一个带极性的基团, 这个基团上的氢, 能够与另一个酰胺基团的链段上的给电子的羰基

(CO) 结合形成相当强力的氢键, 使结构发生结晶化。这样就导致聚酰胺熔点升高, 其耐热性和力学性能优异。但链段中碳原子数目的多少则起冲淡酰胺基团所带来的特征的作用。例如聚酰胺 3 中链段的碳原子数少, 链段中出现酰胺基团比较频繁, 聚合物的熔点就很高 (340°C), 而在室温条件下吸湿性也非常高 (为 $7\% \sim 9\%$), 因此尺寸稳定性很差, 不能满足塑料的要求, 只能应用于纤维、人造革、织物等方面。又如链段中碳原子数目多的聚酰胺 11、聚酰胺 12, 聚合物的结晶度比较低, 柔软性增加, 低温力学性能好, 室温条件下吸湿性很低 (聚酰胺 11 为 1.0% , 聚酰胺 12 为 $0.6\% \sim 1.3\%$), 熔点低, 尺寸稳定性好, 加工性能亦好。

聚酰胺常温下的拉伸、冲击、疲劳性能及耐油性较好。摩擦系数小, 耐磨与自润滑性优良。耐燃烧性和耐化学药品性好, 能耐碱和大多数无机盐的水溶液, 耐卤代烷烃、酯类、酮类、烃类等有机溶剂。密度为 $1.02 \sim 1.14 \text{g/cm}^3$, 仅为一般金属的八分之一左右。本身无嗅、无味、无毒, 不会霉烂, 易染色。由于聚酰胺具有这些优良性能, 所以广泛用来制造轴承、齿轮、凸轮、涡轮、泵叶、阀座、垫圈、密封圈、辊筒、油管及油箱等等。近年来聚酰胺产量提高、成本下降, 也用于制作日常生活用品, 如刷子、梳子、旅游鞋、拉链、球拍等。

虽然聚酰胺具有许多优点, 但它的缺点是热变形温度低, 长期使用温度较低 (80°C 以下), 易吸湿, 蠕变性较大。此外, 由于聚酰胺的力学性能及其制品的尺寸稳定性在使用过程中, 均会明显地随着环境的温度和湿度的变化而变化, 故聚酰胺制品不宜使用于高温 (大于 80°C)、潮湿及高负荷的场合。

聚酰胺不仅物理力学和电性能优良, 而且工艺性能良好, 可用注射和挤出成形方法, 也可用车削、钻孔、锯割等进行二次加工。

聚酰胺性能评定试验用原料及基本性能见表 1-1。

表 1-1 聚酰胺原料及基本性能

品 种	相对粘度	分子量	结晶度, %	密度, g/cm ³	制 造 厂
PA6	1.915	21300	50.3	1.13	上海塑料制品十八厂
日本PA6 (1022B)	1.874	20500	49.2	1.13	日本宇部兴产株式会社
PA66 (M17)	1.684	15400	52.2	1.14	上海塑料制品十八厂
PA1010 (II型)	2.130	—	56.4	1.04	上海赛璐珞厂

第二节 物理力学性能

一、吸水性

聚酰胺塑料与其他塑料相比,其吸湿性较大,这是由于聚酰胺结构中含有带亲水性的酰胺基 $\text{—}\overset{\text{O}}{\underset{\text{||}}{\text{C}}}\text{—NH—}$ 。聚酰胺的各种性能与含湿量成函数关系,它的含湿量与外界大气的湿度相平衡,并随外界湿度的变化而变化,所有聚酰胺品种毫无例外均对水表现了这种关系,其区别仅在于吸水的速度和数量的不同而已。在各种环境条件下含湿量见表1-2。

表 1-2 聚酰胺的平衡含湿量

平衡含湿量, %H ₂ O 条件 \ 品 种	PA 6	PA66	PA1010	PA610	PA11	PA612
23℃, 50% RH	3.0±0.4	2.8±0.3	1.1±0.2	1.4±0.2	1.0±0.2	1.3±0.2
20℃, 65% RH	3.6±0.4	3.3±0.3	1.2±0.2	1.7±0.2	1.1±0.2	1.6±0.2
20℃, 水中	9.5±0.5	8.5±0.5	1.9±0.2	3.3±0.3	1.8±0.2	3.2±0.3

平衡含湿量是指试样在某指定条件下,经过长时间的预处理达到基本恒定的含湿量。聚酰胺的吸湿过程是一个缓慢过程,在室温条件下(23℃, 50% RH)厚4 mm的PA66和PA6试样需一年左右才能达到平衡含湿量,图1-1是PA6及PA66在室温条件下含湿量与时间的函数关系图。图1-2系采用 $\phi 50\text{ mm} \times 2\text{ mm}$

三种聚酰胺圆片放置在蒸馏水中，聚酰胺的吸水量随放置时间的增加而增大，因此聚酰胺试样必须进行预处理，但在室温条件下处理时间需很长（如上述需一年左右），对生产和研究单位都是不可取的。在国际上和我国目前都正在试验一种聚酰胺加速预处理的方法，即使试样在较高温度（ $50\sim 70^{\circ}\text{C}$ ）和较高湿度（ $60\%\sim 70\%\text{RH}$ ）条件下，可在短期内（ 20d 以内）达到与试样存放在 23°C ， $50\%\text{RH}$ 条件下一年所具有的平衡含湿量值。

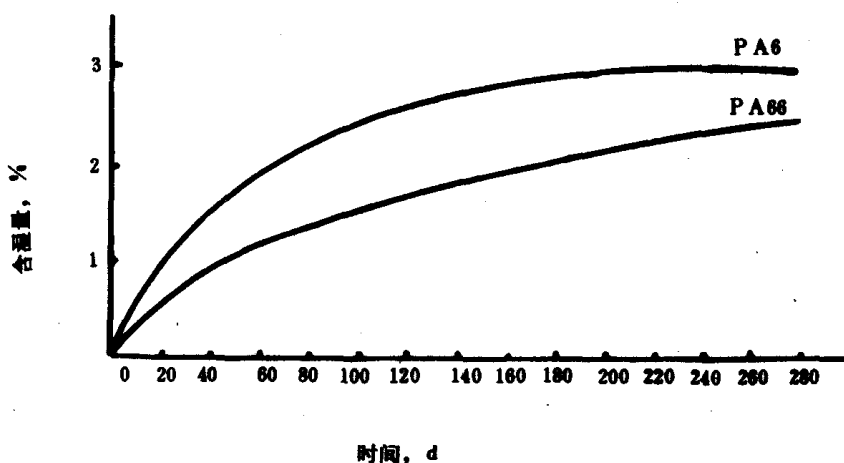


图 1-1 聚酰胺的含湿量与时间的关系

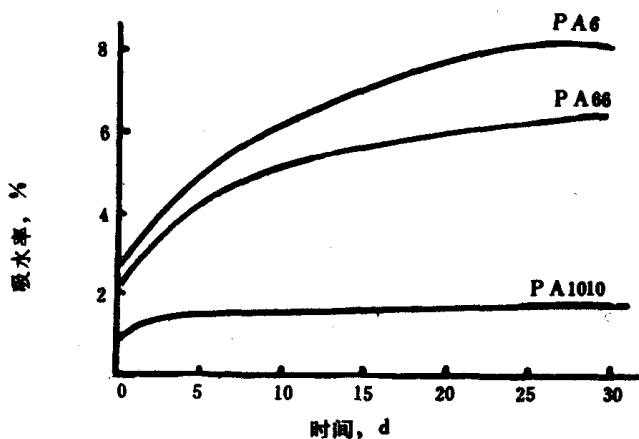


图 1-2 聚酰胺的吸水率与时间的关系

吸湿后的树脂，不仅在加工过程中会遇到许多困难，例如：融体粘度下降，制品表面出现气泡、银丝、斑纹等缺点，而且所得制品的力学性能也显著下降。为了避免这些情况的发生，聚酰胺树脂在成形加工前必须进行干燥处理，使树脂含水量控制在0.3%以下（最好在0.1%以下），这样就能得到比较理想的制品。

聚酰胺的尺寸稳定性受吸水性的影响，由于吸水而发生制作尺寸的变化，往往会成为尺寸精密度要求高的机械零件发生故障的原因。因此聚酰胺不适于制造精密度要求高，尺寸稳定性好的零件。

二、硬 度

各种聚酰胺的表面硬度没有多大差别，其中以聚酰胺66硬度值较高，因此其力学性能较好。聚酰胺的硬度值受温度和含湿量的影响很大。对四种聚酰胺进行球压痕硬度、洛氏硬度和布氏硬度的测试，其结果见表1-3。

表 1-3 聚酰胺的硬度值

硬 度	单 位	试验方法	PA 6	日本 PA 6	PA 66	PA 1010
球压痕硬度H	N/mm ²	GB 3398	83.3	79.4	89.2	81.3
洛氏硬度HRM		GB 9342	60.0	52.0	70.5	55.8
布氏硬度HB	N/mm ²	HG 2—168	107.8	100.8	130.8	104.9

三、摩 擦 磨 损

在许多工程中，摩擦与磨损性能是很重要的。例如作轴承和齿轮的材料应具有低的摩擦系数及高的抗磨损能力。聚酰胺的特点之一是耐磨和自润滑性好，具有比较低的摩擦系数及高的抗磨损能力。

按塑料滑动摩擦磨损试验方法 GB 3960 进行无润滑和滴油润滑（滴20号机油），两种润滑条件试验结果见表1-4。

聚酰胺滚动磨损试验按塑料滚动磨损试验方法GB 5478,采用GM-17磨轮，在9.8N负荷下连续运转1000转，试验结果见

表 1 - 5。

表 1 - 4 聚酰胺滑动摩擦磨损试验

品 种	磨损量, mg		磨痕宽度, mm	摩擦系数 μ	
	无 润 滑	油 润 滑		无 润 滑	油 润 滑
PA 6	11.9	3.1	5.0	0.58	0.15
日本 PA 6	8.6	1.2	7.3	0.60	0.14
PA 66	22.4	1.1	8.4	0.58	0.13
PA 1010 ^①	10.9	1.2	4.2	0.64	0.12

注: ① PA1010在无润滑试验时, 因用196 N 负荷试样发生热变形, 而改用147 N, 其他条件不变。

表 1 - 5 聚酰胺滚动磨损试验

品 种	PA 6	日本 PA 6	PA 66	PA 1010
性 能				
质量磨损, mg	12.1	9.8	10.5	7.4

塑料磨损性能的测量是比较复杂的, 影响磨损性能的因素很多, 由于磨损方式不同, 它的结果差异很大, 无法比较, 因此根据实际使用情况来选择磨损方式。

由于聚酰胺能在无油润滑下操作, 故尤其适用于不容许使用润滑油的纺织、食品加工、家用电器等的机件, 如轴承、凸轮、衬套等零件, 且运转时无噪音。

四、蠕 变

聚酰胺的蠕变是工程设计人员所关心和重视的, 聚酰胺压缩蠕变的试验方法系参照ASTM D621标准, 测定在15MPa 压缩应力、不同温度下(23℃、50℃及70℃)的压缩变形。图1-3~图1-6是四种聚酰胺在不同温度下的压缩蠕变曲线。

从压缩蠕变曲线图中可以得出, 聚酰胺的蠕变值较大, 因而它不适用于制造精密制件。在聚酰胺中PA66的蠕变性能较好, 因此可用于制作机械、化工及电气零件。国产PA 6的蠕变性能比日

本PA6好。负荷和温度对聚酰胺的蠕变性能影响极大，在工程设计中，首先确定实际使用条件，然后再进行试验，该数据具有指导意义。

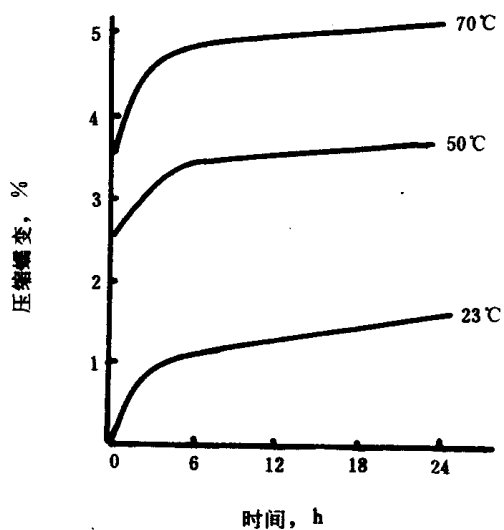


图 1-3 PA6 压缩蠕变曲线

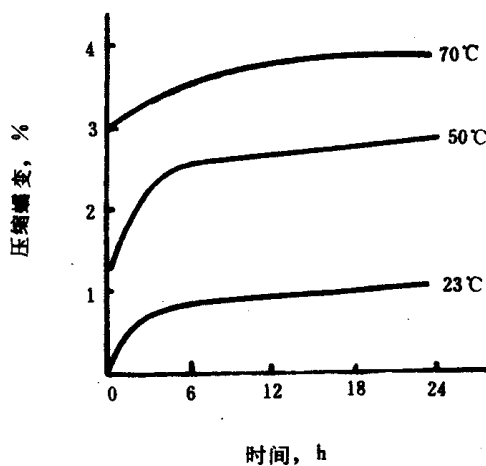


图 1-4 PA66 压缩蠕变曲线

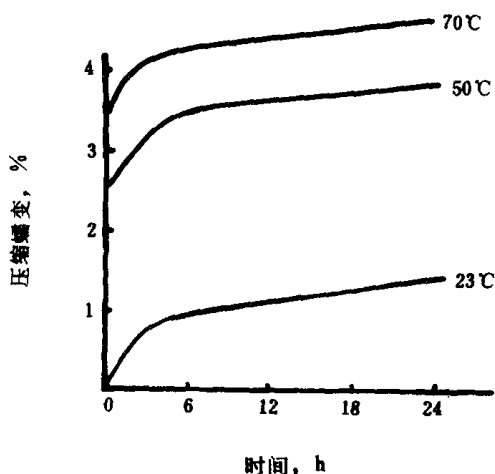


图 1-5 PA1010 压缩蠕变曲线

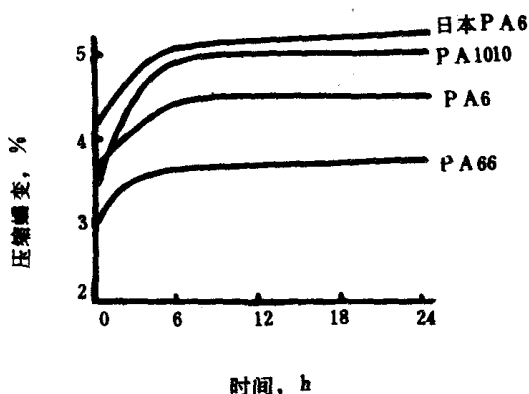


图 1-6 70°C 下聚酰胺的压缩蠕变曲线

五、拉伸强度

聚酰胺的拉伸性能较好，常温下的伸长率高达300%以上，图 1-7 是四种聚酰胺在23°C下拉伸应力-应变曲线。从图中可以看出聚酰胺应力-应变曲线下的面积很大，表示了断裂过程中消耗的能量大，也就是聚酰胺韧性大，是典型的硬而韧的材料。拉伸弹性模量均达 10^3MPa 以上，其中PA66最佳，国产PA6比日本PA6高。