

第一章 职业道德

随着科学技术进步和现代化管理发展步伐的加快，产品（商品）质量在生产领域、流通领域越来越受到人们的重视。而国家质检行业的各级技术机构的从业人员以及各生产企业的质检人员的主要工作就是采用仪器设备对产品质量的特性指标进行检测、试验，用数据对其指标进行评判。因此，掌握本岗位的检测技术、检测方法以及所使用的仪器设备的基本原理，是员工上岗的必备条件。正是在这种形势下，我们才要进一步推行质检人员的职业培训。

为了适应我国加入 WTO 后所面对的新的国际竞争形势，质检人员培训工作必需深化改革，全面推进素质教育，加强职工道德修养。

职业道德是人们在一定的职业活动范围内所遵守的行为规范的总和。质检人员的职业道德是对质检人员在职业活动中的行为的规范。质检人员的职业道德修养，主要是指职业责任、职业纪律、职业情感以及职业能力的修养。优良的职业道德是新时期质检行业端正行业作风和加强精神文明建设的需要，也是树立技术监督“科学、公正、廉洁、高效”的行业形象的需要。

质检人员的职业道德规范主要包括 7 个方面的内容，它们分别是：

1. 爱岗敬业，忠于职守

各行各业的工作人员，都要热爱本职工作，忠于职守。这是职业道德的一条主要规范。质检人员要有强烈的事业心和责任感，要忠于质检这个特定的工作岗位，自觉履行质检人员的各项职责，认真做好各项工作，注重社会主义精神文明建设，反对不良思想和作风。

2. 遵纪守法，严守机密

遵纪守法，严守机密是质检人员职业活动能够正常进行的重要保证。质检人员应严格遵守国家和上级部门的有关质量法规和方针政策，坚持科学的态度和公正的立场，严格执行标准，依法办事，对出具的检验数据负法律责任。质检人员还应严守机密，为委托人提供的样品、资料及所有与测试相关信息要注意保密，未经委托人授权保证不向任何一方提供，也不用于本单位测试技术开发或咨询，严格维护委托人的专利权和所有权。

3. 秉公办事，诚实守信

质检人员必须秉公办事，严格执行各项规章制度，不以权谋私，不弄虚作假，坚决杜绝不正之风。对客户应诚实守信，委托检验应在与客户商定的时间内完成；应严格按照规定收取检验费，不得擅自提高收费标准，不准刁难客户。

4. 热情接待，优质服务

要树立为客户和企业服务的思想，急客户之所急，想客户之所想，力求减轻客户的负担。凡是客户要求加急检测的样品，应主动调整检验次序或加班检验，以满足客户的需要。对业务的接洽要做到热情、耐心、细心，对客户的提问尽力给予满意的答复；委托检验中客户未能提出所依据的标准、技术参数或检验项目的，应主动为其提供咨询服务。

5. 实事求是，工作认真

质检人员要坚持实事求是的工作作风。根据标准要求，科学检测。检测工作的各个环节都要求准确，一切以数据说话。在工作中认真负责，切忌主观臆断，分析问题必须从客观实际出发。委托人对检测结果和工作质量有异议时，可以提出申诉，由有关部门负责受理，并将处理结果及时反馈给申诉者。确因本单位工作失误造成检测结果错误的，应负责出具更正报告以挽回影响。

6. 积极主动，团结合作

质检工作决定了从业人员应具有积极主动、团结合作的精神。工作中要求全体人员要积极协调，主动配合，团结合作，形成合力，共同开展质检的各项工作。还要求质检人员能够脚踏实地，埋头苦干，任劳任怨，不计个人得失，维护和树立本单位的整体良好形象。

7. 刻苦学习，勇于创新

现代社会科学技术的发展突飞猛进，新技术、新材料不断涌现，知识更新速度加快，因此，要求材料检测人员要刻苦学习，不仅具有丰富的基础知识和专业知识，还要了解本行业的发展动态，掌握新的技术，以适应工作的需要。

质检人员是否具有好的素质是一个非常重要的问题，它是评价质检人员是否称职的基本依据。因此，质检人员必须勤奋学习，刻苦钻研，努力提高自身的思想素质和业务水平。质检人员还必须不断更新观念，勇于开创新的工作局面，不断提出新问题，研究新方法，走出新路子。

质检人员要根据自身不同的分工和行业发展形势的需要，掌握产品质量检验所需要的各项具体技能，同时还应掌握实验室的各种管理知识，以便进一步提高本单位的经济效益和社会效益。

第二章 金属材料和高分子材料常温拉伸试验

第一节 拉伸试验的工程意义

任何工程材料受力后都会产生变形。这个变形过程大体上可以分为弹性变形、塑性变形和最后断裂三个基本阶段。所谓弹性，是指固体材料在外力作用下改变其形状与大小，但当力撤去后即恢复原来状态的性质。而塑性是指固体材料受到超过一定特定值的外力作用时，其形状与大小会发生永久性变化的特性。而断裂是固体材料受外力作用变形的最终结果，也就是固体材料受力变形产生裂纹和裂纹扩展到一定的临界值后即产生断裂。

静拉伸试验是一种较简单的力学性能试验。它能够清楚地反映出材料受力后所发生的弹性、弹塑性与断裂三个变形阶段的基本特性。静拉伸试验对所测试的力学性能指标的测量稳定可靠，而且理论计算方便。因此各个国家和国际组织都制定了完善的拉伸试验方法标准，将拉伸试验方法列为力学性能试验中最基本、最重要的试验项目。

由拉伸试验得出的力学性能指标包括诸如规定的非比例延伸强度、屈服强度、抗拉强度等强度指标，断后伸长率、断面收缩率等塑性指标，弹性模量、泊松比等力学常数以及表征材料形变硬化规律的参数。这些力学性能参数的测试为工程材料的材质检验、结构强度设计、工程材料的选用以及塑性成型理论与加工工艺等方面提供了技术评定依据。因此，静拉伸试验是工程上最广泛采用的力学性能试验方法之一。

第二节 材料拉伸时的力学性质

一、力—伸长曲线图

在进行静力单轴拉伸试验时，按 GB 228 标准规定的速率对试样施力，利用万能材料试验机上的自动绘图装置或者加设的自动绘图系统，可以绘出试样在试验过程中力与伸长量之间的关系曲线，即所谓力—伸长曲线图，或称作拉伸图。由于利用该图不仅能明确显示出材料在拉伸过程中的变形特征，而且根据精确绘制的力—伸长曲线图，还可以直接得出主要力学性能试验数据。因此国际标准和国家标准都将力—伸长曲线图的绘制列入测定项目，并对实验作了明确的精度要求。

由于退火低碳钢在拉伸试验过程中明显地表现出不同的变形阶段，所以通常将低碳钢的力—伸长曲线图当作典型情况来说明材料的拉伸特性。如图 2-1 所示。

图中的纵坐标表示力 F ，单位为 N ；横坐标表示绝对伸长量 ΔL ，单位为 mm 。低碳钢的 $F-\Delta L$ 关系曲线可以分为如下几个阶段：

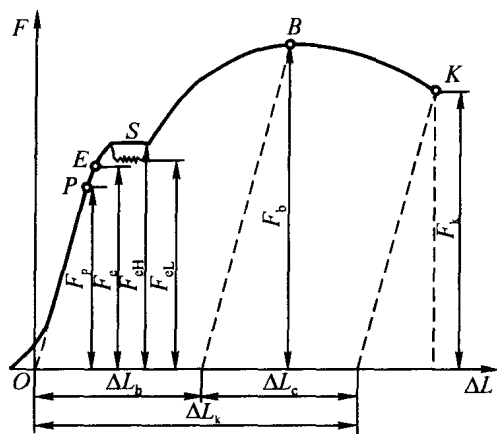


图 2—1 低碳钢的力—伸长曲线图

OE——弹性阶段。此阶段的试样变形完全是弹性变形，卸力后试样即恢复原状态。力比较小时，试样伸长随力成正比地增加，保持正比的比例关系。超过比例伸长力 F_p 后， $F-\Delta L$ 呈非比例关系，直至最大弹性力 F_e 。一般说来， F_p 与 F_e 是很接近的。

ES——屈服阶段。当力超过 F_e 后，再卸力时，试样的伸长只能部分地恢复，而保留一部分残余变形，卸力后的残余变形叫做塑性变形。当力增加到一定值时，测力度盘的指针停止转动或开始往回转，力—伸长曲线图上出现了平台或锯齿状的峰和谷，这种在力不增加或减少的情况下试样还继续伸长的现象叫屈服。平台阶段的力为屈服力。试样屈服时力首次下降前的屈服力为上屈服力，当不计初始瞬时效应时屈服阶段中的最小力为下屈服力，屈服后，材料开始明显塑性变形，金属试样表面出现滑移带。

SB——强化阶段。在屈服阶段以后，要使材料继续变形必须不断施力，随着塑性变形增大，材料变形抗力不成比例地逐渐增加。这种现象叫做形变强化或加工硬化。力—伸长曲线图上断裂前的最大力 F_b 即为材料在拉伸时的最大力。

BK——局部塑性变形阶段。当力达到最大值 F_b 后，试样的某一部分横截面开始急剧缩小，即出现“缩颈”现象。试样抗力下降，施加的力也就随之下降而变形继续增加，这时变形主要局限于“缩颈”附近，直至断裂。

工程上使用的金属和高分子材料，多数没有明显的屈服现象，其力—伸长曲线如图 2—2 的 (a) 和 (b) 所示，图 2—2 (a) 是塑性材料的力—伸长曲线图，如铝合金、铜合金、调质钢等。图 2—2 (b) 是低塑性材料的力—伸长曲线。它不但没有屈服现象，而且也不产生“缩颈”，最大的力就是断裂时的力，此类材料如塑料、有机玻璃、玻璃钢及金属材料的球墨铸铁等。

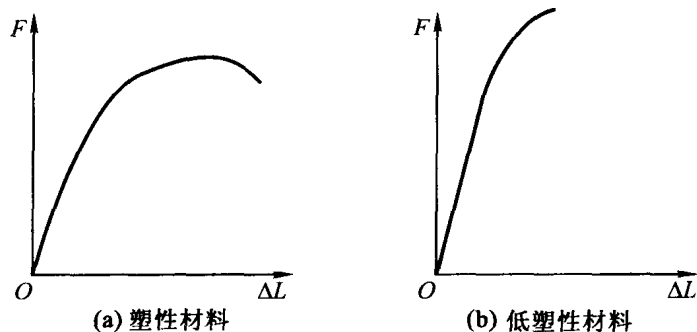


图 2—2 力—伸长曲线

利用万能材料试验机自动绘图所绘出的力—伸长曲线图中伸长量 ΔL 主要包括整个试样及试验机与夹头本身的弹性变形、夹头与试样头部的间隙及使试样自动调整对中的球面承座的滑动等因素。因此，力—伸长曲线图的起始部分是一段曲线。有时为了满足单轴拉伸条件，以便测定力学常数，还必须对试样施加一定大小的初始力。

二、应力—应变曲线图

力—伸长曲线图只代表试样的力学性质，因此该图的横坐标值和纵坐标值均与试样的几何尺寸有关。若将力—伸长曲线图的纵坐标（力 F ）除以试样原始横截面积 S_0 ，并将横坐标（伸长 ΔL ）除以试样的标距 L_0 ，则得到的曲线与试样无关，因而可代表材料的力学性质。此曲线称为应力—应变曲线或 $R-\epsilon$ 曲线。

下面仍以低碳钢为例介绍一下 $R-\epsilon$ 曲线（如图 2—3 所示）中的几个特殊点及与之相应的应力含义。

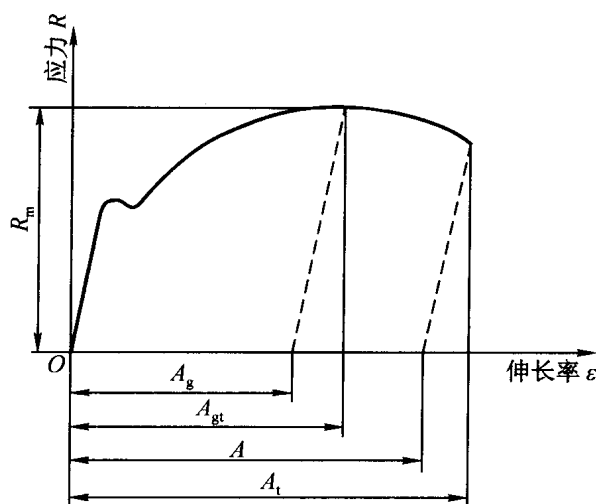


图 2—3 低碳钢的应力—应变曲线图

在弹性阶段内，应力与应变成正比关系，即服从虎克定律。它所对应的最大应力为材料的比例延伸强度，通常称为比例极限，以 R_p 表示。但该应力很不容易测得。GB 228 拉伸试验方法标准就规定了测试方法，它规定了非比例延伸强度，即规定非比例伸长达到规定值的应力，如 $R_{p0.1}$ ， $R_{p0.01}$ 等。如某金属材料试样的原始标距 $L_0 = 50 \text{ mm}$ ，其中的 $R_{p0.1}$ 即该试样在拉伸试验中非比例伸长的应变达到 0.05 mm 时的应力。

在屈服阶段，应力 σ_s 有幅度不大的波动时，试样发生屈服，而力首次下降前的最大应力，称为上屈服强度 R_{eH} ，在不计初始瞬时效应时的最小应力称为下屈服强度 R_{eL} 。下屈服强度较为稳定，不会在很大程度上受拉伸速度的影响。

在强化阶段，最大拉伸力所对应的应力表示试样的工程应力达到最大值，作为材料的抗拉强度，以 R_m 表示。

第三节 金属材料和高分子材料的拉伸试样

一、金属材料拉伸试验试样

金属材料拉伸试验的试样目前可遵循的国家标准是 GB/T 228 附录 A, B, C, D 及特殊的行业试样标准, 如 GB/T 16865 《变形铝、镁及其合金加工制品拉伸试验用试样》。而《金属拉伸试验试样》标准所规定的试样形状、尺寸和要求是所有黑色金属和有色金属材料所通用的。若有关标准和技术协议无特殊规定的话, 所有棒材、型材、板(带)材、管材、线(丝)材、铸件、压铸件和锻件的试样均按该标准的规定执行。

1. 拉伸试样的一般规定

金属拉伸试样总体可分为比例试样和定标距试样两种。所谓比例试样, 系按公式 $L_0 = k \sqrt{S_0}$ 计算而得来的试样原始标距长度的试样。式中 L_0 为标距长度, S_0 为试样原始截面积, k 为常数系数, k 通常为 5.65 或 11.3, $k=5.65$ 也称为短试样, 此时的原始标距应不少于 15 mm; $k=11.3$ 试样为长试样。对于圆形试样来说, 标距长度为工作直径 d 的 5 倍时为短试样, $L_0=10d$ 时为长试样。但在特殊情况有关标准有规定时, 也用 $L_0=4d$ 或 $L_0=8d$ 的试样。

2. 拉伸试样分类

对于金属棒材, 一般采用圆形截面的试样。其直径通常为 3~25 mm。试样又分带夹头和不带夹头的两种, 而带夹头的试样又分单肩夹头和双肩夹头两种。仲裁试样应采用双肩带夹头试样。单、双肩试样夹头可为圆柱形或螺牙形。

(1) 圆形截面

试样形状和尺寸见图 2-4。

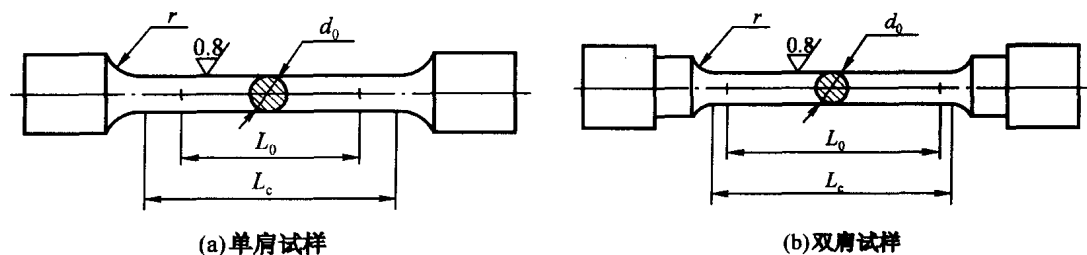


图 2-4 带夹头圆形试样图

圆形比例试样尺寸见表 2-1。

表 2-1 圆形比例试样尺寸表 mm

一般尺寸		短试样			长试样		
d	r	试样号	L_0	L_c	试样号	L_0	L_c
25	$\geq 0.75d$	R1	$5d$	$\geq L_0 + d/2$ 仲裁试验: $L_0 + 2d$	R01	$10d$	$\geq L_0 + d/2$ 仲裁试验: $L_0 + 2d$
20		R2			R02		
15		R3			R03		
10		R4			R04		
8		R5			R05		
6		R6			R06		
5		R7			R07		
3		R8			R08		

注：1. 如相关产品标准无具体规定，优先采用 R2, R4 或 R7 试样。

2 试样总长度取决于夹持方法，原则上 $L_c > L_0 + 4d$ 。

机加工的图形横截面试样横向尺寸公差和形状公差应符合表 2-2 的规定要求。

表 2-2 试样横向尺寸公差与形状公差 mm

名称	标称横向尺寸	尺寸公差	形状公差
机加工的圆形横截面直径	3	± 0.05	0.02
	$>3 \sim 6$	± 0.06	0.03
	$>6 \sim 10$	± 0.07	0.04
	$>10 \sim 18$	± 0.09	0.04
	$>10 \sim 30$	± 0.10	0.05

对于恒定横截面试样，可以根据测量的试样长度、试样质量和材料密度确定其原始横截面积。试样长度的测量应准确到 $\pm 0.5\%$ ，试样质量的测定应准确到 $\pm 0.5\%$ ，密度应至少取 3 位有效数字。

(2) 矩形试样

对厚、薄板材，一般采用矩形试样。根据厚度（通常为 0.10~25 mm），采用宽度为 10 mm, 12.5 mm, 15 mm, 20 mm, 25 mm, 30 mm 的 6 种试样，比例试样尽可能采用 $L_0 = 5.65 \sqrt{S_0}$ 的短比例试样。矩形试样也可分为带夹头和不带夹头的比例或定标距的两种，加工矩形试样的宽度为 10~15 mm 时，在标距内偏差为 ± 0.2 mm，其最大与最小宽度差小于等于 0.1 mm，对宽度为 20~30 mm 的矩形样，宽度偏差为 ± 0.5 mm，最大与最小宽度差小于等于 0.2 mm。对于小于 3 mm 的薄板试样，宽度公差在仲裁试验时要求宽度在 10~15 mm 时为 0.04 mm；宽度为 20 mm 时为 0.05 mm。矩形拉伸试样形状如图 2-5 所示。

一般尺寸			L_0	L_c		试样编号
a	b	r		带头	不带头	
$0.1 \sim < 3$	12.5	≥ 20	50	75	87.5	P5
	20		80	120	140	P6
> 3	12.5	≥ 12	50	$\geq L_0 + 1.5 \sqrt{S_0}$ 仲裁试验: $L_0 + 2 \sqrt{S_0}$		P12
	20		80			P13
	25		50			P14
	30		50			P15
	40		200			P16

(3) 管材试样

管材试样一般为自管材切取的全截面管段或从管材切取的全壁厚纵向条状试样。对于 d 小于等于 50 mm 的无缝管及焊管，可切取全截面管段进行试验。对于 d 大于等于 50 mm 的管可切取纵向弧形试样，对于管材壁厚大于等于 8 mm 的，可制成纵向圆形试样。

全截面管段拉伸试样如图 2-6 所示，形状尺寸见表 2-5。

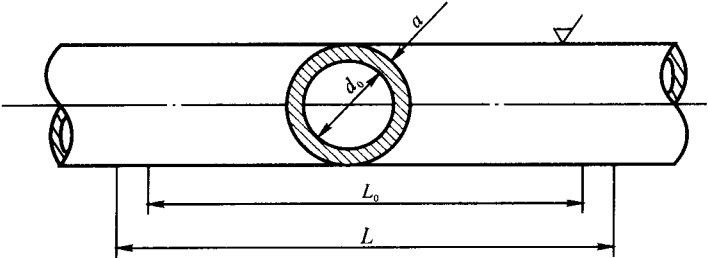


图 2-6 全截面管段拉伸试样图

表 2-5 管材尺寸表

试样号	L_0	L
S7	$5.65 \sqrt{S_0}$	$\geq L_0 + 1.5 \sqrt{S_0}$ 仲裁试验: $L_0 + 2 \sqrt{S_0}$
S8	50	≥ 100

管材纵向弧形比例试样以及定标距试样形状见图 2-7，尺寸见表 2-6。

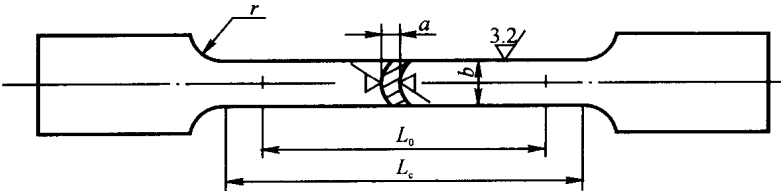


图 2-7 管材纵向弧形比例试样及定标距试样图

表 2-6 管材纵向弧形试样尺寸表

管外径 d	试样宽度 b	试样厚度 a	r	短试样			长试样			
				试样号	L_0	L_c	试样号	L_0	L	
30~50	10	原壁厚	≥ 12	S1	$11.3 \sqrt{S_0}$	$\geq L_0 + 1.5 \sqrt{S_0}$ 仲裁试验： $L_0 + 2 \sqrt{S_0}$	S01	$11.3 \sqrt{S_0}$	$\geq L_0 + 1.5 \sqrt{S_0}$ 仲裁试验： $L_0 + 2 \sqrt{S_0}$	
$>50 \sim 70$	15			S2			S02			
>70	20			S3			S03			
≤ 100	19			S4	50					
$>100 \sim 200$	25			S5						
>200	38			S6						

(4) 直径或厚度小于 4 mm 的线材、棒材和型材试样

通常，为产品的一部分而不经机加工的试样，一般可采用 L_0 为 100 mm 或 200 mm 的定标距试样，见表 2-7。

表 2-7 非比例试样 mm

d 或 a	L_0	L_c	试样编号
≤ 4	100	≥ 150	R9
	200	≥ 250	R10

二、高分子材料拉伸试样

高分子材料包括塑料橡胶、纤维增强塑料等。各个产品标准都有自己拉伸试样的特定形状，这里重点介绍在工程构件上最常用的玻璃纤维增强塑料的拉伸试样，见图 2-8 的 I、II、III 型。

测定塑料及橡胶等复合高分子材料的拉伸强度，弹性模量，割线弹性模量，最大载荷伸长率，破坏伸长率及应力-应变曲线的试样尺寸见表 2-8 和表 2-9，试样型式有如图 2-8 所示的形式。

表 2-8 I、II 型试样尺寸 mm

尺寸符号	I 型	II 型
总长（最小） F	180	250
端头宽度 C	20 ± 0.5	/
厚度 h	$2 \sim 10$	$2 \sim 10$
中间平行段长度 B	55 ± 0.5	/
中间平行段宽度 b	10 ± 0.2	25 ± 0.5
标距（或工作段）长度 L_0	50 ± 0.5	100 ± 0.5
夹具间距 E	115 ± 5	170 ± 5
端部加强片间距离 D	/	150 ± 5
端部加强片最小长度 T	/	50

表 2-9 III 型试样尺寸 mm

试样厚度	A	B
6	6 ± 0.05	10
3	3 ± 0.05	6

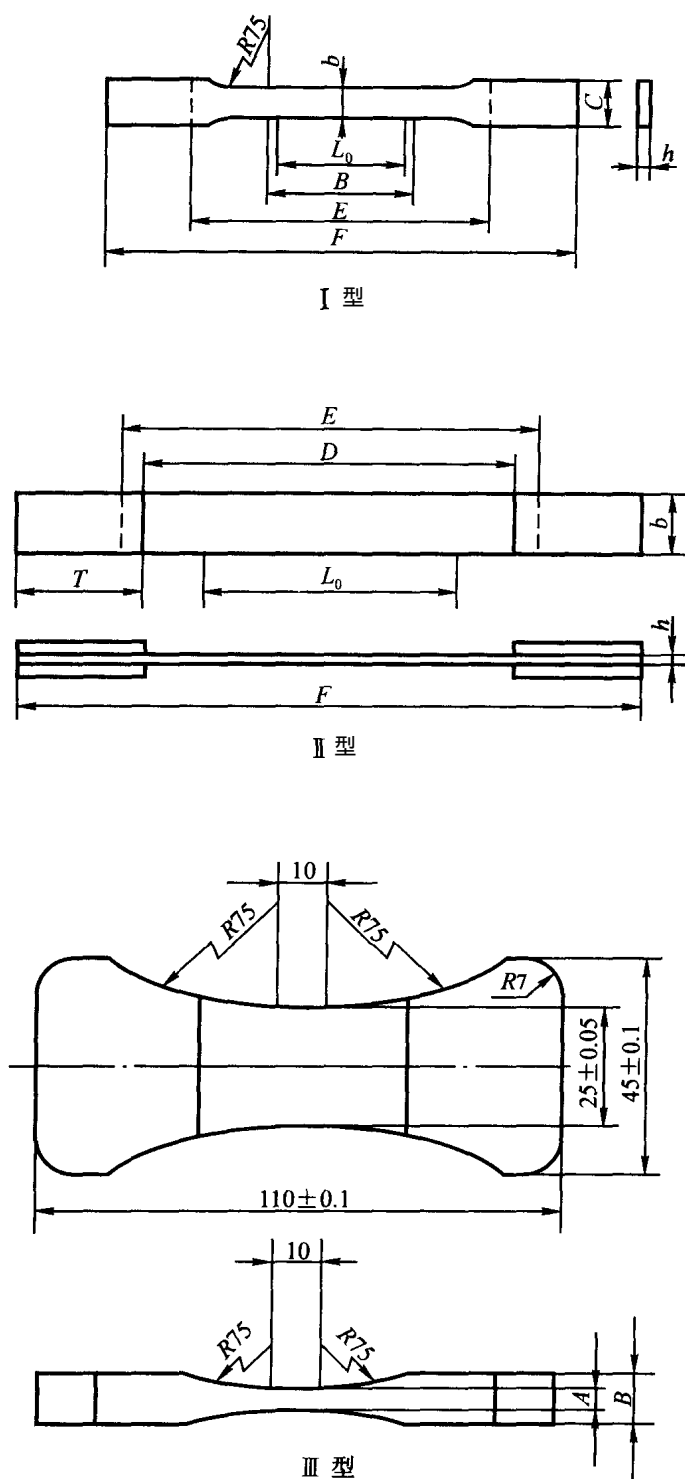


图 2-8 高分子纤维增强塑料力学性能拉伸试样 I、II、III 型图

第四节 强度指标及其测定

一、规定非比例延伸强度 (R_p) 的测定

1. 规定非比例延伸强度的定义

试样标距部分的非比例延伸率达到规定的原始标距百分比的应力。

规定非比例延伸强度是作为表征材料的重要性能的这个强度指标。它是建筑和桥梁结构金属材料和机械重要零部件的设计的力学依据。表示此应力的符号应附以角注说明，例如 $R_{p0.01}$ 、 $R_{p0.05}$ 、 $R_{p0.2}$ 等分别表示规定非比例延伸率为 0.01%、0.05% 和 0.2%。

2. 规定非比例延伸强度测定方法

测定规定非比例延伸强度，最适用的方法有图解法和逐级施力法两种，也可以使用自动装置（例如微处理机等）或自动测试系统测定。其可以不绘制力—延伸曲线图。还有生产用的绘制力—夹头位移曲线图测定 $R_{p0.2}$ 的方法。

(1) 图解法

首先用自动记录方法绘制试样力—伸长曲线图。为了保证测量精度，要求力轴每 mm 所代表的应力一般不大于 10 N/mm^2 ，曲线的高度应使 F_p 处于力轴量程的二分之一以上。伸长放大倍数的选择应使图 2-9 中的 OC 段的长度不小于 5 mm。举例来说，若测某一试样其标距为 50 mm 的 $R_{p0.2}$ ，其伸长放大倍数应不小于 50 倍，然后在力—伸长曲线图上，自弹性直线段与伸长轴交点 O 起，截取一相应于规定非比例伸长的 OC 段，应使 $OC = n \cdot L_e \epsilon_p$ (n 为伸长放大倍数， L_e 为引伸计标距， ϵ_p 为规定非比例伸长率)，再过 C 点作弹性直线段的平行线 CA，交曲线于 A 点，A 点对应的力 F_p 即为所测规定非比例伸长力，见图 2-9。

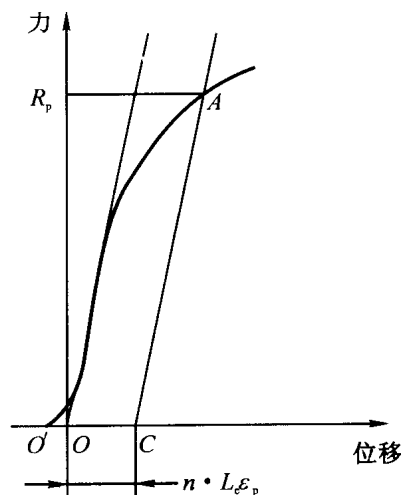


图 2-9 图解法测定 R_p 。

然而，日常我们所接触到的材料在拉伸时力—伸长曲线上无明显弹性直线段出现，而 GB 228 标准又规定了滞后环方法、逐步逼近方法及逐级施力方法（或称作引伸计法）。

(2) 引伸计法

用引伸计法时，一般对试样施加力至约为规定非比例伸长应力的 10%，然后装上引伸计，在相当于预期规定非比例伸长力的 70%~80% 以内施加较大等级力，以后施加小等级力（一般约为 20 N/mm^2 ）施力时应保证准确读取各级力值和伸长值。

从各级力下的总伸长读数中减去计算得到的弹性伸长，即为非比例伸长。施力直至得到的非比例伸长等于或稍大于所规定的数值为止。用内插法求出精确的力值。规定非比例伸长应力按式（2-1）计算。

$$R_p = \frac{F_p}{S_0} \tag{2-1}$$

式中 F_p ——规定非比例延伸力（N）；

S_0 ——试样平行长度部分的原始横截面积（mm²）。

下面介绍用规定非比例延伸强度 $R_{p0.01}$ 逐级施力法测定结构钢的例子。

试样尺寸为直径 $d=10$ mm；原始横截面积 $S_0=78.5$ mm²。采用的引伸计为表盘式机械引伸计，引伸计表盘分格值为 0.002 mm，标距为 50 mm。试验机的最大量程为 600 kN，选用度盘量程为 120 kN。材料预期规定比例延伸强度 $R_{p0.01} \approx 600$ N/mm²，相应此应力值 10%的预拉力为 $F_0=10\% \cdot S_0 \cdot R_{p0.01}=0.1 \times 78.5 \times 600=4710$ N，化整后取 $F_0=5000$ N。

此时引伸计的条件零点在 10 分格上。相当于预期规定非比例延伸强度 $R_{p0.01}$ 的 80%的力为 $F=80\%R_{p0.01} \cdot S_0=0.8 \times 600 \times 78.5=37\,680$ N，化整后取用 37 000 N。从 F_0 到 F 分四大等级施力，大等级力值为

$$\Delta F = \frac{37\,000 - 5000}{4} = 8000 \text{ N}$$

以后的力以小等级（ $\Delta R=25$ N/mm²）增加，小等级力值为

$$\Delta F_1 = \Delta R \cdot S_0 = 25 \times 78.5 = 1960 \text{ N}$$

化整后取 2000 N，按照所使用引伸计标距为 50 mm，则测定规定非比例延伸强度 $R_{p0.01}$ 所要求的伸长为 $50 \times 0.01\% = 0.005$ mm，折合引伸计的分格数为 $0.005 \div 0.002 = 2.5$ 格。试验直至求得非比例伸长部分达到或稍微超过 2.5 格为止。

试验结果见表 2-10。

表 2-10 力和非比例伸长

力/N	引伸计读数	引伸计读数增量	计算弹性伸长	计算非比例伸长
	分 格（每格 0.01 mm）			
5000	10.0	/		
13 000	22.5	12.5		
21 000	34.5	12.0		
29 000	46.0	11.5	$\Delta L_{2000} = 3.0$	
37 000	58.0	12.0		
39 000	61.0	3.0		
41 000	64.0	3.0		
43 000	67.5	3.5	67.0	0.5
45 000	71.5	4.0	70.0	1.5
47 000	77.5	6.0	73.0	4.5
49 000	86.0	8.5	76.0	10.0

在力值与伸长读数间成直线比例关系阶段上，计算出相似小等级力 ΔF_1 的平均弹性伸长为

$$\Delta L_{2000} = \frac{(64.0 - 10) \times 2000}{41\,000 - 5000} = 3.0 \text{ 格}$$

然后，从弹性直线较最末一级力（41 000 N）的伸长读数的基础上，按每一等级力 ΔF

(2000 N) 平均增加 3.0 分格这样计算各级力的弹性伸长, 以各级力的总伸长读数减去计算所得的弹性伸长可得非比例伸长, 见表 2-10。

从表中代出计算的非比例伸长最接近 2.5 格时的力值读数 $F'_{p0.01}$ 为 45 000 N, 用内插法求出其精确的力值 $F_{p0.01}$ 为

$$F_{p0.01} = F'_{p0.01} + \Delta F_2 = 45\,000 + \frac{(47\,000 - 45\,000) \times 2.5 - 1.5}{4.5 - 1.5} = 45\,667 \text{ N}$$

相应的规定非比例延伸强度 $R_{p0.01}$ 为

$$R_{p0.01} = \frac{45\,667}{78.5} = 581.7 \text{ N/mm}^2$$

修约结果为 $R_{p0.01} = 580 \text{ N/mm}^2$ 。

(3) 逐步逼近方法测定规定非比例延伸强度 (R_p)

下面介绍根据力—延伸曲线图测定规定非比例延伸强度。

试验时, 记录力—延伸曲线图, 至少直至超过预期的规定非比例延伸强度的范围。在力—延伸曲线上任意估取 A_0 点拟为规定非比例延伸率等于 0.2% 时的力 $F_{p0.2}^0$, 在曲线上分别确定力为 $0.1F_{p0.2}^0$ 和 $0.5F_{p0.2}^0$ 的 B_1 和 D_1 两点, 作直线 B_1D_1 。从曲线原点 O (必要时进行原点修正) 起截取 OC 段 ($OC = 0.2\%L_e \cdot n$, 式中 n 为延伸放大倍数) 过 C 点作平行于 B_1D_1 的平行线 CA_1 交曲线于 A_1 点。如 A_1 与 A_0 重合, $F_{p0.2}^0$ 即为相应于规定非比例延伸率为 0.2% 时的力。

如 A_1 点未与 A_0 点重合, 需要按照上述步骤进行进一步逼近。此时, 取 A_1 点的力为 $F_{p0.2}^1$, 在曲线上分别确定力为 $0.1F_{p0.2}^1$ 和 $0.5F_{p0.2}^1$ 的 B_2 和 D_2 两点, 作直线 B_2D_2 。过 C 点作平行于直线 B_2D_2 的平行线 CA_2 交曲线于 A_2 点, 如此逐步逼近, 直到最后一次得到的交点 A_n 与前一次的交点 A_{n-1} 重合 (见图 2-10)。 A_n 的力即为规定非比例延伸率达 0.2% 时的力。此力除以试样原始横截面积得到测定的规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ 。

最终得到的直线 B_nD_n 的斜率, 一般可以作为确定其他规定非比例延伸强度的基准斜率。

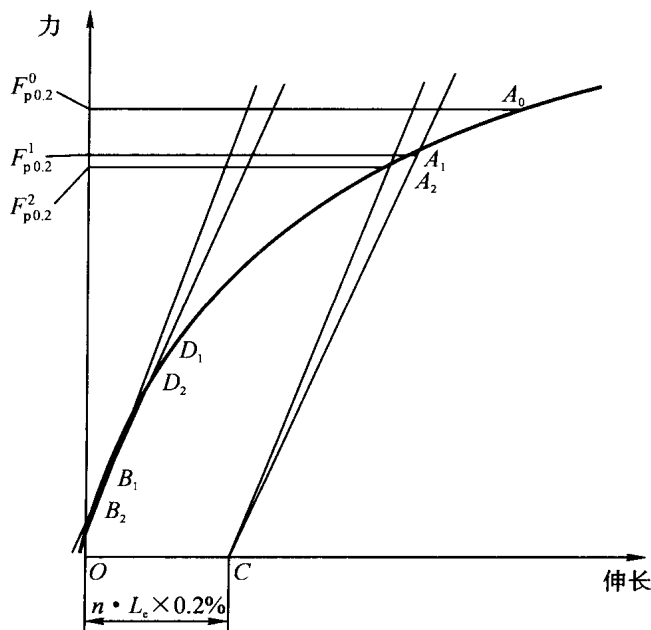


图 2-10 逐步逼近方法测定规定非比例延伸强度 (R_p)

二、规定残余延伸强度的测定

1. 定义

试样卸除拉伸力后，其标距部分的残余伸长达规定的原始标距百分比时的应力。

2. 方法

卸力方法：对试样施加约相当于预期规定残余伸长应力 10% 的力 F_0 ，装上引伸计，继续施力至 $2F_0$ 后再卸至 F_0 ，记下引伸计读数作为条件零点。从 F_0 起第一次施力至使试样在引伸计标距内产生的总伸长为 $n \cdot L_e \cdot \epsilon_r + (1 \sim 2)$ 分格。式中第一项为规定残余伸长，第二项为弹性伸长，在引伸计上读出首次卸至 F_0 的残余伸长。以后每次施力应使试样产生总伸长为前一次总伸长加上规定残余伸长与该次残余伸长（卸至 F_0 ）之差，再加上 1~2 分格弹性伸长增量。试验直至实测的残余伸长等于或稍大于规定残余伸长值为止。

例 某一钢样用卸力法测定 $R_{r0.2}$ 。试样尺寸为 $d=10\text{ mm}$ ， $S_0=78.5\text{ mm}^2$ ；引伸计的标距为 50 mm，每分格为 0.01 mm。

预期规定残余延伸强度 $R_{r0.2} \approx 800\text{ N/mm}^2$ ，则相应此应力值 10% 的预拉力为 $F_0 = 10\% R_{r0.2} \cdot S_0 = 0.1 \times 800 \times 78.5 = 6280\text{ N}$ ，化整取 6000 N，此时，引伸计零点为 1 分格。按照所使用引伸计标距 50 mm，则测规定残余延伸强度 $R_{r0.2}$ 所要求的伸长应为 $50 \times 0.2\% = 0.1\text{ mm}$ ，即引伸计分格数为 10 分格，以后起，第一次施力至使试样处于引伸计标距内产生总的伸长（相当于引伸计上的格数）为 $10 + (1 \sim 2) = 11 \sim 12$ 分格，由于条件零点为 1 分格，故总计为 13 分格，第一次卸力至 F_0 ，引伸计上的读数为 2.3 分格减去零点 1 格，则残余伸长为 1.3 分格（即 0.013 mm）。

第二次施力至使引伸计达到读数为上一次读数 13 分格的基础上，加上规定残余伸长 10 分格与已得残余伸长 1.3 分格之差，再加上 1~2 分格，即， $13 + (10 - 1.3) + 2 = 23.7$ 格。

第二次卸力至 F_0 得到 7.3 分格的残余伸长，所以第三次施力使引伸计达到读数为 $23.7 + (10 - 7.3) + 1 = 27.4$ 分格，试验直至试样残余伸长达或稍微超过 10 分格为止。试验结果见表 2-11。

表 2-11 规定残余延长值测试记录表

力/N	施力读数	卸力后读数	残余伸长
	分 格		
6000	1.0	/	/
41 000	13.0	2.3	1.3
57 000	23.7	8.3	7.3
61 000	27.4	10.7	9.7
62 000	28.7	11.5	10.5

从表中查出残余伸长读数最接近 10 分格的力值为 61 000 N，用插入法可更精确地算得

$$F_{r0.2} = 61\,000 + \Delta F = 61\,000 + \frac{1000 \times 0.3}{0.8} = 61\,375 \text{ N}$$

三、屈服强度、上屈服强度、下屈服强度的测定

对于无明显屈服现象的金属材料，应测定其规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ 或规定残余伸长应力 $R_{r0.2}$ ，而对于有明显屈服现象的金属材料，则应测定其强度，上屈服强度与下屈服强度。在有关标准或协议无规定时，一般只测定下屈服强度 R_{sL} 。日常测定上屈服强度或下屈服强度的方法有两种，即图示法和指针法。在有自动测试系统试验机时，可以使用自动装置（如微机）来测定上屈服强度和下屈服强度，可以不绘制拉伸曲线图。

1. 图示法

试验时，用自动记录装置绘制力—夹头位移图。要求力轴的比例为每 mm 所代表的应力一般 $\leq 10 \text{ N/mm}^2$ 。曲线的高度应使 F_e 或 F_{eL} 处于力轴量程的 $1/2$ 以上，放大倍数适当选择，曲线至少绘制到屈服阶段结束点。在曲线上确定屈服平台恒定的力 F_e 、屈服阶段中力首次下降前的最大力 F_{eH} 或不到初始瞬时效应时的最小力 F_{eL} ，参见图 2—11 和图 2—12。

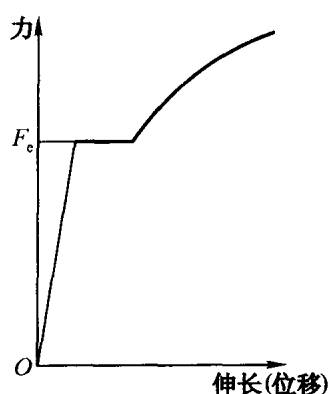


图 2—11 图示法测定 F_e 。

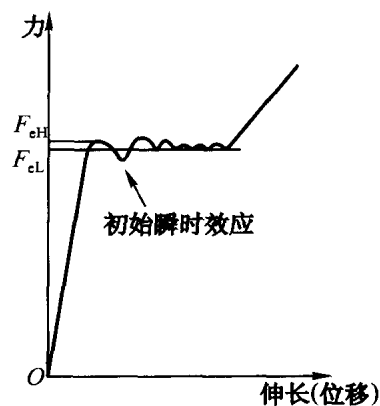


图 2—12 图示法测定 F_{eH} 和 F_{eL} 。

屈服强度、上屈服强度或下屈服强度分别按式 (2—2)、(2—3)、(2—4) 计算。

$$R_e = \frac{F_e}{S_0} \quad (2-2)$$

$$R_{eH} = \frac{F_{eH}}{S_0} \quad (2-3)$$

$$R_{eL} = \frac{F_{eL}}{S_0} \quad (2-4)$$

式中 F_e ， F_{eH} ， F_{eL} ——屈服时的恒定力、最大力和不到瞬时效应时的最小力。

2. 指针法

生产检验允许用指针法测定屈服强度、上屈服强度和下屈服强度。即试验时，当测力度盘的指针首次停止转动的恒定力或指针首次回转前的最大力或不到初始瞬时效应时的最小

力，分别对应的应力为屈服强度、上屈服强度和下屈服强度。仲裁试验应采用图示法。

四、抗拉强度的测定

试样拉断前所承受的最大标称应力即是抗拉强度。抗拉强度按式（2—5）计算。

$$R_m=\frac{F_m}{S_0}$$

(2—5)

式中 F_m —— 拉断前最大力（N）；
 S_0 —— 试样平行长度部分的原始横截面积（mm²）。

试样在拉伸过程中，对于塑性材料，在 F_0 前将产生均匀变形，而在 F_m 之后变形将集中于试样的某一部分，从而在该部位出现缩颈。由于缩颈处横截面积急剧减小，试样承受的力应减小，测力盘上的主动指针就回摆，力—变形曲线下滑。而对于脆性材料就不出现缩颈或缩颈很不明显，测力盘上指针没有回摆（退回）的现象出现。力—变形曲线只划到某一最高点后即断裂。

五、金属拉伸试验计算结果修约规定

金属拉伸试验试样尺寸测量后截面积计算结果及强度延伸率及断面收缩率的计算结果均有有效位数和修约规定。

1. 横截面积计算结果有效位数
- 应取 4 位有效数字。
2. 拉伸试验强度、伸长率、断面收缩率的结果计算修约
- 规定见表 2—12。

表 2—12 强度、伸长率和断面收缩率计算结果修约值表

测试项目	范围/（N/mm ² ）	修约到
R_{eH} ， R_{eL} ， R_p ， R_t ， R_r ， R_m	≤ 200	1 N/mm ²
	$> 200 \sim 1000$	5 N/mm ²
	> 1000	10 N/mm ²
A_e		0.05%
A ， A_t ， A_{gt} ， A_g^*		0.5%
Z		0.5%