

玻璃钢压缩试验 国外标准(ASTM,DIN)

上海猷华玻璃厂研究所

77.11.14

硬质塑料压缩性能试验标准的方法

ASTM D695 - 69

1、范围

1.1 本方法是确定硬质塑料在相当低的均匀应变或荷载速度下压缩荷载的力学性能。采用标准形状的试件。

注1——用美国通用单位标出的数据是标准的。用相当美国通用单位的公制数据是近似的。

2、意义

2.1 压缩试验提供了塑料在近似于试验的条件下使用时的压缩性能的数据。

2.2 压缩性能包括弹性模数，屈服应力，超过屈服点的变形，以及压缩强度（除材料只是压扁而不破坏的情况外）。材料具有低的延展性性能时可能没有屈服点。对于在压缩时是粉碎性破坏的这些材料其压缩强度是一非常明确的值，对于在压缩时是非粉碎性破坏的那些材料压缩强度是一个依赖于认为表明材料全部破坏的那种变形程度的一个任定值。许多塑料材料在压缩时将连续变形直到产生平圆盘，压缩应力（名义上的）在试验过程中增长很快但不发生任何明确的破坏。在这种情况下压缩强度没有实际意义。

2.3 压缩试验为研究和发展，质量控制，根据规格验收或拒绝或特殊目的获得数据提供一个标准方法，这试验对于在应用中与标准试验的荷载——时间尺度有很大差异的工程设计是无效的。对这些应用，需要进行诸如象冲击、蠕变以及疲劳等附加试验。

3、定义

3.1 压缩应力（名义上的）——试件在任意一给定瞬间在标距范围内的最小原始横截面上单位面积上压缩荷载，以单位面积上的力表示。

注2——用最小原始横截面表示压缩性能几乎是普遍地采用的。在某些情况下，压缩性能用有效横截面单位表达，这些性能称作“真正”压缩性能。

3.2 压缩强度——在压缩试验中试件上的最大压应力，它可以是或者可以不是试件在破坏瞬间的压缩应力（名义的）

3.3 破坏时的压缩强度（名义的）——如发生粉碎性破坏，则试件破坏时能承受的压缩应力（名义的）

3.4 压缩变形——试件在压缩荷载作用下在标距长度内产生的长度缩减，用单位长度表示。

3.5 压缩应变——试件压缩变形与量距长度的比率，即沿纵轴单位初始长度的变化，这以无量纲比率表示。

3.6 压缩应变的百分数——试件的压缩变形表达为初始标距长度的百分数。

3.7 压缩应力——应变图——以压缩应力为纵坐标值和以与其一一对应的压缩应变为横坐标值绘制成的图。

3.8 压缩屈服点——在应力——应变图上应力没有增加而应变发生增加的第一个点。

3.9 压缩屈服强度——通常是屈服点应力（见3.10）

3.10 条件压缩屈服强度——当应力——应变曲线偏离线性由一个特定的变形百分数（offset）时的应力。

3.11 比例极限——材料能保持应力与应变线性关系的最大应力（Hooke's 定律）用单位面积上的力表示。

3.12 弹性模量——材料的比例极限以下的应力（名义的）与相应的应变的比率，以平均单位横截面上的力表示。

3.13 长细比——均匀横截面的柱的长度与最小回转半径之比。对于均匀矩形截面的试件，回转半径是较小截面尺寸（短边）的0.289倍，对于均匀圆形横截面的试件回转半径是直径的0.250倍。

3.14 压坏荷载——在试验条件下出现规定程度的破坏时作用在物体上的最大压力。

4、设备

4.1 试验机——任何能控制横十字头按指定速度移动，并包括下列各点的适当的试验机：

4.1.1 驱动机械——给十字头可动件有相对于基础（固定件）作

均匀的控制速度，这个速度可以按第8节中的规定调节。

4.1.2 荷载指示器——荷载指示器能显示试件承受整个压缩荷载，这个机器在规定的速度进行试验时，应该本质上没有惯性滞后，并应有试验（荷载）最大指示值的 $\pm 1\%$ 的精度。试验机的精度至少每年按ASTM方法 E 4 试验机的校验鉴定一次。

4.2 引伸仪——在试验过程中任一时刻测量试件上固定两点间的距离的一种合适的仪器。仪器要能随试件上荷载的变化自动地记录这个距离（或任意的变化）。仪器在规定的加载速度下不能有惯性滞后，并且要满足在ASTM方法 EB3 引伸仪的校正和分类中规定B-2级引伸仪的要求。

4.3 压缩夹具——压缩夹具是在试件上加荷载，这种夹具应这样构造使加载的垂直度在 $\frac{1}{1000}$ 之内，并通过垂直于纵向加载轴的两个平面度为0.025毫米（0.001英寸）之内的相互平引平面加载。合用的压缩夹具例子如图1及2。

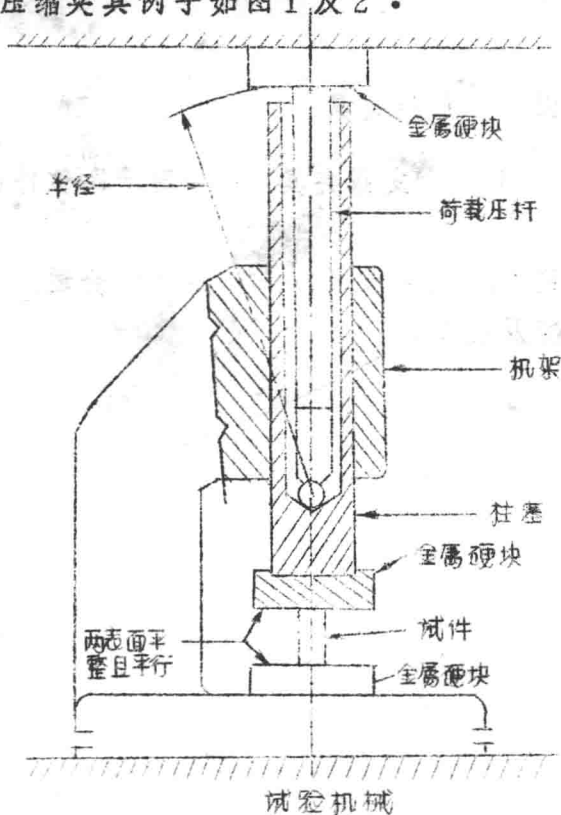


图1 压缩试验传力装置

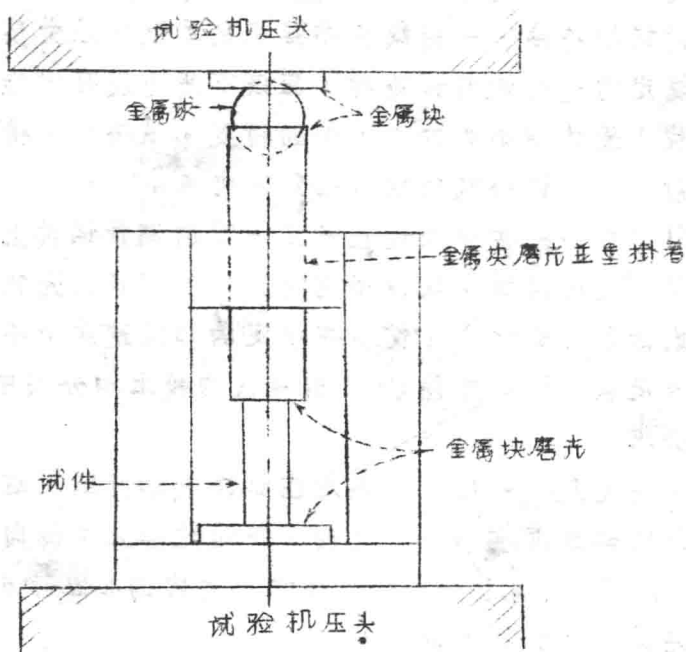
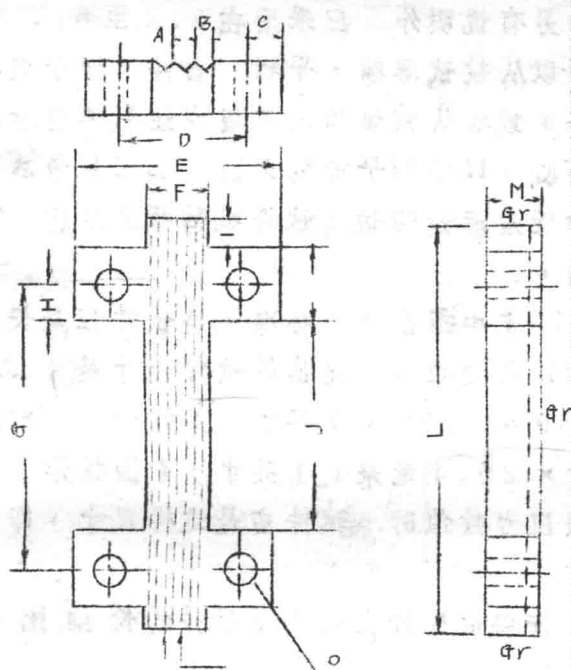


图 2 压缩夹具

4.4 Supporting Jig(支撑夹具)——用于薄试件的支撑夹具见图 3 及 4。

4.5 测微计——读到 0.01 毫米或 $\frac{1}{1000}$ 英寸的合适测微计，用于测量试件的宽度，厚度及长度。



字母	公制	英制
A	0.40 mm	.0156"
B	3.18	.125
C	6.35	.250
D	23.8	0.9375
E	36.5	1.4375
F	11.1	0.4375
G	50.8	2.00
H	6.35	0.250
I	4.76	0.1875
J	38.11	1.500
K	12.7	0.500
L	73.0	2.875
M	9.5	0.375
N	3.1	0.125
O	4.76 d	0.1875 d

注 1 — 冷轧钢

注 2 — 装配四双钢制螺栓螺帽、圆头、缝槽长度 31.75 mm (1 1/4")

注 3 — 表面研磨以 "Gr" 表示

图 4 支撑夹具详图

5. 试件

5.1 除非在材料规范中另有说明外，应采用在5.2至5.7节中所叙述的试件。这些试件可以从被试薄板、平板、杆件、管子或类似形状的材料中经过机器制备，或者从被试的压模塑或注射模塑材料中制备。所有机加工应谨慎小心，以得到平滑的表面，加工到最后要小心以得到光滑的平行表面和棱角清楚的边，试件纵轴垂直度在0.025毫米（0.001英寸）范围内。

5.2 除了在5.3至5.7节中指出的外标准试验试件应是长度为直径或宽度两倍的正圆柱体或正棱柱体。提出的试件尺寸是：12.7 × 12.7 × 25.4毫米（0.50 × 0.50 × 1英寸）（方形），或者直径12.7毫米（0.50英寸）× 25.4毫米（1英寸）（圆柱形）。当需要弹性模量以及条件屈服应力数值时，试件应是这样尺寸，即长细比在11 ~ 15 : 1的范围内。

5.3 对于杆件材料，试件将取原杆直径满足试件的长细比在11 ~ 15 : 1范围的足够的长度。

5.4 当试验圆管时，试件将取原管直径，以及25.4毫米（1英寸）的长度（注3）对压坏荷载测定（与纵轴成直角）时试件尺寸是一样的，直径变成高度。

（注3） 这试件用于圆管时，壁厚等于或大于1毫米（0.039英寸），内径等于或大于6.4毫米（0.25英寸），并且外径等于或小于50.8毫米（2.0英寸）。

5.5 当需要试验片材形式的惯用高压层板时，其厚度小于25.4毫米，则可以用足够层数25.4毫米见方的板材叠成高度至少为25.4毫米。

5.6 当试材被疑为是各向异性时，要制备重组试件，它们的纵轴依次平行或垂直于被疑的各向异性方向。

5.7 对于玻璃钢材料采用下列试件，5.7.2节中所示的试件也可用于其它材料，加有需要，二者都应满足长细比要求以及能安装变形测量仪器。

5.7.1 材料厚度等于或大于3.2毫米（ $1/8$ 英寸）时，试件横截面

将是12.7毫米($1/2$ 英寸)乘材料的厚度其长度应使长细比是11~15:1(注4)的范围内。

5.7.2 当材料厚度在3.2毫米以下时可作用如图5所表示的试件形状,应该用如图3及4所示薄板夹具,在试验过程中(注5)支撑试件。

注4——对于在厚度3.2毫米($1/8$ 英寸)范围里的材料,如果是分层破坏,而不是所需的剪切面破坏,材料应按5.7.2节行行试验。

注5——轮回试验证明在夹具支撑的边上装引伸仪可以获得比较满意的弹性模量的测量。

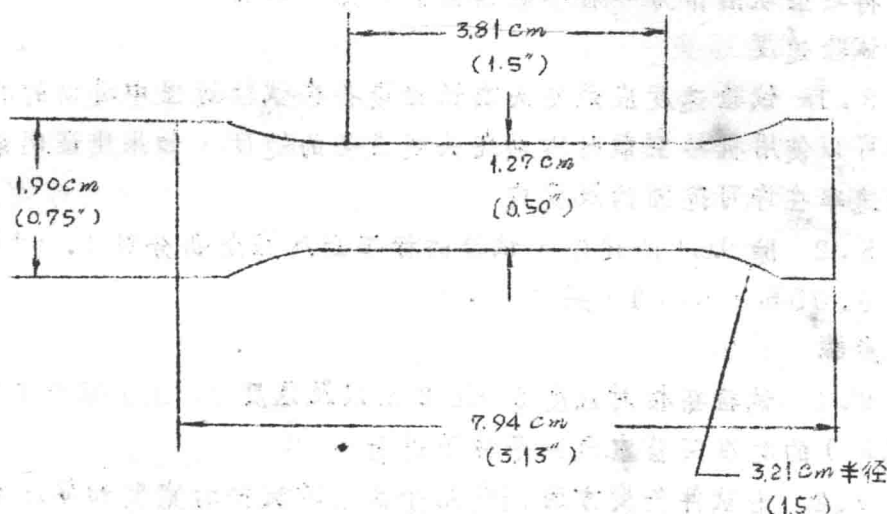


图5 材料厚度小于3.2 mm时的压缩试件

5.8 当试验硬泡沫塑料时,标准试样形状采用直径25.4毫米(1 英寸)高度50.8毫米(2 英寸)的正圆柱体)。

6. 条件处理

6.1 条件处理 当条件处理是需要时试样在试验前应按ASTM方法D618的程序A塑料及电绝缘材料的条件处理在 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ($73.4 \pm 3.6^\circ\text{F}$)以及 $50 \pm 5\%$ 的相对湿度下条件处理不少于40小时,如不合这一情况,将再容许 1°C (1.8°F), 2% 相对湿度的变化。

6.2 试验条件——除试验方法中另有规定外，在 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ($73.4 \pm 3.6^{\circ}\text{F}$) 以及 $50 \pm 5\%$ 相对湿度的标准实验室气候条件下试验。若不合这一情况将再容许 1°C (1.8°F) 以及 $\pm 2\%$ 相对湿度的变化。

7、试件数量

7.1 对各向同性材料每一样本应试验最少五根试件。

7.2 对各向异性材料每一样本需要 10 根试件，5 根平行以及 5 根垂直于各向异性的主轴。

7.3 试件在某些明显的偶然缺陷处破坏则应废弃重做试验，除非是将这些缺陷作为一种参数而需要研究这些影响。

8、试验速度

8.1 试验速度应是夹头或试验设备在试验过程中运动的相对速率。可以使用机器空载时驱动夹头或设备的速度，如果能证明最终的试验速率在许可范围的限度内。

8.2 除 9.6.4 所述外，试验的标准速度应是每分钟 1.3 ± 0.3 毫米 (0.050 ± 0.010 英寸)。

9、步骤

9.1 试验在相对湿度 $50 \pm 2\%$ 以及温度 $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ($73.4 \pm 1.8^{\circ}\text{F}$) 的标准实验室气候条件下进行。

9.2 沿试件长度方向测量几个点上的试件的宽度和厚度到 0.01 毫米 (0.001 英寸) 计算和记下横截面积的最小数值，测量试件的长度并记录数值。

9.3 试样装在两压缩夹具的表面之间，特别注意使纵轴中心线与柱塞中心线一致，并且保证试件的两端平行于压缩夹具表面调节试验机的横十字头直到刚刚接触压缩夹具的顶端。

9.4 薄试样装配在支撑夹具中 (图 3 及 4) 这样试件是在中心位置上两端夹具外突出一般对等的长度。在支撑夹具上的螺栓及螺帽应用手指拧紧 (注 6) 将装置放在如 5.7.2 节中的压缩夹具中。

注 6——薄板夹具侧向压力效应的轮回试验证明用上述办法控制紧固程度能获得重复出现的数值。

9.5 如果仅仅需要压缩强度数值，其步骤如下：

9.5.1 将速度控制在1.3毫米/分(0.050英寸/分)上，启动机器。

9.5.2 记下试件在试验过程中承受的最大荷载值(通常指破坏时的载荷)。

9.6 如果有应力——应变数值，其步骤如下：

9.6.1 装引伸仪

9.6.2 将速度控制在1.3毫米/分(0.050英寸/分)，启动机器。

9.6.3 在适当的应变间隔时记录载荷与相应的压缩应变，如果试验机备有自动记录装置，记录完全的压缩载荷——变形曲线。

9.6.4 在达到屈服点后可以将速度增加到5~6毫米/分(0.20~0.25英寸/分)并允许机器的这一速度下运转一直到试件的破坏。这仅对有相当延性的材料和机器上的称量系统能足够迅速地产生精确结果的情况可用。

10、计算

10.1 压缩强度 用试检过程中最大的压缩荷载除以试件的初始最小横截面计算压缩强度。其结果报告到三位有效数，用公斤力除平方厘米或磅除平方英寸表示。

10.2 压缩屈服强度 压缩屈服强度的计算用在屈服点上试件承受的荷载除以试件初始最小横截面，其结果用公斤力除平方厘米或磅除平方英寸，报告到三位有效数。

10.3 条件屈服强度 计算条件屈服强度的方法参阅3.10。

10.4 弹性模量 作切线切于应力应变图上荷载变形的初始直线部分，切线与基线部分来计算弹性模量。直线上的任选择一点，用该点的压缩应力除以对应的应变，其结果用公斤力/平方厘米或磅/平方英寸表示，报告到三位有效数。

10.5 对于每组试验将所有得到的结果计算算术平均值到三位有效数字，并以问题中的特殊性能报告“平均数值”。

10.6 计算标准差(估计的)，如下式，并报告到二位有效数。

$$S = \sqrt{(\sum X^2 - n\bar{X}^2) / (n-1)}$$

式中：

S = 估计的标准差

x = 单个测试值

n = 测试的数目

$\bar{x}$ = 一组测试值的算术平均数。

11、 报告

11.1 报告应包括下列内容

11.1.1 对试验材料作的完整标证，包括品种，来源，生产者商标号形状，主要尺寸，先前历史等等。

11.1.2 试件的准备方法

11.1.3 试件的种类及尺寸

11.1.4 采用的条件处理方法

11.1.5 试验室的大气条件

11.1.6 试件的数目

11.1.7 试验速度

11.1.8 压缩强度（注7）平均值以及标准差。

注7——关于条件压缩屈服应力测量方法是ASTM D638塑料拉伸性能试验描述的一样。

11.1.9 有需要时压缩屈服强度以及条件屈服强度平均值，以及标准差。

11.1.10 压缩弹性模量平均值，标准差。

11.1.11 试验日期。

玻璃纤维增强塑料压缩试验

德国航空及宇航研究所

G. Niederstadt.

因为还没有玻璃纤维增强塑料的德国试验标准 (DIN) 大多数按层压制品和层压塑料标准进行试验, 或参照国外的检验方法。对每一种试验方法都存在试件形式和加载方式的影响, 以致试验结果不能相互比较。现在通过比较试验可确定试件形式的影响, 从而能对试验中提出的结果进行分析。

在德国, 纤维增强塑料试验大多数装层压塑料和层压制品材料标准试验。

压缩试验时得出的测量值和制品标准的起码要求相比是太低了。

这儿, 原因不在于材料, 而是试件形式。在大多数情况采用的, 按 DIN 53454 建议的厚板的小方块试件是不合适的。首先必须用很多层板胶在一起得到小方块试件或另外制造一很厚的层板。这两者由于胶层或加热条件的变化使材料发生了改变。小方块试件的破坏是形成一长的倾斜的滑移面, 因此在大多数情形破坏时还会受到端部棱边的阻碍*。

因此常常使用按 ASTM D695-54 规定的棱柱试件, 其细长比 $\lambda = 16$, 至少 $\lambda = 8$ 。欲避免端部破坏, 试件都要足够长; 而试件又不能太长这样会出现弹性失稳。若进行薄层板试验, 试验时必须将这种层板多层相互粘合起来, 或用压缩强度可忽略的支撑材料胶起来。

对试验薄层板合适的唯一试验方法是按“联邦专利 L-P-406”的 1021.1。试验薄层板的夹具的外观示于图 1。试件的长度要使其凸出夹具至少为压缩破坏时的变形, 四个螺钉用手指轻轻旋紧, 使既能避免失稳又在支撑处不出现大的摩擦力, 应变可由一个应变仪来测, 它要足够小, 使和支撑夹具不会碰着。

这一简短的叙述表明, 没有一个完全理想的压缩试验。往往宁愿采取一种折衷的试件形式, 它既不会失稳, 又足够长可以进行测量。下述研究往特别说明, 多层粘合在一起或支撑夹具的摩擦力对测量值会有多大影响。

* G. Niederstadt, Kunststoffe 1961. 191~195

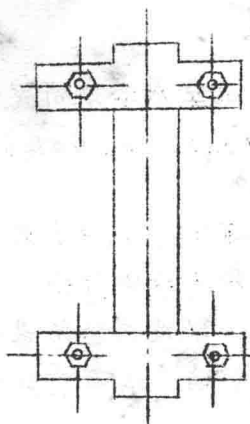


图1 L-P-406 压缩加载试验设备(示意图)

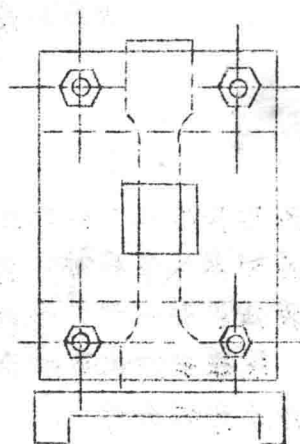


图2 DFL 压缩加载试验设备(示意图)

不同试件的试验结果

本研究限于选用的德国试验标准和目前主要用的美国标准之间比较：

为此用下述比较试验的试件(图3, 左上)

按DIN 53454 边长 12.35 mm 的小方块, 用多片薄层板叠合起来以达到小方块要求的厚度。

按ASTM D695-54 规定的稳柱体, 尺寸为 $10 \times 10 \times 30 \text{ mm}$ 蕊子为枞木, 面板为试验的玻璃纤维增强塑料制成的夹层结构, 蕊子实际上是不计其压缩强度而作为面板的弹性支撑。

按联邦专利 L-P-406 的平板试件, 并作了一些改变, 象拉伸试件一样中间细一些, 以达到材料有一个均匀受力的范围。

对小方块试件不要进一步的设备就可试验。研究板状试件时用一个与 Filma 玻璃织物公司共同研制的在 L-P-406/1021.1 上的支撑夹具, 如图2, 与图1的压缩设备相比, 有一些改变。

(1) 首先在试件中间高度处, 夹具开了一个窗口, 允许用机械式引伸仪量测试件的缩短。

(2) 同时支撑面之间的距离应该调整得使在量测截面处支撑面间

的距离适当。

(3) 整个夹具固定在一个很大的基础上，通过侧面两个调整钉子，以保证对试件精确的垂直载荷。

为能有足够可靠的相对比较，试验材料取自同一试验板材，按常用的方式在 100°C 和适当压力下热压制造并按下述成份：

8 层 91135 型的玻璃的玻璃纤维布，用 A172 Silan 处理，用 BASF A410 聚酯树脂，加 2 % BP 糊。玻璃重量含量 52 %。

试件用砂轮和水磨削加工。

为阐明试件形式的影响，研究了变形和强度性能，同时比较这两方面的研究使有可能说明试件形式的影响和选择合适的试件形式，通常对变形性能反映出的影响不会在强度数值上有同样程度的反映，由此总是需要测量这两个量，为了能用同一试件进行试验，先测弹性模量，然后用已加载的试件测强度。

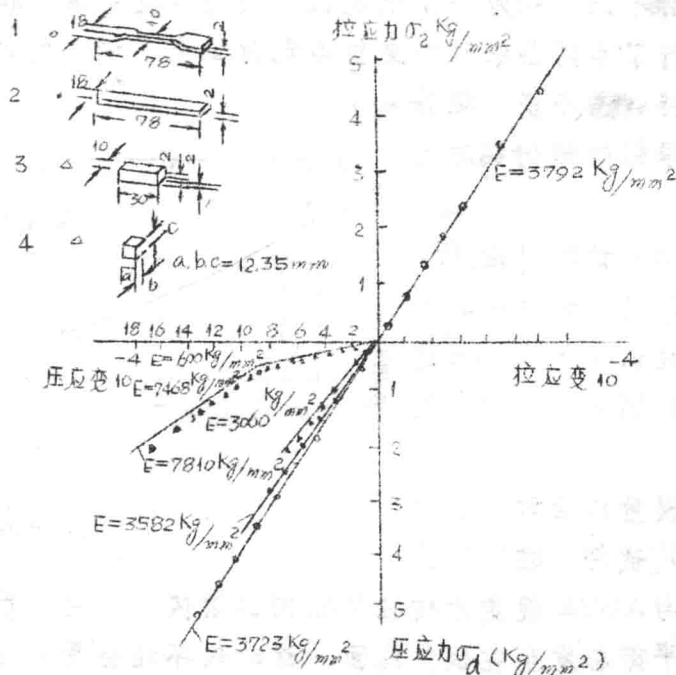


图3 不同试件形式的应力—变形图

弹性模量通常从应力——变形的测量来计算，试件在 Losern-
ausen UHS 20 万能试验机上逐级加载，并用一个引伸计
(Haggenberger 制造)测定压缩应变，测得的值用：应力
压缩应变图示于图 3，变形曲线的斜率表示模量 E 。

DIN 53454 介绍的小方块试件的测量压缩变形显然是很不合适
的，因为试件的边长和测压缩变形仪器的标距相比显然不够长，测量
端面之间的变形值显然受很大影响，应力——应变图的斜率随应力高
低而改变，以致不能求得一个统一的模量 E 。因为这不是材料的性能，
这种试件对测量压缩变形不能应用。

与此相反用枞木蕊子的棱柱体提供的是一直线应力——应变图。
但模量 E 仍太低，这是因为计算应力时，要考虑部分胶层，虽然其 E
值是较低的。按图 2 设备承载的平板试件表明有较高的模量 E ，通过
夹具的切口，可很好地测量压缩变形，并表明与试件形式无关，直线
棱边试件也有大约相同的斜率，即相同的弹性模量。这表明对测弹性
模量时，在平行试件还是中间削细的试体上测量是相同的，影响之小
测量值没有不同。作为一个比较值，测量时没有摩擦和胶层表面影响。
此外又进行了中间削细试件受拉伸载荷试验，测得的 E 模量和所用压
缩设备测得的差不多，这样就可得出摩擦的影响实际上并不大。

弹性模量试验以后，所有
试件测其强度，试件按统一
的试验规程以 4 mm/min 连
续加载到破坏，试验结果列
于图 4。

弹性模量试验时很不合
适的小方块试件，在强度试

验时达到与 ASTM 规定的棱柱体相同的数值。这主要由于试件高度太
小，破坏平面都发生在试件端面，这时破坏还会受到阻止而导致测量
值偏高，典型的破坏见图 5。平板试件给出高得多的强度值，特别是

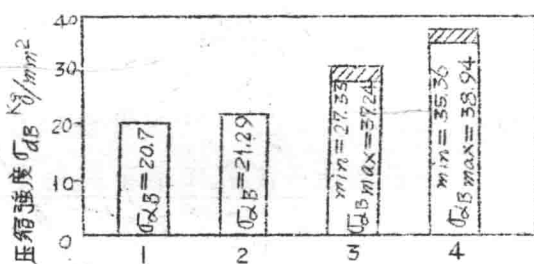


图 4 强度的比较

平板试件，在此中间削细的试件显示出很大的优越性，即破坏总是发生在量测截面，而不象平板试件一再在加载处破坏。在此这两种典型的破坏图示于图5，平板试件的破坏总来自加载处在上端面，加载处的破坏可归结于加载的不均匀性，而且与端面加载夹具无关。在玻璃纤维增强塑料中，由于材料的不均匀性，就不可能避免这种不均匀加载，由此就必须使端部面积比测量截面放大一些，以使在每一情形，试件端部的应力比量测截面应力小一些，这样就必然导致中间削细的试件。

为详细地研究，选择中间截面从18到10 mm，在改变织物增强材料时，这些试件都在中间部分破坏，这样做了量测值也会提高。这一点是不足为奇的，对此U. Hütter也已屡次指出过。Hütter为避免粗纱增强试件加载处破坏，在试件端部再绕了一下，这样明显提高了强度值。

因此差不多所有的弹性模量研究结果后都要试验强度，由此看来对压缩试验原则上规定中间削细的试件是正确的，加载夹具上面所述的在这方面特别好。因为没有电阻丝应变伸长计，模量 E 也可测定。

结论：

本文说明了压缩试验时试件形式对测量值影响的研究，薄层板不应该胶成小方块或棱柱体来试验，而必须在夹具中籍支撑进行试验。附加的胶层影响（小方块、棱柱体）要比摩擦的影响大得多，按弹性模量的曲线可指出，有支撑的层板试件这一试件形式对测弹性模量 E 没有影响，在测量强度时，尤其是径向较强的织物增强的层板平行试件由于加载部分破坏，比中间细的试件强度值较小，中间变细的试件总是在量测截面破坏，因此绝对值较高和离散稍小一些。

看来似乎应该对压缩试验，要把按L-P406/1021.1的方法标准化，此时用中间细的试件，可同时测强度。

塑料试验；压缩试验。

与 ISO/R 604-1967 国际标准所介绍的试验的关系见说明。

德国标准委员会塑料专业标准委员会

“ “ “ “ “ “ “ “ 材料试验专业标准委员会

1、目的和应用

1.1 按本方法的压缩试验用于评介塑料在单向压缩应力下的性能，试验要用规定的试件按严格的条件包括予处理，试验气候和试验速度进行。只有在保持相同的试件制造条件和试验条件时，试验结果才是可比较的，因此就不能用于比较任意成型的塑料制品在压缩应力下的性能，按此标准的压缩试验首先用于质量控制。但要全面评介塑料在压应力作用下的性能仅当测定各种试验条件（如：试验速度、温度）下的强度和变形性能以及得到载荷——变形曲线时才有可能。

1.2 按此标准可测定的性能：

压缩强度（压缩试验破坏的试件上得到）

压缩屈服应力

X % 压缩应力

压缩应变

2、概念：

注：所给出这些概念的英文译名不作为本标准的内容，它们仅为了帮助更好地理解本标准与 ISO 介绍的之间关系。

2.1 压缩应力， σ * 试验中任意一点的力和试件的最小截面积的比值。

2.1.1 压缩强度 $\sigma_{\alpha B}$ 是试件破坏时压缩应力

注：仅当试件发生破破时，才可说压缩强度。

2.1.2 压缩屈服应力 $\sigma_{\alpha F}$ 在此应力时载荷——变形（长度改变）曲线（见图 1）的斜率达零（也可见 DIN 50106 自然屈服极限的概念）

* 如果应力的种类不能很容易地就其关系看出来，那就应用脚注 d 来标记应力 σ （见 DIN 1602）