

(第二版)

金属机械性能试验常用数据手册



机械工业出版社

TG 115.5-62
Y 52

金属机械性能试验 常用数据手册

(第二版)

姚启均编

机械工业出版社

本手册介绍金属机械性能试验的典型曲线、试验用公式、试样形状和尺寸、有关数据、换算表、对照表及校正曲线等。

手册根据最新颁布的国家标准、部颁标准加以修订，增加了断裂力学、高温、低温、烧结材料、硬质合金及焊工考试等有关试验内容，并采用法定计量单位。

本手册可供从事机械、冶金、建筑、化工等工业部门的设计、试验工作人员应用及高等、中等院校有关专业人员参考。

**金属机械性能试验
常用数据手册（第二版）**
姚启均 编

★

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证出字第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 850×1163 1/32·印张 9 5/8 字数252千字

1973年4月北京第一版

1985年9月北京第二版·1985年9月北京第四次印刷

印数 130,301—152,300·定价2.70元

★

统一书号：15033·4169

目 录

第一章 拉力试验	1
一 拉力试验用公式	2
二 拉力试验用试样	3
三 规定比例极限和屈服强度图解测定	23
四 拉力试验速度	25
五 伸长率与断面收缩率测定	25
六 塑性应变比 γ 值试验	28
七 应变硬化指数 n 值试验	29
八 线材打结拉力试验	30
九 缺口试样的拉力试验	30
十 缺口试样偏斜拉力试验	31
十一 拉力试样面积计算表	33
第二章 压力试验	43
一 压力试验用公式	43
二 压力试验用试样	44
三 铸铁楔子压入试验	45
四 多向压缩试验	49
第三章 弯曲试验	50
一 弯曲试验用公式	51
二 灰铸铁弯曲试验	52
三 缺口敏感性试验	53
四 弹性性能试验	55
第四章 扭转试验	58
一 扭转试验用公式	58
二 扭转试验用试样	60
第五章 剪切试验	62
第六章 硬度试验	65
一 布氏硬度试验	65
二 洛氏硬度试验	67

IV

三 维氏硬度试验	77
四 显微硬度试验	94
五 近似硬度试验	99
六 划痕硬度试验	99
七 黑色金属硬度及强度换算表	105
八 奥氏体不锈钢硬度换算表	114
九 黄铜硬度换算表	117
十 镍和高镍合金硬度换算表	119
十一 硬度与抗拉强度的关系公式	121
十二 硬度与剪切强度的关系公式	122
十三 硬度与钢中含碳量的关系公式	122
第七章 冲击韧性试验	124
一 弯曲冲击韧性试验	124
二 拉力冲击试验	133
三 压缩冲击试验	134
四 扭转冲击试验	135
五 多次冲击试验	135
六 钢的冷脆性试验	137
第八章 疲劳试验	139
一 弯曲疲劳试验用公式	142
二 弯曲疲劳试验用试样	143
三 轴向疲劳试验用公式及试样	148
四 带缺口的疲劳试样	149
五 疲劳极限与机械性能的关系	151
六 多次冲击接触疲劳试验	157
七 钢轨实物弯曲疲劳试验	158
第九章 金属断裂韧性试验	159
一 金属材料平面应变断裂韧性 K_{Ic} 试验	159
二 金属材料延性断裂的断裂韧性试验	167
第十章 高温试验	180
一 高温拉伸蠕变试验	180
二 高温拉伸持久试验	183
三 高温松弛试验	188

四 高温拉力试验	189
五 高温扭转试验	193
六 高温压缩试验	194
七 高温硬度试验	194
八 高温冲击韧性试验	197
九 高温疲劳试验	199
第十一章 低温试验	204
一 低温冲击韧性试验	204
二 低温拉力试验	205
第十二章 磨损试验	206
第十三章 应变时效敏感性试验	208
第十四章 焊接件的机械性能试验	210
一 焊缝金属及焊接接头的机械性能试验	210
二 螺旋焊缝电焊钢管试验	229
三 焊条的机械性能试验	232
四 焊工技术考核试验	237
五 锅炉压力容器焊工考试	240
第十五章 锻件的机械性能试验	243
第十六章 烧结金属材料机械性能试验	246
一 烧结金属材料的拉力试验	246
二 烧结金属材料的压力试验	247
三 烧结金属材料的弯曲试验	248
四 烧结金属材料的硬度试验	248
五 烧结金属材料的冲击韧性试验	249
第十七章 硬质合金材料机械性能试验	250
一 硬质合金的抗弯试验	250
二 硬质合金的洛氏硬度试验	251
三 硬质合金冲击韧性试验	251
第十八章 齿轮的机械性能试验	253
一 齿面的硬度试验	253
二 单齿静弯曲试验	253
三 单齿脉动疲劳试验	254

四 单齿多冲试验	254
第十九章 工艺试验	255
一 金属弯曲试验	255
二 金属顶锻试验	257
三 金属不淬硬性弯曲试验	258
四 金属锻平试验	259
五 铆钉线铆接试验	260
六 型材展平弯曲试验	260
七 金属反复弯曲试验	261
八 线材反复弯曲试验	262
九 线材缠绕、松懈试验	264
十 薄板双层咬合弯曲试验	265
十一 金属杯突试验	265
十二 金属管弯曲试验	266
十三 金属管扩口试验	267
十四 金属管缩口试验	268
十五 金属管卷口试验	269
十六 金属管压扁试验	270
十七 金属管压缩试验	271
十八 金属管液压试验	271
十九 钢丝脆性试验	272
二十 细钢丝绳疲劳试验	272
第二十章 钢的机械性能试验取样部位	274
附录	280
一 国际计量单位及换算表	280
二 英制、公制、国际计量单位制换算表	291
三 数字修约（四舍六入五单双法）规则	298
参考文献	299

第一章 拉力试验

金属在拉伸时的性能，可以通过金属的拉力试验来获得，拉力试验能显示金属材料于静负荷下弹性变形和塑性变形时应力与应变之间的关系、材料的强度及塑性指标。

拉力试验按国家标准GB228—76金属拉力试验法、GB 3076—82 金属薄板（带）拉伸试验方法、部颁标准YB39—64线材拉力试验法、YB 57—64有色金属及其合金拉力试验法、YB 796—71 有色金属及其合金薄板带拉力试验法进行。

金属在拉伸时可绘得负荷-伸长曲线（ $P-\Delta l$ 曲线）。

金属在拉伸时的应力-应变曲线（ $\sigma-\epsilon$ 曲线）见图1-2。

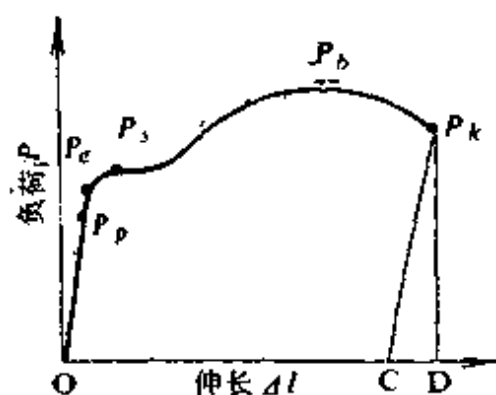


图 1-1 拉伸负荷-伸长曲线

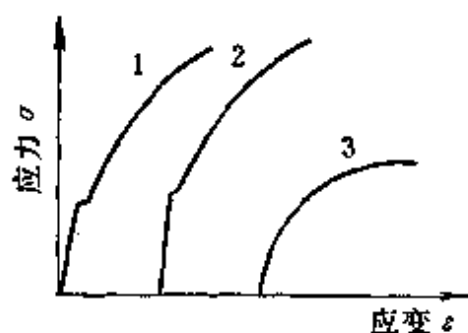


图 1-2 拉伸应力-应变曲线

1—低碳钢 2—中碳钢
3—有色金属、铸铁

拉力试验测定金属材料下列机械性能：

规定比例极限	σ_p
规定残余伸长应力	$\sigma_{0.01}$
屈服强度	$\sigma_{0.2}$
屈服点	σ_s
抗拉强度	σ_b
真正断裂强度	S_K
均匀伸长率	δ_p

伸长率

 δ

断面收缩率

 ψ

一 拉力试验用公式

规定比例极限 σ_P $\sigma_P = \frac{P_P}{F_0}$ 牛/毫米² (公斤力/毫米²)[⊖];

规定残余伸长应力 $\sigma_{0.01}$ $\sigma_{0.01} = \frac{P_{0.01}}{F_0}$ 牛/毫米² (公斤力/毫米²);

屈服强度 $\sigma_{0.2}$ $\sigma_{0.2} = \frac{P_{0.2}}{F_0}$ 牛/毫米² (公斤力/毫米²);

屈服点 σ_s $\sigma_s = \frac{P_s}{F_0}$ 牛/毫米² (公斤力/毫米²);

抗拉强度 σ_b $\sigma_b = \frac{P_b}{F_0}$ 牛/毫米² (公斤力/毫米²);

真正断裂强度 S_K $S_K = \frac{P_K}{F_K}$ 牛/毫米² (公斤力/毫米²);

均匀伸长率 δ_P $\delta_P = \frac{l_P - l_0}{l_0} \cdot 100\%$;

伸长率 δ $\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \cdot 100\%$;

断面收缩率 ψ $\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \cdot 100\% = \frac{d_0^2 - d_1^2}{d_0^2} \cdot 100\%$ 。

式中

P_P ——规定比例极限时的负荷, 牛 (公斤力);

$P_{0.01}$ ——试样残余伸长为原标距长度0.01%时的负荷, 牛 (公斤力);

$P_{0.2}$ ——试样残余伸长为原标距长度0.2%时的负

⊖ 本手册采用法定计量单位, 表中用符号, 文中使用中文, 括号中系现用旧计量单位。

荷, 牛 (公斤力);

P_s ——屈服点时的负荷, 牛 (公斤力);

P_b ——试样拉断前的最大负荷, 牛 (公斤力);

P_K ——试样断裂时的负荷, 牛 (公斤力);

F_0 ——试样的原横截面积, 毫米²;

F_1 、 F_K ——试样断裂时细颈处的横截面积, 毫米²;

l_0 、 l_1 ——试样的原始标距和拉断后的标距, 毫米;

l_F ——试样均匀伸长时的标距, 毫米;

d_0 ——试样的原始直径, 毫米;

d_1 ——试样断裂后细颈处直径, 毫米。

此外, 金属材料的正弹性模量 (简称弹性模量) E 和剪切弹性模量 (简称切变模量) G 的测定其公式为:

$$\text{弹性模量 } E \quad E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{\Delta P l_0}{\Delta l_0 F_0} \text{ 牛/毫米}^2 \text{ (公斤力/毫米}^2\text{)};$$

$$\text{切变模量 } G \quad G = \frac{\tau}{\gamma} \quad \text{牛/毫米}^2 \text{ (公斤力/毫米}^2\text{)}。$$

式中 ΔP ——负荷的增加量, 牛 (公斤力);

l_0 ——试样的原始标距, 毫米;

Δl_0 ——受 ΔP 负荷后试样的伸长量, 毫米;

F_0 ——试样的原横截面积, 毫米²;

τ ——切应力, 牛/毫米² (公斤力/毫米²);

γ ——切应变, 弧度。

$$\text{泊桑比 } \mu \quad \mu = \frac{E}{G} \text{ (一般金属为 } 0.25 \sim 0.35\text{)}。$$

二 拉力试验用试样

1. 拉力试样

试样分按比例的和非比例的两种。

比例试样标距 l_0 以公式 $l_0 = K \sqrt{F_0}$ 计算。当 $K = 5.65$ 时, 称短试样, $K = 11.3$ 时为长试样, 此时圆柱形试样的标距分别为

$5d_0$ 或 $10d_0$ 。

非比例试样的标距根据材料（如薄板、带、管、线等）的尺寸和材质给以规定的标距长度。

拉力试样的形状分圆柱形和板状，如图1-3。

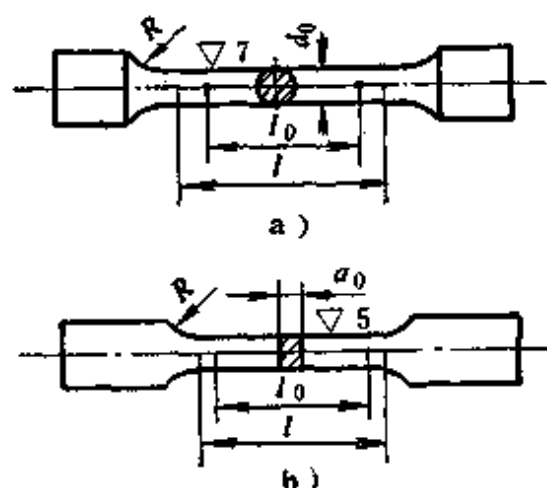


图 1-3 拉力试样形状

a) 圆柱形试样 b) 板状试样

圆柱形试样加工允许偏差见表1-1，试样见图1-4~1-7和表1-4~1-7。

表 1-1 圆柱形试样加工允许偏差

试样直径 d_0 (mm)	l_0 部分直径 d_0 允许差 (mm)	l_0 长度内直径最大最小允许差 (mm)
<5	± 0.05	0.01
$5 \sim <10$	± 0.1	0.02
≥ 10	± 0.2	0.05

板状试样加工允许偏差见表1-2，试样见图1-8和表1-8。

表 1-2 板状试样加工允许偏差

试样试验部分宽度 b_0 (mm)	l_0 部分宽度 b_0 允许差 (mm)	l_0 长度内宽度最大最小允许差 (mm)
10 15	± 0.2	0.1
20 30	± 0.5	0.2

带头的试样两头部轴线与标距部分轴线间偏差不大于0.5毫米。试样截面测量精度要求如表1-3。

表 1-3 试样截面测量精度

试样截面尺寸 (mm)	最低测量精度 (mm)
0.2~0.5	0.002
>0.5~10.0	0.01
>10.0	0.05

2. 标准规定比例圆柱形和板状拉力试样尺寸

比例圆柱形试样:

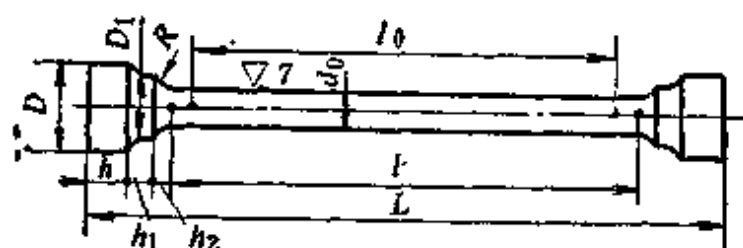


图 1-4 圆柱形拉力试样

表 1-4 圆柱形拉力试样 (图1-4) 尺寸 (mm)

一般尺寸							短试样 $l_0 = 5d_0$			长试样 $l_0 = 10d_0$				
d_0	D	D_1	h	h_1	h_2	R 最小	试样号	l_0	l	L	试样号	l_0	l	L
25	45	28	25	12.5	5	5	1	125	150	$L = l + 2h + 2h_1 + 2h_2$	01	250	275	$L = l + 2h + 2h_1 + 2h_2$
20	36	24	20	10	5	5	2	100	120		02	200	220	
15	28	18	15	7.5	4	4	3	75	90		03	150	165	
10	20	13	10	5	4	4	4	50	60		04	100	110	
8	16	11	8	4	3	3	5	40	48		05	80	88	
6	13	8	6	4	3	3	6	30	36		06	60	66	
5	11	7	6	3	2.5	3	7	25	30		07	50	55	
3	7	5	5	2.5	2	2	8	15	20		08	30	35	



图 1-5 圆柱形拉力试样

表 1-5 圆柱形拉力试样 (图1-5) 尺寸 (mm)

一 般 尺 寸					短试样 $l_0=5d_0$			长试样 $l_0=10d_0$				
d_0	D	h	h_1	R 最小	试样号	l_0	l	L	试样号	l_0	l	L
25	45	30	5	5	9	125	150	$L=l+2h+2h_1$	09	250	275	$L=l+2h+2h_1$
20	34	25	5	5	10	100	120		010	200	220	
15	28	20	3	3	11	75	90		011	150	165	
10	16	10	3	3	12	50	60		012	100	110	
8	13	10	3	2	13	40	48		013	80	88	
6	12	10	2.5	1.5	14	30	36		014	60	66	
5	11	10	2.5	1.5	15	25	30		015	50	55	
3	7	7	2	1.5	16	15	20		016	30	35	

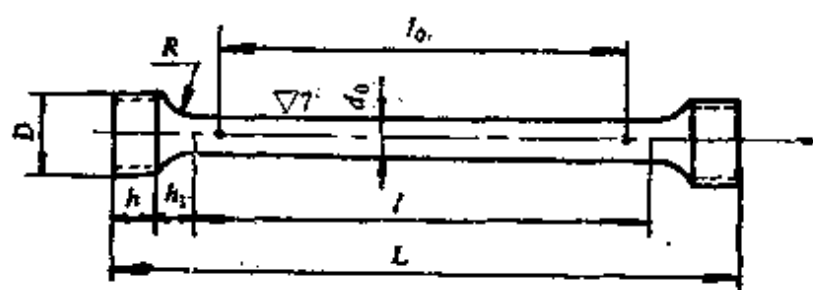


图 1-6 圆柱形拉力试样

表 1-6 圆柱形拉力试样 (图1-6) 尺寸 (mm)

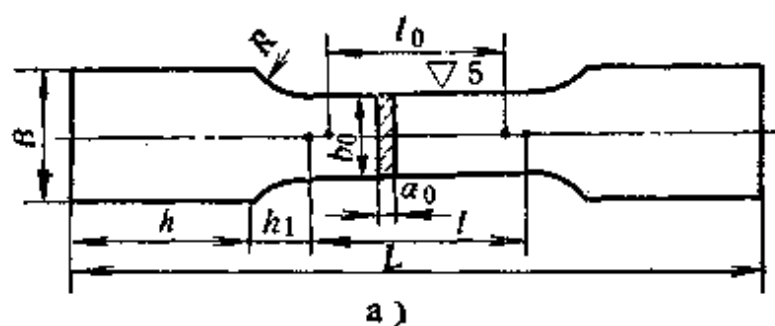
一 般 尺 寸					短试样 $l_0=5d_0$				长试样 $l_0=10d_0$			
d_0	D	h	h_1	R 最小	试样号	l_0	l	L	试样号	l_0	l	L
25	M36	40	12.5	12.5	17	125	150	$L=l+2h+2h_1$	017	250	275	$L=l+2h+2h_1$
20	M30	30	10	10	18	100	120		018	200	220	
15	M24	25	7.5	7.5	19	75	90		019	150	165	
10	M16	15	5	5	20	50	60		020	100	110	
8	M14	15	4	4	21	40	48		021	80	88	
6	M12	12	2.5	3	22	30	36		022	60	66	
5	M9	10	2.5	3	23	25	30		023	50	55	
3	M8	10	2	2	24	15	20		024	30	35	



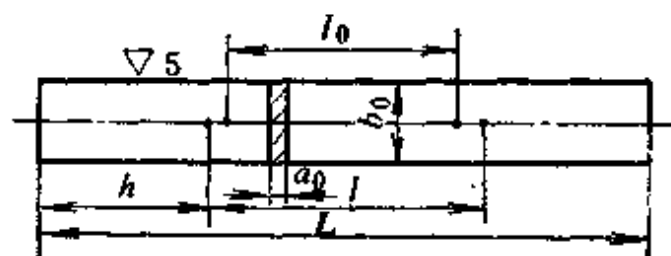
图 1-7 圆柱形拉力试样

表 1-7 圆柱形拉力试样 (图1-7) 尺寸 (mm)

一般尺寸				短试样 $l_0 = 5d_0$				长试样 $l_0 = 10d_0$			
d_0	D	h	h_1	试样号	l_0	l	L	试样号	l_0	l	L
25	35	不作规定	25	25	125	150	$l + 2h + 2h_1$	025	250	275	$l + 2h + 2h_1$
20	30		20	26	100	120		026	200	220	
15	22		15	27	75	90		027	150	165	
10	15		10	28	50	60		028	100	110	
8	12		8	29	40	48		029	80	88	
6	9		6	30	30	36		030	60	66	
5	8		5	31	25	30		031	50	55	
3	6		4	32	15	20		032	30	35	



a)



b)

图 1-8 板状试样拉力试样

表 1-8 板状拉力试样 (图 1-8) 尺寸 (mm)

一般尺寸			短试样 $l_0=5.65\sqrt{F_0}$				长试样 $l_0=11.3\sqrt{F_0}$			
a_0	b_0	h	试样号	l_0	l	L	试样号	l_0	l	L
25	30	100	33	155	170	$l+2h+2h_1$	033	310	325	$l+2h+2h_1$
24	30	100	34	150	165		034	300	315	
23	30	90	35	150	165		035	300	315	
22	30	90	36	145	160		036	290	305	
21	30	80	37	140	155		037	280	295	
20	30	80	38	140	155		038	280	295	
19	30	80	39	135	150		039	270	285	
18	30	80	40	130	145		040	260	275	
17	30	80	41	130	145		041	260	275	
16	30	80	42	125	140		042	250	265	
15	30	70	43	120	135		043	240	255	
14	30	70	44	115	130		044	230	245	
13	30	70	45	110	125		045	220	235	
12	30	60	46	105	120		046	210	225	
11	30	60	47	105	120		047	210	225	
10	30	60	48	100	115		048	200	215	
9	30	50	49	95	110		049	190	205	
8	30	50	50	90	105		050	180	195	
7	30	50	51	80	95		051	160	175	
6	30	50	52	75	90		052	150	165	
5	30	50	53	70	85		053	140	155	
4	20	40	54	50	60	054	100	110		
3.5	20	40	55	45	55	055	90	100		
3	20	40	56	45	55	056	90	100		
2.5	20	40	57	40	50	057	80	90		
2	20	40	58	35	45	058	70	80		
1.5	20	40	59	30	40	059	60	70		
1	20	40	60	25	35	060	50	60		
0.5	20	40	61	20	30	061	40	50		

注: 1) 试样厚度介于两个厚度时, 如其厚度较薄者之差 < 0.5 毫米, 选用较薄试样 l_0 , 如差值 ≥ 0.5 毫米, 采用较厚试样 l_0 ;

2) $B_0 = b_0 + 10$ 毫米, R 为 25~40 毫米, h_1 相应为 15~20 毫米;

3) 允许将不同厚度的试样分组加工, 采用该组最厚试样的规定长度为共用长度, 但每组中最大最小规定长度差不得超过 25 毫米。

3. 管材试样

标准规定对外径 $D_0 \leq 30$ 毫米管材,可取整个管段进行试验, $D_0 > 30$ 毫米管材可作整个管段或切取纵向、横向试样。

纵向试样:管壁厚 $a_0 < 8$ 毫米时,可如图1-9、表1-9加工,加工偏差见表1-2。对壁厚 ≥ 8 毫米时,可制成尽可能大的纵向圆柱形试样。

横向试样:在管外径、壁厚合适时,可剖管制取横向条状或圆柱形试样,尺寸按比例的板状或圆柱形试样选用。

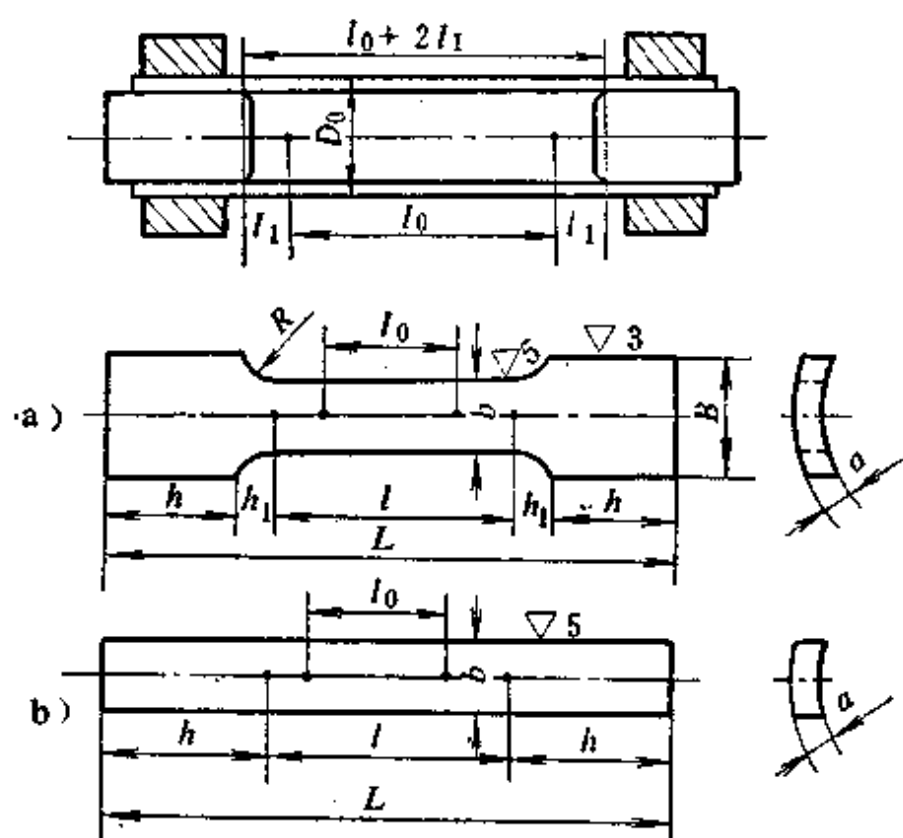


图 1-9 管状拉力试样

表 1-9 管状试样宽度尺寸

管外径 D_0 (mm)	试样宽度 b_0 (mm)
$>30 \sim 50$	10
$>50 \sim 70$	15
>70	20

表 1-10 剖管纵向试样面积 K 值

 $b_0 = 10\text{mm}$ $P_0 = a_0 b_0 + K$ (mm²)

D_0	a_0														
	K														
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
31	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.1	2.4	2.8	3.2
32	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.1	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2	2.6	3.0
33	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.3	2.6
34	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1	1.3	1.4	1.6	1.8	2.1	2.4
35	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.8	1.0	1.1	1.3	1.5	1.7	2.0	2.2
36	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.8	2.0
37	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.6	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.5	1.6	1.8
38	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7
39	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.4	1.6
40	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.6	0.6	0.7	0.8	1.0	1.0	1.2	1.4	1.4
41	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4
42	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1	1.1	1.3
43	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	1.0	1.1	1.2
44	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.1	1.1
45	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	1.0	1.0
46	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0
47	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	1.0
48	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8	0.9
49	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
50	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8