

高等学校教学参考书



材料力学学习题集

清华大学材料力学教研组编

人民教育出版社

简 装 本 说 明

目前850×1168毫米规格纸张较少，本书暂以787×1092毫米规格纸张印刷，定价相应减少20%。希鉴谅。

材 料 力 学 习 题 集

清华大学材料力学教研组编

人民教育出版社出版（北京沙滩后街）

人民教育出版社印刷厂印装

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

统一书号 15012·0042 开本 787×1092 1/32 印张 7 12/16

字数 191,000 印数 236,001—266,500 定价(7) 0.72 元

1964年3月第1版 1965年7月第2版 1981年10月第3次印刷

本习题集包括基本部分习题、专题部分习题和大作业题三部分，书末还附有习题答案及附录。

全部习题共 500 个，其中属于满足基本要求的题目约占 70%，属于满足进一步要求的题目约占 20%，较难的题目约占 10%（以“*”号标明）。大作业题共 6 个。除个别题目外，习题均有答案。

附录包括图表 8 种，图中未加注明的尺寸单位为以 mm 为单位，题中未绘出 E、G、 μ 等数据者，均可查附录表。

本习题集适合于机械类各专业教学参考。

附 录

(一) 常用材料的机械性质

材 料	σ_s (kg/mm ²)	τ_s (kg/mm ²)	σ_b (kg/mm ²)	σ_{-1} (kg/mm ²)	τ_{-1} (kg/mm ²)	$\delta\%$
G2 鋼	>21	14	>34	17	8.5	>31
G3 鋼	>22	16	>38	17	10	>25
G4 鋼	>24		>42	19		>23
G5 鋼	>27	19	>50	22	13	>19
30 号鋼	>28	17	>48	20	11	>20
35 号鋼	>30	19	>52	22	13	>18
40 号鋼	>32		>57			>17
45 号鋼	>34	22	>60	25	15	>15
50 号鋼	>35		>63	27	16	>13
55 号鋼	>36		>64			>11
60 号鋼	>37		>65			>10
40Cr 鋼	80		100	35	22.5	9
鑄鋼	>20		>40			20
黃銅			30			12
鑄鐵			{ 15 (拉)	7	5	
			{ 65 (压)			
			{ 24 (拉)	12	10	
			{ 85 (压)			
球墨鑄鐵	32	54(τ_b)	{ 40 (拉)	16		15
			{ 150 (压)			
鋁合金	5—25		18—42			15—22

(二) 常用材料的弹性常数

材 料		$E(\text{kg/cm}^2)$	μ
碳	鋼	2.1×10^6	0.28
鑄	鋼	2.2×10^6	0.30
鎳	鎳 鋼	2.1×10^6	0.30
黃	銅	1.0×10^6	0.39
鑄	鐵	1.2×10^6	0.25
	鋁	0.66×10^6	0.26
鋁	合 金	0.70×10^6	0.30
橡	膠	80	0.47
混 凝 土 (100 号)		$0.14-0.20 \times 10^6$	0.10-0.18
(150 号)		$0.16-0.25 \times 10^6$	0.10-0.18
(200 号)		$0.18-0.29 \times 10^6$	0.10-0.18
球 墨 鑄 鐵		1.6×10^6	0.25
木 材 (順紋)		0.10×10^6	—

鋼的剪切彈性系數..... $G=8.2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$

鋼的綫膨脹系數..... $\alpha=125 \times 10^{-7} 1/^\circ\text{C}$

銅的綫膨脹系數..... $\alpha=165 \times 10^{-7} 1/^\circ\text{C}$

鋼的密度..... $\gamma=7.8 \text{ g/cm}^3=7.8 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$

混凝土的密度..... $\gamma=2.4 \text{ t/m}^3$

(三) 矩形截面杆自由扭轉应力及变形公式

长度为 l 的矩形截面直杆承受自由扭轉时，若横截面上扭矩为 M_K ，材料剪切弹性模量为 G ，则横截面上剪应力 τ 及两端截面的相对扭轉角 φ 为

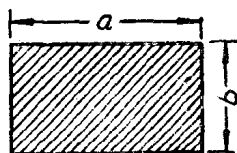
$$\tau_{\max} = \frac{M_K}{W_K} \text{ (长边中点);}$$

$$\tau_1 = k_1 \tau_{\max} \text{ (短边中点);}$$

$$\varphi = \frac{M_K l}{G J_K};$$

$$W_K = k a b^2;$$

$$J_K = k' a b^3;$$

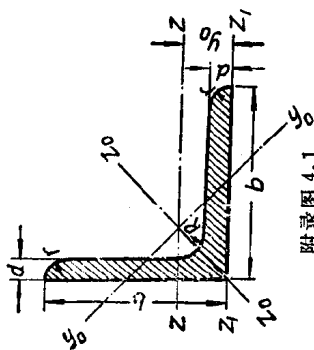


附录图 3.1

此处 k , k_1 及 k' 决定于截面长边与短边边长之比 $\frac{a}{b} (>1)$ ，如下表所示：

$\frac{a}{b}$	1.00	1.20	1.50	1.75	2.00	2.50	3.00	4.00	5.00	6.00	8.00	10.00
k	0.208	0.219	0.231	0.239	0.246	0.258	0.267	0.282	0.291	0.299	0.307	0.312
k_1	1.00	0.93	0.86	0.82	0.79	0.77	0.75	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
k'	0.141	0.166	0.196	0.214	0.229	0.249	0.263	0.281	0.291	0.299	0.307	0.312

(四) 型鋼表



附录图 4.1

符号意义:
 b ——腿 宽
 d ——腿 厚
 R ——内面圆弧半径
 r ——腿端圆弧半径
 J ——慣 矩
 i ——慣性半径
 y_0 ——形心距离

表 1

角 鋼 号 数	尺寸(mm)		截 面 面 积 (cm^2)	每 米 重 量 (kg)	参 考 数 值							
					轴 $z-z$		轴 z_0-z_0		轴 y_0-y_0		轴 z_1-z_1	
	b	d			R	r	J_z (cm^4)	i_z (cm)	J_{z_0} 最大 (cm^4)	i_{z_0} (cm)	J_{y_0} 最小 (cm^4)	i_{y_0} (cm)
2	20	3	3.5	1.2	0.40	0.60	0.63	0.75	0.17	0.39	0.81	0.60
		4			0.49	0.58	0.78	0.73	0.21	0.38	1.09	0.64

2.5	25	3	3.5	1.2	1.43	1.12	0.80	0.75	1.28	0.95	0.32	0.47	1.56	0.73
		4			1.86	1.46	1.02	0.74	1.63	0.94	0.41	0.47	2.12	0.77
3	30	4	4.5	1.5	2.27	1.78	1.82	0.90	2.90	1.13	0.75	0.58	3.62	0.89
		5			2.78	2.18	2.20	0.89	3.47	1.12	0.93	0.58	4.58	0.93
3.5	35	4	4.5	1.5	2.67	2.10	3.02	1.06	4.77	1.34	1.27	0.69	5.74	1.01
		5			3.28	2.57	3.61	1.05	5.71	1.32	1.51	0.68	7.23	1.05
4	40	4			3.08	2.42	4.60	1.22	7.26	1.53	1.93	0.79	8.53	1.13
		5	5.0	1.7	3.79	2.97	5.54	1.21	8.75	1.52	2.34	0.78	10.70	1.17
		6			4.48	3.52	6.41	1.20	10.10	1.50	2.70	0.78	13.00	1.21
4.5	45	4			3.48	2.73	6.60	1.38	10.50	1.74	2.68	0.88	12.10	1.26
		5	5.0	1.7	4.29	3.37	8.00	1.37	12.70	1.72	3.26	0.87	15.30	1.30
		6			5.08	3.99	9.29	1.35	14.80	1.71	3.78	0.86	18.40	1.34
5	50	5			4.80	3.77	11.2	1.53	17.8	1.92	4.61	0.98	20.9	1.42
		6	5.5	1.8	5.69	4.47	13.1	1.52	20.7	1.91	5.39	0.97	25.2	1.46
6	60	5			5.82	4.57	19.9	1.85	31.4	2.32	8.29	1.19	35.9	1.66
		6	6.5	2.2	6.91	5.42	23.3	1.84	36.8	2.31	9.76	1.19	43.3	1.70

擴表 1

角 鋼 號 數	尺 寸 (mm)				截 面 面 積 (cm ²)	每 米 重 量 (kg)	参 考 数 值							
							轴 z—z		轴 z ₀ —z ₀		轴 y ₀ —y ₀		轴 z ₁ —z ₁	
	b	d	R	r			J _z (cm ⁴)	i _z (cm)	J _{z₀} 最大 (cm ⁴)	i _{z₀} (cm)	J _{y₀} 最小 (cm ⁴)	i _{y₀} (cm)		
														y ₀ (cm)
6	60	8	6.5	2.2	9.03	7.09	29.6	1.81	46.8	2.28	12.4	1.17	58.2	1.78
6.5	65	6			7.55	5.93	29.8	1.98	47.2	2.50	12.3	1.28	54.8	1.82
		8	8.0	2.7	9.87	7.75	60.3	2.48	15.8	1.27	73.7	1.90		
		10			12.1	9.51	72.0	2.44	18.8	1.25	92.9	1.98		
7.5	75	6			8.78	6.89	46.7	2.31	73.3	2.89	20.1	1.51	83.9	2.06
		8			11.5	9.03	60.1	2.28	94.9	2.87	25.3	1.48	113	2.14
		10	9.0	3.0	14.1	11.1	72.2	2.26	114	2.84	30.3	1.47	142	2.22
		12			16.7	13.1	83.3	2.24	132	2.81	34.9	1.45	172	2.30
8	80	6			9.38	7.36	57.0	2.47	90	3.11	23.5	1.58	102	2.19
		8	9.0	3.0	12.3	9.66	73.3	2.44	116	3.07	30.3	1.57	137	2.27
		10			15.1	11.9	88.4	2.42	140	3.05	36.5	1.56	172	2.35

9	90	8	14.0	11.0	106	2.76	168	3.46	43.6	1.77	194	2.51
		10	17.2	13.5	128	2.74	204	3.44	53.1	1.76	244	2.59
		12	20.4	16.0	149	2.71	237	3.41	61.7	1.75	294	2.67
		14	23.4	18.4	169	2.69	267	3.38	71.9	1.75	345	2.74
		11	3.7									
10	100	8	15.6	12.3	147	3.07	233	3.87	61.0	1.98	265	2.75
		10	19.2	15.1	179	3.05	284	3.85	74.9	1.97	333	2.83
		12	22.8	17.9	209	3.03	331	3.81	87.6	1.96	402	2.91
		14	26.3	20.6	237	3.01	375	3.78	99.1	1.95	472	2.99
		16	29.7	23.3	265	2.99	416	3.75	113	1.95	542	3.06
12	120	10	23.3	18.3	316	3.68	503	4.64	130	2.36	575	3.33
		12	27.6	21.7	371	3.66	590	4.62	153	2.35	693	3.41
		14	31.9	25.1	423	3.64	671	4.59	174	2.34	811	3.49
		16	36.1	28.4	474	3.62	749	4.56	199	2.34	931	3.56
		18	40.3	31.6	520	3.60	822	4.54	219	2.33	1052	3.64
13	130	10	25.3	19.8	406	4.01	646	5.05	166	2.56	730	3.58
		12	30.0	23.6	477	3.99	759	5.03	196	2.55	880	3.66

續表 1

角 鋼 號 數	尺寸(mm)		每 米 重 量 (kg)	參 考 數 值							
				軸 z-z		軸 z ₀ -z ₀		軸 y ₀ -y ₀		軸 z ₁ -z ₁	
	b	d	R	r	J _z (cm ⁴)	i _z (cm)	J _{z₀} 最大 (cm ⁴)	i _{z₀} (cm)	J _{y₀} 最小 (cm ⁴)	i _{y₀} (cm)	J _{z₁} (cm ⁴)
13	130	14			545	3.96	866	5.00	223	2.54	1030
		16	13	4.3	608	3.93	967	4.96	249	2.52	1182
15	150	12			745	4.62	1186	5.83	305	2.95	1347
		14			857	4.60	1358	5.80	356	2.97	1577
		16	15	5.0	961	4.58	1522	5.77	399	2.95	1808
		18			1060	4.56	1679	5.73	440	2.94	2041
		20			1154	4.52	1830	5.70	478	2.91	2275
18	180	14			1515	5.57	2405	7.03	625	3.58	2721
		16	15	5.0	1704	5.55	2705	7.00	703	3.56	3117
		18			1885	5.52	2994	6.94	775	3.54	3515

20	200	16	18	6.0	62.0	48.7	2355	6.17	3755	7.79	954	3.93	4264	5.55
		18			69.3	54.4	2619	6.15	4165	7.77	1074	3.93	4808	5.62
		20			76.5	60.1	2868	6.13	4560	7.74	1175	3.92	5355	5.70
		24			90.8	71.3	3349	6.07	5313	7.66	1384	3.90	6456	5.85
		30			111.5	88.3	3999	5.96	6373	7.49	1685	3.87	8093	6.03
22	220	16	21	7.0	68.4	53.7	3168	6.80	5046	8.59	1307	4.37	5661	6.04
		20			84.5	66.4	3859	6.75	6120	8.51	1592	4.34	7003	6.20
		24			100.4	78.8	4514	6.71	7148	8.44	1870	4.32	8560	6.35
		28			115.9	91.0	5135	6.66	8130	8.37	2141	4.30	10029	6.50
		230	24	20	105.3	82.6	5207	7.03	8266	8.86	2144	4.51	9780	6.59

符号意义:

- B ——长腿的宽度
 b ——短腿的宽度
 d ——腿厚
 R ——内面圆弧半径
 r ——腿端圆弧半径
 J ——惯矩
 i ——惯性半径
 y_0, z_0 ——形心距离
 α ——主形心惯轴的倾斜角

附录图 4.2

表 2

角 钢 号 数	尺寸(mm)			每 米 重 量 (kg)	参 考 数 值													
	B	b	d		R	r	轴 z—z		轴 y—y		轴 z ₁ —z ₁		轴 y ₁ —y ₁		轴 u—u			
							J _z (cm ⁴)	i _z (cm)	J _y (cm ⁴)	i _y (cm)	J _y (cm ⁴)	i _y (cm)	J _{y₁} (cm ⁴)	i _{y₁} (cm)	J _u 最小 (cm ⁴)	i _u 最小 (cm)	tg α	
3/2	30	20	3	3.5	1.2	1.43	1.12	1.27	0.94	0.45	0.56	2.69	1.00	0.82	0.51	0.26	0.43	0.430
			4			1.86	1.46	1.61	0.93	0.56	0.55	3.61	1.04	1.12	0.55	0.34	0.43	0.422
3.5/2	35	20	4	3.5	1.2	2.06	1.62	2.48	1.10	0.53	0.53	5.62	1.25	1.11	0.51	0.37	0.42	0.320
			5			2.52	1.98	2.98	1.09	0.70	0.53	7.15	1.29	1.45	0.55	0.45	0.42	0.310

4.5/3	45	30	4		2.88	2.26	5.81	1.42	2.06	0.84	12.1	1.43	3.65	0.72	1.21	0.65	0.432
			6	5.01.7	4.18	3.28	8.15	1.40	2.85	0.83	18.3	1.56	5.65	0.82	1.69	0.64	0.423
6/4	60	40	5		4.83	3.79	17.4	1.90	6.19	1.13	35.8	1.95	10.8	0.97	3.62	0.87	0.432
			6	7.02.3	5.72	4.49	20.3	1.88	7.20	1.12	43.1	2.00	13.1	1.01	4.20	0.86	0.430
			8		7.44	5.84	25.8	1.86	9.04	1.10	57.9	2.08	17.9	1.09	5.39	0.85	0.420
7.5/5	75	50	5		6.11	4.80	34.9	2.39	12.5	1.43	69.9	2.39	20.9	1.17	7.24	1.09	0.435
			6	8.02.7	7.25	5.69	41.0	2.37	14.6	1.42	84.0	2.44	25.3	1.21	8.48	1.08	0.434
			8		9.47	7.43	52.4	2.35	18.6	1.40	113	2.52	34.3	1.29	10.9	1.07	0.428
			10		11.6	9.11	63.0	2.33	22.1	1.38	141	2.60	43.7	1.36	13.2	1.07	0.423
8/5.5	80	55	6		7.85	6.16	50.6	2.53	19.6	1.58	102	2.56	33.4	1.33	11.1	1.19	0.462
			8	8.02.7	10.3	8.06	64.9	2.51	24.9	1.56	136	2.64	45.3	1.41	14.3	1.19	0.458
			10		12.6	9.90	78.2	2.49	29.8	1.54	171	2.72	57.5	1.48	17.4	1.18	0.452
9/6	90	60	6		8.78	6.90	72.4	2.87	26.0	1.72	145	2.88	43.4	1.41	14.7	1.30	0.437
			8	3	11.5	9.08	93.2	2.85	33.2	1.70	194	2.96	58.6	1.49	19.3	1.29	0.433
			10		14.1	11.10	113.0	2.82	39.8	1.68	244	3.05	74.4	1.56	23.5	1.29	0.429

續表 2

角 鋼 號 數	尺寸(mm)				每 米 重 量 (kg)	参 考 数 值									
						軸 $z-z$		軸 $y-y$		軸 z_1-z_1		軸 y_1-y_1		軸 $u-u$	
	B	b	d	r		J_z (cm ⁴)	i_z (cm)	J_y (cm ⁴)	i_y (cm)	J_{z_1} (cm ⁴)	y_0 (cm)	J_{y_1} (cm ⁴)	z_0 (cm)	J_u 最小 (cm ⁴)	i_u 最小 (cm)
10/7.5	100	75	10	3.3	13.5	3.16	65.0	2.19	266	3.11	113	1.88	35.4	1.62	0.548
	100	75	10	3.3	16.7	3.13	78.5	2.17	333	3.20	143	1.96	42.6	1.60	0.545
	100	75	10	3.3	19.7	3.11	91.1	2.15	402	3.27	173	2.04	49.8	1.59	0.541
	100	75	12		15.6	3.83	82.3	2.30	459	3.85	137	1.88	47.6	1.75	0.438
12/8	120	80	10	3.7	19.2	3.81	99.6	2.27	575	3.93	178	1.96	57.7	1.73	0.436
	120	80	10	3.7	22.8	3.79	116	2.25	692	4.01	210	2.04	66.6	1.71	0.432
	120	80	12		17.2	4.15	118	2.62	583	4.08	195	2.11	66.5	1.97	0.471
	120	80	12		21.3	4.12	143	2.59	731	4.16	245	2.19	81.4	1.95	0.469
13/9	130	90	10	4.0	25.2	4.10	167	2.57	879	4.25	297	2.27	94.8	1.94	0.467
	130	90	12		29.1	4.08	189	2.55	1028	4.33	349	2.35	109	1.93	0.464
	130	90	14												
	130	90	14												

15/10	10		24.3	19.1	557	4.78	201	2.87	1120	4.81	335	2.35	115	2.18	0.439
	12		28.8	22.6	655	4.76	235	2.85	1347	4.90	405	2.43	137	2.18	0.437
	14	13 4.3	33.3	26.2	749	4.73	267	2.83	1575	4.98	476	2.51	156	2.16	0.434
	16		37.7	29.6	839	4.71	297	2.81	1904	5.06	549	2.59	175	2.15	0.430
18/12	12		34.9	27.4	1156	5.75	417	3.46	2325	5.79	695	2.82	240	2.62	0.440
	14	14 4.7	40.4	31.7	1326	5.73	476	3.44	2717	5.87	816	2.90	279	2.62	0.438
	16		45.8	35.9	1490	5.71	532	3.41	3111	5.95	939	2.98	309	2.60	0.436
	12		37.3	29.2	1546	6.45	428	3.39	3188	6.64	696	2.68	259	2.64	0.364
20/12	14	14 4.7	43.2	33.9	1776	6.42	489	3.36	3725	6.72	818	2.76	295	2.61	0.362
	16		49.0	38.4	1997	6.38	547	3.34	4264	6.80	941	2.84	331	2.60	0.360
	12		41.0	32.2	1666	6.37	810	4.44	3181	6.08	1347	3.62	436	3.26	0.552
	16		53.9	42.3	2155	6.32	1043	4.40	4272	6.27	1812	3.78	562	3.23	0.549
20/15	150	17 5.7	60.3	47.3	2388	6.30	1153	4.38	4800	6.33	2048	3.85	623	3.21	0.548
	18		66.5	52.2	2614	6.27	1258	4.35	5344	6.41	2285	3.93	683	3.21	0.546
	20														

符号意义:

h ——工字鋼高度

b ——翼緣寬度

d ——腹板厚度

t ——翼緣的平均厚度

r ——內弧半徑

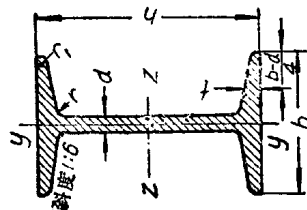
r_1 ——腹端弧半徑

J ——慣矩

W ——截面系數

i ——慣性半徑

S_z ——半个截面对 $z-z$ 轴的静矩



附录图 4.3

表 3

工字鋼 号 数	尺 寸 (mm)						每米 重量 (kg)	参 考 数 值							
								$z-z$							
	h	b	d	t	r	r_1		J_z (cm ⁴)	W_z (cm ³)	i_z (cm)	$J_z:S_z$ (cm)	J_y (cm ⁴)	W_y (cm ³)	i_y (cm)	
10	100	68	4.5	7.6	6.5	3.3	14.3	11.2	245	49.0	4.14	8.59	33.0	9.72	1.52
12	120	74	5.0	8.4	7.0	3.5	17.8	14.0	436	72.7	4.95	10.3	46.9	12.7	1.62
14	140	80	5.5	9.1	7.5	3.8	21.5	16.9	712	102	5.76	12.0	64.4	16.1	1.73
16	160	88	6.0	9.9	8.0	4.0	26.1	20.5	1130	141	6.58	13.8	93.1	21.2	1.89