

# 镁合金数据手册

1973. 6

## 前 言

本手册译自英国镁电子公司 (Magnesium Elektron Limited) 的“镁数据手册”，主要介绍各种镁合金的化学成分、物理和机械性能以及各种加工方法，可供从事镁合金生产的有关人员参考，译本略有删节。

国外航空编辑部

一九七三年一月

# 目 录

1. 英国镁电子公司的镁合金的 机械性能和化学成分 .....	1
2. 英国镁电子公司的镁合金 规范和美国相应的合金 .....	3
3. 铸造镁合金的 0.2% 屈服强度数据 .....	5
4. 纯镁的物理性能 .....	5
5. 镁电子公司的镁合金的物理性能 .....	6
6. 结构金属的重量比较 .....	7
7. 各种金属的导热系数和导电系数 .....	7
8. 一些常用金属的热膨胀系数 .....	8
9. 镁电子公司的镁合金的铸造收缩率 .....	8
10. 镁电子公司的镁合金的高温性能 .....	8
图1. 温度对各种镁合金杨氏模量的影响 .....	8
图2. 温度对轧制的 ZW <sub>3</sub> 和 ZTY (16.S.G.W) 合金 杨氏模量的影响 .....	9
图3. 温度对各种镁合金 0.1% 屈服强度的影响 .....	9
图4. 温度对轧制的 ZW <sub>3</sub> 和 ZTY (16.S.G.W.) 合金 0.1% 屈服强度的影响 .....	10
图5. 温度对各种铸造镁合金极限 抗拉强度的影响 .....	11
图6. 温度对轧制的 ZW <sub>3</sub> 和 ZTY (16S.G.W.) 金属的 极限抗拉强度的影响 .....	12
图7. 各种铸造镁合金总应变 0.5% 瞬时蠕变曲线 (试验温度 200°C) .....	12
图8. 各种铸造镁合金的破裂时间 (试验温度 200°C) .....	13

图9. 各种铸造镁合金总应变 0.5%瞬时蠕变曲线 (试验温度 250°C) .....	13
图10. 各种铸造镁合金的破裂时间 (试验温度 250°C) .....	14
图11. 各种铸造镁合金总应变 0.5%瞬时蠕变曲线 (试验温度 315°C) .....	14
图12. 各种铸造镁合金的破裂时间 (试验温度 315°C) .....	15
图13. 高温下应用的板材合金的刚度比较 .....	15
图14. 高温下应用的板材合金的抗折皱能力的比较 .....	16
11. 镁电子公司一些镁合金低温下的抗拉强度和冲击性能 .....	16
12. 镁电子公司一些镁合金的高温沃勒 (Wohler) 疲劳性能 (无缺口) .....	17
图15. 挤压合金 ZW <sub>3</sub> 的沃勒疲劳试验 .....	18
图16. ZRE <sub>1</sub> 的沃勒疲劳试验 .....	19
图17. RZ <sub>5</sub> 的沃勒疲劳试验 .....	19
图18. 周围大气对挤压合金 ZW <sub>3</sub> 的应力和循环 次数曲线形状的影响 .....	20
13. 镁电子公司一些镁合金的典型剪切强度值 .....	21
14. 镁合金薄板纵向和横向的抗拉性能的比较 .....	22
15. 镁合金减震性能的说明 .....	22
16. 氟化物阳极化处理及表面密封 .....	24
17. 镁合金比较常用的清洗和铬酸盐处理的工艺规程 .....	26
18. 镁合金的油漆保护系统 .....	28
19. 用化学浸蚀法去除金属 .....	29
20. 镁电子公司的镁合金的热处理 .....	29
21. 切削加工 .....	30
22. 连接(包括焊接) .....	32
23. 成形 .....	38
图19-21. 在高至 400°C下在不同温度下 30 分钟退火对 (18S. W.G.)AZ31.ZW <sub>1</sub> 和 ZW <sub>3</sub> 板材室温抗拉 性能的影响 .....	40

24. 制造极限尺寸	42
轧制厚板和薄板	42
管材	43
25. 制造公差	44
最小壁厚	44
铸件公差	44
圆棒直径公差	45
截面型材 (包括正方形, 六边形, 矩形和截面棒材)	
总宽度和两个相对棱面间宽度公差	45
等截面型材和棒材的厚度公差	46
薄板的厚度公差	47
厚板的厚度公差	48
管材直径的公差	49
线材和薄板的金属规格	49
26. 英国镁电子公司的产品	50
中间合金	50
铸造熔剂	50
27. 铸造合金拉伸应力-应变曲线	51
图22. 铸造合金的拉伸应力-应变曲线	51
图23. 铸造合金的拉伸应力-应变曲线 (用应力与 密度成反比方法绘制)	51

## 前 言

本手册译自英国镁电子公司 (Magnesium Elektron Limited) 的“镁数据手册”，主要介绍各种镁合金的化学成分、物理和机械性能以及各种加工方法，可供从事镁合金生产的有关人员参考，译本略有删节。

国外航空编辑部

一九七三年一月

# 目 录

1. 英国镁电子公司的镁合金的 机械性能和化学成分 .....	1
2. 英国镁电子公司的镁合金 规范和美国相应的合金 .....	3
3. 铸造镁合金的 0.2% 屈服强度数据 .....	5
4. 纯镁的物理性能 .....	5
5. 镁电子公司的镁合金的物理性能 .....	6
6. 结构金属的重量比较 .....	7
7. 各种金属的导热系数和导电系数 .....	7
8. 一些常用金属的热膨胀系数 .....	8
9. 镁电子公司的镁合金的铸造收缩率 .....	8
10. 镁电子公司的镁合金的高温性能 .....	8
图1. 温度对各种镁合金杨氏模量的影响 .....	8
图2. 温度对轧制的 ZW <sub>3</sub> 和 ZTY (16.S.G.W) 合金 杨氏模量的影响 .....	9
图3. 温度对各种镁合金 0.1% 屈服强度的影响 .....	9
图4. 温度对轧制的 ZW <sub>3</sub> 和 ZTY (16.S.G.W.) 合金 0.1% 屈服强度的影响 .....	10
图5. 温度对各种铸造镁合金极限 抗拉强度的影响 .....	11
图6. 温度对轧制的 ZW <sub>3</sub> 和 ZTY (16S.G.W.) 金属的 极限抗拉强度的影响 .....	12
图7. 各种铸造镁合金总应变 0.5% 瞬时蠕变曲线 (试验温度 200°C) .....	12
图8. 各种铸造镁合金的破裂时间 (试验温度 200°C) .....	13

图9. 各种铸造镁合金总应变 0.5%瞬时蠕变曲线 (试验温度250°C).....	13
图10. 各种铸造镁合金的破裂时间 (试验温度 250°C) .....	14
图11. 各种铸造镁合金总应变 0.5%瞬时蠕变曲线 (试验温度 315°C).....	14
图12. 各种铸造镁合金的破裂时间 (试验温度 315°C).....	15
图13. 高温下应用的板材合金的刚度比较.....	15
图14. 高温下应用的板材合金的抗折皱能力的比较.....	16
11. 镁电子公司一些镁合金低温下的抗拉强度和冲击性能.....	16
12. 镁电子公司一些镁合金的高温沃勒 (Wohll) 疲劳性能 (无缺口).....	17
图15. 挤压合金 ZW <sub>3</sub> 的沃勒疲劳试验.....	18
图16. ZRE <sub>1</sub> 的沃勒疲劳试验 .....	19
图17. RZ <sub>5</sub> 的沃勒疲劳试验.....	19
图18. 周围大气对挤压合金 ZW <sub>3</sub> 的应力和循环 次数曲线形状的影响.....	20
13. 镁电子公司一些镁合金的典型剪切强度值.....	21
14. 镁合金薄板纵向和横向的抗拉性能的比较.....	22
15. 镁合金减震性能的说明.....	22
16. 氟化物阳极化处理及表面密封.....	24
17. 镁合金比较常用的清洗和铬酸盐处理的工艺规程.....	26
18. 镁合金的油漆保护系统.....	28
19. 用化学浸蚀法去除金属.....	29
20. 镁电子公司的镁合金的热处理.....	29
21. 切削加工.....	30
22. 连接(包括焊接).....	32
23. 成形.....	38
图19-21. 在高至 400°C下在不同温度下 30 分钟退火对 (18S. W.G.)AZ31.ZW <sub>1</sub> 和 ZW <sub>3</sub> 板材室温抗拉 性能的影响.....	40

24. 制造极限尺寸	42
轧制厚板和薄板	42
管材	43
25. 制造公差	44
最小壁厚	44
铸件公差	44
圆棒直径公差	45
截面型材 (包括正方形, 六边形, 矩形和截面棒材)	
总宽度和两个相对棱面间宽度公差	45
等截面型材和棒材的厚度公差	46
薄板的厚度公差	47
厚板的厚度公差	48
管材直径的公差	49
线材和薄板的金属规格	49
26. 英国镁电子公司的产品	50
中间合金	50
铸造熔剂	50
27. 铸造合金拉伸应力-应变曲线	51
图22. 铸造合金的拉伸应力-应变曲线	51
图23. 铸造合金的拉伸应力-应变曲线 (用应力与 密度成反比方法绘制)	51

3. 用“在加载条件下测量试样伸长的方法”测定铸造镁合金的0.2%屈服强度数据(据美国试验结果)

合 金	ASTM 牌号	总伸长量, 时/时(试验长度)
Z5Z 热处理	ZK51A-T5	0.0051
ZRE1 热处理	EZ33A-T5	0.0042
ZT1 热处理	HZ32A-T5	0.0040
TZ6 热处理	ZH62A-T5	0.0054
RZ5 热处理	ZE41A-T5	0.0049
MTZ 热处理	HK31A-T6	0.0040
MSR* 热处理	QE22-T6	0.0058
A8 固溶处理	AZ81A-T4	0.0037

\* 稀土金属含量2%。

#### 4. 纯镁的物理性能

原子量	24.32
晶体结构	密排六方晶格 $a = 3.2030 \text{ \AA}$ $c = 5.2002 \text{ \AA}$
20°C比重	1.738克/厘米 <sup>3</sup>
熔点	650°C
熔化潜热	85.6卡/克
汽化潜热	1315卡/克
平均比热 (0~100°C)	0.25卡/克/°C
热膨胀系数 (20~100°C)	$26.1 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
导热系数 (10~100°C)	0.376卡/厘米 <sup>2</sup> /秒/厘米/°C
电导率 (100°C)	$17.50 \times 10^4$ 微欧/厘米 <sup>3</sup>
电导率 (20°C)	$22.42 \times 10^4$ 微欧/厘米 <sup>3</sup>
电阻率 (20°C)	4.4611微欧/厘米 <sup>3</sup>
弹性模量	4500公斤/毫米 <sup>2</sup> ( $5.4 \times 10^6$ 磅/吋 <sup>2</sup> )
刚性模量	1758公斤/毫米 <sup>2</sup> ( $2.5 \times 10^6$ 磅/吋 <sup>2</sup> )
蒸汽压 (650°C)	2.28毫米水银柱
热中子俘获横截面	$0.059 \pm 0.004$ 靶/原子
对大多数金属是正电性的	

## 5. 镁电子公司镁合金的物理性能

合金	比重 (克/厘米 <sup>3</sup> ) (20°C)	重量 (磅/吋 <sup>3</sup> )	热膨胀系数 (10 <sup>-6</sup> /°C) (20~200°C)	导热系数 (厘米·克·秒) (20°C)	导电系数 (微欧/厘米 <sup>2</sup> ) (20°C)	电阻率 (微欧/厘米 <sup>2</sup> ) (20°C)	比热 (卡/克/°C) (20~100°C)	熔化范围 °C
所有合金平均 值	1.80	0.0645*	27.0	0.25	—	—	—	550~640
Z5Z	1.81	0.0625	27.3	0.27	15.2	6.6	0.23	510~640
RZ5	1.84	0.0660	27.1	0.26	14.7	6.8	0.23	500~630
TZ6	1.87	0.0675	27.1	0.27	15.2	6.6	0.23	550~640
MSR-A	1.81	0.0652	26.7	0.27	14.6	6.85	—	550~640
MSR-B	1.82	0.0658	26.7	0.27	14.6	6.85	—	545~640
ZRE1	1.80	0.0647	26.8	0.24	13.6	7.3	0.25	550~645
ZT1	1.83	0.0657	26.7	0.25	13.8	7.2	0.23	590~645
MTZ	1.79	0.0646	—	0.22	13.8	7.2	—	470~600
A&A. C.	1.81	0.0652	27.2	0.20	7.5	13.4	0.24	470~595
AZ91A. C.	1.83	0.0657	27.0	0.20	7.1	14.1	0.24	470~595
C	1.81	0.0652	27.2	0.20	7.5	13.4	0.24	600~635
ZW3	1.80	0.0647	27.1	0.30	18.2	5.5	0.23	630~645
ZW1	1.80	0.0647	27.0	0.32	18.9	5.3	0.23	530~635
ZW6	1.83	0.0657	26.0	0.28	16.7	6.0	0.25	570~645
ZT7	1.76	0.0633	26.4	0.29	15.9	6.3	0.23	650~651
AM503	1.76	0.0633	26.9	0.34	20.0	5.0	0.25	575~630
AZ31	1.78	0.0640	26.0	0.19	10.0	10.0	0.25	510~615
AZM	1.80	0.0647	27.3	0.19	7.0	14.3	0.24	470~600
AZ855	1.80	0.0647	27.3	0.19	7.0	14.3	0.24	—

\* 各种合金的平均重量；盎司/吋<sup>3</sup>

各种合金的弹性模数在20°C时为 $0.4 \times 10^6$ 磅/吋<sup>2</sup>

## 6. 结构金属的重量比较

金 属	比 重	重量比较	重量磅/吋 <sup>3</sup>	重量磅/呎 <sup>3</sup>
镁合金	1.8	1.0	0.065*	112
铝合金	2.8	1.6	0.101	175
锌	7.1	3.9	0.256	443
铸铁	7.2	4.0	0.26	450
锡	7.3	4.1	0.264	456
钢	7.9	4.4	0.285	493
黄铜	8.5	4.7	0.307	531
青铜	8.8	4.9	0.378	550
镍	8.9	4.9	0.322	556
铜	8.9	4.9	0.322	556
铅	11.3	6.3	0.408	706

\*: 盎司/吋<sup>3</sup>

## 7. 各种金属的导热系数和导电系数

金 属	导热系数(20°C) (厘米克秒单位制)	导电系数(20°C) 10 <sup>4</sup> × 微欧/厘米 <sup>2</sup>
铝	0.57	37.2
铝合金	0.29~0.46	15.9~30.3
黄铜	0.285~0.303	11.86~17.3
铜	0.20	13.5
铜	0.948	59.8
铸铁	0.17	10.3
铅	0.082	4.85
镁	0.37	24.5
镁合金	0.19~0.37	7.0~24.5
镍	0.21	14.6
银	1.00	62.5
锡	0.155	7.8
锌	0.265	16.9

## 8. 一些常用金属的热膨胀系数 ( $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )

铸铁	9~14
可锻铸铁	13
低合金铸钢	10~13
铸造铝合金	22~24
活塞用铸造铝合金	19~22
镁合金	26~27

## 标准电极电位 $E^{\circ}$ (伏特) $25^{\circ}\text{C}$

钾	-2.92	镉	-0.40
钙	-2.87	钴	-0.28
钠	-2.71	镍	-2.25
镁	-2.34	锡	-0.15
铍	-1.70	铅	-0.13
铝	-1.67	氢	$\pm 0.00$
锰	-1.05	铜	+0.34
锌	-0.76	银	+0.80
铬	-0.71	汞	+0.80
铁	-0.44	铂大约	+1.20
		金	+1.42

## 9. 镁电子公司镁合金的铸造收缩率

变化范围  $\frac{1}{64} \sim \frac{1}{96}$  (1.56%~1.04%)

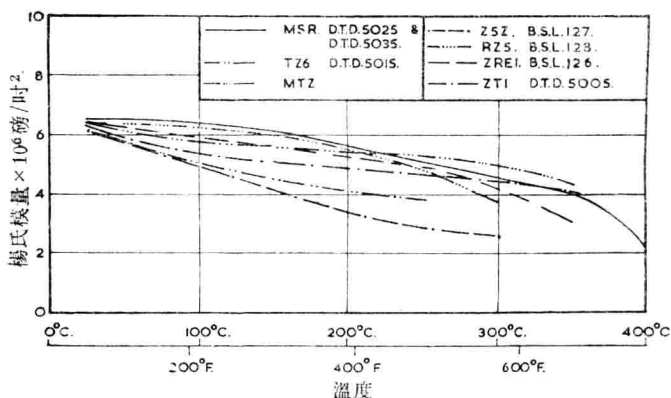


图1 温度对各种镁合金杨氏模量的影响

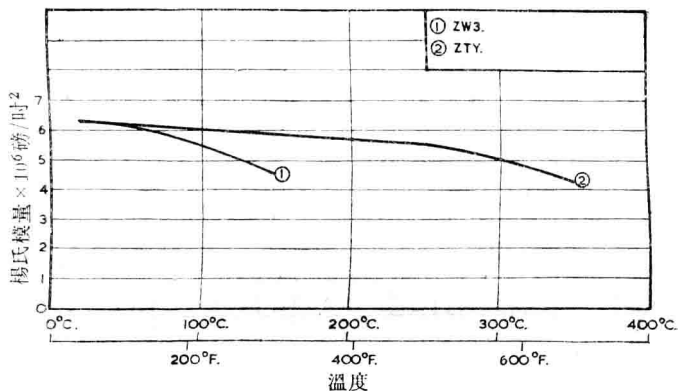


图2 溫度对轧制ZW3和ZTY(16S. W. G.)合金楊氏模量的影响 (16S. W. G.)

磅/吋<sup>2</sup> 吨/吋<sup>2</sup>

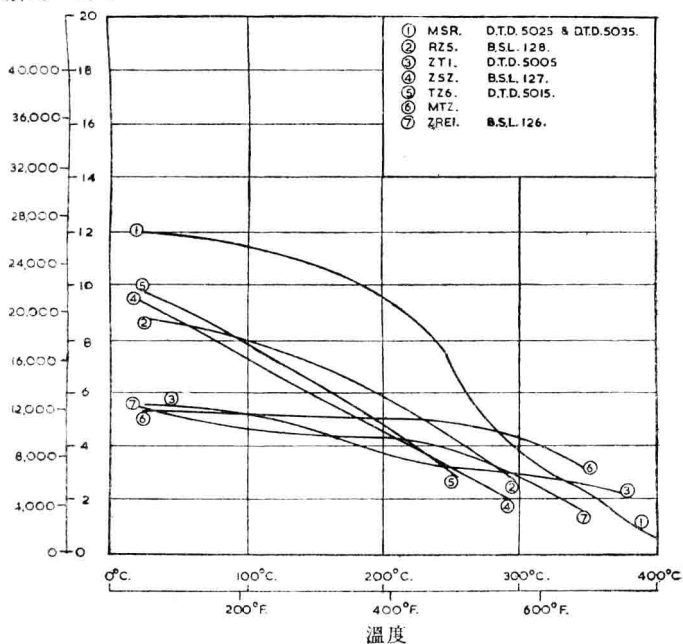


图3 溫度对各种鎂合金0.1%屈服强度的影响

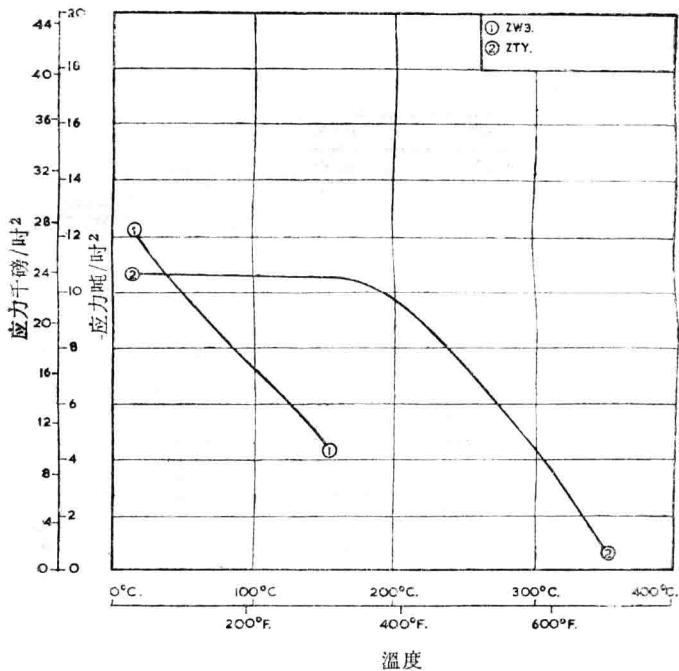


图4 温度对轧制 ZW3 和 ZTY(16S. W. G.)合金0.1% 屈服强度的影响

磅/吋<sup>2</sup> 吨/吋<sup>2</sup>

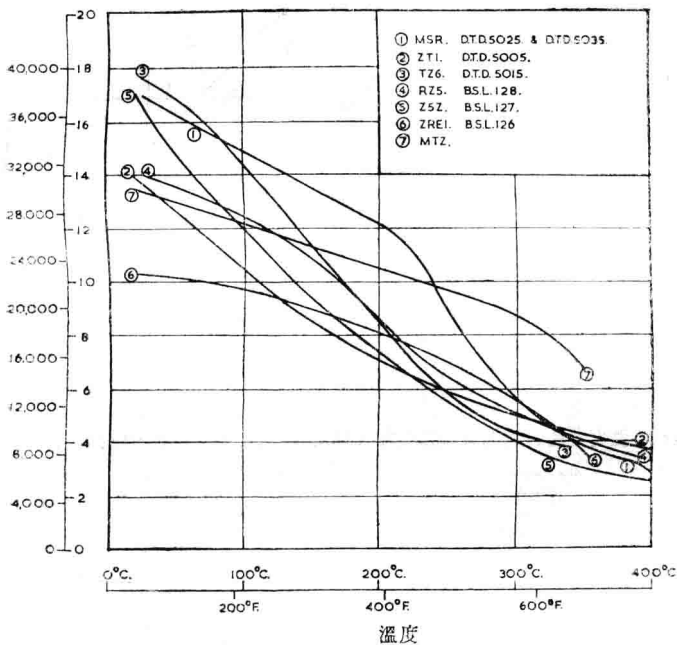


图 5 温度对各种铸造镁合金极限抗拉强度的影响

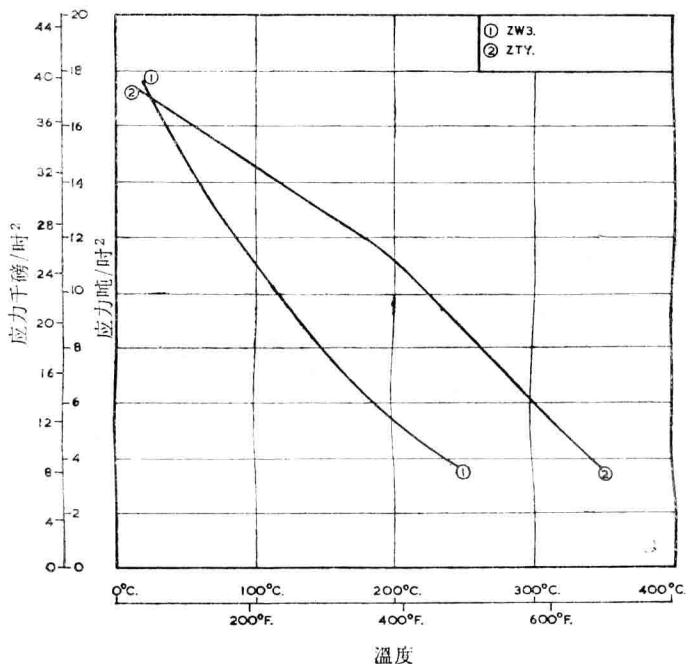


图6 温度对轧制的 ZW3和ZTY (16S. W. G.) 合金的极限抗拉强度的影响

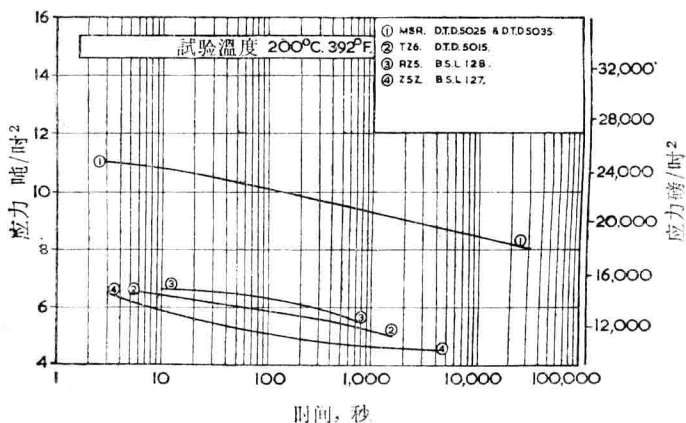


图7 各种铸造镁合金总应变0.5%瞬时蠕变曲线