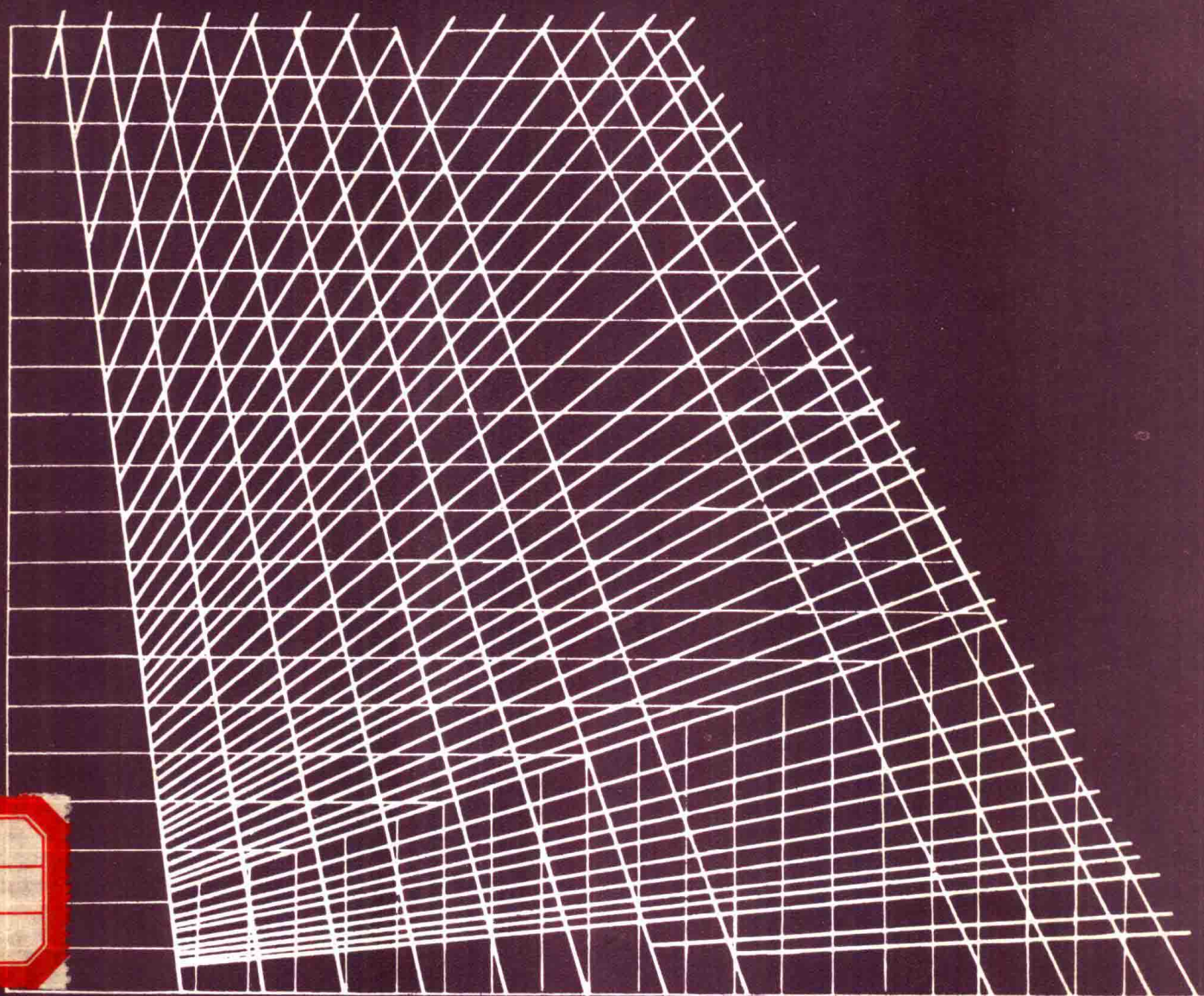


机械设计列线计算

周 彤 编



煤炭工业出版社

机械设计列线计算

周 彤 编

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书共分五章,包括工程力学计算、机械零件计算、常用机械计算、液压传动计算和气压传动计算。全书共收集了189幅计算图表,并对近200个计算公式作了简单扼要的说明,内容丰富,范围广泛,具有一定的系统性和连贯性。

责任编辑:陈锦忠

机 械 设 计 列 线 计 算

周 彤 编

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ 印张20

字数470千字 印数1—19,120

1983年10月第1版 1983年10月第1次印刷

书号15035·2540 定价2.50元

前 言

列线算法（诺模图、网络图等）是一种简便的计算方法，在各个技术领域都有广泛的应用。在机械设计中，利用列线算法可以大大简化设计计算，有可能在较短的时间内对各种不同的设计方案进行比较，从中找出较合理而可靠的结构参数。此外，列线算法的计算误差一般不超过 5%，这对于没有必要做精确计算的设计项目具有足够的可靠性，能满足一般的设计要求。

本书的中心内容包括工程力学计算、机械零件计算、常用机械计算、液压传动计算和气压传动计算五部分，共189幅计算图表。本书的主要部分选译自日本小河内美男编著的《机械设计のためのノモグラム集》一书和日本期刊《油空压化设计》上的连载内容，同时还收集了其他刊物上的有关内容。此外，为弥补不足之处，编者还设计编绘了部分图表，使本书具有一定的系统性和连贯性。在编写形式上，通过计算公式、使用方法和示例等三个部分对每张图表作了简单扼要的说明及使用演示，读者一看就会，易于应用。由于对近二百个计算式作了简要说明，因此本书也可作为一本常用的设计参考资料。

全书由焦作矿业学院胡来瑭副教授负责审阅，在审阅中，提出了许多宝贵的意见，并提供了部分资料。在此致以衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中难免有不妥之处，欢迎读者批评指正。

编 者

使用说明

一、刻度

本书的绝大部分图表是对数刻度的列线图（也称诺模图、平行线图表），小部分是网络图。各图数轴上的对数刻度一般是每开平方一次，刻度长就缩短一半。因此，在读数时应注意到数轴上的刻度是不等分的。

二、灵活运用

使用时应灵活运用，不必拘泥于使用方法中的说明。例如图表1-1，既可以已知 n 、 D 求 v （ $n-D-v$ ），也可以已知 n 、 v 求 D （ $n-v-D$ ），也可以已知 v 、 D 求 n （ $v-D-n$ ）。

三、数轴组

一张图表中如果有二组以上的数轴组，在运算过程中可根据已知条件颠倒这二组数轴的使用先后次序，但是决不可以把二组数轴的各数轴混在一起进行任意的组合。否则，所获得的计算结果将会是大错特错。例如图表1-28薄壁管壁厚的计算，其中有 D 、 P 、辅助轴为一组，辅助轴、 t 、 $[\sigma]$ 为另一组的二组数轴，在使用中可以由 D 、 P 求 t 、 $[\sigma]$ ，也可以反过来由 t 、 $[\sigma]$ 求 D 、 P ，但是决不可以任意地将 D 、 P 和 t 或 $[\sigma]$ 组合在一起，这样就不可能获得正确的计算结果。

四、数位

如果计算图表数轴上的数位过大或过小，不能计算出结果来，那末我们可以像计算尺一样，采取先撇开数位计算，然后再决定数位的方法。不过这样做要特别注意有开方和乘方计算的数位。

五、数字读取

读取数字时，一般用削尖的铅笔划线。但这样做容易弄脏图面，影响以后的使用。为保持图面的清洁，建议采用以下方法。

在透明的有机玻璃尺上用锋利的小刀刻上很细的直线沟槽，涂上黑墨，并在直线的中央位置上钻一个小孔。读取数字时，只需将这条直线连结二个数轴上的已知数，读出所求数轴上的交点值即可。如果图表中有辅助轴，可用一大头针插入小孔以决定辅助轴上交点的位置。这样做不仅很方便，而且还可以提高读数精度。

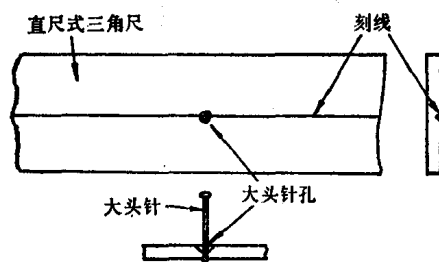


图 0-1 专用刻度尺

目 录

前 言

使用 说明

第一章 工程力学计算

一、力 与 速 度	1
图表1-1 直径、转速与圆周速度	1
图表1-2 金属棒的重量	2
图表1-3 力与加速度	3
图表1-4 速度、加速度与距离	5
图表1-5 转动惯量	6
图表1-6 等效转动惯量	8
图表1-7 偏心距与离心力	10
二、应 力	11
图表1-8 载荷、截面积和应力	11
图表1-9 应力、变形与弹性模量	13
图表1-10 球面与平面的接触应力	14
三、惯 性 矩	16
图表1-11 圆形截面的惯性矩和抗弯截面模量	16
图表1-12 矩形截面的惯性矩和抗弯截面模量	18
图表1-13 圆环形截面的惯性矩和抗弯截面模量	19
图表1-14 梯形截面的形心、截面积和抗弯截面模量	20
四、梁	22
图表1-15 梁与弯矩	22
图表1-16 梁内弯曲应力	24
图表1-17 梁的挠度(简支梁与悬臂梁)	25
图表1-18 曲梁的弯曲应力(平面曲杆)	26
图表1-19 偏心拉伸或压缩载荷	28
五、扭 转	29
图表1-20 实心圆轴和空心圆轴的抗扭截面模量	29
图表1-21 与实心轴等强度的空心圆轴	30
图表1-22 扭矩与扭转切应力	32
六、压 杆	33
图表1-23 空心杆的惯性半径	33
图表1-24 惯性半径与柔度	34
图表1-25 压杆的临界载荷(欧拉公式)	36
图表1-26 压杆的临界载荷(朗金公式)	38
图表1-27 压杆的纵向弯曲应力	40
七、圆 筒	42
图表1-28 薄壁圆筒的壁厚	42

图表1-29 厚壁圆筒的壁厚	43
图表1-30 圆板的强度校核	45

第二章 机械零件计算

一、螺栓联接	47
图表2-1 螺栓的强度	47
图表2-2 紧联接螺栓的直径	48
图表2-3 螺母的拧紧力矩与螺栓上的应力	48
图表2-4 螺纹表面的单位压力	50
二、铆钉连接	52
图表2-5 铆钉接缝的强度	52
图表2-6 铆钉接缝的强度系数	54
图表2-7 结构件的铆钉连接	55
图表2-8 受转矩作用的铆钉连接	56
三、焊缝连接	58
图表2-9 焊缝的强度	58
图表2-10 受弯矩作用的焊缝A	60
图表2-11 受弯矩作用的焊缝B	62
四、轴	63
图表2-12 扭矩与轴径	63
图表2-13 空心轴的直径	65
图表2-14 同时受扭矩和弯矩的轴	66
图表2-15 应力集中	68
图表2-16 轴的疲劳强度校核	70
图表2-17 传动轴的扭转角	72
图表2-18 矩形花键联接的许用扭矩	74
图表2-19 两端简支水平轴的临界转速	76
图表2-20 两端简支水平轴临界转速的简化计算	77
图表2-21 临界转速的合成	78
五、联轴器与离合器	79
图表2-22 刚性凸缘联轴器	79
图表2-23 圆盘摩擦式离合器	80
图表2-24 圆锥摩擦式离合器	81
图表2-25 圆锥摩擦式离合器接触面上的比压	82
六、轴承	84
图表2-26 滑动轴承的发热计算	84
图表2-27 滑动轴承的散热能力	85
图表2-28 滑动轴承的油膜厚度	87
图表2-29 滚动轴承的寿命	89
七、皮带传动	93
图表2-30 开口平皮带的长度	93
图表2-31 皮带的包角	94
图表2-32 皮带的张力比 (P_1/P_2)	96

图表2-33	平皮带传动的功率	97
图表2-34	三角皮带传动的张力比 (P_1/P_2) 和传动能力	98
图表2-35	皮带轮的轮辐	101
八、齿 轮 传 动		102
图表2-36	直齿圆柱齿轮的圆周力	102
图表2-37	齿轮的齿数和传动比	103
图表2-38	节圆上的承载能力	103
图表2-39	齿轮的许用弯曲应力 (A法)	105
图表2-40	直齿圆柱齿轮的模数计算	107
图表2-41	齿轮的接触疲劳强度 (A法)	109
图表2-42	齿面接触疲劳强度校核 (B法) [I]、[II]	111
图表2-43	齿根弯曲疲劳强度校核 (B法)	116
图表2-44	圆柱齿轮的中心距	118
图表2-45	斜齿圆柱齿轮的齿形参数计算	120
图表2-46	直齿圆锥齿轮的当量齿数和当量直径	122
图表2-47	直齿圆锥齿轮的节锥角	123
图表2-48	直齿圆锥齿轮传动的图解计算	124
图表2-49	铸铁大齿轮的轮辐	126
九、蜗 杆 传 动		127
图表2-50	蜗杆传动的基本参数	127
图表2-51	圆柱蜗杆传动的中心距	129
十、棘 轮 与 制 动 器		131
图表2-52	棘 轮	131
图表2-53	闸瓦制动器	132
图表2-54	带式制动器	134
图表2-55	带式制动器的平均压力	136
十一、弹 簧		138
图表2-56	圆截面螺旋弹簧	138
图表2-57	弹簧常数	140
图表2-58	矩形截面螺旋弹簧	141
图表2-59	半椭圆形钢板弹簧 [I]	142
图表2-60	半椭圆形钢板弹簧 [II]	144
图表2-61	弹簧的振动频率	144
图表2-62	螺旋弹簧的固有振动频率	147
第三章 常用机械计算		
一、绞 车		149
图表3-1	滑轮组	149
图表3-2	手动绞车的齿轮传动比	150
图表3-3	手动滑车的齿轮传动比	151
图表3-4	卷筒的容绳量	153
图表3-5	动力绞车的功率	154
二、输送机		155

图表3-6 胶带输送机的运输能力	155
图表3-7 胶带输送机的驱动功率	156
图表3-8 斗式提升机的运输能力	158
三、水 泵	160
图表3-9 输水管的直径和流量	160
图表3-10 水泵的功率	160
图表3-11 离心式水泵的比转速	162
图表3-12 离心式水泵的参数计算	164
图表3-13 轴流泵的计算	165
四、风 机	167
图表3-14 空气的压力、温度和比重	167
图表3-15 风管直径与风速、风压的关系	168
图表3-16 鼓风机的空气功率	169
图表3-17 鼓风机叶片的设计	171
图表3-18 往复式空气压缩机的功率	173
图表3-19 往复式空气压缩机的气缸直径	174
五、发 动 机	176
图表3-20 发动机的功率与气缸的直径	176
图表3-21 活塞的直径、行程和平均速度	177
图表3-22 发动机的连杆	179
图表3-23 发动机曲轴的直径	180
图表3-24 内燃机的飞轮	182

第四章 液压设计计算

一、油液的基本性质	184
图表4-1 动力粘度与运动粘度	184
图表4-2 工业用粘度的换算	185
图表4-3 粘度和温度的关系	187
图表4-4 粘度指数〔I〕、〔II〕	188
图表4-5 液体的压缩性	191
图表4-6 含气油液的压缩性	193
二、流 体 力 学	194
图表4-7 速度头	194
图表4-8 管内流速	194
图表4-9 由流速求雷诺数	197
图表4-10 由流量求雷诺数	198
图表4-11 管壁摩擦阻力系数〔I〕、〔II〕、〔III〕、〔IV〕	200
图表4-12 层流时的管内压力损失	204
图表4-13 紊流时的管内压力损失	206
图表4-14 突然扩大管或突然缩小管的压力损失	207
图表4-15 逐渐扩大管、弯管及进口的压力损失	209
图表4-16 直角弯头、三通管、分支管和出口的压力损失	210
图表4-17 流经薄壁小孔的压力损失	212

图表4-18	流经环状缝隙的流量 $[I]$ 、 $[I]$	213
图表4-19	平行圆盘缝隙间的流动	217
三、	液压泵和液压马达的一般计算	217
图表4-20	液压泵和液压马达的流量	217
图表4-21	液压泵和液压马达的转矩	220
图表4-22	液流功率	221
图表4-23	机械效率	223
图表4-24	液压马达的角加速度	223
图表4-25	液压马达的起动加速时间	225
图表4-26	液压马达的转动动能与止动角	227
四、	齿 轮 泵	228
图表4-27	齿轮泵排量的近似计算	228
图表4-28	齿轮泵的理论排量 $[I]$ 、 $[I]$ 、 $[I]$	230
图表4-29	齿轮泵的最佳侧隙	233
图表4-30	无因次量 $\frac{\mu n}{P}$ 或 $\frac{P}{\nu n}$ $[I]$ 、 $[I]$	235
图表4-31	齿轮泵卸荷槽的宽度	238
图表4-32	齿轮泵齿轮轴上载荷的近似计算	239
五、	叶 片 泵	240
图表4-33	单作用叶片泵的理论排量 $q[I]$ 、 $[I]$	240
图表4-34	双作用叶片泵的理论排量 $q[I]$ 、 $[I]$	243
图表4-35	叶片的应力(图4-12)	245
六、	柱塞泵与马达	247
图表4-36	柱塞泵的柱塞面积	247
图表4-37	轴向柱塞泵的理论排量	248
图表4-38	径向柱塞泵的理论排量	250
图表4-39	内曲线多作用径向柱塞式液压马达的耗油量	251
七、	摆 动 油 缸	251
图表4-40	摆动油缸(单叶片式)的截面矩	251
图表4-41	摆动油缸的转矩	254
图表4-42	摆动油缸的角速度	255
图表4-43	摆动油缸的回转时间	256
八、	油 缸	258
图表4-44	油缸的推力	258
图表4-45	油缸的拉力	259
图表4-46	油缸的运动时间	259
图表4-47	油缸的功率	262
图表4-48	油缸的缓冲装置 $[I]$ 、 $[I]$ 、 $[I]$ 、 $[IV]$	263
图表4-49	油缸缸筒的壁厚	269
图表4-50	厚壁缸筒的应力	270
图表4-51	薄壁缸筒的膨胀	272
图表4-52	活塞杆的应力	273

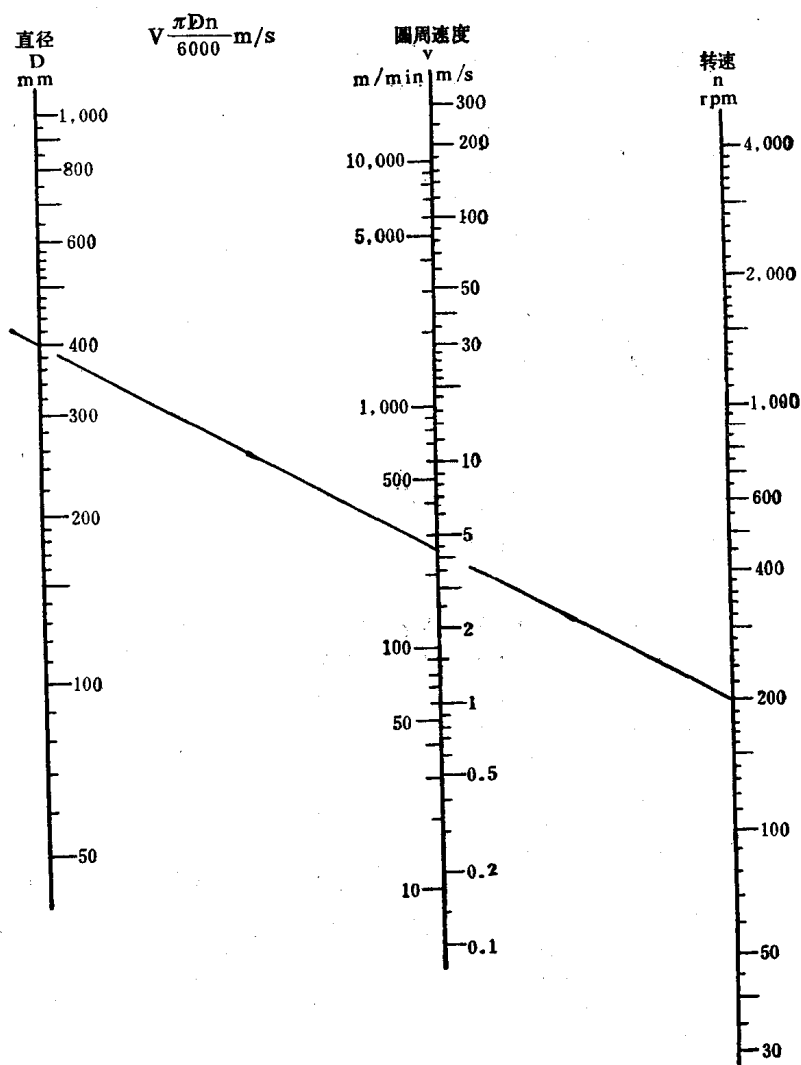
图表4-53 油缸的推力与油缸的极限长度	274
图表4-54 活塞杆临界载荷计算公式的选用	276
图表4-55 油缸的临界载荷 (欧拉公式)	278
图表4-56 油缸的临界载荷 (朗金公式)	280
九、其 他	281
图表4-57 蓄能器的容量	281
图表4-58 油箱的温升	283
图表4-59 喷射液流的反作用力	284
第五章 气动设计计算	
图表5-1 与压缩空气相当的大气量	287
图表5-2 绝热变化时压力与容积的关系	288
图表5-3 绝热变化时容积与温度的关系	288
图表5-4 气动缸的推力 $[F]$ 、 $[F']$	291
图表5-5 气动缸推行程的耗气量	293
图表5-6 气动缸拉行程的耗气量	294
图表5-7 气动缸动作时的必要流量 $[Q]$ 、 $[Q']$	295
图表5-8 回路的有效截面积 $[A]$ 、 $[A']$	298
图表5-9 通过节流孔的空气流量 (20°C时)	300
图表5-10 不同温度下的节流孔流量	302
图表5-11 C_v 值与有效截面积 A	303
图表5-12 每米长空气管路的压力损失	304
图表5-13 空压机的排量、压力与储风包的容积	306
图表5-14 空压机的运转时间	308
主要参考资料	309

第一章 工程力学计算

一、力与速度

图表1-1 直径、转速与圆周速度

1. 计算公式



图表 1-1 直径、转速与圆周速度

直径为D的旋转物体，其表面的圆周速度v为

$$v = \frac{\pi D n}{60000} \quad \text{m/s}$$

式中 v ——圆周速度, m/s,

D ——直径, mm,

n ——转速, rpm。

此公式可用于计算轴的表面速度、齿轮的节圆速度、飞轮速度、卷筒提升速度等等。

2. 使用方法

D —— n —— v

也可以 D —— v —— n 或 n —— v —— D , 根据已知条件灵活运用①。

3. 示例

绞车二轴齿轮的节圆直径 $D = 400$ 毫米, 转速 $n = 200$ 转/分, 试求节圆的圆周速度?

解 连接 D 轴上的400和 n 轴上的200, 交 v 轴得 $v = 4.2$ 米/秒。

图表1-2 金属棒的重量

1. 计算公式

金属棒的重量由下式计算:

$$W = A/\gamma$$

$$= \frac{\pi}{4} d^2 l \gamma \times 10^{-3} \quad \text{kgf}$$

式中 W ——金属棒的重量, kgf,

A ——横截面积, cm^2 ,

d ——棒的直径, mm,

l ——棒的长度, mm,

γ ——金属材料的比重, $\times 10^{-3} \text{kgf/cm}^3$ 。

表1-1列举了几种常用金属材料的比重。

表 1-1 金属材料的比重 $\gamma \times 10^{-3} \text{kgf/cm}^3$

名 称	比 重	名 称	比 重
铸 铁	7.30	磷 青 铜 (铸)	8.60
铸 钢	7.85	锡 青 铜 (铸)	8.60
钢	7.85	铝 (铸)	2.56
合 金 钢	7.85	铝 (压)	2.67
铸 铜	8.80	12号铝合金(铸)	2.89
轧 制 铜	8.92	硅 铝 明 (压)	2.79
铸 黄 铜	8.10	蒙乃尔镍铜合金	8.91
轧制黄铜 (7:3)	8.56	(铸)	

2. 使用方法

d (A) —— l ——辅助轴

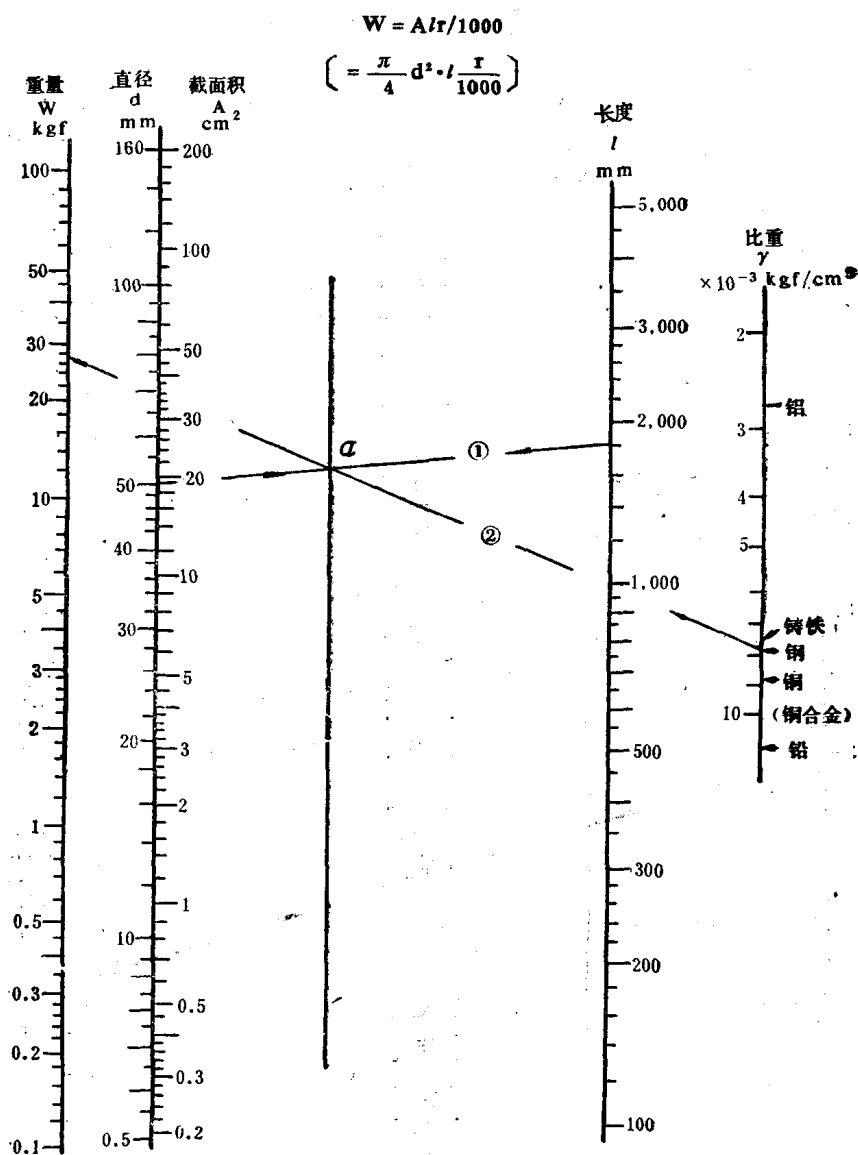
γ ——辅助轴—— W

① 以后各图表的使用方法只举出一种, 灵活运用的不再列出。多组数轴的也只列出数轴组的某一组元。

3. 示例

试求直径为50毫米，长为1800毫米圆钢的重量？

解 ① 连接d轴上的50和l轴上的1800，交辅助轴于a点；② 连接γ轴上的7.85和辅助轴上的交点，延长交W轴得W=28.5公斤力。



图表 1-2 金属棒的重量

图表1-3 力与加速度

1. 计算公式

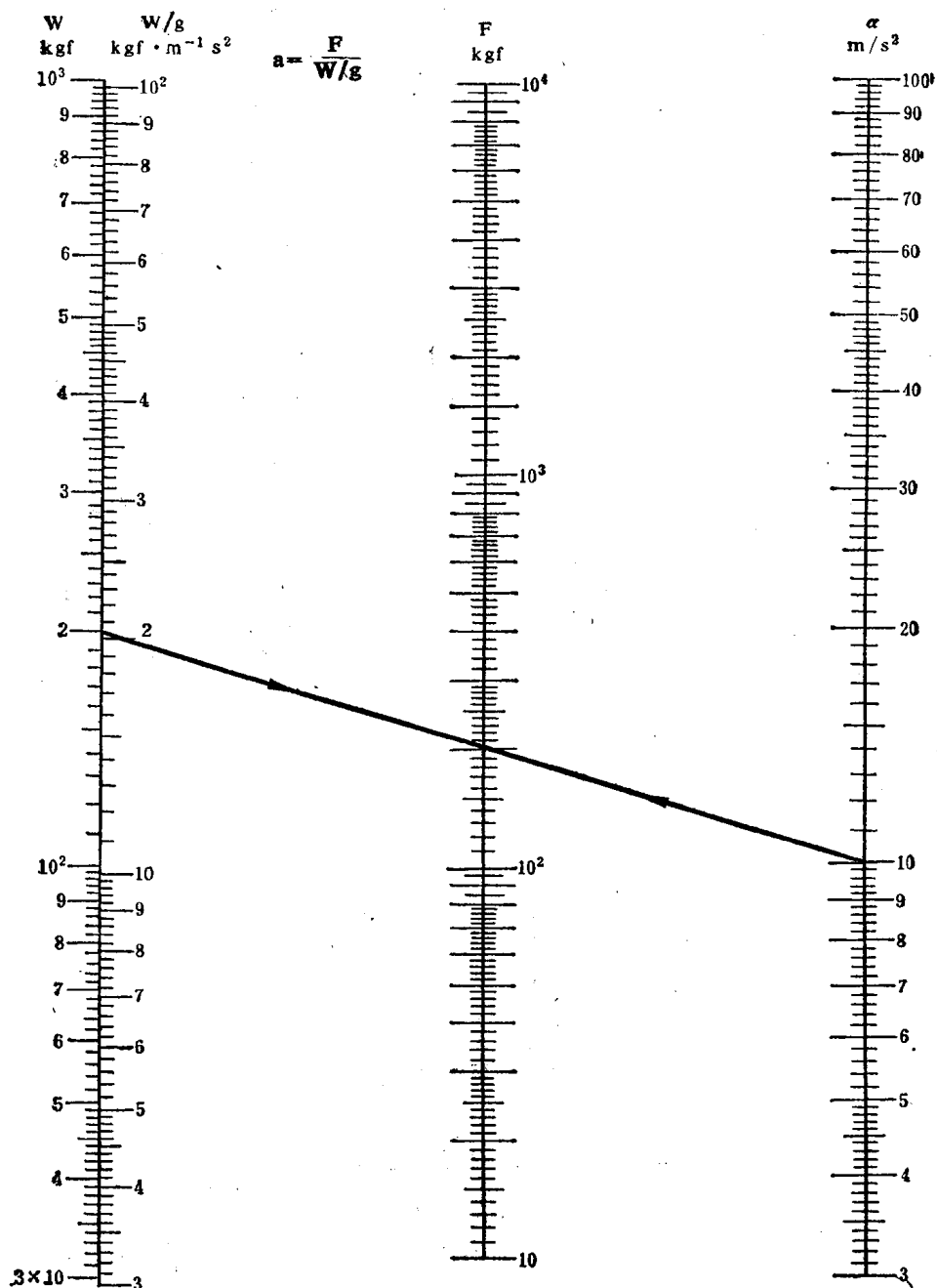
根据牛顿运动第二定律，物体的加速度等于作用力与物体质量的商，即

$$a = \frac{F}{m} = \frac{F}{W/g} = \frac{Fg}{W} \quad \text{m/s}^2$$

式中 F ——作用力, kgf;
 a ——物体的加速度, m/s^2 ;
 W ——物体的重量, kgf;
 g ——重力加速度, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ 。

2. 使用方法

$$W \left(\frac{W}{g} \right) \text{---} a \text{---} F$$



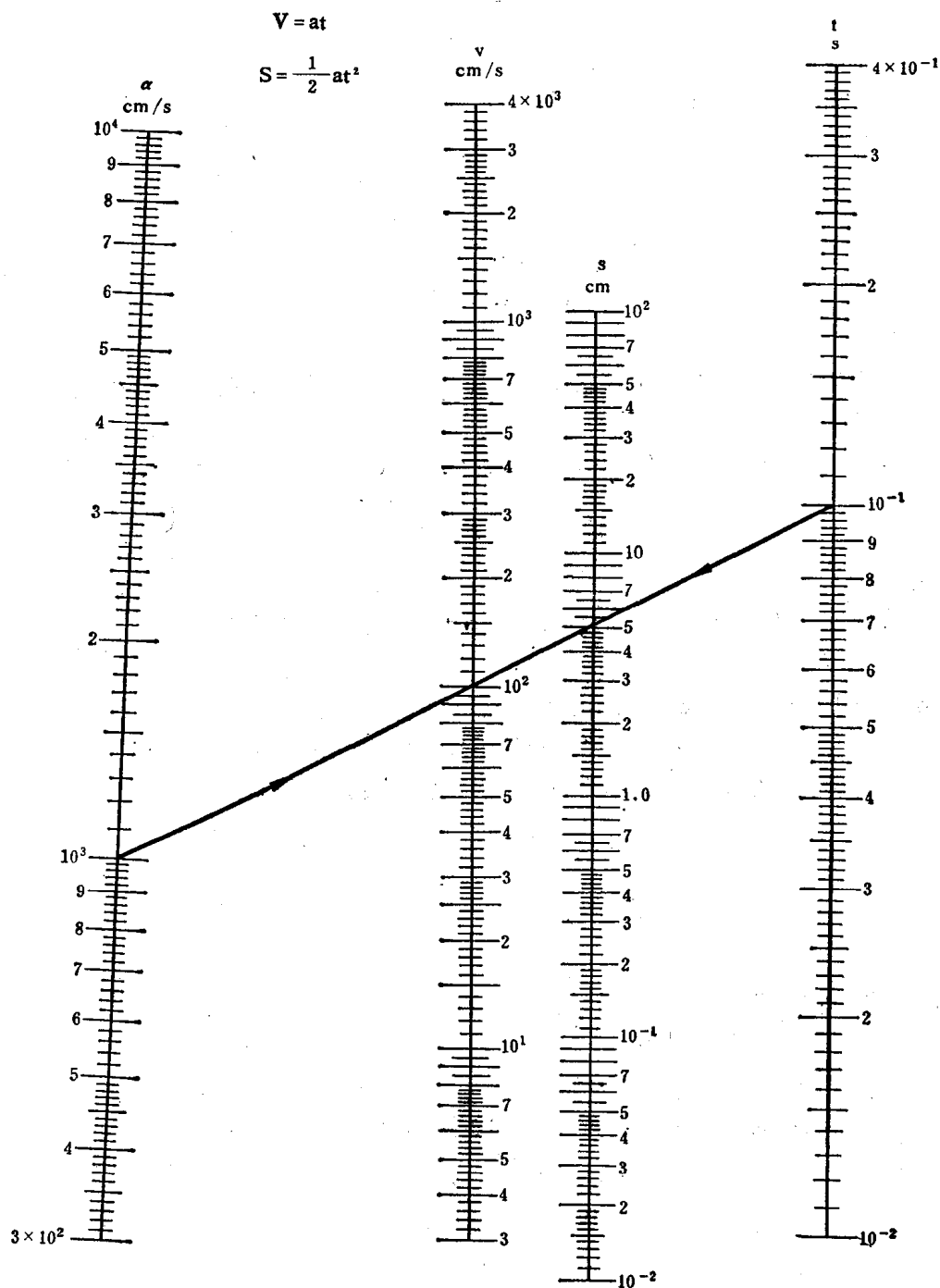
图表 1-3 力与加速度

3. 示例

使一重200公斤力的锤头产生10米/秒²的加速度，问需对锤头施加多大的力？

解 连接W轴上的200和a轴上的10，交F轴得F=202公斤力。

图表1-4 速度、加速度与距离



图表 1-4 速度、加速度与距离

1. 计算公式

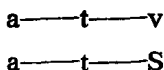
由运动学知:

$$v = at \quad \text{cm/s}$$

$$S = \frac{1}{2}at^2 \quad \text{cm}$$

式中 v ——速度, cm/s;
 a ——加速度, cm/s²;
 S ——距离, cm;
 t ——时间, s。

2. 使用方法



3. 示例

物体在外力的作用下, 从静止状态获得了1000厘米/秒²的加速度, 试求 0.1 秒后的速度和运动经过的距离?

解 连接a轴上的1000和t轴上的0.1, 交v轴得v = 100厘米/秒, 交S轴得S = 5厘米。

图表1-5 转动惯量

1. 计算公式

当质量连续分布的刚体绕定轴转动时, 其转动惯量 I 为

$$I = \int r^2 dm \quad \text{kgf} \cdot \text{cm} \cdot \text{s}^2$$

式中 dm ——刚体上任一质点的微小质量, kgf·cm⁻¹·s²;
 r ——刚体微小内质量 dm 离转动轴的距离, cm。

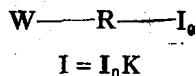
几种常用的形状简单的刚体对不同转轴的转动惯量可由下列通式表示:

$$I = I_0 K$$

$$I_0 = \frac{1}{2} m R^2 = \frac{1}{2} \frac{W}{g} R^2 \quad \text{kgf} \cdot \text{cm} \cdot \text{s}^2$$

式中 I_0 ——按圆盘计算的转动惯量, kgf·cm·s²;
 K ——计算系数, 见表1-2;
 W ——刚体的质量, kgf·cm⁻¹·s²;
 R ——细棒的长度或圆环、圆盘、球体的半径, cm。

2. 使用方法



左图是轴心线通过中心并与板面垂直, 半径为 R 的圆板的转动惯量计算图表。