

机械设计 常用公式 速查手册

张继东 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

机械设计常用公式速查手册

张继东 高荣元 孟 岩 崔保卫 编著



机械工业出版社

本书为机械类相关人员提供了一种快速查找各种机械设计公式的途径。书中的每个公式都对应了典型的例题，本着既能培养计算能力，又能灵活掌握公式使用方法的原理对公式进行分析、举例、解答。本书包括力矩、力平衡等理论力学内容，冲击、应力等材料力学内容，齿轮、弹簧等机械设计内容以及气动、液压等方面内容。力求做到简单明了、重点突出，希望能成为机械专业学生及工程技术人员设计、应用的得力助手。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械设计常用公式速查手册/张继东等编著. —北京: 机械工业出版社, 2009. 8

ISBN 978-7-111-27997-6

I. 机… II. 张… III. 机械设计 - 公式 - 手册
IV. TH122 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 140561 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 黄丽梅 责任编辑: 黄丽梅 王 杉

版式设计: 张世琴 责任校对: 李秋荣

封面设计: 姚 毅 责任印制: 乔 宇

北京机工印刷厂印刷 (兴文装订厂装订)

2009 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

130mm × 184mm · 9.625 印张 · 273 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-27997-6

定价: 22.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 68351729

封面无防伪标均为盗版

前 言

装备制造业、汽车业、航空航天等行业都是以机械作为基础支柱，也就是说机械行业是工业发展的基础。科技是第一生产力，但科技最终要通过机械制造才能转化成用于各行各业的现实的产品。改革开放以来，工业得到了长足的发展，现在中国逐渐成为世界制造业的中心，“中国制造”逐渐成为一种不可忽视的现状。在这种环境下，应加大机械行业技术人员的培养，进而提高我们整个国家工业的发展水平和发展速度。

本书的主要内容是讲解机械设计过程中涉及的公式和算法。目的是在高等工科院校、职业院校、企业生产一线为读者提供一个快速解决问题的工具用书。作者主要从实用性的角度着手，力求将复杂的公式简单化，将简单的公式表格化，将繁琐的计算经验化，遵循一切从简的原则，把机械设计过程中遇到的公式讲解得易学、好用。

作者的目标有两个，其一是让在校学生通过此书能更加深入、透彻地了解机械设计过程中遇到的一些公式计算问题，在公式的运用中能够借鉴生产实践经验来选择合理的参数，使其设计更加完善。其二是加强对从事机械设计的技术人员的培养，为其提供一套能够带在身边的简洁的公式查找、使用手册。

本书中的每一个的公式都从以下三个方面进行了解释：

1) 公式简介。对公式进行介绍，将其使用场合、字母代号的含义等介绍给读者。

2) 应用要点。作者根据长期的教学经验，结合生产实

IV

践中遇到的具体问题，通过不断地摸索、总结，列举了实际生产中的使用注意事项，其中涉及公式应用、参数选择等各个方面。

3) 例题及答案。根据实用简洁的原则，精心组织了一些例题，并附加了答案。

由于作者的水平和经验有限，书中错误、疏漏、不足之处在所难免，恳请各位读者不吝批评、指正。

作 者

目 录

前言

1. 直线运动速度	1
2. 匀加速运动	3
3. 力、力矩	5
4. 功、功率	7
5. 平面汇交力系	9
6. 平面力偶系	11
7. 平面任意力系的平衡方程	14
8. 物体系统的平衡	16
9. 弹性模量	18
10. 滚动摩擦	20
11. 正应力	23
12. 切应力	25
13. 应变	27
14. 许用应力与安全系数	29
15. 梁的支点反力	31
16. 承受均布载荷的悬臂梁	33
17. 承受集中载荷的简支梁	34
18. 承受均布载荷的简支梁	36
19. 冲击载荷	38
20. 弯曲应力	40
21. 梁的挠度	42
22. 扭转	44
23. 空心轴直径的确定	46
24. 实心轴直径的确定	48
25. 平带传动的传动比、包角、带长计算	50

VI

26. 平带的带宽、带厚计算	52
27. V 带带轮直径和线速度的计算	54
28. V 带传动中心距、带的基准长度、带轮包角计算	56
29. V 带传动作用在轴上的载荷计算	59
30. V 带张紧力的计算	61
31. 滑动螺旋传动螺纹直径的计算	63
32. 差动螺旋传动的计算	65
33. 滚子链链的长度计算	67
34. 滚子链的链轮主要尺寸的计算	69
35. 传动比和平均速度的计算	71
36. 棘轮主要几何尺寸计算	73
37. 铸造用水玻璃的模数计算	75
38. 铸造混合料的透气性计算	77
39. 铸件质量计算 (1)	79
40. 铸件质量计算 (2)	81
41. 焊缝强度的计算	83
42. 外啮合标准直齿圆柱齿轮主要尺寸计算	85
43. 不根切的最小齿数与最小变位系数的计算	86
44. 用插齿刀加工标准外齿轮时不根切的最小齿数和不根切的 最小变位系数计算	88
45. 变位齿轮的几何尺寸计算	90
46. 变位齿轮的啮合角和中心距的计算	92
47. 斜齿圆柱齿轮的主要尺寸和中心距计算	94
48. 螺旋齿轮的齿数比、中心距的计算	96
49. 锥齿轮的齿数比、分锥角、当量齿数的计算	97
50. 标准直齿锥齿轮尺寸计算	99
51. 圆弧圆柱齿轮的尺寸计算	101
52. 标准圆柱蜗杆传动尺寸的计算	103
53. 定轴轮系传动比计算 (1)	105
54. 定轴轮系传动比计算 (2)	107
55. 周转轮系转动比计算	109

56. 混合轮系的传动比计算	111
57. 平面机构自由度的计算	113
58. 非液体润滑的滑动轴承工作能力计算	115
59. 滚动轴承的寿命计算	117
60. 滚动轴承当量动载荷计算	119
61. 绝对压力、相对压力、真空度	121
62. 静压力传递原理（帕斯卡定律）和液流连续性原理计算	123
63. 液体伯努利方程的应用计算	125
64. 雷诺数的计算	127
65. 液压管路中沿程压力损失计算	129
66. 液压管路中局部压力损失计算	131
67. 液压泵的输流量计算	133
68. 驱动液压泵的电动机功率计算	135
69. 双作用单活塞杆液压缸的速度、推力计算	137
70. 单活塞杆液压缸差动连接的计算	139
71. 液压马达的输入流量和输出转矩的计算	141
72. 液压马达的输出转速和输出功率的计算	143
73. 液压缸内径尺寸计算	145
74. 液压缸活塞杆直径计算	147
75. 液压缸壁厚计算	149
76. 缸底厚度计算	151
77. 活塞杆的最大允许长度计算	153
78. 活塞杆稳定性校核	155
79. 缸体螺纹连接的螺纹直径计算（1）	157
80. 缸体螺纹连接的螺纹直径计算（2）	159
81. 缸体焊接连接焊缝最小直径的计算	161
82. 液压缸销轴直径的计算	163
83. 液压缸耳环尺寸的计算	165
84. 油箱容积的计算	167
85. 管子内径和管子壁厚的计算	169
86. 空气密度的计算	171

VIII

87. 含有水蒸气的湿空气的密度计算	173
88. 气缸耗气量计算	175
89. 空压机的供气量计算	177
90. 气缸内径的计算	179
91. 气缸筒壁厚计算	181
92. 气缸活塞杆直径计算	183
93. 气缸进排口的大小计算	185
94. 气路系统管道压力损失计算 (1)	187
95. 气路系统管道压力损失计算 (2)	189
96. 气压传动管道内径的计算	191
97. 钢板弹簧	193
98. 三角板弹簧	195
99. 内燃机的功率与效率	196
100. 内燃机的理想循环	198
101. 泵的功率和效率	200
102. 离心泵	202
103. 水泵的扬程确定	204
104. 滑轮直径的计算	206
105. 卷筒上螺旋槽部分长度计算	207
106. 起重链轮节圆直径计算	209
107. 棘轮停止器计算	211
108. 制动带的厚度	213
109. 摩擦盘的有效半径	215
110. 气囊直径的计算	216
111. 液力耦合器的有效直径	218
112. 连接螺纹底孔直径的确定	220
113. 螺纹底孔深度、套螺纹螺杆直径的确定	222
114. 螺纹连接的自锁条件	224
115. 螺栓强度级别	226
116. 松螺栓连接螺纹小径的计算	228
117. 紧螺栓连接螺栓直径 (横向载荷)	230

118. 紧螺栓连接螺栓直径 (纵向载荷)	233
119. 铰制孔用螺栓光杆直径	235
120. 三角形螺纹设计公式	237
121. 梯形螺纹设计公式	239
122. 铆钉直径、长度及钉孔直径的确定	241
123. 常用键强度计算	243
124. 松键连接的强度	247
125. 弯形计算	250
126. 斜楔夹紧机构夹紧力	252
127. 一面两孔转角误差	254
128. 气、液增压系数	256
129. 临界流化速度的确定	258
130. 气、液两相流动计算	260
131. 液、固两相流动管道设计	262
132. 比例定律应用	264
133. 装配尺寸链	266
134. 完全互换法装配尺寸链	269
135. 分组选配法装配尺寸链	271
136. 分度头	274
137. 水平仪使用	276
138. 量块和正弦规	278
139. 背吃刀量	280
140. 工艺尺寸链的 (极值法) 基本计算公式	281
141. 单件工时定额	284
142. 零件的工艺成本计算	286
附录	288
附录 I 量和单位	288
附录 II 截面特性	290
参考文献	296

1. 直线运动速度

公式简介

速度

$$v = s/t \quad (1)$$

式中 v ——速度，单位为 m/s ；

s ——位移，单位为 m ；

t ——时间，单位为 s 。

相对速度

$$v_r = v_b + (-v_a) = v_b - v_a \quad (2)$$

式中 v_r —— B 对 A 的相对速度；

v_a —— A 的绝对速度；

v_b —— B 的绝对速度。

应用要点

1. 质点在一条确定直线上的运动，称为直线运动。
2. 直线运动是研究复杂运动的基础，按其受力的不同可分为匀速直线运动、匀变速直线运动（包括匀加速或匀减速直线运动，以及自由落体，竖直上、下抛运动）、变速直线运动。
3. 轨迹是直线的质点运动，包括匀速直线运动和变速直线运动两类。
4. 匀速直线运动是速度的大小和方向都不变的运动。当运动物体所受的合外力为零时，加速度也为零，物体作匀速直线运动。

例题 1

匀速运动的物体 12s 中移动了 240m ，求运动速度。

答案

将 $s = 240\text{m}$ ， $t = 12\text{s}$ 代入式 (1) 得

$$v = 240/12 = 20\text{m/s}$$

例题 2

在一列以 36km/h 的速度水平行驶的火车上观察以 10m/s 速度垂直落下的雨时，求雨的方向和速度。

答案

求两观察者的相对速度。

式 (2) 中的 $v_a = 36\text{km/h}$, $v_b = 10\text{m/s}$

$$v_r = \sqrt{v_a^2 + v_b^2} \quad \tan\theta = v_a/v_b$$

因为 $v_a = 36\text{km/h} = 36 \times 1000 / (60 \times 60) \text{ m/s} = 10\text{m/s}$, $v_b = 10\text{m/s}$

$$\text{所以 } v_r = \sqrt{10^2 + 10^2} \text{ m/s} = \sqrt{200} \text{ m/s} \approx 14\text{m/s}$$

$$\tan\theta = 10/10 = 1 \quad \text{所以 } \theta = 45^\circ$$

2. 匀加速运动

公式简介

1. 加速度

$$a = (v - v_0)/t \quad (1)$$

式中 a ——加速度, 单位为 m/s^2 ;

v_0 ——初始速度, 单位为 m/s ;

v —— t 时刻的速度, 单位为 m/s ;

t ——时间, 单位为 s 。

2. 匀加速运动

$$v = v_0 + at \quad (2)$$

$$s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \quad (3)$$

$$v^2 = v_0^2 + 2as \quad (4)$$

式中 s ——移动的距离, 单位为 m 。

应用要点

1. 匀加速运动: 加速度恒定, 即单位时间内的速度改变量不变, 分为匀加速运动和匀减速运动。

2. 匀加速运动就是指物体运动速度随时间的变化而均匀变化的运动。

例题 1

一辆汽车以 60km/h 的速度行驶, 3s 后达到 30km/h , 求其加速度。

答案

将 $v_0 = 60\text{km/h} = 60 \times 1000 / (60 \times 60) \text{ m/s} = 16.67 \text{ m/s}$

$$v = 30 \text{ km/h} = 30 \times 1000 / (60 \times 60) \text{ m/s} = 8.33 \text{ m/s}$$

$$t = 3 \text{ s}$$

代入式 (1) 得

$$a = (8.33 - 16.67) / 3 \text{ m/s}^2 = -2.78 \text{ m/s}^2$$

例题 2

以 72km/h 速度行驶的汽车紧急刹车后, 又行走了 40m 停止, 求刹车后的加速度以及刹车时间。

答案

将 $v_0 = 72 \text{ km/h} = 72 \times 1000 / (60 \times 60) \text{ m/s} = 20 \text{ m/s}$, $v = 0$, $s = 40 \text{ m}$ 代入式 (4) 得

$$\begin{aligned} 0 &= 20^2 + 2 \times 40a \\ a &= -20^2 / (2 \times 40) \text{ m/s}^2 \\ &= - (400/80) \text{ m/s}^2 \\ &= -5 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

将 $v = 0$, $v_0 = 20 \text{ m/s}$, $a = -5 \text{ m/s}^2$ 代入式 (2) 得

$$\begin{aligned} 0 &= 20 - 5t \\ t &= (20/5) \text{ s} = 4 \text{ s} \end{aligned}$$

3. 力、力矩

公式简介

力是一个物体对另一个物体的作用，力不能脱离物体单独存在。它的国际单位名称是牛顿。

力矩：力 (F) 和力臂 (L) 的乘积 (M)。

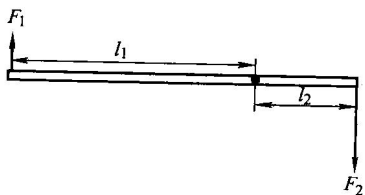
$$M = FL$$

式中 L ——从转动轴到受力点的距离；

F ——所受的力矢量。

力矩的量纲是距离 $\times$ 力；与能量的量纲相同。但是力矩通常用 $N \cdot m$ ，而不是用 J 作为单位。力矩的单位由力和力臂的单位决定。

当物体绕固定轴转动时，力矩只有两个可能的方向，所以可用正负号来表示。一般规定：使物体沿逆时针方向转动的力矩为正；使物体沿顺时针方向转动的力矩为负。因此作用于有固定轴的转动物体上的几个力矩的合力矩就等于它们的代数和。这个代数和将决定物体是处于平衡状态，还是非平衡状态。



由上图所示，力矩平衡公式为

$$F_1 l_1 = F_2 l_2 \text{ 或 } F_1 / F_2 = l_2 / l_1$$

应用要点

1. 力矩的量纲是距离 $\times$ 力；依照国际单位制，力矩的单位是 $N \cdot m$ 。虽然 N 与 m 的次序在数学上是可以变换的，但 BIPM (国际重量测量局) 设定次序应是 $N \cdot m$ ，而不是 $m \cdot N$ 。

2. 在计算力矩问题时, 要注意力臂是在垂直转动轴的平面内, 从转动轴到力的作用线的垂直距离。

3. 在国际单位制中, 力矩的单位是 $\text{N} \cdot \text{m}$ (newton-metre), 注意不能写成 J。J 是能量单位, 力矩和能量是两个不同的概念。

例题

一根质量不均匀的长杆, 平放在地上, 当我们抬起它的一端 (另一端支在地面上) 需要用 500N 的力, 如我们抬另一端, 发现需要用 800N 的力, 求这个长杆的重力。

答案

分析: 设杆子的长度为 L , 重力为 G , 已知抬起 A 端的力为 500N, 抬起 B 端用力 800N, 可以假定重心点距离 A 端为 x , 距离 B 端为 y 。

抬 A 端的时候, B 端点为轴由力矩的平衡条件得

$$500L = Gy$$

抬 B 端的时候, A 端点为轴由力矩的平衡条件得

$$800L = Gx$$

其中 $L = x + y$

联立上面的三个方程得到 $G = 1300\text{N}$

4. 功、功率

公式简介

力对物体所作的功等于力在作用点位移方向的分量和作用点的位移大小的乘积。

$$W = Fs$$

式中 W ——功，单位为 J；

F ——力，单位为 N；

s ——位移，单位为 m。

功率的概念是单位时间内所作的功，单位为 W。

$$P = W/t = Fs/t = Fv$$

应用要点

1. 在与力成 α 角的方向上移动时， $W = Fssin\alpha$

2. 功率的换算

$$1 \text{ kgf} \cdot \text{m/s} = 9.80665 \text{ W}$$

$$1 \text{ 马力} = 0.735 \text{ kW}$$

例题 1

如下图所示，当用与水平方向成 30° 夹角，长为 12m 的斜面上运送一个重力为 50N 的物体时，求需多少功（摩擦忽略不计）。

答案

$$W = 50 \times \sin 30^\circ \times 12 \text{ J} = 300 \text{ J}$$

例题 2

将 100N 的物体以 3m/min 的速度沿着垂直方向连续提升，求功率是多少？

