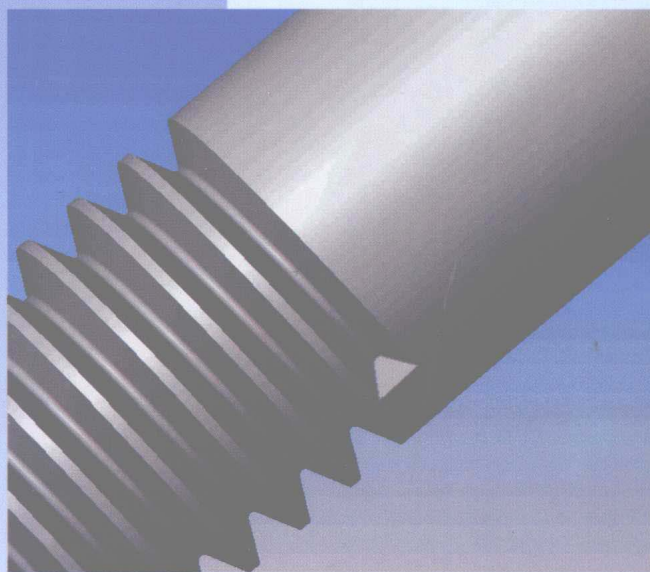
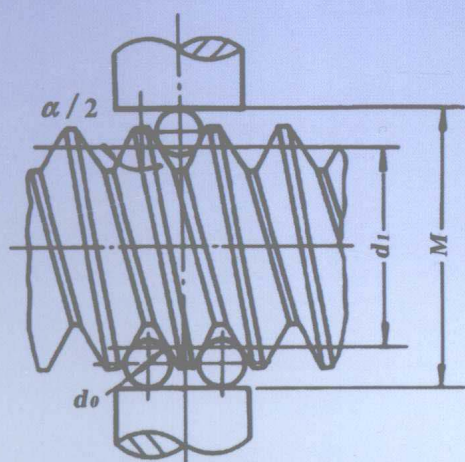


机械加工 应用数学

沈为兴 编著



金盾出版社

机械加工应用数学

沈为兴 编著

金盾出版社

内 容 提 要

本书从实际出发,将机械加工过程中常见的技术问题,用数学方法加以解决。作者运用专业理论知识,经过分类、整理、归纳,兼顾数学的系统性、循序性和全面性。其内容具有极强的实用性和可操作性,是培训高级技工的好教材,也是从事机械加工技术人员提升工艺水平的极佳读物。

图书在版编目(CIP)数据

机械加工应用数学/沈为兴编著. —北京:金盾出版社,2009.7
ISBN 978-7-5082-5759-4

I. 机… II. 沈… III. 机械加工—应用数学 IV. TG501

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 089964 号

金盾出版社出版、总发行

北京太平路 5 号(地铁万寿路站往南)
邮政编码:100036 电话:68214039 83219215
传真:68276683 网址:www.jdcbs.cn

封面印刷:北京印刷一厂

正文印刷:北京天宇星印刷厂

装订:北京天宇星印刷厂

各地新华书店经销

开本:782×1092 1/16 印张:15.5 字数:280 千字
2009 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

印数:1~10000 册 定价:28.00 元

(凡购买金盾出版社的图书,如有缺页、
倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

前 言

机械加工过程中有很多技术问题需要用数学方法去解决,解决这些问题的基本思路是从实际出发,运用专业理论知识确定各量间的关系,进行数学推演和运算,从而得出结论或获得需要的数据。据此,作者将机械加工过程中常见的数学问题经过分类、整理、归纳,兼顾数学的系统性、循序性和全面性,形成了《机械加工应用数学》一书。

本书的编写特点体现在以下 4 个方面:

一是实际、实用,书中 87% 的例题和习题是来自于工厂实践,本着贴近工厂、贴近实际、贴近专业的基本原则,尽量做到具体、全面,学了能用、管用;

二是理论与实践一体化,在学习数学理论过程中解决实际问题,在解决实际问题中加深对数学理论的理解,尽量做到数学与专业技术的密切结合;

三是简单、易懂,全书仅涉猎初等数学的范畴,并对工厂不常用的部分进行了删减,尽量做到内容难度适中,范围适度;

四是通过翔实例子的解题方法,培养分析问题和解决问题的能力,尽量做到触类旁通。

本书既适用于技工学校、职业学院机械类专业教学,也可作为工厂技术工作者参考用书。

本书在编写过程中得到了辽宁省劳动与社会保障厅、大连开发区国防高级技校领导、教师的关心和支持,在此表示衷心的感谢。

作者 沈为兴

目 录

第一章 计量单位及换算	(1)
1.1 法定计量单位	(1)
1.2 导出单位的计算及常用计量单位的换算	(2)
1.3 长度计量单位及其换算	(4)
1.4 角度计量单位	(7)
1.5 国际单位制的基本单位、辅助单位与国际单位制中具有专门名称的导出单位的关系	(8)
1.6 二进制	(9)
第二章 计算器的使用	(14)
2.1 简单的四则运算	(14)
2.2 将数字储存在存储器中,将数字删除	(16)
2.3 科学计算	(18)
第三章 函数及其应用	(26)
3.1 函数的概念	(26)
3.2 正比例函数、反比例函数、一次函数和二次函数	(27)
3.3 指数函数和对数函数	(34)
3.4 函数的应用举例	(37)
第四章 工程数列	(45)
4.1 数列的概念	(45)
4.2 等差数列与等比数列	(46)
4.3 等比、等差数列在工程上的应用	(47)
第五章 解三角形	(54)
5.1 锐角的三角函数	(54)
5.2 任意角的三角函数	(55)
5.3 两角和与差的三角函数	(56)
5.4 解三角形	(57)
5.5 解斜三角形及其应用	(73)
5.6 有关圆中线段和三角形的计算	(81)

第六章 平面解析几何及其应用	(91)
6.1 直线与方程	(91)
6.2 二次曲线及其应用	(97)
6.3 曲线方程综合应用举例	(112)
第七章 几何体的展开及落料	(137)
7.1 圆锥的展开计算	(137)
7.2 斜截面圆柱表面的展开	(146)
7.3 两直交相贯圆柱表面展开计算	(150)
7.4 关于简易封头的坯料计算	(156)
7.5 弹簧的落料计算	(163)
第八章 平面向量及其应用	(166)
8.1 平面向量的有关概念	(166)
8.2 平面向量的线性运算	(167)
8.3 向量在工厂中的应用	(169)
第九章 传动计算	(176)
9.1 通用公式	(176)
9.2 皮带传动	(178)
9.3 齿轮传动的传动比	(181)
9.4 液压传动的计算	(196)
附表	(201)
附表一 计量单位及换算	(201)
附表二 数学公式	(211)
附表三 常用传动计算	(217)
附表四 螺纹的计算	(223)
附表五 传动件的计算	(226)
附表六 车削、铣削的有关计算	(231)

第一章 计量单位及换算

§ 1.1 法定计量单位

1. 国际单位制(International System of units)亦译 SI 单位

这是由物理量的米制单位导出的一组单位,经 1960 年国际计量大会通过,予以定义并命名的一种计量单位。它是国际上公认的先进的计量单位,现已在全世界范围内得到广泛采用。SI 单位由米(长度),千克(质量),秒(时间),安培(电流),开尔文(热力学温度),坎德拉(发光强度)和摩尔(物质的量)等 7 个基本单位组成。它的构成如下:

SI 基本单位

SI 的辅助单位

SI 导出单位

SI 组合形式的 SI 导出单位

SI 单位的倍数单位

2. 我国的法定计量单位

1985 年 9 月 6 日全国人大会议通过了《中华人民共和国计量法》,规定了“国家采用国际单位制。国际单位制计量单位和国家选定的其他计量单位为国家法定计量单位”。按照国家标准 GB3100—93 的规定,我国法定计量单位包括:

(1)SI 基本单位(见附表一之表 1);

(2)包括 SI 辅助单位在内的具有专门名称的导出单位(见附表一之表 2、表 3);

(3)国家选定的非法定单位制的单位(见附表一之表 4);

(4)由以上单位构成的组合形式的单位;

(5)由 SI 词头和上述单位构成的十进倍数和分数单位(见附表一之表 5)。

由此可见,我国的法定计量单位是以国际制单位为基础,根据我国的实际情况,增加了一些在实际生活中广泛采用的其他单位构成的,具有科学性强、结构简单、使用方便、易于推广、国际通用性好等特点。

§ 1.2 导出单位的计算及常用计量单位的换算

1. 导出单位的计算

采用国际法定单位的优点是可以为计算导出单位带来极大的方便,也大大地简化了计算公式,便于记忆。在计算时,只要把给定的已知量转换为法定计量单位,就很容易计算出要求的量。

下面介绍常用各导出单位及导出量的计算公式:

$$F=ma$$

式中 F —— 力 $\text{N} (\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2)$

m —— 质量 kg

a —— 加速度 m/s^2

$$p=\frac{F}{A}$$

式中 p —— 压力、压强、应力 $\text{Pa} (\text{N}/\text{m}^2)$

F —— 力 $\text{N} (\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2)$

A —— 面积 m^2

$$W=F \cdot S=M \cdot \varphi$$

式中 W —— 功、能量 J

F —— 力 $\text{N} (\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2)$

S —— 位移 m

M —— 力矩 $\text{N} \cdot \text{m}$

φ —— 转角 rad

$$W=I \cdot V \cdot t$$

$$=I^2 R \cdot t$$

$$=\frac{V^2}{R} \cdot t$$

式中 W —— 功、能量 J

I —— 电流 A

V —— 电压、电动势 V

R —— 电阻 Ω

t —— 时间 s

$$P = F \cdot V$$

$$= M \cdot \omega$$

式中 P —— 功率 W

F —— 力 N ($\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$)

V —— 速度 m/s

M —— 转矩 N · m

ω —— 角速度 1/s

$$P = Q \cdot p$$

$$= V \cdot F$$

式中 P —— 功率 W

Q —— 流量 m^3/s

p —— 压力、压强 Pa (N/m^2)

V —— 速度 m/s

F —— 力 N ($\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$)

$$P = I \cdot V = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

式中 P —— 功率 W

I —— 电流 A

V —— 电压、电动势 V

R —— 电阻 Ω

2. 单位换算

由于法定计量单位具有前面所讲的优点,因此我们在计算中尽量使用法定计量单位。但在现今仍有市制单位、英制单位的存在,需要进行换算。其换算关系见附表一之表 2。

【例】 在车床上切削零件时,切削力对主轴的力矩为 $200 \text{ N} \cdot \text{m}$,主轴转速为 $200 \text{ r}/\text{min}$,求切削功率为多少?

解: $P = M \cdot \omega$

$$= 200 \times \frac{2\pi \times 200}{60}$$

$$\approx 4188 (\text{W})$$

$$= 2.094 (\text{kW})$$

注:在计算此类问题时,应将所有已知量都转换为国际单位制,计算出的结果仍为国际单位制单位或它的导出单位。

§ 1.3 长度计量单位及其换算

1. 长度计量单位的写法

在工厂里,长度单位常用毫米(mm)做基本计量单位,在数字后不写单位,默认为毫米(mm)。例如:1.8 m 写成 1800;2.3 dm 写成 230;3.2 cm 写成 32;8 cmm 写成 0.08;7 μm 写成 0.007。

一毫米的十分之一称做“丝米”,一毫米的百分之一称做“忽米”,一毫米的千分之一称做“微米”。“忽米”几乎无人称叫,而称做“道”,例如:0.06 称做 6“道”,0.12 称做 12“道”;“微米”通常称做“ μ ”,例如:0.003 称做 3 个 μ 。

2. 常用英寸制长度单位及其换算

现在世界上最普遍采用的标准为公制国际计量单位,但也有的国家某些情况下仍使用英制计量单位。英制长度单位常用英寸(in)做基本计量单位,工厂常用的英寸制长度单位及其换算,如下表:

单位名称	符号	进位方法
英尺(呎)	ft	1 英尺=12 英寸
英寸(吋)	in	主单位
英分(分)		1 英寸=8 英分
嗒		1 英寸=32 嗒 1 英分=4 嗒
英丝		1 英寸=1000 英丝

例如:1.5 英尺写成 18 英寸(吋),也可写成 18";3 分写成 $\frac{3}{8}"$;1 分半写成 $\frac{3}{16}"$;7 个嗒写成 $\frac{7}{32}"$ 。

3. 毫米(mm)与英寸(in)可用下列方法换算

1 in 或 1"=25.4mm 1 分=3.175mm

【例 1】 $\frac{9}{16}"$ 等于多少毫米?

解: $25.4 \times \frac{9}{16} \approx 14.29$

【例 2】 $1 \frac{3}{8}"$ 等于多少毫米?

解: $25.4 \times 1 \frac{3}{8} = 34.925$

4. 国内在一些情况下仍沿用英制

我国虽然是采用国际单位制(公制)国家,但在某些情况下仍沿用英制。例如:

管螺纹尺寸多为英制尺寸,如 $G \frac{1}{2}$ 表示尺寸代号(连接管内径)为 $\frac{1}{2}$ " 的管螺纹,它的螺距用每英寸多少牙表示;链条的节距也是采用英制,套筒滚子链的链条节距是用 $\frac{1}{16}$ " 乘以链号即为链条节距,如链号为 8 的链条节距为 $\frac{1}{16} \times 8 = \frac{1}{2}" = 12.7 \text{ mm}$,链号为 10 的链条节距为 $10 \times \frac{1}{16}" = \frac{5}{8}" = 15.875 \text{ mm}$;

在数控机床中所用的八单位穿孔纸带的宽度为 1 英寸;还有些尺寸是由英寸演化而来的,例如长 250 mm 的活扳手,往往称为 10 吋扳手,250 是由 10"(254)演化来的。有时,将“1 平方英寸”作为面积的计量基准单位,并称为“1 方”,如钳工在刮削平面时衡量两面的密合程度用每方多少个接触点表示,点数越多密合程度越好。普通机床导轨为每方 6~10 点,一级平板为每方 25 点;磨料颗粒大小用每方的筛孔数表示,称为目,每方有 200 个筛孔即为 200 目。如此还有许多,不一一列举。

【例 1】 现在使用的压力表的刻度值用 MPa 表示($1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa}$),而过去使用的压力表的刻度值为工程大气压($1 \text{ 工程大气压} = 1 \text{ kg/cm}^2$),那么一个工程大气压合多少 MPa?

$$\text{解: } 1 \text{ MPa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ 工程大气压} &= 1 \frac{\text{kg 力}}{\text{cm}^2} = \frac{9.81 \text{ N}}{\left(\frac{1}{100}\right)^2 \text{ m}^2} \\ &= 9.81 \times 10000 \text{ N/m}^2 \\ &= 9.81 \times 10000 \text{ Pa} \\ &= 0.0981 \times 10^6 \text{ Pa} \\ &= 0.0981 \text{ MPa} \\ &\approx 0.1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

【例 2】 1 方合多少平方厘米?

$$\text{解: } 1 \text{ 方} = (1")^2 = (25.4 \text{ mm})^2 = 645.16 \text{ mm}^2 = 6.4516 \text{ cm}^2$$

【例 3】 螺纹的螺距分为公制和英制,英制螺纹的螺距用每英寸(吋)长度上的牙数 n 来表示,换成“mm”表示的螺距为 $P = \frac{25.4}{n}$;英制蜗杆的螺距用径节 DP 表示,换成“mm”表示的螺距为 $P = \frac{25.4\pi}{DP}$ 。

求: (1) 每英寸(吋)14 牙的螺纹螺距为多少 mm?

(2) 径节为 14 的蜗杆螺距为多少 mm?

解: (1) $\frac{25.4}{14} \approx 1.814$

(2) $\frac{25.4\pi}{14} \approx 5.70$

【例 4】 $G \frac{1}{4}$ 管螺纹的螺距为多少 mm?

解: 查表得 $G \frac{1}{4}$ 管螺纹为每吋 19 牙

$$\frac{25.4}{19} \approx 1.337$$

有的表可直接查出螺距为多少 mm 数。

【例 5】 规格为 26 自行车其车轮直径为多少 mm?

解: 规格为 26 自行车指车轮直径为 26 吋

车轮直径为: $25.4 \times 26 = 660.4$ mm

【例 6】 1 MPa = _____ 工程大气压 = _____ m 水柱高
= _____ m 水银柱高

$$\text{解: } 1 \text{ MPa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times 10^6 = \frac{1}{9.81} \frac{\text{kg}}{(100)^2} \times 10^6 = 10.2 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

= 10.2 工程大气压

$$1 \text{ MPa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times 10^6 = \frac{h_{\text{水}} s \rho_{\text{水}} g}{s} = h_{\text{水}} \rho_{\text{水}} g = h_{\text{水}} \times 1000 \times 9.81$$

$$\therefore h_{\text{水}} = \frac{10^6}{9.81 \times 1000} \approx 102 \text{ m}$$

$$1 \text{ MPa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times 10^6 = h_{\text{汞}} \rho_{\text{汞}} g = h_{\text{汞}} \times 13600 \times 9.81$$

$$\therefore h_{\text{汞}} = \frac{10^6}{13600 \times 9.81} \approx 7.5 \text{ m}$$

§ 1.4 角度计量单位

角度的大小有两种表示方法,即角度制和弧度制。

1. 角度制

如果将一个圆等分 360 份,每一份所对的圆心角称为一度的角,即 1° ; 如果再把 1° 的角等分 60 份,每一份称为一分,即 $1'$; 把 $1'$ 的角度等分为 60 份,每一份称为一秒,即 $1''$ 。如果一个角的大小为 22 度 12 分 25 秒,可以写成 $22^\circ 12' 25''$ 。

度、分、秒的换算关系:

$$1^\circ = 60' = 3600''$$

$$1' = 60'' = \frac{1}{60}^\circ$$

$$1'' = \frac{1}{60}' = \frac{1}{3600}^\circ$$

2. 弧度制

在圆周上取一段弧长 l ,使其长度等于半径 R ,那么,这段弧长所对的圆心角为 1 弧度,即 1 rad。

$$\alpha(\text{rad}) = \frac{l}{R}$$

例如,当弧长 $l=40$,圆的半径 $R=32$,则 $\alpha = \frac{40}{32} = 1.25(\text{rad})$

弧度本身是一个无量纲的值,如同三角函数一样,只是一个比值,是弧长与半径之比,这个值与圆的大小无关。在计算时弧度值在数的后面不写弧度(rad)。国际单位制中规定弧度为角度的计量单位。

角度和弧度之间的换算关系如下:

$$1^\circ = \frac{\pi}{180}$$

$$1(\text{rad}) = \frac{180^\circ}{\pi} \approx 57^\circ 17' 44''$$

【例 1】 60° 等于多少弧度?

$$\text{解: } \frac{\pi}{180} \times 60 = \frac{\pi}{3} \approx 1.047$$

【例 2】 $\frac{\pi}{4}$ 弧度等于多少度?

$$\text{解: } \frac{\pi}{4} \times \frac{180^\circ}{\pi} = 45^\circ$$

§ 1.5 国际单位制的基本单位、辅助单位与国际单位制中具有专门名称的导出单位的关系

《国际导出单位》是根据有关定义、定律由《国际基本单位》、《国际辅助单位》直接导出的,它们的换算系数都为1,这一点对我们计算特别方便。

【例1】 力与质量和加速度关系式为: $F=ma$,质量 m 的单位为 kg ,加速度 a 的单位为 m/s^2 ,则力的单位就是牛顿(N)。如 $m=10\text{ kg}$, $a=15\text{ m/s}^2$,求 F 。

解:力 $F=ma=10\times 15=150\text{ N}$

【例2】 功率、转矩和角速度关系式为 $P=M\omega$,转矩 M 的单位为 $\text{N}\cdot\text{m}$,角速度 ω 的单位为 $1/\text{s}$,则功率的单位就是瓦(W)。例如:机床主轴转速为 300 r/min ,输出的转矩为 $100\text{ N}\cdot\text{m}$,求主轴输出的功率为多少?

解:计算此类问题,必须将各计量单位统一到《国际基本单位》和《国际辅助单位》上, r/min 不是《国际基本单位》和《国际辅助单位》,需经换算:

$$300\frac{\text{r}}{\text{min}}=\frac{2\pi\times 300}{60}(1/\text{s})=10\pi(1/\text{s})$$

$$P=M\omega$$

$$=100\times 10\pi$$

$$=1000\pi(\text{W})$$

$$=3140(\text{W})$$

$$=3.14(\text{kW})$$

由以上例题可知:在进行工程计算时,应把所有已知量都转化为国际单位制的计量单位,就可以直接运用定义、定律进行计算,得出单位也是国际计量单位。

§ 1.6 二进制

我们通常所用的数多为十进制数,随着计算技术的发展,出现了二进制的数制,并有广泛的应用。

1. 二进制数的表示方法

二进制数是由 0 和 1 两个数码来表示的数。它的基数是 2,进位规则是“逢二进一”,二进制数也是采用位置计数法,其位权是以 2 为底的幂。例如,二进制数 110.11,其位权的大小顺序为 $2^2, 2^1, 2^0, 2^{-1}, 2^{-2}$ 。除二进制外,还有八进制、十六进制等。不同进制的位权数如下表:

	第一位	第二位	第三位	第四位	第 n 位
十进制	10^0	10^1	10^2	10^3	10^{n-1}
二进制	2^0	2^1	2^2	2^3	2^{n-1}
八进制	8^0	8^1	8^2	8^3	8^{n-1}
十六进制	16^0	16^1	16^2	16^3	16^{n-1}

【例】 将二进制数 111.01 写成加权系数的形式。

解: $(111.01)_2 = 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$

2. 二进制的加法和乘法运算

二进制的算术运算的基本规律和十进制数十分相近。

(1) 二进制的加法:

有 4 种情况: $0+0=0, 0+1=1, 1+0=1, 1+1=0$ 并进位 1

【例】 求 $(1101)_2 + (1011)_2$ 的和。

解: 1101

$$\begin{array}{r} +1011 \\ \hline 11000 \end{array}$$

(2) 二进制乘法:

有 4 种情况: $1 \times 0 = 0, 0 \times 1 = 0, 1 \times 1 = 1, 0 \times 0 = 0$

【例】 求 $(1110)_2$ 乘 $(101)_2$ 之积。

$$\begin{array}{r} \text{解:} \quad 1110 \\ \times \quad 101 \\ \hline \quad 1110 \\ \quad 0000 \\ \quad 1110 \\ \hline 1000110 \end{array}$$

3. 二进制与十进制的转换

(1) 二进制转换为十进制的方法是“按权展开求和”：

【例】将二进制数 1011.01 转换为十进制数。

$$\begin{aligned}\text{解: } (1011.01)_2 &= (1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2})_{10} \\ &= (11.25)_{10}\end{aligned}$$

(2) 十进制转换为二进制：

十进制转换为二进制时，由于整数和小数的转换方法不同，所以先将十进制的整数部分和小数部分分别转换后再加以合并。

① 十进制整数转换为二进制数：“除以 2 取余，逆序输出”。

【例】将十进制数 89 转换为二进制数。

$$\begin{array}{rcl} \text{解: } 2 \overline{) 89} & & \\ 2 \overline{) 44} & \text{余} 1 & \\ 2 \overline{) 22} & \text{余} 0 & \\ 2 \overline{) 11} & \text{余} 0 & \\ 2 \overline{) 5} & \text{余} 1 & \\ 2 \overline{) 2} & \text{余} 1 & \\ 2 \overline{) 1} & \text{余} 0 & \\ 0 & \text{余} 1 & \end{array}$$

$$\therefore (89)_{10} = (1011001)_2$$

② 十进制小数转换为二进制：“乘以 2 取整，顺序输出”。

【例】将十进制 0.625 转换为二进制数。

$$\text{解: } 0.625 \times 2 = 1.25$$

$$0.25 \times 2 = 0.5$$

$$0.5 \times 2 = 1.0$$

$$\therefore (0.625)_{10} = (0.101)_2$$

习题一

1. 质量千克(kg)和千克力是一回事吗?
2. 1VA(V—伏特,A—安培)为多少瓦?
3. 1千克力为多少牛顿?
4. 1度电(1 kW·h)为多少焦耳的电能?

5. 填空

- (1) $\frac{1}{8}'' =$ _____ mm = _____ 分 = _____ 嗒
- (2) $1\frac{3}{8}'' =$ _____ mm = _____ 分 = _____ 嗒
- (3) 1.5ft = _____ mm = _____ 分 = _____ 嗒
- (4) 6.35mm = _____ in = _____ 分 = _____ 嗒
- (5) 1ft = _____ in
- (6) 1平方英寸 = _____ 平方毫米 = _____ 平方厘米
- (7) 1 MPa = _____ Pa
- (8) 1 纳米 = _____ 微米 = _____ 毫米
- (9) 20 °C = _____ K
- (10) 1 码 = _____ 英寸

6. 填空

- (1) 1(rad) = _____ °
 - (2) 1° = _____ (rad)
 - (3) $\pi =$ _____ °
 - (4) $\frac{3}{4}\pi =$ _____ °
 - (5) 60° = _____ (rad)
 - (6) 45° = _____ (rad)
 - (7) 120r/min = _____ 1/s
7. 圆的半径为 20,求圆心角为 1 时所对圆的弧长为多少? 圆心角的两边与圆心角所对弧长围成图形的面积。
 8. 将十进制数 99 转换为二进制数。
 9. 将二进制数 1100110 转换为十进制数。
 10. 车床切削时所消耗的功率,叫做切削功率,切削功率可由下面的公式计算