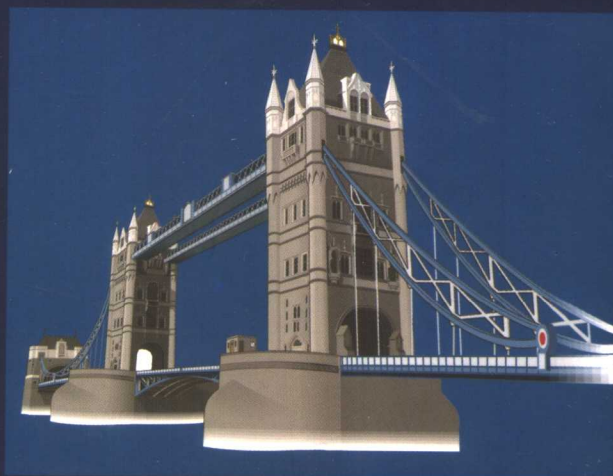


机电实用技术手册系列

新编

# 实用钣金技术手册

张春丽 杨燕勤 编



附光盘

 人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

机电实用技术手册系列

新编

# 实用钣金技术 手册

张春丽 杨燕勤 编

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

新编实用钣金技术手册 / 张春丽, 杨燕勤编: —北京: 人民邮电出版社, 2007.11  
(机电实用技术手册系列)  
ISBN 978-7-115-15846-8

I. 新… II. ①张…②杨… III. 钣金工—技术手册  
IV. TG936-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 020987 号

## 内 容 提 要

本手册是机电实用技术手册系列之一。全书共 9 章, 分别介绍了钣金技术基础、常用金属材料及热处理、常用设备及工具、钣金展开技术与计算、成形工艺、连接方法、装配、汽车车身修复的钣金作业以及钣金件的成本估算基础等。

本手册取材新颖、图文并茂, 具有很强的可读性和实用性。适合从事钣金件设计与制造的工程技术人员、采购工程师作为工具书使用, 也可供相关专业的老师、学生参考。

### 机电实用技术手册系列 新编实用钣金技术手册

- 
- ◆ 编 张春丽 杨燕勤  
责任编辑 李育民
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京鸿佳印刷厂印刷  
新华书店总店北京发行所经销
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 18  
字数: 440 千字  
印数: 1—4 000 册
- 2007 年 11 月第 1 版  
2007 年 11 月北京第 1 次印刷

---

ISBN 978-7-115-15846-8/TN

定价: 39.00 元 (附光盘)

读者服务热线: (010)67134361 印装质量热线: (010)67129223

# 前言

## PREFACE

随着我国制造业的不断发展,新技术的应用越来越广泛,国内和国际企业间的技术合作日益加强,社会生产更加注重规范和标准的采用,产品也更加注重互换性。为此,各生产企业需要使用统一标准来指导产品设计及生产过程。

为了方便广大工程设计人员及生产人员使用行业标准指导设计和生产,我们编写了机电实用技术手册系列图书。该系列图书共 12 册,涵盖了从传统的机械加工技术到现代的新型加工技术等各个方面的内容,为各行业的工程设计人员及生产加工人员提供了翔实的资料。

《新编实用钣金技术手册》是机电实用技术手册系列之一,是一本介绍钣金技术的实用工具书。

机械制造业作为大工业的基础,其钣金制作是不可或缺的重要组成部分。目前,机械工业中技术含量的不断提升以及外资企业的不断融入,对技术及操作人员的要求也不断提高。本手册就是为了满足钣金技术工作的实际需要而编写的。

为了满足不同层次读者的需求,手册中包含的内容从基本几何图形计算到识图基础,从金属材料到热处理基础,从基本设备到工具,由浅入深,全面而详细。针对钣金技术中计算比较繁琐的钣金展开,除了给出展开图和展开方法以外,本手册还按照计算程序编制了简易的计算机钣金展开软件(详见本手册附带光盘),以便于相关技术人员验算使用。

本手册采用了最新的国家标准和法定计量单位,取材丰富,内容新颖,实用性强,既适合于从事钣金技术的工程人员使用,也适合于生产第一线的钣金操作工使用。除了原来以设计人员为主体的用户群外,本手册还充分考虑了新的用户群,即制造工程师和采购工程师的需要。

本手册由张春丽、杨燕勤主编,参加编写的人员还有李蕊、张玉萍、温建民、宋一兵、王峰等。本手册在编写的过程中,得到了沈精虎、许曰滨、黄业清、姜勇、高长铎、田博文、谭雪松、杜俭业、向先波、毕丽蕴、郭万军、詹翔、冯辉、王海英、李仲、赵治国、赵晶、朱凯、臧乐善、郭英文、计晓明、尹志超、滕玲、张艳花、董彩霞、郝庆文等同志的帮助,同时,还参考了许多同行优秀的手册及著作,在此向他们一并表示感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免有疏漏和不当之处,诚请读者批评指正。

编者

2007 年 4 月

## 光盘介绍

本手册附带的光盘是专门为“第四章 钣金展开技术与计算”配备的，包含第四章中涉及的全部钣金展开类型，适用于专业技术人员进行计算或验算使用。

建议本程序在 Windows XP 环境下运行，系统至少需要 2.4M 硬盘空间。

程序的具体安装及使用方法如下。

1. 运行光盘中的执行文件“安装钣金计算系统.exe”文件，按照安装提示将钣金计算系统装入计算机。

2. 安装完毕后，单击【开始】→【程序】→【钣金计算系统】→【钣金计算系统】等按钮，即可打开钣金计算系统。

3. 打开钣金计算系统后，系统将要求用户输入用户名和密码（用户名：shnu；密码：123456）。

4. 进入系统后，通过下拉菜单选择不同类型的钣金展开，改变输入参数，即可获得相应的钣金展开图和绘图数据。

5. 如果不再使用该系统，单击【开始】→【程序】→【钣金计算系统】→【卸载钣金计算系统】，即可成功卸载该系统。

使用过程中如有任何问题，请发信至 [postmaster@laohu.net](mailto:postmaster@laohu.net) 咨询。

# 目 录

## CONTENTS

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| <b>第一章 钣金技术基础</b> .....     | 1  |
| 第一节 常用资料.....               | 1  |
| 一、常用字母及标准.....              | 1  |
| 二、法定单位及换算.....              | 2  |
| 第二节 常用几何图形计算.....           | 9  |
| 一、常用几何图形的面积计算公式.....        | 9  |
| 二、常用几何图形的体积和表面积计算公式.....    | 11 |
| 第三节 识图基础.....               | 13 |
| 一、公差配合与粗糙度.....             | 13 |
| 二、投影图基本知识.....              | 35 |
| <b>第二章 常用金属材料及热处理</b> ..... | 41 |
| 第一节 金属材料的基本性能.....          | 41 |
| 一、力学性能.....                 | 41 |
| 二、物理及化学性能.....              | 42 |
| 三、工艺性能.....                 | 42 |
| 第二节 常用金属材料.....             | 43 |
| 一、钢的分类.....                 | 43 |
| 二、钢材的分类.....                | 44 |
| 三、钢材的重量计算.....              | 44 |
| 四、有色金属材料.....               | 44 |
| 第三节 国内外常用金属材料的牌号标准与对照.....  | 45 |
| 一、我国钢号表示方法.....             | 45 |
| 二、我国钢号表示方法的分类说明.....        | 46 |
| 三、新老钢号对照.....               | 48 |
| 四、国内外金属牌号对照(部分).....        | 49 |
| 第四节 金属材料热处理基础.....          | 50 |
| <b>第三章 钣金常用设备及工具</b> .....  | 52 |
| 第一节 常用设备.....               | 52 |
| 一、折弯机.....                  | 52 |
| 二、剪板机.....                  | 53 |

|                  |     |
|------------------|-----|
| 三、卷板机            | 53  |
| 四、钻床             | 55  |
| 五、压力机            | 56  |
| 六、焊接设备           | 56  |
| 七、钣金常用设备参数表      | 58  |
| 第二节 常用工具         | 85  |
| 一、手动工具           | 85  |
| 二、动力工具           | 90  |
| 第四章 钣金展开技术与计算    | 93  |
| 第一节 钣金展开计算基础     | 93  |
| 一、划线             | 93  |
| 二、放样与号料          | 95  |
| 三、展开处理           | 95  |
| 第二节 近似展开及其他      | 98  |
| 一、可展与不可展         | 98  |
| 二、近似展开           | 99  |
| 三、板厚处理           | 99  |
| 第三节 钣金展开计算方法     | 102 |
| 一、圆管构件           | 104 |
| 二、棱锥管及组合件        | 106 |
| 三、圆锥管及组合件        | 108 |
| 四、球面与封头          | 112 |
| 五、螺旋面            | 114 |
| 六、型钢             | 116 |
| 第四节 钣金展开的计算机实现方法 | 119 |
| 第五章 钣金件成形工艺      | 122 |
| 第一节 钣金件冲压基础      | 122 |
| 第二节 机械成形         | 123 |
| 一、机械弯曲           | 123 |
| 二、拉深             | 130 |
| 三、旋压             | 137 |
| 第三节 手工成形         | 142 |
| 一、弯曲             | 142 |
| 二、放边             | 149 |
| 三、收边             | 150 |
| 四、拔缘             | 152 |
| 五、拱曲             | 153 |
| 六、卷边             | 155 |
| 七、咬缝             | 157 |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 八、 矫正 .....                  | 159        |
| <b>第六章 钣金连接 .....</b>        | <b>165</b> |
| 第一节 金属切割 .....               | 165        |
| 一、 气割 .....                  | 165        |
| 二、 剪切 .....                  | 167        |
| 三、 锯削 .....                  | 170        |
| 四、 冲裁 .....                  | 171        |
| 第二节 机械式连接 .....              | 176        |
| 一、 铆接 .....                  | 176        |
| 二、 胀接 .....                  | 182        |
| 三、 螺纹连接 .....                | 186        |
| 第三节 钣金的焊接 .....              | 189        |
| 一、 焊接基础知识 .....              | 189        |
| 二、 焊条电弧焊 .....               | 195        |
| 三、 气体保护焊 .....               | 199        |
| 四、 其他焊接方法 .....              | 203        |
| 第四节 粘接 .....                 | 204        |
| 一、 概述 .....                  | 204        |
| 二、 粘接接头设计 .....              | 205        |
| 三、 粘接剂 .....                 | 208        |
| 四、 表面处理与粘接工艺 .....           | 209        |
| 五、 常见粘接缺陷与处理 .....           | 214        |
| <b>第七章 装配 .....</b>          | <b>215</b> |
| 第一节 钣金件装配 .....              | 215        |
| 一、 装配原理 .....                | 215        |
| 二、 装配方法 .....                | 216        |
| 三、 装配工艺规程的编制 .....           | 217        |
| 四、 大型钢结构件的装配 .....           | 218        |
| 第二节 冷作工艺装配技术 .....           | 220        |
| 一、 备料工艺 .....                | 220        |
| 二、 卷板 .....                  | 221        |
| 三、 装配技术 .....                | 226        |
| 第三节 典型产品的制造工艺 .....          | 228        |
| 一、 钣金制品的制作 .....             | 228        |
| 二、 冷作制品的制作 .....             | 239        |
| <b>第八章 汽车车身修复的钣金作业 .....</b> | <b>252</b> |
| 第一节 汽车钣金修复的基本知识 .....        | 252        |
| 一、 汽车车身结构 .....              | 252        |
| 二、 汽车钣金常用工具与设备 .....         | 255        |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 三、汽车钣金的加工工艺 .....     | 256 |
| 第二节 汽车车身修复的钣金作业 ..... | 256 |
| 一、车身拆卸 .....          | 256 |
| 二、凹凸修复 .....          | 257 |
| 三、腐蚀的修复 .....         | 260 |
| 四、裂纹修复 .....          | 260 |
| 五、皱褶修复 .....          | 261 |
| 六、磨损修复 .....          | 261 |
| 七、车身变形的测量 .....       | 262 |
| 第三节 车身典型构件的修复 .....   | 266 |
| 一、翼子板的修复 .....        | 266 |
| 二、车门的修复 .....         | 267 |
| 三、发动机罩的修复 .....       | 267 |
| 四、汽车前围护面的修复 .....     | 269 |
| 五、车顶的修复 .....         | 269 |
| 六、汽车后围护面的修复 .....     | 270 |
| 第九章 钣金件的成本估算基础 .....  | 271 |
| 第一节 钣金件的合理用料 .....    | 271 |
| 一、材料利用率 .....         | 271 |
| 二、合理用料方法 .....        | 271 |
| 三、冷作件的合理结构 .....      | 272 |
| 第二节 成本估算基础 .....      | 273 |
| 一、产品销售价格构成 .....      | 274 |
| 二、作业标准 .....          | 275 |
| 三、快速估算法 .....         | 276 |
| 第三节 钣金件的成本估算 .....    | 277 |
| 一、成本估算方法 .....        | 277 |
| 二、成本优化软件 .....        | 278 |
| 参考文献 .....            | 280 |

# 第一章 钣金技术基础

## 第一节 常用资料

### 一、常用字母及标准

#### 1. 汉语拼音字母及英文字母

汉语拼音字母及英文字母，见表 1-1。

表 1-1 汉语拼音字母及英文字母

| 大写 | 小写 | 字母名称 |    | 大写 | 小写 | 字母名称 |    | 大写 | 小写 | 字母名称 |     |
|----|----|------|----|----|----|------|----|----|----|------|-----|
|    |    | 汉语   | 英语 |    |    | 汉语   | 英语 |    |    | 汉语   | 英语  |
| A  | a  | 啊    | 爱  | J  | j  | 基    | 捷  | S  | s  | 思    | 爱司  |
| B  | b  | 玻    | 比  | K  | k  | 科    | 开  | T  | t  | 特    | 梯   |
| C  | c  | 雌    | 西  | L  | l  | 勒    | 爱尔 | U  | u  | 乌    | 由   |
| D  | d  | 得    | 地  | M  | m  | 摸    | 爱姆 | V  | v  | 物    | 维   |
| E  | e  | 鹅    | 衣  | N  | n  | 讷    | 恩  | W  | w  | 蛙    | 达勃留 |
| F  | f  | 佛    | 爱富 | O  | o  | 喔    | 喔  | X  | x  | 希    | 爱克司 |
| G  | g  | 哥    | 忌  | P  | p  | 坡    | 批  | Y  | y  | 呀    | 哇爱  |
| H  | h  | 喝    | 爱去 | Q  | q  | 欺    | 扣乌 | Z  | z  | 资    | 谁   |
| I  | i  | 衣    | 阿爱 | R  | r  | 日    | 啊  |    |    |      |     |

注：1. 汉语拼音字母及英文字母同源拉丁字母，故也称拉丁字母。

2. 字母注音均是普通话近似注音，两字以上的注音需快速连读。

#### 2. 希腊字母

希腊字母见表 1-2。

表 1-2 希腊字母

| 大写 | 小写 | 名称      | 注音   | 大写 | 小写 | 名称      | 注音   | 大写 | 小写 | 名称      | 注音   |
|----|----|---------|------|----|----|---------|------|----|----|---------|------|
| A  | α  | alpha   | 阿尔法  | I  | ι  | iota    | 约塔   | P  | ρ  | rho     | 罗    |
| B  | β  | beta    | 倍塔   | K  | κ  | kappa   | 卡帕   | Σ  | σ  | sigma   | 西格玛  |
| Γ  | γ  | gamma   | 伽马   | Λ  | λ  | lambda  | 兰姆达  | T  | τ  | tau     | 掏    |
| Δ  | δ  | delta   | 迭尔塔  | M  | μ  | mu      | 谬    | Υ  | υ  | upsilon | 宇普西隆 |
| E  | ε  | epsilon | 厄普西隆 | N  | ν  | nu      | 纽    | Φ  | φ  | phi     | 斐    |
| Z  | ζ  | zeta    | 捷塔   | Ξ  | ξ  | xi      | 克西   | X  | χ  | chi     | 西    |
| H  | η  | eta     | 厄塔   | O  | ο  | omicron | 奥米克隆 | Ψ  | ψ  | psi     | 普西   |
| Θ  | θ  | theta   | 西塔   | Π  | π  | pi      | 派    | Ω  | ω  | omega   | 欧米伽  |

#### 3. 常用的标准代号

常用的标准代号见表 1-3 (a)、(b)。

表 1-3 (a) 国内部分标准代号

| 代号   | 名称                | 代号       | 名称       |
|------|-------------------|----------|----------|
| GB   | 中华人民共和国标准         | SY (SYB) | 石油工业部标准  |
| JB   | 机械电子工业部标准         | HG (HGB) | 原化学工业部标准 |
| Q/ZB | 机械电子工业部重型机械行业统一标准 | KY       | 中国科学院标准  |
| YB   | 冶金工业部标准           | FJ       | 纺织工业部标准  |
| QB   | 原轻工业部标准           | SD       | 原水利电力部标准 |

表 1-3 (b) 国外部分标准代号

| 代号   | 名称          | 代号    | 名称         |
|------|-------------|-------|------------|
| ISA  | 国际标准协会      | CSA   | 加拿大标准协会标准  |
| ISO  | 国际标准        | UNI   | 意大利标准      |
| ГОСТ | 前苏联国家标准     | AFNOR | 法国标准化协会标准  |
| NBS  | 美国国家标准局标准   | NF    | 法国标准       |
| ASA  | 美国标准协会标准    | DIN   | 联邦德国标准     |
| ASME | 美国机械工程师学会标准 | JIS   | 日本工业标准     |
| ANSI | 美国全国标准协会标准  | CSN   | 前捷克和斯洛伐克标准 |
| BS   | 英国标准        | SIS   | 瑞典工业标准     |
| SN   | 瑞士标准        | AS    | 澳大利亚标准     |
| KS   | 韩国标准        | IS    | 印度标准       |

二、法定单位及换算

1. 国际单位制

国际单位制是于 1960 年在第 11 届国际计量大会上通过的, 其国际简称为 SI。中华人民共和国法定计量单位包括国际单位制的基本单位和辅助单位, 见表 1-4; 国际单位制中具有专门名称的导出单位, 见表 1-5; 用于构成十进倍数与分数单位的词头, 见表 1-6。

表 1-4 国际单位制的基本单位和辅助单位

| 类别   | 量的名称  | 单位名称    | 单位符号 |         |
|------|-------|---------|------|---------|
|      |       |         | 国际   | 中文      |
| 基本单位 | 长度    | 米       | m    | 米       |
|      | 质量    | 千克 (公斤) | kg   | 千克 (公斤) |
|      | 时间    | 秒       | s    | 秒       |
|      | 电流    | 安[培]    | A    | 安       |
|      | 热力学温度 | 开[尔文]   | K    | 开       |
|      | 物质的量  | 摩[尔]    | mol  | 摩       |
|      | 发光强度  | 坎[德拉]   | cd   | 坎       |
| 辅助单位 | 平面角   | 弧度      | rad  | 弧度      |
|      | 立体角   | 球面度     | sr   | 球面度     |

表 1-5 国际单位制中具有专门名称的导出单位

| 量的单位     | 单位名称  | 单位符号 | 其他表示示例           |
|----------|-------|------|------------------|
| 频率       | 赫[兹]  | Hz   | $s^{-1}$         |
| 力、重力     | 牛[顿]  | N    | $kg \cdot m/s^2$ |
| 压力、压强、应力 | 帕[斯卡] | Pa   | $N/m^2$          |

续表

| 量的单位        | 单位名称   | 单位符号     | 其他表示式例            |
|-------------|--------|----------|-------------------|
| 能量、功、热量     | 焦[耳]   | J        | N·m               |
| 功率、辐射通量     | 瓦[特]   | W        | J/s               |
| 电荷量         | 库[仑]   | C        | A·s               |
| 电位、电压、电动势   | 伏[特]   | V        | W/A               |
| 电容          | 法[拉]   | F        | C/V               |
| 电阻          | 欧[姆]   | $\Omega$ | V/A               |
| 电导          | 西[门子]  | S        | A/V               |
| 磁通量         | 韦[伯]   | Wb       | V·s               |
| 磁通量密度、磁感应强度 | 特[斯拉]  | T        | Wb/m <sup>2</sup> |
| 电感          | 亨[利]   | H        | Wb/A              |
| 摄氏温度        | 摄氏度    | °C       |                   |
| 光通量         | 流[明]   | lm       | cd·sr             |
| 光照度         | 勒[克斯]  | lx       | lm/m <sup>2</sup> |
| 放射性活度       | 贝可[勒尔] | Bq       | s <sup>-1</sup>   |
| 吸收剂量        | 戈[瑞]   | Gy       | J/kg              |
| 剂量当量        | 希[沃特]  | Sv       | J/kg              |

表 1-6 用于构成十进倍数和分数单位的词头

| 所表示的因数           | 词头名称  | 词头符号 | 所表示的因数            | 词头名称  | 词头符号  |
|------------------|-------|------|-------------------|-------|-------|
| 10 <sup>18</sup> | 艾[可萨] | E    | 10 <sup>-1</sup>  | 分     | d     |
| 10 <sup>15</sup> | 拍[它]  | P    | 10 <sup>-2</sup>  | 厘     | c     |
| 10 <sup>12</sup> | 太[拉]  | T    | 10 <sup>-3</sup>  | 毫     | m     |
| 10 <sup>9</sup>  | 吉[咖]  | G    | 10 <sup>-6</sup>  | 微     | $\mu$ |
| 10 <sup>6</sup>  | 兆     | M    | 10 <sup>-9</sup>  | 纳[诺]  | n     |
| 10 <sup>3</sup>  | 千     | k    | 10 <sup>-12</sup> | 皮[可]  | p     |
| 10 <sup>2</sup>  | 百     | h    | 10 <sup>-15</sup> | 飞[母托] | f     |
| 10 <sup>1</sup>  | 十     | da   | 10 <sup>-18</sup> | 阿[托]  | a     |

## 2. 我国可与国际单位制并用的法定计量单位

我国可与国际单位制并用的法定计量单位，见表 1-7。

表 1-7 我国可与国际单位制并用的法定计量单位

| 量的名称 | 单位名称   | 单位符号             | 换算关系和说明（与 SI 单位的关系）                                  |
|------|--------|------------------|------------------------------------------------------|
| 时间   | 分      | min              | 1min=60s                                             |
|      | [小]时   | h                | 1h=60min=3600s                                       |
|      | 天[日]   | d                | 1d=24h=86400s                                        |
| 平面角  | [角]秒   | ( <sup>〃</sup> ) | 1 <sup>〃</sup> =( $\pi$ /648000)rad ( $\pi$ 为圆周率)    |
|      | [角]分   | ( <sup>′</sup> ) | 1 <sup>′</sup> =60 <sup>〃</sup> =( $\pi$ /10800)rad  |
|      | 度      | ( <sup>°</sup> ) | 1 <sup>°</sup> =60 <sup>′</sup> =( $\pi$ /180)rad    |
| 旋转速度 | 转每分    | r/min            | 1r/min=(1/60)r/s                                     |
| 长度   | 海里     | n mile           | 1n mile=1852m (只用于航程)                                |
| 速度   | 节      | kn               | 1kn=1n mile/h=(1852/3600)m/s (只用于航行)                 |
| 质量   | 吨      | t                | 1t=10 <sup>3</sup> kg                                |
|      | 原子质量单位 | u                | 1u $\approx$ 1.6605655 $\times$ 10 <sup>-27</sup> kg |
| 体积   | 升      | L (l)            | 1L=1dm <sup>3</sup> =10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> |

续表

| 量的名称 | 单位名称  | 单位符号 | 换算关系和说明（与 SI 单位的关系）                                  |
|------|-------|------|------------------------------------------------------|
| 能    | 电子伏   | eV   | $1\text{eV}\approx 1.6021892\times 10^{-19}\text{J}$ |
| 级差   | 分贝    | dB   |                                                      |
| 线密度  | 特[克斯] | tex  | $1\text{tex}=1\text{g/km}$                           |

- 注：1. 周、月、年（年的符号为 a）为一般常用时间单位。
2. [ ]内的字，是在不致混淆的情况下可以省略的字。
3. （ ）内的字为前者的同义词。
4. 角度单位度、[角]分、[角]秒的符号不处于数字后时，用括弧。
5. 升的符号中，小写字母 l 为备用符号。
6. r 为“转”的符号。
7. 人民生活 and 贸易中，质量习惯称为重量。
8. 公里为千米的俗称，符号为 km。
9.  $10^4$  为万， $10^8$  为亿， $10^{12}$  为万亿，这类数词的使用不受词头名称的影响，但不应与词头混淆。

3. 常用长度计量单位及其换算

(1) 法定长度单位

法定长度单位，见表 1-8。

表 1-8 法定长度单位（基本单位为米）

| 单位名称  | 符号            | 对基本单位的比  |
|-------|---------------|----------|
| 米     | m             | 1        |
| 十米    | dam           | 10       |
| 百米    | hm            | 100      |
| 千米、公里 | km            | 1000     |
| 分米    | dm            | 0.1      |
| 厘米    | cm            | 0.01     |
| 毫米    | mm            | 0.001    |
| 微米    | $\mu\text{m}$ | 0.000001 |

(2) 常用长度单位换算

常用长度单位换算，见表 1-9。

表 1-9 常用长度单位换算

| 米      | 厘米    | 毫米    | 英尺       | 英寸       |
|--------|-------|-------|----------|----------|
| 1      | 100   | 1000  | 3.28084  | 39.3701  |
| 0.01   | 1     | 10    | 0.032808 | 0.393701 |
| 0.001  | 0.1   | 1     | 0.003281 | 0.03937  |
| 0.3048 | 30.48 | 304.8 | 1        | 12       |
| 0.0254 | 2.54  | 25.4  | 0.083333 | 1        |

4. 常用面积计量单位及其换算

(1) 法定面积单位

法定面积单位，见表 1-10。

表 1-10 法定面积单位

| 单位名称 | 符号              | 对基本单位的比  |
|------|-----------------|----------|
| 平方米  | m <sup>2</sup>  | 1        |
| 平方厘米 | cm <sup>2</sup> | 0.0001   |
| 平方毫米 | mm <sup>2</sup> | 0.000001 |
| 平方公里 | km <sup>2</sup> | 1000000  |
| 公顷   | ha              | 10000    |

注：表格中的基本单位为平方米。

(2) 常用面积单位换算

常用面积单位换算，见表 1-11。

表 1-11 常用面积单位换算

| 平方米      | 平方厘米   | 平方毫米    | 平方英尺     | 平方英寸    |
|----------|--------|---------|----------|---------|
| 1        | 10000  | 1000000 | 10.7639  | 1550    |
| 0.0001   | 1      | 100     | 0.001076 | 0.155   |
| 0.000001 | 0.01   | 1       | 0.000011 | 0.00155 |
| 0.092903 | 929.03 | 92903   | 1        | 144     |
| 0.000645 | 6.4516 | 645.16  | 0.006944 | 1       |

5. 度与弧度对照、弧度与度对照及分、秒与小度数对照

(1) 度、分、秒与弧度对照

度、分、秒与弧度对照，见表 1-12。

表 1-12 度、分、秒与弧度对照

| 秒 (") | 弧度 (rad) | 秒 (") | 弧度 (rad) | 分 (') | 弧度 (rad) | 分 (') | 弧度 (rad) |
|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|
| 1     | 0.000005 | 8     | 0.000039 | 1     | 0.000291 | 8     | 0.002327 |
| 2     | 0.000010 | 9     | 0.000044 | 2     | 0.000582 | 9     | 0.002618 |
| 3     | 0.000015 | 10    | 0.000048 | 3     | 0.000873 | 10    | 0.002909 |
| 4     | 0.000019 | 20    | 0.000097 | 4     | 0.001164 | 20    | 0.005818 |
| 5     | 0.000024 | 30    | 0.000145 | 5     | 0.001454 | 30    | 0.008727 |
| 6     | 0.000029 | 40    | 0.000194 | 6     | 0.001745 | 40    | 0.011636 |
| 7     | 0.000034 | 50    | 0.000242 | 7     | 0.002036 | 50    | 0.014544 |
| 度 (°) | 弧度 (rad) | 度 (°) | 弧度 (rad) | 度 (°) | 弧度 (rad) | 度 (°) | 弧度 (rad) |
| 1     | 0.017453 | 16    | 0.279253 | 31    | 0.541052 | 70    | 1.221730 |
| 2     | 0.034907 | 17    | 0.296706 | 32    | 0.558505 | 75    | 1.308997 |
| 3     | 0.052360 | 18    | 0.314159 | 33    | 0.575959 | 80    | 1.396263 |
| 4     | 0.069813 | 19    | 0.331613 | 34    | 0.593412 | 85    | 1.483530 |
| 5     | 0.087266 | 20    | 0.349066 | 35    | 0.610865 | 90    | 1.570796 |
| 6     | 0.104720 | 21    | 0.366519 | 36    | 0.628319 | 100   | 1.745329 |
| 7     | 0.122173 | 22    | 0.383972 | 37    | 0.645772 | 120   | 2.094395 |
| 8     | 0.139626 | 23    | 0.401426 | 38    | 0.663225 | 150   | 2.617994 |
| 9     | 0.157080 | 24    | 0.418879 | 39    | 0.680678 | 180   | 3.141593 |
| 10    | 0.174533 | 25    | 0.436332 | 40    | 0.698132 | 200   | 3.490659 |
| 11    | 0.191986 | 26    | 0.453786 | 45    | 0.785398 | 250   | 4.363323 |
| 12    | 0.209440 | 27    | 0.471239 | 50    | 0.872665 | 270   | 4.712389 |
| 13    | 0.226893 | 28    | 0.488692 | 55    | 0.959931 | 300   | 5.235988 |
| 14    | 0.244346 | 29    | 0.506145 | 60    | 1.047198 | 360   | 6.283185 |
| 15    | 0.261799 | 30    | 0.523599 | 65    | 1.134464 |       |          |

(2) 弧度与度对照  
弧度与度对照，见表 1-13。

表 1-13 弧度与度对照

| 弧度 (rad) | 度 (°)  | 弧度 (rad) | 度 (°)  | 弧度 (rad) | 度 (°)   | 弧度 (rad) | 度 (°)    |
|----------|--------|----------|--------|----------|---------|----------|----------|
| 0.001    | 0.0573 | 0.01     | 0.5730 | 0.1      | 5.7296  | 1        | 57.2958  |
| 0.002    | 0.1146 | 0.02     | 1.1459 | 0.2      | 11.4592 | 2        | 114.5916 |
| 0.003    | 0.1719 | 0.03     | 1.7189 | 0.3      | 17.1887 | 3        | 171.8873 |
| 0.004    | 0.2292 | 0.04     | 2.2918 | 0.4      | 22.9183 | 4        | 229.1831 |
| 0.005    | 0.2865 | 0.05     | 2.8648 | 0.5      | 28.6479 | 5        | 286.4789 |
| 0.006    | 0.3438 | 0.06     | 3.4378 | 0.6      | 34.3775 | 6        | 343.7747 |
| 0.007    | 0.4011 | 0.07     | 4.0107 | 0.7      | 40.1071 | 7        | 401.0705 |
| 0.008    | 0.4584 | 0.08     | 4.5837 | 0.8      | 45.8366 | 8        | 458.3662 |
| 0.009    | 0.5157 | 0.09     | 5.1566 | 0.9      | 51.5662 | 9        | 515.6620 |
| 0.01     | 0.5730 | 0.1      | 5.7296 | 1.0      | 57.2958 | 10       | 572.9578 |

(3) 分、秒与小数度对照  
分、秒与小数度对照，见表 1-14。

表 1-14 分、秒与小数度对照

| 分 (′) | 度 (°)  | 分 (′) | 度 (°)  | 秒 (″) | 度 (°)  | 秒 (″) | 度 (°)  |
|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 1     | 0.0167 | 31    | 0.5167 | 1     | 0.0003 | 31    | 0.0086 |
| 2     | 0.0333 | 32    | 0.5333 | 2     | 0.0006 | 32    | 0.0089 |
| 3     | 0.0500 | 33    | 0.5500 | 3     | 0.0008 | 33    | 0.0092 |
| 4     | 0.0667 | 34    | 0.5667 | 4     | 0.0011 | 34    | 0.0094 |
| 5     | 0.0833 | 35    | 0.5833 | 5     | 0.0014 | 35    | 0.0097 |
| 6     | 0.1000 | 36    | 0.6000 | 6     | 0.0017 | 36    | 0.0100 |
| 7     | 0.1167 | 37    | 0.6167 | 7     | 0.0019 | 37    | 0.0103 |
| 8     | 0.1333 | 38    | 0.6333 | 8     | 0.0022 | 38    | 0.0106 |
| 9     | 0.1500 | 39    | 0.6500 | 9     | 0.0025 | 39    | 0.0108 |
| 10    | 0.1667 | 40    | 0.6667 | 10    | 0.0028 | 40    | 0.0111 |
| 11    | 0.1833 | 41    | 0.6833 | 11    | 0.0031 | 41    | 0.0114 |
| 12    | 0.2000 | 42    | 0.7000 | 12    | 0.0033 | 42    | 0.0117 |
| 13    | 0.2167 | 43    | 0.7167 | 13    | 0.0036 | 43    | 0.0119 |
| 14    | 0.2333 | 44    | 0.7333 | 14    | 0.0039 | 44    | 0.0122 |
| 15    | 0.2500 | 45    | 0.7500 | 15    | 0.0042 | 45    | 0.0125 |
| 16    | 0.2667 | 46    | 0.7667 | 16    | 0.0044 | 46    | 0.0128 |
| 17    | 0.2833 | 47    | 0.7833 | 17    | 0.0047 | 47    | 0.0131 |
| 18    | 0.3000 | 48    | 0.8000 | 18    | 0.0050 | 48    | 0.0133 |
| 19    | 0.3167 | 49    | 0.8167 | 19    | 0.0053 | 49    | 0.0136 |
| 20    | 0.3333 | 50    | 0.8333 | 20    | 0.0056 | 50    | 0.0139 |
| 21    | 0.3500 | 51    | 0.8500 | 21    | 0.0058 | 51    | 0.0142 |
| 22    | 0.3667 | 52    | 0.8667 | 22    | 0.0061 | 52    | 0.0144 |
| 23    | 0.3833 | 53    | 0.8833 | 23    | 0.0064 | 53    | 0.0147 |
| 24    | 0.4000 | 54    | 0.9000 | 24    | 0.0067 | 54    | 0.0150 |
| 25    | 0.4167 | 55    | 0.9167 | 25    | 0.0069 | 55    | 0.0153 |
| 26    | 0.4333 | 56    | 0.9333 | 26    | 0.0072 | 56    | 0.0156 |
| 27    | 0.4500 | 57    | 0.9500 | 27    | 0.0075 | 57    | 0.0158 |
| 28    | 0.4667 | 58    | 0.9667 | 28    | 0.0078 | 58    | 0.0161 |
| 29    | 0.4833 | 59    | 0.9833 | 29    | 0.0081 | 59    | 0.0164 |
| 30    | 0.5000 | 60    | 1.0000 | 30    | 0.0083 | 60    | 0.0167 |

## 6. 型钢及金属板料的重量

## (1) 方钢、六角钢及圆钢的重量

方钢、六角钢及圆钢的重量, 见表 1-15。

表 1-15

方钢、六角钢及圆钢的重量

| 直径<br>(mm) | 重量 (kg/m) |        |        | 直径<br>(mm) | 重量 (kg/m) |         |         |
|------------|-----------|--------|--------|------------|-----------|---------|---------|
|            | 方钢        | 六角钢    | 圆钢     |            | 方钢        | 六角钢     | 圆钢      |
| 5          | 0.196     | 0.170  | 0.154  | 62         | 30.175    | 26.133  | 23.700  |
| 6          | 0.283     | 0.245  | 0.222  | 64         | 32.154    | 27.846  | 25.253  |
| 7          | 0.385     | 0.333  | 0.302  | 65         | 33.160    | 28.720  | 26.050  |
| 8          | 0.502     | 0.435  | 0.395  | 66         | 34.195    | 29.614  | 26.856  |
| 9          | 0.636     | 0.551  | 0.499  | 68         | 36.298    | 31.436  | 28.509  |
| 10         | 0.785     | 0.680  | 0.617  | 70         | 38.465    | 33.312  | 30.210  |
| 11         | 0.950     | 0.823  | 0.746  | 72         | 40.694    | 35.243  | 31.961  |
| 12         | 1.130     | 0.979  | 0.888  | 74         | 42.987    | 37.228  | 33.762  |
| 13         | 1.327     | 1.149  | 1.042  | 75         | 44.130    | 38.240  | 34.680  |
| 14         | 1.539     | 1.332  | 1.208  | 76         | 45.342    | 39.267  | 35.611  |
| 15         | 1.766     | 1.530  | 1.387  | 78         | 47.759    | 41.361  | 37.510  |
| 16         | 2.010     | 1.740  | 1.578  | 80         | 50.240    | 43.509  | 39.458  |
| 17         | 2.269     | 1.965  | 1.782  | 85         | 56.716    | 49.118  | 44.545  |
| 18         | 2.543     | 2.203  | 1.998  | 90         | 63.585    | 55.067  | 49.940  |
| 19         | 2.834     | 2.454  | 2.226  | 95         | 70.846    | 61.355  | 55.643  |
| 20         | 3.140     | 2.719  | 2.466  | 100        | 78.500    | 67.983  | 61.654  |
| 21         | 3.462     | 2.998  | 2.719  | 105        | 86.546    | 74.951  | 67.973  |
| 22         | 3.799     | 3.290  | 2.984  | 110        | 94.985    | 82.260  | 74.601  |
| 23         | 4.153     | 3.596  | 3.261  | 115        | 103.816   | 89.908  | 81.537  |
| 24         | 4.522     | 3.916  | 3.551  | 120        | 113.040   | 97.896  | 88.781  |
| 25         | 4.906     | 4.249  | 3.853  | 125        | 122.656   | 106.224 | 96.334  |
| 26         | 5.307     | 4.596  | 4.168  | 130        | 132.665   | 114.891 | 104.195 |
| 27         | 5.723     | 4.956  | 4.495  | 135        | 143.066   | 123.899 | 112.364 |
| 28         | 6.154     | 5.330  | 4.834  | 140        | 153.860   | 133.247 | 120.841 |
| 29         | 6.602     | 5.717  | 5.185  | 145        | 165.046   | 142.934 | 129.627 |
| 30         | 7.065     | 6.118  | 5.549  | 150        | 176.625   | 152.962 | 138.721 |
| 32         | 8.038     | 6.961  | 6.313  | 155        | 188.596   | 163.329 | 148.123 |
| 34         | 9.075     | 7.859  | 7.127  | 160        | 200.960   | 174.036 | 157.834 |
| 35         | 9.616     | 8.328  | 7.550  | 165        | 213.716   | 185.084 | 167.852 |
| 36         | 10.174    | 8.811  | 7.990  | 170        | 226.865   | 196.471 | 178.179 |
| 38         | 11.335    | 9.817  | 8.903  | 175        | 240.406   | 208.198 | 188.815 |
| 40         | 12.560    | 10.877 | 9.865  | 180        | 254.340   | 220.265 | 199.758 |
| 42         | 13.847    | 11.992 | 10.876 | 185        | 268.666   | 232.638 | 211.010 |
| 44         | 15.198    | 13.162 | 11.936 | 190        | 283.385   | 245.419 | 222.570 |
| 45         | 15.896    | 13.766 | 12.485 | 195        | 298.496   | 258.506 | 234.438 |
| 46         | 16.611    | 14.385 | 13.046 | 200        | 314.000   | 271.932 | 246.615 |
| 48         | 18.086    | 15.663 | 14.205 | 205        | 329.896   | 285.927 | 259.100 |
| 50         | 19.625    | 16.995 | 15.413 | 210        | 346.185   | 299.805 | 271.893 |
| 52         | 21.226    | 18.383 | 16.671 | 215        | 362.866   | 314.251 | 284.994 |
| 54         | 22.891    | 19.824 | 17.978 | 220        | 379.940   | 329.037 | 298.404 |
| 55         | 23.746    | 20.560 | 18.650 | 225        | 397.406   | 344.164 | 312.122 |
| 56         | 24.618    | 21.320 | 19.335 | 230        | 415.265   | 359.631 | 326.148 |
| 58         | 26.407    | 22.870 | 20.740 | 235        | 433.516   | 375.437 | 340.483 |
| 60         | 28.260    | 24.474 | 22.195 | 240        | 452.160   | 391.583 | 355.126 |

续表

| 直径<br>(mm) | 重量 (kg/m) |         |         | 直径<br>(mm) | 重量 (kg/m) |         |         |
|------------|-----------|---------|---------|------------|-----------|---------|---------|
|            | 方钢        | 六角钢     | 圆钢      |            | 方钢        | 六角钢     | 圆钢      |
| 245        | 471.196   | 408.068 | 370.077 | 300        | 706.500   | 611.848 | 554.884 |
| 250        | 490.625   | 424.894 | 385.336 | 305        | 730.246   | 632.413 | 573.534 |
| 255        | 510.446   | 442.060 | 400.904 | 310        | 754.385   | 653.318 | 592.493 |
| 260        | 530.660   | 459.565 | 416.779 | 315        | 778.916   | 674.563 | 611.759 |
| 265        | 551.266   | 477.411 | 432.963 | 320        | 803.840   | 696.148 | 631.334 |
| 270        | 572.265   | 495.597 | 449.456 | 325        | 829.156   | 718.071 | 651.218 |
| 275        | 593.656   | 514.022 | 466.257 | 330        | 854.865   | 740.336 | 671.409 |
| 280        | 615.440   | 532.988 | 483.365 | 335        | 880.966   | 762.940 | 691.909 |
| 285        | 637.616   | 552.193 | 500.783 | 340        | 907.460   | 785.885 | 712.717 |
| 290        | 660.185   | 571.738 | 518.508 | 345        | 934.346   | 809.169 | 733.834 |
| 295        | 683.146   | 591.623 | 536.542 | 350        | 961.625   | 832.793 | 755.258 |

注：1. 1m<sup>3</sup>钢铁的质量为 7850kg。  
2. 方钢及六角钢的直径是指内切圆直径。

(2) 金属板料的重量

金属板料的重量，见表 1-16。

表 1-16 金属板料的重量 (kg/m<sup>2</sup>)

| 厚度 (mm) | 铸铁     | 轧钢     | 铜     | 黄铜    | 青铜    | 锌     | 铅      |
|---------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1       | 7.25   | 7.86   | 8.9   | 8.5   | 8.6   | 7.2   | 11.37  |
| 2       | 14.50  | 15.72  | 17.8  | 17.0  | 17.2  | 14.4  | 22.74  |
| 3       | 21.75  | 23.58  | 26.7  | 25.5  | 25.8  | 21.6  | 34.11  |
| 4       | 29.00  | 31.44  | 35.6  | 34.0  | 34.4  | 28.8  | 45.48  |
| 5       | 36.25  | 39.30  | 44.5  | 42.5  | 43.0  | 36.0  | 56.85  |
| 6       | 43.50  | 47.16  | 53.4  | 51.0  | 51.6  | 43.2  | 68.22  |
| 7       | 50.75  | 55.02  | 62.3  | 59.5  | 60.2  | 50.4  | 79.59  |
| 8       | 58.00  | 62.88  | 71.2  | 68.0  | 68.8  | 57.6  | 90.96  |
| 9       | 65.25  | 70.74  | 80.1  | 76.5  | 77.4  | 64.8  | 102.33 |
| 10      | 72.50  | 78.60  | 89.0  | 85.0  | 86.0  | 72.0  | 113.70 |
| 11      | 79.75  | 86.46  | 97.9  | 93.5  | 94.6  | 79.2  | 125.07 |
| 12      | 87.00  | 94.32  | 106.8 | 102.0 | 103.2 | 86.4  | 136.44 |
| 13      | 94.25  | 102.18 | 115.7 | 110.5 | 111.8 | 93.6  | 147.81 |
| 14      | 101.50 | 110.04 | 124.6 | 118.5 | 120.4 | 100.8 | 159.18 |
| 15      | 108.75 | 117.90 | 133.5 | 127.5 | 129.0 | 108.0 | 170.55 |
| 16      | 116.00 | 125.76 | 142.4 | 136   | 137.6 | 115.2 | 181.92 |
| 17      | 123.25 | 133.62 | 151.3 | 144.5 | 146.2 | 122.4 | 193.29 |
| 18      | 130.50 | 141.48 | 160.2 | 153   | 154.8 | 129.6 | 204.66 |
| 19      | 137.75 | 149.34 | 169.1 | 161.5 | 163.4 | 136.8 | 216.03 |
| 20      | 145.00 | 157.20 | 178.0 | 170.0 | 172.0 | 144.0 | 227.40 |
| 21      | 152.25 | 165.06 | 186.9 | 178.5 | 180.6 | 151.2 | 238.77 |
| 22      | 159.50 | 172.92 | 195.8 | 187.0 | 189.2 | 158.4 | 250.14 |
| 23      | 166.75 | 180.78 | 204.7 | 195.5 | 197.8 | 165.6 | 261.51 |
| 24      | 174.00 | 188.64 | 213.6 | 204.0 | 206.4 | 172.8 | 272.88 |
| 25      | 181.25 | 196.50 | 222.5 | 212.5 | 215.0 | 180.0 | 284.25 |
| 26      | 188.50 | 204.36 | 231.4 | 221.0 | 223.6 | 187.2 | 295.62 |
| 27      | 195.75 | 212.22 | 240.3 | 229.5 | 232.2 | 194.4 | 306.99 |
| 28      | 203.00 | 220.08 | 249.2 | 238.0 | 240.8 | 201.6 | 318.36 |