

B A N J I N G O N G  
CAOZUO JISHU

# 钣金工 操作技术

李占文 主编



化学工业出版社

B A N J I  
CAOZU

# 钣金工 操作技术

李占文 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

**图书在版编目 (CIP) 数据**

钣金工操作技术/李占文主编. —北京: 化学工业出版社, 2007.7

ISBN 978-7-122-00805-3

I. 钣… II. 李… III. 钣金工-基本知识 IV. TG38

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 101229 号

---

责任编辑: 刘 哲 李军亮

装帧设计: 韩 飞

责任校对: 李 林

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京云浩印刷有限责任公司

装 订: 三河市前程装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张 17½ 字数 303 千字 2007 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 35.00 元

版权所有 违者必究

# 前言



在新材料、新技术、新工艺、新设备及信息技术飞速发展的今天，设备制造、机械加工及各种机械设备检修生产手段不断更新。由于各行各业生产能力迅速地提高，各种大型设备、成套设备、特殊设备需求量越来越大。为了广泛采用先进的加工制作技术，提高制造装配工作的效率，保证机器设备的检修质量，实现各类机器设备和生产装置安全、稳定、长周期运行，从而提高企业的经济效益，要求广大操作人员必须掌握精湛的技术，并具有高度的敬业精神。

钣金工是设备制造、机械加工及各种机械设备检修生产中重要和不可缺少的专业工种，在焊工、管工和起重工的协助配合下，可以完成各种零、部件及机器、设备的加工制造。为了提高广大钣金工操作人员的综合素质，增强他们实际操作能力，特编写此书。

本书由长期从事钣金工艺与操作的工程技术人员和生产一线的高级技师编写，系统地介绍了钣金基础知识及操作技能，内容包括常用材料与处理、放样与下料、下料工序、成形、组装、连接、强度与渗漏检验等各种操作工艺、技术要求、检测标准和方法。本书还列举了许多生产中经常遇到的零部件的下料、组装、连接下料展开方法及操作程序，具有较强的实用性和通用性。

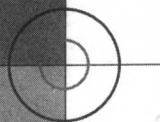
本书是从事钣金操作的技术人员必备书，也可供企业管理人员学习使用，还可作为职业院校、技校等相关专业师生的参考书。

本书由李占文主编，参加编写的还有罗永和、王敏、邢玉晶、张永兰。全书由李占文、刘勃安统稿，由刘朝圣、刘勃安、王维中审核。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免存在疏漏之处，敬请读者批评指正。

编者

# 目录



## 第 1 章 基础知识 1

1.1 常用计量单位与换算 .....	1
1.1.1 常用长度计量单位 .....	1
1.1.2 常用强度单位 .....	2
1.1.3 常用质量单位 .....	2
1.1.4 常用力的单位 .....	2
1.2 常用符号 .....	3
1.3 金属加工精度符号 .....	3
1.3.1 表面粗糙度 .....	3
1.3.2 形位公差符号 .....	5

## 第 2 章 常用材料 with 处理 6

2.1 常用材料的力学性能 .....	6
2.1.1 强度 .....	6
2.1.2 常用材料的物理性能 .....	8
2.1.3 焊接试板的检验 .....	12
2.2 材料的表面处理与防护 .....	12
2.2.1 材料的表面处理 .....	12
2.2.2 工艺防护措施 .....	14
2.2.3 结构的处理 .....	16
2.3 常用材料的标注方法 .....	16
2.3.1 焊接结构用钢的标注方法分类 .....	16
2.3.2 普通碳素结构钢产品牌号标注方法 .....	17
2.3.3 普通低合金高强度结构钢产品牌号标注方法 .....	17

2.3.4	专门用途钢的标注方法	17
2.3.5	优质碳素结构钢的标注方法	18
2.3.6	钢产品等级分类方法	18
2.3.7	常用钢材新旧牌号对照	19
2.3.8	焊接结构碳素铸钢件	20
2.3.9	不锈钢和耐酸钢的标注方法	20
2.3.10	型钢的标注方法	22
2.3.11	常用钢材的质量计算	25
2.4	常用金属材料的冷作工艺性	25

### 第3章 放样与下料

29

3.1	常用几何图形画法	29
3.2	常用类型展开示例	41
3.2.1	多面体的展开	41
3.2.2	圆柱体的展开	42
3.2.3	圆锥的展开	44
3.2.4	三角形法展开	47
3.2.5	天圆地方类的展开	47
3.2.6	封头接管的展开	47
3.2.7	分瓣压制椭圆封头坯料的展开下料	49
3.2.8	球罐的分瓣展开	49
3.2.9	锥度与斜度	51
3.3	放样与下料	51
3.3.1	工具与场地	51
3.3.2	放样与下料	60
3.3.3	影响下料的因素	62
3.3.4	下料清单与排版图的抄写	74
3.3.5	放样的允许偏差	77
3.3.6	样板	78
3.4	框架结构的放样下料	79
3.5	型钢的下料	84
3.6	容器的下料与画线	90
3.6.1	封头的下料	91
3.6.2	筒节的下料	95

3.6.3	多层板容器的制造	99
3.6.4	焊缝的排布	102
3.6.5	容器下料排版图	103
3.6.6	球罐的展开	103
3.6.7	法兰的下料	103
3.6.8	接管的下料	103
3.6.9	补强圈的下料	104
3.6.10	支座的下料	105
3.6.11	容器的开孔画线	105
3.7	材料利用率	106
3.7.1	原材料定尺的合理性选择	106
3.7.2	下料顺序的原则	106
3.7.3	合理排料	107
3.7.4	拼接焊缝	108
3.7.5	尺寸的变更	112
3.7.6	套裁下料注意的原则	112

## 第4章 下料工艺

114

4.1	剪切与冲裁	114
4.1.1	剪切与冲裁的特点	114
4.1.2	冲裁	120
4.2	切割	123
4.2.1	锯切	123
4.2.2	等离子切割	124
4.2.3	其他切割方法	125
4.2.4	气割	126

## 第5章 成形

128

5.1	成形加工条件	128
5.1.1	力学性能的要求	128
5.1.2	温度的要求	128
5.2	板的成形	130
5.2.1	弯曲成形	130
5.2.2	冲压成形	149

5.2.3	旋压成形	162
5.2.4	封头坯料拼接焊缝的处理	162
5.2.5	膨胀节的冲压成形	162
5.3	型钢成形	164
5.4	矫形	167
5.4.1	变形的种类	168
5.4.2	机械矫正	168
5.4.3	手工矫形	172
5.4.4	火焰矫形	174
5.4.5	蠕变矫形	180

## 第6章 组装

181

6.1	组装的基础	181
6.2	测量	182
6.2.1	测量基础面的选择	182
6.2.2	测量工、量具	182
6.2.3	测量方法	182
6.2.4	焊接结构件未注尺寸公差与形位公差	195
6.3	常用工具及使用方法	196
6.4	定位焊	200
6.5	常用组装方法	203
6.5.1	基本组装	203
6.5.2	常用组装方法	207
6.6	常见典型焊接结构组装示例	211
6.6.1	单层结构容器的组装	211
6.6.2	多层结构容器的制造	216
6.6.3	储罐类结构的组装	220
6.7	影响组装的因素	224

## 第7章 连接

226

7.1	螺纹、法兰连接与密封	226
7.2	铆钉连接	233
7.3	焊接	236
7.3.1	电源	236



7.3.2	焊接材料	236
7.3.3	焊缝	240
7.3.4	焊接变形	247
7.4	胀接	247
7.4.1	胀接原理	247
7.4.2	胀接结构的形式	249
7.4.3	胀接类型	249
7.4.4	胀接方法	250
7.4.5	胀接工具	250
7.4.6	胀接质量的控制	254
7.4.7	胀管缺陷	256
7.5	薄板咬缝连接	258

## 第8章 强度与渗漏检验

261

8.1	水压试验	261
8.2	气压与气密性试验	264
8.3	其他试验方法	265
8.4	压力试验的准备与安全	266

## 参考文献

268

# 第1章

## 基础知识

### 1.1 常用计量单位与换算

钣金属于机械加工行业，它的计量单位完全依据机械行业常用计量单位执行。

#### 1.1.1 常用长度计量单位

##### (1) 法定长度计量单位

钣金中的法定长度计量单位是在国家法定长度计量单位以“米”为基本计量单位的基础上，根据机械行业的具体特点，习惯以 1/1000 米，即“毫米”为常用基本计量单位，同时使用“米”和“微米”两个单位。其中微米一般仅出现在加工工件的表面粗糙度和相对公差精度要求很高的尺寸偏差上。常用法定长度计量单位见表 1-1。

表 1-1 常用法定长度计量单位

米(m)	毫米(mm)	微米( $\mu\text{m}$ )
1	1 000	1 000 000
0.001	1	1 000
0.000 001	0.001	1

注：在我国许多地方习惯把百分之几毫米称做几“丝”或几“道”。

##### (2) 英制长度计量单位

英制长度计量单位不是我国的法定计量单位，但是由于历史的原因及我国在广泛的国际经济与技术交流中也经常出现英制长度计量单位，因此，有必要对英制长度计量单位有一定的了解和掌握。英制长度计量单位关系见表 1-2。

表 1-2 英制长度计量单位关系

英尺(ft)	英寸(in)	英尺(ft)	英寸(in)
1	12	0.0104166	0.125
0.08333	1		

注：英尺用符号“'”表示，英寸用“”表示。不足整英寸的长度用分数，如 $1\frac{1}{2}$ "、 $3/4$ "、 $1/2$ "等表示。

### (3) 法定长度计量单位与英制长度计量单位的换算

法定长度单位与英制长度计量单位的换算见表 1-3。

表 1-3 法定长度计量单位与英制长度计量单位的换算

米(m)	毫米(mm)	英寸(in)	英尺(ft)	码(yd)
1	1000	39.3701	3.28084	1.09361
0.001	1	0.03937	0.00328	0.0010936
0.0254	25.4	1	0.0833333	0.0277778
0.3048	328.04	12	1	0.333333
0.9144	1093.6	36	3	1

#### 1.1.2 常用强度单位

强度单位是帕 (Pa)。常用强度单位为兆 (百万) 帕 (MPa)。

$$1\text{MPa}=1\text{N}/\text{mm}^2=9.8\text{kgf}/\text{cm}^2\approx 10\text{kgf}/\text{cm}^2$$

$$1\text{Pa}=1\text{N}/\text{m}^2$$

$$0.1\text{MPa}\approx 1\text{kgf}/\text{cm}^2$$

#### 1.1.3 常用质量单位

常用法定质量单位为千克 (kg)。人们在日常活动中，习惯上把质量称为重量。常用质量计量单位关系见表 1-4。

表 1-4 常用质量计量单位关系

吨(t)	千克(kg)	克(g)	毫克(mg)
1	1000	1000000	1000000000
0.001	1	1000	1000000
0.000001	0.001	1	1000
0.000000001	0.000001	0.001	1

#### 1.1.4 常用力的单位

常用力的单位是牛顿，用符号“N”表示。

$$1\text{N}=1\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2 \quad 1\text{kgf}=9.80665\text{N}$$

力的单位换算见表 1-5。

表 1-5 力的单位换算

牛(N)	千克力(kgf)	达因(dyn)	吨(tf)
1	0.101972	100000	0.0000101972
9.80665	1	980665	0.0001
0.00001	0.0000101972	1	0.0000000101972
9806.65	1000	980665000	1

## 1.2 常用符号

### (1) 常用单位与标注符号

常用单位与标注符号见表 1-6。

表 1-6 常用单位与标注符号

项目	圆周率	最大	最小	时 间				直 径		半 径		材料	公称	公称压
				日	时	分	秒	外直径	内直径	半径	半径			
符号	$\pi$	max	min	d	h	min	s	$\phi; D$	$\phi; d$	R	r	$\delta$	DN	PN

### (2) 常用标准符号

常用标准符号见表 1-7。

表 1-7 常见标准符号

标准符号	标 准	标准符号	标 准
GB	中国国家标准	YS	有色冶金行业标准
GB/T	国家推荐标准	CCS	中国船级社标准
JB	机械行业标准	ABS	美国船级社标准
JB/Z	机械工业指导性文件	ISO	国际标准化组织(建议标准)
HG	化工行业标准	JIS	日本标准
JG	建筑工业行业标准	ASME	美国机械工程师协会标准
SH	石化工业行业标准	BS	英国标准
SY	石油天然气行业标准	DIN	德国标准
YB	黑色冶金行业标准	ГОСТ	前苏联标准

## 1.3 金属加工精度符号

金属加工精度符号包括表面加工精度符号，即表面粗糙度符号和几何形状与相互位置的精度符号，即形位公差符号。这些符号在各种机械加工的图样中应用，一般都需要经过切削加工才能够达到精度要求。

### 1.3.1 表面粗糙度

我国在执行表面粗糙度的标准之前执行表面光洁度标准。

### (1) 表面粗糙度符号

表面粗糙度符号见表 1-8。

表 1-8 表面粗糙度符号

符 号	说 明
	基本符号,单独使用无意义
	基本符号加一小圆圈,表示表面用不去除材料的方法,例如铸锻、冲压变形、冷热轧等,用不同加工方法可获得的表面粗糙度
	基本符号加一短线,表示表面是用去除材料的方法获得的,例如车、钻、剪切、气割等

### (2) 表面粗糙度新旧国家标准对照

表面粗糙度新旧国家标准对照见表 1-9。

表 1-9 表面粗糙度新旧国家标准对照表

GB1031—1968 光洁度等级		▽ 1	▽ 2	▽ 3	▽ 4	▽ 5	▽ 6	▽ 7
新国标 GB/T 1031—1995 表面粗糙度等级 $R_x$	第一方案	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	0.8
	第二方案	100	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6
	第三方案	80	40	20	10	5	2.5	1.25

表面粗糙度是衡量加工表面精度的一种标准,但不能说明加工表面的几何精度,与形位公差也不是同一个概念。表面粗糙度和形位公差共同构成了机械制造中的加工精度标准。

### (3) 表面粗糙度与光洁度符号对照

表面粗糙度与表面光洁度符号对照见表 1-10。

表 1-10 表面粗糙度与表面光洁度符号对照

粗糙度符号与范围	光洁度符号与范围	说 明
		图样上无任何符号时,保留原表面的粗糙状况
		保持原表面状态,不做任何加工
$\frac{25}{\sqrt{\quad}} \sim \frac{100}{\sqrt{\quad}}$	▽ 1~▽ 2	对原表面不做切削加工
$\frac{0.012}{\sqrt{\quad}} \sim \frac{12.5}{\sqrt{\quad}}$	▽ 3~▽ 14	对原表面需做切削加工,下料、组装时需留有足够的切削加工余量




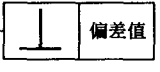
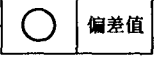
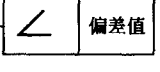
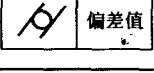
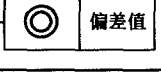
注: 1. 焊接结构的生产中一般采用第二方案。

2. 选用原则。焊接结构构件焊接后,当加工的等级高于  $\frac{25}{\sqrt{\quad}}$  以上时,下料时需留出焊接变形和金属切削加工余量。等于或低于  $\frac{25}{\sqrt{\quad}}$  时,根据具体情况,如果不需要切削加工,可不按金属切削加工进行考虑和处理,因此,可不留出切削加工余量。 不做切削加工处理。

### 1.3.2 形位公差符号

形位公差符号见表 1-11。形位公差的精度要求都比较高，一般都是通过切削加工实现的，在冷作的各个工序中，为保证形位公差的要求，应采取足够的工艺保证措施，如加工余量、变形程度的控制等。

表 1-11 形位公差符号

项 目	符 号	项 目	符 号
直线度		平行度	
平面度		垂直度	
圆度		倾斜度	
圆柱度		同轴度	

# 第2章

## 常用材料 with 处理

### 2.1 常用材料的力学性能

在焊接结构的生产施工中，应用材料的力学性能主要有如下几个指标。

#### 2.1.1 强度

金属材料在缓慢加载的静力作用下，抵抗变形和破坏的能力称为强度。按照作用力性质的不同，又分为抗拉强度、屈服强度、抗压强度、抗剪强度、抗弯强度、抗扭曲强度等。常用的是抗拉强度、屈服强度与抗剪强度。

##### (1) 抗拉强度

将单位面积的金属材料拉断所需要的载荷。计算公式为

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0}$$

式中  $\sigma_b$ ——抗拉强度，MPa；

$P_b$ ——试样拉断前的最大载荷，N；

$F_0$ ——试样拉伸前的截面积， $\text{mm}^2$ 。

##### (2) 屈服强度

材料承受载荷时，当载荷不再增加，而仍然继续发生塑性变形。计算公式如下

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0}$$

式中  $\sigma_s$ ——屈服强度，MPa；

$P_s$ ——使试样开始屈服时的载荷，N；

$F_0$ ——试样拉伸前的截面积， $\text{mm}^2$ 。

### (3) 断面收缩率

做拉伸试验时，试样拉断后，拉断的面积发生了缩减，缩减值与原始截面积的比值叫断面收缩率。计算公式如下

$$\psi = \frac{F_0 - F}{F_0}$$

式中  $\psi$ ——断面收缩率，%；

$F_0$ ——试样拉断后的截面积， $\text{mm}^2$ ；

$F$ ——试样原始截面积， $\text{mm}^2$ 。

### (4) 延伸率

做拉伸试验时，试样拉断后的标距增长长度与拉伸前的标距基准长度的比。计算公式如下

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$$

式中  $\delta$ ——延伸率；

$L_1$ ——试样拉断后的标距增长长度，mm；

$L_0$ ——拉伸前的标距基准长度，mm。

断面收缩率和延伸率的试验结果是评定试验材料塑性性能的重要指标。

上述4项材料的力学性能试验通过一个拉力试验块就可全部获得（见图2-1）。

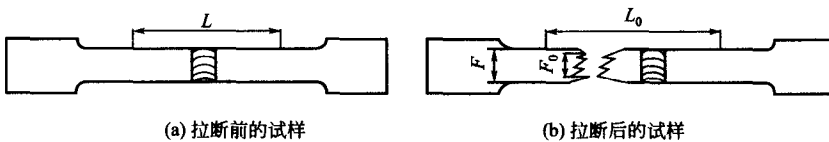


图 2-1 拉力试验

进行上述力学性能试验用试块的种类，根据不同要求，有不同规格。焊接材料力学性能试验用拉力试块是在焊缝上截取的，断面为圆形。焊缝力学性能用拉力试块的断面是矩形。

### (5) 冲击试验

通过冲击试验，获得的冲击韧性叫冲击值，是金属材料抵抗冲击载荷而不被破坏的能力。进行冲击试验的试块见图2-2。冲击值计算公式为

$$\alpha_k = \frac{A_k}{F}$$



式中  $\alpha_k$ ——冲击值,  $J/cm^2$ ;  
 $A_k$ ——冲击吸收功,  $J$ ;  
 $F$ ——试样断口处截面积,  $cm^2$ 。

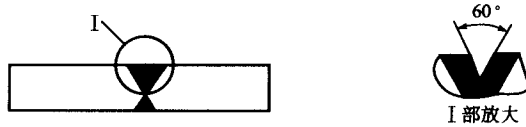


图 2-2 焊缝冲击试验的试块

冲击韧性, 在金属材料各项力学性能指标的衡量中, 是一项极为重要的指标。冲击性能分为常温和低温两类。焊接结构用钢材的质量等级就是用不同温度下的冲击值来划分的 (具体见普通碳素结构钢的名称标注方法中的质量等级分类方法)。不同领域、不同行业、不同产品对冲击性能的要求也是不相同的。

#### (6) 弯曲

在焊接结构的生产中, 弯曲是一项极为重要的力学性能检验项目与指标。弯曲角度和类型的规定是根据焊接母材的材质确定的, 即不同类别的钢材, 弯曲试验的角度 (见图 2-3) 与类型是不同的。

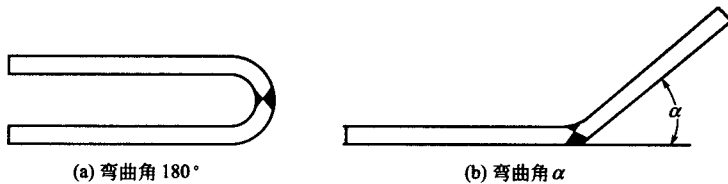


图 2-3 焊缝冷弯曲试验中弯曲角的要求

#### (7) 硬度

金属材料抵抗硬物压入的能力, 是衡量金属材料软硬程度的一个指标。金属材料的硬度与强度呈正相关, 与塑性呈负相关。强度与硬度可以相互换算获得。

### 2.1.2 常用材料的物理性能

#### (1) 常用材料线胀系数

常用材料线胀系数  $\alpha_l$  见表 2-1。

#### (2) 常用材料的密度

常用材料的密度见表 2-2。