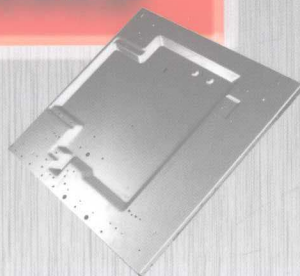


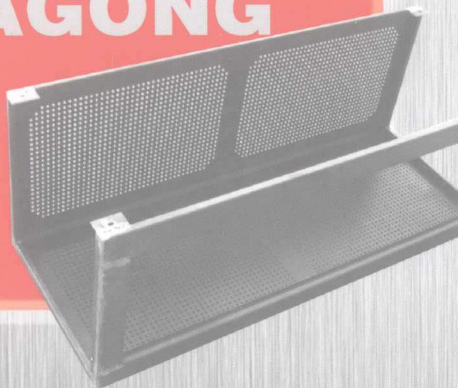
BANJIN JIAGONG SHIYONG SHOUCHE

钣金加工 实用手册

■ 钟翔山 主编



BANJIN JIAGONG
SHIYONG
SHOUCHE



化学工业出版社



BANJIN JIAGONG SHIYONG SHOUCHE

钣金加工 实用手册

■ 钟翔山 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

钣金加工实用手册/钟翔山主编. —北京: 化学工业出版社, 2012. 10

ISBN 978-7-122-15288-6

I. ①钣… II. ①钟… III. ①钣金工-技术手册
IV. ①TG38-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 210921 号

责任编辑: 贾娜

文字编辑: 张绪瑞

责任校对: 陶燕华

装帧设计: 王晓宇

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 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

850mm×1168mm 1/32 印张 23 字数 648 千字

2013 年 1 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: 69.00 元

版权所有 违者必究

前言

FOREWORD

钣金加工是对金属板材、型材和管材进行冷、热态成形，装配，并以焊接、铆接及螺栓连接等连接方式制造金属构件的加工，涉及钳工、冲压、金属切削、焊接、热处理、表面处理、铆接、装配等多种专业工种，是一项传统的加工制造技术。近年来，钣金加工技术在机械、冶金、航空、造船、化工、国防等行业应用非常广泛，据统计，市场上钣金零件占到全部金属制品的90%以上。

伴随着我国经济快速、健康、持续、稳定地发展，研制、应用的机器设备种类越来越多，需求量越来越大，涉及的钣金构件越来越广、越来越复杂和多样，另外，钣金制造过程中也大量融入了先进工艺方法，这对从事钣金加工的技术人员提出了越来越高的要求。为了给广大从事钣金加工相关工作的工程技术人员提供较为全面的技术参考，我们编写了本手册。

本手册针对钣金加工的工作性质，较为详尽地介绍了钣金加工技术。主要内容包括：钣金加工技术基础、钣金展开的原理与方法、常见钣金件的展开计算、钣金的展开放样技术、钣金的预加工及辅助加工、钣金下料加工技术、钣金成形加工技术、钣金连接加工技术、钣金装配加工技术等。本手册内容丰富，重点突出，图文并茂，实用性强，可为从事钣金加工相关工作的工程技术人员提供帮助，也可供大中专院校相关专业师生学习参考。

本手册由钟翔山主编，钟礼耀、钟翔屿、孙东红、钟静玲、陈黎娟为副主编，参加资料整理与编写的有曾冬秀、周莲英、周彬林、刘梅连、欧阳勇、周爱芳、周建华、胡程英、李澎、彭英、周四平、李拥军、李卫平、周六根、王齐、曾俊斌，参与部分文字处理工作的有钟师源、孙雨暄、欧阳露、周宇琼、谭磊、付英、刘玉燕、付美等。全书由钟翔山整理统稿，钟礼耀、钟翔屿、孙东红校

审。本手册编写过程中，得到了同行及有关专家、高级技师等的热情帮助、指导和鼓励，在此一并表示由衷的感谢！

由于编者水平所限，书中不足之处在所难免，敬请广大读者和专家批评指正！

编 者

目 录

CONTENTS

第 1 章 PAGE

钣金加工技术基础 1

- | | |
|--------------------|----|
| 1.1 钣金加工技术的特点及应用 | 1 |
| 1.2 钣金用钢材的品种及规格 | 2 |
| 1.2.1 钣金用钢材的品种、规格 | 3 |
| 1.2.2 钣金用钢材的理论质量计算 | 8 |
| 1.3 常用钣金材料的工艺性能 | 10 |
| 1.4 钣金加工的工作内容和工艺流程 | 16 |

第 2 章 PAGE

钣金展开的原理与方法 23

- | | |
|-------------------|----|
| 2.1 求构件实长线的方法 | 23 |
| 2.2 钣金构件的展开 | 35 |
| 2.2.1 可展表面的三种展开方法 | 37 |
| 2.2.2 不可展表面的近似展开 | 45 |
| 2.3 求作相贯体交线的方法 | 50 |
| 2.4 板厚处理和加工余量 | 59 |
| 2.4.1 板厚的处理方法 | 60 |
| 2.4.2 加工余量的确定 | 66 |

第 3 章 PAGE

常见钣金件的展开计算 70

- | | |
|---------------------|----|
| 3.1 常见圆管构件的展开计算 | 70 |
| 3.1.1 等径直角弯头的展开计算 | 70 |
| 3.1.2 等径任意角度弯头的展开计算 | 72 |

3.1.3	三节等径直角弯头的展开计算	72
3.1.4	三节蛇形管的展开计算	73
3.1.5	异径斜交三通管的展开计算	74
3.1.6	等径直交三通补料管的展开计算	76
3.1.7	等径Y形管的展开计算	77
3.1.8	等径Y形补料管的展开计算	78
3.1.9	等径人字形三通管的展开计算	79
3.1.10	异径直交三通管的展开计算	80
3.1.11	异径斜交三通管的展开计算	80
3.1.12	异径偏心直交三通管的展开计算	83
3.2	常见圆锥管构件的展开计算	84
3.2.1	正圆锥的展开计算	84
3.2.2	正截头圆锥管的展开计算	84
3.2.3	斜切圆锥管的展开计算	86
3.2.4	斜圆锥的展开计算	87
3.2.5	斜圆锥管的展开计算	88
3.2.6	圆管-圆锥管直角弯头的展开计算	89
3.2.7	两节任意角度圆锥管的展开计算	91
3.2.8	裤形管的展开计算	92
3.2.9	方管直交圆管三通的展开计算	94
3.2.10	方管斜交圆管三通的展开计算	94
3.2.11	方锥管直交圆管三通的展开计算	96
3.2.12	圆管平交方锥管的展开计算	97
3.3	常见异形管台的展开计算	99
3.3.1	长方曲面罩的展开计算	99
3.3.2	变径长圆台的展开计算	99
3.3.3	圆顶细长圆台的展开计算	101
3.3.4	长圆直角换向台的展开计算	102
3.3.5	任意角度变径连接管的展开计算	103
3.3.6	圆顶方底台的展开计算	104
3.3.7	圆顶长方底台的展开计算	104
3.3.8	圆方偏心过渡连接管的展开计算	107
3.3.9	圆长方直角过渡连接管的展开计算	108
3.3.10	圆顶方底裤形三通管的展开计算	109

3.4 常见多面体构件的展开计算	111
3.4.1 正四棱锥的展开计算	111
3.4.2 矩形台的展开计算	111
3.4.3 斜四棱锥台的展开计算	113
3.4.4 直角曲面方弯头的展开计算	114
3.4.5 直角换向等口矩形台的展开计算	115
3.4.6 两节任意角度方弯头的展开计算	115
3.4.7 方漏斗的展开计算	117
3.4.8 直角换向曲面方弯头的展开计算	118
3.4.9 方三通管的展开计算	121
3.4.10 等口斜交三通管的展开计算	122
3.5 球面、螺旋面的展开计算	122
3.5.1 球面的分块展开计算	122
3.5.2 球面的分带展开计算	123
3.5.3 球体封头的展开计算	124
3.5.4 圆柱螺旋叶片的展开计算	126

第 4 章

PAGE

钣金的展开放样技术

128

4.1 放样的工具	128
4.2 基本图形的作法	135
4.3 型钢弯曲件的切口形状	149
4.4 放样的操作及注意事项	153

第 5 章

PAGE

钣金的预加工及辅助加工

160

5.1 金属材料的表面清除处理	160
5.2 矫正	167
5.2.1 矫正的要领及方法	167
5.2.2 机械矫正	170
5.2.3 手工矫正	178
5.2.4 火焰矫正	186
5.3 孔的加工	198

5.3.1	钻孔	198
5.3.2	扩孔、铰孔及铰孔	208
5.3.3	螺纹加工	216
5.4	金属材料的热处理与表面处理	228
5.4.1	金属材料的热处理	228
5.4.2	金属材料的表面处理	236

第6章

PAGE

钣金下料加工技术

247

6.1	常用的下料方法及其应用	247
6.2	板材的下料	249
6.2.1	板料剪切	249
6.2.2	板料冲裁	265
6.2.3	板料的数控冲切	290
6.3	型材的下料	294
6.3.1	型材锯切	295
6.3.2	型材的冲切	297
6.4	管料的冲切下料	304
6.5	其他下料方法	309
6.5.1	气割	309
6.5.2	等离子切割	322
6.5.3	激光切割	325
6.5.4	高压水切割	331
6.5.5	铣切下料	333

第7章

PAGE

钣金成形加工技术

336

7.1	板料的弯曲	336
7.1.1	板料的手工弯曲	336
7.1.2	板料的冲压弯曲	348
7.1.3	板料的折弯	380
7.1.4	板料的滚弯	388
7.1.5	板料的拉弯	408

7.2 管料的弯曲	416
7.2.1 管料的手工弯曲	416
7.2.2 管料的机械弯曲	421
7.3 型材的弯曲	431
7.3.1 型材的手工弯曲	431
7.3.2 型材的机械弯曲	439
7.4 其他手工成形方法	444
7.4.1 拔缘	444
7.4.2 拱曲	450
7.5 板料的拉深成形	455
7.5.1 拉深加工的过程及要求	455
7.5.2 拉深模的结构形式及其选用	459
7.5.3 圆筒形件的拉深	464
7.5.4 常见封头的拉深	478
7.5.5 拉深件的热成形	486
7.5.6 拉深模的安装与调整	494
7.5.7 拉深件常见质量问题分析	498
7.6 起伏成形	502

第 8 章

PAGE

钣金连接加工技术

507

8.1 钣金的焊接加工	507
8.1.1 焊接加工概述	507
8.1.2 焊接接头形式及焊缝	511
8.1.3 焊接的缺陷及检验方法	523
8.1.4 常用金属材料焊接方法的选用	529
8.1.5 焊条电弧焊加工	534
8.1.6 CO ₂ 气体保护焊加工	559
8.1.7 氩弧焊加工	574
8.1.8 气焊加工	592
8.1.9 常用金属材料的焊接加工	608
8.1.10 焊缝强度计算及焊接缺陷的消除	619
8.2 钣金构件的铆接	625

8.2.1	铆接的种类与形式	625
8.2.2	铆钉种类与用途	627
8.2.3	铆接的方法	629
8.2.4	铆接工艺要点及操作注意事项	632
8.2.5	铆接强度的计算	636
8.3	薄板钣金构件的咬接	637
8.3.1	咬接的结构形式	637
8.3.2	咬缝的操作方法及注意事项	641
8.4	钣金构件的其他连接方法	642
8.4.1	螺纹连接	642
8.4.2	胀接	648

第 9 章

PAGE

钣金装配加工技术

654

9.1	装配原理	654
9.2	装配夹具及其选用	656
9.3	装配的操作	665
9.3.1	装配场址的选择	665
9.3.2	装配要领	666
9.3.3	装配的测量	668
9.3.4	装配的方法	678
9.4	装配操作实例	682
9.5	装配的检验	693
9.5.1	形位公差检验	693
9.5.2	强度及渗漏检验	694

附录

PAGE

701

附录 A	钣金常用金属板材的规格尺寸	701
附录 B	型钢的规格尺寸及重心距位置	710

参考文献

PAGE

721

第1章

钣金加工技术基础

1.1 钣金加工技术的特点及应用

钣金加工是对金属板材、型材和管材在不改变其截面特征的情况下,进行的下料或冷、热态成形,再以焊接、铆接及螺栓连接等连接方式进行装配,最后制造出所要求金属构件的加工方法,主要涉及钳工、下料、冲压、金属切削、焊接、热处理、表面处理、铆接、装配等多种专业工种。

(1) 钣金加工技术的特点

由于钣金加工大多是在基本不改变金属板材、型材和管材等断面特征的情况下,对原材料进行冷或热态分离、成形的加工,因被加工金属是在再结晶温度以下产生塑性变形,故不产生切屑。

采用钣金加工可以制成各种不同形状、尺寸及性能的产品,且制造的钢结构产品具有较高的强度和刚度,能充分地利用其承载能力。

在钣金结构制造过程中,组成结构的各个零件可按照一定的位置、尺寸关系和精度要求,通过焊接、铆接、咬接或胀接等连接方法组合装配成构件,因此,设计的灵活性大。

综合上述分析,钣金加工主要具有以下特点。

① 相对于锻、铸件的生产加工,钣金构件具有重量轻、能节省金属材料、加工工艺简单、能降低生产成本、节省生产费用等优点。

② 经过焊接加工的钣金构件,大多加工精度低,且焊接变形大,因此,焊后变形与矫正量较大。

③ 由于焊接件为不可拆连接，难以返修，因此，需采取合理的装配方法与装配程序，以减少或避免废品，对大型或特大型产品常要进行现场装配，故应先在厂内试装，试装中宜用可拆卸连接临时代替不可拆卸连接。

④ 装配过程中，常需经选配、调整与多次测量、检验才可保证产品质量。

(2) 钣金加工的应用

由于钣金加工具有生产效率高、质量稳定、成本低以及可加工复杂形状工件等一系列优点，因此，在机械、汽车、飞机、轻工、国防、电机电器、家用电器以及日常生活用品等行业应用十分广泛，占有非常重要的地位。据统计：钣金件占整个汽车制造件的60%~70%；飞机钣金件占全机零件总数的40%以上；机电及仪器、仪表中钣金件占生产零件总数的60%~70%；电子产品中钣金件占零件总数的85%以上；市场上的日用品的钣金件占到全部金属制品的90%以上。

随着科技的发展及加工技术的进步，一大批钣金计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助工艺设计(CAE)等新技术及大量的数控下料、成形、焊接等新设备(如：激光切割、等离子切割、水切割、数控回转头压力机及数控折弯、焊接机械手、焊接机器人等)在各行业得到广泛运用。目前，钣金加工技术正努力朝着高速、自动、精密、安全等方向发展，各种高速压力机及具备自动加工、自动搬运和储料等功能的冲压柔性制造系统(FMS)和各种数控钣金加工用压力机相继得到开发与发展，可以预见，钣金加工技术水平将会进一步提高，钣金构件的应用领域将会越来越广，应用数量将会越来越多。

1.2 钣金用钢材的品种及规格

用于钣金加工的钢材种类很多，涉及的钢号品种也较多。为了表明金属材料的牌号、规格等，通常在材料上做一定的标记，常用的标记方法有涂色、打印、挂牌等。金属材料的涂色标志用以表示

钢类、钢号，涂在材料一端的端面或外侧。成捆交货的钢应涂在同一端的端面上，盘条则涂在卷的外侧。具体的涂色方法在有关标准中做了详细的规定，可以根据材料的色标对钢铁材料进行鉴别。表 1-1 给出了常见钢材的涂色标记。

表 1-1 常见钢材的涂色标记

钢号	涂色标记	钢号	涂色标记
05~15	白色	锰钢	黄色+蓝色
20~25	棕色+绿色	硅锰钢	红色+黑色
30~40	白色+蓝色	铬钢	蓝色+黄色
45~85	白色+棕色	W12Cr4V4Mo	棕色一条+黄色一条
15Mn~40Mn	白色两条	W18Cr4V	棕色一条+蓝色一条
45Mn~70Mn	绿色两条	W9Cr4V2	棕色两条

在钣金生产加工过程中，仅仅识别钢号是远远不够的，由于生产中使用的钢材都是钢厂按照一定的尺寸规格供货的，为提高产品质量及钢材利用率，以降低生产成本，还必须合理地选择钢材品种和规格。

此外，钣金产品在制造、运输和起重、生产成本控制等方面，还常常需要计算其理论质量。

1.2.1 钣金用钢材的品种、规格

根据所用钢材的品种断面形状的不同，钣金加工用钢材可分为板材、钢管、型钢和钢丝四大类。各类尺寸标注及规格主要有以下方面。

(1) 板材

板材主要有钢板、扁钢、花纹钢板等，板材交货时，其尺寸规格、厚度允许偏差应符合相应的国家标准，附录 A 给出了钢板及钢带、花纹钢板等金属材料的尺寸规格及厚度允许偏差。

① 钢板。钢板规格是按钢板厚度标注的，如常说 24 的钢板，就是指厚度 $t=24\text{mm}$ 的钢板。钢板常用于制造压力容器、箱体、机身和钢结构件等。按厚度分薄钢板和厚钢板两大类。

薄钢板是指厚度在 0.2~4mm 之间的钢板。薄钢板宽度为 500~1500mm，长度为 1000~4000mm，薄钢板也有成卷供应的。薄钢板有热轧薄钢板和冷轧薄钢板两种。常用在汽车、电气、机械等工业部门中制造机壳、水箱、油箱、冲压件等。有的薄钢板在轧制后，经酸洗、镀锌、镀锡后使用，还有表面涂塑料的复合薄钢板，这些薄钢板主要用作冲压件或要求耐腐蚀的构件，如容器、水槽、通风管道及屋面瓦楞板等。

厚钢板是厚度在 4mm 以上的钢板。通常把 4~25mm 厚的钢板称为中板，25~60mm 厚的钢板称为厚板，超过 60mm 的钢板是在专门的特厚轧钢机上轧制的，称为特厚钢板。厚钢板的宽度为 600~3000mm，长度为 4000~12000mm。

厚钢板按其用途分为锅炉钢板、压力容器钢板、船用钢板、桥梁钢板和特殊钢板等。

冲压加工中应用最多的是板厚在 4mm 以下的轧制薄钢板，按国家标准 GB/T 708—2006 规定，钢板的厚度精度可分为 I（特别高级的精整表面）、II（高级的精整表面）、III（较高的精整表面）、IV（普通的精整表面）四组，每组按拉深级别又可分为 Z（最深拉深）、S（深拉深）、P（普通拉深）三级。在冲压工艺资料和图样上，对材料的表示方法有特殊的规定，如：

$$\text{钢板} \frac{\text{B-1.0} \times 1000 \times 1500 - \text{GB/T 708—2006}}{0.8 - \text{II-S} - \text{GB/T 13237—1991}}$$

表示：08 钢板，板料尺寸为 1.0mm×1000mm×1500mm，普通精度，高级的精整表面，深拉深级的冷轧钢板。

② 扁钢。扁钢规格用扁钢的宽度与厚度共同标注。如 40×5 扁钢，即为宽度为 40mm、厚度 $t=5\text{mm}$ 的扁钢。

③ 花纹钢板。花纹钢板的标注方法与钢板相同，也是用厚度表示，但是，花纹钢板的厚度不包括花纹的高度。根据材质，有普通碳素结构钢花纹板、不锈钢花纹板和铝及铝合金花纹板等类型；根据花纹钢板表面图案的不同，主要有菱形、扁豆形等花纹。

④ 带料。带料又称卷料，有各种不同的宽度和长度。宽度在 300mm 以下，长度可达几十米，成卷状供应，主要是薄料，适用

于大批量冲压件自动送料的生产。

(2) 钢管

钢管分无缝钢管和有缝钢管两大类。无缝钢管是由整块金属轧制而成的，断面上没有接缝。无缝钢管的材料有普通碳素钢、优质碳素钢和合金结构钢等多种。无缝钢管按断面形状有圆形和异形两种，异形钢管有方形、椭圆形、三角形、六角形等多种形状。根据钢管壁厚不同还分厚壁管和薄壁管。无缝钢管主要用作地质钻探管，石油化工用的裂化管，锅炉用管等重要构件。冷拔无缝钢管外径为5~200mm，壁厚为0.25~14mm，长度为1500~9000mm。

有缝钢管又称焊接钢管，用钢带弯形后焊接，有镀锌和不镀锌两种。镀锌管又称白铁管，表面镀有锌，可以防止生锈，常用作低压水管、煤气管、油管等。不镀锌钢管又称黑铁管，用作普通低压、无压力的管道或一般结构件。

钢管的标注方法有法定公制标注方法、沿袭的英制方法和行业习惯的公称直径标注三种方法，如图1-1所示。

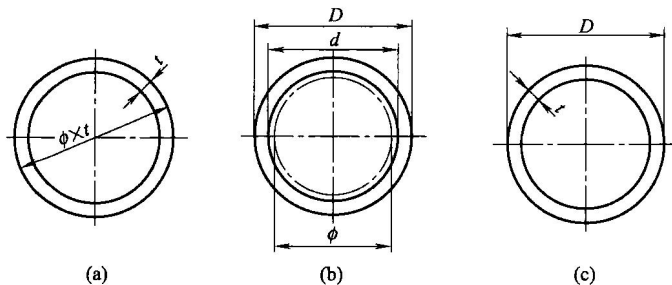


图 1-1 钢管的不同标注方法

① 公制标注方法。钢管公制标注是用钢管的外径 $\phi \times$ 壁厚 t 表示的。例如：钢管 $\phi 159 \times 8$ 表示钢管外径尺寸为159mm，壁厚为8mm，见图1-1(a)。

② 英制标注方法。英制标注方法是按钢管的通径表示的。如： $3/4$ "钢管表示钢管的有效通径为 $3/4$ "。实际内径 d 因为考虑了管壁对液体的摩擦阻力而大于 $3/4$ "，见图1-1(b)。

③ 公称直径标注方法。公称直径标注方法直接用管材的公称



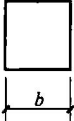
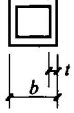



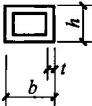

直径标注, 用 D 表示, 见图 1-1 (c)。

(3) 型钢

型钢按断面形状的不同, 可分为简单断面型钢和复杂断面型钢。简单断面型钢有圆钢、方钢、六角钢、扁钢和角钢, 复杂断面型钢有槽钢、工字钢、钢轨及异形钢材和模压型钢等。

在生产加工及工程施工中, 为便于型钢的表示, 可常用表 1-2 所示的型钢标记。

表 1-2 型钢的标记

名称	标记		尺寸含义	标记示例
	符号	尺寸		
圆钢	ϕ	d		$\phi 20$ 表示外径公称尺寸为 20mm 的圆钢
钢管		$d \times t$		$\phi 20 \times 2$ 表示外径公称尺寸为 20mm、管厚为 2mm 的钢管
方钢	□	b		□30 表示外形公称尺寸为 30mm 的方钢
方管		$b \times t$		□30×2 表示外形公称尺寸为 30mm、管厚为 2mm 的方管
扁钢		$b \times h$		 30×10 表示外形公称尺寸分别等于 30mm、10mm 的扁钢
空心扁钢		$b \times h \times t$		 30×16×2 表示外形公称尺寸分别等于 30mm、16mm, 壁厚为 2mm 的空心扁钢