

实用

刘翔 李烁 等编著 •

钣金技术手册

P

ractical Sheet Metal
Technology Manual



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本手册以钣金结构制作成形的顺序为主线,系统地讲述了钣金技术的基本知识,钣金制作工艺(包括识图放样、材料选用、下料加工、弯压成形和拼接检验等)和组合装配工艺的理论与实践技术,并列举了大量的制作实例及典型构件的制作方法,同时也对新技术与新方法作了较详细的介绍。主要包括:钣金制作概述、钣金图样绘制、表面展开绘图、放样号料技术、材质种类及规格、材料矫正与切割、坯件冷作弯形、坯件冷冲压加工、拼接与检验和典型结构制作。

本手册可供机械、化工、汽车、轨道交通、电子电器、仪表、轻工纺织等行业从事钣金制作的技术人员和操作人员使用,也可供从事钣金教学与科研的人员查阅参考。

图书在版编目(CIP)数据

实用钣金技术手册/刘翔等编著. —北京:机械工业出版社, 2012. 10
ISBN 978-7-111-39676-5

I. ①实… II. ①刘… 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211657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:侯宪国 责任编辑:侯宪国

版式设计:霍永明 责任校对:张媛

封面设计:张静 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市胜利装订厂装订)

2012年10月第1版第1次印刷

169mm×239mm·40 25印张 2插页·805千字

0 001—4 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-39676-5

定价:88.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

机械制造业作为大工业的基础，钣金制作是其不可缺少的组成部分。随着现代工业技术的迅猛发展，机械、汽车、航空航天、电器等行业对钣金技术的需求日益增加，企业对钣金工的需求也越来越强烈。针对这一需求，作者依据本人多年来与国内外企业合作时的实践经验，并结合已出版著作的应用情况，提取精华而编写了这本《实用钣金技术手册》。

本手册以钣金结构制作成形的顺序为主线来编排，系统地讲述了钣金技术的基本知识，钣金制作工艺（包括识图放样、材料选用、下料加工弯压成形和拼接检验等）和组合装配工艺的理论和实践技术，并列举了大量的制作实例及典型构件的制作方法，同时也注意新技术与新方法的介绍。本手册一改以往过多文字叙述的习惯，主要以表图和参数的形式来讲述。在编写过程中，对基本理论部分以必要和够用为原则，对技能操作部分以实用和新颖为准则，特别注重科学性和实践性，力求做到内容全面、重点突出、简明扼要。

本手册共分10章，主要内容包括：钣金制作概述、钣金图样绘制、表面展开绘图、放样号料技术、材质种类及规格、材料矫正与切割、坯件冷作弯形、坯件冷冲压加工、拼接与检验和典型结构制作。

本手册的第2、3、6、7、8章由刘翔编写，第1、4、5、9、10章由李烁编写，全书由王爱珍教授审定并给予指导和帮助。编写过程中，本手册参考了许多相关图书、同类培训教材和手册，采纳了有关企业技术和人力资源部门对书稿提出宝贵的意见和建议以及提供的各种典型实例，同时还得到了郑兵岩、王世杰、王静、李明清、王世军、郑冰丽、李俊霞、王兵、王莹、李维海、胡俊辉、李鹏展、贾海舟等帮助整理资料、绘制及汇集图表。在此一并致以衷心的感谢。

由于编者水平和客观条件有限，书中难免有不足或疏漏之处，敬请广大读者和专家批评指教，不胜感激。

编 者

目 录

前言

第1章 钣金制作概述 1

1.1 制作工艺及设备 1

1.1.1 图样设计绘制 1

1.1.2 冷作工艺拟定 7

1.1.3 冷作设备选择 16

1.1.4 拼接方式拟定 19

1.2 制作精度与检测 21

1.2.1 表面质量与检测 21

1.2.2 极限偏差与配合 28

1.2.3 几何公差与检测 33

1.2.4 钣金件极限偏差 39

1.3 制作性能与检测 44

1.3.1 力学性能及指标 45

1.3.2 物化性能及指标 47

1.3.3 工艺性能及指标 50

1.3.4 性能失效与检测 52

第2章 钣金图样绘制 58

2.1 简单几何作图 58

2.1.1 几何公式作图 58

2.1.2 几何画法作图 64

2.1.3 平面几何作图 68

2.2 简单形体作图 71

2.2.1 三面投影作图 72

2.2.2 结合线投影作图 77

2.2.3 线段实长投影作图 82

2.2.4 平面实形投影作图 87

2.3 拼接结构作图 94

2.3.1 焊接结构作图 94

2.3.2 连接结构作图 104

第3章 表面展开绘图 113

3.1 展开图基础 113

3.1.1 形体表面分析 113

3.1.2 可展性能分析 117

3.1.3 展开方法及选择 118

3.2 图解展开法 125

3.2.1 平行线展开法 125

3.2.2 放射线展开法 135

3.2.3 三角形展开法 143

3.2.4 近似形展开法 146

3.3 公式展开法 149

3.3.1 空心柱锥面类展开 149

3.3.2 过渡连接管展开 157

3.3.3 球面及螺面类展开 164

3.3.4 型钢内外弯曲展开 174

第4章 放样号料技术 179

4.1 实尺放样技术 179

4.1.1 放样图及其应用 179

4.1.2 放样程序及步骤 182

4.1.3 样板及样杆制作 187

4.1.4 放样尺寸及误差 192

4.2 实尺划线号料 196

4.2.1 划线号料流程 196

4.2.2 划线号料技巧 198

4.2.3 型钢切口号料 201

4.3 典型结构放样 204

4.3.1 板壳结构放样 204

4.3.2 容器结构放样 214

4.3.3 桁架结构放样 221

第5章 材料种类及规格 230

5.1 碳素钢与合金钢 230

5.1.1 碳素钢及其性能 230

5.1.2 合金钢及其性能 234

5.1.3 常用钢材及规格 246

5.1.4 常用钢材热处理规范 253

5.2 特殊钢与模具钢 259

5.2.1 不锈钢与耐热钢	259	8.2.1 拉深工艺基础	453
5.2.2 磁钢与电工硅钢	272	8.2.2 拉深工艺拟定	461
5.2.3 高弹钢与模具钢	278	8.2.3 拉深模及设备	474
5.3 非铁与金属材料	284	8.3 坯件局部加工	485
5.3.1 铝合金与铜合金	284	8.3.1 局部翻边加工	485
5.3.2 镍合金与钛合金	298	8.3.2 局部胀形加工	492
5.3.3 非金属材料及规格	304	8.3.3 旋形旋口加工	500
第6章 材料矫正与切割	310	第9章 拼接与检验	513
6.1 矫正类型及方法	310	9.1 组装与检验	513
6.1.1 矫正类型概述	310	9.1.1 组装定位及夹紧	513
6.1.2 机械矫正方法	314	9.1.2 组装测量及检验	518
6.1.3 火焰矫正方法	322	9.1.3 组装工艺及设备	523
6.2 机械切割下料	325	9.2 机械连接与检验	531
6.2.1 板管冲切下料	326	9.2.1 薄板咬接及检验	531
6.2.2 孔口切割加工	342	9.2.2 铆钉连接及检验	536
6.3 热熔切割下料	347	9.2.3 胀形连接及检验	548
6.3.1 气割工艺及设备	347	9.2.4 螺纹连接及检验	555
6.3.2 自动气割及数控气割	354	9.3 焊接与检验	560
6.3.3 等离子切割与激光切割	357	9.3.1 焊缝接口形式	561
第7章 坯件冷作弯形	368	9.3.2 焊条电弧焊	571
7.1 坯件拉弯成形	368	9.3.3 自动埋弧焊	574
7.1.1 拉弯成形方法	368	9.3.4 气体保护焊	576
7.1.2 拉弯成形设备	371	9.3.5 常用电阻焊	586
7.1.3 拉弯成形工艺	374	9.3.6 焊接质量检验	594
7.2 坯件滚弯成形	377	第10章 典型结构制作	604
7.2.1 滚弯成形方法	377	10.1 板壳类结构制作	604
7.2.2 滚弯成形工艺	381	10.1.1 换热通风设备的制作	604
7.2.3 滚弯成形设备	386	10.1.2 旋风除尘器壳体制作	608
7.3 坯件压弯成形	391	10.1.3 无塔高压供水设备制作	612
7.3.1 压弯成形方法	391	10.2 容器类结构制作	615
7.3.2 压弯成形工艺	402	10.2.1 低压储存容器的制作	616
7.3.3 压弯模及设备	410	10.2.2 中压储气容器的制作	621
第8章 坯件冷冲压加工	429	10.2.3 大型高压容器的制作	624
8.1 坯件冲裁加工	429	10.3 桁架类结构制作	627
8.1.1 冲裁加工质量	429	10.3.1 压力机机架的制作	627
8.1.2 冲裁加工工艺	437	10.3.2 建筑框架的制作	631
8.1.3 冲裁模结构设计	443	10.3.3 各种支座的制作	632
8.2 坯件拉深加工	453	参考文献	636

第 1 章 钣金制作概述

钣金在实际工程中用途非常广泛，无论是家用电器、变电设备、汽车工业、飞机壳体、还是在计算机等电子产品行业等都大量使用钣金零件，并且钣金零件与人们的日常生活用品也密不可分，整个钣金零件约占全部金属制品的 90% 以上。

1.1 制作工艺及设备

钣金制作工艺是依据零件图、展开图、放样图等施工文件，利用金属在常温下的可塑性，通过切割下料、冲裁、弯曲、拉深等工序加工成所需形状的零件，再经过焊接、咬接、铆接或铆接等连接方法，拼接成所需产品的加工过程。

1.1.1 图样设计绘制

任何一个钣金结构均由若干个零件按一定相互关系和技术要求装配而成，且每个钣金零件大多由各种表面构成，均需放样号料并加工成形，如图 1-1 所示。因此，整个过程中从图面设计到成品制成，最初的成品构形设计与制图尤为重要，必须首先分析零件的结构特点、制作工艺性能、绘图步骤及要求。

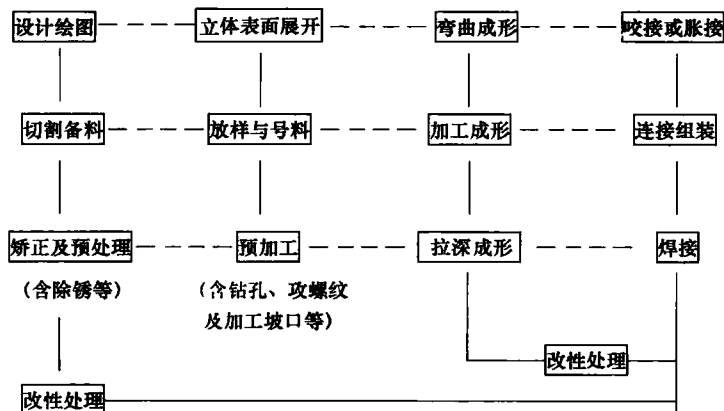


图 1-1 钣金成品制作工艺流程

1. 钣金结构构形设计

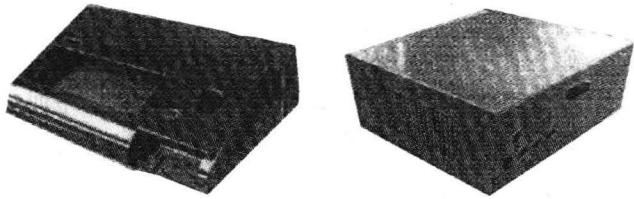
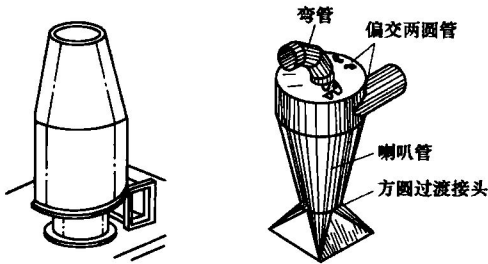
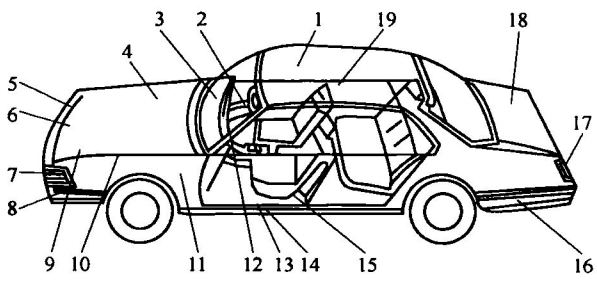
钣金结构设计时，除了要保证满足使用性能外，还应具有良好的工艺性能和允许适合的曲面流线形（见表 1-1），以减少材料消耗和工序数目并保证美观性，同

时易于展开、简化作图并使模具结构简单,生产率高,成形质量好。

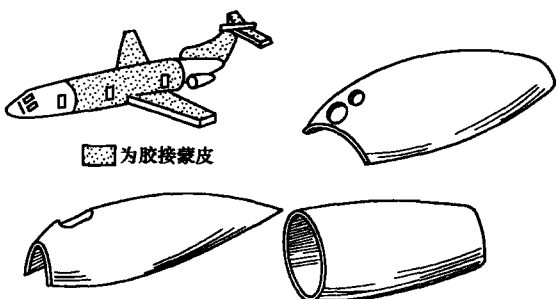
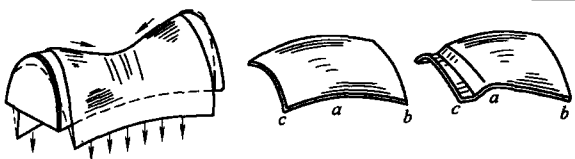
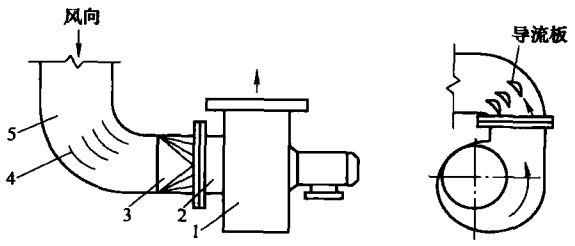
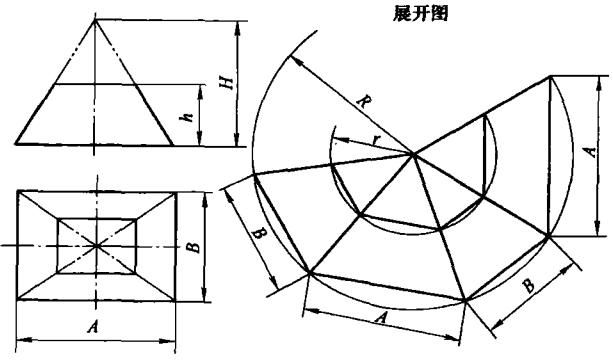
(1) **构件外表面设计** 构件外表面设计时,不可展曲面不仅绘制不出准确的展开图,而且即使有合适的展开图,在卷曲和弯制中也必然会产生扭曲,增加制作困难,因此应尽可能选用可展曲面作为构件的表面,见表 1-1。

在可展曲面中,由于切线曲面的展开和制作较复杂,在无特别需要时,最好选用直平面、柱面或锥面等形状。当构件表面需有几个曲面组成或有曲面和平面混合组成时,应使相邻表面间光滑过渡,即要求两曲面在分界处互相相切,不产生折棱或交线。

表 1-1 典型钣金结构及零件构形设计

表面形状	表面设计特点	典型产品外表面设计图例
直线形	外表面选用直平面、曲平面或直平面和曲平面混合组成	 电子产品和仪器控制箱外形设计
柱锥形	外表面选用圆柱面和圆锥面、圆柱面和圆柱面、直平面和弯管等混合组成,圆柱面与圆锥面间光滑过渡	 除尘器筒体和集粉筒体外形设计
曲线形	外表面选用曲平面和曲面混合组成,相邻表面间光滑过渡,呈流线形	 轿车车体的外表面设计 1—顶盖板 2—转向盘 3—仪表板 4—前盖板 5—散热器 6—风扇 7—前灯壳座 8—保险杠 9—清洗剂储池 10—空气滤清器 11—侧板 12—车门护板 13—踏板 14—下弯板 15—控制箱 16—后保险杠 17—后灯壳座 18—行李箱板 19—衬板

(续)

表面形状	表面设计特点	典型产品外表面设计图例
双曲线形	外表面选用双曲面形成, 面与面间圆弧过渡, 呈流线形	 飞机及机腹和机尾外表面设计
马鞍双曲面	外表面选用马鞍形和双曲面形成, 呈流线形	 飞机蒙皮和机头蒙皮外表面设计及拉形
弯曲折形	外表面选用弯曲圆柱面和圆矩形接头、弯曲圆柱面与直平面和圆柱面混合组成	 风接管和出风管的外形设计 1—抽风机 2—圆形进口 3—圆、矩形过渡接头 4—导流板 5—矩形风管
结合面形状	结合面设计特点	典型产品结合面设计图例
直平面形	结合面为平面, 面与面之间的结合线是直线	 平截四棱台视图及展开图

(续)

结合面形状	结合面设计特点	典型产品结合面设计图例
斜平面形	结合面为曲面，面与面之间的结合线是直线	展开图
曲平面形	结合面为曲面，面与面之间的结合线是曲线	圆锥管展开图
近似展开形	结合面为曲面，面与面之间的结合线是螺旋曲线	展开图

斜切四棱台视图及展开图

圆管平交圆锥管立体图及圆锥展开图

圆柱螺旋叶片立体图、视图及展开图

(2) 构件结合面设计 绘制展开图时, 两曲面的结合线作图, 不仅繁琐又易产生误差。所以在条件允许时, 应尽量使结合面为平面形状, 见表 1-1, 并且平面与平面之间的结合线是平面曲线, 以便利用平面曲线的投影有可能是直线这一性质, 达到简化作图的目的, 从而也提高作图的精度。

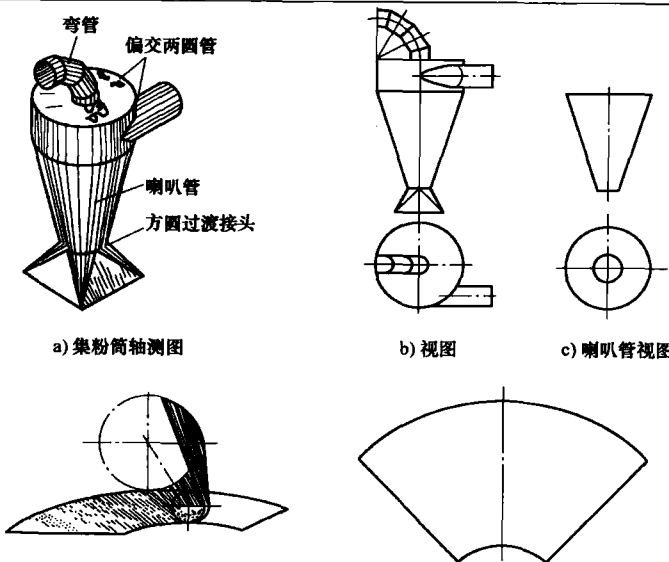
然而, 当构件制造精度不高时, 也可考虑采用可展性差、但制作简便的曲面, 如表 1-1 中的圆管平交圆锥管的结合以及圆柱螺旋叶片的结合。

2. 钣金件图样绘制

(1) 钣金件视图分析 钣金件视图分析的依据及方法步骤见表 1-2。

(2) 钣金件工艺性分析 钣金件工艺性分析是依据图样制作产品前所必备的重要步骤, 也是为后续工序奠定基础的关键, 依据及方法见表 1-2。

表 1-2 钣金件视图和工艺性分析依据及方法

分类	分析依据	分析方法	看图步骤
一般视图	1) 钣金构件的施工图或装配图	形位分析法: 抓主视、看大致、分部分、想形位	1) 看懂结构是由哪几部分几何形状组成, 如图 a 所示的集粉筒轴测图
	2) 各组成部分、形状尺寸、用途和有关技术要求	线面分析法: 对线条、找关系、合起来、想整体	2) 分析各组成构件的投影视图, 如图 b 所示圆管、弯管、喇叭管和方圆过渡弯头等零件的投影视图 3) 了解分析各零件的相互位置、投影关系及尺寸要求 4) 从主视图划分投影线, 用对线条法分别找出和它对应的投影图, 如图 c 所示 5) 弄清各部分的展开过程、形状尺寸、大致步骤及要求等, 如图 d、e 所示
典型图例	 a) 集粉筒轴测图 b) 视图 c) 喇叭管视图 d) 喇叭管展开过程 e) 喇叭管展开图 (放样图) 集粉筒的轴测图、视图及展开图		

(续)

分类	分析依据	分析方法
工艺性能	1) 零件视图	1) 判断零件是否有规定不明确或需变动部位的形状及尺寸
		2) 分析材料是否适于冷压成形
	2) 可变动与不可变动的部位及尺寸	3) 确定构件尺寸和加工基准是否需要换算
		4) 分析零件的精度和质量要求能否保证
		5) 检查产品技术条件是否明确或需补充等

3. 展开放样图绘制

展开放样过程是钣金加工整个工作过程的核心,始终围绕着号料与制作,一般要经过绘制放样图、展开图、号料、样杆及样板制作,以及校核等环节,整个环节在生产过程中起着极其重要的作用。

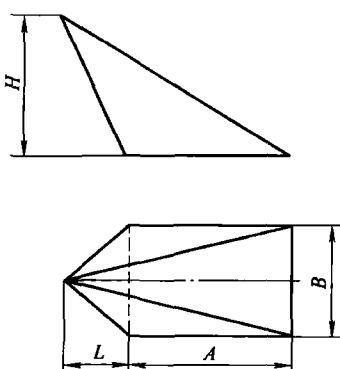
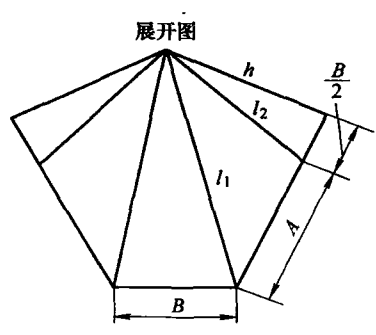
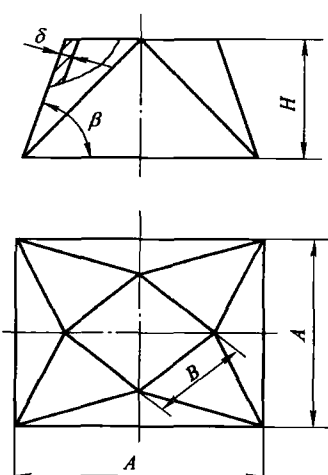
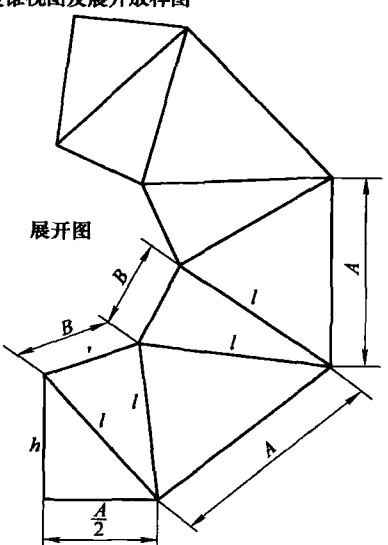
(1) **放样图绘制** 放样下料是整个钣金生产的第一步工序,无论是不能依据计算直接求出料长的桁架类各构件,还是必须展开的复杂形壳体类构件等,均必须按照视图所规定的形状和尺寸,依次完成展开、放样和号料等,见表 1-3。

(2) **展开图绘制** 展开作图是壳体类复杂件放样和号料的依据,也是保证构件质量最关键的一步。展开作图的实质是求作线段的实长、立体表面的实形和断面的实形,通常采用图解法、计算法和中性层法展开,见表 1-3。

表 1-3 展开放样绘图及划线号料方法

分类	构件种类	绘图方法及步骤	划线号料方法
放样图	桁架类、壳体类、容器类等构件	1) 按照视图所规定的形状和尺寸,利用 1:1 比例按正投影原理绘制投影图	1) 将构件全部或部分放样图准确绘制到纸板上,以便获得产品在下料、弯卷、冲压等工序中所需的数据及样板草图等
		2) 按照构件的类型,将其表面用解析计算法展开作图或图解法展开作图	2) 依图在板料或型钢上划出零件真实轮廓和孔口形状,以及与之连接件的位置线、加工线等
		3) 根据构件板材的中性层位置,将厚板件进行结构工艺性处理	3) 按画出的形状,量出用料尺寸或制作样杆及样板,以便后续进行大批量切割下料
展开图	壳体类、容器类、锥柱类	1) 图解展开法:根据投影视图,采用平行线法、射线法或三角形法展开表面	1) 将真实形状和大小依次摊平在一个平面上,画出展开过程或直接在金属板上划出展开图(又称放样图),如下图所示
		2) 计算展开法:根据构件各部位的几何关系,利用解析计算式展开表面	2) 先计算出点、线位置和形状(见下面两个图例),再绘制图形或直接划线下料。此法作图尺寸准确度较高,还有利于计算机绘图的广泛应用
		3) 中性层展开法:将具有实际厚度的板中心层展开	3) 按中性层、里皮或相交接口线尺寸为基准画出构件的展开图,并保证消除板厚对构件尺寸和形状的影响

(续)

分类	构件种类	绘图方法及步骤	划线号料方法
实例图	棱锥类		
		a) 斜四棱锥视图及展开放样图 	
		b) 上下方口扭成 45° 角棱台视图及展开放样图	

1.1.2 冷作工艺拟定

钣金冷作是在常温下,使用材质柔软且延展性大的软钢板、铜板、铝板以及铝合金板等材料,利用各种钣金加工设备、工装和工具,采用矫正、放样、下料、预加工、冲压、弯曲等方法,以便制出各种形状和尺寸的工件。

1. 矫正及预加工选择

(1) 材料及坯件矫正 生产中常用的矫正方法有机械矫正、手工矫正、火焰

矫正和高频热点矫正。机械矫正是在多辊钢板矫正机、型钢矫直机、板缝辗压机、圆管矫直机、普通液压机和三辊弯板机上进行。

手工矫正是利用锤、扳手、木棒、木锤、虎钳等简单工具，通过锤击、拍打、扳扭等方法，矫正小尺寸钢材或工件的变形。火焰和高频热点矫正是依据金属局部加热时所产生的热塑性压缩变形而予以矫正。

各种矫正变形方法也可结合使用，如在火焰加热矫正的同时对工件施加外力进行锤击，在机械矫正时对工件局部加热或机械矫正之后辅以手工矫正，均可取得较好的矫正效果。

(2) 孔槽及坡口预加工 钣金结构若采用铆接或焊接形式时，则需将零件上的铆钉孔、螺纹孔、焊接坡口等在成形前进行钻孔、攻螺纹、套螺纹、开坡口、磨削等预加工，并根据工艺需要，在生产流程中安排重复进行预加工。

2. 切割下料方法选择

传统切割方法是采用单层薄板剪切、多层薄板叠料铣切或厚板热熔切割等方法切割出规定的条料，再用冲裁方法利用各种冲裁模冲出零件外形和内孔，以作为后续弯曲、拉深、翻边或局部成形等的毛坯料。

目前航空航天、交通车辆、制冷设备、电工电器仪表等大型企业，已采用多道等离子切割机、激光切割机、数控切割机等先进方法切割下料，或直接切割加工出所需形状结构的钣金零件，且质量稳定，生产率高。

3. 制件工艺性分析

钣金制件工艺性分析是制定合理工艺的前提，也是保证制作质量的关键。钣金极限尺寸决定零件一次成形的可能性、冲压定位方式、模具结构和制造精度等，因此其分析内容应包括成形性能分析、成形极限分析和成形质量分析，见表1-4。

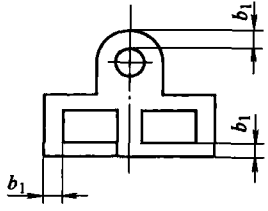
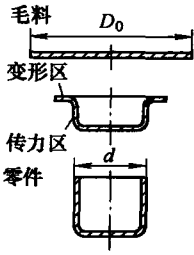
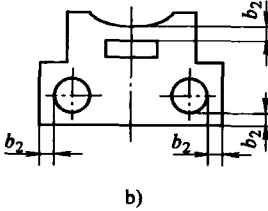
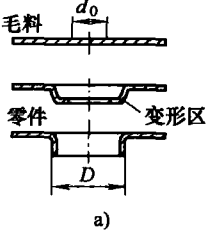
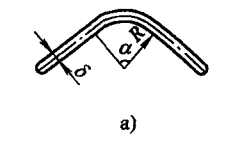
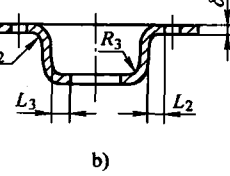
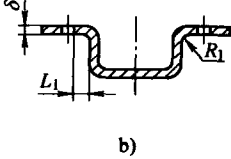
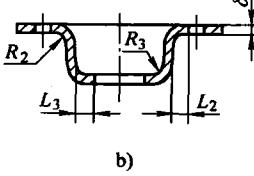
表 1-4 钣金成形性能、成形极限和成形质量分析

分类	分析依据	分析内容及要求
成形性能分析	钣金件的结构形状、展开放样图的尺寸大小、精度要求、材料工艺性能等	1) 分析钣金件冲压加工的难易程度 2) 审查钣金图的冲压工艺性 3) 找出难成形和可冲压成形部位的形状及尺寸，从而达到明确该零件是否适合冲压加工的工艺特点、经济合理性及技术难题 4) 考虑尽量减少材料的消耗和工序数目，提高生产率和冲压质量，以及待冲后机加工部位的形状、尺寸及加工工序等
成形极限分析	金属薄板的尺寸极限及变形极限和有关参数（见表1-5）	1) 明确区分金属薄板件不同变形性质的部分 2) 衡量其最小冲孔尺寸、最小冲裁窄槽宽、最小孔边距和孔间距尺寸等冲裁极限尺寸 3) 衡量其最小弯曲系数（相对弯曲半径）、最小拉深系数及最小翻边系数等成形极限尺寸 4) 一般精度要求零件的加工余量为15~20mm，装配间隙为 1 ± 0.5 mm，焊缝收缩量为1~1.5mm

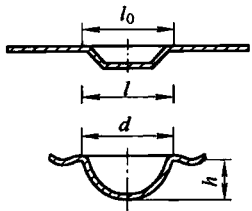
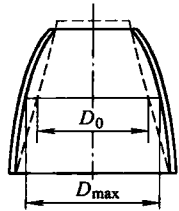
(续)

分类	分析依据	分析内容及要求
成形质量分析	钣金件外形准确度与厚度的变化是否超差等	1) 材料的力学性能、成形工艺性能、使用性能, 以及产生回弹、翘曲、歪扭、松弛等弊病的可能性 2) 金属在塑性变形过程中是否存在弹性变形, 是否因回弹存在影响零件成形的准确度, 以及必须采取的消回弹工艺措施 3) 是否因材料塑性变形后体积不变, 还会引起材料厚度的不一致, 以及采取的相应工艺措施

表 1-5 钣金零件的变形方式及极限参数

变形方式	简图	变形极限	变形方式	简图	变形极限
冲裁	 a)	冲裁极限尺寸 δ $\phi_{\min} \geq 0.4 \sim 1.5\delta$, 孔边距 $b_{1\min} \geq 1.5\delta$ $b_{2\min} \geq \delta$	拉深		拉深系数 m $m = \frac{d}{D_0}$
	 b)			 a)	
弯曲	 a)	相对弯曲半径 $r_{\min}$ $r_{\min} = \frac{R}{\delta}$ $L_1 \geq R_1 + 0.5\delta$	翻边	 a)	翻边系数 $K_{\min}$ $K_{\min} = \frac{d_0}{D}$ $L_2 \geq R_2 + 0.5\delta$ $L_3 \geq R_3 + 0.5\delta$
	 b)			 b)	

(续)

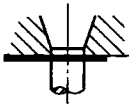
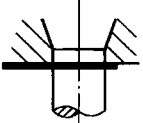
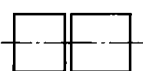
变形方式	简图	变形极限	变形方式	简图	变形极限
局部成形		平均延伸率 δ $\delta = \frac{l - l_0}{l_0}$ 相对高度 h_0 $h_0 = \frac{h}{d}$	胀形		胀形系数 K_x $K_x = \frac{D_{\max}}{D_0}$

4. 制件工艺方案的确定

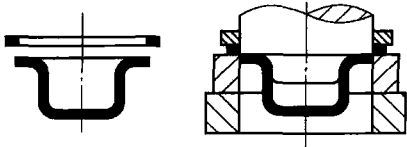
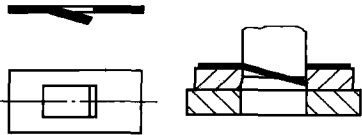
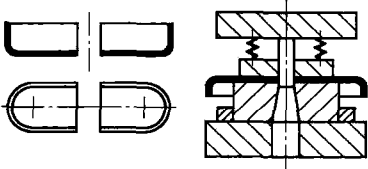
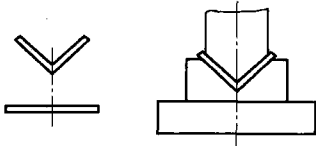
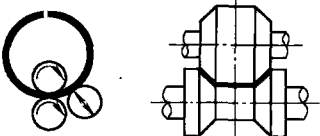
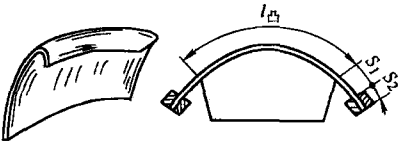
钣金加工按工序性质分为备料、放样、加工成形等部分组成，其中加工成形按变形性质不同又分为分离、成形和局部成形三大类，并在每一类中又可分为若干个工序，其内容和冲模结构示意图见表 1-6。

确定制件工艺方案时，首先需熟悉各种冲压加工的特点及应用范围，并在此基础上拟定出多种可行的工艺方案，然后再对初步拟定的各种工艺方案进行分析比较，最后择优选定一种工艺方案。最佳方案确定后，首先进行工艺计算，依次确定工序顺序及数量以及工序复合方式等，详细内容见表 1-7。

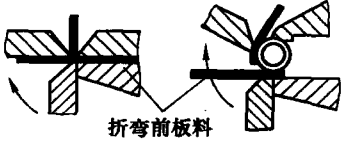
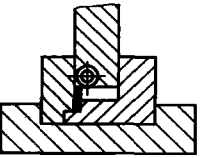
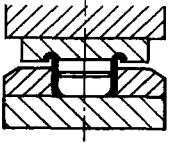
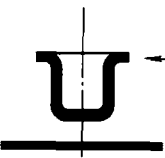
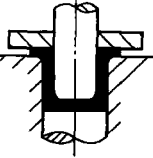
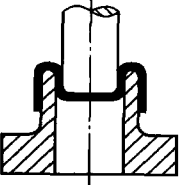
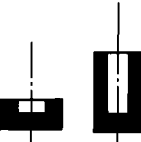
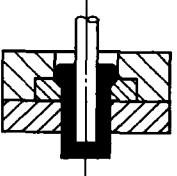
表 1-6 冲压加工的基本工序

类别	工序		图例	工序性质
分离	冲裁	落料		利用冲模沿封闭的轮廓线将零件或坯料与板料分离，冲切下的部分为工件，其余为废料
		冲孔		利用冲模在坯料或板料上，沿封闭轮廓线冲切掉废料得到需要的孔
	切断	剪切		利用剪板机将板料沿不封闭的轮廓线分离

(续)

类别	工序		图例	工序性质
分离	切断	切口		利用切断模沿不封闭轮廓将部分板料切开并使之下弯
		切边		利用冲模将成形零件的边缘, 修切整齐或切成一定的形状
		剖切		利用切断模沿不封闭轮廓将半成品切离为两个或数个工件, 常用于不对称的成双冲压件
成形	弯曲	压弯		利用压弯模使材料压弯成一定形状, 可以加工形状极为复杂的零件
		辊弯		采用旋转的辊轴, 带动板料前进而成形, 最适合成形等曲率零件
		拉弯 (又称拉形)		利用凸模上顶使平整板料产生不均匀的双向拉伸变形而与凸模贴合, 适宜于具有平坦双曲面外形件

(续)

类别	工序		图例	工序性质
成形	弯曲	折弯	 折弯前板料	在折边机上利用上、下压板及镶条使材料折弯成一定形状, 适合板材边缘的折弯
		卷弯	 	利用模具卷弯和卷边, 即将板料端部卷圆或将空心件的边缘卷成一定的形状
		卷弯	 	
	拉深	普通拉深	 	利用拉深模将板料压制成为空心工件, 或对空心坯料进行再拉深, 以改变形状尺寸, 壁厚基本不变
		反向拉深	 	凸模从初拉深获得空心件的底部反向加压, 完成与初拉深相反的再拉深, 从而形成更深的空心件
		变薄拉深	 	凸、凹模之间间隙小于空心件壁厚, 使其侧壁厚度变薄、高度增大、底厚大于壁厚