

人力资源和社会保障部 中国就业培训技术指导中心
国家高技能人才培训工程3D-CAD培训与认证推荐用书

CATIA

钣金设计基础 与工程实践

刘宏新 周兴宇 王盼 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

CATIA 钣金设计基础与工程实践

刘宏新 周兴宇 王 盼 编著



机械工业出版社

钣金设计是 CATIA 功能模块重要组成部分之一, 该模块采用基于特征的造型方法专门进行钣金零件设计, 允许设计人员在钣金零件的折弯表示和展开表示之间实现并行工程, 并可与其他模块结合使用, 因此加强了设计的上下游之间的信息交流与共享。针对 CATIA 钣金设计的技术体系与核心内容, 本书设计了钣金设计基础、钣金参数设置、钣金成形、钣金折弯与展开、钣金工程图等 9 个技术章节, 以及具有代表性的 4 个实例章节。使读者能够在掌握钣金成形工艺的基础上, 更加快速、深入地理解创成式钣金设计模块中各命令的使用。

本书在对钣金成形工艺进行介绍的基础上, 详细讲解了 CATIA 钣金设计的流程与方法。知识讲述由简入繁, 基础训练与能力提高并重, 力求系统和全面地表述钣金设计的相关内容, 以使读者能够快速达到熟练、准确、规范、灵活、高效地运用 CATIA 进行钣金产品设计的水平。

全书的结构体系和内容设置既便于读者系统地学习 CATIA 钣金设计, 又满足工程技术人员在实际工作中构思产品设计方法和研究复杂结构造型等问题的查询需要。

图书在版编目 (CIP) 数据

CATIA 钣金设计基础与工程实践/刘宏新, 周兴宇, 王盼编著. —北京: 机械工业出版社, 2015.3
ISBN 978-7-111-49775-2

I. ①C… II. ①刘… ②周… ③王… III. ①钣金工—计算机辅助设计—应用软件 IV. ①TG382-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 061336 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: 曲彩云 责任印制: 康朝琦

北京中兴印刷有限公司印刷

2015 年 9 月第 2 版第 1 次印刷

184mm×260mm·26.75 印张·660 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-49775-2

ISBN 978-7-89405-716-7 (光盘)

定价: 69.00 元 (含 1DVD)

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

服务咨询热线: 010-88361066

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-68326294

机工官博: weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

前 言

作为机械工程领域的高端应用软件，CATIA 代表了行业的最高水平并引领着技术的发展。CATIA 自近年引入国内以来，迅速被广大工程技术人员认可和接受。CATIA 以 PLM (Product Lifecycle Management) 产品全寿命周期协同解决为宗旨，其全面的计算机辅助机械工程解决方案、丰富的功能模块及系统的体系构架支持从概念起始的设计、模拟、分析、制造、组装、销售直至维护的全部工业流程，极大地提高了产品研发的效率和技术水平。

钣金件是指利用剪切、冲压、折弯、焊接、铆接等加工工艺，将金属板材加工、组装而成的工业制品。其显著的特征就是同一零件在加工过程中厚度一致。钣金行业作为金属成形加工行业中重要的分支行业，是机械制造业的基础行业之一，其发展程度反映了一个国家的制造工艺技术的竞争力，其产品涉及汽车、电子电器、航空、建筑、船舶等诸多领域，运用范围十分广泛。本书由简入繁地讲解了创成式钣金设计模块的操作及应用。具有代表性的实例使读者能够快速掌握钣金设计的方法和技巧。同时，本书还对钣金成形工艺进行了系统的介绍，使初步涉足钣金行业者，在对 CATIA 创成式钣金设计模块进行学习的同时，对钣金制品的实际生产加工也有全面的了解。

针对 CATIA 钣金设计的核心内容，本书根据知识模块及功能区划本书设计了钣金设计基础、CATIA 钣金设计概述、钣金参数设置、钣金成形、扫掠墙体、钣金折弯与展开、钣金冲压、钣金特征、钣金工程图 9 个技术章节，以及电子产品类实例、家用产品类实例、工业产品类实例、农业装备类实例 4 个能充分体现 CATIA 钣金设计模块工程应用的实例章节。详细讲解了 CATIA 钣金设计的流程与方法，基础训练与能力提高并重，力求系统和全面地表述 CATIA 钣金设计的相关内容。书中围绕具体实例撰写了详细的操作步骤，精心设计了训练综合应用能力的环节，同时也将作者在 CATIA 教学与工程应用过程中总结的经验和技巧融入其中，以使读者能够快速达到熟练、准确、规范、灵活、高效地运用 CATIA 进行工业钣金产品设计的水平。

实例模型在 CATIA V5 R21 汉化版本中制作完成。全书的结构体系和内容设置既便于读者系统地学习 CATIA 钣金设计，又满足工程技术人员在实际工作中构思设计产品的方法和研究复杂结构造型等问题的查询需要。

笔者虽认真谨慎，由于水平所限，书中纰漏与不当之处仍在所难免，恳请读者能够谅解并予以指正，也希望能藉此书为媒介与机械工程领域的读者就 CATIA 各项功能的全面开发与应用进行交流与合作。

读者信箱：T3D_home@hotmail.com

作者于哈尔滨

目 录

前言

第1章 钣金设计基础	1
1.1 钣金定义	1
1.2 钣金矫正	1
1.2.1 手工矫正	1
1.2.2 机械矫正	3
1.2.3 火焰矫正	4
1.3 放样与号料	5
1.4 下料	6
1.5 钣金成形	9
1.6 钣金连接	12
1.7 表面处理	14
第2章 CATIA 钣金设计概述	17
2.1 CATIA 及其钣金设计模块	17
2.2 工作窗口	18
2.3 工具栏	19
2.4 钣金视图	21
2.4.1 视图折叠与展开	21
2.4.2 多视图	22
2.4.3 视图管理	22
2.5 钣金设计流程	23
2.5.1 设计流程图	23
2.5.2 设计流程示例	24
第3章 钣金参数设置	27
3.1 厚度及折弯半径设置	27
3.2 止裂槽	28
3.2.1 止裂槽定义	28
3.2.2 止裂槽设置	28
3.3 折弯系数	29
3.3.1 K 因子	29
3.3.2 折弯系数设置	30
第4章 钣金成形	32
4.1 平整钣金成形	32
4.2 基于边线的钣金成形	34
4.2.1 自动生成边线上的墙体	34
4.2.2 基于草图生成边线上的墙体	38

v

4. 2. 3	止裂槽类型	40
4. 3	拉伸成形	44
4. 4	料斗形钣金成形	48
4. 4. 1	料斗形钣金	48
4. 4. 2	规则料斗形钣金	51
4. 5	自由曲面创建钣金	53
4. 6	滚动类型钣金成形	54
4. 7	实体零件转换为钣金	57
4. 8	应用示例	59
4. 8. 1	书立	59
4. 8. 2	门鼻	60
第 5 章	扫掠墙体	62
5. 1	凸缘	62
5. 1. 1	基础型	62
5. 1. 2	限制型	65
5. 2	边缘	66
5. 2. 1	基础型	67
5. 2. 2	限制型	68
5. 3	表面滴斑	69
5. 3. 1	基础型	69
5. 3. 2	限制型	71
5. 4	自定义凸缘	72
5. 4. 1	基础型	72
5. 4. 2	限制型	73
5. 5	应用示例	75
5. 5. 1	圆口水杯	75
5. 5. 2	水杯手柄	75
第 6 章	钣金折弯与展开	79
6. 1	等半径折弯	79
6. 2	变半径折弯	80
6. 3	平面折弯	82
6. 4	钣金展开	84
6. 5	钣金折叠	85
6. 6	点或曲线映射	86
6. 7	应用示例	88
6. 7. 1	折叠椅钣金件	88
6. 7. 2	长尾夹	91
第 7 章	钣金冲压	95
7. 1	曲面冲压	95

7. 1. 1	角度	95
7. 1. 2	凸凹模	100
7. 1. 3	两个轮廓	101
7. 2	凸圆冲压	104
7. 3	曲线冲压	106
7. 4	凸缘剪口	108
7. 5	散热孔冲压	110
7. 6	桥接冲压	111
7. 7	凸缘孔冲压	113
7. 8	环状冲压	116
7. 9	加强筋	119
7. 10	销子冲压	121
7. 11	自定义冲压	123
7. 12	应用示例	126
7. 12. 1	餐盘	126
7. 12. 2	捆扎锁	130
第 8 章	钣金特征	134
8. 1	钣金切除	134
8. 1. 1	剪口	134
8. 1. 2	孔	137
8. 1. 3	圆口	141
8. 2	钣金边角处理	142
8. 2. 1	止裂口	142
8. 2. 2	倒圆角	145
8. 2. 3	倒角	146
8. 3	变换特征	148
8. 3. 1	镜像	148
8. 3. 2	矩形阵列	149
8. 3. 3	圆形阵列	152
8. 3. 4	定义用户阵列	156
8. 3. 5	平移	157
8. 3. 6	旋转	159
8. 3. 7	对称	160
8. 3. 8	定位变换	161
8. 4	应用示例	162
8. 4. 1	地漏盖板	162
8. 4. 2	电动机叶轮外罩	164
第 9 章	钣金工程图	170
9. 1	工程图环境的设置	170

9. 1. 1	图纸格式及图框	170
1.	图纸格式的设置	170
9. 1. 2	国家标准制图环境	172
9. 1. 3	设置图形显示特征	174
9. 2	钣金件的表达	175
9. 3	标注	178
9. 4	应用示例	182
9. 4. 1	挂架	182
9. 4. 2	斜截圆管	186
第 10 章	电子产品类实例	190
10. 1	交换机壳体	190
10. 1. 1	实例分析	190
10. 1. 2	底座	190
10. 1. 3	顶盖	194
10. 1. 4	总装配	198
10. 2	计算机机箱	198
10. 2. 1	实例分析	198
10. 2. 2	底座	199
10. 2. 3	内盖	210
10. 2. 4	上梁	212
10. 2. 5	右支柱	215
10. 2. 6	光盘支架	216
10. 2. 7	硬盘支架	221
10. 2. 8	后盖	224
10. 2. 9	外壳	227
10. 2. 10	总装配	228
10. 3	USB 接口	231
第 11 章	家用产品类实例	240
11. 1	金属洗漱盆	240
11. 2	抽油烟机	244
11. 2. 1	实例分析	244
11. 2. 2	主壳体	245
11. 2. 3	风管罩	250
11. 2. 4	后盖	253
11. 2. 5	顶盖	254
11. 2. 6	滤油板	255
11. 2. 7	总装配	258
11. 3	外挂空调机箱	259
11. 3. 1	实例分析	259

11. 3. 2	底板	260
11. 3. 3	面板	261
11. 3. 4	右侧板	265
11. 3. 5	背网	268
11. 3. 6	顶盖	269
11. 3. 7	手柄	272
11. 3. 8	总装配	274
第 12 章	工业产品类实例	277
12. 1	电焊机外壳	277
12. 1. 1	实例分析	277
12. 1. 2	下壳体	277
12. 1. 3	上壳体	284
12. 1. 4	总装配	288
12. 2	电控柜	288
12. 2. 1	实例分析	288
12. 2. 2	内部零件	289
12. 2. 3	内部零件部装	295
12. 2. 4	电控柜骨架	301
12. 2. 5	外部零件	303
12. 2. 6	总装配	328
12. 3	数控机床外罩	328
12. 3. 1	实例分析	328
12. 3. 2	外罩骨架	329
12. 3. 3	后方箱体	330
12. 3. 4	电控箱	343
12. 3. 5	右前护罩	356
12. 3. 6	左前护罩	364
12. 3. 7	下挡板	379
12. 3. 8	左防护门	385
12. 3. 9	右防护门	391
第 13 章	农业装备类实例	393
13. 1	播种机肥箱	393
13. 1. 1	实例分析	393
13. 1. 2	箱体零件	393
13. 1. 3	箱体部装	398
13. 1. 4	盖板零件	399
13. 1. 5	盖板部装	402
13. 1. 6	总装配	402
13. 2	油箱	403

13. 2. 1	实例分析	403
13. 2. 2	下壳体	404
13. 2. 3	上壳体	408
13. 2. 4	进油口	411
13. 2. 5	出油口	414
13. 2. 6	总装配	414

第 1 章 钣金设计基础

1.1 钣金定义

钣金件是指通过剪切、冲压、折弯、焊接、铆接等加工工艺，将金属板材加工组装而成的钣金制品。其显著的特征就是同一零件在加工过程中厚度一致。钣金行业作为金属成形加工行业中重要的分支行业，是机械制造业的基础行业之一，其发展程度反映了一个国家的制造工艺技术的竞争力，其产品涉及汽车、电子电器、航空、建筑、船舶等诸多领域，运用范围十分广泛。几种常见的钣金制品如图 1-1 所示。



图 1-1 几种常见的钣金制品

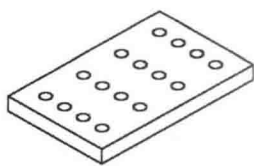
金属板材加工又称钣金加工。既包括传统的切割下料、冲裁加工、弯压成形等方法 and 工艺，又包括普通冲压工艺、新冲压技术及新工艺。下面将对钣金加工工艺流程及主要操作工序进行简单介绍。

1.2 钣金矫正

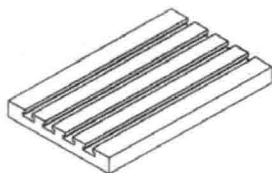
由于生产、储运等原因，以及经过冲、剪分离等初加工制成零件毛坯料后，金属板材可能会出现各种各样的变形，在进入下道工序前，根据工艺要求需对其进行矫正。矫正有三种内涵：一是消除金属板材、型材的不直、不平或翘曲等缺陷的操作；二是使成材的钣金件达到质量要求，在加工过程中对产生的变形进行修整；三是消除钣金件在使用过程中产生的扭曲、歪斜、凹陷等变形的修复。钣金矫正的方法有很多，按照矫正时温度的不同可分为冷矫正和热矫正，按照操作方法的不同可分为手工矫正、机械矫正和火焰矫正。

1.2.1 手工矫正

手工矫正是在平台或台虎钳上以手工操作手锤、砧铁、拍板等工具，对变形的钢材施加外力，达到矫正变形的目的，是一种相对原始的矫正方法，多用于厚度小于 4mm 的板材矫正，常见的手工矫正工具如图 1-2 所示。



带孔平台



带T形槽平台



钣金锤

图 1-2 常见的手工矫正工具

1. 薄板矫正

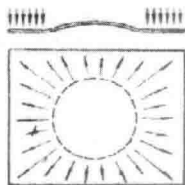
薄板变形的主要原因是，板材在轧制过程中受力不均，导致内部组织疏密不同，从而产生变形。其矫正原理是，通过锤击板材的紧缩区，使其延伸而获得矫正。当板材变形比较严重时，可综合运用水火矫正等方法来提高矫正效果。

1) 薄板中间凸起变形的矫正：可锤击薄板四周，由凸起的周围开始逐渐向四周锤击，如图 1-3a 所示，箭头表示锤击的位置和方向，越往边缘锤击的密度越大，锤击力也越大，使薄板四周延伸，从而消除中间的凸起变形。若薄板表面有多个相邻的凸起，则应先在此凸起的交界处轻轻锤击，使相邻的凸起合并成一个，然后再锤击四周使其矫平。

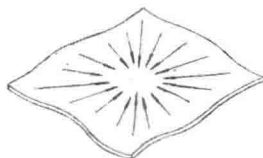
2) 薄板四周呈波浪变形的矫正：从薄板四周向中间逐渐锤击，如图 1-3b 所示，越往中间锤击的密度越大，锤击力也越大，使薄板中间部分伸长而矫平。

3) 薄板对角翘曲变形的矫正：矫正时应先沿着没有翘曲的对角线开始锤击，依次向两侧伸展，使其延伸而趋于平整，如图 1-3c 所示。

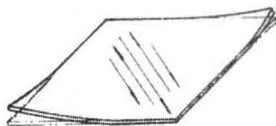
4) 薄板料的拍打矫正：当薄板料有微小扭曲时，可采用拍板拍打矫正。取一长度不小于 400mm，宽度不小于 40mm，厚度为 3~5mm 的拍板，在钣金定做板料上拍打，使板料凸起部分受压缩短，张紧部分受拉伸长，从而达到矫正的目的，如图 1-3d 所示。



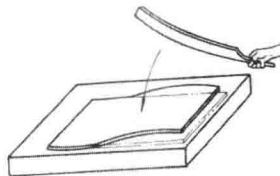
a) 中间凸起变形矫正



b) 四周呈波浪变形矫正



c) 对角翘曲变形矫正



d) 拍打矫正

图 1-3 薄板矫正

薄板的矫正难度较大，矫正前，要分析并判明薄板的伸长或缩短部位。矫正过程中要随时观察板料的形状变化，有针对性地改变锤击点和力度。当板料基本敲平后，再用木锤作一次调整性敲击，使整个板面舒展均匀。

2. 厚板矫正

厚板的手工矫正通常采用以下两种方法：

1) 锤击凸起处矫正：锤击凸起处的力要大于材料的屈服强度，从而使凸起处受到强制压制而矫平。

2) 锤击凸起区域的凹面矫正：锤击凹面可用较小的力，使材料仅在凹面扩展，迫使凸面受到相对压缩，从而将板料矫平。

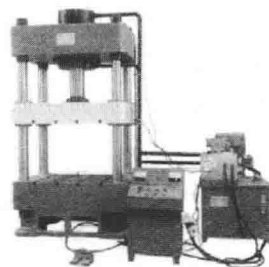
对矫正后的厚板，可用直尺进行检查是否平直，若用直尺的棱边以不同的方向贴在板料上观察缝隙大小一致，说明板料已经平直。

1. 2. 2 机械矫正

机械矫正是将板材放在专用的矫正机上进行矫正。常用的矫正设备有滚板机、滚圆机、压力机等。常见的机械矫正设备如图 1-4 所示。



滚圆机

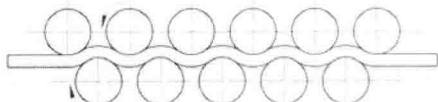


四柱压力机

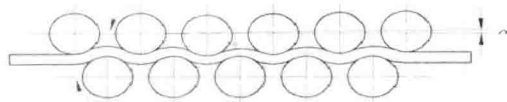
图 1-4 常见的机械矫正设备

1. 滚板机矫正

滚板机的结构有多种形式，常用的是两排轴辊式。按两排轴线所在平面位置的不同，可分为平行式和不平行式两种；按轴数的多少，可分为 5 轴辊、7 轴辊……21 轴辊。如图 1-5 所示为平行式和不平行式滚板机工作示意。



平行式



不平行式

图 1-5 滚板机工作示意

滚板机的上排轴辊数比下排多一根，两排轴辊间距可根据需要进行调整，有的上排轴辊可以单独调整，工作时，轴辊可向前或向后转动。一般情况下，矫平的板材厚度越小，滚板机轴辊的数量越多。

2. 滚圆机矫正

滚圆机主要用于将板料卷曲成筒形零件。在缺乏滚板机的情况下，可利用滚圆机进行板料的矫平。

1) 薄板矫正：利用大面积的厚板作为垫板，将薄板放置在垫板上进行滚压。

2) 厚板矫正：将板料放在上下轴辊间滚出适当的弧度，然后将板料翻转，调整上下轴辊间距后进行再次滚压，经过多次的反复滚压，从而将板料矫平，如图 1-6 所示。

3. 压力机矫正

压力机主要用于厚板的矫正。

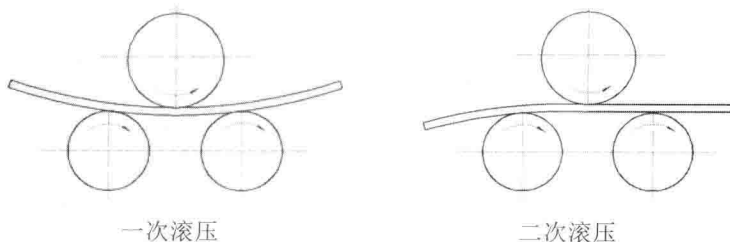


图 1-6 滚圆机对厚板矫正

1) 弯曲厚板矫正: 矫平时, 在凸起处施加压力, 并用厚度相同的扁钢在凹面两侧支撑工件, 使工件在压力作用下发生塑性变形, 从而将厚板矫正, 如图 1-7a 所示。

2) 扭曲厚板矫正: 矫平时, 同时垫起附着于工作台上的对角, 在翘起的对角上放置压杠, 其操作方法与弯曲厚板矫正相同, 如图 1-7b 所示。

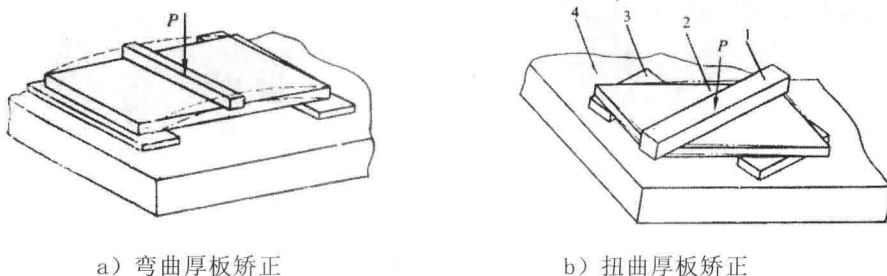


图 1-7 压力机矫正

1—压杠 2—工件 3—支撑垫 4—工作台

1. 2. 3 火焰矫正

火焰矫正是根据金属热胀冷缩的特性, 对板材局部进行加热获得矫正的方法, 也称局部加热矫正。一般采用氧-乙炔焰作为热源。如图 1-8 所示为加热-冷却过程中的板材变形情况, 当对板材进行加热时, 由于金属材料受热膨胀, 此时板材向远离加热处一侧弯曲, 当加热完成后, 由于加热处金属冷却收缩, 使板材向加热处一侧发生弯曲。

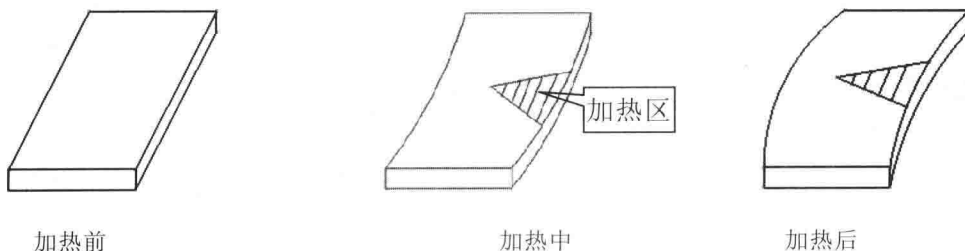


图 1-8 火焰矫正

火焰矫正的加热方式有三种: 点状加热、线状加热和三角形加热。根据加热区大小、形状的不同, 有着各自不同的收缩特点。

1) 点状加热: 加热区为一定直径的圆圈状的点, 称为点状加热。根据钢材变形情况的需要, 可选择加热一点或多点。多点加热时, 加热点多采用梅花状排列, 如图 1-9a 所示。各加热点的大小、排列要均匀, 点的直径 d 取决于被矫正钢板的厚度, 板厚越小, 直径越小, 但一般不宜小于 15mm。各加热点之间应有明显的界限, 点与点之间的距离 a 一般为 50~100mm。

点状加热的特点: 冷却后, 热膨胀处向点的中心收缩。当钢板局部凸起变形时, 在凸起处选择适当数量的加热点, 冷却后均匀收缩而获得矫平, 点状加热适用于薄钢板变形的矫正。

2) 线状加热: 加热时火焰沿着直线方向移动, 或同时在宽度方向上作一定的横向摆动, 称为线状加热。线状加热又分为直通加热、链状加热和带状加热三种, 如图 1-9b 所示。

线状加热的特点: 冷却后, 加热区的横向收缩量大于纵向收缩量, 收缩量随着加热线宽度的增加而增加, 加热线宽度视板材的厚度而定, 一般选板材厚度的 1~3 倍。

3) 三角形加热: 加热区呈三角形, 底板在钢板或结构件边缘, 这种加热方式称为三角形加热, 如图 1-9c 所示。

三角形加热的特点: 由于加热面积较大, 因而收缩量也大, 并且由于沿着三角形高度方向的加热宽度不等, 所以收缩量也不等, 从三角形顶点沿着两腰向下收缩量逐渐增大, 常用于刚性较大的构件弯曲变形的矫正。

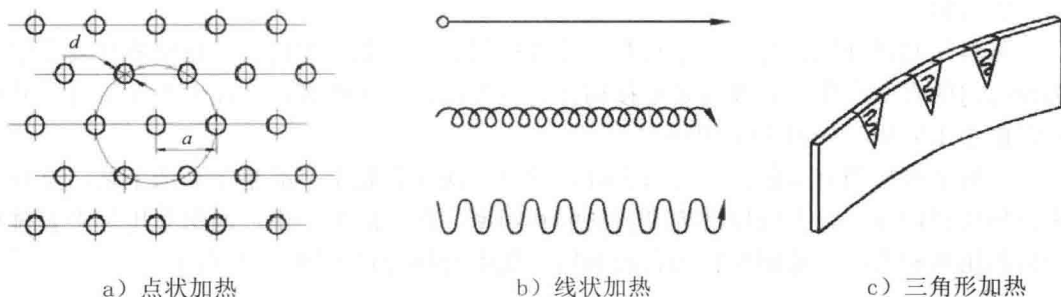


图 1-9 加热方式

1.3 放样与号料

1. 放样

放样又称展开放样, 是指将钣金制品的表面或局部按照其形状和尺寸在一个平面上摊开, 绘制出其展开后的平面图并作出样板供后续工序使用, 下面以斜口圆管的展开为例介绍展开放样的过程。

斜口圆管展开时, 在圆管表面取许多相互平行的素线, 把表面分成若干个小四边形, 依次画出各四边形, 得出展开图, 展开步骤如下:

1) 将俯视图上的圆周作 12 等分, 从各等分点向主视图作投影线, 则相邻两投影线组成一个小的梯形, 每个梯形作为一个平面。

2) 延长主视图的底线作为展开的基准线, 将圆周展开在延长线上得到 1, 2, 3, ...,

7 各点，过各点作垂线并量取各垂线的长度，用光滑的曲线连接各点得到展开图，如图 1-10 所示。

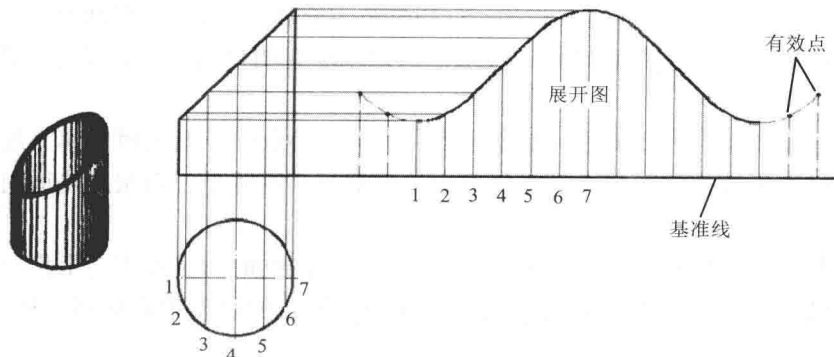


图 1-10 斜口圆管的展开

为了保证曲线两端部的准确性，必须在曲线两端部之外加作几点，使曲线能延伸过去，如图 1-10 中的双点画线所示，这些点称为有效点。

由于展开图上的每个梯形代表圆管曲面的一部分，因此，圆周等分数越多，每个梯形曲面越接近平面，所得到的展开图也越精确，但相应的制图过程也越烦琐，所以，在实际作图中，可根据圆管直径或周长来确定圆管合适的等分数。

2. 号料

号料是利用样板、样杆、号料草图等放样得出的数据，在板料上画出零件真实的轮廓和孔口的真实形状，以及与之连接构件的位置线、加工线等，并注出加工符号，号料通常由手工完成，如图 1-11 所示。

号料必须按照有关的技术要求进行，同时，还要着眼于产品整个制造工艺，充分考虑合理用料问题，最大限度地提高材料的利用率。在实际生产中，通常采用集中套排和余料利用两种方法来实现材料的合理利用。集中套排号料如图 1-12 所示。

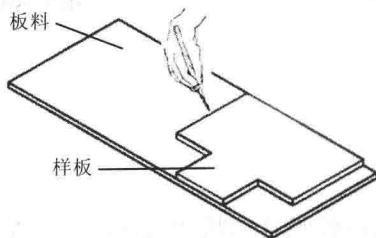


图 1-11 号料

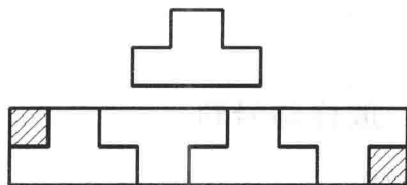


图 1-12 集中套排号料

关于放样与号料的具体内容本书不进行详细介绍，感兴趣的读者可参阅相关的书籍。

1.4 下料

下料是根据零件形状尺寸需要，将原材料剪切成毛坯。钣金下料的方法很多，按机床的类型和工作原理，可分为剪切、铣切、冲切、氧气切割和激光切割等。在生产中可

根据零件形状、尺寸、精度要求、材料类型、生产数量及现场设备条件情况来选择下料方法。

1. 剪切

剪切下料是根据技术部门提供的钣金件展开图，利用上下刀刃为直线的刀片或转滚刀片的剪切运动从大块板料上剪切下合适尺寸的毛坯，通常在剪切机或滚剪机上完成。

(1) 剪切机下料。剪切机通常用来剪切直线边缘的板料毛坯。对被剪切料，剪切工艺应能保证剪切表面的直线性和平行度要求，并尽量减少板材扭曲，以获得高质量的毛坯件，如图 1-13 和图 1-14 所示，为剪切机和剪切下料过程。板料剪切时，上刀刃和板料仅有一部分接触，然后板料的一边被剪裂，当上刀刃继续下行时，使板料逐渐分离成两部分。

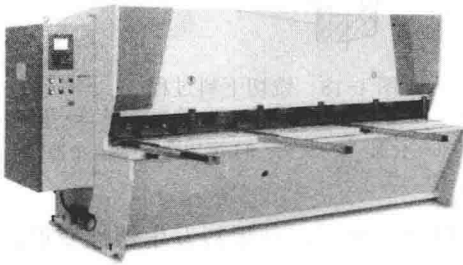


图 1-13 剪切机

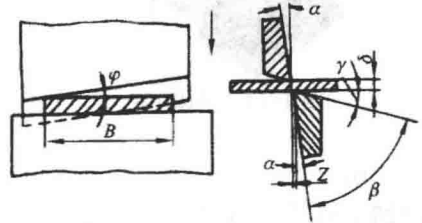


图 1-14 剪切下料过程

(2) 滚剪机下料。滚剪机是利用一对倾斜安装的上下滚刀对板料进行剪切，能剪切曲线形、圆环形的板料。在大规模生产的条件下，滚剪机下料可以组成流水线生产线。

滚剪机工作时，滚刀间必须有正常的间隙，其间隙根据板料厚度的不同进行调整。

一般滚刀间的垂直间隙 $a = \frac{1}{3}\delta$ ，水平间隙 $b = \frac{1}{4}\delta$ 。如图 1-15 和图 1-16 所示为滚剪机组和滚切下料过程。

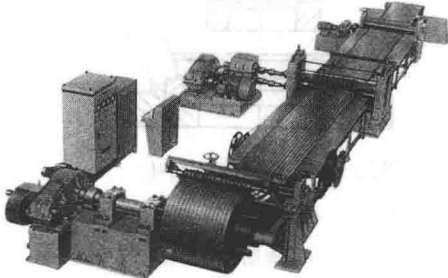


图 1-15 滚剪机组

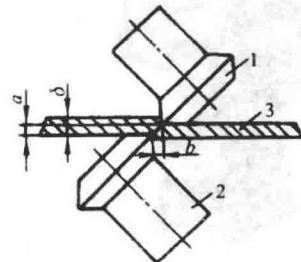


图 1-16 滚切下料过程

1—上滚刀 2—下滚刀 3—板料

注：a 垂直间隙；b 水平间隙；δ 板料厚度。

2. 铣切

铣切下料是利用高速旋转的铣刀对成叠的板料进行铣切，其工艺方法简单，生产效