

美国波音飞机公司设计手册

## 第一章

# 钣金件下料及成形



国外航空编辑部

1977年12月

美国波音飞机公司设计手册

## 第一章

# 钣金件下料及成形

1977 年 12 月

## 译者按：

波音公司设计手册的“钣金成形”这一章，内容并不多，有些条文纯属波音公司内部的某些规定，对我们无用，但是整个来说，还是有一定的参考价值，从中可以分析美国钣金成形工艺的一个侧面。

一、当初见到英国豪克西德利公司钣金资料时，感觉英国工厂因陋就简，设备有些颇为陈旧，现在从波音公司的六份资料来看，似乎也有类似情况。整个钣金形成工艺已比较定型，从飞机生产全局来看，不是关键。公司主要投资，技术改造的重点方向不在钣金，而在新结构、新材料、数控设备和加工等足以影响公司竞争能力的关键方面，对于常规的钣金成形工艺能省即省，能抠即抠，一毛不拔。

二、波音的钣金的设备条件并不好，有助于我们破除迷信，坚定走独立自主的道路决心和信心，后来居上是客观必然规律。

闸压床  $L_{max} = 7,300$  毫米；

橡皮压制 最大弯边高度为 76 毫米，与 П307 的相同；

西雅图共四台液压机；

两台新的  $P = 700$  公斤/厘米<sup>2</sup>，最大台面  $1,270 \times 4,165$  毫米；

两台旧的  $P = 140, 240$  公斤/厘米<sup>2</sup>；

威奇塔有一台  $P \approx 140$  公斤/厘米<sup>2</sup>；

垂直起落分公司两台  $P = 700$  公斤/厘米<sup>2</sup>；

橡皮压延  $P_{max} = 700$  公斤/米厘<sup>2</sup>，毛料最大  $\phi 635$  毫米；

拉形机的吨位也不大；

西雅图有两台（300 吨和 1,000 吨的各一台）；

威奇塔有一台，150 吨；

垂直起落分公司有一台，159 吨。

型材拉弯机能拉的最大型材长度为 9.8 米，ПГР-8 能拉 9 米的型材。

美国盛行向外承包，可能某些专业工厂有较新的设备。

### 三、钣金件公差宽

不论铣切下料，还是拉形、橡皮压制，外形标准公差为  $\pm 0.76$  毫米（0.03 英寸），液压件弯边、型材等的角度公差：配合边  $\pm 2^\circ$ ，加强边  $\pm 5^\circ$ 。深压延的大落压件外形容差为  $\pm 2.54$  毫米。

处处强调设计人员放宽公差，例如冲切很容易保证  $\pm 0.25$  毫米，但希望将公差放宽到  $\pm 0.36 \sim 0.76$  毫米。

从 BAC5300 看，钣金件的验收标准规定局部加压，每隔 305 毫米许可加力迫使钣金件与检验依据贴合。

料厚  $< 1.14$  毫米 每点加力 0.907 公斤

料厚  $\geq 1.14$  毫米 每点加力 2.268 公斤

加力部位及点数不限，只要保证相距 305 毫米即可。

应进一步查明机加件及装配件公差，凡是需要严格的地方应严格控制，如 BAC5300 规定，如果图纸上未注明许可加热，当锻件、铸件、挤压件、2.5 毫米以上厚钣金件之间间隙超过 0.25

毫米时，不能擅自加热或强迫装配，应由工程部门出面处理。

#### 四、极为强调工艺性，工艺审查严格

如 1.8 毫米以下材料，下陷区应倒斜坡，非标准下陷要与材料工艺部门磋商，落压件及冲压件在打样阶段就应与材料工艺部门讨论方案，压延模要经材料工艺部门审批后才准许使用。

液压件凸凹弯边采用种种防裂防皱的设计措施。

#### 五、对产品质量考虑细致

如钣金件变薄度应在设计图纸中明确规定，设计中要考虑型材拉弯后的剖面缩减。

145分贝以上噪音区使用的结构零件要求边缘打光。

六、橡皮压制铝件凹弯边的极限高度与 НИАТ 工艺性指南相同，凸弯边极限高度则比 НИАТ 大一倍以上，原因待查。

# 目 录

1.1	引言	(1)
1.11	定义	(1)
1.12	材料	(1)
1.2	金属板料和型材的下料	(1)
1.21	剪切	(1)
1.22	锯切	(2)
1.23	铣切	(2)
1.24	冲切	(3)
1.25	熔切	(5)
1.26	电磁冲切	(5)
1.27	冲剪	(5)
1.28	砂轮磨切	(5)
1.3	成形方法	(5)
1.31	闸压成形	(5)
1.32	复合或多曲度成形	(7)
1.33	旋压	(17)
1.34	曲面成形	(22)
1.35	夹层板料的成形	(23)
1.36	板弯和挤压型材	(24)
1.37	丝和杆的成形	(31)
1.38	管子成形	(32)
1.39	圆环胀缩成形	(41)
1.4	钣金件变薄率	(41)
1.41	变薄量计算	(42)
1.42	变薄率举例	(42)
1.43	许用应力及载荷	(43)
1.44	图注	(43)
1.5	设计规定	(43)
1.51	边、角及切边	(43)
1.52	其他	(46)
1.53	连接和装配	(47)
1.6	尺寸标注和图面表示	(48)
1.7	材料	(49)
1.71	铝合金	(49)
1.72	镁合金	(58)
1.73	碳钢及低合金钢	(61)
1.74	不锈钢	(63)
1.75	超合金	(68)
1.76	难熔合金	(70)
1.77	钛	(71)
1.78	铜和铜合金	(90)

# 第一章 钣金件下料及成形

## 1.1 引言 (7-18-69, 技术修订 日期5-6-68)

本章介绍有关板料、挤压及板弯型材、丝、棒料及管子的下料和成形的工艺资料。

设计图纸并不规定零件加工所用的设备,但是设计方案必须许可采用最经济的加工方法来达到零件的使用要求。

如果常规的生产方法不能适用,图纸必须提出加工规范,用附件或详注说明技术要求。

1.1 至 1.6 节介绍一般的下料、成形数据,并不针对具体材料。

1.7 节介绍不同具体材料的成形、下料数据。

凡是欠缺的资料或对特殊情况的处理,可与材料工艺部门磋商。

### 1.11 定义

有关钣金零件的某些常用术语明确如下:

1. 肩线 (外肩线 OML或内肩线 IML) 一两表面延伸的交线。
2. 弯边—突出的边缘, 加强或连接用。
3. 弯边高度—弯边边缘到复板外表面的垂直距离, 见图 1.11-1。
4. 弯边宽度—弯曲角为  $90^\circ$  或小于  $90^\circ$  时 (相当于直角或开角), 指外肩线至弯边边缘的距离。弯曲角大于  $90^\circ$  时 (相当于闭角), 指弯边平直部分的宽度。
5. 弯边长度—沿弯边纵长方向测得的距离。

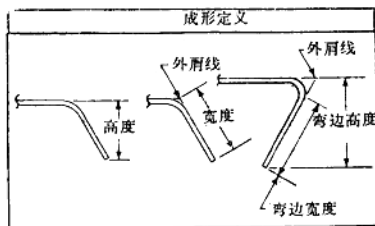


图 1. 11-1

### 1.12 材料

常用板料、杆料、挤压型材及管子的容差、规格及机械性能见第 21 及 23 章。

凡是变形条件许可, 零件应在交付使用的热处理状态下成形。

零件用退火料成形, 然后进行热处理和校形, 所花的成本往往显著高于在最后热处理状态下成形的总成本。因此, 凡是可能, 零件必须设计成许可在新淬火或最后热处理状态下完成成形工序。

钣金件的纤维方向仅当零件受力大, 为材料工艺部门所要求时才预规定。

### 1.2 金属板料和型材的下料

下列列举板料和型材在成形前下料至规定尺寸的常用方法, 同时说明各种方法的主要限制。

#### 1.2.1 剪切

剪切通常是最经济的下料方法, 因此, 凡属许可, 钣金件应设计成能用剪切下料。

## 1.211 平剪

### A. 限制 (设备限制):

1. 边缘质量足以满足 BAC5300 规范的最大剪切厚度为 3.2 毫米, 对于 7075-T6 和 7178-T6 为 2 毫米, 对于镁合金 AZ31B-H24 为 1 毫米, AZ31B-O 为 1.3 毫米。

2. 非气动边缘的最大厚度按照机床容量对大多材料约为 12.7。厚料的剪切边缘许可有较大的斜坡及其他容差。

### B. 容差:

厚度 4.8 以下的剪切容差, 正常生产中为  $\pm 0.76$ 。

## 1.212 条料滚切

成卷板料可以裁成连续的条料, 供滚制型材等零件。

### A. 限制: 最大宽度 1219。

### B. 容差: 宽度容差可保持在 $\pm 0.127$ 。

## 1.22 锯切 (5-6-68)

很多金属的板料、型材, 不论厚度多少,

都可用带锯或盘锯下料。大多锯切边缘需要手工或机械打光, 参阅 1.513 有关型材锯制零件的说明。

## 1.23 铣切 (8-19-70)

铣切用于至少有一边呈曲线或带内凹的有色金属板料的切割。铣切成本通常高于冲切, 除非产量小时情况才相反。应在机床许可范围内优先采用剪切和冲切下料。铣切优先用于夹层材料的下料。可以成叠铣切。

图 1.23-1 表示易于铣切的零件典型尺寸。内外圆角半径值可以增大, 但减小则需增加工装。图纸标注栏给出通用规定—内圆角半径 4, 外圆角半径 5.6。其他规定见 1.511 (切角)。

A. 铣床钻孔 直径 6.35 以下孔可用钻头替代  $\Phi 8$  铣刀钻制, 要求钻孔中心距不小于 16, 孔中心离零件边缘距离不小于 12.7。见图 1.23-1。为了节省铣切工时, 保证设计的经济效果, 任一零件上的钻孔尺寸的品种减

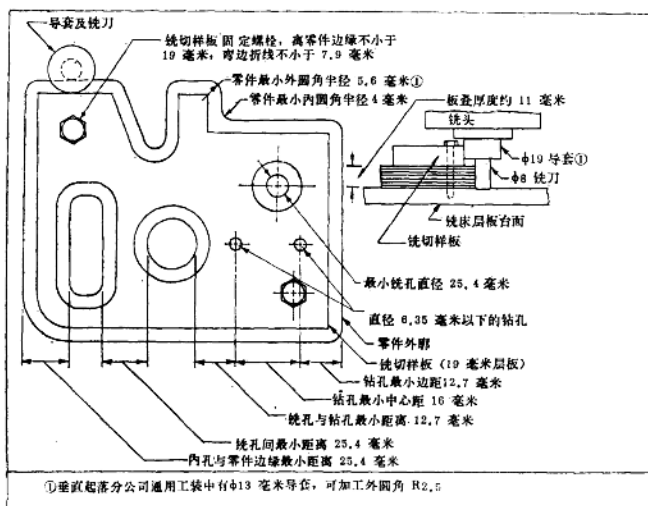


图 1.23-1

到最少。 $\Phi 6.35$  至  $25.4$  之间的孔不能铣切，可在铣床上钻出导孔。

B. 铣切公差 铣切外形精度可保持在  $\pm 0.76$ 。凡属许可，零件全部或次要部分应放宽公差。

C. 工具孔 铣切件需留工具孔。设计要求见 1.533。

## 1.24 冲切 (7-18-69, 技术修订日期 7-18-69)

冲切下料一般优于铣切，材料利用率最高。

A. 冲切公差 小尺寸平板件不论用橡皮或金属凹模冲切，可以稳定地保持精度  $\pm 0.25$ ；但是应优先采用更大的公差  $\pm 0.38$  至  $\pm 0.76$ 。

B. 标准冲压凸边减轻孔 当零件上需有相对少量凸边孔而在其他方面无需液压成形时，应选用 BACD2001 圆形冲压凸边孔。从 BACD2001 查阅现有孔径规格及所需模具间隙。对照 1.3215 有关液压成形凸边减轻孔的规定。

冲压凸边孔在钣金件图纸及展开图上的表示方法见图 1.24-1。孔径是指成形后的减轻孔直径，相当于 BACD2001 中尺寸 D。

### 冲压凸边孔的表示

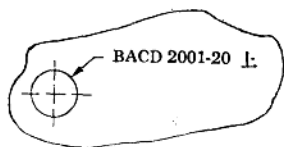


图 1.24-1

C. 通用冲切模 图 1.24-2 表示现有通用冲切模的形式。图中代号所代表的各类冲模的现有规格见通用模具手册，卷 4。通用圆孔冲模的规格也见通用模具手册，卷 4。

优先选用的标准圆孔尺寸为，直径  $9.5$  至  $25.4$ ，逐次递增  $0.08$ ，公差  $\pm 0.12$ 。直径

$25.4$  至  $152.4$ ，逐次递增  $0.16$ ，公差  $\pm 0.76$ 。采用  $\pm 0.76$  的公差较为有利，因必要时孔可用铣切加工。

切口和圆孔在标注尺寸的图纸上应注全尺寸。在不标尺寸的图纸上应画全切口和圆孔的外形。

当用通用模冲切切口时在图纸的切口区域画一空心箭头，并在图注内标上相应的箭头和说明，例如：

◇可用 ST-200-1-11-G4-085 (仅标模具代号)

圆孔不标空心箭头。

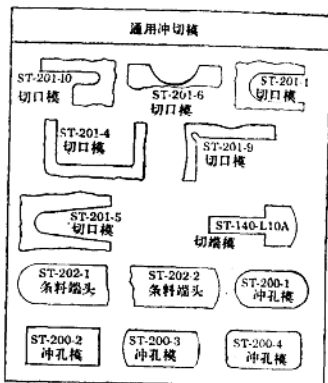


图 1.24-2

### D. 标准切口格式

BACD 2010 和 BACD 2012 切口一般用于安装仪表、开关、断路器继电器、灯、防震座等。BACD 2010 切口用标准凸凹模冲制，用于需要控制互换性的场合。BACD 2012 切口用于地面设备，当需控制互换性时用钻模加工（有时也用冲模）。当有充分间隙时，可不画切口外形。但当切口沿某一中心线不对称时，应画出足够部分以说明切口的确切位置。BACD 代号应指向中心线交点如图 1.24-3 所示。某些情况下，例如研制或当无需控制互换



性时，应在图纸上标全所有切口的尺寸，并选用最大可能的容差。此时应在图上注明：BACD 2010-XX（或 BACD 2012-XX）切口自由。

### 对称切口的图面表示

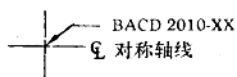


图 1.24-3

E. 非圆形孔 当需开制非圆形孔时，如采用 STB 2047 设计标准，就有通用冲模可用，此时只须标明孔的方向和中心位置，不必说明其他细节。STB 2047 规定各种孔的图面表示代号。一般而言，材料厚度不能超过孔径或槽宽的一半。当有绝对需要时，料厚可等于槽宽。1.24F、G 的冲切限制适用于冲孔。

注：STB 2047 建议，矩形槽孔因其应力分布不利，不宜用于结构件。

F. 一般冲切限制 图 1.24-4 给出标准厚度板模所得冲切质量符合 BAC 5300，即断口无分层、剪切缺陷或毛刺，不足以影响产品可靠性时所能冲切的最大板料厚度。如果应用专门的加厚板模，表中厚度可以适当放宽。当需冲切的零件厚度超过表值时，找材料工艺部门磋商。表中还包含一部分可以冲切的非金属材料，供一般参考。

### G. 噪音区冲切限制①

1969 年 1 月 31 日以后发出的图纸，对 在 145 分贝以上音域内（以下简称噪音区）使用的零件，同样应划分为结构件或非结构件。结构件在材料栏内的典型表示方法见图 1.24-5。如整个装配件处于噪音区，可就装配件加以标注，不必注明每一零件。但当整个装配件注明处于噪音区时，其中全部零件都应作为结构件处理②，例外情况应在装配图的材料规格栏内用空心箭头加以说明，如图 1.24-6 所示。

冲 切 限 制		
材 料	最 大 厚 度	
	容差保证 ±0.25时	容差保证 ±0.76时
硬铝2024-0	2.54	3.97
硬铝2024-T3及T4	2.54	4.06
超强铝7075-0	2.54	3.97
超强铝7075-T6	2.54	4.06
超强铝7178-0	—	3.97
超强铝7178-T6	—	2
鋁D-36	—	2
Fan steel 82	—	1
叠层垫片	—	3.18
镁,状态A①	1	1
镁,状态H①	1	1
Rene'41	—	3.18
Ti6Al-4V(各种状态)	3.18	6.35
Ti8Al-1Mo-1V(各种状态)	3.18	6.35
磷青铜	—	2
软铜	—	3.97
酚醛层板	—	2.29
玻璃纤维层板	—	1.6
钢4130-N	—	4.06
钢1020	—	3.18
不锈钢, 状态A	—	3.18
不锈钢, 状态H	—	2.34
不锈钢 302	—	4.06
不锈钢 321	2.06	3.56
不锈钢 17-7PH	2.06	4.57
不锈钢 15-7Mo	2.06	4.57
铜酚醛夹层板	—	2.59
尼龙(MIL-D-17091)	—	3.18
软木	—	12.7
铅	—	3.81
橡皮	—	3.81
泡沫橡皮	—	9.52

①厚度超过 1 产生分层。

图 1.24-4

①噪音区零件的冲切，是一广义名词，其中包括落料、剪切、冲孔、冲切口、冲剪。

②噪音区零件需要区分为结构件与非结构件，非结构件如垫片、垫圈不必按照 BAC 5300 的规定采用结构件的严格而成本高的加工控制。

		包铝板 2024-T3 QQ-A-250/5
名	称	区
材料明细表		
零件用于噪音区，边缘必须符合 BAC5300 对于结构件的要求		

图 1.24-5

- 4	不尾肋组合作		
- 3	复板		包铝板 2024-T351 QQ-A-250/5
- 2	锁板支架		不包铝板 6061-T4 QQ-A-250/11
- 1	锁板角材		挤压型材 2024-T3511 QQ-A-200/3
零件号	名称	区	材料及规格
材料明细表			
整个组件按在噪音区内处理，所有板金件边缘必须符合 BAC5300 规定			
非结构件			

图 1.24-6

## 1.25 熔切

熔切在某些条件下可以优先用于复杂外形零件的下料。容易切出曲线及内凹外形。外角可以是锐角或圆角。气动结构件边缘熔切后必须进一步加工。切除深度取决于材料种类及加工能力。非飞行用结构件如用普通碳钢或结构钢制造，可以切成最后尺寸。其他钢应将整个熔切面除净（见 BAC 5929）。每次都与材料工艺部门磋商。

镁合金不能熔切。

2000 及 7000 系列铝合金不应熔切。

钛合金应按 BAC 5961 加工要求进行熔切。见 1.772。

## 1.26 电磁冲切

电磁冲切是较新的工艺方法，利用电磁力将凸凹模合拢。目前的应用包括同时冲切和弯边。更详细的情况以及使用限制，将在条件成熟时增补，在此以前找材料工艺部门磋商。

## 1.27 冲剪 (7-18-69, 技术修订日期 7-18-69)

靠模冲剪或跟踪冲剪可用于板料的曲线切割，尤其适用于不宜回臂铣切的钛和钢板下料。

## 1.28 砂轮磨切

砂轮磨切往往满意地用于钢、钛、超级合金、耐热合金的切割，但一般不适用于较软的材料，如铝、镁，因容易堵塞磨轮。为了尽量减少过热，宜用小切削量，大量使用冷却液。参阅 1.7327 钢的砂轮磨切，1.7728 钛的砂轮磨切。

## 1.3 成形方法

成形方法视材料种类、热处理状态和零件形状而有很大变化。只要可能，零件应设计成可用多种方法成形，提供选择余地。

基本方法的说明和限制如下。

### 1.31 闸压成形

闸压是经济的成形方法，一般用于简单的等弯曲半径，相等或均变弯曲角的直线弯曲，弯折线可能沿平板料的任意开敞直线，得出弯边件或弯曲件，也可能沿平条料宽度方向的若干点，得出槽形、角形等几乎所有形式的型材。

只要弯曲半径合适，闸压退火料或淬火料同样方便（淬火钢和钛属于例外）。

除钢和钛外，弯边件应尽可能设计成可在最后热处理状态下闸压。

简单弯边的最大闸压宽度实际上不受限制。不用逐次送进的最大闸压长度是 7315。逐次送进的闸压长度不受限制。

各种材料和厚度的最小弯边宽度和标准最小弯曲半径见 1.7。

闸压成形弯边的尺寸标准和容差应符合 1.6 规定。

### 1.311 最小弯边宽度

闸压成形的最小弯边宽度取决于材料种类、弯曲半径和通用模具的几何参数。不同材料的成形极限具体数据见 1.7132、1.7233、1.7333、1.7433 及 1.7733。如果采用专用工装在经济上有利，可以减小弯边宽度。与材料工艺部门磋商。

### 1.312 U 形和 Z 形弯边

U 形和 Z 形弯边的开敞性极限尺寸如下。

A. Z 形剖面 Z 形剖面用通用模 闸压的最小宽度 W 如图 1.312-1 所示。

$$W = F_{\min} + R + 2t$$

式中  $F_{\min} = 2R + 2t$

R = 标准弯曲半径

t = 材料厚度

B. U 形剖面 通用模所能成形的最大反弯边如图 1.312-2 所示。最小反弯边  $F_1$  与

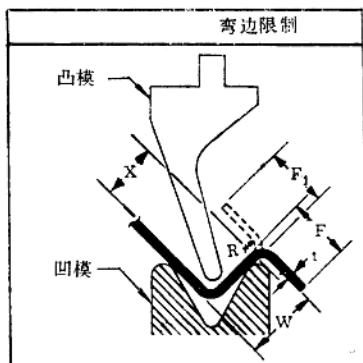


图 1.312-1

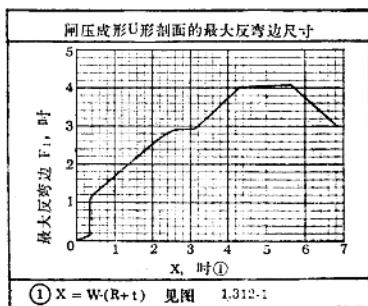


图 1.312-2

### 1.313 闸压件展开图

闸压件的设计应遵循下述准则（图 1.313-1）。

图 1.312-1

中 F 相同。

最小宽度 W

与上节 A 相

同。

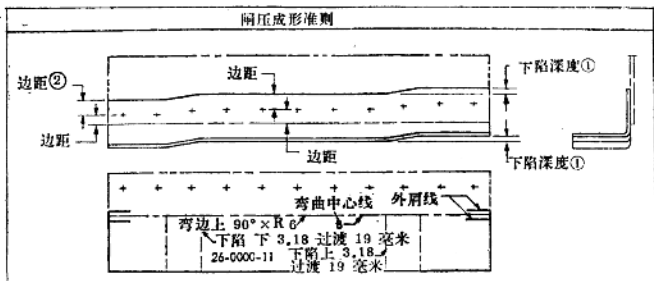


图 1.313-1

注：图面只画展开图，其他视图供解释用。

① 下陷使邻近的弯边材料发生串动。串动量取决于下陷深度及弯边的弯曲角。

② 弯边上的孔可在展开图上标出。应检查串动的材料部位是否干扰零件装配和使连接边距不足。

A. 简单的直弯边件生产最经济。

B. 闸压成形的型材下陷应符合 1.313-1。当设计不能使用标准下陷而需用非标准下陷时，参数与材料工艺部门磋商。

C. 板弯件的下陷最小过渡区长度应等于下陷深度的六倍。

D. 闸压件展开料的图面表示方法参阅制图标准 D-4900。

### 1.314 容差

A. 正常生产实践 零件用通用模闸压，容差在  $\pm 0.76$  以内。

钛合金零件，当弯折三次或三次以上，长度超过 460 吋，闸压的线性尺寸容差为  $\pm 1.27$ 。此数字适用于两弯折肩线之间距离，肩线与孔或肩线与边缘之间距离。

采用较大的容差可使所有闸压件节省费用。如果某些尺寸需比其他尺寸提高精度，应对所有尺寸单独标注容差。

某些闸压件使用专用工装可以提高精度。可在凸、凹模上装两个定位销，利用毛料上两个孔来确定弯折线位置。工具孔可以留在成品零件上或放在耳片上事后剪去。见 1.533。

当需提高精度时，与材料工艺部门磋商。

B. 弯边角度容差。见 1.6 “尺寸标注”。

## 1.32 复合或多曲度成形 (7-18-69, 技术修订日期 7-18-69)

当零件形状带有曲弯边、加强槽或曲面外形时，必须使用多方向的成形方法，诸如液压成形，高能成形，模压成形。这些方法讨论如下。

### 1.321 液压成形

液压成形是生产平面弯边件的最经济方法。零件平面复板上可有一个或多个加强槽，外形带曲弯边或若干直弯边。以上各元素应往板料一个方向成形，弯边也可以往相反方向成形，但将需要专用工装。液压机也可以完成少量的线压延（除加强槽外）和曲面成形等。但是这种用法需要专门技能和准备，对于批生产

设计最好不用。

液压件的一般设计守则如下：

A. 弯边宽度或加强槽与弯边宽度叠加，不应超过 76。

B. 凡是可能，弯边总应往一个方向翻。用槽形剖面 (U) 比用 Z 形剖面 (Z) 好。

C. 设计开角弯边 (V) 比闭角弯边 (W) 好。

D. 设计简单弯边比容皱弯边好。

E. 液压件的最小标准弯曲半径不得小于所用材料的规定值。

F. 液压机台面尺寸限制。见图 1.321-1。

液 压 机 台 面 限 制		
名义成形压力 公斤/厘米 <sup>2</sup>	实际台面尺寸 (毫米)	建议最大展 开料尺寸 (毫米)
西雅图/Renton		
140-169	1219 × 3048	1016 × 2845
210-246	1016 × 2540	813 × 2337
最大 703	1270 × 2946	1067 × 2743
最大 703	1270 × 4165	1067 × 3962
Wichita 厂		
112-140	1219 × 3734	1016 × 3531
垂直起落分公司		
246	1270 × 3048	1041 × 2718
74	1168 × 2261	965 × 2057

图 1.321-1

G. 钛零件在任何液压成形工序后必须进行热校形。

### 1.3211 液压件展开图

A. 最简单的展开图，生产最经济。直边

和不中断的光滑曲线外形有优越性，可以减少下料用铣切样板和板模的成本。

B. 对于下述材料下陷过渡区与深度之比应是 6 比 1；

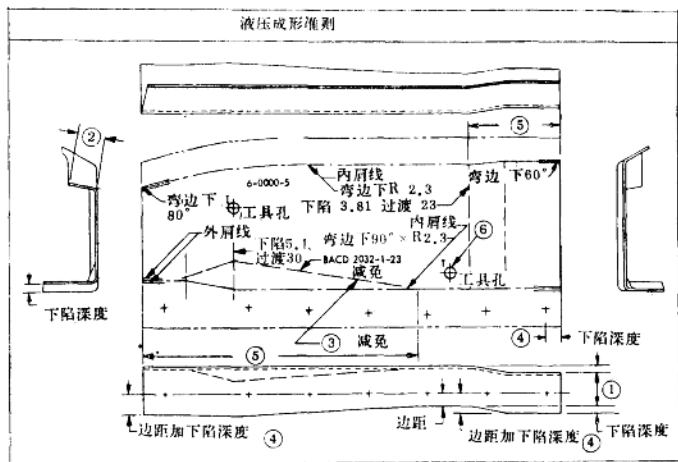
1. 铝合金，所有热处理状态。

2. 镁合金，退火和硬化状态。

3. 不锈钢，退火料，所有类型。

4. 钛合金一见 1.77443。

C. 直弯边件的展开图大体如图 1.3211-2 所示。除直弯边外，零件的其他部分见图 1.3211-1



注：图面只给展开图；成形零件的其他视图仅供解释用。

① 下陷将材料挤向弯边。排挤量取决于下陷深度和弯曲角。应考虑挤出的材料部位不致在装配中妨碍其他零件或使连接边距不足。

② 未减免的压缩边宽度极限见 1.3214。

③ 厚度 1.8 及 1.8 以下材料应采用 BACD 2032-1 下陷减免；厚度 1.8 以上不需要减免。液压成形后进行热处理的零件不必采用下陷减免。当零件需要减免而展开图中省略不用时，除非下陷区许可有 1.5 毫米波纹度，否则必须额外手工修整。

BACD 2032 后面所附数字说明零件设计中所用的下陷形式。后面所附第二个数字表示 BACD 2032 的斜坡角度。

当间隙受限制不能使用 BACD 2032-1 时，应用 BACD 2032-2。

④ 由于弯边上的下陷和减免不足以产生明显的材料收放，连接孔位置可在展开图上标定。

为使连接孔的中心近似在一直线上，展开图上孔的位置应在边距加下陷深度处。

⑤ 所有情况下图纸上加注：“下陷和减免区的弯边宽度公差 ±1.5”。

⑥ 见 1.533。

图 1.3211-1

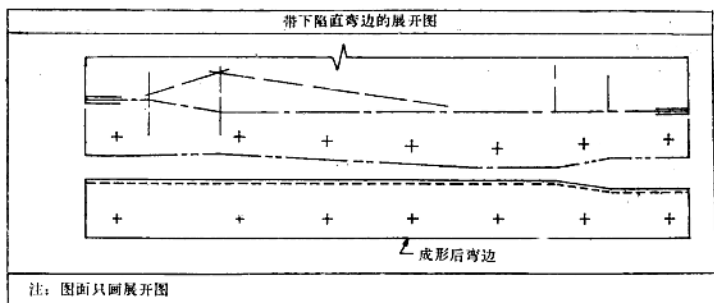


图 1.3211-2

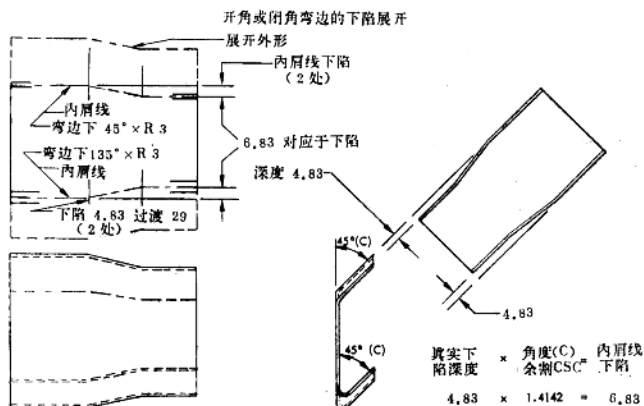


图 1.3211-3

D. 开角或闭角弯边的下陷展开 开角或闭角弯边的下陷, 反映在展开图的内屑线上, 必须加深。否则按展开图制造的成形模, 下陷深度将小于需要值。图 1.3211-3说明下陷的展开。图中并未表示下陷减免等, 不能当作良好的设计或制图范例。

展开图上内屑线的下陷深度等于需要的下陷深度乘以对应角度的余割。开角弯边的对应

角度(C)即弯曲角。闭角弯边的对应角度(C)等于弯边的夹角。如果三角函数表不全, 应用下列关系:

$$\operatorname{csc} \alpha = \frac{1}{\sin \alpha}$$

### 1.3212 液压成形弯边

液压成形弯边的极限宽度取决于材料、热处理状态及平面曲率半径。最小和最大宽度值

见 1.7 节各类材料的成形极限。

### 1.3213 液压成形拉伸边

如果拉伸边成形中变薄率将超过 BACD 5300 所规定的 5%，必须注明厚度容差。所能成形的最大弯边高度见 1.7。

A. 不减免弯边 为了防止不减免弯边过分变薄，弯边高度应加限制。见 1.7 “材料成形极限”。

B. 减免凹弯边 当凹弯边的需要宽度超出减免弯边的最大可能时，可用 BACD 2031 缺口减免拉伸边。见图 1.3213-1。

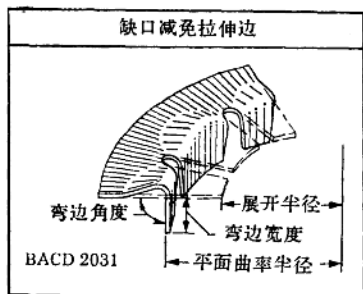


图 1.3213-1

C. Z 形凹弯边 如果下述设计标准的容差合适，Z 形弯边圆孔最好用 BACD 2000，I 或 II 型，非整圆孔用 BACD

2002。图面表示方法见 1.3215。BACD 2002 适用于任意平面外形的 Z 形弯边（曲率半径变化或连续）。BACD 2002 也可用于整圆孔或敞开的部分圆孔。当上述设计标准的容差过宽，不符使用要求时，应按下述 1.2.3 条设计 Z 形弯边。变曲率半径 Z 形

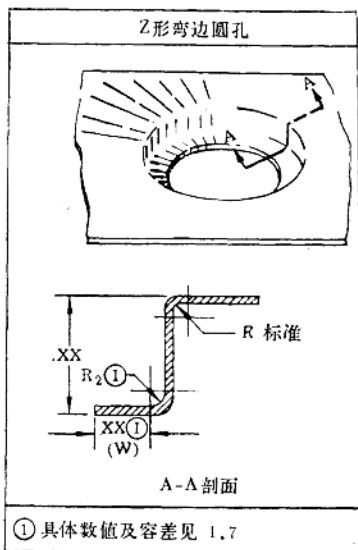


图 1.3213-2

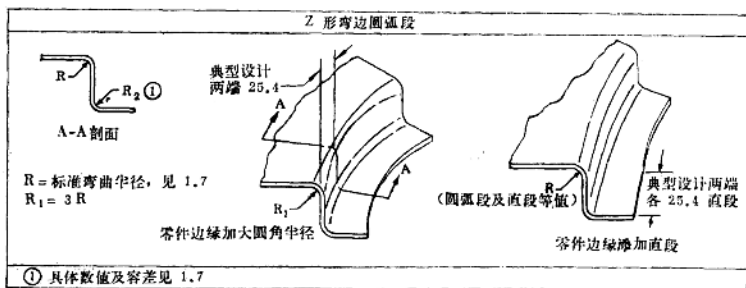


图 1.3213-3

弯边的成形精度需要高于 BACD 2002 时,找材料工艺部门商定有关弯曲半径、弯曲角和容差的合理值。

1. Z 形弯边高度、 $R_2$  值及容差必须符合 1.7 “材料成形极限”。
2. 如果只需要部分圆弧,必须在圆弧两端加大弯曲半径 ( $R_1$ ) 以防断裂,或者添加 25.4 直段,如图 1.3213-3 所示。
3. Z 形弯边的图面应如图 1.3213-2 和 1.3213-3 所示画出剖面,剖面上注明所有尺寸和容差。 $R_2$  许可大的容差,其值视厚度和成形压力而定。 $W$  的容差随  $R_2$  容差变化。

#### 1.3214 液压成形压缩边

A. 不减免弯边 退火料可用液压成形不减免弯边。硬化或淬火强化料不能获得有用的压缩量。不减免压缩边的尺寸限制见 1.7 “材料成形极限”。

B. 减免弯边 当零件可能液压成形时,从 1.7 “材料成形极限”的有关部分核对最大许用弯边宽度。当弯边宽度必须超出 1.7 规定时,应采用 BACD2021 容皱压缩边(图 1.3214-1)或 BACD2030 I 型斜坡减免(图 1.3214-2),并且注明,皱槽位置只要躲开连接部位,可在模具上自由确定。如果压缩边以内表面必须光滑,采用 BACD 2030 I 型斜坡减免(图 1.3214-2)或 BACD 2020 缺口减免(图 1.3214-3)。必须表明减免形式和间

距。如果不能使用上述减免,零件就不能用标准方法液压成形而须采用更费钱的模具结构。

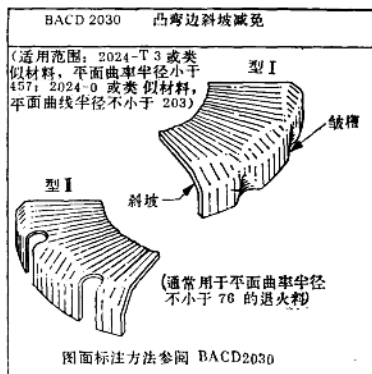


图 1.3214-2

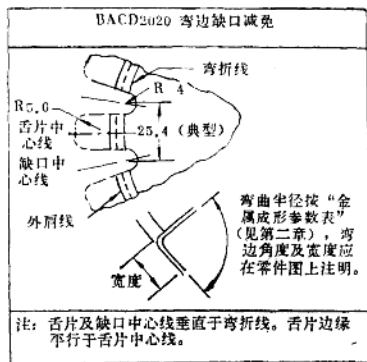


图 1.3214-3

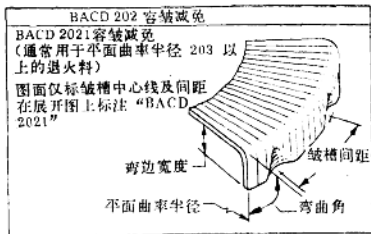


图 1.3214-1

#### 1.3215 凸边减轻孔

液压件的圆形凸边减轻孔应按 BACD2000 设计。BACD2000 “液压凸边减轻孔”分三种: I 型简单弯边, II 型 Z 形弯边, III 型模内冲孔 Z 形弯边。III 型用于一定的板料厚度,选用时应加注意。此法更经济,因工装费用较低,一次冲孔翻边提高工效,并可减少打毛刺



等修整工时。

液压件的非圆形减轻孔应按 BACD2002 “变曲率半径液压凸边孔”设计，用 Z 形弯边。典型减轻孔的剖面见图 1.3215-1。

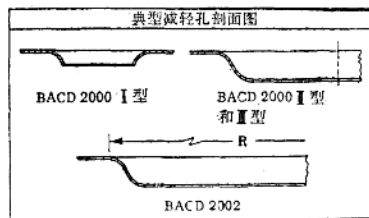


图 1.3215-1

液压凸边减轻孔在展开图上的图面表示和标注见图 1.3215-2。不必画出成形后的减轻孔形状，因成形公差很宽。BACD2000 应画内扇线，直径等于“零件设计规范”的尺寸 D，并选用对应的展开半径。BACD2002 的半径、内扇线、展开等尺寸应按“零件设计规范”的名义尺寸计算。

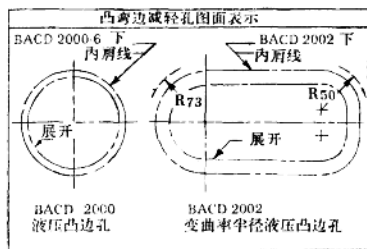


图 1.3215-2

### 1.3216 液压加强槽

A. 加强槽可以突起或凹下。凹加强槽利用成形模顶面的凹槽成形，变形方向与弯边相同。凸加强槽在成形模的凸边上成形，变形方向与弯边相反。凹加强槽的成形极限深度小于凸加强槽，但是压制容易。两种类型的模具费用大致相等。

B. 标准凹加强槽采用 BACD 2003 “轻型加强槽”规格，用于 0.5 至 2 毫米厚板料，圆形端头，共分两种槽宽：-1 名义宽 31.8 毫米，-2 和 -3 名义宽 50.8 毫米。BACD 2029 “轻型加强槽”分成不同长度，每种长度各有对应的零件设计分号。

C. 非标准凹加强槽可类似于 BACD2003 设计。宽高比取决于材料及热处理状态。许用值见 1.7 “材料成形极限”。

D. 标准凸加强槽采用 BACD 2004 “液压凸加强槽”规格，用于 0.5 至 1.27 毫米厚板料，方形或铲形端头，分成几种槽宽。

E. 非标准凸加强槽可类似于 BACD2004 设计，宽高比最好与邻接加强槽相同；但必要时也可另行变化。

F. 非标准加强槽在所有情况下都必须注全尺寸。尺寸和公差标注方法与 BACD 200<sup>3</sup> 和 BACD2004 相同，只是不注模具尺寸。凹加强槽优先用圆形端头，凸加强槽优先用方形端头。

当加强槽端头接近自由边时，应保持标准最小边距 9.7 毫米。加强槽端头可以与弯边弯折线重合。

液压加强槽在展开图上用虚线及标注表示，虚线尺寸对应于槽的切线，即槽以弯折起始线，如图 1.3216-1 所示。

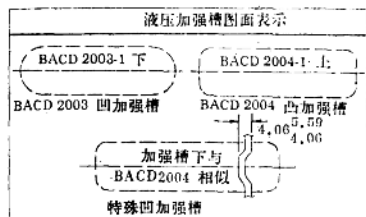


图 1.3216-1

### 1.3217 容差

液压成形钣金件的最小实用容差为 ±0.76。