

# 结构设计工艺手册

## 前言

公司现有零件中，不仅在打样过程中经常会有一些加工工艺性的问题，也有很多归档转产的零件存在加工困难的情况，不仅影响生产进度和交货，也影响结构件的质量。如钣金零件的折弯，经常会发生**折弯碰刀**的情况；落料的外圆角、半圆凸台、异型孔的规格太多，以及一些不合理的形状设计，**导致加工厂要多开很多不必要的落料模**，大大增加模具的加工和管理成本；插箱的钣金导轨、拉伸凸台等设计，品种越来越多，需要统一、规范；喷漆和丝印，也经常出现喷涂选择不合理导致废品率较高、无法丝印等问题；有些钣金零件的**点焊完全可以适当增加定位**，不增加成本也不影响美观，实际上大部分设计是靠生产的工装定位，不仅麻烦、效率低，精度也不好；很多可以避免焊接的钣金零件，往往设计成角焊的结构形式，焊接和打磨都非常麻烦，不仅效率较低，而且外观质量也经常得不到保证，等等。长期以来，这些相同的问题不断地重复发生，无论对产品质量还是产品的生产和进度，都会产生不良的影响。

编写这本《结构设计工艺手册》目的，就是为了方便工程师在结构设计时查阅一些常用的、关键的数据，更好地保证工程师设计出的零件有较好的加工工艺性，统一结构要素，减少不必要的开模，加快加工进度，降低加工成本，提高产品质量。编写这本手册的同时，对《钣金模具手册》标准进行了彻底的改编，对一些典型的结构形状进行了优化和系列化，减少了品种，并在 intralink 库里对相关的模具建模，不仅方便设计人员进行结构设计，对模具的统一，也会起到较好的效果。

手册中一些典型的数据主要来源于参考资料，一些工艺上的极限尺寸，主要来源于加工厂家提供的数据，是我们应尽可能遵照的。有些正在生产的零件，一些尺寸超出了手册中给出的极限尺寸，但并不能说明这些设计是有良好的工艺性，原则上是在满足产品性能的条件下，尽可能达到最好的加工工艺性。

由于时间和实际经验有限，手册中错误在所难免，恳请大家批评指正，希望经过一定时间的实践检验，经过将来补充、修订、完善之后，能够成为一部非常实用的参考书，对我们的设计工作起到很好的指导作用。考虑手册的篇幅和实用性，以及我们的设计主要是钣金零件设计，因此，本手册主要以钣金件为主。

手册编写得到中兴新的吉海青、胡兴胜、李道清、杜坚、巴新安等大力帮助，在此表示感谢！

顾 问： 张晖 马庆魁 何朝来 何剑波 冯力

编写人员：彭诗林：第一章：钣金零件设计工艺

颜斌鲁：第二章：金属切削件设计工艺

严冬： 第三章：压铸件设计工艺

杨涛： 第四章：铝型材零件设计工艺

郑宁生：第五章 金属的焊接设计工艺

尚玉其：第六章：塑料件设计工艺

刘彦明：第七章 表面处理工艺

温存善、封智：第八章：结构图纸零部件的分级和代码申请

曹水春、陈进云、张向峰、刘肖：《结构设计工艺手册》修改、编辑、汇总

审 核：公司结构工艺专家委员会专家

### 参考标准和书籍：

- Q/ZX 04.101.1-2000 《结构设计规范—文档要求》；  
Q/ZX 04.101.2-2003A 《结构设计规范——颜色要求》  
Q/ZX 04.101.4-2003 《结构设计规范——镀涂表示方法》；  
Q/ZX 04.101.6-2000 《结构设计规范——塑胶面板结构要求》  
Q/ZX 04.101.8-2002 《结构设计规范——丝印要求》  
Q/ZX 04.101.10-203 《结构设计规范—喷砂和拉丝要求》；  
Q/ZX Z 04.400-2005 《单板插件通用化设计指南》  
Q/ZX Z 04.401-2005 《箱体机箱通用化设计指南》  
Q/ZX Z 04.402-2005 《标准插箱通用化设计指南》  
Q/ZX Z 04.403-2005 《19 英寸标准机柜应用指南》  
Q/ZX 28.007.1-2004 《结构材料手册——黑色金属材料》  
Q/ZX 28.007.2-2004 《结构材料手册——有色金属材料》  
Q/ZX 28.007.3-2004 《结构材料手册——非金属材料》  
GB/T 4943 《信息技术设备安全》  
GB/T 8582 《电工、电子设备机械结构术语》  
Q/ZX 23.019 《产品安全性设计标准(试行)》  
《焊接设计简明手册》 机械工业出版社  
《焊接工艺人员手册》 上海科学技术出版社  
《表面工程手册》 机械工业出版社  
《机械设计手册》 化学工业出版社  
《电子设备设计手册》 电子工业出版社  
《结构工艺基本设计手册》（试用稿）  
《工艺结构设计手册》（数冲、激光、数折、非标螺母）  
《钣金冲压工艺手册》 国防工业出版社  
《冷冲压及塑料成型工艺与模具设计》 机械工业出版社  
《机械零件设计手册》 冶金出版社  
《五金手册》 机械工业出版社

# 目 录

1	第一章 钣金零件设计工艺.....	1
1.1	钣金材料的选材.....	1
1.1.1	钣金材料的选材原则.....	1
1.1.2	几种常用的板材.....	1
1.1.3	材料对钣金加工工艺的影响.....	3
1.2	冲孔和落料:.....	5
1.2.1	冲孔和落料的常用方式.....	5
1.2.2	冲孔落料的工艺性设计.....	9
1.3	钣金件的折弯.....	13
1.3.1	模具折弯:.....	13
1.3.2	折弯机折弯.....	14
1.4	钣金件上的螺母、螺钉的结构形式.....	26
1.4.1	铆接螺母 26	
1.4.2	凸焊螺母 28	
1.4.3	翻孔攻丝 30	
1.4.4	涨铆螺母、压铆螺母、拉铆、翻孔攻丝的比较.....	31
1.5	钣金拉伸.....	31
1.5.1	常见拉伸的形式和设计注意事项.....	31
1.5.2	打凸的工艺尺寸.....	32
1.5.3	局部沉凹与压线.....	33
1.5.4	加强筋 33	
1.6	其它工艺.....	34
1.6.1	抽孔铆接 34	
1.6.2	托克斯铆接.....	35
1.7	沉头的尺寸统一.....	35
1.7.1	螺钉沉头孔的尺寸.....	35
1.7.2	孔沉头铆钉的沉头孔的尺寸的统一.....	36
1.7.3	沉头螺钉连接的薄板的特别处理.....	36
2	第二章 金属切削件设计工艺.....	36
2.1	常用金属切削加工性能.....	36
2.2	零件的加工余量.....	37
2.2.1	零件毛坯的选择和加工余量.....	37
2.2.2	工序间的加工余量.....	37
2.3	不同设备的切削特性、加工精度和粗糙度的选择.....	38
2.3.1	常用设备的加工方法与表面粗糙度的对应关系.....	38
2.3.2	常用公差等级与表面粗糙度数值的对应关系.....	38
2.4	螺纹设计加工.....	39

2.4.1	普通螺纹的加工方法.....	39
2.4.2	普通螺纹加工常用数据.....	39
2.4.3	普通螺纹的标记.....	40
2.4.4	普通螺纹公差带的选用及精度等级.....	40
2.4.5	英制螺纹的尺寸系列.....	41
2.5	常见热处理选择和硬度选择。.....	41
2.5.1	结构钢零件热处理方法选择.....	41
2.5.2	热处理对零件结构设计的一般要求.....	42
2.5.3	硬度选择	42
3	第三章 压铸件设计工艺.....	43
3.1	压铸工艺成型原理及特点.....	43
3.2	压铸件的设计要求.....	44
3.2.1	压铸件设计的形状结构要求.....	44
3.2.2	压铸件设计的壁厚要求.....	44
3.2.3	压铸件的加强筋/肋的设计要求.....	44
3.2.4	压铸件的圆角设计要求.....	45
3.2.5	压铸件设计的铸造斜度要求.....	45
3.2.6	压铸件的常用材料.....	45
3.2.7	压铸模具的常用材料.....	45
4	第四章 铝型材零件设计工艺.....	45
3.3	型材挤压加工的基本常识.....	46
3.3.1	铝型材的生产工艺流程.....	46
3.3.2	常见型材挤压方法.....	46
3.3.3	空心型材挤压模具简单介绍.....	48
3.4	铝型材常用材料及供货状态.....	49
3.5	铝型材零件的加工及表面处理.....	50
3.5.1	铝合金型材零件的加工.....	50
3.5.2	铝合金型材零件的表面处理.....	50
4	<b>第五章 金属的焊接设计工艺</b> .....	51
4.1	金属的可焊性.....	51
4.1.1	不同金属材料之间焊接及其焊接性能.....	51
4.1.2	同种金属的焊接性能.....	51
4.2	点焊设计.....	53
4.2.1	接头型式	53
4.2.2	点焊的典型结构.....	53
4.2.3	点焊的排列.....	53
4.2.4	钢板点焊直径以及焊点之间的距离.....	54
4.2.5	铝合金板材的点焊.....	55
4.2.6	点焊的定位.....	55
4.3	角焊	56

4.4 缝焊	56
<b>5 第六章 塑料件设计工艺</b>	<b>57</b>
5.1 塑胶件设计一般步骤	57
5.2 公司不同的产品系列推荐的材料种类	57
5.3 塑胶件的表面处理	58
5.4 塑胶件的工艺技术要求	59
5.4.1 塑胶件零件的壁厚选择	59
5.4.2 塑胶零件的脱模斜度	59
5.4.3 塑胶零件的尺寸精度	60
5.4.4 塑胶的表面粗糙度	61
5.4.5 圆角	61
5.4.6 加强筋的问题	62
5.4.7 支承面	62
5.4.8 斜顶与行位问题	62
5.5 塑胶的极限工艺问题的处理方法	63
5.6 塑胶零件常须解决的问题	64
5.7 塑胶件正在进入的领域	65
<b>6 第七章 表面处理工艺</b>	<b>66</b>
6.1 金属镀覆	66
6.1.1 金属镀覆工艺范围	66
6.1.2 电镀基础介绍	66
6.1.3 金属镀覆设计注意事项	67
6.1.4 几种常用零件电、化学处理推荐	69
6.2 表面喷涂	69
6.2.1 喷涂基础介绍	69
6.2.2 表面效果选择原则	70
6.2.3 喷粉、喷漆设计注意事项	70
6.3 表面丝印	72
6.3.1 丝网印刷原理	72
6.3.2 丝网印刷的主要特点	72
6.3.3 丝印设计注意事项	73
6.4 移印介绍	73
<b>7 第八章 结构图纸零部件的分级和代码申请</b>	<b>74</b>
7.1 零部件分级和代码申请的基本原则	74
7.2 单板整件图纸的分级方法	74
7.3 插箱整件图纸的分级方法和代码申请方法	76
7.4 整机配置（含机柜）的图纸的分级方法	78

# 1 第一章 钣金零件设计工艺

## 1.1 钣金材料的选材

钣金材料是通信产品结构设计中最常用的材料，了解材料的综合性能和正确的选材，对产品成本、产品性能、产品质量、加工工艺性都有重要的影响。

### 1.1.1 钣金材料的选材原则

- 1) 选用常见的金属材料，减少材料规格品种，尽可能控制在公司材料手册范围内；
- 2) 在同一产品中，尽可能的减少材料的品种和板材厚度规格；
- 3) 在保证零件的功能的前提下，尽量选用廉价的材料品种，并降低材料的消耗，降低材料成本；
- 4) 对于机柜和一些大的插箱，需要充分考虑降低整机的重量；
- 5) 除保证零件的功能的前提外，还必须考虑材料的冲压性能应满足加工工艺要求，以保证制品的加工的合理性和质量。

### 1.1.2 几种常用的板材介绍

#### 1.1.2.1 钢板

##### 1) 冷轧薄钢板

冷轧薄钢板是碳素结构钢冷轧板的简称，它是由碳素结构钢热轧钢带，经过进一步冷轧制成厚度小于 4mm 的钢板。由于在常温下轧制，不产生氧化铁皮，因此，冷板表面质量好，尺寸精度高，再加之退火处理，其机械性能和工艺性能都优于热轧薄钢板。常用的牌号为低碳钢 08F 和 10#钢，具有良好的落料、折弯性能。

##### 2) 连续电镀锌冷轧薄钢板

连续电镀锌冷轧薄钢板，即“电解板”，指电镀锌作业线上在电场作用下，锌从锌盐的水溶液中连续沉积到预先准备好的钢带表面上得到表面镀锌层的过程，因为工艺所限，镀层较薄。

##### 3) 连续热镀锌薄钢板

连续热镀锌薄钢板简称镀锌板或白铁皮，是厚度 0.25~2.5mm 的冷轧连续热镀锌薄钢板和钢带，钢带先通过火焰加热的预热炉，烧掉表面残油，同时在表面生成氧化铁膜，再进入含有  $H_2$ 、 $N_2$  混合气体的还原退火炉加热到 710~920℃，使氧化铁膜还原成海绵铁，表面活化和净化了的带钢冷却到稍高于熔锌的温度后，进入 450~460℃ 的锌锅，利用气刀控制锌层表面厚度。最后经铬酸盐溶液钝化处理，以提高耐白锈性。与电镀锌板表面相比，其镀层较厚，主要用于要求耐腐蚀性较强的钣金件。

##### 4) 覆铝锌板

覆铝锌板的铝锌合金镀层是由 55%铝、43.4%锌与 1.6%硅在 600℃ 高温下固化而组成，形成致密的四元结晶体保护层，具有优良的耐腐蚀性，正常使用寿命可达 25 年，比镀锌板

长 3-6 倍，与不锈钢相当。覆铝锌板的耐腐蚀性来自铝的障碍层保护功能，和锌的牺牲性保护功能。当锌在切边、刮痕及镀层擦伤部分作牺牲保护时，铝便形成不能溶解的氧化物层，发挥屏障保护功能。

上述 2)、3)、4) 钢板统称为涂层钢板，在国内通讯设备上广泛采用，涂层钢板加工后可以不再电镀、油漆，切口不做特殊处理，便可直接使用，也可以进行特殊磷化处理，提高切口耐锈蚀的能力。从成本分析看，采用连续电镀锌薄钢板，加工厂不必将零件送去电镀，节省电镀时间和运输出费用，另外零件喷涂前也不用酸洗，提高了加工效率。

5) 不锈钢板

因为具有较强的耐腐蚀能力、良好的导电性能、强度较高等优点，使用非常广泛，但也要充分考虑它的缺点：材料价格很贵，是普通镀锌板的 4 倍；材料强度较高对数控冲床的刀具磨损较大一般不适合数控冲床上加工；**不锈钢板的压铆螺母要采用高强度的特种不锈钢材料的压铆螺母，价格很贵；压铆螺母铆接不牢固经常需要再点焊；表面喷涂的附着力不高、质量不宜控制；材料回弹较大折弯和冲压不易保证形状和尺寸精度。**

1.1.2.2 铝和铝合金板

通常使用的铝和铝合金板主要有以下三种材料：防锈铝 3A21、防锈铝 5A02 和硬铝 2A06。

防锈铝 3A21 即为老牌号 LF21，系 AL—Mn 合金，是应用最广的一种防锈铝。这种合金的强度不高（仅高于工业纯铝），不能热处理强化。故常用冷加工方法来提高它的力学性能，在退火状态下有高的塑性，在半冷作硬化时塑性尚好。冷作硬化时塑性低，耐蚀性好，焊接性良好。

防锈铝 5A02 即为老牌号 LF2 系 AL—Mg 防锈铝，与 3A21 相比，5A02 强度较高，特别是具有较高的疲劳强度、塑性与耐蚀性高。热处理不能强化，用接触焊和氢原子焊焊接性良好，氩弧焊时有形成结晶裂纹的倾向，合金在冷作硬化时有形成结晶裂纹的倾向。合金在冷作硬化和半冷作硬化状态下可切削性较好，退火状态下可切削性不良，可抛光。

硬铝 2A06 为老牌号的 LY6，是常用的硬铝牌号。硬铝和超硬铝比一般的铝合金具有更高的强度和硬度，可以作为一些面板类的材料，但是塑性较差，不能进行折弯，折弯会造成外圆角部位有裂缝或者开裂。

铝合金的牌号和状态已经有新的标准，牌号表示方法的标准代号为 GB/T16474—1996，状态代号 GB/T16475—1996，与老标准的对照表如下表 1-1 所示：

表 1-1 铝合金新旧牌号对照表

牌 号								状 态	
新	旧	新	旧	新	旧	新	旧	新	旧
1070A	L1	5A06	LF6	2A80	LD8	2A14	LD10	H12	R
1060	L2	5A12	LF12	2A90	LD9	2A50	LD5	O	M
1050A	L3	8A06	L6	4A11	LD11	6A02	LD2	T4	CZ
1035	L4	3A21	LF21	6063	LD31	7A04	LC4	T5	RCS
1200	L5	2A02	LY2	6061	LD30	7A09	LC9	T6	CS
5A02	LF2	2A06	LY6	2A11	LY11				
5A03	LF3	2A16	LY16	2A12	LY12				

5A05	LF5	2A70	LD7	2A13	LY13				
------	-----	------	-----	------	------	--	--	--	--

### 1.1.2.3 铜和铜合金板

常用的铜和铜合金板材主要有两种，紫铜 T2 和黄铜 H62，

紫铜 T2 是最常用的纯铜，外观呈紫色，又称紫铜，具有高的导电、导热性、良好的耐腐蚀性和成形性，但强度和硬度比黄铜低得多，价格也是非常昂贵，主要用作导电、导热和耐用消费品腐蚀元件，一般用于电源上需要承载大电流的零件。

黄铜 H62，属高锌黄铜，具有较高的强度和优良的冷、热加工性，易于进行各种形式的压力加工和切削加工。主要用于各种深拉伸和折弯的受力零件，其导电性不如紫铜，但有较好强度和硬度，价格也比较适中，在满足导电要求的情况下，尽可能选用黄铜 H62 代替紫铜，可以大大降低材料成本，如汇流排，目前绝大部分汇流排的导电片都是采用黄铜 H62，事实证明完全满足要求。

### 1.1.3 材料对钣金加工工艺的影响

钣金加工主要有三种：冲裁、弯曲、拉伸，不同的加工工艺对板材有不同要求，钣金的选材也应该根据产品的大致形状和加工工艺考虑板材的选择。

#### 1.1.3.1 材料对冲裁加工的影响

冲裁要求板材应具有足够的塑性，以保证冲裁时板材不开裂。软材料（如纯铝、防锈铝、黄铜、紫铜、低碳钢等）具有良好的冲裁性能，冲裁后可获得断面光滑和倾斜度很小的制件；硬材料（如高碳钢、不锈钢、硬铝、超硬铝等）冲裁后质量不好，断面不平度大，对厚板料尤为严重。对于脆性材料，在冲裁后易产生撕裂现象，特别是宽度很小的情况下，容易产生撕裂。

#### 1.1.3.2 材料对弯曲加工的影响

需要弯曲成形的板材，应有足够的塑性、较低的屈服极限。塑性高的板材，弯曲时不易开裂，较低屈服极限和较低弹性模量的板料，弯曲后回弹变形小，容易得到尺寸准确的弯曲形状。含碳量 $<0.2\%$ 的低碳钢、黄铜和铝等塑性好的材料容易弯曲成形；脆性较大的材料，如磷青铜（QSn6.5~2.5）、弹簧钢（65Mn）、硬铝、超硬铝等，弯曲时必须具有较大的相对弯曲半径（ $r/t$ ），否则在弯曲过程中易发生开裂。特别要注意材料的硬软状态的选择，对弯曲性能有很大的影响，很多脆性材料，折弯会造成外圆角开裂甚至折弯断裂，还有一些含碳量较高的钢板，如果选择硬质状态，折弯也会造成外圆角开裂甚至折弯断裂，这些都应该尽量避免。

#### 1.1.3.3 材料对拉伸加工的影响

板材的拉伸，特别是深拉伸，是钣金加工工艺中较难的一种，不仅要求拉伸的深度尽量小，形状尽可能简单、圆滑过渡，还要求材料有较好的塑性，否则，非常容易引起零件整体扭曲变形、局部打皱、甚至拉伸部位拉裂。屈服极限低和板厚方向性系数大，板料的屈强比 $\sigma_s/\sigma_b$ 越小，冲压性能就越好，一次变形的极限程度越大。板厚方向性系数 $>1$ 时，宽度方向上的变形比厚度方向上的变形容易。拉伸圆角 R 值越大，在拉伸过程中越不容易产生变薄和发生断裂，拉伸性能就越好。常见的拉伸性能较好的材料有：纯铝板、08A1，ST16、SPCD。

1.1.3.4 材料对刚度的影响

在钣金结构设计中，经常遇到钣金结构件的刚度不能满足要求，结构设计师往往会用高碳钢或不锈钢代替低碳钢，或者用强度硬度较高的硬铝合金代替普通铝合金，期望提高零件的刚度，实际上没有明显的效果。对于同一种基材的材料，通过热处理、合金化能大幅提高材料的强度和硬度，但对刚度的改变很小，提高零件的刚度，只有通过变换材料、改变零件的形状，才能达到一定的效果，不同材料的弹性模量和剪切模量参见表 1-2。

表 1-2 常见材料的弹性模量和剪切模量

名称	弹性模量 E GPa	切变模量 G GPa	名称	弹性模量 E GPa	切变模量 G GPa
灰铸铁	118~126	44.3	轧制锌	82	31.4
球墨铸铁	173		铅	16	6.8
碳钢、 镍铬钢	206	79.4	玻璃	55	1.96
铸钢	202		有机玻璃	2.35~29.4	
轧制纯铜	108	39.2	橡胶	0.0078	
冷拔纯铜	127	48	电木	1.96~2.94	0.69~2.06
轧制磷锡青铜	113	41.2	夹布酚醛塑料	3.95~8.83	
冷拔黄铜	89~97	34.3~36.3	赛璐珞	1.71~1.89	0.69~0.98
轧制锰青铜	108	39.2	尼龙 1010	1.07	
轧制铝	68	25.5~26.5	硬四氯乙烯	3.14~3.92	
拔制铝线	69		聚四氯乙烯	1.14~1.42	
铸铝青铜	103	11.1	低压聚乙烯	0.54~0.75	
铸锡青铜	103		高压聚乙烯	0.147~0.24	
硬铝合金	70	26.5	混凝土	13.73~39.2	4.9~15.69

1.1.3.5 常用板材的性能比较

表1-3 几种常用板材的性能比较

材料	价 格 系数	搭 接 电 阻 (mΩ)	数控冲 床加工 性能	激 光 加 工 性能	折 弯 性能	涨 铆 螺 母 工 艺 性	压 铆 螺 母 工 艺 性	表 面 喷涂	切口 防护 性能。
冷轧钢板镀蓝锌	1.0		好	好	好	好	好	一般	较好
冷轧钢板镀彩锌	1.2	27	好	好	好	好	好	一般	好
连续电镀锌钢板	1.7	26	好	好	好	好	好	一般	最差
热镀锌钢板	1.3	26	好	好	好	好	好	一般	较差
覆铝锌板	1.4	23	好	好	好	好	好	一般	差
不锈钢	6.5	60	差	好	一般	差	很差	差	好
防锈铝板	2.9	46	一般	极差	好	好	好	一般	好
硬铝、超硬铝板	3.0	46	一般	极差	极差	好	好	一般	好

T2 铜板	5.6		好	极差	好	好	好	一般	好
黄铜板	5.0		好	极差	好	好	好	一般	好

注：1，表中的数据与材料具体的牌号和厂家均有关系，仅作为定性参考之用。

2，铝合金、铜合金板材在激光切割上加工性极差，一般不能采用激光加工。

## 1.2 冲孔和落料：

### 1.2.1 冲孔和落料的常用方式

#### 1.2.1.1 数控冲冲孔和落料：

数控冲冲孔和落料，就是利用在数控冲床上的单片机预先输入对钣金零件的加工程序（尺寸，加工路径，加工工具等等信息），使数控冲床采用各种刀具，通过丰富的 NC 指令可以实现各种各样的冲孔、切边、成形等形式的加工。数控冲一般不能实现形状太复杂的冲孔和落料。特点：速度快，省模具。加工灵活，方便。基本上能够满足样品下料生产中的需要。

注意的问题及要求：薄材( $t < 0.6$ )不好加工，材料易变形；加工范围受刀具，夹爪等限制；适中的硬度和韧性有较好的冲裁加工性能；硬度太高会使冲裁力变大，对冲头和精度都有不好的影响；硬度太低，使冲裁时变形严重，精度受到很大的限制；高的塑性对成形加工有利，但不适合于蚕食、连续冲裁，对冲孔和切边也不太合适；适当的韧性对冲裁是有益的，它可以抑制冲孔时的变形程度；韧性太高则使冲裁后反弹严重，反而影响了精度。

数控冲一般适合冲裁  $T=3.5 \sim 4\text{mm}$  以下的低碳钢、电解板、覆铝锌板、铝板、铜板、 $T=3\text{mm}$  以下的不锈钢板，推荐的数控冲床加工的板料厚度为：铝合金板和铜板为  $0.8 \sim 4.0$ ，低碳钢板为  $0.8 \sim 3.5\text{mm}$ ，不锈钢板  $0.8 \sim 2.5\text{mm}$ 。对铜板加工变形较大，数控冲加工 PC 和 PVC 板，加工边毛刺大，精度低。

冲压时用的刀具直径和宽度必须大于料厚，比如  $\Phi 1.5$  的刀具不能冲  $1.6\text{mm}$  的材料。

$0.6\text{mm}$  以下的材料一般不用 NCT 加工。

不锈钢材料一般不用 NCT 加工。（当然， $0.6 \sim 1.5\text{mm}$  的材料可以用 NCT 加工，但对刀具磨损大，现场加工出现的废品率的几率比其它 GI 等材料要高的多。）

其它形状的冲孔落料希望尽可能简单、统一。

数控冲的尺寸要规格化，如圆孔，六边形孔、工艺槽最小宽度为  $1.2\text{mm}$ 。具体参考《钣金模具手册》。

#### 1.2.1.2 冷冲模冲孔和落料：

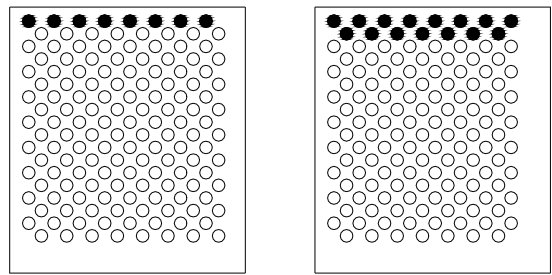
对产量较大，尺寸不太大的零件进行冲孔落料，为提高生产效率，而专门开的钣金冲压模具。一般由凸模和凹模组成。凹模一般有：压入式，镶拼式等。凸模一般有：圆形，可更换；组合式；快装卸型等。最常见的冲模有：冲裁模（主要有：开式落料模，闭式落料模，冲孔落料复合模，开式冲孔落料连续模，闭式冲孔落料连续模），弯曲模，压延模。

特点：因为用冷冲模冲孔及落料基本可一次冲压完成，效率高，一致性好，成本低。所以对于年加工量在 5000 件以上，零件尺寸不是太大的结构件，加工厂一般开冷冲模加工，

在结构设计时就要考虑按开冷冲模加工的工艺特点设计。比如零件不应出现尖角（除使用上必须外），需设计成圆角，可改善模具的质量和寿命，也使工件美观，安全，耐用；为满足功能要求，零件的结构形状可以设计得更复杂等。

**1.2.1.3 密孔冲冲孔：**

密孔冲可以视为数控冲的一种，对于有大量密孔的零件，为提高冲孔效率，精度等，专门开可一次冲大量密孔的冲孔模对工件进行加工。如：通风网板，进出风挡板等。见图 1-1 所示。图中阴影部分为密孔模，零件的密孔靠密孔模可快速冲出。比一个一个的冲孔，大大的提高效率。



图a

图b

图 1-1 密孔冲示意图

密孔设计注意的问题及要求：

产品上密孔的设计应考虑密孔冲模具的加工特点是重复多次冲裁，这样在设计密孔的排布的时候应采用这样的原则：

- 1) 设计密孔排布时首先考虑借用《钣金模具手册》上规划的密孔模，以减少模具成本；
- 2) 同一类型的密孔排布时应统一，行间距规定一个不变的数值，列间距也规定一个不变的数值，这样同一类型的密孔模具可以通用，减少开模数量，降低了模具的成本；
- 3) 同一类型的孔的尺寸应一致，如六方孔可以统一为内切圆 $\Phi 5$ 的六方孔，此六方孔为公司六方孔的常用尺寸，占六方密孔的 90%以上。
- 4) 采用错位排布两行孔数不等时，必须满足两个要求，1，孔距较大，两孔的边缘距离大于  $2t$  ( $t$  为材料厚度)；2，总排数应该为偶数排，如图 1-2 所示；

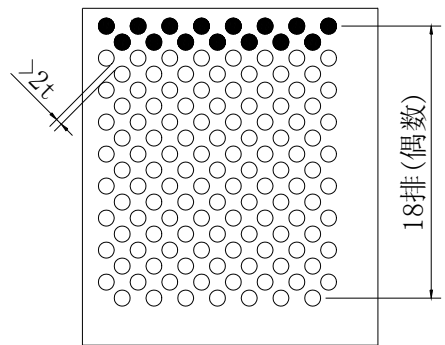


图 1-2 密孔错位排布示意图

5) 如果密孔的孔距很小，每排孔的数量必须为偶数。如图 1-3 所示，两个密孔之间的距离  $D$  小于  $2t$  时 ( $t$  为材料厚度)，因为模具的强度问题，则密孔模要间隔设置，图中阴影部分为密孔模。可以看出，每排孔的数量必须为偶数。如果图 1-2 中的孔距也是这样很小时，因为每排的孔数不等（7 空、8 孔两种），则无法用密孔模一次性冲出。

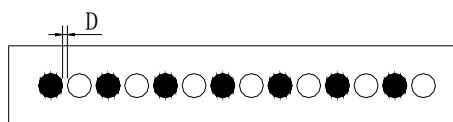


图 1-3 密孔模

图 1-1 a 的密孔模可设计成如图 1-4 所示。



图 1-4 密孔模

图 1-1 b 的密孔模只能设计成如图 1-5 所示。

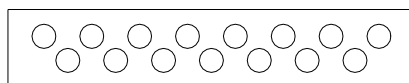


图 1-5 密孔模

设计密孔的排布时尽量按照上述要求设计，并且连续和有一定的规律性，便于开密孔模具，降低冲压成本，否则只能采用数冲或开很多套模具来完成加工。如图 1-6 所示，图 a，交错孔，行数不是偶数；图 b，中间缺孔；图 c，密孔距离太近，每行孔数和每列孔数都是奇数；图 d、e，密孔距离太近，密孔的每行孔数不相等，这些不能仅靠密孔模冲孔一次完成加工，还须用其它补加工方法才能完成。图 f，如果用密孔模加工，也需要用其它补加工方法才能完成，即使开落料模，也需要多副冲孔模完成，工艺性很差。

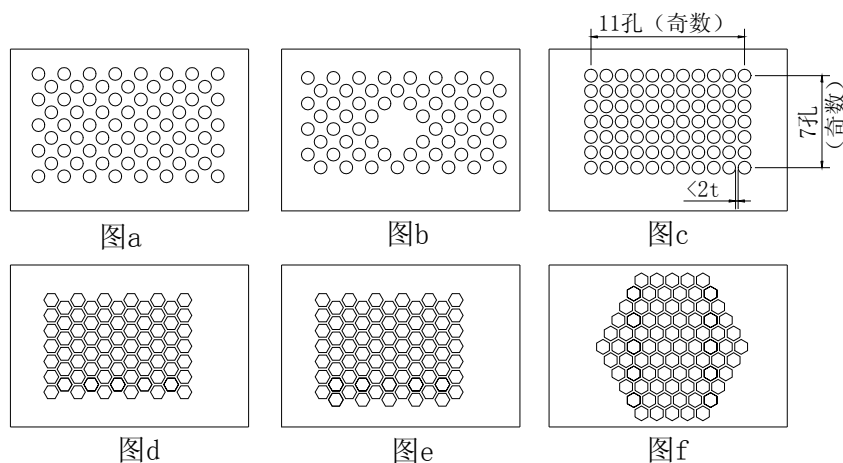


图 1-6 密孔排部示意图

#### 1.2.1.4 激光切割：

激光切割是由电子放电作为供给能源，利用反射镜组聚焦产生激光光束作热源的一种无接触切割技术，利用这种高密度光能来实现对钣金件的打孔及落料。

特点：切割形状多样化，切割速度比线切割快，热影响区小，材料不会变形，切口细，精度及质量高，噪声小，无刀具磨损，无需考虑切割材料的硬度，可加工大型，形状复杂

及其它方法难以加工的零件。但其成本较高，同时会损坏工件的支撑台，而且切割面易沉积氧化膜，难处理。一般只适合单件和小批量加工。

注意的问题及要求：一般只用于钢板。铝板及铜板一般不能用，因为材料传热太快，造成切口周围融化，不能保证加工精度及质量。激光切割端面有一层氧化皮，酸洗不掉，有特殊要求的切割端面要打磨；激光切割密孔变形较大，一般不用激光切割密孔。

#### 1.2.1.5 线切割：

线切割是把工件和电极丝（钼丝，铜丝）各作为一极，并保持一定距离，在有足够高的电压时形成火花隙，对工件进行电蚀切割的加工方法，切除的材料由工作液带走。

特点：加工精度高，但加工速度较低，成本较高，且会改变材料表面性质。一般用于模具加工，不用作加工生产用零件。有些单板型材面板的方孔没有圆角，无法铣削，又因为铝合金不能用激光切割，如果没有冲压空间不能冲压，只能采取线切割加工，速度很慢，效率非常低，无法适应批量生产，设计应该避免这种情况。

#### 1.2.1.6 常用的三种落料和冲孔方法的特点对比

表 1-4 常见三种冲孔和落料加工特点比较 注：以下数据为冷轧钢板的数据。

	激光切割	数控冲(包括密孔冲)	冷冲模
可加工材质	钢板	钢板，铜板、铝板	钢板，铜板、铝板
可加工料厚	1mm ~ 8mm	0.6mm ~ 3mm	一般小于 4mm
加工最小尺寸（普通冷轧钢板）	最小细缝 0.2mm 最小圆 0.7mm	冲圆孔 $\phi \geq t$ 方孔小边 $W \geq t$ 长槽宽 $W \geq t$	冲圆孔 $\phi \geq t$ 方孔小边 $W \geq t$ 长槽宽 $W \geq 2t$
孔与孔，孔与边的边缘最小距离	$\geq t$	$\geq t$	$\geq 1t$
孔与孔，孔与边的边缘优选距离	$\geq 1.5t$	$\geq 1.5t$	$\geq 1.5t$
一般加工精度	$\pm 0.1\text{mm}$	$\pm 0.1\text{mm}$	$\pm 0.1\text{mm}$
加工范围	2000X1350	2000X1350	
外观效果	外缘光滑，切割端面有一层氧化皮	毛边大，且有带料毛边	少量毛边
曲线效果	光滑，形状多变	毛边大，形状规范；	光滑，形状多变
加工速度	切割外圆快	冲制密孔快	最快
加工文字	刻蚀，较浅，尺寸不受限制	冲压凹形文字，符号较深；尺寸受模具限制	冲压，凹形文字，符号，较深；尺寸受模具限制
成形	不能	凹点，沉(沉)孔，小型拉伸等均可	可实现较复杂的形状
加工费用	较高	低	低

1.2.2 冲孔落料的工艺性设计

1.2.2.1 排布的工艺性设计

大批量及中批量生产，零件的材料费用占较大的比重，对材料的充分和有效利用，是钣金生产的一项重要经济指标。所以在不影响使用要求的条件下，结构设计人员设计时，争取采用无废料或少废料的排布方法，如图 1-7 所示为无废料排布。

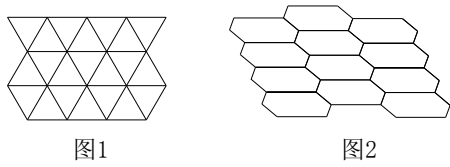


图 1-7 无废料排布

有些零件形状略加改变，就可以大大节约材料。如图 1-8 所示，图 2 比图 1 省料。

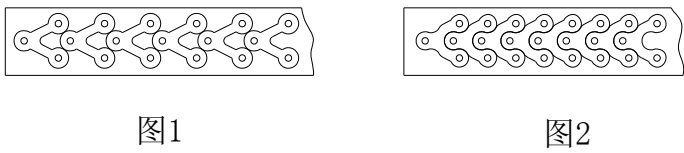


图 1-8 略改设计的省料排部

1.2.2.2 冲裁件的工艺性

对于数控冲床加工外圆角，需要专用的外圆刀具，为了减少外圆刀具，如图 1-9 所示本手册规范外圆角为：

- 1) 90 度直角外圆角系列半径为  $r2.0$ 、 $r3.0$ 、 $r5.0$ 、 $r10$ ，
- 2) 135 度的斜角的外圆角半径统一为  $R5.0$ ，

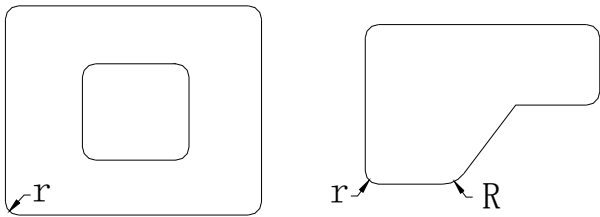


图 1-9 冲裁件的外圆角

冲孔优先选用圆形孔，圆孔应按照《钣金模具手册》中规定的系列圆孔选取，这样可以减少圆孔刀具的数量，减少数控冲床换刀时间。

由于受到冲孔凸模强度限制，孔径不能过小，其最小孔径与材料厚度有关。在设计时孔的最小直径不应小于下表 1-5 所示的数值。

表 1-5 用普通冲床冲孔的最小尺寸

材料	冲孔的最小直径或最小边长(t 为材料厚度)		
	圆孔 D (D 为直径)	方孔 L(L 为边长)	腰圆孔、矩形孔 a (a 为最小边长)
高、中碳钢	$\geq 1.3t$	$\geq 1.2t$	$\geq 1t$
低碳钢及黄铜	$\geq 1t$	$\geq 0.8t$	$\geq 0.8t$
铝、锌	$\geq 0.8t$	$\geq 0.6t$	$\geq 0.6t$
布质胶木层压板	$\geq 0.4t$	$\geq 0.35t$	$\geq 0.3t$

冲裁件的孔与孔之间、孔与边缘之间的距离不应过小，其值见图 1-10：

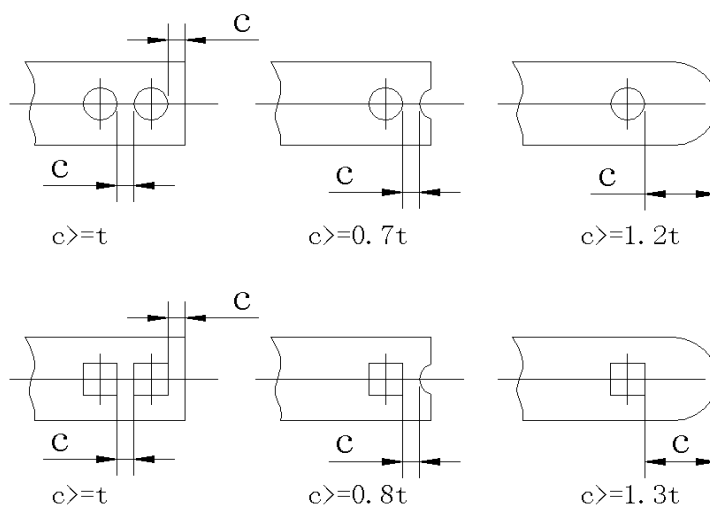


图 1-10 冲裁件的孔与孔、孔与边缘之间的距离

考虑到模具的冲压加工中，采用复合模加工的孔与外形、孔与孔之间的精度较易保证，加工效率较高，而且模具的维修成本，维修方便，考虑到以上原因，孔与孔之间，孔与外形之间的距离如果能满足复合模的最小壁厚要求，工艺性更好，如图 1-11 所示：

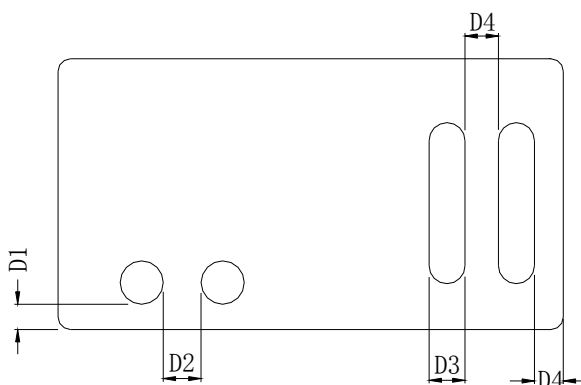


图 1-11 冲裁件的搭边要求

表 1-6 复合模加工冲裁件的搭边最小尺寸

	t (0.8 以下)	t (0.8~1.59)	t (1.59~3.18)	t (3.2 以上)
D1	3mm		2t	
D2	3mm		2t	
D3	1.6mm	2t		2.5t
D4	1.6mm	2t		2.5t

如图 1-12 所示，先冲孔后折弯，为保证孔不变形，孔与弯边的最小距离

$X \geq 2t + R$

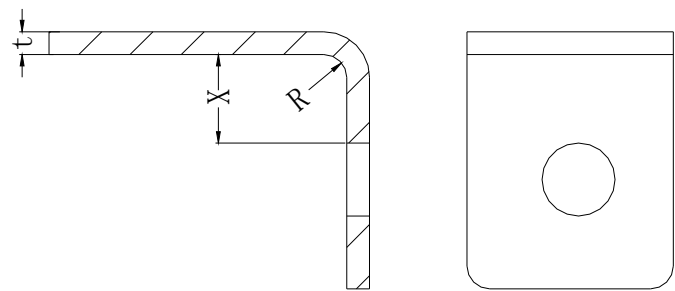


图 1-12 孔与弯边的最小距离

在拉深零件上冲孔时，见图 1-13，为了保证孔的形状及位置精度以及模具的强度，其孔壁与零件直壁之间应保持一定距离，即其距离 a1 及 a2 应满足下列要求：

$a1 \geq R1 + 0.5t$ ,

$a2 \geq R2 + 0.5t$ .

式中 R1, R2—圆角半径；

t—板料厚度。

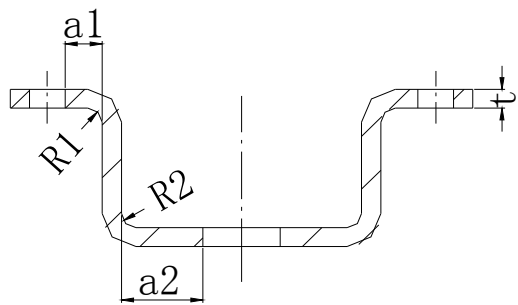


图 1-13 在拉深件上冲孔

1.2.2.3 冲裁件的加工精度

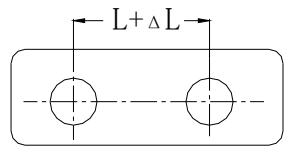


图 1-14 冲裁件孔中心距的公差

图 1-14 冲裁件孔中心距的公差：

表 1-7 孔中心距的公差表

单位：mm

材料厚度	普通冲孔精度			高级冲孔精度		
	公称尺寸 L			公称尺寸 L		
	<50	50~150	150~300	<50	50~150	150~300
<1	$\pm 0.1$	$\pm 0.15$	$\pm 0.20$	$\pm 0.03$	$\pm 0.05$	$\pm 0.08$
1~2	$\pm 0.12$	$\pm 0.20$	$\pm 0.30$	$\pm 0.04$	$\pm 0.06$	$\pm 0.10$
2~4	$\pm 0.15$	$\pm 0.25$	$\pm 0.35$	$\pm 0.06$	$\pm 0.08$	$\pm 0.12$
4~6	$\pm 0.20$	$\pm 0.30$	$\pm 0.40$	$\pm 0.08$	$\pm 0.10$	$\pm 0.15$

注：使用本表数值时所有孔应是一次冲出的。

图 1-15 孔中心距与边缘距离公差：

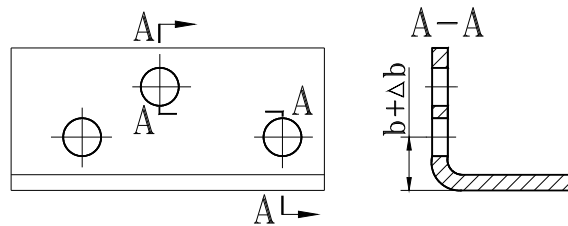


图 1-15 孔中心与边缘距离的公差

冲压件设计尺寸基准的选择原则

- 1) 冲压件的设计尺寸基准尽可能与制造的定位基准相重合，这样可以避免尺寸的制造误差。
- 2) 冲压件的孔位尺寸基准，应尽可能选择在冲压过程中自始至终不参加变形的面或线上，且不要与参加变形的部位联系起来。
- 3) 对于采用多工序在不同模具上分散冲压的零件，要尽可能采用同一个定位基准。

表 1-8 孔中心与边缘距离的公差表

材料厚度	尺寸 b			
	$\leq 50$	$50 < b \leq 120$	$120 < b \leq 220$	$220 < b \leq 360$
<2	$\pm 0.2$	$\pm 0.3$	$\pm 0.5$	$\pm 0.7$
$\geq 2 \sim 4$	$\pm 0.3$	$\pm 0.5$	$\pm 0.6$	$\pm 0.8$
>4	$\pm 0.4$	$\pm 0.5$	$\pm 0.8$	$\pm 1.0$

注：本表适应于落料后才进行冲孔的情况。

#### 1.2.2.4 二次切割

二次切割也叫二次下料，或者补割（工艺性极差，设计时应尽量避免）。二次切割就是拉伸特征对材料有挤料变形现象、折弯变形较大时，加大落料，先成型，再补割孔或外形轮廓，以达到去除预留材料，获得完整正确结构尺寸。

应用：拉伸凸台离边缘较近等，都必须补割。

以沉孔为例说明，如图 1-16 所示。

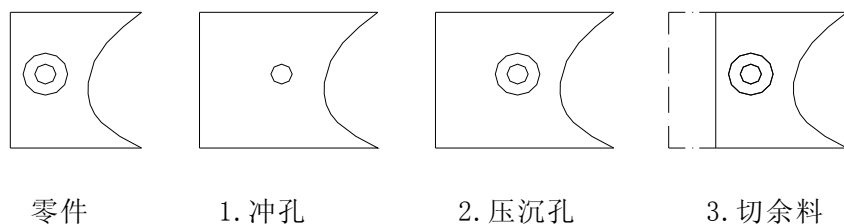


图 1-16 二次切割

### 1.3 钣金件的折弯

钣金的折弯，是指改变板材或板件角度的加工。如将板材弯成 V 形，U 形等。一般情况下，钣金折弯有两种方法：一种方法是模具折弯，用于结构比较复杂，体积较小、大批量加工的钣金结构；另一种是折弯机折弯，用于加工结构尺寸比较大的或产量不是太大的钣金结构。目前公司产品的折弯主要采用折弯机加工。

这两种折弯方式有各自的原理，特点以及适用性。

#### 1.3.1 模具折弯：

对于年加工量在 5000 件以上，零件尺寸不是太大的结构件（一般为 300X300），加工厂家一般考虑开冲压模具加工。

##### 1.3.1.1 常用折弯模具

常用折弯模具，如图 1-17 所示：为了延长模具的寿命，零件设计时，尽可能采用圆角。

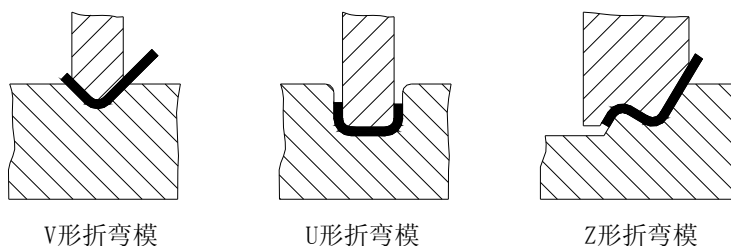


图 1-17 专用的成形模具

过小的弯边高度，即使用折弯模具也不利于成形，一般弯边高度  $L \geq 3t$ （包括壁厚）。

##### 1.3.1.2 台阶的加工处理办法

一些高度较低的钣金 Z 形台阶折弯，加工厂家往往采用简易模具在冲床或者油压机上加工，批量不大也可在折弯机上用段差模加工，如图 1-18 所示。但是，其高度 H 不能太高，一般应该在  $(0 \sim 1.0)t$ ，如果高度为  $(1.0 \sim 4.0)t$ ，要根据实际情况考虑使用加卸料结构的模具形式。这种模具台阶高度可以通过加垫片进行调整，所以，高度 H 是任意调节的，

但是，也有一个缺点，就是长度 L 尺寸不易保证，竖边的垂直度不易保证。如果高度 H 尺寸很大，就要考虑在折弯机上折弯。

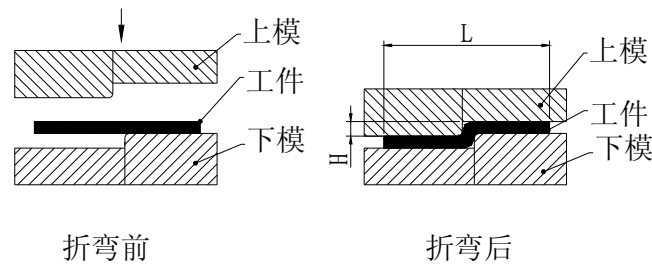


图 1-18 Z 形台阶折弯

### 1.3.2 折弯机折弯

折弯机分普通折弯机和数控折弯机两种。由于精度要求较高，折弯形状不规则，通信设备的钣金折弯一般用数控折弯机折弯，其基本原理就是利用折弯机的折弯刀(上模)、V 形槽(下模)，对钣金件进行折弯和成形。

优点:装夹方便，定位准确，加工速度快；

缺点:压力小，只能加工简单的成形，效率较低。

#### 1.3.2.1 成形基本原理

成形基本原理如图 1-19 所示：

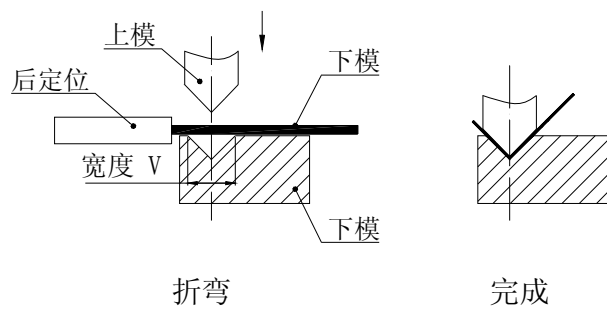


图 1-19 成形基本原理

#### 1) 折弯刀（上模）

折弯刀的形式如图 1-20 所示，加工时主要是根据工件的形状需要选用，一般加工厂家的折弯刀形状较多，特别是专业化程度很高的厂家，为了加工各种复杂的折弯，定做很多形状、规格的折弯刀。

#### 2) 下模一般用 $V=6t$ （t 为料厚）模。

影响折弯加工的因素有许多，主要有上模圆弧半径、材质、料厚、下模强度、下模的模口尺寸等因素。为满足产品的需求，在保证折弯机使用安全的情况下，厂家已经把折弯刀模系列化了，我们在结构设计过程中需对现有折弯刀模有个大致的了解。见图 1-20 左边为上模，右边为下模。

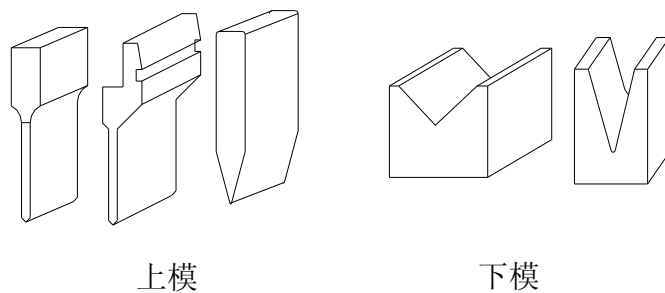


图 1-20 数孔折弯模示意图

折弯加工顺序的基本原则：

- 1) 由内到外进行折弯；
- 2) 由小到大进行折弯；
- 3) 先折弯特殊形状，再折弯一般形状；
- 4) 前工序成型后对后继工序不产生影响或干涉。

目前的外协厂见到的折弯形式一般都是如图 1-21 所示。

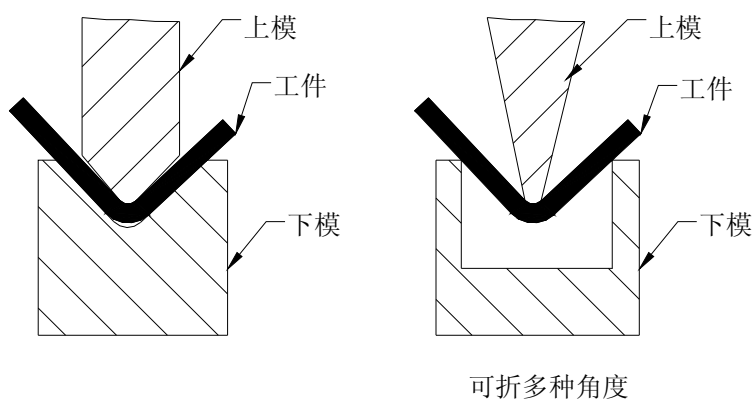


图 1-21 折弯机折弯形式

### 1.3.2.2 折弯半径

钣金折弯时，在折弯处需有折弯半径，折弯半径不宜过大或过小，应适当选择。折弯半径太小容易造成折弯处开裂，折弯半径太大又使折弯易反弹。

各种材料不同厚度的优选折弯半径（折弯内半径）见下表 1-9

表 1-9 最小弯曲半径数值 (mm)

材料	退火状态		冷作硬化状态	
	弯曲线方向与纤维方向的对应位置			
	垂直	平行	垂直	平行
08、10、	0.1t	0.4 t	0.4 t	0.8 t
15、20、	0.1 t	0.5 t	0.5 t	1.0 t
25、30、	0.2 t	0.6 t	0.6 t	1.2 t
45、50	0.5 t	1.0 t	1.0 t	1.7 t

65Mn	1.0 t	2.0 t	2.0 t	3.0 t
铝	0.1 t	0.35 t	0.5 t	1.0 t
紫铜	0.1 t	0.35 t	1.0 t	2.0 t
软黄铜	0.1 t	0.35 t	0.35 t	0.8 t
半硬黄铜	0.1 t	0.35 t	0.5 t	1.2 t
磷青铜	——	——	1.0 t	3.0 t

注：表中 t 为板料厚度。

上表中的数据为优选的数据，仅供参考之用。实际上，厂家的折弯刀的圆角通常都是 0.3，少量的折弯刀的圆角为 0.5，所以，我们的钣金件的折弯内圆角基本上都是 0.2。对于普通的低碳钢钢板、防锈铝板、黄铜板、紫铜板等，内圆角 0.2 都是没有问题的，但对于一些高碳钢、硬铝、超硬铝，这种折弯圆角就会导致折弯断裂，或者外圆角开裂。

### 1.3.2.3 折弯回弹

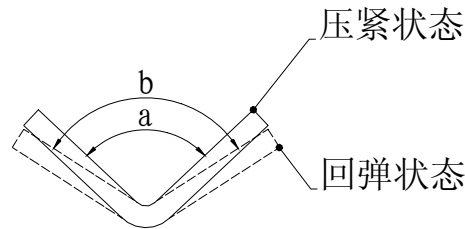


图 1-22 折弯回弹示意图

1) 回弹角  $\Delta \alpha = b - a$

式中 b——回弹后制件的实际角度；

a——模具的角度。

2) 回弹角的大小

单角 90° 自由弯曲时的回弹角见表 1-10。

表 1-10 单角 90 度自由弯曲时的回弹角

材料	r/t	材料厚度 t(mm)		
		<0.8	0.8~2	>2
低碳钢	<1	4°	2°	0°
黄铜 $\sigma_b=350\text{MPa}$	1~5	5°	3°	1°
铝、锌	>5	6°	4°	2°
中碳钢 $\sigma_b=400-500\text{MPa}$	<1	5°	2°	0°
硬黄铜 $\sigma_b=350-400\text{MPa}$	1~5	6°	3°	1°
硬青铜 $\sigma_b=350-400\text{MPa}$	>5	8°	5°	3°
高碳钢 $\sigma_b>550\text{MPa}$	<1	7°	4°	2°
	1~5	9°	5°	3°
	>5	12°	7°	6°

3) 影响回弹的因素和减少回弹的措施。

- 1, 材料的力学性能 回弹角的大小与材料的屈服点成正比, 与弹性模量  $E$  成反比。  
对于精度要求较高的钣金件, 为了减少回弹, 材料应该尽可能选择低碳钢, 不选择高碳钢和不锈钢等。
- 2, 相对弯曲半径  $r/t$  越大, 则表示变形程度越小, 回弹角  $\Delta \alpha$  就越大。这是一个比较重要的概念, 钣金折弯的圆角, 在材料性能允许的情况下, 应该尽可能选择小的弯曲半径, 有利于提高精度。特别是注意应该尽可能避免设计大圆弧, 如图 1-23 所示, 这样的大圆弧对生产和质量控制有较大的难度:

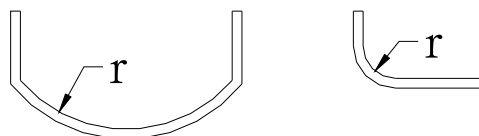


图 1-23 钣金的圆弧太大

### 1.3.2.4 一次折弯的最小折弯边的计算

L 形折弯的折弯时的起始状态如图 1-24 所示:

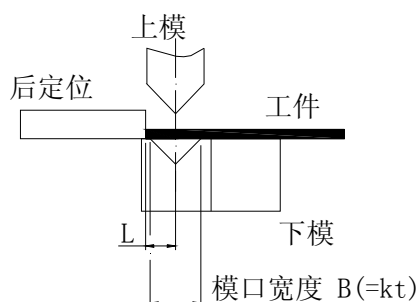


图 1-24 L 形折弯的折弯

这里很重要的一个参数是下模口的宽度  $B$ 。由于考虑到折弯效果和模具强度, 不同厚度的材料所需要的模口宽度存在一个最小值。小于该数值时, 会出现折弯不到位或损坏模具的问题。经过实践证明, 最小模口宽度和材料厚度的关系为。

$$B_{\min} = kT \quad (1)$$

$B_{\min}$  为最小模宽,  $T$  为材料厚度, 计算最小模口宽度时  $K=6$ 。目前厂家常用的折弯下模宽度的规格如下:

4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 25

根据上面的关系式就可以确定不同的料厚在折弯时所需下模模口宽度的最小值。例如 1.5mm 厚的板材折弯时,  $B=6 \times 1.5=9$  对照上面的模宽系列可以选择模口宽度为 10mm (或 8mm) 的下模。从折弯的起始状态图可以看出折弯的边不能太短, 结合上面的最小模口宽度, 得到最短折弯边的计算公式为②: (见图 1-25 所示)

$$L_{\min} = \frac{1}{2}(B_{\min} + \Delta) + 0.5 \quad (\text{参考}) \quad (2)$$

$L_{\min}$  为最短折弯边,  $B_{\min}$  为最小模口宽,  $\Delta$  为板材的折弯系数。

1.5mm 厚的板材折弯时, 最短折弯边  $L_{\min} = (8+2.5) / 2 + 0.5 = 5.75\text{mm}$  (包括一个板厚)

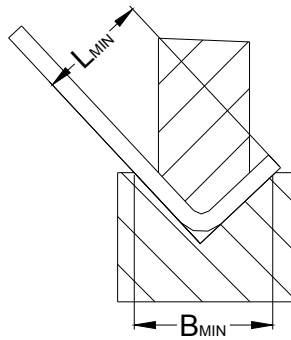


图 1-25 最小模口宽

表 1-11: 冷轧薄钢板材料折弯内 R 及最小折弯高度参考表

序号	材料厚度	凹模槽宽	凸模 R	最小折弯高度
1	0.5	4	0.2	3
2	0.6	4	0.2	3.2
3	0.8	5	0.8 或 0.2	3.7
4	1.0	6	1 或 0.2	4.4
5	1.2	8 (或 6)	1 或 0.2	5.5 (或 4.5)
6	1.5	10 (或 8)	1 或 0.2	6.8 (或 5.8)
7	2.0	12	1.5 或 0.5	8.3
8	2.5	16 (或 14)	1.5 或 0.5	10.7 (或 9.7)
9	3.0	18	2 或 0.5	12.1
10	3.5	20	2	13.5
11	4.0	25	3	16.5

注：1、最小折弯高度包含一个料厚。

2、当 V 形折弯是折弯锐角时，最短折弯边需加大 0.5。

3、当零件材料为铝板和不锈钢板时，最小折弯高度会有较小的变化，铝板会变小一点，不锈钢会大一点，参考上表即可。

### 1.3.2.5 Z 形折弯的最小折弯高度

Z 形折弯的折弯时的起始状态如图 1-26 所示：

Z 形折弯和 L 形折弯的工艺非常相似，也存在着最小折弯边问题，由于受下模的结构限制，Z 形折弯的最短边比 L 形折弯时还要大，Z 形折弯最小边的计算公式为：

$$L_{\min} = \frac{1}{2}(B_{\min} + \Delta) + D + 0.5 + T \quad (3)$$

$L_{\min}$  为最短折弯边， $B_{\min}$  为最小模宽， $\Delta$  为板材的折弯系数， $T$  为料厚， $D$  为下模模口到边的结构尺寸，一般大于 5mm。

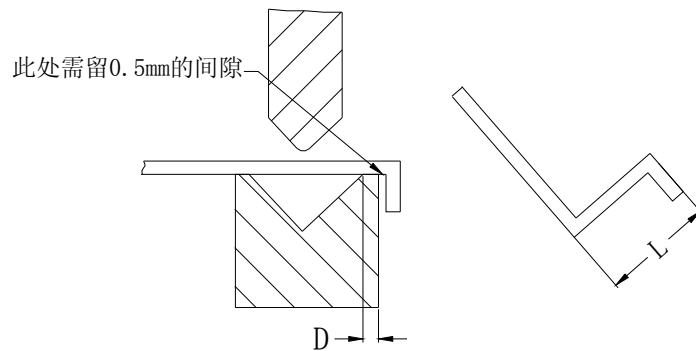


图 1-26 Z 形折弯

不同材料厚度的钣金 Z 形折弯对应的最小折弯尺寸 L 如下表 1-12 所示：

表 1-12 Z 形折弯的最小高度

序号	材料厚度	凹模槽宽	凸模 R	Z 形折弯高度 L
1	0.5	4	0.2	8.5
2	0.6	4	0.2	8.8
3	0.8	5	0.8 或 0.2	9.5
4	1.0	6	1 或 0.2	10.4
5	1.2	8 (或 6)	1 或 0.2	11.7 (或 10.7)
6	1.5	10 (或 8)	1 或 0.2	13.3 (或 12.3)
7	2.0	12	1.5 或 0.5	14.3
8	2.5	16 (或 14)	1.5 或 0.5	18.2 (或 17.2)
9	3.0	18	2 或 0.5	20.1
10	3.5	20	2	22
11	4.0	25	3	25.5

### 1.3.2.6 折弯时的干涉现象

对于二次或二次以上的折弯，经常出现折弯工件与刀具相碰出现干涉，如图 1-27 所示，黑色部分为干涉部分，这样就无法完成折弯，或者因为折弯干涉导致折弯变形。

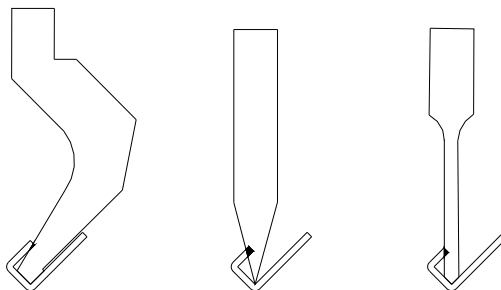


图 1-27 折弯的干涉

钣金折弯的干涉问题，不涉及到太多的技术，只要了解一下折弯模的形状和尺寸，在结构设计时注意避开折弯模就可以了。图 1-28 为常见的几种折弯刀的截面形状，在新修订的《钣金模具手册》都有介绍，并且在 intralink 库里也有对应的刀具实体，在设计没有把握的情

况下，可以按照上图的原理，直接用刀具进行装配干涉检验。

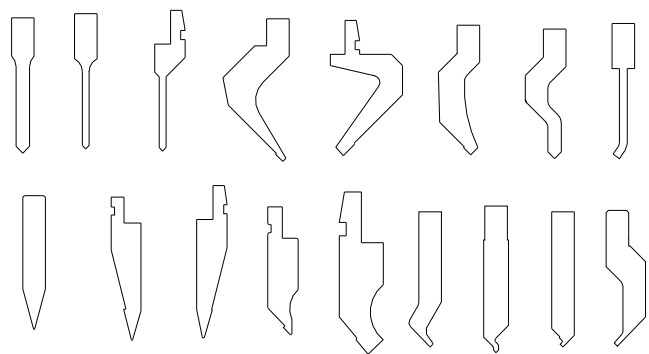


图 1-28 折弯刀

对于翻孔攻丝来说，如图 1-29 所示的 D 值不能设计得太小，最小 D 值可以根据材料厚度、翻孔外径、翻孔高度、所选折弯刀具等参数计算或作图得到。以 1.5mm 厚的折弯钢板上翻 M4 的翻孔攻丝为例，D 值应该大于 8mm，否则，折弯刀会碰伤翻边。

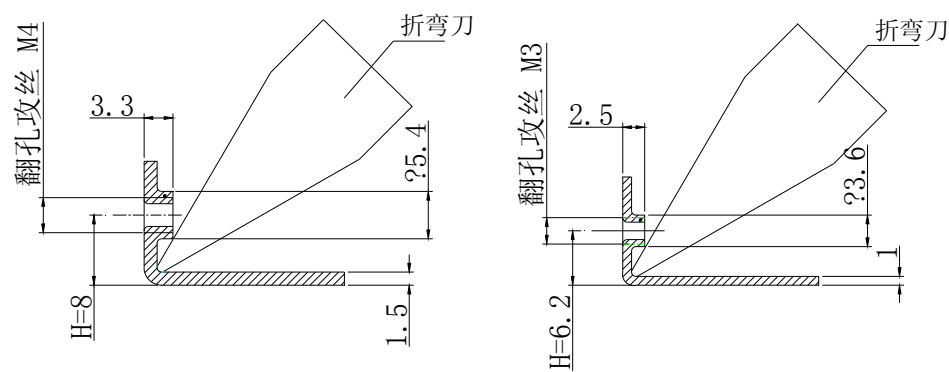


图 1-29 翻孔攻丝件的折弯

1.3.2.7 孔、长圆孔离折弯边最小距离

如图 1-30 所示折弯处孔边离折线太近，折弯时料无法带起，产生孔形状变形；因此，孔边与折弯线要求大于最小孔边距  $X \geq t + R$ 。

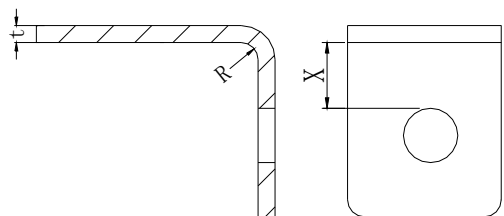


图 1-30 圆孔距折弯边最小距离

表 1-13 圆孔距折弯边最小距离

钣料厚度	0.6~0.8	1.0	1.2	1.5	2.0	2.5
最小距离 X	1.3	1.5	1.7	2.0	3	3.5

如图 1-31 所示长圆孔离折线太近，折弯时料无法带起，产生孔形状变形；因此，孔边与折弯线要求大于最小孔边距按表 1-14，折弯半径参考表 1-9 折弯半径。

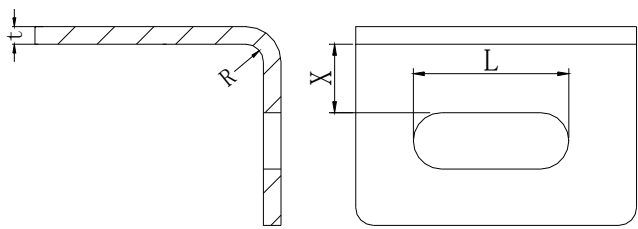


图 1-31 长圆孔距折弯边最小距离

表 1-14 长圆孔距折弯边最小距离

L	<26	26~50	>50
最小距离 X	2t+R	2.5t+R	3t+R

对不重要孔， 可将孔扩大至折弯线，如图 1-32 所示，缺点：影响外观效果。

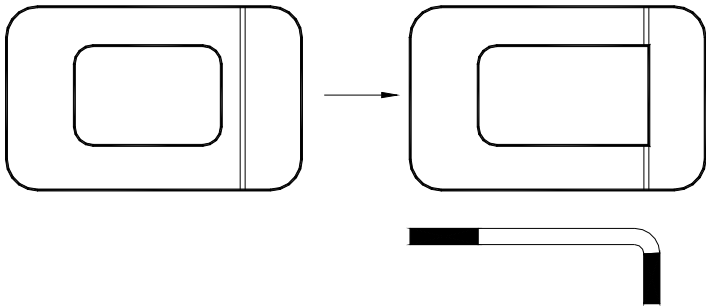


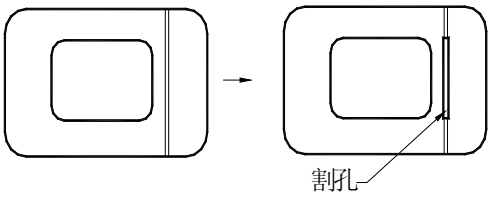
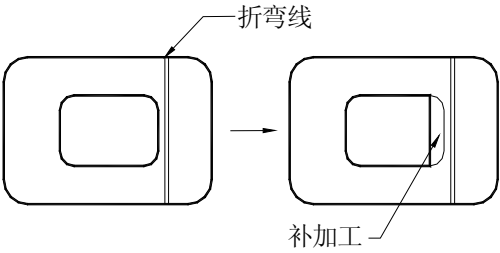
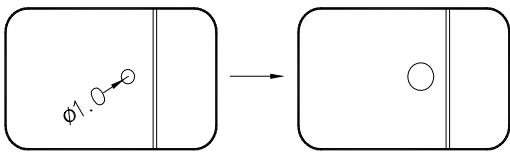
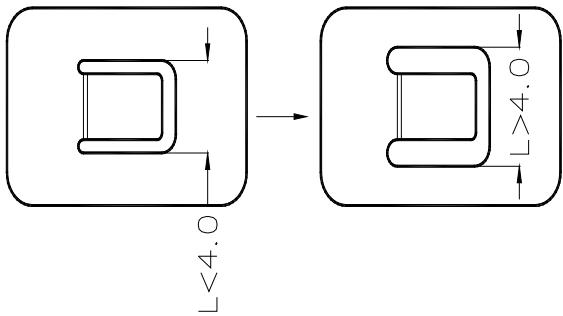
图 1-32 折弯改进设计

1.3.2.8 孔靠近折弯时的特殊加工处理

当靠近折弯线的孔距折弯线小于上述的最小距离时，折弯后会产生变形， 此时可根据产品不同的要求， 作如下表 1-15 方式来处理。但是，可以看到这些办法的工艺性较差，结构设计应该尽量避免。

表 1-15 孔靠近折弯时的特殊加工处理

<p>1) 折弯前压槽处理。在实际设计中，因为结构设计的需要，实际距离比上述距离还要小的情况，加工厂家往往采用折弯前压槽处理，如图 1-31 所示，其缺点是：折弯机压线处理，多一道工序，效率稍低，精度较低，原则上尽可能避免。</p>	
--	--

<p>2) 沿折弯线割孔或割线:</p> <p>当折弯线对工件外观无影响或可以接受时, 则以割孔改善其工艺性。</p> <p>缺点: 影响外观效果, 并且因为割线或者割窄槽时, 一般仔需要用激光机切割。</p>	
<p>3) 在靠近折弯线的孔边折弯后补加工至设计尺寸, 当要求保证孔边距时, 可按此方式处理。一般这种二次去料不能在冲床上完成, 只能在激光切割机上二次切割, 定位麻烦, 这种加工的成本很高。</p>	
<p>4) 折弯后扩孔处理</p> <p>只有一个或几个像素孔到折弯线的距离小于最小孔距, 产品外观要求严格时, 为了避免折弯时拉料, 此时可对像素进行缩孔处理, 即在折弯前先割出一小同心圆 (一般为 <math>\Phi 1.0</math>), 折弯后扩孔至原尺寸。</p> <p>缺点: 工程数多, 效率低;</p>	
<p>5) 折弯机上模的最小宽度为 4.0mm (目前), 受此限制, 工件内部的折弯加工部分孔口不得小于 4.0mm, 否则须将孔口扩大或考虑用易模成形。</p> <p>缺点: 制作易模效率低, 易模生产效率低; 扩孔影响外观;</p>	

### 1.3.2.9 弯曲件的工艺孔、工艺槽和工艺缺口

在设计弯曲件时, 如果弯曲件须将弯边弯曲到毛坯内边时, 一般应事先在落料后加冲工艺孔、工艺槽或工艺缺口如图 1-33 所示。

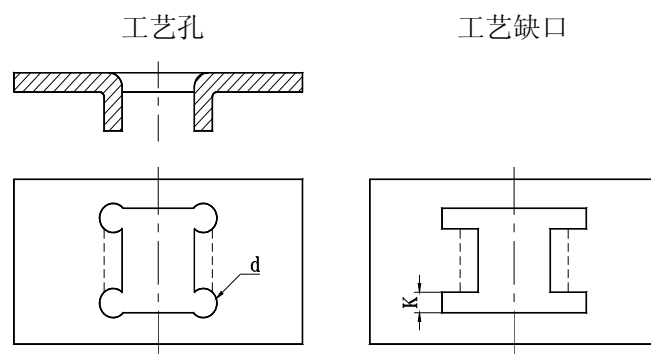


图 1-33 加冲工艺孔、工艺槽或工艺缺口

$d$ —工艺孔的直径， $d \geq t$ ；

$K$ —工艺缺口的宽度， $K \geq t$ 。

止裂槽或切口：一般情况下，对于一条边的一部分折弯，为了避免撕裂和畸变，**应开止裂槽或切口**。特别是对于**内弯角小于 60 度的弯曲**，更需要开止裂槽或切口。切口宽度一般大于板厚  $t$ ，切口深度一般大于  $1.5t$ 。

1-34 中图 b 较图 a 折弯更合理。

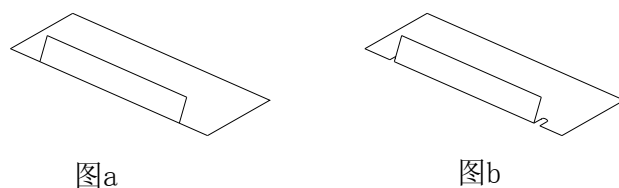


图 1-34 开止裂槽或切口的折弯

工艺槽、工艺孔要正确处理，面板及外观能看得到的工件可不加折弯拼角工艺孔（如面板在加工过程中，为保持统一风格，均不设工艺缺口），其它应加折弯拼角工艺孔。如图 1-35 所示。

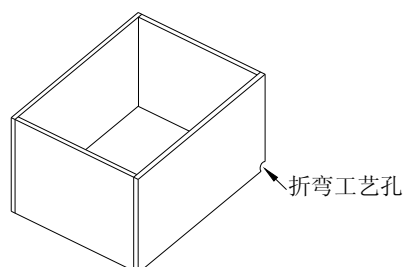


图 1-35 折弯拼角工艺孔

### 1.3.2.10 90 度方向的折弯搭接的间隙规定：

图纸设计时，对于没有特殊要求，不要标注 90 度方向的折弯搭接之间的间隙，一些不合理的间隙标注，反而影响加工厂家的工艺设计。加工厂家一般按照 0.2~0.3 的间隙进行工艺设计。如图 1-36 所示：

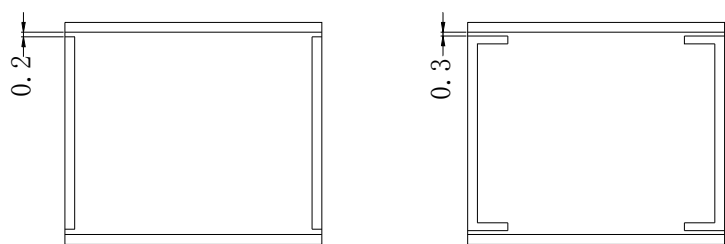


图 1-36 折弯搭碰的间隙

### 1.3.2.11 突变位置的折弯

折弯件的折弯区应避开零件突变的位置，折弯线离变形区的距离  $L$  应大于弯曲半径  $r$ ，即  $L \geq r$ ，如图 1-37。

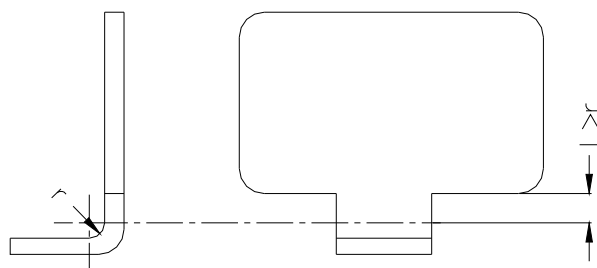


图 1-37 折弯区应避开零件突变的位置

### 1.3.2.12 一次压死边

一次压死边的方法：如图 1-38 所示，先用 30 度折弯刀将板材折成 30 度，再将折弯边压平。

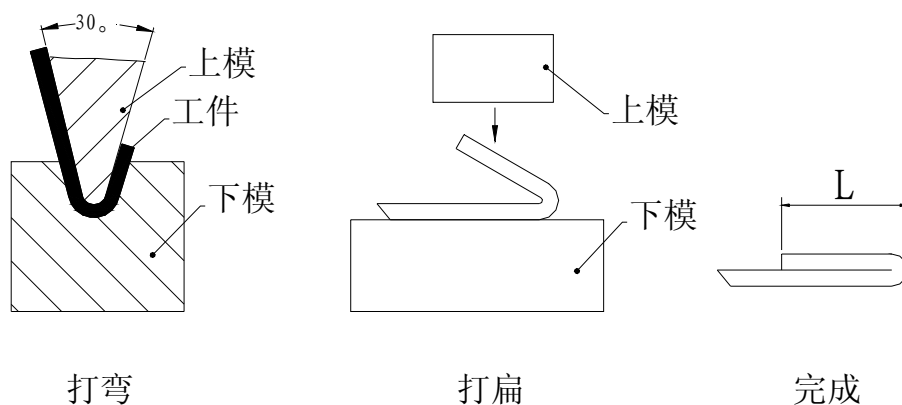


图 1-38 压死边的方法

图中的最小折弯边尺寸  $L$  按照 1.3.2.2 中描述的一次折弯边的最小折弯边尺寸加  $0.5t$  ( $t$  为材料厚度)。压死边一般适用于板材为不锈钢、镀锌板、覆铝锌板等。电镀件不宜采用，因为压死边的地方会有夹酸液的现象。

### 1.3.2.13 180 度折弯:

180 度折弯的方法：如图 1-39 所示，先用 30 度折弯刀将板才折成 30 度，再将折弯边压平，压平后抽出垫板。

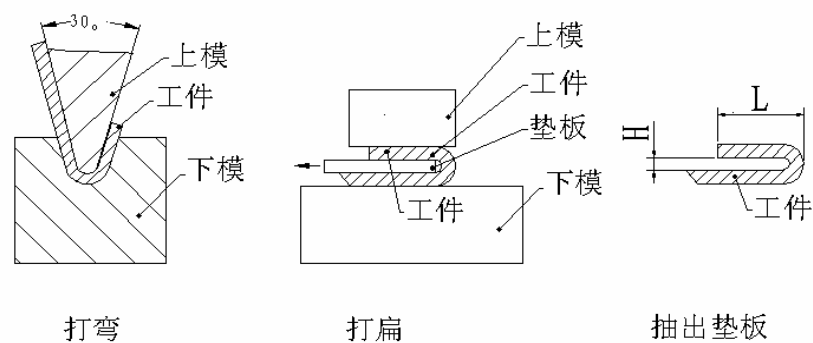


图 1-39 180 度折弯的方法

图中的最小折弯边尺寸L按照1.3.2.2中描述的一次折弯边的最小折弯边尺寸加 $t$  ( $t$ 为材料厚度)，高度H应该选择常用的板材，如0.5、0.8、1.0、1.2、1.5、2.0，一般这个高度不宜选择更高的尺寸。

#### 1.3.2.14 三重折叠压死边:

如图1-40所示，先折形，再折死边。设计时注意各部分尺寸，保证各加工步骤满足最小折弯尺寸，避免不必要的后期加工。

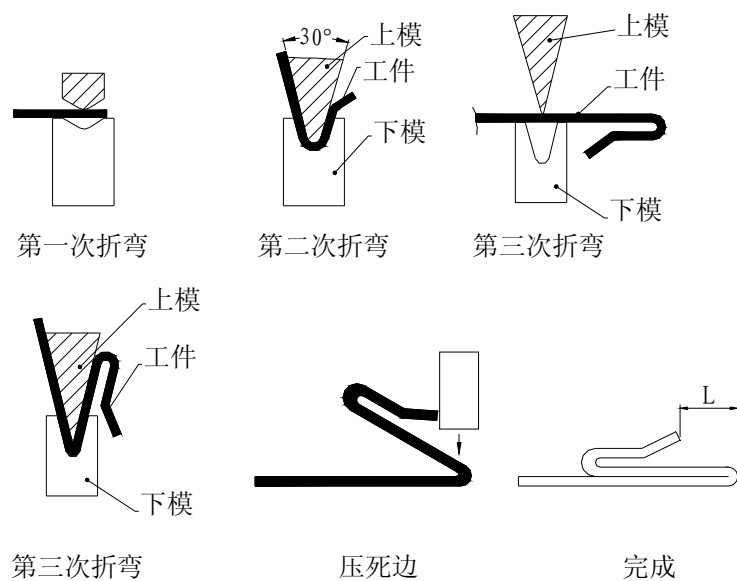


图 1-40 三重折叠压死边

表 1-16 最后折弯边压平所需最小承压边尺寸

料厚	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	2.0	2.5
承压边尺寸 L	4.0	4.0	4.0	4.0	4.5	4.5	5.0	5.0

## 1.4 钣金件上的螺母、螺钉的结构形式

### 1.4.1 铆接螺母

铆接螺母常见的形式有压铆螺母柱、压铆螺母、涨铆螺母、拉铆螺母、浮动压铆螺母

#### 1.4.1.1 压铆螺母柱

压铆就是指在铆接过程中，在外界压力下，压铆件使基体材料发生塑性变形，而挤入铆装螺钉、螺母结构中特设的预制槽内，从而实现两个零件的可靠连接的方式，压铆的非标螺母有两种，一种是压铆螺母柱，一种是压铆螺母。采用此种铆接形式实现与基材的连接，此种铆接形式通常要求铆接零件的硬度要大于基材的硬度。普通低碳钢、铝合金板、铜板板材适合于压接压铆螺母柱，对于不锈钢和高碳钢板材因为材质较硬，需要特制的高强度的压铆螺母柱，不仅价格很高，而且压接困难，压接不牢靠，压接后容易脱落，厂家为了保证可靠性，常常需要在螺母柱的侧面加焊一下，工艺性不好，因此，有压铆螺母柱和压铆螺母的钣金零件尽可能不采用不锈钢。包括压铆螺钉、压铆螺母也是这种情况，不合适在不锈钢板材上使用。

压铆螺母柱的压接过程如图 1-41 所示：

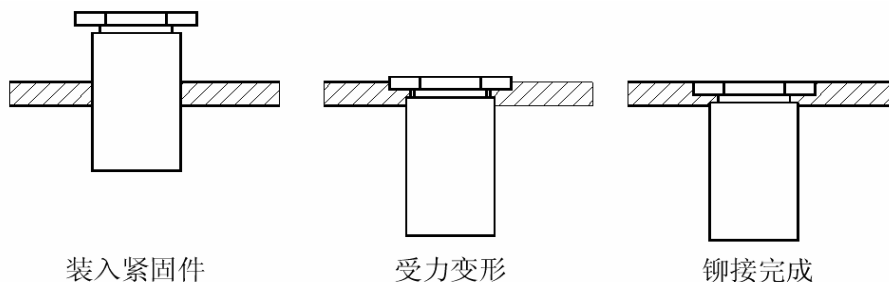


图 1-41 压铆过程示意图

#### 1.4.1.2 压铆螺母

压铆螺母的压接过程如图 1-42 所示：

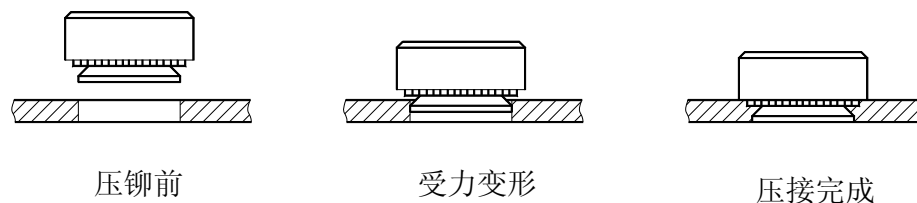


图 1-42 压铆过程示意图

#### 1.4.1.3 涨铆螺母

涨铆就是指在铆接过程中，铆装螺钉或螺母的部分材料在外力作用下发生塑性变形，与基体材料形成紧配合，从而实现两个零件的可靠连接的方式。常用的 ZRS 等等就是采用此种铆接型式实现与基材的连接的。涨铆工艺比较简单，连接强度较低，通常用在对紧固件高度有限制，且承受扭距不大的情况。如图 1-43 所示：

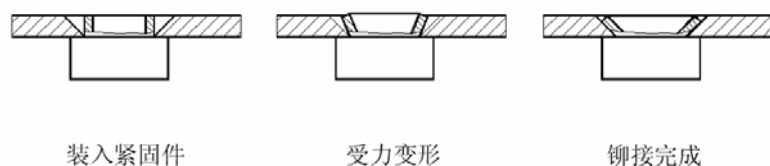


图 1-43 涨铆过程示意图

#### 1.4.1.4 拉铆螺母

- 1) 拉铆是指在铆接过程中，铆接件在外界拉力的作用下，发生塑性变形，其变形的位罝通常在专门设计的部位，靠变形部位夹紧基材来实现可靠的连接。常用的拉铆螺母就是采用此种铆接型式实现与基材的连接。拉铆使用专用的铆枪进行铆接，多用在安装空间较小，无法使用通用铆接工装的情况，例如封闭的管材。如图 1-44 所示：

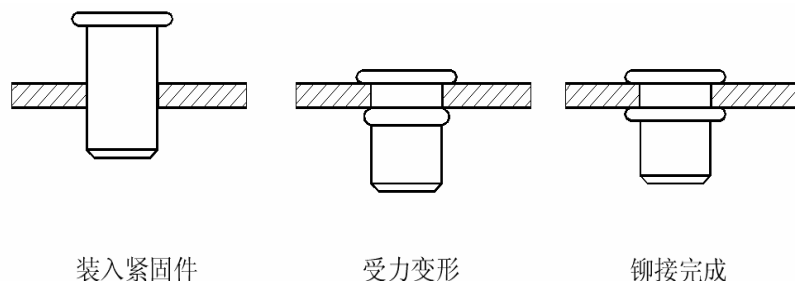


图 1-44 拉铆过程示意图

#### 1.4.1.5 浮动压铆螺母

有些钣金结构上的铆装螺母，因为整体机箱结构复杂，结构的积累误差太大，以致这些铆装螺母的相对位置误差很大，造成其它零件装配困难，在相应的压铆螺母位置上采用压铆式浮动螺母后，很好的改善了这一情况。如图 1-45 所示：（注意事项：压铆位置一定要有足够空间）

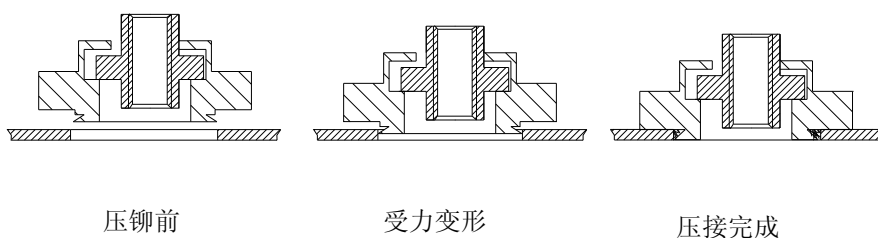


图 1-45 浮动压铆螺母压入过程示意图

#### 1.4.1.6 涨铆螺母或压铆螺母到边距离

涨铆螺母或压铆螺母都是通过对板料的挤压使之与板料铆合在一起，涨铆或压铆时如到边的距离太近，则容易使此部分变形，无特殊要求时，铆装紧固件中心线与板边缘最小距离应该大于  $L$ ，见图 1-46，否则必须使用专用夹具防止板的边缘受力变形。 $L$  的大小参见新的《非标紧固件》手册，每种非标紧固件的  $L$  值都有详细描述。

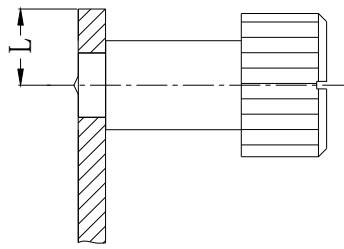


图 1-46 中心线与板边缘最小距离

#### 1.4.1.7 影响铆接质量的因素

影响铆接质量的因素很多，总结下来，主要有以下几个：基材性能，底孔尺寸，铆接方式。

- 1) 基材性能。基材硬度适当时，铆接质量较好，铆接件的受力较好。
- 2) 底孔尺寸。底孔尺寸的大小直接影响铆接的质量，开大了，基材和铆接件的间隙大，对于压铆来讲，不能有足够的变形来填满铆接件上的沟槽，使剪切受力不足，直接影响压铆螺母（钉）的抗推力。对于涨铆螺钉来讲，底孔太大，铆接过程中由塑性变形而产生的挤压力变小，直接影响涨铆螺钉（母）的抗推力和抗扭力。对拉铆相同，底孔太大，使塑性变形后两件之间的有效摩擦力减小，影响铆接的质量。底孔尺寸小，虽然在一定程度上可以增加铆接的承力，但是容易造成铆接外观质量差，铆接力大，安装不便、易造成底板变形等缺点，影响铆接工作的生产效率和铆接的质量。
- 3) 铆接方式。在上一节中已经有所介绍。

铆装螺钉、螺母在使用的过程中要非常注意其所在的场合，不同的场合，不同的受力要求，就要采用不同的型式。如果采用的不合适，就会降低铆装螺钉、螺母的受力范围，造成连接的失效。下面举几个例子来说明正常情况下的正确使用方法。

- 1) 不要在铝板阳极氧化或表面处理之前安装钢或不锈钢铆装紧固件。
- 2) 同一直线上压铆过多，被挤压的材料没有地方可流动，会产生很大的应力，使工件弯曲成弧形
- 3) 尽量保证在板的表面镀覆处理后再安装铆装紧固件。
- 4) M5、M6、M8、M10 的螺母一般要点焊，太大的螺母一般要求强度较大，可采用弧焊，M4（含 M4）以下尽量选用涨铆螺母，如是电镀件，可选用未电镀的涨铆螺母。
- 5) 当在折弯边上铆压螺母时，为保证铆压螺母的铆接质量，需注意 1、铆孔边到折弯边的距离必须大于折弯的变形区。2、铆装螺母中心到折弯边内侧的距离  $L$  应大于铆装螺母外圆柱半径与折弯内半径之和。即  $L > D/2 + r$ 。

#### 1.4.2 凸焊螺母

凸焊螺母（点焊螺母）在钣金件结构设计中应用非常广泛，在公司的结构设计中，也经常用到，但是，很多设计中，预孔的大小没有按照标准，是无法准确定位的。国家标准的凸焊螺母有两种，一种是焊接六角螺母 GB13680-92，定位比较粗糙，定位尺寸不准确，焊接

后经常需要对螺纹回丝；另外一种焊接六角螺母 GB13681-92，焊接时有自定位结构，推荐采用这种结构。其结构型式和尺寸按图 1-47 和图 1-48，焊接用钢板焊接前的孔径 D0 与板厚 H 的推荐值按表 1-17 的规定。

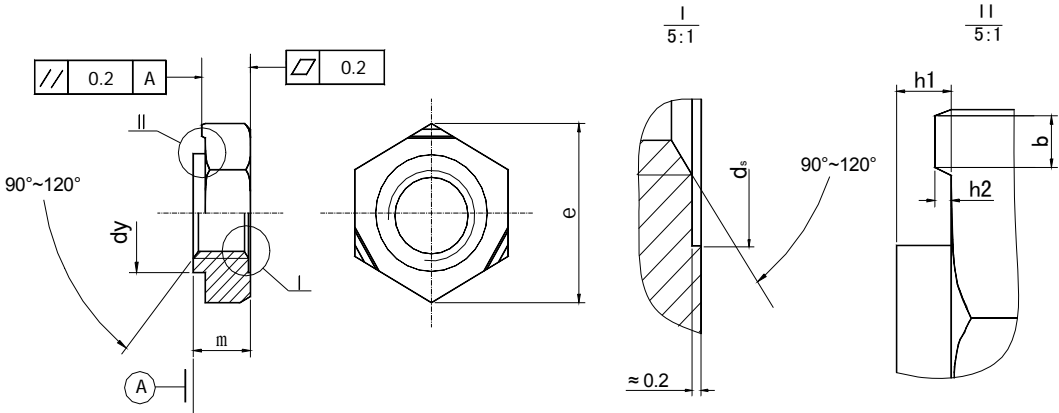


图 1-47 焊接六角螺母 GB13681-92 结构型式

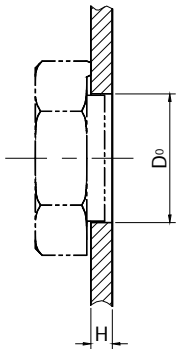


图 1-48 焊接六角螺母与钢板的焊接

表 1-17 焊接六角螺母 GB13681-92 尺寸和对应钢板的开孔厚度（mm）

螺纹规格 (D或 D×P)		M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16
		—	—	—	M8×1	M10×1	M12×1. 5	M16×1. 5
		—	—	—	—	(M10×1. 25)	(M12×1. 25)	—
e	min	9. 83	10. 95	12. 02	15. 38	18. 74	20. 91	26. 51
dy	max	5. 97	6. 96	7. 96	10. 45	12. 45	14. 75	18. 735
	min	5. 885	6. 87	7. 87	10. 34	12. 34	14. 64	18. 605
h1	max	0. 65	0. 70	0. 75	0. 90	1. 15	1. 40	1. 80
	min	0. 55	0. 60	0. 60	0. 75	0. 95	1. 20	1. 60
h2	max	0. 35	0. 40	0. 40	0. 50	0. 65	0. 80	1. 0
	min	0. 25	0. 30	0. 30	0. 35	0. 50	0. 60	0. 80
m	max	3. 5	4	5	6. 5	8	10	13
	min	3. 2	3. 7	4. 7	6. 14	7. 64	9. 64	12. 3

D0	max	6.075	7.09	8.09	10.61	12.61	14.91	18.93
	min	6	7	8	10.5	12.5	14.8	18.8
H	max	3	3.5	4	4.5	5	5	6
	min	0.75	0.9	0.9	1	1.25	1.5	2

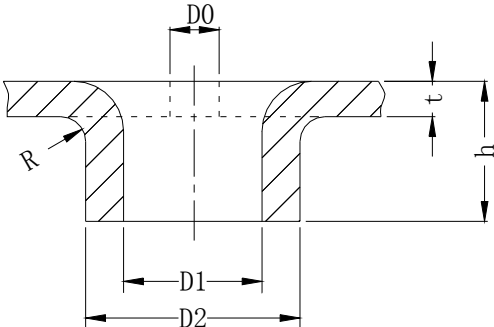
注：尽可能不采用括号内的规格。

### 1.4.3 翻孔攻丝

翻孔攻丝的预孔、外径、高度等列表：

#### 1.4.3.1 常用粗牙螺纹翻孔尺寸

表 1-18 常用粗牙螺纹翻孔尺寸

						
螺纹直径 M	材料厚度 t	翻孔内径 D1	翻孔外径 D2	翻孔总高 h	预冲孔直 径 D0	翻孔圆 角半径
M2.5	0.6	2.1	2.8	1.2	1.4	0.3
	0.8		2.8	1.44	1.5	0.4
	1		2.9	1.8	1.2	0.5
	1.2		2.9	1.92	1.3	0.6
M3	1	2.55	3.5	2	1.4	0.5
	1.2		3.5	2.16	1.5	0.6
	1.5		3.5	2.4	1.7	0.75
M4	1	3.35	4.46	2	2.3	0.5
	1.2		4.5	2.16	2.3	0.6
	1.5		4.65	2.7	1.8	0.75
	2		4.56	3.2	2.4	1
M5	1.2	4.25	5.6	2.4	3	0.6
	1.5		5.75	3	2.5	0.75
	2		5.75	3.6	2.7	1
	2.5		5.75	4	3.1	1.25

#### 1.4.3.2 翻孔攻丝到折弯边的最小距离

表 1-19 翻孔攻丝中心到折弯边距离 H 值对照表：

材料厚度 螺纹直径	1.0	1.2	1.5	2.0
M3	6.2	6.6	—	—
M4		7.7	8	—
M5	—	7.6	8.4	—

1.4.4 涨铆螺母、压铆螺母、拉铆、翻孔攻丝的比较

表 1-20 涨铆螺母、压铆螺母、拉铆、翻孔攻丝的比较

连接方式 特点	涨铆螺母	压铆螺母	拉铆	翻孔攻丝
加工性	好	好	好	一般
板材要求	不锈钢铆装 易脱落	不锈钢铆装很差， 要使用特制压铆 螺母，且要点焊	无	薄板及铜、铝软材易滑 牙
精度	好	好	好	一般
耐用性	好	好	好	铜、铝软材差，其它材 料螺纹有 3~4 扣以上 好
成本	高	高	一般	底
质量	好	好	好	一般

1.5 钣金拉伸

1.5.1 常见拉伸的形式和设计注意事项

钣金件的拉伸如图 1-50 所示，

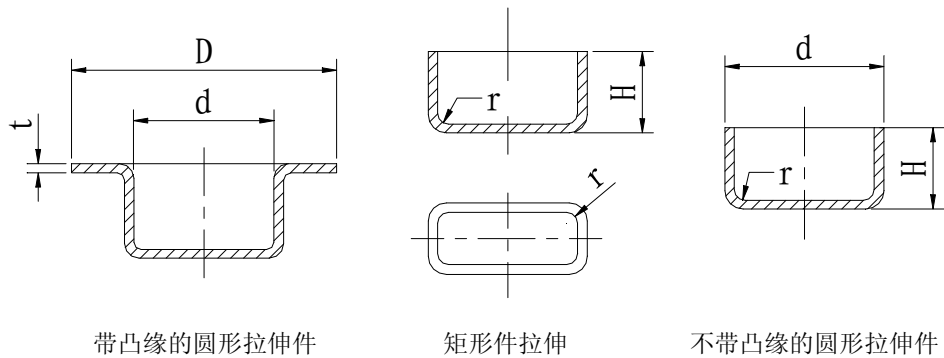


图 1-50 钣金拉伸设计

钣金件的拉伸注意事项：

- 1、拉伸件的底与壁之间的最小圆角半径应大于板厚，即  $r_1 > t$ ；为了使拉伸进行得更顺利，一般取  $r_1 = (3 \sim 5)t$ ，最大圆角半径应小于板厚的 8 倍，即  $r_1 < 8t$ 。
- 2、拉伸件凸缘与壁之间的最小圆角半径应大于板厚的 2 倍，即  $r_2 > 2t$ ；为了使拉伸进行得

更顺利，一般取  $r_2=5t$ ，最大圆角半径应小于板厚的 8 倍，即  $r_1<8t$ 。

- 3、圆形拉伸件的内腔直径应取  $D\geq d+12t$ ，以便在拉伸时压板压紧不致起皱。
- 4、矩形拉伸件相邻两壁间的最小圆角半径应取  $r_3\geq 3t$ ，为了减少拉伸次数，尽可能取  $r_3\geq 1/5H$ ，以便一次拉伸完成。
- 5、拉伸件由于各处所受应力不同，使拉伸后，材料厚度发生变化。一般，底部中央保持原来厚度，底部圆角处材料变薄，顶部靠近凸缘处材料变厚；矩形拉伸件四周圆角处材料变厚。在设计拉伸产品时，在图纸上明确注明必须保证外部尺寸或内外部尺寸，不能同时标注内外尺寸。
- 6、拉伸件之材料厚度，一般都考虑工艺变形中的上下壁厚不相等的规律（即上厚下薄）。
- 7、圆形无凸缘拉伸件一次成形时，高度  $H$  和直径  $d$  之比应小于或等于 0.4。

## 1.5.2 打凸的工艺尺寸

### 1.5.2.1 在钣金上打凸需参照以下数据：

在钣金上打凸的形状和尺寸，《钣金模具手册》上规定了几种系列尺寸，Intralink 库中有相应的 Form 模型，设计时应按照手册规定的尺寸选用，直接调用库里的 Form 模具。

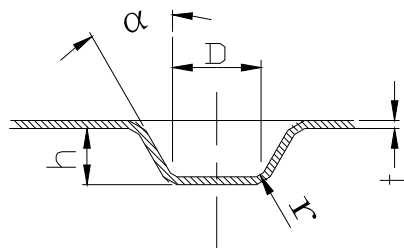


图 1-51 钣金上打凸

### 1.5.2.2 打凸间距和凸边距的极限尺寸

表 1-21 打凸间距和凸边距的极限尺寸

简图	L	B	D
	6.5	10	6
	8.5	13	7.5
	10.5	15	9
	13	18	11
	15	22	13
	18	26	16
	24	34	20
	31	44	26
	36	51	30
	43	60	35
	48	68	40
	55	78	45

### 1.5.3 局部沉凹与压线

如 1-52 所示，在钣金上冲 0.3 深的半切压凹，可作为标贴等的粘贴位，可以提高标贴的可靠性，《钣金模具手册》上规定了与铭牌对应的系列尺寸，Intralink 库中有相应的 Form 模型，设计时应按照手册规定的尺寸选用，直接调用库里的模具。此种半切压凹，变形比正常的拉伸要小的多，但是，对于四周没有折弯或者折弯高度较小的大面积盖板和底板等零件，还是有一定的变形。替代方法：可以在贴标贴范围冲压两直角线，可改善变形，但标贴粘贴的可靠性降低，此方法还可用于产品编码、生产日期、版本、甚至图案等加工。

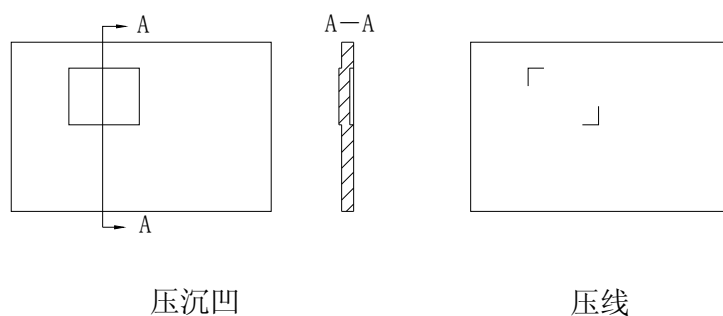


图 1-52 沉凹与压线

### 1.5.4 加强筋

在板状金属零件上压筋，见示意图 1-53，有助于增加结构刚性，加强筋形状及尺寸应按照《钣金模具手册》上规定的五种规格选用。

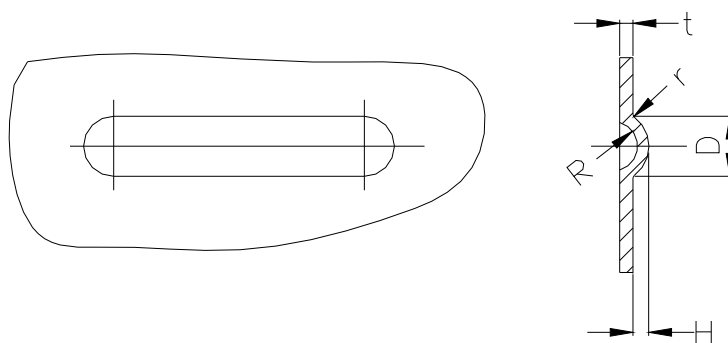


图 1-53 加强筋示意结构

1.5.5 标注弯曲件相关尺寸时，要考虑工艺性

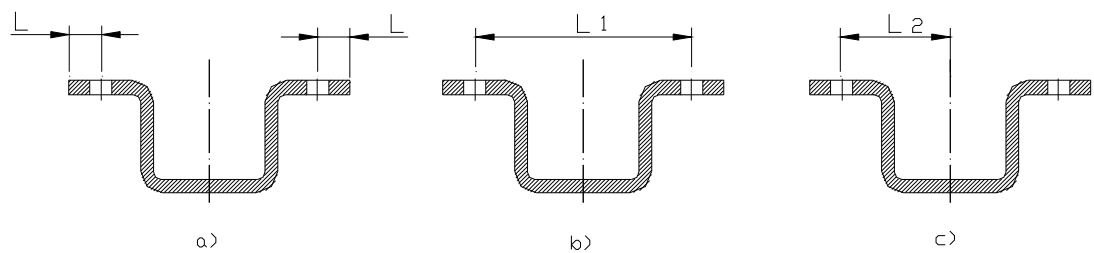


图 1-54 弯曲件标注示例

如图 1-54 所示， a) 先冲孔后折弯，L 尺寸精度容易保证，加工方便。b) 和 c) 如果尺寸 L 精度要求高，则需要先折弯后加工孔，加工非常麻烦，最好不采用。

1.6 其它工艺

1.6.1 抽孔铆接

抽孔铆接是钣金之间的铆接铆接方式，主要用于涂层钢板或者不锈钢板的连接，采用其中一个零件冲孔，另一个零件冲孔翻边，通过铆接使之成为不可拆卸的连接体。优点:翻边与直孔相配合，本身具有定位功能，铆接强度高，通过模具铆接效率也比较高，具体方式如图 1-55 所示：

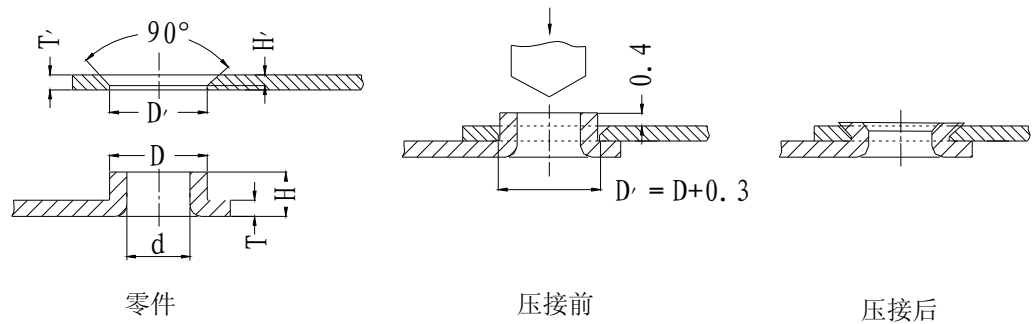


图 1-55 抽孔铆接

表 1-22 抽孔铆接尺寸

参数 序号	料厚 T (mm)	翻 边 高 H (mm)	翻边外径 D(mm)											
			3.0		3.8		4.0		4.8		5.0		6.0	
			对应直孔内径 d 和预冲孔 d0											
			d	d0	d	d0	d	d0	d	d0	d	d0	d	d0
1	0.5	1.2	2.4	1.5	3.2	2.4	3.4	2.6	4.2	3.4				
2	0.8	2.0	2.3	0.7	3.1	1.8	3.3	2.1	4.1	2.9	4.3	3.2		

3	1.0	2.4					3.2	1.8	4.0	2.7	4.2	2.9	5.2	4.0
4	1.2	2.7					3.0	1.2	3.8	2.3	4.0	2.5	5.0	3.6
5	1.5	3.2					2.8	1.0	3.6	1.7	3.8	2.0	4.8	3.2

注：配合一般原则  $H=T+T'+(0.3\sim0.4)$

$D=D'-0.3$  ；

$D-d=0.8T$

当  $T\geq 0.8\text{mm}$  时，翻边孔壁厚取  $0.4T$ 。

当  $T<0.8\text{mm}$  时，通常翻边孔壁厚取  $0.3\text{mm}$ 。

$H$  通常取  $0.46\pm0.12$

### 1.6.2 托克斯铆接

在钣金铆接方式中，还有一种铆接方式就是托克斯铆接，其原理就是两个板叠放在一起，如图 1-56 所示，利用模具进行冲压拉伸，主要用于涂层钢板或者不锈钢板的连接，它具有节省能源、环保、效率高等优点，以前通讯行业的机箱中采用这种铆接较多，但批量生产的质量控制较为困难，现在已经应用较少，不推荐采用。

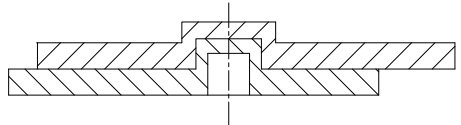


图 1-56 托克斯铆接

## 1.7 沉头的尺寸统一

### 1.7.1 螺钉沉头孔的尺寸

螺钉沉头孔的结构尺寸按下表选取。对于沉头螺钉的沉头座，如果板材太薄，难以同时保证过孔  $d_2$  和沉孔  $D$ ，应优先保证过孔  $d_2$ 。

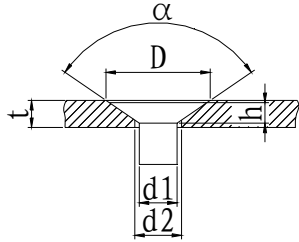
用于沉头螺钉之沉头座及过孔：（选择的板材厚度  $t$  最好大于  $h$ ）

表 1-23 螺钉沉头孔的尺寸

	$d_1$	M2	M2.5	M3	M4	M5
	$d_2$	$\Phi 2.2$	$\Phi 2.8$	$\Phi 3.5$	$\Phi 4.5$	$\Phi 5.5$
	$D$	$\Phi 4.0$	$\Phi 5.0$	$\Phi 6.0$	$\Phi 8.0$	$\Phi 9.5$
	$h$	1.2	1.5	1.65	2.7	2.7
	优选最小板厚	1.2	1.5	1.5	2.0	2.0
	$\alpha$	$90^\circ$				

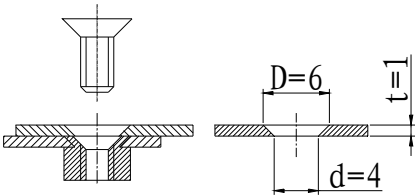
1.7.2 孔沉头铆钉的沉头孔的尺寸的统一

表 1-24 孔沉头铆钉的沉头孔的尺寸

	d1	Φ 2	Φ 2.5	Φ 3	Φ 4	Φ 5
	d2	Φ 2.2	Φ 2.7	Φ 3.3	Φ 4.3	Φ 5.3
	D	Φ 4.0	Φ 5.0	Φ 5.5	Φ 7.0	Φ 9.0
	h	1	1.1	1.2	1.6	2
	α	120°				

1.7.3 沉头螺钉连接的薄板的特别处理

采用 M3 沉头螺钉完成钣金与钣金的连接，如果开沉孔的板厚的厚度尺寸为 1mm，按照常规的办法，是有问题的，但在实际设计中，大量遇到此类问题，下面采用涨铆螺母，沉孔的直径为 6mm，可以有效完成连接，如图所示，这种尺寸在箱体插箱中大量采用。特别需要注意的是，这种连接方式要求下面是涨铆螺母。压铆螺母和翻孔攻丝不能完成紧固连接。



安装示意图 沉孔尺寸

图 1-57 薄板的沉头螺钉连接

为了规范此类尺寸，d/D 应按照如下尺寸：

表 1-25 薄板沉头孔的统一

钢板厚度	1	1.2	1.5
M3	4/6	3.6/6.0	3.5/6
M4	---	---	5.8/8.8

2 第二章 金属切削件设计工艺

2.1 常用金属切削加工性能

对于金属切削加工零件材料来说，除了能够满足制品的功能，并能够通过后续加工，满足对其装饰性、耐蚀性、导电性等性能要求外，还希望它能够有良好的切削加工特性。

工件材料的切削加工性是指在一定切削条件下，工件材料被切削的难易程度。为了对各种材料的切削加工性进行比较，用相对加工性 Kr 来表示。它是以切削抗拉强度  $\sigma_b=0.735\text{Gpa}$  的 45 钢，耐用度  $T=60\text{min}$  时的切削速度  $v_{60}$  为基准，与切削其它材料时的  $v_{60}$  的比值，即  $Kr= v_{60}/ v_{060}$ 。

当  $Kr>1$  时，该材料比 45 钢容易切削，切削性能好；当  $Kr<1$  时，该材料比 45 钢难切削，

切削性能差。常驻机构用材料的切削加工性，根据相对加工性  $K_r$  的大小分为 8 级，如表 2-1 所列：

表 2-1 金属材料的切削加工性

加工等级	工件材料分类		相对切削加工性 $K_r$	代表性材料
1	很容易切削的材料	一般有色金属	>3.0	铅黄铜 HPb59-1、铝镁合金、9-4 铝铜合金，
2	容易切削的材料	易切钢、有色金属材料	2.5~3.0	退火 15Cr、自动机钢、
3		较易切钢、有色金属材料	1.6~2.5	10 钢、20 钢、正火 30 钢
4	普通材料	一般钢、铸铁	1.0~1.6	45 钢、灰铸铁、
5		稍难切削的材料	0.65~1.0	调质 2Cr13、70 钢
6	难切削的材料	较难切削的材料	0.5~0.65	调质 45Cr、调质 65Cr
7		难切削的材料	0.15~0.5	1 Cr18Ni9、调质 50Cr、某些钛合金
8		很难切削的材料	<0.15	铸造镍基高温合金、某些钛合金

## 2.2 零件的加工余量

### 2.2.1 零件毛坯的选择和加工余量

#### 2.2.1.1 零件毛坯的选择

毛坯种类的选择决定于零件的材料、形状、生产性质以及生产中获得的可能性。毛坯可以采用下列几种：轧制材料（截面为圆形、六角形或正方形等的棒料、板料以及带料等）和成型毛坯（铸件、锻件以及冲压件等）。

#### 2.2.1.2 毛坯的加工余量

机械加工中毛坯尺寸与完工零件尺寸之差，称为毛坯的加工余量。加工余量的大小取决于加工过程中各个工步应切除的金属层的总和，以及毛坯尺寸与规定的公称尺寸之间的偏差数值。

### 2.2.2 工序间的加工余量

#### 2.2.2.1 选择工序间加工余量的原则

- 1) 应采用最小的加工余量，以求缩短加工时间，降低零件的制造费用；
- 2) 应保证各工序有充分的加工余量，能在最后的工序中保证图纸所要求的精度及表面粗糙度；
- 3) 应考虑到零件热处理时引起的变形；

- 4) 应考虑加工零件时所采用的设备及加工方法,以及零件在加工过程中可能发生的变形;
- 5) 应考虑到被加工零件的大小,零件愈大则所要求的加工余量也应愈大。

#### 2.2.2.2 选择工序间工序公差的原则

- 1) 公差不应超出经济的加工精度范围;
- 2) 选择公差时应考虑到加工余量的大小,公差的界限决定加工余量的极限尺寸;
- 3) 选择公差时应根据零件的最后精度;
- 4) 选择公差时应考虑生产批量的大小,对单件小批量生产的零件允许选择大的数值。

### 2.3 不同设备的切削特性、加工精度和粗糙度的选择

#### 2.3.1 常用设备的加工方法与表面粗糙度的对应关系

表 2—2 常用设备的加工方法与表面粗糙度的对应关系

序号	加工方法	表面状况	表面粗糙度 (Ra 值不大于; $\mu\text{m}$ )
1	粗车、镗、刨、钻	明显可见的刀痕	25、50、100
2	粗车、刨、铣、钻	可见刀痕	12.5
3	车、镗、刨、钻、铣、铰	可见加工痕迹	6.3
4	车、镗、刨、铣、刮 1~2 点/ $\text{cm}^2$ 、拉、磨、铰、滚压、铣齿	微见加工痕迹	3.2
5	车、镗、刨、铣、铰、拉、磨、滚压、刮 1~2 点/ $\text{cm}^2$ 、铣齿	看不清加工痕迹	1.6
6	车、镗、拉、磨、立铣、刮 3~10 点/ $\text{cm}^2$ 、滚压	可辨加工痕迹的方向	0.8
7	铰、磨、镗、拉、刮 3~10 点/ $\text{cm}^2$ 、滚压	微辨加工痕迹的方向	0.4
8	布轮磨、磨、研磨、超级加工	不可辨加工痕迹的方向	0.2
9	超级加工	暗光泽面	0.1
10	超级加工	亮光泽面	0.05
11	超级加工	镜面光泽面	0.025
12	超级加工	雾状镜面	0.012

#### 2.3.2 常用公差等级与表面粗糙度数值的对应关系

常用公差等级与表面粗糙度数值的对应关系见表 2—3

表 2—3 常用公差等级与表面粗糙度数值的对应关系

序号	基本尺寸 mm	IT6 $\mu\text{m}$	IT7 $\mu\text{m}$	IT8 $\mu\text{m}$	IT9 $\mu\text{m}$	IT10 $\mu\text{m}$	IT11 $\mu\text{m}$	IT12 $\mu\text{m}$
----	------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

1	>0~10	0.2	0.8	0.8	1.6	1.6	1.6	3.2
2	>10~18	0.2	0.8	0.8	1.6	1.6	3.2	3.2
3	>18~30	0.2	0.8	1.6	1.6	1.6	3.2	3.2
4	>30~50	0.4	0.8	1.6	1.6	3.2	3.2	3.2
5	>50~80	0.4	1.6	1.6	1.6	3.2	3.2	3.2
6	>80~120	0.4	1.6	1.6	3.2	3.2	3.2	6.3
7	>120~180	0.4	1.6	1.6	3.2	3.2	6.3	6.3
8	>180~250	0.8	1.6	1.6	3.2	6.3	6.3	6.3

## 2.4 螺纹设计加工

### 2.4.1 普通螺纹的加工方法

1) 普通外螺纹的加工方法主要有：板牙加工、螺纹铣刀铣削加工、螺纹搓丝板和滚丝轮滚扎加工。

2) 普通内螺纹的加工方法主要有：丝锥加工、螺纹铣刀铣削加工。

### 2.4.2 普通螺纹加工常用数据

表 2—4 普通螺纹加工前的毛坯直径表

单位：mm

螺 纹 规 格	杆 的 直 径		孔 的 直 径		钻头直径
	最 大	最 小	最 大	最 小	
M2.5	2.44	2.38	2.13	2.02	2.05
M3	2.94	2.88	2.60	2.47	2.50
M4	3.92	3.84	3.42	3.26	3.30
M5	4.92	4.84	4.33	4.16	4.20
M6	5.92	5.84	5.12	4.94	5.00
M8	7.90	7.80	6.86	6.69	6.70
M10	9.90	9.80	8.63	8.42	8.50

表 2—5 常用粗牙螺栓（或螺钉）的拧入深度、攻丝深度及钻孔深度表 单位：mm

螺纹 规格	钢和青铜				铸铁				铝			
	h	H	H1	H2	h	H	H1	H2	h	H	H1	H2
M3	4	3	4	7	6	5	6	9	8	6	7	10
M4	5.5	4	5.5	9	8	6	7.5	11	10	8	10	14
M5	7	5	7	11	10	8	10	14	12	10	12	16
M6	8	6	8	13	12	10	12	17	15	12	15	20
M8	10	8	10	16	15	12	14	20	20	16	18	24
M10	12	10	13	20	18	15	18	25	24	20	23	30

注 1: h 表示通孔拧入深度 ; H 表示盲孔拧入深度; H1 表示攻丝深度; H2 表示钻孔深度。各个符号的含义见图 2—1

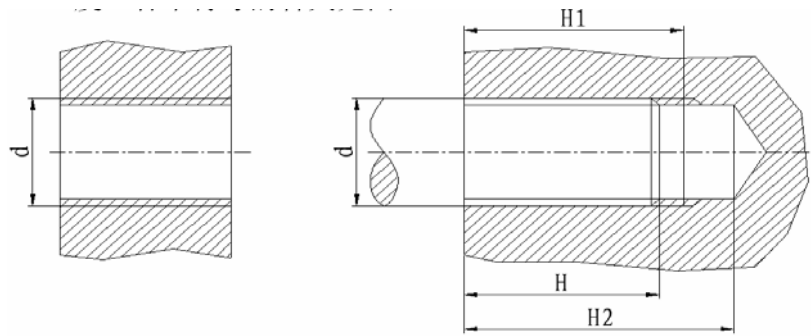


图 2—1 螺纹拧入深度、攻丝深度及钻孔深度

注 2: 拧入深度只是推荐值，具体数值可以根据实际需求确定。

注 3: M2 规格的螺纹加工工艺性很差，公司不推荐使用，

注 4: 特殊情况时，允许 H1=H2；一般不推荐使用。

### 2.4.3 普通螺纹的标记

螺纹公差带代号的标注在螺纹代号之后，中间用“-”分开。如果螺纹的中径公差带代号不同，则分别注出。前者表示中径公差带，后者表示顶径公差带。如果中径公差带与顶径公差带代号相同，则只标注一个代号。例如：M10-5g6g，M10×1-6H。

内、外螺纹装配在一起，其公差带代号用斜线分开，左边表示内螺纹公差带代号，右边表示外螺纹公差带代号。例如：M20×2-6H/6g；M20×2 左-6H/5g6g。

一般情况下，不标注螺纹旋合长度，其螺纹公差带按中等旋合长度确定。必要时，在螺纹公差带代号之后加注旋合长度代号 S 或 L，中间用“-”分开。例如：M10-5g6g-S，M10-7H-L。

【螺纹公差带三组旋合长度分别表示为：S（短）、N（中）、L（长）】。特殊需要时，可注明旋合长度的数值，中间用“-”分开。例如：M20×2-5g6g-40。

### 2.4.4 普通螺纹公差带的选用及精度等级

表 2—6 普通内螺纹公差带的选用及精度等级

精度	公差带位置 G			公差带位置 H		
	S	N	L	S	N	L
精密				4H	4H5H	5H6H
中等	(5G)	(6G)	(7G)	*5H	*6H	*7H
粗糙		(7G)			*7H	

- 注：1. 大量生产的精制紧固件螺纹，推荐采用带方框的公差带，普通螺纹孔推荐孔为 7H；
2. 优先选用带\*号的公差带，不带\*号的公差带其次，括号内的公差带尽可能不用；
3. 精密精度 —— 用于精密螺纹，当要求配合性质变动较小时采用；
- 中等精度 —— 一般用途；
- 粗糙精度 —— 对精度要求不高或制造比较困难时采用；
4. S —— 短旋合长度；N —— 中等旋合长度；L—— 长旋合长度。旋合长度范围由螺纹的

公称直径及螺距决定。

表 2—7 普通外螺纹公差带的选用及精度等级

精度	公差带位置 e			公差带位置 f			公差带位置 g			公差带位置 h		
	S	N	L	S	N	L	S	N	L	S	N	L
精密										(3h4h)	*4h	(5h4h)
中等		*6e				*6f	(5g6g)	*6g	(7g6g)	(5h6h)	*6h	(7h6h)
粗糙								8g			(8h)	

- 注：1. 大量生产的精制紧固件螺纹，推荐采用带方框的公差带，一般外螺纹推荐 6g；  
 2. 优先选用带\*号的公差带，不带\*号的公差带其次，括号内的公差带尽可能不用；  
 3. 精密精度 —— 用于精密螺纹，当要求配合性质变动较小时采用；  
 中等精度 —— 一般用途；  
 粗糙精度 —— 对精度要求不高或制造比较困难时采用；  
 4. S — 短旋合长度；N — 中等旋合长度；L — 长旋合长度。旋合长度范围由螺纹的公称直径及螺距决定。

#### 2.4.5 英制螺纹的尺寸系列

表 2—8 常用英制螺纹的尺寸系列

mm

尺寸代号	螺纹直径			螺距 P	每英寸牙数 n
	外径 d	中径 d2	内径 d1		
3/16	4.762	4.085	3.408	1.058	24
1/4	6.350	5.537	4.724	1.270	20
5/16	7.938	7.034	6.131	1.411	18
3/8	9.525	8.509	7.492	1.588	16
(7/16)	11.112	9.951	8.789	1.814	14
1/2	12.700	11.345	9.989	2.117	12
(9/16)	14.288	12.932	11.577	2.117	12
5/8	15.875	14.397	12.918	2.309	11
3/4	19.050	17.424	15.798	2.540	10
7/8	22.225	20.418	18.611	2.822	9
1	25.400	23.367	21.334	3.175	8

注 1：英制螺纹只在配制时使用，设计新产品时不使用。

注 2：括号内尺寸尽可能不采用。

#### 2.5 常见热处理选择和硬度选择。

##### 2.5.1 结构钢零件热处理方法选择

结构钢零件热处理方法选择见表 2—9

表 2—9 结构钢零件热处理方法选择

序号	热处理方法	用途
1	退火（完全退火、不完全退火）	处理工作负荷轻，速度低的含碳 0.15~0.45% 的碳钢零件。
2	正火（在静止空气中或吹风中冷却）	
3	淬火—高温回火	处理中等负荷的含碳 0.38~0.5% 的中碳钢和中碳合金钢零件。第 4 种方法也可以作热处理锻件的预先热处理，代替长时间的退火。
4	正火—高温回火	
5	退火或正火—淬火—低温回火	处理承受中等负荷，同时需要耐磨而含碳 0.38~0.5% 的中碳钢和中碳合金钢零件。
6	正火—高温回火—淬火—低温回火	
7	正火—渗碳—淬火—低温回火	处理承受重负荷，在复合应力以及冲击负荷下具有高耐磨性而含碳 0.15~0.32% 的低碳钢和低碳合金钢零件。处理淬火后在渗碳层中有大量奥氏体的含碳 0.15~0.32% 的高合金钢。
8	正火—高温回火—渗碳—高温回火—淬火—低温回火	
9	氰化—淬火—低温回火	处理在承受较重负荷，具有耐磨性的低碳或中碳合金钢零件。处理耐磨性高或抗蚀的低碳或中碳钢及合金钢零件或用于零件抗蚀氮化。处理在承受重负荷下具有良好耐磨性含碳 0.4~0.5% 的调质钢。
10	正火（调质）—表面淬火—低温回火	

### 2.5.2 热处理对零件结构设计的一般要求

- 1) 零件的尖角、棱角部分是淬火应力最为集中的地方，往往成为淬火裂纹的起点，因此设计时应尽量避免，尽可能设计成圆角或倒角。
- 2) 薄厚悬殊的零件，在淬火冷却时，由于冷却不均匀而容易造成变形、开裂，因此设计应尽量避免，并采用应力小的分级淬火或等温淬火。
- 3) 零件形状为开口或不对称结构时，淬火应力分布不均匀，容易引起变形；若结构必须开口，建议制造时先加工成封闭结构，淬火回火后再成形；因此尽量采用封闭对称结构。
- 4) 对于有淬裂倾向而各部分工作条件要求不同的零件或形状复杂的零件，若条件许可尽可能采用组合结构或镶拼结构。
- 5) 根据零件的实际使用情况，选择合理的技术条件。
- 6) 考虑淬火变形以及淬火后的尺寸变化，预先控制零件的加工尺寸。

### 2.5.3 硬度选择

#### 2.5.3.1 常用零件的选择要点

表 2—10 常用零件的选择要点

零件结构特点与工作条件	选择要点
承受均匀的静载荷、没有引起应力集中的缺口的零件	硬度越高，强度越高，可以根据载荷大小，选择较高的硬度或与强度相适应的硬度。（缺口一般是指槽、沟或端面变化较大）

有引起应力集中的缺口的零件		需要较高的塑性，使其在承载情况下，应力分布均匀，减少应力集中的现象，只能具有适当的硬度。如果工作情况不允许降低硬度，则可用滚压等表面强化处理来改善应力分布。
承受冲击与疲劳应力的零件		冲击不大时，一般可用中碳钢全部淬硬；冲击力较大时，一般用中碳钢全部淬硬或表面淬硬；冲击力和疲劳应力都大时，一般是表面淬硬。
从磨损或精度要求出发的零件		高速度或高精度一般要求 HRC50~62；中速度一般采用中硬度 HRC40~45；低速度一般采用低硬度，正火或调质硬度 HB220~260。
大尺寸的零件		由于不可能淬到很高的硬度（一般只能达到 HB220 左右），只有降低配合件的硬度或用其他措施来处理。
两对相互摩擦的零件	传动齿轮	小齿轮齿面硬度一般比大齿轮齿面硬度高 HB25~40。
	螺母与螺栓	螺母比螺栓硬度低一些，一般硬度低 HB20~40。

### 2.5.3.2 整体淬火后的硬度与材料有效厚度的关系

表 2—11 整体淬火后的硬度与材料有效厚度关系的经验数据

材料	截面有效厚度（mm）						
	<2	4~10	11~20	20~30	30~50	50~80	80~120
	淬火后的硬度（HRC）						
15 渗碳水淬	58~65	58~65	58~65	58~65	58~62	50~60	
15 渗碳油淬	58~62	40~60					
35 水淬	45~50	45~50	45~50	35~45	30~40		
45 水淬	54~59	50~58	50~55	48~52	45~50	40~45	20~35
45 油淬	40~45	30~35					
T8 水淬	60~65	60~65	60~65	60~65	56~62	50~55	40~45
T8 油淬	55~62						
20Cr 渗碳油淬	60~65	60~65	60~65	60~65	56~62	45~55	
40Cr 油淬	50~60	50~55	50~55	45~50	40~45	35~40	
35SiMn 油淬	48~53	48~53	48~53	45~50	40~45	35~40	
65SiMn 油淬	58~64	58~64	50~60	48~55	45~50	40~45	35~40
GCr15 油淬	60~64	60~64	60~64	58~63	52~62	48~50	
CrWMn 油淬	60~65	60~65	60~65	60~64	58~63	56~62	56~60

## 3 第三章 压铸件设计工艺

### 3.1 压铸工艺成型原理及特点

压铸，即压力铸造，是将液态金属或半液态金属，在高压作用下，以高的速度填充到压铸模的型腔中，并在压力下快速凝固而获得铸件的一种方法。

压铸时常用压力是从几兆帕至几十兆帕，填充起始速度在0.5~70m/s；压铸时的熔料温度，铝合金一般是610~670℃，锌合金一般是400~450℃，模具温度一般为合金温度的三分之一。

注：本章节只涉及锌铝合金压铸件的讨论。

3.2 压铸件的设计要求

3.2.1 压铸件设计的形状结构要求

合理的压铸件结构不仅能简化压铸模具的结构，降低制造成本，同时也能改善压铸件的质量。

应注意如下要求：

- a、避免内部侧凹或盲孔结构；
- b、避免或减少垂直于分型面的孔或外部盲孔结构；

3.2.2 压铸件设计的壁厚要求

压铸件壁厚度（通常称壁厚）是压铸工艺中的关键因素，如熔料填充时间的计算、凝固时间的计算、模具温度梯度的分析、压力（最终比压）的作用、留模时间的长短、压铸件顶出温度的高低及操作效率等等，都与壁厚有着直接的联系。

应注意如下要求：

- a、压铸件壁厚偏厚会使压铸件的力学性能明显下降，薄壁压铸件致密性好，相对提高了铸件强度及耐压性；
- b、压铸件壁厚不能太薄，太薄会造成铝合金熔液填充不良，成型困难，使铝合金熔液熔接不好，并给压铸工艺带来困难；
- c、压铸件随壁厚的增加，其内部气孔、缩孔等缺陷也随之增加；
- d、应尽量保持壁厚截面的厚薄均匀一致。

根据压铸件的表面积大小划分，锌铝合金压铸件的合理壁厚如下表 3-1 所示：

表 3-1 锌铝合金压铸件的合理壁厚

压铸件表面积 $h$ ( $\text{mm}^2$ )	壁厚 $t$ (mm)
$h \leq 25$	1.0~3.0
$25 < h \leq 100$	1.5~4.5
$100 < h \leq 400$	2.5~5.0
$h > 400$	3.5~6.0

3.2.3 压铸件的加强筋/肋的设计要求

加强筋/肋的作用是增加压铸件的强度和刚性，减少铸件收缩变形，避免工件从模具内顶出时发生变形，作为熔料填充时的辅助回路（熔料流动的通路）。

应注意如下要求：

- a. 压铸件的加强筋/肋的厚度应小于所在壁的厚度，一般取该处壁厚的 2/3~3/4；

3.2.4 压铸件的圆角设计要求

设计适当的工艺圆角，有利于压铸成型，避免应力及产生裂纹，并可延长压铸模具的寿命；当压铸件需要进行电镀或涂覆时，圆角处可防止镀（涂）料沉积，获得均匀镀（涂）层。

应注意如下要求：

- a. 压铸件上凡是壁与壁的连接处（模具分型面的部位除外）都应设计成圆角；
- b. 压铸件圆角一般取： $1/2 \text{ 壁厚} \leq R \leq \text{壁厚}$ ；

3.2.5 压铸件设计的铸造斜度要求

铸造斜度是在脱模时，减少压铸件与模具型腔的摩擦，使压铸件容易被取出；减少铸件表面被划伤；延长压铸模使用寿命。

锌铝合金压铸件的一般最小铸造斜度如下表 3-2 所示：

表 3-2 锌铝合金压铸件的一般最小铸造斜度

锌铝合金压铸件最小的铸造斜度		
外表面	内表面	型芯孔（单边）
1°	1° 30′	2°

3.2.6 压铸件的常用材料

常用压铸铝合金一般有：ADC12、YL113、YL102、A380、A360 等；

常用压铸锌合金一般有： 3#Zn；

目前，珠江三角洲地区比较普遍的铝合金材料是 ADC12，它在压铸成型性、切削性、机械性能等各方面均有较好的表现。

3.2.7 压铸模具的常用材料

压铸模具型腔材料要求具有较高的冷热疲劳抗力、良好的断裂韧性及热稳定性。

表 3-3 常用压铸模具型腔材料牌号

材料标准	AISI (美国)	DIN (德国)	JIS (日本)	ASSAB (瑞典)	GB (中国)
热作模具钢	H13	1. 2344	SKD61	8407	4Cr5MoSiVi

4 第四章 铝型材零件设计工艺

铝型材是通过把加热到一定温度的铝坯锭放在挤压机的挤压筒中，挤压机的压力通过挤压杆、垫片作用在坯锭上，迫使金属流出挤压模，从而获得所需形状、尺寸、性能的制品。

4.1 型材挤压加工的基本常识

4.1.1 铝型材的生产工艺流程

铝型材成型加工中的主要工序是挤压，其它工序与供货状态有关，流程见图 4-1

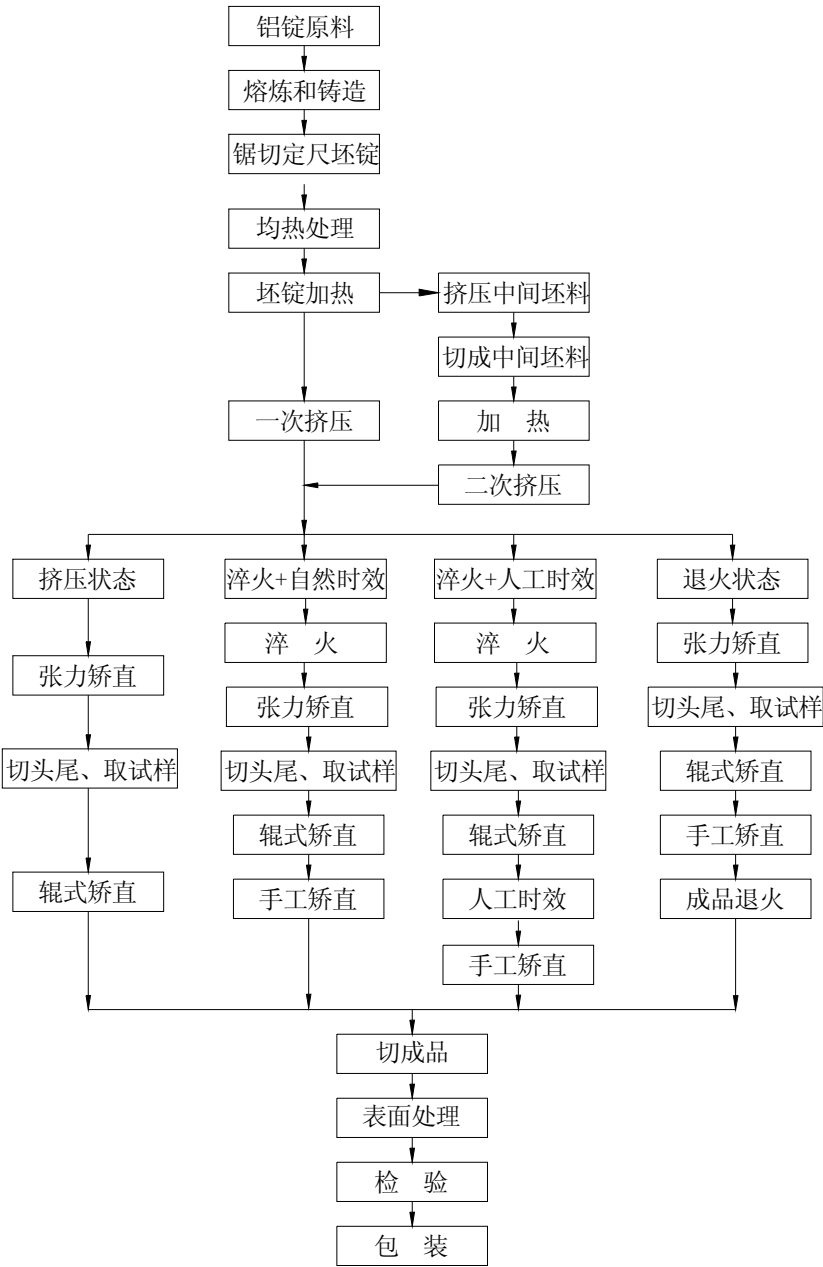


图 4-1 铝型材零件生产流程

4.1.2 常见型材挤压方法

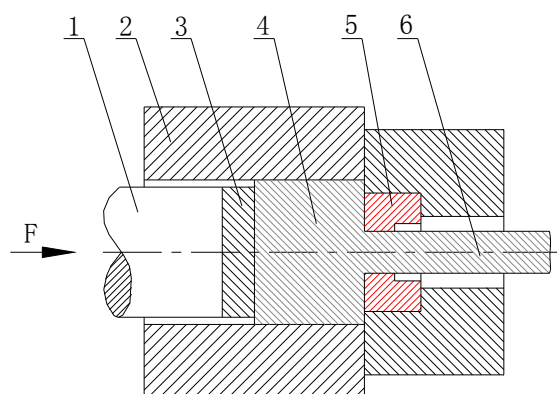
按照挤压型材的类型，可分为实心型材挤压和空心型材挤压等。

按照坯料相对挤压筒的移动特点，可分为正挤压和反挤压等。

一、实心型材挤压

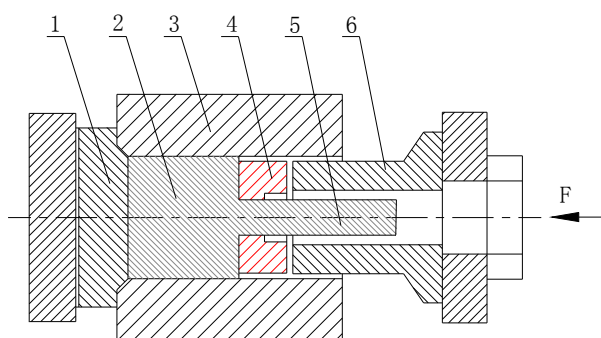
实心型材挤压采用两种基本方法，即金属正向流动的挤压、金属反向流动的挤压，

分别如图 4-2 和图 4-3 所示。



1. 挤压杆 2. 挤压筒 3. 挤压垫 4. 坯锭 5. 挤压模 6. 制成品

图 4-2 实心型材正向挤压



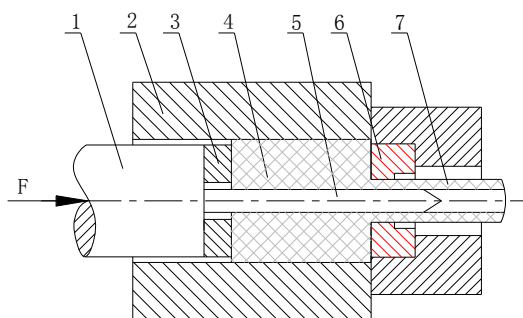
1. 堵头 2. 坯锭 3. 挤压筒 4. 挤压模 5. 制成品 6. 挤压杆

图 4-3 实心型材反向挤压

## 二、空心型材挤压

根据空心型材的外形、孔的数目、尺寸形状、孔对型材断面中心位置的非对称分布程度等，空心型材挤压常采用两种基本方法：

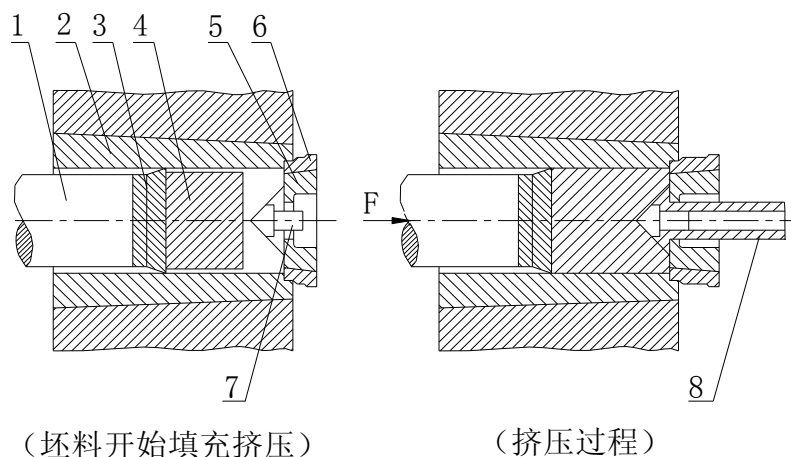
a. 挤压针管材挤压法：可对空心或实心坯锭进行挤压，当采用实心坯锭时，在挤压之前先进行穿孔。这种方法挤压的空心型材没有接缝，一般用于形状简单、内孔直径较大的异形断面管材，如图 4-4 所示。



1. 挤压杆 2. 挤压筒 3. 挤压垫 4. 坯锭 5. 挤压针 6. 挤压模 7. 制成品

图 4-4 无缝管材正向挤压

b. 组合模焊合挤压：挤压时采用实心坯锭，组合针和模子是一个整体或装成一个刚性结构。坯料 4 放入挤压筒 2 中，在挤压杆 1 通过挤压垫片 3 所传递的力的作用下，坯料金属在高压作用下被模子 5 分成两股或两股以上的金属流，在模子的焊合室内被重新焊合。最终在模孔和组合针的逢数之数目等于被分开的金属流通股数，如图 4-5 所示。



1. 挤压杆 2. 挤压筒 3. 挤压垫 4. 坯锭 5. 模子 6. 模套 7. 组合针 8. 制成品

图 4-5 组合模焊合挤压

#### 4.1.3 空心型材挤压模具简单介绍

如上节所述空心型材有两种挤压方式，这里介绍后一种组合模，组合模是将模心置于模孔中与模子组合成一个整体，模孔的形状和尺寸决定了型材的外形和尺寸，而模芯的形状和尺寸则决定着型材内孔的形状和尺寸。

常见的组合模有舌形模和平面分流模等。舌形模又称桥式模，如图 (a) 所示；主要缺点是挤压压余大，强度较差，且制造加工困难。平面分流模可用于舌形模无法生产的，双孔、多孔或内腔复杂的空心型材，如图 4-6(b) 所示。

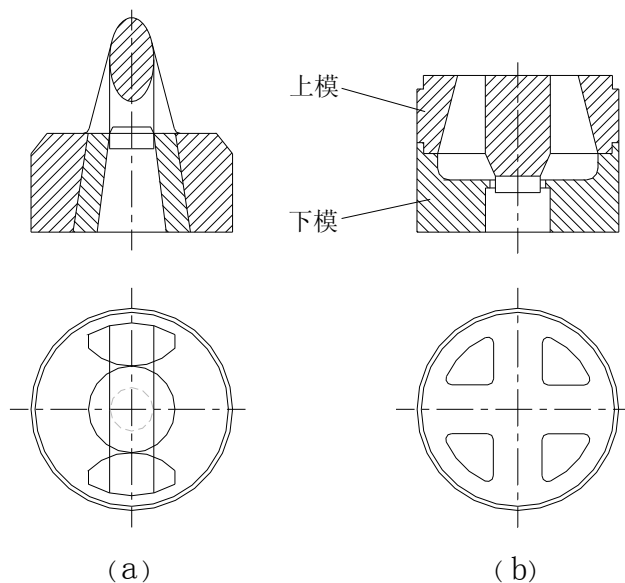


图 4-6 空心型材模具示意

## 4.2 铝型材常用材料及供货状态

1. 根据 GB/T 6892-2000 《工业用铝及铝合金热挤压型材》，常见铝及铝合金牌号、状态如下表 4-1 所示：

表 4-1 型材的合金牌号、供货状态

合金牌号	供货状态
1060、1100、3A21、3003、5A02、5A03、5A05、5A06	O、H112、F
2A11、2A12、2017	O、H112、T4、F
2024	O、H112、F
5052	O、F
<b>6005</b> 、6060	H112、T5、F
6061、6A02、6082	O、H112、T4、T6、F
<b>6063</b> 、6063A	O、H112、T4、T5、T6、F
7A04、7075	O、H112、T6、F
注：1. 需方需求其他合金或状态时由供需双方协商确定； 2. 表中加粗牌号 6063、6005 为公司常用型材材料。	

6063 和 6005 为公司 Q/ZX 28.007.2 - 2004 标准推荐使用材料：

6063 是镁系列铝合金，具有良好的可挤压性，可以挤压各种截面复杂的型材；中等强度，可以满足各种机械加工的技术要求；适宜的物理特性，内部组织致密、具有良好的导电、导热性能；较好的耐蚀性、及接受阳极氧化的良好能力。主要用于插箱横梁、小面板、散热器、把手、导轨等。

6005 是镁系列铝合金，强度和硬度高于 6063；适宜的物理特性，内部组织致密、具有良好的导电、导热性能；较好的耐触性、及接受阳极氧化的良好能力。6005 主要用于 6063 无法满足强度和硬度要求的场合，如插箱横梁，可减轻扳手啃咬型材现象，但 6005 型材加工的成型非常困难，一般的型材厂家不能加工，只有少数厂家能加工，且尺寸精度不易控制。

两种材料具体参数见公司《结构材料手册——有色金属材料》Q/ZX 28.007.2 - 2004 标准。

2. 根据 GB/T 16475-1996 《变形铝及铝合金状态代号》，铝合金的状态如下表 4-2：

表 4-2 铝合金基础状态代号、名称及说明与应用

代号	名称	说明与应用
F	自由加工状态	适用于在成型过程中，对于加工硬化和热处理条件无特殊要求的产品，该状态产品的化学性能不作规定。
O	退火状态	适用于经完全退火获得最低强度的加工产品
H	加工硬化状态	适用于通过加工硬化提高强度的产品，产品在加工硬化后可经过（也可不经过）使强度有所下降的附加处理。H 代号后面必须跟有两位或三位阿拉伯数字。
W	固溶热处理状态	一种不稳定状态，仅适用于经固溶热处理后，室温下自然时效的合金，该状态代号仅表示产品处于自然时效阶段。

T	热处理状态 (不同于 F、O、 H、状态)	适用于热处理后, 经过 (或不经过) 加工硬化达到稳定状态的产品。T 代号后面必须跟一位或多位阿拉伯数字。
---	-----------------------------	---

铝型材的热处理, 参见公司《结构型材设计手册》Q/ZX28.005-2001 标准中铝合金型材热处理一节。

#### 4.3 铝型材零件的加工及表面处理

##### 4.3.1 铝合金型材零件的加工

###### 4.3.1.1 铝合金型材零件的加工精度:

铝合金型材零件一般情况下, 根据《铝及铝合金挤压型材尺寸偏差》GB/T 14846-93 标准中的高精度要求加工, 有特殊要求可按超高精度要求进行加工。

###### 4.3.1.2 铝合金型材零件的表面粗糙度:

型材表面 (氧化处理前表面) 粗糙度, 一般情况下, 装饰面表面粗糙度  $R_a$  取  $0.8 \mu m$ ; 非装饰面表面粗糙度  $R_a$  取  $1.6 \mu m$ 。

###### 4.3.1.3 铝合金型材零件的切削加工:

根据铝合金型材的形状, 型材后续一般进行铣削、车削加工和钻削加工, 对于一些面板、横梁型材上方孔和异形孔需要进行模具冲压加工 (批量大时) 或线切割加工。型材切削面的粗糙度应根据设计需要一般  $R_a$  取  $6.3 \mu m$  或  $3.2 \mu m$ 。

##### 4.3.2 铝合金型材零件的表面处理

###### 4.3.2.1 铝合金型材零件的非喷涂的表面处理

对于铝合金型材零件的非喷涂表面, 在加工、装夹、和搬运途中产生的磕碰划伤等, 为了掩饰这些轻微的划伤, 没有喷粉处理的铝合金型材表面一般要进行喷砂处理, 否则, 难以通过产品的质量检验。喷砂按纹理粗细分为两种: ZX-SB100 (A1) 粗纹和 ZX-SB150 (A1) 细纹, 一般选用 150 号。

5 第五章 金属的焊接设计工艺

焊接是制造金属制品的一项重要工艺和技术，被广泛应用于机械制造、电讯和家用电器的各个行业。焊接的方法分类方法有很多种，不同的焊接方法其焊接工艺有所不同。本章主要介绍金属的焊接性能及我们的结构设计中常用的几种焊接方法。

5.1 金属的可焊性

在设计金属材料之间的焊接结构时，首先要考虑要焊接的金属之间的可焊性，不同的金属进行焊接和相同的金属进行焊接，其可焊性都是不一样的。特别是重要的焊接结构时，要仔细检查焊接材料之间的可焊性。

5.1.1 不同金属材料之间焊接及其焊接性能

不同金属材料之间焊接及其焊接性能各不相同，具体见下表 5-1：

表 5-1 异种金属的焊接性

	钨	钼	铬	钛	铍	铁	镍	铜	金	银	镁	铝	锌	镉	铅	锡
钨																
钼	E															
铬	E	E														
钛	F	E	G													
铍	P	P	P	P												
铁	F	G	E	F	F											
镍	F	F	G	F	F	G										
铜	P	P	P	F	F	F	E									
金		P	F	F	F	F	E	E								
银	P	P	P	F	P	P	P	F	E							
镁	P	P	P	P	P	P	P	F	F	F						
铝	P	P	P	P	F	P	P	F	F	F	F					
锌	P	P	P	P	P	F	F	G	F	G	P	F				
镉			P	P		P	F	P	F	G	E	P	F			
铅	P	P	P	P		P	P	P	P	P	P	P	P	P		
锡	P	P	P	P	P	P	P	P	F	F	P	P	P	P	F	

注：E—优秀；G—良好；F—较好；P—差；空格—无数据。

5.1.2 同种金属的焊接性能

实际上，我们遇到最多的还是同种金属之间的焊接，主要是钢与钢的焊接，以及有色金属与有色金属之间的焊接。

钢与钢的可焊性

含碳量越低，钢合金中合金的含量越低，其焊接性能越好，含碳量和合金含量越大，可焊性不好，焊接时淬裂的可能性越大，具体参见表 5-2。

表 5-2 钢材的焊接性

钢号	可焊性			说明
	可焊等级	非铁元素含量(%)		
		合金元素总含量	含碳量	
08、10、20、25、15Mn、20Mn、15Cr、20Cr、0Cr13、1Cr18Ni9、1Cr18Ni9Ti、2Cr18Ni9、	良好	<1	<0.25	在任何普通生产条件下，都能焊接，没有工艺限制，对于焊接前后热处理以及焊接焊接的热规范没有特殊要求，焊接后变形容易矫正。
		1~3	<0.2	
		>3	<0.18	
30、35、30Mn、30Cr、1Cr13、0CrMnSi、	一般	<1	0.25~0.35	焊接形成冷裂的倾向小，按照合理的焊接热规范可以得到满意的焊接性能。在焊接复杂的结构和厚板时，必须预热。
		1~3	0.2~0.3	
		>3	0.18~0.25	
40、45、20Cr、40Cr、2Cr13、	较差	<1	0.35~0.45	在通常情况下，焊接时，有形成裂纹的倾向，焊前应预热、焊后要热处理、严格按照特别的焊接规范，才能获得满意的焊接性能。
		1~3	0.3~0.4	
		>3	0.28~0.38	
50、55、60、65、70、65Mn、3Cr13、50Cr、40CrSi、	很差	<1	>0.45	在通常情况下，焊接时，很容易形成裂纹的倾向，焊前应预热、焊后要热处理、严格按照特别的焊接规范，才能完成焊接。
		1~3	>0.4	
		>3	>0.38	

#### 有色金属的焊接性能

有色金属的焊接，通常采用气焊和氩弧焊，并合理选择焊丝，才能到达理想的焊接性能。常用有色金属的焊接性能表 5-3 所示：

表 5-3 有色金属焊接性能

铜	黄铜	硅青铜 磷青铜	锡青铜 铝青铜	纯铝	铝镁系 铝合金	锰铝系 铝合金	硬 铝 超硬铝	高强度 铝合金
一般	良好		较差	良好		一般	较差	很差

5.2 点焊设计

5.2.1 接头型式

点焊是电阻焊最常见的一种焊接方法是钣金结构设计中常用的焊接方式，常见的点焊接头是板材的搭接和折弯边接，如图 5-1，

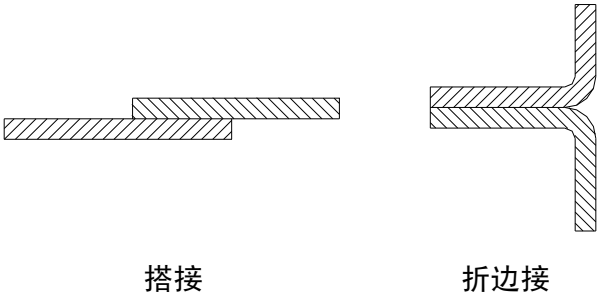
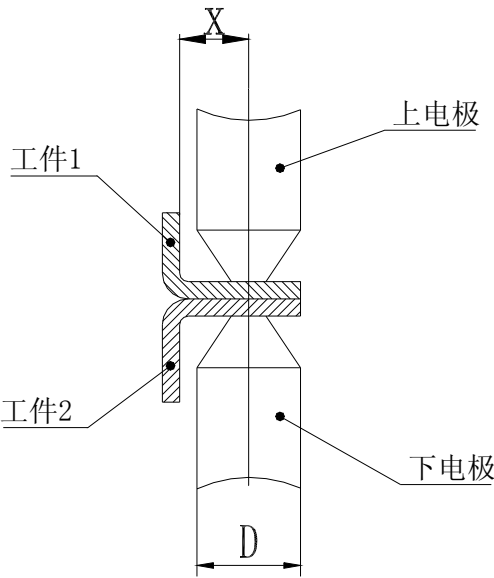


图 5-1 点焊的接头型式

5.2.2 点焊的典型结构

应尽可能采用具有强烈水冷的通用电极进行点焊。点焊距离工件边缘的距离不应太小。如图 5-2。



X—焊点中心到折弯边的距离；D—电极的直径

图 5-2 点焊的结构形式

5.2.3 点焊的排列

点焊的排数在一般情况下，排成一行，在焊件要求有高强度时，允许用多行排列或交错排列。如图 5-3。

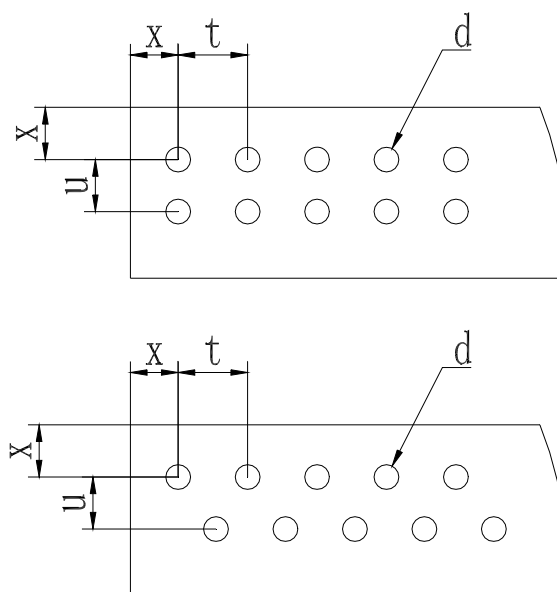


图 5-3 点焊的排列

#### 5.2.4 钢板点焊直径以及焊点之间的距离

两板厚度之比在 1: 3 范围内时, 能成功地点焊, 但焊接情况并不理想, 为了焊接性能好, 两板厚度之比最好采用 1: 1, 或者接近 1: 1。表 5-4 给出了不同厚度零件点焊的焊点直径、焊点排列之间距离、焊点之间的距离等参数。

表 5-4 焊点的距离以及焊点的直径

零件厚度 (mm)	焊点中心至最近边缘距离 X (mm)	焊点直径 d (mm)	焊点排列之间距离 u (mm)	焊点之间的距离 t (mm)
0.5+0.5	6	3~4	6~8	8
0.5+0.8	6	3~4	6~8	8
0.5+1.0	6	3~4	8~11	11
1.0+1.0	6	4~5	8~15	15
1.0+1.5	6	4~5	8~15	18
1.0+2.0	6	4~5	8~15	20
1.5+1.5	9	5~6	10~20	20
1.5+2.0	9	5~6	10~25	25
1.5+2.5	9	5~6	10~25	25
2.0+2.0	11	6~7	11~25	25
2.0+2.5	11	6~7	11~25	25
2.5+2.5	11	6~7	11~25	25

注: 点焊零件的厚度不在表 5-2 的规范内, 可以选用与其近似的规范。

5.2.5 铝合金板材的点焊

工业纯铝（L1-6）、防锈铝（LF2-LF6、LF21）的焊接性较好，硬铝（LY11、LY12）的焊接性尚稍差一些。对铝合金的点焊，因其导热性好，铝合金板的焊点最小间距一般不小于板厚的 8 倍。表 5-4 为铝合金板焊点间距及搭边宽度。

表 5-5 铝合金点焊最小搭边宽度、焊点间距和排间距离（mm）

板厚	焊点中心至最近边缘最小距离 $x$	焊点排列之间最小距离 $u$	焊点之间的最小距离 $t$
0.5	9.5	9.5	6
1.0	13	13	8
1.6	19	16	9.5
2.0	22	19	13
3.2	29	32	16

5.2.6 点焊的定位

点焊一般是采用以下三种方法定位的：

1) 通过开工艺定位孔用销子定位

预先在工件 1 和工件 2 上打二个孔，焊接时用定位销来保证工件 1 与工件 2 之间的相对位置 X 和 Y，如图 5-4，这样的定位容易获得较高的定位精度，定位简单方便。为了规范和统一定位孔的直径，便于定位销的通用性，点焊工艺定位孔直径 D 最好选择 1.7 和 3.0。这种定位方法一般实用于焊接的两个零件不在整件的外表，或者尽管在外面但定位孔不影响美观的情况。

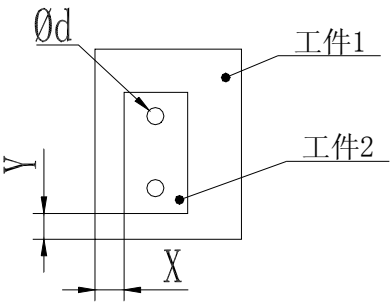


图 5-4 用销子定位

2) 过开工艺定位孔上螺丝定位

这种方法的原理同 5.2.6 基本相同，但是，比较麻烦，采用较少。

3) 制作定位工装焊接

对于象机箱机柜的前门等零件，对外观影响较大，因为造型和美观的原因，不能开定位孔，一般需要用专门的定位工装，焊接时对焊接件定位，其焊接精度取决于定位工装的精度。

### 5.3 角焊

通讯行业的机箱机柜的钣金结构设计中，经常会用到角焊，特别是机柜的结构设计中，为了达到较高的框架强度和刚度，经常需要进行角焊，如图 5-5 所示。但是，这种角焊焊接质量不易控制，焊接后，外侧要打磨，效率较低，特别是焊缝较长时，焊接容易变形，如果焊接的板材较薄，板材还容易焊通，造成零件报废，所以，建议尽量不要采用这种焊接结构，特别是批量很大的小箱体钣金零件，原则上，为了避免打磨、保证焊接质量和加工进度、降低成本和报废率，应该尽可能避免这种焊接，如果外观和设计上许可，尽可能采取图 5-6 所示拉铆、螺装、点焊代替钣金间的角焊。

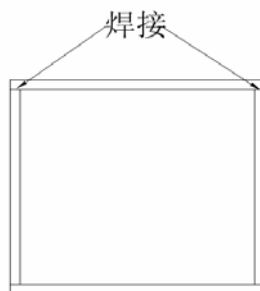


图 5-5 钣金间的角焊

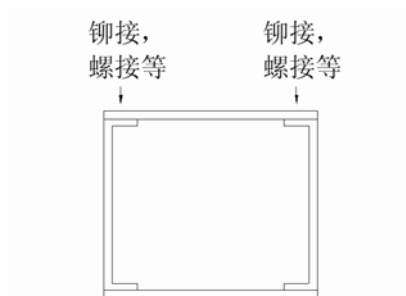


图 5-6 用点焊、铆接和螺装代替钣金的角焊

### 5.4 缝焊

缝焊如图 5-7 所示，是钣金焊接中特别是机柜、底座中常见的焊接方式，焊接牢固，焊接后零件刚度好，但是，一般都需要打磨。同上面所述的角焊的情况一样，为了避免打磨，原则上，在批量很大的小箱体机箱或类似的产品中，应该尽量避免采用。

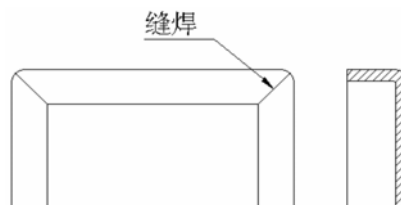


图 5-7 缝焊

6 第六章 塑料件设计工艺

6.1 塑胶件设计一般步骤

塑料件是在工业造型的基础上进行的结构设计，首先看有无相识的产品借鉴，再对产品  
及零件进行详尽的功能分解，确定零件的折分、壁厚、脱模斜度、零件间的过渡处理、连  
接处理、零件的强度处理等主要工艺问题。

1 ) 相似借鉴

在设计前，首先应查找公司和同行类似的产品，原有的产品发生过那些问题，有那  
些不足，参考现有的成熟结构，避免有问题的结构形式，是最省事、最有效的办法。

2 ) 确定零件折分、零件间的过渡、连接、间隙处理

从造型图和效果图理解造型风格，配合产品的功能分解，确定零件折分的数目（不  
同的表面状态要么分为不同的零件，要么在不同的表面之间须有过度处理），确定零件表面  
间的过度处理，决定零件之间的连接方式，零件之间的配合间隙。

3 ) 零件强度与连接强度的确定

根据产品大小，确定零件主体壁厚。零件本身的强度，由壁厚塑料件、结构形式（平  
板形状的的塑料件强度最差）、加强筋与加强骨共同决定。在决定零件的单个强度的同时  
须确定零件之间的连接强度，改变连接强度的方法有，加螺钉柱，加止口，加扣位，加上  
下顶住的骨位。

4 ) 脱模斜度的确定

脱模斜度要根据材料（PP，PE 硅胶，橡胶能强行脱模）、表面状态（饰纹的斜度要  
比光面的大，蚀纹面的斜度尽可能比样板要求的大 0.5 度，保证蚀纹表面不被损伤，提高  
产品的良品率）、透明与否决定零件应有的脱模斜度（透明的斜度要大）等因素综合确定。

6.2 公司不同的产品系列推荐的材料种类。

表 6-1 不同塑料零件的推荐材料

序 号	零件分类	推荐材料	标记示例	注意问题
1	扳手类	阻 燃 级 ABS	阻燃级 ABS	加色一定要抽粒，真空镀，电镀性 能不好
2	小面板类	阻 燃 级 ABS	HF-606	加色一定要抽粒，真空镀，电镀性 能不好
3	导轨类	PA66+玻纤	PA66-RG25	零件看起来表面粗糙，颜色难以调 配，此种材料脆，韧性不好，结构件 上的扣位等小结构易断，在结构设计 上要加圆角，增强强度

4	灯镜, 导 光柱类	PMMA, PC	PMMA560F	透明 PC 韧性好, 价格高, 透光性差些。PMMA 易脆, 透光性好些, 价格低些。
5	镜片, 透 明窗	透明 PC	陶氏 302-05	P C 的流动性不好,

### 6.3 塑胶件的表面处理

表 6-2 塑料表面处理的选择

序号	种类	工艺实质	表面效果	注意事项
1	塑 胶 原 生 光面	模 具 型 腔表面抛光	塑胶表面光滑, 光亮	模具表面尺寸精度越高, 表面光洁度越高, 零件的光泽越均匀, 柔和。
2	塑 胶 原 生 纹面	对模具表 面抛光的基 础上再饰纹	塑胶表面呈现微 小的纹理, 同时表 面有不同的光泽 状态	蚀纹板分为, 光纹, 半光纹, 亚 光纹。 粗纹一般不与喷油联用。 蚀纹板越细越不耐刮花。 亚光纹易刮花
3	塑 胶 表 面 喷油	对塑胶表面 进行喷涂处 理	能得到不同的颜 色, 不同的光泽状 态, 不同的手感, 不同的耐磨程度 的表面	喷漆有亮光效果和亚光效果, 喷 漆能明显提高塑料件表面的外观档 次, 但是, 成本也随之增加很多。
4	塑 胶 表 面 丝印, 移印	对塑胶零件 表面局部印 刷	能印字、图案, 能有不同的颜色 状态	其效果主要取决于油墨及颜色
5	塑 胶 表 面 真空镀	真空镀	能有不同的颜 色, 不同的光泽状 态, 能制作半透的 灯镜或灯板	光泽性取决于塑胶的原生状态 颜色取决于真空镀本身 真空镀的产品不耐磨, 一般要在 真空镀后喷 UV 提高耐磨性
6	塑 胶 表 面 电镀	塑胶电镀	能有不同的颜 色, 不同的光泽, 但不能制作半透 的	光泽性取决于塑胶的原生状态 颜色取决于电镀本身 电镀产品本身耐磨性好 有些塑胶原料不能电镀
7	塑 胶 表 面 IMD	工艺可理解 为在塑胶的 表面覆盖一 层可印刷的 薄膜	薄膜本身耐磨, 基本上印刷能 达到的效果, 这种 方法在塑胶表面 都能达到	薄膜一般覆盖在表面 可以覆盖白膜, 在薄膜上或工件 后面丝印, 移印在喷 UV 漆。 此种方法对锐角, 对凸凹有工艺 设计要求
8	塑 胶 表 面	薄膜层比较	薄膜本身耐磨	薄膜一般覆盖在表面

	IML	厚，可理解为单独的零件，可叠加在塑胶的表面或里面	利用薄膜的厚度多层叠加能达到立体效果	此种方法对锐角，对凸凹有工艺设计要求
--	-----	--------------------------	--------------------	--------------------

## 6.4 塑胶件的工艺技术要求.

### 6.4.1 塑胶件零件的壁厚选择

包括特定塑胶的最小壁厚，不同材料对应下的不同大小零件的壁厚推荐值。具体值见《非金属材料手册》。

表 6-3 塑胶件零件的壁厚选择

塑胶种类	最小壁厚	小型件壁厚	中型件壁厚	大型件壁厚
ABS	0.75	1.25	1.6	3.2~5.4
防火 ABS	0.75	1.25	1.6	3.2~5.4
PA66+玻纤	0.45	0.75	1.6	2.4~3.2
PMMA	0.8	1.5	2.2	4~6.5
透明 PC	0.95	1.8	2.3	3~4.5

塑胶件，对壁厚均匀性有要求，壁厚不均匀工件将有缩水痕迹，要求加强筋与主体壁厚的比值最好为 0.4，最大比值不超过 0.6.

### 6.4.2 塑胶零件的脱模斜度

在立体图的构建中，凡影响外观，影响装配的地方需要画出斜度，加强筋一般不画斜度。

塑胶零件的脱模斜度由材料，表面饰纹状态，零件透明与否决定。硬质塑料比软质塑料的脱模斜度大，零件越高，孔越深，斜度越小。

表 6-4 脱模斜度的选择

序号	影响脱模斜度的主要方面	
1	塑胶材料的影响	PE, PP, PA 可强制脱模，强制脱模量一般不超过型芯的 5%。 硅胶，橡胶可强制脱模，强制脱模量一般不超过型芯的
2	饰纹的影响	一般情况下，脱模角比蚀纹板许可得大 0.5 度
3	工件透明预防的影响	透明的工件一般去 3 度
4	一般情况取值	一般情况下取 0.5~1.5 度

表 6-5 不同材料的推荐脱模斜度

塑胶种类	型腔斜度	型芯斜度
ABS	40" ~1.2 度	35" ~1 度
防火 ABS	40" ~1.2 度	35" ~1 度
PA66+玻纤	25" ~45"	20" ~40"
PMMA	35" ~1 度 30"	30" ~1 度
透明 PC	35" ~1 度	30" ~50"
PC+ABS		

#### 6.4.3 塑胶零件的尺寸精度

塑胶零件一般精度不高，

在实际使用中，我们主要检验装配尺寸，在平面图上主要标注总体尺寸，装配尺寸，及其它需要控制的尺寸。

我们在实际中主要考虑尺寸的一致性，如上下盖的边需对齐，

表 6-6 不同精度在不同尺寸范围的数值

序号	基本尺寸 (mm)	精度等级							
		1	2	3	4	5	6	7	8
		公差数值 (mm)							
1	<3	0.04	0.06	0.09	0.14	0.22	0.36	0.46	0.58
2	>3~6	0.04	0.07	0.10	0.16	0.24	0.40	0.50	0.64
3	>6~10	0.05	0.08	0.11	0.18	0.26	0.44	0.54	0.70
4	>10~14	0.05	0.09	0.12	0.20	0.30	0.48	0.60	0.76
5	>14~18	0.06	0.10	0.13	0.22	0.34	0.54	0.66	0.84
6	>18~24	0.06	0.11	0.15	0.24	0.38	0.60	0.74	0.94
7	>24~30	0.07	0.12	0.16	0.26	0.42	0.66	0.82	1.04
8	>30~40	0.08	0.14	0.18	0.30	0.46	0.74	0.92	1.18
9	>40~50	0.09	0.16	0.22	0.34	0.54	0.86	1.06	1.36
10	>50~65	0.11	0.18	0.26	0.40	0.62	0.98	1.22	1.58
11	>65~80	0.13	0.20	0.30	0.46	0.72	1.14	1.44	1.84
12	>80~100	0.15	0.22	0.34	0.54	0.84	1.34	1.66	2.10
13	>100 ~ 120	0.17	0.26	0.38	0.62	0.96	1.54	1.94	2.40
14	>120 ~ 140	0.19	0.30	0.44	0.70	1.08	1.76	2.20	2.80
15	>140 ~ 160	0.22	0.34	0.50	0.78	1.22	1.98	2.40	3.10
16	>160 ~ 180		0.38	0.55	0.86	1.36	2.20	2.70	3.50

17	>180 ~ 200		0.42	0.60	0.96	1.50	2.40	3.00	3.80
18	>200 ~ 225		0.46	0.66	1.06	1.66	2.60	3.30	4.20
19	>225 ~ 250		0.50	0.72	1.16	1.82	2.90	3.60	4.60
20	>250 ~ 280		0.56	0.80	1.28	2.00	3.20	4.00	5.10
21	>280 ~ 315		0.62	0.88	1.40	2.20	3.50	4.40	5.60
22	>315 ~ 355		0.68	0.98	1.56	2.40	3.90	4.90	6.30
23	>355 ~ 400		0.76	1.10	1.74	2.70	4.40	5.50	7.00
24	>400 ~ 450		0.85	1.22	1.94	3.00	4.90	6.10	7.80
25	>450 ~ 500		0.94	1.34	2.20	3.40	5.40	6.70	8.60

表 6-7 不同材料所使用的经济精度

塑胶种类	建议采用的精度等级			
	高精度	一般精度	低精度	未注公差
ABS	2	3	4	5
防火 ABS	2	3	4	5
PA66+玻纤	3	4	5	6
PMMA	2	3	4	5
透明 PC	2	3	4	5
PC+ABS	2	3	4	5

#### 6.4.4 塑胶的表面粗糙度.

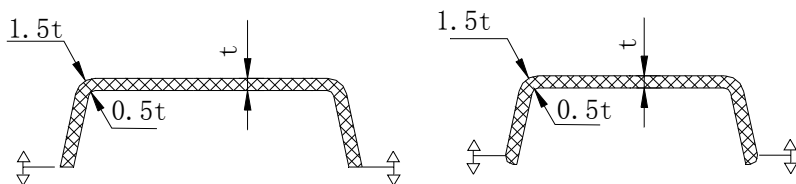
- 1) 蚀纹表面不能标注的粗糙度. 在塑胶表面光洁度特别高的地方, 将此范围圈出标注表面状态为镜面。
- 2) 塑胶零件的表面一般平滑, 光亮, 表面粗糙度一般为 Ra2.5~0.2um. .
- 3) 塑胶的表面粗糙度, 主要取决于模具型腔表面的粗糙度, 模具表面的粗糙度要求比塑胶零件的表面粗糙度高一到二级. 用超声波, 电解抛光模具表面能达到 Ra0.05.

#### 6.4.5 圆角

注塑圆角值由相邻的壁厚决定, 详细计算方法见相应的手册。一般取壁厚的

0.5~1.5 倍，但不小于 0.5mm。

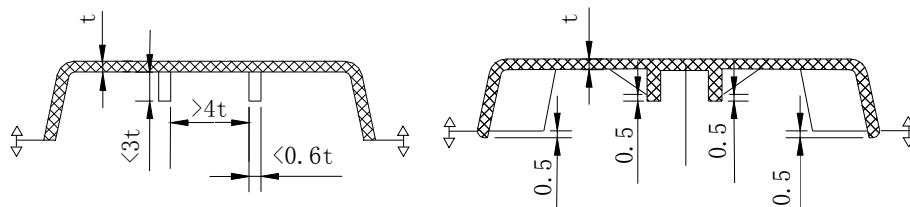
分型面的位置要郑重选择圆角，在分型面有圆角，圆角部分需出在模具另外一边，制作有一定难度，在圆角处有细微的痕迹线。但需要防割手时需要圆角。



#### 6.4.6 加强筋的问题

注塑工艺与铸造工艺类似，壁厚的不均匀性将产生缩水缺陷，一般筋的壁厚为主体厚的 0.4 倍，最大不超过 0.6 倍。筋之间的间距大于 4t，筋的高度低于 3t。在提高零件强度的方法中，一般加筋，不增加壁厚。

螺钉柱子的筋需低于柱子端面 0.5mm，筋应低于零件表面，或分型面 0.5mm。多条筋相交，要注意相交带来的壁厚不均匀性问题。



#### 6.4.7 支承面

塑胶易变形，在定位上应当归为毛胚的定位一类，在定位面积上要小，如平面的支承，应当改为小凸点，凸环。

#### 6.4.8 斜顶与行位问题

斜顶与行位，在分模方向，垂直于分模方向均有运动。斜顶与行位在垂直于分模的方向不能有胶位阻挡运动，要有足够的运动空间，如下图 6-1

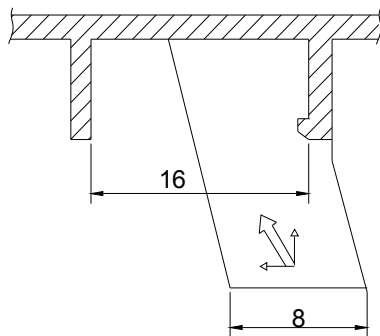


图 6-1 斜顶与行位问题

6.5 塑胶的极限工艺问题的处理方法

1) 壁厚的特殊处理方法

特别大的工件，如玩具汽车外壳，采用多点进胶的方法，能将壁厚取的相对簿些。  
柱子的局部胶位厚，用如下图 6-2 的方法处理。

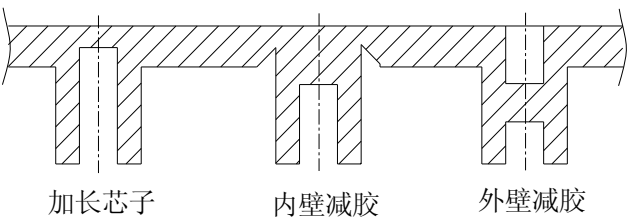


图 6-2

2) 小斜度与垂直面的处理。

模具表面尺寸精度高，表面光洁度高，脱模阻力小，脱模斜度能取小。为达到此目的  
将工件小斜度的地方单独镶，镶件用线割，用磨的方法加工。如图 6-3

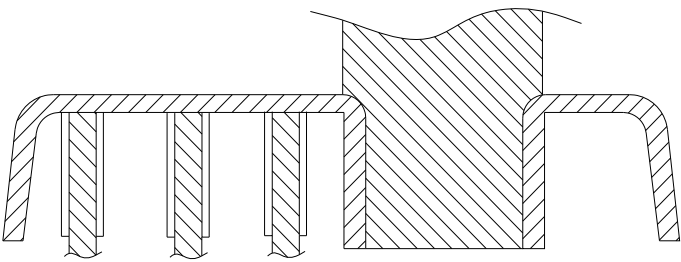


图 6-3

要保证侧壁垂直的情况需要走行位或斜顶，走行位时有接口线，为避免接口明显  
一般将接线放在圆角与大面的交接处，如图 6-4

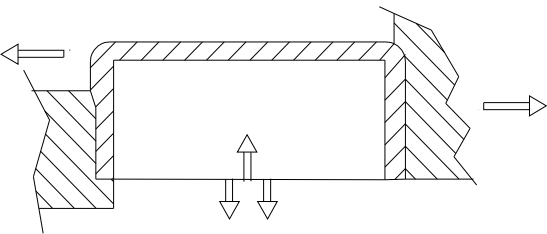


图 6-4

在下面的情况下，断面的垂直是可以脱模的。

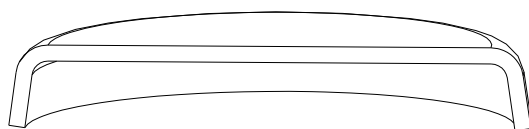


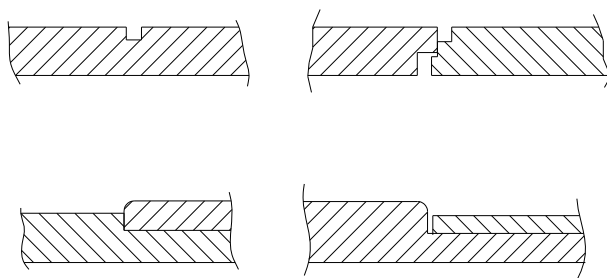
图 6-5

图 6-5 中断面没有脱模斜度。

## 6.6 塑胶零件常须解决的问题。

### 1. 过度处理问题：

塑胶零件的精度一般不高，在相邻零件之间，同一零件的不同表面之间须有过渡处理。同一零件的不同表面之间一般用小槽过渡，不同零件之间可用小槽，高低错面处理。



### 2. 塑胶零件的间隙取值。

零件间直接装配，相互间无运动一般取 0.1mm；

止口一般取 0.15mm；

短行程的按键取

长行程的按键取

零件间不需接触的最小间隙为 0.3mm，一般取 0.5mm。

### 3. 塑胶零件止口的常见形式及间隙取法如图 6-6 所示。

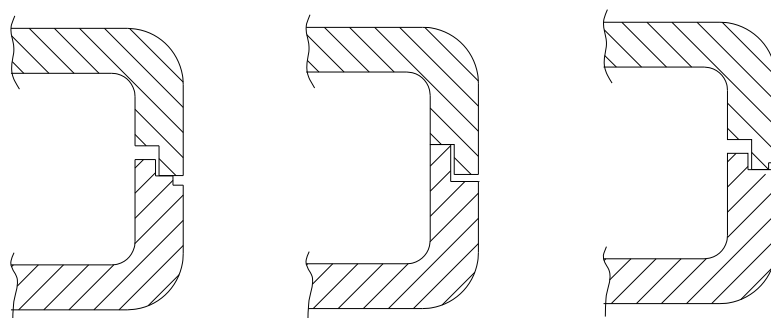


图 6-6 塑胶零件止口的常见形式及间隙取法

4. 扣位的常见形式
5. 自攻螺钉的内孔与外径值

#### 6.7 塑胶件正在进入的领域。

1. 用塑胶机箱盖替代钣金机箱盖；
2. 用双色注塑的标牌代替电铸标牌；
3. 公司正在用防静电的塑胶小面板代替金属防静电小面板；
4. 公司正在用塑胶屏蔽面板代替金属屏蔽小面板；

## 7 第七章 表面处理工艺

### 7.1 金属镀覆

#### 7.1.1 金属镀覆工艺范围

为达到一定的防护性、装饰性、功能性要求，通常会对不同材料进行多种表面处理镀层设计，在工业上获得金属镀层较多应用的金属镀覆表面处理工艺如表 7-1 所示：

表 7-1 金属镀覆工艺汇总

镀覆方法	主要适用范围
电镀法(electroplating)	传统五金、电子产品外表面防护和装饰
热浸法(hot dip plating)	户外工程、建筑防护
塑料电镀(plastic plating)	塑胶终端产品外观和功能提供
渗透镀(diffusion plating)	精密电子器件
真空蒸发镀(vacuum plating)	灯罩、防光镜等
复合电镀 (composite plating)	提供高耐磨镀层，如气缸内壁
穿孔电镀 (through-hole plating)	PCB 板电镀
电铸 (electroforming)	标牌、铭牌、工艺品
化学镀法(electroless plating)	提供耐蚀并导电的镀层
熔射喷镀法(spray plating)	户外工程机械
浸渍电镀(immersion plating)	提供特定的化学置换层
阴极溅镀(cathode sputtering)	提供电磁屏蔽等功能或外观装饰层
合金电镀 (alloy plating)	提供更高性能或替代单金属镀层
局部电镀 (selective plating)	同一零件满足两种外观或性能要求
笔电镀(pen plating)	零件修复

在通讯行业，大量采用钣金件和其它金属机加工件，主要的功能要求是耐腐蚀性和少量的装饰性，获得这些功能的最常用和最廉价的方式是传统电镀法。

#### 7.1.2 电镀基础介绍

##### 7.1.2.1 金属的标准电极电位

电极电位是表示某种离子或原子获得电子而还原的趋势。如将某一金属放入它的溶液中（规定溶液中金属离子的浓度为 1M），在 25℃时，金属电极与标准氢电极（电极电位指定为零）之间的电位差，叫做该金属的标准电极电位。

金属活动性顺序表（钾钙钠镁铝锌铁锡铅（氢）铜汞银铂金）自左向右活性由强变弱，标准电极电位由负变正。电极电位越负，金属越活泼，自然界没有金属态存在，如钠、钾、铝；电极电位越正，金属越稳定，自然界有金属态存在，如铜、银、金。

表 7-2 部分材料标准电极电位  $E^\circ$  (25℃)

金属电对	$E^\circ$	金属电对	$E^\circ$
$\text{Li}^+/\text{Li}$	-3.01	$\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}$	-0.13
$\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}$	-2.37	$\text{H}^+/\text{H}_2$	0
$\text{Al}^{3+}/\text{Al}$	-1.80	$\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$	+0.34
$\text{Ti}^+/\text{Ti}$	-1.63	$\text{O}_2/\text{OH}^-$	+0.40
$\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}$	-0.76	$\text{Ag}^+/\text{Ag}$	+0.80
$\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}$	-0.74	$\text{Au}^{3+}/\text{Au}$	+1.50
$\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}$	-0.44	$\text{Au}^+/\text{Au}$	+1.70
$\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}$	-0.40		
$\text{Co}^{2+}/\text{Co}$	-0.28	$\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}$	+0.15
$\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}$	-0.25	$\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+$	+0.15
$\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}$	-0.14	$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$	+0.77

#### 7.1.2.2 阳极性镀层

在一定的介质中，镀层金属的电极电位比基体金属的电极电位负时，此镀层为阳极性镀层（如钢上镀锌）。此类镀层完整性破坏后，仍可依靠电化学作用保护基体。

#### 7.1.2.3 阴极性镀层

在一定的介质中，镀层金属的电极电位比基体金属的电极电位正时，此镀层为阴极性镀层（如钢上镀铜）。阴极性镀层只能依靠自身的致密膜层保护基体金属，当镀层完整性较差或破坏之后，将加速基体金属的腐蚀。

### 7.1.3 金属镀覆设计注意事项

#### 7.1.3.1 环境条件分类

良好条件：不暴露在大气中，相对湿度不大于 70%，密封条件下，不受腐蚀介质作用。

一般条件：非露天，一般大气条件，相对湿度不大于 95%。

恶劣条件：户外、露天，受各种腐蚀介质作用，相对湿度会大于 95%。

特殊条件：高温、低温、耐磨、特殊介质环境。

#### 7.1.3.2 接触偶

两种材料的电位差大小决定了接触偶的大小（见表 7-3）。电位差越大，腐蚀越快。一般条件下，标准电极电位差不超过 0.5 伏时，可以安全使用。

7.1.3.3 表 7-3 常用材料和镀覆层相互接触时的接触腐蚀等级

接触材料															
铜及铜合金	0														
铜镀镍	0	0													
铜镀锡	1	0~1	0												
铜镀银	0	0~1	1	0											
铜镀锌, 钝化	2	2	1~2	2	0										
不锈钢	0~1	0	0~1	0	2	0									
钢镀铬①	1	0~1	1	0~1	2	0	0								
钢镀镍②	0~1	0	0~1	0~1	1~2	0	0	0							
锡(焊料)	1	1	0	0~1	1	1	1	0~1	0						
钢③和铸铁	1	1~2	2	2	2	1	1~2	1~2	1~2	0					
钢镀锌, 钝化	2	2	2	2	0	2	2	1~2	0~1	2	0				
铝	2	1~2	0~1	2	0~1	2	2	1~2	0~1	2	0~1	0			
铝, 氧化	2	1	0~1	2	0~1	1	1	1	0	2	0~1	0	0		
炭制品	--	--	1	--	--	--	--	--	--	--	2	--	--	0	
油漆覆盖层	0	0	0	0	--	0	0	0	--	--	--	0	0	--	0
	铜及铜合金	铜镀镍	铜镀锡	铜镀银	铜镀锌, 钝化	不锈钢	钢镀铬①	钢镀镍②	锡(焊料)	钢③和铸铁	钢镀锌, 钝化	铝	铝, 氧化	炭制品	油漆覆盖层

注：①钢镀铬为铜、镍、铬复合镀层 ②钢镀镍为铜、镍复合镀层 ③钢指碳素钢和低合金钢

接触偶等级：0 级——不引起接触腐蚀可安全使用；

1 级——引起接触腐蚀，但影响不严重，在多数场合下可以使用，热带海洋环境例外。（需进行涂装）；

2 级——引起严重的接触腐蚀，除在有空调的干燥室内或密封良好的条件下，一般不宜采用。（必须用绝缘垫片隔离）。

接触偶设计过程中，应尽量避免大阴极小阳极现象出现。

#### 7.1.3.4 镀覆层设计原则

镀覆层设计时须考虑以下各项因素：

- 1) 零件的材料、结构、形状、配合公差，如 M3 的螺纹镀层厚度超过 6 微米，就会影响形状和旋合；
- 2) 零件储存和使用环境条件特征；
- 3) 金属镀覆层的特性和分类、应用范围、厚度系列与选择原则；
- 4) 金属材料接触偶级别；
- 5) 镀覆的目的和各种性能要求；

6) 镀覆层的表示方法。

7.1.3.5 几个特定的注意事项

- 1) 电化学特征，结构设计中尽量避免两端盲孔等溶液无法进入或流动的区域和结构，当孔较小、较深时，要增加工艺横孔，以提高溶液流动性和改善电场分布，提高镀层均匀性和可镀性；
- 2) 由于前处理和电镀溶液很容易在组合件缝隙中残留，带有螺纹连接、压合、搭接、铆接、点焊、单面焊等组件，因存在缝隙，原则上不可以进行镀覆。
- 3) 焊接整体机柜电镀难度很大，良率较低，机柜外部和内部镀层厚度差别较大，设计中应尽量避免整机电镀；
- 4) 黑色金属电镀后会不同程度的产生氢脆抗疲劳性能下降，需要受力的高强度钢和薄壁零件，要注意氢脆、疲劳和应力集中等；
- 5) 镀层组合不可随意设计，必须经过试验验证性能满足各项要求的镀层组合才可以采用；
- 6) 应注意镀覆层的使用温度范围，超过允许的使用范围时，不仅会导致性能无法达到，甚至可能引起基体金属的开裂和脆断。
- 7) 电镀铬的深度能力很差，形状复杂的工件，仅装饰性的外表面可以保证镀层完整，凹槽和孔内很难镀到。
- 8) 在密闭情况下，应考虑有机挥发气氛对锌镉镀层的腐蚀作用。

7.1.4 几种常用零件电、化学处理推荐

表 7-4 几种常用零件电、化学处理推荐

序号	零件特征或材料	推荐处理方式
1	冷轧钢板门板、立柱、横梁、托架、走线架	镀锌彩色钝化
2	铝合金插箱、挡板、盖板	导电氧化银白色
3	压铸铝屏蔽盒	导电氧化黄绿色
4	插销、铰链	装饰铬
5	门锁拉手、扳手	装饰铬、珍珠铬
6	导电板、焊接铜排	镀锡、镀镍
7	铝合金散热片	阳极氧化
8	钢紧固件	电镀彩锌、电镀黑锌、达克罗
9	铜紧固件	镀亮镍
10	户外工程安装附件	热镀锌、防腐涂料

7.2 表面喷涂

7.2.1 喷涂基础介绍

7.2.1.1 喷漆原理

采用专用的喷漆枪，利用压缩空气喷出的气流，与连接贮漆罐的管内形成气压差，从而

把漆液从贮漆罐里吸上来，被压缩空气的气流带到喷嘴，吹成细雾均匀的喷涂于被涂表面。通过不同的喷嘴和调整喷嘴位置，可以调成圆形、扇形、水平、垂直等不同形状的漆流。对于大而简单的表面，一般采用扁平漆流；小而复杂的表面，则通常采用圆形漆流。

7.2.1.2 喷粉原理

采用专用的静电喷枪，涂料借压缩空气气体送入喷枪后，在静电喷枪的电晕放电电极附近带上了负电荷，因而产生了静电力和偶极力。然后在输送气压力的推动下，涂料微粒飞离喷枪后，沿着电力线方向飞向带正电性的工件，并按工件表面电力线的分布密度排列，从而涂料就牢牢地涂敷（吸附）在工件表面。

粉末涂料的静电喷涂称为喷粉或喷塑。一般膜层较厚，只需几秒钟就得到 50~100μm 的涂层厚度。涂敷后的工件送到烘箱内烘烤，粉末经过受热熔融、流平、交联，固化成膜。根据粉末涂料中流平剂的多少可分别得到平光、桔纹、砂纹效果的涂层。

表 7-5 喷漆和喷粉层技术指标和其它对比

对比项目	喷漆	喷粉
固化温度	160±5℃	180±5℃
涂膜固化后厚度	30~60μm	60~90μm
固化时间	20~30min	20~30min
漆膜硬度（铅笔）	3H	2H
耐冲击性	50Kg/cm <sup>2</sup>	50Kg/cm <sup>2</sup>
耐腐蚀性（NSS 测试）	240h	500h
耐溶剂性	较好	好
可选效果	平光、撒点	平光、桔纹、砂纹
参考加工价格	23 元/m <sup>2</sup>	28 元/m <sup>2</sup>

7.2.2 表面效果选择原则

为保证较高的外观合格率，在涂覆设计时应优先考虑采用美术效果。喷漆选用撒点，喷粉选用桔纹、砂纹（注意：喷漆没有桔纹、砂纹，喷粉没有撒点），平均合格率可达到 90% 以上，不论喷漆或者喷粉，原则上应该避免采用平光效果，尤其是高质量平光等级的设计（如电镀亮银漆），这些涂层平均合格率一般仅为 50—70% 左右。

7.2.3 喷粉、喷漆设计注意事项

根据零件的使用功能和使用环境气候条件特征，设计不同部位适当的外观要求等级。尽量减少除正视外观装饰面以外部分采用要求较高的外观等级。

- 1) 角锐边必须倒钝、倒圆。倒角的圆弧半径在可能条件下应愈大愈好，以便降低粉末在固化时的边缘效应。金属加工在折弯处棱角应圆滑无龟裂。
- 2) 由于静电作用引起密孔透漆，一般密孔部位单面喷涂时，密孔背面应允许少量溢漆（飞漆）。要尽量减少单面喷涂、密孔背面不允许有漆层的结构设计。对于单面喷涂背面不允许有漆层（需要导电）的钣金件，不要设计 φ2 及以下的小孔，否则孔易堵塞。
- 3) 局部喷漆和喷粉的工件，不喷漆的表面需要进行保护，为降低局部保护难度，在设计喷

涂范围时须注意一些原则：钣金件断面没有导电接触要求时，应将断面（所有切边和孔）包含在喷涂加工范围内。如图 7-1 所示，喷漆方式一，要求喷涂时保护钣金端面 A、C，在贴保护胶带时，薄壁端面不易贴牢，喷涂时容易脱落，如果改为喷漆方式二，则喷涂操作简单。

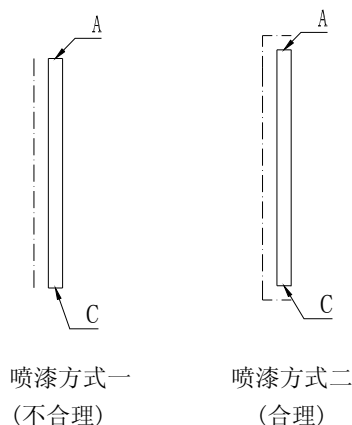


图 7-1 喷漆保护示意图

- 4) 圆弧面为边界的喷涂区应将喷涂区域向平面区域延伸 2mm，以保证保护区域的准确控制（点画线指示的区域喷涂），如图 7-2。

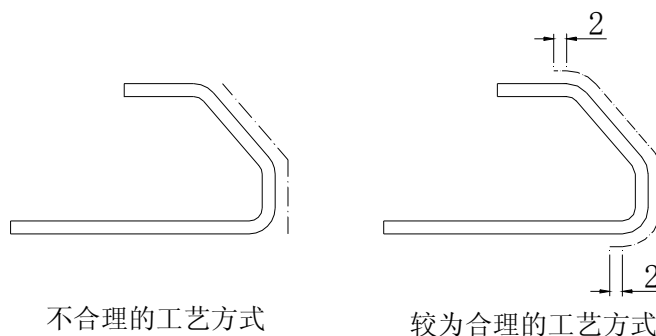


图 7-2 喷漆保护示意图

- 5) 有装饰性要求的喷涂表面，最好不要设计铆装结构，推荐使用焊接方式。必须采用铆接时，铆接处的喷涂质量应降级验收。如图 7-3，压铆螺母柱压入钣金件上后，喷涂前，一般要打磨平整，否则，喷涂后，会有压铆螺母柱的六角形印迹，面板和盖板上喷涂的表面，尽可能避免采用这种结构。

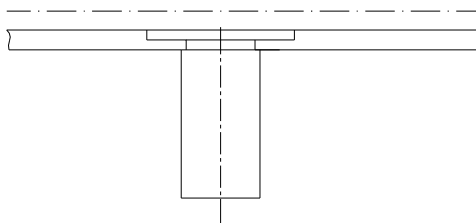


图 7-3 喷漆保护示意图

- 6) 铝板上压铆不锈钢螺钉，由于两者强度差别太大，喷涂前螺钉及附近区域抛光打磨困难，质量不易保证，应尽量减少这种结构的喷涂。
- 7) 尽可能减少喷涂保护面，由于喷涂保护的胶带是耐温接近 300 度的高温胶带，价格很贵，

而且，粘贴高温胶带速度慢，效率低，所以设计尽可能减少保护面积。如图 7-4，要求盖板外表面喷涂，盖板内表面要搭接导电，需要喷涂保护，左边的喷涂要求全部内表面喷涂保护，喷涂保护困难，密孔的喷漆毛刺要一个个去掉，工作量非常大。为了保证屏蔽搭接，可以将整体内部喷涂保护改为右图所示的局部保护，喷涂保护简单，工作量大大降低。

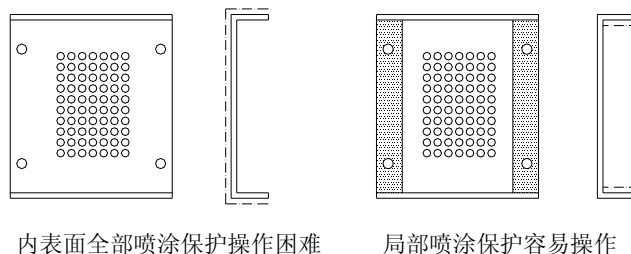


图 7-4 减少喷涂保护面积

- 8) 特别注意，不要出现一个很大的零件喷涂很小部分表面、大部分表面被喷涂保护的现象，这样将给喷涂带来很大的困难。

### 7.3 表面丝印

#### 7.3.1 丝网印刷原理：

丝网印刷是利用感光材料通过照相制版的方法制作丝网印版(使丝网印版上图文部分的丝网孔为通孔，而非图文部分的丝网孔被堵住)。印刷时通过刮板的挤压，使油墨通过图文部分的网孔转移到承印物上，形成与原稿一样的图文。丝网印刷设备简单、操作方便，印刷、制版简易且成本低廉，适应性强。丝网印刷由五大要素构成，即丝网印版、刮印刮板、油墨、印刷台以及承印物。

#### 7.3.2 丝网印刷的主要特点：

- 1) 丝网印刷可以使用多种类型的油墨。即：油性、水性、合成树脂乳剂型、粉体等各类型的油墨，且丝网印刷油墨调配方法简便；
- 2) 版面柔软。丝网印刷版面柔软且具有一定的弹性不仅适合于在纸张和布料等软质物品上印刷，而且也适合于在硬质物品上印刷，例如：玻璃、陶瓷、塑料、金属等；
- 3) 丝网印刷压力小。由于在印刷时所用的压力小，所以也适于在易破碎的物体上和轻薄物体上印刷；
- 4) 墨层厚实，覆盖力强，耐光性强，色泽鲜艳。丝网印刷的墨层厚度一般可达30微米左右。可以使用各种油墨及涂料，不仅可以使浆料、粘接剂及各种颜料，也可以使用颗粒较粗的颜料；
- 5) 不受承印物表面形状的限制及面积大小的限制。它不仅适合在小物体上印刷，而且也适合在较大物体上印刷。这种印刷方式有着很大的灵活性和广泛的适用性。丝印一般是用于表面较平的工件，也可以丝印半径很大的弧面或者球面，如果弧面或者球面曲率太大，就要采用移印等方式。
- 6) 丝网印刷比较适于表现文字及线条明快的单色成套色原稿，同样适于表现反差较

大，层次清晰的彩色原稿。不适于再现精细线条、网点的原稿。

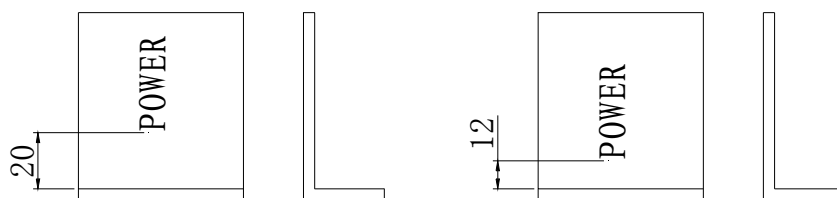
### 7.3.3 丝印设计注意事项

#### 1) 面板丝印字体的颜色

丝印颜色应选择公司的《结构设计规范——颜色要求》规定的几种颜色，同一零件上，要尽量减少丝印的颜色，而且丝印颜色尽量统一。

#### 2) 丝印距障碍物的最小距离

当丝印字符周围有其它突起物时，突起物的高度不得大于 1mm，否则丝印字符与突起物之间要保留一定的距离。要求丝印字符与障碍物的距离一般大于 20mm，可用普通的丝印框完成丝印，当空间位置限制，可以采用较小的铝合金丝印框，丝印字符与障碍物的距离至少大于 12mm，这种情况丝印稍微困难，只有结构特别需要时，才按照这个尺寸设计，如图 7-5。当上述要求不能满足时，使用不干胶标签。



一般情况丝印距障碍物的最小距离      特殊情况丝印距障碍物的最小距离

图 7-5 丝印与障碍物的最小距离

#### 3) 避免在光亮的表面设计丝印

避免在光亮的表面（如电镀装饰铬、光亮镍、光亮阳极氧化和导电氧化层）设计丝印，在镀层和化学处理层表面丝印时，只能在非装饰性光亮表面（镀锌）和较粗糙表面（如珍珠铬等哑光镀层）进行。必要时要将底材粗化（如喷砂、拉丝等处理）。

#### 4) 图案很复杂时不宜丝印

图案很复杂，面积很大，内容很多，线条很细、很密的图形，丝印难度很大，良率难以保证，这种情况不太合适丝印，最好采用标贴或其他表达形式。

## 7.4 移印介绍

移印工艺十分简单，先将需要印刷的图案蚀刻在钢模板上，在蚀刻的钢模板上涂覆油墨，利用硅橡胶材料制成的曲面移印头，将凹版上的油墨蘸到移印头的表面，然后移到需要移印的工件表面并下压，将文字、图案等转印到被印刷工件上。

移印工艺主要用于不规则异形对象表面的印刷，以塑胶注塑零件为主。例如，手机表面的文字和图案，还有计算机键盘、仪器、仪表等很多电子产品的表面印刷，一般都是移印完成。

## 8 第八章 结构图纸零部件的分级和代码申请

### 8.1 零部件分级和代码申请的基本原则

零部件分级，在机械制图和国家相关的标准中，都有一些基本的要求，但是，不同的企业，因为采购流程、加工流程、生产流程等等不同，都有一些特别的要求和约定。公司的零部件分级，也有一些要求和特点，它将直接决定代码申请，对产品的计划、采购、加工、生产有重要的影响，本章节主要结合公司的特点，说明零部件的分级和代码申请的一些基本原则。

要做到零部件的合理分级，首先必须充分了解公司的采购流程、物料代码的申请和生产加工装配的特点，下面介绍的是一般原则和常见情况。由于目前各事业部以及康讯公司的生产管理和习惯有一定的差别，具体在零部件分级时，还要和事业部的中试工程师充分沟通。

零部件分级和代码申请的基本原则：

- 1) 零部件分级和物料代码申请，必须方便计划、采购、生产装配、发货等方面的需求；
- 2) 因为公司的生产线主要任务是整机装配和调试，要求零部件分级和物料代码申请尽可能减少结构件在公司的装配工作量，原则上希望纯结构件的部件装配尽可能在外协厂家完成。
- 3) 能打包在一起采购的尽量打包在一起申请代码；
- 4) 对于一些重要的器件如屏蔽簧片、风扇、开关等，一般都是由公司统一认证厂家，统一采购，不仅保证能控制外购件的质量，还能因为批量采购降低成本。部件分级时要考虑将这些零部件放在公司装配，特别是对于批量不是很大的产品，尽量按照这种方式。只有特殊情况，如产品批量非常大，特别是装配工作量很大的情况，为了减少公司的装配时间，可以考虑由公司统一计划采购，外协厂家到公司领料，将这些器件下放到外协厂家装配，这种方式的缺点是这些簧片和风扇需要公司计划备料、最后又需要厂家到公司领料，流程比较麻烦，有时还会影响外协厂家交货。
- 5) 对于批量较大或者线缆很多的情况，为了减轻公司的生产线的装配压力，机柜内汇流排上的电源线、机柜内部的接地线，可以考虑由公司统一采购加工好后，交由机柜加工厂家装配完成，具体要求应在机柜的装配图上明确说明。
- 6) 标贴有选配要求的需单独申请代码，有日期要求、条形码要求的标贴，如铭牌等，不用申请代码，用空白标贴在生产现场打印；
- 7) 有单独采购、或发货需求的零、部件必须申请代码。

下面从简单到复杂，分别介绍单板、插箱、整机配置的分级方法：

### 8.2 单板整件图纸的分级方法

单板整件中主要包括 PCB 功能板、子卡、面板部件、EMC 簧片、散热器、灯镜、支柱、螺钉、螺母、加强筋、导套等。单板整件的料单中，含有 PCB 功能板上所有电子元器件和与单板 PCB 相连接的全部结构件，如图 8.1 所示：



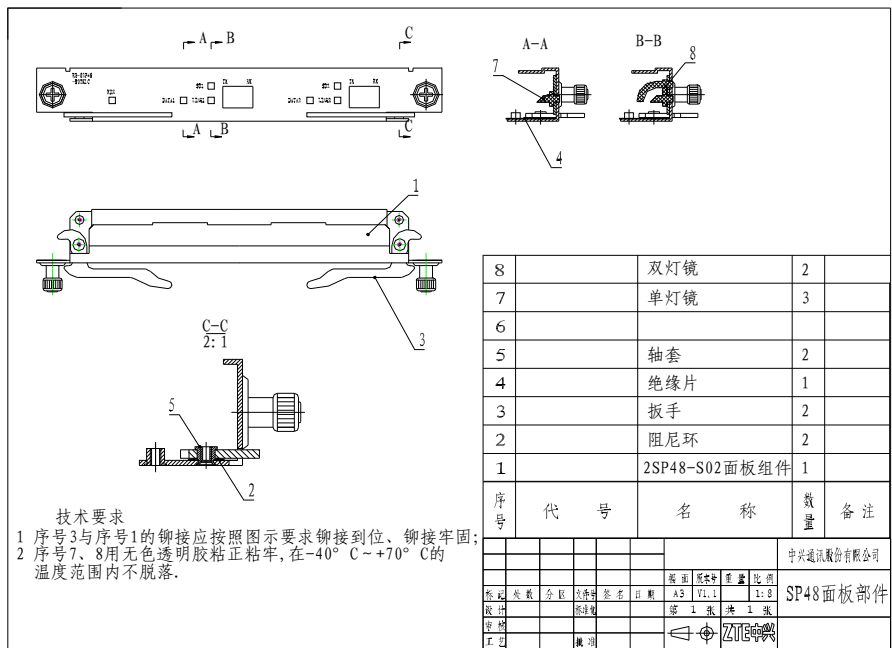


图 8.2 典型面板部件的装配图

### 8.3 插箱整件图纸的分级方法和代码申请方法

插箱整件是一个具有独立功能的单元，主要包含结构插箱、电源插箱整件、风扇插箱整件、单板整件汇总、后背板整件等，具体由哪些模块组成由具体产品决定。一般情况下，在图纸分级中，插箱整件是含机柜的整机配置（第一级）的下一级，即插箱整件是第二级。它的典型装配图如图 8.3 所示。

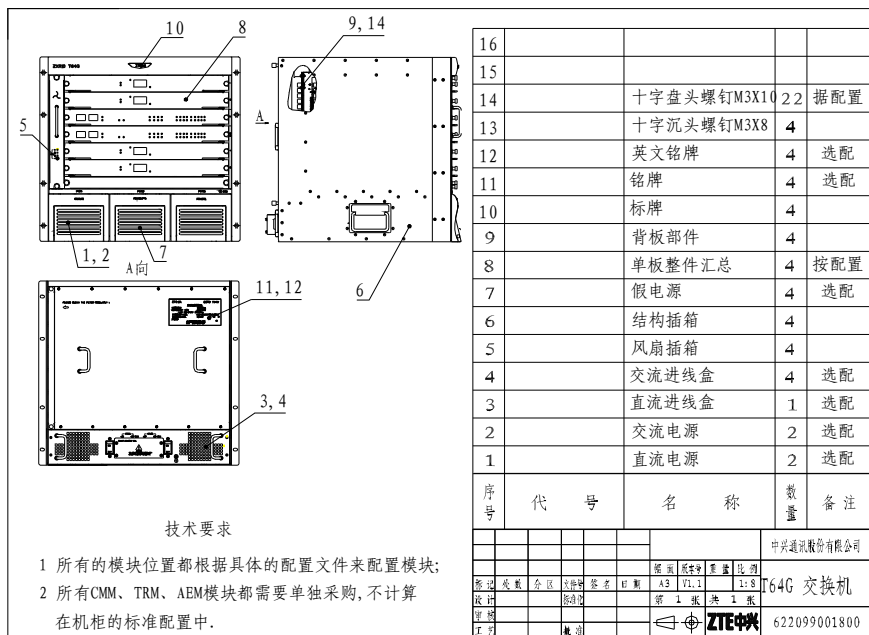


图 8.3 典型插箱装配图

功能插箱整件的零部件分级和代码申请需要注意：

- 1) 由于功能插箱的单板整件数量很多，经常有几十种甚至上百种，并且会一直不断地增加新的品种，所以，在插箱整件的装配图中，所有的单板整件都是以“单板整件汇总”这一整件汇总形式来代表所有的单板整件，如图 8.3 所示的序号 18。还有一些插箱标贴，如移动的 CN/RNC 产品，该产品功能插箱由于插入单板的不同可以形成不同的网元，为区分需要设计不同的网元标贴，共有 15 种之多，那么根据上述原则，为了减少装配图的零件的数量，便于图纸清晰，在装配图用“网元标贴汇总”代表所有的网元标贴，而在明细表里可以将这 15 种标贴零件装入一个虚拟的整件“网元标贴汇总”。
- 2) 对于电源模块有交流电源模块和直流电源模块，可能有两个到三个可选模块，但装配时只能选取一种，因为数量较少，只有 2~3 种，可直接列在装配图上，如图 8.3 所示的序号 1、2。图中的进线盒也有直流进线盒和交流进线盒两种，配置的时候，也只能选一种，表示方法如图 8.3 所示序号 3、4。
- 3) 插箱上的标贴、标牌，应该按照不同的情况进行处理，如果是在公司内部统一打印的标贴，如铭牌等，分两种情况处理：1，对于只能装入机柜使用的插箱整件，这些标贴一般都不应该放在插箱的下级，而是放在应该放含机柜的整机配置的下级，与插箱同级；2，对于既可装入机柜使用，也可独立使用的插箱，这些标贴一般都应该放在插箱的下级。
- 4) 对于那些与插箱的配置变化没有关系的一些标贴，如插箱上的接地标贴、警示标贴等，应该尽可能放在结构插箱的下一级，由外协厂家制作装配。

典型的结构插箱的装配图 8.4 图所示

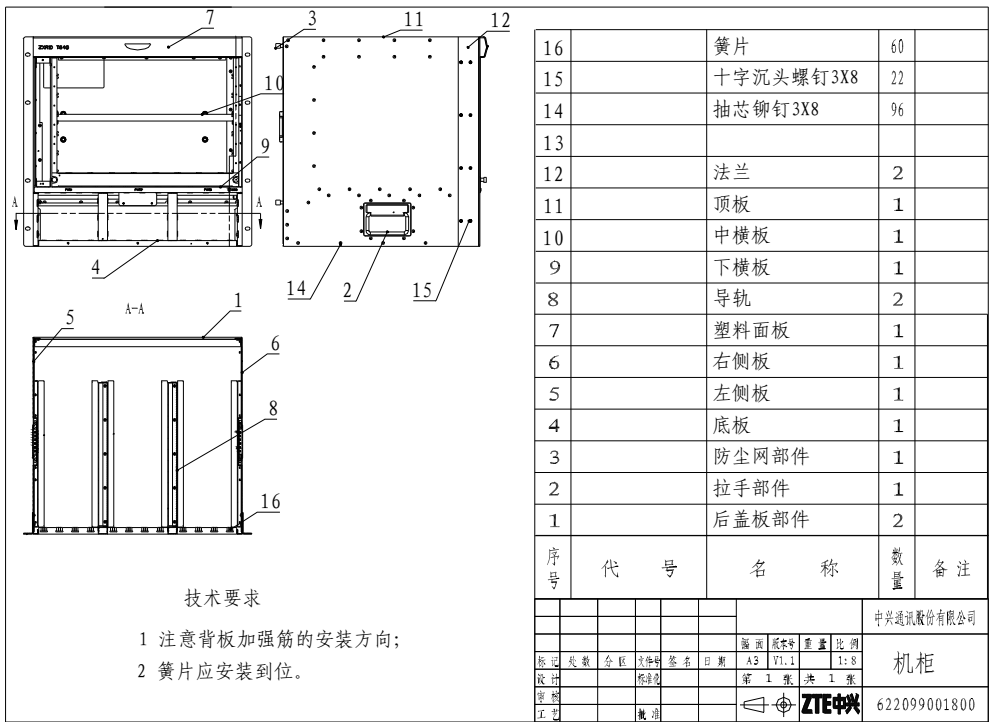


图 8.4 典型结构插箱装配图

8.4 整机配置（含机柜）的图纸的分级方法

整机配置（含机柜）是产品的满配置顶级整机装配，在十进制分类码中，它的分级编号为 2。它包含机柜及所有可能装入该机柜的功能插箱、配电插箱、风机插箱、防尘插箱、硬件模块、单板等整件，以及如工程安装用的机柜安装底座、装饰挡板、并柜连接板、标识标贴等装配整件及零部件。

整机配置装配图，有两种处理方式：

- 1，按其下一级整件申请代码，以机柜、各功能单元结构为顶级采购单元申请代码，这种情况目前公司产品占多数，典型结构如图 8.5 所示，

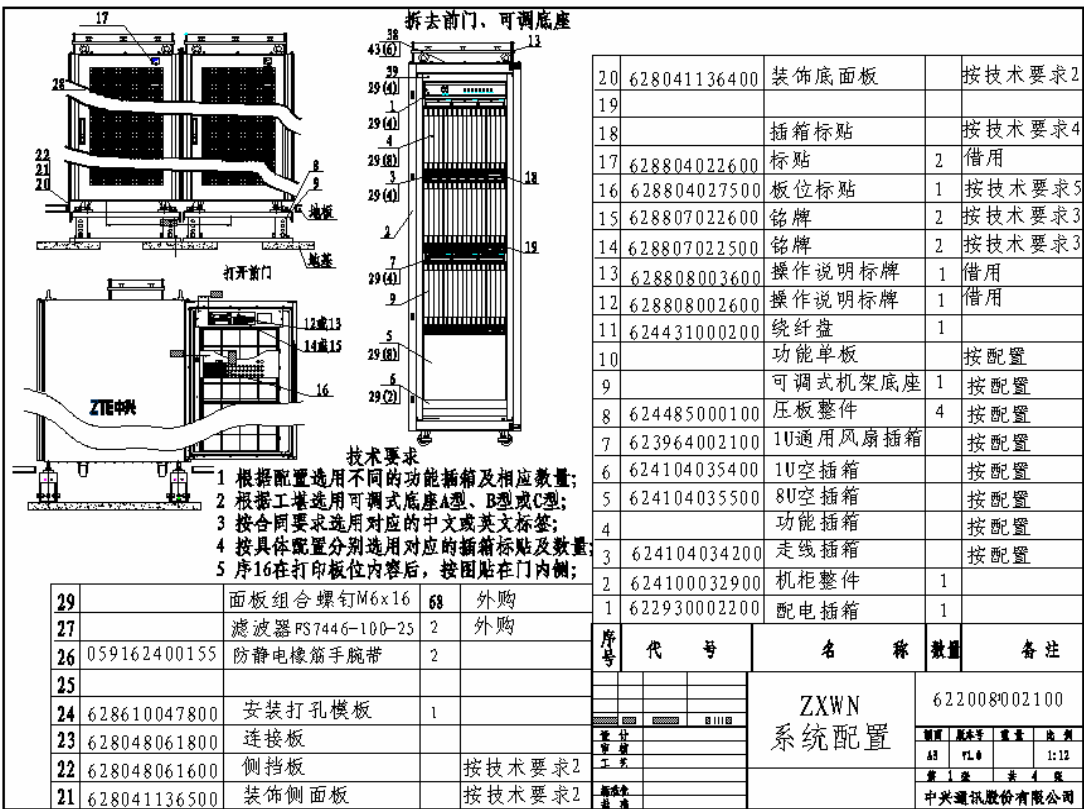


图 8.5 典型整机配置装配图

- 2，按顶级装配（或配置）图申请代码，如 GSM BTS (V2.0)，除 AEM 和 TRM 模块以外的所有物料都是发往机柜厂装配完成后整机进料的，所以该顶级装配图需一起发往机加厂。这样做法适合于批量很大、整机装配工作量很大的产品，其好处是大大减轻公司的生产部门的装配工作量，但是，它带来较多的协调处理方面的问题，一般建议还是采取上述的第一种设计方法。

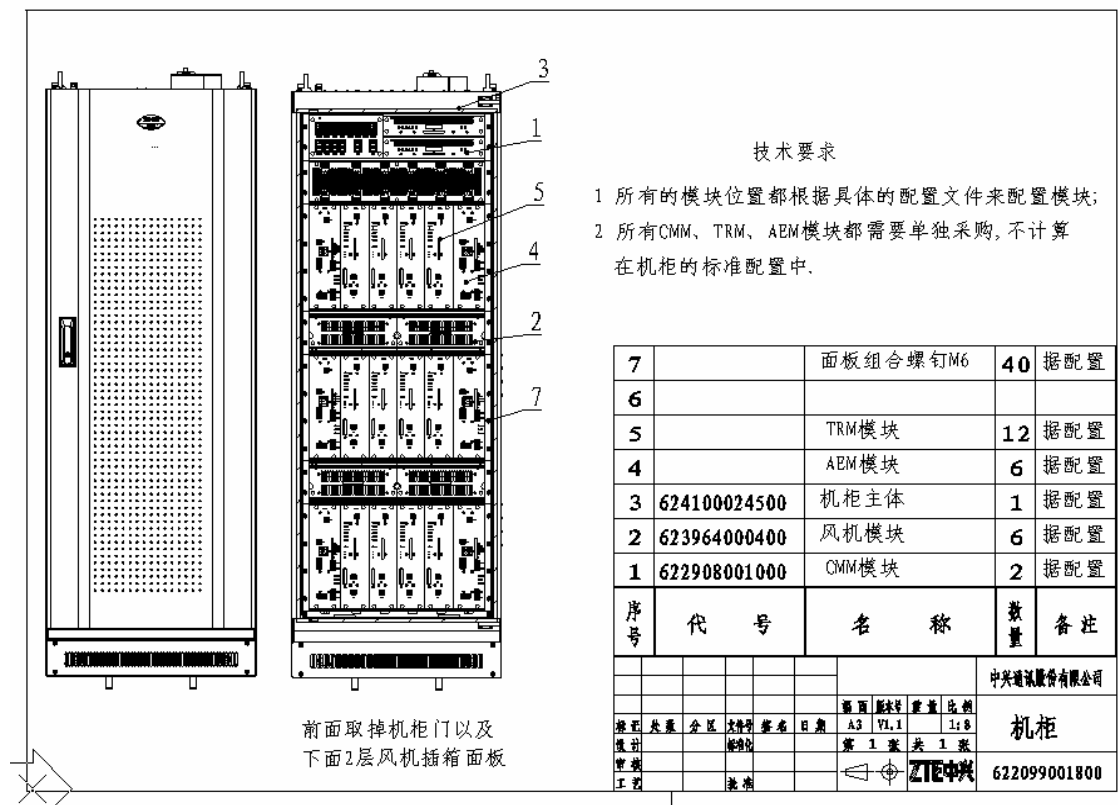


图 8.6 特殊的整机配置装配图