



武汉理工大学
wuhan university of technology

金属工艺学

多媒体课件



第16章 焊接件的结构设计

主要内容：

重点内容：

掌握焊接结构工艺设计的基本原则。

1 16.1 焊接规范

2 16.2 焊接方法的选择

3 16.3 焊接结构件材料的选择

4 16.4 焊接接头工艺设计

5 16.5 焊接件结构工艺设计

16.1 焊接规范

- 一、分析工作条件并提出性能要求
- 二、提出设计方案和优化设计
- 三、按照设计内容分步进行设计

焊接结构设计的主要内容和顺序如下：

- 1) 选择焊接结构材料（母材）；
- 2) 确定焊接方法及焊接材料；
- 3) 确定焊接接头及坡口形式；
- 4) 合理布置焊缝位置；
- 5) 制订简明的焊接工艺。

16.2 焊接方法的选择

生产单件钢结构件

1. 板厚在3~10 mm, 强度较低, 且焊缝较短应选用手工电弧焊。
2. 板厚在10 mm以上, 焊缝为长直焊缝或环焊缝应选用埋弧焊。
3. 板厚小于3 mm, 焊缝较短应选用CO₂焊。

生产大批量钢结构件

1. 板厚小于3 mm, 无密封要求应选用电阻点焊, 有密封要求应选用缝焊。
2. 板厚在3~10 mm, 焊缝为长直焊缝或环焊缝, 应选用CO₂自动焊。
3. 板厚大于10 mm, 焊缝为长直焊缝和环焊缝隙, 应选用埋弧焊或电渣焊。

生产不锈钢、铝合金和铜合金结构件

1. 板厚小于3mm, 应选用脉冲钨极氩弧焊。
2. 板厚在3~10 mm, 焊缝为长直焊缝或环焊缝, 应选用熔化极氩弧或等离子弧自动焊。

16.3 焊接结构件材料的选择

焊接材料的选择原则：

1、在满足使用性能要求的前提下，尽量选用焊接性能好的材料。

低碳钢和碳当量小于0.4%的低合金钢都具有良好的焊接性能，设计中应尽量选用；

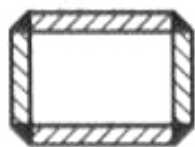
含碳量大于0.4%的碳钢、碳当量大于0.4%的低合金钢，焊接性不好，设计时一般不用；

镇静钢脱氧完全，组织致密，质量较高，重要的焊接结构应选用；沸腾钢氧含量较高，组织成分不均匀，焊接时易产生裂纹，厚板焊接时还可能出现层状撕裂；

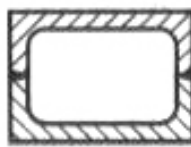
2、异种金属的焊接，要注意它们的焊接性能，要尽量选用化学成分、物理性能相近的材料。

一般要求接头强度不低于被焊钢材中的强度较低者，并应在设计中对焊接工艺提出要求，按焊接性较差的钢种采取措施，如预热或焊后热处理；

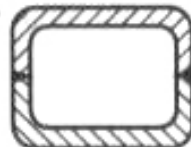
3、此外，设计焊接结构时，应多采用工字钢、槽钢、角钢和钢管等型材，以降低结构重量，减少焊缝数量，简化焊接工艺，增加结构件的强度和刚性。



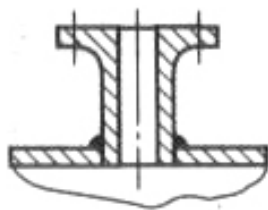
(a) 用四块钢板焊成



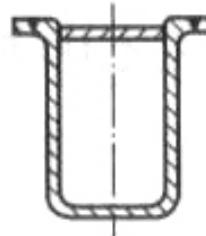
(b) 用两根槽钢焊成



(c) 用两块钢板弯曲后焊成



(d) 容器上的铸钢件法兰



(e) 冲压后焊接的小型容器

合理选材与减少焊缝

16.4 焊接接头的工艺设计

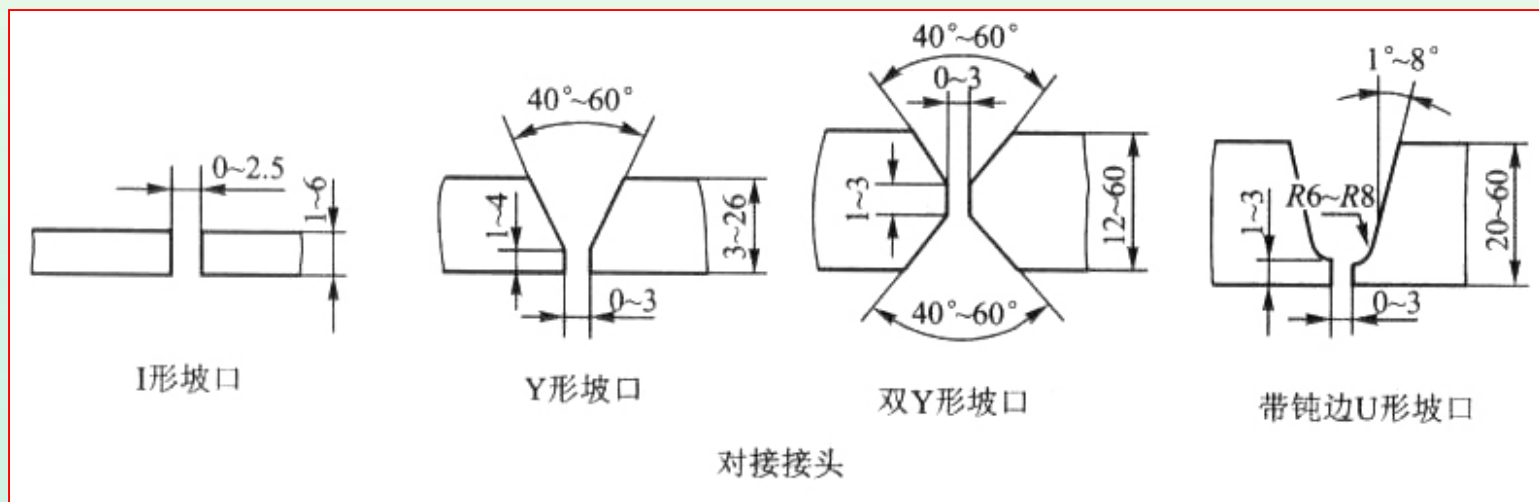
16.4.1 焊接接头及坡口的形式

一、接头形式

焊接接头的基本形式有对接、搭接、角接和T形接等。

1、对接接头

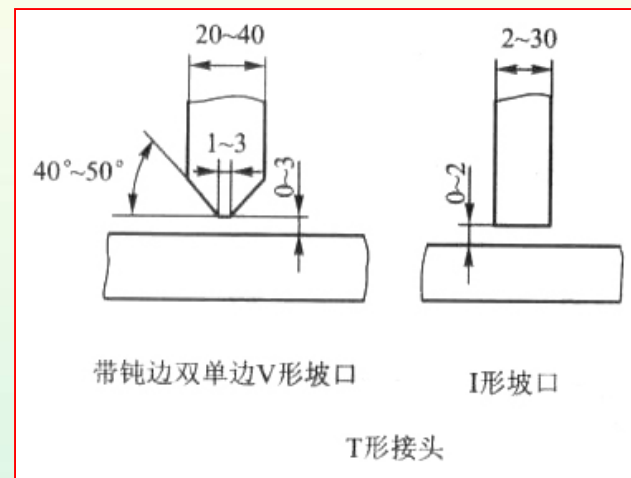
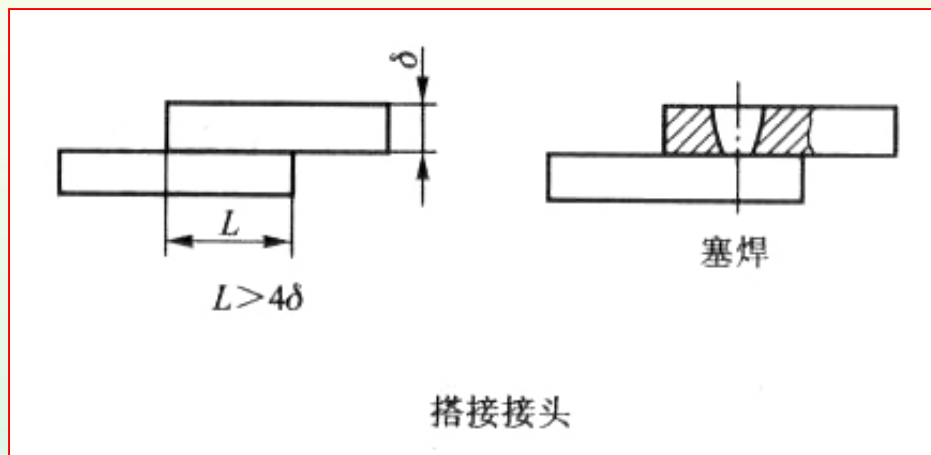
对接接头受力均匀，易保证焊接质量，静载荷疲劳强度都比较高，且节约材料，但对下料尺寸精度要求较高。



一般应尽量选用对接接头，例如锅炉、压力容器等结构件。

2、搭接接头

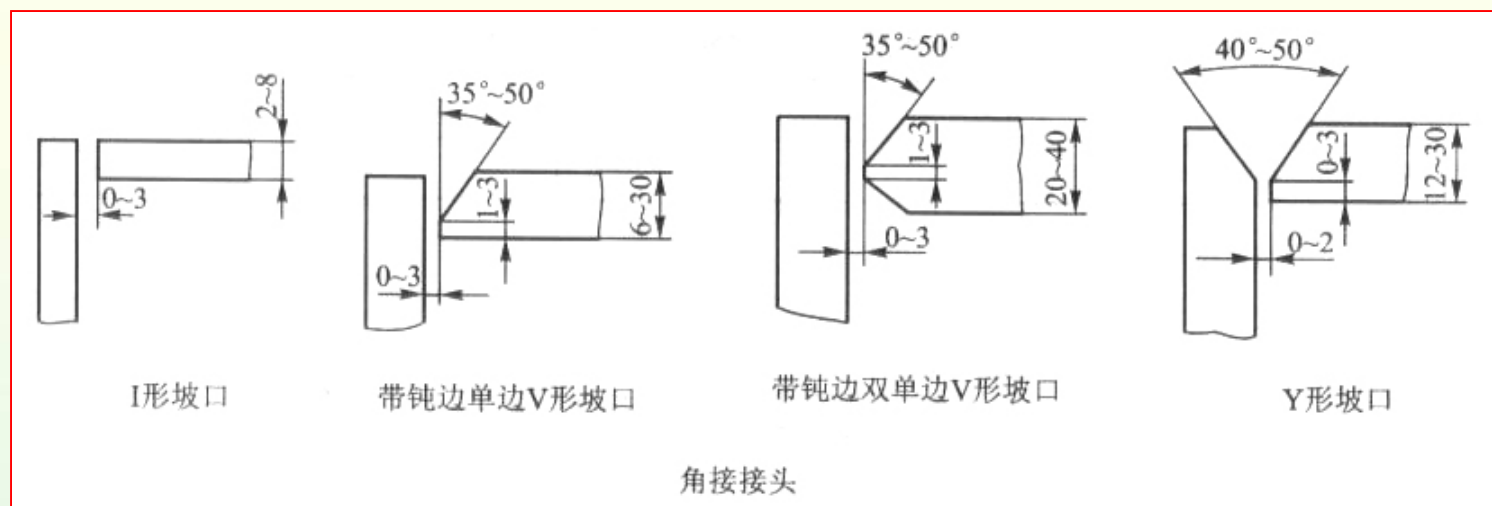
搭接接头因两工件不在同一平面，受力时将产生附加弯矩，而且金属消耗量也大，一般应避免采用。



但搭接接头不需要开坡口，装配时尺寸要求不高，对某些受力不大的平面连接与空间构架，采用搭接接头可节省工时。

3、T形接头和角接头

T形接头和角接头受力情况都较对接接头复杂，但接头成直角或一定角度连接时，必须采用这种接头形式。



接头形式的确定与焊接方法因素的关系很大。

焊条电弧焊可采用对接、搭接、T形接、角接四种接头形式；埋弧焊采用的形式与焊条电弧焊基本相同；电渣焊的接头可采用对接、T形接、角接形式，常用对接形式；点焊与缝焊只能用搭接；钎焊常用搭接。

二、坡口形式

焊条电弧焊对板厚为1~6mm对接接头施焊时，一般可不开坡口（级 I 形坡口）直接焊成。

当板厚增大时，为保证焊透，接头处应根据工件厚度预制出各种形式的坡口，坡口角度和装配尺寸按标准选用。

当两个焊件的厚度相同时，常用的坡口形式及角度可按前面图中选用。

Y形坡口和U形坡口用于单面焊，其焊接性较好，但焊后角度变形大，焊条消耗量也多。

双Y形坡口双面施焊，受热均匀，变形较小，焊条消耗量较少，但有时受结构形状限制。

U形坡口根部较宽，允许焊条深入，容易焊透，而且坡口角度小，焊条消耗量较小，但坡口形状复杂，一般只在重要的受重载的厚板结构中采用。

三、接头过渡形式

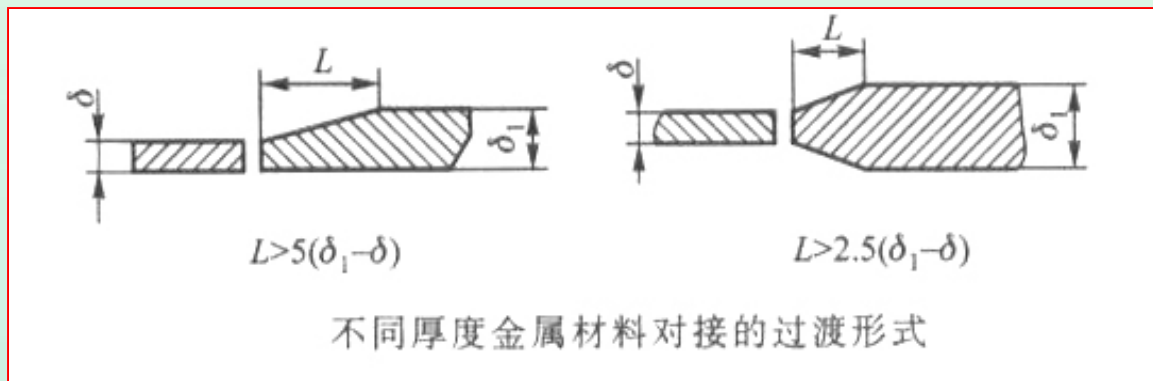
设计焊接构件最好采用相等厚度的金属材料，以便获得优质的焊接接头。

当两板厚度相差较大的金属进行焊接时，接头处会造成应力集中，而且接头两边受热不均匀，易产生焊不透等缺陷。

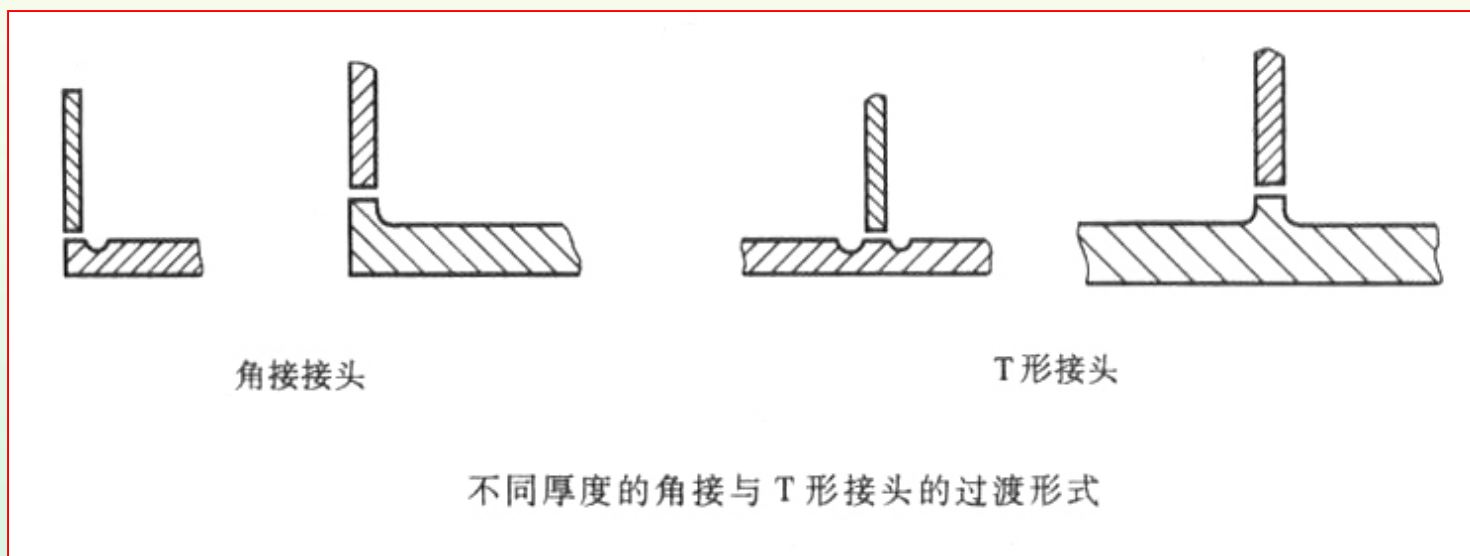
不同厚度金属材料对接时，允许的厚度差如下表。

不同厚度金属材料对接时允许的厚度差				
较薄板的厚度/mm	2 ~ 5	6 ~ 8	9 ~ 11	≥ 12
允许厚度差($\delta_1 \sim \delta$)/mm	1	2	3	4

如果 $\delta_1 \sim \delta$ 超过表中规定值或双面超过 $2(\delta_1 \sim \delta)$ 时，应在较厚板料上加工出单面或双面斜边的过渡形式。



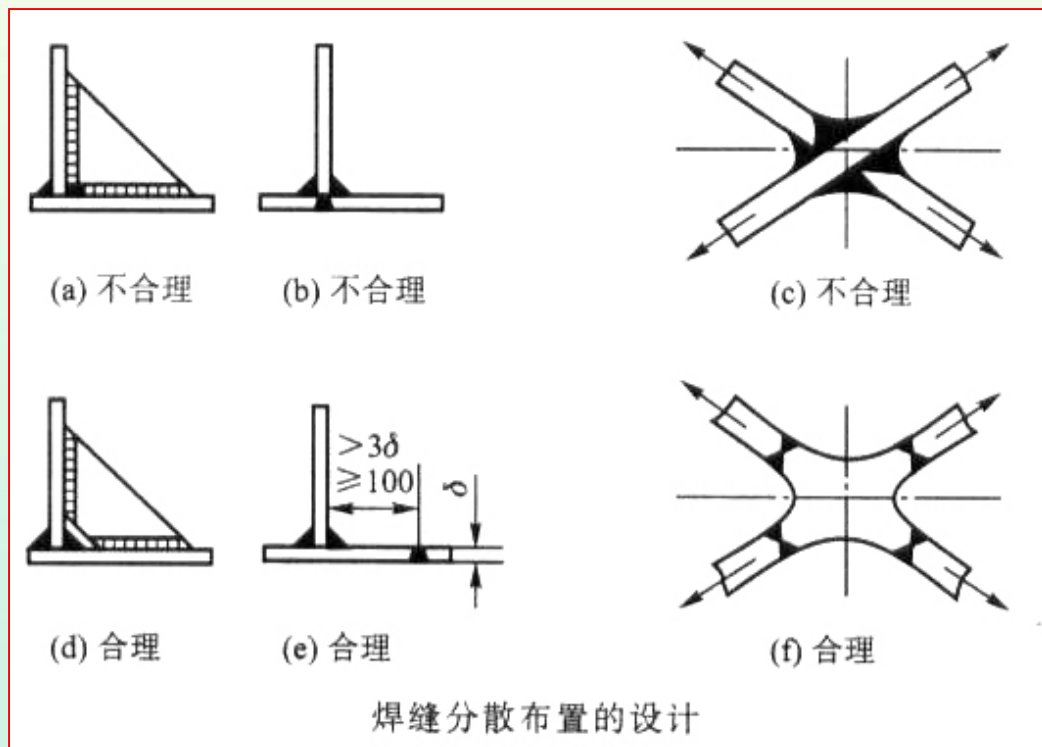
钢板厚度不同的角接与T形接头受力焊缝，可考虑下图的过渡形式。



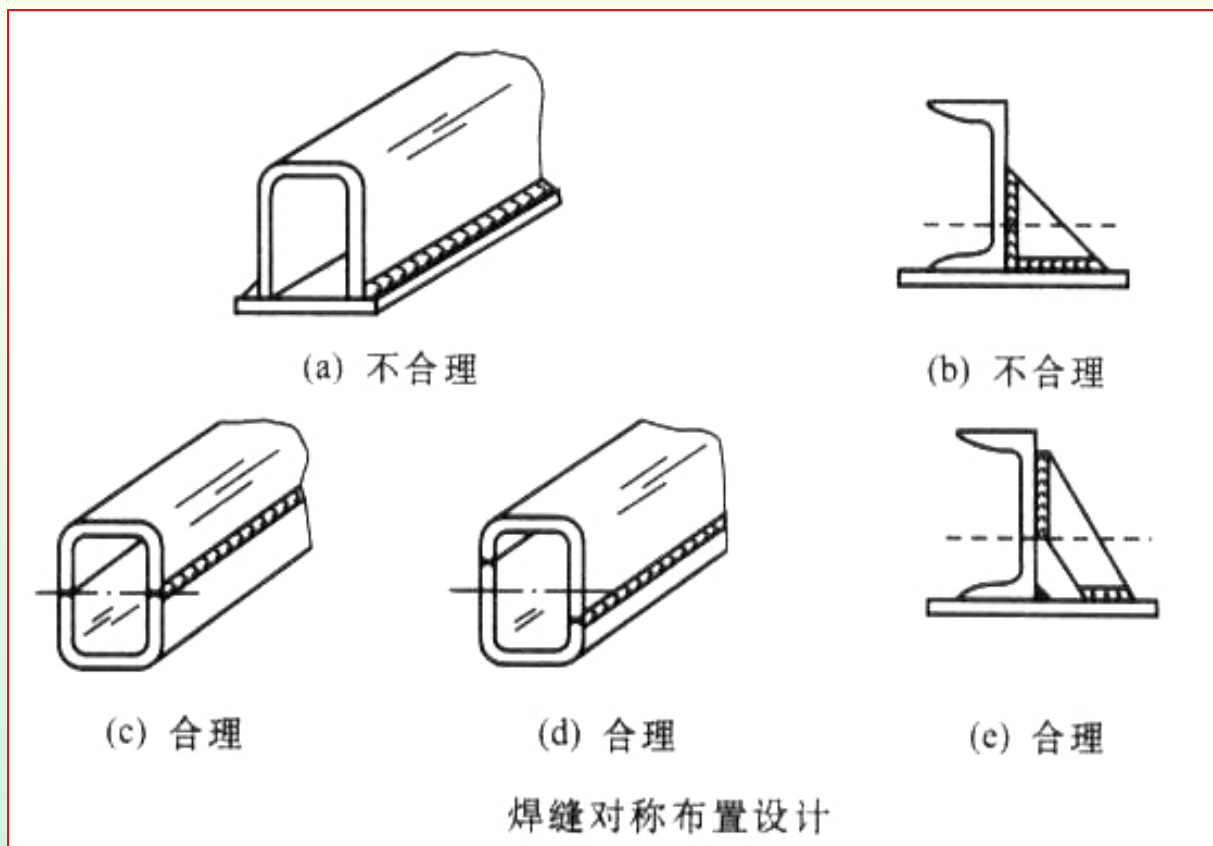
16.4.2 焊缝的合理布置

1. 焊缝应尽可能分散。

焊缝密集交叉，会造成金属过热，加大热影响区，使组织恶化。因此两条焊缝的间距一般要求大于3倍板厚，且不大于100mm。

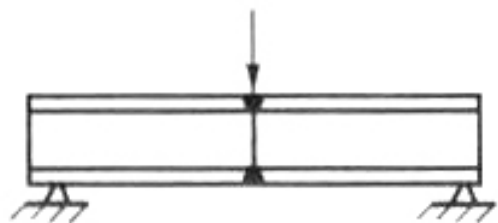


2. 焊缝的位置尽可能对称布置。

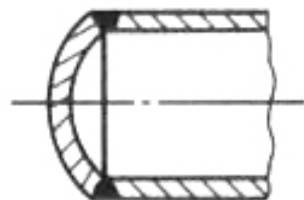


图中a、b所示的构件，焊缝位置偏离截面中心，并在同一侧，由于焊缝的收缩，会造成较大的弯曲变形。

3. 焊缝应尽量避免最大应力断面和应力集中位置。



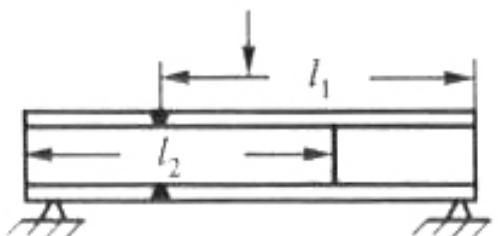
(a) 不合理



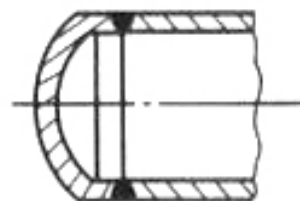
(b) 不合理



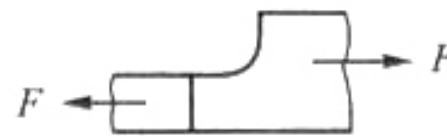
(c) 不合理



(d) 合理



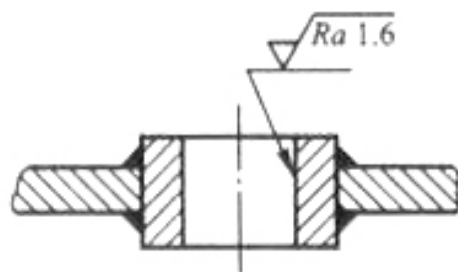
(e) 合理



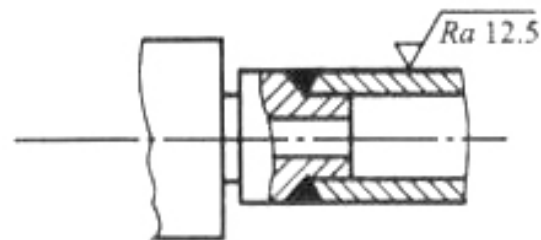
(f) 合理

焊缝避开最大应力断面与应力集中位置的设计

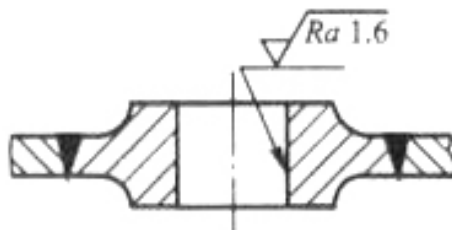
4. 焊缝应尽量避免机械加工表面。



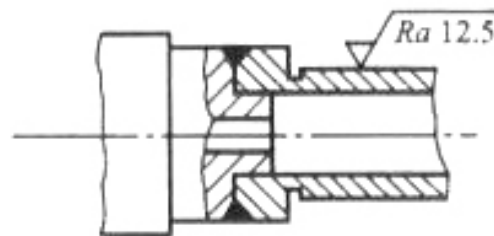
(a) 不合理



(b) 不合理



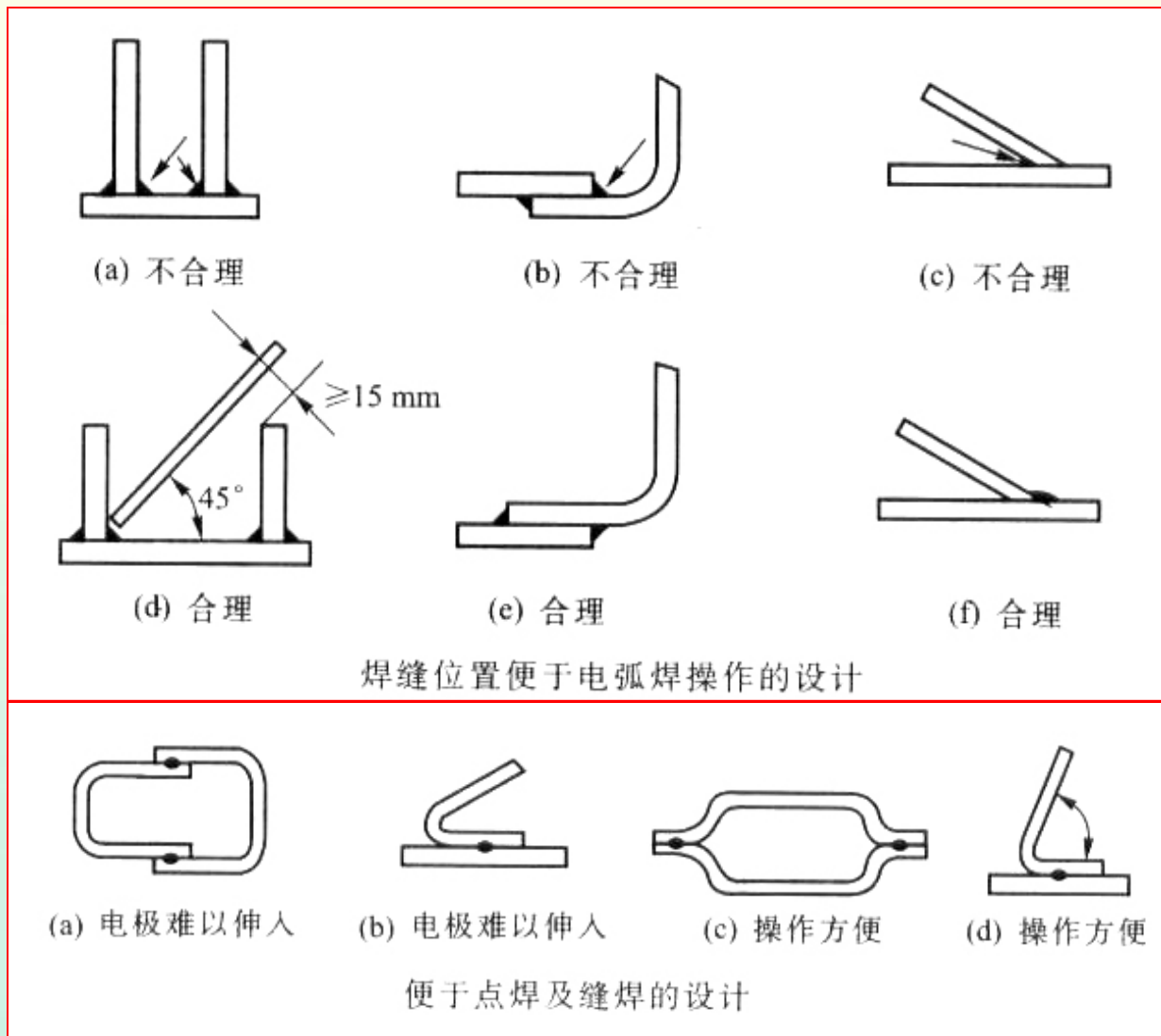
(c) 合理



(d) 合理

焊缝远离机械加工表面的设计

5. 焊缝位置应便于焊接操作。



16.5 焊接件结构工艺设计

16.5.1 结构工艺性

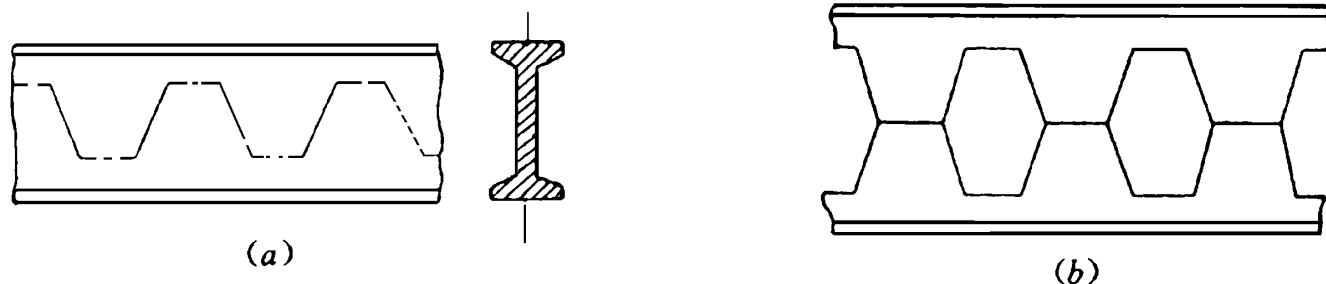
焊件的结构工艺性就是要从结构形状、焊缝布置、接头形式等方面综合考虑如何能保质保量，低耗高产地实现设计要求。

- 1) 焊缝应具有良好的可焊性，即便于施焊，应能保证焊接质量和节省工时及便于机械化焊接和降低成本。
- 2) 当结构材料的塑性较好时，应着重预防焊接变形。若结构材料的塑性较差或结构刚度较大则主要应预防应力和裂纹。
- 3) 当焊接结构不能翻转或现场翻转设备及焊工技术水平受到限制时，应避免设计仰焊缝。

为便于采用自动焊提高生产率，焊缝应呈直线或环形的，断续焊缝应改成连续的，操作空间应能容纳机械装置。

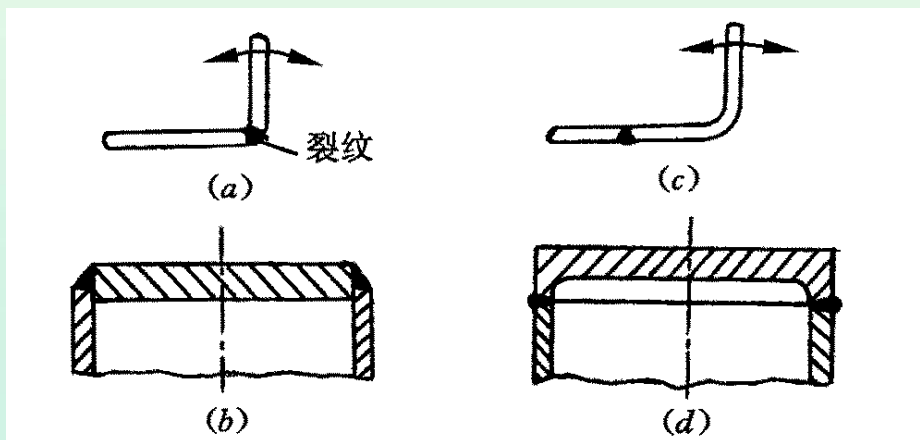
4) 节省材料也是应考虑的问题之一。

如图所示的工字钢若沿图中点划线切开后再焊成(b)所示的式样，则在重量不变的情况下刚度可提高几倍，适用于跨度较大而载荷不高的场合，节约了原材料。



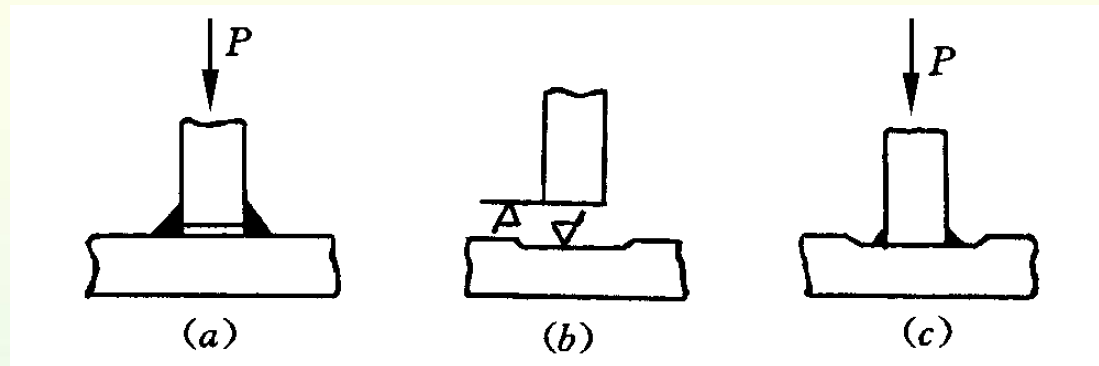
锯齿合成梁

5) 变角接为对接以增加接头强度。



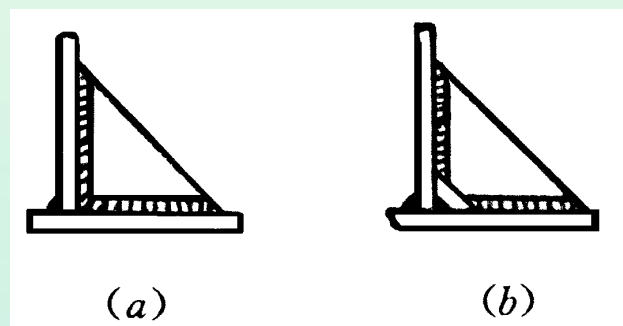
(a)、(b)不合理 (c)、(d)合理

6) 受压丁字接头应使接触面直接接触传递压力，可减小焊缝面积。



受压丁字接头的设计
(a) 不合理； (b) (c) 合理

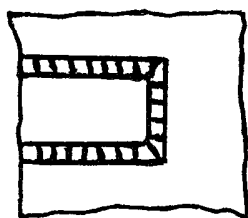
7) 筋板切角可避免焊缝交叉，减小应力。



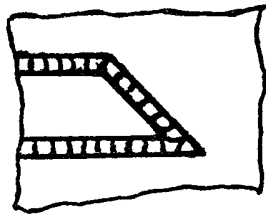
(a) 不合理； (b) 合理



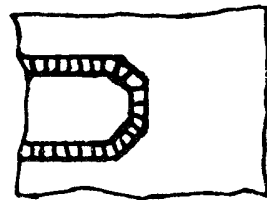
8) 焊缝的尖角部分易产生应力集中，诱发裂纹，应改为平缓过渡。



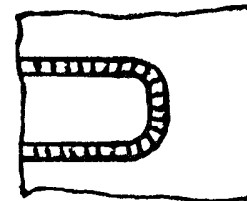
(a)



(b)



(c)



(d)

焊缝应避免尖角的设计

(a)、(b)不合理

(c)、(d)合理

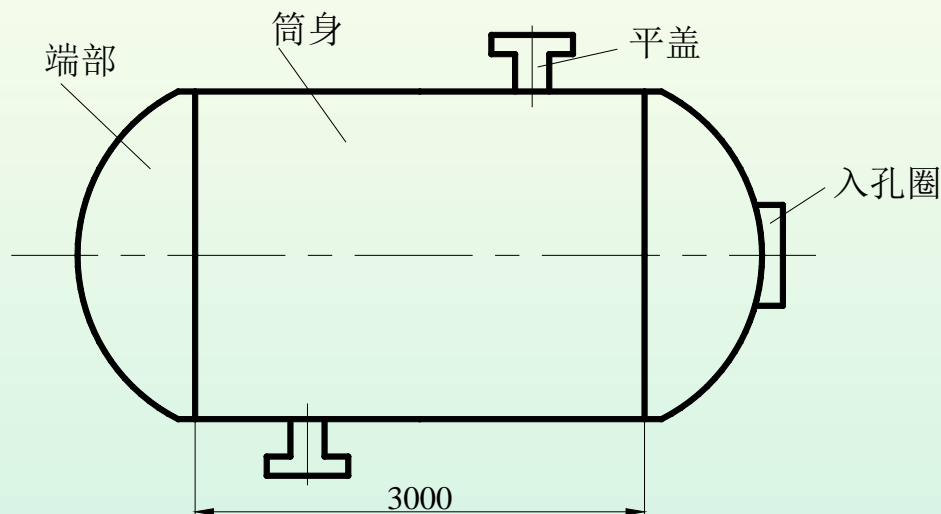
16.5.2 改善结构工艺性的实例

结构名称：中压力容器

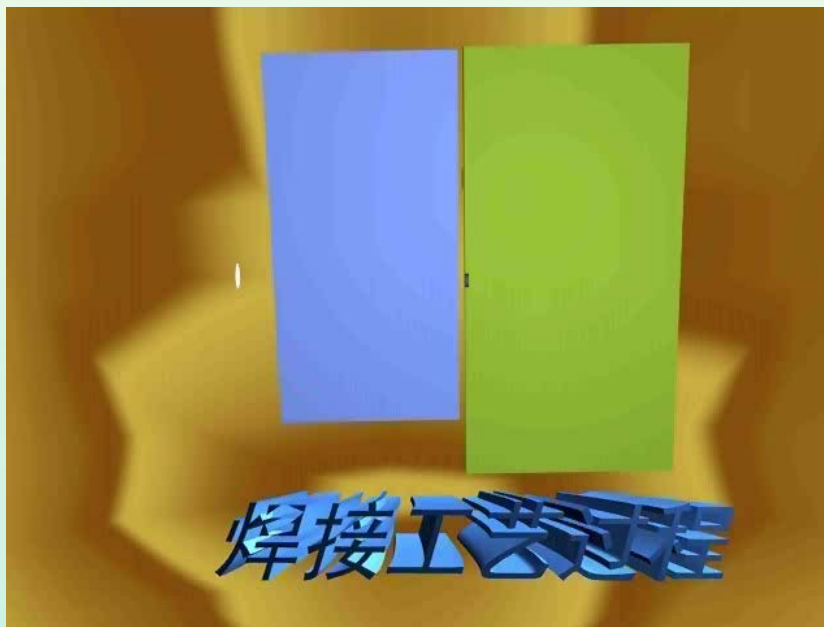
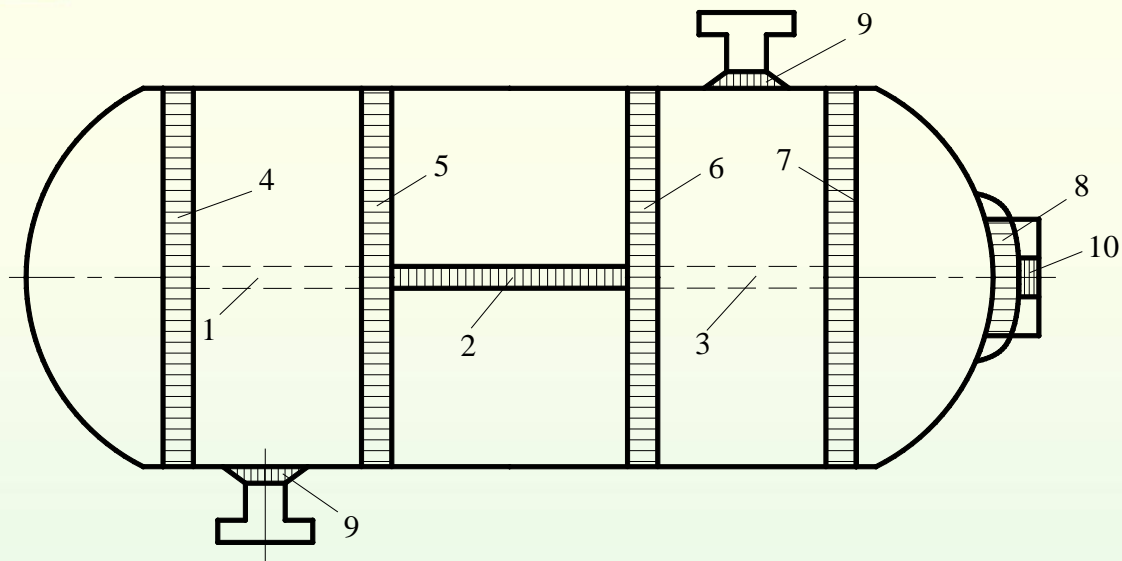
材料：16MnA

板厚：筒身12mm；封头14mm；入孔圈20mm；管接头7mm

生产数量：小批生产



工艺设计要点：筒身用钢板冷卷，按实际尺寸可分为三节，为避免焊缝密集，筒身纵焊缝相互错开180°；封头采用热压成型，与筒身连接处应有30mm-50mm的直段以避免应力集中位置；入孔圈也为卷制



序号	焊缝名称	焊接方法与焊接工艺	焊 接 材 料
1	筒身纵缝 1、2、3	因容器质量要求高，又小批生产，采用埋弧焊双面焊，先内后外，不开坡口。材料为16MnR应在室内焊接。	焊丝：H08MnA 焊剂：431 焊条：结507
2	筒身环缝 4、5、6、7	采用埋弧焊双面焊，顺序焊4、5、6焊缝，先内后外，不开坡口。7焊缝装配后先在内部用手弧焊封底，再用埋弧焊焊外环缝。	焊丝：H08MnA 焊剂：431 焊条：结507
3	管接头焊接 9	管壁7mm，手弧焊双面焊，装配后角焊缝，不开坡口。	焊条：结507
4	入孔圈纵缝 10	板厚20mm，焊缝短（100mm），手弧焊，平焊位置，V型坡口。	焊条：结507
5	入孔圈环缝 8	处于立焊位置的圆角焊缝，采用手弧焊，单面坡口，双面焊	焊条：结507