



石家莊鐵道大學  
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

网络精品课程

# 材料成形工艺基础

## 熔焊工艺

### 焊接变形和焊接应力

主讲：智小慧

# 目录



网络精品课程

**一、应力和变形的产生原因**

**二、焊接变形和应力的危害**

**三、焊接应力的防止**

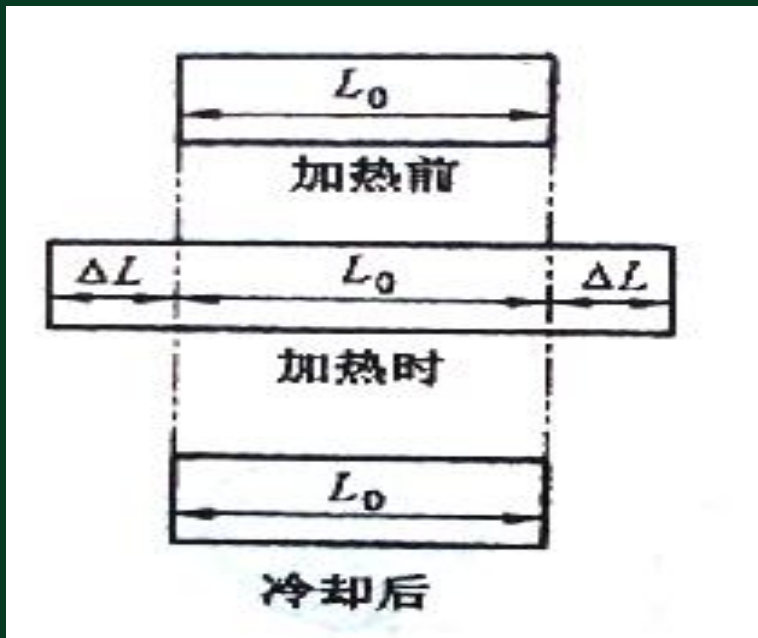
**四、焊接变形的形式和防止**

**五、小结**

# 一、应力和变形的产生原因

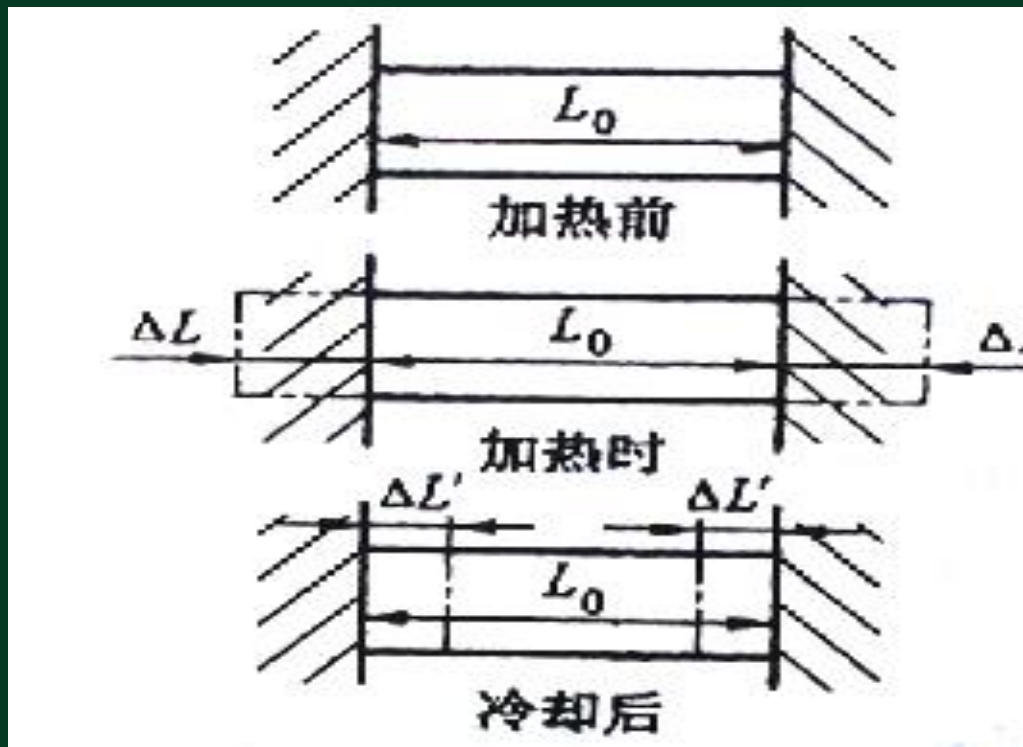
## 1) 自由状态:

冷却后无残余变形，无应力。



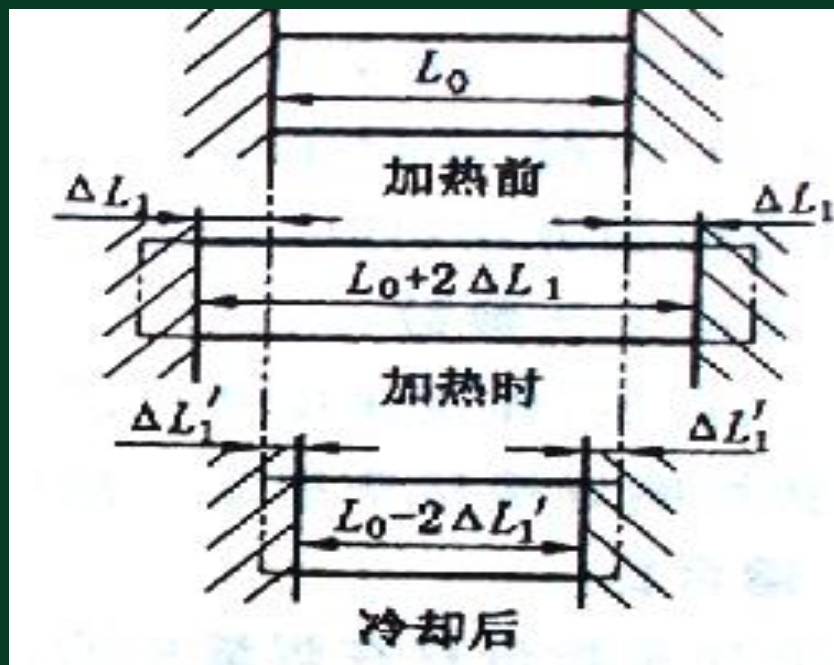
## 2) 刚性拘束:

冷却后无变形, 有残余拉应力。



### 3) 非刚性拘束:

冷却后有残余变形 $2\Delta L_1 - 2\Delta L_1'$ ，  
有残余拉应力。



# 焊缝区金属：受周围冷金属的拘束。

拘束大：

残余应力大，残余变形小。

（大平板对接）

拘束小：

残余应力小，残余变形大。

（小平板对接）



## 二、焊接变形和应力的危害

- 焊接变形：

尺寸不合要求→组装困难，

间隙不一致；

形状变化→产生附加应力，

降低承载力。

- 焊接残余应力：
  - (1) 增加内应力→  
降低承载力。
  - (2) 诱发应力腐蚀裂纹→  
造成脆断。
  - (3) 应力衰减→  
增大变形，构件尺寸不稳定。



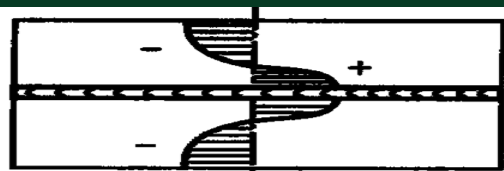
# 三、焊接应力的防止

大部分焊缝及中心母材受拉应力

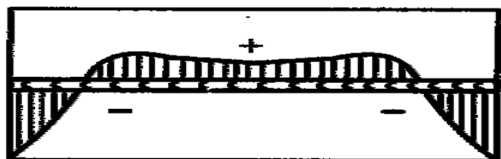
(冷却慢) ,

大部分母材及边缘焊缝受压应力

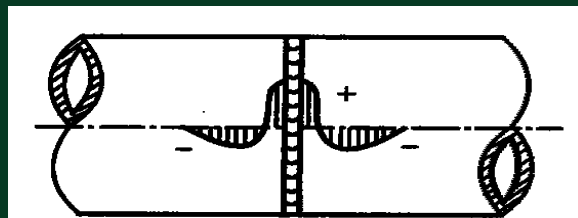
(冷却快) 。



(a) 纵向应力



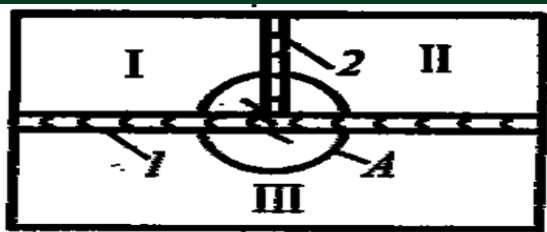
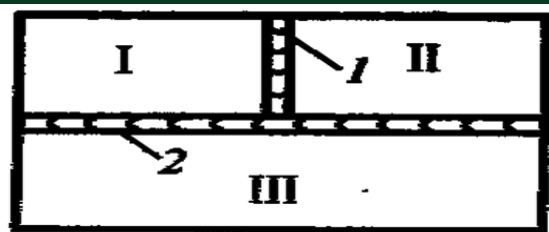
(b) 横向应力



(c) 径向应力

## 防止焊接应力的措施：

- (1) 焊缝不要密集交叉，长度尽可能短。
- (2) 合理焊接顺序，使焊缝自由收缩。
- (3) 小的线能量，多层焊。
- (4) 焊前预热。
- (5) 较高温下锤击焊缝，使金属伸长。
- (6) 焊后去应力退火。
- (7) 加压，振动。



# 四、焊接变形的形式和防止

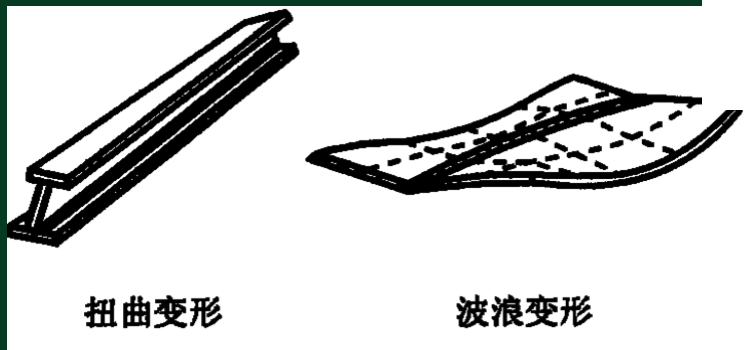
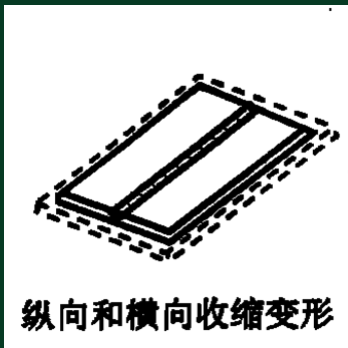
尺寸收缩：纵横向受拉应力

角变形：横向收缩不均匀

弯曲变形：纵向收缩不均匀

扭曲变形：纵横向收缩不均匀

翘曲变形：薄板厚度方向失稳



# 防止变形的措施:

## (1) 焊缝对称布置, 对称焊

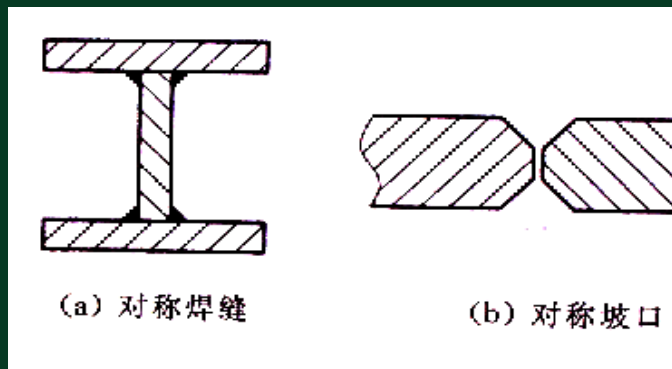


图 10-19 焊缝的对称

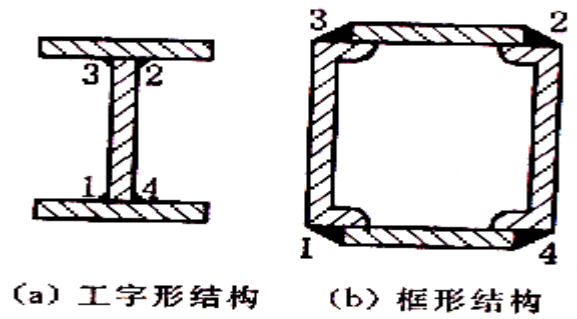


图 10-21 对称焊接方法

## (2) 反变形。



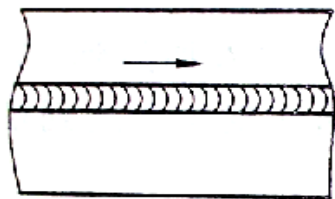
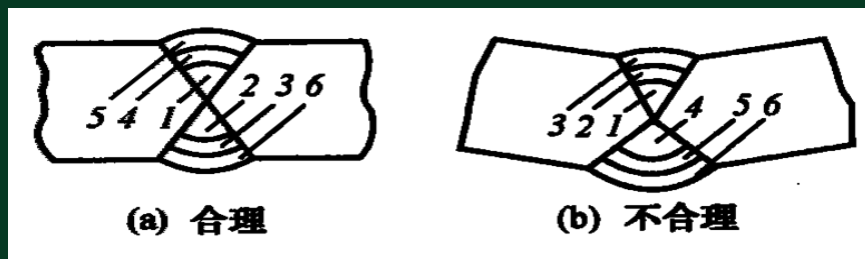
(a) 焊前反变形



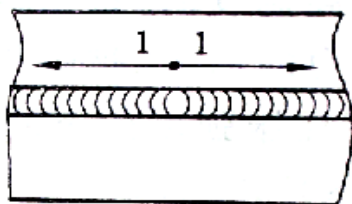
(b) 焊后

图 4-8 平板焊的反变形

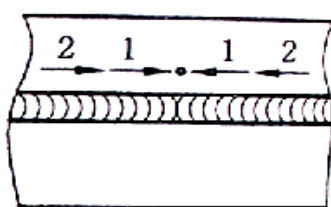
### (3) 小的线能量：多层多道焊； 分段倒退焊。



(a) 焊件变形最大



(b) 焊件变形较小



(c) 焊件变形最小

图 10-22 分段倒退焊方法在长焊缝中的应用

(4) 刚性固定。

(5) 焊前预热，焊中散热，锤击焊缝。

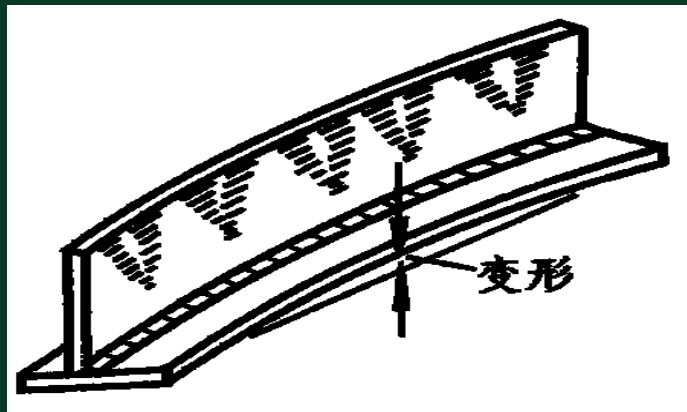
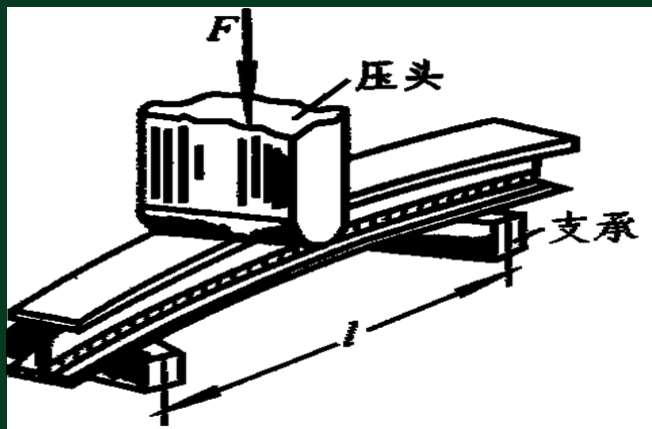


## (6) 机械矫正:

产生反向塑性变形，但加工硬化，  
适于塑性好的低碳钢，低合金钢。

## (7) 火焰矫正:

适于塑性好，无淬硬倾向的材料。





# 五、小结

- 1、应力和变形的产生原因
- 2、焊接变形和应力的危害
- 3、焊接应力的防止
- 4、焊接变形的形式和防止