

四、控制焊接变形

4.1 焊接变形产生的原因

1、加热对焊缝金属的物理性能的影响有哪些？

焊接加热对焊缝金属的物理性能有很大的影响，主要包括硬度（或弹性模量 E ）增加、屈服点降低以及伸长率增加等。低碳钢焊接时焊缝金属的物理性能变化如图 40 所示。

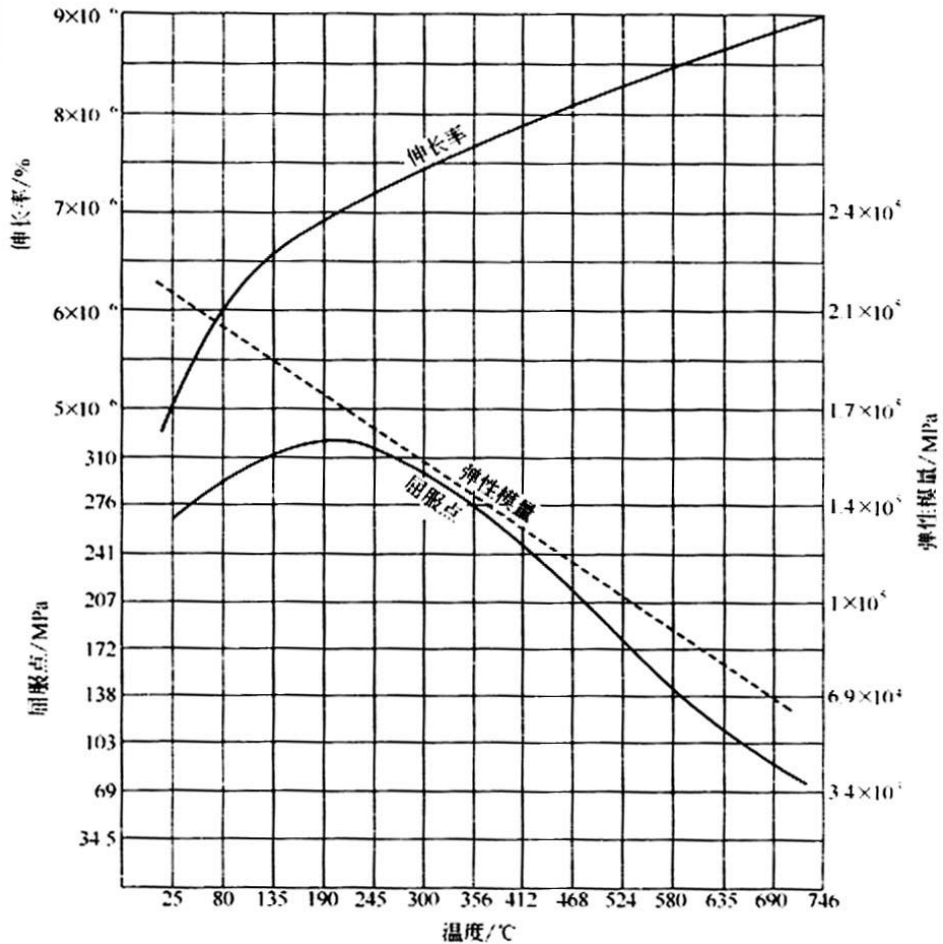
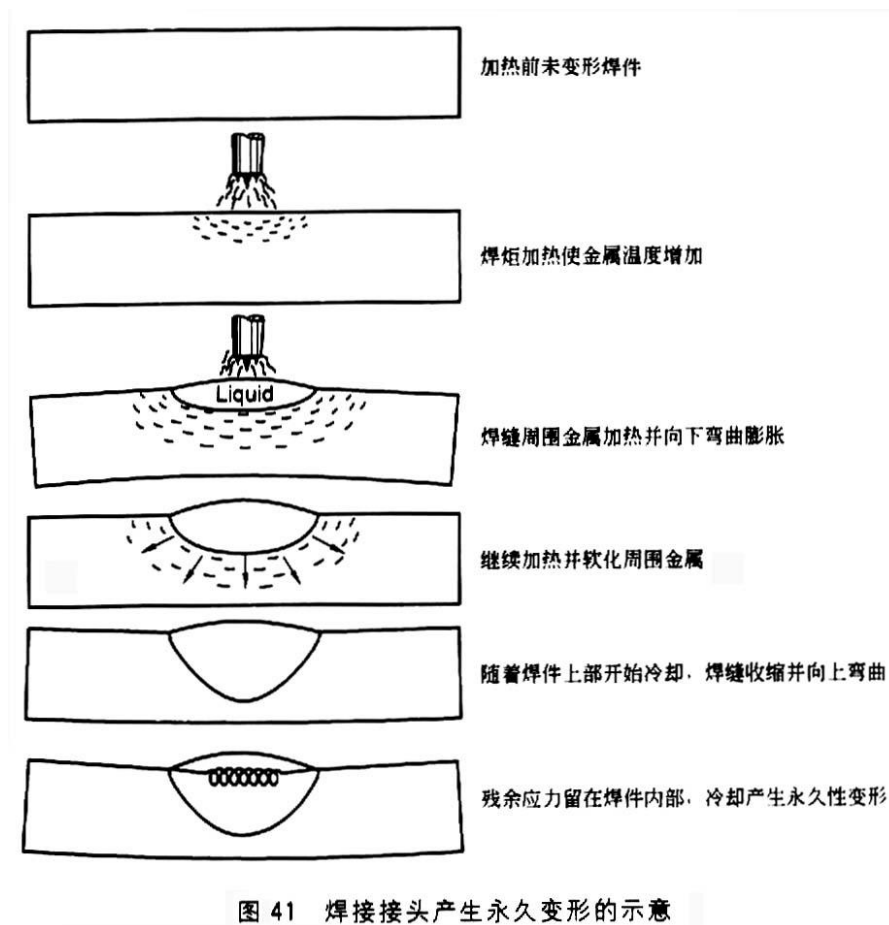


图 40 低碳钢焊接时焊缝金属的物理性能的变化

2、为什么焊接会引起变形？

在高温下沿着焊道方向焊缝金属逐渐增加，电弧附近的峰值温度可以达到几千摄氏度，这使靠近焊缝的较热金属比远离焊缝的较冷金属更加膨胀，但较冷金属会阻止来自于较热金属的膨胀力，使工件金属形成永久性变形。当工件冷却时，热收缩力将使焊缝金属收缩；此时某些收缩力会分布于变形的工件金属中，而在工件的刚性部分，这些收缩力不会分布开并残留在工件内部，形成内应力，如图 41 所示。



3、施焊在长形焊接件上的焊缝是如何产生变形的？

焊接时沿整个焊缝长度会产生收缩，如图 42 所示，收缩总是产生于焊缝金属和母材金属之间。

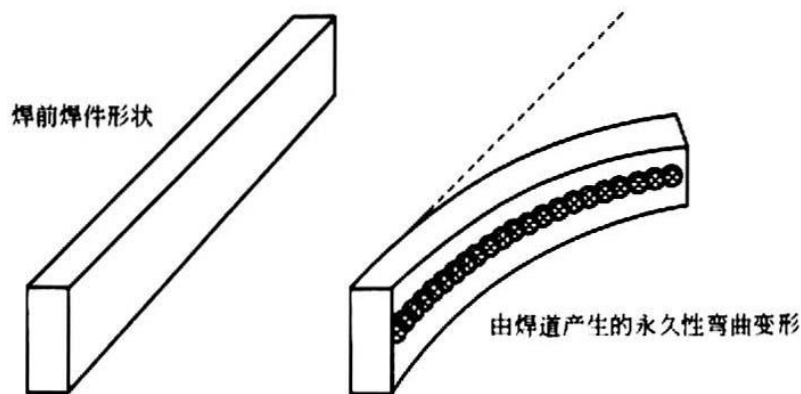


图 42 长形焊件施焊焊缝的变形示意

4、控制收缩和变形程度的因素有哪些？

- ① 外部夹具的拘束作用；
- ② 大型焊件的内部拘束；
- ③ 焊件自身的刚度；

- ④ 焊接热量输入和焊接速度；
- ⑤ 冷却速度。

这些因素的交互作用十分复杂,对于最简单焊缝的收缩和变形进行计算和预测也是很困难的,但可以采取一些措施、工艺步骤控制收缩和变形量。

5、在哪些部位会看到焊接收缩和变形的影响?

沿焊缝轴线部位易引起纵向收缩,沿垂直于焊缝轴线部位易引起横向收缩,如图 43(a)所示。在丁字形焊缝的十字交叉部位容易变形,如图 43(b)所示。这种变形主要是由焊缝熔敷金属和热影响区金属共同作用引起的。

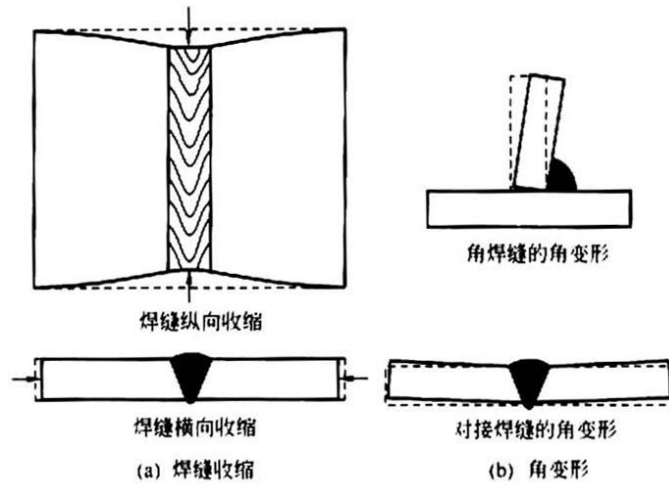


图 43 焊缝收缩和角变形示意

根据焊缝中心轴线的不同,给向收缩对工件的影响作用也不同,如图 44 所示。焊缝总是收缩,中性轴长度不变。所以中性轴总是弯向焊缝。

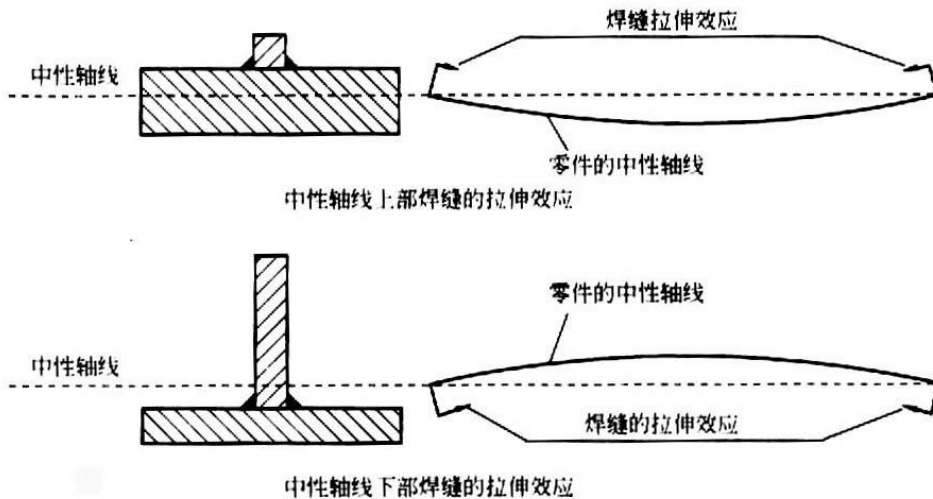


图 44 焊缝位置对收缩变形的影响

6、导致焊接变形的最直接的控制因素是什么?

主要是焊接熔敷过量,焊接熔敷过量是经常被忽视的引起变形的原因。由于缺乏对焊接过程的准确把握,设计者可能会制定较大的焊缝尺寸;当零部件送到工厂的车间时,车间技

术人员为了安全地进行焊接，将零件的尺寸进一步增加，最后焊接操作者为了确保得到牢固的焊缝，又进一步增加了焊缝的尺寸，结果是最初 **6mm** 的角焊缝最后被焊成 **12mm** 的角焊缝尺寸。

焊接操作者可能没有意识到焊缝金属与焊脚尺寸成平方关系，结果焊脚尺寸增加 **6mm** 使得焊缝熔敷金属成倍增加，同时还明显增加焊缝的收缩变形，也会增加 **4** 倍的焊接费用，因此过量熔敷的焊缝金属是不必要的。在图 **45(a)**中，焊接熔敷过量会增加焊缝的收缩力；在图 **45(b)**中，采用小尺寸焊缝会降低变形；在图 **45(c)**中，采用断续焊缝可以减小焊缝长度，并可以进一步减小焊缝收缩和变形。

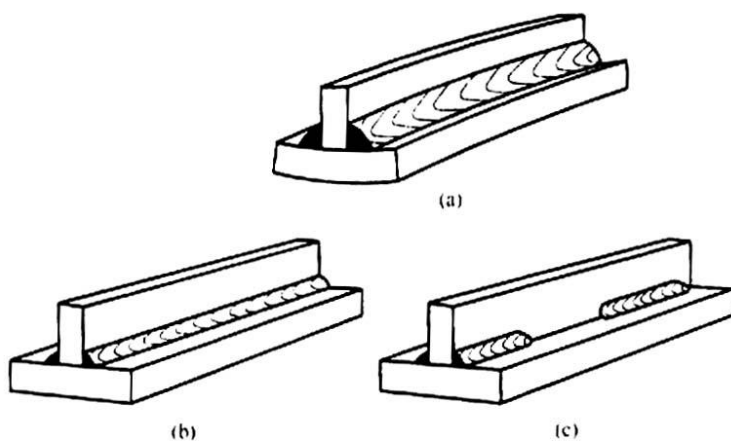


图 45 焊接熔敷过量对焊缝的影响

4.2 控制收缩和变形

1、明显减小焊缝变形的步骤有哪些？

减小焊缝变形的主要步骤如图 **46**~图 **48** 所示。

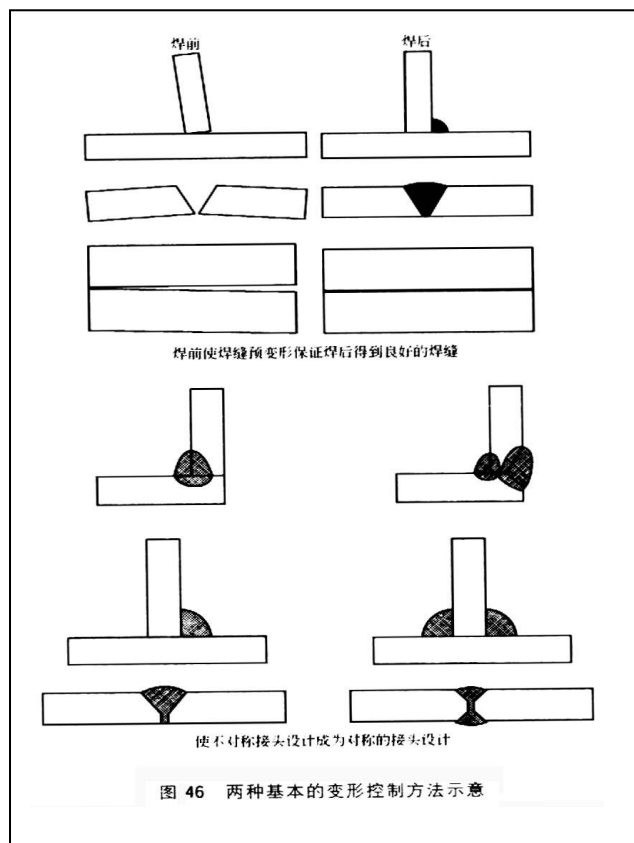


图 46 两种基本的变形控制方法示意

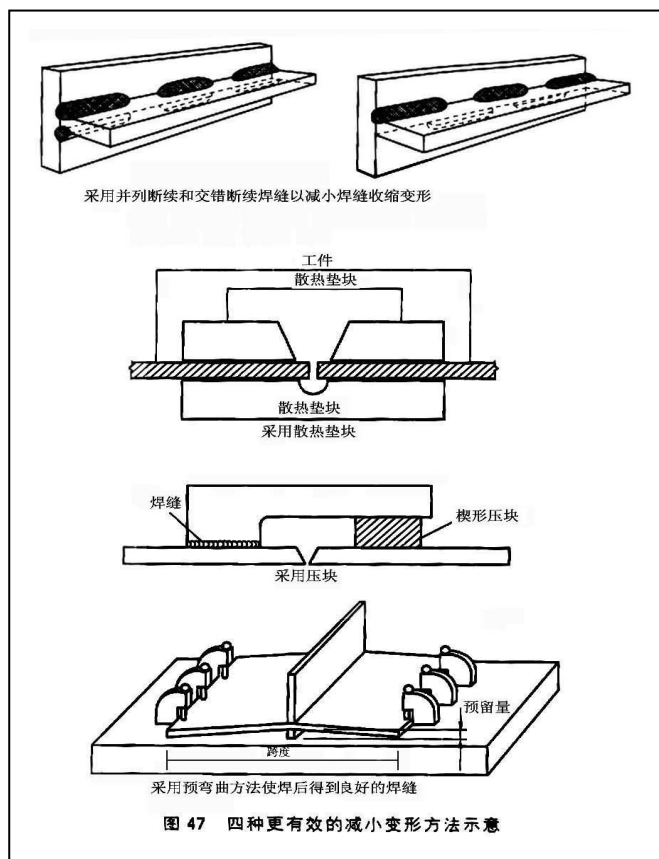
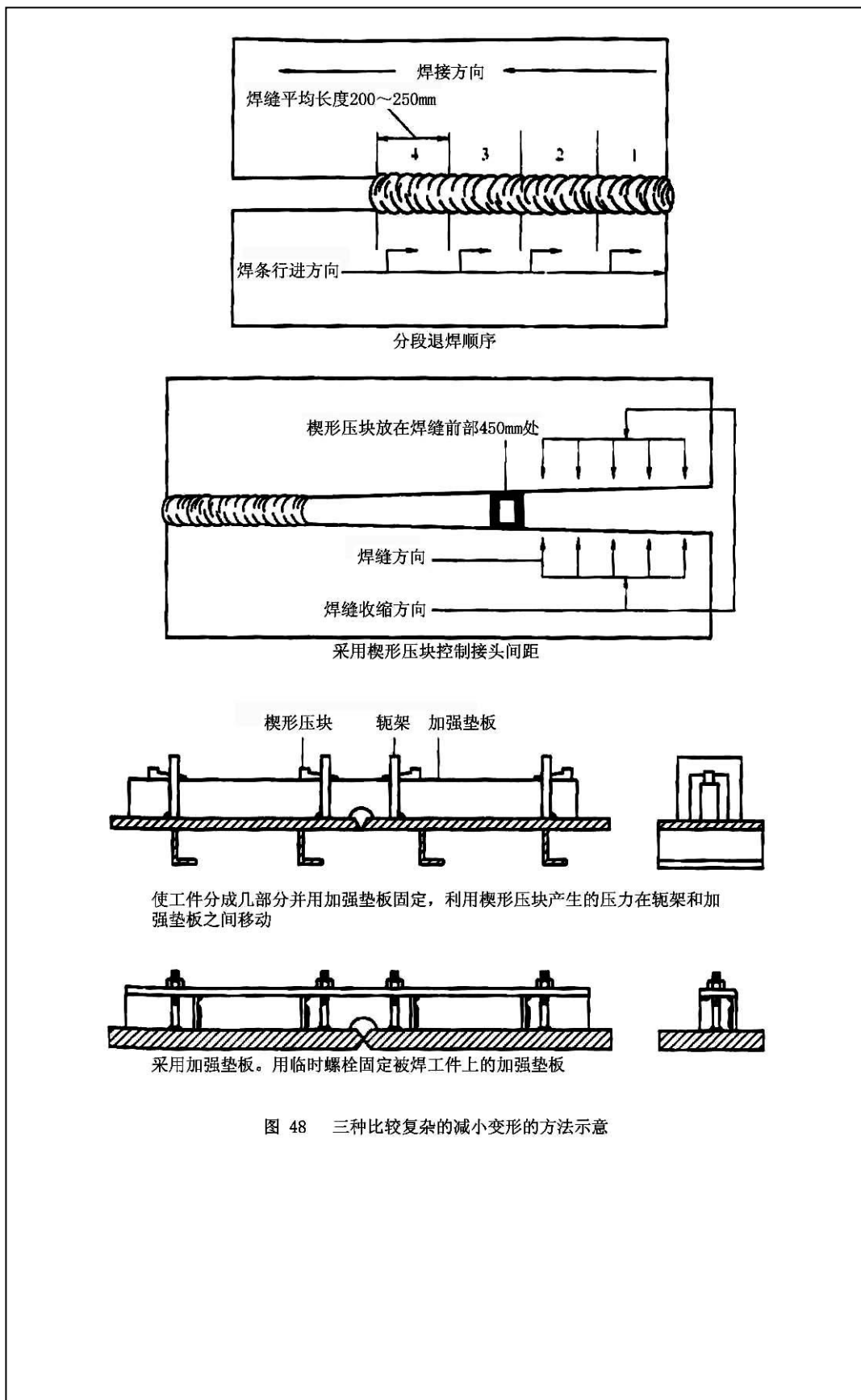


图 47 四种更有效的减小变形方法示意



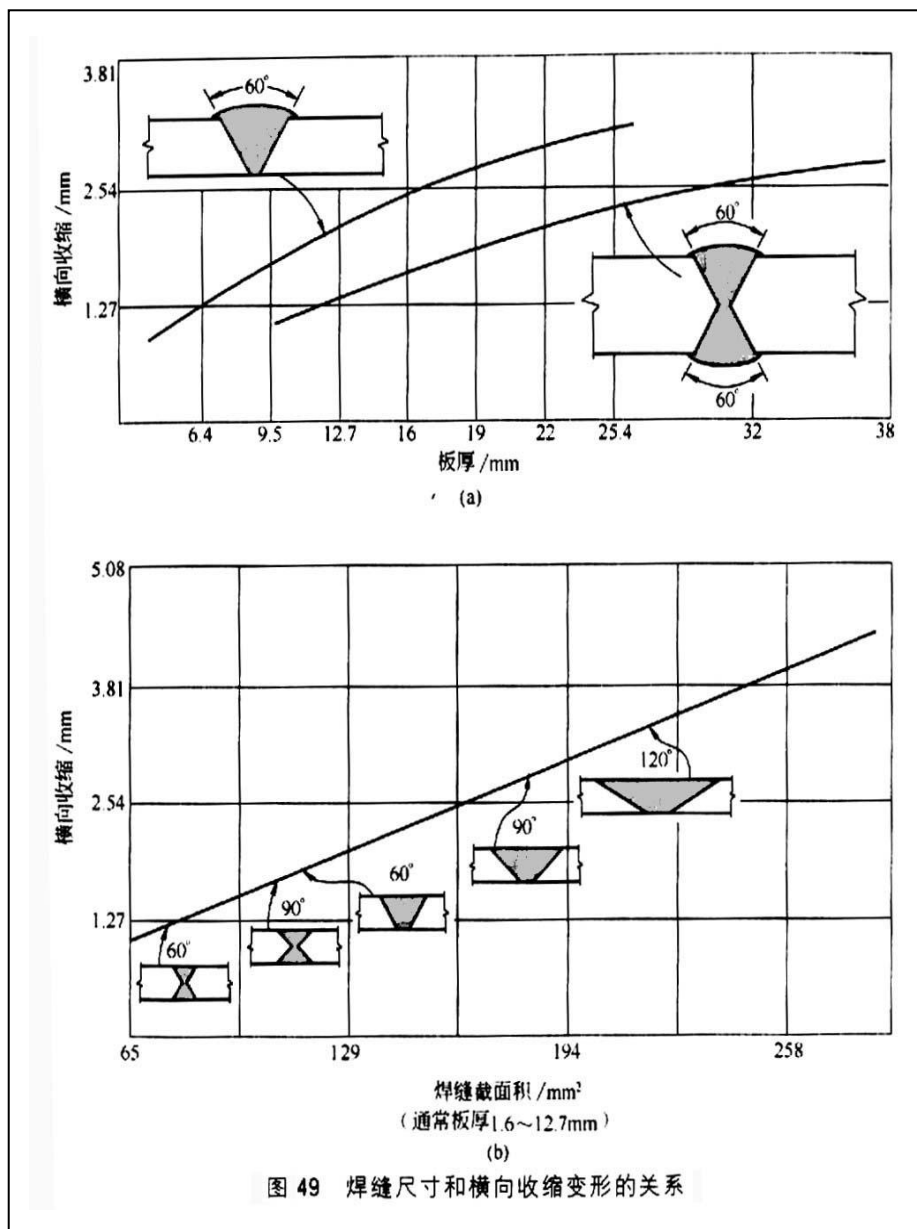


图 49 焊缝尺寸和横向收缩变形的关系

2、其他的控制附加应力和变形的的方法是什么？

- ① 可以采用在焊道每一侧进行多道对接焊缝以减小角变形；
- ② 对于复杂结构应调整结构的焊接位置及顺序，以平衡产生的收缩力，通常应采用对角焊缝结构；
- ③ 在较冷的环境中，采用焊前预热对于降低焊接冷却速度并获得良好的接头有一定的作用。但根据美国海军部门的研究表明，焊前预热并不能很有效地减小焊接变形；
- ④ 大型焊件焊后进行热处理主要是为了减少残余应力，并防止在机械加工的焊缝表面产生变形。对于一个具有较大残余应力的焊接结构，采用机械加工方法消除焊缝金属可能会导致产生更大的变形；

⑤ 火焰矫正法，见弯曲与校直。

实际应用中经常将两种或更多的控制应力和变形的的方法结合应用，以获得良好的应用效果。

4.3 横梁的横向和纵向收缩

1、焊缝尺寸和形状是如何影响焊缝的收缩变形的？

收缩变形的产生与焊缝金属的熔数量和形状有直接关系。如图 49(a)所示。同样尺寸的钢板，采用双面 V 形坡口所产生的收缩变形是采用单面 V 形坡口的一半。图 49(b)所示为常用板材厚度与焊缝面积的线性关系示意。

通过分析可以估算出焊缝的横向收缩变形量等于焊缝十字交叉部分平均宽度的 10%，即：横向收缩量 = 0.10 × 平均焊缝宽度。这表明减小焊缝尺寸并保证所要求的强度，可以满足控制收缩变形的要求。

2、当一个钢板被焊接成带卷边的工字梁结构时，可以预测工字梁中心的偏差吗？

可以。采用图 50 中的方程计算出的纵向焊缝收缩量与实测值基本一致，公式中面积 A、转动惯量 I、横梁结构的硬度值可以从有关数据表中获得，该方程也适用于 T 形梁结构和角焊缝结构。横梁结构还可以采用水压机进行机械弯曲力和用氧—乙炔火焰进行弯曲。

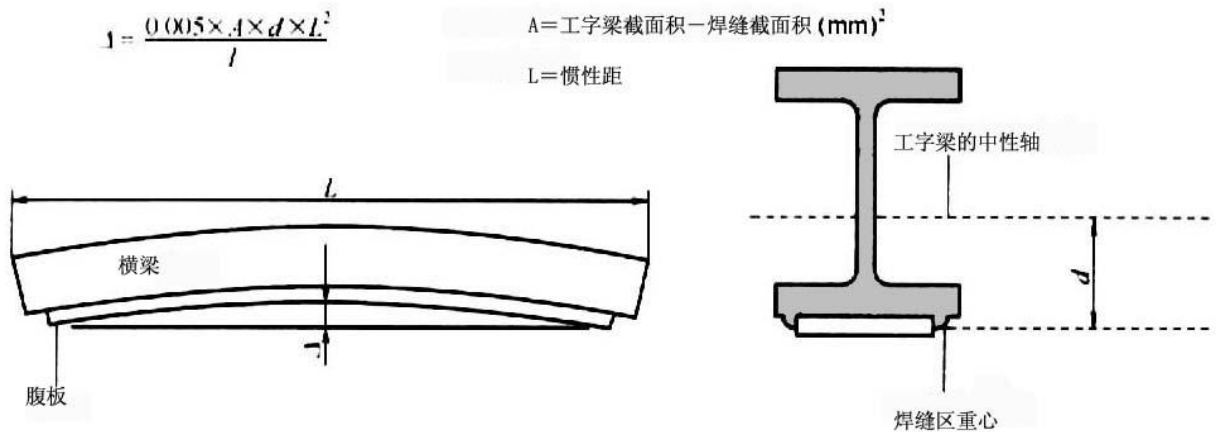


图 50 横梁结构的横向偏差计算示意

如果对法兰盘上底和下底进行焊接时，横向收缩力会产生平衡，使得焊缝几乎没有横向收缩偏差。

3、当在两个 C 形管道上焊接一个长的、薄的箱形件时，为了减小箱形件和管道的最终弯曲变形，应采取何种措施？

产生应防止第一道焊缝直接冷却直到第二道焊缝焊完，然后让两个焊缝同时冷却，以促进两个焊缝彼此平衡收缩变形力，来防止弯曲变形。

五、焊缝尺寸与强度

5.1 角焊缝的尺寸

1、如何测量角焊缝的尺寸，以便确定角焊缝是否符合图纸中的要求？

角焊缝的形状可以是凹形、凸形或平直的，焊脚可以相等或不等。但角焊缝的实际尺寸是通过测量焊缝中最大等腰直角三角形的焊脚长度而获得的，该等腰直角三角形是通过角焊缝横截面与母材表面成一直线的焊脚来表示的。没有适当的量具，很难测量出角焊缝的尺寸。角焊缝的测量方法如图 51 所示。

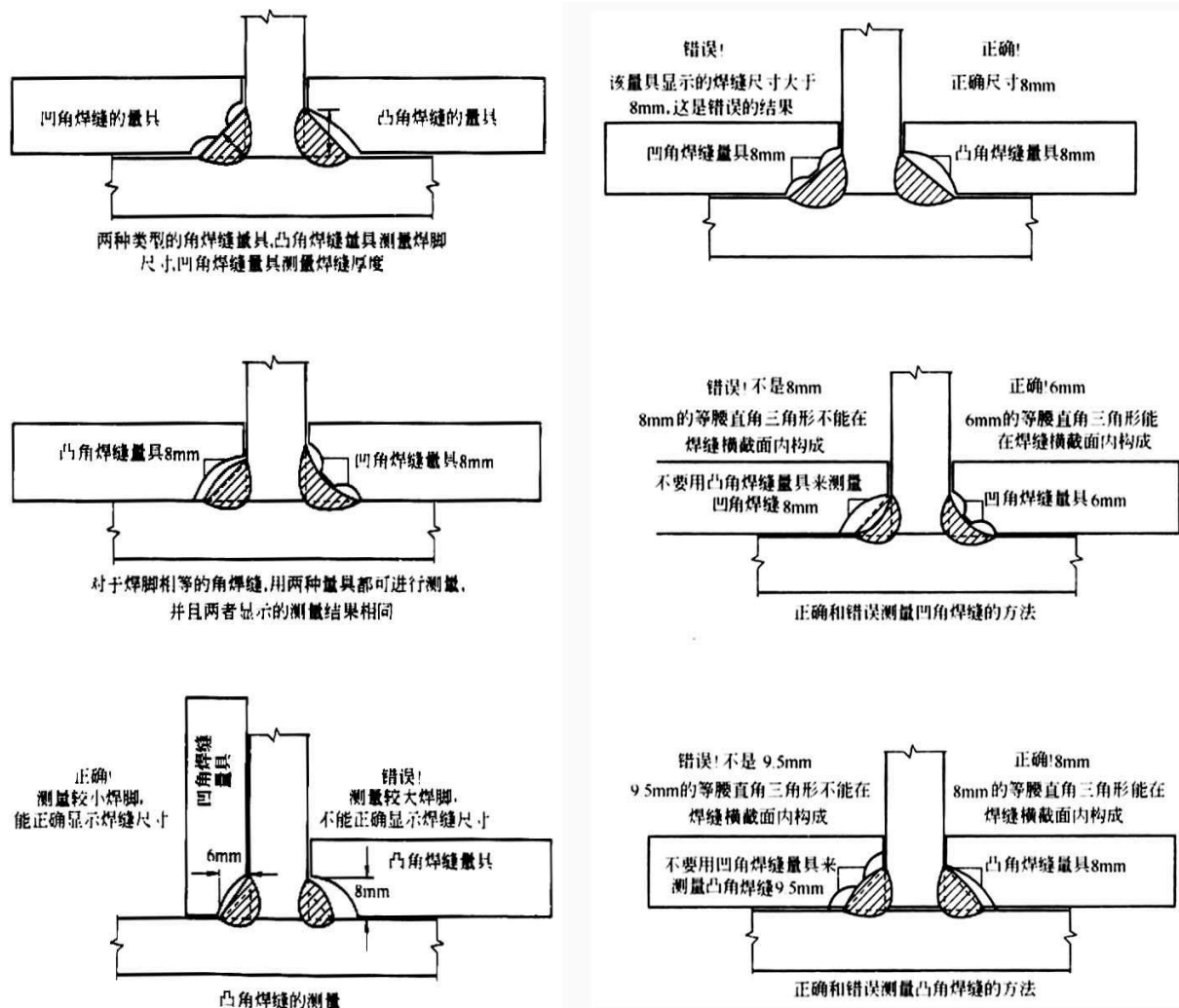


图 51 角焊缝的测量方法

2、为了增强整个金属板的综合强度，确定角焊缝尺寸的一般原则是什么？

假定角焊缝在金属板件的两侧，并且分布在整个金属板长度上，角焊缝的焊脚尺寸应当为金属板厚度的 **75%**；如果焊接两块不同厚度的金属板，则以较薄板的厚度作为参考依据，如图 52 所示。

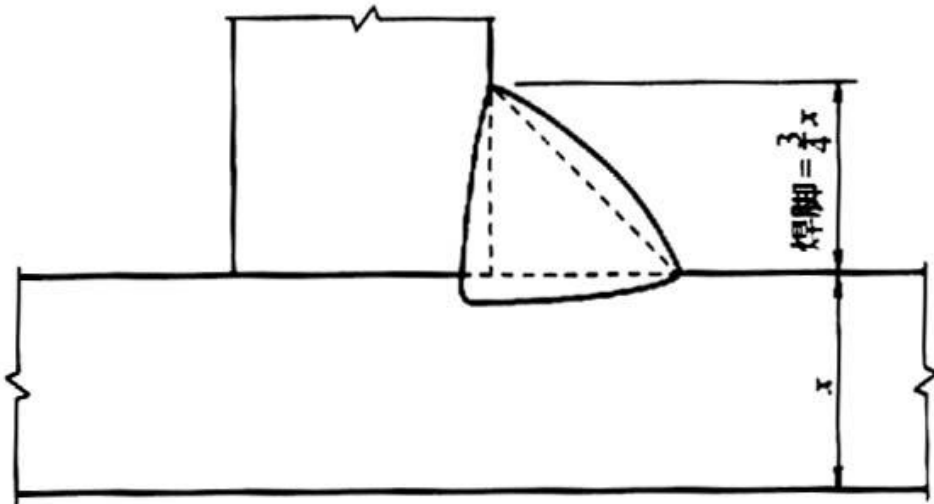


图 52 确定角焊缝尺寸的一般原则

3、还有哪些其他公认的测量焊缝尺寸的原则？

美国焊接学会（**AWS**）和美国钢结构学会（**AISC**）已把一些测量焊缝的原则运用到建筑和桥梁的焊接实践当中，有关最小有效焊缝长度的测量原则如图 53 所示。

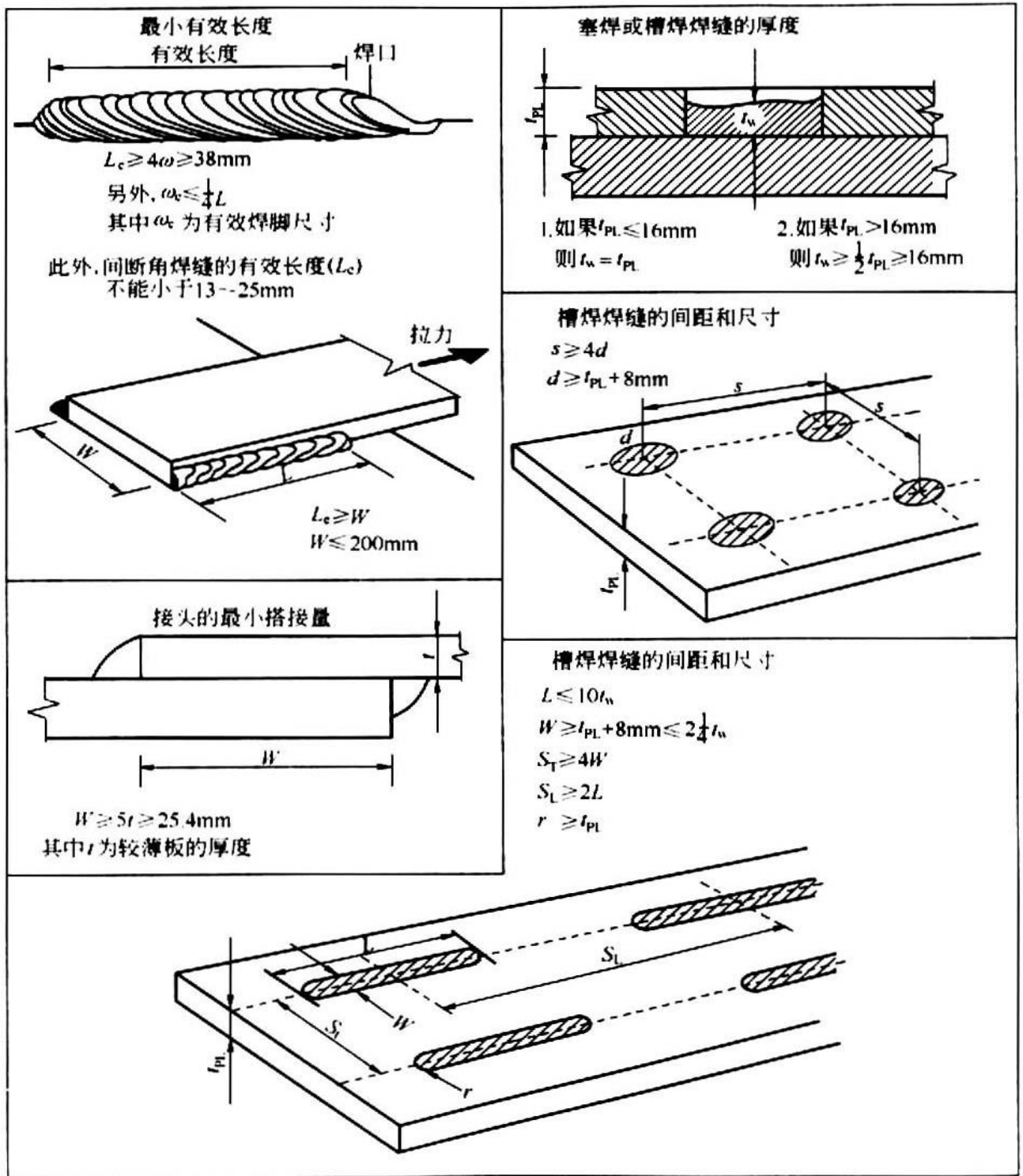


图 53 AWS/AISC 有关最小有效焊缝长度的测量原则

5.2 焊缝的强度

1、根据工业标准和代码进行焊接时, 钢板之间的典型结构焊缝能达到怎样的强度?

焊缝一般能保持较高的强度, 以至于超过了焊材代码和应用中所要求的强度。在很多情况下, 这种焊缝的强度不能通过焊材代码本身辨别出来。例如, 用普通焊条 **E60**××焊接

完成的焊缝强度比焊条标称的最小强度值高大约 **50%**。并且在焊接完成后，很多市售的 **E60**××焊缝的屈服强度比结构钢本身高 **75%**。

2、为什么典型焊态下的结构钢焊接接头的强度比母材金属的强度高？

有以下两个原因。

① 所用焊条中的金属心是优质钢，比母材的性能好。

② 在焊接过程中，熔化金属受到良好的保护作用。与电炉钢相比较，焊条药皮还具有净化剂和脱氧剂的作用，药皮中的其他合金成分能够促使形成均匀的晶体结构和良好软科学性能的焊缝。

3、焊接缺陷，可美国焊接学会 AWS 术语中的非连续，对焊缝的强度有何影响？

① 图 54 表明，对于焊接接头试样来说，焊缝上尽管有严重的咬边缺陷，但在静载荷的拉伸作用下，失效的是金属板，而不量焊缝。

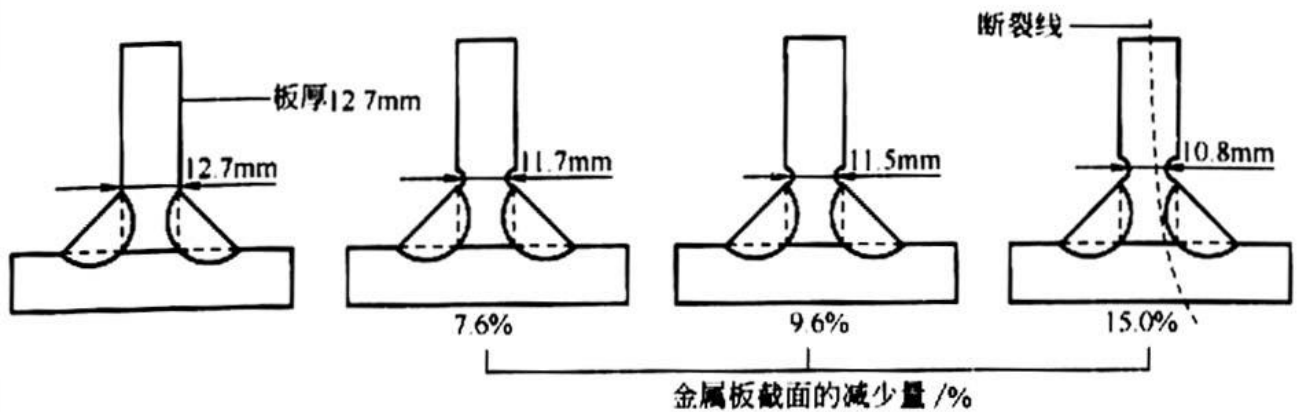


图 54 咬边对焊缝强度的影响

② 一个总的原则是，角焊缝尺寸应为被焊金属板厚度的 **75%**，以便增强整个金属板的强度。依据这种方法，在厚度 **12.5mm** 金属板上焊接尺寸为 **9.5mm** 的角焊缝的强度应比母材金属高，对于尺寸为 **8.7mm** 和 **8mm** 的角焊缝也是这样。当角焊缝尺寸减小到 **6.4mm** 时，焊缝金属在 **220kgf/mm** 压力（该压力值是美国焊接学会施用压力的 **5** 倍多）作用下才发生破断。尺寸不够大的角焊缝对焊缝强度的影响如图 55 所示。

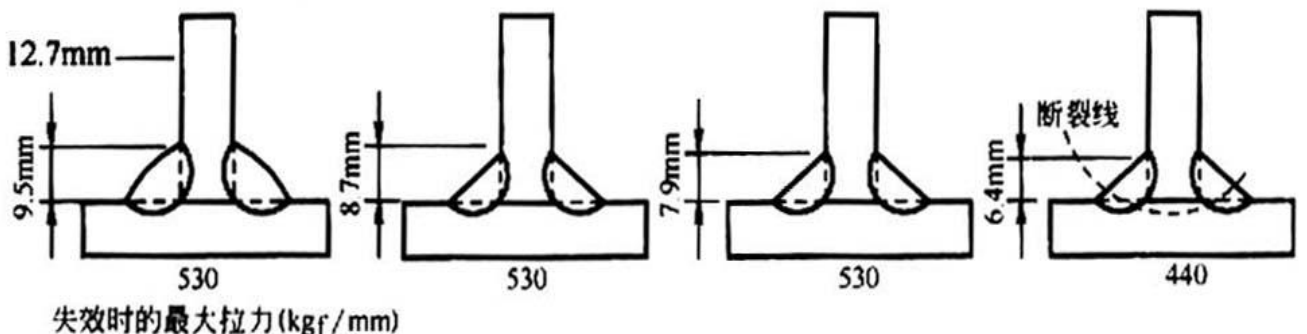


图 55 尺寸不够大的角焊缝对焊缝强度的影响

③ 图 56 给出了未焊透对焊缝强度的影响。进行拉伸试验之前，先将焊缝加工平整。当焊缝缩颈处减小到整个试样厚度的 **31%**时，整个焊缝才发生破断

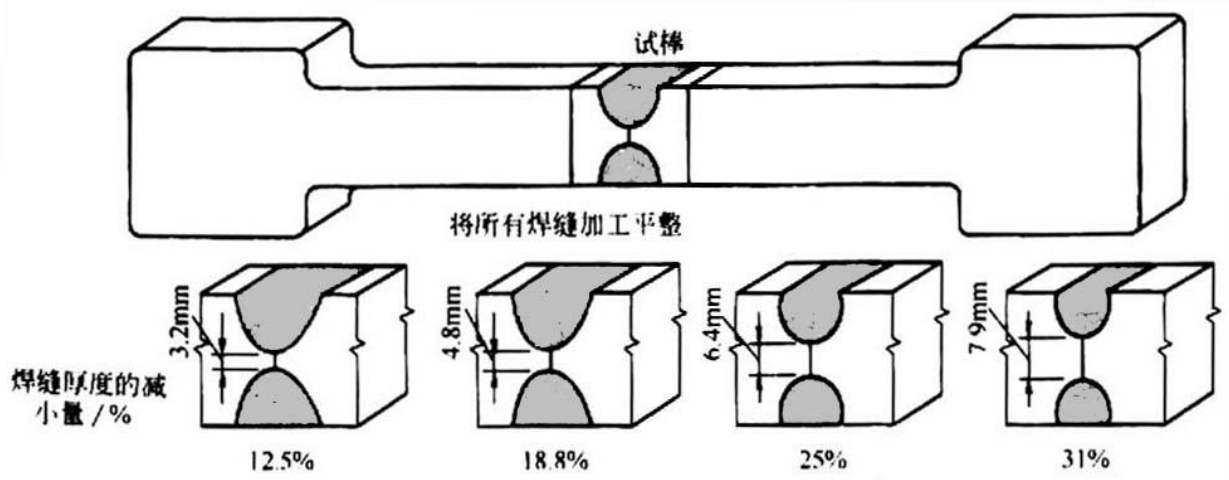


图 56 未焊透对焊缝强度的影响

4、焊缝中有多少气孔时会影响到焊缝金属的强度？

试验表明，当焊缝中的孔隙量大于整个焊缝的 **7%** 时，焊缝的塑性或抗拉强度、冲击强度将发生很大的变化。