

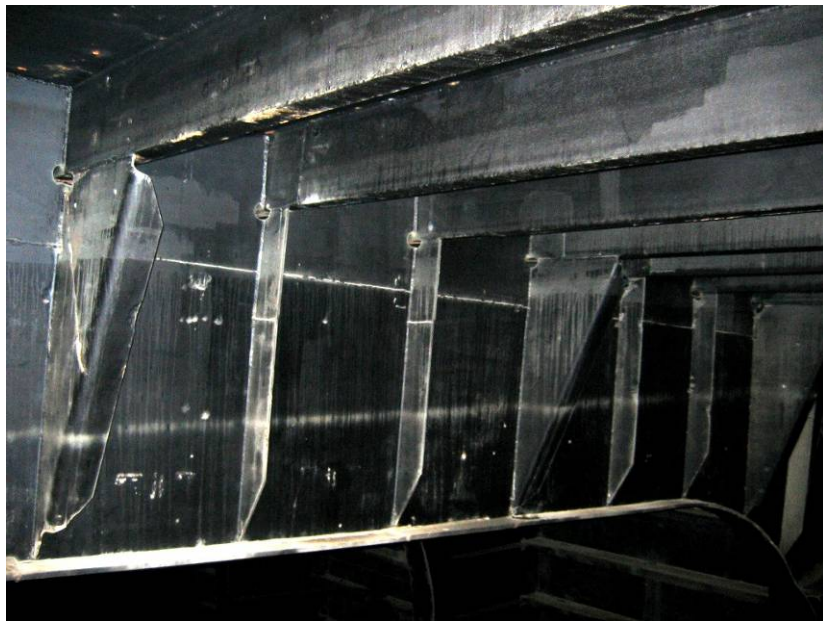
## 关于肘板的形式、受力与检验

肘板是船体结构上的常见构件。由于大多数肘板的个头不大，不少船厂对肘板的重视程度不够。平时我们在检验时发现的问题中，肘板的问题所占比例还是比较高的，包括了肘板本身的问题和肘板与相邻构件的焊接。因此，有必要加深对肘板的认识。下面就肘板的形式、作用和常见问题与大家进行一个探讨和交流。

### 一. 肘板分类：

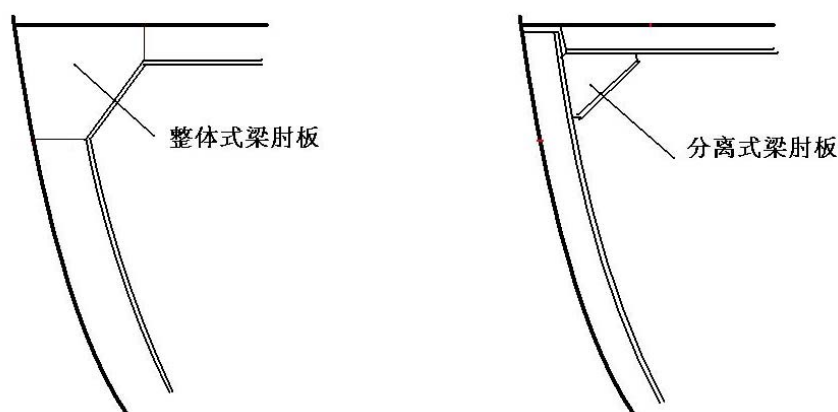
#### 1. 从受力和作用分类：

- 连接肘板：是将两个受力构件连接在一起。对于被连接的构件而言，肘板充当了一个支持和约束点的作用。这种肘板在船上最为常见，比如梁肘板、舳肘板等等。这类肘板受力很大，要求也最高。平时我们讲的肘板上不能开孔等等，最要是针对这类肘板而言的。
- 支持肘板：这种肘板是对某些构件起到支持作用。其受力要看被支持构件的情况而定，但多数情况下受力不如连接肘板大。这种肘板的常见例子有舷墙肘板，舱口围肘板（纵向舱口围延伸肘板除外）。
- 防倾肘板：这种肘板通常位于强弱构件的交汇处，这种肘板的受力比较小，主要是增加较大的构件的稳定性。其作用相当于大型构件上的加强筋，甚至可以认为是加强筋的一种变形。对较弱的构件也起到一定的加强作用，限制了弱构件的角位移。



#### 2. 从结构形式分类：

整体式肘板：整体式肘板通常是强构件的端部肘板，肘板的腹板和分别与面板与所连接构件的腹板和面板对接。这种肘板的好处是应力流比较顺畅，应力集中的程度比较低一些。通常用于强力构件的端部。强框架的肘板通常采用这种形式。



分离式肘板：肘板与相邻构件并非一个整体，肘板的腹板通常跟其他构件的面板连接，而肘板的面板通常都是独立的，端部削斜。

## 二．肘板的面板（包括折边形式）：

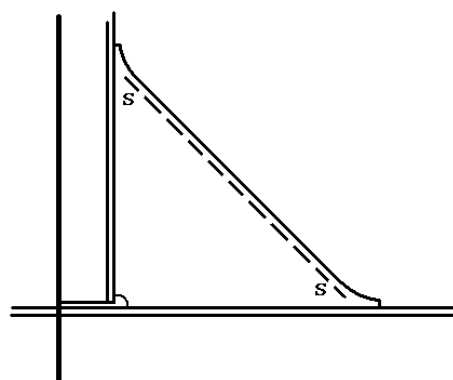
对于受力不大的小型肘板往往仅是一块平板，自由边没有面板或折边。这种肘板的受力不如有面板的肘板合理。所以规范规定：**主要构件端部肘板应设有折边或面板**。这是保证了肘板能够传递较大的负荷。除了受力的因素，规范还规定：**对于次要构件端部的肘板，其自由边长大于板厚的 40 倍时，肘板应有折边或面板**。这是考虑自由边太长时必须保证其稳定性。

折边和 T 形面板的差异：

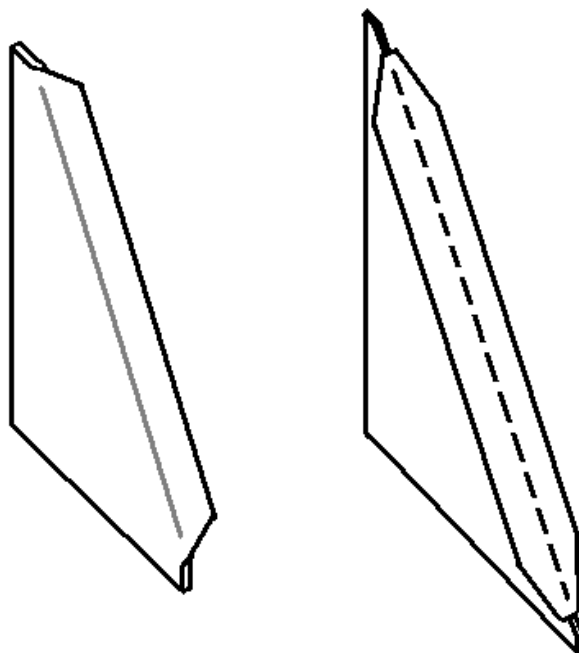
肘板的面板通常有折边和 T 形两种。从受力的角度看，T 形面板形式一般优于折边。这是因为 T 形面板使得肘板的截面成为对称形状。根据力学原理，当不对称截面的构件在受弯时，会产生一个附加的扭矩，使得构件产生扭转变形。严重时会导致失稳。

具有软趾形式的肘板，为了便于施工，也有在靠近肘板自由边的部位设置加强筋形式的面板的做法。其效果类似于折边，但是由于面板并非位于受力最大的自由边，其强度和受力的合理性不如加装面板。

为了避免应力集中，同时便于施工，在面板与构件非焊接的时候，都应该削斜处理。在一些不规范的小船厂，这个问题比较普遍。



对于一些受力较大的支持肘板（比如集装箱船和木材运输船的舱口围肘板），其下端与其他构件之间的夹角较大，可以考虑将面板与相邻的构件面板或甲板焊接，这时面板下端应考虑适当放大。



面板端部削斜处理



面板与甲板焊接的典型节点

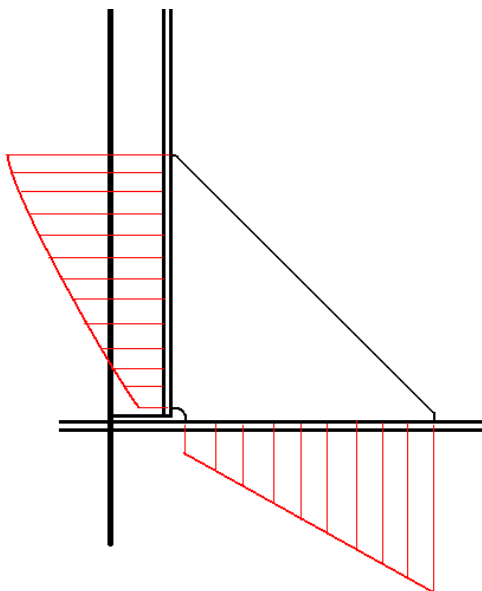
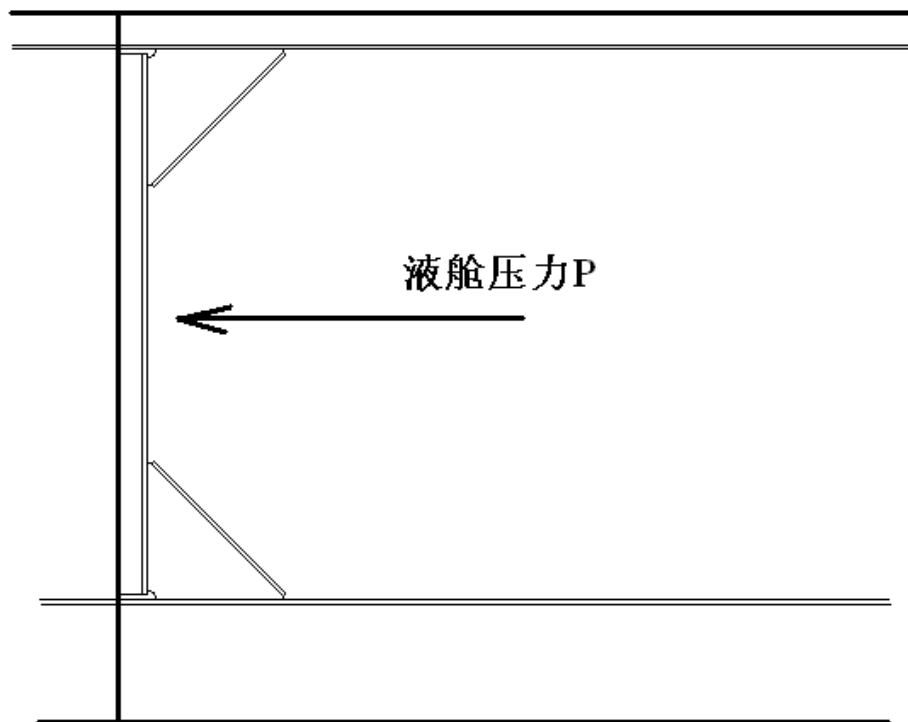
当肘板尺度很大时（比如油轮货油舱内的强框架肘板），除了要设置面板，还要在腹板上设置若干加强筋，以保证肘板的稳定性。

### 三．连接肘板的受力模式和趾端形式：

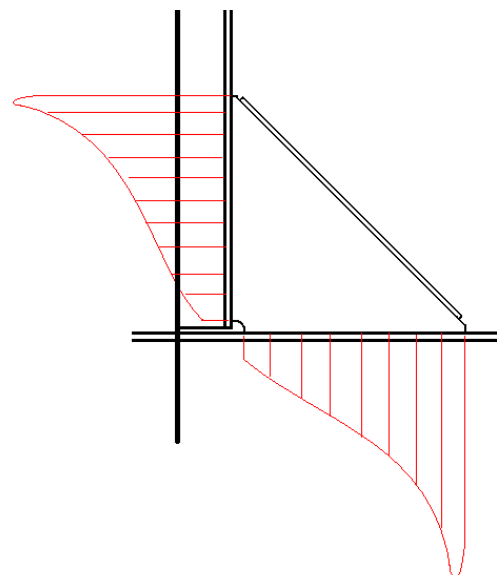
连接肘板通常是受力较大的肘板，当强弱构件连接时，它起到支持较弱构件的作

用。

由于肘板连接的是两个不同方向的构件，决定了肘板的受力在大多数情况下都有弯矩的存在。在这种情况下，肘板受到的载荷主要有两种。一种以液舱中的肘板为代表，肘板的受力分布如下图：



肘板无面板时的受力分布示意图

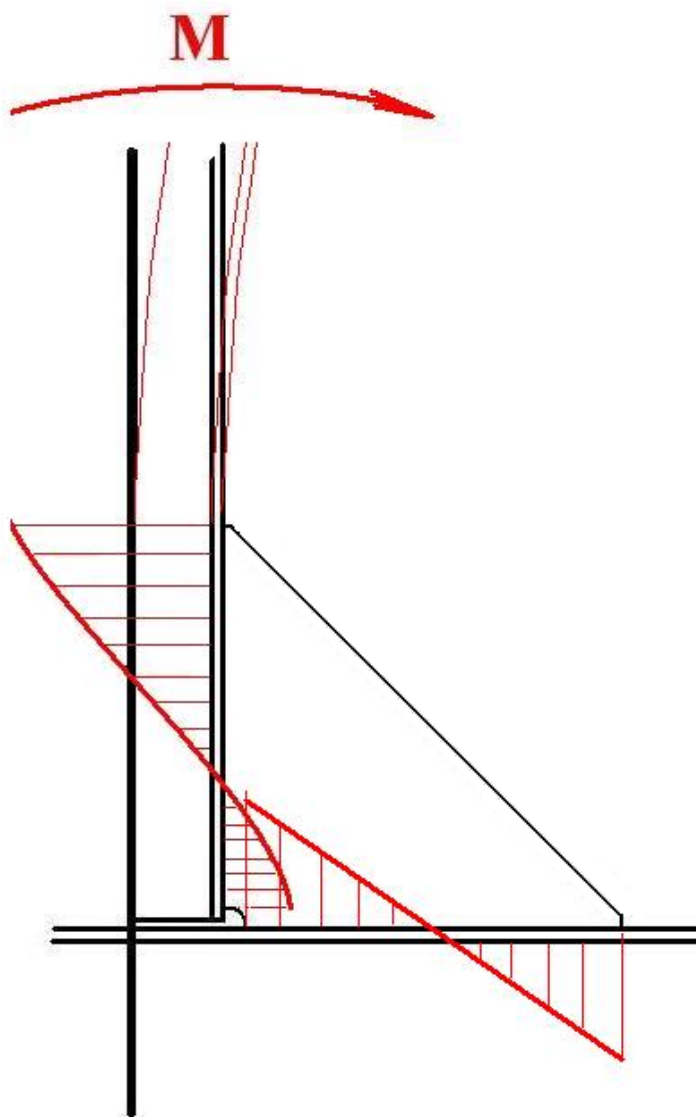


肘板有肘板时的受力分布示意图

值得注意的是，由于肘板面板的存在，使得肘板自由边的刚性大为增加，肘板的受力更加趋向趾端分布，应力集中的情况更为突出。

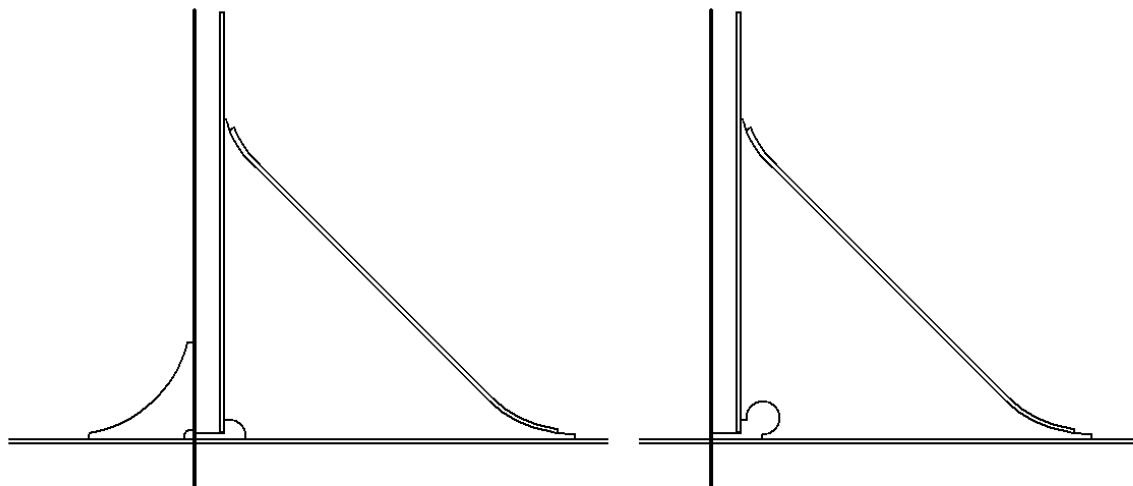
这是一个无法回避的问题，肘板面板使得肘板本身的强度和稳定性大为增加，但却使得趾端的应力集中程度也相应增加。解决这一问题的方法是采用软趾形式的肘板。

另一种情况是肘板单纯受弯，这时肘板的趾端和跟部都存在应力集中现象：



如果肘板带有面板，其趾端的应力集中现象更为突出。

在受力较大的情况下，肘板跟部的力集中也很有可能会导致肘板跟部的开裂。通常避免这种情况的方法有两种，一种是在肘板的另一面设置一个小肘板，使得应力不在跟部集中；另一种是采用软跟方式。比较起来，在另一面设置小肘板的方式效果最好，但是成本费用较大，而且占用空间较大。所以设计和施工单位都倾向于第二种方式：

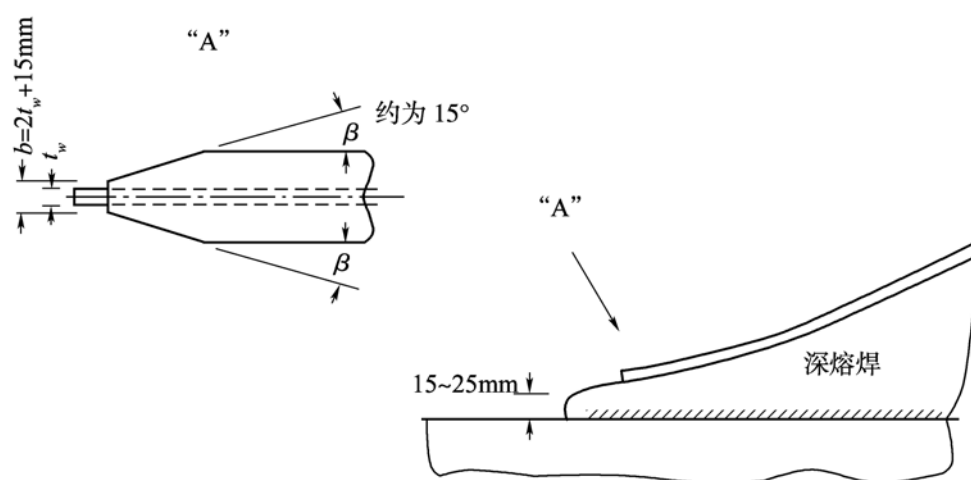


背面加设小肘板

软跟形式

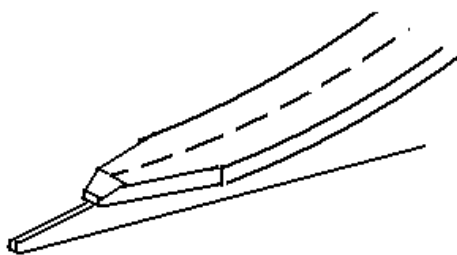
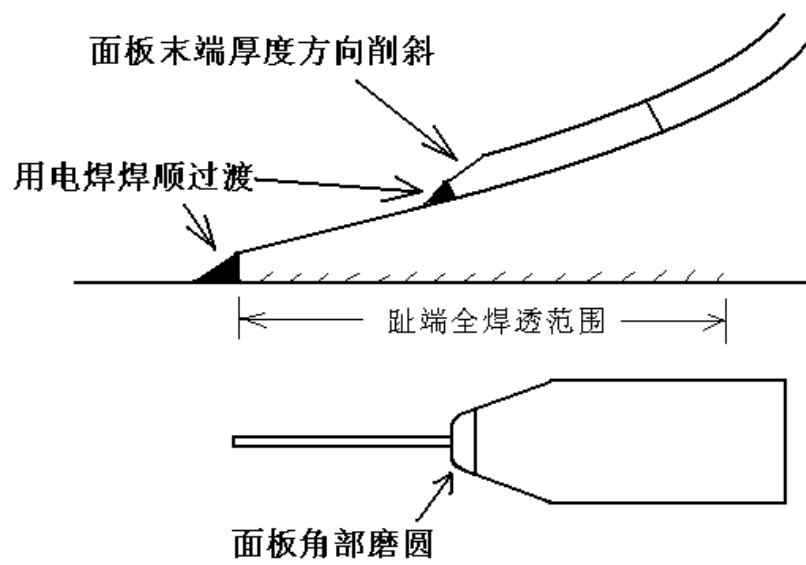
防止跟部应力集中的措施

软趾的端部形式：在 CCS 钢规第二分册 1.2.7.6 中，建议大型肘板采用下图的趾端形式：



规范建议的肘板端部形式

请注意，上述形式是综合考虑了降低应力集中水平和施工的工艺性提出的，是规范的建议。对于一些受力比较特殊的情况，规范推荐的形式不一定是最佳形式。其实只要是使得应力流更为顺畅，降低应力集中的样式都是可以采用的。在一些受力更大，疲劳强度要求更高的地方，通常还会采用一些更为合理的结构形式。下面几种都可以参考应用：



在上述例子中，为了使得应力流更顺畅，面板都在厚度方向进行了削斜处理。

#### 四. 肘板的检验要点

连接肘板往往是整个框架内受力最大的部分，也是出现应力集中的常见部位。船舶结构的损坏案例中，肘板出现问题的概率是很高的。所以在进行船舶检验时验船师应该对肘板给予高度的关注。

从上述肘板受力分析上看，肘板趾端和跟部的受力最大，所以当肘板与其它构件相连时，这些部位的焊接质量应该得到充分保证，检验是也应着重检查。

肘板的面板与腹板之间的焊接，也应充分注意到面板端部的焊接质量。通常肘板的制作是由内场进行的。由于内场的施工条件较好，相对而言技术要求也较低，所以在船厂的质量管理中，内场往往是不太受重视的部分。验船师的巡检也大多集中在分段制作和船台合拢工位，对内场的控制力度也较为薄弱一些。所以在分段检查时，应该对肘板的面板与腹板的拼装焊接质量进行核查，重点在端部的焊接与包角焊质量。

另外，对于受力较大的肘板，端部的打磨也是至关重要的。打磨不但能够有效降低应力集中，对提高疲劳强度的意义十分重大。

同理，肘板跟部过焊孔的打磨也十分重要。但是检验实际中往往发现施工人员对跟部过焊孔的打磨与包脚焊的重视程度较低，出现缺陷的可能性较大。

折边肘板的开裂也是较为常见的缺陷，尤其在折边的端部，开裂现象更为常见。验船师也应注意检查。防止折边裂纹的方法在入级园地中已有专门的文章介绍，这里就不在重复了。

总体而言，肘板在船体结构系统中的作用非常重要，而且受力往往是很大的。多数情况下船厂船东对肘板的认识还是不够的。我们的验船师应该给予足够的重视，在检验实践中多关注、多思考。以保证检验质量和 CCS 船舶的安全。