



船体结构硬点的初步分析

· 王广戈 ·

提 要 文章引用资料指出,船体疲劳损伤往往从硬点开始,然后波及全船结构。本文从硬点的类型、产生硬点的部位、硬点的消除方法等三个方面作了初步分析,提出了几点意见。

主题词 船体结构 刚性结构 应力分布 分析

1 问题的提出

船体结构是保证船体强度的基本要素,其结构尺寸,目前一般是根据船级社规范和结构分析的方法来确定的。在船体结构上,由于某种原因,如材料的缺陷、两构件交叉点、焊缝的不连续性或构件的不连续性而形成的结构上应力峰值较高的区域,我们称其为“刚性节点”。由于刚性节点的存在,容易造成船体结构在外力作用下的疲劳损坏。通常,我们将船体构件上的局部刚性节点产生的应力集中现象称为“硬点”。

对上述这类局部硬点的处理,在船级社规范中一般都有明确的规定和叙述。但实际上,在结构设计时,国内有些单位往往视其为无足轻重,或者绘制施工图时将此遗漏。船体结构硬点问题的提出,是在 60 年代中期,近几年来,随着我国出口船贸易量的大增,以及和国际间贸易技术交流的日益频繁,船舶结构局部硬点问题和其他国家的差异,所造成的矛盾越来越尖锐。据统计,硬点问题返工工时在增加的 20 万返工工时中约占 1/3。实际上,船舶营运中往往也是硬点问题最容易引起船体损伤。因此,船体结构

中局部硬点问题有研究的必要。

2 硬点的类型

硬点产生于船体结构的局部应力突变的部位,它是一种不合理的节点,但也不可能避免。若建造时硬点问题处理不好,船舶在营运过程中,往往由于外载荷的作用,硬点处首先产生微裂缝,而后引发事故。为研究硬点,寻求其产生的原因,我们将其分成如下类型。

(1) 由于造船材料的缺陷,如材质不良,有夹渣、气孔(空穴)、微裂纹等的存在,而在建造过程中产生的硬点称之为“先天性硬点”。

(2) 在设计时,由于不慎,或因缺乏经验,而在施工设计或建造时,使结构形成不连续性而产生的硬点,我们称之为“偶然性硬点”。

如图 1 所示结构,观察后发现,其中节点有属于偶然性硬点的现象。硬点部位如下:

① 货舱装载集装箱,而在 No. 1 货舱口角隅下无支柱支撑,所以在 F163 肋位设置了 $\perp \frac{18 \times 1150}{30 \times 500}$ 的五根悬臂梁,作为支承甲板载荷之用,且设置了 $L \frac{18 \times 500}{60}$ 防倾肘板两块。在此区域内,肋距为 700 mm,而防倾肘板宽度为 500 mm,与主肋骨间有 200 mm 的跨距,因此在外板上形成了硬点(见图 1a)。

② 散装货舱内设置在外板上的 $L \frac{18 \times 200}{60}$ 舷侧纵桁腹板与水平线(平台板)下倾 30° ,在 F190 舱壁处,肘板端点落在两扶强材之间,使结构件不连续,舱壁上出现了硬点(见图 1b)。

③在上甲板、下甲板、上层建筑的平台中,都会由于设计的不合理,使板的局部区域产生高应力区域,或者产生凹陷现象,形成硬点。

(3)在建造时,由于加工、装配过程中的撞击(预先反变形不包括在内),如“装配马脚”的

装拆,装配过程中的偏斜,焊接过程中的未焊透,以及焊接收缩热应力的存在、不可避免的结构不连续性等,使构件产生高应力区形成硬点,我们称之为“系统性硬点”。

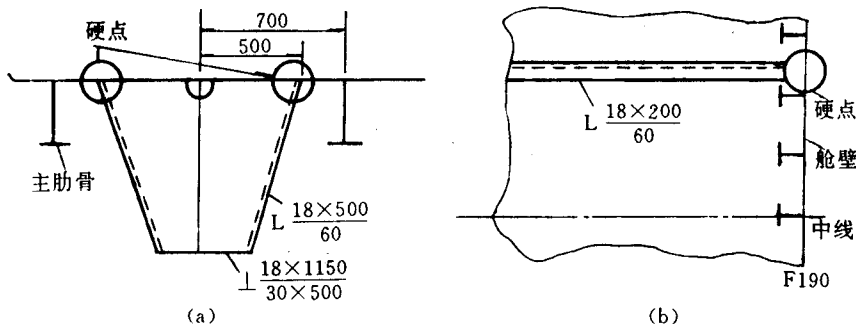


图1 某万吨级船结构节点示例

上述三类硬点中,前两种可以事先设法消除,如加强对原材料的检验,研制或选择好的均质的造船材料;船体结构设计时,在正确估算外力的同时,对由于外力作用而产生的各种可能性破坏进行充分考虑,使结构偏重于安全,就能避免可能产生的先天性硬点和偶然性硬点对船体的破坏。

系统性硬点在建造过程中一般是不可避免的。为此,我们将对第三种硬点产生的实质和消除的方法,作一简要分析。

3 硬点产生的部位

船体是对外力的载荷分担率不同的各种结构件组成的高次静不定的焊接结构。由于各种构件形状的不同,造成结构的不连续性是必然的。所以,应力集中现象可到处存在,这种应力集中现象多数发生在结构硬点处。经验表明,大部分疲劳裂纹发生在载荷分担率高的有一次应力集中现象的结构中,如焊接接头处、开孔边缘处,以及局部应力集中(有二次应力集中现象)的部位。因此可以说,船体中存在着大量可以进行疲劳分析的部位。由载荷分担率、外力频度分

布及应力集中而引起的易发生疲劳裂纹的部位(结构构件)也存在着一一定的规律。

由此看来,研究硬点就是研究硬点处的应力集中程度。若消除应力集中,则船体因硬点存在而损坏的几率就会减小。

4 硬点的消除

船体结构上诸如开孔、连续构件中断、角接等这些区域,会形成应力集中,亦即产生硬点。应力集中通常用理论应力集中系数 K 表示。

K 值取决于外载荷性质和零件的几何物理特性。几何物理特性主要包括零件的材料和形状,以及产生应力集中而削弱零件强度的孔口尺寸和形状等。

消除应力集中,通常采取以下几种方法。

(1)尽量采用匀质单一外载荷。当载荷为集中载荷时,装载中应设法不要造成船体结构成为纯弯、纯剪等受力状态,而以均布载荷为宜。

(2)选择质量较好的材料。

(3)改善结构形状。如肋骨与横梁交叉点(见图2)。据试验表明,肘板设置对减小应力集中有很大效果,无肋板应力集中系数 K 值比有

肘板的大 2.8~3.5 倍。

如纵骨在肋板处中断,在中断一侧设置延伸肘板;在集中载荷处增加纵横构架,或者在开

孔边缘采用加厚板形式。

(4)对于装配、焊接中引起的硬点,采取装后矫正及焊后处理的方法可以逐步消除。

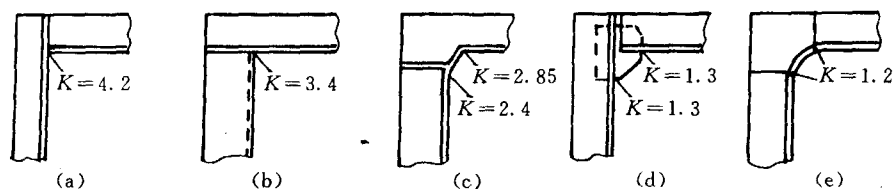


图2 舷顶角处的应力集中程度

凡此种均能减少应力集中程度,减小船舶营运中硬点对船体的危害。

5 结束语

硬点可分为先天性硬点、偶然性硬点和系统性硬点三类。前两种可以采取适当的措施,如选择优质材料、精心设计等予以克服,或使硬点影响减少到最低程度;后一种硬点的存在是不可避免的。因此,我们主要研究系统性硬点。

硬点的实质就是应力集中。研究硬点就是

研究硬点处的应力集中程度。为此,首先要确认应力集中源,测量或计算其应力集中系数,然后采取措施减缓应力集中程度,以使在外载荷作用下,构件不至于损坏。

6 参考文献

- 1 王广戈,姜以威. 梁肘板节点的应力集中研究. 镇江船院学报,1990,4(3):47
- 2 张少名,张彦,张英,等. 实用应力集中手册. 西安:陕西科技出版社,1984. 290~292

〔上接第25页〕

(2)若满足(8-2)式,则推荐选用左旋螺旋桨,正车航行时螺旋桨应按逆时针方向旋转。也可选用右旋螺旋桨,正车航行时螺旋桨应按顺时针方向旋转。

(3)若满足(8-3)式,则只允许选用右旋螺旋桨,正车航行时螺旋桨应按顺时针方向旋转。

(4)若满足(8-4)式,则只允许选用左旋螺旋桨,正车航行时螺旋桨应按逆时针方向旋转。

9 大相对功率单桨船舶螺旋桨转向设计步骤

(1)在设计阶段,运用计算机技术预先绘制出如图3所示大相对功率单桨船舶满载航行过程中各种可能出现的船舶重心横向位置曲线。

(2)按(6)式及(7)式分别计算出由右旋螺

旋桨和左旋螺旋桨阻力转矩所导致船舶重心横向迁移量的相当距离 d_R 和 d_L 。

(3)利用图3所示船舶横向重心位置曲线以及船舶重心横向迁移相当距离 d_R 和 d_L 绘制出图4所示包含螺旋桨阻力转矩作用在内的船舶重心横向位置相当曲线。

(4)分别从图4所示具有右旋螺旋桨以及具有左旋螺旋桨的船舶重心横向位置相当曲线中找出纵坐标绝对值最大的量 $|Y_R|_{\max}$ 及 $|Y_L|_{\max}$ 。

(5)根据总体设计要求、现有资料及船舶设计规范等,确定船舶满载正常安全航行条件下允许船舶重心偏离纵向对称平面的最大距离 $[A]$ 以及安全系数 S 。

(6)将 $|Y_R|_{\max}$ 、 $|Y_L|_{\max}$ 、 $[A]$ 及 S 代入(8)式进行比较,并按第8节所列设计原则为大相对