

# Armada 海上油气平台膳宿舱模组

Armada 平台由 BG 集团运营，在距阿伯丁以东 250 公里的北海中部的三块天然气及凝液田进行开采活动。它由一个有四条腿的钢制空间架构壳体构成，支撑着上面的一个集成化的甲板，甲板则包括了井口、加工和膳宿设施。根据要求要将平台上的生活设施扩展到可容纳 59 名员工。2009 年，4 组防爆和防火级的膳宿模组和 2 组步行道模组被增加到了平台上，步行道模组将新增的模组与既有膳宿模组连接起来。

## 材料选择

在严酷的近海环境下，碳钢需要定期重新喷漆及维护，而不锈钢则一般只需较少的维护。安装的模组与平台边缘上面的悬臂之间只有不大的空隙，这使得维护工作既困难又危险。因此，业主要求所有暴露在外部环境下的钢材均应为不锈钢，以避免在未来 30 年的平台设计寿命期里高昂的维护开支。

对结构的包覆采用了符合 EN 10088-2<sup>III</sup>标准的 2B 轧制表面奥氏体不锈钢 1.4401 (S31600)。这种钢暴露于碳氢化合物失火中 60 分钟后仍显示保持了足够的强度和坚硬度，以及优异的延展性和韧性，这可以抵御设想中发生的爆炸。



图片 1: Armada 平台

Terry Cavner 摄制



图片 2: 在 Armada 平台上安装最后一个模组



## 设计

每个生活舱模组长度为 11.93 米，宽 4.50 米，高 3.20 米，重 23 吨。膳宿和舱模组和步道模组的基本结构形式相同：碳钢框架、硬化地板和屋顶，外覆宽 250 毫米、深 80 毫米、壁厚 2.0 毫米的波纹压型不锈钢墙壁板。

规范中 1.4401 不锈钢的 0.2% 最低屈服强度为  $240 \text{ N/mm}^2$ ，但轧钢厂材质证明显示的实测值为超过  $365 \text{ N/mm}^2$ ，而设计工作是以实测值为基础进行的。构成模组主框架的碳钢屈服强度为  $355 \text{ N/mm}^2$ 。

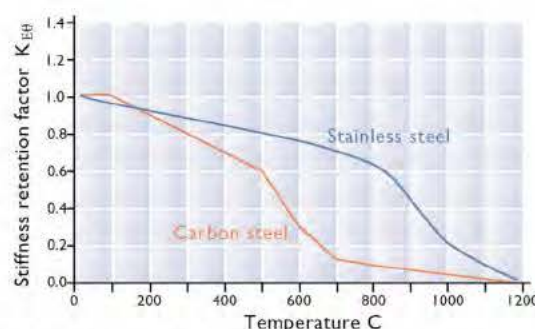
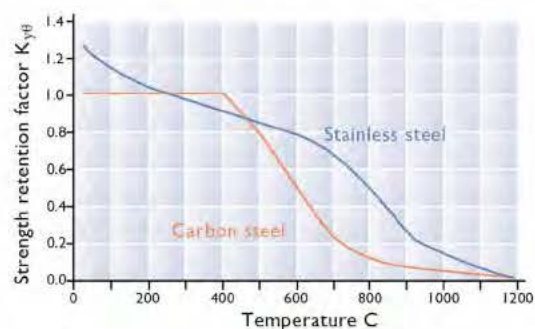
模组的防火定级达到 H60 级，这就意味着它们必须在暴露于碳氢化合物着火环境中 60 分钟而依然保持其承载功能。碳氢化合物着火 60 分钟后，温度会达到  $1100^\circ\text{C}$ 。奥氏体不锈钢展现出与碳钢不同的强度和坚硬度保持性能（图片 4）。典型 1.4401 钢在  $1100^\circ\text{C}$  时保持了约 6% 的 0.2% 屈服强度，而碳钢只保持了 3% 的屈服强度。

在爆炸压力升高和下降时间均为 10 毫秒时，模组设计的抗爆峰值压强为 110 毫巴。不锈钢具有高强度和良好的能量吸收特性以及高延展性[3]，因此，是一种理想的防暴结构用材。塑性阶段应力-应变曲线的形状确保不锈钢了比同等强度的碳钢更高的塑性抗矩。不锈钢因此可以吸收大量的冲击而不会断裂。

H60 级热陶瓷超级棉 X607 隔热层被封装在铝箔蒸汽隔板内，放在主要碳钢框架外侧、不锈钢板的内侧，以使结构框架绝热。

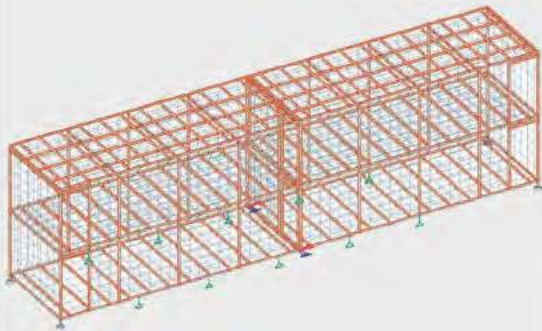


图片 3: 在达林顿 (Darlington) 工厂内的一个生活舱模组

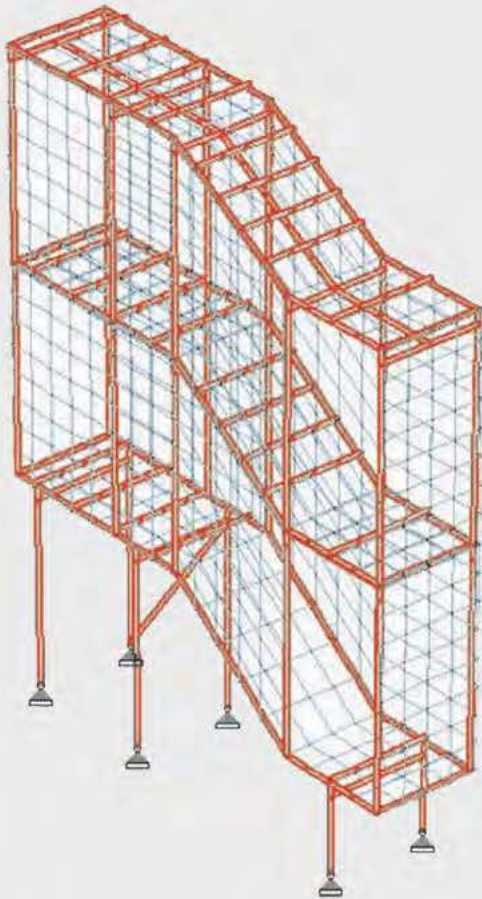


图片 4: 比较不锈钢和碳钢的强度和坚硬度保持系数 (不锈钢和碳钢均为 2% 应变情况)





图片 5: 4 组生活舱单元的 STAAD.Pro 框架构成模型



图片 6: 步行道模组的 STAAD.Pro 框架构成模型

## 结构分析

在所有临界载荷合并作用的情况下,使用 STAAD.Pro 软件对模组的结构性能进行了分析。对膳宿模组和步行道模组各建立了两个模型:一个模型针对 H60‘热案例’,结构中的受热部件材料性能降低;第二个模型针对‘冷案例’情况。

梯形墙面压型是抵挡表面横向负荷(如爆炸冲击)的一种经济的结构形式。但是,如不进行耗时的分析就无法准确地用模型演示复杂压型。因此,采用经验代表值和源自更加详细的有限要素分析结果,导出了波纹墙板的等效各向异性平板性能值,并可在 STAAD.Pro 软件模型中使用,以模拟波纹板的双向硬化。

选取的设计风荷载为 3 秒钟 50 年一遇的阵风,相当于 1.68KN/m<sup>2</sup>。也考虑到了冰雪负荷。波纹墙板的临界载荷合并为:

- 静载、动载和最大风力(D+L+W)
- 爆炸

模型显示,最大应力一直出现在模组的顶部和底部的边缘周围,而不管哪有水平的地板、顶板还是楼梯与墙相连。

## 制造

库存商提供了 2 毫米厚的不锈钢板。然后用车间内数控等离子切割机和冷压机制造出所要求的形状。预制的带有隔热层的不锈钢面板被焊到结构框架上。将碳钢焊到不锈钢上使用熔化极惰性气体保护电弧焊(MIG)工艺,在氩气保护下,连续输进标准不锈钢焊条。制造完成后,对钢板进行酸洗以去除任何嵌入的铁颗粒,当这些颗粒暴露于海洋环境下中时,就会锈蚀。



图片 7: 在墙面板内安放隔热层



## 安 装

制造完成的模组通过卡车运到海岸边，装船送往 Armada 平台。穿过包覆层，每个模组四角的碳钢框架上都附有提升吊眼。吊眼也可起到对第 2 层模组定位安装的剪力指示的双重作用。下层模组用 M16 A4-80 螺栓连接到模组支撑架 (MSF) 上。

膳宿模组按照两上两下的布局连接到一起，并预留有将来安装第三层的条件。楼梯模组装在其中一端，坐落在自己的模组支撑架上。



图片 9: 安装膳宿模组



图片 8: 膳宿模组完成待运



图片 10: 将新生活模组与既有生活区连在一起的步行道模组之一

本案例研究的信息由 Mech-Tool Engineering 友情提供

## 参考文献

- [1] EN 10088-2:2005 Stainless steels. Technical delivery conditions for sheet/plate and strip of corrosion resisting steels for general purposes.
- [2] Design manual for structural stainless steel (third edition), Building Series, Volume 3, Euro Inox and SCI, 2006
- [3] Design guide for stainless steel blast walls, Technical Note 5, Fire and Blast Information Group (FABIG), SCI, 1999

结构用不锈钢网上信息中心：  
www.stainlessconstruction.com

## 采购详情

业主:	BG Group
结构工程:	Mech-Tool Engineering
主承包商:	Aiken Group
钢结构承包商:	Mech-Tool Engineering

本系列结构用不锈钢案例研究由 Team Stainless 赞助

