

海上固定平台生活楼模块舾装减重 影响因素分析与建议

宋杰, 许莲, 李春萌

(上海利策科技股份有限公司, 上海 200233)

摘要 国内海洋工程正逐渐向深水领域发展,海洋平台重量成为影响其经济性的关键因素之一。平台组块重量会极大地影响下部结构重量,而生活楼是平台上部组块中的重要组成部分。通过分析 90 人生活楼各类舱室家具及舾装材料的重量,提出合理使用重量轻、性能好的新型材料,使舾装重量减轻,从而实现平台组块结构重量的减轻,提高海洋平台下部结构的经济性。

关键词 海洋平台;生活楼;舾装新材料;重量减轻

中图分类号

文献标志码 A

文章编号: 2095-7297(2014)03-0207-06

Analysis and Advice on Impact Factors of Outfitting Weight Reduction for Offshore Fixed Platform Living Quarters Module

SONG Jie, XU Lian, LI Chun-meng

(Shanghai Richtech Engineering Co., Ltd., Shanghai 200233, China)

Abstract With the continuous development of Chinese offshore engineering towards deeper water, more attention is paid to the economy of offshore platforms. The weight of an offshore platform is an important factor that influences its economy. The weight of platform topside greatly influences the weight of the sub-structure, while living quarters is one of the most important parts of the topside. After analyzing all kinds of cabin furniture and outfitting materials of a 90-person living quarters, it is pointed out that the rational utilization of light-weight and good-performance new materials can reduce the overall outfitting weight, which in turn leads to the weight reduction of the platform topside and consequently improves the economy performance of the sub-structure.

Key words offshore platform; living quarters; outfitting new materials; weight reduction

0 引言

中国是一个能源生产和消费大国,但是中国的能源又比较缺乏,能源消费结构不合理。目前我国陆上石油产量增长停滞不前,而海洋油气储量丰富,增长潜力巨大。在我国的海域中,南海海域更是石油宝库;中国对南海勘探的海域面积目前仅有 16 万平方千米,发现的石油储量已达 52.2 亿吨。

现在我国准备加快南中国海油气资源的勘探开发,但这一海域水深在 500~2 000 m,迫切需要发展深海油气勘探和开发技术。深水开采中,钢制导管架平台的结构重量及造价会随着水深的增加而急剧增长,影响平台的工作性能和经济性。在兼顾平台

性能和经济性的前提下,有效控制平台上部组块重量,减轻结构荷载,是油气资源勘探开发向深水发展的一个关键因素。生活楼是平台上部组块中一个比较重要的组成部分,因此,控制生活楼舾装重量是上部组块设计中一个比较重要的命题。本文对 90 人生活楼各类舱室家具及舾装材料重量进行了分析,提出通过合理使用新型材料来减轻舾装重量,从而提高海洋平台下部结构的经济性。

1 生活楼的布置及重量分布

生活楼的主要用途是给海上平台工作人员提供一个安全、舒适的休息、娱乐场所。生活楼的主要房间包括居住用房、公共用房、卫生用房、办公用房、炊

收稿日期: 2014-08-25

作者简介: 宋杰(1982—),男,工程师,主要从事海洋平台设计研究。

事用房、医疗用房、无线通信用房等^[1]。根据平台类型、组块总体布置、生活楼在平台所处位置、生活楼拟定居住人数等,按照防火、安全、保温绝缘、脱险救生^[2]等规范要求对生活楼各层进行布置,同时在满足规范要求的前提下也要考虑平台生活楼人员的舒适性^[1]。现以某固定式平台上定员为90人的生活楼为例进行相关讨论。

图1所示为生活楼各专业重量分布情况。从图1中可见舾装专业重量约占整个生活楼总重量的29%,因此控制舾装重量可以减轻结构荷载,优化结构重量,对于整个生活楼的减重是比较有效的。

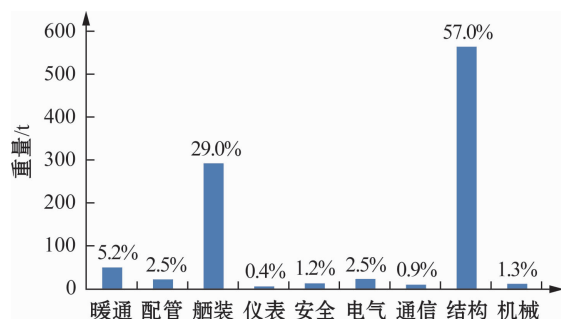


图1 90人生活楼各专业重量分布

Fig.1 Weight ratio of every section of a 90-person living quarters

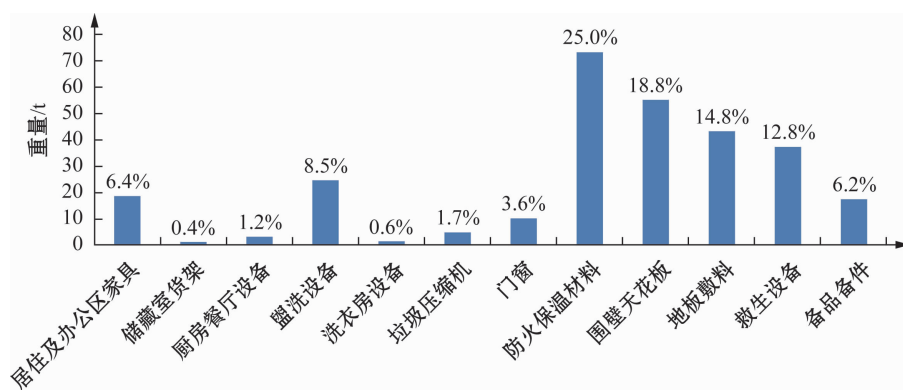


图2 90人生活楼舾装重量组成

Fig.2 Weight components of outfitting of 90-person living quarters

另外家具材料目前以木材、钢材为主,但根据《国际海上人命安全公约》(《SOLAS公约》)对可燃材料使用限制的要求^[2],平台上木质家具的使用比例往往较低,主要采用钢制设备家具,虽然提高了安全性,但比较笨重。近年来,以铝合金材料为主的家具和设备的出现使得设备和家具的选择更多。铝合金家具美观、坚固、耐用,同时又具有不易锈蚀、密度低、不燃等特性,除满足规范对家具设备的要求之

2 生活楼舾装重量组成

生活楼舾装材料主要包括各类区域家具设备、卫生盥洗设备、洗衣设备、医疗设备、门窗、保温防火材料、救生设备以及地板敷料等^[3]。图2所示为90人生活楼舾装重量组成。从图2中可以看出,居住及办公区家具、盥洗设备、防火保温材料、围壁天花板、地板敷料和救生设备是生活楼舾装重量比较集中的几类,合计约占舾装总重量的86%。从舾装优化设计角度出发,兼顾生活楼的功能和经济性,其中可以进行选材减重的有舱室家具、盥洗设备、防火保温材料、围壁天花板和地板敷料。具体分析如下。

2.1 居住及办公区家具、卫生盥洗设备

在满足使用方功能性要求的条件下,生活楼舱室布置需要满足《国际海事劳工公约》^[4]对舱室面积、高度以及家具布置、大小的基础要求,另外,有关公约对于餐厅厨房设备和卫生盥洗设备的配置均有与定员相联系的规定。因此,在满足规范的前提下,优化舱室家具布置,从实用性考虑多使用功能性兼具的家具也是舾装减重的一个有效办法^[1]。

外,还兼具许多优点,获得了市场较好的评价。根据市场成熟铝合金家具使用案例可知,采用铝合金设备和家具,可减重约40%。

卫生盥洗设备材料主要有陶瓷和不锈钢。根据实际项目数据可知,使用不锈钢卫生盥洗设备,可减重约70%。

表1统计了使用新材料替换90人生活楼舱室家具中的钢制框架和卫生盥洗设备中的陶瓷设备后

的重量数据。从表 1 中可以看出,使用新材料后重量减少约 8.1 t,减少的重量约为原设备重量的 21%。

表 1 90 人生活楼舱室家具、盥洗设备更换材料前后重量比较

Table 1 Comparison of weight of cabin furniture and washing equipment for the 90-person living quarters when using different materials

材 质	钢制框架 舱 室 设 备/陶 瓷 材质盥洗 设 备 重 量/kg	铝合金框 架舱室设 备/不 锈 钢材质盥 洗设备重 量/kg	减重 /kg	减重 比例 /%
舱室家具	12 078	7 247	4 831	40
其他舱室设备	1 713	1 713	0	0
陶瓷卫生洁具	4 748	1 424	3 324	70
其他卫生盥洗设备	20 116	20 116	0	0
合计	38 655	30 500	8 155	21

表 2 90 人生活楼防火绝缘材料更换前后重量比较

Table 2 Comparison of weight of fire-proof and insulating materials for the 90-person living quarters when using different materials

类别	传统材料				轻质材料				减重 /kg	减重 比例/%
	结构 形式	容重 /(kg·m ⁻³)	面积 /m ²	重量 /kg	结构 形式	容重 /(kg·m ⁻³)	面积 /m ²	重量 /kg		
H-60	50 mm 陶瓷棉	150	1 720	14 620	60 mm 轻质防 火纤维	70	1 720	7 224	7 396	51
H-60	35 mm 陶瓷棉	150	1 370	8 152	50 mm 轻质防 火纤维	70	1 370	4 795	3 357	41
A-60	(20+20) mm 陶瓷棉	170	450	3 060	(40+40) mm 轻质防 火纤维	48	450	1 728	1 332	44
绝缘 保温	50 mm 岩棉	140	3 500	24 500	40 mm 轻质防 火纤维	48	3 500	6 720	17 780	73
绝缘 保温	30 mm 岩棉	140	3 150	13 230	25 mm 轻质防 火纤维	48	3 150	3 780	9 450	71
其他 配件				9 392				9 392	0	0
合计				72 954				33 639	39 315	53.9

2.2 防火保温材料

生活楼外壁及生活楼顶部和底部需敷设保温绝缘材料,以达到“冬暖夏凉”的效果。传统的绝缘材料是(30+50) mm 厚的岩棉,容重 140 kg/m³;另根据《SOLAS 公约》要求对生活楼进行防火分区后^[2],对防火等级有要求的区域需要敷设防火材料,传统 A-60 防火等级需敷设(20+20) mm 厚陶瓷棉来满足要求,其容重为 170 kg/m³;对于天然气田,如果防爆参数要求达到一定数值,即需要设置防爆墙,传统 H-60 防爆材料容重是 170 kg/m³。

在满足规范要求条件下,目前市场上的绝缘防火新型材料容重可以降低到 48 kg/m³,防爆新材料容重可以降低到 80 kg/m³。

从表 2 可以看出,使用防火纤维材料后,90 人生活楼防火绝缘材料可以减重约 39.3 t,减少的重量约为原防火绝缘材料重量的 53.9%。

2.3 围壁天花材料

常规生活楼居住舱室、公用处所(餐厅、办公室、

会议室)和内走道的衬板、独立围壁及天花板均采用聚氯乙烯(PVC)贴面的复合岩棉板;厨房、盥洗室、洗衣房等潮湿环境处所采用不锈钢表面的复合岩棉

板;其中,衬板厚度为 30 mm,独立围壁板厚度为 50 mm,天花板采用 30 mm 厚的复合岩棉板^[3]。

目前可替代复合岩棉板的材料中,蜂窝板是比较好的选择。蜂窝板是使用铝箔制成的仿蜂窝的板材,面板一般用 PVC 或者玻璃钢;其材料特点是:(1)密度低,强度高,这也是我们选择该类材料的主要原因;(2)防火性好,铝箔制成的板可以有效防止火焰扩散,并减少烟尘的产生,对于提高生活楼的安

全性也有帮助;(3)兼具耐久性和装饰性,铝箔板的材质特性决定了它经久耐用,抗冲击性、抗疲劳性和耐候性均比较好,而且磨光或纹理处理不影响其特性,提高了其装饰性。

表 3 所示统计结果表明,蜂窝铝箔板在生活楼中除了吸音天花之外的地方均适宜替换,减重 36.1 t,减少的重量约为原围壁天花重量的 65.6%。

表 3 90 人生活楼衬板、围壁天花材料更换前后重量比较
Table 3 Comparison of weight of bulkhead and ceiling for the 90-person living quarters when using different materials

材料名称	传统材料			材料名称	轻质材料			减重 /kg	减重 比例/%
	单位重量 / $(\text{kg} \cdot \text{m}^{-2})$	面积 / m^2	重量 /kg		单位重量 / $(\text{kg} \cdot \text{m}^{-2})$	面积 / m^2	重量 /kg		
PVC 面板 + 30 mm 厚复合岩棉板	16.2	1 489	24 124	PVC 面板 + 30 mm 厚蜂窝铝箔板	4.9	1 489	7 296	16 828	70
PVC 面板 + 50 mm 厚复合岩棉板	18.4	470	8 648	PVC 面板 + 50 mm 厚蜂窝铝箔板	4.9	470	2 303	6 345	73
PVC 面板 + 30 mm 厚复合岩棉板	16.2	750	12 150	PVC 面板 + 30 mm 厚蜂窝铝箔板	4.9	750	3 675	8 475	70
30 mm 厚复合岩棉板吸音天花	14.8	250	3 700	30 mm 厚复合岩棉板吸音天花	14.8	250	3 700	0	0
不锈钢面 30 mm 厚复合岩棉板	16.2	262	4 238	不锈钢面 30 mm 厚蜂窝铝箔板	4.9	262	1 284	2 954	70
不锈钢面 30 mm 厚复合岩棉天花	16.2	135	2 187	不锈钢面 30 mm 厚蜂窝铝箔板天花	4.9	135	662	1 525	70
合计			55 047				18 920	36 127	65.6

2.4 地板敷料

甲板敷料约占整个生活楼舾装重量的 15%,属占比较大的部分,同时甲板敷料也可以采取一些材质替代,并可以在保持功能的情况下有效地减轻重量。常规船甲板敷料的敷设一般为居住舱室、公用处所(餐厅、办公室、会议室)和内走道等处地板,敷设不燃轻质甲板敷料,其上敷设 3 mm 厚防火橡胶地板;厨房、盥洗室、洗衣房等潮湿处所采用 40 mm 厚水泥,其上铺设 10 mm 厚防滑瓷砖^[3]。

甲板敷料所用材料中水泥和地砖的密度较大,如果能有效替代,将能可观地减少舾装重量。乳胶甲板敷料是在水泥砂浆中加入一定比例乳胶制成

的,同时也可以选择性掺入阻燃剂,提高阻燃效果。乳胶甲板敷料的特点是相比水泥其耐压、抗折、耐磨、抗冲击性能都有极大的提高,特别是增强了敷料和甲板的黏结力,省去了原来水泥敷料所需要的金属马脚,而且降低了敷设厚度,可直接敷设约 10 mm,不仅简化了施工工序,而且减轻了重量,同时乳胶甲板敷料的耐水性也有所改善,能适应其所处的潮湿环境。另外甲板敷料中的 3 mm 厚防火橡胶地板也可用 2 mm 厚 PVC 替代,在满足规范要求的同时,防火性和舒适性均达到要求,同时密度减小,而且 PVC 地板的装饰性很强,可制作多重纹理。

从表 4 数据可以看出,减少水泥、瓷砖的使用,可以大幅度地减少甲板敷料重量,对于 90 人生活楼

减重约 15 t。

表 4 90 人生活楼甲板敷料材料重量比较
Table 4 Comparison of weight of deck covering for the 90-person living quarters when using different materials

传统材料				轻质材料				减重 /kg	减重 比例/%
结构形式	单位重量 /(kg·m ⁻²)	面积 /m ²	重量 /kg	结构形式	单位重量 /(kg·m ⁻²)	面积 /m ²	重量 /kg		
不燃轻质甲 板敷料 (15 mm)	19.5	980	19 110	不燃轻质甲 板敷料 (15mm)	19.5	980	19 110	0	0
不燃轻质甲 板敷料 (10 mm)	13.0	70	1 365	不燃轻质甲 板敷料 (10 mm)	13.0	70	1 365	0	0
防火橡胶地 板(3 mm)	4.8	1 050	5 040	PVC 地板 (2 mm)	3.1	1 050	3 255	1 785	35
水泥(40 mm)	84.0	110	9 240	乳胶甲板敷 料(10 mm)	13.0	110	1 430	7 810	85
防滑地砖 (10 mm)	23.0	40	4 238	环氧防水甲 板敷料 (5 mm)	8.6	40	344	3 894	92
防滑地砖 (6 mm)	12.6	70	2 187	环氧防水甲 板敷料 (5 mm)	8.6	70	602	1 585	72
其他			6 561	其他			6 561	0	0
合计			47 741				32 667	15 074	32

2.5 舾装减重总结

通过上述数据分析可知,采用新材料后,90 人生活楼舾装原重量 292.6 t,减轻重量 98.6 t,减重约占原舾装重量的 1/3。对于整个生活楼而言,原生活楼总重量为 994 t,减重后 895 t,生活楼减轻约 10%,舾装重量所占比例从减重前的 29%减为 21%。图 3 是舾装减重后的重量分布。为清晰起见,图 3 中仅明确标出了占比较大的结构和舾装部分。

2.6 新材料使用经济性分析

新材料的使用势必会对平台建造成本造成影响。新增材料费用与节省结构建造等费用之间的平衡点也是平台建造需要考虑的。对于本文讨论的 90 人生活楼,如上所述,舾装减重合计约 98.6 t。舾装材料总费用约 450 万元,较原先增加 104.5 万元。具体的减重数据和各项增加费用如表 5 所示。

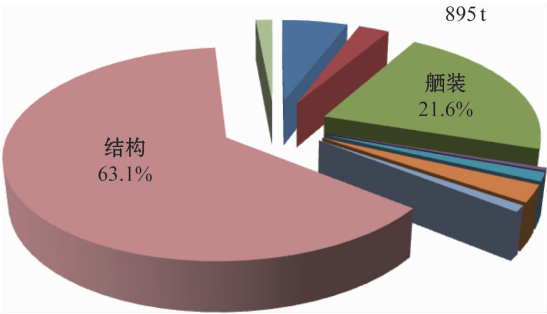


图 3 舾装减重后 90 人生活楼各专业重量分布
Fig. 3 Weight ratio of every section of the 90-person living quarters after weight reduction of outfitting

表5 使用新材料后90人生活楼舾装重量减轻
及费用增加数据

Table 5 Weight reduction and increase in cost when using
new materials for the outfitting of the 90-person
living quarters

减重项	减重/t	占总减重 比例/%	增加 费用 /万元	占总增 加费用 比例/%
舱室及盥洗设备	8.15	8.25	60.0	57.42
防火保温材料	39.30	39.85	25.0	23.92
围壁天花	36.10	36.63	18.0	17.22
甲板敷料	15.10	15.27	1.5	1.44
总计	98.65	100.00	104.5	100.00

以上数据可能因为采购厂家的不同会有一定偏差,但我们的目的是看出费用增加与减重之间的比较关系。

从表5可以看出舱室设计盥洗设备使用新材质对于减重是“高费用、低收益”,所以目前使用较少,但铝合金舱室家具和不锈钢盥洗设备具有美观、坚固、耐腐蚀的特点,可以增加舱室环境的美观度和舒适度。防火保温、围壁天花以及甲板敷料等使用新材料对于费用增加的影响较小,目前一些在建或者已建成项目已经成功使用了文中所述的防火纤维毯以及蜂窝铝等材料。

另外,几种新材料从施工工艺上与传统材料相比,区别并不大,例如轻质防火纤维与传统的陶瓷

棉、岩棉在安装方式上基本是一致的;蜂窝铝箔板与传统的复合岩棉板的安装方式也相似,一般采用顶槽吊架,板与板之间采用欧米伽连接或其他相似的方式;甲板敷料中的乳胶水泥相比传统水泥可以省去金属马脚,直接敷设,简化施工工序。因此,新材料的使用不仅不会使施工工艺变得复杂,反而能在一定程度上简化施工、提高效率^[5]。

3 结 语

控制生活楼的重量是优化海洋平台结构的一个重要部分。本文以90人生活楼为例,对各类舱室家具及舾装材料重量进行了分析,提出通过合理使用新型材料来减轻舾装重量,从而提高海洋平台下部结构的经济性。对于业主而言,也可依据具体项目需要,对舾装材料进行合理选择。部分项目对重量比较敏感,接近某个极限值时,可以选择适当增加费用、减轻舾装重量以满足工程需要。

参 考 文 献

- [1] 吕津波. 海洋平台生活楼人体工程学设计研究[D]. 天津:天津大学,2009.
- [2] 国家经济贸易委员会. 海上固定平台安全规则[S]. 2002.
- [3] 中国船舶工业总公司. 船舶设计使用手册-舾装分册[M]. 北京:国防工业出版社,2002.
- [4] 国际劳工组织(ILO). 2006年海事劳工公约[S]. 2006.
- [5] 中国船级社. 浅海固定平台建造和检验规范[S]. 2004.