

## LNG 船用耐火型岩棉的研制开发与应用

陈 辉, 谢肃君

(沪东中华造船(集团)有限公司, 上海 200129)

**摘要:** 针对 LNG 船的特性, 研制开发了容重  $100\text{kg/m}^3$ 、总厚度为 75 mm 的岩棉 A60 级耐火舱壁; 容重  $100\text{kg/m}^3$ 、总厚度为 50 mm 的岩棉 A30 级耐火舱壁; 容重  $100\text{kg/m}^3$ 、厚度为 50 mm 的岸棉 A60 级耐火甲板。经实船应用检验, 该绝缘材料均满足 LNG 船防火材料的使用要求。

**关键词:** LNG 船; 耐火型岩棉; 耐火型甲板敷料; 耐火舱壁绝缘

**中图分类号:** U668.3

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-9962(2011) 04-0056-04

**Abstract:** The  $100\text{kg/m}^3$  volume-weight, 75 mm thick, A60 rock wool fire-resistant bulkhead, the  $100\text{kg/m}^3$  volume-weight, 50 mm thick, A30 rock wool fire-resistant bulkhead and the  $100\text{kg/m}^3$  volume-weight, 75 mm thick, A60 rock wool fire-resistant deck are researched and developed according to the characteristics of LNG carriers. Through on-board application and check, all the above insulation material can meet the requirements for LNG carrier fire-resistant materials.

**Key words:** LNG carrier; fire-resistant rock wool; fire-resistant deck dressing; fire-resistant bulkhead insulation

## 0 引言

由澳大利亚、中国 (STASCO)、美国及英国壳牌 (SHELL) 等四方合资投资建造, SHELL 及 STASCO 派员监造, 由法国 ALSTOM 公司下属大西洋船厂 (CdA) 负责设计, 美国 ABS 船级社 (英国伦敦分部) 作为审图机构, 沪东中华造船集团公司参与联合设计和承建的  $147210\text{m}^3$  超大容量液化天然气船 (LNG), 是一艘在常温常压下装运  $-163^\circ\text{C}$  液化天然气的特殊船舶, 是世界上建造难度最大、要求最高, 建造风险最大同时也是利润最高的一类船舶, 被誉为世界造船业皇冠上的一颗明珠。

根据船东及 CdA 要求, 该船上禁止使用硅酸铝材料 (陶瓷棉)。这是因为其纤维比岩棉细, 特别是存在着少量直径小于  $1\mu\text{m}$  的过细纤维, 容易被人体吸收, 影响人体健康。因此在设计中, CdA 明确了该船的耐火材料为岩棉。耐火型浮动地板也是采用岩棉作为基层防火材料。

将岩棉<sup>[1]</sup>作为耐火材料使用, 这在国内造船业并不常见, 且船用绝缘材料生产厂也不提供这种产品。采用进口产品则价格昂贵, 而且在使用过程中存在诸多不便。自主研制虽需承担较大的风险, 目

前国内岩棉生产厂家中, 还没有一家的岩棉制品能达到船用耐火标准。传统的岩棉配方都是采用以玄武岩、石灰石 (白云石) 和矿渣为主要原料的, 其耐火温度无法满足标准耐火试验程序中对温度的要求。但研制成功后, 将可节约一笔很大的费用。

## 1 研制立项

在立项初期, 首先要解决以下几个问题:

1) 绝缘材料既要满足 CdA 的设计要求, 又可广泛适用于其他船舶。因此, 必须考虑到舱壁及甲板的防火级别的不同, 对绝缘的厚度及容重要求也不相同。同时, 还要考虑到耐火型浮动地板对岩棉的要求以及该船对绝缘材料重量的限制要求等;

2) 从绝缘节点的图纸看, 其分类很多, 有 A-15 级, A-30 级和 A-60 级, 从耐火舱壁绝缘到耐火甲板绝缘, 其绝缘节点形式均不相同。必须进行必要的归纳和调整, 以达到既能满足设计要求, 又能节约研制费用的目的;

3) 在国内, 岩棉材料主要用于隔热及隔声, 因其渣球含量过高, 耐火温度一般都在  $800^\circ\text{C}$  左右, 如要满足防火要求, 其耐火温度必须达到  $1100^\circ\text{C}$  甚至更高。为此需要尽量减少岩棉中的渣球含量, 还需对岩棉内的成分进行重新配比, 以减少岩棉在高温时产生的横向收缩现象。同时其生产设备必须调整及更新;

**第一作者简介:** 陈 辉, 男, 高级工程师。1968 年生, 1990 年镇江船舶学院船舶工程系毕业, 现从事船舶内舾装设计工作。

收稿日期: 2011-08-10

4) 2004 年 7 月计划立项, 要求岩棉耐火材料在当年年底以前完成耐火试验<sup>[2,3]</sup>, 耐火型甲板敷料在 2005 年 2 月完成耐火试验。

## 2 研制项目的制定

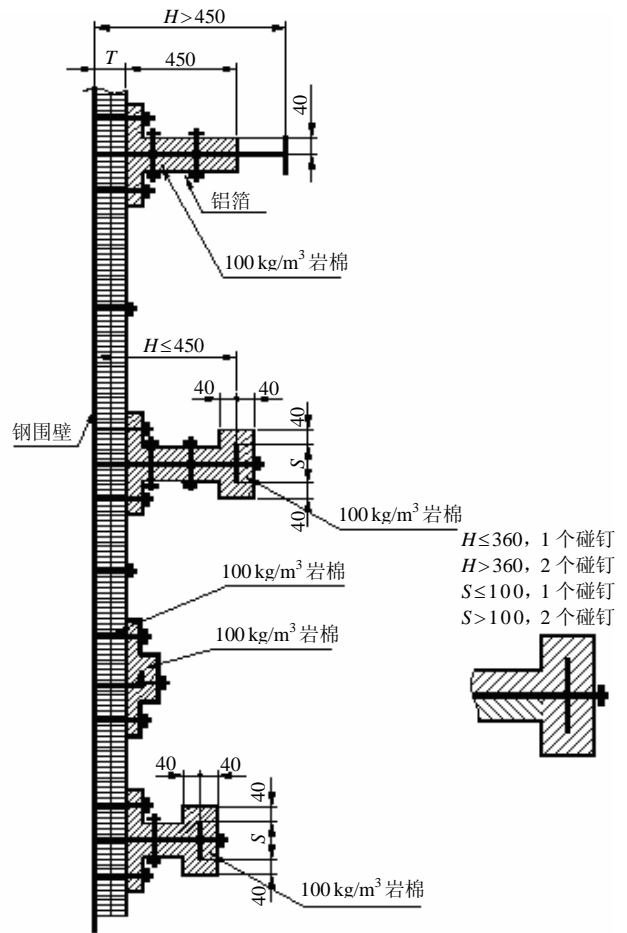
通过对 CdA 提供的绝缘节点标准, 以及国外的耐火型岩棉技术资料的分析, 再根据 LNG 船全船绝缘布置图, 对各种可能在实船上出现的情况进行仔细研究、分析并归纳汇总后, 确定了耐火型岩棉材料的技术要求, 并制定了研制开发项目。

### 2.1 绝缘材料

确定研制以下 3 种耐火结构的绝缘岩棉:

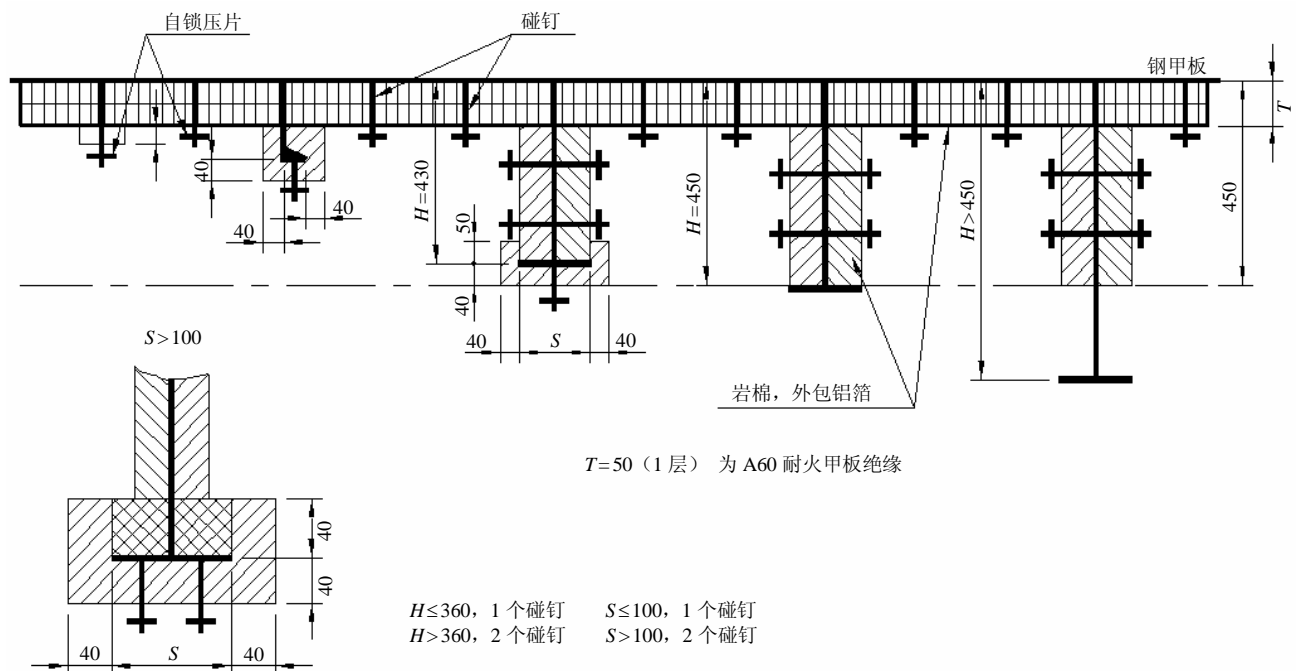
- 1) 容重  $100\text{kg/m}^3$ 、总厚度为  $75\text{mm}$  的岩棉, 达到 A60 级耐火舱壁绝缘, 见图 1;
- 2) 容重  $100\text{kg/m}^3$ 、总厚度为  $50\text{mm}$  的岩棉, 达到 A30 级耐火舱壁绝缘, 见图 1;
- 3) 容重  $100\text{kg/m}^3$ 、厚度为  $50\text{mm}$  的岩棉, 达到 A60 级耐火甲板绝缘, 见图 2。

在第一种及第二种耐火型岩棉节点确定后, 由于包覆在结构件上的绝缘厚度太薄, 耐火试验时会有风险, 希望加厚结构件上的绝缘厚度与舱壁等同。由此, 绝缘材料重量将增加 20%, 约  $6\sim 7t$  的重量, 同时管子放样及电缆放样等也必须修改, 经对国外类似产品研究之后, 决定对设计节点不做修改。



$T = 37.5 + 37.5$  (2层) 为 A60 级耐火舱壁绝缘  
 $T = 25 + 25$  (2层) 为 A30 级耐火舱壁绝缘

图 1 A60/A30 级耐火舱壁绝缘



$T = 50$  (1层) 为 A60 耐火甲板绝缘

$H \leq 360$ , 1 个碰钉     $S \leq 100$ , 1 个碰钉  
 $H > 360$ , 2 个碰钉     $S > 100$ , 2 个碰钉

图 2 A60 级耐火甲板绝缘

对第三种 A60 级耐火甲板绝缘节点的确定, 原来设计节点有 2 种, 一种是以厚度为 50mm 的绝缘容重 100kg/m<sup>3</sup> 的岩棉, 来满足防火及隔热和隔声要求, 另一种是以厚度为 40mm 的绝缘容重 100kg/m<sup>3</sup> 的岩棉, 来满足防火要求。但这 2 种节点尤其是后一种节点难度都很大, 根据国内一些厂家的标准, A60 级耐火甲板绝缘是采用厚度 30mm, 容重 170kg/m<sup>3</sup> 的陶瓷棉, 且陶瓷棉本身的性能要优于岩

棉。为此, 估算了全船需使用的厚度为 40mm 的 A60 级防火要求的面积, 如果改用 50mm 厚度的岩棉, 全船重量增加约为 1.2t。虽然重量增加了但可以减少很多风险, 因此, 决定将 A60 级耐火甲板的岩棉厚度改为 50mm。

2.2 甲板敷料

- 1) 图 3 为 TX-2 型 A-60 级浮动地板。
- 2) 图 4 为 TX-3 型 A-60 级浮动地板。

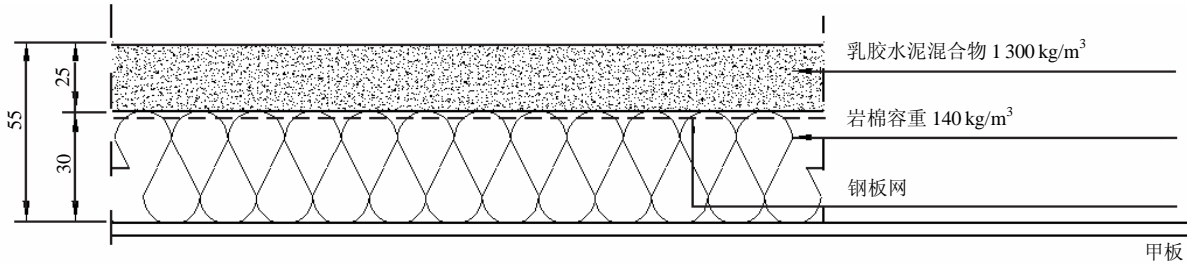


图 3 TX-2 型浮动地板

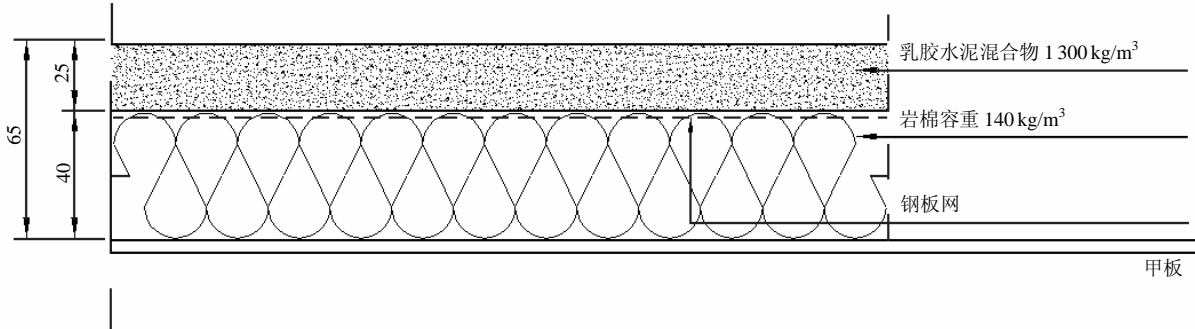


图 4 TX-3 型浮动地板

由于 TX-3 型甲板敷料的厚度比 TX-2 型增加了 10mm 绝缘厚度, 经与 ABS 船级社联系, 并征得其同意, 免做了 TX-3 型耐火甲板试验, 在取得 TX-2 型的试验报告的同时即可取得 TX-3 型耐火浮动地板证书。经过各方密切协调与通力合作, A60 级和 A30 级绝缘材料顺利地通过了远东防火中心的耐火试验。并获得有关船级社的认可证书。甲板敷料也顺利通过了 A60 级耐火浮动地板的耐火试验。

热荷重收缩温度/°C	≥600
有机物含量(板材)/%	≤3.0
吸湿率/%	≤5.0
憎水率/%	≥98
不燃性	符合 IMO.FTPC Part1/IMO.A799(19)的规定

3 产品技术指标

3.1 耐火型岩棉 (XN-5 型) 的技术指标:

渣球含量(φ≥0.25 mm)/%	≤12
酸度系数	≥1.5
纤维平均直径/μm	≤7.0
密度公差/kg/m <sup>3</sup>	+15 ~ -10
导热系数/W/(m·k)	≤0.044

3.2 耐火型浮动地板 (TX-2/3 型) 的技术指标:

面层材料:

密度 kg/m <sup>3</sup>	≤1300
抗折强度/MPa	≥3
抗压强度/MPa	≥15
初凝时间/h	≥1
终凝时间/h	≤25
吸水率/%	≤15
吸油率/%	≤10
导热系数/W/(m·k)	≤0.8

(下转第 68 页)