

FSRU火警火气系统的解析

郭晓东

上海中远海运重工有限公司 上海 201913

摘要: 基于上海中远海运重工所改装的一艘FSRU,介绍了火气系统、火气的选型、规范对火气系统的要求、火气系统的其它功能设置,为其它类似海工产品的设计和建造提供宝贵经验。

关键词: 浮式储存和再气化装置;火警火气系统;设备选型

中图分类号: U666.1 **文献标识码:** A

1 引言

随着环保意识的增强,双燃料发电机(DFDG)在航运业受到瞩目。对于液化天然气(LNG)船,其产生的蒸发气既是挑战也是宝贵资源。DFDG技术通过转化蒸发气为电能,既解决压力问题又实现能源循环利用。但天然气易燃易爆,需对供气管路严密监测。火警火气系统的稳定运行对船舶安全至关重要。本文简述了LNG运输船(LNG-C)改装浮式储存和再气化装置(FSRU)的火警火气系统。

2 项目背景

随着全球对低碳经济和绿色能源的追求日益加强,节能环保已经成为推动社会进步的重要动力。双燃料发电机(DFDG)作为这一理念的杰出代表,凭借其直接燃烧气体燃料和高热效率的特点,为FSRU船舶提供了绿色、高效的能源解决方案。对于常压全冷式FSRU船舶而言,尽管其货物在极低的温度(-163℃)下储存,并配备有优质的绝热层,但液态货物仍不可避免地会发生蒸发。这种蒸发产生的气体,在货舱自然条件下称为自然蒸发气体(NBOG),而通过人工手段产生的则被称为强制蒸发气体(FBOG)。幸运的是,DFDG技术能够巧妙地利用这些蒸发的气体,将其转化为电能,为船舶的航行提供动力。这一举措不仅有效解决了BOG积聚导致的压力过高问题,更实现了能源的高效利用,降低了资源的浪费。然而,天然气作为易燃易爆气体,在使用时存在极大的安全隐患。因此,对供气管路进行严格的保护和检测至关重要。任何微小的泄漏都可能引发严重的后果,对船舶的安全构成威胁。为了确保船舶的营运安全,我们必须实时检测货物的泄漏情况,并配备高效的火警火气系统。这对于FSRU船舶来说,是确保安全的关键所在。

3 FSRU 船火警火气系统简介

本厂LNG-C改装FSRU的火气系统分为可寻址火灾探

测系统和气体探测系统,主要目的是为了及时、准确地探测到可能或已经发生的火灾、可燃气体泄漏和有毒气体泄漏事故,并及时采取相应措施以保护海上人员和设施的安全。

对于液化天然气运输船,由于所装载货物有着不同的物理特性,因此其可燃范围也各不相同。可燃范围是指可燃气体与空气构成的可燃混合物中可燃气体的最小和最大浓度(体积分数)之间的幅度,通常用爆炸下限(LEL: Lower Explosion Limit)和爆炸上限(UEL: Utmost Explosion Limit)来表示。

本项目LNG-C改FSRU使用DFDG燃料系统,BOG经LPC压缩机压缩,并用管道输送到GVT。在经过GVT的控制阀组后,BOG通过双壁管输送至相应的双燃料发电机燃烧。当NBOG不足以供DFDE运行时,可通过船上的强制蒸发器产生FBOG以满足DFDG运行所需的气量;而当BOG在满足DFDG运行所需气量并过量时,过量的BOG可通过管路及相应的控制阀组引至GCU燃烧掉,以消除BOG大量积聚产生压力过高的危险。为保证船的持续稳定运行并考虑安全因素,当BOG量很少或是发生气体泄漏时,双燃料发电机可切换至燃烧重燃油。对于燃气系统中可能产生气体泄漏或是气体容易聚集的场所,均应设置可燃气体探测装置,以实时检测各相关场所的气体泄漏情况。不同的货物有着不同的特性,燃气探测设备选用需考虑到货物的特性,一般采用吸收式红外线气体浓度检测仪或接触燃烧式气体浓度探测仪来对可燃气体进行检测。

4 FSRU 火警火气设备选型:

4.1 火灾探测系统组成: 现有的原船火灾报警系统所有探头将保留在船上原位置,对原船主机进行更换,新增区域根据规范要求新布置火警探测器。

火灾报警主控制板TYPE: BS-420, IP32, FLUSH MOUNTNG图1。

火灾报警复示板TYPE: BU-BV-420, IP32, FLUSH MOUNTING图2。

热感探测器TYPE: D-500、D-501见图3、4。

烟感探测TYPE: BH-500、BH-500EX见图5、6。

火焰探测TYPE: BG-201见图7。

手动报警按钮TYPE: BF-300V2、BF-510WP-H、BF-502/EX见图8、9、10。

安全隔离栅TYPE: BZ-500 Exia见图11。



图1 (BS-420)



图2 (BU-BV-420)



图3 D-500 (WATERTIGHT)

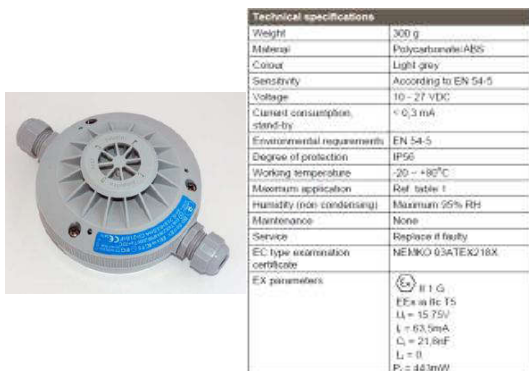


图4 BD-501/EX



图5 BH-500 (WATERTIGHT)

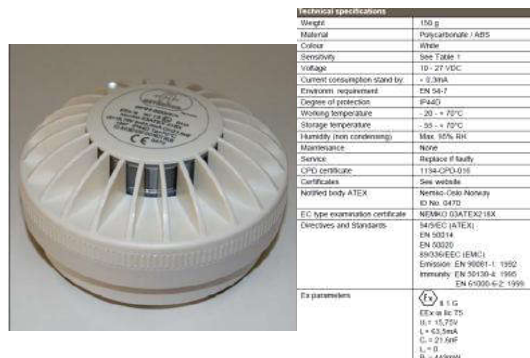


图6 BH-500EX

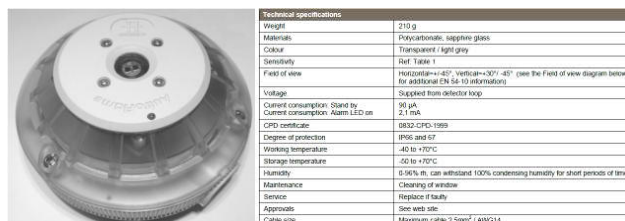


图7 BG-201 (WATERTIGHT)

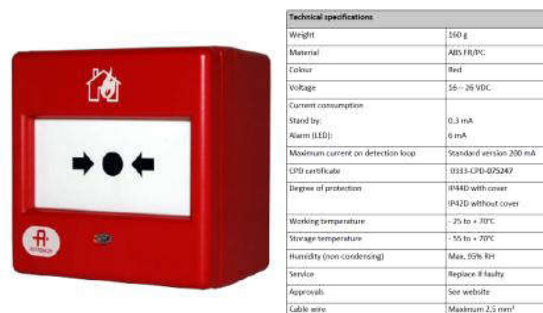


图8 BF-300V2

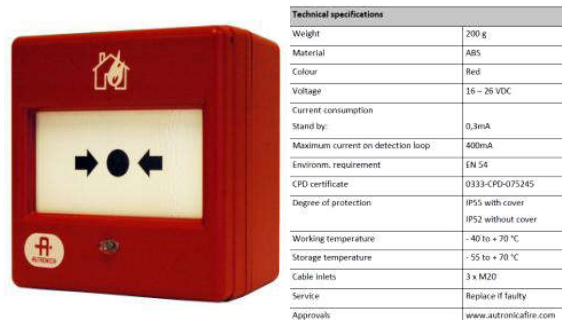


图9 BF-510WP-H (WATERTIGHT)



Technical specifications	
Weight	0.5 kg
Material	Glass reinforced polyester
Colour	Red
Voltage	10 - 27 VDC
Current consumption standby	0.3mA
Environm. requirement	EN 54
Degree of protection	IP66
Working temperature	-20 ~ +70°C
Storage temperature	-55 ~ +70°C
Cable exits	2 x M20
Maintenance	Replace broken glass
Service	Replace if faulty
Fielded body	Remko-Cable-Norway ID No. 04 70
E.C. type examination certificate	NEMKO 03A TEX218X
Directive and standards	94/REC (ATEX) EN 50014 EN 50020 99/336/EEC (EMC) Emission: EN 50081-1, 1992 Immunity: EN 50130-4, 1995 EN 61000-6-2, 1999
E.c. parameters	II 1 G EEx ia IIC Ta = +70°C I _n = 0.5 mA C _u = 21 mS L ₁ = 0 P ₁ = 43mW

图10 BF-502/EX



Technical specifications		Directive and standards
Weight	1.8kg	
Material	Polycarbonate	
Colour	Light grey	
Degree of protection	IP55	
Temperature	0 ~ +60 °C	
Humidity (non condensing)	Max. 95%	
Supply voltage	24 VDC	
Current consumption	50 mA	
Maintenance	None	
Service	Replace if faulty	
Environmental requirement	EN 15039	
Certificates	See website	
Barier certificate	BA5 20 ATEX 7087 NEMKO 03A 03009	
Barier	Peperhaufen K050-03-01-54	
Worked body	NEMKO 03 no. 0470 CMA	
E.c. certificate	NEMKO 03A TEX218X NEMKO 03A 03009	

图11 BZ-500, Exia

4.2 火气探测系统组成：现有的气体监测系统将保留在船上，新增的新区根据规范要求新布置气体探测器和火焰探测器。



图13 GAS DETECTOR (DUCT MOUNTING)

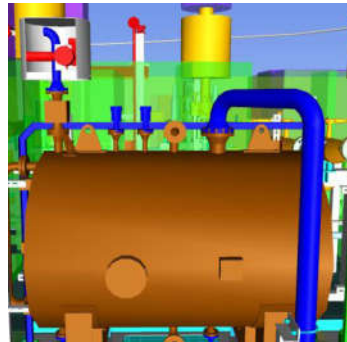


图14 GAS DETECTOR (CAGE MOUNTTYPE)



图15 GAS DETECTOR (WALL MOUNTING)



图16 FLAME TYPE (WALL MOUNTING)

工作站：2台，厂家：KONGSBERG。

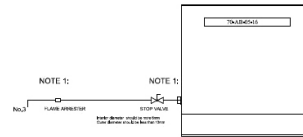
F&G指示板，1台24VDC，厂家：MRC。

F&G指示面板电源单元：输入：220V；输出：24VDC，厂家：MRC。

气体探测取样板：SAMPLING TYPE WITH STOP VALVE BOX AND GAS DETECTORS, IP44，厂家：TYCO见图12。

气体探测器：GIR-3000, Exd IIC, IP66, 4~20mA, 0-100%LEL, INFRARED, 厂家：TYCO, 见图13、14、15。

火焰探测器：FV411f, Exd IIC, IP66, 4~20mA, INFRARED, 厂家：TYCO, 见图16。



GAS DETECTION MAIN PANEL



图12 GAS DETECTOR (IN GAS DETECTION SAMPLING PANEL)

5 规范对火警火气系统的要求

5.1 在FSRU的设计中，可燃气体探测系统占据着至关重要的地位。为确保其安全性和可靠性，系统设计必须严格遵循一系列国际规范和规则。

首先，IMO IGC Code作为散装运输液化气体船舶的

专用国际规则,其要求具有强制性,并广泛适用于各类液化气运输船,包括LNG、FSRU船。此外,IMO IGF Code针对使用气体或其他低闪点燃料的船舶,同样具有强制性的安全指导。

同时,IMO FSS Code和SOLAS为船舶火警系统设计提供了强制性的要求,确保在紧急情况下,系统能够迅速响应并有效控制火势。

此外,考虑到不同船级社规范的差异,本项目特别参考了劳式船级社(LR)的规范,并结合设备厂家的相关要求,对火警火气系统进行了全面而细致的设计。这样的设计既符合国际规范,又满足了船级社和设备厂家的特定要求,确保了液化气运输船在航行中的高度安全性。

5.2 根据IMO IGC Code第13章第6节的规定,船舶上的多个关键区域必须配备固定的可燃气体探测系统和声光报警装置,以确保航行安全^[1]。这些区域包括封闭货舱,其中含有气体管道、设备和燃烧装置;可能积聚危险气体的围壁或半围壁舱间;以及空气闸等。特别地,如果曲轴箱、油底壳、扫气空间和冷却系统通风口存在燃气泄漏风险,同样需要安装此类系统。通风罩和燃气管道也应纳入监测范围。此外,冷却/加热回路、惰性气体发生器供应集管和货物装卸机械机房、马达间等区域,因其潜在的气体泄漏风险,也必须配备可燃气体探测和声光报警系统,以便及时发现并处理潜在的安全隐患^[1]。

5.3 根据IMO IGF Code第15.8节的规定,为确保船舶安全,下列关键区域应配备固定的可燃气体探测系统以及声光报警装置。这些区域包括罐体连接空间、燃油管周围区域、燃气设备所在的机舱、压缩机室、燃料调配室等封闭空间,以及可能积聚燃料蒸气的其他封闭或半封闭空间。此外,空气闸、燃气加热回路膨胀罐以及与燃料系统相关的机舱也必须安装此类系统。最后,基于风险评估,在住宿和机械空间的通风入口,如有需要也应安装此类设备。这些措施旨在实时监测可燃气体泄

漏,并通过声光报警装置迅速提醒船员,从而有效防止火灾和爆炸事故的发生,保障船舶运营安全^[2]。

5.4 根据FSS Code和SOLAS公约的相关规定,火警系统的现场设备布局需精确且合理。在生产区,需部署可燃气体探测器、火焰探测器以及手动报警按钮,确保任何火情都能被及时发现和应对。公共区域同样应安装这些设备,保障公众安全。控制室和电气设备间是火源风险较高的区域,因此需安装热探测器和烟探测器,以及手动报警按钮,实现多重保障。生活区则以烟探测器为主,辅以手动报警按钮,确保居住安全。电池间作为特殊区域,应配置热探测器和氢气浓度探测器,以应对潜在的火灾和气体泄漏风险^{[3][4]}。

6 系统的其他功能设置

火警火气系统是船舶安全体系的核心组成部分,通过总线方式即时传递火警检测设备的状态至中控系统,确保生产及人员安全。当火灾或气体泄漏被触发时,ESD关断系统会迅速响应,切断生产和共用系统。该系统还控制水喷淋、CO₂、水雾以及部分HVAC系统,一旦火灾被探测到,相关区域的喷淋阀将自动启动;危险气体被探测到,则会关闭相关HVAC设备。火警火气系统的可靠性至关重要,它能对潜在危险进行及时监测和处理,有效预防火灾和气体泄漏,从而保障人员安全,减少经济损失。

参考文献

- [1]IMO. International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk, 第13章第6节. 2014
- [2]IMO. International Code of Safety for Ships Using Gases or Other Low - Flashpoint Fuels, 第15.8节.
- [3]IMO, Fire Safety Systems,第9章.
- [4]IMO, International Convention for the Safety of Life at Sea, II-2 Part C.