

新型 LNG 动力燃料船舶的建造检验探讨

蓝利雄

(汕头造船厂有限公司, 广东 汕头 515041)

摘要 近年来,在全球“节能减排”战略及能源结构不断改变的背景下,LNG 替代常规燃油作为船舶动力燃料引起造船业及航运业界广泛关注,与此同时,LNG 船舶技术也取得了积极的发展,天然气燃料动力船舶规范、内河天然气燃料动力船舶法定检验暂行规定于 2013 年陆续生效,这标志着混合动力燃料(LNG)船舶建造和检验工作又向前迈出了实质性的一步,但是由于该类船舶建造目前在我国还处于摸索阶段,技术关键点、检验重点都有可能无法被建造检验工作全面有效地掌握,出现诸多隐患及不确定因素等。因此,本文对施工检验的难点、关键问题进行了深入探讨,旨在为相关人士提供借鉴。

关键词 新型动力燃料;船舶轮机;电气检验

中图分类号:U677

文献标识码:A

文章编号:1007-0745(2023)01-0001-03

在国内,船舶燃料供应一直以来是制约动力燃料推广应用的重要瓶颈,自 LNG 船舶出现以来,一直处于试验阶段。LNG 作为清洁、高效、低成本的船舶能源之一,在环保和节能方面具有明显优势。目前 LNG 船用动力系统已经成熟、可靠地应用于各类船舶和公务船。而随着我国内河 LNG 船舶使用技术的不断成熟,相关证书将逐步得到承认和认可。基于此种情况及现状,本文在总结目前检验经验的基础上讨论了相关问题。当前国内外多家科研机构致力于为远洋油轮研发新型燃料。在这种背景下,多家船企相继推出系列适用于 LNG 船用的设备、系统、部件。此外,随着近年来我国航运业持续发展以及《中华人民共和国海商法》《船舶安全检验条例》等法律法规出台之后,我国相关标准也日趋完善和健全。因此,我国目前船舶工业研发力度不断加大,已有多艘远洋邮轮完成了系统的设计,并投入运营。

1 新型动力燃料(LNG)船舶建造及检验路径

船舶所有设备都应该在其相应的技术文件中体现,因此,要保证设备运行正确。同时,为保证设备可靠运行,设备的操作性能要符合设计要求。在进行 LNG 船舶轮机与电气项目施工时,主要检验的内容包括:机械性能参数是否符合设计要求,机械设备和电气设备的性能是否满足设计要求;机电设备在试运行时应该具有良好的使用状态和操作性能;电气设备在试车或正常运行时需要具有良好的电气性能和操作性能^[1]。例如发电机的性能与电压等级选择问题;发电机工作时是否设置了相应的安全保护装置;发电机正常运行

时是否有自动停机现象;电机运行是否有明显振动,有无噪声;发电机是否存在超负荷运行情况等。对于设备的设计安装是否符合规定要求、电气设备、机械设备安装是否符合施工图纸要求、电机运行是否满足安全标准等都是现场检验要重点检查的内容。

2 LNG 船舶管路检验

LNG 是一种清洁能源,其在生产制造过程中不会对环境造成任何影响,而且其能量的利用率很高;同时,在燃烧过程中不会产生任何有害物质,这些优点让 LNG 船舶能够在世界范围内得到广泛使用。据统计,我国的石油消费量约占世界石油消费总量的一半左右,而 LNG 所占比例则是一半左右;国家将其列为重要的战略产业;同时我国的 LNG 进口也呈现出逐年上升状态,这对于保护我国海洋环境安全具有非常重要之用。在船舶设计建造过程中,相关技术人员要在确保质量和安全可控的前提下优化设计方案且不断完善其安全性能设施建设。船舶设计工作作为船舶产品研发过程中的基础性工作之一,海事主管部门对 LNG 技术质量以及安全性进行监督检验是保证船舶系统安全性、稳定性和可靠性的重要手段。LNG 管道系统通常由注入管路、供气管路、透气管路和排气管路(或充惰管路)组成。管道在制造、安装、密封性、使用等方面都要按照核准的图纸检查、试验^[2]。对管道系统进行检验,其要点如下:(1)在布置管道时,要考虑管道热变形,船体部件移动所产生的过大应力。(2)膨胀接头应避免过大膨胀与挤压,对其邻近管道应进行正确的支撑与紧固。对于膨胀式波纹管接头应避免机械损坏;对

凸缘连接应设防松垫片以防螺丝帽松动。(3)当储气箱或者管道与船体结构之间绝缘隔离的时候,管道与储气箱之间必须电气接地。管道接口处应电气接地。

(4)空气供应管道时,应尽量减小软管和法兰数量,不应采用滑动伸缩连接方式。(5)LNG管路系统应远离船外板800毫米。(6)LNG管道系统要有足够柔性,一般采用U型或者直角式扩张弯曲方式,以免管道扩张受压。(7)LNG管线上必须采用统一彩色标志。标识颜色应明显区别于周边舱壁和设备,例如黄和红色。

(8)LNG管一般采用耐寒不锈钢管,常用奥氏体不锈钢304,308,316。不锈钢管焊接工艺须提交验证。施工时,不锈钢管材必须经过运输、贮存、加工等各环节保护,以防晶间腐蚀。(9)LNG管道焊缝须经认证并达到规定要求进行非破坏性检测。

3 充装系统及检验

装设于尾楼两层敞开放式甲板内,全开放式甲板危险区域划分图表示为表示电气设备及电缆级别,通风管道,主机进排气管部位,船员舱室门窗部位等信息的重要依据。电器设备防爆级别及温度等级不低于IIA,T2。装填操作站应设于距危险区较远的适当地点,加装2部便携式W高频无线电话以满足环境需求,操作站利用基本安全电路监测气罐压力,温度及液位,远程截止阀控制由充装在操作站内的电磁阀自动闭合压缩空气,充油管道和燃料管道的联接、法兰联接应满足要求^[3]。

4 气罐系统及检验

气罐场所主要由气罐、换热设备以及部分管路等组成,主要有以下几种危险:一种是因气罐与换热设备漏气而发生“冷脆”,造成结构垮塌;另一种是因气罐,热交换设备和管道泄漏产生易燃气体和着火源造成火灾危害。现有LNG动力船舶都是按压力容器标准设计的C型储罐,一般采用如下措施:一是纯真空;二是用玻璃纤维绕制并真空填充;三是用珍珠岩。其中使用最多的有玻璃钢、真空等。储气罐(冷柜)接口处:储气罐可置于敞开口甲板或密闭处。如果储罐的接头、阀件等不设置在敞口甲板上,则应保护在用耐寒材料制造的地方,俗称“冷箱”。检测时应注意:

(1)按批准的图纸及公认的安装工艺要求检验气罐是否安装好并固定好。煤气罐应采用支撑部件(鞍架)和两个鞍架。(2)船体强构件(如:强横梁、纵桁、实肋板、龙骨)装有鞍座,鞍座之间必须相互牢固连接。真空隔热槽内其鞍座通常用作储罐产品。(3)气瓶与船体连接应牢靠。(4)要注意鞍座底板和船体底座之间的连接强度,如用螺钉连接时,要注意螺钉预紧力。

(5)为减小船体变形给油缸带来的冲击,油缸和船体的联接并不坚硬,也就是一头鞍座固定一头滑动。(6)就海上船只而言,包括管道和阀门部件在内的储罐或储罐与船舷之间的距离不小于B/5(B是船最大宽度,米)。除客轮和多体船外,其他船舶可以不超过B/5,但无论如何,这一距离不得小于0.8米。在内河中,气瓶或气箱(它由管道及阀门部件组成)与船舷之间的距离至少为B/10。如果储气罐在船尾甲板上,要采取适当防护措施以免追尾造成气罐损坏。对于内河船舶,如果船体与船尾甲板线相交的切线与水平线的夹角不超过50度,则应视为采取了保护措施^[4]。

气罐罐接头处检查内容大致分以下几个部分:(1)罐体接头处,法兰和阀门若未布置于敞口开甲板处,则要与罐体接头处封闭。(2)储罐接头处的设备必须能承受低温液体泄漏且不丧失功能。气罐的接头处一定要用耐寒材质制成,一般为奥氏体不锈钢。(3)罐体连接位置的限位接口包括出口(如果设置),应为密封型式。(4)空气盒包括第二屏幕(如果设置),并且不能靠近机械设备和其他容易发生火灾的地方。如果用隔板分隔,隔板应至少宽900毫米。对于真空隔热C型储气箱,如果储气罐与舱壁之间的距离不小于900毫米,则储气罐可以作为隔离室使用,但如果储气罐设置在机械设备或其他容易发生火灾的危险区域上方。(5)若在气罐连接处设置进出口,门槛应不低于300毫米,或按液化天然气泄漏后液面等级确定。

5 机械处所及检验

机械设备主要有发动机、电子控制单元以及燃气管道等,其中发动机、电子控制模块以及燃气管道属于发动机以及管道泄漏产生易燃气体。同时发动机燃油特性变化还可能导致发动机爆燃、拉缸和磨损等失效。此外,中央控制室为燃油供应中心,因此其危险性主要表现在可靠性、与发动机配合工作性能等方面。

机械设备内空气供应:实质上安全机舱内必须使用双层管道,所以,它有二种形式,一种为同心管,位于内筒和外筒中间,安装一个大于内筒的惰性气体并在检测出惰性气体后报警;另一种是将空气管道置于通风管道上,管内装有吸风机。

ECU就是在一定条件下用电气来控制汽油与燃料的系统。本装置能够对喷气流量、空燃比、点火时间和喷油量(有时)进行控制,并且能够灵活调节燃气发动机各系统参数以达到对外数据交流的目的。它的检查需要:(1)对船舶驾控系统、监控系统、燃气控制系统进行信息交流。(2)电源中某条线出现故障后,

系统能自动转换至其他线。(3)故障仿真最大程度检验相关电气控制系统报警及监测功能。

引擎 ECU 必须具有 CCS 认证。所述驾驶室、机舱集控室、操纵室内均设置有显示装置。引擎 ECU 要有主备和应急供电能力。油罐处所及充装站位于尾楼开放的二层甲板上,未进入舱内空气供给管线阀门部件位于“冷箱”内,进入舱内阀门部件位于“阀箱”内,主机为国产最新型气缸式多点喷射双燃料发动机。管道须使用耐低温材料且有船检批准船舶产品认证,其制造工艺、焊接工艺、热处理工艺和安装工艺应通过船检批准,有气体泄漏风险的地方要安装集液盘,船舶在气罐供气管线上安装“冷箱”,冷箱可以替代储液盘使用,储液盘位置要绝缘性好,并且通过垂向海面附近的排水管从舱口以上流出,以防漏水后低温伤害人及船体,排气管宜选用耐寒材料。液化气体体积小,可产生大量气体。1 立方米 LNG 可转化为体积约为 600-625 的气体,若操作不当将引起超压或气体大量积聚:规范 4.3.1.4 规定,低压供气管道的设计压力应不小于供气管道的最大工作压力,因此,对供气通风管道、“冷箱”“阀箱”等都有较高的强度要求,在上船后,对供气管道、通风管道都有较高的要求、“冷箱”“阀箱”强度试验均可通过气密性试验进行。为避免煤气管道发生泄漏,管道出口安装气体检测器实时监控整个供给管道,避免煤气泄漏造成舱内气体聚集^[5]。

此外,CCS 也提出“强化安全设备场所”这一概念,它要求设备所处管道为焊接形式,满足 I 级管路的要求(全焊透),一切阀件及配件均应围蔽于气密阀箱中,其检测及通风均应按危险处对待。燃气发动机分为 1 台和 2 台。根据喷油压力能否大于 1 兆帕可分为高压燃气发动机与低压燃气发动机两大类。天然气进气方式决定着燃气供应形式,极大地影响着天然气经济性、动力性和排放性。系统进气模式如下:(1)进气量总管进气量,又可以分为增压前进气量和增压后进气量两种;(2)通过进气管或者进气管向汽缸内混入空气;(3)高压直喷汽缸内。目前 MAN B&W MEGI 发动机属于高压进口型直喷型发动机;瓦锡兰 DF 引擎使用分支进气管,内河改型引擎均为前进气道,由于未对引擎做过多优化,致使引擎效率与排放性能均差强人意。

6 结语

就 LNG 燃料船本身技术发展而言,LNG 在贮存、运输、补给和安全方面都较常规柴油船有较大变化,主要表现在 LNG 储罐和动力装置两个方面。在 LNG 燃料船舶的建造过程中,燃料补给和其他方面是主要工

作,此外还需要对通风系统、消防系统、可燃气体探测系统以及气体燃料控制系统进行考察。LNG 动力船舶在我国的使用和推广有着很好的前景,对国家能源结构调整、环境质量改善、节约能源和国民经济持续发展都有着重要的现实意义。国内 LNG 动力燃料船建造检验起步较晚,大部分都是由传统船厂建造完成,船检机构从船东获取的资料和相关的技术标准不统一,缺乏船企之间的沟通,使得船检工作不能满足船舶规范要求,难以为船东及船检机构提供必要的技术支持。同时因为不同船舶标准和规范要求不一,船检人员对标准规范掌握得不够全面,导致部分检验结果偏差大、与建造检验实际不符等问题仍然存在。所以在加强对于 LNG 动力燃料船舶在研发过程中相关研究的同时更应该注重实践中可能存在的问题,并积极寻求解决之道。一方面应该认真学习国外相关标准规范,了解 LNG 航运技术的发展动态以及我国具体情况,制定相应措施,并在建造检验过程中将其应用于实际之中,保证其合理有效。另一方面应充分借鉴传统船型建造过程中积累下的经验及做法。在理论研究中对相关理论进行充分阐释后方能应用于实际当中。另外,还可以加强对新型 LNG 船进行型式审查与相关规范研究,对我国 LNG 动力燃料新型船舶进行规范化生产监管。同时加强人才培养和技术支持力度,并鼓励企业积极探索符合中国实际经验的理论和新技术应用方法,建立健全技术标准体系,以满足新能源船舶设计和制造的特殊要求。总之,在当前新能源船舶产业快速发展阶段,应根据实际情况建立完善各种体系,为新能源船舶提供专业的技术支持与保障。

参考文献:

- [1] 占雷.新型混合动力燃料(LNG)船舶建造检验[J].中国水运(上半月),2015(01):34-35.
- [2] 黄俊.新型混合动力燃料(LNG)船舶轮机检验要点探讨[J].建筑工程技术与设计,2016(27):1976,2097.
- [3] 凌黎华,徐春晖.LNG双燃料动力船舶的安全监管研究[J].航海,2022(02):29-32.
- [4] 韩洪亮.对LNG作为船舶代用燃料的应用的探讨[J].中国机械,2014(17):113.
- [5] 王其端.LNG燃气混合动力船舶安全技术要点[J].中国水运(上半月),2013(05):40-41.