

海员特殊培训系列教材

液化气船安全知识和操作

罗龙军 范秀奇 王为昭 主编

中华人民共和国海事局 审定



大连海事大学出版社

海员特殊培训系列教材

- 油船安全知识与安全操作
- 原油洗舱
- 化学品船安全知识和操作
- 液化气船安全知识和操作
- 客船及滚装客船安全知识和管理
- 高速船安全知识和操作
- 大型船舶操作及模拟
- 船载散装固体危险和有害物质的安全知识和作业
- 船载包装危险和有害物质的安全知识和作业

ISBN 7-5632-1272-8



9 787563 212729 >

ISBN 7-5632-1272-8

U·307 定价: 53.00 元

海员特殊培训系列教材

液化气船安全知识和操作

罗龙军 范秀奇 王为昭 主编

中华人民共和国海事局 审定

大连海事大学出版社

内 容 提 要

该书是为配合中华人民共和国港务监督局新颁布的“液化气船船员特殊培训纲要”的实施而编写的,是海员特殊培训系列教材之一。书中详尽论述了液化气船运输中的安全知识和操作要求,包括 STCW 公约对人员的要求,及 SOLAS 和 MARPOL 公约对设备及操作的要求。

全书分上下两篇。上篇液化气船安全知识,主要包括液化气性质、船舶消防、防污染、人员安全保护装置、医疗急救、应变部署、安全作业等。下篇液化气船安全操作,包括国际公约、国内规定、船舶设计构造、货物安全技术要求、货物操作系统、货物检测设备、船岸联系、货物测量与计算、港口国安全检查等。

本书虽为液化气船船员特殊培训之用,但也可作为液化气运输方面的管理人员及海运院校师生学习和工作的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

液化气船安全知识和操作/罗龙军等主编. - 大连:大连海事大学出版社,1999.9
ISBN 7-5632-1272-8

I. 液… II. 罗… III. 液化气体船-安全技术 IV. U674.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 21373 号

大连海事大学出版社出版

(大连市凌水桥 邮政编码 116026 电话 4727996)

大连海事大学印刷厂印刷 大连海事大学出版社发行

1999 年 11 月第 1 版 1999 年 11 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:28

字数:699 千字 印数:0001~2000 册

责任编辑:张宏声 封面设计:王 艳

责任校对:二 凡 版式设计:张 弛

定价:53.00 元

前 言

为了履行国际海事组织《1978 年海员培训、发证和值班标准国际公约(1995 年修正)》(简称 STCW78/95 公约),提高液化气船船员的安全技能,交通部港监局组织深圳水上安全监督局和蛇口华南液化气船务有限公司的有关专家联合编写了这本液化气船船员特殊培训教材《液化气船安全知识和操作》。

本教材是根据部港监字[1997]369 号文《中华人民共和国散装液体货船船员特殊培训、考试和发证办法》中规定的《散装液化气船船员特殊培训纲要》要求,以及 STCW 78/95 公约第 V 章“关于特种类型船舶的船员特殊培训要求”进行编写的,在编写过程中参照了 IMO 示范教程 1.05、1.06 所提及的内容,并参考了大量有关的资料文献。

本教材力求简明实用和通俗易懂,编写时考虑到我国有关液化气海上运输方面的资料较少,因此在满足培训纲要要求的基础上,适当增加了部分实用资料,以供读者在实际生产中参考使用。超出培训纲要要求的章节内容,本教材用符号“*”标示出来。

本教材内容丰富,全面覆盖了 IGC 规则中所规定的 32 种液化气货品和各类液化气船型,对各种液化气货品性质、安全运输技术要求、应急操作和各种液化气船安全设备、货物系统和操作原理予以重点介绍,同时也较为系统地介绍了液化气船的安全管理与防污染的措施,并兼顾了目前液化气海上运输发展的最新技术。

按照培训教学大纲的要求,本教材分为上、下两篇,上篇为液化气船安全知识,下篇为液化气船安全操作,其中安全知识适合于所有液化气船员,而安全操作仅适用于船长、轮机长、驾驶员、轮机员及参与货物作业的所有普通船员。

本教材除作为我国液化气船船员特殊培训的专用教材外,还可供航运部门、液化气管理公司、港航监督、船检、修船厂、液化气码头气库以及大专院校师生参考使用。

本教材由深圳水上安全监督局索戡副局长、王为昭处长负责策划和组织领导工作,并审阅初稿。

本教材由罗龙军、范秀奇、王为昭任主编,担任具体起草编写工作的有:刘仕峰、余小燕、唐德清、张兆伟、魏伟坚等同志。

本教材经交通部海事局陈鹏处长和广州港务监督卢庆丰处长主持审定,徐增祥、张振新同志参加了教材审定工作。

本教材的编写工作得到深圳水上安全监督局和蛇口华南液化气船务有限公司的大力支持协助,使撰写工作得以顺利完成,谨此表示衷心的感谢。

由于散装液化气的海上运输涉及的专业技术内容很广,限于编著者的理论水平和实践经验,错漏之处在所难免,本书不当之处,恳请广大读者不吝指正。

编著者

1998 年 10 月

目 录

上 篇 液化气船安全知识

第一章 液化气船的基本介绍及 STCW 公约对液化气船员的培训发证要求	1
第一节 液化气船发展的概况及液化气运输贸易的需求	1
第二节 液化气船的类型	7
第三节 与液化气船运输有关的名词术语	10
第四节 STCW 公约要求和我国船员管理规定	12
思考题	18
第二章 液化气的性质	19
第一节 物理化学常用名词和概念	19
第二节 液化气的定义及货品种类	23
第三节 液化气货品的基本性质	25
* 第四节 常见的液化气货品介绍	28
思考题	36
第三章 液化气货品的危害特性	38
第一节 液化气燃烧爆炸的危害	38
第二节 液化气对人体健康的危害性和相应的初步治疗	40
第三节 液化气的低温、腐蚀和软化溶解的危害	48
* 第四节 液化气的压力、冷凝和热膨胀等危害性	51
思考题	52
第四章 液化气船消防	53
第一节 燃烧的消防原理	53
第二节 常见的灭火剂及其使用	58
第三节 液化气船火灾的消防措施	63
第四节 液化气船固定式灭火系统	65
思考题	68
第五章 液化气船的污染及其防止	69
第一节 液化气船大气污染	69
第二节 液化气船海洋污染	74
第三节 液化气船造成污染的途径和防止污染	76
思考题	78
第六章 液化气船人员安全保护装置和用具	79
第一节 人员安全保护装置的内容和配备要求	79

第二节	呼吸器具	81
第三节	氧气复苏器	89
第四节	人员防护安全用具	90
思考题	.....	93
第七章	液化气船货物事故的人员医疗急救	94
第一节	对呼吸停止/呼吸困难者的急救	94
第二节	货物事故的紧急治疗处理方法	102
* 第三节	液化气中毒及其诊断治疗	106
* 第四节	常见液化气货品的医疗急救	115
思考题	.....	118
第八章	液化气船应变部署和应急程序	120
第一节	应变部署	120
第二节	应急程序	123
思考题	.....	128
第九章	液化气船安全作业	129
第一节	进入封闭处所	129
第二节	液化气船修理作业	134
* 第三节	液化气船岸安全管理	139
第四节	液化气船《船岸安全检查表》	144
思考题	.....	148

下 篇 液化气船安全操作

第十章	液化气船运输的有关名词概念和技术术语	149
思考题	.....	161
第十一章	液化气基础知识和有关物理化学性质	162
第一节	液化气的物理性质及相关计算	162
第二节	液化气化学性质	177
* 第三节	液化气货物的理化性质数据表	188
思考题	.....	192
第十二章	热力学基本理论和液化气再液化原理	193
第一节	热力学中常见的度量单位及其换算	193
* 第二节	气体方程和热力学定律	199
第三节	物质状态的改变	205
* 第四节	焓、熵和状态图	209
第五节	制冷和液化气再液化原理	214
思考题	.....	220
第十三章	国际公约和国家规定介绍	221
第一节	1974 年国际海上人命安全公约(SOLAS 1974)	221

第二节	1973 年国际防止船舶污染公约及其 1978 年议定书(MARPOL 73/78)	224
第三节	IMO 液化气船规则	225
第四节	相关的国际性指南介绍	229
第五节	我国有关液化气船的管理规则	231
第六节	港口规定	234
思考题		236
第十四章	液化气船的布置、设计、构造和船型	237
第一节	液化气船的安全布置与要求	237
第二节	液化气船液货舱及其货物围护系统	240
第三节	液化气船的检验和发证	246
第四节	各种液化气船的设计依据及其结构特点	247
思考题		259
第十五章	载运液化气货品的安全技术要求	260
第一节	液化气货品的危险性描述及其对船型的要求	260
* 第二节	液化气货品特性对海上运输的安全要求	262
* 第三节	海上经常运输的特殊液化气货品的安全要求	264
* 第四节	特种液化气货品氯和环氧乙烷的安全运输	269
思考题		275
第十六章	货物操作系统及其附属装置	276
第一节	货物管路和阀门	276
第二节	货泵	277
第三节	货物压缩机及抽气机	282
第四节	货物加热器和蒸发器	285
第五节	再液化系统和 LNG 蒸气处理系统	287
第六节	压力释放系统	295
第七节	应急截止系统	298
第八节	惰性气体系统	300
第九节	货物操作系统的其他设备和附属装置	304
思考题		308
第十七章	液化气船货物检测仪表及各种监控报警系统	309
* 第一节	液化气船的货物监控、测量项目	309
第二节	液位测量设备及监控报警系统	310
第三节	压力监测设备和压力报警系统	315
第四节	温度检测设备和温度报警装置	317
第五节	气体检测设备	318
第六节	固定式货物气体监测报警系统	328
思考题		329
第十八章	液化气船船岸联系和货物作业	330
第一节	装卸货作业前船岸双方交换的资料信息	330

第二节	货物作业前的安全准备工作	332
第三节	货物作业	337
第四节	液化气船对船驳载作业	359
思考题	.....	363
第十九章	液化气运输技术及货物的测量与计算	364
* 第一节	压力叠加和翻滚	364
* 第二节	压力冲击	365
* 第三节	船岸间的电流及电气连接	369
第四节	液货舱充装极限的计算	371
第五节	货物的测量和计算	373
思考题	.....	381
第二十章	防止污染	382
第一节	液化气在大气中的扩散	382
第二节	液化气比重和溶解度对污染的影响	383
第三节	有关防污染规则的介绍	384
第四节	船上油污应急计划	389
思考题	.....	392
第二十一章	液化气船的港口国安全检查	393
* 第一节	液化气船安全检查前的查询项目	393
* 第二节	现场察看内容	396
* 第三节	其他	402
思考题	.....	405
第二十二章	液化气货物资料	406
* 第一节	概述及应用说明	406
* 第二节	货物资料介绍	407
思考题	.....	439
参考文献	.....	440

上篇 液化气船安全知识

第一章 液化气船的基本介绍及STCW公约 对液化气船员的培训发证要求

第一节 液化气船的发展概况及液化气运输贸易的需求

一、液化气船的发展概况

液化气体船的发展与石化工业的发展紧密相联。人们在开采、加工石油过程中发现了储量丰富的石油和天然气,它们既是使用方便、热值高、污染小的燃料,也是重要的化工原料。然而,石油气和天然气在自然环境条件下呈气态,密度很低,必须将这些气态物质进行液化,才便于储存和运输。许多化学气体,如无水氨、氯乙烯、乙烯、丁二烯、环氧乙烷等,它们的理化性质与石油气、天然气相近,存在相同的储运问题。因此,国际上许多机构被这种前景广阔的储运业所吸引,竞相投入大量的人力物力,用于研究和发展这些气态货物在海上的运输。

由于运输成本的原因,气体需液化后在海上运输才经济可行。气体被液化后就称为液化气,如液化石油气(简称LPG)和液化天然气(简称LNG)等。液化气船就是一种将液化后的石油气、天然气及理化性质与它们相近的其他化学气体,运输到气体消费地或中转站的海上运输专用工具。

由于LNG和LPG是最主要的海上运输液化气货品,其他许多液化气货品均可由这两种船兼运。本节主要以LPG船和LNG船为例加以说明。

1. LPG船

(1) LPG船发展概况

在20年代就出现了改装旧船,在甲板上安装压力容器来储运液化石油气。世界第一艘专用LPG船是Agnita号,它是由一艘油船改装而成的,由英国的一家船厂负责改装,该船在货舱内垂直地安装着12个铆制的压力式液货容器,容器内装载的是常温加压液化的丁烷。在以后相当长的一段时期里液化石油气船都是由旧船改装的。直到40年代末和50年代初期,欧洲国家开始大量使用液化石油气作为工业生产和民用燃料,液化石油气的海上运输业务日益增多,一些国家才开始设计建造专用的小型全压式液化气船。

在整个50年代期间,液化气的海上运输采用常温下加压液化方式运输,船舶载货容积小。为增大载货量,减轻造船和运输成本,船用制冷技术被引进液化气运输中来。

1959年英国的一家船厂成功地采用船舶制冷技术,建成了第一艘半冷半压式液化气船“DESCARTES”号,从60年代初期开始,各国才开始建造半冷半压式液化气船。这些早期的半冷半压式液化气船的载货舱容都在5 000 m³以下。

船舶冷藏技术的应用导致液化气船从全压式发展到半冷/半压式,液化气船从此进入一个新的阶段。炼钢技术的发展和耐低温材料技术的革新,又使得液化气船储运温度更低的液货成为可能,从而导致全冷式液化气船相继出现,不但使液化石油气运输得到更为令人满意的效果,而且开创了液化天然气海上运输的历史。

1962年,日本三菱重工业株式会社横滨船厂建成了第一艘全冷式液化石油气船“BRIDGESTONE MARV”,该船由纽约亨利公司设计舱容为 2.8 m^3 ,可装载 -45°C 的低温液货。

整个60年代,液化气船的建造发展非常快。租船人要求船舶具有更大的机动性,新造船要求能够在海上或装货时对货物进行加热或冷却,并能在卸货时提升货物的温度,因此,在1967年由Chantiers Navaals la Ciotat建成第一艘既能装半冷货物又能装全冷货物的船舶——半压/全冷式液化气船“PSCAL”号,该船还具有把常温的货物装船后再进行冷却的能力,总载货舱容 6310 m^3 。第二年,该船厂又建成一艘比同类型稍为复杂的液化气船 6327 m^3 的“HUMBOLDT”号用于远洋液化气运输。该船的适装性很强,允许在同一时间向6个卧式液货舱装6种不同的货物。

近代的液化气船从安全性、经济性、防止海洋和大气污染以及自动化程度等方面都得到了很大提高和完善。另外就适装货品而言,LPG船从过去只运输单一的LPG货物,发展到目前可兼运许多化学气体如氨、氯乙烯、丁二烯等,甚至可装载环氧乙烷、氯和二氧化硫等剧毒特危险货品。随着人类需求的不断提高,液化气船的发展前景会更为美好。

(2)LPG船的船队简况

LPG船的大量建造是70年代初开始的。建造量的高峰有两个:第二次石油危机前后的1976~1980年,以及1990~1995年。第一个高峰建造197艘、 351 m^3 ,占船队总容量的30%;第二个高峰建造222艘、 370.7 m^3 ,占船队总容量的32%。

据Clarkson统计,1996年全世界有LPG船853艘,总舱容 1165.5 m^3 。从船型看,容量 6 m^3 以上的巨型液化气船(VLGC)有84艘、总舱容为 643.6 m^3 ,占船队总容量的55%强,船型已趋向大型化。

据统计,以舱容量计算,挪威有81艘、总舱容为 259.7 m^3 ,居世界第一;其次为巴拿马,有160艘,总舱容为 251.8 m^3 ;利比亚居第三,有61艘,总舱容为 160.8 m^3 ;日本名列第四,有178艘,总舱容为 80.4 m^3 。日本拥有的LPG船只较多,但大多数是在沿海运输的小型LPG船。来往日本的大型LPG船,包括日本籍,方便旗船在内,共舱容达 325.4 m^3 。

表1.1是世界LPG船队一览表,表1.2是各年建造的各型LPG船数量表。

表1.1 世界LPG船队

建造年	艘	1000 m^3	建造年	艘	1000 m^3
1970	274	1384	1987	659	7733
1975	404	3007	1988	663	7886
1980	528	5958	1989	662	7907
1981	568	6530	1990	682	8133
1982	617	6974	1991	716	8827
1983	651	7549	1992	771	9754
1984	660	7991	1993	813	10644
1985	658	7756	1994	816	11155
1986	664	7845	1995	820	11325
			1996	853	11655

表 1.2

各年建造的各式 LPG 船的数量(1996 年初)

年 份	~1965	1966~1970	1971~1975	1976~1980	1981~1985	1986~1990	1991~1995	合计
船 型 m ³	艘 1000m ³	艘 1000m ³	艘 1000m ³	艘 1000m ³	艘 1000m ³	艘 1000m ³	艘 1000m ³	艘 1000m ³
~5000	26 27	69 105	61 123	120 196	79 163	84 193	102 268	541 1075
5000~20000	3 31	15 201	8 67	31 275	49 440	20 212	33 269	159 1495
20000~60000	1 32	5 122	12 524	15 658	13 466	5 153	17 593	68 2549
60000~	- -	- -	8 573	30 2279	12 937	10 778	24 1869	84 6536
合 计	30 91	89 428	89 1287	197 3510	153 2005	119 1336	176 2999	853 11655

目前的 LPG 船主要建造国是日本、法国、挪威、德国和芬兰等几个国家,其中日本无论从造船艘数或总舱容量均远远超出其他国家。

(3)世界 LPG 生产、消费及海运量

全世界 LPG 的消费规模年年在扩大。

表 1.3 是 1997 年 LPG 消费大国和生产大国情况一览表;

表 1.4 是液化气需求构成表。

表 1.3

1997 年 LPG 消费大国和生产大国情况

国 家	消费量(万 t)	国 家	生产量(万 t)
美国	5 210.8	美国	4 681.1
日本	1 975.7	沙特阿拉伯	1 810.0
墨西哥	882.3	加拿大	1 111.2
中国	834.7	墨西哥	669.0
巴西	634.3	英国	576.5
韩国	603.6	阿尔及利亚	564.9
加拿大	571.4	阿联酋	527.2
印度	461.0	中国	511.6
沙特阿拉伯	365.0	委内瑞拉	507.0
意大利	356.3	俄罗斯	475.1

表 1.4

1997 年世界液化气需求构成表

用 途	需求量(万 t)
民 用	8 747.9
农 业	397.7
工 业	2 361.6
运 输	1 103.8
炼油厂	1 279.5
化 工	3 895.5
合 计	17 786.1

在世界 LPG 市场中,美国、西欧和日本的需求占三分之二,其中美国是世界上的最大消

费国,但也是最大的 LPG 生产国,海运量并不占重要地位。西欧等国也是如此。但日本是世界第二 LPG 消费国,其很大部分是依靠进口,在世界 LPG 进口贸易中所占的比例达到三分之一,在海上运输和 LPG 船市场上占有重要地位。日本在 1996 年度进口量为 1 516.6 万 t,预测 2000 年度将达 1 527.3 万 t,2010 年达 1 708 万 t。

另外与发达国家相比,非欧佩克各国需求也不断增加,特别是亚洲地区的 LPG 需求一直在扩大。由于这几年的持续经济发展和高增长率,以中国、印度为主的国家对 LPG 需求的增长水平在迅速上升,亚洲在 1996 年至 2010 年 15 年间 LPG 进口量将增加 47.6% 左右。

中东产气国是世界上最大的 LPG 出口地区,按 1993 年实绩计算,生产量的 78% 用于出口,占世界总出口量的 46%,1995 年出口量为 2 400 万 t,2010 年将上升到 3 400 万 t。在 LPG 贸易中,中东/亚洲间的货流占特别大的部分。LPG 海上贸易主要航线有:阿拉伯湾—日本、红海—日本、阿拉伯湾/红海—西欧、北非—西欧、阿拉伯湾/红海—美国、拉丁美洲—美国和阿拉伯湾—中国。

世界生产的 LPG 19% 左右经海上运输进入国际市场,1995 年世界海运量达到 4 500 万 t,预计 2005 年前将年均增长 3.9%,2000 年为 5 110 万 t,2005 年为 6 140 万 t,2010 年将达到 6 900 万 t。

在海上运输中,由 LPG 船运输数量较大的货物,还包括氨和其他化学气体(如乙烯、丙烯、丁二烯、氯乙烯等)。1993 年氨的海上运输量为 1 150 万 t,同年 LPG 的运输量 3 580 万 t。有关数据见表 1.5

表 1.5

LPG 和化学气体的海运量

年 份	海 运 量(100 万 t)			合 计
	LPG	氨	化学气体	
1987	27.7	8.0	3.5	39.2
1988	28.5	8.6	3.7	40.8
1989	31.8	8.4	4.1	44.2
1990	31.8	10.0	4.2	46.0
1991	32.9	10.0	4.4	47.2
1992	34.0	10.0	3.7	47.7
1993	35.8	11.5	4.0	51.2
1995	45.0	12.1	4.2	61.3
2000	51.1	13.8	4.3	69.2

由于 LPG 等货物的海运量增加,LPG 船的需求也会不断增加,以 2000~2005 年船舶需求量最大。按吨海里计算,2000 年达 2 660 亿 t·n mile,2005 年达 3 220 亿 t·n mile,2010 年达 3 680 亿 t·n mile,其中容量为 6 万 m³ 以上船型占 50%。

2. LNG 船

(1) LNG 船的发展概况

LNG 船的研究工作由美国于 1954 年开始进行,并于 1959 年获得海上运输 LNG 成功。这引起世界各造船大国的极大关注,在这以后,法国、日本和挪威相继开始了该项研究,并着手建造 LNG 船,从那时起逐步开始了 LNG 的海上运输,但真正形成规模的液化天然气海上运输则始于 1964 年,1964~1969 年是 LNG 海上运输试验阶段,70 年代进入了大规模发展阶段,

各国建造的 LNG 船也越来越大。1964 年建造的最大 LNG 船载货总容积为 2.7 万 m^3 , 1970 年达到 5 万 m^3 , 随着 LNG 船建造技术的迅速发展, 1978 年造出了 13.1 万 m^3 的 LNG 船, 1987 年建造了 13.6 万 m^3 的 LNG 船。目前一些先进的造船国家已先后设计了 25 种以上不同船型并构思出许多运输方案, 并设计出 16 万 m^3 、20 万 m^3 、30 万 m^3 的 LNG 船。由于受港口水深等因素限制, 目前 LNG 船舱容量主要稳定在十几万 m^3 的水平上, 目前 LNG 船的研究方向主要有两方面, 其一是降低建造成本, 其二是提高运行经济性。在适装货品上, 不再局限仅装运 LNG, 而是可兼运 LPG、乙烯等液化气货品。

(2) 世界 LNG 船队简况

据日本燃气矿业协会的调查, 1997 年 12 月末全世界共有 LNG 船(液货舱容量 2 万 m^3 以上, 包括闲置船)100 艘, 总舱容为 1 112 万 m^3 。按液货舱种类统计, 独立球型有 60 艘、697 万 m^3 。薄膜型 40 艘、415 万 m^3 。从营运方式看, 长期合同有 82 艘、现期租船营运有 10 艘。闲置船 8 艘。

至 1997 年 12 月末, 订造未完工的 LNG 船共 22 艘、290 万 m^3 , 美国、日本、意大利、韩国等均在制定 2000~2010 年 LNG 船队扩充计划, 日本除在 2000 年前已定造的船队, 到 2010 年之前再将多建造 55 艘, 美国将定造 15 艘 LPG 船, 韩国在 2000 年计划定造 12~14 艘 LPG 船, 2010 年前 LNG 船需求将翻一番。

从目前来说, 世界上能建造 LNG 船的国家有法国、美国、日本、挪威等 10 个国家。其中主要建造国是法国、美国和日本, 仅这三个国家所建造的 LNG 船艘数就占全世界总数的 70%。如 1996 年 12 月末正在营运的 87 艘 LNG 船中, 薄膜型 35 艘, 独立球型 52 艘, 其中法国的大西洋船厂和 CINIM 船厂建造了 22 艘薄膜型 LNG 船, 日本的三菱重工、三井造船、川崎重工共建了 25 艘独立球型的 LNG 船, 美国通用动力公司建了 10 艘独立球型 LNG 船, 其他船舶分别是由挪威、瑞典、德国、比利时、意大利、英国、西班牙、韩国等国建造的。

(3) 世界 LNG 生产、消费及贸易量

据美国安龙天然公司在 1996 年 1 月 1 日估计, 世界可开采的天然气储量达 437 万亿 m^3 , 如按目前年产量 2.19 万亿 m^3 计算, 可开采天然气储量的开采寿命达 200 年。

1996 年世界天然气消费量 2.19 万亿 m^3 , 其中北美 0.737 万亿 m^3 , 欧洲 0.418 万亿 m^3 , 前苏联 0.526 万亿 m^3 , 亚洲 0.234 万亿 m^3 。由于天然气的价格有竞争力, 在环境保护方面的特色也日益受到重视, 在 2010 年前, 液化天然气的消费量在世界各地都在增长, 液化天然气贸易量的增长将超过其他燃料。

在 1996 年, 世界天然气贸易量(输入量)美国为 12 亿 m^3 , 比利时 40 亿 m^3 , 法国 78 亿 m^3 , 日本 638 亿 m^3 , 韩国 130 亿 m^3 , 台湾 34 亿 m^3 。1997 年 LNG 贸易量亚太地区为 6 250 万 t, 大西洋地区为 2 050 万 t, 合计世界 LNG 贸易量为 8 300 万 t。据预测, 液化天然气的贸易量将从 1995 年的 925 亿 m^3 增长到 2000 年的 1 227 亿 m^3 , 2005 年的 1 558 亿 m^3 , 2010 年的 1 830 亿 m^3 , 年均增长率超过 4.5%。在预测期间, 液化天然气重点需求地区是日本、韩国、台湾, 日本在 2010 年前将达到每年 800 亿 m^3 , 比 1995 年增长 36%。韩国在 2010 年将达每年 295 亿 m^3 , 为 1995 年的 3.14 倍。台湾在 2010 年前将达到每年 140 亿 m^3 , 也为 1995 年的 3 倍以上。三地总计, 共需 LNG 约 1 亿 t, 而欧洲、北美约 3 000 万 t, 日本、韩国、台湾三地区在 2010 年的世界贸易量中将占 70% 的份额。

远东地区的新市场, 如: 泰国、印度、中国、菲律宾等国家, 在中、长期内将有巨大发展, 2010

年的年需求量将达 175 亿 m^3 , 在世界贸易量中占 10% 的份额。

目前 LNG 的出口国和地区主要是印度尼西亚、美国阿拉斯加、阿尔及利亚、利比亚、澳大利亚、文莱、尼日利亚、卡塔尔、阿曼、泰国、新西兰、库页岛、加拿大、马来西亚和阿布扎比等国。进口的国家和地区主要是日本、法国、西班牙、比利时、韩国、希腊、土耳其等。

由于贸易量和需求量的增长, 并从产地到消费地的远程运输增加幅度较大, 对 LNG 船的需求量将会有较大增长。

二、我国液化气船的发展及液化气海上运输前景的展望

1. 我国液化气船的发展

我国液化气水上运输事业起步较晚, 但发展迅速。1988 年蛇口华南液化气船务有限公司通过香港从日本买进了我国第一条二手液化气船“安龙”号。该船是 1 500 m^3 型的全压式液化气船, 从此开始了我国液化气海上运输的新篇章。截至 1998 年, 短短的 10 年间, 我国的液化气海上运输事业得到了蓬勃发展, 已成立了约 32 间专业的液化气船管理公司, 投入营运的液化气船总艘数为 56 艘, 总载货舱容超过 25 万 m^3 。船型种类从刚开始的单一全压式小型液化气船, 发展到目前较齐全的船型种类, 包括 4 200 m^3 型半冷半压式船及 76 000 m^3 的全冷式液化气船。

我国自己建造的第一条液化气船“鲲鹏”号, 是 3 000 m^3 型全压式液化气船。它是由中国造船工业总公司 708 所设计由上海江南造船厂建造, 它的货物系统是从德国全套引进的, 并于 1991 年 3 月投入营运。随后, 上海江南造船厂还先后为国外和国内的多家客户生产了全压式和半冷半压式液化气船; 以及 5 340 m^3 的乙烯/氯乙烯多用途和 22 000 m^3 液化乙烯船。武汉的青山船厂和武昌船厂也分别为国内客户建造了多条全压式小型液化气船。我国已具备了生产这种技术密集度较大的液化气船的生产技术和能力。

2. 我国液化气海上运输发展前景

由于实行市场经济和开放政策, 中国经济增长率从 1992 年起达到两位数, 第九个五年计划的目标是年增长率 8% 左右, 在这一背景下, 我国对 LPG 的需求急剧增加, 而且仍有很大的潜力。

90 年代以来我国 LPG 消费年均增长 25%, 国内产量占消费的二分之一左右, 不足部分依赖进口。1994~1997 年间, 年进口量分别为 137 万 t、231 万 t、355 万 t 和 358 万 t, 分别占国内消费量的 30.8%、39.5%、48.6%、43.1%。据预测, 到 2000 年的消费量将达 1 500 万 t, 而此时的国内产量为 700 万 t 左右, 其余 800 万 t 将依靠进口; 到 2005 年中国 LPG 需求量将达 1 700 万 t, 其中国内生产 800 万 t, 将要进口 900 万 t。目前我国是亚洲第三大 LPG 进口国, 仅次于日本和韩国。主要从中东和韩国、泰国、澳大利亚等国进口, 其中 74.1% 左右来自中东地区。

近年来, 我国沿海港口和长江、珠江水域上配套兴建了大量的一级和二级液化气码头和气库, 包括大型的全冷式液化气库和中小型的全压式液化气库。至 1998 年底, 全国沿海及长江、珠江水域的 LPG 气库和码头达到 114 座以上, 总气库容量达 110.3 万 m^3 以上, 有关资料见表 1.6。

表 1.6

我国 LPG 气库码头分布情况表

区 域	气库码头 (座)	气库容积 (万 m ³)	备 注
北方沿海 (连云港—营口)	11	5.64	
浙江沿海	17	17.94	上海石化一座大型全冷气库, 温州一座大型的全压式气库
福建、广东、海南、广西	54	52.86	珠海、深圳、汕头、泉州等地 5 座大型全冷式气库
长江流域	32	33.92	张家港、大仓、刘家港各有一座大型全冷式气库
合 计	114	110.36	

我国目前尚无 LNG 船和 LNG 贮库码头,但随着经济的发展和能源政策的调整,LNG 很快将会进入中国市场,并且前景非常吸引人。据报道,我国从 2000 年开始进口 LNG,目前正在选择 LNG 输入基地,候选地有深圳大鹏湾、浙江舟山或宁波北仑港、福建港或厦门。预计华南和华东地区 LNG 潜在需求,2005 年为 1 000 万~2 000 万 t,2010 年为 3 000 万~4 000 万 t,中国在 2010 年的必要进口量将达到 5 800 万 t。蓬勃发展的 LNG 需求市场,为促进我国 LNG 海上运输事业的发展,提供了充足的货源和条件。

第二节 液化气船的类型

根据所载运的货物种类和采用的货物围护系统的设计和构造的不同,液化气船一般可分为 6 种类型,即:全压式、半冷/半压式、半压/全冷式、全冷式 LPG 船、乙烯船和 LNG 船,其中半冷/半压式和半压/全冷式船又可统称为半压式或冷压式船。另外还有一些特殊的液化气船等。

一、全压式液化气船

货品的贮运是采用常温压力方式。液化气货品贮存于没有温度和压力控制的压力容器类型的液货舱内,没有绝热保温材料和再液化装置或蒸气燃烧处理装置,液货舱需承受在环境温度下所载运的液化气货品的饱和蒸气压力。典型的全压式液化气船货舱设计压力一般为 1.77 MPa,也有些取 1.8 MPa,少数达 2.0 MPa,仅某些专用船才根据其运输的货物选取较低的设计压力。早期的全压式液化气船液货舱的最低工作温度不低于 0℃,但随着焊接技术和低温钢的新技术发展,目前的新型全压式液化气船的液货舱的最低工作温度可达 -25℃ 或更低。

由于液货舱需承受较高的压力,故货舱壁较厚,导致货舱很重。因此全压式船比较小,载货容积大多数是在 2 000 m³ 以下,很少有超过 4 000 m³ 的。但这种船的货物围护系统、装卸设备和操作管理是最简单的。

如果货物系统与货品相容,这类船适装于除 LNG 和乙烯外其他所有常见的液化气货品。但实际上主要是用于载运 LPG 及化学气体货物如氯乙烯和氨等液化气货品。由于船型小,所以多用于小宗货物的短途运输。



图 1.1 1 555 m³型全压式 LPG 船“影龙”号

二、半冷/半压式液化气船

货品贮运是采用低温压力方式。液货舱是属于压力容器型,但设计压力比全压式船低,一般为 0.4~0.8 MPa(表压)。设有对货品温度和压力控制的再液化设备,通过控制货品温度来控制液化气压力。货舱外敷设有保温绝热材料,液货舱可承受 -5~-10 ℃ 的低温。

由于货舱的设计压力比全压式船低得多,所以货舱壁厚可以减小很多,根据需要,载货的容积范围较广,一般最大载货容积可达 7 500~10 000 m³。

与全压式船一样,如果货物系统与货品相容,这类船适装于除 LNG 和乙烯外其他所有常见的液化气货品,但实际上多数用于载运 LPG 和其他化学气体货物。

三、半压/全冷式液化气船

根据需要货品可采用低温压力式或低温常压式贮运。液货舱属于压力容器,设计压力取决于货品的种类和温度,一般为 0.3~0.8 MPa,设计温度取目标货品在常压下的沸点,装运乙烯时为 -104 ℃、装运 LPG 及其他化学气体货物时为 -42~-48 ℃。这类船与半冷/半压式船一样,需装设再液化装置和绝热保温材料,以控制货舱内货品的温度和压力。但由于液货舱是用能耐低温和耐压力的特殊材料做成,装载的液货温度可以比半冷/半压式船低得多。根据装卸货港要求和货品性质可灵活采用低温常压方式、低温压力方式和常温压力方式运输,适应性很强,这种船很受船东和租船者的欢迎。

这种船如货物系统与货品相容,可适装除 LNG 外其他所有液化气货品。这类船大多为多用途船,大多用于运输供化工原料的液化气,如乙烯、丙烯、丁二烯、氯乙烯、氨,并可用于 LPG 等货品运输。这种船载货容积一般在 1 500~30 000 m³ 之间。

四、全冷式 LPG 船

货品采用低温常压方式储运。液货装在不耐压的液货舱内并处于常压下的沸腾状态。货舱的设计温度为载运货品在常压下的沸点温度,一般取 -48 ℃,液货舱的最大工作压力不超过 0.07 MPa,一般为 0.0245 MPa(表压)左右。设有再液化装置和绝热保温材料,以控制液货舱内货品的温度和压力。

由于液货舱不承受压力,单个液舱容积不受限制,适宜建造大型船舶,一般载货容积在 5 000~100 000 m³ 之间。

这类船在经营适应性方面比不上半压/全冷式船。如货物系统和货品相容,可适装除