

黄 胜 马鉴恩 刘英贵
雷 电 周凤智 刘国英
编译

液化气 运输船 实用手册



459069

液化气运输船实用手册

〔日〕惠美洋彦 编著

黄 胜 马鉴恩 刘英贵 编译
周凤智 雷 电 刘国英



00459069

哈尔滨船舶工程学院出版社

(黑)新登字第 9 号

责任编辑 郭镇明

液化气运输船实用手册

黄胜等 编译

*

哈尔滨船舶工程学院出版社出版
新华书店首都发行所发行
黑龙江省新华印刷二厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 53 字数 1300 千字

1992 年 8 月第 1 版 1992 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—500 册

ISBN 7-81007-282-X

U · 29 定价:200.00 元

序

黄胜、马鉴恩、刘英贵、周凤智、雷电、刘国英等几位教授和专家在繁忙的公务之余,编译了这本《液化气运输船实用手册》,把国外这部全面、系统研究和论述液化气运输船的专著介绍给国内广大读者,我认为他们做了一件很有意义的工作。

多年来,我国造船界和航运界一直在关注、酝酿、研讨我国发展液化气运输船的的必要性和可行性。许多有识之士认为,我国迟早需要而且可以发展这种船型的。造船工业部门已将这种船型纳入了科技发展规划,国家科技攻关计划也列入了这一项目。

值得记述一下的还有,1988年我国广东省石油化工供销公司率先委托中国船舶及海洋工程研究设计院设计了一般3000m³压力式液化气(LPG)船。1990年这艘船在江南造船厂建造成功并交付使用。这是我国自行设计建造的第一艘液化气运输船。之后不久,在上海,由中外合资办起了专业制造液化气罐和液化气运输船的厂家,并已制造出4500m³冷压式液化气(LPG)船。

天然气和石油气都是高热值、无污染的优良燃料,许多发达国家早已广泛应用于工业生产和市政民用。这类气体除了是重要能源物资,也是重要的化工原料,可用来制造农药、化肥、塑料、化纤等等。

我国有丰富的天然气和石油气资源,蕴藏量仅次于前苏联和美国,而我国许多地区迫切需要天然气和石油气作燃料和原料,加快开发利用天然气和石油气对我国经济发展具有不可估量的重要价值,可望从中获得巨大的经济效益和社会效益。

由于我国天然气、石油气资源的分布大多与经济发达地区距离较远,发展天然气和石油气的管道运输在财力、技术等方面尚存在某些问题。而水运具有运量大、费用省、灵活等优点,因此,在我国用船运输液化天然气和石油气显然是很有发展前景的。

现在,正当国内为发展液化气运输船技术,迫切需要这方面的知识和技术的时候,这本《液化气运输船实用手册》编译出版了,毫无疑问,这对推动我国液化气运输船技术的发展将起积极的作用。

程天柱

1992年5月

原 序

LNG 船、LPG 船及其它液货船的有关资料,许多文献都已公开发表,但尚未汇集成册,有关人士往往看不到公开发表的系统重要资料。零散收集的重要资料不经整理也不便查阅。

经与“船之科学”编辑部合作,收集整理了有关液化气运输船的重要技术资料,并制作了各种图表及资料,进而汇总成为这本资料集。

本书不仅收录了 LNG 船和 LPG 船资料,还收录了其它完全装液货的运输船的有关资料,例如双圆柱形货舱设计、盐酸和环氧乙烷运输船这类数量较少船舶的重要资料。当然也收集了有较多海运量货物的有关资料,如乙醛、氨、丁二烯、丁烯、乙烯、丙烯、盐化、聚氯乙烯等。

实船资料尽可能多的登载,要目列出的约 100 艘。既有图又有概况介绍的近 50 艘。其中,除上述液货运输船外,还包含了化学品、石油精炼品及其兼用船。

本书收集的图表及其它资料,大多出自“船之科学”和“船舶”杂志。实船情况介绍不少摘自海外杂志。

本书由基础篇、技术资料篇及实船介绍篇组成。不仅登载了液化气运输船的设计、建造、航运和船东情况,其它与液化气有关的各种技术资料也一并收录编辑。

期望该书能成为有关各位常用的工具书。

惠美洋彦

1984 年 5 月

前 言

随着船舶工业的发展,液化气运输船在设计、建造、修理、营运中出现的新问题日益受到重视,惠美彦编著的《LNG 船/LPG 船技术资料》是一本较全面介绍有关知识的实用手册,可供有关人员参考。

本书自目录至第三篇第三章由黄胜编译,第三篇第四章至第六章 6.4 由刘英贵编译,第六章 6.5 至第十一章由马鉴恩编译,第三篇第十二章至第五篇第二章由周凤智编译,第八篇第一章至第七章,第九篇、第十篇由雷电编译,第六篇、第七篇、第八篇第八章至第十八章由刘国英编译,在互校后由黄胜总校。最后由黄胜、马鉴恩修改定稿。高鸿斌、谷雨、程惠馨参加了部分翻译、校对和清誉工作,在此表示谢意。

本书的原作系从多种资料汇集编成的,加上时间仓促,译者对原作涉及的各计量单位未做统一换算也没有做标准化处理。又因编译者水平有限,错误之处难免,敬请各位专家,读者指正。

编 者

1992 年 1 月

目 录

第一部分 基础知识

第一篇 液化气运输船简介

第一章 液化气货物的基础知识	3
1.1 液化气货物的类型及货运量	3
1.2 液化气的贮存方式	3
1.3 气体和液体的基础知识	3
1.4 密度、相对密度和容积.....	6
1.5 气液平衡	8
1.6 其它物理性质	8
1.7 液化气的危险性	9
第二章 液化气运输船概况	11
2.1 液化气运输船的分类及营运现状.....	11
2.2 压力式液化气运输船.....	12
2.3 冷压式液化气运输船.....	13
2.4 冷却式液化气运输船.....	14
2.5 特殊的液化气运输船.....	16
第三章 船体构造配置及货物容纳设备	17
3.1 用语.....	17
3.2 液化气罐的构造概况.....	18
3.3 液化气罐的绝热及支撑方式.....	20
3.4 液化气罐的材料.....	20
第四章 液化气用各种装置及配套设备	21
4.1 液化气管路系统(液化气输送设备).....	21
4.2 液化气的温度及压力控制装置.....	22
4.3 液化气排气装置及防止过压、负压装置	22
4.4 各种监控及报警装置.....	22
4.5 惰性气体装置.....	23
4.6 其它环境控制装置.....	24
4.7 防爆电气设备.....	24
4.8 材料.....	24
第五章 防火、灭火及各种安全设备	25
5.1 防火构造及设备.....	25

5.2 灭火设备.....	25
5.3 消防员装具及安全装具、装置	25
第六章 液化气的操作	27
6.1 液化气的操作种类.....	27
6.2 通常状态下的航运周期.....	28
6.3 关于货物操作的注意事项.....	29
6.4 火灾及其它事故的应急措施.....	30
6.5 维护与检修.....	30
6.6 操作指南.....	30
附录 参考资料目录	32

第二篇 与液化气有关的数据

第一章 与液化气物理性质有关的重要公式	35
第二章 与液化气物理性质有关的图表	38
附录 刊登热力学物理性能的文献目录	55

第二部分 技 术 资 料

第三篇 LNG 船航运记录

第一章 关于 LNG 船的各种事故、损伤等记录	59
1.1 前 言.....	59
1.2 关于 LNG 船一般部分的事故、损伤记录	59
1.3 关于 LNG 船货物容纳设备的事故、损伤记录	62
1.4 关于 LNG 船货物用各装置的事故、损伤记录	68
参考文献	75
第二章 LNG 船的航运状况	77
2.1 航运船舶的概况.....	77
2.2 液化气货物罐的构造方式及建造动向.....	79
2.3 12 万 m ³ 级 LNG 船实例	84
2.4 Jules Verne 号的记录	86
2.5 Methane Princess 号、Methane Progress 号的记录	89
2.6 Polar Alaska 号、Arctic Tokyo 号船的记录	92
2.7 在文莱——日本之间航行的 LNG 运输船的记录	98
2.8 印度尼西亚——日本之间航行的 LNG 运输船的记录	102
2.9 球型储罐的 LNG 运输船的航行经验	104
2.10 其它 LNG 运输船的航行状况	104
参考文献.....	106

第三章 关于货物容纳设备的损伤事故	108
3.1 损伤概况及考察	108
3.2 损伤事故的详细内容	115
3.3 LPG 运输船货物储罐的损伤	121
3.4 陆地上冷却式液化气储罐的事故实例	123
3.5 结束语	125
参考文献	125
第四章 实际的货物作业	126
4.1 货物作业的概要	126
4.2 装货(包括装货前的准备)	130
4.3 载货航行	139
4.4 卸货(包括卸货前的准备)	143
4.5 压载航行	152
4.6 货物的温度、压力控制和蓄压	154
4.7 就航前后的各种特殊作业	165
4.8 后记	178
参考文献	178
第五章 低温及货物使用试验	181
5.1 低温及货物使用试验概况	181
5.2 低温及货物使用试验的记录	185
5.3 重要规则	195
5.4 后记	197
参考文献	197
第六章 关于货物作业的补充	199
6.1 货物罐的冷却及升温	199
6.2 冷脆点的检查	208
6.3 LNG 驳船 Massachusetts 的货物冷却	212
6.4 翻 滚	215
6.5 关于货物交易中的测量与计量	217
6.6 液体密度、热量和货物气体量的求法	222
6.7 采 样	226
6.8 LNG 货物的概况	227
6.9 汽化气的组成	232
6.10 卸货时的岸上操作	236
6.11 部分再液化装置实例	237
6.12 其 它	239
6.13 后 记	242
参考文献	242
第七章 冲击压造成的事故及防止措施	244
7.1 冲击压概况	244

7.2	实际发生的冲击压及事故例	247
7.3	紧急遮断装置的概况和实例	252
7.4	防止紧急遮断阀造成的事故	254
7.5	操作注意事项	255
	参考文献	256
第八章	船员的教育训练	257
8.1	教育训练的内容和方法	257
8.2	培训单位的实例	261
8.3	货物处理模拟装置	262
8.4	教育训练实例	267
8.5	后 记	271
	参考文献	271
第九章	关于汽化气燃烧	272
9.1	汽化气燃烧装置概况	272
9.2	锅炉的燃烧	276
9.3	由柴油机进行的燃烧	283
9.4	燃气轮机的燃烧	284
9.5	关于汽化气燃烧的操作	286
	参考文献	287
第十章	各种货物装置的损伤事故及防止措施	289
10.1	受损概况	289
10.2	管路装置部件、阀及其它隔离装置	291
10.3	减压阀、负压安全阀和通气装置	296
10.4	泵、压缩机等	307
10.5	各种作业用容器等	315
10.6	测量装置	316
	参考文献	320
第十一章	船舶间的货物移送	321
11.1	EI Paso Paul Kayser 例	321
11.2	LNG Libra 的例子	327
11.3	关于船舶间转送液化气的方针	330
	参考文献	342
第十二章	LNG 的流失、投弃及放入大气	344
12.1	货液的流失	344
12.2	货液的海上投弃	349
12.3	货物气体的放出	352
	参考文献	357
第十三章	LNG 和 LPG 运输船的记录(摘译)	358
13.1	序言	358
13.2	海上 LPG 运输的发展	358

13.3	海上 LNG 运输的发展	361
13.4	液化气运输的其它方法	362
13.5	事故和事件	362
13.6	船员的训练	369
13.7	事故管理措施	369
13.8	结束语	370
	参考文献	370
第十四章	冲刷损伤及防止办法	372
14.1	冲刷现象	372
14.2	冲刷损伤实例	376
14.3	冲刷损伤的防止办法	379
14.4	防止冲刷损伤的实例	381
	参考文献	385
第十五章	LNG 运输船的首航概况及主要性能	386
第十六章	火灾及其它重大事故与防止措施	406
16.1	船舶的重大事故	406
16.2	火灾爆炸事例	409
16.3	LNG 运输船的火灾及灭火	411
16.4	其它重大事故	414
16.5	应急措施(包括发生火灾时)	415
16.6	人员救助	418
	参考文献	420

第四篇 液化气运输船结构设备的有关资料

第一章	船体配置及货物容纳设备	421
第二章	货物用诸装置及其它装置	460
第三章	材料、焊接	489

第五篇 货 物 作 业

第一章	再液化循环热力学	507
1.1	设想的冷却循环	507
1.2	在 $P-i$ 图中的理想冷却循环	508
1.3	实际的冷却循环	509
第二章	货物处理	513

第六篇 经常在海运运输的液化气运输计划应注意的事项

第七篇 采用双体圆筒形储罐的液化气运输船

第一章 关于液化气运输船的双体圆筒形储罐的设计方面的考虑	529
1.1 采用双体圆筒形储罐的液化气运输船的概况	529
1.2 储罐的结构及形状	533
1.3 结构的分析程序	534
1.4 交叉部分的结构	537
1.5 总 结	537
参考文献.....	538
第二章 双体圆筒形储罐 LPG、乙烯运输船	539
2.1 主要参数	539
2.2 本船概况	540

第三部分 实 船 介 绍

第八篇 LPG、氨及乙烯运输船等

第一章 600m³ 压力式 LPG 运输船第二えるびい丸	545
1.1 概 况	545
1.2 主要船型尺度及设备	545
1.3 常规设计	548
1.4 液化石油气的有关设计	551
1.5 液货罐	552
1.6 LPG 专用设备	553
1.7 LPG 管系	553
1.8 安全措施	554
第二章 6 000m³ 冷压式 LPG 运输船 GUARUJA 号	555
2.1 概 况	555
2.2 船体部分	556
2.3 轮机部分	559
2.4 电 气	559
2.5 液化石油气部分	560
2.6 结束语	563
第三章 4 000m³ 压力式 LPG 船 PETROBRAS OESTE 号	564
3.1 概 况	564

3.2	主要船型参数和船用设备	564
3.3	总布置	565
3.4	船 体	567
3.5	轮 机	570
3.6	电 气	571
3.7	LPG 有关设备	572
第四章	LPG 和成品油运输船 RENE MARTINEZ TAMAYO 号	576
4.1	概 况	576
4.2	基本设计主要情况	577
4.3	主要参数	578
4.4	船 体	584
4.5	轮 机	585
4.6	电 气	586
4.7	结束语	587
第五章	43 500m³ 冷却式 LPG 运输船日山丸	588
5.1	前 言	588
5.2	主尺度及主要设备	589
5.3	概 况	590
5.4	船体舾装	592
5.5	轮 机	592
5.6	液货罐	593
5.7	液货设备	593
5.8	安全、报警装置	594
5.9	结束语	596
第六章	80 000m³ 冷却式 LPG 船玄海丸	597
6.1	概 况	597
6.2	船 体	598
6.3	轮 机	601
6.4	电 气	602
6.5	LPG 设施	603
6.6	结束语	606
第七章	半隔板方式 LEG 运输船第二昭鹤丸、第二太华山丸的建造	607
7.1	概 况	607
7.2	BS—SASEBO 半隔板方式的开发	608
7.3	主要参数	611
7.4	一般配备	612
7.5	液货罐及二次屏蔽建造	612
7.6	绝 热	614
7.7	再液化装置及与装卸货有关的舾装件	616
7.8	液货装船试验及航运	617

7.9	结束语	619
第八章	70 000m³ 型冷却式 LPG 运输船龙田丸	620
8.1	前 言	620
8.2	概 况	621
8.3	船体构造	623
8.4	船体舾装	623
8.5	LPG 设施	625
8.6	轮 机	629
8.7	电气部分	629
8.8	结束语	630
第九章	76 000m² 型冷却式 LPG 运输船くりーんりば一号	631
9.1	前 言	631
9.2	主要参数	632
9.3	总布置	632
9.4	LPG 罐	634
9.5	货物罐的隔热	635
9.6	与 LPG 有关的舾装	635
9.7	灭火及安全装置	639
9.8	起居设备	639
9.9	轮 机	639
9.10	电气设备	641
9.11	后 记	642
第十章	1 700m³ 型冷压式液态氨运输船第二国周号	643
10.1	前 言	643
10.2	一般设计	643
10.3	各部参数	643
10.4	LAG 装置	647
10.5	动力机械自动化	649
10.6	结束语	649
第十一章	1 100m³ 型冷却式液化乙烯运输船新菱エチレン丸	650
11.1	前 言	650
11.2	船 体	651
11.3	轮机	657
11.4	电气部分	659
第十二章	5 000m³ 型 LPG、LAG、VCM 运输船 SUW CAS 号	662
12.1	一般设计	662
12.2	主要参数	663
12.3	总布置	663
12.4	船体结构	665
12.5	货物装卸装置	665

12.6	船体主要参数	667
12.7	轮机部主要参数	668
12.8	电气部分主要参数	669
12.9	结束语	670
第十三章	100 000m³ 型冷却式 LPG 运输船 ESSO PUJI 号	671
13.1	前 言	671
13.2	船体部分	671
13.3	轮机部分、电气部分和自动化装置	674
13.4	LPG 有关事项	676
第十四章	350m³ 型压力式 LPG 运输第一ふろぱんり丸	678
14.1	前 言	678
14.2	压力式 LPG 运输船	679
14.3	一般设计	681
14.4	主要参数	681
14.5	船体结构	683
14.6	与 LPG 有关的各种装置的设计	686
14.7	LPG 罐体	686
14.8	配 管	688
14.9	LPG 泵	689
14.10	LPG 压缩机	689
14.11	中间罐液位调整装置	690
14.12	安全设备	691
14.13	各种载货状态	692
14.14	试航结果	693
14.15	结束语	693
第十五章	压力式 LPG 运输船进德丸的改造	694
15.1	前 言	694
15.2	主要参数	694
15.3	罐体主要参数	695
15.4	改造内容	695
15.5	改造工程的附带问题	699
15.6	后 记	699
第十六章	液化氯气运输船(试设计)	701
16.1	液化氯气运输船的货物装置	701
16.2	试设计的例子	706
第十七章	环氧乙烷运输船(试设计)	711
17.1	环氧乙烷运输船的货物装置	711
17.2	试设计船	714
第十八章	几个液化气兼化学品运输船的实例	721

18.1	5 000m ³ 型液化气兼化学品运输船 Osco Beduin 号	721
18.2	8 300m ³ 型液化气兼化学品运输船 Igloo Finn 号	723
18.3	小型液化气兼化学品运输船 Borthwick 号	726
18.4	2 400m ² 型液化气兼化学品运输船 Hemina 号	729

第九篇 各公司的 LNG 船技术

第一章 日本第一艘 LNG 船尾州丸的设计与制造

1.1	概 况	731
1.2	主要船型尺度及设备	731
1.3	总布置	732
1.4	液货罐结构	735
1.5	绝 热	735
1.6	装卸设备	736
1.7	船体舾装	739
1.8	轮机部分	740
1.9	电 气	741
1.10	船体结构	742
1.11	安全措施	742
1.12	后 记	743

第二章 最新型 125 000m³ LNG 船播州丸的设计与建造

2.1	前 言	744
2.2	主要情况	744
2.3	总布置	746
2.4	船型及性能	748
2.5	LNG 舱及船体结构	749
2.6	绝 热	750
2.7	装卸货设备	750
2.8	一般船体舾装	752
2.9	轮 机	752
2.10	电 气	753
2.11	装卸货系统	753
2.12	安全措施	755
2.13	结束语	755

第三章 125 000m³ 型 LNG 运输船泉州丸

3.1	前 言	756
3.2	概 况	757
3.3	液货设备	760
3.4	船体舾装	763
3.5	轮 机	763

3.6	电 气	764
3.7	建造及质量管理	765
3.8	安全措施	766
3.9	结束语	766
第四章	装备再液化装置的柴油机推进 LNG 运输船	767
4.1	概 况	767
4.2	主要技术参数	767
4.3	基本情况	770
4.4	用于 LNG 再液化的 N ₂ 压缩机驱动系统	772
4.5	经济性探讨	776
4.6	再液化装置	778
4.7	结束语	781
第五章	石川岛播磨重工业公司 IHI SPB 方式 LNG 船	782
5.1	SPB 方式 LNG 船概况	782
5.2	IHI SPB LNG 船的特点	782
第六章	日立造船公司的 LNG 船	785
6.1	日立 CBI 型货罐方式 LNG 船	785
6.2	GT 隔板罐方式 LNG 船	785
第七章	日本钢管公司 Technigan 隔板方式 LNG 船	788
7.1	概 况	788
7.2	主要参数和设备	788
7.3	船体特点	789
7.4	液货罐安全壳系统的特点	789
7.5	结束语	790
第八章	住友重工公司的标准型隔板方式 LNG 船	792
8.1	概 况	792
8.2	主要参数	792
8.3	总布置	793
8.4	LNG 罐体	793
8.5	与 LNG 有关的舾装	793
第九章	佐世保重工公司 BS—SASEBO 半隔板方式 LNG 船	795
9.1	部分隔板方式建造技术开发过程	795
9.2	部分隔板方式液货罐结构	795

第十篇 液化气运输船的总布置图及主尺度等

第一章	59 000m³ 冷却式 LPG 运输船 Isomeria 号	798
第二章	29 000m³ LNG/乙烯/LPG 运输船 Lucian 号	800
第三章	41 000m³ LNG 运输船 Hassi RMel 号	802
第四章	Kockums 建造的 133 000m³ LNG 运输船	803