



# 液化气船

---

## 船型结构、

---

## 设备与安全运输

---



张操新  
叶初华 编著  
何长中



人民交通出版社

# 液化气船船型结构、设备 与 安 全 运 输

Yehuaqichuan Chuanxingjiegou Shebei  
Yu Anquan Yunshu

张振新 叶初华 何长中 编著  
何长中 黄义宇 审定

人民交通出版社

(京)新登字 091 号

## 内 容 提 要

本书讲述了各类气体运输船的船型、基本装卸设备及安全管理,并简要地回顾了该类船舶的发展史及我国第一艘 LPG 船舶的建造过程。

本书共十二章,主要内容有:LPG、LNG 船舶的建造技术史,液货舱结构型式及惰化置换除气;典型 LPG 船舶装卸设备与操作管理以及安全设备和应急措施等。该书还介绍了几种最新型式的液化气船及未来技术发展走向。最后,简要地评述了“国际气体运输船规则”的技术要求。

本书可供航运部门、港航监督、船检、修造船厂的技术人员参考使用,也可作为液化气船舶员的基础读物及海运院校师生的补充教材。

## 液化气船船型结构、设备与安全运输

张振新 叶初华 何长中 编著

插图设计:陈竟 正文设计:刘晓方 责任校对:王秋红

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号)

各地新华书店经销

北京四季青印刷厂印刷

开本  $850 \times 1168 \frac{1}{32}$  印张:6.75 插页:1 字数:181 千

1994 年 2 月 第 1 版

1994 年 2 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001—2000 册 定价:12.00 元

ISBN 7-114-01863-0

U · 01234

## 编著者的话

我国沿海海域蕴藏着大量的天然气和石油气。随着我国石油气工业的发展,气体燃料运输的开发已迫在眉睫。

广东省地处祖国的南大门,是我国开放改革的综合试验区,商品经济非常发达,对筹集资金,引进新科技,具有十分有利的优势。1988年以来,广东省紧抓机遇,为满足城乡人民对石油气的迫切需求,特制定“北气南运”,“铁路和海运”并举,自筹资金加速开发海上石油气运输的相应对策。

短短4~5年来,广东沿海和珠江三角洲新建和引进了七艘液化气船(不包括厦门和南京的各一艘),计有 $12300\text{m}^3$ 的运力,并相应建立起专用码头和气库。目前仅仅从我国北方和东南亚海路运进广东的石油气每年在15~18万吨,而70%的气源来自海外,出现了运输供销两旺的局面。

我们编写本书的宗旨是,从总体上介绍各类气体运输船的船型、基本装卸设备和安全管理,并简要地介绍世界LPG、LNG船发展史,同时回顾近年来广东特区、经济开发区开创液化气运输的历程。本书可供国内航运部门、港航监督、船检和机务、修造船厂、大专院校师生阅读,并可作为从事液化气运输的高、中级船员的基础读物。

在编写过程中,我们深感气体船实为目前民用船舶中,技术最密集的高附加值的一种船舶,建造和修理此类船舶需要许多特殊的合金钢冶炼技术、制冷技术、屏蔽结构和精湛的薄膜焊接工艺,由于涉及的技术专业范围深广,因此本书只在一定命题范围内进行论述。

我们殷切希望,随着国民经济的发展,目前已具雏形的全压式

液化气运输能得到推广和发展,并在运输规模和气罐型式上能早日登上一个新的台阶。

本书的编写得到蛇口液化气船务公司范秀奇、蔡建新,江门石油气总公司戴德洪、何强,珠海长海液化气公司徐元琪、赵玉福和原惠州燃料化学工业公司徐志达、黄少松等同志的帮助,使撰写工作得以顺利完成,谨此表示衷心的感谢。本书不当之处诚望广大读者不吝指正。

**编著者**

# 目 录

|                            |      |
|----------------------------|------|
| 绪 论                        | (1)  |
| 第一章 世界液化气海运发展概况            | (4)  |
| 第一节 世界 LPG 海运概况            | (4)  |
| 第二节 世界 LNG 海运概况            | (8)  |
| 第二章 广东省 LPG 海运崛起的背景与现状述评   | (12) |
| 第一节 广东经济起飞与 LPG 运输的发展      | (12) |
| 第二节 初具规模的船舶运力及港口气库布局       | (13) |
| 第三节 我国第一艘 LPG 船舶的建造        | (18) |
| 第四节 展望                     | (20) |
| 第三章 国际 LPG 船建造技术历史的回顾      | (27) |
| 第一节 早期压力式 LPG 船            | (27) |
| 第二节 半压/半制冷式 LPG 船          | (30) |
| 第三节 全制冷式 LPG 船             | (33) |
| 第四节 乙烯船                    | (36) |
| 第四章 LPG 液货舱的结构型式           | (39) |
| 第一节 基本分类                   | (39) |
| 第二节 全压式 LPG 船(独立式 C 型)     | (41) |
| 第三节 半压/半制冷式 LPG 船(独立式 C 型) | (47) |
| 第四节 半压/全制冷式 LPG 船(独立式 C 型) | (48) |
| 第五节 全制冷式 LPG 船(独立式 A 型)    | (50) |
| 第六节 绝热层                    | (53) |
| 第五章 LPG 船的装卸和操作梗概          | (56) |
| 第一节 液货舱设备                  | (56) |
| 第二节 甲板设备                   | (58) |

|             |                                   |              |
|-------------|-----------------------------------|--------------|
| 第三节         | 操作 .....                          | (61)         |
| <b>第六章</b>  | <b>国际 LNG 船建造技术在竞争中发展 .....</b>   | <b>(70)</b>  |
| 第一节         | 初期试验的成就 .....                     | (70)         |
| 第二节         | 法国广泛开展技术研究 .....                  | (72)         |
| 第三节         | 新型液舱结构的出现 .....                   | (72)         |
| 第四节         | LNG 船向大型化发展 .....                 | (74)         |
| 第五节         | 挪威球形液舱独占鳌头 .....                  | (75)         |
| <b>第七章</b>  | <b>LNG 船液货舱结构型式及其材料 .....</b>     | <b>(77)</b>  |
| 第一节         | 液货舱的结构型式 .....                    | (77)         |
| 第二节         | 液货舱的特殊材料 .....                    | (81)         |
| 第三节         | 未来 LNG 船型及货舱的改进 .....             | (83)         |
| <b>第八章</b>  | <b>液化气船的布局 and 安全性 .....</b>      | <b>(85)</b>  |
| 第一节         | 液化气船的安全布局 .....                   | (85)         |
| 第二节         | 液化气船的安全措施 .....                   | (86)         |
| 第三节         | 有关液化气船的国际建造规则的完善 .....            | (88)         |
| <b>第九章</b>  | <b>液货舱的惰化置换除气与安全修理 .....</b>      | <b>(92)</b>  |
| 第一节         | 液化气罐的惰化置换、除气作业 .....              | (92)         |
| 第二节         | 更换气罐内气体状态的工艺流程 .....              | (98)         |
| 第三节         | 液化气船修理要求 .....                    | (99)         |
| <b>第十章</b>  | <b>典型全压式 LPG 船装卸设备与操作管理 .....</b> | <b>(103)</b> |
| 第一节         | 装卸设备系统 .....                      | (103)        |
| 第二节         | 液货系统环境控制 .....                    | (114)        |
| 第三节         | 液化气的装卸作业 .....                    | (115)        |
| 第四节         | 液化气船的安全管理 .....                   | (120)        |
| <b>第十一章</b> | <b>全压式 LPG 船安全设备及应急措施 .....</b>   | <b>(127)</b> |
| 第一节         | LPG 船消防设备与防火灭火 .....              | (127)        |
| 第二节         | 船舶安全与应急措施 .....                   | (135)        |
| 第三节         | 事故的教训 .....                       | (141)        |
| <b>第十二章</b> | <b>LPG 气罐“充装极限”的国际规定 .....</b>    | <b>(145)</b> |
| <b>附录一</b>  | <b>液化气运输船常用名词术语 .....</b>         | <b>(150)</b> |

|     |                                  |       |
|-----|----------------------------------|-------|
| 附录二 | 几种常运气体的主要特性.....                 | (156) |
| 附录三 | 通用技术简介.....                      | (167) |
| 附录四 | 近代船型介绍.....                      | (172) |
| 附录五 | 中华人民共和国散装液化气体船船员特殊培训纲要<br>.....  | (190) |
| 附录六 | 国际气体运输船规则(IGC 规则)技术要求评述<br>..... | (195) |



## 绪 论

用船舶运输散装液化气,已经有 50 多年的历史。第一艘运输丁烷石油气专用船的设计,始于 1934 年。那时丁烷(以及后来的丙烷)液化气的运输开展得很缓慢,只能用常规的压力液化进行装运。

50 年代初期,由于船用制冷技术的发展,开始出现制冷/压力式液化石油气(LPG)船,船型得到简化,运输费用相应降低。到 1959 年制冷技术日臻完善,全制冷式 LPG 船相继出现,不但液化石油气的运输达到更为满意的效果,而且开创了液化天然气的海上运输事业蓬勃发展的前景。

60 年代初,有人预计 LPG 船(指运丙烷、丁烷、氨之类)的艘数和吨位在短期内将分别增长 5 倍和 10 倍。这个乐观的估计与液化天然气(LNG)运输的增长率相比较,还是瞠乎其后的。

许多人被大有可为的天然气开采和运输业所吸引,竞相投入这项技术的开发和研究。据统计,10 年间先后设计出 25 种以上不同的船型并构思出许多运输方案,取得了丰硕的技术经济效果。在荷兰,设计制造第一艘 27500m<sup>3</sup>LNG 船后,又设计了 40000m<sup>3</sup> 的巨型 LNG 船,但由于 70 年代后期出现世界经济衰退,这艘巨型 LNG 船由于政治上和贸易上的原因(当然技术上也还存在一些问题,但并不是主要的),被取消了建造计划。还有几艘较大的 LNG 船设计后没有建造,但从婆罗洲的文莱到日本,从印度尼西亚到日本和波斯湾达斯岛的三艘 LNG 船仍按计划建造,顺利下水,至今还在航行。60 年代前 LPG 运输不象 LNG 的运输那样惊人地发展,由于其运输的经济效益低,历史上曾使一个航运公司破产,另一家国际航运集团濒临崩溃。

60年代至70年代期间,通过各国建造液化气运输船经验的总结,终于颁布了一个可供气体船设计和营运的国际法规,那就是1975年国际海事组织(IMO)以法规的形式确定下来的国际气体运输船规则。国际船级协会(IACS)制定IMO法规,各国船级社的要求自此得到统一。在世界许多地区相应地制订出对船上工作人员的安全和训练教程,国际间气体运输船员协会和码头装卸者协会也在企业中建立。当然更为重要的是,根据1987年统计,全世界746艘液化气船(659艘LPG船,87艘LNG船)一直保持着安全航行的记录,这在海上运输史上几乎是一个奇迹。

### LPG的定义

LPG(液化石油气)是石油、碳氢化合物混合气体,主要含丙烷和丁烷两种可燃物质。这个命名也是为了区别两个不同成份物质的纯度或代表商品的等级。LPG是很轻的碳氢化合物,无味、无毒,并相当容易从较轻或较重的碳氢化合物中净化析出。

LPG是最纯净的燃料之一,可用于民间、商业和工业市场(它的含硫量很低),因此能与石油、煤油甚至天然气在市场上相互竞争。LPG蒸发成气体时,既易于管理,燃烧效果又非常好。

LPG能在公路、铁路、海上运输,也可以通过管道运输,以液体形式方便地储存在液化气的生产工厂或其附近的分配中心站以及销售地点的储气库内。

许多石油工业中提炼得到的气体或某些气体由于与LPG的物理特性很相近,因此都可以使用LPG船来装运。这些气体包括:阿摩尼亚( $\text{NH}_3$ ),丁二烯( $\text{C}_4\text{H}_6$ ),丙烯( $\text{C}_3\text{H}_6$ ),氯乙烯单体( $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$ ),氧化乙烯( $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ )和乙烯等。

### LPG的运输方式

上述提到的LPG(除沸点为 $-104^\circ\text{C}$ 的乙烯外)可以用下列的任何一种方法进行运输:

①在环境温度条件下高压液化运输;

②在大气压力下,充分制冷到 $-30\sim-48^\circ\text{C}$ ,即液化石油气沸点的最低温度以下进行运输;

③通过制冷并在必要的压力下液化后进行运输。

### LNG 的定义

在天然气中,把那些有毒的不纯杂质如硫(S)和一氧化碳(CO)除去以后,被制冷到其沸点温度 $-165^{\circ}\text{C}$ ,这种呈液体状态的纯净天然气就称为 LNG。

在液化过程中大部分较重的碳氢化合物( $\text{C}_4$ 、 $\text{C}_5$ 、 $\text{C}_6$ )得到清除。散装运输的 LNG,主要是液化甲烷气( $\text{C}_1\text{H}_4$ )——一般占容积的 80%以上,其余微量的是乙烷( $\text{C}_2\text{H}_6$ )、丙烷( $\text{C}_3\text{H}_8$ )和丁烷( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ),许多 LNG 含 1%的氮(N)。阿拉斯加的天然气是一种优质天然气,含甲烷量达 99.5%之多。

LNG 无色透明,无毒,不腐蚀。

### LNG 的运输方式

在 45 个大气压下,天然气的临界温度为 $-82^{\circ}\text{C}$ ,但是在通常的大气压下以散装形式运输 LNG 时,须将其制冷到 $-165^{\circ}\text{C}$ 。

### 液化气船的船型

液化气船与油船总体设计相似,呈尾机型,居住舱室都在船尾,液货都储存在船中部的许多专用液货舱内,占全船长度的  $2/3 \sim 3/4$ 。

一些气体船具有高出甲板的球形、圆柱形液货舱,由于外观上的明显差别,所以这种船一眼就能识别。

但在正常的大气温度情况下,装运液货的平甲板液化气船,实际上与普通油船难以区别。

由于装船的液货很轻(LNG 的比重是原油的一半),液货舱不能用作压载舱,液化气船干舷大都很高。

尽管液化气在非常低的温度下,或者在高压下装运,但液化气船通常被认为比油船运输安全,其原因是:①船体大多数设计成双层壳结构;②夹层中间充填惰性气体;③由于有连续的气体防爆监测装置和周密的装卸操作方法,因此,一般认为液化气若漏出舷外,瞬即气化,不会污染海洋和岸边。

# 第一章 世界液化气海运发展概况

## 第一节 世界 LPG 海运概况

50 年代末至 60 年代初,欧洲国家便开始大量使用石油气作为生产和生活的燃料,因此一大批小型半压式 LPG 船应运而生。随着石油化学工业和化肥工业的大力发展,1964 年又出现了世界上第一艘全冷冻式 LPG 船,这些船的诞生使原来踌躇不前的 LPG 船发展向前迈进了一大步。到 1972 年,LPG 船的总数已达 328 艘,总舱容约 200 万  $m^3$ 。1973 年第二次世界石油危机后再次促进了 LPG 船的发展,使 LPG 船在 10 年间增加了 200% 的运力。见表 1.1。

1973 年~1983 年 LPG 船队的发展

表 1.1

|                   | 1973 年以前 |                  | 1974~1976 年 |                  | 1977~1980 年 |                  | 1981~1983 年 |                  |
|-------------------|----------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
|                   | 艘数       | 舱容<br>(万 $m^3$ ) | 艘数          | 舱容<br>(万 $m^3$ ) | 艘数          | 舱容<br>(万 $m^3$ ) | 艘数          | 舱容<br>(万 $m^3$ ) |
| 2000 $m^3$ 以下     | 219      | 22.1             | 237         | 24.8             | 290         | 313              | 328         | 35.6             |
| 2001~10,000 $m^3$ | 75       | 25.9             | 94          | 33.1             | 121         | 441              | 175         | 46.5             |
| 10,000 $m^3$ 以上   | 58       | 186              | 83          | 302.7            | 122         | 530.4            | 145         | 650.7            |
| 合计                | 352      | 234              | 414         | 360.6            | 533         | 1284.4           | 648         | 732.8            |

到 1987 年 1 月止,全世界共拥有 LPG 船 659 艘,7733451 $m^3$ , 1988 年 1 月拥有量达 663 艘,7886195 $m^3$ 。在现有 LPG 船中,以舱

容计拥有量最大的是利比亚(41 艘,1373868m<sup>3</sup>),其次是挪威(46 艘,1281460m<sup>3</sup>)、日本(204 艘,1118974m<sup>3</sup>)和英国(23 艘,711344m<sup>3</sup>)。目前能承造 LPG 船的国家已有十多个,其中主要有日本、法国、挪威、德国和芬兰。日本是世界最大的 LPG 船进口国,同时也是 LPG 船最大的建造国,在 1987 年拥有的 659 艘 LPG 船中,由日本承造的就有 316 艘,以艘数计占世界总量 47.9%。日本的 LPG 进口量也居世界首位,1985 年进口约 1150 万吨,到 1990 年增加到 1440 万吨,见表 1.2,其进口价见表 1.3,而且大部分(79%)是属中、近东远距离运输,其中主要的有:阿拉伯湾—日本,

1980~1990 年世界 LPG 海运量

表 1.2

| 国家或地区      | 年 份 | 1980 | 1983 | 1985 | 1988 | 1990 |
|------------|-----|------|------|------|------|------|
| 日本: 中东——日本 |     | 800  | 850  | 910  | 1050 | 1160 |
| 远东——日本     |     | 150  | 150  | 190  | 210  | 230  |
| 其他地区——日本   |     | 50   | 80   | 50   | 50   | 50   |
| 合计         |     | 1000 | 1080 | 1150 | 1310 | 1440 |
| 西欧: 本地区内   |     | 120  | 250  | 260  | 290  | 320  |
| 北非——西欧     |     | 50   | 60   | 170  | 230  | 280  |
| 中东——西欧     |     | 180  | 170  | 140  | 170  | 180  |
| 其他地区——西欧   |     | 60   | 90   | 90   | 50   | 50   |
| 合计         |     | 410  | 570  | 660  | 740  | 830  |
| 美国: 中东——美国 |     | 10   | 15   | 10   | 30   | 50   |
| 远东——美国     |     | 10   | 5    | 25   | 25   | 30   |
| 北非——美国     |     | —    | —    | 15   | 25   | 40   |
| 南非——美国     |     | 30   | 10   | 10   | 70   | 100  |
| 其他地区——美国   |     | 10   | 10   | 20   | 25   | 30   |
| 合计         |     | 60   | 40   | 80   | 175  | 250  |
| 其他地区——其他地区 |     | 160  | 160  | 140  | 195  | 220  |
| 总计         |     | 1630 | 1850 | 1030 | 2420 | 2740 |

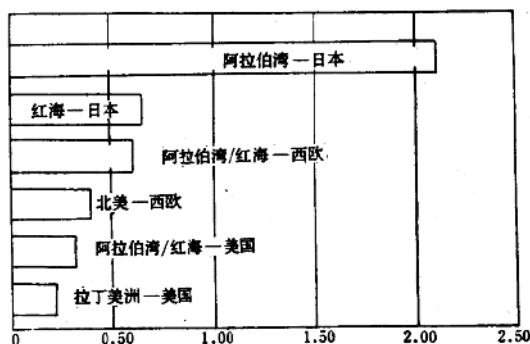
## 日本 1980~1989 年

## LPG 进口到岸价

表 1.3

| 年份     | 到岸价格(日元/t) |
|--------|------------|
| 1980   | 75,095     |
| 1981   | 68,272     |
| 1982   | 68,036     |
| 1983   | 72,149     |
| 1984   | 61,099     |
| 1985   | 58,129     |
| 1986   | 30,650     |
| 1987   | 22,668     |
| 1988   | 19,669     |
| 1989.1 | 16,307     |
| 1989.2 | 17,136     |

红海—日本(见图 1.1)。一般来说,  $2000\text{m}^3$  以下的小型 LPG 船多为压力式 LPG 船, 只从事短距离的小宗 LPG 运输。  $2000\sim 10000\text{m}^3$  的 LPG 船多为半压半冷式。这种船能适应各种航线和各种码头设施, 用途较广。  $10000\text{m}^3$  以上的大型 LPG 船几乎(总舱容的 96%, 艘数的 87%)全是全冷式, 这些船大部分根据中长期贸易合同进行远距离运输, 而且主要是在中东与日本之间进行, 见表 1.4。

图 1.1 主要 LPG 船营运区域及舱容量情况(百万  $\text{m}^3$ )

日本 1986~1987 年 LPG 进口情况(万 t)

表 1.4

| 出口国   | 1986 年 | %     | 1987 年 | %     |
|-------|--------|-------|--------|-------|
| 沙特阿拉伯 | 595.8  | 48.3  | 586.7  | 46.8  |
| 阿布扎比  | 225.5  | 18.3  | 240.7  | 19.2  |
| 科威特   | 100.5  | 8.2   | 115.5  | 9.2   |
| 迪拜    | 44.3   | 3.6   | 24.4   | 1.9   |
| 卡塔尔   | 38.0   | 3.1   | 50.3   | 4.0   |
| 沙迦    | 8.1    | 0.7   | 21.9   | 1.7   |
| 巴林    | 1.8    | 0.1   | 9.5    | 0.8   |
| 中东小计  | 1014.0 | 82.3  | 1049.0 | 83.6  |
| 印度尼西亚 | 31.7   | 2.6   | 27.6   | 2.2   |
| 马来西亚  | 20.1   | 1.6   | 23.9   | 1.9   |
| 其他    | 1.3    | 0.1   | 0.5    | —     |
| 亚洲小计  | 53.1   | 4.3   | 52.0   | 4.1   |
| 澳大利亚  | 123.6  | 10.0  | 116.5  | 9.3   |
| 阿尔及利亚 | 33.8   | 2.7   | 27.3   | 2.2   |
| 其他    | 8.1    | 0.7   | 10.2   | 0.8   |
| 总计    | 1232.6 | 100.0 | 1254.9 | 100.0 |

由于 LPG 海运量的急剧增加, LPG 船日趋短缺, 致使新船造价大幅度上涨。据统计, 24000m<sup>3</sup> 级 LPG 船 1987 年 12 月的造价为 2700 万美元, 1988 年 12 月为 3900 万美元, 1989 年 2 月上涨到 4300 万美元, 比 1987 年 12 月上涨了 60%。52000m<sup>3</sup> 级 LPG 船 1987 年 12 月的造价为 4500 万美元, 1989 年 2 月为 5500 万美元, 上涨 22.2%。与此同时二手船市场也日趋看好, 1 艘 75000m<sup>3</sup> 三年船龄的 LPG 船 1987 年 12 月卖价为 2600 万美元, 1989 年 2 月卖价为 5100 万美元, 上涨了 96%, 八年船龄的该类船舶的其卖价 1987 年 12 月为 2000 万美元, 1989 年 2 月为 4000 万美元, 上涨了一倍。从目前的市场情况来看, LPG 船的新船价格和二手船价格仍都继续上涨(见表 1.5)。

1991 年 3 月底价格

表 1.5

| 船价(百万美元) | 容积(m <sup>3</sup> ) | 船型    | 新建船            | 3 年船龄          | 8 年船龄          |
|----------|---------------------|-------|----------------|----------------|----------------|
|          | 3000<br>12000       | 半压半冷冻 | 16.0<br>(15.0) | 12.0<br>(11.0) | 10.0<br>(9.0)  |
|          |                     | 半压全冷冻 | 43.0<br>(37.0) | 31.0<br>(28.0) | 24.5<br>(22.0) |
|          | 24000               | 全冷冻   | 52.0<br>(44.0) | 37.0<br>(34.0) | 30.0<br>(27.0) |
|          | 52000               | 全冷冻   | 65.0<br>(59.0) | 53.0<br>(47.0) | 42.0<br>(37.0) |
|          | 75000               | 全冷冻   | 80.0<br>(70.0) | 66.0<br>(58.0) | 54.0<br>(47.0) |

## 第二节 世界 LNG 海运概况

天然气是一种较新开发的能源,查明的蕴藏量逐年增加,到 1987 年 1 月止达 1026515 万亿 m<sup>3</sup>,其中亚洲与大洋洲的蕴藏量为 55926 万亿 m<sup>3</sup>(占世界蕴藏量的 5.4%),中近东为 261952 万亿 m<sup>3</sup>(占 25.5%),西欧为 65037 万亿 m<sup>3</sup>(占 6.4%),北美为 80683 万亿 m<sup>3</sup>(占 7.9%),中南美为 53809 万亿 m<sup>3</sup>(占 5.2%),前苏联、中国、越南等国为 451771 万亿 m<sup>3</sup>(占 44%)。尤其是第一次“能源危机”席卷了全世界,使天然气成为仅次于石油和煤的世界能源的“第三支柱”。天然气的用途很广,不仅能充作民用燃料,还能在汽车、轮船、飞机引擎上作为优质燃料,因此出现了一个竞相勘探、开采,利用天然气的高潮。同时 LNG 海上运输技术和船舶建造也获得突破性进展。据有关资料统计:1986 年世界天然气产量为 16700 万亿 m<sup>3</sup>,1987 年为 17650 万亿 m<sup>3</sup>,增加了约 6%,其中约 2/3 由前苏联和美国生产。前苏联的天然气产量在近十年中增加了一倍多,目前占世界总产量的 41%,美国约占 25%。尽管前苏联天然气年年增产,但出口量却没有增加,增产的部份主要用以代替石油,以实现国内天然气化。天然气资源丰富的东南亚地区,如马来西亚、



印度尼西亚等国主要以 LNG 向日本出口。目前世界海上 LNG 运量为 4543 万 t, 其中日本平均年度进口量为 2953 万 t (约占世界 LNG 海运量的 65%), 法国为 654 万 t (约占 14%), 西班牙为 379 万 t (约占 8%), 比利时为 357 万 t (约占 8%), 韩国为 200 万 t (约占 5%)。

当前, LNG 贸易有着广阔的前景。首先, 美国虽然目前的 LNG 消费量的 90% 靠国内生产, 但有迹象表明美国的天然气产量将逐年减少, 而进口量将逐年增加, 预计美国天然气的进口量 2000 年为 113 亿  $\text{m}^3$ , 2010 年可达到 198 亿  $\text{m}^3$ 。预计 2000 年欧美地区液化天然气的总进口量为 2200~3300 万 t。

目前 LNG 的出口源除了阿尔及利亚、利比亚、印度尼西亚、马来西亚、文莱和阿布扎比等国, 还有新出现或即将成为 LNG 的出口源的前苏联库页岛和泰国等 (见表 1.6, 表 1.7)。

世界新的 LNG 出口源

表 1.6

| 国家或地区 | 现状                                               | 规模                       | 价格和贸易条件                            | 蕴藏量                      |
|-------|--------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| 库页岛   | 天然气供应国内, 日本和原苏联合作先开采原油                           | 300 万 t/年                | 因 1986 年起原油价格下跌, 预算困难              | 1405 亿 $\text{m}^3$      |
| 泰国    | 继续进行预调查, 延期进行可能性调查, 促进国内消费                       | 300 万 t/年                | 原油价格必须在 25 美元/桶以上 (离岸价)            | 3000~4000 亿 $\text{m}^3$ |
| 加拿大   | 第一阶段国内消费开始为 LNG 出口的工. 程, 第二阶段通过管道出口, 第三阶段 LNG 出口 | 600 万 t/年 (最低 400 万 t/年) | 考虑向日本和欧洲出口                         | 4.2 万亿 $\text{m}^3$      |
| 阿拉斯加  | 日本能源、经济研究所, 美国天然气技术研究所进行实施可能性调查                  | 700 万 t/年 (也考虑向南朝鲜出口)    | 换算成原油到岸价必须为 24 美元/桶, 比原油便宜 10%~20% | 7000 亿 $\text{m}^3$      |