

现代大型油船实务

任德俊 编著
殷佩海 主审

大连海事大学出版社

内 容 提 要

本书作者在现代大型油船上任大副、船长职务多年,大胆探索,勇于实践,积累了较为丰富的油船管理与操作方面的经验。

本书内容主要包括石油与油船概述;较详尽地介绍了货油装卸设备、加温装置、惰性气体装置、洗舱装置、排油监控装置等的构造、原理和操作;系统地阐述了装卸作业、加温作业、原油洗舱与水洗舱作业、油舱除气作业、舱内作业、压载水作业等的具体操作与管理程序;油轮的日常安全管理、防静电、防污染、油船消防等理论和具体操作及防范措施等。本书联系实际、深入浅出、条理清楚,内容全面而广泛。是油船船员的管理与操作的必备指南,也可供油船公司的管理人员、港务监督、船检、商检人员参考。还可以作为油船船员的培训教材。

本书由任德俊船长编著,殷佩海教授主审。

目 录

第一章 石油与运输	1
第一节 石油的组成及其性质	1
第二节 石油的分类与分级	2
第三节 石油及其制品的特性	3
第四节 石油运输概况	5
第五节 油船系泊设施	8
第二章 油船	13
第一节 概述	13
第二节 油船的分类	14
第三节 油船的结构特点与舱室布置	15
第三章 货油系统	18
第一节 货油泵	20
第二节 扫舱泵	22
第三节 喷射泵	23
第四节 自动扫舱系统	23
第五节 货油监控系统(CARGO MASTER)简介	31
第四章 惰性气体系统(IGS)	37
第一节 概述	37
第二节 惰气系统的构成设备及其作用	39
第三节 安全控制装置	48
第四节 IGS 的基本运行(操作)	49
第五节 IGS 使用操作实例	53
第六节 IGS 的维修保养工作	59
第七节 IGS 故障及其对策	61
第八节 其它船舶 IGS 的要求	64
第五章 装货	67
第一节 装货手续	67
第二节 油船租船合同	68
第三节 油船配载与货油计算	74
第四节 装货前的工作	81
第五节 装货作业	86
第六节 在装货中其他有关安全的事项	88
第六章 货油加温	91
第一节 货油加温系统	91

第二节	货油加温作业	94
第三节	加温时间计算与节能	96
第七章	卸货	107
第一节	卸货前的准备工作	107
第二节	卸货作业	111
第三节	扫舱作业	115
第四节	扫线	120
第八章	特殊原油的运输	122
第一节	高挥发性原油	122
第二节	高流动点原油的运输问题	124
第三节	高粘度原油的运输	125
第九章	船间石油转载	128
第一节	转载的条件和要求	128
第二节	转载操作的设备	129
第三节	系靠/离泊方法	131
第四节	转载操作	133
第五节	转载作业的安全管理	135
第六节	单点系泊	143
第十章	油船洗舱	145
第一节	概述	145
第二节	洗舱系统	145
第三节	洗舱程序	150
第四节	洗舱作业的安全防范措施	158
第五节	洗舱作业的实施	162
第六节	油舱检验	167
第十一章	原油洗舱 (COW)	168
第一节	概述	168
第二节	对原油洗舱设备和人员的要求	169
第三节	原油洗舱方法	170
第四节	卸货和 COW 计划	174
第五节	COW 期间的注意事项	175
第六节	COW 作业的实施(要领)	180
第十二章	透气系统及油舱除气作业	184
第一节	透气方式及透气系统布置	184
第二节	附属装置	185
第三节	油舱除气	189
第十三章	舱内作业	194
第一节	入舱条件	194
第二节	入舱作业	195

第三节 呼吸器具的使用·····	200
第十四章 国际防止油污公约及防污结构设备·····	202
第一节 概述·····	202
第二节 国际防污染公约·····	202
第三节 压载水系统与防止油污的结构设备·····	207
第四节 排油监控系统·····	215
第五节 油水界面探测器·····	238
第六节 污油水舱装置·····	240
第十五章 防止和清除油污染操作技术·····	242
第一节 油类排放的控制·····	242
第二节 SBT 油船的排放操作 ·····	244
第三节 CBT 油船的装载排放操作 ·····	245
第四节 COW 油船压载水操作 ·····	252
第五节 LOT 等船舶压载水操作 ·····	254
第六节 油类留置船上的处理程序·····	255
第七节 短航程油船·····	258
第八节 防止在装卸货油及运输过程中造成污染·····	258
第十六章 安全管理·····	261
第一节 一般安全·····	261
第二节 静电灾害及其一般预防·····	267
第三节 油船消防·····	276
第四节 石油毒性与急救·····	281
石油运输及安全术语定义·····	285
英汉对照·····	300

第一章 石油与运输

第一节 石油的组成及其性质

由于地壳的变迁,古代动、植物的遗体便被压在地层深处,在缺氧、高温和高压的条件下,逐渐变化成石油。通常把开采出来的未经加工的石油叫做原油,因而也把原油称作石油,原油的颜色一般为褐色或黑色,在其凝点以上为粘稠液体,在其凝点以下则呈膏状物或固体。它有着特殊的气味,密度远远小于1,比水轻,不溶解于水,能燃烧。原油经炼制后的产品叫做石油制品。

原油的主要成分是由碳和氢两种原素(共占组成石油元素的96—99%)组成的碳氢化合物。碳氢化合物简称烃,它是石油加工利用的主要对象。石油中还含有硫、氮、氧等元素,其含量虽只有1—3%,但他们与碳氢形成的硫化物、氮化物、氧化物和胶质、沥青等非烃化合物的含量常达10—20%,它们是石油产品中的不良成份,须在精制过程中尽量除去,此外,石油中还会有微量的氯、碘、砷、磷、钾、钠、铁、镍等元素,对石油制品影响不大。

石油中的烃类按其结构的不同,大体分为烷烃(甲烷、乙烷、丙烷)、环烷烃、芳香烃和不饱和烃等类。不同烃类对各种石油产品的影响各不相同。

总之,石油是由各种烃类和非烃类化合物所组成的复杂混合物。根据石油中的碳含量和主要烃类成分的不同,大体上可分为低硫或含硫的石蜡基石油、环烷基石油和中间基石油三种。石蜡基石油含烷烃较多;环烷基石油含环烷烃、芳香烃较多;中间基石油介于两者之间。

表 1—1 几种国产原油的主要性质

性 质	原 油	大 庆	胜 利	辽 河
密度,克/厘米 ³ , 20℃		0.861	0.9005	0.8662
运动粘度,厘沲, 50℃		23.85	83.36	9.05
凝点, ℃		31	28	17
含腊量, % 吸附法		25.76	14.6	-----
蒸馏法		-----	-----	13.5
沥青质, %		0.12	5.1	0.17
硅胶胶质, %		17.96	23.2	14.4
残碳, %		2.99	6.4	3.59
水分, %		0.83	1.0	6.0
闪点(开口), ℃		34	44	23(开口)
		低硫石蜡基	含硫中间基	低硫中间—石蜡基

我国大庆原油属于低硫——石蜡基石油。这种原油硫含量低,含蜡量高,凝点高,能生产出优质的灯用煤油、柴油、溶剂油、润滑油和商品石蜡。直馏汽油馏分的感铅性好,每公斤汽油加入 1.3 克四乙基铅后,辛烷值可提高 20 个单位以上。

辽河原油的硫含量低,轻质馏分多,属低硫中间——石蜡基石油,是一种质量较好的原油。其汽油馏分辛烷值高达 62%。渣油经氧化后可制取石油建筑沥青。

胜利原油硫质含量高(29%)密度大(0.91 左右)含蜡量高(15%—21%),属含硫——中间基,类似胜利原油。印度尼西亚的米纳斯原油则属低硫——石蜡基,类似于大庆原油,其倾点超过 30℃,在常温下呈固体状态。

几种国产原油的主要性质见表 1—1。

第二节 石油的分类与分级

一、石油的分类

石油有两大类,即原油及其制品——成品油。

1. 原油

原油可分为酸性原油,添加原油和特殊原油。

酸性原油——含硫化氢量超过 10PPM 的原油。

添加原油——掺进石油气或其它烃类液体的原油。

特殊原油——从运输装卸的义意出发,异于普通原油的原油,如高挥发原油,高流动点原油和高粘度原油等。

2. 成品油(石油制品)

成品油,通常也分为两大类,即白油和黑油。白油也称清油(CLAEN OIL)。

白油包括汽油,透平油,煤油,溶剂和石脑油以及轻柴油(GAS OIL),润滑油等化工产品。

黑油包括燃料油、船用柴油、渣油和沥青等。

除石油类外,油船载运的还有动、植物油。(动、植物油的主要成分各种高级脂肪酸的混合甘油酯)。常温下为固体或半固体的动、植物油习惯上叫做脂肪。液态油类又可根据它们在空气中能否干燥的情况分为:干性油、半干性油和非干性油三种。动植物油都能燃烧,但其燃点都较高,而且不易挥发,因此,运输中比较安全,故多属于普通货。在运输干性油时应注意容器的密封,否则容易被空气氧化而硬化变质。

二、石油的分级

石油的分级是针对石油的易燃性能而言。即根据闪点的高低,将石油划分成“挥发性和非挥发性”两级,以便在装卸运输中,据此定出相应的防患措施。液体释放的蒸汽足以在其表面附近形成易燃混合气的最低温度可在实验室用标准仪器按规定的方法测定。

挥发性石油

用闭杯试验法测定出的闪点在 60℃(140°F)以下的油类。这种油类包括原油及其混合物、汽油、透平油及喷汽机燃料油、煤油、石脑油、轻质瓦斯油和稀释柏油(沥青)等。

非挥发性油

用闭杯试验测定出的闪点在 60℃(140°F)或(66℃)以上的油类。这种油类包括重质瓦斯油、柴油、重质燃料油、燃料油和各种润滑油等。

对某一种类的性质发生怀疑时,则作为挥发性石油处理。当某种非挥发性石油在装卸时的温度已达到比自身闪点减 10℃ 的温度时,则也应按挥发性石油处理之。

以上是国际上的分类方法。我国则根据闪点的高低将石油分成三级,即:

一级石油:开口闪点在 28℃ 以下的石油,诸如汽油、溶剂油等。

二级石油:开口闪点在 28—65℃ 之间的石油,如煤油等。

三级石油:开口闪点在 65℃ 以上的石油,诸如柴油、重质燃料油、各种润滑油等。

第三节 石油及其制品的特性

一、挥发性

当石油液体温度低于沸点时出现的汽化蒸发现象叫做挥发。通常把这种汽化倾向称为挥发性。

石油的挥发性是以其蒸汽压为特征的。当一种石油混合物被装入一个经过除气的油舱或容器时,它就开始挥发,并释放出石油气体而扩散到其液面上的空间。此时,挥发出来的气体仍有重新溶进这种石油的倾向,最后达到平衡,在液面上的空间留下一定数量的均匀分布着的石油气。这种石油气所施加的气压叫做该种石油的饱和蒸汽压,简称蒸汽压。

石油的挥发性主要决定于其挥发性成分(具有低沸点时的那种成分)的含量,含量愈多,挥发性就愈大。

石油的挥发性一般用雷氏蒸汽压(R. V. P)和闪点来衡量。两者之间的关系是闪点越低,则雷氏蒸汽压越高。反之则相反。雷氏蒸汽压是指在密封的容器内装入 125 毫升油品,使液体和气体的体积比保持在 1:4,在容器内温度保持在 37.8℃ (100°F) 的条件下测得的蒸汽压。

尽管石油的挥发性应用雷氏蒸汽压和闪点两项指标来衡量,但在实际中,装运高挥发性石油时,最重要的是要掌握其雷氏蒸汽压,而没有必要掌握其闪点。例如,汽油闪点为 -50℃,这样的低温在装运和操作中没有什么意义。而且舱内空档应是过浓舱气状态,但按该种石油的雷氏蒸汽压掌握空档气体压力和饱和石油气浓度的大致百分比,却是至关重要的。然而对于非挥发性或低挥发性石油说来,则闪点是很重要的。因为这类石油的闪点和环境气温(或货油加温温度)相差不大。因此应特别注意掌握油温和闪点二者的关系和变化。以便很好地掌握石油挥发出来的气体与可燃极限的关系。因此,在这种情况下兼顾考虑闪点和雷氏蒸汽压两项指标值,全面掌握挥发性能差别甚大的各种石油货物,以便对舱内石油气浓度情况(过稀气体、可燃气体、过浓气体)以及载运高挥发性石油时对舱内气体压力作出正确的估计。

二、易燃性

石油着火,是不断蒸发的石油蒸汽在燃烧,并非油液燃烧。就是说,在燃烧的同时,石油不断释放出能燃成可见火焰的气体。石油释放气体量的多少,由其挥发性所决定。

石油气与一定比例的空气混合时,才能被引燃。石油气浓度过大或过低都不会被引燃。其比例极限,即所谓燃烧上限和燃烧下限或爆炸上限和下限,因油液挥发物的不同成份而异。一般石油混合气体的爆燃上限和下限分别为 10% 和 1% (按体积百分比)。

如石油气和空气的混合气体在开敞处燃烧,气体便急剧膨胀。如果在封闭处所燃烧,燃烧所产生的气体膨胀受到压制,使压力迅速提高到爆炸的程度。一般石油的爆炸极限见表 1-2。

一般石油的爆炸极限

名称	爆炸下限	爆炸上限
汽油	1.8	10.0
煤油	1.4	7.6
轻油	1.1	6.0
原油	1	10
沥青	1.0	11
石油石脑油	1.0	8

三、易生静电性

一般石油制品大都会有一些杂质。而这些杂质有分解成带正电和带负电分子的倾向,这样就使某些品种的石油可以产生静电。静电危险基本上经这三个阶段构成,即电荷分离、电荷积蓄、静电放电。这是构成静电起火的三要素。

在油船作业中,静电会引起火灾和爆炸事故。在油船作业中有以下几种静电现象:

1. 油液在管路中流动摩擦而引起带电现象;
2. 油液中掺入水份而引起静电;
3. 油液泼溅在其他物体上时而引起静电;
4. 高速喷射时引起带电现象。

四、流动性

原油和许多不透明的石油产品在低温时呈现出很大的粘性,有的甚至在夏季气温条件下也是凝结的。表明其流动性能很差。

石油的流动性与其粘度和凝点有关。凝点是指石油在其液面不能流动时的最高温度,一般高于凝点 3℃ 的温度则为流动点,石油的粘度越小则流动性越好,反之则相反。在一般情况下石油粘度的大小因其性质和温度而变化。因此在装运石油时,应采取相应的保温和加温措施,提高流动性,从而保证顺利卸货。如大庆原油,粘度高、流动点高,其流动点为 33℃。而在日本卸货扫舱阶段,要达到 50—52℃,甚至要达到 55℃。

五、毒性

石油具有一定的毒性,不管其为液态还是作为其挥发的气体都会对人体产生毒害。例如吞入某些液态石油时,可能会给肺脏带来恶果,当使皮肤接触某些液态石油时,可能造成皮肤疾病。

石油气的毒性程度主要取决于石油气中烃的成分。如果含有某些微量成分,像芳香烃(例如苯)和硫化氢,则会大幅度提高其毒性。

有毒的成分主要有苯类芳香烃、硫化氢、还有四乙铅或四甲铅汽油等,惰性气体中的氧化氮、二氧化硫和一氧化碳对人体都是有害的。

六、胀缩性

石油在受热后体积会膨胀,冷却后体积会收缩,具有热胀冷缩的特性。膨胀时危害性很大。比如在有限的舱内膨胀时会造成溢油或油舱破裂,甚至出现燃烧爆炸事故。因此在载运石油货物时,油舱内必须留有足够的空余舱容以允许在温度升高时货油体积的增大。通常每个油舱都留出舱容 2% 左右。在实际的日常装载中,应根据货油种类,航行区域的气温和海水温度变化

情况来计算出留有多少必要的舱容,即空档高度。

第四节 石油运输概况

石油是当今人类的主要能源。二次世界大战以后,随着技术的进步,工业的迅速发展,石油的使用日趋广泛,在世界能源消费结构中的地位迅猛上升,成为工业发达国家经济增长的主要动力。随着石油需求的增长,产油国的石油生产也迅速发展起来。1979年世界石油产量达到32.2亿吨。近些年来,由于世界经济的好转以及油价的相对低廉,使石油消费量不断增加。与此同时,石油输出国组织也相当增加石油产量,1989年达2000万桶/日以上,世界石油产量达6000万桶以上。

一、石油的产区与消费区

目前,世界石油产区主要有:

1. 中东海湾地区:这是世界规模最大的油田,是储量最高,产量最高,运输条件优越,输出最多,经济效益最好的石油产区。

2. 北美地区主要集中在墨西哥湾沿岸,加利福尼亚州的大陆和沿海,阿拉斯加州的大陆附近海域。

3. 前苏联的外高加索一带、伏尔加—乌拉尔、西伯利亚地区。

4. 英国和挪威的北海地区。

5. 委内瑞拉和墨西哥为主的拉美地区。

6. 北非的阿尔及利亚、利比亚、突尼斯、埃及等国。

7. 几内亚湾地区主要分布在尼日利亚、加蓬、科特迪瓦、利比里亚、喀麦隆、刚果、安哥拉等沿海平原与近海。

8. 东南亚地区的印尼、马来西亚和文莱。

9. 中国大陆和沿海大陆架。

10. 日本(秋明原油)。

世界上最大的石油消费区主要是西欧、北美、苏联和东亚四个地区。四个消费区中除前苏联自给有余外,美国是最大的石油消费国和进口国,主要来自委内瑞拉、墨西哥。西欧是世界最大的石油进口地区。主要来自西亚波斯湾沿岸,西欧输入石油最多的国家是德国、法国、意大利。日本是仅次于美国的第二石油进口大国,每年所需石油基本全部进口。75%是来自海湾地区,其次是东南亚地区和中国。

二、石油的运输

石油生产区远离消费区,带来了远距离运输的问题。作为其最经济的运输方式,只有海上运输和输油管道运输。海运的主要工具便是油船。见表1-3。

表 1-3 石油运量与运力(1975—1990)

年 份	海 运 量		周 转 量		油船吨位
	原油	成品油	原油	成品油	单位:艘数— 百万载重吨
	单位:百万吨		单位:十亿吨海里		
1975	1263	233	8885	845	3406—254.3
1976	1410	260	0199	950	3439—290.9
1977	1451	273	10408	995	3383—320.5
1978	1432	270	9561	985	3301—331.9
1979	1497	279	9452	1045	3129—328.6
1980	1320	276	8219	1020	3071—326.8
1981	1170	267	7193	1000	3081—324.7
1982	993	285	5212	1070	3084—320.2
1983	930	282	4478	1080	2944—300.9
1984	930	297	4508	1140	2785—280.3
1985	871	288	4007	1150	2645—264.5
1986	958	305	4640	1265	2515—239.3
1987	970	313	4671	1345	2507—233.0
1988	1042	325	5065	1445	2488—228.9
1989	1120	340	5736	1540	2529—232.1
1990	1175	350	6110	1610	2580—239.4

石油海运市场的变化取决于两个因素:1、石油输出、输入地区的变化和主要石油航线的变化。2、石油船队的运力。世界石油贸易量受石油产量、需求量和各国能源政策等因素的影响。这些因素又与油价的高低起落有密切关系。见表 1-4 至表 1-6。

表 1-4 世界石油价格变化 (单位:美元/桶)

年份	73	74	75	79	80	81	82	83	84	86	90	91
油价	2.8	10.8	10.7	16.0	28.0	32.5	34.0	30.3	29.0	10—15	18	18

通过表 1-3 和表 1-4 可以看出,油价的高低与海运量也是有着明显关联的。1980 年油价暴涨,而海运量则开始下降;1986 年油价下跌则海运量也开始回升。

表 1-5 油船承租运价 (单位:W/S)

	ULCC VLCC	中型 油船	小型原油和 成品油船	灵便型油船	
				重 油	轻 油
1985	32	57	81	116	122
1986	33	65	94	140	150
1987	42	75	105	148	167
1988	41	76	110	116	155
1989	51	102	143	207	202

* W/S:国际船舶管理和航运新闻运价指数

表 1-6 主要航线承租运价 (单位: W/S)

年 份	中东湾—西行 原油			地中海— 美东/美湾	西非— 美东/美湾	中东湾— —日本	加勒比海— 美东/美湾	
	大型 油船	13 万 吨级	9 万 吨级	原油 13 万 吨级	原油 13 万 吨级	轻油 5 万 吨级	重油 5 万吨级	轻油 3 万吨级
1985	26	45	57	54	34	—	81	109
1986	29	51	64	65	40	110	88	136
1987	38	61	84	84	51	133	108	161
1988	41	64	85	85	59	127	128	162
1989	47	82	103	112	83	163	172	215

三、世界石油运输的主要航线分布

1. 波斯湾——好望角——西欧——美洲运输航线。此航线从波斯湾各油港经霍尔木兹海峡,进入阿拉伯海到印度洋,沿非洲东海岸南下,穿过莫桑比克海峡,绕好望角进入大西洋,再沿非洲西海岸北上,直达西欧沿海国家;若横渡大西洋,则可达北美东海岸各港。该航线主要为 VLCC 和 ULCC 所使用。它是西欧、北美的主要供油运输线,也是世界上最主要的海上石油运输线。

2. 波斯湾——龙目海峡、加锡海峡——日本石油运输航线。该航线从波斯湾沿岸各油港开始,出霍尔木兹海峡经阿拉伯海进入印度洋,尔后向东沿印度半岛西海岸经科伦坡向东南分两路,一路是过龙目海峡北上经望加锡海峡、苏拉威西海、苏禄、民都洛海峡、太平洋至日本各港。另一路是过巽他海峡加斯帕海峡,经南海北上至日本各港。这条航线主要是 VLCC 和 ULCC 运输航线,日本进口石油的 80% 多经由这条航线运输,这是世界第二大石油海上运输线。而马六甲两岸国家为了安全起见,禁止上述大型油船通过。

3. 波斯湾——苏伊士运河——地中海——西欧——北美运输航线。这条航线由波斯湾沿岸各油港,出霍尔木兹海峡到阿拉伯海,经曼德海峡——红海——苏伊士运河,进地中海,出直布罗陀海峡,经大西洋北上至西欧各国,或横渡大西洋至北美东海岸各港。苏伊士运河从 1980 年扩建加深以来,15 万吨级以下的中型油船通过日益增多。目前,37 万吨级空载油船也可畅通无阻。今后还继续拓宽加深,计划达到 26 万吨级满载油船和 40 万吨级空载油船能安全通过。届时海湾至西欧、北美的石油运输将更多经由此航线,其石油运输的地位将大大提高。

除上述三条航线外,还有西非、北非——北美、西欧、拉美航线;拉美——北美、西欧航线;黑海——地中海航线;东南亚、波斯湾——澳大利亚、新西兰航线;阿拉斯加——美国东、西海岸航线;墨西哥湾——加勒比海航线;墨西哥——日本航线;东南亚——日本航线;中国——日本等航线,其运距较短,运量亦较少。多为中、小型(运费型、巴拿马运河型)油船从事这些航线的海上石油运输。

图 1-1 为世界石油贸易流向示意图。

2. 多浮式系泊站(CBM 或 MBM)

这种系泊方式(如图 1-2)是首先用双锚使艏向固定,然后将缆绳系上浮筒。

3. 单点系泊(SBM, SPM)

单点系泊大致有三种形式:

(1)塔式单点系泊(SBM TOWER)

由三角吊架立桩和吊杆(起吊设备)连结而成,起吊设备一端有衍架外伸到油船中部,衍架上有油管与船上总管相连接。见图 1-3。

(2)多腿式单浮点泊(CALB)

浮筒用 4—8 只锚固定,由旋转接头用浮油管和船上总管相连接。见图 1-4。

(3)单腿式单点系泊(SALM)(见图 1-5)

单点系泊的船舶操纵通常需要引水员/系泊,船长及拖轮和汽艇等协助进行。引航员或系泊船长协助系泊。装卸时系泊船长通常留在船上。

单点系泊适用于风大、浪高的滨海水域。因油船能随风转动来减少系泊设备的负荷。单点系泊能使油船抗风流合成的大浪高达 15 英尺,但靠离操作必须等待风力在 25 节以下,浪高 6—8 英尺,拖轮能工作时才能进行。

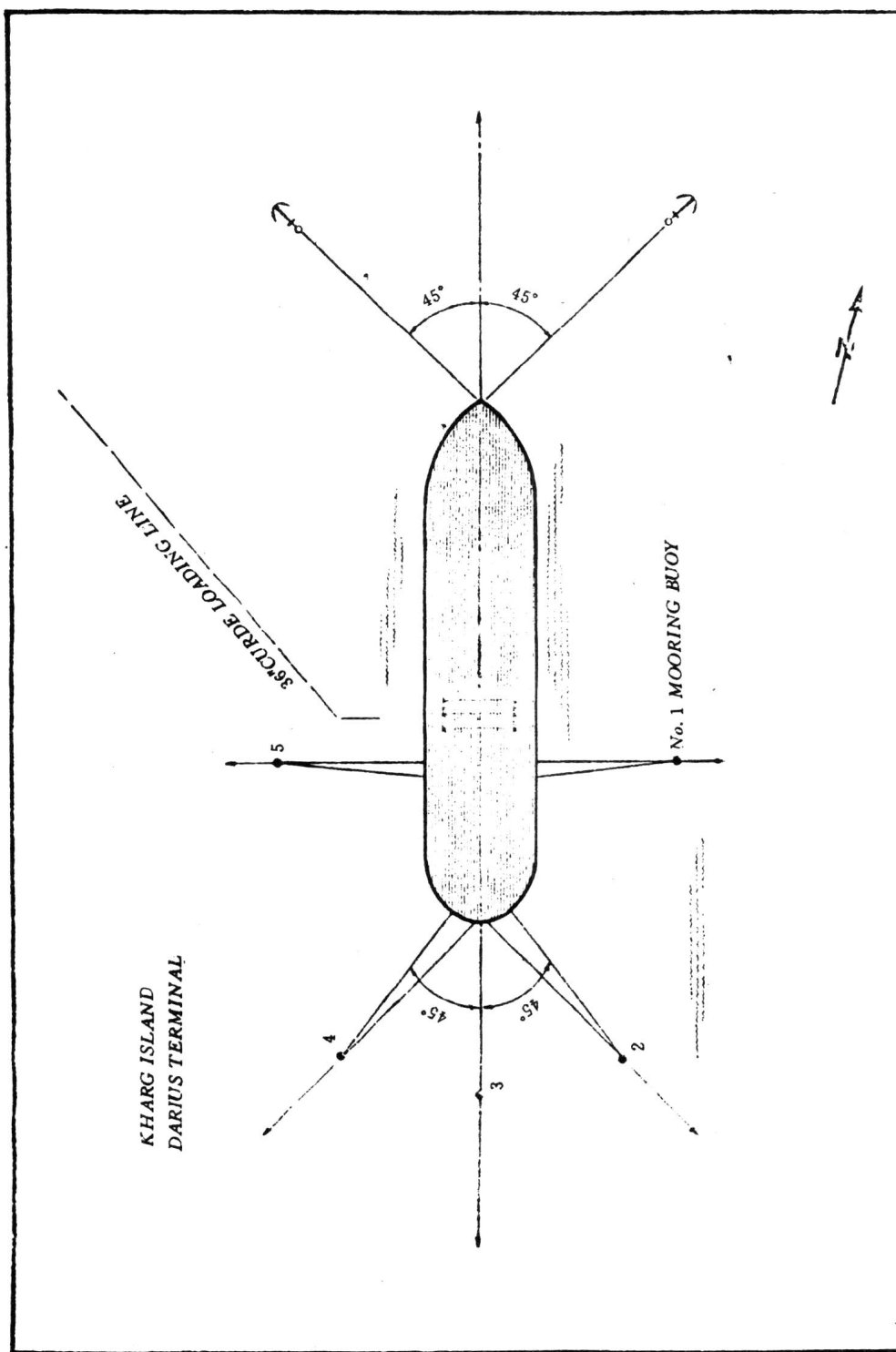


图 1-2 多浮式系泊站

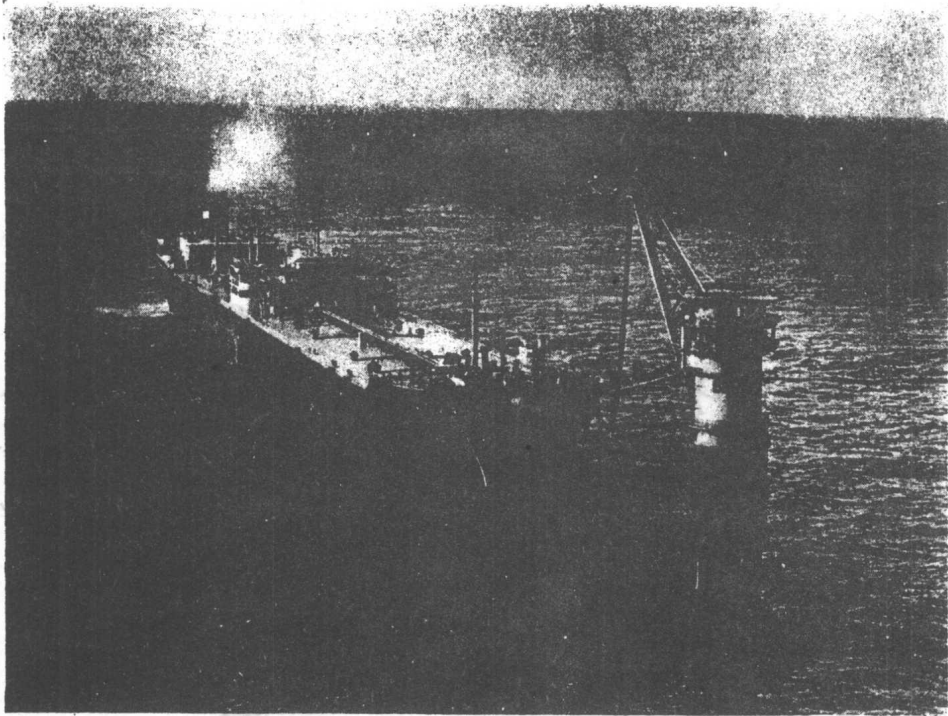


图 1-3 塔式单点系泊

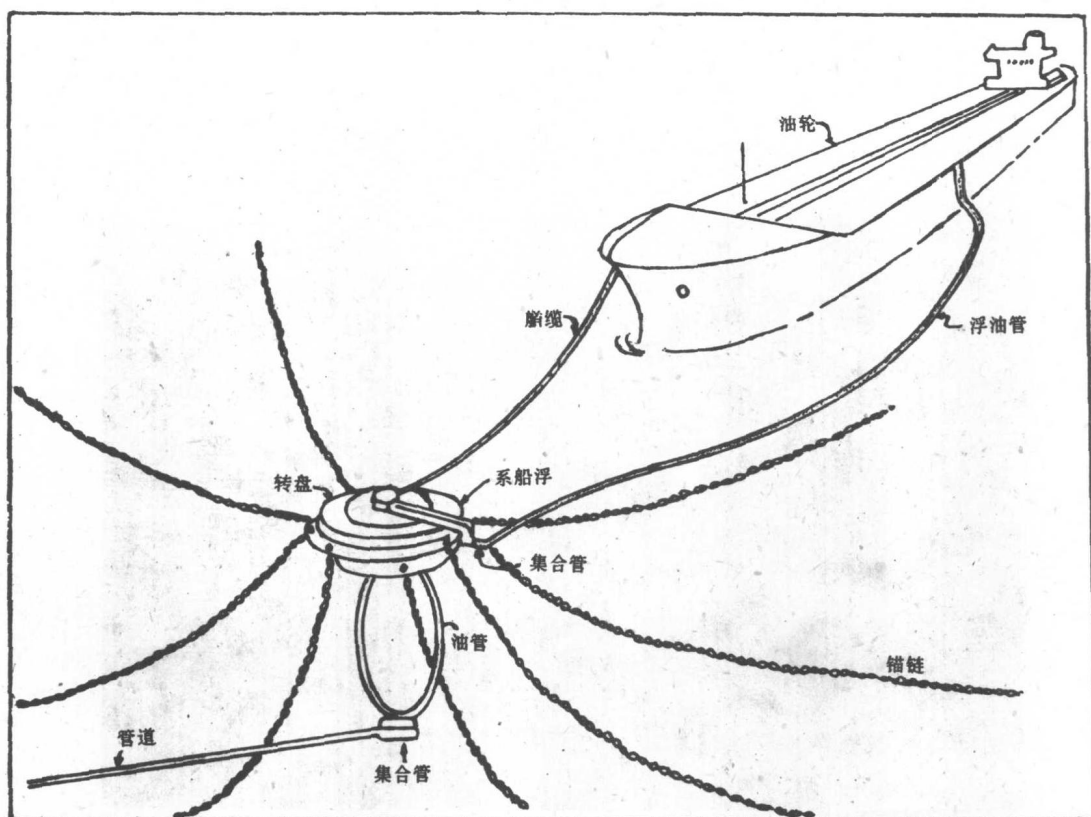


图 1-4 多腿式单点系泊

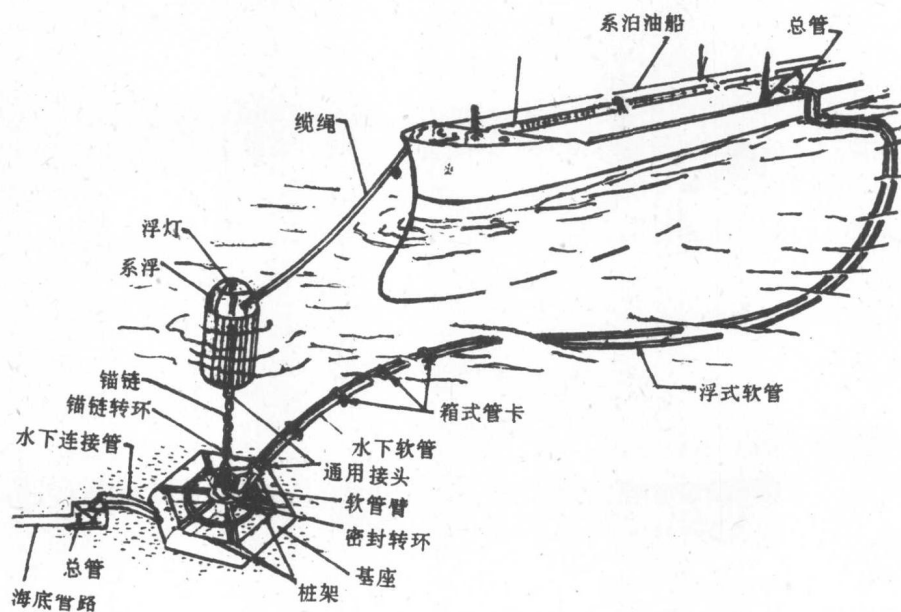


图 1-5 单腿式单点系泊