

水运技术资料(2)

# 外海油轮系泊设施译丛

人民交通出版社



水运技术资料(2)

# 外海油轮系泊设施译丛

交通部第一航务工程局  
设计研究院译

人民交通出版社

1973年·北京

## 内 容 提 要

为适应我国海上油运发展的需要，摘译了部分日本、美国等外海系泊设施资料，内容大致有：京叶港海上系泊码头、九州石油公司“大分”炼油厂的IMODCO式单点系泊码头、简易浮筒在无掩护的海面上可系泊巨型油轮、系泊浮筒、油轮装卸浮筒等。可供航务工程、交通运输、石油工业等部门有关技术人员和院校师生参考。

### 外海油轮系泊设施译丛

交通部第一航务工程局设计研究院译

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第006号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷一厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{2}$  印张：1 $\frac{3}{4}$  字数：26千

1973年3月第1版

1973年3月第1版第1次印刷

印数：0001—2,800册 定价(科五)：0.18元

## 目 录

京叶港海上系泊码头·····	1
九州石油公司“大分”炼油厂的“IMODCO”式单点 系泊码头·····	7
关于 IMODCO 单点系泊·····	20
简易浮筒在无掩体的海面上可系泊巨型油轮·····	23
系泊浮筒·····	27
油轮装卸浮筒·····	33

## 京叶港海上系泊码头

### 一、前 言

日本的石油需要量日益增长，估计到 1975 年将达到 25000 万千升，到 1985 年将达到 48000 万千升，增长的数量约为现在的 4 倍。为了保证廉价供应，采取油轮巨型化及建立石油运输中转站等项措施。

在京叶沿海工业地区的四所炼油厂（丸善、极东、富士和出光），针对原油运输油轮巨型化和运输设备合理化问题，研究建造有足够水深的外海岛式系泊码头，投资 16 亿日元，费时 14 个月，已于 1969 年 8 月竣工。

### 二、设置地点的选定

根据海图，先选定距岸 8 公里、水深 20 米、经度  $139^{\circ}55'25''$ 、纬度  $35^{\circ}30'54''$  的地点，并对附近  $2500 \times 3000$  平方米的水域进行了水深测量。同时又根据东京湾潮流调查报告，最后选定的位置是：经度  $139^{\circ}56'25''$ 、纬度  $35^{\circ}30'30''$ 、方位角  $42^{\circ}30'0''$ 。

### 三、系泊码头型式及数量的确定

系泊码头型式有集桩式、单点系泊式及多点系泊式几种，且各有各的优缺点。由于考虑“尽可能的减少公共海面的占用面积来达到船舶安全航行”的问题，决定采用建设费用最高的集桩式系泊码头。

关于规模及数量，研究了四所炼油厂的长期使用情况，

首先考虑停泊10万吨到20万吨级的油轮。为了能使二艘油轮同时停靠，第一期工程先建造两个系泊码头，预计每年有150艘停泊。1973年以后，作为第二期工程，再增建两个泊位。

#### 四、设计概要

在设计中充分进行理论分析的同时，还考虑实际经验，充分研究有关力学、经济和施工上的问题。

1. 栈桥的设计：停靠栈桥的油轮为10~20万吨级，能同时在两侧停泊。为此，在配置靠船墩时要考虑适应上述油轮能安全停靠的间隔，也要考虑在大风时，能使油轮安全系泊的两舷间隔和系缆墩的配置方法。

为了考虑船腹直线部分能靠紧栈桥，并且考虑靠栈桥时的稳定，靠船墩的间距应大于油轮总长的 $1/3$ ，因此，外面靠船墩的间距定为130米，里面靠船墩的间距定为80米，两舷之间的间距考虑到为使系缆绳作用力较大，定为50米。决定系缆墩的位置时，要使外面系缆墩上系缆绳与栈桥轴线形成30度角。而对里面的系缆墩来说，则应形成60~90度角。

2. 顶高：栈桥结构的装油平台及联络桥，应有在台风时不会越波的高度。考虑该水域的正常潮位和最大波高等因素后，决定顶高为 $AP + 6.0$ 米( $AP$ 代表东京湾水准基点)，其余的结构部分，越波影响不大，顶面高程可以低一些。

3. 建设地点的土质：从海底向下19米左右为软粘土层，特别是15米以上的土质是极软的淤泥层，其液限为100~150%，粘结力为0~1.0吨/米<sup>2</sup>，19~33米的深处为 $N$ 值等于20~50的砂层，再向下为细砂和固结粘土交替的硬层， $N$ 值等于100左右。对于栈桥结构来说，需要水平抵抗力，上部粘土层应认为对反复荷载是没有抵抗力的，19米以下的砂层可考虑其弹性横向抵抗。

4. 靠船墩的结构形式：靠船墩的作用是使油轮安全绑靠，是栈桥的主要部分。建造地点的土质如上所述，有一层软弱的淤泥层，显然，采用井筒式或箱式结构是不适当的，而以钢管桩为主要材料的结构则最适当。有三种型式值得探讨：框架式、悬臂梁式和斜桩式（见图1）。这三种型式各有各的特点，框架式的桩头变位小、稳定性好，但能量的吸收量较小；悬臂梁式系以卵石置换海底上的淤泥层，将桩埋置在卵石层底下，这样可以增加桩的横向抵抗力，从而吸收能量的能力要大一些；斜桩式的结构只依靠橡胶防护设备的变形来吸收靠船能量，钢桩用的数量少，比较经济，但只依靠橡胶防护设备来吸收100%的靠岸能量，会因橡胶逐渐老化，吸收的能量逐渐减少以致影响靠船墩的机能。最后还是选择了框架式的结构。

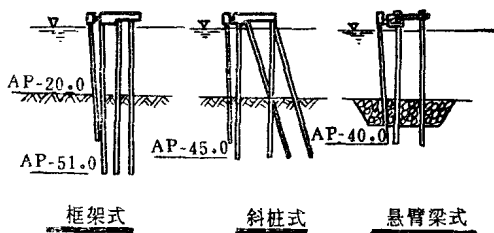


图1 码头结构型式图

5. 使用的钢材品种：钢管桩是最普通而又经济的STK-50或STK-41钢种制做的，考虑到海上结构物的特殊性和耐久性，钢管桩的尺寸有一定的富裕量。

6. 预制混凝土构件：由于主要工程是在冬季进行的，海上浇筑混凝土构件的一部分改为预制的。

7. 系泊码头的布置情况：系泊码头由靠船墩（外面4个，里面4个）、系缆墩（外面2个，里面2个）、装油平台一个及连络桥四个部分组成。码头总长500米。平面及立面图见图2。

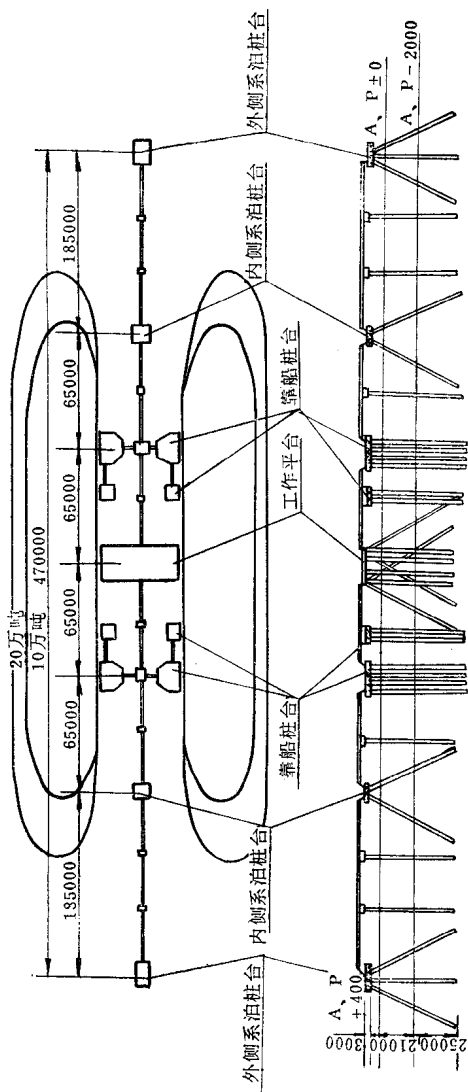


图2 岛式码头系泊设施平面及立面图



各种结构物的概况如下：

(1) 靠船墩：外侧的墩使用 STK-50 制做的十根  $\phi 1500$  的钢管桩作基桩。根据应力的不同，钢桩的厚度为 16 毫米至 24 毫米。为了得到十分可靠的水平抵抗力，桩的埋深为  $AP-53$  米。钢桩内  $AP-1.0$  米以上填充混凝土，以下填充砂子。靠船墩上铺的混凝土预制板厚达 2.5~4.0 米，是为了使其有足够的刚性。墩前用 4 个大拱形橡胶防冲设备防护（高  $1000 \times 2500$  毫米），上面还钉上  $1100 \times 1100$  的防冲混凝土板。这是考虑船舶上下运动或横向运动而采取的安全措施。墩旁还设置 150 吨的系船柱二个。里侧的墩子，结构是一样的，用 4 根  $\phi 1500$  的钢管桩做基桩，2 个高 800 长 2500 的橡胶防冲设备以及一个 150 吨的系船柱组成。

(2) 系缆墩：外侧的系缆墩用 6 根  $\phi 1200$  的钢管桩（壁厚 12.7 毫米）以  $20 \sim 25^\circ$  的角度打入坚硬砂层（ $AP-48$  米），里侧的系缆墩用 4 根  $\phi 1200$  的钢管桩作基桩。

(3) 装油平台：为了防止平台受强风时横向摆动，考虑由带叉桩（ $30^\circ$ ）的桩群组成最合适（ $\phi 711$ 、 $t=9.5$  及  $\phi 609$ 、 $t=9.5$  型的）。因此各个方向均设置 6 组叉桩。另有  $\phi 711$ 、 $t=7.9$  及  $\phi 609$ 、 $t=9.5$  的直桩 28 根共同组成。桩材为 STK-41 型的，打至深度  $AP-48$  米。平台上有工作间、阶梯、阀门及输油集合管等设施。海底油管的头部要埋在钢筋混凝土板里面，这样把管线所受的波浪应力都传到平台结构上。

(4) 联络桥：是供人员走动的，荷重不大，但也受风浪的影响，桥墩基础是用倾斜  $15^\circ$  的斜桩（ $\phi 600$ 、 $t=7.9$ ，STK-41 型钢）打至  $AP-48$  米，桩上桁架用工字钢两根组成（ $450 \times 200 \times 14$ ），桁架间用构架连接。

(5) 施工程序：打桩——固定桩顶——搬运安装预制

混凝土构件——海上填充钢管内混凝土——各种设备的施工。

摘译自日本“港湾技术要报”1969.No.59

## 九州石油公司“大分”炼油厂的 “IMODCO”式单点系泊码头

### 一、前 言

IMODCO 系连续装卸原油用的单点系泊设施。

“九石”的 IMODCO 于 63 年 12 月完工，并于当月以 5.5 万吨的“德津号”作为试验船，系泊后用水代替油进行了试验，得出了各种资料。

“IMODCO”浮筒发明于 1956 年，并于 1958 年在 Dolaria 港试制了直径为 5.5 米的浮筒，进行了试验，得出了许多在设计及工作上所需要的资料，于是开始实际设计。

系泊码头 (Terminal) 的名称是包括以浮筒为中心的船舶系泊及装卸的一切设备的总称。此系泊码头为单点系泊型式，船舶不需要拖船，也不需要抛锚，直接系泊在浮筒上。系泊的船只以浮筒为中心可移动到受潮流及风压较小的位置。整个码头是由设在浮筒上做为输油转折点的旋转顶部及具有耐压、耐油特性的浮式胶管所组成。船上的原油通过连结船和浮筒间的浮管，能够连续地向陆上输送。

九州石油公司于 1962 年决定采用此设备，当时的设计还不是完善的。在“九石”正在研究采用 IMODCO 问题时，意大利的 Purfina 石油公司在罗马市郊区 Fumicino 港离岸 4500 米的地点，设置了直径达 12.5 米的世界最大的大型浮筒为中心的 IMODCO 系泊码头，并系泊了三万吨级的油轮进行了装卸，轰动了世界。“九石”的有关人员当时到 Purfina 石油公司参观了第二次油船 Brajara 号 (2.9 万吨) 的系泊和

9000吨原油的卸货操作。接着，在别府湾离岸900米的地方设置了世界上第二座IMODCO系泊码头。

浮筒直径——15米；

浮管 长 230 米两根——内径 300 毫米；

海底管线——内径 600 毫米；

海底管线竖立部分——门型支柱；

陆地输油管——内径 600 毫米；

分水槽——容量5000千升。

从门型支柱到分水槽管子总长为1000米，浮筒到门型支柱的水平距离为900米。

设置浮筒地点的水深为50米，是世界上水深最大，离岸距离最短的。

1964年三月第一次接收5.5万吨“雄洋号”进行卸油，到68年三月中旬，进港的油船已达100艘以上，卸油装置已安全工作超过800万千升。进港的最大油船为17万吨，每艘平均卸油8万千升。

当船只系泊及解缆时，需要全部工作人员（共14名）出动，其中包括在浮筒上一人及在两艘工作船上各有一名船长，因此实际工作人员为11名，在输油工作中操作及检验人员为6人。

## 二、IMODCO 系泊码头的概况

设计条件：

浮筒所能系泊且卸油的最大船只——小于10万吨；

装置浮筒地点水深——约50米；

最大风速、潮流——风速25~30米/秒；

潮流 0.5~1.0 呎；

液体货物种类及装卸范围——原油，卸油专用。

为了保护船只安全，设置浮筒地点离岸距离应有船舶长度的3~4倍。如船舶长度为250米，系泊用缆绳长50米，则设置地点离岸距离应为  $(250 + 50) \times 3 = 900$ 米。

系泊浮筒的主要设计数据：（图1、2）

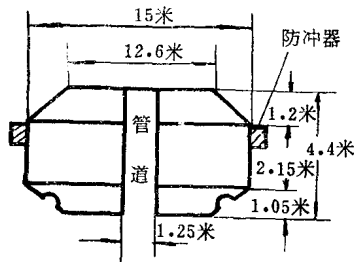


图1 浮筒尺寸（日本九州大分港）

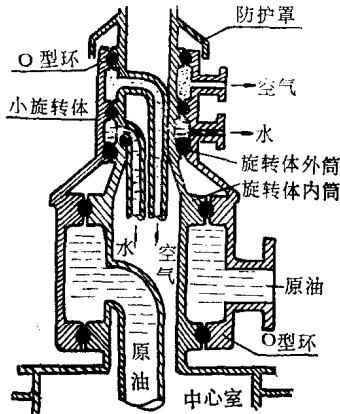


图2 浮筒上部旋转体的构造（日本九州大分港）

- 浮筒直径——15米；
- 浮筒高度——4.4米，吃水1.5米；
- 双层底深度——1.05米；
- 浮力及富裕浮力——755吨~574吨；

浮筒重量——181吨；

正常卸油效率——最大为3000千升/小时左右；

输油压力——5~6公斤/厘米<sup>2</sup>。

浮筒周围设有缓冲设备。

旋转顶设在浮筒的中心，分为上下两部分，下部成为整个输油系统的转折点，其构造如图2所示，由内外筒构成，两筒的中间装进O型环。上部为输送空气、水或油等的小直径旋转顶，上下两部分旋转顶是连结在一起转动的。

链条（具有柱状螺栓的电焊第二种链条）：

吊钩链条——直径88毫米×长27.5米×12节共4条；

尾部链条——直径84毫米×长27.5米×3节共4条；

连结用钩环——直径88毫米×52个；

锚用钩环——直径88毫米×4个。

系船臂和旋转臂；它们之间以90度角在旋转顶外筒下面连结。臂在甲板的轨道上走动，当系船臂受到仰角为16°左右方向上的拉力时，臂就向上移动。臂的前端有三个带缆用的滑轮。浮筒上的VH胶管，二根横向短管，空气管及水管均同旋转臂连在一起，并同其一起转动。

为了保持平衡，在两个臂的中间设有平衡臂。

锚：为港湾用单爪带座锚（特种型），重量10吨×8个。

压重：每一条锚链上设一个加钢筋的混凝土块，重量10吨×4个。

其他（浮筒内部）：

在浮筒周围设有圆筒型橡胶缓冲器，每个筒型橡胶均可自己转动，亦能一起围绕浮筒进行旋转。浮筒在海底用四条锚链固定，限制其水平移动，使系泊距离变化不大。

浮筒内部设有沉浮浮管用的装置及转动旋转顶用的动力源（空气），照明、警报、灯标用的电源等设备。浮筒内部

还有发电机，蓄电池，32PS柴油内燃机，空气压缩机及两个气筒（筒内气压25公斤/厘米<sup>2</sup>，容积为3立米）。电源为100伏，蓄电池室被隔离开。对油船的供水，供油一般是从陆地通过浮筒的上部旋转顶进行的，但在“九石”是使用小船直接供给油船上。利用通到旋转顶上的压缩空气，可使胶管上浮及臂的转动。柴油内燃机的发电机和空压机连结在共同的轴上，但不是同时运动。

#### 海底管线：

外径609.6毫米，臂厚14毫米，总长为900米（6米×150根），钢材规格为A·P·I·5LX-42。钢管是特制的，在能转动的台架上进行电焊，将6米长的钢管共焊接150根，顺次拖到海上。对焊接部分进行严格的X光线检查（合格范围为JIS2级以上），并进行水压力检查（25公斤/厘米<sup>2</sup>，保持24小时）。在海底管表面采用电防蚀。

#### 浮管及其他管：

作为卸油用的管子为相当于JISK 6346的耐油性港用胶管，并附有为上浮用的特殊浮子，能抵抗最大常用压力10公斤/厘米<sup>2</sup>（试验为15公斤/厘米<sup>2</sup>×10分钟）。两端具有ASA 150LB钢制法兰接头，从浮筒到油船的管子为浮沉式，不使用时沉在海底，当油船进港时浮上来。胶管直径300毫米，每条浮管长230米。

总共装置二根浮管和三根浮筒下面的胶管（60米/根）。胶管的长度有10米的和5米的两种。浮筒侧面的竖直胶管是采用特别厚的VH胶管。另外在浮管上面沿管长还绑有直径200毫米的胶管，在浮管上浮时作为送气管，在输油工作中作为浮力管，使浮管浮在海面上。

在浮筒和油船之间使用不缠钢丝的胶管，效果较好。因为管子加强层的疲劳程度小，比起其他的胶管，对波浪的适

应性好，不易受外伤，且重量轻。建造时在海面下1米处是用金属接头连结的，但在台风时受到大浪的作用力，螺栓被切断，因此后来拆去此种接头，换用了新创造的VH厚型胶管。

### IMODCO 码头的设置：

浮筒的装置方法，由于浮筒尺寸、海底地质、水深、潮流、风向、风速以及潮差等自然条件不同而不一致。但基本上是使用四根锚链及8个港湾用的单爪台座式锚（每根链条两个锚）固定在海底，如图3所示。在锚链悬垂到接近海底处系上混凝土加重块，当浮筒受到激烈的作用力时可起到减震器作用，同时又可增加锚和锚链间的把力，也能起到平衡由于锚链自重所产生的水平力的作用，以控制浮筒的移动。当油船系泊在浮筒上后，受到潮流及风压的作用力时，浮筒能向油船的方向以浮筒半径大小的距离移动。

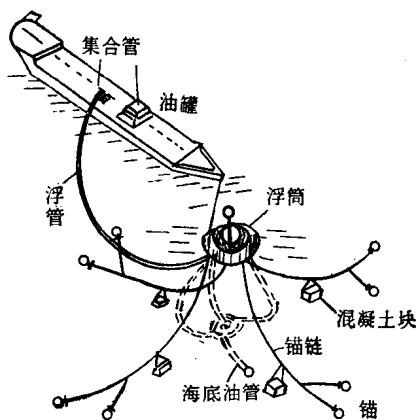


图 3

由于锚链及加重块的重量而产生的垂直力是由浮筒的浮力来支承，浮筒具有能够抵抗自重及这些作用力所足够的浮力。锚链、锚及浮筒的浮力等均是考虑10万吨的油船卸油完



毕时的吃水条件，以及假定风速为30米/秒，且拉力集中在在一根锚链上等最坏的情况下，并考虑了安全系数而确定的。锚链的尺寸还考虑了受腐蚀后断面减小的情况。

锚链如图4所示，可分为悬垂的曲线部分和平躺在海底的部分，共用8个锚固定。受力后锚链以锚为起点被拉向油船一边，如图5所示。试算浮筒移动时的各项值，并绘成图6-A、B、C。

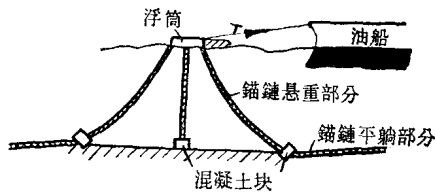


图 4

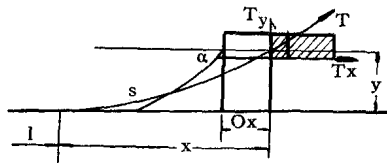


图 5

试算时的假定是：水深=50米，直径为88毫米的锚链单位重量=145公斤/米（水中重量），计算出 $T_x$ =张力(吨)， $\Delta x$ =浮筒移动距离(米)， $S$ =悬垂部分长度(米)， $\alpha$ =仰角(度)。图中表示出 $(T_x \sim \alpha)$ 、 $(T_x \sim S)$ 及 $(T_x \sim \Delta x)$ 的三个关系曲线。若 $T_x$ 大了，锚链的悬垂部分就长，而平躺在海底的部分就短了，即浮筒的稳定性就不好。故在设计时要满足 $F > T_x$ 的条件，其中 $F$ 为锚链平躺在海底部分所具有的平衡能力。