

近海船舶的动力定位

〔美〕 M.J. 摩根 著

耿惠彬 译

田治喜 校

国防工业出版社

196156

近海船舶的动力定位

〔美〕 M.J. 摩根 著

耿惠彬 译
田治喜 校



国防工业出版社

内 容 简 介

船舶动力定位系统是使船舶不用锚泊而得以在深海中定位的系统。本书是有关这一系统的首次出版的专著。书中介绍了动力定位系统的发展沿革与用途。着重论述了作为动力定位系统组成元件的位置检测装置、推力器、动力装置及其监测设备的结构和性能，并进行了多方案的选型讨论。书中详细阐述了有关的控制理论和模拟技术，其中包括传感器数据分析、推力分配逻辑和控制系统工作方式等专题。最后说明了动力定位系统的订购、建造和验收等要求。

本书内容深入浅出，可供从事动力定位系统以及有关船舶的研究、设计、建造人员以及大专院校师生参考，对这类系统的操纵人员也有裨益。



DYNAMIC POSITIONING OF OFFSHORE VESSELS

Max J. Morgan

Marine Division Honeywell Inc 1978

*

近海船舶的动力定位

〔美〕M. J. 摩根 著

耿惠彬 译

田治喜 校

*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850 × 1168 $1/32$ 印张14 $1/4$ 364千字

1984年6月第一版 1984年6月第一次印刷 印数： 001— 780册

统一书号：15034·2644 定价：1.75元

目 录

第一章 绪论	1
1.1 动力定位	1
1.2 历史的回顾	3
1.3 动力定位系统的使命	10
1.4 干扰因素	17
1.5 系统的基本元件	21
1.6 控制系统种类	24
第二章 声学位置基准传感器	27
2.1 引言	27
2.2 声音的传播	28
2.3 几何上的考虑	35
2.4 短基线系统 (SBS)	47
2.5 长基线系统 (LBS)	65
2.6 系统精度与可靠性	72
第三章 非声学位置基准传感器与动力定位系统的其它传感器	76
3.1 引言	76
3.2 张紧索系统	77
3.3 船舶竖管系统	90
3.4 其它位置基准传感器	99
3.5 艏向传感器	107
3.6 垂直基准传感器	113
3.7 风传感器	122
3.8 环境和运动传感器	123
第四章 推力器	127
4.1 引言	127
4.2 推力器系统	127
4.3 推力器形式	130

4.4	推力器布置	135
4.5	推力器的一般性能	146
4.6	推力器的驱动与控制系统	163
第五章 控制器		172
5.1	背景	172
5.2	控制的基本问题	173
5.3	传感器数据的处理	181
5.4	定轴推力的分配逻辑	188
5.5	可转向推力的分配逻辑	197
5.6	控制系统的控制方式	201
5.7	性能监控	206
5.8	系统结构	209
5.9	控制器形式	213
第六章 动力系统		230
6.1	引言	230
6.2	动力系统元件	231
6.3	中央电力系统	234
6.4	运行上的考虑	239
6.5	电力监控系统	249
第七章 控制系统分析		264
7.1	引言	264
7.2	控制系统的类型	265
7.3	抽样数据控制系统	283
7.4	控制系统性能	295
7.5	控制系统分析	306
第八章 动态模型与模拟方法		326
8.1	引言	326
8.2	数学模型	327
8.3	推力器系统模型	334
8.4	船舶模型	346
8.5	传感器模型	359
8.6	模拟方法	361

第九章 采购与运行方面的考虑	373
9.1 引言	373
9.2 初始步骤	374
9.3 确定电力与推力器系统的尺度	380
9.4 控制器的设计与制造	399
9.5 运行方面的考虑	410
第十章 用途的扩大与新的设想	415
10.1 引言	415
10.2 动力定位用途的扩大	415
10.3 动力定位计算系统的扩大应用	418
10.4 未来的技术发展	423
附录 A 所需的推力器最大理想功率	429
附录 B 波浪谱的近似求法	431
附录 C 常用常数与单位换算系数	435
附录 D 风级和全发展海况	437
译名对照	439

第一章 绪 论

1.1 动力定位

若有一个自由漂浮的物体放在近海环境中，则环境力和力矩将作用在此物体上，使它产生平移和转动。产生力和力矩的环境因素有风、海流和波浪。

因此，如果物体或船舶要与海底的基准点或基准线保持一定的距离，则船上必须具有产生反力和反力矩的能力。

历史上，人们曾经用帆、桨、舵、系泊锚索和螺旋桨来提供反力和反力矩。在产生反力和反力矩的一般装置中，即所谓推力器中，螺旋桨是人们最熟悉的一种。在船从一个位置运动到另一个位置的过程中，以上五种装置产生反力的难易程度和精确性各不相同。当船慢慢移动或对某定点保持一定的船位时，只有后两种装置才能有效地产生反力和反力矩。

在采用锚索时，锚索从船向四面抛出，以便在变化的海洋环境中保持给定的船位。但是随着水深的增加，锚泊系统的抓底力减小，抛锚的困难程度增加。

实际上，在某些水深情况下，多点锚泊系统已完全无用。

与锚泊系统不同，螺旋桨能在任何水深情况下提供反力和反力矩。锚泊系统的造价随水深的增加而升高，与此相反，螺旋桨系统的造价却与水深无关。

螺旋桨系统应该和锚泊系统一样，能够提供各个方向的推力。然而就螺旋桨而论，能满足反力要求的布置方式也有好几种。

图 1-1 所示就是其中一个例子。它用主螺旋桨提供纵向反力，而用推力器产生与主螺旋桨垂直的反力。此外，推力器还提供反力矩。为了尽可能增大产生反力矩的能力，推力器应布置在尽可能远离船舶旋转中心而靠近船艏与船艉之处。

螺旋桨是动力定位系统的一个关键元件，缺少了提供反力的螺旋桨，动力定位系统就不成其为动力定位系统。

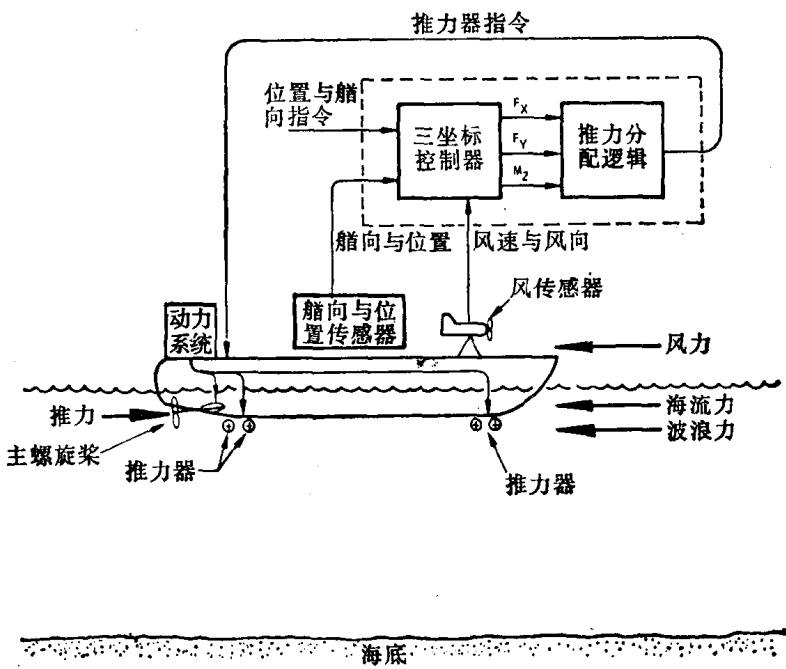


图1-1 动力定位系统

动力定位系统的特点是通过测量位置发出反力指令，使船舶保持在所需位置附近，也就是说采用反馈控制。虽然艏向控制并不是位置控制的一个明显组成部分，但是必须进行船舶艏向控制，以便在不同环境因素作用下，使船舶的态势仍然处于可控制状态。

如果不控制艏向，船舶将处于这样的态势：反力系统不可能提供足够的反力来对付环境因素和保持船位，船舶的运动也不允许船舶继续执行预定的使命。

基于以上的论述，我们可以将动力定位系统表示为以一只传感器测量船相对于基准点的位置，以另一只传感器测量船舶艏向，通过某种装置计算出指令，并使反力装置执行这些指令。

计算指令可以是操纵人员，也可以是电子计算机。如果系统中包含有电子计算机，则动力定位系统就变成自动反馈控制系统。图 1-1 所示就是这种系统，并且是本书的主要讨论对象，本书中的反力系统主要是螺旋桨或推力器。

本章只是概略地介绍一下动力定位系统，以便在此基础上阐述本书的其余部分。我们将结合作用于动力定位船舶的环境因素，一起来讨论动力定位系统的使命与要求。然后论述动力定位系统基本元件的概貌。

1.2 历史的回顾

浮动设施的动力定位系统开始于六十年代。第一批装有动力定位系统的船舶的排水量，大致为 450 到 1000 长吨。这些船用于钻探、敷设电缆或对水下作业进行水面支援。

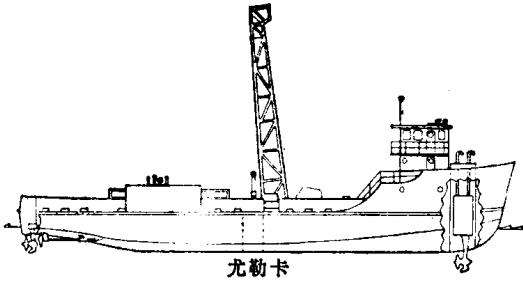
表 1-1 为早期装有动力定位系统的船舶的一览表。从中可看出动力定位系统各元件的特点。

据作者所知，第一艘装有自动反馈系统的动力定位船是“尤勒卡”号。夏托 (Shatto) 和道齐尔 (Dozier) 的“浮动船动力定位系统”一文^[2]，曾对该系统作了透彻的讨论。

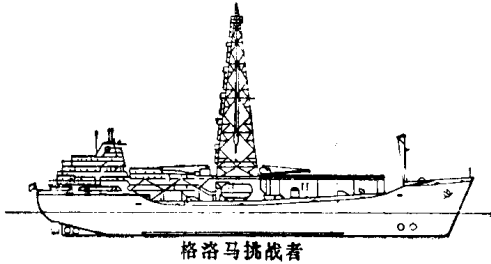
表1-1 早期动力定位船及其位置传感器和控制器特点

船 名	位置传感器	控 制 器		
		型 式	冗余度	风的前馈
CUSS1	雷 达	模拟(手控)	无	无
尤勒卡	张紧索	模拟	无	无
卡尔德里尔	张紧索	模拟(手控)	无	无
卡比斯特拉诺	声 学	模拟	无	无
美国那乌博克	无线电	数字	无	无
格洛马挑战者	声 学	数字	无	无
泰尔拜尔	张紧索	数字	无	无
丢泼勒	张紧索	数字	无	无

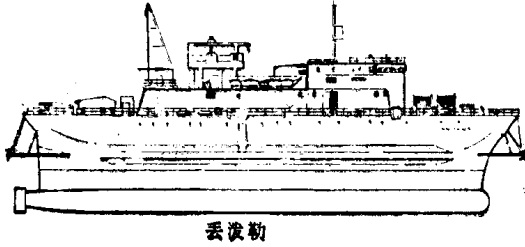
图 1-2 表示八艘最早采用动力定位系统的船舶中的四艘，但



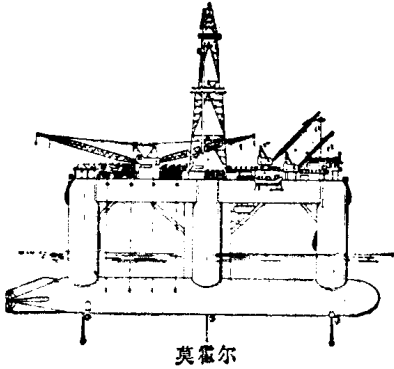
长度	136英尺
型宽	36英尺
吃水	6.5英尺
排水量	450长吨



长度	400英尺
型宽	65英尺
吃水	27.5英尺
排水量	10500长吨



长度	131英尺
型宽	56英尺
吃水	17英尺
排水量	1200公制吨



长度	390英尺
型宽	249英尺
吃水	60英尺
排水量	24000长吨

图1-2 早期的动力定位船舶

是从图上还不能明显地看出，这些船是否装有动力定位系统。动力定位系统对船体的尺寸和形状并没有什么影响。船上装设动力定位系统的最显著的标志，是它装有多台推力器。

表 1-1 中没有列进准备装动力定位系统但没有建成的一艘著名船。这艘船准备根据莫霍尔方案建造。莫霍尔方案的外形如图 1-2 所示。从一开始，这一方案就超过了当时的技术发展水平。也许就是这个原因，这个方案从未实现过。但是后来的动力定位船舶从莫霍尔方案中吸取了许多有益的教训。

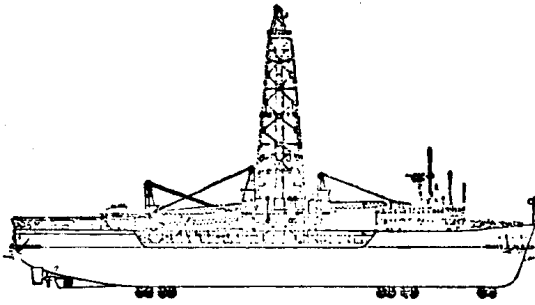
在世界上早期的动力定位船舶中，最成功而且也是最出名的，大概要算“格洛马挑战者”号了。该船的冒险业绩遍布全球，它几乎遍游地球的每一个大洋，搜集水深达 20000 英尺处的岩心，为地质学上的发现提供了证据。例如，“格洛马挑战者”号的勘探，就为板壳结构理论提供了无数有力的证据。

第二代动力定位船舶列举于表 1-2 中。表中第一艘船就是“赛德柯 445”号，其侧影如图 1-3 所示。该船是 1971 年投入营运的。“赛德柯 445”号船动力定位系统与早期系统相比，其主要特点是采用数字式控制器，其中包括一台 16 位的微型计算机，系统的各个元件都有冗余，从而有可能长期不间断地运行。系统设计时要求能连续作业 50 天。

“赛德柯 445”号也装有多台推力装置，其中包括 11 只推力器和二只主螺旋桨。论述“赛德柯 445”号和其它第二代动力定位船的好文章很多，有兴趣的读者可参阅文献〔3、4、5〕。

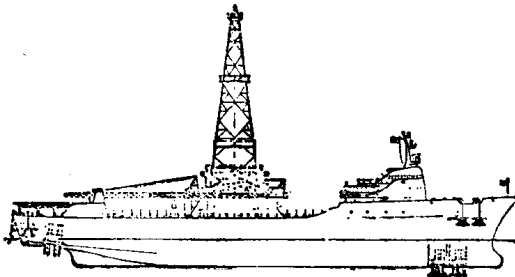
图 1-3 还示出第二代动力定位船中的另外两艘钻探船。每艘船都有其独到之处。但是都采用几乎相同的传感元件和数字计算机控制系统。这三艘船的动力定位系统的最大区别是在推力器系统方面。“赛德柯 445”号装有 13 只可调速的螺旋桨。“哈夫德里尔”号采用 7 只可调螺距螺旋桨。“萨本·丢”号布置了 4 只平旋推进器。在该船上所装的四只平旋推进器中，靠近船艏的那一只已换成了导管式可转向的可调螺距螺旋桨。

这三艘钻探船的动力定位系统还有一些不明显的差别，那就



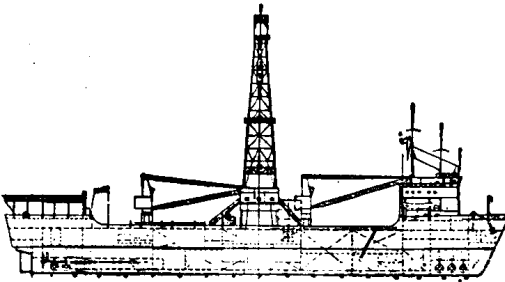
赛德柯445

长度	445英尺
宽度	70英尺
吃水	24英尺
排水量	17500短吨



萨本·云

长度	431英尺
宽度	72英尺
吃水	23英尺
排水量	13519公制吨



哈夫德里尔

长度	430英尺
宽度	70英尺
吃水	24英尺
排水量	15500公制吨

图1-3 第二代动力定位钻探船●

● 图题原为第一代动力定位钻探船，按文意改为第二代。——译者

是先后都装过多点锚泊系统。“赛德柯 445”号原先装有八点锚泊系统，但是在 1975 年拆掉了。相反，“哈夫德里尔”号起先并没有装锚泊系统，但是在准备去加拿大北部冰区水域作业时，又重新装了八点锚泊系统。

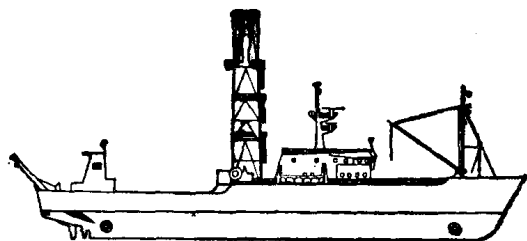
表1-2 第二代动力定位船舶及其位置传感器和控制器

船名	位置传感器	控制器		
		型式	冗余度	风的前馈
赛德柯 445	声学、张紧索、竖管角	数字	有	有
萨本·丢	声学、张紧索	数字	有	有
鹤鹑	声学、张紧索	数字	有	有
哈夫德里尔	声学、张紧索、竖管角	数字	有	有
发现者 534	声学、张紧索	数字	有	有
极地测量者	声学	数字	无	有
文拜海洋试验室	声学、张紧索	数字	无	有
卡登透姆	声学	数字	无	有
本·大洋·郎色	声学、张紧索、竖管角	数字	有	有
七大洋	声学、竖管角	数字	有	有
派克·诺尔斯	声学、张紧索、竖管角	数字	有	有
赛德柯 709	声学、张紧索、竖管角	数字	有	有
赛德柯 472	声学、张紧索、竖管角	数字	有	有
赛德柯 471	声学、张紧索、竖管角	数字	有	有
大约翰	声学、张紧索	数字	有	有
海燕	声学、张紧索	数字	有	有
派尔林	声学、张紧索	数字	有	有

“萨本·丢”号一开始就装有八点锚泊系统，不管是否用动力定位系统，钻探时都靠它来定位。

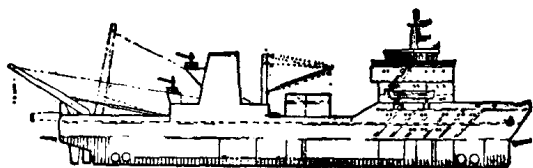
第二代动力定位船舶中的另一类船如图 1-4 所示。这一类船舶与上面介绍的钻探船不同，其吨位小得多，而且动力定位系统中无冗余。

其原因是这些船的使命是支援近海水面作业以及检查管道等水下工程。对这些系统的要求将在 1.3 节中根据船舶使命来详细讨论。



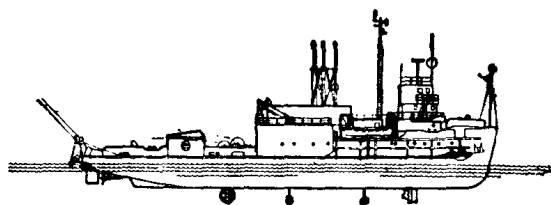
极地测量者

长度	259 英尺
型宽	39.5 英尺
吃水	10.2 英尺
排水量	2274 公制吨



航渡漂渡

长度	282 英尺
型宽	52.5 英尺
吃水	14.1 英尺
排水量	3650 公制吨



卡登透姆

长度	173 英尺
型宽	36 英尺
吃水	12.8 英尺
排水量	1569 公制吨

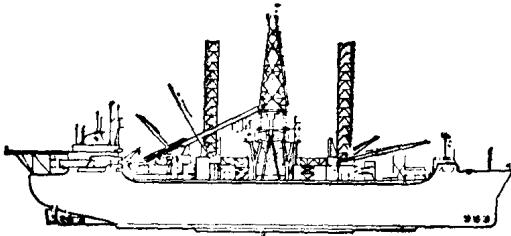
图1-4 第二代动力定位支援船

第二代动力定位船舶中还有一类船舶，其侧视图如图 1-5 所示。其中“休士·格洛马探险者”号是迄今装备动力定位系统的最大的船舶^[9]。它也是第一艘动力定位采矿船。但其动力定位系统与其余钻探船十分相象。

最主要的区别在于“休士·格洛马探险者”号的位置基准系统有特色。一般钻探船上都采用短基线声学系统作为位置基准系统，但“休士·格洛马探险者”号却采用长基线声学系统。该船上虽也装有短基线系统，但那是作为备用的。

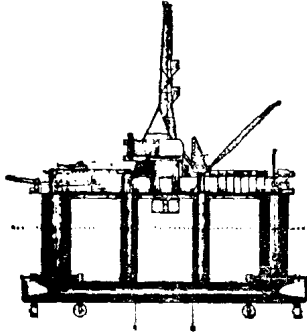
动力定位系统的未来充满了许多引人注目的潜在可能性。图 1-5 所示即为种种可能的发展，其中第一艘已经不是遥远将来的

事了。“赛德柯 709”号是准备装动力定位系统的第一艘多用途半潜式平台^[7,8]。同时，它的 24000 马力的推力系统，是所有定位装置中功率最大的一种。



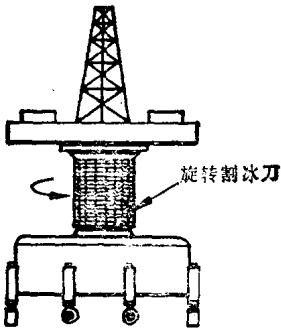
长度	618 F英尺
型宽	115.5英尺
吃水	46 F英尺
排水量	63000长吨(井口关闭)

休士·格洛马探险者



长度	295 英尺
型宽	245 英尺
吃水	65 英尺
排水量	22980短吨

赛德柯 709



直径	258 英尺
吃水	122 英尺
排水量	122000短吨

赛德柯 ICSCV (单柱)

图1-5 先进的动力定位系统