

船用电子和电气系统手册

〔美〕 E.L.小萨福德 著

杜春贵 陈传胜 李山林 朱正凤 译

国防工业出版社

船用电子和电气系统手册

船用电子-电气设备
的安装、维护和修理

〔美〕埃德华·L. 小萨福德 著

杜春贵 陈传胜 译
李山林 朱正凤

国防工业出版社

DY90/6-8

内 容 简 介

本书是一本手册类工具书。第一章介绍了船舶赖以工作的海洋环境,及这一特定环境对船用电气和电子设备的要求。第二章至第十一章分别介绍了除娱乐设备之外的船用电气和电子设备,包括船用电源和布线、发电机、蓄电池、充电设备、电动机、空调、电灶、灯光设备、自动舵、罗经、导航设备、通信系统、雷达、声纳设备等。同时,对这些设备和系统的组成、工作原理、和船上安装调试、使用、及其维修保养等作了介绍,并列出了典型的产品。

本书可供船上技术人员、海军舰艇人员、以及海洋工程人员使用。也可作为从事船舶科研、设计和制造人员的参考书。

HANDBOOK OF MARINE ELECTROMIC & ELECTRICAL SYSTEMS

E. L. SAFFORD

TAB BOOKS 1978

*

船用电子和电气系统手册

船用电子-电气设备的安装、维护和修理

〔美〕埃德华·L. 小萨福德 著

杜春贵 陈传胜 李山林 朱正凤 译

责任编辑 高润琴

*

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

*

787×1092 1/32 印张16¹/₄ 358千字

1987年9月第一版 1987年9月第一次印刷

统一书号: 15034·3235 定价: 3.30元

印数: 0,001—1,300册

前 言

大海，有时风平浪静，碧波粼粼，景色优美，令人心旷神怡；有时翻腾呼啸，巨浪滔天，把在它上面航行的大小船只撕成碎片，一口吞没。然而，为了通商贸易或观光游览，我们必须在大海——世界七大大洋上航行。为此，我们需要借助与海上航行有关的电气和电子设备的帮助，才能迅速而安全地从一个港口航行到另一个港口。

本书介绍了为确保安全而舒适的海上航行所需要的船用电子和电气设备及电源系统。有些设备很简单，有些设备要复杂一些。在某些情况下，船用设备的工作情况与陆上设备很相似，但也存在一些不同之处。对于这些不同点，若掉以轻心，则会造成船毁人亡的严重后果。由此可见，船用电气和电子设备是何等重要！它们就象船长的心脏一样，不间断地跳动，全身机能都靠它来维持。

在开始构思这本书时，我们认为需要进一步认识船舶的工作环境，以便深入了解电气和电子设备的设计和使用要求。我们发现，这个问题特别重要。海洋不是世界上使用这些设备的最好的地方，要使其令人满意地、精确地工作，非下苦功不可。考虑不周的设备，虽然也能工作，但是，一旦出了故障，或者你不知道如何进行操作和解释它所提供的信息，就可能危及你自己的生命安全。“海洋环境”这一章将向你介绍一些必须经常予以考虑的、与船用电气和电子设备有关的海洋危险因素。

在第二章介绍的是直流和交流电源装置，及将电能输送到适当的电源插座所用的布线方法。这是非常重要的。在许

多地方，由于采用临时凑合的做法，出现了许多违反最基本的电气设备安全和设计规则的事例。不了解需求，可能是造成违章事例的原因。我们希望，本书所介绍的内容，将对你了解这方面的问题，提供有益的帮助。

本书进而介绍了为确保安全而舒适的航行所需的电气设备，各种导航、通信、测深设备，以及与船只在港湾和海上航行有关的其它电子设备。

我们尽量把与船用电气——电子系统有关的、我们所能了解、分析和评定的设备纳入到了本书中。但是，你仍可能发现，有些设备未被列入。这些设备包括娱乐用的电视机、立体声电唱机、各种类型的磁带录音机、以及诸如此类的其它设备。我们是有意将这些设备删掉的，因为它们与家用或陆上工作站所使用的设备相同，其工作特性和存在的问题也相同。对于这类设备，有各种现成的书籍可供参阅。

我深深地感到，象这样一本著作所包括的资料，决不是任何个人所能掌握的，本书是许多朋友慷慨相助的结果。他们是我们在码头、修船厂、船上和许多其它场合所结识的许多朋友。对此我感激不尽，并与他们一道希望本书将有助于热爱海洋的人们●。

最后，我们认为从事船舶电气——电子设备的有关工作的人员通过阅读此书，了解其内容，并在必要时重新查阅有关章节，定会从中得到帮助。

E. L. 小萨福德

● 以下名单略去。——译注

目 录

第一章 海洋环境	(1)
水、空气和盐	(1)
振动	(3)
干扰	(9)
船体电流	(13)
闪电	(15)
湿气	(15)
有关燃油和油气的注意事项	(16)
生活环境	(19)
测试设备和工具	(21)
线路的走向	(24)
第二章 主电源和布线	(26)
直流系统	(26)
电池充电	(27)
电池连接	(29)
一些接线要求	(30)
直流电路导线线号的计算	(31)
过载、导线的成分与安装	(33)
标色线路	(36)
线路保护器	(37)
岸电连接	(38)
线路维修安全规则	(39)
过载线路	(42)
线路的一般维护	(44)
干扰	(45)
电路故障检测原理	(45)

电动机的防护维修	(48)
有效照明	(49)
配电系统	(50)
电路的定义与岸电连接	(51)
船上电工的职责	(54)
第三章 蓄电池、充电设备和发电机	(55)
蓄电池	(55)
岸上充电器	(59)
直流-交流换流器	(68)
交流发电系统	(72)
汽油机和柴油机	(75)
发电机的工作原理	(89)
交流发电机	(90)
自动用电控制器	(98)
发电设备浸水后的修理	(99)
发电装置的封存	(100)
第四章 交流和直流电动机的操作及检修	(104)
直流电动机	(104)
控制器	(109)
交流电动机	(111)
换流基础	(123)
直流电动机故障和修理	(126)
交流电动机故障和修理	(128)
第五章 空调、电灶、电灯和无线电信标	(131)
电灶	(131)
电加热器	(132)
干燥器	(133)
空调器	(134)
船用灯光设备	(150)

第六章 伺服系统和自动舵	(168)
几个基本系统	(168)
基本控制系统 (伺服机构)	(171)
自动舵的几个问题及解答	(178)
同步机 (传感器) 基础	(180)
自动舵的安装	(183)
斯佩里8T自动舵	(185)
航天时代电子公司的指令控制自动舵	(193)
威斯玛公司的R1200舵角指示器	(194)
威斯玛公司的AP900自动舵	(196)
舵传感器的安装	(205)
饱和铁心罗经的安装	(206)
伺服驱动器与电机的安装	(207)
电磁阀的安装	(211)
自动舵的校准	(212)
AP900的系泊试验	(213)
自动舵的防护性检修	(214)
自动舵的故障及其解决办法	(215)
平衡翼控制系统	(219)
第七章 陀螺罗经系统和斯佩里自动舵	(224)
陀螺罗经	(225)
普通陀螺仪的工作原理	(227)
陀螺仪的特性	(229)
陀螺仪转换为陀螺罗经	(231)
斯佩里MK37型罗经	(237)
第八章 船用通信系统	(251)
通信设备的可靠性	(251)
通信系统的类型	(252)
遇险通信	(253)

无线电执照及报务员执照	(255)
联邦通信委员会规则概要	(257)
单边带发射机的操作	(257)
遇险呼号的发送	(259)
海上无线电信号传播	(260)
对单边带通信设备的要求	(263)
甚高频、特高频通信设备和雷达的作用距离	(264)
专用信道知识	(266)
天线	(268)
调幅和单边带工作特性	(285)
单边带系统和定义	(287)
船上设备安装	(291)
接收机干扰	(298)
信道和频率	(301)
第九章 船用导航设备	(306)
导航系统	(306)
全向无线电信标及其工作原理	(309)
劳兰导航系统	(321)
雷锡恩公司的NA110型接收机	(339)
劳兰C导航	(343)
奥米加导航系统	(351)
天文导航计算机	(357)
卫星导航系统	(361)
测向和自动测向	(365)
交叉测向法和三角测量法	(382)
第十章 雷达和避碰系统	(394)
游艇和小型商船雷达	(394)
“航海之眼”雷达	(398)
“弗鲁诺”(FURUNO)雷达系统	(399)

雷达的操作	(402)
回波强度	(405)
假回波	(406)
雷锡恩公司的3100/3900雷达	(409)
船用雷达显示图像说明	(418)
船只运动对雷达显示图形的影响	(420)
导航回波	(421)
海面反射信号的显示	(421)
暴风雨和大雪的回波	(422)
用雷锡恩公司的3900型雷达测量目标的距离和方位	(423)
雷达导航	(423)
避碰	(425)
雷达视距的测定	(426)
斯佩里公司的避碰雷达系统	(426)
第十一章 声纳、测深仪、鱼群探测仪、计程仪、	
多普勒进坞系统	(444)
概述	(444)
声纳	(446)
声学物理	(451)
噪声	(458)
声纳信号的传播损失	(464)
声的海洋	(468)
浅水回波	(473)
深水回波	(474)
多普勒效应	(476)
多普勒效应和回波	(477)
小船测深仪和鱼群探测仪	(478)
倾斜换能器系统	(490)
换能器的扫描过程	(494)
多普勒速度计程仪和进坞系统	(500)
风速和风向指示器	(506)

第一章 海洋环境

为了了解对游艇和吨位更大的船舶所使用的电气和电子设备的建造、测试和安装要求，我们必须知道这些设备所处的工作环境。说其工作环境有时是恶劣的，未免有些轻描淡写，应该说其工作环境虽然并非总是恶劣的，但大部分时间是恶劣的。

水、空气和盐

在风平浪静、阳光灿烂、凉风习习的日子里，船上的生活是舒适的。此时，艰苦的生活显得是那样遥远而难以想象。我们不仅要想到这种美好的日子，而且也必须想到另一种截然不同的景象：海面上大雨倾盆、电闪雷鸣、波涛汹涌。此时，人在勃然大怒的大海中显得是多么的软弱无能。

要问“海洋环境中破坏性最大的因素是什么？”回答是“腐蚀”。由于到处存在含盐空气，几乎所有金属部件，不管它们位于何处，有时甚至不管采取多么好的防护措施，都会受到腐蚀。浸在海水中的船壳和位于总是积有海水的舱底上的部件，腐蚀更为严重。因此，对于腐蚀问题，必须密切注意，对金属部件经常进行检查、清洗、擦亮和油漆，以免腐蚀。

腐蚀会增大电流流动的表面电阻，对频率较高的电流更是如此。这意味着天线必须进行特殊的防护，因为正如你所知道的，射频信号只沿导体的表面传输，当导体因腐蚀而出现麻坑时，电阻随之增大，电流通过时，会产生发热现象，造成功率损耗，从而降低了通信所需的辐射能量。此外，天

线系统会因出现这种电阻而失配，引起通信发射机、雷达或其它类似设备的失谐。失配还影响测量和监测设备。

上述现象所带来的较高的电流会使灵敏设备过载，从而使其性能降低或不能工作。图1-1所示为直流发电机受腐蚀的情况。

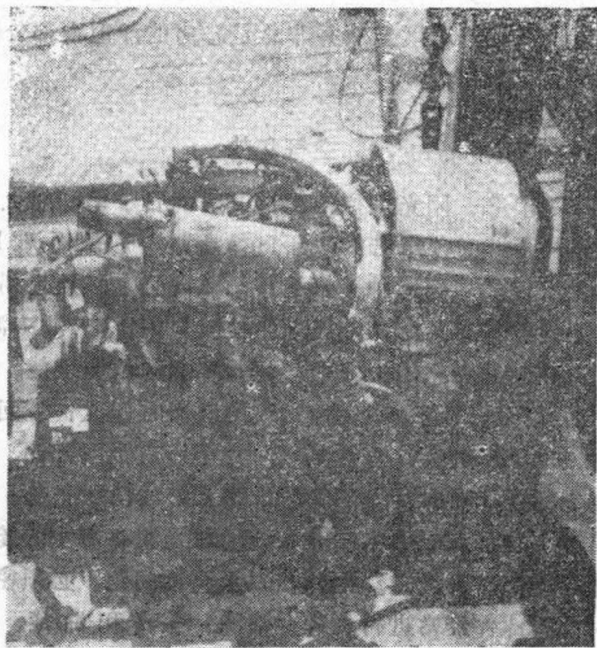


图1-1 受腐蚀的直流发电机，

损坏到这种程度的发电机应予更换

任何系统，只有其最薄弱的环节安全可靠才算 是好系统，而对于船用电气-电子设备来说，这个最薄弱的环节可能是系统中的任何环节。由于船上空气湿度大、含盐高，所以必须经常检查各个系统的每个部件，即使是防潮和防水的

附件及接头，也必须经常检查，以确保其防潮或防水性能。当船出海，处于恶劣的工作条件中时，再发现船上的电气和电子系统的线路或设备的某些地方出现问题，或由于腐蚀而使船上的导航和通信设备成了一堆废物，为时已经太晚了。因此，必须按照安全规则的要求，经常对设备进行反复检查，确保一切都完好无损。

接头两端由于腐蚀而产生的电阻往往可用小量程电阻表测量，或用非常灵敏的能指示出导线、蓄电池或连接接头处的微小电压的电压表测量。当测出上述任何部件两端有较大的电阻或电压时，即可确定这种不适当的电压或电阻读数是由于存在不希望有的电阻而引起的。这时，可用更换导线、重新接好接头或对接头进行清洁处理的办法来消除所存在的问题，然后，再继续进行系统检查。

最好是将设备各个部分一次调好，然后选出若干检查导线电阻和接头电参数的测量点，供以后进行电缆连接测试及蓄电池和电动发电机连接测试用。这些测量点的测定值可作为与以后测量值进行比较的标准，这样，就可通过比较来判断，而不是通过猜测来确定设备是否处于正常状态。要记住，船舶总是处于含盐空气和有海水的工作环境中，船上的电气和电子设备随时都会因腐蚀而失去作用。在有些情况下，船只还需要送进船坞修理。

振 动

在海上航行的任何船只，总是受到发动机和经常出现的风浪的冲击和振动的影响。由于船舶是水面上一个自由体，它总是受到海面上的和船上的各种力的作用。这会带来什么影响呢？首先，船体会受到各种冲击和振动，从而不断摇

摆。这些冲击振动，有的幅度很小频率很高，有的幅度很大而频率很低。

这使我想起一次乘游艇出海捕鱼的情况。当时，由于游艇受到各种运动的作用而颠簸得很厉害，我晕得连话音通信系统都不知如何使用了，更不用说怎样使用艇上的测向仪和其它导航设备了。因此，我们还得考虑摇摆运动对使用这些设备的艇员的影响。对于游艇驾驶员来说，因晕船而迷失方向就会危及到艇本身和乘员的安全。

由于船舶存在横摇、纵摇和艏摇运动，有些设备必须进行特殊的设计，以保持其水平状态（如果这些设备所提供的数据是以地平面为基准的话）。实际上，这是采用图 1-2 所示的称为常平架的专用机座来实现的。这种机座的平台，即使其底座转动各种角度，仍能使其保持在一个给定的平面上。若在图 1-2 所示的稳定平台上装一陀螺仪，不管运载体——船只转动多大的角度，平台仍将保持在一个给定方向上，通常是保持在与地平面平行的方向上。

如果将一个陀螺仪或几个陀螺仪安装在常平架的内平台上，即成为一个稳定平台。这种平台不会受船只横摇、纵摇和艏摇运动的影响，它只受平移运动，即上下、左右和前后运动的影响。但这些运动并不影响平台所保持的方位，因此，仍能提供正确的导航数据，如方位等。这是导航的必要条件。对于这个问题我们在第六章做进一步的介绍。

图 1-2 所示的平衡环系统可与一个摆和一个性能好的阻尼系统连用。在这种情况下，缓慢的横摇或较慢的纵摇运动都不会使位于平衡环系统中心位置的平台处于不平的位置。船只回旋时，平台也随之转动。若能这样使用的话，是不会出现什么问题的。悬浮在比重大的阻尼液体中的罗经指针有

三个自由度，它对方向的变化相当缓慢地作出反应，但不会振荡。

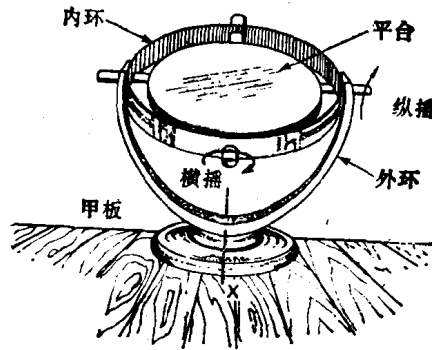


图1-2 双常平架稳定平台。若使这种平台围绕安装底座转动，即成为一个三轴稳定平台（见第六章）

下面，我们谈谈平衡环系统在炉灶中的应用。其作用旨在使炉灶上的饭锅相对于重力线保持水平状态，使所装的食物不会溅出来。它不需要有特定的旋转方向。

使用图中所示的开环系统的优点是，在平台的安装面上方没有环，这样，就不存在由于有环而挡住视线，或难以接触仪器设备的问题。但应记住，重力稳定平台可能会振荡，而陀螺稳定平台则不会振荡。摆式或重力稳定平台可能需要有一个浸在粘性液体中的阻尼元件；摆的有效重心起着长摆的作用，而要使长摆振荡是不容易的。复摆也起着实际上有数英里长的长摆的作用，而其尺寸却很小。复摆由若干机械连接部件组成。图 1-3 为游艇的控制台，顶部为一罗经。

从上述讨论中可以清楚看出，船只在海上进行的测量并不总是轻而易举、准确无误的，而是取决于海况和测量设备

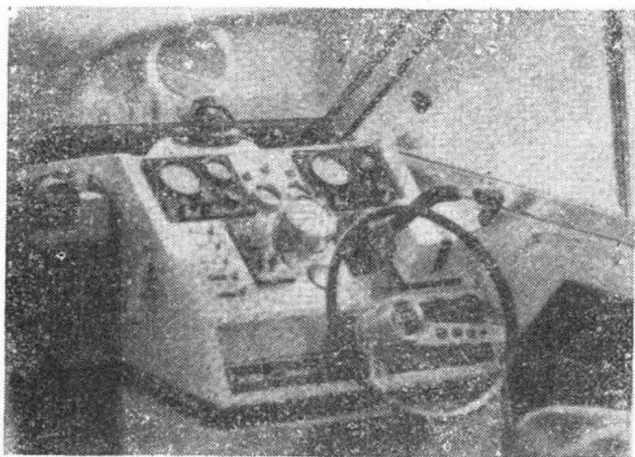


图1-3 现代游艇的控制台，其顶部的液浮罗经
具有三个自由度，并且有很好的阻尼

的安装情况，而海面上又往往是风狂浪急、汹涌澎湃。现在，让我们再考虑一下海浪对船体的冲击所产生的影响。我们知道，这种冲击振动对于在制造和安装中考虑不周的脆弱的电子仪器，会产生极大的破坏作用。因此，这种设备通常都安装在专门设计的减振座上。实际上，总是这样安装的。要避免把电子仪器直接安装在船体上。

电接头应该用坚固的机械紧固件固定，连接处应该用坚固的连接器固定。在有些情况下，则应该用松香芯焊锡焊牢。只能使用松香芯焊锡。用焊锡固定的接头能防止逐渐脱开，能避免产生高电阻和腐蚀。图 1-4 所示为马虎大意布线的一个实例。

布设电缆或导线时，必须特别小心，要保证电缆和导线

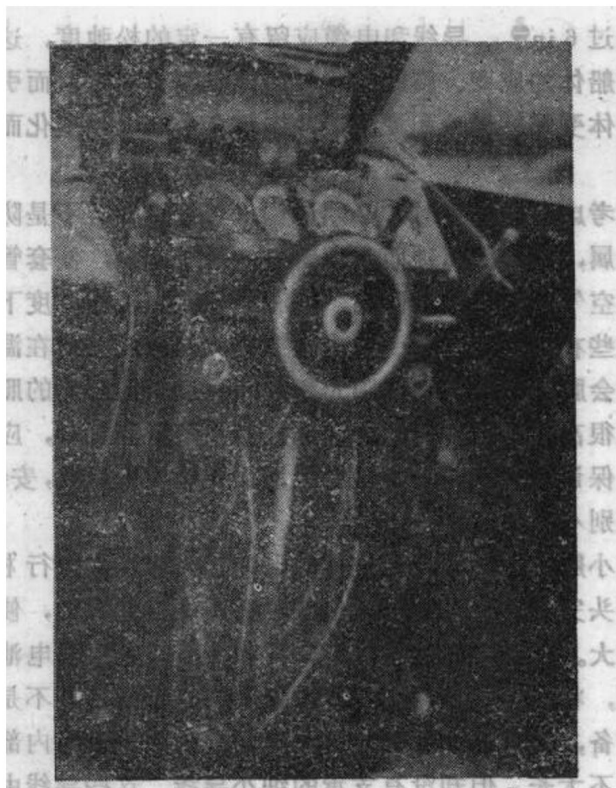


图1-4 临时凑合的控制台，这是一种
危险而拙劣的布线方式

不会前后移动或经常摆动。电缆和导线经常移动或摆动会使其疲劳，由于松动的导线与固定卡的摩擦，会损坏导线的绝缘层，进而产生火花，最后使线路断开。电缆和导线应安装在大小合适的套管中，并密封好。（关于套管的型号与电缆的关系，请参见《家庭和办公室接线》(TAB No. 671)一书)。导线不得在套管中活动。在不能使用塑料或金属套管的情况下，应将导线固定在船体上，电缆固定卡之间的间距