

JISUANJI FUZHU CHUANBO DIANZHAN SHE JI

# 计算机 辅助船舶 电站设计



郑光栈 康生庭编著 ● 上海交通大学出版社

U6.5.12

230

280368

# 计算机辅助船舶电站设计

郑光棧

编著

唐生庭



上海交通大学出版社

# **计算机辅助船舶电站设计**

上海交通大学出版社出版

(淮海中路1984弄19号)

新华书店上海发行所发行

江苏吴县福利印刷厂 印装

---

开本787×1092毫米 1/32 印张4.75 字数134000

1987年3月第1版 1987年4月第1次印刷

印数: 1—1000

统一书号: 15324·202 科技书日: 142--253

---

定价: 2.50元

## 内 容 简 介

本书介绍计算机辅助船舶电站设计的原理、方法及有关应用程序。内容包括概论、电力负荷计算、短路电流计算、电缆截面的选择与电压降验算以及电缆布置等。在出版本书的同时，计算机辅助船舶电站设计软件系统也由上海交通大学出版社出版发行。《计算机辅助船舶电站设计软件包》具有船舶电站负荷表编制、船舶电缆截面选择和电压降验算等项目功能，可在IBM-PC/XT、MIC-85以及他们的兼容机上运行。

本书可作造船设计单位从事船舶电站设计和研究的科研人员、船舶电站工程技术人员、船舶电站计辅设计人员，造船厂的电气安装布置设计人员以及大专院校船电专业师生的参考书。有关软件系统可直接用于造船设计单位和船厂施工设计部门。

# 前 言

随着我国国民经济和科学技术的发展,电子计算机的使用日益广泛,船舶电站计算机辅助设计(CAD)已成为电子计算机应用的一个重要方面。为了普及和推广船舶电站计算机辅助设计技术,提高船舶电站设计效率,缩短船舶建造周期,我们用当今世界上最流行的高级程序设计语言之一——FORTRAN语言,编制了船舶电站计算机辅助设计程序。本程序适用于IBM-PC/XT、ISM-8000、MIC-85等类型的微型计算机。对于每个程序系统,本书从其功能、计算机原理、实现方法、主(子)程序说明、使用说明,应用情况等方面作了介绍,尤其偏重于设计思路方面的介绍,力图使读者思路清楚。如读者对源程序系统感兴趣,可直接与上海交通大学出版社联系。

本书是从参加有关专业会议的论文基础上改写的;其研制成果已应用到造船设计工作中。本书共分为五章。第一章为“概论”,第二章为“编制船舶电站负荷表”,第三章为“短路电流计算”,第四章为“船舶电缆截面的选择与电压降的验算”,第五章为“船舶电缆布置”。其中第一章、第二章、第四章是由郑光棧等同志研制及编写的;第三、第五章内容是由唐生庭等同志研制编写的。

全书聘请上海交通大学施亿生副教授审稿,对编写工作提出了许多有益的意见;在出版本书过程中,还得到许多同志的大力支持,在此谨表衷心的感谢。

编者

1985年10月于上海

# 目 录

|                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|
| <b>第一章 概论</b> .....                       | 1   |
| § 1-1 船舶电站计算机辅助设计的国内外<br>概况及发展趋势 .....    | 1   |
| § 1-2 船舶电站计算机辅助设计的基本内容 .....              | 5   |
| § 1-3 船舶电站计算机辅助设计的特点 .....                | 9   |
| § 1-4 编制船舶电站计算机辅助设计程序时<br>需要注意的几个问题 ..... | 10  |
| <b>第二章 编制船舶电站负荷表</b> .....                | 13  |
| § 2-1 编制船舶电站负荷表的一般步骤 .....                | 13  |
| § 2-2 求解异步电动机功率因数的计算模型 .....              | 16  |
| § 2-3 船舶电站负荷表编制程序的主程序说明 .....             | 27  |
| § 2-4 船舶电站负荷表编制程序使用说明 .....               | 42  |
| § 2-5 程序应用情况 .....                        | 57  |
| <b>第三章 短路电流计算</b> .....                   | 58  |
| § 3-1 短路电流的计算原理 .....                     | 58  |
| § 3-2 计算实现方法 .....                        | 68  |
| § 3-3 短路电流计算程序的使用和操作 .....                | 75  |
| <b>第四章 船舶电缆截面的选择与电压降的验算</b> .....         | 85  |
| § 4-1 船舶电缆截面选择与电压降验算的<br>一般步骤 .....       | 85  |
| § 4-2 主程序及其程序流程图 .....                    | 92  |
| § 4-3 选择电缆截面子程序说明 .....                   | 99  |
| § 4-4 选择电缆截面程序使用说明 .....                  | 102 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| <b>第五章 船舶电缆布置计算</b> ..... | 104 |
| § 5-1 电缆布置程序的功能及组成 .....  | 105 |
| § 5-2 主要计算原理 .....        | 109 |
| § 5-3 程序编制方法 .....        | 124 |
| § 5-4 上机操作过程 .....        | 136 |
| 附录 电缆程序系统ECPS的输入说明 .....  | 140 |
| 参考文献.....                 | 143 |

# 第一章 概 论

## § 1-1 船舶电站计算机辅助设计的国内外概况及发展趋势

### 一、船舶电站计算机辅助设计的国内外概况

随着造船、航运及海洋工程的蓬勃发展，电子计算机日益广泛地普及，应用软件系统的不断完善，以船为对象的电子计算机的应用，有了赖以生存的牢固基础。而借助于计算机进行船舶电站设计的技术——计算机辅助船舶电站设计（CAD）的兴起，又导致一批有实用价值的船舶电站计算机辅助设计的软件系统的开发。

据有关资料，国外从七十年代初期，开始研究计算机辅助船舶电站设计技术，当时主要是注重于计算机辅助船舶电气放样工作，以求代替人工放样，取得更高的效率。苏联，日本相继进行了计算机辅助船舶电站负荷表计算的开发研制。如日立造船公司编制的电力负荷计算的计算程序，有以下几个特点：

1. 只分连续负载和间歇负载，而把三类负载归入间歇负载，空着不算，和我国的三类负荷表格法实际上是等效的。

2. 负载系数不分利用系数和机械负载系数。

3. 连续负载的总和不再考虑同时系数；我国一般考虑同时系数取0.85~0.9。



4. 不考虑网络损失；我国对网络损失一般取5%。

5. 不计算无功功率和总功率因数；而我国二者均计算。

此外，日立造船公司还编制短路电流计算和顺序起动计算的计算程序。①挪威船级社的PILOT系统和英国劳氏船级社的PASS系统的研究成功，使计算机辅助船舶短路电流计算迈进了船舶检验业务的新天地。西德、英国的石油钻井平台工程有的已采用计算机进行短路电流计算、电缆压降计算和编制电缆手册。英国坎默·莱尔德公司造船部门在七十年代后期介绍了应用电缆系统（计算机辅助设计）进行二万吨油轮的计算工作，结果，每船节约10%的电缆，价值5000英镑。日本三菱重工于七十年代发表了电缆设计系统（计算机辅助设计）的文章，使该系统得以在各个专业工厂中推广。

七十年代末到八十年代初期，我国也开始进行计算机辅助船舶电站设计的研究工作。如中华人民共和国船舶检验局海船规范科学研究所参照国外经验的基础上，开发了船舶设计咨询、审图及船级管理程序系统COMPASS。它由计算系统和管理系统两部分组成，其中就有“ZCE100船舶交流电力系统短路计算程序”。该程序能校核所选用配电电器接通能力和短路分断能力，校核汇流排的电力稳定性，为电力系统选择性保护的设计和整定提供依据。对各计算短路点，该程序还能输出下列结果：

---

①船舶电网断电后，所有电动机都停止转动，如果电网恢复供电，电动机不能一瞬间全部起动，以免电网因瞬时负载过大而引起断路器重新跳闸，必须分组顺序起动，这时必须核算每组电动机起动时的瞬时压降（瞬时压降应不超过15%的额定值）。

对称短路电流；  
最大非对称短路电流；  
短路功率因素。

该程序还能绘制为完成短路计算用的电力系统图。

江南造船厂也曾进行电站负荷表的计算程序研究，直至把各工况的有功功率计算出来。广州造船厂也曾在最近几年进行了船舶电缆中点计算及电缆布置的程序研究。国内有的研究所准备对计算机辅助船舶电站设计作全面考虑，拟在最近几年内，从两个分支实现图 1—1 和图 1—2 的设想：

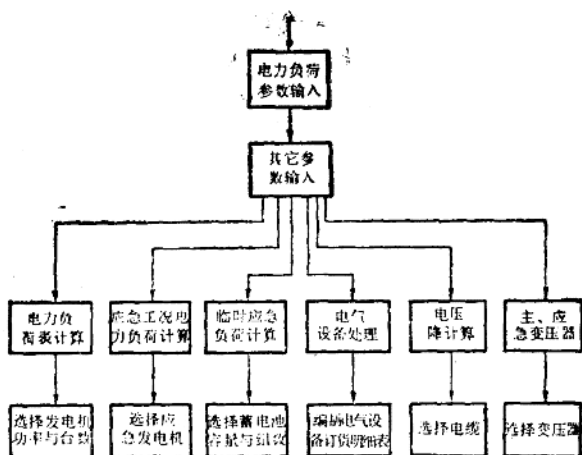


图 1—1 计算机辅助船舶电站设计流程图

上海造船工艺研究所，在最近几年中，先后研制成功短路电流计算程序和具有高水平的船舶电缆布置程序系统 ECPC-Ⅱ。上海交通大学自 1980 年以来先后对船舶电站负荷表、短路电流计算、电缆截面的选择与电压降的验算等计算程序

进行了研究。此外，国内还有不少单位，在不同程度上对计算机辅助船舶电站进行了研究和探讨，现因篇幅有限，不一一介绍。本书主要介绍由上海交通大学与上海造船工艺研究所研制的常用的“编制船舶电站负荷表”程序、“短路电流计算”程序、“船舶电缆截面的选择与电压降的验算”程序和“船舶电缆布置”程序。

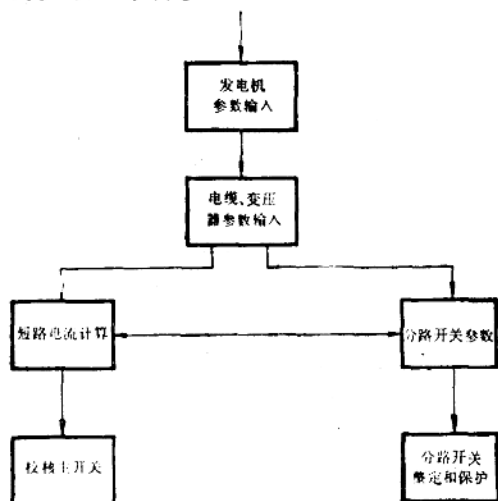


图 1—2 计算机辅助船舶短路电流计算及分路开关整定、保护流程图

## 二、发展趋势

纵观我国计算机辅助船舶电站设计，目前大多数单位从事计算机辅助船舶电站某个单项的设计，由于人力、时间、设备诸方面原因，还很少有单位研究成功整个电站的程序系统。从已研制成功的项目来看，大都是以一个单位为主，进行总体考虑，联合开发的情形不多见。从研制的内容来看，

从事短路电流计算的单位较多；从事电站负荷表计算的单位次之；从事电缆布置及电缆截面选择与电压降验算的单位更少；对顺序起动计算程序的研制还不曾见到过。对计算机辅助船舶电气设计，即直接制图技术（计算机直接绘制船舶电气图纸技术），几乎还是空白（国外也没见到这方面的报道）。

我国计算机辅助船舶电站设计技术的发展，大致已经历和将要经历以下几个阶段：

1. 前期（七十年代末至八十年代初）——计算机辅助船舶电站某个单项的设计，如只从事船舶电力负荷计算程序，只从事短路电流计算程序，只从事电缆布置程序等等。

2. 中期（八十年代初至今）——计算机辅助船舶电站设计，包括电力负荷计算，短路电流计算，电缆截面的选择与电压降验算，编制电缆手册，电缆布置等。

3. 成熟期——计算机辅助船舶电气设计，除包括以上这些程序外，还应包括计算机直接制图技术。即根据计算机存贮的各种发电、配电最佳方案，绘制所需要的总配电板原理图，一、二次系统图，电气说明书，电气设备订货明细表，主、应急照明系统图，临时应急照明系统图，火警、雷达、广播系统图及其它主要送审图纸。随着计算机技术的发展，在输入某些必要的数据库后，计算机即能根据人们的意志，选择最佳方案（或几个方案），在几个小时的时间内，绘制出船电设计的主要图纸，这样的日子，已经为期不太远了。

## § 1-2 船舶电站计算机辅助设计的基本内容

船舶电站计算机辅助设计一般包括如下内容：

1. 计算机辅助船舶电站负荷表计算；
2. 计算机辅助船舶短路电流计算；
3. 计算机辅助船舶电缆截面的选择与电压降的验算；
4. 计算机辅助船舶电缆布置；
5. 其它计算机辅助船舶电站设计程序。

本书着重介绍前四个内容的程序编制及其使用方法，现简单叙述如下：

## 一、编制船舶电站负荷表

本书在第二章 § 2—1 中，首先介绍了常规编制船舶电站负荷表的一般步骤，然后针对计算机编制遇到的主要困难——人工查表求解异步电动机功率因数问题，采用了新的方法——建立计算模型求解异步电动机功率因数的方法，从而解决了快速、连续、用计算机代替人工查表的问题。在此基础上，编制了求取每一工况的有功功率、无功功率的程序流程图。根据每一工况的有功、无功功率，由计算机自动选取发电机组容量和台数。为了方便使用，书中附有程序使用说明和程序应用实例（详见第二章）。

## 二、短路电流计算

为了校核配电器的短路接通能力和分断能力，为设计工作提供整定和保护数据，必须进行电力系统各处的短路电流值的计算。本书选取的短路电流计算程序，依靠大众数据库《DBASE—II》来支持参数输入，应用中文操作系统，可在 IBM—PC/XT、APPLE、COD—MMENCO、TRS—80 和 MIC—85 等类型的微型计算机上运行。在第三章的 § 3—1 节中，介绍了根据国家标准 GB3321—82《船舶交流电力系

统的短路计算》的原理。接着在第 § 3—2 节中，用选择屏幕菜单项来达到输入各种数据的方法，并阐述计算的实现方法。随后在 § 3—3 中谈了本程序的使用方法。

### 三、船舶电缆截面的选择与电压降的验算

在第四章 § 4—1 节中，介绍了船舶电缆截面的选择与电压降的验算的一般步骤，编制了主程序。在主程序和主程序说明中谈了电缆数据、温度系数、校正系数等数据的存取方法，以及程序如何把电缆的修正系数校正为实际的额定电流值等。程序主要分二个部分：一部分是直流电站的电缆截面的选取及其电压降的验算，其对象是采用直流电站的船舶和采用临时应急电源的船舶；另一部分是交流电站。在交流电站中又分单相负载和三相负载电缆截面的选取及其电压降的验算。单相负载的对象主要是照明网络，其次是小型船舶的单相交流电站。三相负载的对象是动力网络。该程序同时适用于直流电站和交流电站，可计算支路电缆（分配电箱至负载）和干线电缆（总配电板至分配电箱）。当负载的实际电流大于该型号的最大截面所承受的电流值时，可选取两根电缆（或所需要的根数），以供并联使用。在选取电缆截面时，不论是一次还是多次选取，都可通过调用同一个子程序来实现，使整个程序大大简化。为了便于读者理解，书中介绍了子程序作用、选取电缆截面过程、子程序流程图及其说明（详见第四章 § 4—3）。

### 四、船舶电缆布置

船舶电缆的施工设计和安装是舾装工艺中的重要内容之一，电缆敷设规划、制作电缆表册、绘制分层的电缆走向图

及选择支撑件，是一件繁琐、重复的劳动，要耗费大量的人力，设计周期长，出错率高。必须仔细周密，不出差错。用计算机辅助船舶电缆设计，可以提高工作效率，提高准确性，缩短船舶施工设计周期，节省电缆施工工时，使船舶电缆布置工艺一举改变以往人工放样的落后面貌，进入到一个崭新阶段。该程序系统已经国内多条船舶试验，试验结果表明：按照目前造船水平可以节省电缆长度6~7%；按照现行人工放样时间，至少可以节省工时75%；按照一条万吨级干货轮最低船价，用计算机辅助船舶电缆布置至少可节省经费三万元。为此，使用该程序系统的用户给予较高评价。例如芜湖船厂在5000吨干货轮机舱计算机电缆放样中提到“……该程序运行时间短，方便、省工、省时，其结果比较符合工厂的常规放样习惯，计算质量可以得到保证，……”。有的厂家在使用本程序系统中提到“……手工放样3000吨供油船需四个人做六个月，电算后只需一个月的时间……”。使用本程序系统可以提高施工质量，例如在5000吨散货轮计算机电缆放样中谈到“……内容丰富体现在计算内容比较完全。使放样精确，细致……”。从上可知，用计算机辅助船舶电缆布置设计是造船厂所迫切希望的。

船舶电缆布置系统，主要阐述系统的功能和组成，以及进行电缆布置的全过程。即在人工粗略规划的电缆通道内，进行以最佳路径为基本目标的自动布置；对不适当的通路进行修改后，进行电缆的汇集和占位尺寸计算，从而确定紧固件以及贯穿件的规格和数量。与此同时计算电缆进设备时的总长度、计算电缆在机舱花铁板底下的估计长度等，编制电缆表册，核算全船电缆的重量重心，制作电缆切割表册，制作电缆订货单。在§5—4节中，介绍了本程序的使用方法；

并介绍了本程序系统的实船应用情况。在附录中对该程序系统的电缆通道数据和电缆基本数据作了说明。

### § 1-3 船舶电站计算机辅助设计的特点

1. 比较繁杂。从本书中收集的程序来看,船舶电站计算机辅助设计程序中,重复计算较多,若用人工计算要耗费大量劳力,化去很多时间;再则,程序设计时所需的原始数据较多。

2. 具有较高的工作效率。跟人工计算相比,程序完成某一项的工作,所需时间大大减少,而且只要原始数据输入正确无误,计算结果的准确性(质量)就能得到保证。

3. 程序的实用性。计算机辅助船舶电站设计程序和造船工业息息相关,在造船的方案设计、技术设计或施工设计中大有用武之地,能直接辅助船舶电气设计,其计算结果可直接送审。因而,从某种意义上说,船舶电站计算机辅助设计程序具有较强的经济价值,可以产生较高的经济效益。

4. 船舶电站计算机辅助设计程序操作的一般性问题。船舶电站计算机辅助设计的程序操作大致可分以下几种:

(1) 数据输入。程序操作时输入原始数据的工作量较大。有的要输入全船的基本要素数据,如“船舶电缆布置”,就需要输入各甲板层次的高度、船长、总宽等大量数据,需要详尽的数据输入准备工作。有的计算工作取决于数据的准备工作。

(2) 数据处理。船舶电站的不同设计项目,各遵循一定的计算原理,需要进行相应的数据处理,其中包括数据判断、数据的计算、数据的综合、数据贮存等。有的计算机工



作的中间结果，需要人工进行干涉，计算机才能继续程序运行。如“船舶电缆布置”程序的紧固件选择。

(3) 输出计算结果的形式。除屏幕输出形式外，程序还具有以下输出形式：

①以表格形式输出计算结果。本书中收集的四个程序都能以表格形式输出计算结果。

②以图形形式输出计算结果。如“船舶电缆布置”的电缆开发路径。

## § 1-4 编制船舶电站计算机辅助设计程序时 需要注意的几个问题

### 一、符合《钢质海船入级与建造规范》及74年《国际海上人命安全公约》的有关规定

在进行船舶电站计算机辅助设计时，所编制程序系统要严格遵循上述有关规定；同时要采用在建造船舶中切实有用、而又不与上述规定内容相矛盾的传统习惯，以利于推广和普及。例如在第二章“编制船舶电站负荷表”中，由于采用目前国内现行广泛应用的三类负荷表格法，因而容易为人们所接受。又如在第三章“短路电流计算”中，整个程序在编制过程中符合我国造船规范；在船舶电气设计过程中，必须进行电力系统各处的短路电流值的计算，以配合配电器保护能力的校核并为保护设计提供依据。因而在该程序中，可以选择从总配电板至负载的多处短路点计算。又例如，在第四章“船舶电缆截面的选择与电压降的验算”中，用电设备允许的电压降应符合《钢质海船入级与建造规范》的规定：“当电缆在正常工作条件下承载最大电流时，从主配电板或