

舰 船 电力系统的研究与设计

孙 诗 南 编著

國防工業出版社

舰船电力系统的研究与设计

孙诗南 编著

国防工业出版社

内 容 简 介

本书系统地介绍了舰船电力系统的研究和设计。全书共分八章。主要内容有：电力负荷的计算、电站的选型、电网的设计、电力系统的可靠性和动态行为的分析、计算机辅助设计及电力推进和动力电池的设计等。

本书从舰船总体设计的要求出发，不仅叙述了舰船电力系统设计的几种常用方法和有关技术问题，而且讨论了各种检验和提高设计效果的方法，探索了近代最新科学技术在电力系统设计上应用的可能性，以寻求更新、更有效的设计方法。书中还收集了国外舰船电力系统设计的各种有用的信息和资料。

本书可供舰船设计部门、船厂从事电力系统设计的人员参阅，也可供从事船电技术研究、船电设备生产的有关人员以及院校船电专业的师生参阅。

舰船电力系统的研究与设计

孙诗南 编著

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

(邮政编码 100044)

新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

787×1092 1/16 印张24³/₄ 566千字

1990年11月第一版 1990年11月第一次印刷 印数：001—800册

ISBN 7-118-00780-3/U·68 定价：14.40元

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分，又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技事业的发展，加强社会主义物质文明和精神文明建设，培养优秀科技人才，确保国防科技优秀图书的出版，国防科工委于1988年初决定每年拨出专款，设立国防科技图书出版基金，成立评审委员会，扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是

1. 学术水平高，内容有创见，在学科上居领先地位的基础科学理论图书；在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。
2. 学术思想新颖，内容明确、具体、有突出创见，对国防科技发展具有较大推动作用的专著；密切结合科学技术现代化和国防现代化需要的高科技内容的专著。
3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值，密切结合科学技术现代化和国防现代化需要的新技术、新工艺内容的科技图书。
4. 填补目前我国科学技术领域空白的薄弱学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在国防科工委的领导下开展评审工作，职责是：负责掌握出版基金的使用方向，评审受理的图书选题，决定资助的图书选题和资助金额，以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书，由国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承担着记载和弘扬这些成就，积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下，国防科工委率先设立出版基金，扶持出版科技图书，这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版，随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物，是对出版工作的一项改革。因而，评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进，这样，才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技工业战线广大科技工作者、专家、教授，以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来，为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗！

国防科技图书出版基金

评审委员会

PAK 7/10

国防科技图书出版基金

第一届评审委员会组成人员

主任委员：邓佑生

副主任委员：金朱德 太史瑞

委员：尤子平 朵英贤 刘琯德
(按姓氏笔画排列)

何庆芝 何国伟 张汝果

范学虹 金 兰 柯有安

侯 迁 高景德 莫梧生

曾 铎

秘书长：刘琯德

前 言

现代舰船的电气化程度越来越高，对电力供给的依赖越来越强，因此，电力系统已成为现代舰船不可缺少的重要系统之一。舰船电力系统不仅要在最恶劣的情况下，保证不中断对舰船重要设备的供电，又要在工况繁杂变化的条件下，维持较高的供电品质。这种情况给电力系统的设计带来了很大的困难。为了满足舰船日益增长的供电要求，舰船不但需要配备性能优良、工作可靠的发电设备，而且更应注重于舰船电力系统的总体研究和设计。只有把电力系统看作为一个有机的整体，综合分析系统中各个环节相互作用和相互依赖的关系，从舰船总体需求的角度出发，合理选择电力系统的配套方案，周密地加以协调，并运用各种最新的分析技术去找出系统中存在的关键问题，从系统上采取各种有针对性的提高性能的措施，才能从根本上保证电力系统在各种条件下可靠运行。这就是舰船电力系统设计最主要的任务。

最近，加强系统总体的研究设计已经得到普遍的重视，许多设计和生产部门都做了大量的工作，但在这方面全面深入的探索研究还显得非常不足，而且军舰和民船的设计基本上是分别进行的，缺乏相互间的交流。为了改善这种状况，本书拟以军用舰船的惯用设计方法为主线，讨论舰船电力系统总体设计的各种基本问题，包括如何根据本舰船的使命和特点，确立电力系统设计的基本出发点，探索电力系统总体设计的规律，扩展总体研究设计的范围，开拓新技术在舰船总体设计中的应用，并研究系统设计中处理各类问题的原则。由于本书的重点是叙述系统设计，交流军用舰船电力系统设计的传统做法，故书中不可能详细介绍电气设备的基本原理，也不可能完整地列入设计所需的一般性资料和参数。这方面的知识和材料，读者可以从设备的专门资料和手册中获得。

为叙述清楚起见，本书原则上按舰船电力系统总体设计项目的顺序来划分章节。全书共八章。第一章介绍舰船电力系统设计的一些基本概念。第二、三、四章分别讨论电力系统设计的三项主要设计内容，即舰船电力负荷的计算、电站的设计、电网的设计等方面的技术问题。这些章节所讨论的设计项目中，都阐述了电力系统设计的基本要求、主要程序和关键问题，并举一些舰船设计为实例，比较各种设计计算方法，探讨它们改进提高的可能性。第五章讨论电力系统的可靠性设计，第六章讨论电力系统动态分析的方法。这两章都是探讨应用系统工程方法和计算机仿真技术对电力系统设计的效果进行检验的可能性。推广这些方法，对提高电力系统的设计质量能起良好的作用。第七章主要讨论舰船电力系统计算机辅助设计的有关问题。第八章讨论电力推进和动力电池的设计。本书如能使读者对舰船电力系统的设计有所启示和帮助，并能为电力系统总体设计的发展作出一点微薄的贡献，也就达到了作者的目的。

本书由蔡颐、徐世忻同志审阅，中国船舶工业总公司第七研究院尤子平等领导同志和七〇一研究所的领导同志给予了热情的指点和大力支持，特表示感谢。

由于对舰船总体研究设计规律的探索还刚刚开始，加上作者的学识水平有限，书中难免存在缺点错误，望读者多多批评指正。

编著者

目 录

第一章 概述	1
§ 1 舰船电力系统的分类及发展	1
§ 2 舰船电力系统总体研究和设计的内容和范围	6
§ 3 舰船电力系统电制的确定	11
§ 4 舰船电力系统设计的规范和标准	20
§ 5 舰船电力系统设计的评价和管理	23
第二章 舰船电力负荷计算	27
§ 1 舰船电力负荷的分类及其特点	27
§ 2 舰船电力负荷的随机性质	31
§ 3 舰船电力负荷计算的几种随机模型	35
§ 4 几种典型的电力负荷计算方法	46
§ 5 几种电力负荷计算方法的比较和讨论	78
第三章 舰船电站的设计	81
§ 1 舰船电站设计的基本原则	81
§ 2 舰船电站方案的设计	85
§ 3 舰船电站的性能指标	93
§ 4 舰船发电设备的选型	100
§ 5 舰船电站的控制	110
§ 6 舰船电站设备的布置	129
§ 7 大型和特殊舰船电站的设计问题	137
§ 8 舰船电力系统设计中的节能问题	143
第四章 舰船电网的设计	151
§ 1 舰船电网的基本要求	151
§ 2 舰船电力负荷分级	156
§ 3 电网类型的选择	158
§ 4 电网短路电流的计算	175
§ 5 电力系统的保护	190
§ 6 电网导线截面计算和电缆的选择	201
§ 7 应急和事故电力网	209
§ 8 电网的安全性设计	211
§ 9 中频电网的设置	216
第五章 舰船电力系统的可靠性	219
§ 1 系统可靠性概论	219
§ 2 部件(设备或元件)可靠性	225

§ 3	电力系统可靠性研究之一——网络方法·····	235
§ 4	电力系统可靠性研究之二——状态空间法·····	242
§ 5	电力系统可靠性研究之三——故障树分析法·····	251
§ 6	电力系统可靠性研究之四——模拟法 (Monte Carlo 技术) ·····	257
§ 7	舰船发电设备的可靠性分析·····	261
第六章	舰船电力系统的动态分析 ·····	270
§ 1	舰船电力系统动态分析的理论基础·····	271
§ 2	舰船电力系统瞬态过程研究的模拟技术·····	291
§ 3	电力系统瞬态过程研究的算法及其实现·····	301
§ 4	舰船电力系统的稳定性分析·····	310
§ 5	舰船电力系统瞬态电压降的计算·····	318
第七章	舰船电力系统的计算机辅助设计基础 ·····	321
§ 1	计算机辅助设计的初步知识·····	321
§ 2	造船 CAD 集成系统的发展·····	330
§ 3	舰船电力系统 CAD 内容分析·····	332
§ 4	舰船电力系统的计算机辅助设计·····	342
§ 5	自动设计系统的发展·····	351
第八章	电力推进和动力电池的设计 ·····	353
§ 1	舰船电力推进的发展简况·····	353
§ 2	舰船电力推进的分类·····	358
§ 3	电力推进设备的基本要求·····	362
§ 4	电力推进方案的确定·····	363
参考文献	·····	375

第一章 概 述

§ 1 舰船电力系统的分类及发展

§ 1.1 舰船电力系统的定义

舰船电力系统是电源、配电网和本舰用电负载所组成的完整体系的总称。电力系统的电源通常采用发电机组（直流或交流）或蓄电池组。为便于管理，系统的发电机组常集中布置在一个或几个舱室中。这些集中布置的发电机组，包括它们的控制、配电板及辅助装置称之为电站。配电网包括供电电缆、电线、配电器械。由电力变换器（如变压器、变频器、变流机组和整流器等）所得的电通常被看作系统的二次电源。系统的用电负载即舰船上各种电气设备。用电负载对系统供电可靠性和品质指标的要求会对电力系统的结构和组成产生很大的影响，但除了与电力系统关系密切的电力推进外，一般负载的内容并不属于电力系统研究设计的范围。

最简单的舰船电力系统组成如图 1-1 所示。

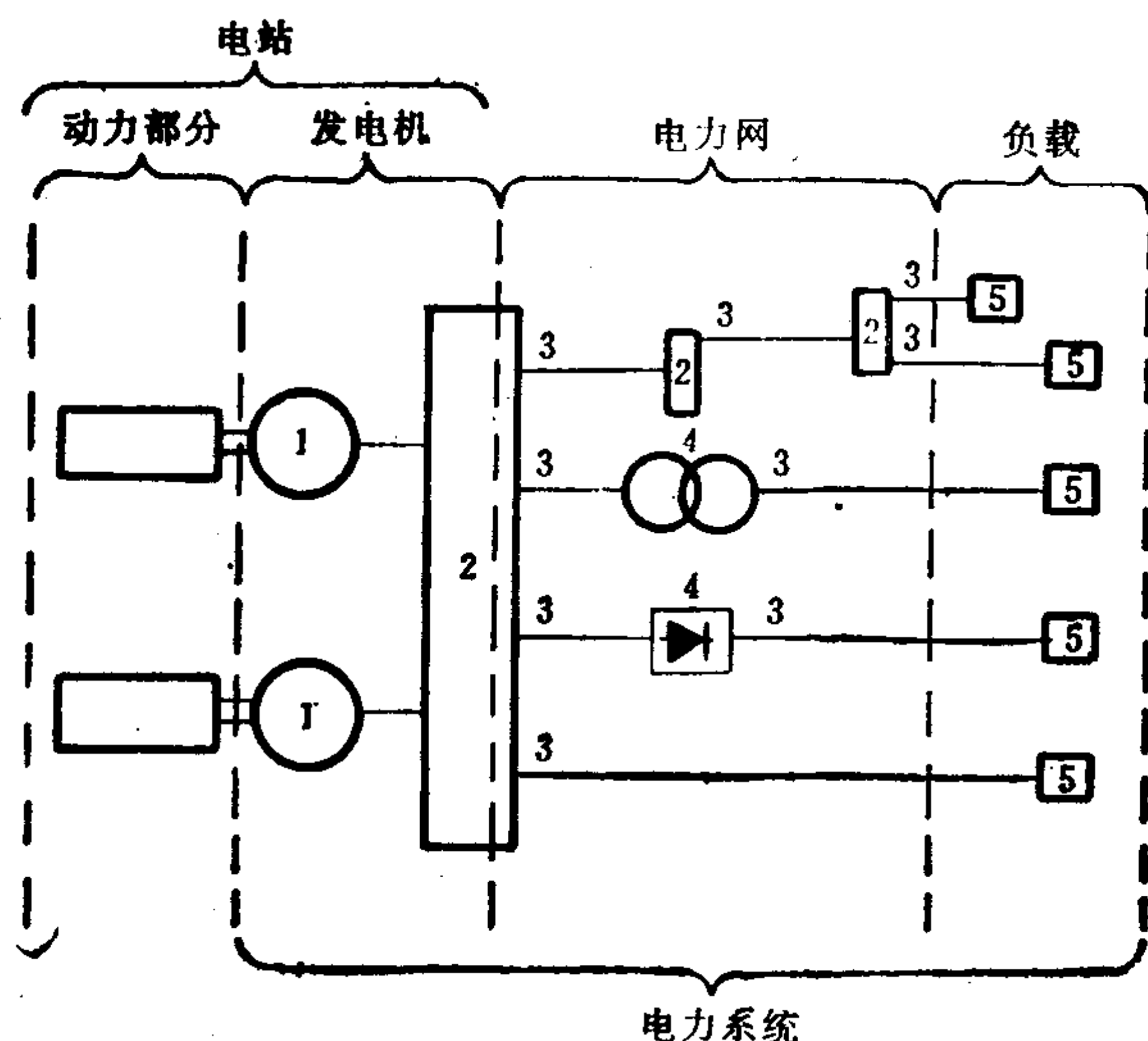


图1-1 舰船电力系统示意图

1—电源；2—配电板；3—输电导线；4—变换器；5—负载。

§ 1.2 舰船电力系统的类型

各种类型的舰船的任务使命、总体布置、动力配备、供电要求不尽相同，它们的电力系统也有很大的差异。通常按其包含电站的数量和它与舰船能源系统的关系，可划分为以下几种类型：

1. 单电站电力系统

这种舰船电力系统只设置一个电站，常用于较小型的内河或沿海船舶。单电站电力

系统中常设置两台以上的发电机组，以便在检修或一台发电机组发生故障时交替使用，其单线示意图如图 1-2 所示。

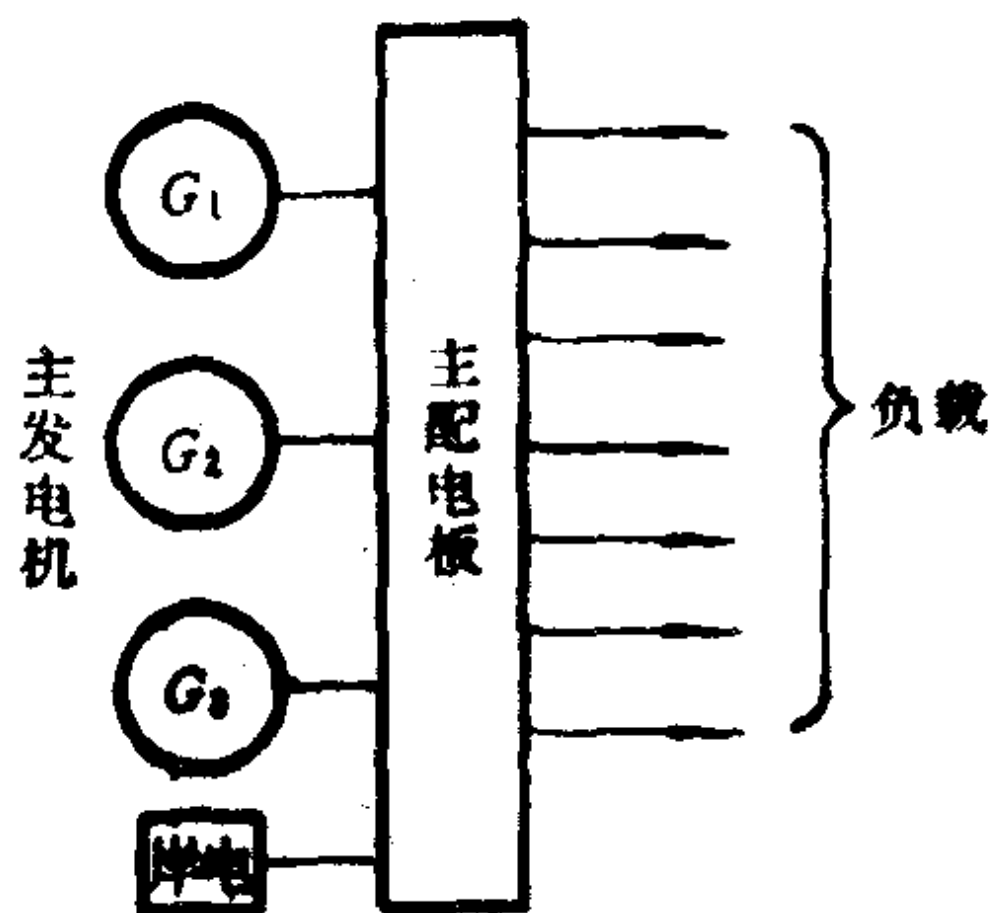


图1-2 单电站电力系统

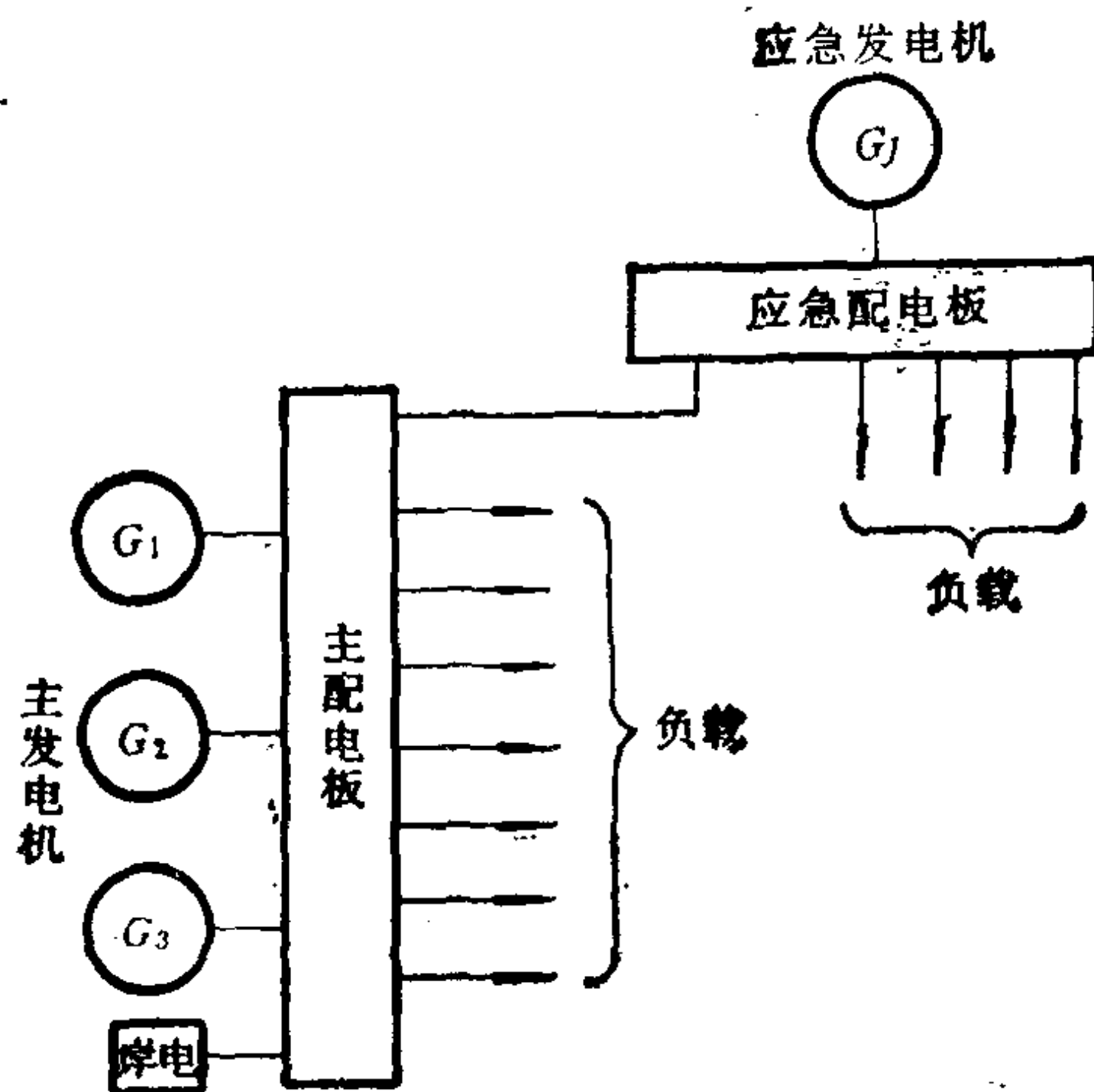


图1-3 主辅（或应急）电站电力系统

2. 主辅（或应急）电站电力系统

这种电力系统除了配备主电站保证舰船正常运行工况下各种用电设备的供电外，还设置辅助电站（停泊电站等）或应急电站，用来保证舰船处于低负荷、应急或其他特殊工况下部分电气设备的供电，其单线示意图如图 1-3 所示。

主辅（或应急）电站电力系统常用于各种民用船舶和军用辅助船舶。

3. 多电站电力系统

系指舰船上设有两个以上主电站的电力系统，大型的航空母舰上有时甚至设置八个电站。这些电站分散布置在舰船比较安全的部位，保证电力系统具有较高的供电可靠性和生命力。这种系统常用于战斗舰船、核动力船或其他对供电可靠性有较高要求的船舶上，其单线示意图如图 1-4 所示。

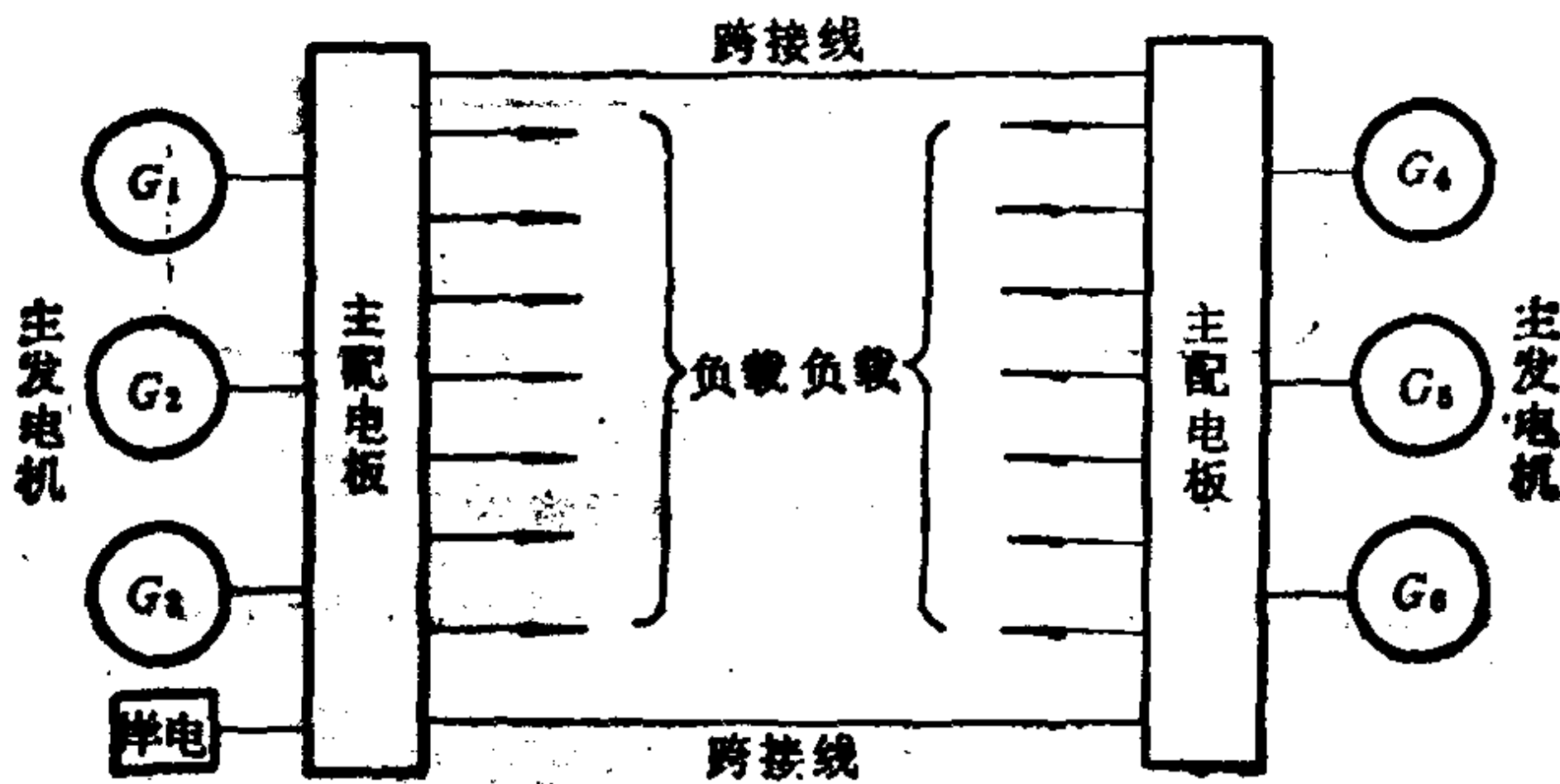


图1-4 双电站电力系统

4. 利用舰船推进动力装置余能发电的电力系统

这是近年来发展起来的一种节能型电力系统。它除了有通常的柴油发电机组外，还配备有利用主机余能发电的轴带发电机或利用主机排出废气发电的废气涡轮发电机。当主机持续工作时，主要依靠节能发电机组提供全舰所需的电力，运行十分经济，应用也

日趋广泛。其单线示意图如图 1-5 所示。

5. 交直流混合电力系统

这是一种交流发电机组和直流蓄电池混合构成的电力系统。主要用于潜艇等特种舰艇。它可以在蓄电池中储存电能，有较高的供电可靠性。根据舰船主要用电设备是交流还是直流，又可分为交流供电方案和直流供电方案，见图 1-6。

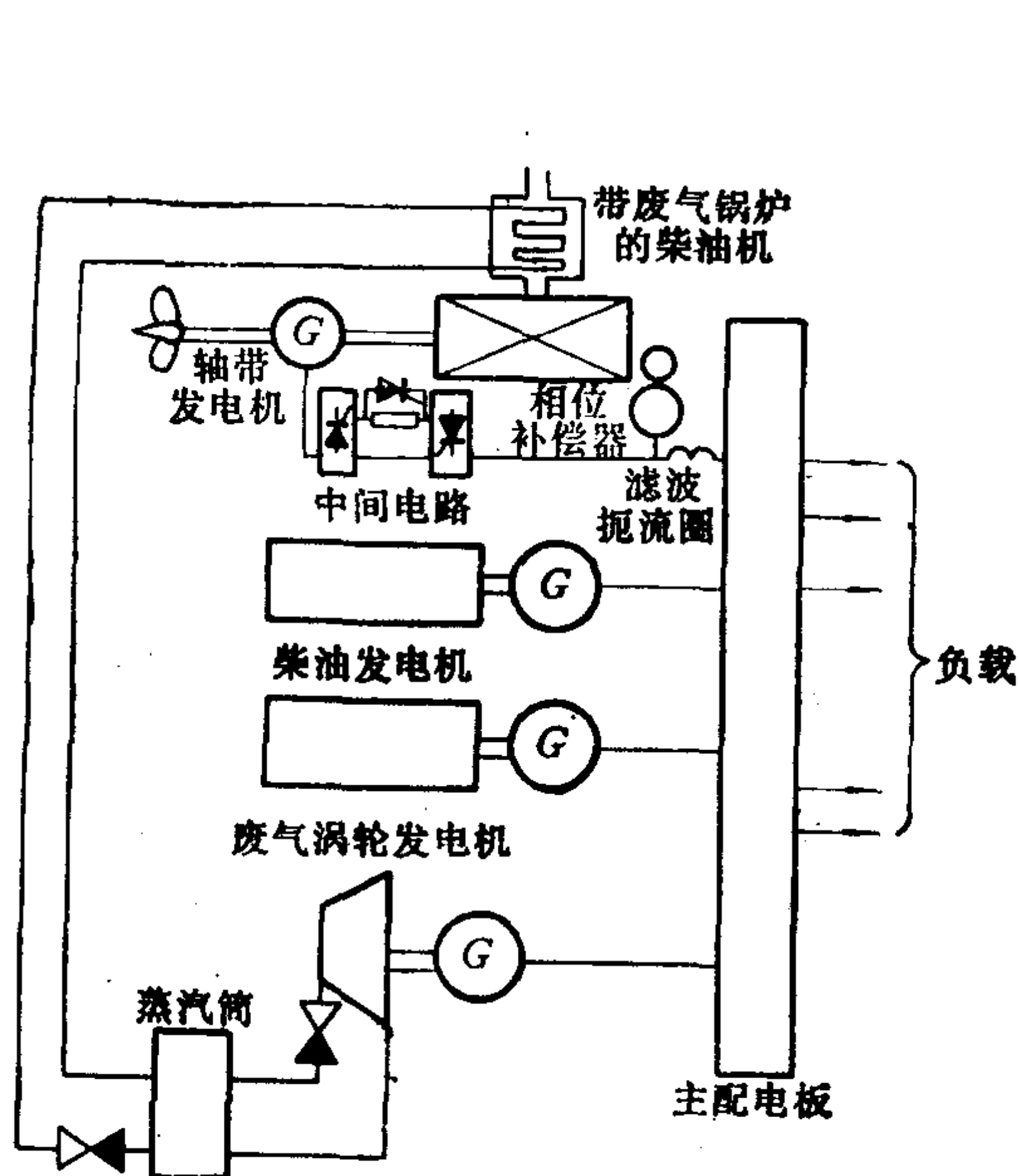


图1-5 利用推进动力余能发电的电力系统

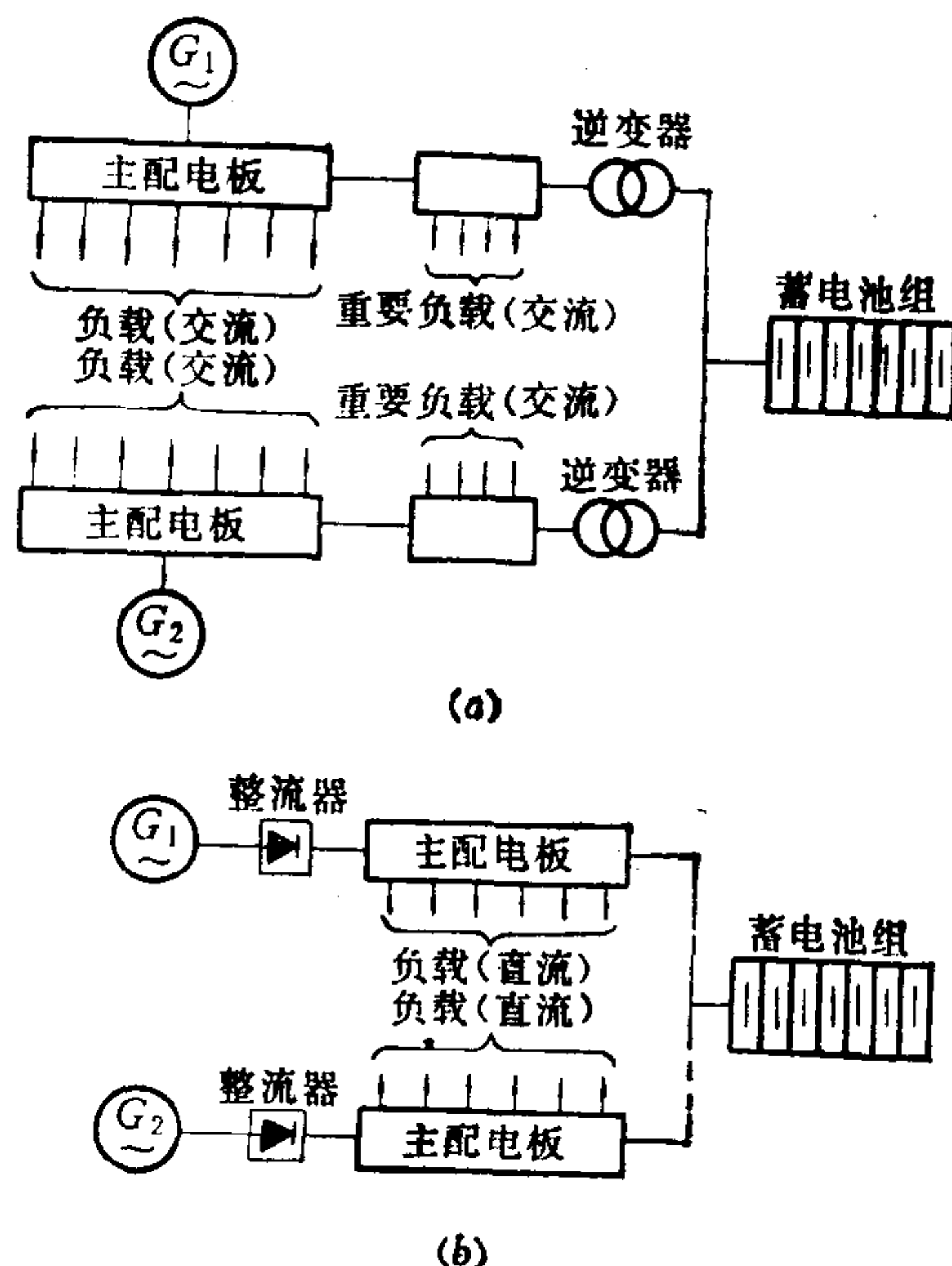


图1-6 交直流混合电力系统
(a) 交流供电方案；(b) 直流供电方案。

6. 交流电力推进联合电力系统

电力推进的舰船，如破冰船、工程船舶等常采用推进和供电联合起来的电力系统。这样的电力系统具有更大的经济性和机动性，其单线示意图如图 1-7 所示。

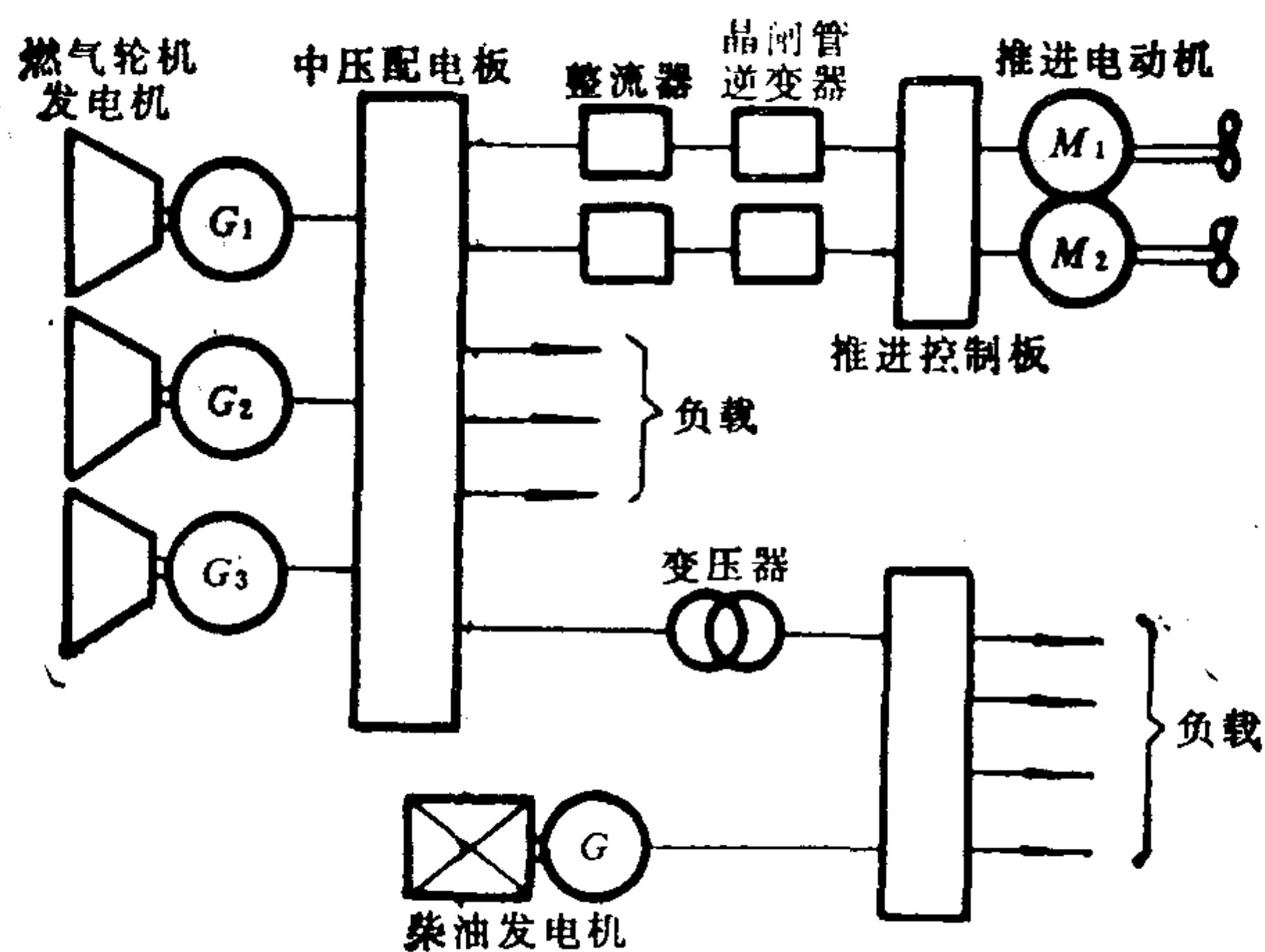


图1-7 交流电力推进联合电力系统

7. 直流电力推进联合电力系统

这是柴油机直接驱动常规潜艇早期应用较多的一种电力系统，它既可由蓄电池供电，也可由推进发电机供电，其单线示意图如图 1-8 所示。

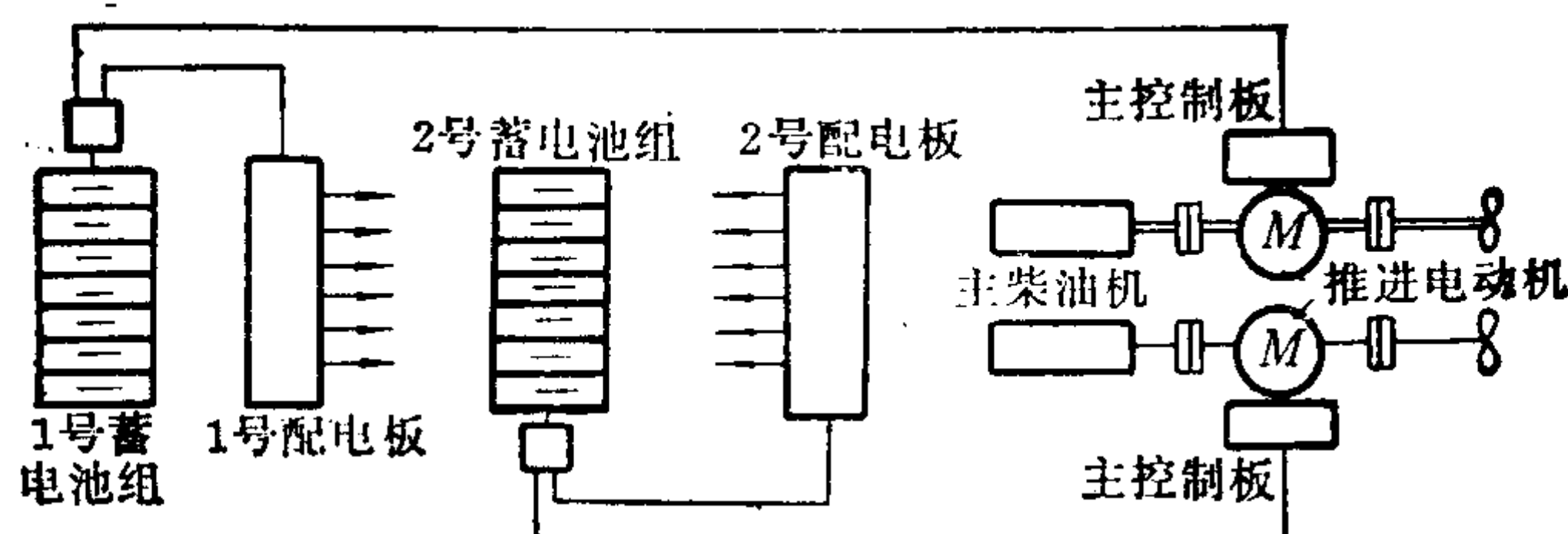


图1-8 直流电力推进联合电力系统

除了以上几种类型外，新的电力系统型式还在不断涌现，可见舰船电力系统的内容是十分丰富的。

§ 1.3 舰船电力系统的发展

舰船电力系统的设计通常是以舰船总体设计的设想和总体对各系统的要求为依据的，故舰船总体的发展必然会对舰船电力系统提出更高的希望和要求。随着历年来舰船吨位的增大、电气化程度的提高和科学技术的发展，舰船电力系统亦有显著的进步和变化，尤其表现在以下几个方面：

1. 舰船电力系统的发电功率逐年增大

表 1-1 所列为美国不同时期建造的各种类型舰船发电功率增长的情况。

表1-1 美国不同时期建造舰船的发电功率

舰船建造时期			早 期	前 期	近 期
舰船类型					
军用舰艇	护卫舰	船型 年份 功率	FF-1040/FFG-1 1962 2000kW	FF-1052 1965 3000kW	FFG-7 1975 4000kW
	驱逐舰	船型 年份 功率	DD931/DDG-2 1953/1958 2000kW	DD963/1993 1972 6000kW	DDG-51 1986 9000kW
	巡洋舰	船型 年份 功率	CG-16 1959 4000kW	CG-26 1962 6000kW	CG-27 1982 7500kW
	航空母舰	船型 年份 功率	CV-43 1947 10000kW	CVN-65 1968 40000kW	CVN-68 1975 64000kW
	军辅船	船型 年份 功率	— — —	AOE-1 1963 6000kW	AOE-6 1987 12500kW

(续)

舰船建造时期		早 期	前 期	近 期
舰船类型				
民用船舶	油 船	船型	T 5-S-RM2A	T 6-S-93A
		年份	1956	1973
		功率	1200kW	1750kW
	集装箱船	船型	C8-S-81B	C9-S-132A
		年份	1967	1979
		功率	4500kW	6000kW
	货 船	船型	C5-S-37D	C5-M-129A
		年份	1958	1978
		功率	1200kW	1875kW

注：表中所列的年份是指首制舰船合同交船（下水）的年份，功率为舰船发电装置的总功率，包括备用发电机组，但应急发电机组除外。

图 1-9 是几种水面舰船发电功率逐年增长的曲线。

图 1-10 是中小型水面舰船单位排水量发电功率（平均值）的增长曲线。

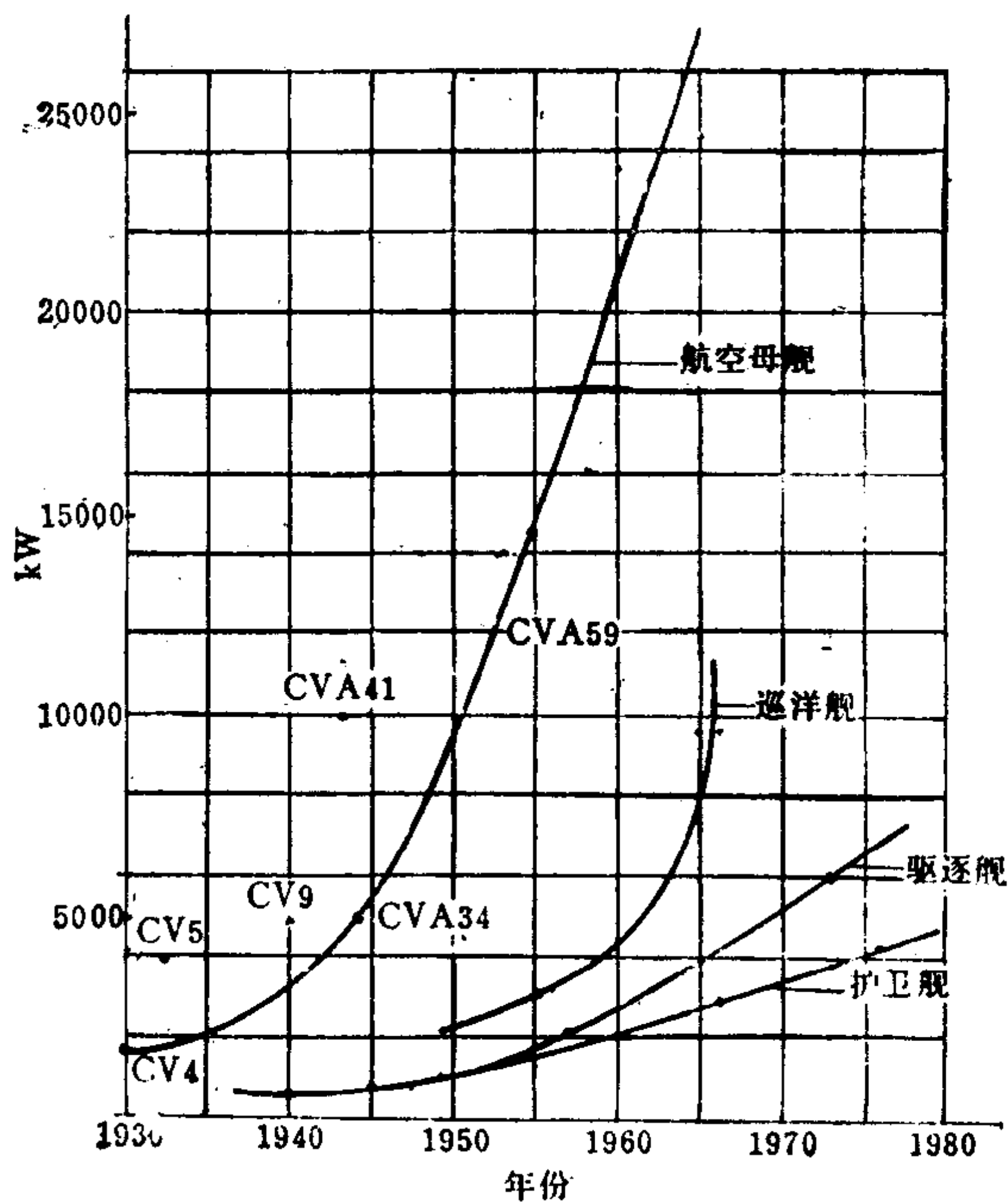


图1-9 几种水面舰船发电功率的增长曲线

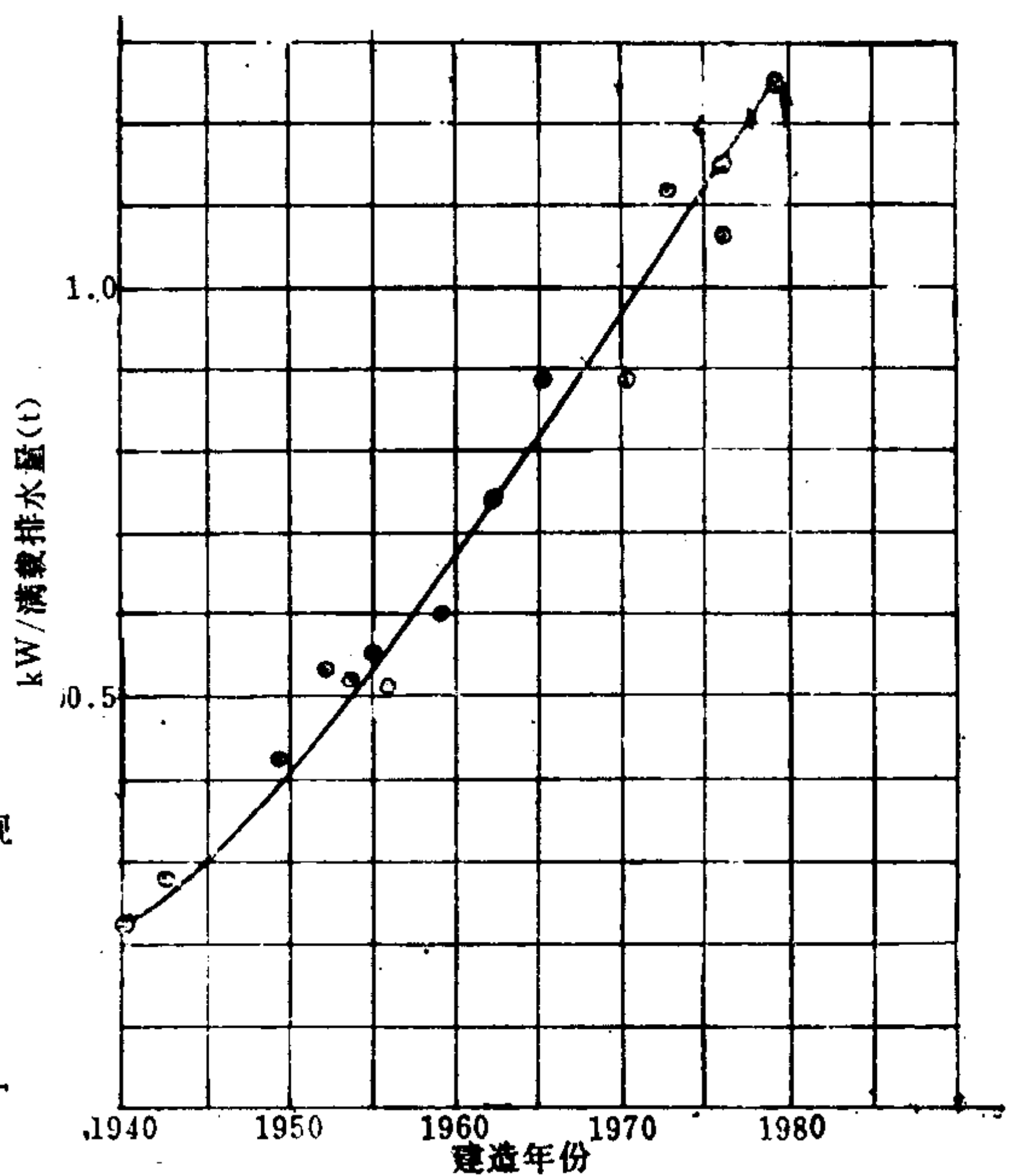


图1-10 几种中小型水面舰船单位排水量发电功率的增长曲线

2. 电力系统的设备性能和供电指标有很大的提高

现代舰船电力系统的设计以最大限度地维持不间断供电为目标。由于船电技术的发展，舰船电力设备已日趋完善。工业部门不仅能为舰船提供完整的发电机组系列、性能优良的各种容量自动开关和监视保护设备，而且船电设备的功能也有显著的提高。发电机的快速调压调频设备提高了电力系统的静态和动态性能指标，同时也加强了系统承受各种突然负载的能力。近年来，在某些舰船上又出现了大功率、高电压的高参数电力系

统。如美国尼米兹级航母就配备了 4160 V 电力系统。虽然目前这种系统还限于大型船、工程船等特种船舶，但电力系统高参数在舰船上的应用是技术上的一种突破，它为未来舰船电力系统的发展开辟了道路。

3. 电力系统实现集中控制和自动化

电力系统的自动化是舰船自动化的一个组成部分。这也是舰船现代化的一个重要标志。自动化技术的广泛应用充分发挥了电力设备的潜在功能，并使船员的操作量大大下降，船员的数量减少。1969 年国际航海和造船会议上，英国的菲脱柴尔 (H. C. Fitzer) 提供了一些舰船电气设备管理维修人员数量的变化情况，说明单位功率电气设备所需的管理维修人员不断减少，如图 1-11 所示。

此外，自动化可以实现系统的最佳运行方式，提高了设备运行的效率、经济性和安全性。

4. 在舰船电力系统中广泛采用各种新技术

科学技术的发展也逐步改变了舰船电力系统的面貌。近年来电力系统控制线路的电子化程度有很大的提高，半导体和集成电路普遍代替了电磁、机械、液压等控制部件，出现了电子固态保护装置、电子调速器等性能更优越的新型部件。大功率半导体技术促使电能变换设备趋向静止型化，从而提高了系统运行的性能，减小了电力设备的体积和重量。电子计算技术的推广应用，又出现了微机控制和管理的电站。它对发挥舰船电站的功能，应付舰船多工况的变化，有很大的促进作用。此外，设备电子化的结果，推行了便于生产装配和维护保养的标准部件和插件方式的应用，提高了生产效率，缩短了设备的维修时间。

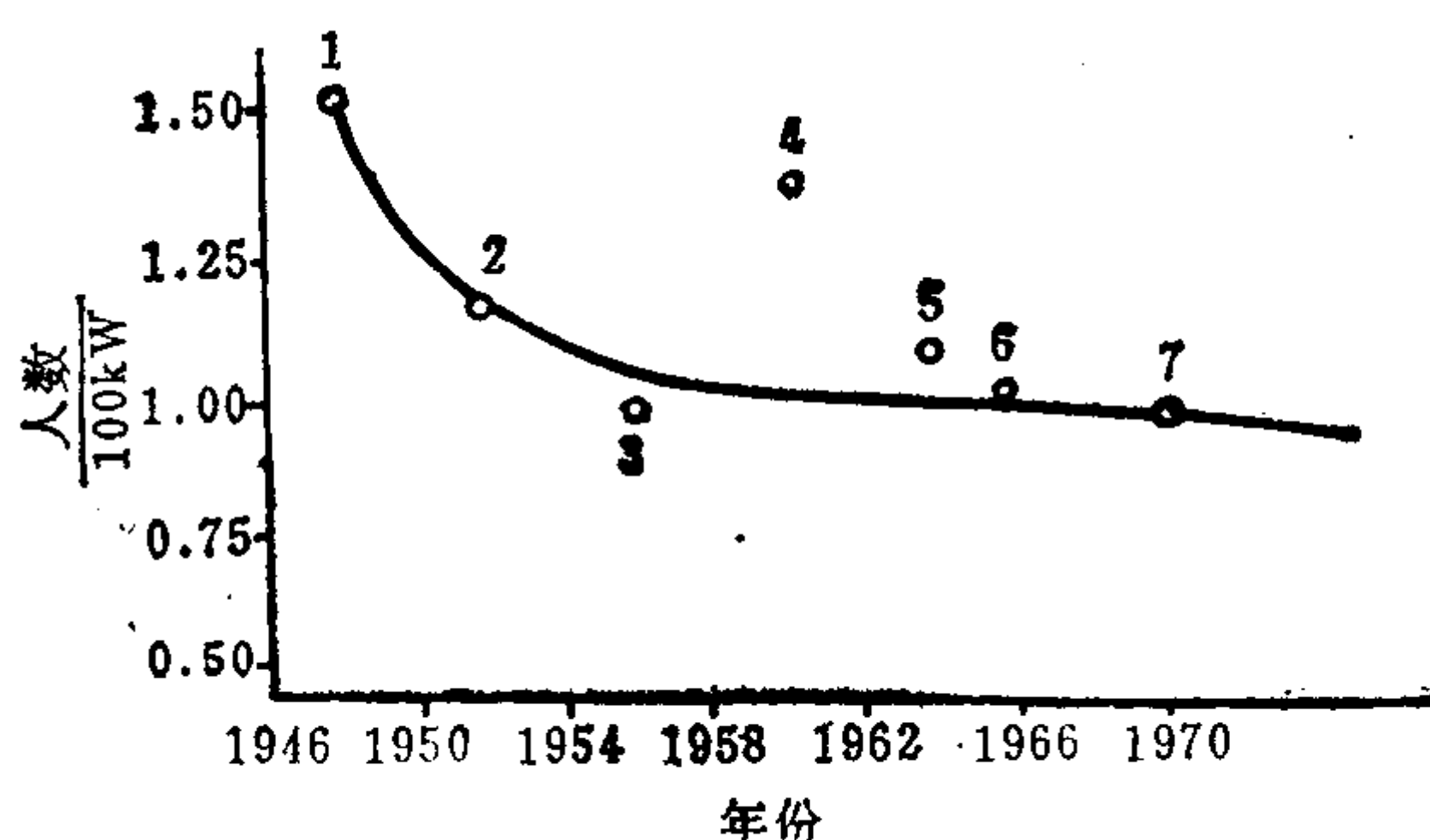


图1-11 单位功率电气设备管理人员数量的逐年变化

1—“伐加德 (Vacader)” 驱逐舰；2—“果敢 (Daring)” 驱逐舰 (直流和交流)；3—“惠特比 (Whitby)” 护卫舰；4—“虎 (Tiger)” 直升机巡洋舰；5—DLG05/06 导弹驱逐舰；6—“利安德 (Leander)” 护卫舰；7—“谢菲尔德 (Sheffield)” 驱逐舰。

§ 2 舰船电力系统总体研究和设计的内容和范围

§ 2.1 舰船电力系统设计的内容

舰船电力系统的设计是舰船总体设计的一个部分。它也是采用分阶段逐步近似、逐步深化和逐步优化的方法进行的。电力系统设计的任务就是依据设计技术任务书 (军船也称战术技术任务书) 和船主的要求，按照舰船总体设计的意图，遵循相应的规范和标准，拟定电力系统的功能要求，选择电力系统方案 and 进行电力设备的选型。

舰船设计阶段的划分不是一成不变的。不同的设计部门，不同的设计对象，其设计阶段的划分也不一样。对于新型、复杂、缺乏成熟经验借鉴的舰船，其设计阶段要多一些，设计周期也要长一些；而对于常规、简单、多批建造、技术上较成熟的舰船，其设计周期则可缩短。有的船只需经过概念设计、生产设计两个阶段就可投入建造。这里以一般军用舰船划分为初步设计、技术设计、施工设计三阶段设计为例，说明每一阶段设

计的主要任务和目标。

初步设计的主要任务是确定总体概貌, 解决方案中存在的各种技术关键问题。由于初步设计从根本上确定了以后各阶段设计的方向和轮廓, 因此它对总体设计的成败起着关键的作用。在这一阶段中, 需要根据舰船总体的设想, 初步估算全舰的电力负荷, 确定电力系统的主要组成, 运行功能以及主要电力设备的选型意见, 落定主要电力设备的总体布置, 初估其重量重心, 有时还应报出电力系统的成本估计。此阶段可能提供的图纸资料有: 电力负荷估算书, 电力系统设计方案说明书, 电站设备的技术要求, 主要电力设备选型意见, 主要电力设备的布置方案以及为解决技术关键问题而编写的技术报告等。

技术设计是初步设计和施工图设计两个阶段之间必要的衔接和过渡。它的任务是深入充实初步设计的方案, 使之在技术细节上得以进一步肯定和落实。为实现初步设计的方案, 确定舰船的技术状态创造条件。在技术设计阶段不但应协调解决电力系统的所有技术问题, 而且绝大部分主要电力设备均应安排落实。

这一阶段电力系统设计的工作有:

- (1) 计算全舰用电设备负荷, 编制出电力负荷表;
- (2) 绘制电能分配原理图;
- (3) 绘制电站设备原理线路图;
- (4) 绘制主要电力设备和专用舱室的布置图;
- (5) 确定全舰电缆干线的布置和走线方向;
- (6) 提交主要电力设备和电缆的清单;
- (7) 提交全舰电力设备重量重心;
- (8) 编写短路电流计算、导线截面及电压降等计算资料;
- (9) 编写有关的技术条令和电气说明书。

技术设计的主要图纸 (包括设计说明书、主要电力设备清单、主要和应急配电板原理图及外视图、主推进电路原理图、电能系统图、主要电力设备布置图等) 提交船检局或用船部门的专门审图机构审查, 经同意后, 就作为开展施工图设计的依据。

施工图设计是为将上一阶段确定的舰船设计付诸实现而进行的面向建造的设计, 因而它更偏重于生产细节的设计。这阶段需要绘制施工所需的全套图纸, 提供电力设备、材料订货明细表、船厂自制件清单和图纸、电力设备重量重心计算表册, 编写电力系统操作、维护、使用技术条令以及提出原则工艺和进度要求等。

有时在管理上将初步设计和技术设计合称为科研阶段, 而把施工图设计、生产设计和建造合称为建造阶段。科研阶段由设计研究部门来承担, 而建造阶段则以船厂为主来进行, 这样就可以要求施工图纸完全根据生产流程和劳动组织来绘制, 这对于缩短造船周期, 降低生产成本, 提高劳动生产率和造船质量都是十分有利的。

§ 2.2 舰船电力系统的总体研究工作

随着舰船技术的迅速发展, 舰船设计无论在内容上或方法上都有很大的提高和更新, 概括起来集中表现在以下几个方面。

1. 加强了舰船的预研工作;

2. 推广了计算机辅助设计 (CAD) 的应用;
3. 对某些关键性项目加强了设计效果的检验和评价;
4. 采用费用设计 (Design to cost) 等较先进的研制管理模式。

关于计算机辅助设计, 设计效果的检验和费用设计的问题将在有关的章节中专门讨论。作为本节总体设计内容和范围的讨论, 这里只着重谈一谈总体设计中的研究工作。

舰船是一项综合工程, 为了探索它的设计规律, 解决各种系统中的关键问题, 提高舰船设计的质量, 就应围绕舰船总体设计开展相应的研究工作, 对于性能要求较高, 又没有母型舰可以借鉴的新型舰船的研制, 这一点尤为重要。这些研究作为总体设计提供了更充足的依据, 强化了总体方案分析评价的手段, 并能扩展总体设计人员的思路, 更合理地解决设计中的问题。

舰船总体科研工作涉及的范围十分广泛, 因而也很难对它的内容提出固定的模式, 而只能根据舰船总体设计的实际需要来确定研究的项目。这里只对舰船电力系统设计可能涉及的几方面研究工作举一些实例性的内容予以说明。

1. 优化设计方案的研究

(1) 寻求系统设计效果由某一项指标 (如建造的经济性) 引起的变化规律, 从而找出系统对该项指标而言的最优设计方案作为方案比较的依据。

(2) 研究各种类型舰船电站设备的配置, 摸索其规律和发展趋势, 为新舰船电站设计提供参考资料。

(3) 研究各类舰船的电网形式, 分析它们的优缺点和实际效果, 由此探索能满足供电可靠性和生命力要求的新颖电网, 供新舰船采用。

(4) 调查分析现有舰船电力系统的实际运行情况, 了解使用部门的意见和要求, 从而检查系统设计的质量, 并在以后的设计中加以改进。掌握了设计和使用之间差距也可向使用部门推荐更合理的运行方式, 发挥设计的潜力。

(5) 收集电力装备最新技术的各种信息, 研究分析它们应用在舰船上的可能性, 以便及时向设备研制部门提出新装备的研制任务, 保证舰船电力设备不断更新发展。

(6) 研究探索舰船处于紧急状态下的应急供电措施。

(7) 研究电力系统最有效的保护措施。

(8) 研究适用于未来舰船的大功率、高参数电力系统。

2. 为确定电力系统方案和设备技术要求而进行的研究工作

(1) 研究确定舰船电力系统的动态和静态性能指标。

(2) 研究各种工况下发电机组并联运行对系统性能参数的要求。

(3) 研究发电机组的主要参数在一定范围内变化时对系统运行性能带来的影响, 从而合理地确定设备研制任务书中对某些重要性能参数的要求。

(4) 研究大型异步电机起动对电力系统带来的影响, 以便确定系统对电机直接起动的限制范围, 并探求更合适的起动方式。

(5) 研究电力推进船上联合电力系统的运行状态, 并确定其主要参数。

(6) 研究电网分布电容对电网工作的影响及其相应的抑制措施。

(7) 研究电力系统瞬态过电压现象的成因、极限值及相应的抑制措施。

(8) 探索电力系统抑制电磁干扰的有效措施。

3. 为检验和评定设计效果而进行的研究工作

- (1) 电力系统供电可靠性和生命力的研究分析。
- (2) 电力系统动态工作性能的研究分析。如：负荷突变时，电网参数波动的分析；由于电网紧急操作而引起的瞬态过电压的分析，等等。
- (3) 电力系统在各种故障状态下，电网选择保护性能的分析。
- (4) 电力系统操作部位的设定及其功能发挥的研究。
- (5) 在各种干扰的影响下，发电机并联运行稳定性的研究。
- (6) 电力推进舰船联合电力系统综合性能指标的分析。

4. 为探索舰船新的设计计算方法而开展的研究工作

- (1) 舰船电力负荷计算方法的研究（包括实船电力负荷资料的积累和统计分析）。
- (2) 舰船电缆实际允许载流量修正方法的研究。
- (3) 电气设备减震和抗冲击措施的研究。
- (4) 电网短路电流计算方法的研究。
- (5) 大负载投入时电网动态压降估算方法的研究。
- (6) 电力系统计算机辅助设计方法的研究。
- (7) 电力系统保护设计方法的研究。

5. 舰船电力系统中推广应用新技术、新装备而开展的研究工作

- (1) 舰船电力系统标准化的研究，包括减少舰船电制的种类；实施合理的负荷分级制度；为计算机配置不间断电源；设置统一的辅助电网，减少设备自带电源机组，等等。
- (2) 电力系统的控制、显示、监视、报警等设备配置、要求的研究。
- (3) 将别的行业已经成熟的新技术、新装备引进到舰船电力系统中来的研究。
- (4) 对远景新技术在舰船上应用可能性的探索研究。例如，超导技术在舰船上应用可能性的研究等等。
- (5) 舰船电力系统的节能研究。
- (6) 舰船新能源的开发研究。
- (7) 新一代电子技术在舰船上应用的研究。

6. 总体设计外围的研究工作

- (1) 各国海军技术发展的现状及国内外科技情报的收集和分析。
- (2) 舰船电力设备运行、使用情况以及各种事故、故障情况的收集和分析。
- (3) 舰船使用部门对新技术推广适应性的研究。例如，在舰船上推广采用集控、自动化设备对舰员素质的要求和平时训练及舰船组织体制产生的影响；复杂新装备的模拟训练器的研究等等。
- (4) 舰船电力设备环境条件要求的研究。
- (5) 电力设备可能对周围环境或其他设备产生的不良影响以及对其采取限制隔离措施的研究。如对常规潜艇电池放电引起的强大恒定磁场的补偿措施的研究；电气设备工作噪音抑制措施的研究等等。

以上仅列举了舰船电力系统几个方面的研究工作，由此可以看出它的内容是十分广泛和丰富的。这些项目中，有些是直接为某种舰船的需要而进行研究的；有些则可适用于各类舰船；有些应主要由舰船总体设计部门来进行的；有些则需总体设计部门和其他