

高等学校教材

火电厂设计基础

东南大学 钟史明 主编

621

66



高等学校教材

火电厂设计基础

东南大学 钟史明 主编

中国电力出版社

内 容 提 要

本书主要汇集了国内火电厂设计有关规程、规范、技术要求和一些优秀工程设计范例,阐明了它们的基本原理、基本方法,目的是为加速造就大型火电厂和热电厂的设计技术人员服务。

全书内容有:我国火电厂设计概况,电力工业技术政策,发电厂厂址选择,发电厂总体规划,主、辅机设备选择,主厂房布置,管道设计,发电厂辅助系统(煤、灰、水和化学水系统)设计,发电厂可行性研究,投资估算与技术经济分析等等。

本书为电厂热能动力专业本科生选修教材,同时可作为热能工程、电厂热能自动化专业学生的教学参考书,也可供火电厂设计、研究、试验单位,电厂运行单位和能源管理单位的工程技术人员和管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

火电厂设计基础/钟史明主编. -北京:中国电力出版社, 1998

高等学校教材

ISBN 7-80125-496-1

I. 火… II. 钟… III. 火电厂-设计-高等学校-教材 IV. TM621

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 19161 号

中国电力出版社出版

(北京三里河路 6 号 邮政编码 100044)

北京密云红光印刷厂

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

1998 年 4 月第一版 1998 年 4 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13 印张 293 千字 2 插页

印数 0001—2120 册 定价 12.70 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前 言

本书系依据原能源部《(1993~1995)年高等学校教材编写出版计划》，由东南大学、上海电力学院两校负责编写的。本书适用于基本学完专业课程的电厂热能动力专业四年级学生使用，目的是使高年级学生学完了专业课后，能更接近工作实际，初步掌握火电厂设计的基本知识与基本技能，毕业后能更快地适应所从事的火电工程设计工作。

本书取材力求适合电厂热能动力专业本科生选修教材的深、广度要求，尽量做到理论联系实际。全书内容分十一章：其中，绪论、厂址选择与总体规划、主机与主要辅助设备选择、管道设计、可行性研究以及电厂设计技术经济评价由东南大学钟史明教授编写；燃料供应、烟气净化、除灰、供水系统和主厂房布置由上海电力学院高南烈副教授编写。

由于我国火电主力机组单机容量目前为300~600MW，总容量2400MW的大型火电厂正在设计建造中，另一方面单机容量较小的热电联产、集中供热热电厂也在鼓励建设之中，因此，本书选材主要以大容量、超高参数、高效机组大型火电厂为主，同时兼顾中小容量热电机组的热电厂，以适应我国电力工业实际和发展的需要。

本书的编写得到东南大学动力系、热能工程设计研究院有关教师的支持和帮助：其中厂址选择与总体规划中的部分内容洪河源教授协助编写，管道设计中的部分内容张慕瑾副教授协助整理；同时得到上海电力学院动力系有关教师的支持，尤其是得到褚松教授对全书稿件的全面审查，依据他提出的许多宝贵意见修改后，使本书更加完善，特此一并致谢。

因本教材内容宽广、系统庞杂，其中取舍方面、深浅方面尚有很多问题值得进一步探讨，而且设计方法也在不断更新，限于编者水平和编写时间短促，不妥甚至错误之处在所难免，希望使用本书的教师、同学和其他读者随时指正，编者将不胜感谢！

编者 钟史明 高南烈

1996年2月28日

4-103/17

目 录

前 言

绪 论	1
第一节 电力工业在国民经济中的作用和地位	1
第二节 我国火电厂设计的发展历程	1
第三节 我国电力工业的技术政策	2
第四节 火电厂设计的基本要求	4
第五节 火电厂设计的主要阶段	6
第一章 主机及主要辅助设备的选择	9
第一节 汽轮发电机组的选择	9
第二节 锅炉机组选择	12
第三节 主要辅助设备选择	14
第二章 管道设计	22
第一节 汽水管道设计的有关规定	22
第二节 管道布置	25
第三节 管子管径与壁厚的确定	39
第四节 管道附件的选择	43
第五节 管道支吊架设计	47
第六节 管道应力计算	54
第三章 燃料供应	72
第一节 概述	72
第二节 厂外燃料供应	73
第三节 卸煤和受煤	75
第四节 贮煤场及煤场机械	80
第五节 带式输送机	82
第六节 煤的筛分与破碎	84
第七节 辅助设备	86
第八节 燃油系统	89
第四章 发电厂的烟气净化	91
第一节 环境保护对烟气净化的要求	91
第二节 除尘效率	93
第三节 旋风式除尘器	94
第四节 湿式除尘器	95
第五节 静电除尘器	96
第六节 烟气净化的发展趋势	103

第五章	火电厂的除灰	105
第一节	机械除灰	105
第二节	水力除灰	106
第三节	气力除灰	114
第四节	除灰系统的选择	115
第五节	灰场和灰渣的综合利用	116
第六章	发电厂的供水系统	118
第一节	发电厂的供水量及对供水的要求	118
第二节	供水系统	120
第三节	循环水泵的选择	129
第四节	干式冷却系统	130
第七章	主厂房布置	134
第一节	主厂房布置的基本要求	134
第二节	主厂房布置的型式	135
第三节	主厂房内主要设备及辅助设备的布置	140
第八章	厂址选择与总体规划	148
第一节	厂址选择	148
第二节	总体规划	153
第九章	可行性研究论证	166
第一节	可行性研究的重要性	166
第二节	可行性研究的工作程序	168
第三节	火电厂工程的可行性研究	169
第四节	可行性研究某些计算方法	178
第十章	电厂设计技术经济评价	182
第一节	国民经济分析与财务分析	182
第二节	资金的时间价值	183
第三节	技术经济比较的步骤与方法	186
第四节	投资估算	192
附录	常用钢材的性能	198
参考文献		202

绪 论

第一节 电力工业在国民经济中的作用和地位

能源是发展国民经济的重要保证，是当今世界三大热点问题（能源、人口与环境保护）之一。电能是现代化的优质二次能源，其利用程度是人民生活水平高低的重要标志。

电力工业是基础工业，是国民经济的先行官，其发展速度必须高于国民经济的发展速度，即电力弹性系数应大于 1。如我国 1953~1980 年的电力弹性系数平均为 1.73。

电能的优点有：可将各种天然（一次）能源转换为电能，这主要是利用常规能源（化石燃料和水力资源）和原子核能等新能源，而且是较集中、大规模地转换为电能，能方便地转换为所需的其它能量，如机械能、光能、热能和化学能等；可迅速、经济地远距离输送；易使生产工艺过程实现机械化、电气化和自动化；而且，随着现代科学技术的进步，电力在生产领域和科学实验中的作用将日益突出。因此，电力已成为当今世界现代化生产的基本动力，电能占总使用能源的比重以及电力工业发展的速度，已成为衡量一个国家现代化水平的重要标志。

第二节 我国火电厂设计的发展历程

我国是一个历史悠久的文明国家，中华民族有丰富的灿烂文化，在认识和利用能源方面也作出了巨大的贡献。如作为常规能源的煤，在战国时代已被发现，石油、天然气在秦汉之际开始发现，均较欧洲早数百年乃至上千年。但是，由于 2000 多年封建制度的长期统治，能源的开发和利用长期受到严重制约。

解放前我国电力工业基础十分薄弱，技术水平极为落后，且具有殖民地半殖民地性质。从 1882 年外商在上海建立第一个火电厂，到 1949 年全国解放前夕，67 年的发电设备总容量才 1850MW（其中火电为 1690MW），年发电量只有 43.1 亿 kW·h，居世界第 25 位。电力设备参数、容量、规范混乱，电厂设计、安装和检修，几乎全由外国公司包办。劳动条件恶劣，运行水平低，事故频繁，年利用小时在 3000h 以下，供电标准煤耗率高达 1.2kg/(kW·h)，电网线损率达 22.5%。

新中国成立以来，电力工业有了很大的发展，现已形成了一个完整、初步现代化的电力工业体系和电力机械制造体系。从 1949 年至 1996 年年底发电装机总容量由 1850MW 增加到约 236541.6MW，增加了约 127.9 倍，居世界第二位。年发电量从 43.1 亿 kW·h 增加到超过 1079.4JW·h，增加了约 250.4 倍，发电量由世界第 25 位上升到第二位。1995 年底统计 200MW 及以上的机组容量有 89200MW，占总容量的 42.4%，300MW、600MW 机组已成为火电主力机组。20 世纪 90 年代上半期，广东大亚湾与秦山两座核电站投产，实现了核电“零”的突破，现核电总容量为 2100MW。

旧中国没有自己的电厂设计部门(单位),一切设计都由外国人垄断。新中国成立后,经过三年恢复时期进入第一个五年计划期间,在原苏联和友好国家专家的帮助下,我国在长春、北京和上海分别成立了东北、北京和上海电力设计院。引进了专家、管理办法、规程规范和标准设计(如苏联的 AKT 资料),招聘与分配了(大专毕业生)技术人员,开始国内火电厂设计。如 1954 年我国生产的首台 6MW 汽轮发电机组,安装在淮南电厂的火电厂设计,就是在捷克专家的指导下,由我国上海电力设计院的技术人员设计的。经过第一个五年计划和第二个五年计划,全国相继成立了电力建设总局和各省市的电力设计院。培养和造就了一大批火电厂设计技术队伍;设计电厂单机容量,由小到大,从 6MW、12MW、25MW、50MW、100MW 机组,到 60 年代中期可设计 125MW,以后发展为 200MW、300MW,直至现今设计 600MW 机组,参数也由中压中温到高压高温、超高参数中间再热,一直到亚临界、超临界参数一、二次中间再热机组。目前设计水平已接近国际先进水平。

在设计方法上,从手工计算、出图,到电算和计算机辅助设计(CAD)。现阶段 CAD 设计率甲级设计院约达到 80% 以上。

在设计电厂规模上,从小容量电厂(总容量 50MW 以下小厂),200MW 以下中型厂,200~1000MW 的中大型电厂,一直到大于 1000MW 的大型电厂。至 1995 年底全国火电装机总容量最大的火电厂为陡河电厂(1850MW),和位居其次的谏壁电厂(1625MW)。全国火电厂总容量超过 1000MW 的有 40 座,其中超过 1500MW 有 2 座,1300MW 有 3 座,1200MW 有 6 座,其余 1000~1200MW 的有 29 座。据悉,最近华东电力设计院正在进行上海石洞口(一期 $2 \times 600\text{MW}$)超临界参数二期扩建工程($2 \times 600\text{MW}$),总容量为 2400MW。所以,新中国成立至今,我国火电厂的设计水平已从零到接近世界先进水平。

第三节 我国电力工业的技术政策

我国的能源资源丰富,可开发水能资源(含台湾)为 19433 亿 $\text{kW} \cdot \text{h/a}$,仅次于原苏联 38310 亿 $\text{kW} \cdot \text{h/a}$,煤炭(1990 年末)探明可采储量 166123Mt,居世界第 3 位,天然气于 1991 年探明可采储量 9990 亿 m^3 ,居世界第 19 位。但水力资源开发利用率为 11%(1992 年),天然气 1990 年产量为 147 亿 m^3 ,石油 1990 年产量 138.3Mt,原煤 1990 年产量为 1079.9Mt,居世界第 1 位。

我国能源资源虽很丰富,但人均能源储量仅为世界人均水平的一半;1995 年全国人均占有装机和发电量只有 0.142kW 和 644 $\text{kW} \cdot \text{h}$,还不到世界平均水平的 30%;人均生活用能只有 54 $\text{kW} \cdot \text{h}$,生活用电只占生活用能的 10%,而发达国家 1985 年已达 60% 以上,生活用电只有发达国家的 1/30~1/60,1994 年人均年用电量约为 750 $\text{kW} \cdot \text{h}$,居世界 70 几位;单位能耗又高于世界平均水平。能源不足又浪费严重,已成为影响我国经济和社会发展的一个制约因素,“电力工业仍然是国民经济发展的‘瓶颈’工业”。由于电力不足,已影响到社会效益的提高,影响人民生活,以致影响到社会的安定,因此,应十分珍惜能源的有效利用。早在 80 年代初,我国政府提出“开发与节约并重,近期把节约放在优先地位”的能源方针。中共十五大的报告中又提出了开发与节约并举,把节约放在首

位”，更突出了节约的长期性和重要性。我国电力工业的技术政策，除积极贯彻“并举”和“首位”的方针外，具体的政策主要有如下几点：

(1) 水火并举，因地制宜。我国水力资源主要集中在西南地区（占 68%）、华中和西北地区，华北地区仅占 1%。水力资源至 1992 年仅开发 4068 万 kW，开发率 11%，预测到本世纪末，水电发电量约占总发电量的 21%，长江三峡水电工程的建成将使水电装机容量占电力总装机容量的 32% 左右。到 2000 年争取水电开发率达 20%。

水电成本低，不污染环境，还有防洪、灌溉、航运、水产养殖和向城市供水的综合效益，因此，因地制宜，加快水电建设步伐是当务之急。

在煤炭资源丰富的地区，应建一批火电基地，即使在水力资源丰富的地方，也要适当建设火电厂，以弥补枯水期出力不足，承担中间或调峰负荷。加快水电建设，但火电仍是主力，水火并举，相互配合，水火互补，有条件的地方安装抽水蓄能电站，平抑峰谷差等有利于电网的安全经济运行。

(2) 大中小并举，以大型为骨干。快速发展电力，必须调动全民办电的积极性，做到国家、企业、个人一起来办电，并欢迎外商来华办电，大、中、小型一起上，以大型为骨干。大机组的单位造价低，发电煤耗省，运行经济。发展高效大机组是赶超世界先进水平的一项重要技术政策。我国四大电网容量已超出 10000MW，完全可装 600~1000MW 单机容量机组。发展大机组，借鉴国外先进技术，立足国内，引进样机，合作生产，到能独立开发制造这条技术路线，是加速我国电力建设的可靠路线。

(3) 火电立足燃煤电厂，加速矿口、路口、港口的大型火电基地的建设。我国煤炭资源极其丰富，在相当长一段时间内，以煤为主的能源方针不会变化。

发展大火电，要燃用许多煤，一座 2000 万 MW 火电厂，日耗煤量超过 2 万 t，如燃劣质煤可达 3 万 t 左右，显然长距离输煤是不经济的。应建矿口电厂，在煤炭基地建电站群，形成煤电联营体制。同时，在交通发达的地点，如路口、港口建立火电站，以解决运输紧张问题，如长江中、下游各口岸电站、徐州茅村电站等就是这种模式。

我国的燃料政策是优先利用劣质煤发电，把好煤用作化工原料，要充分利用石煤、煤矸石、油页岩等劣质煤。全国已有一批全部用石煤发电、掺烧煤矸石发电厂，最近开发的循环流化床（CFB）锅炉，就能燃用类似煤矸石的劣质煤，即使热值为 8400kJ/kg 的劣质煤也能很好燃烧，说明用劣质煤发电是大有可为的。

(4) 节约与合理使用现有能源。电厂是生产二次能源企业，也是耗一次能源大户，全国约 1/3 的煤用于发电。因此，在火电厂中开展“节煤省电”的活动是很有意义的。我国火电厂 1996 年全国平均供电标煤耗 410g/(kW·h) (6MW 及以上机组)，比世界先进国家的指标差约 90g/(kW·h)。所以，降低煤耗和节省厂用电潜力很大。原能源部要求至 2000 年每年供电标煤耗要下降 6g/(kW·h)，以逐步接近国际先进水平。

为降低供电煤耗，加快发展热电联产，集中供热是行之有效的途径。因此原能源部和国家计经委要求：凡 2×10t/h 锅炉年运行 4000h 以上的分供锅炉，要配供热机组发电，实现热电联产，集中供热。我国热电占全国火电总容量约 12%，与俄国和东欧国家相比相差很大，因而，要积极扶持热电事业的发展。

另外，一些工业企业的余能、余热应加以利用：如水泥厂、玻璃厂等的窑炉尾气搞余热发电，高炉放散气、炼油厂的伴生气余能发电，等等。其次火电厂本身也应挖潜革新，加强管理，进行技改，提高能源利用率。

(5) 防止环境污染，变“三废”为“三宝”。火电厂是产生工业“三废”（废气、废水和废渣）及噪声的污染源。因此建厂的同时，必须进行“三废”治理，达到环保要求标准时才能排放。要大力开展灰渣的综合利用和“三废”治理的科学研究。新建和扩建的电厂，必须严格执行“三同时”的规定，不允许造成新的污染。对现有电厂，要采取坚决措施，分期分批限期治理“三废”。

(6) 提高火电厂的自动化水平。我国火电厂自动化水平不高，特别是大机组起停和事故处理时，运行人员十分繁忙，既不安全也不经济。要开发研究提高火电厂自动化水平的措施，积极采用“DCS”分散控制和尽快解决大机组集控运行，实现在线闭环控制。

此外，要掌握计算机在规划、设计、科研及计划、统计、施工、情报检索、电网调度等方面的应用技术，以尽快提高工效和业务水平。

(7) 积极发展核电和其他能源发电技术。对核电设备要坚持两条腿走路的方针，“以我为主”，加速我国核电设备国产化，为加快核电发展奠定基础；同时要进口一些国外1000MW级的核电设备，实行中外合作生产，争取到2000年，建设十套核电机组，总容量达10000MW。

积极支持风力、地热、太阳能等新能源发电，争取到2000年新能源发电容量能占到全国装机容量的0.5%，到2010年达到1%以上。

我国正在开发研究国际科技前沿发电新技术：燃煤的燃气蒸汽联合循环发电，磁流体发电，循环流化床锅炉三联供（供电、供煤气、供热）发电，燃料电池等发电新技术，力求赶上或超过世界水平。

第四节 火电厂设计的基本要求

(1) 电厂的地位与电能生产的特点使它成为技术与资金密集型的大型企业。因此，在电力建设中必须贯彻国家的基本建设方针、政策，贯彻设计规程、规范，明确建设的标准，保证新建和改建的电厂在技术水平上具有一定的先进性，达到安全、经济、满发，以合理的投资获得最大的综合经济效益。

(2) 火电厂的规划和设计，必须树立全局观点，依靠技术进步，认真勘测，精心设计，不断总结经验，积极慎重地推广国内外先进技术，因地制宜地采用新材料、新设备、新工艺、新布置、新结构，从实际出发，努力提高机械化、自动化水平，改善职工的工作条件和生活条件，做出最优方案，为提高电厂的可靠性、经济性、可用率、劳动生产率、文明生产水平，为节约用地、节约材料、降低造价、缩短工期等打下良好基础。

(3) 火电厂的设计，必须按国家规定的基本建设程序进行。电厂设计一般分四个阶段：即初步可行性研究、可行性研究、初步设计和施工图设计。前两个阶段属前期工作，在初步可行性研究报告审批后，建设单位的主管部门应编报项目建议书，待批准后才可进行可行性研

究。批准的可研报告是确定建设项目（立项）和编制设计文件的依据。后二阶段是设计工作，初步设计完成后，也要经审批后才能进行施工图设计。

(4) 我国是煤炭资源极其丰富的国家，新建或扩建的火电厂应以煤为主要燃料。供应来源可靠的油或天然气可作为燃煤电厂锅炉点火或低负荷助燃的燃料。

燃用低热值煤（低质原煤、洗中煤、褐煤等）的凝汽式发电厂宜建在燃料产地附近，有条件时，应建在煤矿矿口，以节约运输费用。矿口发电厂所在的矿区，应有足够的可采储量和可靠的开采量，其规模应能连续供应发电厂规划容量所需燃煤 30 年及以上。

对运煤距离超过 1000km 的发电厂，宜采用热值高于 21000kJ/kg 的动力煤，以节约运费。

对于环保标准要求高的地区发电厂，宜采用硫分低于 1% 的优质煤。

燃用无烟煤或易结焦煤种的电厂，其煤源宜集中定点供应，并采用必要措施。

(5) 在扩建和改建发电厂的设计中，应综合原有生产系统进行设计。

(6) 电厂的机组容量应根据系统规划容量、负荷增长速度和电网结构等因素进行选择。最大机组容量不宜超过系统总容量的 10%。对于负荷增长较快、正在形成中的电力系统，可根据具体情况并经技术论证后选用较大容量机组。

(7) 发电厂的机组台数以不超过 6 台、机组容量等级以不超过两种为宜。同容量机、炉宜采用同一制造厂的同一型号或改进型式，其配套设备的型式也应尽量一致，以减少备品备件、简化设计和方便运行。

新建电厂宜按负荷需要和资金落实情况按规划容量一次建成或分两期建成。大型电厂应尽量考虑 4 台大容量、高效同型机组，一次设计，分期连续建成。

(8) 当有较集中、稳定的热负荷，供热距离合理时，发电厂应考虑热电联产，以节约能源，提高经济效益。

(9) 发电厂的建厂地点、规划容量、本期建设规模和建设期限、选用机组容量型式、联网方式、燃料来源和品种、投资控制指标等，应以批准的可研报告为依据。在设计过程中，若因具体条件变化，必须改变原有规定时，应及时报请原审批单位审定。

(10) 在电厂设计中，应做到全厂生产和生活设施的完整性和总体一致性。当分期建设时，每期工程的设计，原则上只包括该期工程必需建设的部分，但必须按规划容量做好统一安排，以满足各阶段，特别是初期投入运行和检修的需要。对分期施工有困难或不合理的项目，可根据具体情况，按规划容量一次建成。

在厂址自然条件许可时，设计中不宜堵死发电厂扩建的可能性。

(11) 在电厂设计中，必须执行《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国大气污染防治法》、《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国水污染防治法》等有关法律和规定。要采取切实措施，减轻电厂排出的废气、废水、废渣、噪声和排水对环境的影响。各项有害物的排放必须符合环境保护以及劳动安全与工业卫生的有关规定。

防治污染的工程设施必须和主体工程同时设计、同时施工、同时投产。

当地方能落实综合利用条件时，在电厂设计中应创造条件予以配合，贯彻治理污染和综合利用相结合的方针。

(12) 在电厂设计中, 应积极采用经过审定的标准设计、典型设计和通用设计。

(13) 在电厂设计中, 应对所需的主设备和主要辅助设备提出技术要求, 并根据同类设备的技术性能、可靠性、供货条件、价格以及制造厂的业绩和技术服务质量择优选。在条件合适时, 应优先选用标准系列产品。

第五节 火电厂设计的主要阶段

火电厂设计主要分四大阶段: 初步可行性研究, 可行性研究, 初步设计和施工图设计。前两阶段是建设前期工作的重要阶段, 是基本建设程序中的重要组成部分。一般新建大、中型工程项目, 都要进行初步可行性研究与可行性研究, 而扩建、改建的大、中型工程项目, 可直接进行可行性研究。

一、初步可行性研究

初步可行性研究, 应根据电力系统的发展规划、要求和上级下达(或委托)的任务, 在几个地区(或指定地区)分别调查可能建厂的条件, 并结合电力系统规划, 进行技术经济比较, 择优推荐建厂地区的顺序及可能建厂的厂址与规模, 即规划选厂阶段, 以提出下一阶段可研的厂址方案(工程选厂阶段), 并为编制和审批项目建议书提供依据。

二、可行性研究

在已审定的初步可行性研究和国家计委批准的项目建议书基础上, 进一步落实各项建厂条件(工程选厂阶段), 并进行必要的勘察和试验, 提出电厂电力接入系统、原则性工艺系统和布置方案。经技术经济比较, 推荐出具体厂址及建厂规模, 做好投资估算和经济效益评价, 为计划部门编制和审批设计任务书提供可靠依据。

对热电厂, 还应对热负荷进行调查核实, 提出设计热负荷, 为主机选型提供依据, 并对供热范围内的热网走向、热网干管敷设和计算, 为热用户要求的合理用热参数提供保证。

三、初步设计

根据批准的计划任务书(即设计任务书)、批准的工程选厂报告以及完整的设计基础资料, 提出初设文件后才可开始初步设计。

设计必须认真贯彻国家的各项方针政策、上级机关对工程的批示, 执行国家和电力部颁布的有关规程、规范、标准和规定。必须准确地掌握设计基础资料和条件, 要下大力气摸清建厂条件, 才能正确地进行设计。这些基础资料是因具体条件变化必须改变的, 应由原设计任务书审批单位或提供单位重新审定提供。

各专业按《火力发电厂初步设计文件内容深度规定》编制初设文件及概算。

工程设计项目由几个单位共同设计时, 电力设计院是当然的主体设计院, 它对建设项目的合理性和完整性负责。电力设计院除承担本身分工的设计任务外, 应负责组织其他设计单位互提资料, 统一设计标准、规范、深度、进度和要求, 并组织编制和汇总项目的总说明、总图、总定员和总概算等。

四、施工图设计

初设文件及图纸经主管部门组织审查批准后, 即可开始施工图设计。

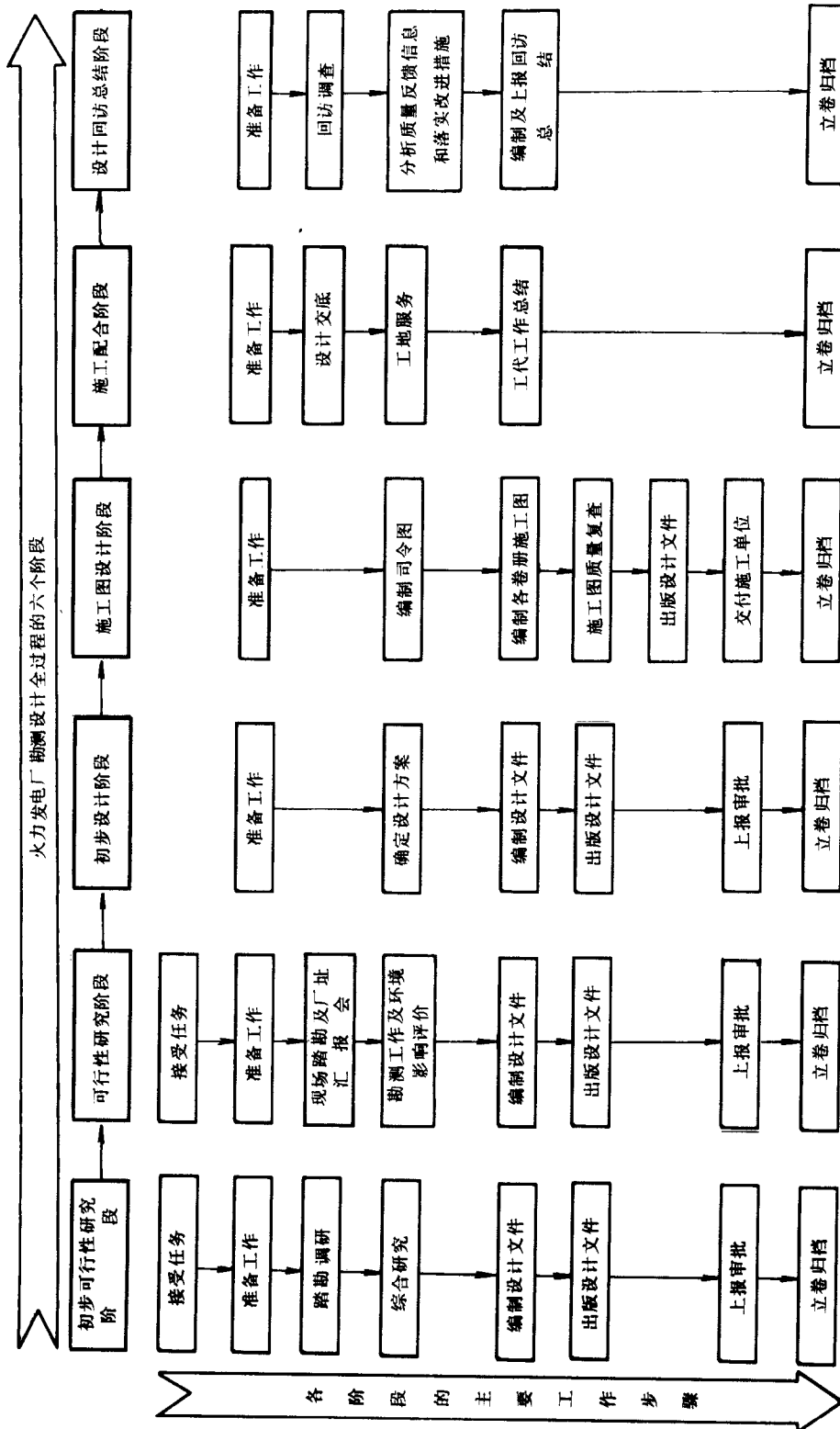


图 0-1 火力发电厂勘测设计阶段的划分框图

施工图设计是在初步设计基础上，将设计的对象加以深化，使之能进行施工安装和运行。

施工图设计应按《火电厂施工图设计成品内容深度规定》进行各卷册施工图设计及预算编制。

除了上述四个阶段外，还有施工配合和设计回访总结阶段，统称为六阶段。在施工配合阶段，设计单位应派“工代”进行施工重点项目工程质量监督和施工服务；设计交底、工代工作总结、立卷归档等；设计回访总结阶段为工程设计经受实践考验总结的阶段，设计单位进行回访调查，分析质量反馈信息和落实改进措施，编制及上报回访总结，立卷归档等。图 0-1 为火电厂勘测设计全过程六个阶段的方框图。

第一章 主机及主要辅助设备的选择

第一节 汽轮发电机组的选择

在火力发电厂建设程序中，当国家计经委立项以后，即可委托持证设计单位进行可行性研究。在可行性研究中主要内容之一是主要设备选型的论证，即三大主机的选择：汽轮机组、发电机组和锅炉机组的选择。

一、汽轮机组的选择

(一) 凝汽式汽轮机组的选择

在绪论中已论述了电力二次能源的优点之一：它可以方便、经济、快速和远距离地输送，因此火电厂的基本型式为区域性发电厂，它们连接成为几个统一的大电网（电力系统），以保证国民经济持续、稳定、快速地发展和满足人民生活用电的需要。我国 80 年代末容量超过 10000MW 的大电网已有四个。90 年代后期正在设计的 2400MW 火电厂有数个，单机容量 600MW，目前拟引进俄罗斯超临界参数 800MW 机组。所谓凝汽式汽轮机组的选择，是指型式、容量、台数和参数的选择。

1. 型式

单纯发电的机组，无疑是凝汽式机组。当然在北方地区，亦可用大容量热电两用机组，即夏季纯凝汽运行，供电效率下降极少，仅 0.5%~1.5%，而冬季可从汽轮机过缸管上抽汽供暖，以提高能源有效利用率，降低运行费用。

2. 容量

机组最大容量受其接入电网容量的制约。为保证大电网运行的稳定，系统中最大单机容量约为电网总容量的 8%~13%。这样，当最大一台机组发生事故时，电网安全和供电质量（电压和频率）才能得到一定保证，以便迅速启动事故备用机组，保证安全供电。

我国四大电网容量均超过 20000MW，所以完全可以安装目前世界上容量最大的机组（1300MW）。

3. 台数

一座火力发电厂最终的汽轮发电机组台数不宜过多，一般以 4~6 台为好，这样可使主厂房投资少和工艺系统的布置比较紧凑，从而节约投资和便于运行管理。

4. 参数

汽轮机新汽参数的选择与汽轮机的容量有关。从热力学的原理已知，提高新汽参数可以提高热效率、节约燃料，从而降低运行费用，但是主要设备的材料（钢材）耗量和质量都相应提高，使设备投资增加，进而使运行费用成分之一的折旧费增加，提高了运行费用，所以它们之间有一最佳值。

当机组容量较小时，若蒸汽参数太高，如压力提高使蒸汽比容减小，机组通流面积减

小，虽可使机组尺寸做得小些，但机组必须的间隙（汽缸与转子间的距离和轴封间隙）不能减小，因而汽轮机的内、外漏汽损失增加，使机组相对内效率（ η_{oi} ）降低。当机组相对内效率降低量超过因提高初压力而提高的热效率（ η_t ）时，则机组的绝对效率（ $\eta_i = \eta_{oi} \eta_t$ ）反而降低。此时，即为热力学上提高初压力的极限值。而初温度的决定，主要是材质的选定。在当今冶金工业最高耐热高级合金钢中，允许温度为 650℃ 的奥氏体合金钢，不但价贵而且加工（焊接）十分麻烦，故目前很少用。当今使用的最高初温为 565℃ 左右。从长期建设火电厂的经验来看，我国火电厂蒸汽参数与容量的配合如表 1-1 所示。

表 1-1 我国火电厂的蒸汽初参数与容量匹配

蒸汽参数 级 别		锅炉出口			汽轮机进口			机组额定容量
		p		t	p_0		t_0	P
		MPa	at	℃	MPa	at	℃	MW
次中压		2.55	26	400	2.35	24	390	0.75, 1.5, 3
中 压		4.02	41	450	3.45	35	435	6, 12, 25
高 压		9.9	101	540	8.83	90	535	25*·, 50, 100
超高压		13.83	141	555/540	12.75	130	535/535	200
					13.24	135	550/550*	125
							535/535	300, 600
亚临界压力		16.77	171	555	16.18	165	550/550*	300

* N125, N300 型机组曾采用过。

** 供热背压机组。

国外采用超临界技术以提高火电厂效率正方兴未艾，目前，全世界已有总数 600 台以上、总功率超过 350000MW 的超临界压力机组投入运行，最大单机功率达 1300MW（双轴）和 1200MW（单轴），最高蒸汽参数已达 35MPa 和 566℃/566℃。

（二）热电联产（供热）汽轮发电机组选择

除了上述区域性火电厂外，与电力系统相连或不连的还有许多小火电厂和热电厂，它们多数承担着较小范围的地区热电负荷和工业区的热电负荷。这些热电厂按所担负的热电负荷范围大小分为三类：工业企业自备热电站（热电站），依托一个企业向周围工厂和居民供热的小联片热电厂，和担负一个城市或较大地区热电负荷的区域性热电厂。这三类电厂对设备选择、备用容量的大小及扩建的远景等都有较大差异，分述如下。

1. 型式

热电机组型式有三种，它们有各自的特点。

（1）背压式（抽汽背压式）供热机组。它没有凝汽器，汽轮机排汽作为热用户的热源，把凝汽器的冷源损失作为供热有效利用，热能的利用率最高。这种机组“以汽定电”：热负荷大，发电量多；热负荷小，发电量就少；没有热负荷就不能发电（否则是向空排汽，造成能源极大的浪费）。所以，只有热负荷稳定时才能选用这种机组；至少有 2/3 的热负荷时，背压机组运行才比较经济。热负荷太小时，发电量很小，厂用能耗（厂用电、厂用汽）占的比重很大，经济效益差。因此，当热负荷稳定的热用户（如化工厂、制药厂等）选用这

类机组时，节能效益、经济效益都十分显著。另外，在一个大中型热电厂中（区域热电厂）选用它承担基本负荷（年运行小时数达 6000 以上）是必需而合理的。当热负荷稳定时，热用户必需两种供热参数：如一为工业用汽，需 1MPa (10at)；另一为生活用汽，0.3MPa，则可选用抽汽背压机组。

(2) 抽汽凝汽式供热机组。它是背压式和凝汽式汽轮机的组合机组。调节抽汽部分有如背压机组，凝汽部分有如凝汽式机组，所以，有部分冷源损失。但热、电负荷可以分别调节，汽轮机进汽量一定时，当热负荷大时，发电量可以小些，反之，热负荷小时，发电量可以大些。而且按热用户需求抽汽参数可调、且不随汽轮机的负荷而变。它适合于热负荷波动、不稳定的热电厂选用。同时在一个大中型热电厂中（区域热电厂）选用它作为承担中间及尖峰热负荷（年运行小时数在 3000 左右）作为热电负荷的调节手段是合理的。

(3) 热、电两用大型机组。上述抽汽凝汽式机组，当纯凝汽运行时，比同参数同容量机组效率降低很多，一般降低 10% 左右。为此，原苏联设计了一种冬季时可抽汽采暖，电负荷略有降低，夏季时，不供热纯凝发电可满负荷运行，而机组效率基本不变，比同参数同容量机组只下降 0.5%~1.5% 的机组。我国亦仿制了 200MW 单机容量的热、电两用大型机组，已安装在首都石景山发电厂、吉林热电厂和出口巴基斯坦国家等地。这种机组适用于北方地区、区域热电厂，主要是用高温热水供城市居民采暖用。

2. 容量

供热机组的单机容量应根据承担的热负荷大小选择。一年四季中热负荷总是有波动的，因此，应根据全年性热负荷和季节性热负荷按采暖期、非采暖期分别统计出的最大、最小和平均热负荷数值，绘制出年负荷持续曲线 AB（图 1-1）来选取机组型式与容量。

图中 Q_b 为基本热负荷，一年中 (6000h) 不变， Q_m 为年平均热负荷。热负荷波动大， ΔQ 为尖峰热负荷。一般 Q_b 热负荷由背压（或抽汽背压式）机

组承担， ΔQ 与 Q_b 间热负荷由抽汽凝汽机组承担，而 ΔQ 则用尖峰锅炉或锅炉新汽经减温减压后供应。

另外，为确保热电厂有良好的运行条件和经济效益，选择机组时，应使热化系数控制在 0.6~0.8 之间。当热电厂以采暖热负荷为主时，取较低值；以供工业用汽为主时，取较高值。

其次，热电机组容量的选定，还要考虑承担热负荷地区今后的工业用汽和生活用热的增长。一般应依据热力规划中热负荷的预测值选用，如无批准的热力规划，则应由地区计划部门、规划部门核查及选用。

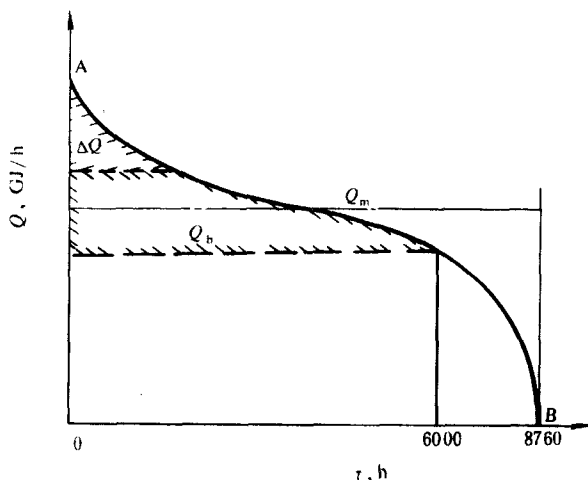


图 1-1 热负荷年持续曲线