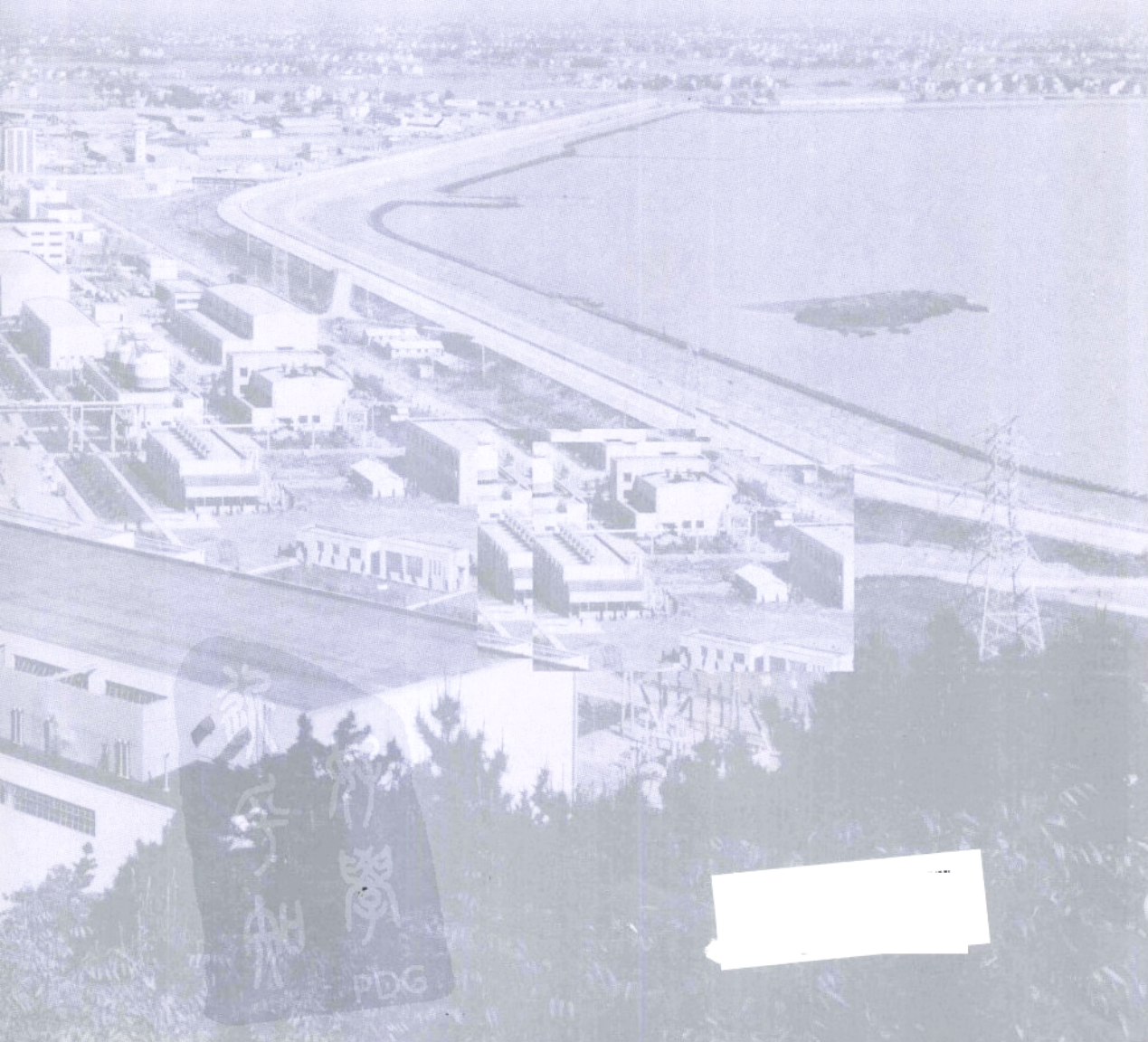


秦山核电站

秦山核电站

浙江科学技术出版社



(浙)新登字第3号

TM 623 | 7

泰山核电站

主 编: 欧阳予
出 版: 浙江科学技术出版社
地 址: 杭州市体育场路169号
印 刷: 深圳精艺印刷厂
发 行: 浙江省新华书店
开 本: 880×1230 1/16
印 张: 11.5
出版日期: 1992年12月第一版
 1992年12月第一次印刷
ISBN 7-5341-0515-3/TL·1
定 价: 125.00元

《秦山核电站》编委会

主 编 欧阳予
副主编 林德舜 林伟贤 钱剑秋
编 委 吴正祥 何惠民 张 录 王中勤 顾国华
周家骏 蔡剑平 戎美英 祝寿鹏

编写人员名单(按姓氏笔画为序)

王文仕 王永才 王志林 王 彤 王荣尔 甘满丰
石述澧 史济平 戎美英 吕志兴 朱礼达 伍志明
庄炳奇 刘正轮 刘世恒 关江明 孙庆文 寿仕俊
杜圣华 杨 菁 李尚伟 李端生 肖德定 吴正祥
吴关乾 吴培中 何国祥 何惠民 沈长发 张文水
张玉良 张伟华 张延发 张志强 张树会 张璟春
张 晨 陈世普 陈生林 陈廷祥 陈松林 陈鉴璽
陈毓湘 范永富 林伟贤 罗先典 金庚辛 周志民
周家骏 诚 一 赵 杰 赵煥南 段德智 载泽衡
袁世骅 袁祖汎 顾志连 顾国华 钱纪东 钱觉新
徐伯成 徐金康 徐信康 高永达 高廷栋 高际运
高树强 黄自雄 曹家生 戚正文 章逸民 蒋祖耀
韩相寿 韩树森 韩曾萃 赖自强 蔡剑平 熊大阅
廖鸿兴 潘根法

摄影人员名单(按姓氏笔画为序)

王思民 左大兴 叶 轮 刘德斌 阮 路 孙家元
杨仕昌 何锦庚 邵静华 沈珏浩 张 录 张海军
陈建华 陈思余 胡金谱 郭兆华

责任编辑 沈振杰

装帧设计 孙 菁

序

科学技术是生产力，这是马克思主义的一个基本观点。100多年前，马克思就明确指出：“生产力中也包括科学”，“社会的劳动生产力，首先是科学的力量”，“劳动生产力是随着科学的进步而不断发展的”。发展科技事业，奖励科技进步，是党和政府长期坚持的重要政策。新中国建立以来，党中央和国务院一直十分重视科技奖励工作。60年代初，毛泽东主席曾为国家发明奖亲笔题写“发明证书”，周恩来总理亲自阅批有关科技奖励的文

件。邓小平同志有关“科学技术是生产力，而且是第一生产力”的重要论断，进一步推动了我国的科技事业发展和科技奖励工作的开展。

十一届三中全会以来，在党的“一个中心，两个基本点”的基本路线指引下，我国科学技术事业生机勃勃，科技奖励制度日臻完善。国务院先后发布了4项国家科技奖励法规，批准设立科技奖励机构——国家科学技术奖励工作办公室。1979年至今，全国获国家级奖励的优秀科技成果共7607项。

这些优秀科技成果,标志着我国科学发展和技术进步的水平,反映了我国广大科技工作者非凡智慧、创造才能和献身精神;为推动经济建设和社会进步,实现第一步战略目标,作出了极为重要的贡献。实践证明,当今世界各国生产力的发展,在很大程度上取决于科学技术的发展,取决于优秀科技成果的推广和应用。因此,大力出版科技图书,广泛传播优秀科技成果,使其推向市场并迅速转化为现实生产力,为社会主义经济建设服务,

是当前科技界、出版界和社会各界的一项重要任务。

浙江科学技术出版社率先与我们进行了合作,并决定出版“获国家奖重大科技成果丛书”,这是很有远见和胆识的。国家科学技术奖励工作办公室负责这套丛书的推荐和进行技术保密审查,并由中国科学院有关学部委员组成的编审委员会审定,遴选荣获国家自然科学奖、发明奖和科技进步奖中的一部分重大科技成果项目,陆续整理出版。

我们相信,出版这套丛

书,对传播和积累科技知识,促进社会各界重视科技成果,大力推广、应用科技成果,将起到积极的作用。同时,我们期待着广大科技工作者在党的建设有中国特色社会主义的理论和基本路线指引下,坚持以经济建设为中心,面向市场,继续努力攀登科学技术高峰,创造更多更好的科学技术成果,为建立社会主义市场经济体制,进一步解放和发展生产力,加快改革开放和现代化建设步伐,以自己的勤奋和智慧作出新的贡献。

国家科学技术奖励工作办公室

1992年9月

前言

秦山核电站是我国第一座自行设计、自行建造成功的核电站。这项高科技工程项目是周恩来总理于 1974 年 3 月 31 日抱病主持审查原则方案后，批准作为科技开发项目立项的。当时，周总理着重指出，要通过对这座核电站的研究设计和建造运行，攻克技术难关，掌握核电技术，促进我国核电工业体系的形成，并积累经验，培训人才，为我国发展核电打下基础。

在党中央和国务院的正确领导和亲切关怀下，经过工程参加者们多年的辛勤努力，秦山核电站终于在 1991 年 12 月 15 日并网发电成

功。

秦山核电站的建造成功，结束了我国大陆无核电的历史，也标志着我国核科技提高到了一个新的水平。这项成就是在不断克服一系列科技难关的进程中取得的。

为了给核电站的设计、建造、运行提供牢固的科技基础和安全依据，全国上百个院、所、厂、校大力协同，完成了约 400 项科研项目，其中 150 多项获得国家级和部委、省、市级科技进步奖和优秀科技奖。

核电工程设计的复杂性和高度的安全要求，非一般工程所能比拟。秦山核电站

是由 200 多个包含着大量设备、部件、仪器、仪表和管线的系统综合组成的工程项目。它约有设备 2.4 万台件，仪表和控制屏台 1.76 万台套，阀门 1.17 万个，互相用管线连接，组成系统。牵涉到的专业学科有反应堆物理、热工、水力、机械、电力、电子、控制、材料、化学、土建、核物理、辐射屏蔽、放射剂量等，以及优选法、概率风险评价等原理的应用。设计上要使这些设备、部件、仪表等各得其所，相互接口得当，系统功能得到正确发挥，互相协调，安全可靠，有条不紊地发挥作用，确实不容易。设计人员确实是下了苦功夫，才把

设计方案做出来的。

在秦山核电工程的设备研制和施工安装中,都存在着一个接一个的技术难题。建设者们在认真吸取国外先进经验的同时,主要还是通过自己的研究摸索,发挥大家的聪明才智,巧妙地把它们一个个地攻克,使得工程建设得以顺利进展。

为了确保安全,秦山核电站按照国际标准要求,编制了《最终安全分析报告》共24册,详细分析论证了秦山核电站的安全性和各种安全措施的有效性。在国家核安全局组织300多名专家对《最终安全分析报告》进行审评的过程中,秦山增设和改

进了25项安全设施,使秦山核电站的安全性达到了当今世界先进水平。

为了通过调试对安装好的各个系统与设备的质量和功能进行综合检验,并确保今后能正确无误地操纵运行,秦山核电站很早就进行了调试和运行人员的培训;编制了包括251项试验在内的调试大纲和细则,以及详细的操作规程。在21个月的调试期中,紧张而又有条不紊地逐项进行了调试试验和相应的整治工作,使整个核电站安稳地启动,逐步提升到满功率运行。在调试中取得大量的珍贵数据,为今后核电站的安全运行打下了基

础,也为今后设计新的核电站提供了依据。

现在,秦山核电站正在安全稳定地连续发电。

本书以图文并茂的方式从研究、设计、制造、施工、安装、调试、运行等各个方面反映了秦山核电站建成发电的全过程。从这些事实中可以昭见:既然中国工人和科技专家能依靠自己的力量拿下像核电站这样的高科技项目,那么他们也必定能施展才华,登上任何科技高峰。这种信念的加强,对于我国科技水平的日益提高,经济建设的蓬勃发展,以及振奋民族精神,都有着深远的意义。



1992年7月

目 录

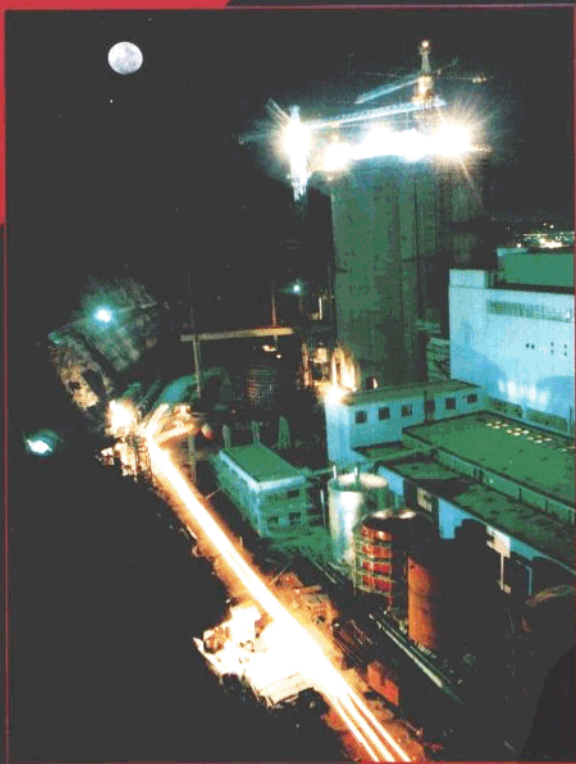
第一章 概述	[1]	7. 核蒸汽供应系统及其辅助系统	[38]
§ 1—1 建设里程	[3]	8. 预应力混凝土安全壳	[38]
§ 1—2 厂址地理环境	[7]	9. 控制和仪表系统	[41]
§ 1—3 核电站基本原理	[8]	10. 安全措施	[44]
1. 核能的释放	[8]	11. 汽轮发电机组及其汽水循环	[47]
2. 原子核反应堆与核电站	[11]	12. 常规岛设计	[48]
3. 压水堆核电站原理流程	[13]	§ 2—5 科研	[51]
§ 1—4 核安全审评、监督与质量保证	[14]	1. 在零功率反应堆上试验	[51]
1. 国际核安全审评	[14]	2. 反应堆热工水力试验	[52]
2. 中国政府核安全监管	[16]	3. 燃料组件堆外试验和堆内试验	[53]
3. 质量保证与质量控制	[18]	4. 控制棒驱动机构试验	[54]
§ 1—5 国际交往	[19]	5. 反应堆堆内构件科研试验	[56]
§ 1—6 前景展望	[21]	6. 蒸汽发生器汽水分离装置试验	[58]
第二章 设计和科研	[23]	7. 装卸料机样机研究试验	[59]
§ 2—1 安全设计准则	[24]	8. 预应力安全壳性能试验	[60]
§ 2—2 选址	[25]	9. 核测仪器试验	[62]
§ 2—3 环境影响	[29]	10. 材料研制	[63]
§ 2—4 设计	[30]	11. 排出流扩散试验	[63]
1. 压水反应堆	[30]	第三章 燃料组件和设备制造	[65]
2. 堆芯	[32]	§ 3—1 UO ₂ 芯块制备	[66]
3. 核燃料组件	[33]	§ 3—2 燃料棒制造	[67]
4. 控制棒驱动机构	[35]	§ 3—3 定位格架制造及检验	[68]
5. 蒸汽发生器	[36]	§ 3—4 主要零部件的加工	[68]
6. 反应堆冷却剂泵	[37]	§ 3—5 燃料组件的组装	[70]

§ 3-6	相关组件的制造	[72]	§ 4-2	海水取水口和排水口布置	[104]
§ 3-7	燃料组件的运输	[72]	§ 4-3	土石方施工	[105]
§ 3-8	核 I 级核电设备锻件	[74]	§ 4-4	单面翻转大模板施工	[107]
§ 3-9	蒸汽发生器	[76]	1. 模板设计	[107]	
§ 3-10	稳压器	[79]	2. 模板的使用	[107]	
§ 3-11	堆内构件	[80]	§ 4-5	砼工程施工	[108]
§ 3-12	装卸料机	[81]	§ 4-6	安全壳预应力施工	[110]
§ 3-13	控制棒驱动机构	[83]	1. 工艺试验	[110]	
§ 3-14	核 II 级泵	[85]	2. 孔道埋设	[110]	
§ 3-15	MS01-OR ₁ 人员闸门	[86]	3. 穿束	[111]	
§ 3-16	饱和蒸汽汽轮机组	[86]	4. 张拉	[112]	
§ 3-17	凝汽器	[88]	5. 灌浆	[112]	
§ 3-18	310MW 发电机组	[88]	§ 4-7	安全壳钢衬里安装	[113]
§ 3-19	设冷热换热器	[90]	1. 底板安装	[113]	
§ 3-20	反应堆控制保护装置	[91]	2. 穹顶加工	[114]	
§ 3-21	辐射监测仪表系统	[92]	3. 安全壳钢衬里预制块运输	[114]	
§ 3-22	4G6 耐辐照特种水下电视	[93]	4. 筒体安装	[114]	
§ 3-23	∅500 核 II 级地坑电动阀	[94]	5. 穹顶安装	[116]	
§ 3-24	电气贯穿件	[95]	§ 4-8	网架结构施工	[118]
§ 3-25	16V240ZDA 型应急柴油机	[97]	1. 网架拼装	[118]	
§ 3-26	主变压器	[98]	2. 网架结构吊装	[118]	
§ 3-27	棒电源机组	[100]	§ 4-9	压力容器壳体吊装及保温	[120]
第四章 土建和安装		[101]	1. 压力容器壳体吊装	[120]	
§ 4-1	海堤	[102]	2. 压力容器金属保温	[120]	

§ 4-10 一回路立式蒸发器、主泵、 稳压器的吊装	[123]	2. 现场各运行岗位人员培训	[141]
1. 一回路立式蒸发器的吊装	[123]	3. 检修人员培训	[141]
2. 一回路冷却剂循环泵泵壳吊装	[123]	4. 技术管理人员培训	[141]
3. 稳压器吊装	[124]	§ 5-3 最终安全分析报告	[142]
§ 4-11 一回路主管道	[125]	§ 5-4 场内应急准备	[143]
1. 主管道焊接试验	[125]	§ 5-5 管道冲洗和一回路主系统水压 试验	[145]
2. 主管道安装及焊接	[125]	1. 管道冲洗	[145]
3. 主管道组装要点	[127]	2. 一回路主系统水压试验	[145]
4. 主管道施工技术措施	[127]	§ 5-6 装料前的冷热态调试	[147]
5. 主管道施工质量	[128]	1. 冷态性能试验	[147]
§ 4-12 堆内构件	[129]	2. 热态性能试验	[147]
1. 堆内构件吊装	[129]	§ 5-7 核汽轮机组的非核蒸汽冲转试 验	[148]
2. 堆内构件安装	[130]	§ 5-8 安全壳密封性能试验	[150]
§ 4-13 驱动机构	[133]	§ 5-9 反应堆首次装料	[153]
1. 反应堆控制棒驱动机构的安装	[133]	§ 5-10 物理启动及物理试验	[154]
2. 驱动机构Ω环的焊接	[133]	§ 5-11 并网发电	[156]
3. 驱动机构水压试验	[133]	§ 5-12 堆芯中子通量测量系统试验	[158]
§ 4-14 中子通量导向管焊接	[135]	§ 5-13 甩负荷试验	[159]
§ 4-15 汽轮机安装	[136]	§ 5-14 全厂断电试验	[161]
§ 4-16 发电机安装	[137]	§ 5-15 满功率运行试验	[165]
§ 4-17 220kV 升压站的安装	[138]	§ 5-16 放射性废物处理	[166]
第五章 生产准备和调试运行	[139]	1. 放射性废气的处理	[166]
§ 5-1 技术文件准备	[140]	2. 放射性废水的处理	[168]
§ 5-2 人员培训及考核	[141]	3. 放射性废弃固体物质的处理	[170]
1. 主控室人员培训	[141]		

第一章

概述



PDF
PDF
PDF

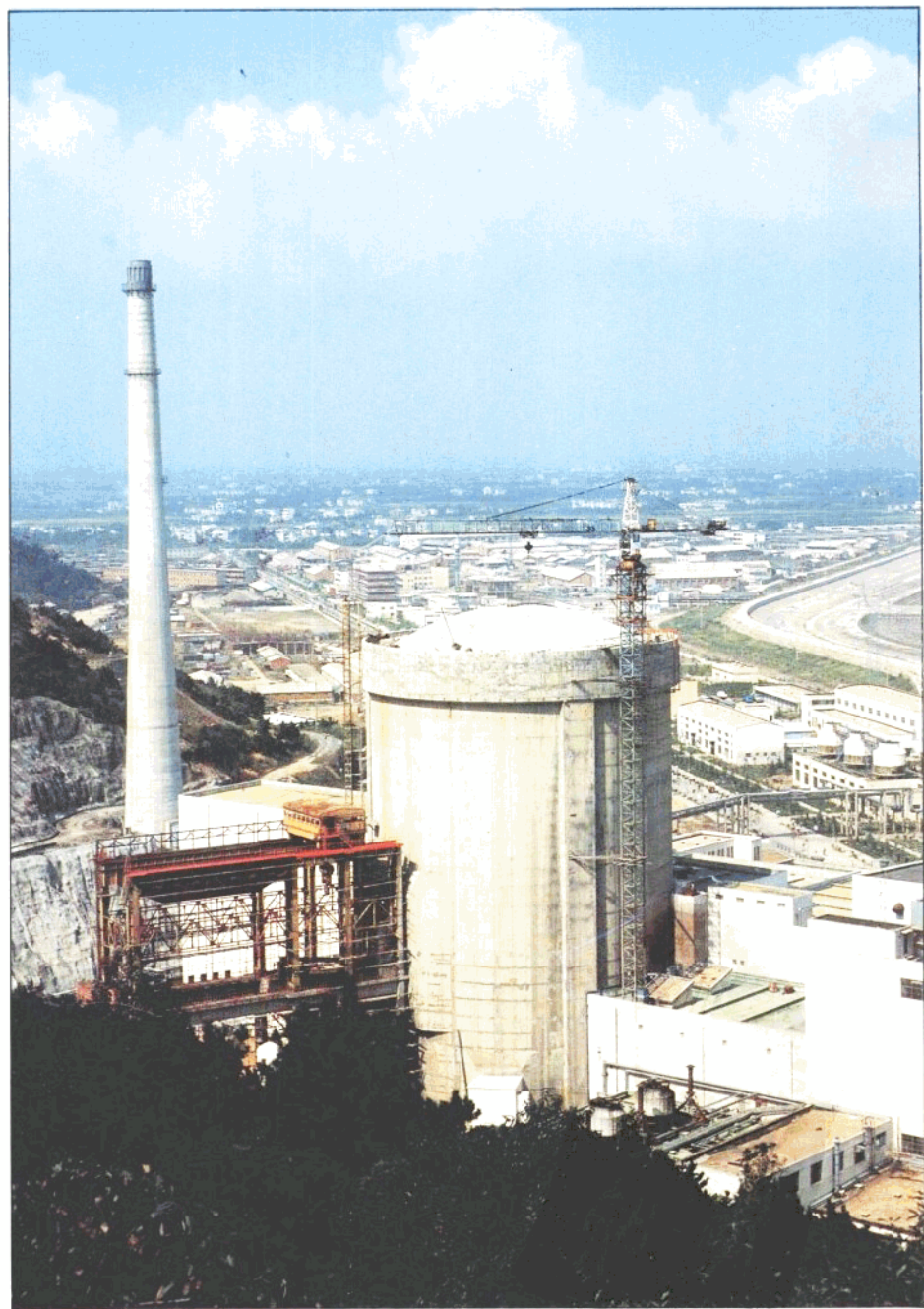


图 1-1 秦山核电站

§ 1-1 建设里程

我国自行设计、建造的第一座核电站——秦山核电站，系压水堆型，电功率为300MW。自1985年3月20日以核岛厂房底板浇灌第一罐混凝土起，至1991年12月15日0时15分实现并网发电，历时81个月。秦山核电站并网发电成功，是我国和平利用核能的重大成果，结束了中国大陆无核电的历史，标志着我国的核工业迈上了一个新的台阶。

核电技术是一项综合性的尖端技术，建设核电站是个宏大的系统工程。到目前为止，世界上只有少数几个工业发达国家才能设计建造核电站。所以说，我们能独立自主地建成秦山核电站，显示了我国的综合国力和科学技术水平。

秦山核电站的建成，除了每年可向华东电网输送17亿度电外，更重要的是通过这一工程的实践，达到了“积累经验，培训队伍，打好基础，促进发展”的目的。在“以我为主，中外合作”的方针下，开拓出一条有中国特色的发展核电的道路。无疑，这在政治上、经济上都有着十分重要的意义。

秦山核电站在建设过程中自始至终严格遵循“安全第一、质量第一”的方针，受到了国内外专家的好评。国际原子能机构(IAEA)曾先后两次对秦山核电站进行了运行前的安全审评，他们在给中国政府的报告中作出的评价为：“建造质量是好的，管理人员和技术人员队伍水平是高的，相信秦山核电站将是一座高质量的核电站。”

我国自行设计建造核电站，是周恩来总理生前的遗愿。早在1970年，周总理就指出：二机部(中国核工业总公司的前身)不能只是爆炸部，要和平利用核能，搞核电站！1974年3月31日，周总理亲自主持中央专委会会议，研究核电站的建设问题，并正式通过了建设300MW压水堆核电站方案。随即开始进行了一系列技术研究和开发工作，为建设核电站作准备。党的十一届三中全会之后，国务院于1981年11月14日正式批准了国家计委、国家建委、国防科工委、国家机械委、国家科委、二机部“关于请示批准建设300MW核电站的报告”，确定工程上马。1982年12月30日，在第五届全国人民代表大会第

五次会议上，我国政府向全世界郑重宣布了建设秦山核电站的决定。1984年2月24日，国家计委、国防科工委批准了秦山核电站的扩大初步设计，并将它正式列入了第六个五年计划国家重点建设工程项目之一。

秦山核电站在建设过程中，一直受到党中央、国务院的高度重视和亲切关怀，同时，也一直得到了各部委、各级地方政府和广大人民群众的大力支持。全国有100多个科研单位和大专院校参与研究、试验；有600多家工厂为工程建设提供了设备、材料；7个设计院和11个施工单位承担了工程设计和施工任务。

图1-2 秦山核电站模型





图 1-3 施工准备阶段

图 1-4 土建阶段

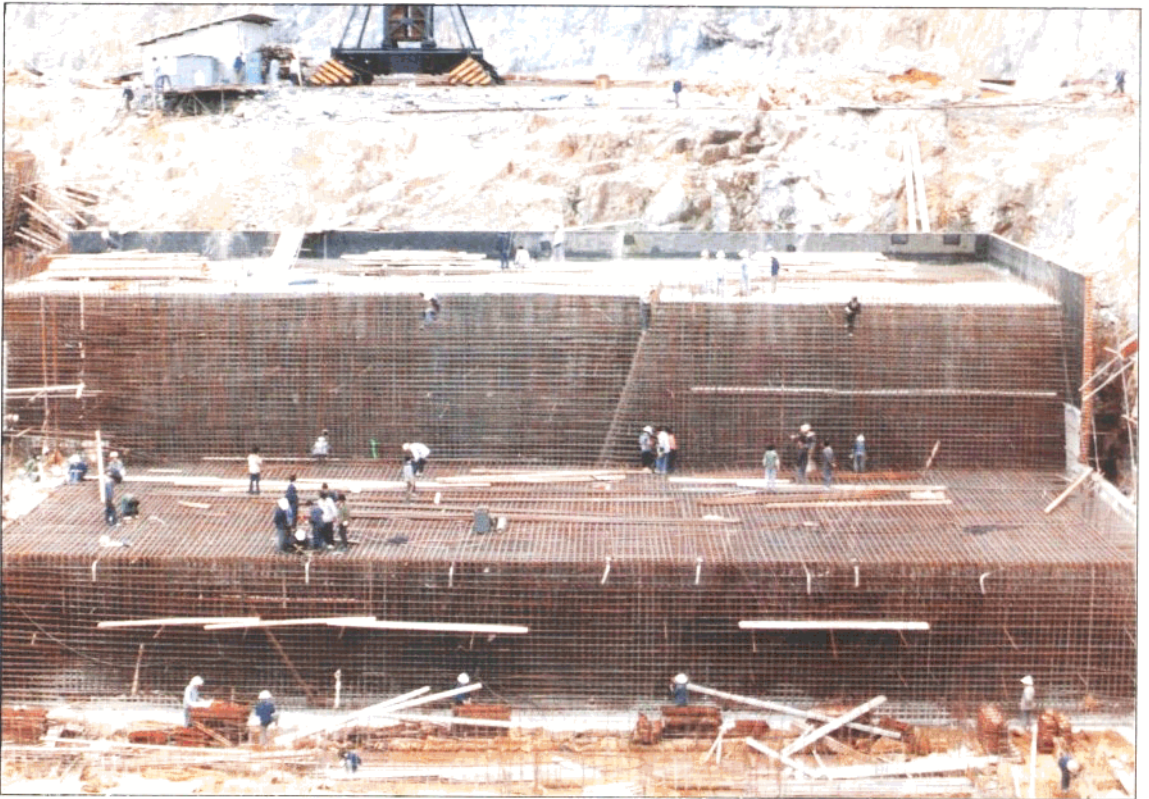




图 1-5 安装阶段
图 1-6 调试阶段



秦山核电站的工程建设,先后经历了工程准备(如图 1-3)、土建(如图 1-4)、安装(如图 1-5)和全面调试(如图 1-6)、并网发电(如图 1-7)、提升功率、满功率运行等阶段。从 1982 年 4 月厂址定点秦山,到 1985 年 3 月主厂房底板浇灌第一罐混凝土开始,为准备阶段,先后完成了施工设计、调集施工队伍、征地移民、开挖山体 120 万土石方、三通一平、修筑 1818m 防风海堤等。1985 年 3 月到 1988 年 8 月的主设备压力壳吊装就位为土建阶段,先后完成了 50 多个子项、27 万 m^3 混凝土浇灌、15 万 m^2 建筑面积的施工任务。1988 年 8 月到 1990 年 11 月的一回路系统升压试验为设备安装阶段,先后完成 200 多个系统的设备、仪表、仪器、阀门安装,160 多 km 管道、1100 多 km 电缆敷设和单机调试任务。1990 年 11 月到 1991 年 12 月 15 日并网发电为全面调试阶段,先后完成了各系统调试、系统联试以及并网发电前的全部调试任务。秦山核电站工程进展顺利。期间,穹顶吊装、压力壳吊装、主管道冲洗、一回路试压、汽轮机冲转、安全壳强度密封试验、反应堆装料、物理启动、并网发电均一次成功,并按计划依次完成了 30%、50%、75% 额定功率水平下的调试任务,以及稳定运行的考验。秦山核电站于 1992 年 7 月 17 日达到了额定功率(电功率 300MW)运行。

图 1-7 1991 年 12 月 15 日 0 时 15 分并网发电成功

