

压水堆核电站操纵人员基础理论培训系列教材

核电厂仪表与控制

Instrumentation and Control of Nuclear Power Plants

刘国发 郭文琪 编著

原子能出版社

《压水堆核电厂操纵人员基础理论培训系列教材》

编 委 会

主 任：王乃彦

副主任：李和香 李济民 肖 武

顾 问：邵向业 罗璋琳 李文埏 郑福裕 浦胜娣

委 员：（按姓氏拼音顺序排列）

丁云峰 顾颖宾 郭文琪 韩延德 郝老迷

黄兴蓉 李和香 李吉根 李济民 李文埏

李泽华 刘国发 罗璋琳 浦胜娣 阮於珍

邵向业 王 略 王乃彦 夏延龄 肖 武

阎克智 俞尔俊 臧希年 赵郁森 郑福裕

周一东

编委会办公室

主 任：肖 武

成 员：章 超 高小林 梁超梅 周 萍 宋 慧

樊 勤 付 冉

《压水堆核电站操纵人员基础理论培训系列教材》

校审专家

(按姓氏拼音顺序排列)

一审专家:

高秀清	高永春	李文焱	李永章	刘耕国
罗璋琳	彭木彰	浦胜娣	吴炳祥	夏益华
张培升	赵兆颐			

二审专家:

陈 跃	付卫彬	黄志军	蒋祖跃	李守平
马明泽	毛正宥	潘泽飞	唐锡文	王瑞正
魏 挺	薛峻峰	杨 炜	朱晓斌	

统审专家:

曹述栋	丁卫东	丁云峰	宫广臣	苟 峰
顾颖宾	郭利民	何小剑	黄世强	廖伟明
刘志勇	马明泽	毛正宥	缪亚民	戚屯锋
苏圣兵	孙光弟	王晓航	魏国良	吴 放
吴 岗	杨昭刚	俞卓平	张福宝	张志雄
周卫红				

前 言

核电厂操纵人员的素质关系到核电厂的安全运营,而培训工作是保证人员素质的基本环节之一。为适应当前我国大力发展核电的形势,保证核电厂操纵人员的培训质量,使基础理论培训满足国家核安全法规与行业规定的要求,便于对培训过程实施统一规范的管理,国家主管部门决定编写一套适用于核电厂操纵人员的基础理论培训教材——《压水堆核电厂操纵人员基础理论培训系列教材》。鉴于核工业研究生部在近20年的核电基础理论培训中,积累了丰富的教学及管理经验,具有稳定的师资队伍和较完整的教材体系,故由核工业研究生部具体承担教材编写的组织工作。

为了编好操纵人员培训教材,核工业研究生部牵头组织长期从事核电培训的专家、教授进行认真分析和讨论,根据我国现有堆型的特点,从压水堆核电厂入手,由核电厂、核动力运行研究所、操纵人员资格审查委员会等单位的专家共同参与编写。这套教材共十二册,包括《核反应堆物理》、《核反应堆热工水力学》、《核电厂辐射防护》、《核电厂材料》、《核电厂通用机械设备》、《核电厂水化学》、《核电厂电气原理与设备》、《核电厂核蒸汽供应系统》、《核电厂蒸汽动力转换系统》、《核电厂仪表与控制》、《核电厂核安全》、《核电厂运行概论》。这套教材内容以核电厂相关专业的基本概念、基本原理及基础知识为主,可为操纵人员下一步培训打下良好的理论基础。

本套教材是经过充分准备、精心组织而完成的。首先,根据核电厂操纵人员的培训目标,按照《核电厂操纵人员的执照考核标准》(EJ/T 1043—2004)的相关内容和要求进行课程设置、制定教材编写原则、明确每种教材应涵盖的内容;在总结以往教学经验的基础上,充分征求各核电厂专家的意见,形成了内容完整、要求明确的教材编写大纲。其次,聘请既有较高的专业水平又有较强的实际工作能力和丰富的教学

经验的专家担任本套教材的编者,并为编者提供教材编写技巧、《著作权法》等相关知识的讲座和模拟机现场观摩学习;编者根据教材编写原则和大纲编写具体内容,力求做到既符合学员的认知规律又贴近核电站的实际。再次,请理论功底扎实、教学经验丰富的教授、专家根据教学原则对教材内容的准确性、系统性等进行审查,并广泛征求任课教师的意见;同时请经验丰富的核电站专家结合实际进行审查。编者根据上述意见对教材进行认真修改后,再征求各方意见,最终由操纵人员资格审查委员会审定。

本套教材中《核电站电气原理与设备》由江苏核电有限公司具有丰富实际工作经验的专家编写。其余的各分册由核工业研究生部多年从事核电培训教学工作、教学及实践经验丰富的教授、专家编写。

在本套教材的编审过程中,核工业研究生部的任课教师们认真参与教材的编审和研讨;江苏核电有限公司专门成立“电气教材编写专项组”,精心组织编审;各核电站积极推荐审稿专家,提供编写教材所需资料;核电秦山联营有限公司组织一线人员与编者进行对口交流,创造条件为编者提供模拟机现场演示与讲解;各核电站、核动力运行研究所、操纵人员资格审查委员会等单位的专家们认真审稿,提出许多宝贵意见;原子能出版社自始至终给予通力合作,提前介入指导,缩短了出版周期。

本套教材的编制出版,凝聚着编、审、校、印及组织管理人员的大量心血,同时得到各相关单位的大力支持和热情帮助,在此深表谢意!

编委会

2010年11月

编者的话

《核电厂仪表与控制》是根据核电基础理论培训教材编写大纲要求,在广泛听取核电专家意见的基础上编写的,是《压水堆核电厂操纵人员基础理论培训系列教材》之一,也可供核电厂相关人员参考。

本书根据《核动力厂运行安全规定》(HAF103)和《核电厂人员的配备、招聘、培训和授权》(HAD103/105)的要求,内容以基础理论知识、基本概念和基本原理为主,涵盖了《核电厂操纵人员的执照考核》标准(EJ/T 1043—2004)附录 B 和附录 C 的有关内容。

本书以核工业研究生部核电厂操纵人员培训讲义《核电厂仪表与控制系统》为基础,结合任课老师的教学实践作了修改和补充。在编写上,尽量讲清楚基本概念和基本原理,并注意联系实际,将这些基本知识与核电厂的运行实际相结合。在内容选择和安排上,为便于读者理解,力求做到由浅入深,尽量避免艰深的理论,做到既重点突出,又具有一定的全面性、系统性。

全书共分 11 章。第 1 章是对核电厂仪表与控制系统的总体概述,第 2 章介绍自动调节系统的基本知识,第 3 章和第 4 章介绍核电厂各种参数的测量仪表,第 5~8 章介绍反应堆和核电厂的功率控制,第 9 章介绍反应堆保护系统,第 10 章介绍集散控制系统的基本知识和 AP1000 核电厂仪表与控制系统的总体结构,第 11 章介绍核电厂控制室和信息系統。

本书编写分工如下:郭文琪第 1~3、5 章;刘国发第 4、6~11 章。

在编写的过程中,邵向业教授对初稿提出了建议和意见,罗璋琳、蒋祖跃等专家审校了全文,在此表示诚挚的谢意。

书中如有不妥之处,恳请批评指正。

编者

2010 年 11 月

目 录

第 1 章 核电厂仪表与控制系统概述	(1)
1.1 核电厂仪表与控制系统的组成和功能	(1)
1.1.1 系统的组成	(1)
1.1.2 系统的功能	(3)
1.2 核电厂仪表与控制系统的工作特点	(4)
1.2.1 传感器的工作环境恶劣	(4)
1.2.2 设置有安全系统	(4)
1.2.3 核测量仪表的特殊性	(4)
1.3 核电厂仪表与安全系统的安全分级	(5)
1.3.1 安全级设备	(5)
1.3.2 安全有关的设备	(5)
1.3.3 非安全重要设备	(5)
复习题	(6)
第 2 章 自动控制与调节基本知识	(7)
2.1 自动控制系统	(7)
2.1.1 开环控制和闭环控制	(7)
2.1.2 闭环控制系统的基本组成	(9)
2.1.3 自动控制系统的类型	(10)
2.2 自动控制系统的性能指标	(11)
2.2.1 稳定性	(11)
2.2.2 阶跃响应的几个动态性能指标	(12)
2.2.3 静态误差	(13)
2.3 物理系统的数学模型	(13)
2.3.1 传递函数	(14)
2.3.2 方框图	(17)
2.3.3 传递函数的零点和极点	(19)
2.4 PID 调节器	(21)
2.4.1 简单控制系统的结构与组成	(21)
2.4.2 PID 调节器	(22)
2.4.3 调节器的选择	(24)
2.5 复杂控制系统	(25)

2.5.1	串级控制系统	(26)
2.5.2	前馈控制系统	(27)
2.6	计算机控制系统	(28)
2.6.1	计算机控制系统的基本组成	(28)
2.6.2	直接数字控制系统	(29)
2.6.3	集散控制系统(DCS)	(30)
	复习题	(32)
第3章	核电厂反应堆功率监测仪表	(33)
3.1	核功率测量原理	(33)
3.1.1	核功率的测量	(33)
3.1.2	核功率与热功率	(33)
3.2	气体探测器	(34)
3.2.1	气体探测器的工作原理	(34)
3.2.2	涂硼电离室	(35)
3.2.3	γ 补偿电离室	(37)
3.2.4	正比计数管	(37)
3.2.5	微型裂变室	(38)
3.3	自给能中子探测器	(39)
3.4	堆芯外核功率测量系统	(40)
3.4.1	各量程的测量范围及探测器的布置	(40)
3.4.2	堆芯外核功率测量系统的功能和组成	(42)
3.5	堆芯中子注量率测量系统	(47)
3.5.1	系统的功能	(47)
3.5.2	系统的组成	(47)
3.5.3	系统的工作方式	(48)
	复习题	(49)
第4章	核电厂过程参数监测仪表	(50)
4.1	核电厂过程参数测量的基本要求	(50)
4.1.1	参数测量的基本概念	(50)
4.1.2	核电厂过程参数仪表的功能和特点	(54)
4.2	温度测量仪表	(57)
4.2.1	温标和温度测量方法	(57)
4.2.2	温度测量仪表	(58)
4.3	压力测量仪表	(71)
4.3.1	压力仪表种类	(71)
4.3.2	应变式压力表及常用弹性元件	(72)
4.3.3	压力变送器	(74)

4.3.4	核电厂压力仪表使用特点和注意事项	(82)
4.4	流量测量仪表	(83)
4.4.1	流量测量仪表种类	(84)
4.4.2	节流装置流量计	(84)
4.4.3	弯管流量计	(89)
4.4.4	转子流量计(浮子流量计)	(91)
4.4.5	涡轮流量计	(93)
4.4.6	电磁流量计	(95)
4.4.7	超声波流量计	(96)
4.5	液位测量仪表	(97)
4.5.1	差压式液位计	(97)
4.5.2	浮子式液位计	(103)
4.5.3	电阻式液位计	(104)
4.5.4	电感式液位计	(105)
4.6	设备运行状态监测仪表	(107)
4.6.1	振动测量仪表	(107)
4.6.2	位移测量仪表	(108)
4.6.3	转速测量仪表	(112)
4.7	火灾探测仪表	(115)
4.7.1	火灾探测器	(115)
4.7.2	火灾报警控制器	(116)
4.8	硼酸浓度测量仪表	(118)
4.8.1	硼浓度测量装置工作原理	(118)
4.8.2	硼浓度测量装置的组成	(119)
	复习题	(120)

第5章	核电厂反应堆控制系统	(121)
5.1	压水堆反应性系数和自稳特性	(121)
5.1.1	压水堆的温度系数	(121)
5.1.2	压水堆的自稳特性	(122)
5.2	压水堆核电厂稳态运行方案	(122)
5.2.1	冷却剂平均温度恒定运行方案	(122)
5.2.2	蒸汽发生器压力恒定运行方案	(123)
5.2.3	折中方案	(123)
5.3	压水堆核电厂负荷运行方式	(124)
5.3.1	基本负荷运行方式	(124)
5.3.2	负荷跟踪运行方式	(124)
5.4	反应堆控制的物理基础	(125)
5.4.1	有效增殖系数和反应性	(125)

5.4.2	瞬发中子和缓发中子	(126)
5.4.3	反应堆的传递函数	(126)
5.5	反应性控制	(128)
5.5.1	反应性平衡	(128)
5.5.2	反应性控制的任務	(131)
5.5.3	反应性控制的方法	(132)
5.6	控制棒组件及其驱动机构	(133)
5.6.1	控制棒组件	(133)
5.6.2	控制棒驱动机构及其供电系统	(136)
5.6.3	控制棒位置监测系统	(140)
5.7	压水堆功率分布控制	(143)
5.7.1	轴向功率分布的描述	(143)
5.7.2	影响轴向功率分布的因素	(144)
5.7.3	限制功率分布的准则	(146)
5.7.4	常轴向偏移控制法	(146)
5.7.5	梯形图的由来和使用	(147)
5.7.6	象限功率倾斜比	(150)
5.8	反应堆功率水平控制	(150)
5.8.1	冷却剂平均温度调节系统	(150)
5.8.2	功率调节系统	(154)
	复习题	(158)

第 6 章 反应堆冷却剂系统过程参数的控制

6.1	反应堆冷却剂系统过程参数的测量	(162)
6.1.1	一次冷却剂温度监测	(162)
6.1.2	一次冷却剂压力监测	(166)
6.1.3	一次冷却剂流量监测	(166)
6.1.4	稳压器水位和堆芯液位监测	(167)
6.2	稳压器压力和水位控制	(167)
6.2.1	稳压器压力控制	(167)
6.2.2	稳压器水位控制	(171)
6.3	冷却剂环路流量控制	(176)
	复习题	(176)

第 7 章 二回路过程参数的控制

7.1	蒸汽发生器水位控制系统	(178)
7.1.1	过渡过程中影响蒸汽发生器水位的因素	(178)
7.1.2	蒸汽发生器水位控制系统的基本组成及工作原理	(179)
7.1.3	蒸汽发生器水位的报警和触发停堆信号	(186)

7.2 蒸汽旁排控制系统	(187)
7.2.1 蒸汽排放系统的功能	(187)
7.2.2 蒸汽旁排系统的基本组成	(188)
7.2.3 蒸汽排放控制阀(GCT 排放阀)	(189)
7.2.4 蒸汽排放控制系统	(190)
复习题	(196)
第 8 章 汽轮机的控制和保护	(197)
8.1 汽轮机调节系统	(197)
8.1.1 汽轮机调节系统的功能	(197)
8.1.2 汽轮机调节系统的组成	(198)
8.1.3 汽轮机调节器的下位机	(200)
8.1.4 汽轮机调节器的上位机	(203)
8.1.5 汽轮机的功率控制及运行管理	(203)
8.2 汽轮机监测系统	(206)
8.3 汽轮机保护和停机系统	(209)
8.3.1 汽轮机保护系统组成	(210)
8.3.2 触发汽轮机保护动作的信号	(211)
8.3.3 汽轮机脱扣与反应堆紧急停堆	(212)
复习题	(213)
第 9 章 反应堆保护系统	(214)
9.1 反应堆保护系统的功能	(214)
9.2 保护系统的范围	(216)
9.2.1 保护系统的组成	(216)
9.2.2 保护系统的接口	(217)
9.3 保护系统的可靠性要求及设计准则	(217)
9.3.1 保护系统的设计准则	(217)
9.3.2 保护系统的符合逻辑	(220)
9.4 保护系统的设计依据及步骤	(223)
9.4.1 安全分析	(223)
9.4.2 运行工况	(224)
9.4.3 确定保护动作	(225)
9.4.4 确定保护参数	(225)
9.4.5 保护系统的响应时间	(226)
9.4.6 环境条件	(226)
9.4.7 确定系统总体结构及性能要求	(226)
9.5 保护系统中逻辑运算符号	(226)
9.6 停堆断路器	(228)

9.6.1	停堆断路器的功能及质量要求	(228)
9.6.2	停堆断路器的连接	(228)
9.7	反应堆保护系统实例	(230)
9.7.1	大亚湾核电厂反应堆保护系统	(230)
9.7.2	秦山一期核电厂反应堆保护系统	(232)
9.8	反应堆保护停堆功能	(233)
9.9	专设安全设施的触发与启动	(244)
9.9.1	专设安全设施的启动	(245)
9.9.2	安全壳内压力高触发的保护动作	(252)
9.10	允许功能(允许信号 P)	(252)
9.11	闭锁功能(闭锁信号 C)	(256)
9.12	保护系统的定期试验	(256)
9.13	ATWT(ATWS)	(258)
9.14	数字化的保护系统	(259)
9.14.1	数字化保护系统的一般组成	(260)
9.14.2	数字化保护系统的基本功能要求	(261)
9.14.3	数字化保护系统研制过程中的注意事项	(262)
附录	名词解释	(266)
	复习题	(267)
第 10 章	集散控制系统简述	(268)
10.1	计算机控制基础	(268)
10.1.1	计算机控制系统的基本组成	(269)
10.1.2	计算机分级控制系统	(269)
10.2	集散控制系统	(270)
10.2.1	DCS 的组成及类型、特点	(271)
10.2.2	DCS 的过程控制级、控制管理级、生产管理级的结构及功能	(272)
10.2.3	集散控制系统的软件配置、控制算法组态	(273)
10.2.4	集散控制系统的网络形式、通信网络的组成及拓扑结构	(276)
10.2.5	集散控制系统的应用举例	(279)
10.3	AP1000 核电厂仪表与控制系统	(281)
10.3.1	AP1000 核电厂仪表与控制系统总体结构	(281)
10.3.2	安全监测和保护系统	(284)
10.3.3	电厂控制系统	(289)
10.3.4	多样化驱动系统	(293)
	复习题	(294)
第 11 章	核电厂控制室和信息系统	(295)
11.1	控制室设计要求	(295)

11.1.1	控制室的设计原则	(295)
11.1.2	控制室的功能设计步骤	(296)
11.1.3	控制室功能设计中注意事项	(298)
11.2	辅助控制点设计要求	(302)
11.2.1	辅助控制点的功能	(302)
11.2.2	辅助控制点的设计原则	(302)
11.3	控制室实例	(303)
11.3.1	控制室	(303)
11.3.2	两堆公用控制室	(305)
11.3.3	辅助控制点	(305)
11.3.4	技术支援中心	(306)
11.4	集中数据处理系统	(306)
11.4.1	集中数据处理系统的功能	(306)
11.4.2	集中数据处理系统的性能要求	(307)
11.4.3	集中数据处理系统的组成	(307)
11.4.4	集中数据处理系统软件	(309)
11.5	报警处理系统	(310)
11.5.1	报警系统功能	(310)
11.5.2	报警系统组成	(310)
11.5.3	报警信息的采集和处理	(310)
11.6	安全监督盘系统	(313)
11.6.1	系统功能	(313)
11.6.2	系统组成	(314)
11.7	厂区辐射气象监测系统	(314)
11.7.1	系统功能	(314)
11.7.2	系统组成	(314)
11.7.3	系统的运行	(314)
	复习题	(315)
索引	(316)
参考文献	(320)

第 1 章 核电厂仪表与控制系统概述

1.1 核电厂仪表与控制系统的组成和功能

1.1.1 系统的组成

压水堆核电厂主要由核反应堆、一回路系统、二回路系统和其他辅助系统组成。

反应堆中的核燃料,通过核裂变反应产生大量的热能。这些热能通过流经反应堆内的冷却剂带出反应堆传到蒸汽发生器,并通过蒸汽发生器的管壁把热能传给二回路的水,使其变为蒸汽推动汽轮机做功,带动发电机发电。做功后的蒸汽经过冷凝器凝结成水,由凝结水泵将水抽出,再经低压加热器加热、高压加热升温后返回到蒸汽发生器构成闭式循环,连续不断地把裂变过程中释放的核能转变为电能。

因为核反应堆是一个强放射源,流经反应堆的冷却剂带有一定的放射性,不宜直接送入汽轮机,以避免造成放射性的扩散,所以,压水堆核电厂比火力发电厂多设置一个回路。

整个核电厂大小有几百个系统。要监测显示的参数很多,有的变量需要控制调节,还设有控制系统。重要的核参数和过程变量还要参与保护功能。

压水堆核电厂主要的测量系统有:核仪表系统、堆芯中子注量率测量系统、反应堆堆芯温度测量系统、反应堆堆芯水位测量系统、控制棒棒位测量系统、汽轮机监测系统、电厂辐射监测系统以及压力测量系统、硼浓度的测量系统、机械位移、转速和振动的测量系统等。

压水堆核电厂主要的控制(调节)系统有:反应堆功率调节系统、冷却剂平均温度调节系统、化学和容积控制系统、汽轮机调节系统、蒸汽旁路排放控制系统、稳压器压力调节系统、稳压器水位调节系统、蒸汽发生器水位调节系统、给水流量调节系统、发电机励磁调节系统和除氧器调节系统等。

压水堆核电厂还设有反应堆保护系统、超压保护阀和专设安全设施。为了保证重要设备在事故情况下不致损坏,还设有汽轮机保护系统与发电机和电气设备保护系统。有关压水堆核电厂仪表控制系统的组成如图 1-1 所示。

除了少数几个系统之外,核电厂的主要监视和操作都在主控室内进行。主控室内有主操作台和布置在它对面的控制屏。

正常运行的操作在主操作台上进行。操作台设有若干个操作柜,分别设置有全厂通信系统、集中数据处理系统、常规岛主给水系统、辅助给水系统、蒸汽旁路系统、汽轮机调速系统、自动及手动并网系统、核岛控制棒控制系统、稳压器压力和液位控制系统、化学和容积控制系统、安全参数显示系统及安全盘。操作台上有各种按钮开关、旋转开关和手动/自动控制装置。

辅助系统的操作在控制屏上进行。各控制屏分别布置有电视监督屏幕、常用设备的记录仪、通风系统、总的辅助系统、给水加热器、凝汽器真空控制、汽轮机及其辅助系统、余热导出系统、稳压器及一回路主泵、安全注入系统、安全壳喷淋系统的表盘、安全系统的测试盘、

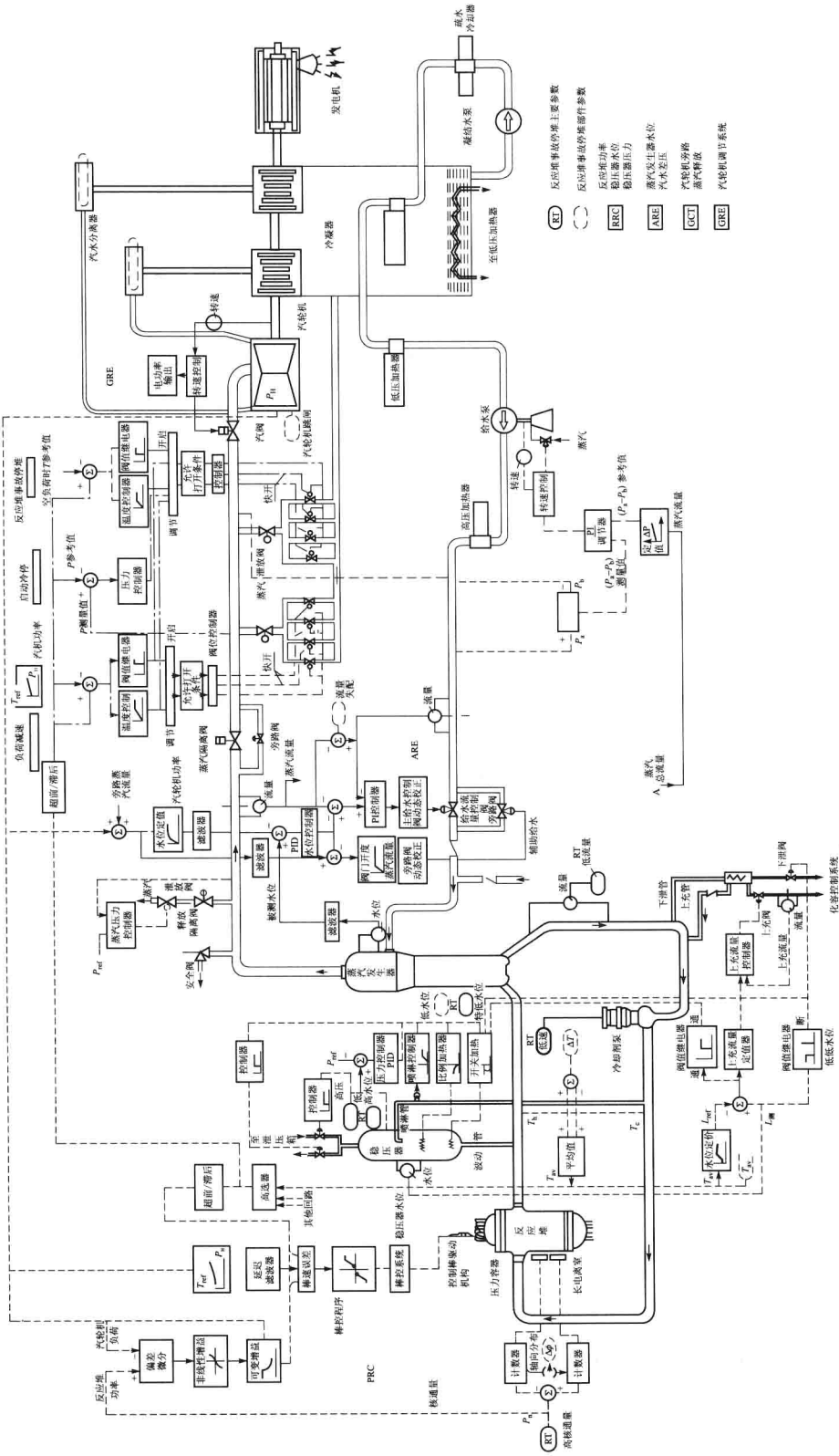


图 1-1 压水堆核电厂仪表控制系统组成框图
(本图引自参考文献[5])

安全壳隔离阀门操作盘以及配电的模拟盘等。在控制屏的上方装有控制棒位置的模拟指示、一回路系统的状态模拟、二回路系统的状态模拟和通风系统的状态模拟等,以直观地显示电厂的状态。

1.1.2 系统的功能

为了全面监控整个核电厂的工作状态,根据运行方式的要求对某些参数实施控制。利用核仪表系统可以通过测量反应堆的中子注量率而获得反应堆功率、功率变化率和功率分布等各种信息,并分别送到主控室、功率调节系统和反应堆保护系统。以便对这些参数进行测量显示、越限报警、控制调节和参与事故保护,保证核电厂安全经济地运行。通过电厂辐射监测系统对核电厂各回路、系统和工艺房间以及厂区环境进行放射性水平的监测,以保证厂区人员和周围环境不受核辐射的危害。通过热工参数(也称过程变量)仪控系统,可以对核电厂一回路、二回路及各工艺系统的多种过程变量进行测量显示、越限报警、控制调节和参与事故保护。总之,核电厂仪表与控制系统的功能可以归纳为三种:即监视功能、控制功能和保护功能。

1.1.2.1 监视功能

操纵人员通过各种仪表显示、系统状态模拟显示和数据处理系统,可以全面了解核电厂各系统的运行状况,参数是否正常,系统设备的工作状态是否良好等,以确保其安全经济地运行。当某个参数偏离正常值,超过一定限值时,报警系统及时发出声、光报警信号,提醒操纵人员注意观察参数的变化趋势,并根据信号灯的颜色采取相应的措施。全厂的所有重要参数,包括模拟量和开关量,都要通过计算机数据采集系统,以一定的周期采集记录下来,完成数据的处理、显示和报警。

1.1.2.2 控制功能

根据电厂运行情况的要求实施反应堆功率控制、功率分布的控制、反应性控制、蒸汽排放控制以及各种温度、压力、水位等过程变量的控制。例如:

(1) 反应堆控制系统

包括反应性控制,功率水平控制和功率分布控制。通过调节控制棒的位置和冷却剂中硼的浓度,实现反应堆的启动、停闭、升降功率和维持稳定的功率,以及对功率分布的控制。

(2) 蒸汽旁路排放控制系统

该系统是为了解决核岛和常规岛发生功率失配而设置的,它是功率控制系统的辅助系统。例如,在汽轮发电机组启动前,先将反应堆功率稳定在一个低水平(约为2%FP)。通过蒸汽旁路排放系统吸收其功率。随后,蒸汽发生器产生蒸汽的参数逐渐提高,当蒸汽压力和温度达到要求时,通过汽轮机调节系统使汽轮机升速,并稳定在额定转速上。并网后逐渐将旁路吸收的功率转移到汽轮发电机组上。另外,在常规岛发生短暂事故时,为了不使反应堆停堆,可将其功率由蒸汽旁路排放系统吸收。

(3) 稳压器压力和液位调节系统

设置该系统是为了调节维持一回路的工作压力不变。同时能保持一回路内水温和化学成分均匀性。稳压器的水位必须保持在水位整定值上,保证一回路系统的正常运行。

(4) 蒸汽发生器水位调节系统

该系统的作用是保证使蒸汽发生器二次侧水位维持在整定值上,以便消除各种扰动,保

证二回路系统的正常运行。

(5) 汽轮机调节系统

通过调节汽轮机进汽阀对机组实施功率控制和频率控制等。

此外还有化学和容积控制系统等其他许多系统,其主要控制系统将在后面各章节中介绍。

1.1.2.3 保护功能

压水堆设有反应堆保护系统。当某些重要的运行参数超过安全整定值时,立即触发反应堆保护系统动作,停闭反应堆。保护防止放射性泄漏的四道安全屏障的完好性。当发生主冷却剂管道破裂造成失水事故时,除了紧急停闭反应堆,还要触发专设安全设施,用来中止或缓解事故的后果。当核电厂的某些重要设备和系统出现故障时,也需要采取保护措施来保护这些设备以及与其相关的系统不受损坏。

1.2 核电厂仪表与控制系统的 works 特点

与火电厂相比,核电厂的反应堆是强放射源,一回路中的冷却剂也带有放射性,不宜直接送入汽轮机,所以核电厂比火电厂多了一回路系统。对核电厂运行的安全可靠要求高,因此,它除了主要的系统和设备以外,还设置有许多安全系统和辅助系统。设备多,系统复杂,这就给仪表测量、控制和保护以及运行操作带来一系列与火电厂不同的特点。

1.2.1 传感器的工作环境恶劣

监测、控制和保护系统都要使用传感器。因为反应堆内中子注量率高, γ 射线辐射强,压力和温度也高,核电厂所用的传感器要能适应这种恶劣的工作环境。要考虑到中子和 γ 射线辐射对材料的影响和辐射发热等问题。此外,堆芯空间小,用来安装传感器的空间和间隔有限,这就要求传感器体积尽量小、结实耐用并能经受机械振动的影响。在设计、制造和安装上要根据它是否用于保护系统,是否属于安全级,有无抗地震要求等三个准则来选用传感器。

1.2.2 设置有安全系统

为确保核电厂安全可靠地运行,仪表与控制系统在设计、制造、安装和调试阶段都有相应的质量保证措施。在运行操作时都要严格地遵守操作规程,正确地执行操作程序。

基于安全上的考虑,核电厂除了设有正常工作需要的仪表和控制系统之外,还设有安全系统,如反应堆保护系统,各种专设安全设施等。要求保护系统要有手动触发保护的功能,要遵守单一故障准则、故障安全准则,并具有可试验性和可维修性。为此,保护通道必须采用冗余符合技术,通道之间在结构和电气上是相互独立的,在实体上是隔离的。通过对系统进行定期检验,及时发现和排除隐患,确保系统工作的有效性。除了反应堆保护系统之外,核电厂还设有安全注射系统、安全壳隔离系统、安全壳喷淋系统等专设安全设施,必要时启动这些系统,以保护堆芯的安全。

1.2.3 核测量仪表的特殊性

核仪表系统接收核探测器信号,经处理变换后,用于测量显示、越限报警、控制调节和事