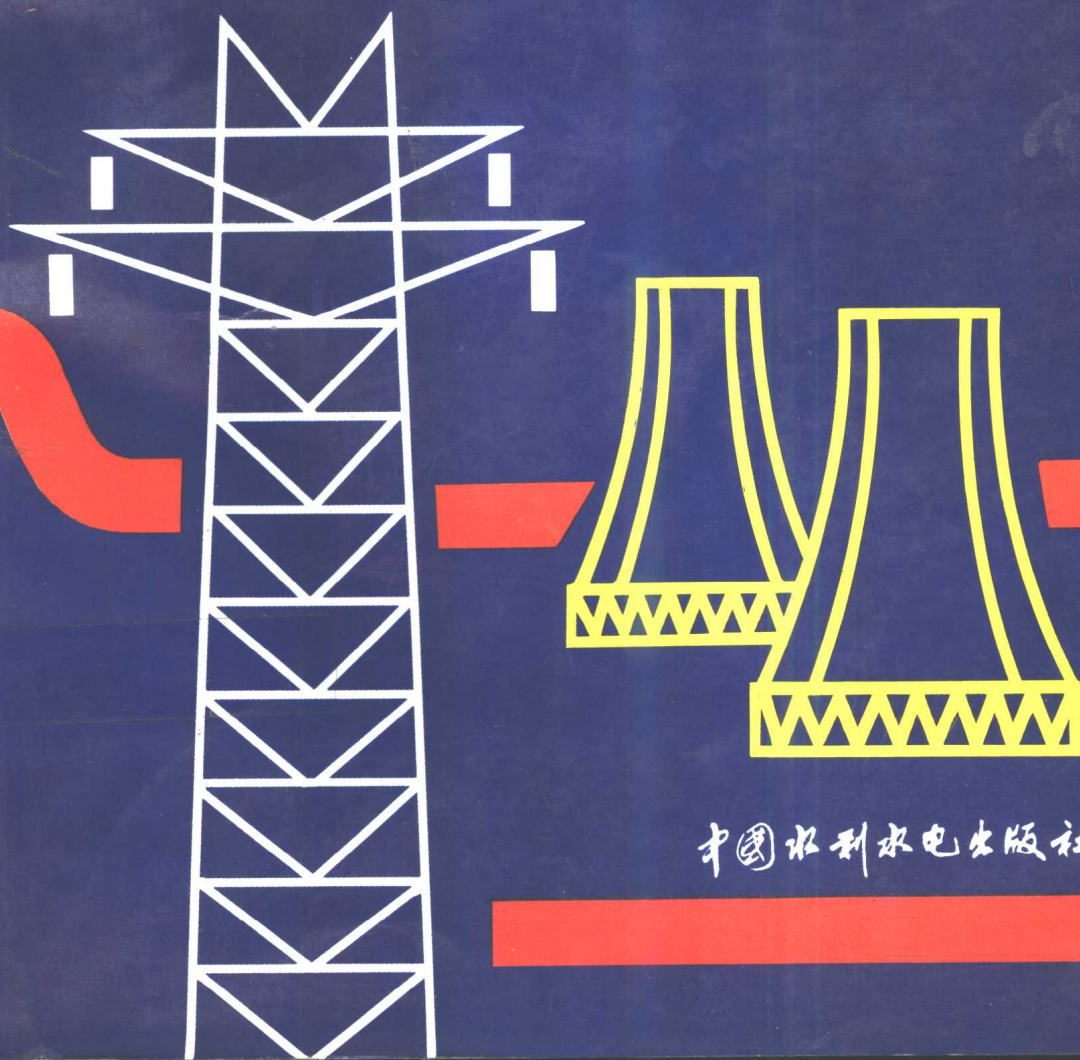


FA GONG DIAN SHE BEI YUN XING GUAN LI SHOU CE

发供电设备 运行管理手册

蒋振忠 李常熺 主编



中国水利水电出版社

发供电设备运行管理手册

蒋振忠 李常熠 主编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书共分三篇,具有内容新、针对性强、全面实用的特点。第一编为运行管理知识,内容有发供电运行管理、电网调度、省煤节电、节水、降损及燃料供应、供热、水电、社会节电等;第二篇为运行政策、文件、规定;第三篇为发供电企业运行管理案例,可作为老企业修编运行管理规程的参考,也可为筹建单位编制运行规程制度提供案例。

本书可供发供电企业运行管理人员、技术人员及有关领导阅读,也可供工矿企事业单位有关人员参考和培训运行管理人员的补充教材。

图书在版编目(CIP)数据

发供电设备运行管理手册/蒋振忠,李常燊主编. —北京:中国水利水电出版社,1996

ISBN 7-80124-244-0

I. 发… I. ①蒋…②李… III. ①发电设备-运行-技术管理-手册
②供电设备-运行-技术管理-手册 N. TM621.3-62

中国版本图书馆CIP 数据核字(96)第20064 号

书 名	发供电设备运行管理手册
作 者	蒋振忠 李常燊 主编
出 版	中国水利水电出版社 (北京市三里河路6号 100044)
发 行	新华书店北京发行所
经 售	全国各地新华书店
排 版	保定列电印刷厂
印 刷	保定列电印刷厂
规 格	787×1092毫米 16开本 58印张 1300千字
版 次	1996年12月第一版 1996年12月保定第一次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	90.00元

加强科学管理提
高人员素质保证
电网连续稳定可
靠运行

史大榭
一九九二年九月

序

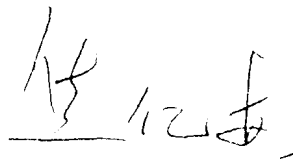
电力生产必须坚持以安全文明生产为基础、以提高经济效益为中心的方针,提高科学管理水平,确保电网、发供电设备安全可靠地运行,为工农业生产、人民生活提供稳定、连续、优质的电能,为提高社会和电力企业的经济效益和人民生活水平服务。

随着国家改革开放政策的实施,电力工业也得到蓬勃的发展,截止到 1995 年底,国家发电设备装机容量已达 2.1 亿 kW,五大电网的 50 万 V 网架相继建成和投入运营,20 万 kW 及 30 万 kW 发电机组已成为各大电网的主力机组,60 万 kW 火电及 90 万 kW 核电机组也相继投产。大容量新机组的投入,必然带来新技术的运用,电网及发供电企业的检修、运行管理水平必须有相应的提高。为了提高检修、运行管理人员的素质,提高发供电设备检修、运行管理水平,在各级领导的关心、重视、支持下,在有关单位的协作、配合下,华北电力企业管理协会已于 1995 年出版了《发供电设备检修管理手册》,受到电力行业广大领导及职工的欢迎。今年,华北电力企业管理协会又会同华能国际电力开发公司、北京供电公司、山西省吕梁电业局等单位组织了一批在岗和离退休长期从事电力生产运行管理的专家、教授编写了《发供电设备运行管理手册》,作为《发供电设备检修管理手册》的姊妹篇。

中国电力工业部史大桢部长为手册题词:“加强科学管理,提高人员素质,保证电网连续稳定可靠运行”。

电网管理水平的提高,从根本上来说,取决于电网各类人员素质的提高。在加强职工的岗位培训、树立全体职工爱岗敬业的新的道德风尚的同时,提高各类岗位人员的业务素质,是实现科学管理的基础。希望这一套手册的出版,能促进运行、检修人员的培训工作,落实史部长题词所提出的要求。

《发供电设备运行管理手册》全书共分三篇:第一篇为运行管理知识,包括水电和火电运行管理、节能、节水、节电、供热及培训等专题,文章有很强的针对性、较高的实用性,可作为电网及发供电企业运行管理的参考书及运行管理人员的培训教材;第二篇为政策、文件、规定,包括现行的国家正式颁发的安全、运行、节能、培训等方面的文件;第三篇为案例,介绍一部分 90 年代编制的电网运行管理、发供电企业运行管理制度,及 30 万 kW 机组新电厂、国外引进设备的 60 万 kW 电厂、50 万 V 线路运行规程,可供各电网和各发供电企业借鉴和参考。



1996 年 11 月 1 日

前 言

1995年,在电力部陆延昌副部长及电力各级组织的支持下,我们编写、出版了《发供电设备检修管理手册》一书,全书120万字,深受欢迎。第一次印制2000册,很快分发光,又印制1000册。1995年下半年华北电力集团公司、华北电力企协、华能国际电力开发公司、北京供电企协、吕梁地区电业局共同组织一批电力部门的专家、教授编写《发供电设备运行管理手册》一书,全书130万字,历时一年半。现已由中国水利水电出版社正式出版,成为《发供电设备检修管理手册》的姊妹篇。

《发供电设备运行管理手册》共分三篇:第一篇为运行管理知识;第二篇为政策、文件、规定;第三篇为案例。

在本手册编写过程中,编者力求:运行管理知识及案例能反映当前电网、发供电企业的管理水平,有鲜明的针对性和较强的实践性。为此,我们邀请在岗或离岗不久的专家、教授撰写,并尽可能缩短编写与出版时间。

运行管理知识包括:电网及发供电运行管理、运行培训、供热、水电、省煤节电、节水、班组管理及社会节电等专题。案例包括:电网、30万kW机组电厂、国外引进60万kW新机组的火电厂及大型供电企业管理制度。运行知识各专题多为执笔者多年从事管理工作经验的总结;案例内容有的是引进国外的先进管理经验,有的是90年代电力部门新编的企业规程、制度。

电力工业是国民经济的基础工业,也是公用事业。随着我国国民经济的现代化,电力工业技术装备也必须加快现代化步伐。截至1995年末,我国发电设备装机总容量已达2.1亿kW。五大电网50万V网架陆续建成,20万kW及30万kW机组已成为各大电网的主力机组,60万kW火电机组及90万kW核电厂也投入运行。伴随大容量设备的投入和新技术的运用,电网、发供电企业运行管理水平也必须有一个大的发展和前进,提高运行管理人员的素质已是当务之急。为此,编写出版《发供电设备运行管理手册》一书,作为电力运行管理人员的参考书和新运行管理人员的培训补充教材。

本书在编写过程中得到电力系统各级组织和领导的支持和帮助。史大桢部长为本书亲笔题词:“加强科学管理,提高人员素质,保证电网连续、稳定、可靠运行”。在此一并致谢。

由于时间及水平所限,书中有不妥之处,恳请各位读者指正。

《发供电设备运行管理手册》编委会

1996年11月1日

目 录

序
前言

第一篇 运行管理知识

第一章 电力系统调度管理	(1)
第一节 电能	(1)
第二节 电力系统的构成	(1)
第三节 电力系统的特性	(3)
第四节 电力系统调度管理概述	(5)
第二章 电力系统经济调度	(13)
第一节 电力系统经济调度的意义	(13)
第二节 电力系统经济调度的内容	(13)
第三章 火力发电企业运行管理	(20)
第一节 运行劳动组织	(20)
第二节 运行调度与运行分析	(22)
第三节 运行生产管理的四项基本制度	(28)
第四章 省煤节电	(34)
第一节 节能管理的重要性	(34)
第二节 中国 and 主要工业发达国家电力工业主要能源消耗指标的比较	(36)
第三节 发电煤耗率及供电煤耗率的计算	(38)
第四节 煤耗分析	(46)
第五节 发电厂用率分析	(52)
第五章 供热	(59)
第一节 集中供热的优点	(59)
第二节 供热指标	(60)
第三节 供热煤耗	(66)
第四节 供热厂用率	(74)
第六章 火电厂水耗及水管理	(76)
第一节 火电厂的水平衡	(76)
第二节 火电厂的水管理	(86)
第七章 燃料管理	(91)
第一节 煤质指标对燃料的影响	(91)
第二节 计划、采购、订货	(95)
第三节 发电燃料验收与装卸	(101)
第四节 燃料管理	(107)

第八章 新机投产前运行准备、验收及交接工作	(115)
第一节 基本内容	(115)
第二节 投产前运行组织机构准备	(116)
第三节 投产前运行管理准备	(117)
第四节 投产前生产技术培训工作	(121)
第五节 投产前生产物资准备	(124)
第六节 验收工作	(125)
第七节 交接工作	(127)
第九章 水电厂运行管理	(128)
第一节 基本内容	(128)
第二节 生产指挥系统	(130)
第三节 安全管理	(131)
第四节 经济运行	(137)
第十章 运行培训	(139)
第一节 岗位设置	(139)
第二节 主要岗位的素质要求和岗位职责	(141)
第三节 运行培训	(145)
第十一章 班组管理	(153)
第一节 班组管理的重要性	(154)
第二节 发、供电运行班组工作的特点	(155)
第三节 运行班组的生产管理	(156)
第四节 运行班组的民主管理	(163)
第五节 认真细致地做人的工作	(164)
第十二章 供电运行管理	(166)
第一节 基本内容	(166)
第二节 生产指挥系统	(167)
第三节 安全管理	(168)
第四节 线路运行管理	(170)
第五节 变电所运行管理	(174)
第六节 电压监控	(180)
第十三章 线损管理	(186)
第一节 概述	(186)
第二节 线损的分类和总的管理分工	(186)
第三节 影响线损的技术因素	(188)
第四节 统计线损和理论线损	(191)
第五节 线损管理	(193)
第六节 线损管理的深化	(197)
第七节 线损管理的发展前景	(200)
第十四章 节电	(201)
第一节 节电的重要性	(201)
第二节 节电管理	(202)

第三节	节电分析	(206)
第四节	节电措施	(210)
第十五章	动态心理管理	(215)
第一节	在安全生产中的应用	(216)
第二节	在培训工作中的应用	(217)
第三节	在生活环境中的应用	(217)

第二篇 政策、文件、规定

一、综合部分	(220)
(一)中华人民共和国电力法(1995年12月28日全国人大常委会通过,1996年4月1日起施行)	(220)
(二)节约能源管理暂行条例(1986年1月16日国务院发布)	(227)
(三)电力安全生产工作条例(1988年2月水电部颁发)	(233)
(四)电力系统电压和无功电力技术导则(试行)(1989年8月1日能源部颁发)	(244)
(五)防止电气误操作装置管理规定(试行)(1991年1月4日能源部颁发)	(251)
(六)电业安全工作规程(发电厂和变电所电气部分)(1991年9月1日实施,能源部颁发)	(254)
(七)发供电设备备品配件供应管理办法(1992年1月28日能源部颁发)	(286)
(八)电力负荷控制装置装用管理办法(1992年10月7日能源部颁发)	(289)
(九)电力负荷控制实用化考核验收标准(1992年10月7日能源部颁发)	(292)
(十)电力工业发供电企业计量工作管理规范(1992年能源部颁发)	(294)
(十一)电力工业发电企业计量器具配备规范(1992年能源部颁发)	(297)
(十二)电力工业供电企业计量器具配备规范(1992年能源部颁发)	(299)
(十三)电力可靠性管理工作若干规定(1994年12月电力部颁发)	(301)
(十四)电力生产事故调查规程(1994年12月22日电力部颁发)	(304)
(十五)电业安全工作规程(高压试验室部分)(1995年7月1日电力部颁发)	(319)
(十六)电力安全监察规定(1995年11月14日电力部颁发)	(324)
二、电网部分	(327)
(一)电力网电能损耗管理规定(1996年12月22日能源部颁发)	(327)
(二)加强用电分析工作的通知(1991年6月5日能源部、国家计委、国家统计局颁发)	(333)
(三)关于保证城乡人民生活照明用电的决定(1991年8月15日能源部颁发)	(333)
(四)关于建立用电分析快报制度的通知(1991年8月31日,能源部计划用电办公室)	(334)
(五)关于进一步做好保证城乡人民生活照明用电工作的通知(1992年5月30日能源部颁发)	(339)
(六)电力系统自动低频减负荷工作管理规程(1993年5月1日能源部颁发)	(339)
(七)电网调度管理条例(1993年6月29日国务院发布)	(343)
(八)电网调度管理条例释义(电力部颁发)	(346)
(九)关于电网与发电厂、电网与电网并网运行的规定(试行)(1994年电力部颁发)	(357)
(十)电力系统光纤通信运行管理规程(1994年7月14日批准、1994年11月1日实施,电力部颁发)	(360)
(十一)地区电网调度自动化功能规范(1994年7月14日批准、1994年12月1日实施,电力部颁发)	(375)

(十二)电网调度系统值班人员的培训考核办法(1994年电力部颁发)	(379)
(十三)电力系统通信管理规程(1994年11月1日实施,电力部颁发)	(381)
(十四)电力系统通信站防雷运行管理规程(1994年11月1日电力部颁发)	(393)
(十五)微机继电保护装置运行管理规程(1996年1月8日批准,1996年5月1日起实施,电力部颁发)	(401)
三、发电部分	(411)
(一)电力网和火力发电厂省煤节电工作条例(1979年9月27日电力部颁发)	(411)
(二)电力工业锅炉监察规程(1985年12月31日水电部颁发)	(415)
(三)化学监督制度(1988年2月2日水电部颁发)	(440)
(四)火力发电厂节约能源规定(1991年电力部颁发)	(453)
(五)火电厂煤粉锅炉燃烧室防爆规程(1991年9月18日能源部颁发)	(460)
(六)防止火电厂锅炉四管爆漏技术导则(1992年能源部颁发)	(472)
(七)关于新型电厂实行新管理办法的若干意见(1992年能源部颁发)	(480)
(八)发电设备可靠性统计评价办法(修订稿)(1993年2月电力部发电可靠性管理中心)	(485)
(九)电力安全工作规程(热力和机械部分的部分条款)(1994年4月电力部颁发)	(491)
(十)发电用煤质量验收及抽验方法(1995年5月3日电力部颁发)	(563)
(十一)汽车运输煤样的采取方法(1995年5月3日电力部颁发)	(566)
(十二)燃料元素的快速分析方法(高温燃烧红外热导法)(1995年5月3日电力部颁发)	(569)
四、供电部分	(572)
(一)架空送电线路运行规程(1979年8月6日电力部颁发)	(572)
(二)用电监察条例((1983年8月25日水电部颁发)	(582)
(三)变电所运行管理制度(1985年8月27日水电部颁发)	(583)
(四)农村电气化标准(1991年1月29日能源部颁发)	(591)
(五)高压断路器运行规程(1991年3月5日能源部颁发)	(595)
(六)电业安全工作规程(电力线路部分)(1991年9月1日实施,能源部颁发)	(607)
(七)架空送电线路专业生产工作管理制度(1991年12月20日能源部电力司颁发)	(634)
(八)农村低压电气安全工作规程(1992年7月1日能源部颁发)	(638)
(九)进网作业电工管理办法(1992年9月3日能源部颁发)	(653)
(十)输变电设施可靠性统计实施细则(1993年5月电力部电力可靠性管理中心颁发)	(658)
(十一)电力变压器运行规程(1995年6月29日电力部颁发)	(664)

第三篇 案 例

一、电网部分	(678)
(一)京津唐电网调度管理规程(1990年7月3日)	(678)
(二)华北电网新增电力分配办法(电力部、国家经贸委电调[1993]531号)	(710)
(三)山东电网500kV送电线路运行规程	(711)
二、发电部分	(721)
(一)发电厂运行管理制度及发电厂生产人员技术培训管理制度(1995年10月16日中国 华北电力集团公司颁发)	(721)
(二)华能上海石洞口第二电厂运行交接班制度(1994年)	(729)

(三)华能上海石洞口第二电厂定期试验切换制度(1994年)	(732)
(四)华能上海石洞口第二电厂操作票管理制度(1994年)	(735)
(五)华能上海石洞口第二电厂安全活动管理标准(1991年)	(738)
(六)华能上海石洞口第二电厂运行分析制度(1994年)	(738)
(七)华能上海石洞口第二电厂计量管理实施细则(1994年)	(741)
(八)华能上海石洞口第二电厂实习培训费用规定(1994年)	(744)
(九)华能上海石洞口第二电厂职工教育制度(1994年)	(747)
(十)华能上海石洞口第二电厂培训管理标准(1994年)	(748)
(十一)华能上海石洞口第二电厂培训技档管理标准(1994年)	(753)
(十二)华能上海石洞口第二电厂师徒合同(1994年)	(754)
(十三)华能上海石洞口第二电厂实习、培训协议书(1994年)	(755)
(十四)华能上海石洞口第二电厂热力试验管理标准(1994年)	(757)
(十五)陡河发电厂运行值长岗位责任制(1990年3月)	(758)
(十六)陡河发电厂单元班长岗位责任制(1990年3月)	(760)
(十七)陡河发电厂运行值班人员岗位责任制(锅炉部分)(1989年11月)	(762)
(十八)陡河发电厂锅炉运行交接班制度(1989年11月)	(763)
(十九)陡河发电厂锅炉运行巡回检查制度(1990年3月)	(765)
(二十)陡河发电厂锅炉运行人员培训制度(1990年3月)	(766)
(二十一)唐山发电总厂运行分析管理制度(试行)(1982年5月)	(768)
(二十二)唐山发电总厂规程管理制度(1979年1月1日)	(770)
(二十三)唐山发电总厂系统图管理制度(1979年1月1日)	(771)
(二十四)唐山发电总厂关于陡河电厂现场基建施工联系制度(1982年5月27日)	(772)
(二十五)唐山发电总厂检修、运行班组管理达标升级考核实施细则(试行)(1993年8月28日)	(773)
(二十六)张家口发电总厂机、电、炉运行岗位责任制度(1996年)	(779)
(二十七)张家口发电总厂运行管理制度(1996年)	(788)
(二十八)张家口发电总厂燃贮车间运行管理制度(1995年7月)	(795)
三、供电部分	(801)
(一)北京地区电力系统调度管理规程(1992年11月北京供电局制定)	(801)
(二)北京供电局线损管理制度(1993年1月9日)	(838)
(三)北京供电局设备管理制度(1984年4月16日)	(841)

第一篇 运行管理知识

第一章 电力系统调度管理

第一节 电 能

当前,在人类最主要的生产实践和生活实践中,电能已成为直接使用的重要能源之一。电能的生产和广泛使用,使人类的社会文明有了突飞猛进的发展。电能是二次能源,是由其它形式的一次能源转化来的。目前人类能够用来转化电能的能源主要有:

- (1) 燃料(煤炭、石油及其产品、天然气等)燃料放出的热能(如火力发电厂);
- (2) 水的动能(水力发电厂);
- (3) 风的动能(风力发电厂);
- (4) 核裂变释放的能量(核电站);
- (5) 太阳能、地热、潮汐等。

电能的形态主要有两种:

- (1) 直流电:电源的电压在方向上不变;
- (2) 交流电:电源的电压在方向和量值上同时变化。

电力系统生产的交流电是以正弦波的形式周期性地变化,频率为 50Hz 或 60Hz(我国采用 50Hz),制式为对称三相制。

交流电的特点有二:①交流电不能直接储存。在当前人类的科技水平下,还不能制造出一种设备,能够大容量的将交流电直接储存起来,所以交流电的生产、输送分配和使用必须同时进行并保持动态平衡。交流电可以转化为其它形式的能量间接储存起来,例如蓄能电站。②交流电变化的传播极快。交流电的变化以电磁波的形式向外传播,其速度为 30 万 km/s

第二节 电力系统的构成

一、电力系统的定义

由于交流电不能直接储存,所以电能的生产、输送、使用必须在同一时间内完成并保持动态平衡,完成这一过程的所有设备所组成的统一的系统称为电力系统。

二、电力系统的构成

电力系统由四大部分组成:

- (1) 发电厂:生产电能;
- (2) 电力网:输送和分配电能;
- (3) 用电设备:用户使用电能的设备;
- (4) 控制系统:维持电力系统正常运行的各种自动控制设备,如继电保护装置、系统

安全自动装置、以计算机为核心组成的能量管理系统（EMS）等。

下面简要介绍发电厂和电力网：

（一）发电厂主要类型

1. 火电厂

利用燃料煤炭、石油产品（原油、重油、柴油等）、天然气等燃料所得到的热能转变成机械能来发电。主要有三种类型：

汽轮发电机组：主要部件是锅炉、汽轮机、发电机。锅炉将燃料燃烧放出的热能转化为高温高压蒸汽，通过管道送到汽轮机，推动汽轮机的转子旋转，带动同轴的发电机发电。

燃气轮发电机组：将柴油喷入燃气轮机燃烧（直接转换为机械能）带动同轴的发电机发电。

燃气蒸汽联合式：是上述两种类型的结合，将燃气轮机排出的余气（有较高的温度）送入锅炉做为热源来产生过热蒸汽再送到汽机带动发电机发电。

2. 水电厂

将高处的江河湖泊的水采用适当的方法引至下游的水电厂中，利用水的落差（位能转变成动能）推动水轮机旋转，带动与水轮机同轴的发电机发电。有以下几种类型：

引水式：利用河流上下游水位之差（落差）通过水渠或管道引入水轮机。

大坝式：截断河流筑起高坝，将河水蓄成水库，通过引水管道引入水轮机。

混合式：将以上两种形式混合使用。

抽水蓄能式：在水电厂的上游建有蓄水库（称为上池），下游也建有蓄水库（称为下池）。在电力系统高峰负荷时期，利用上池的水发电（称为发电工况）；在低谷负荷时期，将下池的水再抽回上池蓄积起来（称为水泵工况），此时发电机转变为电动机，水轮机转变成水泵。抽水蓄能机组已成为电力系统调峰的重要手段之一，也为电力企业获取良好的经济效益。

3. 核电站

利用原子反应堆代替火电厂的锅炉，原子反应堆中的核燃料不断发生裂变产生热能，利用这种热能产生高温高压蒸汽送到汽轮机中。核电站中的汽轮机与发电机与火电厂中的在原理上基本相同，在结构上有些不同。

4. 其它发电厂

其它还有地热发电厂、风力发电厂、潮汐发电厂等，这些发电厂容量都较小，有的还处于实验阶段。

（二）电力网

电力网是将发电厂生产的电能输送到电力系统的各个角落并分配给用户。电力网的主要部件是输电线路、变压器、母线及它们的操作设备（如断路器、隔离开关等）。

输变电设备按不同电压值分成若干电压等级。我国采用的电压等级主要有：6、10、35、110、220、330、500kV。

我国大容量电力系统主网架的电压等级已发展到 220kV 和 500kV。

从结构上看电力网可分为：直线式（或称辐射式，是从一个厂、站母线引出若干条互不相连的输电线路）、环状网（由线路将若干个厂、站连成环路）、复杂网（像蛛网一样环

中套环)。现在的电力系统大多数已发展成复杂网。

第三节 电力系统的特性

一、电力系统的形成过程

孤立的(单个的)发电厂对用户直接供电。几个发电厂相连组成城市网。城市网相连组成地区电网。地区网相连组成电力系统。电力系统相连组成联合电力系统,再发展成全国统一电网或几个国家的电网相连组成巨大的电力系统。

我国的东北、华北、华东、华中、西北、南方电网都已发展成联合电力系统,前四个电网的总装机容量都在2亿MW以上。

二、电力系统的优越性

- (1) 频率稳定。系统容量越大,频率变化幅度越小,电能质量高。
- (2) 抗干扰能力强。能够耐受较大的故障冲击。
- (3) 支援能力强。通过网间联络线可以进行电力、电量的互相支援,有利于被支援电网保障最大负荷的需求和较高的经济效益;在事故情况下,可以使发生事故的电网提高供电能力,减少损失,尤其在严重故障情况下能够维持发生故障的电网不全部垮掉。
- (4) 合理利用能源,实行经济调度,提高整个电力系统的经济效益。
- (5) 减少各网的事故备用容量。
- (6) 利用错峰效益(不同时区高峰负荷不出现在同一时刻)在满足最大负荷需求的条件下减少系统总装机容量,允许在系统中安装大容量机组,提高经济指标。

因此,联合电力系统或全国统一电力系统的形成是电力工业发展的必然趋势,是客观规律,也是衡量一个国家工业化水平高低的标志之一。

三、电力系统的特性

(一) 电力系统是一个有机的统一的整体

发电厂、电力网和负荷(用户)组成了电力系统,但不是简单的、机械的组合,而是互相影响、互相制约、密切相关的统一整体,哪一部分出了问题就会影响另两部分的正常运行。人体由许多器官组成,但人的特性不同于单个器官的特性。同理,电力系统做为一个整体,也具有不同于单个元件的新特性、新课题出现。归纳起来主要有:

- (1) 电力系统的负荷预测(短期和中长期)、电力平衡与经济调度。
- (2) 电力系统频率与电压的实时调整。
- (3) 电力系统故障分析与事故处理。
- (4) 电力系统网络结构分析及制定合理的运行接线方式。
- (5) 电力系统稳定性分析及提高稳定的技术措施。

经过电力系统工作者数十年的努力,上述内容均已形成专门的学科。近年来又出现了一些新问题正在进行深入的研究,如低频振荡、发电机组大轴扭振(次同步振荡)、非对称负荷的谐波污染等等。

(二) 电力系统时时刻刻处在动态平衡的相对稳定之中

目前发电厂装设的主要是交流同步发电机,发出的交流电不能直接储存,因而决定了

电能的生产、输送、使用必须同时进行，而且要保持动态平衡。能量的转换以功率的形式表现出来。所以要时刻保持电力系统有功功率和无功功率的平衡。

1. 有功功率平衡

发电厂发出的有功功率，扣除厂用电和网损之后要同用户消耗的有功功率完全相等，这样才能维持在一个相对稳定的运行状态之下。如果发出的有功功率多了，系统的频率就会升高；反之就会降低。频率是电能质量的重要指标。国家规定，电网的频率标准是 50Hz，装机容量在 3000MW 以上的电网，频率偏差不得超过 $\pm 0.2\text{Hz}$ 。禁止升高或降低频率运行。频率低于 49.8Hz 连续达 1h 以上，则计为系统事故一次。频率越低，对电力系统自身的安全威胁越大。频率低于 47Hz 以下时就有可能发生“频率崩溃”使系统全部瓦解。为了保持较好的频率质量，电力系统的调度部门必须随时做好电力平衡的工作，各发供电部门也必须配合共同做好这一工作。

2. 无功功率平衡

对于“无功功率”有着不同的见解，但若认为是“没有用的功率”则是不正确的。从本质上看，交流电能的产生、输送、使用（转换成其它形式的能）都是在导体周围空间形成的电磁场中进行的，而且必须维持一定的场强才能完成上述过程。维持场强所需要的能量以功率的形式表现出来就是无功功率，衡量场强大小的标志是电压水平。交流电的交变电磁场不断向四周辐射能量和在导体上产生热能，因而必须不断补充新的能量，所以在电磁场中也要消耗一些有功功率。

无功功率产生于“容性装置”中（如发电机、调相机、电力电容器，以及高压输电线路的充电电容），消耗在“感性装置”中（异步电机、电抗器、输电线路的电抗等）。

无功功率的平衡体现在电压水平上，无功过剩电压升高，无功不足电压降低。电压过高过低都对电气设备和电力系统自身的安全产生很大的危害。无功严重不足的地区，容易发生“电压崩溃”使局部电网瓦解。所以电压水平是电能质量的又一个重要指标。

电力系统各级调度部门在进行有功功率平衡的同时也在进行无功功率的平衡。各发供电部门应配合调度部门做好无功功率平衡的工作。

（三）随机变化、实时调整

电力系统的运行状态在不断变化，除了设备的计划停送电外，异常和事故对系统的冲击是随机的；正常情况下电力系统的负荷和机组出力的变化也是随机的。现对后者进行简要说明。

1. 电力系统负荷变化的随机性

电力系统的总负荷是由千千万万个用户的用电负荷叠加起来的。单个用户消耗的电力是随机变化的（运转设备的负载和开停带有随机性）。所以叠加起来的总负荷随时间的变化带有随机的性质。将电力系统每日 24h 的负荷绘制成曲线（时间间隔没有严格规定，习惯上以每小时的整点记录为准，得出的负荷曲线叫日负荷曲线），对曲线进行分析可以看出：电力系统的负荷在不断变化，有高峰（上午和晚上）、有低谷（中午和夜间），峰谷之差可达最大负荷的 30%~40%；将每天的日负荷曲线对照来看，就会看到日负荷曲线的形状（轮廓）很相似，但每天同一时刻（比如上午 10 时）的负荷在数值上不完全相同，它的变化规律符合正态分布。如果把每个整点的负荷看成是一个随机变量的取值，那么一天就有

24 个随机变量，它们的根方差平均值约为最大负荷的 2%~3%。

2. 发电出力的随机性

发电机组的出力不是固定不变的，有时是人为调整的，有时是由多种影响造成的。这些影响包括：频率波动时机组在调速器的作用下出力会有摆动；在主机异常或辅机故障时机组出力会有大幅度下降等等。这些变化都带有随机性。

上面所讲的负荷或机组出力的变化都会使电力系统的功率平衡受到扰动甚至遭到破坏而失去平衡，不平衡出现的时刻及不平衡量的大小均带有随机性。因此，电力系统各级调度部门必须运用一切手段不断进行调节和控制，随时维持系统的电力平衡使系统的频率和中枢点电压保持在合格范围内。

（四）电力系统要保持自身的安全与稳定

前已述及电力系统是一个转换能量的完整独立的系统，是一个时时刻刻都要保持动态平衡的物质实体，因而就产生了自身的安全和稳定的问题。这里所说的安全稳定，不是指对用户保持连续供电和合格的电能质量，而是指电力系统自身受到故障冲击或大干扰以后能否保持不垮台并能恢复到正常状态。所以保持电力系统的安全稳定是保证对用户连续供电的先决条件，电力系统安全与稳定的物质基础是：合理的网络结构，有功电力分地区与全系统的平衡，无功电力分层分区的平衡，高技术水平的安全自动装置，功能完善的能量管理系统（EMS）。

第四节 电力系统调度管理概述

电力系统要保持正常运行，要保持电能生产的正常进行，要维持合格的电能质量，要有较好的经济性，要保障自身的安全稳定，就必须对电力系统进行实时控制和运行管理，这是由电力生产的基本性质所决定的。控制也是管理，是管理范畴中一个特殊领域。

对电力系统进行实时控制和运行管理的执行机构是电力系统的各级调度部门。各级调度部门组成了调度系统。调度系统直接参加电力生产和系统运行，是电能生产过程中必不可少的一个环节。从这个意义上讲，调度系统可看成是电力系统的第五个组成部分。

调度管理的基本内容是：对发电、输变电设备进行运行调度和专业管理，对调度自动化设备进行运行调度和专业管理，对继电保护和自动装置进行运行调度和专业管理，对电力系统通信设备进行运行调度和专业管理。在本章中只介绍对发电和输变电设备（即通常所说的一次设备）的运行调度和管理。其它的在本书后面的专题部分进行介绍。

一、调度管理的原则

统一调度、分级管理、各负其责，是电力系统调度管理的基本原则。

对电力系统的实时控制和运行管理必须在统一指挥下进行。如果各个电网各自为政、各行其事，就谈不上电力生产的正常进行，谈不上系统自身的安全稳定，更谈不上合格的电能质量。所以，电网的计划、指挥、协调和控制必须统一步调、统一意志、统一调度。有些联合电网实行合同调度，按协议办事。实质上，合同调度是统一调度的一种形式，是实行统一调度的一种技术手段。合同中体现了各方的要求，合同的内容就是步调统一、意志统一后的产物，只有严格履行合同（或协议）才能实现统一调度。

但是,不能事无主次地把电力系统的全部控制与管理都集中在同一个调度机构里(例如从500kV直到10kV和用户)。这样做使调度机构的工作非常复杂,工作量十分巨大,工作效率会很低,不能及时地进行控制和事故处理,无法保障系统的安全稳定。同时,一个调度机构直接指挥数量极多的对象,在技术上很难实现。因此,对电力系统的控制和管理,要按主次程度,分出若干个层次,除中心调度机构外,在各个层次分别设定若干个调度机构,对电力系统进行分级管理,都有自己的职责,这样就可以使各级调度机构工作灵活、效率高、适应电力生产的要求。

目前我国实行五级调度机构。

第一级:国调,即国家调度中心,设在电力部国家电力调度通信中心,是全国最高调度指挥中心,在调度业务上是全国最高领导机构。

第二级:网调,是跨省、自治区、直辖市电网(一般为联合电网)的最高调度指挥机构。

第三级:省调,是省、自治区、直辖市级电网的最高调度指挥机构。

第四级:地调,是省辖市级电网的调度指挥机构。

第五级:县调,是县级电网的调度指挥机构。

上述多级调度机构从上到下,在调度业务上是上下级的关系,下级调度必须服从上级调度的领导和指挥。

二、电力系统的实时调整和控制

对电力系统进行实时控制的机构是各级调度部门的调度所,实行控制的人员是各级调度所的值班调度员,控制的方法是下达调度命令给被调度的各级运行人员(发电厂值长、变电站值班长、下级调度所的值班调度员)和动用调度自动化系统提供的技术手段(自动化系统本身的调节控制功能和调度员可以使用的遥控遥调等)。

现以网调值班调度员的工作为例,简要说明对电力系统实行实时控制的主要内容。

(一) 系统频率与中枢纽电压的调整

前已述及,由于系统的用电负荷随时在变化,发电出力也有随机性的变化,因而有功和无功的电力平衡不断被打破(产生功率过剩或不足),导致系统的频率和电压发生波动。为了使频率和电压不因波动而超出正常范围,就要及时对有功和无功电力进行调整,这是电能质量的调整。

频率的调整主要是依靠调节发电机组的有功出力,当电力供应不足时依靠限制用电负荷来使频率恢复到正常范围。一般来说,水电比例较大的电力系统以火电带基本负荷(有核电的核电也带基本负荷),水电调频和调峰。当洪水期水电大发或枯水期放水很少时,火电需参加调频和调峰。在水电较少的电力系统中火电必须参加调频和调峰,必要时一些机组要两班制生产。如有可能在高峰负荷时要留有3%~5%的负荷备用容量。在调节机组出力的手段上,目前国内大部分机组依靠人工手动调整,只有一少部分机组由调度自动化系统中自动发电控制(AGC)这一功能实现了自动调整。

中枢纽电压的调整,主要依靠调节发电机、调相机的无功出力,调节有载调压变压器的分接头位置(改变变比),投停电容器组或电抗器,必要时改变网络的接线方式等。由于我国的电网还处于初级发展阶段,网架结构不尽合理,技术手段与装备比较落后,所以白