

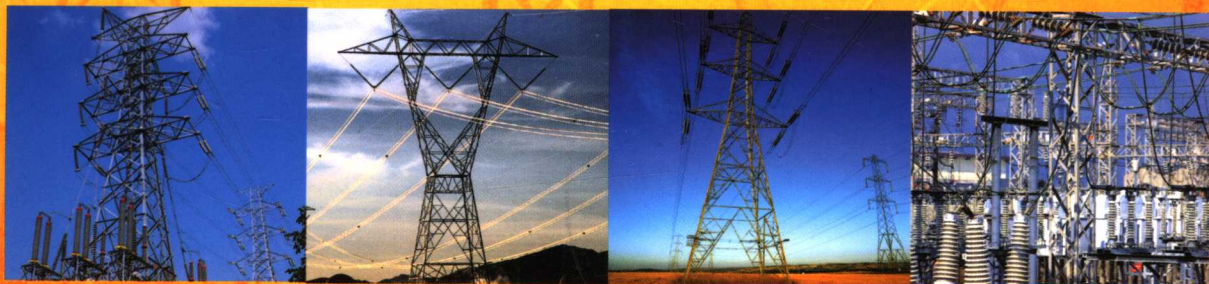


高等学校精品规划教材

电网调度自动化与 配网自动化技术

(第二版)

王士政 主编



DIANWANG DIAODU ZIDONGHUA YU
PEIWANG ZIDONGHUA JISHU



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

高等学校精品规划教材

电网调度自动化与 配网自动化技术

(第二版)

主 编 王士政

副主编 李靖霞



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

电网调度自动化和配网自动化已经成为电力系统自动化的最主要部分和核心内容,也成为电气工程类专业学生的必备知识之一。因这一高新技术领域发展太快,作为高校教材,必须及时补充更新,尽量跟上技术发展的脚步。本书是2003年初出版的《电网调度自动化与配网自动化技术》一书的修订版。

本书全面系统地介绍了电网调度自动化技术和配网自动化技术的各个方面。由浅入深,循序渐进,从变送器、远方终端、SCADA/EMS功能和结构、EMS各种高级应用软件,一直到当前热门的配电自动化系统,既有作为教材必须的许多入门知识,也概要介绍了这一领域的最新动态和发展方向,如扩展等面积法稳定控制和电力市场技术支持系统等。

本书可作为电气工程及其自动化专业、电力系统及其自动化专业及其它相近专业高年级学生或研究生的教材,亦可供相关岗位工作的科技人员参考或作为岗位培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电网调度自动化与配网自动化技术 / 王士政主编.
2版. —北京: 中国水利水电出版社, 2006
高等学校精品规划教材
ISBN 7-5084-3598-2

I. 电... II. 王... III. ①电力系统调度—自动化技术—高等学校—教材②配电系统—自动化技术—高等学校—教材 IV. TM7

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第011137号

书 名	高等学校精品规划教材 电网调度自动化与配网自动化技术 (第二版)
作 者	王士政 主编
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266(总机)、68331835(营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16开本 21.25印张 504千字
版 次	2003年4月第1版 2006年4月第2版 2006年4月第3次印刷
印 数	7301—12300册
定 价	39.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究



王士政，男，1943年生，吉林市人。1966年毕业于东北电力学院电力工程系，长期从事电力系统自动化领域的教学和研究。曾先后任教于武汉水利电力学院、湖南大学、河海大学等高校电气工程系。曾任湖南大学电气工程教研室副主任、河海大学“电网调度自动化技术推广培训中心”副主任。多次获得省级或校级各种优秀教学成果奖。现为三江学院电气工程系教授，并被聘任为江苏省电力行业专家。

先后编著出版了《县级电网调度与通信》、《电力系统运行控制与调度自动化》、《工矿企业电气工程师手册》、《发电厂电气部分》、《电网调度自动化与配网自动化技术》等著作和教材，均在电力系统中有较大影响。其中，《发电厂电气部分》立体化教材，获江苏省2004年高校优秀教学成果二等奖，《电网调度自动化与配网自动化技术》被评为2005年江苏省高等学校精品教材。

第二版前言

《电网调度自动化与配网自动化技术》一书自2003年初出版以来，已被国内20余所高等院校采用。有的院校还将本教材选为电气信息类硕士研究生教材。已有数届本科生和研究生使用过本书，总人数达几千人。使用过本教材的教师和学生均反映本书不仅取材较新，内容较广，而且体系严谨，叙述流畅，深浅适度，易教易学。同时，本书也在相关企业界引起了广泛注意。经江苏省评审委员会专家评审，本书已被评为2005年江苏省高等学校精品教材。

作者在近年教学及实践活动中，又接触到许多新技术、新设备，积累了不少有用的新素材。借本次修订再版之机，除对原书个别文字错误予以更正外，还增加了反映本领域进展的若干新内容；同时对领域的宏观架构和知识体系，又做了进一步的组织和梳理；为便于学习复习，又增加了每章复习思考题和总复习思考题。总之，努力争取使本教材能够成为一本被更多院校选用、广受教师和学生欢迎、有较长生命力的优秀教材。

由于这样一种高新技术仍在快速发展之中，本书不可能完全跟上技术发展的脚步。某些方面可能未涉及到，或者某一点内容已经落后了，这是无法避免的，请读者见谅。

本书编写时参考了多种相关著作（见参考文献），并得到了三江学院电气工程系领导和同事的大力支持，在此表示衷心感谢。

也借此机会，对当面或来信与作者进行交流探讨，并指出书中错字或不足之处的各位同行，表示衷心的感谢！敬请各位读者来信交流，不吝赐教。

来信请寄：三江学院电气工程系王士政收（邮政编码：210012，地址：南京市雨花区铁心桥龙西路10号，电话：(025) 52897012/51998542，电子信箱：wangshizheng123@hotmail.com）。

作者

2006年1月

第一版前言

《电网调度自动化》是许多高等院校电气工程及其自动化或者电力系统及其自动化专业的一门选修课。然而，很少有学生不选这门课程。的确，在现代的电力系统中，如果排除电网调度自动化系统，还有多少“自动化”可言？因此，一个对现代电网调度自动化技术一无所知的人，是否还可以称其为电气工程及其自动化或电力系统及其自动化专业的毕业生。

作者于1990年8月编著出版了国内第一本关于电网调度自动化的教材《电力系统运行控制与调度自动化》，并率先为河海大学电力系高年级学生及研究生开出了这样一门介绍当时刚刚兴起的高新技术的课程。同时，该书也被许多高等院校选作电气工程类专业教材，此外，还被许多省、市电力局举办的调度自动化技术培训班选用，对推动我国电网调度自动化技术的快速发展起到了很好的作用。

由于基于现代计算机技术和现代通信技术的电网调度自动化技术发展异常迅猛，十多年内早已是几代更新，同时配网自动化等许多新领域、新技术日新月异，原书已不能适应这种新形势，一些使用原书的院校和许多读者纷纷来信希望尽早修订再版。因作者冗务缠身，一直拖延至今。

在中国水利水电出版社鹿启炳先生的力邀和督促之下，同时得到了河海大学电气工程学院和三江学院电气工程系等方面的倾力支持以及国内业界领军单位——国电公司电力自动化研究院的友情协助，现在这一修订版终于付梓了。

这次修订几乎是推倒重来。除保持原书通俗流畅特点之外，内容更新达80%以上。特别是以较多篇幅介绍了当前的一些热门技术和前沿课题，如开放式系统、面向对象的设计理念、配网自动化、电力市场技术支持系统等，因此书名也改为《电网调度自动化与配网自动化技术》，许多相关院校已表示要采用新的修订版作为电气专业必修或选修课教材。希望本书的出版能够为电网调度自动化与配网自动化事业再添砖瓦。

编著时手边的资料不是太少，而是太丰富了。作为教材又不能太厚，不能超出与出版社商定的字数限额。既要由浅入深，循序渐进，使对这一领域

基本上没有基础知识的学生能够学得懂，同时，又想尽力做到系统、全面，反映业界最新技术水平和行业动态，使其也能对有关科技人员或者岗位培训有所帮助。因而在材料的取舍和组织上，的确让作者颇费心思。

在编著过程中，南京自动化设备总厂李靖霞博士给予作者许多帮助，参与了第六、七两章的编写，付出了许多辛劳，加快了书稿的编写速度，要特别向她表示感谢。

同时也向给予作者鼓励、督促、协助和支持的各有关单位：河海大学电气工程学院、三江学院电气工程系、国家电力公司自动化研究院，以及原东南大学电气系主任、现三江学院电气工程系主任周泽存教授、国电公司电力自动化研究院王力科副院长、电网控制研究所姚建国副所长和高纪湘教授级高工表示衷心感谢。

尽管编著时参考了许多本领域著作，对一些互有矛盾的概念和数据反复斟酌，但限于作者学识，错误在所难免，敬请业内同行不吝赐教。来信请寄：210000 三江学院电气工程系转王士政收。

编著者

2002年12月

目 录

第二版前言

第一版前言

第一章 电力系统运行控制及其自动化概论	1
第一节 电力系统运行控制的复杂性	1
第二节 电力系统运行控制的目标及分级控制体制	2
第三节 电网调度自动化系统与配电自动化系统	11
第四节 电网调度自动化技术的发展历程及展望	14
复习思考题	24
第二章 SCADA/EMS 系统	25
第一节 SCADA/EMS 系统概述	25
第二节 SCADA/EMS 的支撑系统	30
第三节 SCADA/EMS 的前置机系统	35
第四节 画面调用及浏览器功能	38
第五节 SCADA 系统功能详述	44
第六节 Open-2000 系统的主要技术指标	49
第七节 远方终端 (RTU)	51
第八节 模拟量的采集与处理	58
第九节 开关量的采集	78
第十节 数字量和脉冲量的采集	82
第十一节 直流采样及电量变送器	83
第十二节 交流采样与参数计算	94
复习思考题	98
第三章 数据通信与通信规约	99
第一节 数据通信的基本知识	99
第二节 差错控制措施	107
第三节 循环式通信规约 (CDT)	114
第四节 问答式通信规约 (Polling)	121
第五节 串行通信接口	127
第六节 局域网及其应用	130
第七节 现场总线 (Field Bus)	133

第八节 电网调度自动化系统的通信信道	134
复习思考题	153
第四章 电网调度自动化系统的高级应用软件	154
第一节 网络拓扑	154
第二节 电力系统状态估计	159
第三节 电力系统的负荷预测	174
第四节 潮流分析及调度员潮流	181
第五节 自动发电控制与经济调度 (AGC/EDC)	188
第六节 安全分析与安全控制	199
第七节 调度员培训仿真系统 (DTS)	211
第八节 电力市场及其技术支持系统 (PMOS)	214
第九节 专家系统的应用	223
复习思考题	226
第五章 配电自动化技术	228
第一节 配电管理系统 (DMS) 概述	229
第二节 馈线自动化技术 (FA)	234
第三节 变电站综合自动化与变电站无人化	263
第四节 电压/无功优化自动控制 (AVC)	273
第五节 现代电网负荷管理技术	284
第六节 配电图资地理信息系统 (AM/FM/GIS)	297
第七节 远程自动抄表系统	302
复习思考题	309
总复习思考题	310
附录	314
附录一 对地区调度所自动化功能的要求	314
附录二 配电系统自动化规划设计导则 (试行)	315
附录三 专业缩写术语便览	324
附录四 常用词汇	326
参考文献	329

第一章 电力系统运行控制及其自动化概论

第一节 电力系统运行控制的复杂性

一、电力系统运行控制的复杂性

现代社会里存在着各种各样的工业生产系统，但是没有哪一种系统能象现代电力系统这样庞大和复杂！一个规模巨大的现代电力系统往往覆盖几十万甚至几百万平方公里的辽阔国土，连接着广大城乡的每一个厂矿、机关、学校以及千家万户，它的成千上万公里的高低电压输电线路象蜘蛛网一样纵横交错，各种规模的火力、水力发电厂和变电站遍布各地有如星罗棋布，系统的各种运行参数互相影响，瞬息万变……。因而，现代电力系统已被公认为是一种最典型的具有多输入，多输出的大系统。

现代电力系统的运行控制，与其它各种工业生产系统相比，更为集中统一，也更为复杂。各种发电、变电、输电配电和用电设备，在同一瞬间，按着同一节奏，遵循着统一的规律，有条不紊地运行着。各个环节环环相接，严密和谐，不能有半点差错。电能不能象其它工业产品那样，可以储存以调剂余缺，而绝对是“以销定产”——即用即发，需用多少就发出多少。然而，大大小小的工厂和千家万户的用电设备的开开停停，却是自由而随机的。因此，电力系统的用电负荷时时刻刻都在变化着，发电、输电、变电及配电等各环节，必须紧紧跟踪用户用电负荷的变化，不断地进行控制和调整。

可以想像，这种运行控制任务有多么复杂和繁重。不仅如此，由于电力生产设备是年复一年日复一日地连续运转，有些主要环节几年才能检修一次，因此它们随时都有可能发生故障。何况还存在着风、雪、雷、雹等无法抗拒的自然灾害，更增加了发生故障的概率。

而电力系统一旦发生事故，就会在一瞬间影响到非常广大的地区，危害十分严重，必须及时地发现和排除。所有这一切，都决定了现代电力系统必须要有一个强有力的，拥有各种现代化手段，能够保证电力系统安全经济运行的指挥控制中心，这就是电力系统的调度中心。

二、电力系统有多少可调可控点

对一辆汽车，只须一个驾驶员用双手双脚就可以开走了。因为汽车的调控点仅有方向盘、离合器、油门和刹车闸等少数几个。

而对如此巨大复杂的电力系统，就决不是一个人或几个人可以控制驾驭得了的。实际上，每时每刻控制驾驭着这个巨大电力系统的，不仅有各级调度中心（所）的调度人员，还有遍布各地的发电厂和变电站的值班运行人员。他们凭借各种各样的仪表和自动化监控设备，齐心协力，严密配合，共同完成对电力系统的指挥控制。

那么，电力系统有多少可调可控点呢？这里先简要罗列一下：

- (1) 发电机组调速器（调节机组的进汽量或进水量）——调节发电机有功出力 P 。
- (2) 发电机励磁调节器（调节发电机的转子励磁电流）——调节发电机无功出力 Q 。
- (3) 变压器分接开关（改变变压器匝数比和变比）——调节变压器付边出线电压。
- (4) 断路器（控制电路的通/断）——投入/切除发电机、变压器、线路、负荷、电容器、电抗器、制动电阻；电网的解列/并网。
- (5) 调相机励磁调节器（调节调相机的转子励磁电流）——调节调相机无功出力 Q 。
- (6) 静止补偿器（调节可控硅管的导通角）——调节其无功出力 Q 。
- (7) 汽轮机组快关汽门——快速减少发电机有功出力 P ，保持系统运行稳定。
- (8) 发电机灭磁开关——快速减少发电机定子电压。

对一个大型电力系统，发电机有几百台，变压器会有上万台，而断路器则有几万台。因此，这样大型的电力系统的可调可控点可能高达数万甚至十几万个！由于电力系统是一个紧密联系在一起的大系统，所以，对其中每一点的调控都将会牵一发而动全身，必须预先经过精密计算，相互协调配合，才能达到最优的控制效果，这实在是一件非常不容易的事。只有熔计算机技术、现代通信技术和电力系统运行控制理论为一炉的电网调度自动化系统，才能胜任这么复杂的优化控制任务。

第二节 电力系统运行控制的目标及分级控制体制

一、电力系统运行控制的目标及控制自动化

电力系统运行控制的目标，就是始终保持整个电力系统的正常运行，安全经济地向所有用户提供合乎质量的电能；在电力系统发生偶然事故的时候，迅速切除故障，防止事故扩大，尽早恢复电力系统的正常运行。另外，还要使电力生产符合环境保护的要求。

简单地说，电力系统运行控制的目标可以概括为八个字：安全、优质、经济、环保。而要实现这八字目标，没有各级以现代高新技术武装起来的电网调度中心是不可能的。

（一）保证电力系统运行的安全

电力企业的职工都知道，电力生产中最常提的口号是“安全第一”。安全，就是不发生事故，这是电力企业的头等大事。因为人们都了解，电力系统一旦发生事故，其危害是非常严重的，轻者导致电气设备的损坏，使少数用户停电，给生产造成一定的损失；重者则波及到系统的广大区域，甚至引起整个电力系统的瓦解，使成千上万的用戶失去供电，使生产设备受到大规模严重破坏，甚至造成人员的伤亡，使国民经济遭受极其巨大的损失。因此，努力保证电力系统的安全运行，这是电力系统调度中心的首要任务。

电力系统发生事故既有外因也有内因。外因如狂风、暴雨、雷电、冰雪以及地震等自然灾害；内因则是电力系统本身存在着薄弱环节，如设备已有隐患，或者运行人员技术水平差操作失误等多方面因素。一般地说，多数电力系统的事故是由外因引起，又由于内部的薄弱环节或人员调控不当而扩大。

要想完全避免发生任何事故是不可能的，但在发生事故后迅速而正确地予以处理，使造成的损失降低到最低限度，这却是可以办到的。要做到这点，一方面需要电力系统本身

更加“强大”，发电能力和相应的输电、变电设备都留有足够的裕度，各种安全和自动装置非常灵敏可靠，使电力系统自身具有抵抗各种事故的能力；另一方面，也和肩负电力系统运行控制重大职责的各级调度中心的调度技术水平密切相关。

这里说的调度技术水平有两层含义：一是指调度人员本身的知识和技术水平；二是指调度中心拥有的调度装备的自动化程度。调度运行人员技术水平高，有着扎实而广博的理论知识，又有长期丰富的实践经验，在事故面前临危不乱，从容镇定，自然能够做出迅速而正确的判断和处理；但如果没有现代化的调度控制技术手段也是不行的。现代电力系统不断扩大，结构日趋复杂，监视控制所需的实时信息越来越多，仅凭人的知识、技术和经验是越来越难于应付了，只有采用由当代最新技术和设备装备起来的电网调度自动化系统，才能使调度人员真正做到统观全局，科学决策，正确指挥，保证电力系统的安全运行。

影响电力系统安全运行的因素很多，除了电网结构单薄、后备不足等属于投资和规划设计方面原因以及设备质量缺陷、维修不力等原因外，运行管理与调度指挥方面的问题也是不可忽视的。

在电力系统的实际运行中，事故的发生和发展往往与系统的运行方式有很大关系。根据我国近年来对电网稳定破坏事故的统计，其中与运行管理有关的约占72%，见表1-1。

表 1-1 与运行管理有关的电网稳定破坏事故统计

分类	运行管理方面的问题	占事故总数的百分数 (%)
静态稳定破坏	对正常或检修运行方式未进行应有的稳定计算分析，在负荷增长或受电侧发电厂减少出力时，未能控制潮流	16.6
	由于无功不足，线路长，负荷重，或将发电机自动调整励磁装置退出运行，或误减励磁造成运行电压大大下降，电压崩溃	10.5
动态稳定破坏	对发电机失磁是否会引引起稳定破坏未作出分析计算，未采取预防措施	15.7
	高低压环网运行方式考虑不当，或环网运行时未采取相应的解列措施	14.8
	未考虑严重的故障（主要是三相短路），又未能采取有效措施	5.7
	未考虑低压电网故障对稳定的影响	8.6
合 计		71.9

可见，为了保证系统安全运行，必须未雨绸缪，对运行中的系统结构和运行方式进行定期的运行预想分析，并结合安全稳定导则的规定和运行经验及具体环境条件，进行各种事故预想，并规定出一系列的事故处理方法。在运行方式的安排上，应考虑足够的旋转备用和冷备用，并且要合理分布于系统之中。除了继电保护的配置和整定外，对用于事故后防止大面积停电的各种安全自动装置（如切机、切负荷等），也应详细考虑它们之间的配置和协调。

许多事故实例表明，调度运行人员的操作失误往往是使事故扩大或延续较长时间的原因之一。虽然电力系统的自动化水平越来越高，许多厂、站还实行了无人控制，但是，自动化水平的提高并没有减弱系统调度运行人员在整个电力系统运行管理中的主导作用。高度自动化的监控系统，也需有相应文化和技术水平的运行人员去正确熟练地使用，才能充

分发挥它们的作用。在事故情况下，要求调度运行人员能够应付未能预测而突然来临的严重状态，及时作出反应并采取正确的操作步骤和控制措施，难度是相当大的。为了尽量避免调度运行人员操作失误造成系统事故，应定期对调度运行人员进行培训，特别是应采用电网调度自动化系统中的调度员仿真培训功能，对调度运行人员进行全方位、多角度的“实战”培训。

（二）保证电能符合质量标准

和其它任何产品一样，电能也有严格的质量标准，即频率、电压和波形三项指标。

1. 波形

发电机发出电压的波形是正弦波。由于电力系统中各种电气设备在设计时都已充分考虑了波形问题，在一般情况下，用户得到的电压波形也是正弦波。如果波形不是正弦波，其中就会包含许多种高次谐波成分，这对许多电子设备会有很大的不良影响，对通信线路也会造成干扰，还会降低电动机的效率，导致异常发热并影响正常运行。甚至还可能使电力系统发生危险的高次谐波谐振，使电气设备遭到严重破坏。现代电力系统中加入了许多大功率电力电子设备，如整流、逆变等环节，都会使波形发生畸变，是产生谐波的“源”。为此，今后要加强对波形的自动监测并采取有效的自动化消除谐波措施。

2. 频率

频率是电能质量标准中要求最严格的一项。频率允许的波动范围在我国是 $50 \pm 0.2 \text{ Hz}$ （有的国家是 $\pm 0.1 \text{ Hz}$ ）。使频率稳定的关键是保证电力系统有功功率的供求数量时时刻刻都要平衡。前已说过，负荷是随时变动的，因此，只有让发电厂的有功出力时时刻刻跟踪负荷的有功功率，随其变动而变动。以前，调频电厂值班员看到频率表指示下降之后，再手按增负荷按钮来增加发电机有功出力。那样的时代早已过去了，现在电力系统调频过程是由自动装置自动进行的。但是负荷如果突然发生了大幅度的变化，超出了自动调频的可调范围，频率还会有较大变化。例如负荷突然增加许多，系统中全部旋转备用的容量都已用上还不够时，频率仍会下降。这时就只好切除部分负荷。为此，调度中心总是预先进行负荷预测，安排好第二天的开机计划和系统运行方式，以避免上述情况的发生。负荷预测得准不准，日发电计划安排得合适不合适，对系统频率能否稳定有决定性的影响。总之，要始终保持系统频率合格，必须依赖一整套自动化的频率调节控制系统。

3. 电压

电压允许变动的范围一般是额定电压 $\pm 5\%$ 左右。使电压稳定的关键在于系统中无功功率的供需平衡，并且最好是在系统的各个局部就地平衡，以减少大量无功功率在线路上传输。具体的调压措施有发电机的励磁调节，调相机和静止补偿器的调节，有载调压变压器的分接头调节以及并联补偿电容器组的投切等。现在这些调压措施有些已经是自动进行的，有些则是按调度人员的命令由各现场值班运行人员操作调节的。现代电力系统也必须有一整套自动化的无功/电压调控系统，才能满足各行各业对电压稳定越来越高的要求。

（三）保证电力系统运行的经济性

电力系统运行控制的目标，除了首要关注的安全问题和电能质量问题外，还要尽可能地降低发电成本，减少网络传输损失，全面地提高整个电力系统运行的经济性。对于已经

投入运行的电力系统，其运行经济性完全取决于系统的调度方案。要在保证系统必要的安全水平的前提下，合理地安排备用容量的组合和分布，综合考虑各发电机组的性能和效率，火电厂的燃料种类或水电厂的蓄水水位情况，以及各发电厂距离负荷中心的远近等多方面因素，计算并选择出一个经济性能最好的调度方案。按着此最优方案运行，将会使全系统的燃料消耗（或者发电成本）最低。但是此最优方案并不是一劳永逸的，因为它是根据某一时刻的负荷分布计算出来的，而负荷又是随时处在变化之中，所以每隔几分钟就需要重新计算新的最优方案，这样才能使系统运行始终处于最优状态。这种计算实时性强，涉及的因素多，计算量很大。显而易见，采用人工计算是无法胜任的，必须依靠功能强大的计算机系统。

（四）保证符合环境保护要求

能源和环境是人类赖以生存和发展的基本条件。电力是现代社会不可或缺的最重要能源，同时，电力的生产又对环境产生很大的影响。目前全球性的四大公害——大气烟尘、酸雨、气候变暖（温室效应）、臭氧层破坏，都与能源生产和利用方式直接相关，当然也与电力生产过程密切相关。因此，符合环境保护的要求，也应是电力系统运行控制的目标之一。1997年我国年排放烟尘达1873万t，其中燃煤占70%。大气中SO₂（酸雨的原因）的87%来自于煤的燃烧。在引起温室效应的主要因素——CO₂的排放量中，燃煤排放的占75%左右。此外，燃煤排放物中还有微量的多环芳香烃、二恶英等致癌物质。

要想解决火电厂燃煤所带来的环境问题，必须采用先进的洁净煤技术、粉尘净化控制技术、烟气脱硫技术以及生物能源技术等一系列高新技术。从运行调度的角度来说，在发电任务的分配上，向水电厂倾斜，向燃烧低硫煤或有烟气脱硫装置的电厂倾斜，向单位煤耗低、效率高的大机组倾斜，都显然有助于减少污染，改善环境。同时，“节能即环保”：一切旨在降低网损，节约电能的优化运行方式，也都能减少污染，有利于改善环境。

在环保方面，电力系统调度也同样肩负着重要的责任。采用先进的调度自动化系统，开发加入环境指标的优化运行高级应用程序，一定可以为保护人类环境作出贡献。

二、我国电网调度体系及各级电网调度的分级控制任务

由于电力系统的庞大和分布地域的辽阔，仅靠一个中央调度中心来集中统一控制指挥是不行的。必须划分若干层次，进行分级控制和管理。

根据我国电力系统的实际情况，目前电网调度是分为国家级电网调度、大区级电网调度、省级电网调度、地（市）级电网调度和县级电网调度五级。各级调度中心的分工情况如下。

（一）国家电网调度（国调）

国家调度中心通过计算机数据通信网与各大区电网调度中心相连，协调和确定大区电网间的联络线潮流和运行方式，监视、统计和分析全国电网运行情况。国调具体的任务包括：

（1）在线收集各大区电网和有关省网的信息，监视大区电网的重要测点工况及全国电网运行概况，并作统计分析和生产报表。

（2）进行大区互联系统的潮流、稳定、短路电流及经济运行计算，通过计算机数据通信校核计算结果的正确性，并向下传送。

(3) 处理有关信息，作中、长期安全经济运行分析，并提出对策。

(二) 大区电网调度 (网调)

大区网调按统一调度分级管理的原则，负责超高压电网的安全运行并按规定的发用电计划及监控原则进行管理，提高电能质量和经济运行水平。网调的具体任务包括：

(1) 实现电网的数据收集和监控，经济调度以及有实用效益的安全分析。

(2) 进行负荷预计，制定开停机计划和水火电经济调度的日分配计划，进行闭环（或开环指导）自动发电控制，保持系统的频率稳定。

(3) 省（市）间和有关大区电网间供受电量的计算编制和分析。

(4) 进行潮流、稳定、短路电流及离线或在线的经济运行分析计算，通过计算机数据通信校核各种分析计算的正确性，并上报、下传。

(5) 进行大区电网继电保护定值计算及其调整试验。

(6) 大区电网中系统性事故的处理。

(7) 大区电网系统性的检修计划安排。

(8) 统计、报表及其它业务。

(三) 省级电网调度 (省调)

省级电网调度按统一调度，分级管理的原则，负责省网的安全运行并按照规定发电计划及监控原则进行管理，提高电能质量和经济运行水平。省调的具体任务包括：

(1) 实现电网的数据收集和监控，经济调度以及有实用效益的安全分析。

(2) 进行负荷预计，制定开停机计划和水火电经济调度的日分配计划，进行闭环（或开环指导）自动发电控制，保持系统的频率稳定。

(3) 地区间和有关省网间供受电量计划的编制和分析。

(4) 进行潮流、稳定、短路电流及离线或在线的经济运行分析计算，通过计算机数据通信校核各种分析计算的正确性，并上报、下传。

(5) 进行省网内继电保护定值计算及其调整试验。

(6) 省网内重大事故的处理。

(7) 省网内的设备检修计划安排。

(8) 统计、报表及其它业务。

(四) 地（市）级电网调度 (地调)

对容量大、地域广、站点多且分散的地区电网调度，除少量站点可直接监控外，宜采用由若干个集控站将周围站点信息汇集、处理后再送地区调度的方式，避免信息过于集中和处理困难，并有利于节省通道，简化远动制式，促进无人站的实施。地调的具体任务包括：

(1) 实现对所辖地区电网的数据采集和安全监控。

(2) 实施所辖有关站点（直接站点和集控站点）开关远方操作，按用户或电网自身需要调控潮流分布；调节有载调压变压器分接头、控制补偿电容器投切，保持所辖站点电压的合格和稳定。

(3) 对所辖地区的用电进行负荷管理及负荷控制等。

(五) 县级电网调度 (县调)

县级电网调度主要监控 110kV 及以下农村电网的运行, 其工作任务与上述的几级调度相比似乎简单些, 但又增加了电压控制和负荷控制等新的内容。

以上各级调度之间要逐步联成网络实现计算机数据通信, 构成对电力系统的运行实行实时分层控制的电网调度自动化系统。

我国现在已实行厂、网分开, 竞价上网和市场化取向的电力体制改革, 相应地, 电网调度的体制和各级调度的具体任务也将随之发生新的变化。

三、各级电网调度的日常基本工作

根据电力生产的基本程序和电网调度的工作任务, 电网调度的几项日常基本工作如下。

(一) 预测负荷

电力系统调度管理的首要任务, 是充分利用设备能力来满足用户用电负荷的需要, 而负荷预测则是编制电力系统运行方式的基础。

要求预测年、季、月、日的最大最小负荷。日负荷预测是最基本的工作。日负荷预测应分 24h 编制, 作出日负荷阶梯曲线, 并要考虑天气、节日、电视节目等各种因素对负荷的影响。家用电器的发展对负荷的影响也是显著的。另外调度要考虑到季节的变化, 人民生活和生产活动的规律, 来做好负荷预测。要求最大负荷的误差不超过 1%~2%。准确的负荷预测以及据此作出的发电计划, 是保证电力系统频率合格的关键。

电力系统实际负荷随时都在变化, 形成一条无规则曲线。虽然变化无常, 但根据历史记录和负荷分析, 仍有以下一些规律可循。

1. 随季节性而变化

我国北方各电网, 夏季负荷要低一些, 年末负荷比年初增长约 10%。但南方各电网, 由于夏季温度高, 空调负荷大, 加上防汛灌溉, 夏季最大负荷要比冬季高出 20% 甚至更多。

2. 随生产性质而变化

化工、冶炼等属连续性生产, 负荷稳定, 除夏天安排检修外, 变化不大, 日负荷率接近 100%; 加工工业三班制, 除交接班负荷较轻外, 比较均衡; 一班制的负荷集中在白天, 一般在上午 10 时左右形成高峰负荷。

3. 随天气情况而变化

阴天下雨, 办公室白天的照明增加, 系统负荷要增加 1% 以上。暴风雨时, 露天煤矿负荷马上下降, 而雨停后需排水, 负荷上升更多。农业负荷, 随雨水情况变化, 或排或灌, 一个省的用电量可相差几亿千瓦时之多。

4. 随作息时间而变化

深夜是全日负荷的低谷, 中午下班时也会出现马鞍形的低负荷情况。而傍晚时家家大放光明, 灯负荷增加很快, 可达 30%, 形成一日的最大高峰负荷。

星期日一般比正常工作日低 1%~2%; 春节时负荷最轻, 要下降 20% 以上。精彩的电视节目和球赛实况, 对用电负荷也有影响, 随着电视机的普及, 这一因素已不可忽视 (华北电网已达 10 万 kW 以上)。

负荷预测的主要依据是实际负荷的历史记录，以小时电量和实际有功负荷曲线表示，一般采用回归分析法定出年、季、月、日的负荷预计。在预测负荷时，要考虑各种因素及其规律，并根据国民经济的增长速度进行修正。

编制负荷曲线，要根据实际经验和实用要求选择点数，一般日负荷曲线以每小时或每半小时为一点，必要时在高峰负荷来到前的一小时内取 10~15min 为一点，以便准备调峰容量。年负荷曲线可由 52 个周最大负荷或 12 个月最大负荷组成，月负荷曲线可采用 30 个每日最大负荷组成，这些曲线用于统筹电源建设和设备检修。

(二) 编制电力系统的运行方式

电力系统运行方式的编制可分年、季、月、周、日和节假日等正常运行方式，以及事故、检修、试验等特殊运行方式，主要内容有以下几方面。

1. 制定发电计划

对发电计划的基本要求如下：

(1) 要满足最大负荷的要求。

(2) 要留有调频和调峰容量，以及事故备用容量。

(3) 要合理利用水能，按防洪、灌溉、航运等要求所规定的控制水位和流量要求安排水电。

(4) 要按经济原则制定开停机计划和机组间的负荷分配，并按安全分析结果进行修正。

(5) 按最低负荷需要确定机组低负荷的运行方式，诸如：滑参数起停、无蒸汽运行等。

编制发电计划的基础资料，除预测负荷曲线外，还有发电设备的最大可能出力（计及新设备投入并扣除退役设备）、系统可调出力和系统备用容量，且

$$\text{系统最大可能出力} = \text{铭牌出力} - \text{影响出力}$$

影响发电设备实际出力有多种原因，诸如设备缺陷、设备不配套、夏天汽机真空度降低、水电厂水头降低等因素，且

$$\text{系统可调出力} = \text{系统最大可能出力} - \text{设备检修容量}$$

可调出力应当大于系统最大负荷，即

$$\text{系统备用容量} = \text{系统可调出力} - \text{系统实际负荷}$$

在高峰负荷时系统备用容量一般应为 2%~3%。因此，在编制发电计划时，需按负荷预计对可调出力、检修容量、备用容量进行仔细核算。根据预测负荷，编制发电计划，并确定机组的检修和备用方式。发电计划中要考虑经济运行。特别是日计划（即次日的计划），一般是当日 12 时以前做好，下午将计划发出。发电计划是包括次日从 0 时开始一直到 24 时安排的阶梯曲线，具体规定了哪些机组带基本负荷，哪些用来调峰，哪些用来备用。另外还要计算经济调度方式，水电应发多少，火电应发多少。一般来说，丰水季节要多发水电，而火电应少发和用于调峰。

2. 制定检修安排

发、输、变电设备的检修进度安排是电力系统运行方式编制中一项最艰巨的工作，关系到电网的电源负荷平衡，接线的改变，燃料的分配，对安全影响等等。并且，电网运行