

电力行业管理与执法实务全书

# 电力安全管理 (二十九)

卢炳瑞 主编

中国言实出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

电力行业管理与执法实务全书/卢炳瑞主编.

—北京:中国言实出版社,2004.9

ISBN 7-80128-321-6

I. 电…

II. 卢…

III. 电力工业—法规—中国—汇编

IV. F407.616

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 103281 号

中国言实出版社出版发行

(北京市西城区府右街 2 号 邮政编码 100017)

中铁十六局印刷厂

787×1092 32 499.125 印张

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1~1 000 册

定价: 2560.00 元(本卷 16.00 元)

# 目 录

◎提供“绿色电力”，加快西部开发 .....	1
◎继电保护技术发展展望 .....	19
◎数字电力系统(DPS)——21 世纪的电力信息化 .....	30
◎风沙电场及其对沙粒跃移运动的影响 .....	42
◎电力如何先行 .....	44
◎联合循环发电制气工艺的介绍 .....	46
◎共同计价市场可打破国家电力公司之垄断 ——以英国电力市场为例 .....	50
◎从三峡想到了二滩——对促进我国电力消费的思考 ...	59
◎电价制订方法及长期边际成本理论 .....	63
◎加州黑暗中反思路径 .....	73
◎加州电力危机告诉我们什么? .....	84
◎应对加入 WTO 中国电力通信要创新机制加速 改革与发展 .....	88
◎跨区送电要打破地区壁垒——访国家发展计 划委员会副主任汪洋 .....	113
◎走出西部电功发展的新路子 .....	120
◎二滩水电站为何陷入困境 .....	132
◎关于生产经营单位主要负责人、安全生产管理 人员及其他从业人员安全生产培训考核工作的意见 ...	142

◎华能集团出台安全生产新规定 .....	151
◎美加大停电北京攻略“黑启动”走向前台 .....	151
◎赵铁锤在青检查安全工作时要求切实健全安全 生产责任体系 .....	152
安全生产形势仍然严峻特别重大事故呈上升趋势 .....	154
◎全国安全生产形势依然严峻前 8 个月共发生特 重特大事故 90 起 .....	155
◎中国如何应对“停电危机” .....	157
◎七月份以来煤矿重特大事故多发，国办紧急通 知要求切实采取措施 .....	160
◎超能力盲目冒险生产是我国煤矿安全的隐患 .....	163
◎中电投高度重视停电事故研究部署安全生产工作 .....	164
◎美加停电引起我国电力行业高度关注 .....	166
◎能源部长表示将对停电事故进行彻底调查 .....	170
◎中电投集团公司要求认真吸取事故教训进一步 做好安全生产工作 .....	170
◎深圳西部电力公司 6 号机组提前竣工深能集团 装机达到 385 万千瓦 .....	172
◎山西出台重大事故隐患监管办法 .....	173
◎上海大面积拉闸限电电力紧缺应急措施难以奏效 .....	174
◎连城电厂二期工程完成投资 2 亿元 .....	175
◎安全生产违法行为行政处罚办法 .....	176

## ◎提供“绿色电力”，加快西部开发

即将到来的 21 世纪充满机遇和挑战:信息技术、生物技术、材料技术的迅速发展给人们带来兴奋与惊喜;人口爆炸、环境污染、水资源短缺让人们恐惧与忧虑。世界经济一体化,使我们进入全球范围的“竞技场”;实施西部开发、实现中国强盛,为中华民族立于世界民族之林,创造良好的推动力——西部大开发,电力要先行,为西部提供高效、清洁的“绿色电力”;是电力工作者的神圣使命。

### 1、西部开发对电力工业的新需求:

1.1 加大一次能源向电力的转化比例,是高效、洁净利用能源的佳径:

西部地区有丰富的煤炭、水力及天然气资源,人均能源的占有量占全国第一位。1990 年全国煤炭探明储量 9700 多亿吨,西部(12 省、自治区、直辖市)占 59.6%;、1980 年探明全国水力资源理论蕴藏量为 6.8 亿多 Kw,西部地区占 86.0%,仅西部省区几大流域就占 70%以上;1998。年西部地区已探明天然气储量占全国陆上天然气的 80%。从内蒙和晋陕宁,经新疆、青芷到云贵、川甘,形成一次能源极富和富裕的弧形地带,这是西部开发的重要保证。众所周知,用户处的各类终端能源中电是最洁净、最有利于环保、能源

利用效率最高的能源形式，但西部电力发展并不快，人均发电装机仅 0.1778kw，人均占有发电量 714kwh，并且小火电机组较多。到 1999 年末，全国火电 100Mw、水电 40Mw 及以上大机组装机容量中，西部地区不到 20%，因此，加大一次能源向电的转化比例，大力发展电力工业，将是西部经济可持续发展的保证。

1.2 广阔的西部地区是新能源、可再生能源发挥作用的最佳舞台：

西部地区国土面积 540 万 km<sup>2</sup>，占全国陆地而招的 57%，总人口 2.85 亿，占全国的 23%。地域广、人口密度小、交通不便，使长距离输电困难和不经济。西部地区有丰富的可再生能源：如太阳能；我国每年陆地接收的太阳能辐射总量相当于 24000 亿吨标准煤，西部地区地势高（青芷高原海拔平均 4000m 以上）、日照长（有的地方可达 3000 小时以上），“家家头顶有太阳”；此外风能、地热能、生物质能等，十分适合做分散电源的能源。用特别丰富的水能资源发电更是“西电东送”的主力军。

1.3 发展节水型电力，打通发展西部的第一瓶颈——水资源短缺：

1997 年我国人均水资源量为 2200m<sup>3</sup>，为世界平

均值的 1 比占世界第 87 位。2030 年我国人口将达 16 亿多，届时人均水资源格减少到 1760m<sup>3</sup>，我国西部与北方水资源尤其贫乏，河流断流、土地沙漠化、水资源利用率低。著名水利专家张光斗院士讲：水多（洪水多）、水少（淡水少）、水脏是制约我国可持续发展的关键问题之一。因此节约水资源，提高水的利用率，发展“节水型电力”；将是西部发展电力的一大特点：

1.4 在全国资源优化配置的战略中，西部地区应发挥绿色电力基地、“能源之源”的作用：

全国电力系统联网，实施“西电东运”、“西气东输”；实现全国范围内资源优化配置，是我国经济可持续发展的能源战略方针。因此发展西部电力，即开发了西部，又支持了全国的经济的发展，是我国经济发展的“双赢”战略。

近几年多次发生的沙尘暴惊醒了人们，其他国家先发展经济后治理环境的教训告诫了我们，人类与环境协调发展是可持续发展的保证，我国在实施西部大开发战略时，要做到发展与环境协调、富强与美丽共存。

西部大开发要求电力工作者大力发展高效、洁净、节资源的“绿色电力”。

2、高放火力发电技术：

提高发电效率即节约能源，又减少污染、降低产品成本，是新建火电机组、改造在运发电机组的头等大事。

主要的高效火力发电技术有：

### 2.1 超临界参数的大容量火电机组：

基于卡诺循环的火力发电循环效率，随初参数提高、终参数降低而提高。在材料工业、自动控制等技术迅速发展的条件下，为提高热效率，各国都积极采用超临界参数(SC)的大容量火电机组。自 1957 年第一台试验性超临界参数 (31MPa，621/566/566℃)125MW 机组在美国投运以来，到 90 年代初，仅美、日、苏、德、意、丹麦六个国家，就投运了 500 多台超临界超监，最大单机容量为 1300 Mw(美国)，最高效率 45.3%(丹麦 VEH 电厂)，最长连续运行 607 天(美国蒙太尔电厂 1300Mw 机组)。超临界机组的相对热效率平均改善约 2.5%，可靠性不逊于亚临界机组，是成熟的商业化发电技术。

在此基础上、技术进步的脚步又迈进高效超临界(超超临界 USC)机组的领域。1998 年投运的丹麦 NY 电厂 3 号机(28.5MPa，556a/580/580℃)，由于采用一系列合理利用能源的新技术，加之海水循环水温度低，其凝汽运行时热效率为 47%，最大抽汽运行时为

90%。世界上还将研究更高参数的火力发电机组，预计到 2015 年，futureII 目标(400bar,700/720℃)实现时，热效率将达 52~55%。

我国已投入运行和在建的 SC 机组有 6000MW，都是进口机组，分布在东部沿海地区。希望在向西部大开发的进军中，特有 SC 或 USC 机组扎根西部地区。

## 2.2 蒸汽-燃气联合循环机组(CC 机组)

联合循环是把在中低温区工作的蒸汽轮机的郎肯循环和在高温区工作的燃气轮机的布雷登循环叠置，组成总能系统循环。由于实现了高温燃气热能的梯级利用，使总的循环效率很高。伴随材料、制造技术的进步，燃气初温、单机容量、压缩机效率都逐步提高，目前，燃气轮机简单循环效率可达 38~39.5%，单机功率超过 300MW，再加上先进的蒸汽轮机，使联合循环发电效率已超过 60%。

联合循环有热效率高、环保性能好、运行启停灵活、单位容量投资较低、可分阶段建设、建设周期短及节约用水等优点，各国政府都鼓励发展联合循环发电。我国也计划利用自西东输的天然气，建设联合循环电站。

利用该技术，也可对在运的火电蒸汽轮机机组进行改造(CC~Repowering)，以达到提效增容的目的。

增加的燃气轮机的排气，可以通入余热锅炉产生蒸气发电；或用于加热给水，减少回热抽气；也可用作锅炉燃烧用的供风(排气中含 O<sub>2</sub> 约 11~13%)。对中、小机纪改造可用前两者，改造大型机纽可用后者。

西部地区有丰富的天然气资源，可考虑在统筹规划后，新建或改造联合据环机组。

### 2.3 多联产发电技术:

表明能量作功特性的有两个热力参数:焓和熵。焓表示能的数量，必馈示能的能级。焓值相同的热量，其温度越高则焓大，表示其能级越高，作功能力越强。对某种能源(如燃料)，从其高能级的状态起，顺序地按不同目的利用不同能级形式的能，形成“高质高用、低质低用、梯级使用、综合利用”的总能利用系统，可达到能源在总体上利用效率最佳。联合循环和多联产技术，都是总能利用系统的实例。

#### 2.3.1 热电联产:

火电机组在用高温高压蒸汽发电的同时，用中低参数的抽汽或排汽，去供汽或供暖，形成热电联产。由于实现了热能的梯级利用，其总的能源利用率为 70~80%；如果联合循环用于热电联产，则总的能源利用率可达 80~90%。我国有 50 万台工业梯炉，如其供热量的一半由热电联产供给，则每年可节煤约

1.2 亿吨。

### 2.3.2 热电冷三联产:

指在热电联产基础上,用蒸汽带动吸收式制冷机制冷,供冷水或空调;也可用电力带动压缩式制冷机制冷;或用电力带动热泵,把不易被利用的低温热源提升温度后用于供热,并在逆向循环中用于制冷;从而实现热电冷三联产。其流程图见图 1

热电冷三联产可提高能源利用率、增加热电联产机组运行小时、改善生活和城市景观,近些年来,得到各国的青睐。

### 2.3.3 热电煤气三联产:

煤中挥发份和部分固定碳受热后气化,产生煤气供民用;焦炭燃烧后产生蒸汽,用于热电联产;这是煤的化学能和燃烧热能梯级利用的例子,是煤炭综合利用的较好方式。以上几种多联产技术,可以结合实际,因地制宜地予以采用。

## 3、洁净煤发电技术(CCT):

CCT 指的是在利用煤炭发挥一次能源最大作用的同时,污染环境的气、液、固态排放量最少;也可定义为减少污染、提高效率的煤炭开采、加工、运输、转化、燃烧、污染控制和综合利用等技术的总称。它是以三 E 为目标(经济 economics, 环境 Enviroment,

效率 Efficiency), 是先进、清洁的“绿色煤电”。具体内涵为煤燃烧前的清洁加工, 燃烧中的清洁燃烧、燃烧后的清洁处理。煤的清洁燃烧主要指流化床燃烧技术(FBC)和煤整体气化蒸汽燃气联合循环发电技术(IGCC)。

### 3.1 流化床燃烧技术(FBC)

按燃烧室运行压力的不同, FBC 分为常压流化床 AFBC 和增压流化床 PFBC; 按流化速度和床料流化状态, 可分为鼓泡床 BFBC 和循环流化床 CFBC; PFBC 与联合循环配合, 组成 PFBC~CC。

流化床燃烧方式的特点是:

1. 清洁燃烧: 脱硫率可达 80~95%, NO<sub>x</sub> 排放可减少 50%;

2. 燃料适应性强, 特别适合中、低硫煤;

3. 燃烧效率高, 可达 95~99%;

4. 负荷适应性好; 负荷调节范围 30~100%, 调节速度 5~10%/min;

5. PFBC 还有运行自适应能力强、电站效率高、占地少、节水等优点。

自六十年代初, 第一台 FBC 锅炉在美国投运以来, FBC 技术发展很快, 已投运的最大 CFBC 在法国, 锅炉出力 900t/h 配 250MW 机组, 计划到 2000 年投

运 600MWCFBC 机组；PFBC 最大为 P800(360MW) 装于日本，即将投运。我国最大 CFBC 机组 100MW 装在四川，拟再建 300MW 的 CFBC 机组，辽宁和江苏省拟安装 P200 机组(100MWPFB)。目前 FBC 技术的发展方向是 CFBC 的大型化及第二代 PFBC。

我国在城市电站的新建与改造、燃用低质煤与特种燃料、生物质燃料时，以及在缺水地区，可考虑优先采用 FBC 技术。

3.2 煤整体气化蒸汽燃气联合循环发电技术 (IGCC):

IGCC 与 2.2 节的区别仅在于是以煤气化产生的煤气代替燃油或天然气。由于在气化工艺中，煤气经过净化，把灰份，含硫化合物等杂质去掉了，从而达到了燃煤清洁发电的目的，1984 年投运的美国加州冷水电站，被誉为“世界上最清洁的燃煤电站”。现在全世界已建、在建和拟建的 IGCC 电站近 30 套，最大的为美国 440MW 机组，计划或可研中最大容量为德国 900MW 和前苏联 1000MW。由于 IGCC 有煤清洁燃烧发电特点，我国把它列入 21 世纪 CCT 计划中，拟在山东烟台电厂建设一台容量为 300MW ~ 400MW 的示范机组，以积累经验，并在国产化的过程中；逐步推广。

IGCC 主要的优点是:

1.热效率高:目前, IGCC 效率已达 43~46%, 计划 2010 年可达到 50%;

2.环保性能好:脱硫率 98~99% 以上, NO<sub>x</sub> 排放同天然气, CO<sub>2</sub> 排放也减少;

3.燃料适应性强, 对高硫煤有独特的适应性;

4.可用于对燃油联合循环机组及老的燃煤电厂的改造, 达到提高效率, 改善环保、延长寿命的多重目的。

IGCC 的关键技术主要有:

1.先进的煤气化工艺;

2.高温烟气净化;

3.燃气输轮大型化及国产化。

综上所述, 大力发展超临界和高效超临界机组、发展大型 FBC 机组, 引进示范机组并逐步国产化 PFBC~CC 和 IGCC 机组; 是下世纪清洁利用煤炭实施“绿色电力”工程的主要发电方式。

4、节水型发电技术

西部开发关键在水, 发展节水型发电技术, 成为西部基础建设之一——发展电力的关键环节。凡是提高效率者均可节水, 联合循环、PFBC、干法除灰、提高循环水浓缩倍率、水资源的综合利用等都是成熟

的节水发电技术，本节重点介绍空冷机组和活性焦炭脱硫技术。

#### 4.1 交冷机组:

我国在运火电机组平均耗水率  $1\text{m}^3/\text{GW}\cdot\text{s}$ ，300MW 及以上机组为  $0.9\text{m}^3/\text{GW}\cdot\text{s}$ ，大大高于发达国家  $0.7\text{m}^3/\text{GW}\cdot\text{s}$  的水平。除采用干除灰、水资源综合重复使用、以“水贵如油”的思想加强管理外，节约占全厂用水量  $2/3$  的循环水冷却塔用水，即采用空冷机组，减少冷却塔的蒸发损失和风吹损失，对多煤少水的西部地区，是较好的选择。

1938 年世界第一台直接空冷的 2.3MW 机级在德国普尔工业区自备电站投产以来，其应用范围不断扩大，目前已运行的直接空冷机组超过 800 台，最大的直接空冷机组为 665Mw，最大表面式凝汽器间接空冷机组为 686Mw。我国自 1987 年第一台表面式冷凝的间接空冷 200MW 机组在大同第二电厂投运以来，到 1995 年底，有八台 200MV7 空冷机组投运。

空冷和常规循环水冷却机组(湿冷)主要指标。

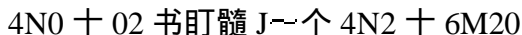
如果把空冷技术和干除灰结合，并辅之以雨水回收系统及排水回收再利用系统，那么西北电力发展的“缺水瓶颈”就会变通达。

#### 4.2 活性焦炭(AC)干式脱硫技术

国家电力公司陆廷昌付总经理在今年7月8日召开的国家电力公司火电厂大气污染防治战略研讨会上讲：“近期防治重点是二氧化硫，兼顾氮氧化物的治理，同时进一步抓好粉尘治理。”据此指示精神，搞好脱硫系列技术，以适合于不同地区、不同类型电厂之需是当前电力工业工作重点之一，本节介绍的活性焦炭脱硫技术，就是适合缺水地区，并且  $SO_x$ 、 $NO_2$  兼治的优选技术。

该技术是把活性炭的吸附  $SO_2$  性质用于排烟脱硫工艺。其流程见图 2 锅炉排烟被引入充填 AC 的吸收塔中，塔内有上下两层移动层。下层为脱硫层， $SO_x$  以硫酸形态吸附在 AC 的小孔丸上层为脱硝层，还原分解  $NO_x$ ；同时还可除尘，出口含尘量  $10\sim 30mg/m^3$

在吸收塔内反应为：



在再生塔内，吸附了  $H_2SO_4$  的 AC 被加热到  $350\sim 500^\circ C$ ，吸附的  $H_2SO_4$  以  $SO_2$  形态放出，再生的 AC 被冷却和筛分后，返回吸收塔。

在再生塔中被分离出气体中，含有浓度为  $20\sim 25\%$  的  $SO_2$  被送到产品回收装置，根据需要可制取单体 S、 $H_2SO_4$  或液态  $SO_2$ 。

AC 法处理锅炉排烟的主要优点为:

- 1.同时脱硫、脱硝、除尘,且有较高的脱除率;
- 2.节水,几乎不需要生产工艺用水;
- 3.副产品有较高的商品价值;
- 4.装置简单,占地及投资少,运行费用也低。

该工艺的关键为制造比表面积大、吸附能力强、不易破碎和低价位的 AC。20 年前,法国和日本开始研究该技术。在日本松岛电厂及竹原电厂进行实机试验后,目前已用于竹原 2 号 350Mw 流化床机组的脱硝(1990 年切雷)和矾子新 1 号 600Mw 燃煤机组(2001 年 7 月投运)。

AC 脱硫技术将给节水环保型大容量火电机组带来可选择的技术方案。

#### 5、系列脱硫新技术:

我国以煤炭为主要一次能源,煤炭在作为国民经济发展的动力源同时,又是经济可持续发展的污染源。产生的污染物有气体( $\text{SO}_x$ 、 $\text{NO}_x$ 、 $\text{CO}_2$  等)、液体(温排水排水)、固体(灰渣、粉尘、重金属等)三种形态;当前,污染物中危害之首要数  $\text{SO}_x$  了。2000 年我国预计因酸雨沉降造成的经济损失将达到 1764.2 亿元。

我国地大条件异,各地区、各企业对污染治理有