

火电厂生产人员必读丛书

HUODIANCHANG SHENGCHAN RENYUAN BIDU CONGSHU

化学运行

本书编委会



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

火电厂生产人员必读丛书

HUODIANCIANG SHENGCHAN RENYUAN BIDU CONGSHU

化学运行

本书编委会



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

图书在版编目 (CIP) 数据

化学运行/《化学运行》编委会编. —北京: 中国电力出版社, 2009

(火电厂生产人员必读丛书)

ISBN 978-7-5083-8697-3

I. 化… II. 化… III. 火电厂—电厂化学 IV. TM621.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 054060 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京盛通股份印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 8 月第一版 2009 年 8 月北京第一次印刷

880 毫米×1230 毫米 64 开本 8.1875 印张 321 千字

印数 0001—3000 册 定价 28.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

内 容 提 要

为满足火电厂生产技术人员日常工作需要，依据《中华人民共和国职业技能鉴定规范·电力行业》和相关规程标准的规定，并结合火电厂生产实际的需要，特组织编写了《火电厂生产人员必读丛书》。本丛书以简明扼要的形式对火电厂生产人员必备的知识和技能要求予以精炼，以便技术人员在工作中学习、查阅。本丛书按专业进行分册，从汽轮机、锅炉、电气、热工、集控、化学、环保等方面较系统、完整地介绍了火力发电厂运行、维护、检修等方面的内容，突出面向生产、面向实际、提高岗位技能的特点。

本丛书的作者大都是来自生产一线的生产技术人员，他们具有多年的生产经验，有较好的理论基础。

本书是《火电厂生产人员必读丛书》之一，主要包括化学专业基础知识，电厂化学常用仪表，化学水处理，化学试验，电厂污水处理，EDI 技术等内容。

本丛书既可供从事火力发电厂运行、维护、检修工作的技术人员使用，也可供火电厂管理人员和高等院校相关专业师生参考。



火电厂生产人员必读丛书

化 学 运 行

本书编委会

主 编 刘洪升

副主编 王永生 阎新霞 雷建平

高 森 沈陆忠 李建服

李秋禾 杨水萍

前 言

改革开放以来,我国经济进入高速、稳定、健康发展的轨道。作为现代经济发展和社会进步的重要支柱和标志,电力工业从20世纪50年代开始得到了蓬勃发展。截至2007年底,全国发电装机容量已达6.22亿kW,居世界第二位。强大的电力供应已成为我国经济腾飞、人民生活水平和综合国力迅速提高的可靠保障和重要基础。

随着我国电力工业的发展,电力技术也有了巨大的进步,新能源和各种洁净煤发电技术正在加快步伐发展,各种新技术、新材料、新工艺,正在得到广泛的应用,21世纪,中国电力工业正以一个崭新的面貌出现在全世界面前。

《火电厂生产人员必读丛书》就是在这种背景下组织编写的,是专供一线生产人员学习、使用的一套丛书。本丛书的作者大都是来自生产一线的工程技术人员,初审稿者也是来自生产一线的工程技术人员和有多年生产经验的技术人员,终审稿者是来自国内科研院所的知名专家。本套丛书可以说是“来自一线、服务一线”,是最了解生产情况和学习需求的一线技术人员写给一线生产人员的一套丛书。

本套丛书共12个分册,分别是《锅炉运行》、《汽轮机运行》、《电气运行》、《化学运行》、《集控运行》、

《燃料运行与检修》、《热工控制》、《锅炉检修》、《汽轮机检修》、《电气检修》、《化学检修》和《环境保护》，基本涵盖了火电厂生产的各技术层面。

本丛书内容简洁，便于查阅，外形小巧，便于携带，希望满足读者可随时查阅的需求，希望在读者需要某些专业知识的时候，可以方便地拿出来，并快捷地找到所需要的内容。

本丛书在编写过程中力求资料全面、权威，但由于国内发电机组形式多样，容量、压力等级差异较大，难以做到完全覆盖，只能以技术先进、代表发展方向的600MW机组为主，兼顾小容量的热电机组。

本套丛书各分册章节安排是：第一章基础知识，介绍本专业的基本概念、技能、设备原理等专业知识；中间章节是生产实务，其中运行各分册是运行操作调整和故障异常及处理，检修各分册是各部分设备检修和典型故障诊断与处理；最后一章是安全生产管理和新技术应用拓展。各分册在编写过程中，尽量追求通俗易懂、编写风格统一，并突出面向生产、面向实际、提高岗位技能的特点。

本书由石家庄永泰电力培训中心组织编写，编写过程中得到了各企业、科研院所、仿真中心、电力建设单位的专家、专业技术人员及具有丰富生产经验的生产人员的大力支持，在此一并表示诚挚的谢意。

本书编委会

2009年4月

目 录

前言

第一章 专业基础知识

第一节 基础化学知识	1
一、电厂的水汽系统及化学监督	1
二、电厂化学担当的任务	3
第二节 电厂化学基础知识	4
一、物质的量、摩尔质量	4
二、酸和碱	5
三、盐和氧化物	6
四、悬浮物、胶体和溶液	6
五、溶液浓度	7
六、电解质和水的电离平衡	9
七、酸碱性和 pH 值	10
八、水质指标	11
九、化学运行有关化学物质	14

第二章 电厂化学常用仪表

第一节 硅的化合物与硅酸根的分析仪器	20
一、ND-2106 型硅酸根分析仪	20
二、HK-218 型实验室硅酸根分析仪	25

第二节	钠离子与钠离子的分析仪器	29
第三节	电导分析仪器	31
第四节	酸度计仪器	36
第五节	分光光度计仪器	40
第六节	油气分析仪表	48
一、	KV-4 运动黏度测试仪	49
二、	LSD-12C 智能闭口闪点仪	51
三、	SYP3006-I 型润滑油泡沫特性试验器	55
四、	半导体凝点测定仪器	56
五、	ZC-3 型自动张力测定仪	58
六、	SC-5 微量水分测定仪	65
七、	DS-II 型自动开口闪点仪	71
八、	TF-1 型液相锈蚀仪	74
九、	颗粒度检测仪	75
第七节	氢气分析仪器	79
一、	K850 氢气纯度分析仪器	79
二、	氢气纯度分析仪	83
三、	Cermax 便携式露点仪	89
四、	GML300 湿度仪	104

第三章 化学水处理

第一节	化学水预处理	113
一、	化学水处理	113
二、	水质概述	115
三、	原水预处理	115

第二节 超滤	123
一、超滤概述.....	123
二、影响超滤过程的因素.....	127
三、超滤的运行方式和清洗方式.....	129
四、超滤装置的运行维护.....	135
五、系统的故障分析.....	136
六、超滤膜组件清洗.....	138
七、安装与贮存.....	141
第三节 反渗透除盐	141
一、反渗透水处理.....	141
二、反渗透设备的冲洗和清洗.....	149
三、TFC 反渗透膜的保养.....	152
第四节 补给水离子交换除盐	153
一、离子交换树脂的性能.....	154
二、离子交换的基本原理.....	161
三、离子交换器的运行与树脂再生.....	165
第五节 凝结水精处理	168
一、凝结水精处理概述.....	168
二、凝结水过滤处理.....	173
三、凝结水除盐.....	175
四、凝结水精处理系统应用实例.....	182
第六节 循环水处理	208
一、循环冷却水系统介绍.....	210
二、水质稳定性的判断.....	214
三、循环冷却水的防垢处理.....	220

第七节 热力系统腐蚀与防护	223
一、腐蚀的定义.....	223
二、金属腐蚀原理.....	235
三、金属在水、汽中的腐蚀.....	251
四、防止金属的腐蚀.....	261
五、热力设备腐蚀的特征及防护原则.....	273
六、热力设备停备用期间的防腐方法.....	289

第四章 化学试验

第一节 电厂水化验实务	308
一、水、汽取样及化学监督.....	308
二、汽包炉给水处理.....	327
三、汽包炉锅内处理.....	348
四、锅炉的化学清洗及停用保养.....	356
五、化学清洗后的处置.....	381
六、锅炉清洗质量指标.....	381
七、清洗后的锅炉保养.....	382
第二节 电厂油务	382
一、汽轮机润滑油.....	383
二、磷酸酯抗燃油.....	393
三、变压器油.....	399
四、油中溶解气体分析及变压器故障诊断.....	406
第三节 燃料化验分析实务	410
一、燃料管理及其内容.....	411
二、燃料化学监督的主要内容.....	412

三、煤粉锅炉煤质标准和锅炉的经济运行·····	413
-------------------------	-----

第五章 电厂污水处理

一、废水及其污染·····	423
二、废水排放标准·····	428
三、火电厂排放的废水·····	429
四、废水处理的工艺·····	433

第六章 EDI 技术

一、EDI 技术本质·····	441
二、EDI 技术是水处理工业的革命·····	441
三、EDI 过程·····	441
四、组件简介及运行·····	445
五、给水要求·····	449
六、包括 EDI 的水处理全系统设计·····	457
七、安装注意事项·····	460
八、组件的清洗及维护·····	464
九、组件的故障处理·····	465

附录 化学常用术语

一、电厂化学一般常用术语·····	466
二、超滤术语·····	468
三、电力用油词汇·····	470
四、燃料（煤质）词汇·····	488

第一章

专业基础知识

第一节 基础化学知识

一、电厂的水汽系统及化学监督

在火力发电厂中，水是传递能量的工质。水进入锅炉后，吸收燃料燃烧放出的热能转变为蒸汽，导入汽轮机。在汽轮机中，蒸汽的热能转变为机械能，发电机将机械能转变为电能，送至电网。为了保证机组的正常稳定运行，对锅炉用水的质量有严格的要求，而且机组的蒸汽参数愈高，其要求也愈严格。

蒸汽在汽轮机内做功后进入凝汽器，被冷却为凝结水。凝结水由凝结水泵送到低压加热器，加热后送入除氧器，再由给水泵将已除去氧的水送到高压加热器后，送入锅炉。

在上述系统中，水汽虽是循环的，但运行中总不免有些损失。为了保持发电厂热力系统的水汽平衡，保证正常水汽循环运行，就要随时向锅炉补充合格的水来弥补其损失，这部分水称为补给水。

热力系统中的水质是影响火力发电厂热力设备（锅炉、汽轮机等）安全、经济运行的重要因素之一。没有经过净化处理的原水，其中含有许多杂质，这种水是不

允许进入热力设备中的水汽循环系统的，必须经过适当的净化处理，达到标准后，才能保证热力设备的稳定运行。如果品质不良的水进入水汽循环系统，就会造成以下几方面的危害：

(1) 热力设备的结垢。

如果进入锅炉或其他热交换器的水质不良，则经过一段时间的运行后，在和水接触的受热面上会生成一些固体附着物，这些固体附着物称为水垢，这种现象称为结垢。结垢的速度与锅炉的蒸发量成正比。因此，如果品质不良的水进入高参数、大容量机组的水汽循环系统，就有可能在短时间内造成更大的危害。因为水垢的导热性能比金属差几百倍，这些水垢又易形成在热负荷很高的锅炉炉管中，这样会使结垢部位的金属管壁温度过热，引起金属强度下降，在管内压力作用下，就会发生管道局部变形，产生鼓包，甚至引起爆管等严重事故。

结垢不仅危害到热力系统的安全运行，而且会影响发电厂的经济效益。例如，在汽轮机凝汽器内结垢，会导致凝汽器真空度降低，使汽轮机达不到额定出力，热效率下降；加热器结垢会使水的加热温度达不到设计值，以致整个热力系统的经济性降低，而且热力设备结垢后还必须及时进行清洗，因此增加了机组的停运时间，减少了发电量，增加了清洗、检修的费用以及增加了环保工作量等。

(2) 热力设备的腐蚀。

热力设备的运行常以水作为介质。如果水质不良，

则会引起金属的腐蚀。由于金属材料与环境介质反应而引起金属材料的破坏叫做金属的腐蚀。火力发电厂的给水管道，各种加热器，锅炉的省煤器、水冷壁、过热器和汽轮机凝汽器都会因水中含有溶解性气体和腐蚀介质而引起腐蚀。腐蚀不仅会缩短金属的使用寿命，而且由于金属腐蚀产物转入给水中，使给水杂质增多，从而又缩短了热负荷高的受热面上的结垢过程，结成的垢又会促进锅炉管壁的垢下腐蚀。这种恶性循环会迅速导致爆管事故的发生。

(3) 过热器和汽轮机的积盐。

如果锅炉使用的水质不良，就不能产生高纯度的蒸汽，随蒸汽带出的杂质就会沉积在蒸汽流通部分，如过热器和汽轮机里，这种现象称为积盐。过热器管内积盐会引起金属管壁过热，甚至爆管；汽轮机内积盐会大大降低汽轮机的出力和效率。特别是对于高温、高压的大容量汽轮机，它的高压蒸汽通流部分的截面积很小，所以少量的积盐就会大大增加蒸汽流通的阻力，使汽轮机的出力下降。当汽轮机积盐严重时，还会使推力轴承负荷增大，隔板弯曲，造成事故停机。

二、电厂化学担当的任务

电厂化学是电厂中的辅助系统，但它在电厂中起较大的作用：

(1) 对锅炉补给水、凝结水进行处理，以向锅炉提供质量合格、数量充足的给水，防止热力系统的结垢、腐蚀和积盐；

(2) 向凝结水、给水、炉水和闭式冷却水加药，防

第一章
止热力系统腐蚀、结垢；

(3) 对电厂的水、气、汽、煤、油和灰等项目的监督，为电厂各种设备的正常运行提供保障；

(4) 对循环冷却水进行监督处理，以防止管道、凝气器管的堵塞、腐蚀；

(5) 对电厂的废水进行处理，利于环境保护；

(6) 向发电机提供合格的氢气，为发电机的正常运行提供保障；

(7) 对新机组、运行较长时间的机组进行化学清洗以及机组停运后的停用保护；

(8) 对机组的大小修解体的热力设备进行监督检查，分析垢样，写出技术监督报告。

第二节 电厂化学基础知识

一、物质的量、摩尔质量

1. 物质的量

由于分子、原子太微小，用它们计量不方便，需要使用一个适当的物理量——物质的量进行计算。

物质的量是反映某系统中物质基本单元多少的物理量。或者说，物质 B 的物质的量 n_B 是用系统中所含基本单元 B 的粒子数 N_B 来确定（或衡量）的一个物理量。物质 B 的物质的量 n_B 与物质 B 的基本单元 B 的粒子数 N_B 的关系如式 (1-1) 所示，即

$$n_B = N_B / L \quad (1-1)$$

式中 L ——阿伏伽德罗常数，为 $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$ 。

国际上规定物质的量的单位名称为摩尔，它也是我国现行的法定基本计量单位之一，单位符号为 mol。

2. 摩尔质量

摩尔质量在计算及使用上比较方便，它是物质的量的一个导出量，是表达物质的量与质量的关系的。摩尔质量 (M_B) 的定义为质量 (m) 除以物质的量 (n_B)，即 $M_B = m/n_B$ 。摩尔质量的单位是 kg/mol，化学分析中常用的单位为 g/mol。例如：

水分子的摩尔质量： $M(\text{H}_2\text{O}) = 18.01\text{g/mol}$

HCl 的摩尔质量： $M(\text{HCl}) = 36.5\text{g/mol}$

摩尔质量在数值上与物质的分子量相等。

二、酸和碱

化合物在水溶液中能离解成自由移动的正、负离子的过程叫电离。电离时生成的阳离子全部都是 H^+ 的化合物叫做酸。电离时生成的阴离子全部都是 OH^- 的化合物叫做碱。酸溶液遇甲基橙指示剂变红色，遇酚酞指示剂不变色；碱溶液遇甲基橙指示剂变黄色，遇酚酞指示剂变红色。化学实验中常常利用这个特性来滴定许多溶液的浓度。

目前大多数电厂常用的酸主要是盐酸 (HCl)，作为离子交换树脂的再生剂及设备的清洗剂。盐酸 (HCl) 和硫酸 (H_2SO_4) 也是化学试验中常用的药剂，它们都有腐蚀性，浓盐酸有挥发性，在树脂再生过程中要注意安全。浓硫酸有强氧化性和脱水性，在试验过程中涉及浓硫酸更要小心谨慎。电厂常用的碱主要有氢氧化钠 (NaOH) 和氨水，分别用作阴离子交换树脂的再