

全国电力出版指导委员会出版规划重点项目

火力发电职业技能培训教材

HUOLIFADIAN ZHIYE JINENG PEIXUN JIAOCAI

电厂化学设备运行

《火力发电职业技能培训教材》编委会

紧贴职业技能鉴定
体现火电技术发展
突出实际操作技能



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

火力发电职业技能培训教材

电厂化学设备运行

张爱敏 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本教材是根据《中华人民共和国职业技能鉴定规范·电力行业》对火力发电职业技能鉴定培训的要求编写的。教材突出了以实际操作技能为主线,将相关专业理论与生产实践紧密结合的特色,反映了当前我国火力发电技术发展的水平,体现了面向生产实际、为企业服务的原则。

本教材基本上按《鉴定规范》中的火力发电的运行与检修专业进行分册。全套教材共 15 个分册,内容包括了《鉴定规范》中相关的近 40 个工种的职业技能培训。针对教材中的重点和难点,还将配套出版各分册的《复习题与题解》。

本教材的作者和审稿人均为长年工作在生产第一线的技术人员,有较好的理论基础和丰富的实践经验和培训经验。

本书为《电厂化学设备运行》分册,包括电厂水处理值班员、电厂水化验员、电厂油务化验员的培训内容。全书共分五篇,第一篇化学基础知识,主要讲述了基础化学知识、分析化学基础知识及分析化学中的法定计量单位;第二篇主要讲述电厂水处理运行技术,包括水的预处理、水的除盐、凝结水处理、循环水处理、水处理材料、运行常规水质分析及水处理设备的自动控制等,对水处理设备、水处理工艺、运行监督等方面进行了详细的阐述;第三篇主要讲述电厂水化验技术,包括电厂水质分析、材料药品分析、垢及腐蚀产物分析、锅炉的化学清洗和热力设备的停用保护;第四篇主要讲述电力用油基础知识、油质分析方法、油的监督管理及油的净化、再生和防劣;第五篇主要讲述电厂燃煤的监督管理,系统介绍了煤、灰的采、制样及化验分析知识,全书基本上涵盖了电厂化学运行与监督方面的知识,对电厂化学运行及监督人员有一定的适用性和指导性。

本教材为火力发电职业技能鉴定培训教材、火力发电现场生产技术培训教材,也可供火电类技术人员及技术学校教学使用。

图书在版编目(CIP)数据

电厂化学设备运行/《火力发电职业技能培训教材》
编委会. —北京:中国电力出版社, 2005
火力发电职业技能培训教材
ISBN 7-5083-2452-8

I. 电... II. 火... III. 电厂化学-技术培训-
教材 IV. TM621.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 085981 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>)

责任编辑:李建强
北京密云红光印刷厂印刷
各地新华书店经售

2005 年 4 月第一版 2005 年 4 月北京第一次印刷
850 毫米×1168 毫米 32 开本 27 印张 932 千字
印数 0001—4000 册 定价 49.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

《火力发电职业技能培训教材》

编 委 会

- 主 任：周大兵 翟若愚
- 副主任：刘润来 宗 健 朱良镭
- 常 委：魏建朝 刘治国 侯志勇 郭林虎
- 委 员：邓金福 张 强 张爱敏 刘志勇
- 王国清 尹立新 白国亮 王殿武
- 韩爱莲 刘志清 张建华 成 刚
- 郑耀生 梁东原 张建平 王小平
- 王培利 闫刘生 刘进海 李恒煌
- 张国军 周茂德 郭江东 闻海鹏
- 赵富春 高晓霞 贾瑞平 耿宝年
- 谢东健 傅正祥
- 主 编：刘润来 郭林虎
- 副主编：成 刚 耿宝年
- 教材编辑办公室成员：刘丽平 郑艳蓉

前 言

近年来,我国电力工业正向着大机组、高参数、大电网、高电压、高度自动化方向迅猛发展。随着电力工业体制改革的深化,现代火力发电厂对职工所掌握知识与能力的深度、广度要求,对运用技能的熟练程度,以及对革新的能力,掌握新技术、新设备、新工艺的能力,监督管理能力,多种岗位上工作的适应能力,协作能力,综合能力等提出了更高、更新的要求。这都急切地需要通过培训来提高职工队伍的职业技能,以适应新形势的需要。

当前,随着《中华人民共和国职业技能鉴定规范》(简称《规范》)在电力行业的正式施行,电力行业职业技能标准的水平有了明显的提高。为了满足《规范》对火力发电有关工种鉴定的要求,做好职业技能培训工作的,中国国电集团公司、中国大唐集团公司与中国电力出版社共同组织编写了这套《火力发电职业技能培训教材》,并邀请一批有良好电力职业培训基础和经验、并热心于职业教育培训的专家进行审稿把关。此次组织开发的新教材,汲取了以往教材建设的成功经验,认真研究和借鉴了国际劳工组织开发的MES技能培训模式,按照MES教材开发的原则和方法,按照《规范》对火力发电职业技能鉴定培训的要求编写。教材在设计思想上,以实际操作技能为主线,更加突出了理论和实践相结合,将相关的专业理论知识与实际操作技能有机地融为一体,形成了本套技能培训教材的新特色。

《火力发电职业技能培训教材》共15分册,同时配套有15分册的《复习题与题解》,以帮助学员巩固所学到的知识和技能。

《火力发电职业技能培训教材》主要具有以下突出特点:

(1)教材体现了《规范》对培训的新要求,教材以培训大纲中的“职业技能模块”及生产实际的工作程序设章、节,每一个技能模块相对独立,均有非常具体的学习目标和学习内容。

(2)对教材的体系和内容进行了必要的改革,更加科学合理。在内容编排上以实际操作技能为主线,知识为掌握技能服务,知识内容以相应的职业必须的专业知识为起点,不再重复已经掌握的理论知识,以达到再培训,再提高,满足技能的需要。

凡属已出版的《全国电力工人公用类培训教材》涉及到的内容,如识绘图、热工、机械、力学、钳工等基础理论均未重复编入本教材。

(3) 教材突出了对实际操作技能的要求,增加了现场实践性教学的内容,不再人为地划分初、中、高技术等级。不同技术等级的培训可根据大纲要求,从教材中选取相应的章节内容。每一章后,均有关于各技术等级应掌握本章节相应内容的提示。

(4) 教材更加体现了培训为企业服务的原则,面向生产,面向实际,以提高岗位技能为导向,强调了“缺什么补什么,干什么学什么”的原则,内容符合企业实际生产规程、规范的要求。

(5) 教材反映了当前新技术、新设备、新工艺、新材料以及有关生产管理、质量监督和专业技术发展动态等内容。

(6) 教材力求简明实用,内容叙述开门见山,重点突出,克服了偏深、偏难、内容繁杂等弊端,坚持少而精、学则得的原则,便于培训教学和自学。

(7) 教材不仅满足了《规范》对职业技能鉴定培训的要求,同时还融入了对分析能力、理解能力、学习方法等的培养,使学员既学会一定的理论知识和技能,又掌握学习的方法,从而提高自学本领。

(8) 教材图文并茂,便于理解,便于记忆,适应于企业培训,也可供广大工程技术人员参考,还可以用于职业技术教学。

《火力发电职业技能培训教材》的出版,是深化教材改革的成果,为创建新的培训教材体系迈进了一步,这将为推进火力发电厂的培训工作,为提高培训效果发挥积极作用。希望各单位在使用过程中对教材提出宝贵建议,以使不断改进,日臻完善。

在此谨向为编审教材做出贡献的各位专家和支持这项工作的领导们深表谢意。

《火力发电职业技能培训教材》编委会

编者的话

目前,我国电力工业迅猛发展,尤其是近一个时期,许多新电厂、新机组相继投产,机组参数越来越大,容量越来越高,新技术、新工艺不断投入,因此急需建立职工全员培训机制,不断提高职工队伍的整体素质,以满足电力生产的需要。

近十年来,电厂化学水处理出现了许多新技术、新工艺、新方法,因此有必要将一些新知识介绍给大家,特此编写了本教材。

本教材主要讲述电厂化学知识,包括基础化学知识、电厂化学水处理、油处理、煤务管理及煤、水、油的化学监督、分析化验等,对电厂化学运行及监督人员有一定的适用性,我们本着理论联系实际,努力做到内容准确,通俗易懂,但由于编者水平所限,大部分同志都是第一次参加编写工作,缺乏经验,因此本教材中一定存在一些错误和不妥,恳请大家见谅并提出宝贵意见,以便今后进一步提高。

本书共分五篇,第一篇由太原第一热电厂张爱敏编写,第二篇由太原第一热电厂逯银梅、张爱敏、张根奎、游卿峰及漳泽发电厂阎春平编写,第三篇由太原第一热电厂张根奎、孙泽编写,第四篇由太原第一热电厂唐伟贤、张爱敏编写,第五篇由太原第一热电厂曹秀兰、武歆焯编写。全书由太原第一热电厂张爱敏主编,由山西电力科学研究院王小平主审。

水平与时间所限,疏漏与不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

2004.6

目 录

前言
编者的话

第一篇 化学基础知识

第一章 基础化学知识及法定 计量单位	3	第一节 常用玻璃仪器	40
第一节 基础化学知识	3	第二节 天平	47
第二节 分析化学中的法定 计量单位	34	第三节 常用化学分析法	55
第二章 分析化学基础知识	40	第四节 常用化学药品	76
		第五节 计算及数据处理	95

第二篇 电厂水处理

第三章 水系统概况	117	第四节 膜材料的种类和 性能	179
第一节 天然水的分类及电厂 水处理	117	第六章 锅炉补给水处理	184
第二节 热力系统和系统的流 程及水质监控	123	第一节 水的沉淀处理	184
第四章 运行常规水质分析	128	第二节 水的过滤处理	198
第一节 常规水质分析	128	第三节 电渗析及反渗透 脱盐	210
第二节 仪器分析及常规仪 器的应用	146	第四节 水的离子交换除 盐	216
第五章 水处理材料	162	第五节 蒸发器除盐 处理	236
第一节 滤料的种类及 性能	162	第七章 凝结水处理	241
第二节 离子交换树脂的分类、 型号和性能	166	第一节 凝结水处理概况	241
第三节 离子交换树脂的管 理与复苏	176	第二节 凝结水处理设备 的结构及运行操 作	249

第八章 循环水处理	258	原理	298
第一节 循环水系统的结垢 与防止	258	第十章 水处理设备的调试 及设计	321
第二节 循环水系统的腐蚀 与防止	274	第一节 补给水处理设备 的联合启动与 调试	321
第九章 水处理设备的自动 控制	282	第二节 水处理设备的运 行管理	325
第一节 绪论	282	第三节 水处理系统设计 基本知识	326
第二节 自动控制系统的 基本知识	285	第十一章 水处理设备常见故 障分析与处理	332
第三节 程序控制系统概 述	293		
第四节 可编程序控制器			

第三篇 电厂水化验

第十二章 水、汽监督与分析 测试	347	保护	491
第一节 仪器分析法	347	第一节 锅炉的化学 清洗	491
第二节 水汽质量监督	356	第二节 热力设备的停用 保护	509
第十三章 炉内理化过程和水 质调整	464	第十五章 水、汽品质劣化 分析和处理	517
第十四章 锅炉的化学清洗与 热力设备的停用			

第四篇 电厂油务管理

第十六章 电力用油、气	525	第一节 主要用油(气) 设备	541
第一节 电力用油(气) 基础知识	525	第二节 辅助用油设备	549
第二节 电力用油(气) 概述	533	第十八章 油(气)分析	551
第十七章 热力系统及用油 设备	541	第一节 油品取样及注意 事项	551
		第二节 化验及仪器	

	操作	554		第三节	油务监督制度及 标准方法	649
第十三章	色谱分析及设备 故障诊断	615	第二十章	油品净化与 再生	671	
第十九章	油质监督管理及 油质监督管理 制度	644		第一节	油处理专用材料 有关知识	671
	第一节	结果分析及数据 处理		第二节	油品净化机械	672
	第二节	异常分析、判断 及处理		第三节	油品防劣	675
				第四节	废油再生处理	680

第五篇 电厂燃料管理

第二十一章	火力发电厂生产 过程及相关设备 与化学基础	687			方法	731
	第一节	动力燃料与火力发 电厂生产过程		第三节	飞灰和炉渣的采 样和试样的制备 方法	735
	第二节	动力燃料分析的 基本工作内容		第四节	其他动力燃料的 采制方法	737
	第三节	燃料化验的相关 基础知识		第二十四章	燃料化验 知识	742
第二十二章	燃料化验专业 知识	705		第一节	煤的工业分析 方法	742
	第一节	煤的形成、组成、 特征及分类		第二节	煤的元素分析 方法	756
	第二节	煤的基准		第三节	煤及灰渣的物理 化学特性及其测 定方法	775
	第三节	其他动力燃料		第四节	煤的发热量及其 测定方法	788
第二十三章	燃料采样与制样 知识	727		第二十五章	燃料采样与制样 技能	799
	第一节	动力用煤的采样 方法			第一节	采、制样工具和设
	第二节	煤样的制备				

	备的操作	799	第二十六章	燃料常用统计检 验方法	825
第二节	动力用煤的 采样	802	第二十七章	煤灰成分分析 方法	829
第三节	煤样的制备	811	第二十八章	综述	844
第四节	飞灰与炉渣的采样 和试样的制备	813	第一节	燃煤的验收	844
第五节	其他动力燃料的 采制	815	第二节	燃煤监督新 动向	847
			参考文献		853

» 火力发电职业技能培训教材

第一篇

化学基础知识

第一章

基础化学知识及法定 计量单位

第一节 基础化学知识

一、化学基本概念

(一) 分子、原子及原子量

1. 分子

分子是构成物质的一种微粒。分子不是静止存在的，而总是在不断运动着。因此人们能闻到刺激性的气味，湿衣服晒一定时间就干了等，这些都是由于分子不断运动而扩散到空气里的缘故。

分子间有一定的间隔，因而一般物体有热胀冷缩的现象。分子间的间隔如果很大，物质就呈气态；如果较小就呈液态或固态。所以，一般物质在不同的条件下有三态的变化，主要是由于它们的分子之间的间隔大小发生变化等。

当物质发生物理变化的时候，它的分子本身没有变，所以物质仍然是原来的物质。因此，分子是能够独立存在并保持物质化学性质的一种微粒。不同种物质分子的化学性质不同。

2. 原子

物质的分子能够经过化学反应而变成其他物质的分子，可见，分子尽管很小，但还是可分的。在化学反应里，分子可以分成原子，原子是化学变化中的最小微粒。原子和分子一样也是在不断运动着的。现代科学实验已经证明，原子也是具有复杂结构的微粒，但它还可以再分。原子是由居于原子中心的带正电的原子核和核外带负电的电子组成的。由于原子核所带的电量和核外电子的电量相等，但电性相反，因此原子不显电性。不同类的原子，它们的原子核所带的电荷数彼此不同。由于原子核和核外电子所带的电性相反，它们相互间就有吸引力。核电荷数不同的原子，其核外电子数也不同，它们的质量和性质也各不相同。核电荷数相同的原子核外

电子数相同，化学性质也相同。核电荷数相同的一类原子称为某元素。

在原子中同时存在着两种力：一种是由于原子核带正电荷，电子带负电荷，原子核和电子间有相互吸引的力；另一种是由于电子以极高速绕核运动，电子有离开原子核的倾向，这样就使原子核和电子处在相对稳定的状态下。然而在一定条件下，原子也会失去或得到一部分电子而成为带电荷的微粒：失去电子后成为带正电荷的微粒，称为正离子（或阳离子）；得到电子后成为带负电荷的微粒，称为负离子（或阴离子）。

由于各种元素原子的核电荷数都不相同，我们把各种原子按其核电荷数从小到大排列的序号叫做原子序数。

原子的组成可概括为原子 $\left\{ \begin{array}{l} \text{原子核} \left\{ \begin{array}{l} \text{质子（带一个正电荷）} \\ \text{中子（不带电）} \end{array} \right. \\ \text{电子（带一个负电荷）} \end{array} \right.$

3. 原子量和分子量

原子虽然很小，但有一定的质量。原子的质量是原子的一种重要性质。在科学上，一般不直接用原子的实际质量，而采用不同原子的相对质量。国际上是以一种碳原子（指原子核内有六个质子和六个中子）的质量的 $1/12$ 作为标准，即一个碳单位，其他原子的质量跟它相比较所得的数值，就是该种原子的原子量。采用这种标准，人们测得了各种原子的原子量。因此，用碳单位表示某元素的一个原子质量，叫做该元素的原子量。

分子由原子组成，分子的质量就应等于组成分子的各原子质量之和，因此分子量也同样用碳单位来表示。用碳单位所表示的某物质一个分子的质量，叫做此物质的分子量。

（二）元素、单质、化合物及混合物

1. 元素

元素是具有相同核电荷数的一类原子的总称，如氧元素就是所有氧原子的总称，碳元素就是所有碳原子的总称。它只代表原子的种类，而无“数量”含义。在自然界里，物质的种类非常多，有几百万种以上，但是，构成这些物质的元素并不多，只有 107 种。为便于表达和书写，国际上采用统一的元素符号表示各种元素，通常用它们的拉丁文原名的第一个大写字母表示，若遇第一个字母相同时，则后面附加一个小写字母。采用不同的符号表示各种元素，这种符号叫做元素符号。元素符号具有三种意义：表示一种元素；表示这种元素的一个原子；表示这种元素的原子量。

2. 单质和化合物

自然界里的物质,有的是由同种元素组成的,如氧气是由氧元素组成的,铁是由铁元素组成的。像这种由同种元素组成的物质叫做单质。有的单质由分子构成,有的单质由原子构成。根据单质的不同性质,单质一般分为金属单质和非金属单质两大类。一般金属单质能够导电,非金属单质不能导电,但非金属和金属之间没有绝对界限。例如,用作半导体材料的硅和锗,既有金属性质又有非金属性质。

有些物质的组成比较复杂,是由两种或两种以上的元素组成的。像这种由不同种元素组成的物质叫做化合物。在各种化合物里,有些是由两种元素组成的,其中一种是氧元素,这种化合物叫做氧化物。

自然界里的各种元素,有两种存在的形态。一种是以单质的形态存在的,叫做元素的游离态;一种是以化合物的形态存在的,叫做元素的化合态。例如,氧气里的氧元素就是游离态的,二氧化碳、四氧化三铁里的氧元素就是化合态的。

3. 纯物质与混合物

凡含有一种单质或一种化合物的物质叫做纯物质(或纯净物)。由几种不同的单质或化合物混杂在一起形成的物质叫做混合物。换句话说,由同种分子构成的物质叫做纯物质;由不同种分子构成的物质是混合物。

研究任何一种物质的性质,都必须选用纯净物。因为一种物质里如果含有杂质,就会影响这种物质固有的某些性质。但实际上,完全的纯是没有的,通常所谓的纯净物都不是绝对的纯净,而指的是含杂质很少的具有一定纯度的物质。凡含杂质的量不致于在生产或科学研究过程中发生有害影响的物质,就可以叫做纯净物。用于生产和科研的各种化学试剂,按其纯度由低到高的不同可以分为工业纯、化学纯、分析纯、优级纯、光谱纯、高纯(含量在99.99%或以上)等。

(三) 分子式及化合价

1. 分子式

由于各种纯净物都有一定的组成,为了便于认识和研究物质,化学上常用元素符号来表示物质的分子组成。例如氧分子、氢分子和水分子的组成,可以分别用 O_2 、 H_2 、 H_2O 来表示。这种用元素符号来表示物质分子组成的式子叫做分子式。各种物质的分子式,是通过实验的方法,测定了物质的组成,然后得出来的。一种物质只有一个分子式。

(1) 单质分子式的写法。单质是由同种元素组成的。写单质分子式时,首先写出它的元素符号,然后在元素符号的右下角,写一个数字,来

表示这种单质的一个分子里所含原子的数目(原子数是1时不写)。例如,氧气、氢气的每一个分子里都含有两个原子,所以这些单质的分子式分别写成 O_2 、 H_2 。

(2) 化合物分子式的写法。化合物是由不同种元素组成的。写化合物分子式时,必须知道这种化合物是由哪几种元素组成的,以及这种化合物的一个分子里,每种元素各有多少个原子。知道这些事实后,就可以先写出元素符号,然后在每种元素符号的右下角写上数字,以标明这种化合物的一个分子里所含该元素的原子数。写化合物分子式时,习惯上把金属元素符号写在前面,非金属元素符号写在后面;非金属元素与氧元素所形成的化合物,一般把非金属元素符号写在前面,氧元素符号写在后面。

必须指出,有许多单质和化合物,并不存在分子。如大多数金属元素,是由原子直接构成的。有的固体物质是由离子组成的,如 $NaCl$ 。像这种只表示组成物质的各元素原子数的最简化的式子,叫做化学式。习惯上常把化学式也称为分子式。

书写分子式时应该注意,元素符号右下角的数字和元素符号前面的数字在意义上是完全不同的。

分子式有五种含义:表示某物质和该物质的一个分子;表示组成此物质的各种元素;表示组成此物质的一个分子中各元素的原子个数;表示此物质的相对分子质量;表示此物质中各元素的质量分数。

一个分子中各原子的原子量的总和就是分子量。根据分子式就可以计算出任何一种物质的分子量。还可以计算出化合物中各元素的质量百分比。化合物中某元素的质量百分比等于

$$\frac{\text{分子中某元素的原子个数} \times \text{原子量}}{\text{化合物的分子量}}$$

如知道化合物中某元素的质量百分比,就可计算在一定质量的化合物中,所含该元素的质量,即

$$\text{元素的质量} = \text{化合物的质量} \times \text{该元素的质量百分比}$$

2. 化合价

由于元素之间相互化合时,其原子个数比都有一个确定的数值,各种元素的原子相互化合的数目叫做这种元素的化合价,其有正、负之分。

在离子化合物里,元素化合价的数值,就是这种元素的一个原子得失电子的数目。失去电子的原子带正电荷,这种元素的化合价是正价;得到电子的原子带负电荷,这种元素的化合价是负价。

在共价化合物里,元素化合价的数值,就是这种元素的一个原子跟