

特种设备作业人员安全技术培训考核统编教材

T

EZHONG SHEBEI ZUOYÉ RENYUAN

ANQUAN JISHU PEIXUN KAOHE TONGBIAN JIAOCAI

锅炉 水处理 作业

主编 么书勤 副主编 翟滔 张勤

主审 王春莲

北京市特种设备检测中心 组织编写
北京特种设备行业协会

GUOLU SHUICHULI
ZUOYE



中国劳动社会保障出版社

—— 特种设备作业人员安全技术培训考核统编教材 ——

锅炉水处理作业

北京市特种设备检测中心 组织编写
北京特种设备行业协会

主 编 么书勤
副主编 瞿 滔 张 勤
主 审 王春莲

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

锅炉水处理作业/么书勤主编. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2012

ISBN 978 - 7 - 5045 - 9999 - 5

I. ①锅… II. ①么… III. ①锅炉用-水处理 IV. ①TK223.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 245233 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人 : 张梦欣

*

北京金明盛印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

850 毫米×1168 毫米 32 开本 11.875 印张 292 千字

2012 年 10 月第 1 版 2012 年 10 月第 1 次印刷

定价: 33.00 元

读者服务部电话: 010 - 64929211/64921644/84643933

发行部电话: 010 - 64961894

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010 - 64954652

如有印装差错, 请与本社联系调换: 010 - 80497374

编委会

主 任 张巨明

副主任 李亮华 辛 军

委 员 邢 磊 冯宝琪 宋金钢

陈 克 赵伯锐 赵 勇

陈宝梅 张 勤

内容简介

本书根据国家质量监督检验检疫总局 2008 年颁布的《锅炉水处理作业人员考核大纲》TSG G6003—2008 编写，是锅炉水处理作业人员安全技术培训考核用书。

本书全面地介绍了锅炉水处理作业人员应学习掌握的锅炉水处理理论知识和水处理作业实际操作和化验分析方法。全书主要内容包括化学基本知识、锅炉基本知识、锅炉用水及水质标准、水的预处理、锅外化学水处理、锅内加药水处理、锅炉的腐蚀与防护、锅炉的化学清洗、锅炉水质分析、锅炉的水汽质量监督、特种设备法规规范及安全知识等。

本书由么书勤同志主编，王春莲同志主审，瞿滔、张勤同志担任副主编。参加编写的人员有么书勤、王春莲、张勤、瞿滔、张燕、王士杰、刘正修、贾国荃、刘花、张雅清、杨荣和、赵长庆等同志。

由于编者水平和经验有限，书中难免存在疏漏和不妥之处。我们欢迎广大读者尤其是相关专家就其予以批评指正。

前言

特种设备作业技术含量高，专业性强，如果引发安全生产事故，会造成人员伤亡、设备损毁，后果极为严重。特种设备作业事故大多发生在使用和操作环节，究其原因，一是作业人员的安全素质低，安全生产意识薄弱；二是违章作业、操作不当甚至无证作业；三是缺乏必备的安全生产知识技能；四是对设备缺乏维护和保养以及规章制度不健全，管理不善。

国务院令 第 549 号《特种设备安全监察条例》规定：“锅炉、压力容器、电梯、起重机械、客运索道、大型游乐设施、场（厂）内专用机动车辆的作业人员及其相关管理人员（以下统称特种设备作业人员），应当按照国家有关规定经特种设备安全监督管理部门考核合格，取得国家统一格式的特种作业人员证书，方可从事相应的作业或者管理工作。”

为了进一步落实上述规定，配合国家质量监督检验检疫总局依法做好特种设备作业人员的培训考核工作，培养生产一线工人和基层生产管理者的安全意识，传授必备的安全生产知识和操作技能，使他们掌握正确的操作方法，规范操作行为，养成良好的操作习惯，杜绝违章作业，我们组织了一批经验丰富、多年从事特种设备作业安全培训的有关专家编写了这套“特种设备作业人员安全技术培训考核统编教材”。本套教材第一批共 17 种，包括：《锅炉安全管理与操作》《锅炉水处理技术》《压力容器安全管理与操作》《气瓶安全管理与操作》《锅炉压力容器压力管道气瓶安全管理》《压力管道巡检与维护》《起重机械安全管理》《流

动式起重机》《桥门式起重机》《起重机械指挥司索》《场（厂）内机动车》《场（厂）内专用机动车安全管理》《电梯安全管理》《电梯司机》《电梯安装与维修》《焊接安全操作》《游乐设施安全操作与维修》。

本套教材针对特种设备作业人员各工种的安全技术培训考核，紧扣考核大纲和技能操作考核标准，具有科学性、实用性、适用性的特点，内容深入浅出，通俗易懂。本套教材反映了国家质量监督检验检疫总局关于全国特种设备作业人员培训考核的最新要求，是全国各有关行业，各类企业从事特种设备作业的劳动者，为掌握和提高有关特种设备作业知识与技能，提高自身安全素质，取得特种设备作业人员操作证的优秀培训教材。

本套教材在编写过程中，得到了北京市质量技术监督局、北京市特种设备检测中心，北京特种设备行业协会的大力支持；参与教材编写的行业专家和主编倾注了大量的心血，为教材的顺利出版作出了贡献。在此，我们表示衷心的感谢！同时，恳切希望广大读者提出宝贵的意见和建议，以便修订时加以完善。

编委会

2012年10月

目录

第一章 化学基础知识	(1)
第一节 基本概念	(1)
第二节 酸、碱、盐及氧化物	(7)
第三节 物质的量与摩尔质量	(10)
第四节 溶液及溶液浓度	(12)
第五节 离子反应、水的电离及 pH 值	(17)
第六节 盐类的水解及缓冲溶液	(21)
第二章 锅炉基本知识	(28)
第一节 锅炉的分类、型号命名及结构	(28)
第二节 锅炉基本特性、水循环及燃烧传热与 水处理的关系	(44)
第三节 锅炉排污的目的、方式、要求和 排污量的计算	(48)
第三章 锅炉用水及水质标准	(57)
第一节 锅炉用水概述	(57)
第二节 锅炉水处理目的与要求	(64)
第三节 锅炉用水指标	(69)
第四节 水质指标间的关系	(78)
第五节 工业锅炉水质标准	(84)
第四章 水的预处理	(94)
第一节 水的混凝处理	(94)

第二节	水的沉淀澄清处理	(98)
第三节	过滤处理	(105)
第五章	锅外化学水处理	(116)
第一节	离子交换树脂的简介	(116)
第二节	Na 离子交换软化处理的基本原理	(135)
第三节	软化和降碱处理的常用方法	(137)
第四节	离子交换水处理设备及其系统	(145)
第五节	反渗透	(168)
第六章	锅内加药水处理	(177)
第一节	概述	(177)
第二节	锅内水处理药剂	(179)
第三节	锅内加药方法及设备	(198)
第七章	锅炉的腐蚀与防护	(205)
第一节	金属腐蚀概论	(205)
第二节	影响金属腐蚀的因素及预防措施	(207)
第三节	汽水系统的金属腐蚀和防护	(213)
第四节	常用的除氧方法及其设备	(214)
第八章	锅炉的化学清洗	(228)
第一节	概述	(228)
第二节	水垢的种类及鉴别	(232)
第三节	锅炉化学清洗机理	(239)
第四节	锅炉化学清洗常用的药剂	(241)
第五节	锅炉化学清洗工艺	(246)
第六节	锅炉的停炉保护	(250)

第九章 锅炉水质分析	(261)
第一节 化验室建设与化验室管理	(261)
第二节 水质分析基本知识	(262)
第三节 滴定(容量)分析法	(267)
第四节 重量分析法	(281)
第五节 标准溶液的配制和标定	(283)
第六节 水质标准中常规指标测定的原理和检验方法	(285)
第七节 常用仪器分析法	(318)
第十章 锅炉的水汽质量监督	(323)
第一节 蒸汽的污染及盐类沉积	(323)
第二节 汽包锅炉的热化学试验	(335)
第三节 锅炉的水汽质量监督	(338)
第十一章 特种设备法规规范及安全知识	(351)
第一节 特种设备法规规范	(351)
第二节 使用管理及检验	(354)
第三节 作业安全及事故应急处理措施	(358)

第一章

化学基础知识

本章知识要点

1. 熟悉化学的基本概念
2. 了解化学反应的基本类型
3. 掌握化学基础知识及浓度的换算

第一节 基本概念

一、物质的变化及组成

1. 物质的变化

自然界是由物质组成的。绝大部分物质是由分子组成的，所有的分子都是由更小的微粒——原子组成的。自然界中的任何物质都处于不断的运动之中。例如：水经过加热沸腾生成水蒸气，水冷却到 0°C 以下凝结成为冰，铁在潮湿的空气中生锈等。

在日常工作和生活中，可以看到有些变化没有生成其他新物质，例如水加热沸腾生成水蒸气，水冻结成为冰。将没有生成其他物质的变化称为物理变化。物理变化的基本特征是物质的组成不变，没有新物质生成，通过物理变化所表现出来的性质称为物理性质，例如颜色、气味、密度、沸点、熔点、溶解性等都是物质的物理性质。有些变化有新物质生成，例如锅炉结水垢，铁在潮湿的空气中生锈，将有新物质产生的变化称为化学变化，又称

化学反应。化学变化的基本特征是有其他物质生成，常表现为颜色改变、放出气体、生成沉淀等。化学变化不但生成其他物质，而且还伴随着能量的变化，这种能量变化常表现为吸热、放热、发光、放出气体、生成沉淀等。通过化学变化所表现出来的性质称为化学性质。物理变化和化学变化常同时发生，在化学变化过程里一定同时发生物理变化，但物理变化过程中不一定发生化学变化。

2. 物质的组成

原子是化学变化中的最小微粒。原子是由带正电的原子核和核外带负电的电子构成的，其中原子核由质子和中子组成。质子和中子以及电子等统称为粒子。质子和中子的质量几乎相等，每个质子带一个单位的正电荷，中子不带电荷。原子核带正电荷，核外电子带负电荷，因此原子显电中性。实验证明，当原子最外层电子数为 8 时，具有最稳定的结构。因此，在一定的条件下，原子有得到电子或失去电子以满足稳定结构的倾向，原子得到电子便成为带负电荷的微粒，称为负离子（或阴离子）；失去电子则成为带正电荷的微粒，称为正离子（或阳离子）。

不同的原子所含的质子、中子、电子数目不同，所以它们的质量不同。如 1 个氢原子质量为 1.67×10^{-27} kg，1 个氧原子质量为 2.657×10^{-26} kg。由于原子质量数值太小，书写和使用都不方便，所以采用相对质量。国际上统一规定，以 1 个碳原子 (^{12}C) 质量的 $1/12$ 为标准，其他原子的质量跟它相比较所得到的比，作为这种原子的相对原子质量，用符号 A_r 表示。根据这个标准，氢的相对原子质量约为 1，氧的相对原子质量约为 16。精确的相对原子质量有效数字可高达八位，一般的化学计算多采用其近似值。

在许多化学反应里，存在由几个原子结合而成的一个带电荷的整体集团，作为一个整体参加反应，一般情况下不会分开，这样的原子集团称为原子团，又称根。例如：硫酸根（带两个单位

负电荷)、硝酸根(带一个单位负电荷)、氢氧根(带一个单位负电荷)等。

3. 物质的简单分类

(1) 混合物和纯净物

由不同种分子构成的物质是混合物,由同种分子构成的物质是纯净物。纯净物有固定不变的组成,有一定的物理化学性质。而混合物没有一定的组成,没有固定的性质,各成分都大体上保持原有的性质。例如,空气是氧气、氮气、二氧化碳、稀有气体等多种成分组成的混合物,各成分之间没有发生化学反应。极纯的水几乎完全由水分子构成,极纯的氧气几乎完全由氧分子构成。极纯的水和氧气可视为纯净物。

(2) 单质和化合物

单质是由同种元素组成的纯净物。有的单质由分子构成,如氮气、氧气、氢气等。有的单质由原子构成,如铜、铁等。根据单质性质的不同,一般可分为非金属和金属两类。

化合物是由不同元素组成的纯净物。如氧化钙是氧和钙两种元素组成的。目前,人们已经发现和合成了几百万种化合物,它们都是由各种元素组成的。

二、化学用语

1. 元素及元素符号

元素是具有相同核电荷数(即核内质子数)的同一类原子的总称。国际上统一规定,用固定的符号来表示各种元素。通常是用元素名称的拉丁文开头的第一个字母表示,有些元素的第一个字母与其他元素相同,则用两个字母表示,其中第一个字母大写,第二个字母小写。该符号称为元素符号。如氢的元素符号为H,碳的元素符号为C,钙的元素符号为Ca,铜的元素符号为Cu。

元素符号具有以下三种意义:

- (1) 表示一种元素。
- (2) 表示这种元素的1个原子。

(3) 表示这种元素的相对原子质量。

例如：元素符号“H”，表示氢元素，也表示 1 个氢原子，还表示氢的相对原子质量。

物质的种类非常多，已知的已超过 2 000 万种。但是组成这些物质的元素并不多。到目前为止，已经发现的元素只有一百余种。为了便于研究元素的性质和用途，需要寻找它们之间的内在规律。为此，科学家们根据元素的原子结构和性质，把它们科学有序地排列起来，这样就得到了元素周期表。

一般地说，由同种元素组成的物质称为单质，例如：氧气 O_2 、氢气 H_2 、铁 Fe、钙 Ca 等；由不同种元素组成的物质称为化合物，例如：水 H_2O 、碳酸钙 $CaCO_3$ 等。

2. 分子、分子式及相对分子质量

分子是保持物质化学性质的最小微粒，分子是能够独立存在的。同种物质的分子性质相同，不同物质的分子性质不同。同种分子具有相同的组成、性质和质量，且每一种分子中含有的原子种类和数目是一定的。例如：水是由 H_2O 分子组成的，食盐是由 $NaCl$ 分子组成的。

元素符号不仅可以表示元素，还可以表示由元素组成的物质。用元素符号表示物质分子组成的式子称为分子式。一个分子式就代表一种物质组成，也就是说一种物质只有一个分子式，如 H_2O 、 $NaCl$ 等都是分子式，分别表示了水和食盐等物质的组成。

一个分子中各原子的相对原子质量的总和称为相对分子质量。例如：

$$H_2 \text{ 的相对分子质量} = 1 \times 2 = 2$$

$$H_2SO_4 \text{ 的相对分子质量} = 1 \times 2 + 32 + 16 \times 4 = 98$$

$$Na_2CO_3 \text{ 的相对分子质量} = 23 \times 2 + 12 \times 1 + 16 \times 3 = 106$$

分子式具有以下五种意义：

(1) 表示某种物质的 1 个分子。

(2) 表示物质由哪些元素组成。

(3) 表示物质的 1 个分子中所包含各元素的原子数目。

(4) 表示物质的分子里各种元素的质量比。

(5) 表示物质的相对分子质量。

3. 化合价

通过试验得知，化合物均有固定的组成，即形成化合物的元素有固定的原子个数比。人们把一种元素的原子（或原子团）能和其他原子（或原子团）相结合的数目称为该原子（或原子团）的化合价。通常以氢原子化合价为+1 价作为标准。

化合价具有如下规律：

(1) 氢元素通常显+1 价，氧元素通常显-2 价。

(2) 金属元素一般显正价。

(3) 非金属元素与氧化合时显正价，与氢化合时显负价。例如在 H_2S 里，S 显-2 价。在 SO_2 里，S 显+4 价。

(4) 单质分子里，元素的化合价为零。

(5) 化合物中元素化合价的代数和为零。

(6) 一些元素在不同的化合物中显示的化合价不同。

(7) 根在化合物的分子里也显示一定的化合价，其价数等于它所带的电荷数。

例如： H_2SO_4 中，“H”显+1 价，“S”显+6 价，“O”显-2 价。化合价代数和为 $(+1) \times 2 + (+6) \times 1 + (-2) \times 4 = 0$ 。

再如： Na_2SO_3 和 CuSO_4 中，金属元素均显正价，“Na”显+1 价，“Cu”显+2 价；“S”在两种化合物中的化合价却不同，前者显+4 价，后者显+6 价。

一些常用元素的名称、符号、原子价见附录。

4. 化学反应方程式

用元素符号和分子式来表示化学反应的式子称为化学反应方程式。化学反应的过程就是参加反应各物质（反应物）的原子重新组合生成其他物质（生成物）的过程。在化学反应中，反应前后原子的种类没有变化，数目没有增减，原子质量也没有改

变。实验证明，参加化学反应的各物质的质量总和等于反应后生成的各物质的质量总和。这个规律就是质量守恒定律。化学反应方程式表示了化学反应前后，反应物与生成物的质与量的关系，其依据就是质量守恒定律。

(1) 化学反应方程式的意义

化学反应方程式主要有以下四种意义；

- 1) 表示各物质分子数比。
- 2) 表示各物质的物质的量之比。
- 3) 表示气体体积之比。
- 4) 表示各物质质量之比。

(2) 化学反应方程式的书写原则

- 1) 以化学反应事实为依据。
- 2) 以质量守恒定律为依据。
- 3) 注明反应条件和生成物的状态。例如：反应条件加热“ Δ ”、加壓、催化剂等，生成物为气体“ $\uparrow$ ”，生成物为沉淀“ $\downarrow$ ”等。

4) 如果式子中各元素的原子数两边不相等，则在其分子式前面配上适当的系数，使其两边都相等，即配平。

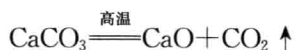
例如： $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

(3) 化学反应方程式的有关计算

根据化学反应方程式的计算，可以从量的方面研究物质的变化。由一种物质的量计算出另外物质的量。下面，用实例来说明利用化学方程式进行计算的步骤和方法。

例：工业上高温煅烧石灰石（ CaCO_3 ）可制得生石灰（ CaO ）和二氧化碳。如果要制取 14t 氧化钙，需要碳酸钙多少吨？

[解] 设需要碳酸钙的质量为 x 。



相关物质的质量比	$40+12+16\times 3=100$	$40+16=56$
已知量和未知量	$x\text{ t}$	14 t

列出比例式，求解 $\frac{100}{56} = \frac{x}{14}$

$$x = \frac{100 \times 14}{56} = 25\text{ t}$$

答：需要碳酸钙 25 t。

第二节 酸、碱、盐及氧化物

一、酸

凡是在水溶液中电离出来的阳离子全部是 H^+ 的化合物称为酸。

根据酸在水溶液中电离出 H^+ 的能力，可把酸分为强酸和弱酸。在水溶液中几乎能全部电离的称为强酸，如 H_2SO_4 、 HCl 、 HNO_3 ；难以电离的称为弱酸，如 H_2CO_3 。

酸的通性如下：

(1) 能使酸碱指示剂变色。

酸溶液能使石蕊试纸显红色，能使石蕊指示剂变为红色，能使甲基橙指示剂变为红色；酸遇酚酞指示剂不变色。

(2) 与碱发生中和反应，生成盐和水。

例如： $\text{NaOH} + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

(3) 与盐发生复分解反应，生成新酸和新盐，产生气体、水或沉淀。

例如： $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

(4) 与金属氧化物反应，生成盐和水。

例如： $\text{CaO} + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$

(5) 非强氧化性酸与活泼金属发生置换反应，生成盐和氢气。

例如： $\text{Fe} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$