

锅炉水处理人员技术培训 考核大纲 考核内容培训教材

张 琰 主编

中国标准出版社

锅炉水处理人员技术培训考核大纲

考核内容培训教材

张珪 主编

中国标准出版社

图书在版编目(CIP)数据

锅炉水处理人员技术培训考核大纲考核内容培训教材/
张链主编. —北京:中国标准出版社, 2001. 11

ISBN 7-5066-2592-X

I. 锅… II. 张… III. 锅炉用水—水处理—技术
培训—教材 IV. TK223.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 075495 号

中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街 16 号

邮政编码:100045

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

开本 787×1092 1/32 印张 4 $\frac{1}{8}$ 字数 90 千字

2002 年 1 月第一版 2002 年 1 月第一次印刷

*

印数 1—5 000 定价 13.00 元

网址 www.bzcbbs.com

*

科目 592—215

版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533

前 言

根据国家质量技术监督局颁布《锅炉水处理监督管理规则》的通知精神,要求锅炉水处理人员须经过培训、考核合格,并取得安全监察机构颁发的相应资格证书后,才能从事相应的水处理工作。为此我们遵循《锅炉水处理人员技术培训考核大纲》规定的考核内容,编写了《锅炉水处理人员技术培训考核大纲考核内容培训教材》。

本书对化学基础知识、锅炉水处理的基本知识及锅炉水质标准、水质处理方法、锅炉水垢的产生和消除、锅炉设备的腐蚀及防止、水质分析、锅炉基本知识及水质管理制度等方面做出了深入浅出的详细论述,通俗易懂。本书不仅可作为培训教材,而且对于锅炉水处理操作人员、管理干部、锅炉安全监察人员均有参考价值。

本书由甘肃省锅炉水处理协会、北京宝乐技术开发有限公司组织编写。编写人员有张琰、沈勇、刘锡铅、顾清礼等人。出版期间曾得到刘福仁、马德林、柯振权等专家的关怀与指导,届此表示衷心感谢!

编 者

2001 年 6 月 26 日

目 录

一、化学基础知识	1
1. 物质的组成及其性能	1
2. 物质的量的定义及计算	2
3. 酸、碱、盐和氧化物的定义及主要化学性质	3
4. 化学平衡与平衡常数、影响平衡移动的因素 (缓冲溶液、溶度积、溶解度)	7
5. 水的离子积常数及 pH 值的概念	12
6. 溶液浓度的定义、浓度的基本计算及相互间的 换算	14
二、锅炉水处理的基本知识及锅炉水质标准	24
7. 锅炉给水处理的目的地意义	24
8. 天然水中的杂质种类及对锅炉设备的危害	24
9. 锅炉用水的主要指标	24
10. 锅炉水质标准的主要内容(GB/T 12145—1999、 GB 1576—2001)	25
11. 锅炉水质标准中各项指标的控制意义	37
12. 锅炉水处理方法的选择及水质要求	38

三、水质处理	39
(一) 锅内水处理的特点	39
13. 锅内水处理的定义及适用范围	39
14. 加碱性药剂进行水处理的原理及加碱量的计算	39
15. 加磷酸盐进行处理的原理及加药量的计算	40
16. 加综合药剂进行处理的原理及加药量的计算	42
17. 锅炉排污的目的、方式、条件和排污量的计算	43
(二) 锅外水处理	45
18. 原水预处理的目的是常用方法	45
19. 离子交换树脂的种类、性能及选用原则	46
20. 离子交换树脂的装载量及工作交换容量、再生剂用量的计算	47
21. 离子交换水处理的基本原理及主要步骤	48
22. 离子交换水处理的主要方式及选用原则	49
23. 钠离子交换软化的原理、特点及操作方法	49
24. 部分钠离子交换软化的原理、特点及操作方法	50
25. 氢-钠离子交换软化的原理、特点及操作方法	52
26. 固定床钠离子交换器逆流、顺流再生原理、操作步骤	54
27. 浮动床的原理、操作步骤	56
28. 全自动钠离子交换器的原理和调试方法	58
29. 交换剂失效的原因及处理方法	61
30. 离子交换器运行中常见的故障及消除方法	62

31. 水的化学除盐基本原理及方法	68
四、锅炉水垢的结生和清除	69
32. 水垢的形成及危害	69
33. 水垢的种类、性质及鉴别方法	71
34. 常用的除垢方法	72
35. 碱法除垢的原理、应用条件及操作方法	73
36. 酸洗除垢的原理、应用条件及注意事项	75
五、锅炉设备的腐蚀及防止	77
37. 金属腐蚀的定义、种类及主要损坏形式	77
38. 造成金属腐蚀的主要原因及防止的主要措施 ...	78
39. 常用的除氧方法及原理	79
40. 锅炉停炉保养的方法、选用原则及注意事项	79
六、水质分析	80
41. 水质分析中所用的标准试剂、蒸馏水的要求	80
42. 常规化验中所需试剂、指示剂的配制方法	81
43. 给水、锅水、蒸汽取样的方法及要求	84
44. 水质标准中重要指标测定的原理及方法	85
45. 二氧化硅、钠离子的测定方法	92
46. 水质分析所需仪器、设备的使用方法及药剂的 管理	98
七、锅炉基本知识及水质管理制度	102
47. 锅炉的分类、结构及其简单的工作原理	102

48. 锅炉燃烧、传热的基本知识与水处理的关系 …	111
49. 锅炉的连续排污与定期排污的管道与阀门位置	115
50. 锅炉加药器的设置及加药方法	116
51. 锅炉取水(汽)样点的位置及取样冷却器的设置	120
52. 《锅炉水处理监督管理规则》和《锅炉化学清洗 规则》的主要要求	121

一、化学基础知识

1. 物质的组成及其性能

自然界是由物质组成的,而且自然界中的任何物质都是处于不断地运动状态之中,其运动变化的形式虽然是多种多样,但变化形式的性质不外乎是两类。其一,如:水受热到一定程度时可转化为蒸汽,蒸汽在冷凝器中受冷又可重新转化为水,甚至在温度更低时,还会结成固态的冰。但上述的种种变化,因仅仅限于形态的变化,却没有生成任何新的物质,故只属于“物理变化”。其二,如:一块木炭在空气中点燃后,可以转化为二氧化碳气体,并释放一定热量。但是由木炭转化成二氧化碳气体,是产生了新的物质的变化,属于“化学变化”。

经过长期实践证明,物质是由分子构成的,分子是能够独立存在,并且是保持物质化学性质的最小微粒。分子非常小,其直径大约为: 2.8×10^{-8} cm,例如一滴水(约 0.05 mL),就有 1.5×10^{23} 个分子。而分子又是由更小的微粒——原子构成的。原子是在化学反应中不能再分割的最小微粒。在同一种分子中,含有原子的种类和数目是一定的。如一个水分子有两个氢原子和一个氧原子。分子和原子都处在不断的运动状态,其运动情况与外界条件有关。

原子是由一个小而致密的原子核和一个围绕原子核存在有电子出现的区域组成。原子核由质子和中子组成,它们统称为核子。质子和中子的质量几乎相等,质子带一个单位的正电

荷,中子不带电,所以原子核带正电荷。

原子核外面的电子数目和核内质子数目相等,每一个电子带一个单位负电荷,并在原子核周围的空间高速运动,因为原子中的质子数和电子数是相等的,故原子显电中性。原子的质量取决于中子与质子的数目,因为把一个质子(或一个中子)定为1个单位时,电子仅是 $1/1847$ 分之一(故忽略不计)。

2. 物质的量的定义及计算

(1) 物质的量的定义

① 摩尔是物质的量的单位,国际符号为 mol,中文符号为摩。

注:物质 B 的物质的量 n_B 是以阿伏加德罗常数为单位,来表示系统中单元 B 是多少的一个物理量。

② 摩尔的定义

摩尔是一系统的物质的量,该系统中所含的基本单元数与 0.012 kg 碳 12 (C^{12})的原子数目相等。在使用摩尔时,基本单元应予指明,可以是原子、分子、离子、电子及其他粒子,或是这些粒子的特定组合。

(2) 计算

$$n_B = \frac{m_B}{M_B} \quad (1-1)$$

式中: n_B ——物质 B 的物质的量, mol;

m_B ——物质 B 的质量, g;

M_B ——物质 B 的摩尔质量(1 摩尔物质的质量),
g/mol。

注:在应用该公式时涉及到摩尔也必须指明基本单元。

3. 酸、碱、盐和氧化物的定义及主要化学性质

在锅炉水处理中常用的酸、碱、盐有酸盐、硫酸、氢氧化钠、碳酸钠和食盐等。

(1) 酸及其一般化学性质

凡由氢原子和酸根组成的化合物，都叫作酸。例如盐酸(HCl)、硫酸(H₂SO₄)、硝酸(HNO₃)、磷酸(H₃PO₄)和碳酸(H₂CO₃)等。从这些分子组成中可以看出，有的酸根只有一个原子，有的酸根是由几个不同的原子组成的原子团。因为在其分子中，都含有氢原子，所以酸类物质都有一定的共性。

① 酸溶液能使酸碱指示剂变色

酸溶液能使蓝色石蕊试纸变成红色(石蕊试纸是一种酸碱指示剂，它遇到酸变红色，遇到碱变蓝色)。

② 酸与金属氧化物反应生成盐和水

例如 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} = 2\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$

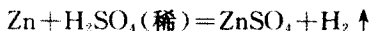
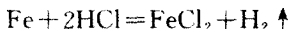
当锅炉运行不正常时，往往由于受热面产生许多腐蚀产物(即金属氧化物)，而必须进行酸洗。酸洗就是利用酸和金属表面上的氧化物的作用，生成可溶性的盐，以达到清洗金属表面的目的。

③ 酸与碱反应生成盐和水

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

酸和碱作用生成盐和水的反应叫中和反应。

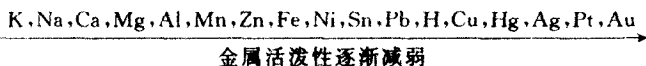
④ 酸与活泼金属作用生成盐和氢气(浓、稀硝酸和浓硫酸除外)



这两个反应都是单质与化合物反应生成新的单质和新的化合物,所以这种反应称置换反应。

各种酸的酸性强弱不同,盐酸、硫酸、硝酸都是强酸;磷酸是中等强度酸;碳酸是弱酸。

各种金属从酸中置换出氢的能力并不相同,有些强,有些弱,有些根本不能置换。根据金属置换氢原子的能力强弱,我们可以把部分常见的金属按其化学性质活泼程度排成金属活动顺序表:



在表中排在氢前面的金属,都能从酸中置换出氢,并且位置离氢越远则其置换能力越强,排在氢后面的金属都不能置换酸中氢。

(2) 碱及其一般化学性质

凡由金属原子和氢氧根组成的化合物都叫做碱。例如氢氧化钠(NaOH),氢氧化钙[Ca(OH)₂],氢氧化铁[Fe(OH)₃]等。在这些分子组成中,都含有氢氧根。氢氧根是一个原子团,显示负一价(OH⁻)。所以碱类物质也都有一定的共性。

① 碱溶液能使酸碱指示剂变色

碱溶液能使红色石蕊试纸变成蓝色。

② 碱能与酸反应生成盐和水

例如 $\text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

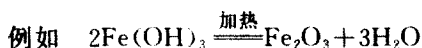
③ 碱与非金属氧化物反应生成盐和水

例如 $2\text{NaOH} + \text{SiO}_2 = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

$2\text{NaOH} + \text{CO}_2 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

由于空气中含有 CO_2 ，因此， NaOH 、 KOH 等碱性物质必须密封保存；而且装 NaOH 的溶液瓶子不能用玻璃塞（用橡皮塞或软木塞），否则不易打开，因为玻璃中有 SiO_2 。

④ 不溶于水的碱加热会分解为金属氧化物和水



由于碱的分子中，所含的金属元素的金属性强弱不同，所以它们的碱性也有强弱不同。如 NaOH 、 KOH 都是强碱； $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 是中等强度碱，氨水（ $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ）是弱碱。

（3）盐及其一般化学性质

凡由金属原子和酸根组成的化合物，都叫作盐。如食盐（ NaCl ），纯碱（ Na_2CO_3 ），硝酸钾（ KNO_3 ）都是盐。

根据盐的组成可把盐分为正盐、酸式盐、碱式盐和复盐。

正盐：盐的分子中只含有金属原子和酸根的叫作正盐。如 NaCl ， Na_2CO_3 等。

酸式盐：盐的分子中除含有金属原子和酸根外，还有一个或几个能被金属原子置换的氢原子的叫作酸式盐。如碳酸氢钠 NaHCO_3 ，磷酸氢二钠 Na_2HPO_4 等。

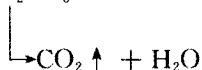
碱式盐：盐的分子中除含有金属原子和酸根外，还含有一个或几个氢氧根的叫作碱式盐。如碱式氯化镁 MgOHCl ，碱式碳酸铜 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 等。

复盐：盐的分子中含有两种金属原子和酸根，而且在溶液中仍可分解为两种金属离子和酸根的叫作复盐。如硫酸铝钾（ $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 俗称明矾）。

盐的一般化学性质：

① 盐和酸作用，生成新的酸和新的盐

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



② 盐和碱作用,生成新的碱和新的盐

例如 $\text{FeCl}_3 + 3\text{NaOH} = \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NaCl}$

③ 盐和盐作用,生成两种新的盐

例如 $\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 = \text{AgCl} \downarrow + \text{NaNO}_3$

④ 盐和金属作用

在水溶液中,盐所含的金属元素能被化学性质比它更活泼的另一种金属置换。

例如 $\text{CuSO}_4 + \text{Zn} = \text{ZnSO}_4 + \text{Cu}$

(4) 氧化物及其一般化学性质

任何一种元素与氧生成的二元化合物叫做氧化物。例如 CaO 、 Na_2O 、 CO_2 、 SiO_2 等。

根据氧化物的化学性质不同,可分为碱性氧化物、酸性氧化物、两性氧化物和惰性氧化物。

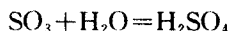
碱性氧化物:只能和酸作用生成盐和水的氧化物,叫做碱性氧化物。一般金属的氧化物都是碱性氧化物,而且都是固体。只有较活泼的金属氧化物可以直接和水作用生成溶于水的碱。

例如: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$

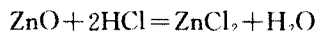
大部分碱性氧化物不能直接和水化合。

酸性氧化物:只能和碱作用生成正盐和水的氧化物,叫作酸性氧化物。例如 CO_2 、 SO_2 等。

酸性氧化物(除 SiO_2 外)大多数能直接和水化合生成酸。
例如:



两性氧化物:凡能和酸又能和碱起反应生成盐和水的氧化物叫作两性氧化物。例如 Al_2O_3 、 ZnO 等。



惰性氧化物:既不能和酸又不能和碱作用的氧化物,叫作惰性氧化物。例如 CO 、 NO 等。

4. 化学平衡与平衡常数、影响平衡移动的因素(缓冲溶液、溶度积、溶解度)

(1) 化学平衡

在许多化学反应中,不仅反应物可以相互作用生成生成物,而且在一定条件下,生成物也可以互相作用生成反应物,即化学反应在不同程度上是可逆的。以下式为例:



设 v_1 和 v_2 分别表示正向和逆向反应的速度; k_1 和 k_2 分别表示正向和逆向反应的速度常数。根据质量作用定律,可以得到如下关系:

$$v_1 \propto [\text{A}][\text{B}] \quad v_1 = k_1[\text{A}][\text{B}]$$

$$v_2 \propto [\text{C}][\text{D}] \quad v_2 = k_2[\text{C}][\text{D}]$$

当反应开始时, $[\text{A}]$ 、 $[\text{B}]$ 值很大, $[\text{C}]$ 、 $[\text{D}]$ 为零, 所以, v_1 较大, v_2 为零。随着反应的进行, $[\text{A}]$ 、 $[\text{B}]$ 逐渐减小, $[\text{C}]$ 、 $[\text{D}]$ 逐渐增大。所以, v_1 减小, v_2 增大。当正向反应速度 v_1 与逆向反应速度 v_2 相等时, 即达到化学平衡状态。化学平衡实质上是动态平衡。它有以下几个特征:

- ① 正、逆两个反应不是停止了,而以相等的速度进行。
- ② 体系中反应物和生成物的浓度保持不变。
- ③ 平衡是在一定条件下的相对平衡,只要反应条件(如温度、浓度)改变,这种平衡就会破坏,而建立新条件下的平衡关系。

(2) 化学平衡常数

当可逆反应达到平衡,即 $v_1 = v_2$ 时:

$$k_1[A][B] = k_2[C][D]$$

由上式得:

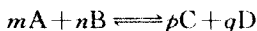
$$\frac{[C][D]}{[A][B]} = \frac{k_1}{k_2}$$

k_1 和 k_2 在一定的温度下是常数,它们的比值仍为常数,用 K 表示得

$$K = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[C][D]}{[A][B]}$$

这个常数 K 称为化学平衡常数。即当化学反应达到平衡时,各反应生成物的浓度乘积和各反应物浓度乘积的比值,在一定的温度下是一个常数,而与反应物质的最初浓度无关。

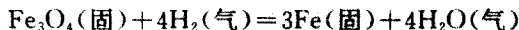
对于一般的可逆反应



其平衡常数成为:

$$K = \frac{[C]^p \cdot [D]^q}{[A]^m \cdot [B]^n}$$

应用化学平衡常数时,必须注意:化学平衡常数中的反应物和生成物的浓度都是平衡状态时的浓度。而且对于有固体参加的可逆反应,固体物质不列入。例如



平衡常数是：

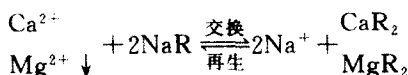
$$K = \frac{[\text{H}_2\text{O}]^4}{[\text{H}_2]^4}$$

(3) 影响化学平衡移动的因素

- ① 反应物或生成物的浓度；
- ② 化学反应的温度；
- ③ 压力；
- ④ 催化剂。

对于离子交换的化学平衡移动，一般把温度、压力看为稳定的，故主要是反应物与生成物的浓度变化影响。

以钠离子交换再生过程为例：



式中： Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ——溶液中的钙、镁离子；

Na^+ ——溶液中的钠离子；

NaR 、 CaR_2 、 MgR ——钠型、钙型、镁型阳离子交换树脂。

如再生过程中生成物 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的浓度不及时排除，势必导致其浓度不断上升，而有利向再生的相反方向进行。为此淘汰以往的静态浸泡再生，而以流动再生取代，并于操作中强调进再生盐液与同向清洗中均要求此过程保持连续性，这样符合化学平衡移动的结果势必有利于减少生成物 (Ca^{2+} 与 Mg^{2+}) 的浓度，从而可提高再生的效果。

(4) 缓冲溶液

由弱电解质与具有相同离子的强电解质组成的溶液，可促使弱电解质的电离平衡发生移动而改变其电离度。原因在于上述的混合溶液中具有相同离子，促使电离平衡发生移动。