

600MW 级

火 力 发 电 机 组 丛 书

电厂化学

于瑞生 杜祖坤 合编

- 紧密结合电厂实际运行
- 体现600MW机组新技术
- 适合电厂培训使用



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

600MW 级

火 力 发 电 机 组 丛 书

电 厂 化 学

于瑞生 杜祖坤 合编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

600MW级火力发电机组丛书

内 容 提 要

本书是《600MW级火力发电机组丛书》之一。

本书在扼要叙述基本理论的基础上,系统阐述了600MW级火力发电机组化学水处理和化学监督的工作内容,包括水的预处理、离子交换、反渗透、锅内水处理、凝结水处理、循环冷却水处理等工艺,详细介绍了600MW级机组水汽的质量标准,火力发电厂废水处理、电解制氢的过程原理。

本书可作为从事600MW级火力发电机组化学水处理与化学监督人员的培训教材,也可作为广大从事水处理与化学监督人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

电厂化学/于瑞生,杜祖坤编. —北京:中国电力出版社,2006

(600MW级火力发电机组丛书)

ISBN 7-5083-3708-5

I. 电... II. ①于...②杜... III. 电厂化学
IV. TM621.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第133395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>)

北京同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2006年1月第一版 2006年1月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 16.125印张 429千字
印数 0001—3000册 定价 26.00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)

《600MW 级火力发电机组丛书》

编 委 会

主 编	张效胜	张 磊		
副主编	李启涛	孙奎明	代云修	于瑞生
	陶苏东	张立华	马明礼	张灿勇
	荀堂生	张盛智	时海刚	杜祖坤
参 编	苏庆民	柴 彤	牛 勇	王玉华
	李广华	刘红蕾	夏洪亮	高洪雨
	陈雪刚	王秀清	董桂珍	尹民权
	杨志勇	尚庆军	宋中炜	赵 嵘
	华 静	朱福霞	马卫东	刘学恩
	王 伟			

前言

1981年,我国第一台单机容量600MW火力发电机组(元宝山电厂二期工程)投运。这标志着我国电力工业开始步入大容量、高参数、高自动化时期。600MW火力发电机组具有大容量、高参数、低能耗、低污染等优点,现已逐渐成为我国火力发电厂的主力机型。截止到2004年底,全国已有多台600MW机组投入运行。

随着我国电力工业的迅猛发展,新材料、新设备、新技术、新工艺不断投入应用,现代大型火力发电厂对生产管理人员和专业技术人员掌握新材料、新设备、新技术、新工艺的能力提出了更高、更新的要求。为满足广大生产管理人员和专业技术人员渴望学习新知识、新技能的迫切需求,山东省电力学校组织编写了《600MW级火力发电机组丛书》。

在结合山东省600MW火力发电机组多年运行经验的基础上,本丛书详细地介绍了600MW级机组锅炉设备、汽轮机设备、电气设备及系统的原理、结构、技术特点和运行技巧,同时也详细地分析和介绍了600MW机组的热工自动化设备及系统、燃料系统运行与管理、电厂化学等方面的知识。

本丛书共有六个分册:《燃煤锅炉机组》,由张磊、张立华主编;《汽轮机设备及系统》,由代云修、张灿勇主编;《电气设备及系统》,由陶苏东、荀堂生、张盛智主编;《燃料运行与检修》,由张磊、马明礼主编;《热工自动化》,由孙奎明、时海刚合编;《电厂化学》,由由于瑞生、杜祖坤合编。

本丛书突出了600MW级火力发电机组的技术特点,以实用、提高技能为核心,对火力发电机组共性的基本理论部分进行了适当的弱化处理,而对600MW级火力发电机组的特点及其特殊的生产管理要求进行了详细的阐述。

本丛书既可作为生产人员的岗位培训教材,也可作为大、中专院校电厂热能动力工程、热工自动控制、电厂化学、电气等专业的参考教材。

在本丛书编写过程中,华电集团邹县发电厂、中华电力聊城发电厂、华能集团德州发电厂、山东电力研究院有关领导和专家给予了大力支持和热情帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于编写人员水平所限,加之时间仓促,疏漏和不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

《600MW级火力发电机组丛书》编委会

2005年11月

600MW级火力发电机组丛书

电厂化学

编 者 的 话

随着国内 600MW 级火力发电机组的逐渐增多,对电厂运行人员提出了更高的要求。电厂运行人员迫切需要掌握有关 600MW 级火力发电机组的知识,以适应新形势、新要求。为加强化学运行、监督人员的技术培训,给机组的安全稳定运行奠定一个良好的理论基础,特编写本书。

本书在编写过程中,结合山东聊城电厂的实际情况、设备厂家提供的资料及聊城电厂设备的特点,以系统处理工艺为主线,遵循理论与现场实践相结合的原则,重点介绍了化学专业相关设备的结构、原理、工艺系统及运行操作,力求能为其他 600MW 机组化学水处理提供参考。

全书共分为十三章,第一~七章由山东省电力学校杜祖坤编写,第八~十三章由山东省电力学校于瑞生编写。

在本书编写过程中,我们得到了中华聊城发电有限公司、华电集团邹县发电厂的大力支持,其中中华聊城发电有限公司运行部宋益山主任、华静副主任、辅机科刘建忠副主任给予了大力指导和支持,在此一并表示衷心的感谢。

因时间仓促、水平所限,难免存在疏漏之处,望大家批评指正。

编 者

2005 年 7 月 12 日

目 录

前言

编者的话

绪论

第一章 天然水中杂质及水质指标	1
第一节 天然水中的杂质	4
第二节 水质指标	6
第三节 天然水中的主要化合物	9
第四节 天然水的特点及分类	12
第二章 水的混凝、澄清、过滤处理	14
第一节 水的混凝处理	14
第二节 水的澄清处理	20
第三节 水的过滤	26
第四节 过滤设备	31
第三章 反渗透	40
第一节 反渗透原理	40
第二节 反渗透膜	41
第三节 反渗透装置及辅助设备	44
第四节 反渗透装置的运行	48
第四章 离子交换处理	60
第一节 离子交换树脂的结构与命名	60
第二节 离子交换的原理	63
第三节 离子交换树脂的性能	67
第四节 树脂预处理、变质和污染	70
第五章 化学补给水除盐系统的运行	76
第一节 一级除盐系统	76
第二节 强弱型树脂联合应用的复床除盐	83
第三节 离子交换装置及运行操作	86
第四节 除碳器	100
第五节 混合床除盐	102
第六节 离子交换除盐系统	106

第七节 提高离子交换除盐经济性的措施	114
第八节 设备的防腐蚀	118
●第六章 锅炉给水处理	121
第一节 金属腐蚀概述	121
第二节 给水系统金属腐蚀	124
第三节 给水系统金属腐蚀的防止	127
第四节 给水加氨处理	130
●第七章 汽包锅炉锅内水处理	134
第一节 锅内的杂质和沉积物	134
第二节 汽包锅炉水汽系统的腐蚀、结垢及其防止	136
第三节 水垢的形成及防止	140
第四节 锅炉水处理	142
第五节 盐类暂时消失现象	145
第六节 锅炉割管检查结垢、腐蚀状况的方法	146
●第八章 火力发电厂水、汽取样及化学监督	148
第一节 汽包锅炉的水汽质量监督	148
第二节 水汽的取样方法	150
第三节 600MW 火力发电机组水汽质量标准	154
第四节 汽包锅炉的热化学试验	166
●第九章 锅炉的化学清洗和停用保护	172
第一节 锅炉化学清洗的必要性	172
第二节 化学清洗药品的选择	173
第三节 锅炉的化学清洗	178
第四节 锅炉的停用保护	186
●第十章 凝结水处理	191
第一节 凝结水的污染	191
第二节 凝结水处理系统概述	192
第三节 中压凝结水处理系统和设备	195
第四节 凝结水处理系统的运行	199
第五节 高速混床体外再生工艺	201
第六节 凝结水处理系统的控制及异常处理	205
●第十一章 循环冷却水处理	208
第一节 循环冷却水系统水量平衡及参数	208
第二节 水质稳定性的判断	211
第三节 循环冷却水的防垢处理	213
第四节 凝汽器铜管冷却水侧的腐蚀及防止	216
第五节 循环冷却水系统中微生物的控制	221
第六节 凝汽器铜管的清洗	224
●第十二章 废水处理	226
第一节 水质污染与废水排放标准	226

第二节	火电厂排放的废水	228
第三节	废水处理工艺	230
第四节	废水处理系统及设备	233
●第十三章	氢气的制取和发电机的冷却	238
第一节	发电机的冷却方式	238
第二节	冷却介质的性能比较	239
第三节	电解制氢原理、系统及其设备	240
第四节	电解制氢的有关技术指标	243
第五节	氢冷发电机的气体置换和充氢	245
参考文献		247

绪 论

一、水在火力发电厂中的作用

在火力发电厂中，水进入锅炉后，吸收燃料燃烧放出的热，转变为蒸汽，进入汽轮机，将蒸汽的热能转变为汽轮机的机械能；汽轮机带动发电机，将机械能转变为电能。因此，水是电厂整个热力系统的工作介质，也是某些热力设备的冷却介质。如果将燃料比作电厂的“口粮”，那么水可称得上是电厂中流动的“血液”。为了保证锅炉、汽轮机的正常运行，锅炉和汽轮机对所用水的质量要求比较严格，而且机组蒸汽的参数愈高，对水质的要求也愈严。目前，我国制造的机组蒸汽参数和容量如表 0-1 所示。

表 0-1 火力发电厂机组容量和蒸汽参数

名 称	额定功率 (MW)	蒸 汽 参 数			
		锅 炉		汽 轮 机	
		汽 压 (MPa)	汽 温 (℃)	汽 压 (MPa)	汽 温 (℃)
中压机组	6, 12, 25	3.9	450	3.43	435
高压机组	50, 100	9.81	540	8.82	535
超高压机组	125	13.23	555	12.23	550
	200	13.73	540	12.74	535
亚临界 压力机组	300	16.68	555	16.17	550
		18.27	541	16.66	537
	600	18.27	541	16.66	537
超临界压力机组	≥600	> 22.11	—	> 22.11	—

火力发电厂分为凝汽式电厂和供热式电厂两种，它们的水汽循环系统如图 0-1、图 0-2 所示。

在水汽循环系统中，水汽呈循环流动状态，难免会有些损失。造成水汽损失的主要原因可分为以下几部分：

(1) 锅炉部分：锅炉的排污放水，锅炉安全门和过热器放汽门的向外排汽，用蒸汽推动附属机械（如汽动给水泵），蒸汽吹灰和燃烧液体燃料（如油等）时采用蒸汽雾化法等，都要造成汽水损失。

(2) 汽轮机部分：汽轮机的轴封处要连续向外排汽，在抽气器和除氧器排气口处会随空气排出一些蒸汽，造成损失。

(3) 各种水箱损失：各种水箱（如疏水箱等）有溢流和热水的蒸发等损失。

(4) 管道系统损失：各管道系统法兰盘连接处不严密和阀门泄漏等，也会造成汽水损失。

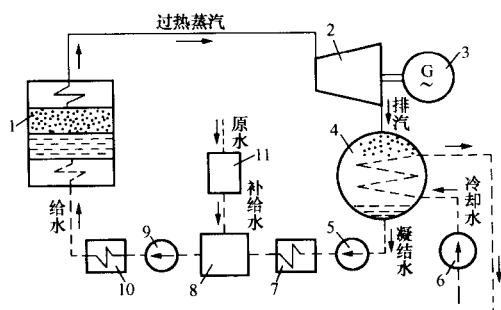


图 0-1 凝汽式电厂水汽循环系统

1—锅炉；2—汽轮机；3—发电机；4—凝汽器；5—凝结水泵；6—循环水泵；7—低压加热器；8—除氧器；9—给水泵；10—高压加热器；11—水处理设备

为了维持发电厂热力系统的水汽循环运行正常，就要用水来补充这些损失，这部分水称为补给水。凝汽式发电厂在正常运行情况下，补给水量不超过锅炉额定蒸发量的 2% ~ 4%。

由于水在火力发电厂水汽循环系统中的流程和作用不同，水质常有较大的差别。因此，为形象反映水的流程作用，常赋予这些水以不同的名称。

二、火力发电厂中水的名称

1. 原水

原水是指未经任何处理的天然水（如江河、湖、地下水等），它是火力发电厂中各种用水的来源。

2. 锅炉补给水

经过各种方法净化处理后的原水，用于补充火力发电厂汽水循环系统汽水损失的水，称为锅炉补给水。锅炉补给水按净化处理方法的不同，可分为软化水、蒸馏水和除盐水等。

3. 凝结水

在汽轮机中做功后的蒸汽经凝汽器冷凝成的水，称为凝结水。

4. 疏水

各种蒸汽管道和用汽设备中的蒸汽冷凝水，称为疏水。它经疏水器汇集到疏水箱或并入凝结水系统中。

5. 返回水

热电厂向热用户供热后，回收的蒸汽冷凝水，称为返回水。返回水又有热网加热器冷凝水和生产返回冷凝水之分。

6. 给水

送进锅炉的水称为给水。凝汽式发电厂的给水，主要由凝结水、补给水和各种疏水组成。热电厂的给水组成中，还包括返回水。

7. 锅炉水

在锅炉本体循环流动的水，称为锅炉水，习惯上简称炉水。

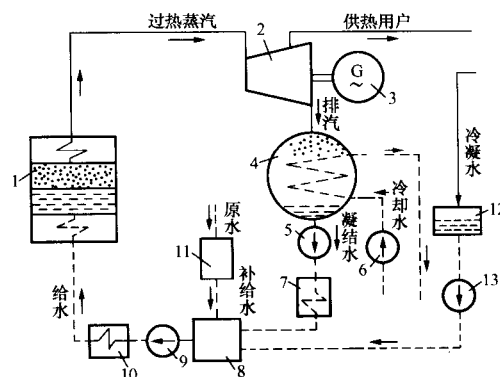


图 0-2 供热式电厂水汽循环系统

1—锅炉；2—汽轮机；3—发电机；4—凝汽器；5—凝结水泵；6—循环水泵；7—低压加热器；8—除氧器；9—给水泵；10—高压加热器；11—水处理设备；12—返回凝结水箱；13—返回水泵

8. 冷却水

用作冷却介质的水称为冷却水。在电厂中，它主要是指通过凝汽器用于冷却汽轮机排汽的水。

9. 内冷水

内冷水是指水氢冷式发电机中，用于带走发电机定子绕组运行中产生的热量的水。

三、水质不良的危害

长期的实践使人们认识到，热力系统中水的品质，是影响发电厂热力设备（锅炉、汽轮机等）安全、经济运行的重要因素之一。没有经过进化处理的天然水含有许多杂质，这种水如进入水汽循环系统，将会造成各种危害。为了保证热力系统中有良好的水质，必须对水进行适当的处理，并严格地监督汽水质量。

下面介绍热力发电厂中，由于汽品质不良而引起的危害。

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，则经过一段时间运行后，在与水接触的受热面上，会生成一些固体附着物，这种现象称为结垢，这些固体附着物称为水垢。水垢的热导率比金属的低几十至几百倍，而且这些水垢又极易在热负荷很高的锅炉炉管中生成，它可使结垢部位的金属管壁温度过高，引起金属强度下降，这样在管内压力的作用下，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，因此结垢对锅炉（或热交换器）的危害性很大。结垢不仅危害安全运行，而且还会大大降低发电厂的经济性。例如，热力发电厂锅炉的省煤器中，结有1mm厚的水垢时，燃料用量就比原来的多消耗1.5%~2.0%。由于发电厂锅炉的容量一般都很大，每年使用的燃料量也很大，所以燃料的消耗率虽只有微小的增加，却会给国家和企业造成巨额的经济损失。另外，在汽轮机凝汽器内结垢会导致凝汽器真空度降低，从而使汽轮机的热效率和出力下降。加热器的结垢会使水的加热温度达不到设计值，使整个热力系统的经济性降低。另外，热力设备结垢以后，必须及时清洗，这就要停止运行，减少了设备的年利用小时数，此外，还要增加检修工作量和费用等。

2. 热力设备的腐蚀

发电厂热力设备的金属经常和水接触，若水质不良，则会引起金属腐蚀。热力发电厂的给水管道、各种加热器、锅炉省煤器、水冷壁、过热器和汽轮机凝汽器等，都会因水质不良而腐蚀。腐蚀不仅要缩短设备本身的使用期限，造成经济损失，而且金属腐蚀产物转入水中，使给水中杂质增多，从而加剧在高热负荷受热面上的结垢过程，结成的垢又会加速锅炉炉管腐蚀。此种恶性循环，会迅速导致爆管事故。此外，金属的腐蚀产物被蒸汽带到汽轮机中沉积下来后，也会严重地影响汽轮机的安全、经济运行。

3. 过热器和汽轮机的积盐

水质不良会使锅炉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通过的各个部位（如过热器和汽轮机），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，特别是高温、高压、大容量汽轮机，它的高压部分蒸汽流通的截面积很小，所以少量的积盐也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。

热力发电厂水处理工作就是为了保证热力系统各部分有良好的水汽品质，以防止热力设备的结垢、积盐和腐蚀。因此，在热力发电厂中，水处理工作对保证发电厂的安全、经济运行具有十分重要的意义。

天然水中杂质及水质指标

电厂用水多取自天然水。所谓天然水是指海洋、冰川、湖泊、江河以及蕴藏在地层中的地下水。水是一种很强的溶剂，能溶解大气中、地表面和地下岩层里的许多物质，同时还有一些不溶于水的物质混杂在水中，因此，天然水往往含有许多杂质。这些杂质常常是一些常见元素的化合物以及少量单质或复杂化合物等，需对其进行处理，使水质达到电厂生产要求。为更好地做好水处理工作，认识、了解这些杂质的种类、特点、含量和危害有着十分重要的意义。

第一节 天然水中的杂质

天然水中的杂质有的呈固态，有的呈液态和气态，它们大多以分子态、离子态和胶体颗粒存在于水中。由于水处理方法与杂质的颗粒大小有关，在水处理工艺中将杂质按分散颗粒的大小分成三类：悬浮物、胶体和溶解物质。

一、悬浮物

悬浮物是粒径 10^{-4}mm 以上的粒子，一般情况下悬浮于水中的物质。它们在水中不稳定，分布也很不均匀，天然水中悬浮物可分为漂浮的、悬浮的和可沉降的。一些植物及腐烂体的相对密度小于1，一般漂浮于水面，称为漂浮物；一些动植物的微小碎片、纤维或死亡后的腐烂产物的相对密度近似等于1，一般悬浮于水中，称为悬浮物；一些黏土、砂粒之类的无机物的相对密度大于1，当水静止或流速缓慢时会下沉，称为可沉物。悬浮物是一种比较容易去除的杂质。

二、胶体

胶体的粒径在 $10^{-6} \sim 10^{-4}\text{mm}$ ，主要是铁、铝、硅的化合物以及动植物有机体的分解产物、蛋白质、脂肪、腐殖质等，它们往往是许多分子或离子的集合体。由于胶体粒子比表面积大、有明显的表面活性，表面常常吸附某些带有正电荷或负电荷的离子，而呈现出带电性。天然水体中的黏土颗粒一般带有负电荷，而一些金属离子的氢氧化物则带有正电荷。因为带相同电荷的胶体颗粒相互排斥，不能聚集，所以胶体颗粒在水中是比较稳定的，分布也比较均匀，难以用自然沉降的方法除去。

天然水中的悬浮物和胶体颗粒，对光线有散射效应，这是造成水体混浊的主要原因，所以它们是各种水处理工艺中首先清除的对象。

三、溶解物质

溶解物质是指颗粒直径小于 1nm ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{mm}$) 的微粒，它们往往以离子、分子或气体的状态存在于水中，成为均匀的分散体系，称为真溶液。这类物质不能用混凝、澄清、过滤的方法除去，必须用蒸馏、膜分离（电渗析、反渗透等）或离子交换的方法才能除去。

1. 水中的离子态杂质

天然水中含有的主要离子有 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等八种离子，

它们几乎占水中溶解固体总量的 95% 以上。另外，水中还有一定的生物生成物、微量元素及有机物。生物生成物主要是一些氮的化合物（如 NH_4^+ 、 NO_2^- 、 NO_3^- ），磷的化合物（ HPO_4^{2-} 、 H_2PO_4^- 、 HPO_3^{3-} ），铁的化合物和硅的化合物。微量元素是指含量小于 10mg/L 的元素，主要有 Br^- 、 I^- 、 Cu^{2+} 、 Co^{2+} 、 Ni^{2+} 、 F^- 、 Fe^{2+} 等。

天然水中的离子按其含量不同可分为三类，见表 1-1，其中含量最高的第 I 类离子是水处理过程中需要净化的主要对象。

表 1-1 天然水中的离子

类 别	阳 离 子		阴 离 子		含 量 范 围
	名 称	符 号	名 称	符 号	
I	钙离子	Ca^{2+}	碳酸氢根	HCO_3^-	几毫克/升至几万毫克/升
	镁离子	Mg^{2+}	氯离子	Cl^-	
	钠离子	Na^+	硫酸根	SO_4^{2-}	
	钾离子	K^+			
II	铁离子	Fe^{2+}	氟离子	F^-	十分之几毫克/升至几毫克/升
	锰离子	Mn^{2+}	硝酸根	NO_3^-	
	铵离子	NH_4^+	碳酸根	CO_3^{2-}	
III	铜离子	Cu^{2+}	硫氢酸根	HS^-	小于 1/10mg/L
	锌离子	Zn^{2+}	硼酸根	BO_2^-	
	镍离子	Ni^{2+}	亚硝酸根	NO_2^-	
	钴离子	Co^{2+}	溴离子	Br^-	
	铝离子	Al^{3+}	碘离子	I^-	
			磷酸氢根	HPO_4^{2-}	
			磷酸二氢根	H_2PO_4^-	

对于火力发电厂，水中的离子态物质能够引起热力设备的结垢、腐蚀、积盐，影响设备和系统的安全经济运行，所以必须除去。

2. 溶解气体

天然水中常见的溶解气体有氧（ O_2 ）、二氧化碳（ CO_2 ）和氮（ N_2 ），有时还有硫化氢（ H_2S ）、二氧化硫（ SO_2 ）和氨（ NH_3 ）等。

(1) 氧（ O_2 ）。天然水中的氧来源于大气中氧的溶解，因为干空气中含有 20.95% 的氧，水体与大气接触使水体具有再充氧的能力。另外，水中水生植物的光合作用也产生一部分氧，但不是水中氧的主要来源，因为白天靠光合作用产生的氧，又在夜间的新陈代谢过程中消耗了。氧在水中的溶解度除与氧的分压和水温有关以外（见图 1-1），还与水的紊流特性、空气泡的大小等因素有关。另外，水中有机物质的降解也消耗氧。由于水中微生物的呼吸、有机质的降解以及矿物质的化学反应都消耗氧，如水中氧不能从大气中得到及时补充，水中氧的含量可以降得很

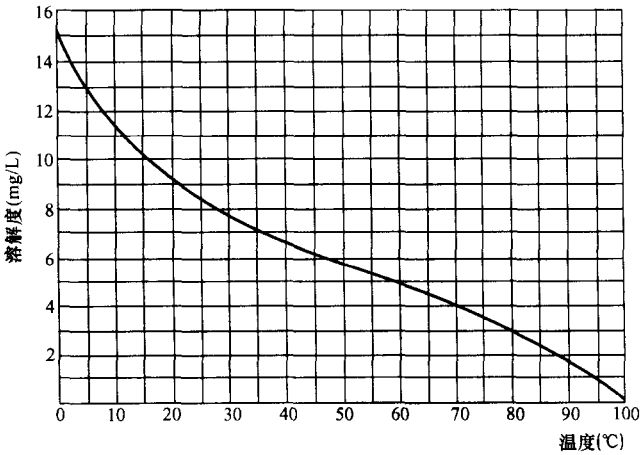


图 1-1 101.325kPa 大气中氧在水中的溶解度

低。所以，一般情况下，地下水中氧的含量总比地表水的低，地表水中氧的含量一般在 0 ~ 14mg/L 之间。

对于火力发电厂，水中的溶解氧能造成金属设备的腐蚀，其在水中的溶解度与水温有关，见图 1-1，所以需通过热力除氧和化学除氧将其除去。

(2) 二氧化碳 (CO₂)。天然水中的二氧化碳主要来源于水中或泥土中有机质的分解和氧化。因为大气中二氧化碳的分压很低，按体积比只有 0.03% ~ 0.04%，所以 25℃时大气中二氧化碳在水中的溶解度只有 0.5 ~ 1.0mg/L。但其饱和浓度可以达到 1450mg/L。在实际天然水中，CO₂ 的含量一般为 20 ~ 30mg/L，地下水有时达到几百毫克/升，说明水中有机质降解时，消耗了氧气，产生了 CO₂，使水中 CO₂ 的含量远远超过了与大气接触时的平衡 CO₂ 量。

对于火力发电厂，CO₂ 在给水、凝结水和冷却水中对金属设备有腐蚀作用，同时还会加剧溶解氧对金属的腐蚀，所以在锅炉用水和冷却水中含有 CO₂ 具有较大的危害。

第二节 水质指标

水质表示水的质量，反映水的使用性质。不同用途的水，常有不同的水质要求，这就需要采用不同的水质指标。水质指标可用水中杂质的组成表示。由于工业用水的种类繁多，因此对水质的要求也各不相同。锅炉用水根据自己的使用性质制定了自己的水质指标，如表 1-2 所示。

表 1-2 水质指标及常用单位

水质指标	常用单位	水质指标	常用单位	水质指标	常用单位
悬浮物	mg/L	化学耗氧量	mg/L	磷酸根	mg/L
浑浊度	FTU	生物需氧量	mg/L	硝酸根	mg/L
透明度	cm	含油量	mg/L	亚硝酸根	mg/L
含盐量	mg/L	稳定度		钙	mg/L
溶解固体物	mg/L	二氧化碳	mg/L	镁	mg/L
灼烧残渣	mg/L	溶解氧	mg/L	钾	mg/L
电导率	μS/cm	碳酸氢根	mg/L	钠	mg/L
碱 度	mmol/L	碳酸根	mg/L	氨	mg/L
硬 度	mmol/L	氯离子	mg/L	铁	mg/L
碳酸盐硬度	mmol/L	硫酸根	mg/L	铝	mg/L
非碳酸盐硬度	mmol/L	二氧化硅	mg/L	pH 值	

在表 1-2 所列出的水质指标中，有两种类型。一种是反映水中某一具体组分，如 pH 值及各种无机离子，含义非常明确。另一种不是代表水中某一具体组分，而是表示某一类物质的总和，这一水质指标称为技术指标。它是根据水的某一种使用性能而制定的，如水中的悬浮物和浑浊度表示水中所造成水体浑浊的物质总量，而不是表示某一具体组分。表 1-2 即为电厂水处理中常用的水质指标，其中自悬浮物至稳定度都是技术指标。

下面介绍电力生产中常用的主要技术指标的意义。

一、溶解固形物和含盐量

1. 溶解固形物

溶解固形物是指水中除溶解气体之外各种溶解物的总量。它除了包括全部阴、阳离子外，还

应加上非离子态的二氧化硅、铁铝氧化物和有机物的含量。它包含了水中的许多物质，只是一种理论上的指标，没有找到与它涵义相同的测定方法，它虽然可以按测定悬浮物的重量分析法来测定，但同样存在操作麻烦、费时的问题，所以目前都是采用一些与其涵义相近似的指标进行测定。

2. 含盐量

含盐量表示水中溶解盐类的总和，它可通过水质全分析后将阴、阳离子全部相加而得。含盐量有两种表示方法：其一是物质的量浓度表示法，即将水中各种阳离子（或各种阴离子）均按带一个电荷的离子为一个基本单元，计算其含量（mmol/L），然后将它们全部相加；其二是重量表示法，即将水中各种阴阳离子的含量换算成毫克/升（mg/L），然后全部相加。

水质全分析操作起来比较麻烦，只能定期（如一个季度或一年）测定，不宜作为运行控制指标。

3. 蒸发残渣和灼烧残渣

蒸发残渣是指过滤后的水样在 105 ~ 110℃ 下蒸干所得的残渣量。由于在蒸发过程中水中的碳酸氢盐转变成了碳酸盐及在此温度下还有一些湿分和结晶水不能除尽，因此它并不与溶解固形物完全相等，只是近似。灼烧残渣是将蒸发残渣在 800℃ 下灼烧所得的残渣量。由于在灼烧过程中大部分有机物被烧掉，所以经常用蒸发残渣和灼烧残渣之差，即灼烧减量表示有机物的多少，但它不完全与有机物含量相等，因为在灼烧过程中，残存的湿分、结晶水以及一些氯化物挥发掉了，一部分碳酸盐分解了。

4. 电导率

电导率是电阻率的倒数。电阻率是对断面为 1cm × 1cm、长 1cm 体积的水所测得的电阻，单位是欧姆·厘米（Ω·cm），电导率的单位是西门子/厘米（S/cm 或 μS/cm）。实际测量中常用电导率仪来测定。

因为水中含有杂质离子，所以具有导电能力，而且离子越多，导电能力越强。可以借用测电导率的方法来测定水中的含盐量，如水中离子组成相对稳定时，则可以实测该水样的电导率与含盐量的关系曲线。

水的导电能力不仅与水中离子杂质的含量有关，而且与水的温度和离子之间的相对比例有关，所以测定水的电导率时要求水温一定、水中离子保持相对稳定。

如果水的溶解固形物总量（TDS）在 50 ~ 5000mg/L 之间，水的电导率与 TDS 之间有以下关系：

$$\lg \text{TDS} = 1.0061 \lg \kappa_{\text{H}_2\text{O}} - 0.215 \quad (1-1)$$

式中 $\kappa_{\text{H}_2\text{O}}$ ——水的电导率，μS/cm；

TDS——水的溶解固形物总量，mg/L。

二、悬浮物与浊度

水中悬浮物是各种水处理工艺中都需监督的项目。悬浮物的含量可以用重量分析法来测定，即取 1L 水样经定量滤纸过滤后，将滤纸截留物在 110℃ 下烘干称重，以 mg/L 表示。但此法需要将水过滤，滤出的悬浮物需经烘干和称量等手续，操作麻烦、准确度低，不宜用作现场运行的监督指标，所以，通常采用较易测量的“浊度”作为衡量悬浮物的指标。

浊度一般用来衡量水中悬浮物和胶体物质的大致含量。浊度表征溶液对光的散射性，测定方法为：将样品在 90° 角度下的散射光强度与用标准溶液在同样条件下的散射光强度相比较。此种测定常采用装有光电池的仪器（如激光浊度仪）来测定。

三、碱度和酸度

1. 碱度

水的碱度是指水中含有能接受氢离子物质的量。天然水中碱度主要由重碳酸根组成，有的水中含有少量的碳酸盐和磷酸盐。因为碱度是用酸中和的办法来测定的，所以采用的指示剂不同，滴定终点也不同，所测得的物质也不同。当用酚酞作指示剂时，终点 pH 值为 8.1~8.3，水中的氢氧根被中和成水，碳酸根中和成碳酸氢根，用酚酞作指示剂时测得的碱度称为酚酞碱度 (P_A)。当用甲基橙作指示剂时，终点 pH 值为 4.3~4.5，水中氢氧根中和成水、碳酸根和碳酸氢根中和成碳酸，用甲基橙作指示剂时测得的碱度称为甲基橙碱度 (M_A)。通过酚酞碱度 (P_A) 和甲基橙碱度 (M_A) 可算出水中氢氧根、碳酸根和碳酸氢根的含量。

2. 酸度

水的酸度是指水中含有能接受氢氧根离子的物质的量。可能形成酸度的物质有强酸，强酸弱碱盐、酸式盐和弱酸。天然水中只有 1%~2% 的 CO_2 生成碳酸，不会使水呈酸性。只有在化学除盐过程中阳床出水会产生酸度。

四、硬度

硬度是指天然水中多价阳离子的总浓度，对天然水来说主要是钙、镁离子，故水的硬度也就表示水中钙、镁离子之和。

1. 碳酸盐硬度

碳酸盐硬度是指水中钙、镁的碳酸氢盐、碳酸盐之和。由于天然水中碳酸根的含量非常少，所以一般将碳酸盐硬度看作钙、镁的碳酸氢盐。碳酸盐硬度又被称作暂时硬度，这是由于水长时间煮沸后，水中碳酸氢钙和碳酸氢镁会分解产生碳酸钙和氢氧化镁沉淀，使碳酸盐硬度消失，所以被称作暂时硬度。

2. 非碳酸盐硬度

水的总硬度和碳酸盐硬度之差是非碳酸盐硬度，它们是钙、镁的氯化物和硫酸盐等。它在水沸腾时不能被除去，所以又被称为永久硬度，其值近似等于非碳酸盐硬度。

为了使水质满足各种用途的要求，在进行水处理前必须对水进行取样和分析。表 1-3 列出了通常分析的项目及其存在的危害和处理方法，根据需要及水质的特点在必要时可增加分析项目。

表 1-3

天然水的一般分析项目

成 分	化 学 式	引 起 的 问 题	处 理 方 法
浊 度	—	使水不透明，会在管道、生产设备水侧产生沉积物而影响热效率或工艺过程	凝聚、沉降和过滤
硬 度	Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的盐类	是热交换设备、锅炉、管道等内部结垢的主要来源	软化、除盐、锅内处理、表面活性剂处理
碱 度	HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 和 OH^-	锅炉水发泡和随蒸汽携带固形物。碳酸氢盐和碳酸盐会使蒸汽中含有二氧化碳（凝结水管道中的一种腐蚀源）	石灰或石灰—苏打软化、酸处理、氢型软化、除盐、阴离子交换剂脱碱
酸 度	H_2SO_4 、 HCl 等	酸性腐蚀	碱中和
二氧化碳	CO_2	水管道的腐蚀特别是蒸汽和凝结水管道的腐蚀	充气、除气、碱中和
pH 值	$\text{pH} = \lg \frac{1}{[\text{H}^+]}$	pH 值随水酸性或碱性固形物含量而变化。大多数天然水的 pH 值为 6.0~8.0	碱性物质或酸性物质调节