

300MW 热电联产机组技术丛书

化学水处理系统和设备

国电太原第一热电厂 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

TM621.8
3

300MW热电联产机组技术丛书

化学水处理系统和设备

国电太原第一热电厂 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是 300MW 热电联产机组技术丛书之一,共分十一章,分别介绍了锅炉补给水处理系统、凝结水处理系统、炉内水处理系统、循环水处理系统、污水处理系统以及化学仪表、程序控制与加药系统等内容。

本书适用于火力发电厂化学专业人员的培训,也可供电力院校相关专业人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

化学水处理系统和设备/国电太原第一热电厂编著. 北京:
中国电力出版社, 2008

(300MW 热电联产机组技术丛书)

ISBN 978-7-5083-6704-0

I. 化… II. 国… III. 热电厂-电厂化学-水处理
IV. TM621.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 011026 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>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

· 2008 年 5 月第一版 2008 年 5 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 20 印张 486 千字

印数 0001—3000 册 定价 38.00 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

序

国电太原第一热电厂（以下简称“电厂”）创建于1953年，属“一五”期间国家156项重点工程之一。五十多年来，经过六期扩建，逐步发展成为拥有装机容量1275MW的现代化大型热电联产企业。至2006年底，为国家发电1266.44亿kW·h，供热2.79亿MW，担负着太原市1000万平方米、80万居民的集中采暖供热和周边化工工业热负荷，为太原市的清洁生产和全省的经济发展作出了突出贡献。

电厂五期扩建的两台300MW机组为波兰拉法克公司生产的低倍率循环半塔式燃煤锅炉，与东方电站集团公司生产的汽轮发电机组相配套；六期扩建两台300MW机组的锅炉、汽轮机和发电机均由东方集团公司生产。50多年的发展过程中，电厂在机、炉、电、热、化、燃及脱硫等各个专业的生产运行和设备检修方面积累了很多有益的经验。在这一过程中，电厂的工程技术人员一直不遗余力，在完善专业教材体系并使其更贴近企业专业特点方面不断进行探索。

我们在2005年编写完成《锅炉及辅助设备》、《汽轮机及辅助设备》、《发电机及电气设备》、《火力发电厂烟气脱硫设备运行与检修》等分册的基础上，继续完成了《热工控制系统和设备》、《化学水处理系统和设备》、《输煤系统和设备》和《除灰除尘系统和设备》等分册，使《300MW热电联产机组技术丛书》成为一套专业完整、有较高参考价值的技术丛书。我们衷心希望丛书的问世，能够对推动热电联产机组的技术发展有所裨益。

国家电力体制改革之后，国民经济保持持续稳步增长，极大地推动了电力工业的加速发展，为专业技术水平的进一步提高提供了难得的机遇。同时，随着电力技术的不断发展，使更多的新技术、新工艺在电力企业生产中得到更为广泛的应用。作为专业技术工作者，我们都深感责任之重大和任务之艰巨。在这套丛书问世之际，我们再次表达这样一个心愿：希望与全国电力行业的同行共勉，为我国电力专业技术建设多添一块砖、多加一块瓦、多出一分力，培养出更多的优秀人才。

在编写过程中，广大技术人员付出了辛勤的劳动，中国国电集团公司、中国国电集团公司华北分公司及山西电网公司的领导都给予了大力的支持，在此表示衷心地感谢。

前言

国电太原第一热电厂共有四台 300MW 热电联产和一台 25MW 背压，一台 50MW 凝、抽两用供热机组。化学车间承担了全部机组和城市大热网及周边企业、工业用汽的供水任务。自投产以来，化学人员在生产实践中成功地应用了新技术解决了一系列新问题，化学设备运行良好，并取得了一些实践经验。本书对生产中各流程涉及的设备的结构、工作原理、运行操作及维护等内容进行了全面介绍。

全书分为十一章，由万红云同志编写第一章并对全书进行修订。第二章由贾志卫编写，第三章由樊永胜编写，第四、五章由游卿峰编写，第六章由张宇编写，第七章由张小英编写，第八章由陈红竹、兰玲芳编写，第九章由逯银梅编写，第十章由张志前编写，第十一章由张晋良编写。

由于时间仓促，编写者能力所限，书中难免会有不足之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2008 年

目 录

前言

第一章 概述	1
第二章 补给水预处理	5
第一节 水源的选择及特点.....	5
第二节 原水水质的监测	10
第三节 水的混凝沉淀处理	13
第四节 水的过滤	20
第五节 预处理设备的运行与监督	23
第六节 影响出水水质的因素及处理方法	27
第三章 反渗透预脱盐处理	31
第一节 膜处理概述	31
第二节 反渗透基本知识	33
第三节 反渗透装置	36
第四节 反渗透的预处理与加药	39
第五节 反渗透的运行	44
第六节 反渗透膜的污染评价与清洗	46
第七节 延长反渗透膜使用寿命的方法	53
第八节 设备故障原因与处理	55
第四章 离子交换除盐	58
第一节 离子交换树脂及其性能	58
第二节 除盐系统及设备	70
第三节 离子交换器的再生工艺	75
第四节 离子交换器的运行和调整	81
第五节 运行中的异常分析及主要对策	84
第五章 凝结水精处理	88
第一节 凝结水处理系统与设备	88
第二节 凝结水处理的意義	90
第三节 高速混床的再生工艺	92
第四节 高速混床的运行与监督	94
第五节 运行中的异常分析及主要对策	96
第六章 给水、炉水处理	99
第一节 给水处理与监督	99

第二节	炉水处理与监督·····	111
第三节	排污·····	117
第七章	水汽质量监督·····	119
第一节	水汽系统流程与特点·····	119
第二节	水汽监督的任务及检测技术规定·····	122
第三节	300MW 机组水汽品质监督·····	142
第四节	凝结水及热网疏水水质监督·····	149
第五节	机组启动与停运时的水质监督·····	153
第六节	机组大、小修化学技术诊断·····	158
第七节	锅炉的化学清洗·····	164
第八章	污、废水处理及辅助设备·····	172
第一节	概述·····	172
第二节	污水处理系统·····	175
第三节	污水的物理处理·····	180
第四节	污水的混凝处理·····	194
第五节	污水的生物膜法处理·····	196
第六节	深度水处理系统·····	200
第七节	污、废水处理过程的化学监督·····	211
第九章	循环冷却水处理·····	215
第一节	循环冷却水系统概况·····	215
第二节	循环冷却水处理方式·····	218
第三节	冷却水微生物及其控制·····	223
第四节	冷却水系统的腐蚀与防腐·····	227
第十章	化学仪表及其自动控制·····	238
第一节	化学在线仪表及其自动控制的特点·····	238
第二节	化学在线仪表·····	243
第三节	汽水采样与数据采集·····	261
第四节	补给水系统控制·····	264
第五节	凝结水系统控制·····	272
第六节	反渗透系统控制·····	279
第十一章	化学加药计量泵的选型与运行特点·····	286
第一节	计量泵在化学水处理中的用途·····	286
第二节	计量泵的类型及选用原则·····	286
第三节	化学计量泵的运行维护·····	287
第四节	化学计量泵的检修·····	288
参考文献	·····	309



一、机组概况及化学供水情况

1. 现役机组组成

国电太原第一热电厂经过多期扩建，现役机组组成为：

五期包括 $2 \times 300\text{MW}$ 低倍率复合循环亚临界直流炉（型号为 BP1025），同时担负着太原市的城市集中供热。额定蒸发量为 935t/h ，抽汽供热量（额定值）为 1256.04MkJ/h 。

六期包括 $2 \times 300\text{MW}$ 亚临界汽包炉（型号为 DG1025/18.2-II₄），承担着周边企业的工业供热。额定蒸发量为 935t/h ，最大抽汽量为 420t/h （ 0.785MPa ， 324°C ），以及一台 25MW 背压机组和一台 50MW 凝、抽两用供热机组，是典型的热电联产企业。

2. 水源及水质

晋阳湖作为循环冷却水及锅炉补给水的水源，蓄水量约为 $11.6 \times 10^6 \sim 18.5 \times 10^6\text{m}^3$ ，占地面积约为 5.2km^2 ，相当于西湖的面积。晋阳湖为人工湖，其水源由汾水库干渠每年分四次补入，年补水量约为 $31.1 \times 10^6\text{m}^3$ 。

1991 年以来，湖水水质持续恶化， $\text{COD}_{\text{KMnO}_4}$ 年平均达 6.84mg/L ，含盐量年平均值达 850mg/L 。

氯根含量与设计初期相比增加了 100% ，其他离子含量也均增加迅速。这样势必造成晋阳湖水质含盐量的不断增大。含盐量的增大，一会造成化学制水成本的增加，二会加速凝汽器及循环冷却水系统的结垢。

3. 化学供水情况

夏季机组的除盐水补水量为 $290 \sim 300\text{t/h}$ ；冬季机组的除盐水补水量达 500t/h 。另外，城市集中供热软化水补水量为 $10 \sim 50\text{t/h}$ ，其他采暖系统软化水供水量为 $60 \sim 80\text{t/h}$ 。

国电太原第一热电厂补给水处理的水源为地表水，一年四季水温、水质变化很大。化学水处理的工艺也要做出及时调整，才能保证机组供水水质及供水量。

另外，工业及生活污水经净化处理后用于补给水处理。工业污水由于成分复杂，即使经处理后，各种杂质（如含油量、重金属含量）也较水库水高很多，生活污水含氮、磷、有机物较高。这些新因素的出现，给电厂水处理带来更大的挑战。

二、补给水系统

（1）五期补给水处理的原水取自五期循环冷却水的退水渠，由集中水泵房通过两根 $\phi 219 \times 6\text{mm}$ 的钢管供给。一路经过混合式加热器进入 1、2 号澄清池，另一路进入 3 号机械搅拌澄清池。

工艺流程为：原水→混凝处理→机械过滤→活性炭过滤→过滤水箱→一级除盐→二级除盐→锅炉。另一路：过滤水箱→软化处理→热网除氧器→热网加热器。

（2）六期补给水处理的原水取自五期工业循环冷却水排水沟，经综合泵房升压后，通过

两根 $\phi 529 \times 6$ mm 钢管供至六期化学水处理。

工艺流程为：原水→混凝处理→多介质过滤→细砂过滤→活性炭过滤→预脱盐→一级除盐→二级除盐→锅炉。另一路：经多介质过滤后的清水→两级软化处理→采暖站加热器。

(3) 六期补给水处理系统的预脱盐部分是 2005 年增建的项目。出力为 4×125 t/h。两套采用海德能公司生产的低压聚酰胺复合膜 CPA-2，另外两套采用美国陶氏公司生产的低压聚酰胺复合膜 BW-365。它采用了膜处理的物理方法进行除盐，它的使用极大地延长了传统的离子交换设备的再生周期，降低了再生的酸碱排放量，有利地保护了生态环境。

三、水汽监督与炉内水处理

1. 水汽监督

水汽监督的主要任务在于对水处理方法与效果的监督、水汽质量的检测监督以及节水监督，更多地采用新方法、新工艺、新材料、新技术，不断提高水汽监督质量与监督水平。

(1) 对水处理方法与效果的监督。电厂水汽系统中，不同阶段的水具有不同的水质要求，不同参数的机组对水质要求也不完全相同，因而处理方法与工艺多种多样。水汽监督也就必须监督上述设备的运行情况，通过水质检测结果来分析处理效果，为调整并寻求最佳的水处理设备运行条件提供依据。

(2) 水汽质量的检测监督。对水汽系统中水汽质量的检测监督是电厂水汽监督的另一项基本任务，而且这对于水汽监督人员来说是更为主要的任务，是每天必须进行的工作。对于从事水汽质量检测的技术管理人员，一方面要熟悉有关标准与规定，能指导化验员的检测工作，及时纠正检测中存在的问题；另一方面，也是更为重要的是能对检测结果加以分析、判断，水汽系统中是否产生了结垢与腐蚀，应采取何种对策来改进水处理的方法与条件，提高处理效果，确实能及时发现各种异常现象，以防事故的发生。

(3) 节水监督为水汽监督的长期任务。我国是淡水资源短缺的国家，有的地方因水源紧张而无法建厂。各电厂要认识到节水不是权宜之计，而是水汽监督方面的长期任务。由于冷却水通常占电厂用水量的 70%~80%，因而如何节约冷却水就成为了电厂节水的主方向。节约冷却水量一般可以从两个方面考虑：一是提高循环冷却水的浓缩倍率，少排污甚至不排污；二是大力推广使用城市中水作为冷却水，以节约淡水。

(4) 加强水处理新方法、新技术的应用与研究。随着机组日益高参数化，对水汽质量的要求也越来越高。一些传统的水处理方法、工艺、材料、技术逐渐为新的所代替，而且这种更新速度还将越来越快。各种除盐处理新方法，如电渗析、反渗透法已在很多电厂使用；新型的稳定剂、缓蚀剂正在取代传统的药剂；凝结水采用新处理方法与工艺等，对这些新方法、新技术的试验研究应纳入电厂的水汽监督任务之中。

2. 炉内水处理

随着机组参数的提高和给水水质控制水平的不断进步，针对高参数汽包炉的炉内水处理技术也出现了新变化。对于以一级除盐+混床出水作为补给水的超高压炉，当采用协调磷酸盐处理维持炉水碱度时，为防止发生“磷酸盐隐藏”现象，炉水出现游离 NaOH 而引起碱性腐蚀，将炉水游离 OH^- 降至零。这一处理方式过多强调了降低炉水游离 OH^- ，忽略了酸式磷酸盐沉积引起的酸性磷酸盐腐蚀。因此，近年来我们在六期两台 300MW 汽包炉上成功采用了 NaOH 处理技术。由于炉水的水质良好，使锅炉的排污率大幅降低，减少了热损失，每年还可节约十几万元的炉水加药费用，经济效益显著。

四、冷却水系统

火力发电厂中循环冷却水占用水的绝大部分。

(1) 五期两台 300MW 机组循环冷却水直接取自晋阳湖，冷却后退回晋阳湖，此系统为开放式。

(2) 六期两台 300MW 机组和一台 50MW 机组凝结水的冷却用水采用冷却水塔进行循环冷却。冷却水塔补水取自五期机组循环水的进水或退水，部分退水随五期循环水退水到晋阳湖，属于半开放式。冷却水的浓缩倍率设计值为 1.1。

(3) 工业冷却循环水单独设有冷却水塔，其水源为五期循环水来水提供，退水随五期循环水退水到晋阳湖。

根据环保要求循环冷却系统实行“零排放”的标准，对于浓缩倍率大于 3 及用三级污水作补充水的开放式循环冷却系统，应考虑设置旁滤处理设施；新建电厂开始设计就考虑到了零排放这个问题。许多新建电厂就将凉水塔排水作为化学补给水水源，经凝聚澄清处理、过滤、反渗透处理，一部分经离子交换除盐后成为锅炉补充水；另一部分反渗透出水平入冷却水系统中，以减少补水量并保持循环水水质，使循环水系统在较高的浓缩倍率下有效和经济地运行。减缓凝汽器等冷却设备的结垢腐蚀。

电厂循环水处理中常用的氧化型杀菌剂主要有氯剂和溴剂。其机理是对细菌繁殖体、病毒、真菌孢子及细菌芽孢有较强的杀灭作用。常用的有氯气、二氧化氯、二氯异氰尿酸钠等。非氧化型杀菌剂除常规使用的异噻唑啉酮外，现在市场上有许多新型杀菌灭藻的复合药剂，非氧化型杀菌剂是一种广谱高效的杀菌剂，它的分子能够迅速穿透微生物的细胞膜，并作用于一定的蛋白基因，使细胞正常的氧化还原中止，从而引起细胞死亡，在循环水处理的使用中具有一定的黏泥剥离作用。

氧化型杀菌剂和非氧化型杀菌剂同时交替使用，有协同增效作用。另外，为避免在药剂使用中产生抗药性，根据运行中对水质的监测结果，不定期地更换药剂，来达到用最小的成本获取最大处理效果的目的。

太原第一热电厂对晋阳湖水及循环水进行杀菌处理，并在加药过程中跟踪监测循环水的藻类数量。从机组大修检查结果来看，凝汽器铜管内无藻类附着，凝汽器的真空度明显提高。

五、污水处理系统

污水处理系统包括生活污水和工业废水两部分。

1. 生活污水处理系统

生活污水处理工艺为：格栅机械截留→曝气沉砂→生物接触氧化。

处理后的生活污水一部分进入综合泵房前池为生产回用，另一部分进入深度处理系统的原水池。

2. 工业废水处理系统

五、六期的工业废水采用“混凝—沉淀—过滤”处理工艺。经处理后的水一部分进入综合泵房前池为生产回用，另一部分进入深度处理系统的原水池。

全厂的一般性工业废水收集后通过除油处理→混凝处理→竖流沉淀池沉淀→无阀滤池过滤→深度处理系统。

3. 深度处理系统

原水池→微滤膜池→微滤滤膜→过滤泵→清水池→化学水处理原水系统、循环水补充水

系统。

按照国家环保要求，必须充分利用城市及工业污水处理后供电厂使用。2005 年底国电太原第一热电厂增建了超滤设备，对污水进行深度处理后的中水可分别送入化学补给水处理系统，使污水得以回收利用。

六、化学仪表

化学监督是保障电力生产安全、经济、稳定的重要环节。一些技术含量高、检测结果准确及自动化程度更高的在线检测系统及仪表的应用正迅速改变传统水汽监督的方式、手段与效果。在线检测可随时显示检测结果，有效地克服人工采样检测滞后于实际生产需要的弊端，故加速实现仪表的在线检测是水汽监督的发展方向之一。

机组所配的仪表应根据被测对象的技术特点来考虑，以实用、可靠为前提。尤其是对于高参数、大容量机组，水汽质量的监督主要是靠在线化学仪表来实现的。因此，化学仪表要求测量的精度和准确性高，控制装置要灵活、可靠，投入率要高，这样才有可能为技术监督提供可信的数据。

化学水处理过程必须按照一定的步序和条件进行，并保证锅炉补给水的数量和品质，同时也要保证生产的安全和经济，这就要求生产过程在预期的工况下进行。但是，生产过程中的各种控制阀门和连锁开关较多，任一环节的稳定性和可靠性都会对整个化学水处理自动控制产生关联影响，使运行工况偏离正常范围，必须时刻检测、监视现场各类参数的变化，并通过自动控制随时消除各种干扰，保证正常运行。更为严重的是有时自动控制系统本身也要发生故障，这就要求在设计自动控制系统时考虑到各种可能发生的故障，及时报警并加以保护。



第一节 水源的选择及特点

作为电厂用水,对水质、水量及供水条件有一定的要求。我国电厂水源均采用淡水,即天然水,天然水是指分布在自然界的水体,天然水是世界上最广、储存最丰富的物质。通常分为地表水(包括江河、湖泊、水库、沼泽、冰川、冰地等)、地下水(包括深井水、浅井水、泉水等)和海水。由于分布的区域不同、接触的环境不同,水质有着很大的差异。

地表水是敞开的水体,水质易受地区自然条件、季节、人类生产和生活污染等影响,变化很大。一般悬浮物、胶体较多,易受有机物污染,溶解氧含量呈饱和状态。地下水是雨水、地表水通过土壤和砂砾的过滤作用深入到地下的,因此大部分悬浮物和细菌藻类物质已被除去,地下水溶解氧含量很少,经常是透明的。由于它通过土壤和岩层时溶解了其中的各种可溶性矿物质,故它的含盐量较大,尤其当水中含有 CO_2 时会加速一些矿物质盐类的溶解。其含盐量的多少取决于它流经地层的矿物质成分、接触时间和水流过路程的长短等。根据地理条件的不同,在我国由南向北其硬度逐渐增大。海水因其含盐量很高(约为 35g/L),不经淡化处理只能作为海滨电厂的冷却水。

一、天然水的水质特点

由于我国地理条件和气候特点,水资源的特点如下:水量在地区分布上很不平衡,长江流域及其以南地区水资源为全面总量的 82% ,黄淮流域水资源占总量的 6.5% ,可见我国水资源数量南北相差悬殊。除此以外,我国广阔的东北西部、内蒙、甘肃、宁夏、新疆西部等地区均为少水和干旱地带。在时程分配上不均匀。由于我国的气候特点,全年中降雨量极不均匀,年际变化也大。大部分地区冬春少雨,夏秋多雨,并经常交替出现连续旱年和多年未水,对水资源的利用极为不利。水质分布有明显的带性规律,其分布趋势为:从东南沿海的湿润地区到西北内陆干旱地区,地面水的含盐量逐步提高,而水的类型从含盐量低的重碳酸型向高含盐量的硫酸型及氯化物类型转化,硬度也逐渐提高。

1. 天然水的分类

(1) 按照天然水总硬度的大小可将其分为五类:

1) 极软水——硬度 $< 1.0\text{mmol/L}$;

2) 软水——硬度在 $1.0\sim 3.0\text{mmol/L}$;

3) 中等硬度水——硬度在 $3.0\sim 6.0\text{mmol/L}$;

4) 硬水——硬度在 $6.0\sim 9.0\text{mmol/L}$;

5) 极硬水——硬度 $> 9.0\text{mmol/L}$ 。

(2) 按照水的含盐量可将其分为四类:

1) 低含盐量水——含盐量 $< 200\text{mg/L}$;

- 2) 中等含盐量水——含盐量在 200~500mg/L;
- 3) 较高含盐量水——含盐量在 500~1000mg/L;
- 4) 高含盐量水——含盐量>1000mg/L。

(3) 按照水的硬度和碱度的大小分为:

- 1) 碱性水——碱度大于硬度的水;
- 2) 非碱性水——硬度大于碱度的水。

2. 天然水的性质

水分子由两个氢原子和一个氧原子构成, 分子式为 H_2O 。单个水分子内, 两个氢原子和一个氧原子以共价键相结合, 两个氢原子和氧原子组成的共价键不在一条直线上, 它们之间有一个 104.5° 的夹角。因此, 水分子的正负电荷中心不重合, 且电荷之间的距离很大, 所以它是一种极性很强的极性分子, 也是一种很强的溶剂。另外, 由于水分子内部的强极性, 致使水分子的外部有裸露的氢原子核及多余的氧原子电子对, 所以, 水分子间可以形成氢键, 产生缔合作用。由于这种缔合作用的存在, 在液态水中, 并非由简单的 H_2O 分子组成, 而是由两个或两个以上缔合的复杂的水分子以及少量的氢离子和氢氧根离子构成。

纯水是一种无色、无味的液体, 能电离出少量的 H^+ 和 OH^- , 导电能力很弱, 这种导电能力可用电导率来表示, 理想纯水的电导率通过计算可知为 $0.055\mu S/cm(25^\circ C)$ 。由于水是一种很强的溶剂, 所以自然界中不含杂质的纯水是不存在的, 而只能通过各种水处理工艺得到接近于理想的纯水。由于水分子之间有氢键而产生水分子的缔合现象, 所以水的物理性质与一般物质有些不同, 其密度在 $4^\circ C$ (更准确地说是在 $3.98^\circ C$) 时最大, 为 $1g/cm^3$ 。

水中的杂质。天然的雨、雪本是比较洁净的, 由于水极易与各种物质混杂, 溶解能力又很强, 因此其在下降及在地面和地下流动的过程中会溶解一些气体、泥土、岩石、树木等自然界的物质, 使水以某种溶液或浊液状态存在。正常情况下雨水的硬度不超过 $70\sim 100\mu mol/L$; 含盐量不超过 $40\sim 50mg/L$ 。天然水中的杂质多种多样, 这些杂质按其颗粒的大小可分为三类, 即悬浮物、胶体、溶解物质。

1) 悬浮物。指直径在 $10^{-4}mm$ 以上的颗粒, 主要是泥沙、动植物新陈代谢的产物及其死后的遗体, 这些杂质在水中呈不稳定状态, 很容易被除去。水发生混浊现象大多由此类物质造成, 它的含量可以用透明度和浊度来估计。

这类悬浮物由于其微粒大小和相对密度不同, 有的飘浮于水面, 如一些草本植物; 有的飘浮于水中, 如一些动植物有机体的碎片或死后的腐烂产物; 有的会逐渐沉降于水底, 例如泥沙、黏土等。

2) 胶体。它是许多分子和离子的集合体, 其粒径为 $10^{-6}\sim 10^{-4}mm$ ($1\sim 100nm$)。胶体的比表面积很大, 吸附着大量同性离子而带电 (通常情况自然界中的胶体带负电荷), 结果使同类胶体带有相同电荷而相互排斥, 不能黏合, 在水中相当稳定, 不会凝聚成大颗粒沉降下来。天然水中的胶体有两种: 一种属无机类 (如铁、铝、硅等的化合物), 另一种属有机类 (如腐殖酸、富维酸等)。

胶体颗粒较小, 因此在水溶液中受水分子撞击的次数相对较少, 在水中呈现出规则运动, 即布朗运动。胶体对水具有亲和力, 胶体表面会形成水化层。根据此种特性, 胶体又可分为亲水和憎水两类。亲水胶体对水有很强的亲和力, 是一些可溶于水的大分子化合物, 只是分子的大小已达到胶体的范畴, 具有胶体的特性, 故它的溶液被看作胶体溶液, 如明矾、

淀粉、蛋白质、细菌等。憎水胶体对水的亲和力很小，它由难溶于水的化合物分子聚集而成，如未水化的金属氧化物与卤化银等。

3) 溶解物。这类物质以离子或分子状态与水分子均匀地混合在一起形成均匀分散体系。这类物质包括可溶盐类物质、可溶性气体以及溶解于水的部分腐殖质和其他有机物、微生物、细菌等。其粒径在 10^{-6} mm (1nm) 以下，它不能用混凝、沉降、过滤的方法除去。

二、水质指标

水质是指水和水中杂质共同作用的综合特性，水中杂质的个体成分含量称为水质指标。由于天然水中含有许多杂质，这样一来就产生了水质有好有坏的问题。在不同的工业部门，由于水的用途不同，对水质要求也不同，故各种工业部门所采用的水质指标常有所不同。现将火力发电厂用水指标项目、符号及单位列于表 2-1。

表 2-1 火力发电厂用水的各种水质指标项目

项 目	符 号	单 位	项 目	符 号	单 位
全固体	QG	mg/L	铜	Cu	μg/L
溶解固体	RG	mg/L	氨	NH ₃	mg/L
悬浮固体	XG	mg/L	联氨	N ₂ H ₄	mg/L
灼烧减量	SG	mg/L	溶解氧	O ₂	mg/L
灼烧残渣	SC	mg/L	钠	Na	mg/L
电导率	DD	μS/cm	游离二氧化碳	CO ₂	mg/L
pH 值	pH	—	硝酸根	NO ₃ ⁻	mg/L
二氧化硅	SiO ₂	mg/L	游离氯	Cl ₂	mg/L
钙	Ca	μg/L	腐殖酸盐	FY	mmol/L
镁	Mg	μg/L	化学耗氧量	COD	mg/L
硬 度	YD	mmol/L	透明度	TD	cm
氯化物	Cl	mg/L	浊 度	ZD	FTU
酸 度	SD	mmol/L	有机物	YW	mg/L
碱 度	JD	mmol/L	亚硫酸根	SO ₃ ²⁻	mg/L
硫酸根	SO ₄ ²⁻	mg/L	油	Y	mg/L
磷酸根	PO ₄ ³⁻	mg/L	铁	Fe	μg/L
铝	Al	mg/L	安定性系数	AX	—

1. 表示水中悬浮物及胶体的指标

(1) 固形物。它是水样在规定条件下经过滤可除去的固体，此指标仅能表示水中较大的颗粒悬浮物。其试验操作较麻烦，不宜现场运行监督，只在水质全分析时作为一项考察指标。

(2) 浊度。它是利用水中悬浮物和胶体颗粒对光的散射作用所产生的光电效应与标准水样对比得出的结果，它是水中上述两种杂质的综合性指标。因操作简便适合运行监督化验。

(3) 透明度。它是表示水中存在微细分散的悬浮性粒子的一项指标，由于它是通过人的眼睛观察水层厚度来确定水中悬浮物含量的，有人为因素不够准确。

2. 表示水中溶解物的指标

(1) 含盐量。它表示水中各种溶解盐类的总和, 用水质全分析测得的全部阳离子和阴离子的质量浓度之和来表示。因其操作繁琐, 只有在定期检查原水水质时才测定, 平时常用溶解固体近似表示。我国江河水大部分都属于低含盐量的水, 含盐量在 500mg/L 以下; 地下水多数是中等含盐量, 个别地区是较高含盐量的水, 一般在 200~1000mg/L; 海水的含盐量可达 30g/L 以上。

(2) 溶解固体。它是将一定体积的过滤水样经蒸干, 并放在 105~110℃ 下恒重后的含量。它只能近似表示水中溶解物的含量。在这种操作条件下, 水中胶体及有机物与无机盐一样也能透过滤纸。许多物质的湿分和结晶水不能除尽, 重碳酸盐全部分解为碳酸盐。

(3) 电导率。它是测定水中溶解盐类多少的一种指标, 测定方法比含盐量的测定要简便。溶于水中的盐类都能电离出具有导电能力的离子, 所以在火力发电厂制水和水汽系统中, 常用测定水的电导率来间接表示水中溶解物质的含量。

3. 表示水中易结垢物的指标

(1) 硬度。硬度是多价金属离子的总浓度, 由于天然水体中其他多价金属离子很少, 所以人们通常把钙镁离子浓度的总和称为硬度。水的硬度一般用 mmol/L 或 $\mu\text{mol/L}$ 表示。为了与计量法中规定的单位一致, 不采用当量浓度这一概念, 将硬度定义为

$$H = C_{(1/2\text{Ca}^{2+})} + C_{(1/2\text{Mg}^{2+})} \quad (2-1)$$

式中 $C_{(1/2\text{Ca}^{2+})}$ 、 $C_{(1/2\text{Mg}^{2+})}$ ——以 $[1/2\text{Ca}^{2+}]$ 和 $[1/2\text{Mg}^{2+}]$ 为基本单元的物质的量, mmol/L 或 $\mu\text{mol/L}$ 。

常见的硬度单位还有 ppmCaCO₃、德国度 G; ppm 表示百万分之一, 大致与 mg/L 相当。这几种单位的关系是: 1mmol/L = 2.8G = 50ppmCaCO₃。

硬度又可分为碳酸盐硬度及非碳酸盐硬度两大类。水中钙、镁离子是产生和形成硬度的主要物质。碳酸盐硬度主要是指水中钙、镁的碳酸氢盐和碳酸盐含量。水的总硬度与碳酸盐硬度之差则称为非碳酸盐硬度。

碳酸盐硬度近似于所谓暂时硬度, 通过煮沸, 这部分硬度可以去除; 而非碳酸盐硬度近似于永久硬度, 也就是通过煮沸无法去除的硬度。

通常雨水通过土壤层后易溶入可溶性盐类, 故地下水硬度大, 而地表水硬度小。

(2) 安定性。它表示水质具有结垢性和腐蚀性的倾向。它利用水样在通过装有碳酸钙颗粒的过滤柱前后的碱度变化来判断水样的安定性。

4. 表示水中酸碱物质的指标

(1) 碱度。指水介质与氢离子反应的定量能力。通常是水中 OH⁻、CO₃²⁻、HCO₃⁻ 及其他弱酸盐类的总和。天然水中的碱度成分主要是 HCO₃⁻。炉水或给水中可能有 OH⁻、CO₃²⁻、HSiO₃⁻、PO₄³⁻ 及酸式盐、NH₃ 等。根据指示剂的选用不同, 碱度分两种: 一种是甲基橙碱度, 以甲基橙作指示剂, 终点的 pH 值为 4.1~4.3。测定出的碱度包括水中的全部碳酸盐和氢氧化物的总浓度, 称为总碱度。另一种是酚酞碱度, 以酚酞作指示剂, 滴定终点为 pH8.3。测定出的碱度是水中全部的 OH⁻ 和一半碳酸盐引起的碱度。

(2) 酸度。指水介质与氢氧根离子反应的定量能力。天然水中有游离的 H₂CO₃、HCO₃⁻, 在水处理中的某一阶段, 水中会呈现各种酸度, 如经氢型离子交换器出水就含有强酸性离子的弱酸。

5. 表示水中有机物的指标

天然水中的有机物种类繁多，成分也很复杂，分别以溶解胶体和悬浮物状存在，很难进行逐类测定。但可以利用有机物易被氧化的共性，用化学耗氧量、生化耗氧量、灼烧减量等指标间接反映它的量。

(1) 化学耗氧量。用氧化剂处理水样时，在水样中有机物、亚硝酸盐、亚铁盐、硫化物等氧化所消耗的氧化剂量即为化学耗氧量。用 COD (KMnO_4) 来表示，单位 mg/L 。通常用于测定轻度污染的水样。

(2) 生化耗氧量。在特定条件下，水中的有机物和无机物进行生物氧化时所消耗溶解氧的质量浓度即生化耗氧量。一般有机物 5 天的生化耗氧量转化为二氧化碳、水和氨这一过程的 70%，所以在测定生化耗氧量时就规定 20°C 和 5 天的条件，具有一定的代表性。

(3) 灼烧减量。将已烘干至恒重的溶解固体残渣放入 $750\sim 800^\circ\text{C}$ 的高温炉中，灼烧到一定时间残渣变白后，所失去的质量即为灼烧减量。对于含盐量低的水，它近似表示有机物的含量。

现在普遍应用的是利用水溶性的有机物中相当一部分含有共轭环状化合物在紫外光区对紫外线有强烈的吸收，其吸收大小与浓度有一定关系的特点来测定水中的有机物含量。

三、化学补给水处理水源的选择要求

1. 电力行业标准对原水选择要求的规定

发电厂应有适合、可靠的原水水源，应取足够多的近年原水水质全分析资料，并分析水质变化趋势。设计单位应对所取得的水质全分析资料进行分析验证，并提出关于设计水质资料和校核水质资料的意见。当有几种不同的水源可供采用时，应经技术经济比较选定。对选定的水源，其水质若有季节性恶化情况时，经过技术比较后，可设计有备用水源，如短时间含盐量或含沙量过大时，可根据其变化规律增设高水池，并应考虑采取防止水质二次污染的措施。

(1) 供水条件。就近寻求供水水源，这是先决条件，水源除了地表水、地下水之外，按国家环保要求，各种污水处理后的净化水也可作为化学水处理补给水源。

地表水和地下水的水质有较大差异，而同样是地表水和地下水，各个水源水质也相差很大。水源的选择要求其水源地与电厂要近，且地理条件较好，便于取水；选择水源数目不能太多，也不能过于分散，否则化学水处理难度加大；水源的选择既要选择主水源，还要考虑备用水源，以供应急之用。

用地下水作为水源往往受限制大，因地下水在很多地区是饮用水，用量不可能太大，因此一般作为备用水源。污水净化作为化学水处理补给水源是发展方向，目前这方面的水量占电厂用水量的比例在不断增大。

(2) 水源水量。地表水水量一般随季节变化，一年中有丰水期及枯水期，故选择水源时宜选择水量较大、相应水质波动较小的水源作为主水源，其他水源作为备用水源。

(3) 水源水质。水源水质条件如何，直接关系到补给水的处理方法与工艺。通常在地表水中，悬浮物含量大，二氧化硅含量高，有机物多，含盐量低；而地下水的最大特点是硬度大，含盐量高。为了减轻补给水处理的压力，显然天然水中的杂质越少越好，更重要的是所含杂质越容易处理越好。

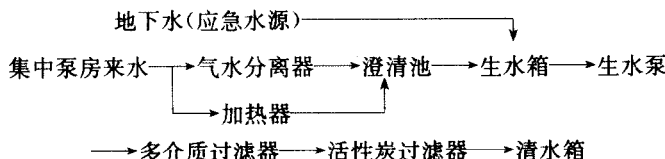
总之，化学补给水处理水源力求达到：水源较近取水方便；数量较大能满足用水量；化

学补给水处理水源水质较好，且稳定；考虑环保要求，在可能的条件下，采用污水净化水作为水源；选用处理方便、工艺简单，出水质量易于达到控制指标的水源。

2. 化学补给水处理水源选择事例介绍

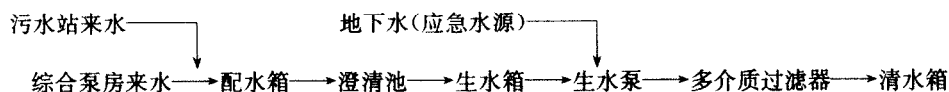
某厂化学补给水处理水源均采用地表湖水，湖水是地表水的一种，属于非碱性水。

(1) I 期预处理流程如下



I 期预处理生水水源分两路。一路为集中泵房补水泵来水，取自开式循环冷却水，经澄清池混凝处理送入生水箱。另一路为附近石庄头村来水，水源为深井地下水，流量为 80t/h 左右，直接进入生水箱。混合后的水经过多介质过滤器、活性炭过滤器进一步过滤处理进入清水箱。

(2) II 期预处理流程如下：



II 期预处理生水水源分三路。一路为综合泵房补水泵来水，取自 I 期开式循环冷却水，经澄清池混凝处理、多介质过滤器进一步过滤处理进入清水箱。另一路水源为深井地下水（紧急备用），流量为 200~250t/h，直接进入生水箱。第三路为厂污水站深度处理的中水，接入澄清池来水总管路。

第二节 原水水质的监测

一、监测的重要性

由于原水中含有胶体、悬浮物、有机物、菌类和溶解的盐类物质，这些物质是不断发生变化的。对原水水质进行长期跟踪监测的目的在于：可以对水处理设备的选型提供可靠的设计依据，其次可以对后期水处理工艺提供可靠的依据，便于运行中对各制水设备进行及时的调整，以做到保障整个机组的安全、经济和稳定运行。

二、太原第一热电厂原水水质近年来变化趋势

六期补给水处理设计依据水质是以 1992 年度水质资料中的各项指标进行设计和校核的。从当时的水质全分析资料进行分析，晋阳湖水库水的水质较稳定，各项指标变化不大，但有恶化趋势。表 2-2 为六期设计水源全分析水质指标。

表 2-2 1992 年晋阳湖水库水质全分析

序 号	测定项目	化学式	分析结果	单 位
1	颜 色		浑 浊	
2	pH 值		8.48	
3	电导率	DD	664.8	$\mu\text{S}/\text{cm}$