

实用无污染防垢技术

窦照英 周 军 任德贵 编著

化学工业出版社

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

实用无污染防垢技术/窦照英等编著. 北京: 化学工业出版社, 1999. 1

ISBN 7-5025-2467-3

I. 实… II. 窦… III. 水软化-无污染技术 IV. TQ991.26

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 00185 号

实用无污染防垢技术

窦照英 周 军 任德贵 编著

责任编辑: 段志兵

责任校对: 陶燕华

封面设计: 田彦文

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

新华书店北京发行所经销

北京市昌平振南印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

*

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 4³/₈ 字数 122 千字

1999 年 4 月第 1 版 1999 年 4 月北京第 1 次印刷

印 数: 1-4000

ISBN 7-5025-2467-3/TQ · 1116

定 价: 10.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

前 言

缺水与水体污染是当今世界困扰人们的主要问题之一。受(传)热面的结垢、防垢与除垢也倍受关注。结垢耗能费水,传统的防垢除垢技术耗用大量化学药剂,既费水且污染环境。地球不胜污染,江河湖海再难纳污,防垢水处理岂能再过度污染水、消耗资源和能源?

作者从事水质处理 40 余年,梦寐以求的是向数以 10 万计的小锅炉及大量循环冷却水系统,奉献不用化学药剂、不污染水体、节约能源和节水的防垢水处理技术,物理处理法就具有以上优势。40 年前作者开始从事磁场、电场防垢研究,在物理处理法过热时与低潮时,作者都曾撰文引导正确评价、运用物理防垢法,为的就是使其在适用的范围内,以其无污染的优势防垢节能,开拓清洁水处理技术,回报大地海洋。

传播水及水质、垢及防垢的基础知识,介绍实用无污染防垢技术,阐述无污染水处理系统优化方法,是本书的主要任务;希望本书的出版有益于所有热水锅炉、热交换设备和循环冷却水设备业主及其管理人员、技术人员,有益于所有从事水处理、环境保护专业的科技人员与院校师生,有益于系统优化决策者。

编著者

1998 年 11 月

目 录

第 1 章 水、水质、水资源、水体污染	1
第 1 节 水	1
1 水乃万物之本	1
2 水之形态变化	2
3 水的性质	3
4 水的用途	4
第 2 节 水质	6
1 水质标准	6
1.1 国际标准中对水的称谓	6
1.2 地面水环境质量标准 GB 3838—88	6
1.3 地下水质量标准 GB/T 14848—92	7
1.4 污水综合排放标准 GB 8978—96	7
1.5 生活饮用水卫生标准 GB 5749—85	8
1.6 低压锅炉水质标准 GB 1576—98	8
1.7 火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量标准 GB 12145—89	9
1.8 电子级水 GB 11446—89	10
1.9 其他水质标准	10
2 水中杂质	11
2.1 水在自然界中的循环	11
2.2 水中携带和溶解的杂质	12
2.3 水质术语及单位	14
2.4 水质资料	18
第 3 节 水资源	22
1 全球水资源	22
2 我国的淡水资源	23
2.1 全国淡水资源概况	23
2.2 华北与北京的淡水资源概况	25

第4节 水体污染	27
1 工业生产与水环境污染	27
1.1 能源工业排废对水环境的污染	27
1.2 其他工业对水体的污染	28
2 我国的水环境污染概况	29
第2章 垢、成垢、防结垢、清洗除垢	31
第1节 垢	31
1 水垢及其鉴别	31
1.1 碳酸盐水垢及其鉴别	31
1.2 磷酸盐水垢及其鉴别	34
1.3 硅酸盐水垢与硫酸盐水垢及其鉴别	35
1.4 磷酸铁钠水垢及其鉴别	37
1.5 腐蚀产物(铁铜的氧化物)及其鉴别	38
2 微生物污垢	40
2.1 工业冷却水系统中的微生物	40
2.2 对冷却水系统影响较大的细菌	42
2.3 细菌的鉴别测定	43
2.4 锅炉补充水系统细菌鉴别实例	45
3 冷却水系统中的泥污	48
3.1 泥污的主要来源	48
3.2 泥污与微生物的结集	49
第2节 成垢	49
1 采暖锅炉与工业锅炉中水垢的形成	49
1.1 不进行炉外水处理的热热水锅炉水垢的形成	49
1.2 大容量热水锅炉与低压采暖锅炉中水垢的形成	50
1.3 工业锅炉水垢的形成	52
2 冷却水系统中水垢的形成	53
2.1 循环冷却水的浓缩与碳酸钙的析出	54
2.2 循环冷却水的极限碳酸盐硬度及其确定	56
2.3 循环冷却水结垢倾向的判断	60
第3节 防结垢	62
1 锅炉结垢的危害及防垢技术	62
1.1 锅炉结水垢的危害及防垢的效益	63

1.2	热水锅炉及采暖热交换器的防垢技术	64
1.3	蒸汽锅炉的防垢处理	65
2	循环冷却水系统的防垢技术	67
2.1	工业循环冷却水概况	67
2.2	循环冷却水降低补充水碳酸盐硬度防垢	69
2.3	循环冷却水软化防垢	74
2.4	水质稳定处理循环冷却水防垢	77
2.5	钢铁材质换热设备循环水的阻垢防蚀处理实例	82
2.6	非药剂无污染的物理防垢技术	83
2.7	用杀菌灭藻剂防治循环水系统中的微生物	85
2.8	旁流过滤与海绵胶球连续清洗去垢(泥)	88
第4节	清洗除垢	90
1	机械清洗	90
1.1	热水锅炉和低压小容量蒸汽锅炉的机械清洗	90
1.2	冷却水系统的机械清洗	91
2	化学清洗	92
2.1	热水锅炉和低压蒸汽锅炉的盐酸清洗	92
2.2	循环冷却系统、热交换器的化学清洗	94
2.3	微生物膜的防止与消除	95
第3章	物理防垢法及其实例	97
第1节	物理防垢法	97
1	电场、磁场防垢技术的发展与现状	98
1.1	物理(电场、磁场)防垢法的发展简史	98
1.2	物理防垢法的现状	100
2	电场、磁场防垢的机理与使用条件	102
2.1	电场、磁场的防垢机理	102
2.2	物理防垢法的应用范围与使用条件	103
第2节	电场防垢技术的应用	107
1	中小容量用水设备的电场防垢	107
2	关于电场防垢效果的追踪研究	108
3	大容量循环冷却水系统的电场防垢	109
1	电场处理在循环冷却水杀菌灭藻与防腐蚀方面的效果	109
5	保证电磁场处理装置防垢效果的条件	110

6 物理防垢法实例	111
6.1 某公司 4 个电厂循环水处理及结垢腐蚀情况	112
6.2 关于在该公司采用高频防垢的可行性论证	113
第 4 章 无污染水处理系统优化	115
第 1 节 火电厂无污染水处理系统优化	115
1 火电厂用水的特点	115
1.1 火力发电厂的新鲜水用量	116
1.2 不同水质处理方法及产生的废水	118
2 通过水平衡减少废水排放	123
2.1 水平衡的原则方案	123
2.2 火电厂水平衡与图例	125
第 2 节 其他工业的无污染水处理	127
1 工业锅炉的无污染水处理系统	127
1.1 不同容量工业锅炉的补充水处理系统优化	127
1.2 工业锅炉水处理废液的无害处理	128
2 循环冷却水的无污染处理优化	129
2.1 防垢水处理的优化	129
2.2 电场处理的防污塞作用及机械清洗	129
主要参考文献	130
附录	131
德凯公司及其 DK 型大型电子水处理装置	131

第1章 水、水质、水资源、水体污染

水是人类及各种生物赖以生存的基本物质,我们仰赖水而存活。了解水才能更好地利用水和保护水,防止水中杂质的不良影响。本章将论及水的属性、水中杂质、水资源及水体污染。

第1节 水

1 水乃万物之本

在关于生命起源与演化的研究中,认为水是生命最主要的载体。在关于洪荒时期的传说中,不同的民族都把人类起源与水联系起来。洪水淹没了世界,但是又给世界带来了生命。在远祖的繁衍生息中,均能找到水的脉络。

古代希腊哲学家认为构成宇宙的基础物质是水、火、土、气,它们所具有的冷、热、燥、湿的性质构成了物质和事物的多样性。

我国古代对构成宇宙的基础也有很丰富的论述。公元前700余年的《国语》中提到,土、金、木、水、火杂以成百物,在其稍后的《尚书》与《左传》中,都把水、火、金、木、土、谷作为人们生命活动中主要仰赖的物质。先民对水火的认识是水润下而火上炎,由其本性引伸成为五行学说,将水、火、木、金、土进行类比与联系,形成了中国特有的阴阳五行思想体系,中医中药也以此为理论基础。

阴阳五行学说形成于公元前300余年,它用水、火、木、金、土这五种物质的属性及演化解释事物的发展变化规律;五种物质有相生相克的关系,又有相乘相侮的制约关系,其最基本的关系是,水生木、木生火、火生土、土生金、金生水;水克火、火克金、金克木、木克土、土克水。

《黄帝内经素问》对于水的性质及在自然界中的循环有了较深刻的

观察，提到“地气上为云，天气下为雨”。“水为阴、火为阳”。该书对水的归类是：“北方生寒，寒生水，水生咸，咸生肾，肾生骨髓，髓生肝，肾生耳。其在天为寒，在地为水，在体为骨，在脏为肾，在色为黑，在音为羽，在声为呻，在变动为栗，在窍为耳，在味为咸，在志为恐。”

综上所述，我国的先哲们早在 2000 多年以前就对水有了深刻的了解，把它与事物变化及人们的生活、身体、情志、疾患联系起来，把水视作生命活动中须臾不可缺少的物质。

2 水之形态变化

在自然条件下，物质的气、液、固三态在许多单质或化合物上难以直接全部观察到。例如氧、氮等气体液化要分别达到 -183°C 和 -196°C 以下，要令其变成固体则需达 -218°C 和 -210°C 以下；欲使铝熔化需加热到 660°C 以上，欲使其汽化则应达 1800°C 以上。但是水却在较短的温度范围内、用常规的变温手段就很容易得到固态的冰和气态的水蒸气。

自然界的水是多姿多态的。我国明代著名博物学家、医学家李时珍所著《本草纲目》水部中有深刻的观察：水者、坎之象也；其文横则为三，纵则为卅；其体纯阴，其闲纯阳；上则为雨露霜雪，下则为海河泉井。

在《本草纲目》中列出天水 13 种、地水 30 种。天水中雨水、潦水、露水、甘露、甘露蜜、明水、冬霜、腊雪、雹、夏冰、神水、半天河、屋漏水；地水中有流水、井泉水、节气水、醴泉、玉井水、乳穴水、温汤、碧海水、盐胆水、阿井水、山岩泉水、古冢中水、粮罌中水、赤龙浴水、车辙中水、地浆、热汤、生熟汤、齏水、浆水、甑气水、铜壶滴漏水、三家洗碗水、磨刀水、浸蓝水、猪槽中水、市门溺坑水、洗手足水、洗儿汤和有毒之水（如沸腾的地热水、泽中停水、两山夹水、花瓶水、炊汤、铜器上汗等）。李氏论水多与医药有关，但是也可见自然界中水是形态各异、无处不在的。

3 水的性质

水的分子式为 H_2O ，相对分子质量为 18.015，摩尔质量为 18.015g/mol。

在 101.33kPa 下，水的沸点为 100℃，冰点为 0℃。在 3.98℃ 时其密度最大，约为 1g/mL；在 20℃ 下水的密度为 0.9982g/mL，0℃ 为 0.9998g/mL。

水的热容较大，为 4.187J/(g·K) 因此常用水作为热交换过程中的工作介质。冰的热容为水的一半，水蒸气的热容与其压力等参数有关。水的沸点也随压力升高而升高。表 1-1 给出了不同压力下水蒸气的饱和温度、密度及其比热容等参数。由表中可知，随着压力升高，水蒸气的饱和温度升高，密度增大，含热量升高，尤其在高参数下，水蒸气具有的比热容显著升高。

表 1-1 不同温度、压力下的饱和蒸汽密度及比热容

温度 C	压力 MPa	密度 kg/m ³	比热容 kJ/(kg·C)	温度 C	压力 MPa	密度 kg/m ³	比热容 kJ/(kg·C)
100	0.101	0.598	2.01	240	3.343	16.75	3.64
110	0.143	0.827	2.05	250	3.975	19.98	3.85
120	0.198	1.112	2.09	260	4.691	25.74	4.187
130	0.270	1.496	2.18	270	5.502	28.11	4.56
140	0.361	1.967	2.22	280	6.417	33.22	4.98
150	0.476	2.548	2.30	290	7.440	39.18	5.65
160	0.618	3.260	2.39	300	8.586	46.24	6.20
170	0.791	4.122	2.47	310	9.862	54.61	7.08
180	1.005	5.157	2.55	320	11.28	64.79	8.12
190	1.254	6.392	2.72	330	12.86	77.80	9.80
200	1.544	7.857	2.85	340	14.60	92.90	11.72
210	1.908	8.585	3.01	350	16.53	113.6	16.75
220	2.515	11.61	3.18	360	18.66	143.6	20.94
230	2.706	13.98	3.39	370	21.04	200.0	29.31

标准状况下，水有相当大的凝固热和汽化热。水在结冰时放出 330kJ/kg 热量，此时水温保持零度不变，当冰融化时，也会在同样温度下释放出相同的热量。水在沸点时吸收热量 2254kJ/kg 方能变成同

温度的水蒸气；水蒸气在凝结为同温度的水时，也释放出相同的热量。

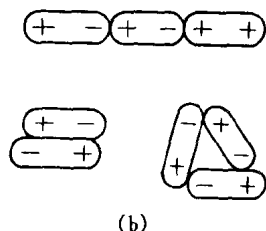
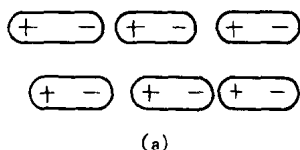


图 1-1 无序的简单水分子与
缔合存在的水分子

(a) 流经电（磁）场后的水分子；
(b) 热力学稳定状态的缔合水分子

水是极性分子，因此，在水中既有简单的 H_2O 分子，也有由于极性作用而吸引缔合的复杂分子，如图 1-1 所示。发生缔合时，水分子既由于异性的极而吸引，也由于氢键的作用连结。

在电场作用下，极性分子可作有序排列。可强化水的极性，它既有极性的水分子自身的变形，又有电场对分子取向的影响。

水是很稳定的物质，欲使水分子开始分解为氢气和氧气，必须达 1000°C 以上温度或施加能量（如进行电解）。水是良好的溶剂，这一性质决定了天然水中必然含有很多杂质。

4 水的用途

人类文明由用火开始。火在将食物烧熟时，常发生焦糊，因此，很快发展为煮与蒸。原始社会的陶器中有许多是用于蒸煮食物的，这也许就是人类首次有意识地利用水的事例。

水的用途甚多，在工业上用它作为工质传递能量。蒸汽锅炉是将燃料的热能通过水转化为动能推动活塞、涡轮或其他传动装置的；热水锅炉是用水吸收燃料燃烧的热能用于采暖和洗浴的。各种各样的热交换器，不论是用于升温的还是用于降温的，都是用水或水蒸气传递热量的。

水可用作运载介质，除了常见的舟船之外，用水输送固体颗粒物质比气力输送容易得多。例如水在许多工厂中用于输送原料，尤其是生产过程中有水介入的工艺流程；水用于采煤后的输送与分选；含水 30% 的水煤浆可像燃油那样作长距离输送。在火电厂中广泛使用水输

送燃料燃烧后形成的煤灰。

水的位能与其流量用于水力发电。我国水能蕴藏丰富，可供开发的水能资源近 4 亿 kW。我国新制订的能源政策就是优先开发水能资源，利用这一可再生而又无污染的能源，建设水力发电厂。

水是工业原料之一。水煤气生产消耗水，提供了清洁而方便的燃料。在造纸工业中，水用于纸浆的制备。食品及日用化工行业使用水，煤炭行业用水为介质进行洗煤、筛选，矿冶行业用水进行浮选，采油后期用水灌注取油。

水是最廉价的溶剂，从人体的沐浴到衣物的洗涤无不依靠水。近二三十年来清洗已发展成很大的行业，绝大多数清洗剂、洗涤用品中以水为基础，利用了水的溶解能力和分散作用。

电解质在水中解离，化学反应和电化学反应许多是在水中完成的，化工生产多是在水溶液中进行的。水还是化学反应和化工工艺过程中的加热介质与冷却介质。

在人们的生活和工业生产中，水在发挥着巨大的作用。

在火力发电厂中，经过净化的水在锅炉中吸热变为具有很大能量的过热蒸汽，又在汽轮发电机中把热能转变为最易于输送利用的电能。做过功的低压蒸汽在真空状态下又被水冷却凝结，送回锅炉。吸收了蒸汽凝结热的冷却水利用水池、水库或淋水塔冷却。在核电厂也有同样地用水作为工作介质和冷却介质的过程。

采暖与空调已成为现代生活中的必备条件。不论是分散的采暖锅炉、集中的建筑群供热锅炉房，还是城市的集中供热系统，都是使用水和蒸汽吸收燃料的热能，再分配到千家万户的。制冷设备释放的热量仍然是靠水传递。

各行各业都使用工业锅炉作为动力和热源，如钢铁厂的鼓风机直接使用蒸汽透平，化工厂的压缩机用蒸汽推动，食品、饮料、纺织、印染、皮革、毛皮、木材加工、造纸、化工、石油加工、煤气、医药、建材、冶炼、电子、电气、机械加工，生活服务行业（如理发、洗衣、美容、饮食等）及宾馆饭店则使用锅炉进行加热、烘烤及洗涤等。随着物质文化生活水平的提高，温热水的供应量将日益扩大。

第2节 水质

1 水质标准

对水的需求目的不同，提出了不同的水质标准，为保护水体也有不同的水质标准。

1.1 国际标准中对水的称谓

国际标准化组织 (ISO) 的水质技术委员会对各种水的称谓提供了标准术语，使用它可以避免一些误解，例如未经处理的水被称作原水，但是人们习惯称为生水，这就和未煮开的水相混淆了。

(1) 原水

原水是未经处理的水，它包括地面水、地下水、雨水、暴雨水、暴雨污水，还包括按水温或盐分不同的分层水（又有表层、斜温层及底层之分）。

原水中除江河湖海及降水之外，又有运河、河口湾、灌溉用水、泻湖及濒海湖、污水塘、水库、小河溪及积滞水等。

(2) 废水

废水是在工艺过程中产生和排放出来的水。有原污水、排水、处理过的污水、污水处理厂处理水等。

(3) 饮用水

可供饮用的水，在自来水管网中称给水。

(4) 工业过程用水

它含各种工业过程使用的水、锅炉用水和冷却水等。

1.2 地面水环境质量标准 GB 3838—88

中华人民共和国国家标准 GB 3838—88《地面水环境质量标准》，依据水域使用目的和保护目标将水域划分为五类：一类适用于源头水、国家自然保护区；二类适用于集中式生活饮用水、水源的一级保护区、珍贵鱼类保护区及鱼虾产卵场等；三类适用于集中式生活饮用水源地二级保护区、一般鱼类保护区及游泳区；四类适用于一般工业用水区及人体非直接接触的娱乐用水区；五类适用于农业用水区及一般景

观要求水域。

对地面水质的基本要求是：不含令人厌恶的沉积物、漂浮物；不产生令人厌恶的色、臭、味或浑浊；不含对生物及人类有害、有毒的物质或不良生物；不易滋生令人厌恶的水生生物。

该标准对水温、pH 值、硫酸根离子、氯离子、溶解铁、总锰、总铜、总锌、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、凯氏氮、总磷、高锰酸盐指数、溶解氧、化学需氧量、生化需氧量、氟离子、硒、总砷、总汞、总镉、六价铬、总氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、总大肠菌群及苯并（a）芘等 30 项指标分类做出规定。

1.3 地下水质量标准 GB/T 14848—92

推荐性国家标准 GB/T 14848—92《地下水质量标准》将地下水水质分为五类，其中一、二类适于各种用途，三类可供饮用，四类可供农用，五类不能作饮用水。该标准对 39 种理化及卫生项目作了规定，除了与地面水相同的项目外，还对钼、钴、铅、铍、钡、镍、DDT、六六六、细菌总数，总 α 放射性及总 β 放射性作了规定。

1.4 污水综合排放标准 GB 8978—96

中华人民共和国国家标准 GB 8978—96《污水综合排放标准》是一切排放污水、废水的企业事业单位所必须遵循的共同标准。该标准根据地面水域使用功能及污水排放去向规定了三级标准。对重点保护水域，即 GB 3838—88《地面水环境质量标准》中规定的三类水域和 GB 3097—82《海水水质标准》规定的二类水域，所排污水执行一级标准；对一般保护水域，即 GB 3883—88 规定的四、五类水域和 GB 3097—82 规定的三类水域执行二级标准；对排入城镇下水道并进入二级污水处理厂进行生物处理的污水执行三级标准。

污水中的污染物按毒害性质分为两类。对有毒物质总汞、烷基汞、总镉、总铬、六价铬、总砷、总铅、总镍、苯并（a）芘除了规定严格的标准外，还规定其采样点是相关的车间或车间废液处理设施出口，而不是污水口（未被稀释）。对有害物质 pH 值、色度、悬浮物、生化需氧量、化学需氧量、石油类、动植物油、挥发酚、氰化物、硫化物、氨氮、氟化物、磷酸盐、甲醛、苯胺类、硝基苯类、阴离子合成洗涤剂

(LAS)、铜、锌、锰等按三类标准区规定了不同的标准。其中一、二类还按新建扩建改建企业与现有企业规定了不同标准，前者更为严格。

1.5 生活饮用水卫生标准 GB 5749—85

中华人民共和国国家标准 GB 5749—85《生活饮用水卫生标准》是居民饮用水必须达到的标准。该标准按照感官性状和一般化学指标、毒理学指标、细菌学指标和放射性指标共 35 项对生活饮用水作了规定。该标准还对供水设施的管理作出规定，这对于集中式给水单位日渐增多的情况下严防二次污染尤其重要。该标准对水源的选择和卫生防疫提出严格要求，以确保饮用水质良好。该标准规定应按国家标准 GB 5750—85《生活饮用水标准检验法》中规定的周期进行水质检验。

近年来矿泉水类饮料进入广大人民生活中，为此制定了 GB 8537《饮用天然矿泉水》和 GB 8538《饮用天然矿泉水检验方法》。在与水源有关的标准中，还有 GB 15218—94《地下水资源分类分级标准》，GB/T 13727—92《天然矿泉水地质勘探规范》等。

1.6 低压锅炉水质标准 GB 1576—98

中华人民共和国国家标准 GB 1576—98《低压锅炉水质》适用于蒸汽压力 $\leq 2.5\text{MPa}$ 的蒸汽锅炉及额定热功率 $\geq 0.1\text{MW}$ 和出水压力 $\geq 0.1\text{MPa}$ 的热水锅炉。

压力 $\leq 1\text{MPa}$ 、蒸发量 $\leq 2\text{t/h}$ 的蒸汽锅炉不进行炉外水处理而只进行锅内投药处理时，GB 1576—98 规定其给水悬浮物 $\leq 20\text{mg/L}$ 、总硬度 $\leq 200\text{mg/L}$ 碳酸钙、 $\text{pH} \geq 7$ ；锅炉水总溶解固形物 $< 5000\text{mg/L}$ ，总碱度 $8 \sim 26\text{mmol/L}$ 、 pH 值 $10 \sim 12$ 。

对于进行炉外水处理的蒸汽锅炉，GB 1578—98 规定按不同压力规定的给水、锅炉水质量如表 1-2。

表 1-2 采用炉外水处理的蒸汽锅炉水质标准

项 目		给 水			锅 炉 水		
压力, MPa		≤ 1.0	1.0~1.6	1.6~2.5	≤ 1.0	1.0~1.6	1.6~2.5
悬浮物, mg/L		≤ 5					
总硬度, mg/L CaCO_3		≤ 0.150					
总碱度, mmol/L	无过热器				6~26	6~24	6~16
	有过热器					≤ 14	≤ 12

续表

项 目		给 水			锅 炉 水		
pH 值(25℃)		≥ 7			10~12		
溶解氧,mg/L		≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.05			
溶解固形物,mg/L	无过热器				<4000	<3500	<3000
	有过热器					<3000	<2500
[SO ₄ ²⁻],mg/L						10~30	10~30
[PO ₄ ³⁻],mg/L						10~30	10~30
相对碱度 (游离 NaOH 溶解固形物)						<0.2	<0.2
含油量,mg/L		<2					

热水锅炉的热功率 $\leq 2.8\text{MW}$ 时可采用锅炉加药处理防垢、防腐蚀；额定热功率 $> 2.8\text{MW}$ 的热水锅炉应进行炉外水处理，并且在锅内投药以提高 pH 值与脱氧；额定热功率 $> 4.2\text{MW}$ 应除氧。

本标准规定，进行锅内水处理的热热水锅炉给水悬浮物 $\leq 20\text{mg/L}$ 、总硬度 $\leq 200\text{mg/L}$ 碳酸钙、 $\text{pH} \geq 7$ 、含油量 $\leq 2\text{mg/L}$ ，锅炉水 pH 值为 10~12；带有炉外水处理的热热水锅炉给水悬浮物 $\leq 5\text{mg/L}$ 、总硬度 $\leq 30\text{mg/L}$ 碳酸钙、 $\text{pH} \geq 7$ ，溶解氧 $\leq 0.1\text{mg/L}$ 、含油量 $\leq 2\text{mg/L}$ ，锅炉水 pH 值 10~12、溶解氧 $\leq 0.1\text{mg/L}$ 。

1.7 火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量标准 GB 12145—89

中华人民共和国国家标准 GB 12145—89《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量标准》适用于蒸汽压力 $\geq 3.8\text{MPa}$ 的锅炉机组及蒸汽动力设备。该标准按照蒸汽参数^①不同，规定了不同的水汽质量。

对于蒸汽主要考核含钠量、二氧化硅含量以及连续监测的电导率，对压力超过 15.7MPa 的锅炉和直流锅炉还规定了含铁量和含铜量标准。除饱和蒸汽与过热蒸汽外，减温水质也应符合该标准。

对于锅炉给水则按参数分别规定了硬度、溶解氧、铁、铜、钠、二氧化硅、pH 值、联氨和含油量的标准。作为给水主要组成部分的汽轮机凝结水分别按照是否配备精处理装置规定了质量标准。对锅炉补充水和补入锅炉的疏水、生产回水以不影响锅炉给水质量为前提，分别

① 水蒸气或水的参数，主要指其温度和所处的压力。

按其特点规定了不同的控制项目和指标。

对于锅炉水质除了按参数划分对不同化学参量作出规定外，还按照锅炉内处理与给水处理方式的不同而规定不同的标准。

采用热网进行采暖是现代化城市发展的方向，该标准规定了热网补充水的质量标准。

该标准还规定了水冷发电机空心导线内冷水的水质标准，以防止其腐蚀和污垢堵塞。

除了对运转中的锅炉、汽轮发电机组和蒸汽动力设备规定控制标准外，该标准还针对设备在启动时产生的水汽质量比运转正常时恶劣而易于引发故障的情况，规定了启动时的蒸汽、给水和凝结水标准。

汽轮机冷却水质对于防止凝汽器管结垢和腐蚀有重要作用。由于冷却水处理方法多样化，本标准对此未作统一的规定，各企业可根据自己的水质、设备特点及冷却水处理方法，制订出企业标准。

1.8 电子级水 GB 11446—89

高纯水质按照国标 GB 11446—89《电子级水》划分为五级。

一级水的电阻率应达 $18\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ ，亦即其电导率为 $0.056\mu\text{S}/\text{cm}$ ；二级水的电阻率为 $15\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ ，亦即其电导率为 $0.067\mu\text{S}/\text{cm}$ ；三级水的电阻率为 $10\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ ，亦即其电导率为 $0.1\mu\text{S}/\text{cm}$ ；四级水的电阻率为 $\geq 2\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ ，其电导率应 $\leq 0.5\mu\text{S}/\text{cm}$ ；五级水的电阻率 $\geq 0.5\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ ，其电导率应 $\leq 2\mu\text{S}/\text{cm}$ 。

除了规定水的电阻率外，还按五个级别分别规定了不同尺寸的微粒个数、细菌个数，规定了 TOC（总有机碳）、二氧化硅、氯离子、钙、钾、钠、锌、铁、铜等杂质的含量。

1.9 其他水质标准

海水水质标准 GB 3093—82 按照用途将海水分为三类。第一类是为保护海洋生物资源、人类安全利用及海上自然保护区的海水；第二类为海水浴场及风景游览区海水；第三类为一般工业用水及港口等水域海水。该标准分别对 26 种理化及细菌学指标作了规定。

农田灌溉水质标准 GB 5084 和渔业水质标准 GB 11607—89 分别是专业用水的水质标准。农田灌溉水质标准适用于以地面水、地下水