

铁路机车 用水处理

丁光宇 施昂生 许寄和 编著



TIELUJICHE
YONGSHUICHULI

中国铁道出版社

铁路机车用水处理

丁光宇
施勛生 编著
许寄和

中国铁道出版社

1987年·北京

内 容 简 介

本书系统地总结了我国铁路三十多年来机车用水的研究成果和污水处理技术，以及管理经验，对有关理论也作了必要的阐述。全书共分四篇：水的概述；机车锅炉外水质处理；机车锅炉内水质处理；内燃机车冷却水处理。

本书可供水质处理、化验、研究人员参考，也可供从事低压锅炉用水和内燃机冷却水处理工作的人员以及各院校水处理专业的有关人员学习和参考。

铁路机车用水处理

丁光宇 施勳生 许寄和 编著

中国铁道出版社出版

责任编辑 苏国镇 封面设计 刘景山

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092毫米 1/16 印张：19 字数：476千

1987年12月第1版 第1次印刷

印数：0001—1,000册

统一书号：15043·5442 定价：7.15元

前 言

我国铁路部门自1950年实行机车用水处理以来，由于各级领导的重视和全国铁路广大水处理人员、科研人员的刻苦钻研，对水处理规律的认识逐步深化，在技术上有较大发展，建立了比较完善的管理制度，使机车用水处理质量日益提高，效果日益显著，因而大大地减缓了机车锅炉水垢结生速度和金属腐蚀，改善了锅炉状态，提高了蒸发能力和蒸汽质量。对保证铁路运输安全正点，多拉快跑，减少锅炉修理量，延长机车检修周期，节约燃料、水，和减少金属、油脂等材料消耗均收到很大效果。实践证明，实行机车用水处理是铁路机务部门采取的重大技术措施，对“优质、高产、低耗”地完成运输任务做出了应有的贡献。

为了把三十多年积累的铁路机车用水处理技术和管理方面的经验加以系统地总结，进一步推进蒸汽机车及内燃机车水处理工作的发展，在铁道部机务局杨照久、宋万吉等有关领导的鼓励和支持下，编写了《铁路机车用水处理》一书。

本书包括水的概述、锅炉外水质处理、锅炉内水质处理及内燃机车冷却水处理四个部分，共二十章。编写过程中坚持以实用为主的原则，系统地总结了科研和实践经验，对有关理论也进行了必要的阐述。本书的编写工作，由丁光宇负责第一至六章及第十三章，施勛生负责第七章、第九至十二章及第十四至十六章，许寄和负责第八章、第十七至二十章及全书的主编。由于水平所限和时间仓促，一定有不少不当之处，敬希读者批评指正。本书在编写过程中，得到王濬明同志的指导和审阅，并承曹伟国、谢贤正、李振伦、王克峻、陈宝德、高隆绪、何济发、于桂鑫、刘韶富、张立国等同志提出了许多宝贵意见，谨此致谢。

作 者

一九八六年九月

目 录

第一篇 水的概述

第一章 水的基本知识	1
第一节 水的分布和循环.....	1
第二节 天然水的分类及特点.....	1
第三节 天然水的物理和化学性质.....	2
第四节 水中杂质及其对锅炉的影响.....	5
第五节 水质的主要评价项目.....	6
第六节 天然水中主要成分的关系.....	10
第二章 蒸汽机车用水的基本要求	12
第一节 水质与铁路运输的关系.....	12
第二节 我国铁路蒸汽机车用水水质的基本情况.....	12
第三节 机车锅炉用水质量标准.....	14
第四节 我国铁路机车用水处理的基本方针.....	14

第二篇 机车锅炉外水质处理

第三章 水的净化处理	16
第一节 概 述.....	16
第二节 水的混凝处理.....	16
第三节 水的沉淀处理.....	21
第四节 水的过滤.....	28
第五节 水的除铁、除锰.....	34
第四章 离子交换树脂	37
第一节 离子交换剂的发展过程.....	37
第二节 离子交换树脂的种类.....	37
第三节 离子交换树脂的结构.....	38
第四节 离子交换树脂的性能.....	40
第五节 离子交换树脂的使用、保管和污染后的处理.....	43
第六节 树脂的交换.....	47
第七节 树脂的再生.....	54
第五章 水的软化	59
第一节 石灰软化法.....	59
第二节 离子交换软化法.....	61
第三节 水软化方式的选择和掌握.....	64

第四节	离子交换软化设备的演变和发展	67
第五节	固定床水处理	68
第六节	移动床水处理	76
第七节	流动床水处理	82
第八节	脱气、盐再生及酸再生	86
第九节	炉外软水的技术管理	89
第六章	水的除盐	91
第一节	阴阳离子交换法	91
第二节	电渗析法	93

第三篇 机车锅炉内水处理

第七章	水垢	101
第一节	水垢的结生过程	101
第二节	水垢的种类和性质	102
第三节	水垢的相组成及其测定	105
第四节	水垢的危害性	116
第五节	锅炉侧板温度的测定方法	117
第六节	防止水垢结生的途径	118
第八章	腐蚀	123
第一节	腐蚀及其危害	123
第二节	腐蚀的分类	123
第三节	电化学腐蚀	125
第四节	腐蚀速度和极化作用	128
第五节	影响金属腐蚀的因素	129
第六节	金属的苛性脆化	132
第七节	机车锅炉金属腐蚀试验及苛性脆化试验	133
第八节	机车运用中锅炉的防腐措施	135
第九节	机车停用中锅炉的防腐措施	137
第九章	蒸汽污染及防止	140
第一节	蒸汽的污染	140
第二节	汽水共腾的危害性	141
第三节	防止汽水共腾的措施	143
第四节	化学消沫剂	143
第十章	蒸汽质量试验的原理及应用	150
第一节	蒸汽质量测定的原理	150
第二节	供汽率及蒸发强度	151
第三节	蒸汽质量试验	157
第四节	蒸汽质量试验结果的应用	165
第十一章	机车锅炉内水处理药剂的性质及作用	168
第一节	铁路机车锅炉内水处理药剂及其发展概况	168

第二节	机车锅炉常用软水剂的性能和作用	169
第三节	其他水处理药剂的性能和作用	173
第四节	有机水质稳定剂的性能和作用	175
第五节	腐植酸钠的性能和作用	179
第十二章	机车锅炉水处理药剂的使用	183
第一节	水处理药剂的选择	183
第二节	水处理药剂用量的计算	189
第三节	水处理药剂的配制和使用方法	194
第十三章	机车锅炉放水	199
第一节	放水的目的和意义	199
第二节	放水率的计算	199
第三节	机车放水的掌握	205
第四节	放水方法	209
第五节	放水与节约燃料的关系	210
第六节	放水减压装置	211
第十四章	防止含油水垢的结生	213
第一节	含油水垢结生的原因	213
第二节	防止含油水垢结生的方法	214
第十五章	机车锅炉内水质处理工作的管理	219
第一节	机车锅炉内水质处理管理工作的意义和要求	219
第二节	机车锅炉水质标准的制订与掌握	219
第三节	机车锅炉水质分析的仪表化和自动化	225
第四节	水垢结生的试验	229
第五节	机车乘务组水处理作业管理	233
第六节	水处理药剂的管理	234
第十六章	机车锅炉水处理效果的检查	235
第一节	检查机车锅炉水垢的目的、要求和方法	235
第二节	水垢测厚仪	235
第三节	水垢厚度的计算与评定标准	238
第四节	水垢结生速度的测定与计算	239
第五节	水垢的化学分析	241
第十七章	机车锅炉水垢的化学清除	242
第一节	锅炉除垢的重要性	242
第二节	酸洗除垢的基本原理	242
第三节	酸洗缓蚀剂的保护原理	244
第四节	对锅炉酸洗缓蚀剂的技术要求	245
第五节	机车锅炉酸洗采用的缓蚀剂	246
第六节	多次酸洗对机车锅炉钢板机械性能的影响	247
第七节	机车锅炉酸洗的技术要求	250
第八节	机车锅炉酸洗的作业过程及注意事项	253

第九节 厂、架修机车酸洗后的钝化处理	254
第十节 硅酸盐水垢的清除	255
第十一节 橡胶粘胶清除机车锅炉水垢	256

第四篇 内燃机车冷却水处理

第十八章 内燃机车冷却系统及冷却水处理的基本任务	258
第一节 内燃机车冷却系统的概述	258
第二节 内燃机车冷却系统的特点	259
第三节 冷却水处理的基本任务及用水质量要求	259
第十九章 内燃机车冷却水处理技术及其管理	261
第一节 铁路内燃机车冷却水处理技术的发展概况	261
第二节 内燃机车冷却系统用腐蚀抑制剂	262
第三节 冷却用水质的选择	270
第四节 内燃机车冷却水添加剂的选择	271
第五节 冷却系统的预处理	275
第六节 内燃机车散热系统水垢的清除	275
第七节 冷却水的质量管理	276
第二十章 内燃机车缸套的穴蚀	278
第一节 内燃机车缸套穴蚀的概况	278
第二节 缸套穴蚀的基本原因	278
第三节 影响缸套穴蚀的有关因素	279
第四节 防止缸套穴蚀的途径	280
本书中主要符号对照表	284
附 录	286
一、常用元素的原子量及其常用化合价	286
二、常用化合物分子量与当量表	286
三、盐酸溶液的密度 (20°/4°C)	288
四、氢氧化钠溶液的密度 (20°/4°C)	288
五、氯化钠溶液的密度 (20°/4°C)	288
六、筛目表	289
七、国产离子交换树脂主要物理化学性能	289
八、饱和蒸汽及饱和水的物理性质摘录表	289
九、水及过热蒸汽物理性质摘录表	290
十、锅炉水的温度、热焓、密度与锅炉汽压的关系	291
十一、机车锅炉容积数据	291
十二、各型机车锅炉容积表 (L)	292
十三、锅炉水取样时汽压校正系数	293
十四、各型机车水箱容水量及水尺刻度	293
参考书目	295

第一篇 水的概述

第一章 水的基本知识

第一节 水的分布和循环

一、水的分布

水是地球上分布最广的物质之一，也是人类生活环境中的一个重要组成部分。它以气、液、固三种状态存在。大气中含有水蒸气，海、洋、江、湖覆盖地球表面的三分之二，高山和地球的南北极有大量的冰雪，动植物体内含有50%至90%的水分，地下有水流，矿物含有结晶水等等，几乎到处都有水。地球上水的总量约为 $2 \times 10^{18}t$ 。

二、水的循环

水的循环包括自然循环和社会循环。

(一) 自然循环

自然界中的水，在太阳辐射和地心引力等的影响下，不停地流动和转化。海、洋、江、湖中的水受热蒸发成汽，升到大气上层成为云，被气流带到四面八方，遇冷就以雨、雪的形式落到地面。落到地面的水，一部分流入江河湖泊，一部分渗入土壤，成为地下水流，地下水再重新流出地面形成泉水、井水等。这样周而复始的变化，构成水的自然循环。

(二) 社会循环

人类社会为了满足生活和生产上的需要，从天然水体取用大量的水，按其用途不同，分为生活用水和工业用水。在使用过程中随时都有杂质混入，使水受到不同程度的污染，变成相应的生活污水和工业废水。用过的污水或废水又不断地排入天然水体中，构成水的社会循环。

第二节 天然水的分类及特点

天然水按其来源不同可分为雨水、地表水及地下水。现分述如下：

一、雨 水

雨水是高空中的水汽遇冷凝结而成的。一般来说，雨水在凝结过程中不含杂质，但由于水的溶解力很强，当雨雪从空中降落时，会吸收和溶解一些空气中的气体，如氧、氮、二氧化碳、尘埃和细菌等杂质。在空气严重污染的工业区也会混有二氧化硫、硫化氢等气体，使水呈酸性反应。不过矿物质含量较少，硬度不超过 $0.07 \sim 0.1mg.eq./L$ ，蒸发残渣在 $40 \sim 50mg/L$ 之间，从质量上看，作为铁路机车用水比较理想。可是由于难以大量收集，所以从数量上看不能作为机车供水的水源。

二、地 表 水

地表水主要包括河水、江水、湖水、水库水等。它的来源一部分由雨水冲刷地面而流入江河，一部分由地下水穿过土层而流入江河，所以它除含有大量泥砂、垃圾和动植物的腐烂体外，还有多种可溶性盐类。地表水的成分不是固定不变的，因季节不同而有较大的波动。在夏季汛期和秋雨期，水中的盐类被雨水冲淡，因此硬度和蒸发残渣的含量降低，但浑浊度增高。冬季则相反。湖水、水库水有调节河水流量的作用，所含成分大致与江水、河水相同，惟其流量较小，经过长期的静置沉淀，悬浮杂质含量较少。我国南方工业和铁路用水大都采用地表水。

海水亦属地表水，它的特点是含盐量高。因为海面最低，所有江、河、湖、泊的水都汇入海洋。海水一方面因太阳的蒸发而浓缩，一方面因海底火山爆发，熔岩溶入海水，使海水中溶解盐达到相当高的程度，蒸发残渣可达30000~39000mg/L。盐类的总含量中约有60%是食盐。此外，还有大量钙、镁的氯化物和硫酸盐。海水的总硬度可达215~225mg.eq./L，其中，碳酸盐硬度约在15mg.eq./L左右，绝大部分为非碳酸盐硬度。因此海水未经处理，不但不能作锅炉用水，而且不能饮用。

三、地 下 水

地下水包括井水、泉水和自流水。由于经过地层的渗透过滤，通常不含悬浮物及有机物，但因水有很强的溶解性，尤其是吸收了二氧化碳以后，溶解力更强。在透过不同岩层时，溶解了各种无机盐类。地下水溶解矿物质的程度，取决于土壤中矿物质的成分、接触的时间和水流路程的长短。一般来说，地下水水质比较稳定，受季节性变化的影响较小。我国东北、华北、西北地区工业和交通用水大都采用地下水。

第三节 天然水的物理和化学性质

一、水的色度

纯洁的水在水层浅时为无色，深时为浅蓝绿色；水中如含有杂质，则发生淡黄色甚至棕黄色。水的颜色常常是由于植物体的有机物质溶入水中而造成的。有时悬浮在水中的泥沙或矿物质等也带有颜色。

地面水的色度变化很大。沼泽水由于含有腐植质的化合物而常呈黄色，低铁化合物使水呈淡绿蓝色，硫化氢被氧化所析出的硫使水呈浅蓝色。有时沼泽水呈灰黑色，这是因为植物中所含单宁酸及没食子酸盐与铁质化合生成铁盐而造成的。高铁使水呈黄色。

测定清洁天然水的色度常用铂钴比色法，在每升水样中含有相当于1mg铂（以氯铂酸离子状态存在）所造成的色度，称为1色度单位。此法操作简便，色度稳定，标准色列如果保存适宜，可长期使用。多数洁净的天然水，其色度在15~25°之间，池沼水在50~60°左右或更高些。

二、水的臭和味

清洁水不具任何气味，被污染的水就会发生不正常的气味，如水中含有微生物、硫化

氢、沼气、铁盐、酚类化合物或煤焦油产品等，就会产生不同的特殊气味。水的气味与水温有很大关系，所以臭的强度常在一定温度时（如20°C、60°C和100°C）作定性的表示，并按表1—1分级。

臭 气 的 强 度 等 级

表 1—1

强度等级	程 度	说 明	强度等级	程 度	说 明
0	无 臭	没有任何气味	3	明 显	易于觉察
1	极 微 弱	一般饮用不觉察，但有经验的分析人员能区别出来	4	强	使人发生不愉快的感觉
2	弱	饮用者不易觉察，但指出后有感觉	5	极 强	具有强烈的臭气

纯净的水是无味的。天然水中溶有杂质时，可使水具有不同的味觉。如含有氯化钠150~250mg/L时带咸味，含镁盐150~300mg/L时带苦味，含铁离子0.2~0.3mg/L带涩味。水味的检定，只限于没有被污染的水和肯定无毒的水。取少量水样放入口中，辨别其味道，如无味、甜、酸、苦、或等，并根据经验说明其强度，一般分为无、极微、微、明显、强、极强六级。

三、水的密度

水在0~4°C范围内不是热胀冷缩，而是温度升高，体积缩小，密度增大。在4°C时水的密度最大，为1.0000；0°C的水，密度为0.9999；而0°C的冰，密度为0.9168。结冰时水的体积变大，浮于水面形成冰层，隔绝深层水与外界的热量交换，保持深水水温，使水生生物在冬季得以生存。

四、冰的熔点

冰的熔点和外界压强有关。冰在1个大气压下的熔点是0°C，而当外界压强每增加1个大气压，它的熔点就要下降0.0075°C。这是因为冰熔化时体积会缩小，而压强的增加会促使物质体积缩小，有利于固相转变为液相，因而温度不必升高到原来的熔点，冰就能熔化。

五、水的三相变化

在常压下，温度0~100°C范围内，水可出现固、液、气三相变化，而且在所有的液体和固体中水的比热最大。1mL的水每升高或降低1°C时所吸收或放出的热量比其它物质都高，为4.2J(1cal)；1g 0°C的冰熔化为0°C的水所需的熔化热为335J(80cal)；1g 100°C的水变为同温度下的蒸汽所需的汽化热为2257J(539cal)。因此，水可作为热交换介质，使用于冷却、贮热、输热等方面，天然水体可调节气温。

六、水的溶解及反应能力

水是最重要的溶剂，许多溶质不但在水中有很大溶解度，而且有最大的电离度。在水溶液中进行多种化学反应。水本身参加多种反应，并起催化作用。盐类的水解以及许多氧化物与水反应能生成酸或碱。

七、水的导电性

纯水几乎不导电，但在一般水中由于溶解了电解质，所以是导电的。水的导电是通过水里阳离子和阴离子的迁移来完成的。水质越纯，水中的离子越少，导电能力就越差。水的导电和水的温度是有关系的，温度越高，水中离子的迁移能力越大，因此导电能力越强。

八、水的分子结构

水分子是由两个氢原子和一个氧原子组成的，它的分子式为 H_2O 。实际上，这只能表示最简单的水分子，或水的化学简式。液态水并不是全由简单的 H_2O 分子所组成，而是还含有由两个、三个或更多个 H_2O 所缔合成的分子以及少量氢离子和氢氧离子。

单分子水(H_2O)中，H和O以共价键相结合，所以其结构式可写成HOH。但它的2个H和1个O的中心不在一直线上，如图1—1所示，它们之间有1个大约为 104.5° 的夹角。由此可知，水分子的正、负电荷中心不相重合，所以它是极性分子。

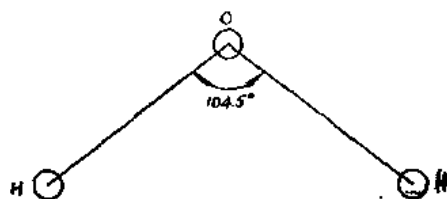
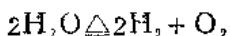


图1—1 水分子的结构

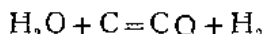
在水分子中，氧原子的电负性较大，共用电子对被强烈地吸引到氧的一方，而使氢带正电性；同时，氢原子半径较小又无内层电子，能与另一水分子氧原子上的独对电子互相吸引，结果水分子间便形成氢键而缔合在一起。液态水中有 $(H_2O)_2$ 、 $(H_2O)_3$ 等缔合分子，就是靠氢键的作用。

九、水的分解反应

水在加热时，表现出具有很大的稳定性。但温度高于 $1000^\circ C$ 时，明显地开始分解，反应如下：



当水蒸气通过燃烧的煤炭时，也能使水分解，反应如下：



生成的一氧化碳和氢的混合物，就是水煤气，是一种可燃气体。

十、水的酸碱性

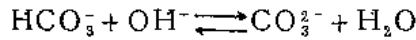
水的酸碱性，常以pH值表示。pH=7时，溶液呈中性；pH>7时，溶液呈碱性，数值越大，碱性越强；pH<7时，溶液呈酸性，数值越小，酸性越强。

纯水的pH值为7。但因水的溶解力很大，所以存在于自然界的水，有时是酸性或碱性。

酸性水中除溶有二氧化碳外，有时还含有无机酸和呈酸性反应的盐类，如硫酸铁、硫酸铝等。在工业城市的上空有时还降酸性雨水，这是因为大气中含有较多的废气，如二氧化硫和硫化氢等的缘故。在特殊矿区和工业废水中，有时也会发现酸性水，这是由于矿床或排放的废水污染的缘故。

水的碱性主要由于含有 OH^- 、 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 三种离子，但实际上三者不能同时存在。

因为:



天然水中通常不含 OH^- 。钙镁的碳酸盐溶解度又极微， CO_3^{2-} 的含量很少，所以天然水中一般仅有 HCO_3^- 存在。只有在含有 K_2CO_3 或 Na_2CO_3 的碱性水中，才有 CO_3^{2-} 存在。

第四节 水中杂质及其对锅炉的影响

从地面水源和地下水源所取得的水，都含有许多杂质。天然水中的杂质，按其颗粒大小的不同可分为三类：颗粒最大的称为悬浮物；其次是胶体；最小的是离子和分子，即溶解物质。水中杂质对机车锅炉的影响见表1—2。

水中杂质对锅炉的影响

表1—2

杂质名称	化学符号	对锅炉水的影响			对锅炉的影响		
		碱度	硬度	蒸发残渣	腐蚀	结垢	汽水共腾
氧气	O_2				0		
二氧化碳	CO_2				0		
硫化氢	H_2S				0		
碳酸氢钙	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	0	0	0		0	
碳酸氢镁	$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$	0	0	0		0	
碳酸氢亚铁	$\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$	0	0	0	0	0	
硫酸钙	CaSO_4		0	0		0	
硫酸镁	MgSO_4		0	0	0	0	
硝酸钙	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$		0	0		0	
硝酸镁	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$		0	0		0	
氯化钙	CaCl_2		0	0	0	0	
氯化镁	MgCl_2		0	0	0	0	
硅酸钙	CaSiO_3		0	0		0	
硅酸镁	MgSiO_3		0	0		0	
氯化钠	NaCl			0	0		0
硫酸钠	Na_2SO_4			0			0
碳酸钠	Na_2CO_3	0		0	0		0
碳酸氢钠	NaHCO_3	0		0	0		0
无机酸				0	0		
有机酸				0	0		0
油				0		0	0
悬浮物				0		0	0

说明：表中画有0的表示对该项有影响，未画者即表示无影响。

一、悬 浮 物

悬浮物的颗粒较大，一般在 $1\mu\text{m}$ 以上，在水中不稳定，如泥砂、动植物有机体的碎片等。主要是由于雨水冲刷等原因混入水中的，用沉淀过滤的方法可以除去。进入锅炉后能干结在蒸发面上形成水垢；沸腾于锅炉水中，易造成汽水共腾。

二、胶 体

胶体微粒是许多分子和离子的集合体。粒度较小，一般在 10\AA 以上， $1\mu\text{m}$ 以下。由于其表面积很大，能吸附多重离子而带电，结果使同类胶体因带有同性电荷而相互排斥，在水中不能粘合在一起，而稳定在微小的胶体颗粒状态下，不能依靠重力自行下沉。天然水中的胶体主要是腐植质、铁、铝和硅的化合物。

三、溶解物质

天然水中的溶解物质，大都为离子和一些溶解气体。这种物质的粒度都很小，一般只有几个埃（ \AA ）。

天然水中常见的离子有钠（ Na^+ ）、钾（ K^+ ）、钙（ Ca^{2+} ）、镁（ Mg^{2+} ）等阳离子，重碳酸根（ HCO_3^- ）、氯根（ Cl^- ）、硫酸根（ SO_4^{2-} ）、硅酸氢根（ HSiO_3^- ）等阴离子。它们的浓度由几个 mg/L 至几万 mg/L 。含量比较少的有铵（ NH_4^+ ）、亚铁（ Fe^{2+} ）、锰（ Mn^{2+} ）等阳离子和氟（ F^- ）、硝酸根（ NO_3^- ）、亚硝酸根（ NO_2^- ）、碳酸根（ CO_3^{2-} ）等阴离子，其浓度由十分之几 mg/L 至几个 mg/L 。这些离子进入锅炉后，钙、镁、硅是产生水垢的主要来源；氯离子等能引起腐蚀；钾、钠盐类尤其是碱性物质能增加汽水共腾的趋势。

天然水中常见的溶解气体有氧、二氧化碳，有时还有硫化氢、二氧化硫和氨（ NH_3 ）等。溶解于水中的氧气，称为溶解氧。氧和二氧化碳是造成锅炉腐蚀的主要因素。

第五节 水质的主要评价项目

水是工农业生产和人们日常生活不可缺少的物质。但由于水的流动性很大，溶解力很强，在它与空气、土壤、岩石等接触过程中就会带入许多杂质，再由于污水的排放，也带来了不少杂质。这就要根据用水的要求，定出具体的指标，用以衡量水质的好坏。在水质分析中，不可能也没有必要对水中所有的杂质进行测定，而是根据特定的要求，针对某一问题，有选择地对某些项目作定量的分析。机车用水的主要评价指标为：

一、悬浮物和浑浊度

悬浮物和浑浊度是考核天然水中细微的粘土颗粒、微生物和有机物微粒的指标。根据它的数量，可以判断天然水的污染程度。悬浮物或浑浊度愈高，水质愈差。用作机车给水时，易引起汽水共腾，结生水垢。用于离子交换及电渗析炉外水处理时，易阻塞树脂的孔隙，降低树脂的交换容量。

悬浮物的量用重量法测定，单位为 mg/L 。浑浊度是利用分散系对光线的散射性来测定悬浮物含量的一种方法。为了比较分散质散射性的强弱，需要制定一种可以用来比较的标准。

这种标准，各国不一，但大都是用精制的高岭土、陶土或白土等作为配制标准的物质，当1L水中含有1mg此种悬浮物时，其浑浊度就是1度。

二、总溶解盐和蒸发残渣

总溶解盐和蒸发残渣是天然水中各种盐类的综合表现。根据其数量，可以判断天然水的矿化程度。总溶解盐或蒸发残渣愈高，水质愈差。用做机车给水时，易引起汽水共腾。其中氧化物又是腐蚀锅炉的主要因素之一。在制订锅炉水质标准、确定放水百分率时，是必不可少数据。

总溶解盐是通过水质全分析，用计算法求得。有两种表示方法：其一是当量表示法，即将水中的全部阳离子按mg.eq./L的数值相加，或将水中的全部阴离子，其中 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 为强酸离子， HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 OH^- 为碱度按mg.eq./L的数值相加。另一种是重量表示法，即将水中各种阴、阳离子换算成mg/L，然后全部相加。

蒸发残渣只能近似地表明水中不挥发的溶解盐和胶体的含量。用过滤后的水样蒸干，并在110℃下烘至恒重测定之，单位为mg/L。

三、硬 度

水的硬度，是指水中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Mn^{2+} 、 Al^{3+} 等高价金属离子的含量。但由于天然水中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 离子的含量远比 Fe^{3+} 、 Mn^{2+} 、 Al^{3+} 等离子多，因此 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 离子含量的多少，决定了水的硬度大小。 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量的总和叫做水的总硬度。 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 的含量分别叫做钙硬度和镁硬度。 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 与碳酸氢根离子结合时称为碳酸盐硬度。这种盐类，一经加热煮沸，即从水中析出，所以又称暂时硬度。 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 与其他阴离子结合时，称为非碳酸盐硬度，因为它在水中即使加热煮沸，仍不能除去，所以又称永久硬度。

硬度的大小直接关系到机车锅炉结生水垢的性质和速度，决定水处理的方法和药剂的消耗量，因此是铁路给水的一个重要指标。

硬度的单位，除了常用的mg.eq./L外，还有以下几种。

(一) 用“度”表示

这是个不很科学的表示方法，“德国度”、“法国度”、“英国度”都有其不同的定义。我国水质资料上采用的“度”，是指“德国度”，它的定义是：当硬度离子浓度换算成CaO时，每10mg/L CaO称为1“度”。它和mg.eq./L的换算关系如下：因为1mg.eq. CaO是 $\frac{1}{2}(40+16)=28\text{mg}$ ，所以

$$1 \text{ “德国度”} = 10 \times \frac{1}{28} = 0.357 \text{ mg.eq./L}$$

$$1 \text{ mg.eq./L} = \frac{1}{0.357} = 2.8 \text{ “德国度”}。$$

“法国度”的定义是：当硬度离子浓度换算成 CaCO_3 时，每10mg/L CaCO_3 称为1“法国度”。它和mg.eq./L的换算关系如下：因为 CaCO_3 的当量值是50，所以

$$1 \text{ “法国度”} = 10 \times \frac{1}{50} = 0.2 \text{ mg.eq./L}$$

$$1\text{mg.eq./L} = \frac{1}{0.2} = 5 \text{ “法国度”}。$$

“英国度”的定义是：当硬度离子浓度换算成CaCO₃时，在1英加仑（4.546L）水中含CaCO₃1格兰（0.0648g）为1“英国度”。它和mg.eq./L的换算关系如下：

$$1 \text{ “英国度”} = \frac{0.0648 \times 1000}{50} \times \frac{1}{4.546} = 0.285\text{mg.eq./L}$$

$$1\text{mg.eq./L} = \frac{1}{0.285} = 3.5 \text{ “英国度”}。$$

(二) 用ppm CaCO₃表示

这是美国采用的表示方法。ppm CaCO₃即百万分之一CaCO₃，亦即1mg/LCaCO₃。它和mg.eq./L的换算关系如下：

$$1\text{ppm CaCO}_3 = \frac{1}{50} = 0.02\text{mg.eq./L}$$

$$1\text{mg.eq./L} = 50\text{ppm CaCO}_3。$$

几种硬度表示法的相互换算关系见表1—3。

各种硬度单位的换算

表1—3

硬度单位	mg.eq./L	德国度	法国度	英国度	美国度
mg.eq./L	1	2.804	5.005	2.511	50.045
德国度	0.3566	1	1.7848	1.2521	17.847
法国度	1.9982	0.5603	1	0.7015	10
英国度	0.2848	0.7987	1.2485	1	14.285
美国度	0.0190	0.0560	0.1	0.0702	1

表中：德国度：相当于1L水中含CaO10mg。
 法国度：相当于1L水中含CaCO₃10mg。
 英国度：相当于0.7L水中含CaCO₃10mg。
 美国度：相当于1L水中含CaCO₃1mg。
 苏联度：以前同德国度，后改为mg.eq./L。

四、碱 度

碱度是指水中能与强酸进行中和反应的物质含量。天然水中产生碱度的物质主要有碳酸盐、碳酸氢盐及氢氧化物。磷酸盐和硅酸盐虽也会生成一些碱度，但由于它们在天然水中含量极微，常略去不计。因此，碱度可分为三种：碳酸盐碱度、碳酸氢盐碱度和氢氧化物碱度，它们的和称为总碱度。碳酸氢盐碱度中，碳酸氢根离子和钠、钾离子结合时称钠钾碱度，有时也称负硬度。

碱度的大小对水的凝聚澄清处理、水的软化处理有着重要的意义。锅炉水碱度过高时易引起汽水共腾，因此对水处理工作是一个很重要的指标。碱度的单位用mg.eq./L表示。

五、氯 离 子

氯离子几乎存在于所有的水中。海水、苦咸水、生活污水和工业废水中都有大量氯离子。天然淡水中也有一定量的氯离子。氯离子含量高时，不仅对锅炉有腐蚀作用，而且还会

引起汽水共腾。氯离子含量急剧上升,说明水源可能受到污染。在锅炉内水处理工作中,常以测定锅炉水氯离子含量的变化,间接地表示总溶解盐的变化,以指导乘务员的放水作业,所以是评价水质的重要标准之一。单位用mg/L表示。

六、二氧化硅

二氧化硅在水中含量不大,但对锅炉生长水垢的性质和速度影响很大。特别在硬度较低、总溶解盐较少的水中,很容易生成坚硬的、导热性很低的硅酸盐水垢。在锅炉内水处理决定给水的性质和配方的成分时是必不可少的指标,单位用mg/L表示。

七、溶解氧和游离二氧化碳

溶解氧和游离二氧化碳在水中含量不大,但对锅炉腐蚀有一定影响。游离二氧化碳在石灰软化时是不可少的指标,单位用mg/L表示。

八、耗氧量

这是鉴别水中有机物污染程度的指标。天然水中有机物的种类不一,要分别测定很困难,而且对水处理工作来说也不甚必要。直接测定有机物总量的办法:一种是将灼烧减重作为有机物含量,这种方法用于含盐量低的水所得结果比较近似,对于含盐量高的水误差较大;另一种为活性炭、氯仿法,是用活性炭吸收水中的有机物,然后用氯仿萃取此活性炭中的有机物,再经蒸馏除去氯仿后,称量有机物的重量。由于有机物含量不易测定,所以在实际应用中利用它的可氧化性进行耗氧量的测定。氧化剂一般用 KMnO_4 测定反应过程中消耗的氧化剂量,换算成氧来表示,单位用mg/L表示。

九、铁离子

铁离子在水中的含量虽不大,但在离子交换树脂上、电渗析交换膜上能生成沉淀,影响正常运行,单位用mg/L表示。

十、钠钾总量和硫酸根

钠、钾离子总量和硫酸根离子是水中的主要离子,占溶解杂质总量的比重很大,在水处理中是组成假想化合物的必要数据,单位用mg/L表示。

十一、pH值

pH值是氢离子浓度的负对数,用以表示水的酸碱性程度。多数天然水的pH值一般在6.8~8.5之间。

天然水的pH值与水中碳酸、碳酸氢盐及碳酸盐的含量有关。当水中含有大量 CO_2 时,pH值常减小;反之,如果 CO_2 从水中逸出,则pH值常增大。

pH值的测定方法很多,常用的有电位测定法、比色法等。为了操作方便,亦常用pH试纸进行测定。在离子交换法制取纯水过程中,pH值是重要的控制指标之一。常用它来控制离子交换装置交换、再生、清洗等过程的终点。