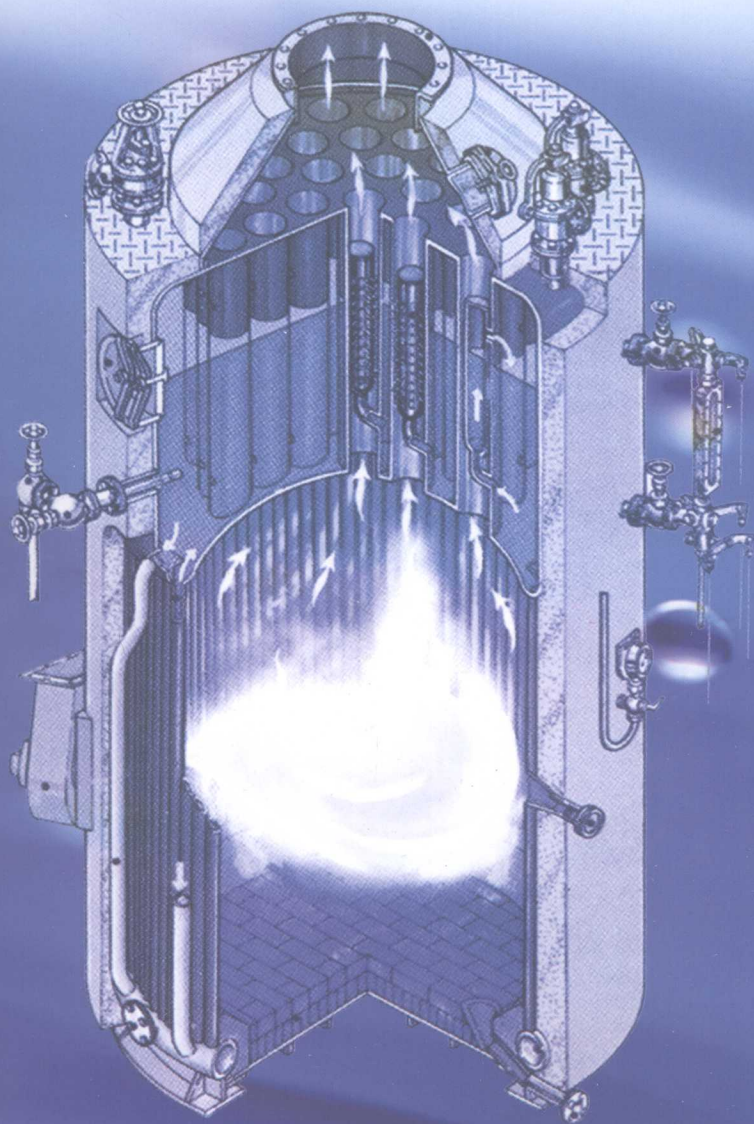


车锐 编著

船用锅炉水处理技术

Chuanyongguolu Shuichuli Jishu



山东大学出版社

船用锅炉水处理技术

车 锐 编著

江苏工业学院图书馆
藏书章

山东大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

船用锅炉水处理技术/车锐编著. — 济南: 山东大学出版社, 2008. 11
ISBN 978-7-5607-3683-9

- I. 船…
- II. 车…
- III. 船舶-锅炉用水-水处理
- IV. TK223.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 184812 号

山东大学出版社出版发行

(山东省济南市山大南路 27 号 邮政编码: 250100)

山东省新华书店经销

日照报业印刷有限公司印刷

787×1092 毫米 1/16 7.75 印张 178 千字

2008 年 11 月第 1 版 2008 年 11 月第 1 次印刷

定价: 20.00 元

版权所有, 盗印必究

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社营销部负责调换

内容提要

本书主要介绍了船用锅炉水质指标等水处理的基础理论知识;对日本、美国和我国的船用低压锅炉水质标准进行比较分析;介绍了船用海水淡化装置的工作原理,船用锅炉炉内和炉外水处理方法,船用锅炉结垢及清除方法,船用锅炉的腐蚀与停炉保养方法,船用锅炉汽水系统常见事故及其预防措施,锅炉水样取样方法及水质分析试验方法等方面的相关知识,使读者能花较少的时间掌握较多船用锅炉水处理的基础知识;介绍了船用锅炉常见水处理事故的解决方法及水质取样和分析试验方法等方面的工作经验,使读者具备独立解决工作中遇到的各种复杂技术问题的能力。

本书深入浅出,平白直叙,既有许多相关的船用锅炉水处理基础知识,又有对复杂疑难技术问题的分析方法,具有很强的可读性和实用性。

本书既可以作为船用锅炉水处理人员的上岗培训和实际操作工作的参考用书,也可作为船用锅炉水处理设计、检验、使用管理的工程技术人员的参考用书。

作者简介

车锐 1968 年生于山东省高唐县,1989 年毕业于哈尔滨理工大学机械系热能工程专业,现为中国船级社青岛分社工业产品处高级验船师,1998 年 6 月至今,连续被聘为全国船用机械标准化技术委员会锅炉及压力容器专家组委员。作者自 1989 年 7 月至 1994 年 6 月一直在青岛港务局大港公司从事锅炉设备及水处理技术管理工作,自 1994 年 6 月从事船用产品检验工作以来,始终工作在船用锅炉及压力容器检验的第一线,对船用锅炉的水处理具有丰富的理论和实践经验,并熟悉多家外国船级社“规范”以及相关的国家标准和船舶行业标准。其间,作者先后在《中国船检》和《船舶标准化与质量》等杂志上发表技术论文十几篇,并编写了大量中国船级社系统内部指导性须知和指南。近几年来,作者参加编写了 GB/T14649-2005《船用辅锅炉性能试验方法》等十几项国家标准和船舶行业标准,其中的国家军用标准 GJB5115-2002《舰用针形管辅锅炉规范》获 2005 年度国防科工委科学进步三等奖。作者编著的《船用锅炉及压力容器检验》一书,于 2007 年 1 月由中国电力出版社出版发行。此外,作者在“船用锅炉及压力容器检验”培训领域,采用理论和实践相结合的全方位培训方式,取得了良好的培训效果,为中国船级社青岛分社和中国船级社赢得了荣誉。

序

本书是作者用了近一年的时间编著完成的,其间作者有过多次修改和补充。本书主要介绍了船用锅炉水质指标等水处理基础理论知识、船用海水淡化装置工作原理、船用锅炉炉内外水处理方法、船用锅炉结垢及清除方法、船用锅炉的腐蚀与停炉保养方法、船用锅炉汽水系统常见事故的原因及预防、锅炉水样取样方法、水质分析试验方法等方面的知识。作者理论联系实际,不仅详细分析阐述了船用锅炉汽水系统过程中出现的常见事故和船用锅炉多种腐蚀方式产生的原因,而且对日本、美国和我国的船用低压锅炉水质标准进行对照分析,使读者能更好地理解和掌握船用锅炉汽水系统常见事故及船用锅炉腐蚀的防止措施和国内外船用低压水质的相关标准内容要求。本书是作者多年对船用锅炉水处理的研究、理解且充实了新知识汇总的结晶,奉献给广大读者的一本有关船用水处理方面专业性书籍。

为了保证船用锅炉的安全经济运行,正确进行船用锅炉水处理是非常重要的。如船用锅炉给水不进行处理或处理不当,会使船用锅炉结垢、腐蚀,蒸汽品质恶化,轻则缩短船用锅炉的使用寿命,浪费燃料,重则会使船用锅炉大面积爆管,或发生锅炉爆炸重大事故,造成严重损失。因此,如何提高轮机管理人员船用锅炉水处理整体业务水平,普及水处理的基础知识,提高对船用锅炉水处理设备锅炉运行管理水平,更好地掌握炉锅炉内外水处理方法,做好汽水系统常见事故预防处理和防腐防垢工作,已是轮机管理人员管理工作的当务之急。本书内容齐全,理论与实践紧密结合,对轮机管理人员的工作有指导和启示作用,轮机专业各个层次的广大读者均可从书中找到自己想学习掌握的理论和实践知识,读者能花较少的时间就能较快掌握作者十几年积累的经验和分析问题解决问题的方法,具备独立分析和解决复杂技术问题的能力。本书是近几年来不可多得的船用锅炉水处理方面的佳作。

作者能够将检验工作中遇到的难题和问题解决后加以总结,撰写为技术论文。近几年,作者先后在《中国船检》和《船舶标准化与质量》国家级杂志上发表了“对《钢质海船入级与建造规范》(2001)和《材料与焊接规范》(1998)修改建议”等十几篇论文,有些论文已经作为现场检验工作中的参考性技术资料为其他现场验船师所借鉴和使用。作为全国船用机械标准化技术委员会锅炉及压力容器专家组资深委员,作者先后主编和参加编写了GB/T14649-2005《船用辅锅炉性能试验方法》等十几项国家标准和船舶行业标准,这些标准已经成为船用锅炉及压力容器设计单位、生产厂家、使用单位、检验部门共同遵守的技术依据,为这些单位带来了经济效益和社会效益,其编写的GJB5115-2002《舰用针形管辅

锅炉规范》国家军用标准获 2005 年度国防科工委科学进步三等奖。作者编著的《船用锅炉及压力容器检验》一书,已于 2007 年 1 月由中国电力出版社出版发行,该专著分基础篇、运行篇和检验与法规篇三部分内容,分别介绍了船用锅炉及压力容器的特点及相关锅炉基础知识,典型船用锅炉及压力容器的结构形式和主要受压部件,制造厂工厂认可程序,图纸审核要点,产业制造检验要求,船用机组性能试验项目要求,船用锅炉水处理要求,船用锅炉的运行与调节,船用锅炉的常规维护保养和停炉保养,船用锅炉常见的事故、故障及处理方法,船用锅炉的安装检验,营运中船用锅炉及压力容器的检验及修理方法等方面的内容。作者还编写了中国船级社系统内部指导性须知和指南:《船用锅炉检验须知》、《船用锅炉工厂认可指南》、《船用空气瓶检验须知》、《船用空气瓶工厂认可指南》、《锚链及其附件检验须知》、《锚链及其附件检验指南》。这些指导性技术资料已成为指导一线现场验船师从事船用锅炉及压力容器、锚链及其附件制造厂工厂认可工作、图纸审批、产品制造检验工作借鉴和使用的依据。

作者于 2004 年至 2008 年对香港海事处和劳工处人员分六批进行了“船用锅炉及压力容器检验”培训。理论和实践相结合全方位的培训方式,取得了良好的培训效果,达到了预期的目的。此次培训受到了香港海事处和劳工处的表扬,也为中国船级社青岛分社和中国船级社赢得了荣誉。2007 年 11 月,作为主讲老师,在 CCS 武汉培训中心进行为期三天的锅炉检验培训研讨班授课,本次培训达到了集培训、研讨于一体的目的;受中海油深圳分公司的邀请,作为主讲教师,于 2008 年 9 月至 10 月份分两批对该公司的海上和陆上从事锅炉管理的人员进行为期各一周的锅炉检验培训,显示了中国船级社的船用锅炉专业方面的技术能力和水平。

该书深入浅出,平白直叙,既介绍了许多相关的船用锅炉水处理基础知识,又有解决复杂疑难技术问题的分析方法,具有很强的可读性和实用性。

知识是海洋,无边无际,深奥莫测,既催人求索,更给人力量,哺育着每个人的成长,激励着人们奋发创新。我们特别高兴地向读者推荐这本书,更衷心地希望广大的读者们从这本书中学到的不仅仅是有关船用锅炉水处理方面的理论知识,而且能够在这十几万字的图表、数据和字里行间学到一个青年知识分子,一个现场验船师对自己深深热爱的船检事业的责任感,追求知识的紧迫感和面向新世纪开创未来的创新意识和自强不息的拼搏精神。更可喜的是本书作者年龄不到 40 岁,是跨世纪的一代人。如果中国船级社能涌现出像本书作者这样既有丰富的现场检验经验,又有扎实的理论基础知识的许许多多专家型现场验船师,则振兴中国船检事业,使中国船级社早日成为超一流的国际船级社就指日可待了。

书籍是人类进步的阶梯,是传播科技知识的最佳载体。相信广大读者从阅读该书中会得到启发和收获,使我国船用锅炉水处理的整体技术水平不断进步,我相信作者苦心编著这本书的目的也在于此!

孙奉仲 王世峰

2008 年 10 月于山东大学能源与动力工程学院

前 言

重视船用锅炉水处理,采取有效、经济、简便可行的水处理方法,是保证船用锅炉的安全经济运行,延长船用锅炉使用寿命的重要措施。一台水处理管理得当的船用锅炉能可靠地运行几千小时,而无须进行大修;相反,水处理管理不得当时,仅仅工作几百小时就需进行大修。

目前,我国轮机管理人员锅炉水处理整体业务水平不高,没有系统地掌握锅炉水质指标等水处理方面的基础知识;对国家水质标准规定的给水和炉水水质指标只是停留在规章制度中,没有做深入的研究学习;炉内外处理方法也只停留在按照水处理设备使用说明书操作规定加药;水质分析也只是停留在分析总硬度、酚酞碱度、含盐量、磷酸盐这几个简单的水质指标;至于锅炉汽水系统常见事故预防处理和防腐防垢、停炉保养措施更是知之甚少。针对上述现状,如何提高轮机管理人员锅炉水处理整体业务水平,普及水处理的基础知识,提高他们对船用锅炉水处理设备锅炉运行管理水平,更好地掌握锅炉内外水处理方法,做好汽水系统常见事故预防处理和防腐防垢工作,已是轮机管理人员管理工作的当务之急。尤其是小型辅助船用锅炉,由于没有完善的水质处理设备,锅炉的腐蚀、结垢更加明显,再加上没有专职的锅炉水处理管理人员,其水质管理工作容易被人忽视,更容易因为水处理问题而发生锅炉重大事故。所以,作者萌发了编写一本“船用锅炉水处理技术”方面的参考用书的愿望,目的是对轮机管理人员的水处理工作有指导和启示作用,提高我国船用锅炉水处理的整体技术水平,保证船用锅炉安全经济运行,延长船用锅炉使用寿命。

本书在编写过程中参阅了国内外大量有关船用锅炉水处理水质指标的基础知识、相关国内外锅炉水质标准、船用海水淡化装置、炉内外处理方法、船用锅炉防腐和防垢、水质取样和分析试验等方面的技术资料和数据,同时汇集了作者十几年检验工作中积累的经验 and 解决复杂技术问题取得的成果。本书所有插图均采用 CAXA 电子图板 2005 版 CAD 软件绘制,线条分明,图面清晰。本书内容充实,计算公式和图表齐全,形象生动,实用易懂,便于查阅。全书共分八个章节,内容包括船用锅炉水处理指标等基础理论知识、相关国内外锅炉水质标准、船用海水淡化装置工作原理、锅炉炉内外水处理方法、船用锅炉结垢及清除方法、船用锅炉的腐蚀及其防止措施、船用锅炉汽水系统常见事故的原因及预防、锅炉水样取样方法、水质分析试验方法等方面的知识。

本书作者为中国船级社青岛分社工业产品处高级工程师,书中图例全部由作者亲自绘制。在此,感谢中国船舶工业综合技术经济研究院的仲崇欣和魏华兴两位高级工程师、

张家港海陆沙洲锅炉有限公司的总工程师刘国良高级工程师、青岛电子检测仪器厂的总工程师贾文德高级工程师、青岛船用锅炉厂有限公司的总工程师邱玉东高级工程师、扎克(青岛)船用锅炉有限公司的总经理兼总工程师张青高级工程师、山东高密光大内燃机有限公司的总工程师赵平高级工程师、中国船级社青岛分社工业产品处的胡光富高级工程师对本书的帮助和支持。

山东大学能源与动力工程学院的博士生导师孙奉仲教授和山东轻工业学院的博士生导师王世峰教授对本书进行了全面的审阅,两位教授都对本书提出了宝贵意见,使本书增色不少。本书的序是由孙教授和王教授共同起草编写的。在此,对孙教授和王教授的辛勤劳动表示衷心感谢!

出版社编辑们为本书的出版付出了辛勤的劳动,在此表示深深的谢意!

由于作者实践经验和理论水平有限,编写时间仓促,书中错误及不当之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者
2008年6月

目 录

第一章	船用锅炉水质指标和船用低压锅炉水质标准	(1)
第一节	船用锅炉水质指标	(1)
第二节	船用低压锅炉水质标准	(6)
第二章	船用海水淡化装置	(14)
第一节	概 述	(14)
第二节	船用沸腾式海水淡化装置的工作原理	(16)
第三节	影响真空沸腾式海水淡化装置工作的主要因素	(19)
第四节	船用海水淡化装置的运行和维护管理	(21)
第三章	船用锅炉的结垢及其清除	(28)
第一节	水垢的形成、种类及危害性	(28)
第二节	水垢的清除方法	(29)
第四章	船用锅炉炉内水处理方法	(33)
第一节	炉内加碱处理方法	(33)
第二节	炉内加磷酸盐处理方法	(34)
第三节	综合防垢剂处理方法	(36)
第四节	锅炉排污	(38)
第五章	船用锅炉炉外水处理方法	(41)
第一节	离子交换树脂软化法	(41)
第二节	蒸馏法	(46)
第三节	电渗析法	(46)
第四节	反渗透法	(48)
第五节	除氧器与热水井	(50)
第六章	船用锅炉的腐蚀与停炉保养	(58)
第一节	吸氧腐蚀	(58)

第二节	析氢腐蚀	(60)
第三节	碱性腐蚀	(60)
第四节	苛性脆化	(61)
第五节	交变应力腐蚀	(62)
第六节	盐腐蚀	(63)
第七节	低温腐蚀	(63)
第八节	船用锅炉的停炉保养	(64)
第七章	船用锅炉蒸汽系统、水系统常见事故的原因及其预防	(67)
第一节	船用锅炉的给水、蒸汽、凝水、排污系统概述	(67)
第二节	锅炉满水事故原因及预防	(70)
第三节	锅炉缺水事故原因及预防	(73)
第四节	汽水共腾事故原因及预防	(75)
第五节	锅炉水冲击事故原因及预防	(77)
第六节	汽水分层等水循环故障原因及预防	(79)
第七节	炉水泡沫或不洁事故原因及处理	(82)
第八节	船用热水锅炉汽化事故原因及处理	(82)
第九节	船用锅炉爆管原因及其预防措施	(84)
第十节	水锤产生的原因及预防措施	(90)
第八章	船用锅炉的水样取样方法及水质分析试验方法	(92)
第一节	水样取样方法	(92)
第二节	水质的分析	(96)
附录 1	作者近几年在《中国船检》等杂志发表的论文一览表	(109)
附录 2	作者近几年编写的著作、国家标准和船舶行业标准汇总表	(110)
参考文献		(112)

第一章

船用锅炉水质指标和船用 低压锅炉水质标准

第一节 船用锅炉水质指标

船用锅炉按其用途可分为船用主锅炉和船用辅锅炉。船用主锅炉生产的蒸汽供船舶主机驱动螺旋桨和其他辅机使用；船用辅锅炉生产的蒸汽主要供生活需要，有时也用来加热燃油、货油和生活用水，驱动辅机等，是船舶动力装置的重要组成部分。现在绝大多数船用锅炉是船用辅锅炉，而作为船舶主机的船用主锅炉已被船用柴油机和燃气轮机所替代。

船用锅炉的水质监督及水处理是保证锅炉安全、经济运行的重要措施之一。船用锅炉给水若不处理或处理不当，在受热面上就会产生水垢，这不仅会降低传热效率，造成检修清理困难，严重时还会堵塞受热面管子，引起锅炉爆管。水质不好，特别是 pH 值低、含氧量高的水，会对锅炉金属产生腐蚀，造成管子泄漏，甚至引起锅炉爆炸。此外，水质不好还会引起蒸汽带水，恶化蒸汽品质。因此，加强水质监督，提高锅炉水处理质量对提高锅炉运行效率，延长船用锅炉使用年限，节约能源等都具有重要意义。一台水处理管理得当的船用锅炉能可靠地运行几千小时，而无需进行大修；相反，水处理管理不得当时，仅仅工作几百小时就需进行大修，更换大量的管子或其他如管板、封头等锅炉主要受压部件。

船用锅炉的给水取之于港口的自来水、船上海水淡化装置制造的淡水和凝水系统回收的蒸汽凝结水（后两部分锅炉给水都汇集在热水井中，由锅炉给水泵从热水井吸水，通过给水管路向船用锅炉供水）。自来水中含有许多杂质，而如果装置设备的机能失调或损坏，海水由冷凝器漏入凝水，盐类由蒸发器（造水装置）混入蒸汽，油从油加热器漏入加热蒸汽，被腐蚀的金属生成物混入系统，则后两部分给水会与自来水一样含有多种杂质。这种含有杂质的给水，在锅炉中进行沸腾与蒸发过程中，会在受热面上生成水垢，腐蚀金属和在气泡中产生汽水共腾和泡沫。由此可见，如果水质管理不善，不但会降低锅炉热效率，而且也会增加锅炉维修工作量，甚至造成锅炉过早地报废。因此，锅炉水质质量的控制是锅炉管理工作中的重要项目。当然，对于不同蒸汽参数和容量的船用锅炉，它们对水质的要求是不同的。船用锅炉的蒸汽参数愈高，锅炉水质的质量控制愈加严格。但

是不论何种锅炉,高压的或低压的,都应认真进行锅炉水处理工作。小型辅助船用锅炉,由于其结构紧凑,锅炉受热面热负荷和炉膛容积热负荷都较陆用锅炉大,没有完善的水质处理设备,锅炉的腐蚀、结垢更加明显,再加上没有专职的锅炉水处理管理人员,其水质管理工作容易被人忽视,更容易因为水处理问题而发生锅炉重大事故。

因此,重视船用锅炉水处理,采取有效、经济、简便可行的水处理方法,是保证船用锅炉的安全经济运行,延长船用锅炉使用寿命的重要措施。

一、船用锅炉用水的分类

船用锅炉水根据所处部位和作用的不同,可分为以下几种:

1. 原水

原水又称“源水”,是指锅炉的水源水,或称为“生水”。

2. 回水

回水指蒸汽或热水使用后的凝结水或低温水,返回锅炉舱循环利用的水。

3. 补给水

锅炉运行中由于取样、排污、泄漏等要损失掉一部分水,而且回水被污染不能回收利用,或回水量不能满足锅炉供水需要时,必须补充符合一定的水质标准要求的水,这部分水叫补给水。补给水一般都要经过适当的处理。当锅炉没有回水时,补给水就等于锅炉给水。

4. 给水

水质各项指标符合一定的水质标准要求,直接进入锅炉,被锅炉蒸发或加热使用的水称为锅炉给水。给水通常由回水和补给水两部分组成。

5. 炉水

炉水又称“锅水”,指运行锅炉内正在蒸发浓缩的水,一般情况下指锅筒内的水。

6. 排污水

为除掉锅水中的悬浮泥渣和降低锅水中的杂质(过量的盐分、碱度等),以保证锅炉炉水水质符合一定的水质标准要求,人为排掉的一部分锅水,这部分水称为排污水。

7. 硬水

钙镁离子含量较多,给水的总硬度达不到一定的水质标准要求的水,称为硬水。

8. 软水

原水经过软化处理,使给水的总硬度符合一定的水质标准要求,这种水称为软水。

9. 凝结水

由使用蒸汽部分以后的凝结系统回收各处的蒸汽凝水,可以再次作为给水使用的水,称为凝结水。

二、船用锅炉用水的水质指标

为了评价和衡量水质好坏,必须采用一系列水质指标。锅炉用水的水质指标可分为两类:一类是反映某种单独物质或离子含量的指标,如含氧量、磷酸根、氯根等;另一类是反映水中某些共性物质总含量的技术指标,如硬度、碱度等。

1. 硬度

硬度是锅炉水质的重要控制指标,它是指形成水垢的两种主要盐类——钙盐和镁盐的总含量。按形成硬度的阳离子是 Ca^{2+} 还是 Mg^{2+} ,将硬度分为钙硬度和镁硬度,它们之和为总硬度。水质的总硬度常用 EDTA 标准溶液滴定法来测定。

钙盐和镁盐又可分为重碳酸盐和非碳酸盐两类。由于钙、镁的重碳酸盐在水中受热后分解生成沉淀可从水中去掉,故又称“暂时硬度”。非碳酸盐是指钙、镁的氯化物、硫酸盐、硅酸盐等非碳酸盐含量,由于钙、镁的非碳酸盐在水中受热后一般不能从水中沉淀析出,故又称“永久硬度”。显然,总硬度又等于暂时硬度和永久硬度之和。负硬度指的是单位容积水中重碳酸钠的总含量。

船舶上测定水质的总硬度较多采用 EDTA-Na_2 (乙二胺四乙酸二钠)标准溶液滴定法。用 EBT (络黑 T) 作指示剂时,EBT 可与水中的钙、镁离子反应呈橙红色。当用 EDTA-Na_2 滴定到终点时,它和钙镁离子络合成无色的络合物,并使 EBT 游离出来,溶液即由橙红色变为蓝色,在 $\text{pH}=10$ 的条件下根据消耗的 EDTA 标准溶液毫升数量来计算水质的总硬度含量。

2. 碱度

碱度是水质的另一重要控制指标。它是指水中含有能与强酸作用的物质含量,也就是能与氢离子相化合的物质含量,例如氢氧根、碳酸根、重碳酸根、磷酸根、磷酸氢根、硅酸根、硅酸氢根、亚硫酸盐和氨等,都是水中常见的碱性物质,都能与酸进行反应。锅炉给水中形成碱度的离子主要是重碳酸盐,而炉水中形成碱度的离子主要有氢氧根、碳酸盐、磷酸盐、亚硫酸盐等。

另外,水中的暂时硬度是由钙镁离子形成的盐类造成的,它们同时也构成碱度。除了这种“暂时硬度”的碱度外,当水中的碱度较高时,还可能有钠、钾的重碳酸盐存在,这部分碱度叫做钠盐碱度,如果钠盐碱度过高时,就会发生所谓的“苛性脆化”腐蚀。当水中的钠盐碱度存在时,永久硬度便会消失。

船舶上碱度是用中和滴定的方法来测定的,常采用酚酞和甲基橙作指示剂,用硫酸或硝酸的标准溶液来滴定,使溶液达到一定程度的 pH 值时,指示剂就变色,根据所消耗的酸量就可计算出水样的碱度。

当以酚酞指示剂进行中和滴定时,经过酸指示剂后,指示剂由品红色变为无色,此时 pH 值为 8.3,根据所消耗的硫酸或硝酸的标准溶液的体积,计算所得的碱度称为酚酞碱度,以符号 P 表示。测定酚酞碱度后的溶液,再加入甲基橙作指示剂,继续用硫酸或硝酸的标准溶液来滴定,指示剂由橘黄色变为橙红色,此时 pH 值为 4.4,根据所消耗的硫酸或硝酸的标准溶液的体积,计算所得的碱度称为甲基橙碱度,以符号 M 表示。

酚酞碱度(P)和甲基橙碱度(M)之和称为总碱度。

若炉水碱度很小时,可只测水样的总碱度,直接用甲基橙作指示剂,根据所消耗的硫酸或硝酸的标准溶液的体积,计算所得的碱度称为总碱度。

要维持炉水的 pH 值在 10 以上,必须要有 OH^- 、 CO_3^{2-} 、 PO_4^{3-} 的存在,即必须有一定的酚酞碱度。水溶液具有一定的酚酞碱度,则水质一定呈碱性。低压辅锅炉的炉水一般只测酚酞碱度,也可只测总碱度。

水质中硬度和碱度的关系可参照表 1-1。

表 1-1 硬度与碱度的关系表

分析结果	H_F	H_T	H_S
$H > B$	$H - B$	B	0
$H = B$	0	$H = B$	0
$H < B$	0	H	$B - H$

注： H ：总硬度； B ：总碱度； H_F ：非碳酸盐硬度； H_T ：碳酸盐硬度； H_S ：水的负硬度。

总硬度 = 钙硬度 + 镁硬度；

总硬度 = 碳酸盐硬度 + 非碳酸盐硬度；

负硬度 = 总碱度 - 总硬度。

3. 相对碱度

相对碱度是指水中游离的 NaOH 与溶解固形物的物质的量之比，是反映炉水锈蚀性的技术指标。一般炉水的相对碱度应小于 0.2。对于铆接或胀接锅炉，当水中游离 NaOH 含量过高，相对碱度大于 0.2 时，在锅炉有缝隙和存在应力时，会产生苛性脆化。

4. pH 值

pH 值是表示水溶液酸碱性的指标。其定义是氢离子含量倒数的对数。

当 $\text{pH} = 7$ 时，水溶液为中性；

当 $\text{pH} > 7$ 时，水溶液为碱性；

当 $\text{pH} < 7$ 时，水溶液为酸性。

锅炉给水中 pH 值高一些（如 $\text{pH} > 9$ ），在溶解氧很低的条件下，对钢材防腐有利。但是提高 pH 值的措施，增加了低压锅炉水处理的复杂性，考虑到我国各种水源情况，锅炉给水的 pH 值一般都大于 7。船用锅炉给水的 pH 最佳值一般保持在 8~10。

由于不同温度下水的电离作用不一样，因而同一水样在不同温度下测得的 pH 值是不同的，所以规定 25℃ 为测定温度值。通常的 pH 值测量仪都没有温度补偿装置。

船舶上多采用 pH 计测量 pH 值。pH 计的品种很多，有工业用的高级精密仪器，也有便携式的小型简易仪器。因此，要选择一种适合该船用锅炉使用的 pH 计。测定 pH 值也可以用 pH 广泛试纸、pH 标准度或比色计等简便的方法。

5. 含盐量

含盐量是指溶解于水中的全部盐类的总量，可由水质全分析所得的全部阴阳离子量相加而得，单位为 mg/L 。含盐量的测定方法也较繁琐，一般不作为运行控制项目，实际锅炉运行中多以水中氯化物含量来代替。因为水处理药剂中并没有引进氯化物，只有在炉水蒸发或补充新水时，才会出现氯化物的增减。分析自来水和炉水中的氯化物含量，就可知道炉水的浓缩情况，并可判断冷凝器是否漏进海水，所以炉水含盐量的测定也就是氯化物含量的测定。为了保证蒸汽品质，防止汽水共腾的事故，必须将炉水的含盐量（也即炉水中的氯化物含量）限制在临界含盐量以下。

炉水中氯化物的测定一般使用硝酸银容量法。

6. 含氧量

氧在水中的溶解度取决于水温和水面上氧气的分压力,即水温越高,水面上气体中的氧气分压力越低,水中的溶解氧就越少。水中的溶解氧会腐蚀锅炉金属和给水管,所以,为了防止氧腐蚀,必须控制给水的含氧量,因此规定它是给水水质的控制指标。氧的腐蚀,随船用锅炉参数的升高而加重,特别在船用锅炉消除结垢后,问题更为突出。所以,对额定蒸发量小于 6t/h 的船用锅炉,如局部腐蚀时,应对锅炉给水采取除氧措施,一般采用热力除氧方法。热力除氧器主要有淋水盘式热力除氧器、喷雾填料式热力除氧器和真空式热力除氧器等型式。对额定蒸发量不小于 6t/h 的船用锅炉,应采用化学除氧法,锅炉给水除氧常用的还原性药剂有亚硫酸钠(Na_2SO_3)、联氨(N_2H_4)和氧化还原树脂等。

测定水样的含氧量,一般采用靛蓝二磺酸钠比色法。

7. 含油量

天然水中一般不含油,但回水中可能带入油质,特别是船用锅炉是用柴油或重油作燃料的,更能把油带入锅炉给水中,故规定给水含油量是船用锅炉给水的控制指标。给水含油量太高,会使炉水产生泡沫,影响蒸汽品质,还会使炉内形成导热系数很小的带油质的水垢。另外,在温度较高的传热面上,由于油质的分解,可能附着积炭,炭质水垢影响传热,以致发生炉管爆破事故。综上所述,必须控制给水的含油量。一般规定给水含油量不高于 2mg/L。

水中含油量一般是用有机溶剂提取的重量法测定,使用最多的有机溶剂是四氯化碳。此法操作简便,但精密度和准确度都不好。当水质受到微量油污染时,重量法不易测到时,可以试用荧光比色法测定。

8. 磷酸盐

天然水中一般不含磷酸根,但在进行锅内校正处理时,要向锅炉内加入一定量的磷酸根。因此,磷酸根就成为炉水的一项控制指标。在低压锅炉中,炉水的含盐量较高,因此需要较多的过量 PO_4^{3-} 。 PO_4^{3-} 也不能含量太多,过多会引起泡沫,造成汽水共腾,排污处理又造成药剂的浪费。对于低压锅炉,一般维持过量 PO_4^{3-} 在 10~30mg/L。

测定水中的磷酸离子常用磷钼蓝比色法。

9. 电导率

电导率是衡量溶液传导电流能力的一个度量单位。电阻系数的倒数就称为电导率。电阻系数和电导率都直接反映了水中溶解物质的数量。纯水具有很高的电阻系数,极低的电导率;而海水中有大量的溶解物质,具有较低的电阻系数和较高的电导率。溶液中的溶解物质浓度愈高,则电阻系数愈低,电导率愈高。此外,必须注意电导率随温度而变化,因此一般都以 25℃ 时的数值为准。在锅炉水中,温度升降 1℃,则电导率的数值要增减 2%。

水中电导率由携带式的电导率自动测量仪进行测定。

在中性的水中,将电导率换算成有代表性的盐,如食盐等,作为总盐量的大致标准。因此市场上供应的电导仪的名称也称为盐度计、盐分浓度计、水质计等。

10. 悬浮物

悬浮物表示水中不溶解的固态杂质含量,单位为 mg/L。悬浮物的测定方法较繁,一般不作为运行控制项目,只进行定期检测。水中的悬浮物会影响炉内加药处理的防垢效果,原水经澄清后,一般悬浮物含量在 20mg/L 左右。炉外化学处理后,考虑到悬浮物会影响离子交换器的正常运行,其悬浮物含量可达到 5mg/L 以上。

实验室一般采用 G₄玻璃过滤器或铺有 5mm 厚的石棉层的古氏坩埚过滤器作为过滤材料进行悬浮物的试验分析。

船舶上一般采用便携式的混浊度计来测定水中的悬浮物。此法测量简单方便,但要做 5 度(1 度即表示 1kg 水中含有 1mg 精制的高岭土或白陶土时的混浊度)以下的精密测量时误差较大。

第二节 船用低压锅炉水质标准

为防止锅炉结垢、腐蚀,保证蒸汽品质合格,必须对锅炉给水及炉水的质量进行监督,定期取样化验,使之符合一定的水质标准。船用锅炉的压力不同、用途不同,其水质标准也不同。此外,水质标准还与船用锅炉的型式、容量等有关。对于船用锅炉的给水、炉水,各海运国家都有不同的水质标准。以日本这样一个世界造船和海上运输大国为例,迄今尚未制定一个统一的船用辅锅炉水质国家标准,各大船务公司和主要生产厂商参照日本工业锅炉水质标准 JIS B8223《锅炉给水及锅炉水的水质》制定出各不相同的船用锅炉水质管理标准。我国交通部在 2000 年 12 月颁布实施了船用锅炉水质行业标准 JT/T424-2000《船用锅炉水质技术条件》;国家陆用锅炉水质标准 GB1576-2001《低压锅炉水质》是在 2001 年 10 月实施的。下面就日本工业锅炉水质标准 JIS B8223 及日本邮船等船务公司制定的船用锅炉水质管理标准、交通部船用锅炉水质行业标准 JT/T424、美国船用锅炉水质标准、低压锅炉水质国家标准 GB1576 进行简要介绍,旨在供有关船用锅炉水处理设计人员和船用锅炉运行管理单位参考。

一、美国船用锅炉水质标准

表 1-2 是美国船用锅炉给水、炉水、凝结水的推荐控制值。

表 1-2 美国船用锅炉给水、炉水、凝结水的控制极限值

炉 水		
压力范围(MPa)	6.0~8.5	8.5~10
pH 值	9.8~10.2	9.8~10
磷酸离子(mg/L)	15~25	10~20
残留胨(mg/L)	0.01~0.1	0.01~0.1
氯离子(mg/L)	<16	<10
二氧化硅(mg/L)	<6	<6
电导率($\mu\Omega$ /m)	<120	<80
凝 结 水		
pH 值	8.6~9.0	
氨(mg/L)	<0.5	