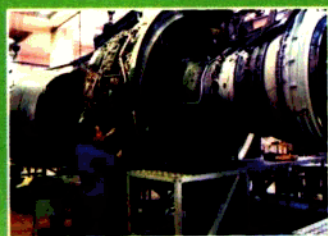


GONG YE XUN HUAN LENG QUE SHUI CHU LI
JI SHU YU JIAN CE KONG ZHI FANG FA
JI BIAO ZHUN GUI FAN SHI WU QUAN SHU

工业循环冷却水 处理技术与监测控制方法 及 标准规范实务全书

主 编 吴智森



吉林科技出版社

工业循环冷却水处理技术与监测控制 方法及标准规范实务全书

主编 吴智森

(三)

吉林科技出版社

目 录

第一篇 工业循环冷却水系统及循环水的冷却

第一章 冷却水系统及其构筑物	(3)
第一节 冷却水系统	(3)
第二节 冷却构筑物	(5)
第三节 冷却塔的工艺构造	(8)
第二章 循环水的冷却机理	(18)
第一节 湿空气的性质	(18)
第二节 水的冷却机理	(20)
第三章 冷却塔的设计计算	(24)
第一节 冷却塔热力计算	(24)
第二节 冷却塔空气动力计算	(29)
第三节 冷却塔的设计和选型	(31)
第四章 敞开式循环冷却水系统的水质处理	(36)
第一节 敞开式循环冷却水系统	(36)
第二节 循环过程中水质变化特点	(40)
第三节 敞开式循环冷却水系统对水质的要求	(44)
第四节 循环冷却水水质处理	(45)
第五节 敞开式循环冷却水处理的重要性	(46)

第二篇 工业循环冷却水系统水处理常用方法

第一章 水处理方法总述	(53)
第一节 按处理前后待处理物的化学形态有无变化分类	(53)
第二节 按处理方法依据的学科分类	(53)
第三节 按处理过程有无相变分类	(54)
第四节 按处理程度分类	(55)
第二章 膜分离法	(56)
第一节 膜分离发展概述	(56)

第二节 膜的定义、分类及使用方式	(57)
第三节 膜的制备	(58)
第四节 膜分离原理	(61)
第五节 膜材料	(66)
第六节 多孔膜的分形结构	(93)
第三章 离子交换法	(95)
第一节 离子交换的特点	(95)
第二节 离子交换平衡	(96)
第三节 离子交换动力学	(100)
第四节 离子交换剂	(106)
第四章 电场、磁场处理法	(127)
第一节 电场处理法	(127)
第二节 磁场处理法	(129)
第五章 新型氧化方法	(132)
第一节 概述	(132)
第二节 湿式催化氧化	(141)
第三节 超临界水氧化法	(142)
第四节 半导体光催化氧化	(145)
第五节 声空氧化	(154)
第六节 固体催化剂的分形结构	(157)
第六章 吸附分离法	(159)
第一节 固体表面结构及特性	(159)
第二节 吸附及其类型	(163)
第三节 吸附容量与吸附动力学	(166)
第四节 配位吸附	(172)
第五节 影响吸附的因素	(173)
第六节 强吸附与强解吸	(175)
第七节 吸附材料	(176)
第七章 相转移分离法	(190)
第一节 吹脱法	(190)
第二节 汽提法	(194)
第三节 萃取法	(198)
第四节 结 晶	(202)
第五节 蒸 发	(204)
第八章 污泥脱水法	(208)
第一节 污泥调节	(208)
第二节 污泥机械脱水	(210)
第三节 污泥干化场	(220)

第四节 污泥烘干	(223)
第九章 中和处理法	(225)
第一节 废水的中和处理及常用的中和剂	(225)
第二节 酸碱废水中和法	(227)
第三节 药剂中和法	(228)
第四节 过滤中和法	(232)
第十章 化学沉淀法	(238)
第一节 氢氧化物沉淀法	(238)
第二节 硫化物沉淀法	(240)
第三节 碳酸盐沉淀法	(241)
第四节 其他沉淀法	(243)
第十一章 生物法新技术	(245)
第一节 传统生物法	(245)
第二节 间歇式活性污泥法(SBR法)	(248)
第三节 厌氧法	(251)
第四节 高效工程菌	(256)
第五节 生物法组合工艺	(257)
第六节 生物法脱氮除磷	(260)
第七节 固定化微生物技术	(261)

第三篇 工业循环冷却水系统的结垢及其控制

第一章 循环冷却水系统中的沉积物	(265)
第一节 水垢的种类、来源和危害	(265)
第二节 水垢的结垢趋势判断	(267)
第三节 污垢热阻	(281)
第二章 水垢的控制技术	(291)
第一节 水中溶解物质的结垢过程	(291)
第二节 影响水垢产生的因素	(293)
第三节 冷却水系统防垢原理和方法	(296)
第三章 阻垢分散剂及其在水处理中的应用	(309)
第一节 阻垢分散剂的种类和性质	(309)
第二节 阻垢分散机理	(328)
第三节 阻垢剂的选择、配方与性能评定	(331)
第四节 阻垢分散剂在水处理中的应用实例	(338)
第四章 无污染水垢控制技术	(340)
第一节 磁化处理	(340)

第二节 电场处理·····	(349)
第三节 超声波处理·····	(359)
第五章 工业锅炉阻垢技术·····	(369)
第一节 软化法锅炉阻垢技术·····	(369)
第二节 阻垢剂法锅炉阻垢技术·····	(404)

第四篇 工业循环冷却水系统的腐蚀及其控制

第一章 冷却水中金属腐蚀的机理·····	(443)
第一节 液滴试验·····	(443)
第二节 冷却水中金属腐蚀的机理·····	(444)
第三节 伊文思极化图·····	(445)
第二章 冷却水系统金属腐蚀的形态·····	(447)
第一节 金属腐蚀的分类·····	(447)
第二节 全面腐蚀与局部腐蚀·····	(447)
第三节 冷却水中常见的金属腐蚀类型·····	(449)
第三章 冷却水中金属腐蚀的影响因素·····	(458)
第一节 水质的影响·····	(458)
第二节 运行条件的影响·····	(465)
第四章 冷却水系统金属腐蚀的控制·····	(467)
第一节 金属材料的选用与结构设计·····	(467)
第二节 采用新型耐蚀换热器·····	(468)
第三节 添加缓蚀剂·····	(469)
第四节 提高冷却水运行的 pH 值·····	(470)
第五节 电化学保护·····	(475)
第六节 防腐涂料覆盖法·····	(480)
第五章 冷却水缓蚀剂及其研制·····	(485)
第一节 缓蚀剂的分类·····	(485)
第二节 缓蚀剂的作用机理·····	(489)
第三节 常用的冷却水缓蚀剂·····	(492)
第四节 冷却水复合缓蚀剂·····	(519)
第五节 冷却水缓蚀剂的选择依据·····	(524)
第六章 工业锅炉防腐技术·····	(528)
第一节 锅炉防腐技术基础·····	(528)
第二节 除氧器法锅炉防腐技术·····	(570)
第三节 除氧剂法锅炉防腐技术·····	(586)
第四节 BF-30a 法锅炉防腐阻垢技术·····	(619)

第五篇 工业循环冷却水系统中的微生物控制

第一章 冷却水系统中的微生物	(661)
第一节 细菌	(662)
第二节 真菌	(666)
第三节 藻类	(667)
第二章 冷却水系统金属的微生物腐蚀	(669)
第一节 概述	(669)
第二节 微生物腐蚀机理	(670)
第三节 几种材料的微生物腐蚀	(679)
第三章 冷却水系统中的微生物黏泥	(686)
第一节 微生物黏泥的组成	(686)
第二节 黏泥微生物的种类和特点	(687)
第三节 黏泥的污垢热阻	(688)
第四节 微生物黏泥引起的故障	(689)
第五节 影响微生物和黏泥的环境因素	(690)
第四章 冷却水系统微生物的控制	(693)
第一节 控制指标	(693)
第二节 控制方法	(694)
第五章 冷却水杀生剂及其应用	(705)
第一节 概述	(705)
第二节 氧化型杀生剂	(709)
第三节 非氧化型杀生剂	(718)
第六章 静电水处理与电子水处理	(731)
第一节 静电水处理	(731)
第二节 电子水处理	(735)
第七章 循环冷却水系统微生物的监控技术	(737)
第一节 控制微生物是搞好循环水化学处理的关键	(737)
第二节 氨污染对循环水的危害	(741)
第三节 科学应用杀生剂	(749)
第四节 从预处理抓起,综合治理控制微生物	(754)
第八章 冷却水系统中微生物控制的实例	(756)
第一节 冷态运行杀菌灭藻处理方案	(756)
第二节 异噻唑啉酮的应用试验	(758)
第三节 冷却塔防菌藻涂料的应用	(759)
第四节 季铵盐杀生剂的现场应用试验	(762)

第五节 戊二醛的应用实例	(766)
第六节 静电水处理的应用实例	(767)

第六篇 工业循环冷却水系统的清洗和预膜

第一章 物理清洗	(771)
第一节 物理清洗的方法	(771)
第二节 物理清洗的优缺点	(780)
第二章 化学清洗	(782)
第一节 化学清洗的分类	(782)
第二节 化学清洗的方法	(783)
第三节 化学清洗的优缺点	(793)
第三章 化学清洗时金属的腐蚀	(794)
第一节 化学清洗时发生的两类反应	(794)
第二节 化学清洗时金属腐蚀速度的表示方法	(795)
第四章 化学清洗过程中盐酸洗液的测定与质量标准	(796)
第一节 化学清洗过程中盐酸清洗液的测定	(796)
第二节 化学清洗的质量标准	(798)
第五章 钝化和预膜	(802)
第一节 钝化	(802)
第二节 预膜	(803)
第六章 化学清洗和钝化的废液处理	(806)
第一节 酸性废液的处理	(806)
第二节 钝化废液中亚硝酸钠的处理	(809)
第七章 应用实例	(811)

第七篇 工业循环冷却水系统的运行与管理

第一章 水处理设备的启动和调整试验	(819)
第一节 预处理设备的冲洗及试运行	(820)
第二节 转动设备的试运行	(830)
第三节 离子交换设备的冲洗及试运行	(836)
第四节 水处理设备的整套试运行	(850)
第五节 交换床的调整试验	(856)
第二章 水质管理	(863)

第一节 浓缩倍数控制	(863)
第二节 pH 值的调控	(867)
第三章 加药管理	(871)
第一节 加药方式与加药位置	(871)
第二节 药剂的分析与检验	(873)
第三节 加药量的估算	(874)
第四章 循环冷却水水质监测	(876)
第五章 循环冷却水系统监测	(879)
第一节 概 述	(879)
第二节 试片(管)法	(881)
第三节 线性极化法	(885)
第四节 监测换热器法	(887)
第五节 污垢监测仪法	(890)
第六节 压力降法	(894)
第六章 定期检修时的调查方法	(896)
第一节 肉眼观察	(896)
第二节 无损检查	(897)
第三节 抽芯调查	(897)
第四节 其他的调查方法	(898)
第七章 换热器的清洗、损坏与更换	(899)
第一节 换热器的清洗	(899)
第二节 换热器的损坏	(900)
第三节 换热器的更换	(902)
第八章 冷却水系统的处理实例	(904)
第一节 循环冷却水处理方案的制订	(904)
第二节 适用于高硬度冷却水系统的实例	(904)
第三节 用于低硬度冷却水系统的实例	(907)
第四节 适用于高盐类冷却水系统的实例	(909)
第五节 采用非磷酸盐缓蚀剂的处理实例	(910)
第九章 冷却水系统运行成本节约	(912)
第一节 运行成本分析	(912)
第二节 节约动力费运行时存在的问题及控制	(915)
第三节 节约供水排水费用运行时存在的问题及控制	(917)
第四节 使用水稳剂节约运行成本	(917)
第十章 开式循环冷却水系统运行管理	(920)

第八篇 工业水处理中的分析与监测

第一章 水质化验分析与监测	(937)
第一节 天然水中的杂质	(937)
第二节 水质化验项目	(945)
第三节 水样的采集及处理	(972)
第二章 沉积物的分析与监测	(983)
第一节 试样的采集、调查和制备	(983)
第二节 沉积物的定性分析和结构形态鉴定	(985)
第三节 灼烧失重的测定	(990)
第四节 硫化亚铁含量的测定	(993)
第五节 二氧化碳含量的测定	(996)
第六节 硫酸盐的测定	(999)
第七节 酸不溶物和磷、硅、铁、铝、钙、镁、锌、铜含量的系统分析	(1000)
第八节 水的物理性质的测定	(1010)
第九节 水中阳离子的测定	(1022)
第十节 水中阴离子的测定	(1058)
第十一节 氧化性物质及化学需氧量的测定	(1083)
第十二节 水中油含量的测定	(1095)
第十三节 水中水处理剂的测定	(1097)
第三章 常用水处理剂的分析与监测	(1103)
第一节 水处理剂分析的基本内容	(1103)
第二节 无机水处理剂的分析	(1105)
第三节 有机磷酸类和有机磷酸酯类水处理剂的分析	(1129)
第四节 聚羧酸类水处理剂的分析	(1160)
第五节 杀生剂的分析	(1177)
第四章 冷却水系统中腐蚀和微生物的现场监测	(1193)
第一节 设计规范的要求	(1193)
第二节 腐蚀的现场监测	(1194)
第三节 微生物的现场监测	(1202)
第四节 监测数据的表达	(1205)
第五节 现场监测的实例	(1205)
第五章 锅炉炉内水质处理	(1210)
第一节 锅炉热力系统的腐蚀	(1210)
第二节 给水水质调节处理	(1224)
第三节 水垢与水渣	(1244)

第四节	炉内加药处理	(1248)
第五节	锅炉排污	(1260)
第六节	锅炉运行的化学监测	(1265)
第七节	凝结水处理	(1273)
第八节	热力设备大修的化学检查	(1301)
第九节	系统查定	(1306)
第六章	锅外离子交换水处理	(1309)
第一节	离子交换剂	(1309)
第二节	钠离子交换软化处理的基本原理	(1324)
第三节	水的离子交换软化降碱处理	(1330)
第四节	固定床离子交换设备与再生系统	(1344)
第五节	固定床离子交换器的再生操作及常见故障处理	(1353)
第六节	浮动床	(1359)
第七节	离子交换器运行管理及提高经济性措施	(1367)
第八节	全自动离子交换软水器	(1372)
第九节	水的离子交换除盐处理	(1384)
第十节	水处理系统的防腐	(1387)

第九篇 工业循环冷却水处理相关标准规范

第五章 循环冷却水系统监测

第一节 概 述

为了及时收集循环冷却水系统运行的有关信息,推断和考察运行状况,随时修正控制参数,防止系统故障,日常的现场监测工作必不可少。可以说没有科学严格的监测工作就没有良好的处理效果。

目前循环冷却水系统较为常用的现场监测方法有以下几种。

(1)试片(管)法 在水池或在循环水管旁路上安装挂片,运行一段时间后取出,测定它的腐蚀速度。由于挂片管理简单,如将挂片安置在有机玻璃管里,观察起来更为方便和直观;可以同时监测腐蚀速度、蚀孔深度和蚀孔密度,观察腐蚀形态,有助于找出产生腐蚀的原因;冷却水系统中金属腐蚀速度的文献数据大多是用这种方法测得的,因此,用试片法得到的腐蚀速度数据便于彼此比较。但试片法也有明显的不足:测得的腐蚀速度是假设所发生的腐蚀是均匀腐蚀的情况下算出的。然而,冷却设备发生故障的原因往往是孔蚀(点蚀)以及其他一些局部腐蚀。所以除了测定腐蚀速度外,还应同时监测蚀孔密度、蚀孔深度和腐蚀形态。试片不是一个传热面,而冷却设备传热面上的腐蚀速度可能不同于用试片测得的腐蚀速度。监测周期较长,不易发现冷却水系统中瞬间出现的急剧变化,因而较适宜于监测运行条件较为稳定的冷却水系统中的腐蚀。

如用金属试验管代替试片进行监测,称为试验管法。它可以使监测的条件与冷却水在换热器管子中的流动条件更接近一些,但它暴露在冷却水中的表面仍然不是一个传热的表面。

(2)线性极化法 又称为极化电阻法,它在冷却水系统的腐蚀监测中已得到日益广泛的使用。

该方法能测量出金属的瞬间腐蚀速度,这对监测腐蚀的发展趋势特别有用。更重要

的是,当腐蚀速度增高时,它能及时觉察,故可以根据其原理制作腐蚀事故的报警装置。测得的结果可以被连续记录,从而可把设备的腐蚀状况与冷却水系统或生产系统的失常情况联系起来,便于分析腐蚀速度增高的原因。但是,线性极化法所提供的腐蚀信息也是金属均匀腐蚀方面的信息,而不是局部腐蚀方面的信息。不过线性极化法提供的是腐蚀的瞬间信息,而试片法提供的则是腐蚀的累计信息。因而两种方法最好能同时使用。

(3)监测换热器法监测换热器是一种模拟用的小型换热器,其工作条件接近生产实际,能同时取得腐蚀和结垢的数据,因而是现场监测的一种重要方法。

监测换热器一般模拟冷却水系统中关键换热器的操作参数。所谓关键换热器是指全部换热器中最容易发生腐蚀或结垢的具有代表性的换热器。

监测换热器最大的特点是它有一个传热的金属表面,能监测传热面上腐蚀和沉积的情况。缺点是一台监测换热器难于反映不同条件的各台工艺换热器的实际情况,可考虑设置两台监测换热器分别监测两种有代表性的工艺换热器。

也可以直接对工艺换热器进行监测。在生产正常的情况下,循环水量、工艺介质流量及工艺介质进口温度一般是稳定的,因此,工艺介质出口温度和进出口冷却水的温差,可以直接反映换热器换热效果,从而评定冷却水质量和系统运行的好坏。这个方法简便适用,且能直接反映生产实际效果。

(4)污垢监测仪法 美国腐蚀工程师协会(NACE)推荐用电热式污垢监测仪在线监测冷却水系统中发生的污垢或沉积物的情况。

这类污垢监测仪具有小巧、简便、直读的优点。从用途上看,它既可监测冷却水系统中发生的污垢或沉积物,又可监测冷却水系统中金属设备发生的腐蚀;在使用的场合方面,它既可用于实验室,也可用于现场。

NACE还推荐用压力降法去监测冷却水系统中的污垢。流体在管内流动时,由于存在摩擦阻力,总会有一定的阻力损失,表现为水静压力下降。如果管内有沉积物产生,它将使管子的有效半径缩小和管内的表面状况发生变化,故在一段管子上压力降的增量是沉积物量的函数。

微生物会在管内表面上繁殖生成生物膜。当其厚度超过其临界厚度(大约等于其黏滞次层的厚度)时,该段管子上的压力降将会增加。冷却水系统中腐蚀产物和水垢在管壁上的生成、悬浮物在管壁上的沉积都会使管子的横截面减少,从而使这段管子上的压力降增加。通过测量管路的压力降可以监测冷却水系统中的腐蚀产物、水垢、污垢和微生物黏

泥等沉积物。

(5)微生物的监测 运行管理中需经常监测微生物的数量和活动情况。监测对象包括:异养菌、真菌、硫酸盐还原菌、铁细菌、硝化细菌、藻类和黏泥量等,结合化学分析结果(如 NH_3 、余氯、 NO_2^- 、COD 等)了解系统微生物的动向。常规的微生物检测方法有镜检法,标准平皿计数法和液体稀释法。近年来又发展了许多简易新方法,有浸片法、甲基蓝法(又称褪色法)、测试瓶法(又称小瓶法)、比浊法、比色法、阻抗法、电位法、截留法、自动菌群计数器等。这些新方法多使用检测仪器,便于现场使用,提高了工作效率,但准确度略差。具体监测方法参见有关标准和资料。

纵观以上几种现场监测方法,它们各有其长处和短处。在几种监测方法都适用的情况下,最好同时采用两种或多种监测方法,例如试片法与线性极化法联合使用,试片法、线性极化法和监测换热器法联合使用等,以得到更多、更快、更全面的有关系统运行状况的信息。

第二节 试片(管)法

1. 试片的材质和规格

腐蚀试片的材质应与所监测的换热器管子的材质相同。若冷却水系统中有几种不同材质的换热器,则应同时采用相应的几种材质的试片。对于碳钢换热器通常采用热轧 A3 钢制成腐蚀试片。

标准腐蚀试片有两种:I型和II型,尺寸见图7-5-1。应尽可能采用I型。为了消除边界效应的影响,减少暴露的端面以减少试验的误差,故要求试片单位质量的表面积要大,边缘面积比较小,即要求薄形试片。I型试片的边缘效应较II型小。

将相应的金属板材经刨、铣、钻、磨四个工序,加工成规定光洁度及尺寸的试片,再打上数码编号,放入盛有化学纯丙酮的小搪瓷盆中用脱脂棉擦洗两遍,冷风吹干后用航空防锈纸包装好备用,有效期一年半。

冷却水处理中监测时使用的标准腐蚀试片通常由专门的工厂生产,并以商品的形式供应。使用时,可按以下步骤进行操作:①启封后用不锈钢镊子把试片取出放在滤纸上;②在盛有蒸馏水的小搪瓷盆中,用脱脂棉擦洗一遍,再用蒸馏水冲洗15s;③立即置于盛有

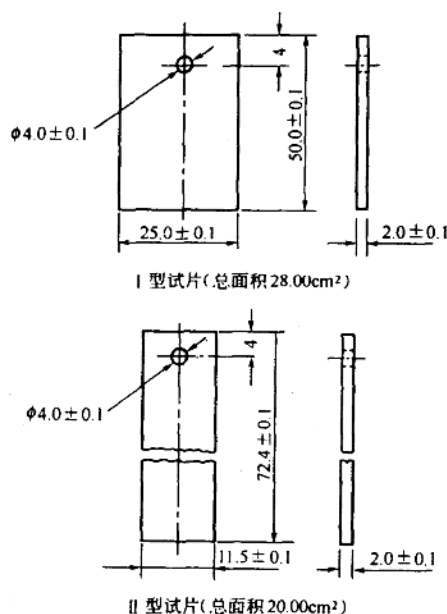


图 7-5-1 腐蚀试片的规格

化学纯无水乙醇的小搪瓷盆中,用脱脂棉擦洗两遍;④将试片放在干净滤纸上,用冷风吹干;⑤用滤纸将试片包好,放在干燥器中,24h 后称重待用。

最好同时使用经预处理(即经清洗和预膜)和未经预处理(即未经清洗和预膜)的两种试片。试片的预处理条件应尽可能与所监测的冷却设备(换热器)的预处理条件接近。

2. 试片的安装

试片应安装在所监测的换热器的回水管线上。注意不要使浸入的试片受到高流速和具有磨损能力的粒子的作用,否则将影响试验结果的重现性。试片可固定在直径为 60mm 的有机玻璃管内,该有机玻璃管则应连接在旁路管上,以便直接观察试片的腐蚀情况,并逐日进行记录。试片也可放在特制的冷却水槽中,置于泵房内,连接在循环冷却水的回水管路中。试片、旁路试验管和监测换热器等监测装置在冷却水系统中的大体安排情况如图 7-5-2 中所示。

ASTM(美国材料试验标准)D2776—79 推荐图 7-5-3 所示安装试片的方法。此时,试片被固定在带有螺纹塞子的塑料架上,以便于取出观察、称重和更换。按此法安装的试片的两侧都可以与流动的冷却水接触,较接近于换热器中冷却水流动的实际情况。

若用几种材质的试片进行监测时,则易于腐蚀的金属(例如碳钢)试片应放在不易腐

蚀的金属(例如铜合金)试片之前。如果同时使用经预处理的和未经预处理的两种试片,则试片应该安装两对,而且两种试片要交替安装。应使冷却水先流过经预处理的试片,以保证未经处理的试片能暴露于同样的缓蚀剂浓度中。

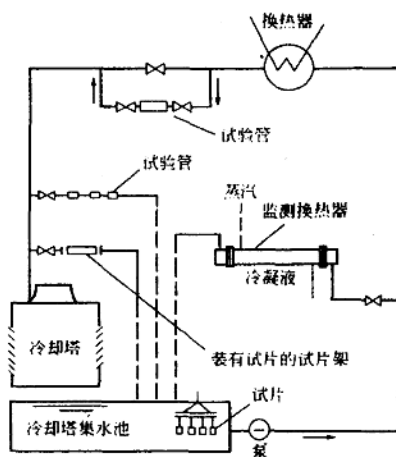


图 7-5-2 几种腐蚀监测

装置的安排情况

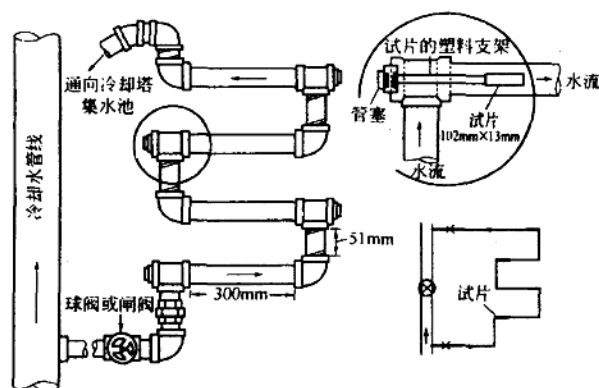


图 7-5-3 ASTM 推荐的腐蚀试片安装方法

3. 监测

试片的监测时间一般为 30~90 天,也可将同一组试片分不同时间取出,例如 30 天、60 天、90 天等。长年观察时,每次放 12 个或 24 个试片,每月取出 1 或 2 片,分别测定腐蚀速度。最后绘出腐蚀速度—时间曲线。

试片法监测的内容包括外观检查、腐蚀速度测定和对孔蚀的监测。通过外观检查,观察并记录腐蚀产物的颜色、形态、分布情况等。给试片照相,如果可能,对腐蚀产物的组成进行分析。

除去腐蚀产物,再用甲醇、丙酮浸泡清洗、干燥后,称重精确到 0.1mg。去除腐蚀产物用酸洗方法,不同材质试片其处理方法也不同。对低碳钢用 15% HCl + 0.5% 缓蚀剂常温下浸泡 15s;对不锈钢用 15% HNO₃ 在常温下浸泡 5min;对铜及铜合金用 10% H₂SO₄ 在常温下浸泡 5min;对铝及铝合金用重铬酸钾 20g + 磷酸 28mL 于 1L 水中浸泡 30s。

根据试片的腐蚀情况、冷却水系统的运行条件、金属的材质、所使用的水质稳定剂的特性等因素,确定腐蚀形态,分析产生腐蚀的原因。

由试片的总表面积、金属的密度、试验时间、试片的失重,按下面两个计算式算出金属的腐蚀速度:

$$\text{腐蚀速度 (mm/a)} = 87.6 \Delta W / (S \cdot \rho \cdot t)$$

$$\text{腐蚀速度 (mpy)} = 3449 \Delta W / (S \cdot \rho \cdot t)$$

式中 ΔW ——试片的失重,mg;

S ——试片的总表面积,cm²;

ρ ——金属的密度,g/cm³(如:碳钢 7.85,不锈钢 7.92,黄铜 8.50,铝 2.70);

t ——试验时间,h。

对孔蚀的监测包括测定蚀孔深度和蚀孔密度。蚀孔密度是指单位面积上的蚀孔数,而蚀孔深度则通常以试片上出现的蚀孔最大深度来表示,可用孔深仪、金属切削法、金相显微镜或 X 光电子能谱仪测量。

如用试验管法,则所用试验管的材质也要与所监测的换热器管子的材质一致。试验管的尺寸一般为 $\phi 10 \times 150\text{mm}$,或与主管的口径相同,长约 300~500mm。安装前对试验管的处理与对试片的处理相同。具体装置见图 7-5-4。

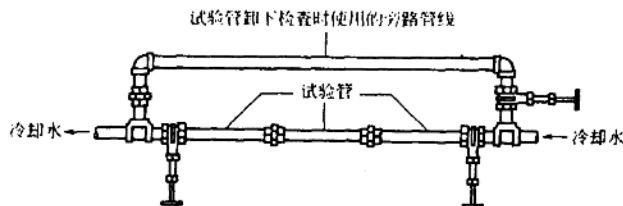


图 7-5-4 试验管的安装