



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

电厂水煤油气分析检验

周桂萍 傅毓赞 主 编
史传红 金国文 副主编

行 动 导 向 式



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

电厂水煤油气分析检验

主 编 周桂萍 傅毓贇
副主编 史传红 金国文
编 写 徐 峥 崔立红 冯凤玲
主 审 叶春松



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为“十二五”职业教育国家规划教材。

本书将分析化学知识与电厂水煤油气分析检验工作相结合,通过十五个学习情境,系统地介绍了应用于电厂化学专业的分析化学知识和具体检测方法,内容包括电厂水煤油气分析检验任务、样品的采集与制备、定量分析的基本操作、酸碱滴定法、络合滴定法等。本书以电厂化学专业的岗位工作任务为载体,以岗位技能的培养为目标,有利于实现“教学做一体化”教学,有利于提高学生的职业能力。

本书可作为高职高专院校电厂化学专业学生教材,也可做为电力行业化学专业人员岗位技能培训教材,还可作为电厂化学专业工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电厂水煤油气分析检验/周桂萍,傅毓贇主编. —北京:中国电力出版社,2014.12

“十二五”职业教育国家规划教材

ISBN 978-7-5123-6179-9

I. ①电… II. ①周…②傅… III. ①电厂化学—分析化学—高等职业教育—教材 IV. ①TM621.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第153811号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2014年12月第一版 2014年12月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 25.75印张 631千字

定价 52.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

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

❖ 前言

高职高专教育倡导以校企合作、工学结合为切入点,根据学生就业岗位技能要求来确定教学内容,并以工作任务为载体整合教学内容,以培养适应岗位需求的高素质技能型人才。教育部高职高专电力技术类专业教学指导委员会按照高职高专教育的发展方向,重新制定了《电厂化学专业规范》,根据该规范,分析化学课程内容与电力水煤油气专业课程的化学分析和仪器分析部分内容整合在一起,设置电厂水煤油气分析检验核心课程,建议 200 学时。

基于分析化学课程教学经验和电厂水煤油气检验方面的工作经验,编者依据相关国家标准和电力行业标准,按照分析化学知识体系,将电厂水煤油气分析检验工作方法进行分类,以具体工作任务为主线,编写了这本适用于新课程体系的教材。本教材力求内容系统、技术先进、简洁实用、图文并茂,与职业资格相结合,与具体的生产实践相结合。

本书由电厂化学专业教师与现场工程技术人员合作编写而成。其中,学习情境一、二、三、十一、十三、十四、十五由周桂萍编写,学习情境四、九由傅毓赟编写,学习情境八、十、十二由史传红编写,学习情境五由金国文编写,参编的还有徐铮(学习情境六)、崔立红(学习情境七)、冯凤玲和潘俊香。全书由周桂萍、傅毓赟统稿,由武汉大学叶春松主审,主审老师提出了许多建议和意见,在此深表谢意。

本书在编写过程中,得到了国网技术学院(山东电力高等专科学校)、保定电力职业技术学院、山西电力职业技术学院领导和老师的支持与帮助,在此表示感谢。

编者

2014 年 11 月

目 录

前言

学习情境一

电厂水煤油气分析检验任务概述	1
任务一 水汽质量检验任务	2
任务二 油质检验任务	9
任务三 煤炭质量检验	17
任务四 SF ₆ 气体质量检验任务	23
复习思考题	29

学习情境二

样品的采集和制备	31
任务一 生水样的采集	32
任务二 锅炉用水及蒸汽的采样方法	35
任务三 油样的采集	38
任务四 煤样的采集和制备	43
复习思考题	50

学习情境三

定量分析的基本操作	51
任务一 玻璃器皿的洗涤	52
任务二 分析天平的使用	56
任务三 配制溶液	58
任务四 滴定分析基本操作	64
任务五 重量分析法的基本操作	67
复习思考题	71

学习情境四

酸碱滴定法	72
任务一 酸碱标准溶液的配制及标定	88
任务二 水中碱度的测定	92
任务三 煤中氮的测定——开氏法	95
复习思考题	100

学习情境五	络合滴定法	102
	任务一 水中硬度的测定.....	117
	任务二 垢样中 Fe_2O_3 的测定	122
	任务三 煤灰成分测定.....	133
	复习思考题.....	139
学习情境六	氧化还原滴定法	141
	任务一 KMnO_4 标准溶液的配制与标定	153
	任务二 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液的配制与标定.....	154
	任务三 水中溶解氧的测定.....	156
	任务四 COD 的测定——高锰酸钾法	158
	任务五 碘量法测定脱硫石膏中亚硫酸钙含量.....	160
	任务六 工业过氧化氢中 H_2O_2 含量的测定.....	163
	任务七 COD 的测定——重铬酸钾法	165
	复习思考题.....	168
学习情境七	沉淀滴定和重量分析法	170
	任务一 水中氯化物的测定——莫尔法.....	185
	任务二 氯化物的测定——汞盐滴定法.....	187
	任务三 粉煤灰中 SO_3 含量的测定	189
	任务四 水中 SiO_2 含量的测定	193
	复习思考题.....	197
学习情境八	紫外-可见分光光度法	198
	任务一 水中挥发酚含量的测定.....	214
	任务二 硅的测定——硅钼蓝分光光度法.....	216
	任务三 铁的测定——磺基水杨酸分光光度法.....	218
	任务四 水中硝酸盐的测定——紫外光度法.....	220
	复习思考题.....	222
学习情境九	电化学分析法	224
	任务一 水的 pH 值的测定.....	238
	任务二 水的电导率的测定.....	241
	任务三 煤中全硫的测定.....	245
	任务四 油中水分含量的测定.....	249
	复习思考题.....	254

学习情境十	原子吸收分光光度法	256
	任务一 水中钙、镁的测定.....	264
	任务二 水中镉、铜、铅、锌的测定.....	267
	任务三 煤灰成分中 K_2O 、 Na_2O 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 等的测定.....	268
	任务四 冷原子吸收分光光度法测定水中的汞.....	272
	复习思考题.....	278
学习情境十一	气相色谱法	280
	任务一 绝缘油中溶解气体组分含量的测定.....	285
	任务二 绝缘油含气量的色谱分析.....	296
	任务三 SF_6 气体中空气、 CF_4 的气相色谱测定法	302
	复习思考题.....	305
学习情境十二	红外分光光度法	306
	任务一 测定苯甲酸红外光谱图.....	312
	任务二 油中 T501 含量的测定	315
	任务三 SF_6 气体中矿物油含量测定法	317
	任务四 水中油的测定.....	320
	复习思考题.....	324
学习情境十三	气体湿度检测方法	326
	任务一 SF_6 气体湿度的测定（重量法）	332
	任务二 SF_6 气体湿度测量方法（阻容法）	335
	任务三 氢冷发电机氢气湿度的测定.....	339
	复习思考题.....	341
学习情境十四	发热量测定方法	343
	任务一 热量计热容量的标定.....	349
	任务二 煤的发热量的测定.....	352
	复习思考题.....	356
学习情境十五	电厂水煤油气质量监督与评价	357
	任务一 水汽质量监督与评价.....	358
	任务二 油质监督与评价.....	364
	任务三 电力用煤质量监督与评价.....	381
	任务四 SF_6 气体质量监督	385
	复习思考题.....	391
附录		393
参考文献		404

学习情境一

电厂水煤油气分析检验任务概述



【学习情境描述】

电厂水煤油气分析检验工作内容包括：电厂水汽质量检验、变压器油、汽轮机油和抗燃油质量检验、煤炭质量检验和六氟化硫（SF₆）气体质量检验等。其检测目的是保证电厂锅炉、汽轮机、变压器等设备的安全、稳定、经济运行。这些分析检验方法主要借助于分析化学原理，在电力行业将其归为电厂化学技术监督范畴，是电力行业的一项重要基础工作。本学习情境简要介绍电厂水煤油气分析检验工作的基本情况。

本学习情境设计以下四项任务：水汽质量检验任务、油质检验任务、煤质检验任务、SF₆气体质量检验任务。

通过任务一使学生了解电厂水汽质量检验工作内容，掌握主要检测指标的物理化学意义；通过任务二使学生掌握电力用油的分类，掌握电力用油的特性指标以及油务检验的工作内容；通过任务三使学生掌握煤炭质量特性指标，掌握煤炭质量检验工作内容；通过任务四使学生了解 SF₆ 气体基本特点，掌握 SF₆ 气体质量特性指标以及质量验收内容。



【教学目标】

通过学习和实践，使学生对电力生产过程中涉及的电厂水煤油气分析检验工作任务和岗位设置有大致的了解，结合学生已完成的电厂认知实习，归纳出水煤油气检验相关岗位的工作内容和实际意义。

1. 知识目标

- (1) 掌握电厂水汽质量特性指标；
- (2) 掌握电力用油质量特性指标；
- (3) 掌握 SF₆ 气体质量特性指标；
- (4) 掌握煤炭质量特性指标。

2. 能力（技能）目标

- (1) 熟悉电厂水汽质量检测岗位工作任务；
- (2) 熟悉电力用油质量检测岗位工作任务；
- (3) 熟悉 SF₆ 气体质量检验工作任务；
- (4) 熟悉电厂燃料质量检验工作任务。



【教学环境】

教学场所配有黑板、计算机、投影仪，可播放 PPT 课件及教学视频。

任务一 水汽质量检验任务

【教学目标】

通过对本任务的学习,使学生掌握水汽质量指标及其意义,了解水汽质量监督检验工作内容以及岗位设置。从应用角度对水汽质量要求有较清晰的认知,为后续的学习打下坚实的基础。

【任务描述】

随着我国电力工业的快速发展,超高压及亚临界参数的大型发电机组越来越多,对水汽质量的要求也越来越高。保证水汽质量、提高水汽质量检验结果的可靠性,是预防事故发生、确保机组安全经济运行的基本条件。从事电厂水汽质量监督检验的人员,必须了解水汽的组成特点,掌握水汽质量特性指标,熟悉日常工作内容和基本要求。

【任务准备】

问题与思考:

- (1) 常用水汽质量指标有哪些?
- (2) 电厂水化验员的岗位职责是什么?

【任务实施】

一、电厂水化验员岗位职责

电厂水汽质量检验工作的目的是化验、分析、监督发电厂的水、汽质量,使其符合标准,为制订防腐、防垢、防止积盐等有关技术措施提供依据。

按照电力行业职业标准,从事该项工作的检验员对应的岗位名称为电厂水化验员,属于电力工程化学运行与检修专业。

按照职业鉴定技术要求,电厂水化验员需要掌握的模块内容见表 1-1。

表 1-1 电厂水化验员职业技能模块及其适用等级

序 号	模块内容	适用等级				对应课程
		初级	中级	高级	技师	
1	水化验员的职业道德	√	√	√	√	思想道德修养、本课程
2	计算机基本操作、文字和数据处理	—	√	√	√	计算机应用基础、本课程
3	普通化学基本知识	√	√	√	√	无机化学、有机化学、物理化学、化工原理及本课程
4	水、汽监督和分析测试	√	√	√	√	本课程
5	水处理	—	√	√	√	工业水处理设备和运行化学仪表运行与维护
6	停炉保护和化学清洗	—	√	√	√	动力设备清洗技术
7	事故分析和处理	—	√	√	√	

续表

序 号	模块内容	适用等级				对应课程
		初级	中级	高级	技师	
8	电力环境保护	√	√	√	√	环境工程
9	生产规程和制度	√	√	√	√	本课程
10	电力生产过程	√	√	√	√	发电厂动力设备运行

注 “√”表示适用；“—”表示不适用。

水汽质量标准及导则、化学分析方法（包括酸碱滴定、络合滴定、氧化还原滴定、沉淀滴定和重量分析法）、仪器分析方法（包括可见分光光度法、红外分光光度法、原子吸收分光光度法和电化学分析法）和数据处理是本课程的重点学习内容，主要学习内容及对应情境见表 1-2。

表 1-2 电厂水化验员岗位主要学习内容及对应学习情境

学习情境	标 题	学习内容
1	电厂水煤油气分析检验任务概述	水汽质量指标
2	样品的采集和制备	样品采集和保存方法，采样器及其维护
3	定量分析基本操作	玻璃仪器的洗涤和干燥；分析天平的使用；溶液配制；滴定分析基本操作
4	酸碱滴定	酸碱滴定原理；酸碱指示剂；酸碱滴定方法应用；滴定结果的计算
5	络合滴定	络合滴定原理；金属指示剂；络合滴定方法应用；滴定结果的计算
6	氧化还原滴定	氧化还原滴定原理；氧化还原指示剂；氧化还原滴定方法应用；滴定结果的计算
7	沉淀滴定和重量分析法	沉淀滴定原理；沉淀滴定指示剂；沉淀滴定方法应用；沉淀滴定结果的计算。 重量分析方法原理；重量分析方法应用；重量分析结果计算
8	可见分光光度法	光学分析法的原理；可见分光光度计的维护、操作和调校方法
9	电化学分析法	电位法、电导法及库仑法测量原理及其应用
10	原子吸收分光光度法	原子吸收分光光度法测量原理及其应用
11	气相色谱法	气相色谱法测量原理；油中溶解气体、含气量等指标的测定
12	红外分光光度法	红外分光光度法测量原理；油中 T501、水和气体中矿物油含量的测定
13	气体湿度测量方法	气体湿度测量原理；阻容法测定气体的湿度
14	发热量测定	发热量测定原理；仪器热容量标定方法；煤的发热量测定方法
15	电厂水煤油气质量监督与评价	电厂水煤油气质量标准；质量指标分析方法；水煤油气质量评价

二、常用水汽质量指标

水质不良是指水中含有较多的有害杂质，如不经处理，直接进入锅炉将会使锅炉及其热力系统发生结垢、腐蚀和积盐等故障。水、汽质量监督就是用仪表或化学分析法，测定各种水、汽质量，看其是否符合相关标准，以便必要时采取措施。

水汽质量采用一系列指标来表示。锅炉用水的水质指标见表 1-3。

表 1-3 水质指标

水质指标	单 位	水质指标	单 位	水质指标	单 位
悬浮物	mg/L	化学耗氧量 (COD)	mg/L	磷酸根	mg/L
浊度	FTU	生物需氧量	mg/L	硝酸根	mg/L
透明度	cm	含油量	mg/L	亚硝酸根	mg/L
含盐量	mg/L	稳定度	mg/L	钙	mg/L
溶解固形物	mg/L	二氧化碳	mg/L	镁	mg/L
灼烧残渣	mg/L	溶解氧	mg/L	钾	mg/L
电导率	μS/cm	碳酸氢根	mg/L	钠	mg/L
碱度	mmol/L	碳酸根	mg/L	氨	mg/L
硬度	mmol/L	氯离子	mg/L	铁	mg/L
碳酸盐硬度	mmol/L	硫酸根	mg/L	铝	mg/L
非碳酸盐硬度	mmol/L	二氧化硅	mg/L	pH 值	

下面介绍主要水质指标的含义。

1. 悬浮物与浊度

悬浮物是水中悬浮物质的含量。悬浮物易在管道、设备内沉积，影响其他水处理设备的正常运行，是水处理系统中首先要清除的杂质。悬浮物可用重量法分析，即取 1L 水样，采用定量滤纸过滤后，将滤纸在 110℃ 条件下烘至恒重，根据滤纸的增重计算悬浮物含量，用 mg/L 表示。由于分析时间较长，常用浊度表示水中悬浮物含量。

浊度采用浊度仪测定。首先用标准液校正浊度仪，然后进行样品的测定。采用杰克逊烛光浊度原理测定时，需用二氧化硅标准液校正，所得结果为杰克逊浊度单位 (JTU)。采用福马胥标准液校正所得结果为福马胥浊度单位 (FTU)。

JTU 和 FTU 的关系见表 1-4。

表 1-4 JTU 和 FTU 的关系

JTU	FTU	JTU	FTU
3300	4000	10	9.8
1000	1200	5	4.6
500	612	1	0.94
100	120	0.5	0.49
50	56	0.1	0.14

2. 溶解固形物

溶解固形物是指水中除溶解气体以外的各种溶解物质的总和，常用以下指标表征：

(1) 含盐量。含盐量表示水中各种溶解盐类的总和，可由水质全分析得到的全部阳离子和阴离子相加得到，单位为 mg/L。水质全分析操作比较复杂，只能定期测定，不宜做运行控制指标。

(2) 蒸发残渣。蒸发残渣是指过滤后的水样在 105~110℃ 时蒸干所得的残渣量。由于在蒸发过程中水中的碳酸氢盐转变为碳酸盐，并且在此温度下不能脱除结晶水，因此该指标只与溶解固形物相近。

(3) 灼烧残渣。灼烧残渣是将蒸发残渣在 800℃ 下灼烧所得的残渣量。由于在灼烧过程

中大部分有机物被烧掉,所以经常用蒸发残渣与灼烧残渣量之差,即灼烧减量表示有机物的多少,但该数值不完全与有机物相等,因为在灼烧过程中,结晶水和一些氯化物挥发掉了,一部分碳酸盐也产生分解。

(4) 电导率。水中所含杂质离子越多,导电能力就越强,因此水的电导率与其含盐量具有相关性。水的导电能力不仅与水中电解质含量有关,还与水的温度和离子之间相对比例有关,所以测定水的电导率时要求水温一定、水中离子保持相对稳定(检验方法见学习情境九)。

3. 硬度

硬度是指水中钙、镁离子总和。它在一定程度上表示水中结垢物质的多少,是衡量锅炉给水质量优劣的一项重要指标。

水中常见的钙盐主要有 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 、 CaCO_3 、 CaSO_4 和 CaCl_2 , 镁盐主要有 $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ 、 MgCO_3 、 MgSO_4 和 MgCl_2 。

硬度按阳离子分为钙硬度 (H_{Ca}) 和镁硬度 (H_{Mg})。钙盐称为钙硬度,镁盐称为镁硬度。

硬度按阴离子分为碳酸盐硬度 (H_{T}) 和非碳酸盐硬度 (H_{F})。碳酸盐硬度是 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 、 CaCO_3 、 $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ 、 MgCO_3 的总量,非碳酸盐硬度主要是 CaSO_4 、 CaCl_2 、 MgSO_4 和 MgCl_2 等的总量。

硬度采用物质的量浓度表示,单位 mmol/L,计算公式如下:

$$H = \frac{n\left[\frac{1}{2}\text{Ca}\right] + n\left[\frac{1}{2}\text{Mg}\right]}{V} \quad (1-1)$$

式中 $n\left[\frac{1}{2}\text{Ca}\right]$ 、 $n\left[\frac{1}{2}\text{Mg}\right]$ ——以 $\left[\frac{1}{2}\text{Ca}\right]$ 、 $\left[\frac{1}{2}\text{Mg}\right]$ 为基本单元的物质的量, mmol;

V ——水样体积, L。

硬度检验方法见学习情境五。

4. 碱度 (B) 和酸度 (A)

水的碱度是指水中各种布朗斯特碱的总和,采用酸碱滴定法测定(检验方法见学习情境四)。对一般天然水而言,水中碱度主要是 HCO_3^- 。

水的酸度是指水中各种布朗斯特酸的总和,采用酸碱滴定法测定。天然水中一般只含有弱酸 H_2CO_3 和碳酸氢盐酸度(在氢离子交换器后产生强酸酸度如 HCl 、 H_2SO_4 等)。

5. 有机物

天然水中的有机物种类繁多,如果水体受到工业废水或生活污水的污染,成分则更为复杂。各类有机物以溶液、胶体和悬浮状态存在,难以逐个测定。通常利用有机物的还原特性或燃烧特性进行检测,常用特性指标如下:

(1) 化学需氧量 (COD)。在规定的条件下,用氧化剂处理水样,将其折算成与消耗的氧化剂相当的氧的量,称为化学需氧量,单位以 mg/L O_2 表示。化学需氧量越高,表示水中有机物越多。根据氧化剂不同,化学需氧量测定方法有高锰酸钾法和重铬酸钾法(检验方法见学习情境六)。由于两种氧化剂氧化能力不同,化学需氧量只能表示所用氧化剂在规定的条件下所能氧化的那一部分有机物的含量,并不等于水中全部有机物的含量。如用高锰酸钾做氧化剂,只能将水中 70% 左右的有机物氧化。如用重铬酸钾做氧化剂,以银离子为催化剂,在强酸加热沸腾回流的条件下对水中有机物进行氧化,可将水中 80% 以上的有机物氧

化。所以高锰酸钾法多用于轻度污染的天然水和清水的测定。

(2) 生化需氧量 (BOD)。生化需氧量是指利用微生物氧化水中有机物所需要的氧量，单位以 mg/L O_2 表示。生化需氧量越高，表示水中可生物降解的有机物含量越多。生化需氧量的测定温度一般规定 20°C 。在此温度下，有机物的降解反应非常缓慢，若全部降解约需一百多天，全过程需要的氧量称为总生化需氧量。为了缩短检测时间，目前都以 5d 或 20d 作为测定生化需氧量的标准时间，分别用 BOD_5 和 BOD_{20} 表示。通常 BOD_5 相当于总生化需氧量的 $60\%\sim70\%$ ， BOD_{20} 相当于总生化需氧量的 70% 左右。

(3) 总需氧量 (TOD)。水中有机物主要元素组成是碳、氢、氧、氮、硫，当有机物全部被氧化时，碳转变成 CO_2 ，氢氧化成 H_2O ，氮主要形成 NO ，硫氧化成 SO_2 ，这时的需氧量称为总需氧量。

(4) 总有机碳 (TOC)。总有机碳是指水中有机物的总含碳量，即将水样中的有机物在 900°C 高温和加催化剂的条件下气化、燃烧，这时水样中的有机碳和无机碳全部氧化成 CO_2 ，再在低温反应管中通过酸化使无机碳转化为 CO_2 ，然后利用红外线气体分析仪分别测定 CO_2 量和无机碳产生的 CO_2 量，两者之差即为总有机碳量。

三、电厂水汽质量监督控制指标

GB/T 12145—2008《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量》规定了火力发电机组和蒸汽动力设备在正常运行和停（备）用机组启动时的水汽质量指标。

蒸汽质量控制指标有：钠、氢电导率、二氧化硅、铁、铜。

锅炉给水质量控制指标有：氢电导率、硬度、溶解氧、铁、铜、钠、二氧化硅，全挥发处理给水还需控制 pH 值、联氨、总有机碳 (TOC)，直流锅炉加氧处理给水需控制 pH 值、氢电导率、溶解氧、TOC。

总之，发电企业根据机组形式、参数等级、控制方式、水处理系统及化学仪表配置情况，水汽质量应执行 GB/T 12145、DL/T 912，并参照执行 DL/T 561、DL/T 805.1、DL/T 805.2、DL/T 805.3、DL/T 805.4 等国家标准和行业标准。引进机组应按制造厂的有关规定执行，但不能低于同类型、同参数国家行业标准的规定。所有机组的水汽监督指标应设定运行期望值。循环冷却水系统，应根据水质及相应的处理方式，确定控制指标，达到防腐、防垢、防菌藻的目的。

检测项目、控制指标及检测周期执行表 1-5 的规定。机组运行过程中应依靠设有超限报警装置的在线仪表连续监督水汽质量，并每日抄表不得少于 12 次，给水与蒸汽的铜、铁测定每周不少于 1 次。原水、循环水的全分析每年不少于 4 次。当水源变化、水处理设施扩建时，适当增加全分析或重点项目的测试频度，以积累水质资料。机组启动及运行中如发现异常，应增加分析测定次数及监督项目。

表 1-5 电厂水汽检测项目、控制指标及检测周期

名称	检测项目	控 制 指 标					检测周期 (每日)	备 注
		3.8~5.8 MPa 汽包锅炉	5.9~12.6 MPa 汽包锅炉	12.7~15.6 MPa 汽包锅炉	15.7~18.3 MPa 汽包锅炉	18.4MPa 及 以上直流锅炉		
补给水	二氧化硅 ($\mu\text{g/L}$)	≤ 100	$\leq 20^*$	$\leq 20^*$	$\leq 20^*$	$\leq 20^*$ (10)	不少于 6 次	一级 化学 除盐 ^①

续表

名称	检测项目	控制指标					检测周期 (每日)	备注
		3.8~5.8 MPa 汽包锅炉	5.9~12.6 MPa 汽包锅炉	12.7~15.6 MPa 汽包锅炉	15.7~18.3 MPa 汽包锅炉	18.4MPa 及 以上直流锅炉		
补给水	电导率 ^① ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	≤ 5	≤ 0.2	≤ 0.2	≤ 0.2	≤ 0.2 (0.10)	不少于6次	混床系统出水
	硬度 ^② ($\mu\text{mol}/\text{L}$)	≤ 2.0	≤ 2.0	≤ 1.0	≈ 0	≈ 0	不少于6次	
给水	溶氧 ^① ($\mu\text{g}/\text{L}$)	≤ 15	≤ 7	≤ 7	≤ 7	≤ 7 , 30~200	不少于6次	磷酸盐, 加氧
			≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10		氧化性挥发处理
	铁 ^① ($\mu\text{g}/\text{L}$)	≤ 50	≤ 30	≤ 20	≤ 15 (10)	≤ 10 (15)	每周1次	
	铜 ^① ($\mu\text{g}/\text{L}$)	≤ 10	≤ 5	≤ 5	≤ 3 (2)	≤ 3 (1)	每周1次	
	二氧化硅 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	—	—	—	≤ 20 (10)	≤ 15 (10)	白班一次	
	联氨 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	—	10~30	10~30	10~30	10~30	不少于6次	
	pH 值 ^① (25℃)	8.8~9.2	8.8~9.3	8.8~9.3	8.8~9.3	8.8~9.3	不少于6次	有铜系统
						8.0~9.0		有铜系统加氧处理
		9.2~9.6	9.2~9.6	9.2~9.6	9.2~9.6	9.2~9.6	不少于6次	无铜系统
						8.0~9.0		无铜系统加氧处理
						7.0~8.0		无铜系统中性加氧
	电导率 (H) ($\mu\text{S}/\text{cm}$)		≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.15 (0.10)**	≤ 0.15 (0.10)	不少于6次	
	油 (mg/L)	<1.0	≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.3	<0.1	不定期	
	钠 ($\mu\text{g}/\text{L}$)					≤ 5 (2)	不少于6次	
	氯离子 ($\mu\text{g}/\text{L}$)					≤ 5 (2)	不定期	
炉水	pH 值 ^① (25℃)	9.0~11.0	9.0~10.0	9.0~9.7	9.0~9.7		不少于6次	期望值
			(9.5~10.0)	(9.3~9.7)	(9.3~9.6)			
	磷酸根 ^{①③} (mg/L)	5~15	2~6	≤ 5	≤ 1.5		不少于6次	
	电导率 ^{①③} ($\mu\text{S}/\text{cm}$)		≤ 60	≤ 35	≤ 25		不少于6次	
	二氧化硅 (mg/L)		≤ 2.00 ***	≤ 0.45 ***	≤ 0.20		不少于6次	
	氯离子 (mg/L)		≤ 4	≤ 4	≤ 1		每周一次	
	铁 ($\mu\text{g}/\text{L}$)						每周一次	
	铜 ($\mu\text{g}/\text{L}$)						每周一次	

续表

名称	检测项目	控 制 指 标					检测周期 (每日)	备 注
		3.8~5.8 MPa 汽包锅炉	5.9~12.6 MPa 汽包锅炉	12.7~15.6 MPa 汽包锅炉	15.7~18.3 MPa 汽包锅炉	18.4MPa 及 以上直流锅炉		
蒸 汽	钠 ^① (μg/kg)	≤15	≤5 (3)	≤5 (3)	≤5 (3)	≤5 (2)	不少于 6 次	饱和蒸汽 和过热 蒸汽
	二氧化硅 ^① (μg/kg)	≤20	≤20 (10)	≤20 (10)	≤20 (10)	≤15 (10)	不少于 6 次	
	铁 ^① (μg/kg)	≤20	≤20	≤20	≤15 (10)	≤10 (5)	每周 1 次	
	铜 ^① (μg/kg)	≤5	≤5	≤5	≤3 (2)	≤3 (1)	每周 1 次	
	电导率 ^① (H) (μS/cm)		≤0.15 (0.1) ****	≤0.15 (0.1) ****	≤0.15 (0.1) ****	≤0.15 (0.10)	不少于 6 次	
凝 结 水	硬度 ^① (μmol/L)	≤2.0	≤1.0	≤1.0	0	0	不少于 6 次	无凝结 水处理
	溶解氧 ^① (μg/L)	≤50	≤50	≤40	≤30	<20	不少于 6 次	
	电导率 (H) (μS/cm)			≤0.3 (0.2)	≤0.3 (0.15)	≤0.20 (0.15)	不少于 6 次	
	钠 (μg/L)			≤10	≤5	≤5	不少于 6 次	有凝结水 处理放 宽至≤ 10μg/L
	二氧化硅 (μg/L)						每周 1 次	
	铁 (μg/L)						每周 1 次	
	铜 (μg/L)						每周 1 次	
内 冷 水	电导率 ^① (μS/cm)	≤5	≤5	≤5	<2.0	<2.0	不少于 6 次	
	pH 值 ^① (25℃)	7.0~9.0	7.0~9.0	7.0~9.0	7.0~9.0	7.0~9.0	不少于 6 次	
	铜 ^① (μg/L)	≤40	≤40	≤40	≤40	≤40	每周 1 次	
	硬度 (μmol/L)	<2	<2	<2	<2	<2	每周 1 次	
凝 混 出 水	硬度 ^② (μmol/L)			≈0	≈0	0	不少于 6 次	
	电导率 (μS/cm)			≤0.15 (0.10)	≤0.15 (0.10)	≤0.15 (0.10)	不少于 6 次	
	二氧化硅 (μg/L)			≤10 (5)	≤10 (5)	≤10 (5)	不少于 6 次	
	钠 (μg/L)			≤5 (3)	≤5 (3)	≤5 (1)	每周 1 次	

续表

名称	检测项目	控 制 指 标					检测周期 (每日)	备 注
		3.8~5.8 MPa 汽包锅炉	5.9~12.6 MPa 汽包锅炉	12.7~15.6 MPa 汽包锅炉	15.7~18.3 MPa 汽包锅炉	18.4MPa 及 以上直流锅炉		
凝 混 出 水	铁 (μg/L)			≤5 (3)	≤5 (3)	≤5 (3)	每周 1 次	
	铜 (μg/L)			≤3 (1)	≤3 (1)	≤3 (1)	每周 1 次	
	氯 (μg/L)					≤3 (1)		

注 1. 机组启动过程中的水汽品质与凝结水、疏水及生产回水的回收应按有关标准执行，并及时测试、严格监督。
2. 括号内为推荐运行期望值。
3. 电导率标准值为 25℃下测定值。
4. 主蒸汽压力 3.8~18.3MPa 的汽包炉，炉内处理方式为磷酸盐处理。
① 参加全网水汽质量合格率统计的项目。
② 硬度 (μmol/L) 的基本单元为 $M(1/2Ca^{2+}+1/2Mg^{2+})$ ，有凝结水处理的机组，给水硬度约 0μmol/L。
③ 当锅炉进行协调磷酸盐处理时，应控制炉水 Na^+ 与 PO_4^{3-} 摩尔比为 2.3~2.8。
* 当原水中非活性硅含量较高时，补给水二氧化硅指标应指全硅含量，分析方法应采用 GB/T 12148。
** 没有凝结水精处理除盐装置的机组，给水氢电导率应不大于 0.30μS/cm。
*** 汽包内有洗汽装置时，其控制指标可适当放宽。
**** 没有凝结水精处理除盐装置的机组，蒸汽的氢电导率标准值不大于 0.30μS/cm，期望值不大于 0.15μS/cm。

水汽监督过程中采用的分析测定方法应执行有关标准，主要方法见表 1-6。炉水中氯离子的测定宜采用“离子色谱法”和“硫氰酸汞分光光度法”。垢和腐蚀产物的化学成分分析应执行 DL/T 1151，宜采用原子吸收分光光度法。

表 1-6 水 汽 试 验 方 法

检测项目	方 法		检测项目	方 法	
	水汽	垢和腐蚀产物		水汽	垢和腐蚀产物
硬度 (μmol/L)	GB/T 6909	DL/T 1151，原子吸收法	pH (25℃)	GB/T 6904	
二氧化硅 (μg/L)	GB/T 1248	DL/T 1151	磷酸根 (mg/L)	GB/T 6913	DL/T 1151
电导率 (μS/cm)	GB/T 6909		氯离子 (mg/L)	GB/T 29340， GB/T 15453	DL/T 1151
溶氧 (μg/L)	GB/T 12157		钠 (μg/kg)	GB/T 14640	DL/T 1151
铁 (μg/L)	GB/T 14427	DL/T 1151，DL/T 955	油 (mg/L)	GB/T 12152	
铜 (μg/L)	GB/T 13689	DL/T 1151，DL/T 955			
联氨 (μg/L)	GB/T 6906				

各种水处理材料、药品到货时应进行检验，离子交换树脂的验收必须严格执行 DL/T 519，各种材料合格后分类保管。在使用前化验人员应再次取样化验，确认无误后，方可使用。

任务二 油 质 检 验 任 务

【教学目标】

通过对本项任务的学习，使学生了解电力用油的分类，掌握电力用油质量特性指标及其意义，了解油化验员岗位工作常用的国家标准和行业标准。能对电力用油质量要求有充分的了解，为后续任务的学习打下坚实的基础。

🔊【任务描述】

油质监督包括汽轮机油、抗燃油和绝缘油的监督。油质监督是专业性、技术性很强的一项工作，从事这项工作的人员必须持有相应的岗位资格证书，了解电力用油的特点，掌握电力用油的质量特性指标及其意义，熟悉日常工作中的常用标准。

🧑🏻【任务准备】

- 问题与思考：
- (1) 电力用油有哪些种类？
 - (2) 电厂油化验员的岗位工作职责是什么？

⚙️【任务实施】

一、油化验员岗位职责

油化验员是检验、监督、控制电力企业用油（汽轮机油、抗燃油、变压油等）、气（变压器油中溶解气体、六氟化硫等）质量并进行油品处理的专业人员，保证各种油品的入厂验收、运行监督、防劣及处理。SF₆气体分析检验见任务四。

按照职业鉴定技术要求，油化验员需要掌握的模块内容及适用等级见表 1-7。

表 1-7 电厂油化验员职业技能模块及其适用等级

序 号	模块内容	适用等级				对应课程
		初级	中级	高级	技师	
1	油务监督人员的职业道德	√	√	√	√	思想道德修养、本课程
2	安全措施及计算机应用基础	√	√	√	√	计算机应用基础
3	技术监督制度及标准	√	√	√	√	本课程
4	化学分析基本知识	√	√	√	√	无机化学及本课程
5	电力用油、气	√	√	√	√	本课程
6	热力设备及用油设备	—	√	√	√	发电厂动力设备运行
7	油品分析	√	√	√	—	本课程
8	油质监督管理	—	—	√	√	本课程
9	油品净化与劣化	—	—	√	√	本课程
10	废油再生处理及环境保护	—	—	√	√	本课程

注 “√”表示适用；“—”表示不适用。

二、电力用油的种类及作用

电力用油包括绝缘油、汽轮机油、抗燃油、机械油、润滑脂等，主要作为绝缘介质、润滑介质和液压传动介质应用于变压器、断路器、汽轮机和调速系统等设备。其中，绝缘油、汽轮机油和抗燃油是电厂油化验员日常检验的对象。

1. 绝缘油

绝缘油是指电气设备中使用的油。按使用场合，绝缘油分为变压器油、断路器油、电容器油及电缆油等，主要起绝缘、散热、灭弧的作用。