

高等学校教学用书

火力发电厂的化学监督

苏联H. Г. 帕楚柯夫等著

水利电力出版社

高等学校教学用书

火力发电厂的化学監督

水 規 范

苏联 Н.Г. 帕楚柯夫 О.И. 馬尔狄諾娃著

施 燮 鈞等譯



苏联高等教育部綜合性高等工业学校和机械制造学校管理总局批准

作为高等学校热工专业的教材

水利电力出版社

內 容 提 要

本書敘述火力发电厂中水处理与水规范化学监督的組織、理論及实用方法等問題。

本書为高等学校动力系关于水和燃料課程的教科書；也可供实际工作与火力发电厂及工业设备的水处理有关的工程技術人員参考。

Н. Г. ПАЦУКОВ О. И. МАРТЫНОВА
ХИМИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1955

火力发电厂的化学监督
根据苏联国立动力出版社1955年莫斯科版翻譯
施 燮 鈞等譯

*

850 R 225

水利电力出版社出版 (北京西郊科學路二里溝)
北京市書刊出版業營業許可証出字第105号
水利电力出版社印刷厂排印 新华書店發行

*

787×1092 1/32 开本 * 12 1/2 印張 * 267 千字 * 定价(第10类) 1.50 元

1958年8月北京第1版

1958年8月北京第1次印刷(0001—2,600册)

序 言

在苏联，由于热力工程迅速发展，因而必须培养大量各种专业的热力工作人员。

许多年来，莫斯科动力学院都在培养水与燃料工艺专业的热力工作人员。对于此种专业的学生，我们必须要求他们在化学方面有足够的修养，以便顺利地学习各种专业课程，并使他们日后在这方面的生产中能够独立地工作。

“火力发电厂中水处理与水规范的化学监督”是此种专业的一门课程，这门课程主要是讲如何将化学定量分析的方法用在水-化学规范方面，藉以监督各种热力设备的运行。因此，在叙述这门课程时，必须将化学监督与分析化学紧密地结合起来。

现有的分析化学书籍，都不能完全符合使这一类专业的热力工作人员有足够化学知识的目的和要求；同时在化学监督方面的课本也还没有。在这种情况下，为了要着重地指出分析化学与化学监督两门课程间的关系，作者认为有必要将两本在莫斯科动力学院已经讲授了多年的独立课本合并在一本书中。

书中的材料是依照先叙述分析化学后叙述化学监督的次序编排的。

第一部分 第一~十一章与附录——是技术科学副博士 O.И. 马尔狄诺娃讲师所写的，其中叙述的是发电厂化学监督中所采用的分析法的理论基础。还利用各种实例来叙述了化学监督中的定量分析法（重量法，容量法与物理-化学法）。本书的这一部分的目的并非要将进行全分析时所必须的全部过程加以叙述；同时也没有叙述分析的辅助操作（溶剂的精制、溶液的制备等等），因为这些材料应包括在化学监督

方面各有关的規程中。

第二部分 第十二~二十章——是技术科学博士Н.Г.帕楚柯夫教授所写的，其中叙述的是发电厂有关汽水设备的各生产部門化学监督的組織。在这里詳細地討論了各种监督指标的选择、采样的地点与次数、样品的分析項目及其适宜的分析方法。

第二十章討論当进行鍋炉、汽輪机与蒸发器热力化学試驗时化学监督的組織情况。

本書可作为水与燃料工艺专业的教材，也适用于实际业务和火力发电厂与工业设备水处理有关的工程技术人员閱讀。

作者在这里謹向化学科学副博士М.И.拉普欣講師致以热誠的謝意，感謝他的协助、指导与在定量分析方面所給予的操作資料。

引 言

中心热电厂的化学监督工作有以下三个基本部分。

1. 水处理的化学监督。现代的高压和中压中心热电厂对于給水的要求是很高的。现代的水处理方法已做到几乎可以将杂质完全除去。由于給水品质标准是很严格的，所以此种化学监督在发电厂中佔有很重要的地位。

将来，当普遍建立了以热水供給用户的热力网时，則由于新的水处理方法的掌握与生产量的剧增，在这一方面化学监督的规模将要大为增加。

2. 蒸汽发生设备水规范的化学监督。在发生蒸汽的过程中，应该监督：蒸汽的純度，蒸汽通路中盐类附着物的生成，炉水与給水的品质，在鍋炉中水垢与水渣的生成。

现在，由于掌握了高参数与超高参数的蒸汽，所以对于蒸汽純度的要求已大为提高，且因而对饱和蒸汽、过热蒸汽及蒸汽通路中生成盐类附着物的现象建立了若干新的化学监督方法。

3. 对于防止热力设备腐蚀的措施的化学监督。现代火力发电厂中，为了要维护各种形式复杂的热力设备，不論其在运行的情况下或在停运期間，都必須有經常性的与严密的腐蚀监督。

在社会主义计划经济的前提下，我們在組織水处理、水规范与热力设备腐蚀的化学监督方面已經取得了很大的成就。

在发电厂汽水设备的化学监督方面，科学研究所、調整部門及发电厂的試驗室在过去已进行了許多有关水、汽、水垢与附着物的分析方法的总结工作。现在，在用电气测量法来监督蒸汽純度这一个广阔的领域中，正在进行着改进工业测盐計与制取浓缩样品的设备的研

究。苏联科学院无机化学綜合研究所正在有系統地进行着用相分析的方法来研究水垢、水渣与盐类附着物的工作，並且还在研究盐类在蒸汽中的結晶情况，这些研究使弄清在蒸汽发生設備与汽輪机中生成水垢与盐类附着物的情况有了很大的可能。

在监督热力設備的腐蝕与采取防止措施方面，根据苏联許多研究腐蝕的著名学者(阿基莫夫，托馬朔夫等)的研究結果並考虑到現場的生产条件，全苏热工研究所已經系統地将这些理論与实验資料加以綜合。且已根据这些綜合的資料出版了許多对热力設備腐蝕监督組織方面的規程与指导資料，並將这一方面的許多理論与实验的結果以及現場的經驗广泛地发表在技术文献上。

对于化学监督的組織有以下几点基本的要求：

1. 生产能量工艺过程的所有部分，只要对于其中所进行的化学与物理-化学作用的监督能够提高发电厂运行的安全性和經濟性；並有利于設備維護，都应该有化学监督。

2. 化学监督組織最完善的形式为采用自动記錄的仪器。

3. 化学监督組織的正确性是怎么样选择取得具有代表性样品的采样点的問題关系很大。

4. 采样的进度表应与被监督指标的可变动性^①相适应。

5. 样品的分析項目應該包括能鑑定被监督部分的化学与物理-化学反应的各个指标。

6. 分析的方法應該能保證可以迅速地取得可重現的結果，且其誤差度应在运行标准所容許的範圍內。

7. 分析方法的选择應該導至广泛采用那些可以使个别錯誤对最后結果影响較小的实验室仪器。

8. 对于化学监督的組織，應該考虑到在每个具体的情况下設備結構的特点。

9. 发电厂的化学工作人員与热力工作人員緊密的合作是使化学监督的組織适应于运行要求的最重要因素。

^①可变动性——指此指标在运行中由于源水品質的改變或运行条件不穩定等等原因所可能發生的变动情况。——譯者

发电厂各部门的组织机构，除了其他的生产分场外，还应有独立的化学分场，此分场中应包括化学试验室与化学净水处理两个单位。化学分场负责发电厂中的化学监督并指导机组的水-化学规范。为了执行其生产任务，化学分场的人员组织中应该有：工程师，化学人员，技师，化验员，仪器管理员与采样员。这些人员大部分是分配在各班工作，以便对整个发电厂进行昼夜连续的化学监督和看管化学净水设备的运行。此外，值白天班者，要进行运行分析与监督分析。

地区管理局化学工作人员的职责为：综合各发电厂中水处理与水平规范的运行经验，以这方面的新的技术协助各化学分场，领导进行热力化学试验，研究新的化学监督方法等等。这样可以使各发电厂化学工作者的经验能迅速地交流，且在工作上可以争得主动。

地区管理局对于各个发电厂化学监督布置情况所作的比较与对这一方面累积的经验所作的综合，不应按个别厂专有的一部分指标进行，而应按一般的基本的指标，也就是根据这些指标的综合同时订出发电厂水平规范化学监督基本系统的内容。

在发电厂中所有能量生产的工艺过程，只要多少涉及到水、蒸汽、水垢、盐类附着物及热力设备的腐蚀的，都应该包括在化学监督的主要体系内。

1)在发电厂**水务管理方面**，监督的对象是那些会因气候与酿造厂及工厂排水的影响而改变其品质的水源的水质。

2)在用来补充凝结水损失与用作蒸发器及蒸汽发生器的给水，以及用来补充热力网的化学净水，由于近来除了软化外，又采用了水的除硅与除盐，所以化学监督的任务已逐渐扩大与深入。同时由于热化事业的发展，我们对于掌握更经济的方法来制备热力网补充水就有了特殊的要求。

3)在**锅炉分场中**，主要的监督对象为：蒸汽纯度，炉水与给水质，水垢、水渣的生成与腐蚀过程，以及过热器与直流式锅炉的水洗。此外对于锅炉设备停炉期间的腐蚀也应有经常的监督。

4)在**汽机分场中**，化学监督的对象为：在汽轮机蒸汽流通部分盐类附着物的量，汽轮机的水洗，在凝汽器中冷却水的漏洩量，在凝汽器

管水側水垢的生成与微生物的生长，冷水塔与噴水池的水规范，为了提高冷却水稳定度与防止微生物生长的水处理。这裡化学监督最重要的对象是热式除气，因为氧是使給水管道腐蝕加强的基本因素。

由于热化事业的迅速发展与供水热力网补充水需要量的增加，就使得給水組成中由热网水加热器来的凝結水的成份大大地增加。当此給水是供給直流式鍋炉时，漏入的热网水对加热蒸汽凝結水的沾污将严重地恶化加热蒸汽凝結水的品質。在这些情况下，不仅对各加热器組必須要小心地监督，並且要对每个加热器进行监督，所以就需要有許多采样点。在有大量凝結水自用戶处返回的中心热电厂中，从监督工作的量來說，需要消費很多的勞动力；从工作的精密性来講，就需要对来自工厂中的凝結水进行严密的化学监督，此种凝結水在某些个别的情况下可能含有某些只有用特殊的分析方法才能測出来的特种雜質。

蒸汽与水采样点的安排是发电厂水规范化学监督的主要体系中很重要的一个部分。对于这些点的选择應該要考虑到设备的結構特点、技术过程的特点及化学监督的目的。

在每个个别的情况下，應該研究这些可能破坏样品代表性的原因，並予以消除。在这一方面，最重要的是采样设备的結構、制造采样设备金屬的品質及調节采样设备流量的截門是否正常。采样设备的安置及其結構應該尽量做到能够成組的維護。一次样品的采取應該按一定的进度表进行，此进度表应根据化学监督的目的拟訂。

化学监督的結果与工作人員在生产过程中的操作有关，例如磷酸盐的定期加药量是按炉水中磷酸根含量的分析結果进行的，排污量的調节是按炉水中的含盐量与含硅量进行的，阳离子交换器的撤出运行是按硬度的通过等等。在这些情况下，正确地遵照采样进度表的規定是必須的，因为任何偶尔地违反进度表規定都会影响生产过程。

但当进行校驗性的化学监督时，所得的結果並不是必然会牽涉到运行人員的工作，所以某些項目可以沒有进度表，但这只是例外情况。至于一般的情况对于进度表的規定必須像工厂的紀律一样的遵守。

对于自动記錄仪(工业測盐計，測氧計，pH計)示数的化学监督的采样应按特种进度表进行。对于这些仪器进行化学监督时，應該在

发电厂試驗室化学人員的直接指导下特別小心地进行。在特殊情况下，为了减少分析的次数，可将一次样品合并起来組成平均样品，此平均样品应放置在有防止受大气中气体与灰尘沾污的特种接样器內。

所采取分析样品的体积决定于在这个生产部門中水与蒸汽品質的全部标准指标与监督指标。

标准指标为化学监督的必然对象，至于所包括的其他指标是随被监督的物理-化学过程的特点而定，並且在一定的程度上还决定于試驗室的工作能力，試驗室中的設備情况，以及試驗室人員掌握用在生产过程中的迅速分析法的熟練程度。在每个具体的情况下，分析项目的决定要考虑到以上所講的这些条件，並应按“发电厂汽水管理的化学监督项目的規程”进行(E. B. 哈拉普西娜工程师，苏联国立动力出版社1950年出版——作者)。

現在，水、蒸汽及附着物的分析是按照全苏热工研究所拟訂的規程进行的(技术科学副博士Ю. М. 柯斯特利金，苏联国立动力出版社1953年出版——作者)。这本規程內有許多准确度很高及操作很快的新的分析方法，在这規程頒佈以前，发电厂化学分場所用的导則为苏联国立动力出版社1944年出版的临时規程。在这本規程里蒐集了以下許多机构的資料：全苏热工研究所水實驗室，全苏国家电业技术改进局實驗室，莫斯科电业局中心試驗所，斯維尔多洛夫电业局中心化学試驗所等等。临时規程的总編輯是H. A. 塔娜娜叶夫担任的。苏联发电厂中水、蒸汽、水垢与附着物化学分析法的統一工作是在1932年开始的，当时全苏热工研究所水試驗室只完成了“鍋炉給水的监督”的工作。

根据发电厂中水規範的化学监督主要体系的討論可以認為它的特徵决定于以下条件：在化学监督范围以內的生产部分的个数，采样点的布置，采样的进度表，分析的项目及分析的方法。

目 录

序 言 引 言

第一部分 化学监督的理论基础和方法

第一章 化学监督方法的概述	12
1-1 水、蒸汽及附着物分析结果的表示法	12
1-2 定量分析法的分类	16
第二章 重量分析法	18
2-1 概述	18
2-2 沉淀反应与溶解度积	19
2-3 氢离子浓度对难溶电解质溶解度的影响	21
2-4 在重量分析法中沉淀物自溶液中沉淀和析出的条件	22
2-5 重量分析中误差的来源	25
2-6 重量分析的例子	27
第三章 容量分析法	33
3-1 容量分析法的分类	33
3-2 容量分析测定中的标准溶液及计算	34
3-3 标准溶液的制备	37
3-4 容量分析中误差的来源	38
第四章 基于离子结合的方法(沉淀与生成络合物的方法)	41
4-1 当用沉淀方法来滴定时离子浓度的改变情况	41
4-2 溶液中含有两种在加反应剂时会生成难溶化合物的滴定	43
4-3 使生成络合离子的滴定	44
4-4 沉淀与生成络合物的容量分析法的实例	45
第五章 中和的方法	50
5-1 概述	50
5-2 中和曲线	50

5-3 用在中和容量分析反应中的指示剂	58
5-4 滴定的指示剂误差	63
5-5 容量分析测定中中和法的例子	66
第六章 基于氧化-还原过程的方法	71
6-1 氧化-还原电位	71
6-2 氧化-还原反应的平衡常数	74
6-3 过锰酸盐定量法	76
6-4 碘定量法	79
6-5 用碘定量法进行容量测定的例子	83
第七章 比色和浊度的分析方法	87
7-1 比色法的理论基础	87
7-2 当用观察比色测定法时颜色的比较方法	91
7-3 光电比色法	96
7-4 氢离子浓度的比色测定	100
7-5 铁浓度的比色测定法	102
7-6 铝浓度的比色测定	105
7-7 铜浓度的比色测定(二乙基代氨基甲基硫羧酸盐法)	108
7-8 碘化汞法测定氨	110
7-9 用靛胭脂方法测定溶解氧	111
7-10 硅酸根浓度的测定	114
7-11 氯离子浓度的浊度比色法	118
第八章 物理-化学分析法	119
8-1 离子浓度的电位测定法	119
8-2 用电位法测定氢离子活度(浓度)	122
8-3 电位滴定法	125
8-4 离子浓度的电导测量法	128
8-5 溶液电导度的测量	134
8-6 电导滴定法	138
8-7 用放射性同位素的方法测定溶液的浓度	139
第九章 技术指标的测定	144
9-1 用络盐法测定水的硬度	144
9-2 用油酸盐法测定水的硬度	151

9-3 水的耗氧量的測定	155
9-4 水的懸浮物含量和透明度的測定	157
9-5 水的蒸发殘渣、灼燒殘渣和硫酸鹽殘渣的測定	158
第十章 分析样品的制备	161
10-1 分析样品制备法的分类	161
10-2 用过滤法制备样品	162
10-3 按全苏热工研究所的方法用离子交换器累积离子的办法 (化学浓缩法)来处理稀溶液	164
10-4 在特殊的仪器中用热法来制取浓缩样品	168
第十一章 已制备好的水和蒸汽样品的分析方案 和方法的选择	177
11-1 全分析的方案	177
11-2 利用全苏热工研究所化学离子浓缩法所得酸性浓缩液的分 析方案和方法	179
11-3 用全苏热工研究所化学离子浓缩法所得碱性浓缩液的分 析方案和方法	183
11-4 浓缩样品的分析方案和方法	184

第二部分 化学监督的组织

第十二章 给水及其组成的化学监督	186
12-1 给水质量的标准指标及监督指标	186
12-2 给水化学监督的项目	189
12-3 凝结水的化学监督	192
12-4 蒸发器及蒸汽发生器运行中的化学监督	197
12-5 对化学净化水的监督	198
第十三章 炉水的化学监督	201
13-1 炉水质量的标准指标及监督指标	201
13-2 炉水化学监督的项目	208
第十四章 中压及高压锅炉的饱和蒸汽和过热蒸汽的 化学监督	210
14-1 蒸汽品质的标准指标和监督指标	210
14-2 关于蒸汽品质的采样条件和其化学监督的项目	217

第十五章 冷却水的化学监督及汽轮机凝汽器中漏水量的测定	220
15-1 冷却水的化学监督	220
15-2 汽轮机凝汽器内漏入冷却水的化学监督	222
第十六章 热力网中网内水和补充水的化学监督	228
第十七章 水净化的各个阶段和处理剂方面的化学监督	231
17-1 在净水室中化学监督组织的一般情况	231
17-2 在凝聚和过滤阶段的化学监督	232
17-3 在石灰处理和镁剂除硅阶段的化学监督	234
17-4 在Na离子交换阶段的化学监督	237
17-5 在H离子交换阶段的化学监督	239
17-6 在阴离子交换阶段的化学监督	241
第十八章 用水冲洗锅炉、过热器及汽轮机时的化学监督	243
18-1 进行水冲洗的一般条件	243
18-2 直流式锅炉水洗的化学监督	245
18-3 汽鼓式锅炉过热器水冲洗的化学监督	249
18-4 冲洗汽轮机时的化学监督	251
第十九章 热力设备腐蚀的化学监督	252
19-1 化学监督的概述	252
19-2 热力设备腐蚀的化学监督的项目	255
19-3 当酸洗时的化学监督	259
第二十章 当进行热力化学试验时化学监督的组织	260
20-1 热力化学试验的一般目的	260
20-2 当进行中压和高压汽鼓式锅炉热力化学试验时的化学监督	261
20-3 当进行直流式锅炉热力化学试验时的化学监督	275
20-4 当进行汽轮机热力化学试验时的化学监督	278
20-5 当进行蒸发器热力化学试验时的化学监督	285
附录	287

第一部分 化学监督的理论基础和方法

第一章 化学监督方法的概述

1-1 水、蒸汽及附着物分析结果的表示法

目前在火力发电厂中，由于化学监督尚不能充分地应用自动记录的仪器，所以仍然是采用着化学分析的方法。化学分析法可分为定性与定量两种。

定性分析是用来确定被分析的物質是由那些元素(或离子)组成的，或此种物質含有那些杂质。定量分析是用来测定此物質各組成部分的量或其中杂质的量。

在进行定量分析前，必須先知道被分析物質有那些組成部分(或其中杂质)，这个问题对于火力发电厂化学监督的对象来说，通常是非常简单的，因为大部分被监督的对象的組成部分(以及此組成部分的大概含量)是了解得很清楚的，而且是不常变动的。这样就不需要首先进行定性分析，且也非常容易选取最适用的定量分析法。

定量分析结果的表示法是随分析物質的不同而有不同的。如固体物質(水垢、附着物、化学药品)的分析结果通常以重量百分率表示(按乾燥物質或灼燒过的物質計算)。水或蒸汽中杂质的定量测定的结果通常以杂质浓度表示。

在溶液的单位体积(或重量)中所含有溶质的重量称为溶液的浓度。

浓度可分为：

1) 体积浓度——在单位体积(1公升)的溶液中所含某物質的重量(克、毫克、微克)；

2) 重量浓度——在单位重量(1吨、1公斤)的溶液中所含某物質的重量(克、毫克、微克)；

3) 克分子浓度——在1公升溶液中所含某物質的克分子数或克原子数；此时如果此物質的克数等于其分子量則称做一个克分子浓度，

如果此物質的克数等于其离子量則称做一个克离子浓度；

4) 当量浓度——在 1 公升溶液中含有某物質的克当量数。所謂当量，大家都知道，就是某物質在一已知反应中能放出 1.008 克氢或能与 1.008 克氢化合的重量，或者是与氢等当量的其他原子或原子团相作用的重量。

在 1 公升溶液中溶有 0.1 克当量溶質的称为十分之一当量浓度 (0.1H)；在 1 公升溶液中溶有 0.01 克当量溶質的称为百分之一当量浓度 (0.01H)；在 1 公升溶液中溶有一个毫克当量溶質的称为一个毫克当量浓度 (0.001H)。

表 1-1 所示为由一种浓度換算至另一种浓度的公式。

表 1-1

濃度換算公式

已 知 濃 度	未 知 濃 度			
	体 积, 克 / 公 升	重 量, 克 / 公 斤	克 分 子, 克 分 子 / 公 升	当 量, 克 当 量 / 公 升
体 积 — $C_{体}$	—	$C_{重} = \frac{C_{体}}{D}$	$C_{分} = \frac{C_{体}}{M}$	$C_{当} = \frac{C_{体}}{\vartheta}$
重 量 — $C_{重}$	$C_{体} = D \cdot C_{重}$	—	$C_{分} = \frac{D \cdot C_{重}}{M}$	$C_{当} = \frac{D \cdot C_{重}}{\vartheta}$
克 分 子 — $C_{分}$	$C_{体} = M \cdot C_{分}$	$C_{重} = \frac{M \cdot C_{分}}{D}$	—	$C_{当} = \frac{M \cdot C_{分}}{\vartheta}$
当 量 — $C_{当}$	$C_{体} = \vartheta \cdot C_{当}$	$C_{重} = \frac{\vartheta \cdot C_{当}}{D}$	$C_{分} = \frac{\vartheta \cdot C_{当}}{M}$	—

表中的符号：D——比重；M——分子量； ϑ ——当量。

表示分析样品中所含有各种組成部分或雜質的最正确的方式，是将此种組成部分或雜質表示成真正存在的形态。但是如要这样做的话，在有些情况下就要采用許多麻煩且复杂的分析法，所以附着物、水垢与化学藥品的分析結果通常是以元素或其氧化物的形态表示的。

对于电解質水溶液的分析結果，最广泛与普通的表示方式为离子，溶解气体的表示方式为分子。

对于水分析的结果，最方便的表示法为当量浓度，因为这样可使全部計算大为简化。

氫离子通常不求其浓度而测定其活度，即浓度与活度系数的乘积。氫离子活度的分析结果是以其负对数的形式表示的（即氫的指标 pH）：

$$\text{pH} = -\lg a_{\text{H}^+}$$

当进行水分析时，除了测定其各种离子或气体的浓度外，尚要进行许多决定水中某几类杂质或其全部化合物含量的技术指标的测定。此种有时带有若干相对性地表示水的技术性质的指标为：含盐量，硬度，碱度，酸度，稳定度，浑浊度（或透明度），悬浮物含量，耗氧，含硅量，含油量。

含鹽量（水的或蒸汽的）——表示水中（或蒸汽中）所含盐类的多少，它可以用溶液中全部阳离子与阴离子浓度相加的方法计算之，它是以毫克/公升或毫克当量/公升表示的。此时如将所含的重碳酸根以等当量浓度的 CO_3^{2-} 来表示，则所得之值通常称为矿物残渣（毫克/公升）。

但由于进行水的全分析是很复杂的，所以在实际上常常以某些在某种程度上可以代表水（或蒸汽）的含盐量的其他指标代替此计算值。这些指标中主要的为：

1) 蒸发残渣——将过滤后的水蒸发所剩物在 120°C 下干燥所得的残渣，以毫克/公升表示之；所以蒸发残渣是表示溶在水中的且当 $100\sim 120^\circ\text{C}$ 时不挥发的杂质；

2) 灼烧残渣——在 800°C 下灼烧过的蒸发残渣，以毫克/公升表示之；

3) 硫酸盐残渣——用硫酸处理后在 800°C 下灼烧过的蒸发残渣，以毫克/公升表示之；

4) 水（或蒸汽凝结水）的电导率，以莫（欧姆的倒数）表示之（在一定温度下），或以具有相等电导率的水溶液中的 NaCl 的相对浓度表示之；

5) 全硬度（ $\text{H}_{\text{总}}$ ）——溶液中钙离子与镁离子浓度之总和，以毫克当量/公升或微克当量/公升表示之。

碳酸鹽硬度（ H_K ）为钙离子与镁离子总浓度中相当于重碳酸根浓