

立窑水泥技术丛书

生产控制与检验

毅 寒 王 开 霞 编
国 建 筑 工 业 出 版 社

立窑水泥技术丛书

生产控制与检验

焦毅寒 王开霞 编

中国建筑工业出版社

本书包**括化学分析、生产控制和物理检验三部分内容。**

书中全面而系统地介绍了立窑水泥生产中各种原料、燃料、半成品、成品的质量控制和检验方法，简要地叙述了各种检验方法的原理及其所涉及的基础知识。在附录中，对立窑水泥厂化验室的布置，设备、仪器及药品的配备等提出了参考建议，并列出了水泥检验中一些常用数据。

本书主要供立窑水泥厂化验室工作人员使用，也可供培训化验人员作参考。

* * *

责任编辑 程佛根

立窑水泥技术丛书
生产控制与检验
焦毅寒 王开霞 编

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
西安新华印刷厂印装

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张，11¼ 字数：252 千字

1984年6月第一版 1984年6月第一次印刷

印数：1—6,200 册 定价：1.15元

统一书号：15040·4606

前 言

1973年我们编写了《“小水泥”技术丛书》中的《化学分析与生产控制》分册，对当时蓬勃发展的小水泥工业或许起到了一些积极作用。但是，十年来情况发生了很大变化，立窑水泥厂化验室人员的文化水平不断提高，化验室的仪器设备、分析方法按照国家标准要求实现了标准化，故原书中的一部分内容已不能适应今天的需要了。根据丛书修订编写工作座谈会的意见，我们将原书进行修订，在内容上作了较大的增删，并编入了物理检验这部分内容（原丛书中《简易物理检验》分册已取消），取名为《生产控制与检验》。

《生产控制与检验》适于初中以上文化程度的立窑水泥厂化验室（包括物理检验组）工作人员和生产控制人员阅读参考，也可以作为短期训练班的教材。

我们认为，一个合格的水泥检验工作者，不但应具有熟练地按操作规程完成生产过程中各项检验任务的能力，而且还要能够独立地配制化验室所用的各种普通试剂和标定各种标准溶液浓度，掌握各种仪器、设备的使用性能和维护知识，并尽可能多了解一些化验室的有关知识。为此，本书不但系统介绍了立窑水泥生产过程中各种原料、燃料、半成品、成品的质量控制和检验方法，而且还适当介绍了有关的基础知识。在附录中还提出了化验室的有关问题及建议（如化验室的布置，化验室的设备仪器的配备，药品的品种、数量和使用等）。此外，本书还着重加强了质量控制方面的内容。

ABD87/8

本书所介绍的化学分析和物理检验方法，主要依据新制订的国家标准和建筑材料科学研究院水泥研究所推广的分析方法。

为适应地方立窑水泥厂广大读者需要，我们在叙述重要理论和计算方面的内容时，辅以水泥检验中常见的实例，以助于对内容的理解；在介绍各种检验方法时，附上主要注意事项以便于读者自学；在文字叙述上，力求深入浅出，通俗易懂。

在本书编写过程中，得到了山东省济南市建材局和山东建筑材料工业学院领导的大力支持，特此致谢。

本书由焦毅寒和王开霞编写。其中第二篇、第三篇、第一篇中的第二章和第三章的第三、四节以及附录由王开霞编写，其余部分由焦毅寒编写。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中内容会存在不少问题以至错误，希望读者批评指正。

编者

1983年5月

出版者的话

我社于1973年出版了《“小水泥”技术丛书》，共有八个分册：《水泥生产知识》、《原料与配料》、《粉磨》、《烧成》、《化学分析与生产控制》、《简易物理检验》、《生产设备》和《无熟料水泥》。这套丛书出版后，受到了广大立窑水泥工作者的欢迎，曾先后印行三次，仍不能满足需要。

鉴于十多年来我国立窑水泥迅速发展，生产技术和机械化程度有了较大的提高，生产规模不断扩大，管理水平和产品质量逐步提高，我们组织有关人员，在《“小水泥”技术丛书》基础上改编成这套《立窑水泥技术丛书》。新版《丛书》分为六个分册，即：《水泥生产知识》、《原料与生料制备》、《烧成与烘干》、《粉磨与制成》、《生产控制与检验》、《生产设备》。

《立窑水泥技术丛书》适于年产十万吨以下立窑生产工艺线的小水泥厂参考。主要读者对象为技术工人、管理干部和工程技术人员。

这套丛书删去了原《“小水泥”技术丛书》中陈旧过时的内容，充实了十年来发展的新的工艺技术、生产数据以及操作、管理经验，贯彻了新的水泥国家标准和有关规范、规程。各分册加强了有关的基础知识内容，以适应职工技术培训的需要。

1983年9月

目 录

第一篇 化 学 分 析

第一章 基础知识	1
第一节 滴定分析法概论	2
第二节 酸碱反应和酸碱滴定法	19
第三节 氧化还原滴定法	38
第四节 络合滴定法	49
第五节 重量分析法	79
第六节 比色分析法	87
第七节 分析误差	96
第二章 平均试样的采取与制备	102
第一节 平均试样的采取	102
第二节 平均试样的制备	105
第三章 仪器设备及其使用	109
第一节 天平	109
第二节 玻璃仪器	117
第三节 加热设备	123
第四节 金属和陶瓷器皿	125
第四章 试剂	129
第一节 普通溶液的配制	129
第二节 标准溶液的配制与标定	135
第五章 水泥与水泥原料主要成分的测定原理	147
第一节 二氧化硅的测定原理	147
第二节 三氧化二铁的测定原理	151

第三节	三氧化二铝的测定原理	152
第四节	氧化钙的测定原理	152
第五节	氧化镁的测定原理	154
第六节	二氧化钛的测定原理	154
第七节	氧化亚锰的测定原理	156
第八节	游离氧化钙的测定原理	156
第九节	三氧化硫的测定原理	158
第十节	单项测铁的原理(磷酸溶样)	163
第十一节	碳酸钙滴定值的测定原理	165
第十二节	水分的测定原理	165
第十三节	烧失量的测定原理	166
第六章	水泥与水泥原料的分析	167
第一节	水泥熟料分析	167
第二节	水泥生料分析	184
第三节	粘土分析	188
第四节	铁矿石分析	197
第五节	石灰石分析	204
第六节	矿渣分析	210
第七节	石膏分析	221
第八节	萤石分析	224
第九节	水泥分析	226
第十节	煤分析	226

第二篇 生 产 控 制

第一章	水泥生产的质量控制	236
第一节	质量控制点的确定与控制图表	236
第二节	原料燃料的质量控制	238
第三节	生料的质量控制	245
第四节	熟料的质量控制	254

第五节 水泥的质量控制	256
第二章 检验方法	261
第一节 附着水分的测定	261
第二节 细度的测定	262
第三节 生料中碳酸钙滴定值的测定	262
第四节 生料中氧化钙、氧化镁的测定	263
第五节 生料中三氧化二铁的测定	265
第六节 生料中含煤量的测定	268
第七节 生料中氟的测定	270
第八节 熟料中游离氧化钙的测定	271
第九节 水泥中三氧化硫的测定	272
第十节 混合材掺加量的测定	272

第三篇 物 理 检 验

第一章 水泥物理性能检验	276
第一节 水泥比重的检验	276
第二节 水泥细度的检验	278
第三节 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性的检验	289
第四节 水泥强度的检验	298
第二章 主要仪器设备的工作原理与维护	309
第一节 压力试验机	309
第二节 抗折试验机	314
第三节 水泥胶砂搅拌机与振动台	318
第三章 物理检验温度湿度的控制及其设备	322
第一节 养护设备	322
第二节 温度湿度的控制	323

附 录

一、国际原子量表(1975年)	328
-----------------------	-----

二、常用酸及氨水的比重和浓度	330
三、容量分析中的当量	330
四、碳酸钙滴定值换算表	331
五、数字修约规则	331
六、分析结果的允许误差范围	333
七、化验室的设备和仪器	334
八、化验室的药品需用量及使用管理	338
九、水泥厂化验室的设计	343
十、五大水泥国家标准	344
主要参考文献	351

第一篇 化 学 分 析

第一章 基 础 知 识

工业生产中使用的分析方法按其原理不同可分为化学分析和仪器分析两类。

化学分析法是以物质的化学反应为基础的分析方法。它包括滴定分析法（即容量分析法）、重量分析法和气体分析法。滴定分析法又分为酸碱滴定法、氧化还原滴定法、络合滴定法和沉淀滴定法等。

仪器分析法是以物质的物理性质或物理化学性质为基础，使用某些特殊仪器进行测量的分析方法。它包括光学分析法（如比色分析、分光光度分析、原子吸收光谱分析等）和电化学分析法（如离子电极电位分析、极谱分析、色谱分析等）。

在水泥工业分析中，我国目前主要采用化学分析方法。在大中型水泥厂和有条件的小厂也使用一些仪器分析方法，因它用得不够广泛，一般书中放在化学分析方法中一起介绍。根据我国立窑水泥厂目前的实际，本书主要介绍常用的滴定分析法（酸碱滴定法、氧化还原滴定法和络合滴定法）、重量分析法及比色分析法。

第一节 滴定分析法概论

一、概述

滴定分析法又称容量分析法。这种方法是将已知准确浓度的某一试剂溶液，滴加到被测物质的溶液中，直到所加试剂的量与被测物质的含量相当，即两者的当量数相同时为止。然后，根据试剂溶液的浓度和体积，计算被测物质的含量。

这种已知准确浓度的试剂溶液叫做“滴定剂”，亦称标准溶液或操作溶液。将标准溶液从滴定管滴加到被测物质溶液中的过程叫“滴定”。当滴加的标准溶液和被测物质的当量数相等时，叫“等当点”。在滴定时，一般加入一种辅助试剂，借助于它的颜色转变，确定等当点的到达，该试剂叫做“指示剂”，其颜色转变点叫“滴定终点”。滴定终点与等当点不一定恰好重合，它们之间的差别，称为“滴定误差”或“终点误差”。

滴定分析法通常用于测定常量组分，即被测组分的含量在1%以上者。滴定分析法比较准确，在一般情况下测定的相对误差为0.2%左右。因此，它在生产实践和科学实验中得到广泛的应用。

并不是所有的化学反应都能用于滴定分析法。用于滴定分析法的化学反应必须具备以下条件：

(1) 反应必须是定量的，且能迅速完成。

(2) 有简便可靠的方法确定等当点。

(3) 溶液中的其他物质不干扰反应的进行，或有适当方法消除干扰作用。

凡能符合上述条件的化学反应，都可用标准溶液直接滴定被测物质溶液。这类滴定方式称为直接滴定法。例如用EDTA标准溶液滴定熟料中的铁、钙、镁；用重铬酸钾标准溶液滴定生料中的铁等都属于直接滴定法。

但是，许多反应不能完全符合上述要求，因而不能采用直接滴定法。遇到这种情况可采用置换滴定法、返滴定法和间接滴定法等。在水泥厂中常用的是返滴定法或称回滴定法。返滴定法是在被测物质溶液中，先加入过量的标准溶液甲，待反应完成后，再用标准溶液乙滴定剩余的标准溶液甲。例如，用EDTA法测定熟料中的铝和碳酸钙滴定值的测定都属于返滴定法。

二、滴定分析法的分类

根据反应类型的不同，滴定分析法可分为如下四类。

（一）酸碱滴定法

酸碱滴定法是以酸碱反应为基础的滴定分析法。测定生料中碳酸钙滴定值、水泥中三氧化硫等所使用的分析方法都属于酸碱滴定法的范畴。

（二）氧化还原滴定法

氧化还原滴定法是以氧化还原反应为基础的滴定分析方法。生料中三氧化二铁的测定方法，就是典型的氧化还原滴定法。

（三）络合滴定法

络合滴定法是以络合反应为基础的滴定分析法。生、熟料、原料中大部分成分的测定均使用络合滴定法。

（四）沉淀滴定法

沉淀滴定法是以生成沉淀反应为基础的滴定分析法，主要内容是形成银盐沉淀的银量法，常用于水中 Cl^- 的测定。

其具体理论和测定方法本书不作详细讨论。

三、溶液浓度表示方法

由两种或两种以上成分组成的均匀体系，叫做溶液。它包括气体混合物、固态溶液和液态溶液。我们通常说的溶液是指液态溶液。

溶液由溶质和溶剂组成。凡能溶解其他物质的液体叫溶剂，凡是被溶剂溶解的物质叫溶质。如氢氧化钾溶于水中，酚酞溶于酒精中，所得液态均匀体都叫做溶液。在这些溶液中，氢氧化钾、酚酞是溶质，水、酒精是溶剂。用水作溶剂的溶液叫水溶液，用酒精作溶剂的溶液叫做酒精溶液。

一定温度下，在 100 克水（或其他溶剂）中，最多能溶解溶质的克数，叫做该物质的溶解度。如 20°C 时，氯化钾的溶解度是 7.3 克，表示在 20°C 时，100 克水里最多能溶解 7.3 克氯化钾。

在常温下，100 克水中物质能溶解的量在 1 克以上，则该物质通常叫做可溶物质；如能溶解 0.1~1 克，通常叫做微溶物质；如能溶解的量少于 0.1 克，则为难溶或不溶物质。各种物质在不同溶剂中的溶解度是不同的。

一种溶液，在一定状况下，再也不能使某种溶质继续溶解时，就叫做那种溶质的饱和溶液。某物质在一定条件下，在某溶剂中达到溶解度时，它们所组成的溶液一定是饱和溶液。

溶液中所含溶质的量超过该物质的溶解度时，这种溶液叫做过饱和溶液。过饱和溶液的浓度一定大于同温度下该物质的饱和溶液的浓度。

在进行化学分析时，往往需要把买来的固体或液体试剂配成一定浓度的溶液使用。根据不同的分析要求，各种试剂

溶液浓度的表示方法分述如下。

(一) 普通溶液的浓度

1. 重量百分浓度

以溶质在溶液中所占的重量百分比来表示的浓度，称为重量百分浓度。

例如，15% 硫酸溶液，表示100克该溶液中含有 15 克硫酸。

这种浓度表示法虽简单，但由于配制不方便，所以除市售的酸、碱等液体试剂外，一般化验室用得不多。

2. 容积百分浓度

以溶质在溶液中所占的容积百分比来表示的浓度，称为容积百分浓度。

例如，10% 盐酸溶液，表示 100 毫升该溶液中含有10毫升浓盐酸（比重1.19）。

这种浓度表示法仅适用于用液体试剂配制的溶液。

3. 重量容积百分浓度

以 100 毫升溶液中所溶解溶质的克数来表示的浓度，称为重量容积百分浓度。

如10% 氯化钠溶液，就是将10克氯化钠以水溶解后，稀释至100毫升配制而成。近似的配法是取 10 克氯化钠直接加入100毫升水溶解之。

这种浓度表示法，在化验室中用固体试剂配制溶液时最为常用。

4. 体积比

用液体试剂配制溶液时，用它们之间的体积比来表示其浓度。

如1:4硫酸溶液，表示该溶液是由 1 容积 单位的浓硫酸

(比重 1.84) 与 4 容积单位的水配制而成。一般以前一个数字代表溶质 (如浓硫酸) 的容积, 后一个数字代表溶剂 (如水) 的容积。

5. 比重

比重是指单位体积液体的重量。

在一定温度下, 溶液的浓度与比重间有一定的关系。

如在 15°C 时, 比重 1.19 的盐酸, 其重量百分浓度为 37.23%。故在工业上习惯用比重来表示液体试剂的浓度。

(二) 标准溶液的浓度

在水泥化学分析中, 标准溶液的浓度常用当量浓度、摩尔浓度和滴定度来表示。

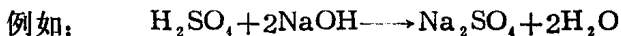
1. 当量浓度

我们知道, 当量是指物质在进行化学反应时彼此相当的量, 化学反应的类型不同, 物质的当量也不同。因此, 对于任何一种物质, 其当量并不一定是固定值。

在酸碱反应中, 反应物的当量等于其分子量除以该分子中起作用的 H^+ 或 OH^- 数, 即:

$$\text{酸的当量} = \frac{\text{酸的分子量}}{\text{酸分子中可被金属置换的氢离子数}}$$

$$\text{碱的当量} = \frac{\text{碱的分子量}}{\text{碱分子中的氢氧离子数}}$$



因为硫酸分子中有两个被金属钠置换的氢离子 (H^+), 所以:

$$H_2SO_4 \text{ 的当量} = \frac{H_2SO_4 \text{ 分子量}}{2} = \frac{98.08}{2} = 49.04$$

而氢氧化钠中的氢氧离子 (OH^-) 数等于 1, 所以:

$$\text{NaOH 的当量} = \frac{\text{NaOH 分子量}}{1} = \frac{40}{1} = 40$$

同样道理:

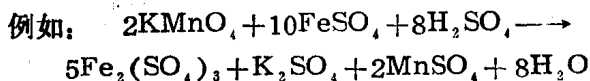
$$\text{HCl 的当量} = \frac{\text{HCl 分子量}}{1} = \frac{36.47}{1} = 36.47$$

$$\begin{aligned}\text{Ca(OH)}_2 \text{ 的当量} &= \frac{\text{Ca(OH)}_2 \text{ 分子量}}{2} = \frac{74.09}{2} \\ &= 37.05\end{aligned}$$

在氧化还原反应中, 氧化剂或还原剂的当量等于其分子量除以一个分子所获得或失去的电子数。

$$\text{氧化剂的当量} = \frac{\text{氧化剂的分子量(或式量)}}{\text{获得电子的数目}}$$

$$\text{还原剂的当量} = \frac{\text{还原剂的分子量(或式量)}}{\text{失去电子数目}}$$



高锰酸钾是氧化剂, 在反应中其分子中的锰由 +7 价变为 +2 价, 即获得 5 个电子, 所以:

$$\begin{aligned}\text{KMnO}_4 \text{ 的当量} &= \frac{\text{KMnO}_4 \text{ 分子量}}{5} = \frac{158.03}{5} \\ &= 31.6\end{aligned}$$

硫酸亚铁是还原剂, 在反应中其分子中的铁由 +2 价变为 +3 价, 即失去一个电子, 所以:

$$\begin{aligned}\text{FeSO}_4 \text{ 的当量} &= \frac{\text{FeSO}_4 \text{ 分子量}}{1} = \frac{151.85}{1} \\ &= 151.85\end{aligned}$$

同样道理:

