

金属材料 分析原理与技术

JINSHU CAILIAO
FENXI YUANLI YU JISHU

刘 英 臧慕文 主编



化学工业出版社

金属材料 分析原理与技术

JINSHU CAILIAO
FENXI YUANLI YU JISHU

刘 英 臧慕文 主编



化学工业出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

金属材料分析原理与技术/刘英, 臧慕文主编. —北京:
化学工业出版社, 2009.1
ISBN 978-7-122-03909-5

I. 金… II. ①刘…②臧… III. 金属材料-金属分析
IV. TG115

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 166426 号

责任编辑: 丁尚林

文字编辑: 颜克俭

责任校对: 李 林

装帧设计: 张 辉

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

720mm×1000mm 1/16 印张 36 字数 729 千字 2009 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 88.00 元

版权所有 违者必究

前 言

分析化学是人们获得物质分析组成、结构和信息的科学，即表征与测量的科学。现代分析化学是科技和经济建设的基础，是衡量科技发展和国力强弱的重要标志。金属材料化学分析则是从金属物料（矿石、矿物、中间产物和产品等）中获取化学组成、存在形态和信息的技术，为工业科技和生产服务，也是衡量工业科技和生产水平的重要标志。过去的十年，时逢世纪新旧交替、国家深化改革以及分析化学第三次变革，金属材料化学分析也因此经历了一个迅速发展的过程。

本书阐述了金属材料化学成分的测试方法及其原理和应用，分别为：重量分析法、滴定分析法、紫外可见分光光度法、电化学分析、原子发射光谱分析、原子吸收光谱分析、原子荧光光谱分析、X 射线荧光光谱分析、质谱分析、离子色谱分析、金属中气体分析等。编写出版的目的是：整理和汇集所积累的金属材料成分分析方面的科学技术知识和实践经验，为冶金工作者、金属材料使用者和理化测试人员提供技术支持，为广大读者普及金属材料理化测试的基础知识，并为他们解惑释疑。本书不仅概述了各种分析手段的原理、仪器结构，还介绍了各种分析手段的应用实例，因此本书还可作为金属材料成分分析人员的培训教材，为金属材料分析测试人员培训起到重要的作用。

本书由有色金属研究总院刘英、臧慕文主编，全书的具体编写分工是：第一章、第三章，臧慕文；第二章，吴辛友；第四章，颜广炅；第五章，童坚、潘元海、张英新；第六章，郑永章；第七章，郑永章；第八章，刘洋、宋永清；第九章，李继东；第十章，刘英、韩国军；第十一章，周海收。

鉴于我们经验不足、水平有限，同时由于时间紧、工作量大等客观因素的存在，书中疏漏在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者

2009 年 1 月

欢迎订购冶金与金属类图书

书 号	书 名	定 价
冶 金		
03269	高炉炼铁 500 问	35
	金属二元系相图手册	
02618	电炉炼钢 460 问	28
02804	炼铁原料（钢铁冶金技术培训教材）	18
	转炉炼钢（钢铁冶金技术培训读本）	
02339	铜与铜合金加工手册	158
01998	金属回收利用 500 问	28
9930	钢铁冶金 600 问	28
01685	冶金加热炉设计与实例	
01448	转炉炼钢生产技术	25
01665	轧钢生产问答	36
4183	有色金属——冶金、材料、再生与环保	70
01804	有色金属冶金 1200 问	32
7659	镁冶炼与镁合金熔炼技术	35
7658	有色金属熔炼与铸锭	35
9677	铜冶炼工艺	22
8492	铜冶炼技术（引进版）	35
9541	铜回收、再生与加工技术	48
01585	耐火材料工艺学	48
01497	采矿概论	25
	矿井通风及其系统稳定性	
金 属 材 料		
	金属材料分析原理与技术	
01270	新编中外金属材料手册	198
00195	常用金属材料手册	38
00968	实用金属材料速查速算手册	16
01688	金属材料手册	120
02423	铝与铝合金速查手册	25
02266	铜与铜合金速查手册	28
8437	实用轻金属材料手册	38
01734	材料化学	39
7183	固体物理导论（原著第八版）	58
9198	金属材料先进制备技术	35
6641	材料表面强化技术	55
9936	材料成形检测技术	29

续表

书 号	书 名	定 价
金 属 材 料		
9869	金属材料及其成形性能	28
9563	粉体材料成形设备与模具设计	39
00677	石化装置寿命预测与失效分析工程实例	48
9549	耐热镁合金	75
6408	钛与钛合金	58
6987	变形镁合金	50
9551	块体非晶合金	48
8929	金属强韧化原理与应用	35
00362	铜合金及其应用	48
01186	先进汽车用钢	68
9746	钢铁制品表面着色技术	28
8174	高氮钢和不锈钢——生产、性能与应用	32
9126	特殊钢缺陷分析与对策	28
8198	一维铜锌铝纳米复合材料	29
热 处 理		
	热处理工必读	
01900	钢铁热处理实用技术(第二版)	38
01894	热处理工艺方法 600 种	48
01818	热处理操作简明手册	28
00448	金属热处理 300 问	28
6499	钢铁热处理实用技术	20
01503	热处理工艺规范数据手册	20
00121	汽车关键零件热处理技术	38
01145	热处理常见缺陷分析与对策	25
01138	钢铁热处理基础	18
8661	钢铁零件制造与热处理 100 例	28
7752	表面淬火技术	22
8274	化学热处理技术	35

订书电话:010-64519685;010-64518800。

也可通过当当网或卓越网购买。

邮购地址:北京市东城区青年湖南街13号化学工业出版社邮购科(100011)

详情及相关图书信息请浏览:<http://www.cip.com.cn>

注:如有写书意愿,欢迎与我社联系:010-64519279 email:ds1@cip.com.cn

目 录

第 1 章 称量分析法	1
1.1 称量分析法特点	1
1.2 称量分析法分类	1
1.2.1 沉淀法	1
1.2.2 电解法	1
1.2.3 汽化法	2
1.3 称量分析对沉淀的要求	2
1.3.1 对沉淀形的要求	2
1.3.2 对称量形的要求	3
1.4 沉淀的溶解度及其影响因素	3
1.4.1 溶解度和溶度积	3
1.4.2 影响沉淀溶解度的因素	4
1.5 沉淀的类型和形成	8
1.5.1 沉淀的类型	8
1.5.2 沉淀的形成	8
1.6 沉淀条件的选择	10
1.6.1 晶形沉淀的沉淀条件	10
1.6.2 非晶形沉淀的沉淀条件	10
1.6.3 均相沉淀法	11
1.7 影响沉淀纯度的因素	11
1.7.1 共沉淀	12
1.7.2 后沉淀	13
1.7.3 提高沉淀纯度的方法	14
1.8 沉淀剂	14
1.8.1 无机沉淀剂	14
1.8.2 有机沉淀剂	15
1.9 称量分析操作技术	17
1.9.1 沉淀的过滤和洗涤	17
1.9.2 烘干或灼烧	19
1.10 称量分析计算和应用	20
1.10.1 称量分析结果的计算	20
1.10.2 有色金属材料分析测试中称量法的应用实例	21

1.10.3 称量法在金属材料分析测试中的应用	28
参考文献	32

第2章 滴定分析 34

2.1 概述	34
2.1.1 滴定分析的特点和分类	34
2.1.2 滴定分析对化学反应的要求和滴定方式	34
2.1.3 滴定分析基本操作	35
2.1.4 滴定分析的有关计算	36
2.2 酸碱滴定法	38
2.2.1 基本理论和原理	38
2.2.2 酸碱滴定法的应用	46
2.3 络合滴定	51
2.3.1 基本理论和原理	51
2.3.2 络合滴定方式及提高络合滴定的选择性	57
2.3.3 络合滴定法的应用	60
2.4 氧化还原滴定法	76
2.4.1 基本理论和原理	77
2.4.2 常用氧化还原滴定方法	81
2.4.3 氧化还原滴定法在金属材料分析中的应用	91
2.5 沉淀滴定法	104
2.5.1 银量法	104
2.5.2 钡盐沉淀滴定法	106
2.5.3 沉淀滴定法的应用	106
参考文献	107

第3章 紫外可见分光光度法 110

3.1 分光光度法的基本原理	110
3.1.1 物质对光的选择性吸收	110
3.1.2 分子吸收光谱的形成	111
3.1.3 光吸收定律	112
3.1.4 工作曲线	115
3.1.5 灵敏度的表示方法	116
3.2 测量吸光度的方法和仪器	118
3.2.1 测量吸光度的方法	118
3.2.2 测量条件的选择	119
3.2.3 分光光度计的构造	120

3.2.4	分光光度计的分类	125
3.2.5	典型分光光度计介绍	126
3.3	显色反应和显色条件的选择	130
3.3.1	显色反应	130
3.3.2	显色条件的选择	131
3.3.3	显色剂	134
3.3.4	多元络合物及其在分光光度分析中的应用	140
3.4	分光光度分析方法及应用	143
3.4.1	微量组分的测定	143
3.4.2	差示分光光度法	145
3.4.3	光度滴定法	147
3.4.4	双波长分光光度法	149
3.4.5	导数分光光度法	152
3.4.6	催化分光光度法	155
3.4.7	络合物组成的测定	158
3.4.8	摩尔吸光系数的测定	161
3.5	有色金属材料分析测试中常用分光光度方法的应用实例	162
3.5.1	硅钼蓝分光光度法测定铝合金中硅	162
3.5.2	铬天青 S-氯化十四烷基吡啶分光光度法测定镁及镁合金中铝	163
3.5.3	磷钼蓝分光光度法测定铜及铜合金磷	164
3.5.4	新亚铜灵分光光度法测定铝及铝合金中铜	166
3.5.5	二安替匹林甲烷分光光度法测定铝合金中钛	167
3.5.6	次甲基蓝分光光度法测定钛合金中硼	168
3.5.7	硫氰酸盐差示分光光度法测定镍合金中钼	169
3.5.8	二甲酚橙分光光度法测定铌合金中锆	170
3.5.9	氯磺苯酚 S 分光光度法测定钛合金中铌	170
3.5.10	苯基荧光酮分光光度法测定铝及铝合金中锡	171
3.6	分光光度法在有色金属材料分析测试中的应用	173
3.6.1	铝合金	173
3.6.2	铜合金	178
3.6.3	镁合金	184
3.6.4	镍合金	187
3.6.5	钛合金	190
3.6.6	锆合金	193
3.6.7	钒合金	196
3.6.8	铌合金	198
	参考文献	199

第 4 章 电化学分析	201
4.1 概论	201
4.2 电位分析法	202
4.2.1 原理	202
4.2.2 直接电位法	213
4.2.3 电位滴定法	228
4.3 电解法和库仑分析法	238
4.3.1 电解分析法	238
4.3.2 库仑分析法	250
参考文献	267
第 5 章 原子发射光谱分析	268
5.1 概述	268
5.2 原理	269
5.2.1 原子的壳层结构	269
5.2.2 光谱项与能级图	269
5.2.3 光谱谱线的产生	270
5.2.4 谱线强度	271
5.2.5 发射光谱定性及定量分析原理	271
5.3 分析仪器	273
5.3.1 激发光源	273
5.3.2 分光系统	276
5.3.3 检测器	280
5.4 直流电弧原子发射光谱应用	282
5.4.1 定性分析	282
5.4.2 定量分析	286
5.4.3 光谱分析中的干扰及消除	291
5.4.4 发射光谱定量分析常用方法	293
5.5 火花源原子发射光谱应用	300
5.5.1 直读光谱分析常用的几种激发光源	300
5.5.2 其他分析条件的选择	303
5.5.3 仪器系统组成	304
5.5.4 光电直读光谱仪基本公式	308
5.5.5 分析元素的实用工作曲线的做法	309
5.5.6 分析元素的工作曲线标准化	309
5.5.7 光电直读光谱分析的方法	311
5.5.8 光电直读光谱分析条件的选择	313

5.5.9	标准样品和分析样品	316
5.5.10	光电直读光谱分析的不确定度	317
5.5.11	仪器安装和维修	318
5.5.12	光电直读光谱法在有色金属材料分析测试中的应用实例	321
5.6	电感耦合等离子体发射光谱应用	333
5.6.1	ICP-AES 概述	333
5.6.2	仪器	335
5.6.3	ICP 仪器的日常维护	338
5.6.4	电感耦合等离子体光谱技术在有色金属分析中的应用	339
	参考文献	364
第 6 章	原子吸收光谱分析	368
6.1	概述	368
6.2	原子吸收光谱分析的基本原理	371
6.2.1	基态原子和激发态原子	371
6.2.2	吸收线	373
6.2.3	谱线变宽	373
6.2.4	积分吸收	374
6.2.5	锐线光源、峰值吸收与朗伯-比耳定律	375
6.3	原子吸收分光光度计	376
6.3.1	光源	376
6.3.2	火焰原子化器	380
6.3.3	石墨炉原子化器	381
6.3.4	光学系统	383
6.3.5	信号检测 and 数据处理系统	385
6.3.6	原子吸收分光光度计的类型	386
6.3.7	原子吸收分光光度计的性能评价	388
6.3.8	仪器的使用与维护	391
6.4	火焰原子吸收光谱分析	392
6.4.1	火焰原子化过程	392
6.4.2	火焰的性质和种类	395
6.4.3	最佳仪器条件的选择	396
6.4.4	干扰及其消除方法	398
6.5	石墨炉原子吸收光谱分析	406
6.5.1	石墨炉原子化	406
6.5.2	石墨炉测定条件的选择	407
6.5.3	基体干扰	410

6.5.4	基体改进技术	411
6.6	背景吸收和背景校正	413
6.6.1	背景吸收	413
6.6.2	背景校正方法	414
6.7	氢化物的发生原子吸收分析	418
6.7.1	氢化物的发生	418
6.7.2	氢化物的原子化	419
6.7.3	发生氢化物原子吸收分析的干扰	420
6.7.4	汞的冷蒸气原子吸收法	420
6.8	火焰光度分析	421
6.9	原子吸收分析的定量方法	422
6.9.1	标准曲线法	422
6.9.2	标准加入法	424
6.9.3	应用例	425
	参考文献	431
第7章	原子荧光光谱分析	432
7.1	概述	432
7.2	原子荧光的类型	433
7.2.1	共振荧光	433
7.2.2	非共振荧光	434
7.2.3	反斯托克斯荧光	435
7.2.4	敏化荧光	435
7.3	原子荧光强度和定量分析的基本公式	435
7.4	氢化物发生	437
7.5	氢化物原子荧光光谱仪	438
7.5.1	光源	438
7.5.2	氢化物发生器	439
7.5.3	原子化器	440
7.5.4	检测器	440
7.6	应用	441
7.6.1	发生条件	441
7.6.2	干扰及其消除	442
7.6.3	应用例	445
	参考文献	451
第8章	X射线荧光光谱分析	452

8.1 X射线的物理学及X射线荧光分析基本知识	452
8.1.1 X射线荧光分析法的优点	452
8.1.2 X射线荧光分析法的缺点	453
8.1.3 X射线荧光分析法基本术语	453
8.2 X射线荧光分析仪和测量条件的决定	454
8.2.1 X射线荧光仪介绍	454
8.2.2 X射线荧光仪测量条件的决定	457
8.3 X荧光光谱分析应用及原理	458
8.3.1 X荧光光谱分析可完成的工作	458
8.3.2 应用实例	459
参考文献	463
第9章 质谱分析	464
9.1 电感耦合等离子体质谱	464
9.1.1 概论	464
9.1.2 ICP-MS分析方法的特点	465
9.1.3 ICP-MS基本原理及仪器结构	465
9.1.4 ICP-MS质谱干扰及其克服技术	466
9.1.5 ICP-MS非质谱干扰及其克服技术	470
9.1.6 半定量分析	472
9.1.7 ICP-MS常用定量分析方法	472
9.1.8 ICP-MS中的进样技术与联用技术	473
9.1.9 ICP-MS在有色金属材料分析中的应用	474
9.2 辉光质谱分析	492
9.2.1 概论	492
9.2.2 辉光放电基本原理	494
9.2.3 辉光放电质谱仪	496
9.2.4 半定量和定量分析	497
9.2.5 应用	500
参考文献	506
第10章 离子色谱分析	512
10.1 离子色谱原理	512
10.1.1 离子交换色谱 (HPIC)	513
10.1.2 离子排斥色谱 (HPIEC)	517
10.1.3 离子对色谱 (MPIC)	518
10.2 离子色谱仪器结构	519

10.2.1	离子色谱输液系统	519
10.2.2	离子色谱色谱柱	520
10.2.3	离子色谱常用检测器	522
10.2.4	离子色谱数据处理系统	523
10.3	离子色谱样品的前处理	524
10.3.1	样品的消解	525
10.3.2	样品的净化	527
10.4	离子色谱的应用	528
10.4.1	无机阳离子检测	528
10.4.2	无机阴离子检测	529
10.5	离子色谱联用技术及应用	530
10.5.1	IC 联用技术	530
10.5.2	应用实例	531
	参考文献	532

第 11 章	金属中气体分析	534
11.1	金属中气体分析的原理	534
11.1.1	金属中气体分析的基础知识	534
11.1.2	金属中气体分析的一般方法	537
11.1.3	金属中气体分析的常用检测器	538
11.2	金属中气体分析的常用方法及仪器装置	540
11.2.1	金属中氢的测定	540
11.2.2	金属中氧的测定	541
11.2.3	金属中氮的测定	543
11.2.4	金属中碳的测定	545
11.2.5	金属中硫的测定	549
11.3	金属中气体分析在有色金属材料中的实际应用	551
11.3.1	铝及铝合金	552
11.3.2	海绵钛、钛及钛合金	552
11.3.3	钴、镍及其合金	553
11.3.4	铜及铜合金	554
11.3.5	锆及锆合金	555
11.3.6	钒及钒合金	556
11.3.7	铌、钽及合金	557
11.3.8	钨钼及其合金	558
11.3.9	稀土金属	559
11.3.10	锡精矿	559
	参考文献	560

第 1 章

称量分析法

称量分析法是将待测组分与试样中的其他组分分离，并转化为一定的称量形式（单质或化合物），然后称量以测定被测组分含量的定量分析法。称量分析法是一种经典的以物质的化学反应为基础的分析方法。称量分析法必须借助于精密分析天平进行称量，传统上使用“重量”这一物理量的名称，因此历史上称为重量分析法，但是准确地说，天平衡量的结果是物体（物质）的质量。在现代国际单位制（SI）中“重量”被定义为一种力，单位是牛 [顿]，而质量是 7 个国际单位制的基本量之一，其单位是千克，重量和质量是两个已标准化的完全不同的物理量。因此，本书用“称量分析法”替代“重量分析法”的称谓。

1.1 称量分析法特点

- （1）直接称量分析，不需基准物质、标准物质或标准溶液，是一种绝对分析法。
- （2）引入误差小，准确度高，相对误差约为 $0.1\% \sim 0.2\%$ 。
- （3）操作繁琐，分析周期长，不能满足快速分析的要求。

1.2 称量分析法分类

根据被测组分分离方法的不同，称量分析一般分为 3 类。

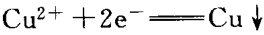
1.2.1 沉淀法

沉淀法是称量分析法的主要方法。该法是使被测组分以微溶化合物的形式从溶液中沉淀出来而分离，经过滤、洗涤、干燥或灼烧，最后称量，计算其含量。例如，测定高钛渣、金红石中硫的含量，是将试样中的硫转化为 SO_4^{2-} ，然后加入过量的 BaCl_2 溶液，使 SO_4^{2-} 生成 BaSO_4 沉淀，经过滤、洗涤、灼烧、称量，根据 BaSO_4 沉淀的质量，即可求出试样中硫的质量分数。

1.2.2 电解法

利用电解原理，控制适当的电压，用电子作沉淀剂，使被测组分在电极上析出

而分离，然后称量电极的增量，求得被测组分的质量分数。例如，电解法测定铜合金中铜的含量，在铂阴极上析出 Cu：



称量铂电极增加的质量，以求出铜的质量分数。

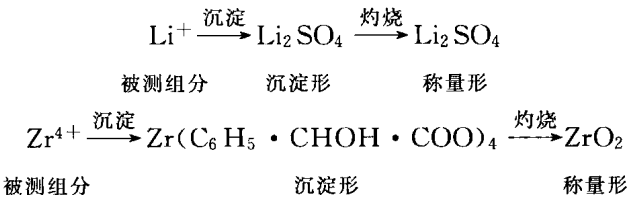
1.2.3 汽化法

利用物质的挥发性，通过加热或其他方法使被测组分从试样中挥发逸出而分离，然后根据加热后试料减轻的质量或用吸收剂吸收逸出组分后吸收剂增加的质量，计算其被测组分的含量。例如， $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 中结晶水的测定，将 $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 结晶体于 $120\sim150^\circ\text{C}$ 加热烘至恒量，根据试料减少的质量即所含水分的质量计算试样中结晶水的质量分数。又如，铂、钯催化剂中湿存水测定，则将试料在温度控制 $105^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ 烘箱内加热干燥，烘至恒量，根据干燥前后质量之差，求出试样中湿存水的质量分数。

仪器分析法发展以后，称量法的使用相对减少，但是不可能全部由仪器分析法替代。对于含量不低的硅、硫、磷、镍以及某些稀有元素如锂、铌、钽、锆、稀土等，贵金属元素如金、钯、铑的精确测定，称量法仍常被使用。在标准物质定值、仲裁分析中称量法仍占一定的比重。

1.3 称量分析对沉淀的要求

称量分析是根据沉淀的质量来计算被测组分的质量分数，所以对形成沉淀的形式必须有一定的要求。一般说来，沉淀分为沉淀形和称量形两种。被沉淀剂沉淀下来的未经干燥或灼烧的沉淀称为沉淀形；经过干燥或灼烧后的沉淀称为称量形。沉淀形和称量形可以相同，也可以不同，这取决于在干燥或灼烧过程中，沉淀是否发生了化学反应。例如 Li^{+} 的测定，其沉淀形和称量形都是 Li_2SO_4 ，没有发生化学变化；但 Zr^{4+} 的测定，沉淀形是 $\text{Zr}(\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{CHOH} \cdot \text{COO})_4$ （苦杏仁酸锆），而称量形是 ZrO_2 ，两者不同。



1.3.1 对沉淀形的要求

(1) 溶解度必须很小，确保被测组分沉淀完全。通常要求沉淀溶解损失不应大于分析天平的称量误差（0.2mg）。在正确度要求极高的分析中，如沉淀的溶解损

失已影响到结果的正确度，应将溶液中被测组分的残量用其他微量或痕量组分的分析方法进行测定，然后补差。

(2) 纯度要高，杂质应尽可能少，或在洗涤、灼烧时杂质易于除去。

(3) 易于过滤和洗涤。应尽量获得粗大的晶形沉淀，使吸附杂质少（颗粒大的沉淀比同质量的颗粒小的沉淀具有较小的总表面积），容易洗涤。对于非晶形沉淀，如 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 等，体积庞大疏松，总表面积大，吸附杂质较多，过滤耗时且不易洗净。这类沉淀必须选用适当的沉淀条件，使沉淀的结构尽可能紧密。

(4) 要易于转化为合适的称量形。

1.3.2 对称量形的要求

(1) 必须有确定的化学组成，以此才能计算出正确的分析结果。

(2) 必须十分稳定，不受空气中水分、 CO_2 和 O_2 等的影响。如测定钙时，将沉淀形 $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 转化为 CaO 就不如转化为 CaCO_3 好，因为后者不受空气中水分和 CO_2 的影响。

(3) 摩尔质量要大，称量形中被测组分的含量要小。这样可使称量误差及其他操作误差对分析结果的影响较小。例如在铝的测定中，用 Al_2O_3 及 $(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3\text{Al}$ (8-羟基喹啉铝) 为称量形分别进行测定时，如果样品中所含 Al 量为 0.1000g，则分别可得到 0.1888g Al_2O_3 和 1.7040g $(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3\text{Al}$ ，由于分析天平称量误差一般为 0.0002g，因此称量 Al_2O_3 和 $(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3\text{Al}$ 这两种称量形的称量相对误差为：

$$E_{\text{Al}_2\text{O}_3} = \frac{\pm 0.0002}{0.1888} \times 100\% = \pm 0.11\%$$

$$E_{(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3\text{Al}} = \frac{\pm 0.0002}{1.7040} \times 100\% = \pm 0.012\%$$

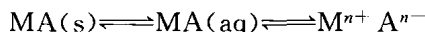
由此可见，后者称量相对误差约降低为前者的 1/10。因此，选择摩尔质量大的化合物作为称量形，可以提高分析的精密度。

1.4 沉淀的溶解度及其影响因素

利用沉淀反应进行称量分析时，要求沉淀反应进行得越完全越好。沉淀反应是否完全，可以根据反应达到平衡时溶液中未被沉淀的被测组分的量来衡量，即可以根据沉淀溶解度的大小来判断。溶解度小，沉淀完全；溶解度大，沉淀不完全。

1.4.1 溶解度和溶度积

微溶化合物 MA 在水溶液中的溶解过程为：



若 MA 为难电离化合物，在水溶液中除存在 M^{n+} 及 A^{n-} 外，还有 MA 分子。