

仪器仪表常用标准汇编

分析仪器卷

中国标准出版社 编



 中国标准出版社

仪器仪表常用标准汇编

分析仪器卷

中国标准出版社 编

中国标准出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

仪器仪表常用标准汇编. 分析仪器卷/中国标准出版社编. —北京: 中国标准出版社, 2004

ISBN 7-5066-3511-9

I. 仪… II. 中… III. ①仪器-标准-汇编-中国②仪表-标准-汇编-中国③分析仪器-标准-汇编-中国 IV. TH7-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 051341 号

中国标准出版社出版发行

北京复兴门外三里河北街 16 号

邮政编码: 100045

网址 www.bzcs.com

电话: 68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 47.25 字数 1 477 千字

2004 年 11 月第一版 2004 年 11 月第一次印刷

*

定价 135.00 元

*

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话: (010) 68533533

前 言

为了适应仪器仪表行业发展的需要,加强仪器仪表行业标准的
管理,促进相关标准的贯彻和实施,更好地满足仪器仪表行业工
程技术人员和管理人员对标准的需求,中国标准出版社根据仪
器仪表标准使用的实际情况,对现行仪器仪表标准进行了汇总整理,
组织编辑了该套《仪器仪表常用标准汇编》。

本套汇编收集了截止到 2004 年 4 月 30 日发布的仪器仪表常
用国家标准和相关行业标准,按专业分类汇集如下:

- | | |
|-------------|----------------------------|
| 《仪器仪表常用标准汇编 | 综合卷》 |
| 《仪器仪表常用标准汇编 | 材料及元件卷》 |
| 《仪器仪表常用标准汇编 | 实验室仪器卷》 |
| 《仪器仪表常用标准汇编 | 分析仪器卷》 |
| 《仪器仪表常用标准汇编 | 电工仪器仪表卷 基础分册》 |
| 《仪器仪表常用标准汇编 | 电工仪器仪表卷 电测指示仪表
分册》 |
| 《仪器仪表常用标准汇编 | 电工仪器仪表卷 电能测量分册》 |
| 《仪器仪表常用标准汇编 | 电工仪器仪表卷 显示与记录仪
表分册》 |
| 《仪器仪表常用标准汇编 | 工业自动化与控制装置卷 基础
分册》 |
| 《仪器仪表常用标准汇编 | 工业自动化与控制装置卷 检测
和记录仪分册》 |
| 《仪器仪表常用标准汇编 | 工业自动化与控制装置卷 流量
与物位仪表分册》 |
| 《仪器仪表常用标准汇编 | 工业自动化与控制装置卷 温度
与压力仪表分册》 |
| 《仪器仪表常用标准汇编 | 工业自动化与控制装置卷 执行 |

器和调节仪表分册》

《仪器仪表常用标准汇编 工业自动化与控制装置卷 自动控制与遥控装置分册》

《仪器仪表常用标准汇编 工业自动化与控制装置卷 工业控制机与计算机技术应用装置分册》

收入本套汇编的所有国家标准和行业标准都是现行的、有效的。由于标准的时效性,汇编所收的标准可能会被修订或重新制定,请读者使用时注意采用最新的有效版本。

本汇编为《仪器仪表常用标准汇编 分析仪器卷》,共收集物质成分分析仪器与环境监测仪器国家标准 31 项,机械行业标准 59 项。

本汇编在使用时请读者注意以下几点:

1. 鉴于收入标准出版年代不尽相同,对于其中的量和单位不统一之处及各标准格式不一致之处未做改动。

2. 本汇编收集的标准的属性已在本目录上表明(强制或推荐),标准年号用四位数字表示。鉴于部分标准是在标准清理整顿前出版的,现尚未修订,故正文部分仍保留原样(标准正文“引用标准”中标准的属性请读者注意查对)。

本套汇编由中国标准出版社第四编辑室策划、选编。对于本书的不足之处,请读者批评指正。

编 者

2004 年 5 月

目 录

分 析 仪 器 综 合

GB/T 5274—1985	气体分析——校准用混合气体的制备——称量法	3
GB/T 5275—1985	气体分析——校准用混合气体的制备——渗透法	14
GB/T 10248—1988	气体分析 校准用混合气体的制备 静态体积法	26
GB/T 11606.1—1989	分析仪器环境试验方法 总则	39
GB/T 11606.2—1989	分析仪器环境试验方法 电源频率与电压试验	43
GB/T 11606.3—1989	分析仪器环境试验方法 低温试验	44
GB/T 11606.4—1989	分析仪器环境试验方法 高温试验	46
GB/T 11606.5—1989	分析仪器环境试验方法 温度变化试验	48
GB/T 11606.6—1989	分析仪器环境试验方法 恒定湿热试验	50
GB/T 11606.7—1989	分析仪器环境试验方法 交变湿热试验	52
GB/T 11606.8—1989	分析仪器环境试验方法 振动试验	55
GB/T 11606.9—1989	分析仪器环境试验方法 磁场试验	57
GB/T 11606.10—1989	分析仪器环境试验方法 气压试验	59
GB/T 11606.11—1989	分析仪器环境试验方法 砂尘试验	61
GB/T 11606.12—1989	分析仪器环境试验方法 长霉试验	64
GB/T 11606.13—1989	分析仪器环境试验方法 盐雾试验	68
GB/T 11606.14—1989	分析仪器环境试验方法 低温贮存试验	70
GB/T 11606.15—1989	分析仪器环境试验方法 高温贮存试验	72
GB/T 11606.16—1989	分析仪器环境试验方法 跌落试验	74
GB/T 11606.17—1989	分析仪器环境试验方法 碰撞试验	76
GB/T 12519—1990	分析仪器通用技术条件	78
GB/T 13966—1992	分析仪器术语(节选)	84
GB/T 14070—1993	气体分析 校准用混合气体的制备 压力法	155
JB/T 5232—1991	离子选择电极测量用校准溶液制备方法	192
JB/T 6241—1992	分析仪器产品分类、命名及型号编制方法	196
JB/T 6851—1993	分析仪器质量检验规则	207
JB/T 8276—1999	pH 测量用缓冲溶液制备方法	217
JB/T 8277—1999	电导率仪测量用校准溶液制备方法	221
JB/T 8278—1999	电导率仪的试验溶液 氯化钠溶液制备方法	224
JB/T 8626—1997	校准用混合气体产品型号编制方法	235
JB/T 9353.1—1999	分析仪器常用图形符号	239
JB/T 9353.2—1999	分析仪器常用文字符号	283

注：本汇编收集的标准的属性已在本目录上表明(强制或推荐)，标准年号用四位数字表示。鉴于部分标准是在标准清理整顿前出版的，现尚未修订，故正文部分仍保留原样(标准正文“引用标准”中标准的属性请读者注意查对)。

JB/T 9355—1999	原子吸收测量用校准溶液的制备方法	293
----------------	------------------------	-----

物 性 分 析 仪 器

GB/T 10247—1988	粘度测试方法	301
GB/T 11165—1989	实验室 pH 计	329
GB/T 11605—1989	湿度测量方法	339
JB/T 5228—1991	测汞仪技术条件	366
JB/T 5229—1991	滤纸式烟度计 技术条件	373
JB/T 6203—1992	工业 pH 计	379
JB/T 9356—1999	电解湿度计 通用技术条件	384
JB/T 9357—1999	实验室旋转粘度计 通用技术条件	391
JB/T 9454—1999	毛发湿度计 技术条件	396
JB/T 9455—1999	毛发湿度表 技术条件	400
JB/T 9456—1999	机械通风干湿表 技术条件	404

色 谱 仪

JB/T 5225—1991	气相色谱仪测试用标准色谱柱	411
JB/T 5226—1991	液相色谱仪测试用标准色谱柱	421
JB/T 5227.1—1991	气相色谱仪用管路附件	430
JB/T 5227.2—1991	气相色谱仪用管路附件 接头	434
JB/T 5227.3—1991	气相色谱仪用管路附件 螺母	441
JB/T 5227.4—1991	气相色谱仪用管路附件 密封垫圈	444
JB/T 5227.5—1991	气相色谱仪用管路附件 垫圈	448
JB/T 5227.6—1991	气相色谱仪用管路附件 堵头螺钉	450
JB/T 6244—1992	实验室气相色谱仪	452
JB/T 9358—1999	液相色谱固定波长(254 nm)紫外吸收检测器 试验方法	464
JB/T 9360—1999	气相色谱用热导检测器 试验方法	475
JB/T 9361—1999	气相色谱用火焰离子化检测器 试验方法	487

电化学、热化学、光学式分析仪器

GB/T 11007—1989	电导率仪试验方法	497
GB/T 13971—1992	紫外线气体分析器技术条件	505
GB/T 18403.1—2001	气体分析器性能表示 第1部分:总则	514
JB/T 5224—1991	示波极谱仪 技术条件	528
JB/T 5230—1991	生理记录仪通用技术条件	533
JB/T 6240—1992	二氧化硫分析器技术条件	538
JB/T 6242—1992	荧光光度计	545
JB/T 6243—1992	pH 值测定用复合玻璃电极	551
JB/T 6245—1992	实验室离子计	557
JB/T 6855—1993	工业电导率仪	561
JB/T 6858—1993	pH 计和离子计试验方法	571
JB/T 6874—1993	工业气体分析器 技术条件	584
JB/T 7404—1994	电解质钠、钾分析仪	589

JB/T 7405—1994	热天平	595
JB/T 7815—1995	pH 值测定用玻璃电极	601
JB/T 8279—1999	工业气体分析器 试验方法	607
JB/T 8280—1999	热磁式氧分析器 技术条件	616
JB/T 8281—1999	氧化锆氧分析器 技术条件	624
JB/T 9354—1999	pH 值测定用甘汞电极	631
JB/T 9359.1—1999	红外线气体分析器 技术条件	636
JB/T 9359.2—1999	红外线气体分析器 试验方法	641
JB/T 9362—1999	离子选择电极 技术条件	652
JB/T 9365—1999	比较测色计	661
JB/T 9366—1999	实验室电导率仪	670
JB/T 9367—1999	光电比色计 通用技术条件	675
JB/T 9368—1999	电导电极 通用技术条件	683
JB/T 9369—1999	差热分析仪	689
JB/T 10058—2000	火焰光度计 技术条件	696

其他分析仪器

GB/T 13979—1992	氮质谱检漏仪	709
GB/T 18809—2002	空气离子测量仪通用规范	715
JB/T 6852—1993	汽车排气分析器校准用混合气体贮存容器的要求	723
JB/T 6854—1993	过程分析仪器试样处理系统性能表示	726
JB/T 9363—1999	四极质谱计 技术条件	733
JB/T 9364—1999	极谱仪试验溶液制备方法	744

分析仪器综合

中华人民共和国国家标准

气体分析 校准用混合气体的制备 称量法

Gas analysis—Preparation of calibration
gas mixtures—Weighing methods

UDC 5 43. 27
:5 3. 089. 68
GB 5274—85

本标准阐述了用于制备校准用混合气体的称量法。用该法制备的混合气体,在本标准规定的浓度范围内,不论其选定浓度值是多少,每个组分浓度的相对不确定度小于1%。

本标准等效采用国际标准 ISO 6142—1981《气体分析—校准用混合气体的制备—称量法》。

1 适用范围

称量法只适用于组分之间、组分与气瓶内壁不发生反应的气体,以及在实验条件下完全处于气态的可凝结组分。

2 方法原理

2.1 一般原理

在充入一定量已知纯度的某气体组分的前后称量气瓶,由两次称量的砝码读数之差确定充入气瓶内气体组分的质量。充入各种组分的气体,便制得一种混合气。

混合气中每个组分的质量浓度,为该组分的质量与所有组分质量总和之比。

混合气中每个组分的摩尔浓度,为该组分的摩尔数与所有组分摩尔数总和之比。

为了避免称量过少量的气体,对所制备的混合气中每个组分的浓度要规定一个浓度下限,或将量少的组分单独充入一个较小的气瓶内,在一台最大称量小的天平上进行称量,然后将此组分毫无丢失地转入另一气瓶中,并在一台最大称量大的天平上称量组分量大的气体。如欲制备的浓度低于规定的下限时,要用一种已知量的气体来稀释一定量先前所制得的混合气。为了得到 10^{-6} 级摩尔浓度的混合气,其误差在允许范围内,稀释操作必须重复两次。这个误差取决于天平的性能及其所用的操作过程。

在这些条件下,按下列方法计算浓度。

注:本标准所提到的“摩尔”,其基本单元是分子。

2.1.1 一次稀释法

本方法适用于制备浓度范围为 $10^{-3} \leq X_i \leq 1(\text{mol})$ 的混合气。混合气(混合气a)中i组分的浓度由下式计算:

$$X_i = \frac{n_i}{n_i + \sum n_j} = \frac{n_i}{n} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: $i, j \in [1, P], j \neq i$

i, j ——混合气中组分的符号。摩尔浓度为 X_i, X_j ;

P ——混合气中组分的总数;

n_i ——质量为 m_i ,摩尔质量为 M_i 的组分i的摩尔数,即: $n_i = \frac{m_i}{M_i}$;

n_j ——质量为 m_j ,摩尔质量为 M_j 的组分j的摩尔数,即: $n_j = \frac{m_j}{M_j}$ 。

国家标准局 1985-08-01 发布

1986-06-01 实施

在下文以及误差计算中，也用下述数量关系：

$$m = m_i + \sum m_j$$

$$n = n_i + \sum n_j$$

2.1.2 二次稀释法

本方法适用于制备浓度范围为 $10^{-4} < X_{2i} < 10^{-2}$ (mol) 的混合气。

取质量为 μ_1 的混合气 (即在 2.1.1 中制备的混合气 a)，用一种质量为 μ_{d1} 、摩尔质量为 M_d 的气体进行稀释 (一般情况下，2.1.1 中所用的稀释气，在这里也适用)。稀释所得的混合气 (混合气 b) 中，组分 i 的浓度由下式计算：

$$X_{2i} = \frac{\frac{\mu_1}{m} \cdot n_i}{\frac{\mu_1}{m} \cdot n + \frac{\mu_{d1}}{M_d}} = \frac{N_{2i}}{N_{2t} + N_{d1}} = \frac{N_{2i}}{N_{s2}} \dots\dots\dots (2)$$

式中： $N_{2i} = \frac{\mu_1}{m} \cdot n_i$ —— 质量为 μ_1 的混合气 a 所含组分 i 的摩尔数；

$N_{d1} = \frac{\mu_{d1}}{M_d}$ —— 质量为 μ_{d1} 的稀释气的摩尔数；

$N_{2t} = \frac{\mu_1}{m} \cdot n$ —— 质量为 μ_1 的混合气 a 所含组分 i、j 的摩尔数；

$N_{s2} = N_{2t} + N_{d1}$ —— 所得混合气 b 的总摩尔数。

也用下述数量关系：

$m_{s2} = \mu_1 + \mu_{d1}$ 即：所得混合气 b 的总质量。

2.1.3 三次稀释法

本方法适用于制备浓度范围为 $10^{-6} < X_{3i} < 10^{-4}$ (mol) 的低浓度混合气。

取质量为 μ_2 的混合气 b，用一种质量为 μ_{d2} 、摩尔质量为 M_d 的气体进行稀释 (与 2.1.2 中所用的方法相同)，稀释所得的混合气 (混合气 c) 中，i 组分的浓度由下式计算：

$$X_{3i} = \frac{\frac{\mu_2}{m_{s2}} \cdot N_{2i}}{\frac{\mu_2}{m_{s2}} \cdot N_{s2} + \frac{\mu_{d2}}{M_d}} = \frac{N_{3i}}{N_{3t} + N_{d2}} = \frac{N_{3i}}{N_{s3}} \dots\dots\dots (3)$$

式中： $N_{3i} = \frac{\mu_2}{m_{s2}} \cdot N_{2i}$ —— 质量为 μ_2 的混合气 b 所含组分 i 的摩尔数；

$N_{d2} = \frac{\mu_{d2}}{M_d}$ —— 质量为 μ_{d2} 的稀释气的摩尔数；

$N_{3t} = \frac{\mu_2}{m_{s2}} \cdot N_{s2}$ —— 质量为 μ_2 的混合气 b 所含组分 i、j、d 的摩尔数；

$N_{s3} = N_{3t} + N_{d2}$ —— 所得混合气 c 的总摩尔数。

也用下述数量关系：

$m_{s3} = \mu_2 + \mu_{d2}$ 即：所得混合气 c 的总质量。

规定此方法可通过三种途径来实现：

- 在大气中按常规称量；
- 在大气中，用一个参比气瓶称量；
- 在真空中称量。

2.1.4 一般注意事项

只有严格遵守纯气处理中的所有注意事项，由公式计算所得的结果才是正确的。这些注意事项是：

- a. 输送管路的特性和状况；
- b. 连接在管路上各部件(阀、截止元件等)的特性和状况；
- c. 包装材料的特性和状况(特别是对混合气组分无明显的吸附)。

此外,所用的气体必须进行严格的质量控制,特别是要测定存在于最终混合气中的各组分的浓度,或者在混合气的分析应用的浓度级别上会引起干扰的组分浓度。

制备的混合气,只有混合均匀后才能使用。

使用的气瓶必须符合原国家劳动总局颁布的《气瓶安全监察规程》中的规定。

2.2 误差来源*

2.2.1 气体处理的注意事项

误差的主要来源之一是没有对气体处理装置的清洁度和密封性(特别是真空泵过滤器和连接部件密封垫的更换)进行定期检查。在往气瓶中充入每一个组分之前,各管路应抽成真空,或者用待充组分气体反复地进行增压—减压来清洗管路。为了避免先前已称量的气体的损失,在往气瓶中充入第二个组分时,该气体的压力应远高于气瓶中的压力。为了防止反扩散,充气完成后,在热平衡的整个期间应关闭气瓶阀门。

2.2.2 在大气中称量的误差

混合气中每一组分浓度的总绝对误差取决于所用的设备和操作条件。

对充入气瓶内的气体,用天平称量,其误差来源于:

- a. 在前后两次称量之间,由于更换砝码而引起的绝对误差；
- b. 对上述气体称量时,由于所用砝码体积变化而引起浮力的变化。

由于操作条件而产生的误差,主要来自气瓶受到的浮力的变化。可能影响误差的参数有:

- a. 环境温度；
- b. 大气压力；
- c. 空气的相对湿度；
- d. 气瓶充气时体积的增加。

上述各项参数均可精确测得。可用校正公式确定浮力值,从而校准气瓶的表观质量,并得到气瓶每次称量的真实质量。

真实质量的绝对不确定度,是已知参数值准确度的函数。每一个组分浓度的相对误差是每个组分量的函数。它取决于要制备的浓度,如果摩尔浓度大于 10^{-3} ,则误差值小于 5×10^{-3} ;如果摩尔浓度小于或等于 10^{-3} ,则误差值小于 10^{-2} 。

2.2.3 在真空中称量的误差

真空中称量可忽略浮力的影响。在此条件下,每个组分浓度值的绝对误差与所用的砝码无关,因此不需校准。

真空中称量的相对误差是充入气瓶中每个组分量的函数,它取决于所要制备的浓度。

3 在大气中用参比瓶作比较的称量法

3.1 步骤

使用的天平应有足够的灵敏度和称量的动态特性,以保证所需要的相对准确度。

所用的气瓶,使用前要适当地抽空和加热。这样预处理后,气瓶中的压力应小于10Pa。

称量的操作步骤如下:

- a. 天平调零；
- b. 称空瓶；
- c. 将第一组分充入瓶内；

* 对天平的准确度、气瓶的常规处理、充气等环节的要求和注意事项请参见附录A(参考件)。

- d. 检查天平零点；
- e. 称量充有第一组分的气瓶；
- f. 将第二组分充入瓶内；
- g. 重复前面步骤。

所有操作应在清洁和稳定的环境中进行。

每次向瓶内充入一个组分，待气瓶和组分气与环境温度达到热平衡后，称量气瓶。当气瓶质量恒定时，就认为已达到了热平衡。

空瓶质量和充入每一组分后的气瓶质量是用一个相似气瓶作比较而称得的。除称量外，参比气瓶不需进行其他操作。这种方法可自动校准因气压所引起的浮力变化。

3.2 结果计算

3.2.1 一次稀释制备混合气的情况

3.2.1.1 浓度计算式：

$$X_i = \frac{\frac{m_i}{M_i}}{\frac{m_i}{M_i} + \sum \frac{m_j}{M_j}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

3.2.1.2 组分*i*的摩尔浓度值的相对不确定度的计算式：

$$\frac{\Delta X_i}{X_i} \leq \frac{\Delta m_i}{m_i} \cdot (1 - X_i) + \sum \frac{\Delta m_j}{m_j} \cdot X_j + \frac{\Delta M_i}{M_i} \cdot (1 - X_i) + \sum \frac{\Delta M_j}{M_j} \cdot X_j \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中： $m_i = P_1 - P_2 + b_i + F_i$ 为充入气瓶中*i*组分的质量，g；

$m_j = P_2 - P_3 + b_j + F_j$ 为充入气瓶中*j*组分的质量，g；

$\Delta m_i = \sqrt{2} \cdot \Delta P + \Delta b_i + \Delta F_i + W$ 为*i*组分质量称量的不确定度，g；

$\Delta m_j = \sqrt{2} \cdot \Delta P + \Delta b_j + \Delta F_j + 2 \cdot W$ 为*j*组分质量称量的不确定度，g；

P_1 ——称空瓶时，砝码的标称值，g；

P_2 ——称充有*i*组分的气瓶时，砝码的标称值，g；

P_3 ——称充有*i*、*j*组分的气瓶时，砝码的标称值，g；

b_i —— $(P_1 - P_2)$ 砝码的修正值，g；

b_j —— $(P_2 - P_3)$ 砝码的修正值，g；

F_i ——称充有*i*组分的气瓶时，气瓶和砝码的浮力修正值，g；

F_j ——称充有*j*组分的气瓶时，气瓶和砝码的浮力修正值，g；

ΔP ——天平称量的随机不确定度，g；

Δb_i —— $(P_1 - P_2)$ 砝码修正的不确定度，g；

Δb_j —— $(P_2 - P_3)$ 砝码修正的不确定度，g；

ΔF_i ——称充有*i*组分气瓶时，气瓶和砝码浮力修正的不确定度，g；

ΔF_j ——称充有*j*组分气瓶时，气瓶和砝码浮力修正的不确定度，g；

W ——气瓶与充气装置连接一次，拆装质量变化的最大值，g；

ΔM_i ——*i* 组分摩尔质量测定的不确定度；

ΔM_j ——*j* 组分摩尔质量测定的不确定度。

注：摩尔质量测定的相对不确定度为 $10^{-6} \sim 10^{-5}$ ，暂可忽略不计，这与现行的测量技术有关。

3.2.2 二次稀释制备混合气的情况

3.2.2.1 浓度计算式：

$$X_{2i} = \frac{\frac{\mu_1}{m} \cdot n_i}{\frac{\mu_1}{m} \cdot n + \frac{\mu_{d1}}{M_d}} \dots\dots\dots (6)$$

一般情况下，二次稀释时所用的稀释气与混合气 a 中的稀释气相同。

3.2.2.2 组分 i 的摩尔浓度值的相对不确定度的计算式：

$$\begin{aligned} \frac{\Delta X_{2i}}{X_{2i}} \leq & \frac{\Delta \mu_1}{\mu_1} \left(1 - \frac{n}{N_{s2}} \cdot \frac{\mu_1}{m} \right) \\ & + \frac{\Delta \mu_{d1}}{\mu_{d1}} \cdot \frac{N_{d1}}{N_{s2}} \\ & + \frac{\Delta m_i}{m_i} \left[1 - \frac{m_i}{m} - \left(X_i - \frac{m_i}{m} \right) \cdot \frac{n}{N_{s2}} \cdot \frac{\mu_1}{m} \right] \\ & + \sum \frac{\Delta m_j}{m_j} \left[\frac{m_j}{m} + \left(X_j - \frac{m_j}{m} \right) \cdot \frac{n}{N_{s2}} \cdot \frac{\mu_1}{m} \right] \\ & + \frac{\Delta M_i}{M_i} \left(1 - X_i \cdot \frac{n}{N_{s2}} \cdot \frac{\mu_1}{m} \right) \\ & + \sum \frac{\Delta M_j}{M_j} \cdot X_j \cdot \frac{n}{N_{s2}} \cdot \frac{\mu_1}{m} \\ & + \frac{\Delta M_d}{M_d} \cdot \frac{N_{d1}}{N_{s2}} \dots\dots\dots (7) \end{aligned}$$

应该注意：在微分表示式 $\frac{dX_{2i}}{X_{2i}}$ 中，当组分之一 j 与稀释气 d 相同时 $\frac{dM_j}{M_j}$ 和 $\frac{dM_d}{M_d}$ 用相同符号表示，保持前述各项有效。

3.2.3 三次稀释制备混合气的情况

3.2.3.1 浓度计算式：

$$X_{3i} = \frac{\frac{\mu_2}{m_{s2}} \cdot N_{2i}}{\frac{\mu_2}{m_{s2}} \cdot N_{s2} + \frac{\mu_{d2}}{M_d}} = \frac{N_{3i}}{N_{3t} + N_{d2}} = \frac{N_{3i}}{N_{s3}} \dots\dots\dots (8)$$

3.2.3.2 组分 i 的摩尔浓度值的相对不确定度的计算式：

$$\begin{aligned} \frac{\Delta X_{3i}}{X_{3i}} \leq & \frac{\Delta \mu_2}{\mu_2} \left(1 - \frac{N_{s2}}{N_{s3}} \cdot \frac{\mu_2}{m_{s2}} \right) \\ & + \frac{\Delta \mu_1}{\mu_1} \left[1 - \frac{\mu_1}{m_{s2}} \left(1 - \frac{N_{s2}}{N_{s3}} \cdot \frac{\mu_2}{m_{s2}} + \frac{n}{N_{s3}} \cdot \frac{\mu_2}{m} \right) \right] \\ & + \frac{\Delta \mu_{d2}}{\mu_{d2}} \cdot \frac{N_{d2}}{N_{s3}} \\ & + \frac{\Delta \mu_{d1}}{\mu_{d1}} \left[\frac{\mu_{d1}}{m_{s2}} \left(1 - \frac{N_{s2}}{N_{s3}} \cdot \frac{\mu_2}{m_{s2}} \right) + \frac{N_{d1}}{N_{s3}} \cdot \frac{\mu_2}{m_{s2}} \right] \\ & + \frac{\Delta m_i}{m_i} \left[1 - \frac{m_i}{m} - \left(X_i - \frac{m_i}{m} \right) \cdot \frac{n}{N_{s3}} \cdot \frac{\mu_2}{m_{s2}} \cdot \frac{\mu_1}{m} \right] \\ & + \sum \frac{\Delta m_j}{m_j} \cdot \left[\frac{m_j}{m} + \left(X_j - \frac{m_j}{m} \right) \cdot \frac{n}{N_{s3}} \cdot \frac{\mu_2}{m_{s2}} \cdot \frac{\mu_1}{m} \right] \\ & + \frac{\Delta M_i}{M_i} \left(1 - X_i \cdot \frac{n}{N_{s3}} \cdot \frac{\mu_1}{m} \cdot \frac{\mu_2}{m_{s2}} \right) \end{aligned}$$

$$+ \sum \frac{\Delta M_j}{M_j} \cdot X_j \cdot \frac{n}{N_{s_3}} \cdot \frac{\mu_1}{m} \cdot \frac{\mu_2}{m_{s_2}} \\ + \frac{\Delta M_d}{M_d} \cdot \left(\frac{N_{d_2}}{N_{s_3}} + \frac{N_{d_1}}{N_{s_3}} \cdot \frac{\mu_2}{m_{s_2}} \right) \dots\dots\dots (9)$$

应该注意：在微分表示式 $\frac{dX_{ji}}{X_{ji}}$ 中，当组分之一 j 与稀释气 d 相同时， $\frac{dM_j}{M_j}$ 和 $\frac{dM_d}{M_d}$ 用相同符号表示，保持前述各项有效。

3.3 制备混合气的实例

天平的最大称量为 100 kg，感量为 10 mg，砝码等级为三等。

气瓶是质量大约为 9 kg 的铝合金气瓶和大约为 70 kg 的钢瓶。

3.3.1 一次稀释

制备氮中一氧化碳混合气（混合气 a ）。

称空瓶时，砝码的标称值 $P_1 = 7404.951 \text{ g}$ ；

称充有一氧化碳的气瓶时，砝码的标称值 $P_2 = 7358.009 \text{ g}$ ；

称充有一氧化碳和氮气的气瓶时，砝码的标称值 $P_3 = 2844.845 \text{ g}$ 。

由上述数据可得：

充入气瓶中一氧化碳的质量 $m_1 = 47.000 \text{ g}^*$ 。

充入气瓶中氮气的质量 $m_2 = 4513.917 \text{ g}^*$

$$m = m_1 + m_2 = 4560.917 \text{ g}$$

由于 $M_{\text{CO}} = 28.010 \text{ (g/mol)}$

$$M_{\text{N}_2} = 28.0134 \text{ (g/mol)}$$

则可计算以下各量： $n_1 = 1.67797$ ； $n_2 = 161.1342$ ； $n = n_1 + n_2 = 162.812$ ； $X_1 = 0.010306$ （一氧化碳的摩尔浓度）； $X_2 = 0.989694$ （氮气的摩尔浓度）。同时，可按（5）式计算 X_1 的相对不确定度。

$$\frac{\Delta X_1}{X_1} \leq \frac{\Delta m_1}{m_1} (1 - X_1) + \frac{\Delta m_2}{m_2} (1 - X_1)$$

由于 $\Delta m_1 = 0.064 \text{ g}$ ； $\Delta m_2 = 0.196 \text{ g}$ ，所以，

$$\frac{\Delta X_1}{X_1} \leq \left(\frac{0.064}{47.000} + \frac{0.196}{4513.917} \right) \times 0.99$$

$$\frac{\Delta X_1}{X_1} \leq 1.40 \times 10^{-3}$$

由此得 X_1 的不确定度

$$\Delta X_1 \leq 1.40 \times 10^{-5}$$

即

$$X_2 = 1.031 \times 10^{-2} \pm 1.40 \times 10^{-5}$$

3.3.2 二次稀释

取部分混合气 a ，用氮气稀释制备混合气 b 。

称空瓶时，砝码的标称值 $P_1 = 5766.340 \text{ g}$ ；

称充有混合气 a 的气瓶时，砝码的标称值 $P_2 = 5720.345 \text{ g}$ ；

称充有混合气 a 和氮气时，砝码的标称值 $P_3 = 1185.929 \text{ g}$ 。

由上述数据可得：

充入气瓶中混合气 a 的质量 $\mu_1 = 46.002 \text{ g}^*$ ；二次稀释时充入气瓶中氮气的质量 $\mu_{d_1} = 4535.227 \text{ g}^*$ ；
 $m_{s_2} = \mu_1 + \mu_{d_1} = 4581.229 \text{ g}$ 。

* 按 3.2.1 中， m_i 和 m_j 计算式修正后的数值。

混合气 b 中一氧化碳的摩尔浓度为:

$$\begin{aligned}
 X_{2,1} &= \frac{\frac{\mu_1}{m} \cdot n_i}{\frac{\mu_1}{m} \cdot n + \frac{\mu_{d_1}}{M_d}} = \frac{N_{2i}}{N_{2i} + N_{d_1}} = \frac{N_{2i}}{N_{s_2}} \\
 &= \frac{\frac{46.002}{4560.917} \times 1.67797}{\frac{46.002}{4560.917} \times 162.812 + \frac{4535.227}{28.0134}} \\
 &= \frac{0.016924}{1.6421 + 161.895} \\
 &= 1.0349 \times 10^{-4}
 \end{aligned}$$

称量误差计算:

由于 $\Delta\mu_1 = \Delta m_1 = 0.064 \text{ g}$; $\Delta\mu_{d_1} = \Delta m_2 = 0.196 \text{ g}$,

所以
$$\frac{\Delta\mu_1}{\mu_1} = \frac{0.064}{46.002} = 1.39 \times 10^{-3};$$

$$\frac{\Delta\mu_{d_1}}{\mu_{d_1}} = \frac{0.196}{4535.227} = 4.32 \times 10^{-5}$$

已知: $N_{2i} = 0.016924$

$$N_{d_1} = 161.895$$

$$N_{s_2} = 163.537$$

$$\frac{m_1}{m} = \frac{47.000}{4560.917} = 0.010305$$

$$\frac{m_2}{m} = \frac{4513.917}{4560.917} = 0.989695$$

$$\frac{n}{N_{s_2}} \cdot \frac{\mu_1}{m} = \frac{162.812}{163.537} \times \frac{46.002}{4560.917} = 1.004 \times 10^{-2}$$

$$\frac{N_{d_1}}{N_{s_2}} = \frac{161.895}{163.537} = 0.98996$$

$$X_1 - \frac{m_1}{m} = 1.0306 \times 10^{-2} - 1.0305 \times 10^{-2} = 1 \times 10^{-6}$$

$$X_2 - \frac{m_2}{m} = 0.989694 - 0.989695 = -1 \times 10^{-6}$$

代入 (7) 式计算 $X_{2,1}$ 的相对不确定度:

$$\begin{aligned}
 \frac{\Delta X_{2,1}}{X_{2,1}} &\leq 1.39 \times 10^{-3} \times (1 - 1.004 \times 10^{-2}) \\
 &\quad + 4.32 \times 10^{-5} \times 0.98996 \\
 &\quad + 1.36 \times 10^{-3} \times (1 - 1.0305 \times 10^{-2} - 1 \times 10^{-6} \times 1.004 \times 10^{-2}) \\
 &\quad + 3.34 \times 10^{-5} \times (0.989695 - 1 \times 10^{-6} \times 1.004 \times 10^{-2}) \\
 \frac{\Delta X_{2,1}}{X_{2,1}} &\leq 2.80 \times 10^{-3}
 \end{aligned}$$

由此得 $X_{2,1}$ 的不确定度 $\Delta X_{2,1} \leq 3 \times 10^{-7}$

即 $X_{2,1} = 1.035 \times 10^{-4} \pm 3 \times 10^{-7}$