

第二版

仪表工试题集

在线分析仪表分册

● 王 森 符青灵 主编



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

仪表工试题集

第二版

在线分析仪表分册

王 森 符青灵 主编



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书较为详细地介绍了各种在线分析仪表的原理、结构、选型、应用、维护、校准知识, 取样及样品处理系统的设计和应用技术, 分析仪系统的安装施工和分析小屋有关知识。对烟气排放连续监测系统 (CEMS)、污水排放自动在线监测仪表、天然气处理和能量计量常用在线分析仪表也作了介绍。全书分为 22 个部分, 1200 多道试题。

本书不是一般意义上的考试题汇集, 而是以试题形式编写的一本培训教材和参考书, 它的内容是系统、完整、连贯的。

本书主要读者对象是石油、化工、天然气、电力、冶金、化纤、建材、轻工、食品、制药、工业水处理和污水处理、环保监测等行业的在线分析技术人员和仪表维修人员。对仪表自控设计人员、有关院校师生、在线分析仪表制造行业的技术人员和销售、服务工程师也有参考价值。

图书在版编目 (CIP) 数据

仪表工试题集. 在线分析仪表分册/王森, 符青灵主编. —2 版. —北京: 化学工业出版社, 2006. 3
ISBN 7-5025-8322-X

I. 仪… II. ①王…②符… III. ①自动化仪表-
试题②分析仪器-试题 IV. TH86-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 014233 号

仪表工试题集

第二版

在线分析仪表分册

王 森 符青灵 主编

责任编辑: 刘 哲

责任校对: 王素芹

封面设计: 于 兵

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 22 $\frac{3}{4}$ 字数 788 千字

2006 年 5 月第 2 版 2006 年 5 月北京第 4 次印刷

ISBN 7-5025-8322-X

定 价: 48.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

一

《仪表工试题集》(第二版)现场仪表分册、控制仪表分册分别于2002年和2003年出版,时隔三年之后,在线分析仪表分册终于和读者见面。

之所以拖延了三年之久,主要是由于编写难度较大。在线分析仪表种类多,涉及的知识面广,技术更新和产品换代快,国内有关书籍和参考资料又少,给编写工作带来一定困难。三年中,先后查阅了上百种图书、标准和资料,包括一部分国外专著和标准,经过一年多的写作和反复修改,在诸多同志的合作和协助下,才得以完稿。

限于编者的知识面和水平,书中难免存在不妥之处,诚恳欢迎广大读者和同行专家不吝赐教,给予批评指导。

二

在线分析仪表(On-Line Analyzers)又称过程分析仪表(Process Analyzers)。这两种名称在国外标准和著作中均在采用,国内分析仪器行业将其称为过程分析仪器,我国石油化工业大多称为在线分析仪表,环保行业则称为自动在线监测仪表。本书采用读者的习惯称呼,定名为“在线分析仪表分册”。

《仪表工试题集(第二版)·在线分析仪表分册》内容涉及气体分析仪、液体分析仪、样品处理系统和仪表安装几个方面,分为22个部分,1200多道试题。

对本书的内容做以下几点说明。

1. 随着全民环保意识的增强和国家排污总量控制计划的实施,在线分析仪表在环境监测和排污计量方面的使用量近年来迅速增加,在环保方面的应用前景十分广阔,为此,本书增加了“烟气排放连续监测系统(CEMS)”及“污水和地表水监测仪表”两部分内容。

2. 预计到2010年,全球天然气消费量将达到一次能源消费量的四分之一,这预示着天然气将成为21世纪最主要的能源之一。我国天然气在燃料中所占的份额也将大幅提高,采用在线色谱仪和流量计配套,对管输天然气进行能量计量已势在必行。天然气专用色谱仪、硫化氢和总硫分析仪、微量水分仪等在天然气处理和能量计量方面的使用量也是相当可观的。为此,本书加强了这几种仪表的介绍。

3. 取样和样品处理系统的完善程度和可靠性,是在线分析仪表成功应用的关键所在,也是目前国内的薄弱环节。本书对取样和样品处理技术做了较为详细的介绍,其中许多内容是参考国外标准和专著编写的。

4. 《仪表工试题集》一书不是一般意义上的考试题汇集,而是以试题形式编写的一本培训教材和参考书,它的内容是系统、完整、连贯的。该套试题集自1985年出版以来,累计发行量已达十几万套,已为广大读者熟悉和接受,因此,本书仍以试题的形式编写并以试题集的名称命名。

三

本书各部分的编写人员如下:

第1~4, 6, 8~16, 18, 20~22部分:王森;

第5部分:符青灵、任军、曹树德、王森;

第7部分：罗德偿、王森、符青灵、曹树德；

第17部分：符青灵、王森；

第19部分：符青灵、曹树德、王森。

参加本书编写的人员还有卓尔、李鹏飞、梁辛、张继勇、罗传忠、曾森、胡俊祖、何定君、李应甲、钱耀红、窦瑞娟、钱宁、黄汉荣、黄方、李卓越、钦鸣伟、童烂周、曾文秀、郑文章。

全书由王兆连、王京华审定。

本书收录了《仪表工试题集》第一版第七部分“在线分析仪表”中的一些内容，主要作者是魏正森等，特此说明并致以敬意。

在本书编写过程中，天华化工机械及自动化研究设计院苏州自动化研究所、广州石油化工公司检验中心给予大力支持和热情协助，在此，谨对上述单位表示衷心感谢！

王 森
2006 年春节

目 录

第 1 篇 基础知识

1. 仪表的性能指标和有关知识	1
1.1 在线分析仪表主要性能指标	1
1.2 在线分析常用浓度单位	5
1.3 防爆和仪表的防爆等级	8
1.4 仪表的防护等级	15

第 2 篇 气体分析仪

2. 红外线气体分析仪	17
3. 氧分析仪	35
3.1 顺磁式氧分析仪	35
3.2 氧化锆氧分析仪	47
3.3 微量氧分析仪	54
4. 热导式气体分析仪	60
5. 气相色谱仪	67
5.1 基本知识	67
5.2 色谱柱	71
5.3 柱系统和柱切技术	79
5.4 检测器	86
5.5 谱图分析、定性定量及标定	97
5.6 故障判断和处理	101
5.7 天然气专用色谱仪和热值计算	107
6. 微量水分仪	113
6.1 电解式微量水分仪	114
6.2 电容式微量水分仪	118
6.3 晶体振荡式微量水分仪	122
6.4 微量水分仪的标定和校准	125
7. 硫分析仪	129
7.1 醋酸铅纸带法硫化氢和总硫分析仪	129
7.2 紫外吸收法硫化氢、二氧化硫分析仪	135
8. 可燃性、有毒性气体检测报警器	141
9. 标准气体和辅助气体	152
10 烟气排放连续监测系统 (CEMS)	164
10.1 烟尘监测子系统	166
10.2 气态污染物监测子系统	170
10.3 烟气参数监测子系统	180
10.4 烟气流量和排放量计算	186

10.5 CEMS 的系统认定	188
-----------------------	-----

第 3 篇 液体分析仪

11. 工业 pH 计	190
12. 离子选择性电极和工业钠度计	209
12.1 离子选择性电极	209
12.2 工业钠度计	213
13. 工业电导仪	216
14. 浊度计	230
15. 溶解氧分析仪	238
16. 余氯分析仪	246
17. 紫外-可见光分光光度计和硅酸根、磷酸根分析仪	249
17.1 紫外-可见光分光光度计	249
17.2 硅酸根、磷酸根分析仪	255
18. 污水和地表水监测仪表	262
19. 油品质量分析仪表	269
19.1 馏程分析仪	269
19.2 倾点分析仪	273
19.3 闪点分析仪	277
19.4 辛烷值分析仪	279
19.5 原油含水分析仪	281
20. 密度计	284
20.1 振动式密度计	285
20.2 γ 射线密度计	288

第 4 篇 样品处理系统和仪表安装

21. 取样和样品处理系统	292
21.1 取样和取样探头	292
21.2 样品传输和伴热保温	296
21.3 样品处理	306
21.4 流路切换系统	328
21.5 样品排放	328
21.6 特殊样品的取样和处理系统	330
21.7 样品系统滞后时间计算	340
21.8 样品处理系统的检验测试	345
22. 分析小屋和仪表安装	347
附录 化工分析仪表维修工国家职业标准	354

第1篇 基础知识

1. 仪表的性能指标和有关知识

1-1 什么是在线分析仪表？在线分析仪表如何分类？

答：在线分析仪表（on-line analyzers）又称过程分析仪表（process analyzers），是指直接安装在工艺流程中，对物料的组成成分或物性参数进行自动连续分析的一类仪表。在线分析仪表不仅广泛用于工业生产实时分析，在环境保护污染源（烟气、污水）排放连续自动监测和排污总量控制中，也有广阔的应用前景。

按被测介质的相态分，在线分析仪表可分为气体分析仪和液体分析仪两大类。

按测量成分或参数分，可分为氢分析仪、氧分析仪、pH值测定仪、电导率测定仪等多种。

按测量方法分，可分为光学分析仪器、电化学分析仪器、色谱分析仪器、物性分析仪器、热分析仪器等多种类别。

分析仪器的种类繁多，用途各异，分析方法的发展迅速，现有的分析方法已达200多种，从不同的角度出发可以有不同的分类方法，但目前尚难对分析仪器做出一个统一、科学的分类。

1.1 在线分析仪表主要性能指标

1-2 在线分析仪表的性能指标主要有哪些？

答：在线分析仪表的性能指标含义广泛，但大体上可以分成两类。

一类性能指标与仪器的工作范围和工作条件有关。工作范围主要是指测量对象、测量范围等，对于不同的分析仪器，工作范围方面的性能指标是不同的。工作条件包括环境条件、样品条件、供电供气要求、仪表的防爆性能和防护等级等。在线分析仪表直接安装在工业现场，对工艺流程物料连续进样分析，因此，环境条件对仪器的适应性要求比较严格，仪器对样品条件的要求也比较严格，工作条件方面的性能指标与实验室分析仪器相比，有较大区别。

另一类性能指标与仪器的分析信号，即仪器的响应值有关。这类性能指标对不同的分析仪器，数值和量纲可能有所不同，但它们的定义是共同的，是不同类型分析仪器共同具有的性能指标，是同一类分析仪器进行比较的重要依据，也是评价分析仪器基本性能

的重要参数。这类性能指标主要有灵敏度、检出限、重复性、准确度、分辨率、稳定性、线性范围、响应时间等。

1-3 什么是灵敏度？

答：灵敏度（sensitivity）是指被测物质的含量或浓度改变一个单位时分析信号的变化量，表示仪器对被测量变化的反应能力。也可以说，灵敏度是指仪器的输出信号变化与被测组分浓度变化之比，这一数值越大，表示仪器越敏感，即被测组分浓度有微小变化时，仪表就能产生足够的响应信号。

如果仪器的输入输出是线性特性，则仪器的灵敏度是常数；如果是非线性特性，则灵敏度在整个量程范围内是变数，它在不同的输入输出段是不一样的。

如果仪器的输入输出具有相同的单位，则灵敏度就是放大倍数；如果是不同的单位，则灵敏度是转换系数。

1-4 什么是检出限？

答：检出限（limit of detection）是指能产生一个确证在样品中存在被测物质的分析信号所需要的该物质的最小含量或最小浓度，是表征和评价分析仪器检测能力的一个基本指标。在测量误差遵从正态分布的条件下，指能用该分析仪器以给定的置信度（通常取置信度99.7%，有时也用置信度95%）检出被测组分的最小含量或最小浓度。

显然，分析仪器的灵敏度越高，检出限越低，所能检出的物质质量值越小，所以以前常用灵敏度来表征分析仪器的检出限。但分析灵敏度直接依赖于检测器的灵敏度与仪器的放大倍数。随着灵敏度的提高，通常噪声也随之增大，而信噪比和分析方法的检出能力不一定会改善和提高。由于灵敏度未能考虑到测量噪声的影响，因此，现在已不用灵敏度来表征分析仪器的最大检出能力，而推荐用检出限来表征。

1-5 什么是重复性？什么是精密性？

答：重复性（repeatability）又称重复性误差。重复性误差是指仪器在操作条件不变的情况下，多次分析结果之间的偏差。

精密性（precision）是指多次重复测定同一量时各次测定值之间彼此相符合的程度，表示测定过程中随机误差的大小，一般用标准偏差表征。

从以上定义可知,仪器的重复性和精密度实际上是同一含义。

1-6 什么是准确度?

答:仪器的准确度(accuracy)是指在一定测量条件下,多次测得的平均值与真值相符合的程度,表示仪器的指示值接近于真值的能力。仪器的准确度又称为精确度,简称精度(应当注意,精确度和精密度不是同一概念)。

由于被测变量的真值是无法求得的(标准样品的定值也不是真值),而影响仪器准确度的因素又很多,所以准确度是一个很难确切定义的性能指标。很多分析仪器的样本和说明书中无此项指标,而是用各种误差指标从不同的角度来描述仪器的准确度。近来,也常用不确定度表示仪器的指示值与真值接近的程度。

一般来说,仪器的准确度可用基本误差来衡量(注意,只是衡量而不是等同)。基本误差是指在规定的使用条件下仪器的最大测量误差。如果仪器的使用条件超出规定范围时,所增加的测量误差称为附加误差。附加误差如环境温度附加误差、电源波动附加误差等,只能作为使用时的参考,不应作为评定分析仪器准确度的指标。

1-7 仪器准确度的表示方法有绝对误差和相对误差两种。在仪器样本和说明书中,相对误差一般用 $\pm\%FS$ 表示,有时也用 $\pm\%R$ 表示。请说明这两种表示方法的含义和区别。

答:FS是英文 Full Scale 的缩写, $\pm\%FS$ 表示仪表满量程相对误差。

$$\text{仪表满量程相对误差} = \frac{\text{绝对误差}}{\text{测量上限} - \text{测量下限}} \times 100\%$$

R是英文 Reading 的缩写, $\pm\%R$ 表示仪表读数(示值)相对误差。

$$\text{仪表读数相对误差} = \frac{\text{绝对误差}}{\text{仪表读数(示值)}} \times 100\%$$

1-8 仪器的准确度和精密度有何区别?

答:简单地说,准确度是指仪器多次测量的平均值与真值相符合的程度,精密度是指仪器多次测量时各次测定值之间彼此相符合的程度。好的精密度是获得良好准确度的先决条件,精密度不好,不可能有良好的准确度;精密度好,却不一定能保证准确度也好。

精密度取决于随机误差,准确度主要取决于系统误差,同时也受到随机误差的影响。系统误差的影响可以用修正值来修正,随机误差的影响无法加以修正,只能用标准偏差来评估。

1-9 什么是不确定度?

答:简单地说,由于测量误差的存在,对测量值不能肯定的程度称为不确定度(inaccuracy)。不确定度主要来自随机误差,随机误差产生的原因很多,而

且不可能完全消除,所以测量结果总是存在随机不确定度。

严格地说,不确定度是表征合理地赋予被测量之值的分散性,并与测量结果相联系的一个参数。对测量结果来说,不确定度表示其分散程度。国际计量局(BIPM)、国际标准化组织(ISO)、国际电工委员会(IEC)等国际组织已联合制定了“测量不确定度表示指南”,规定了不确定度的定义和量化方式,它是一个可量化的参数,可通过对其组成量的计算给出。

测量不确定度由多个分量组成,其中一些分量可用测量结果的统计分布估算,可用实验标准偏差 s 表征(称为A类不确定度);另一些分量则可用基于经验或其他信息的假定概率分布估算,也可用类似于标准偏差的量 U_i 表征(称为B类不确定度)。将A类不确定度和B类不确定度按均方根的方式组合起来就得出“合成标准不确定度” U_c ;再乘以包含因子 K (该因子与测量所要求的置信概率相关,表示测量值的可信程度,其值在1~3之间)将得出“展伸不确定度”,或称为“总不确定度”,以 U 表示。

1-10 什么是分辨率?

答:分辨率(resolution)又称分辨力或分辨能力(resolving power),是指仪器能区分开最邻近所示量值的能力。不同分析仪器所指的最邻近示量值有所不同,如光谱所指的一般是最邻近的波长量值,色谱所指的是最邻近的两个峰,而质谱所指的是最邻近的两个质量数,所以不同分析仪器的分辨率所指也有所不同。

分析仪器的分辨率是可调的,仪器性能指标中给出的分辨率一般是该仪器的最高分辨率。根据分析的要求,在实际工作中可能使用较低的分辨率,因为此时分析仪器的灵敏度可能更好些。一般来说,分辨率越高,灵敏度越低。

1-11 什么是稳定性?

答:稳定性(stability)是指在规定的条件下,仪器保持其计量特性不变的能力。分析仪器的稳定性,主要是指分析仪器响应值随时间的变化特性。稳定性可用噪声(noises)和漂移(drift)两个参数来表征。

噪声是由于未知的偶然因素所引起的分析信号的随机波动,它干扰有用分析信号的检测。在零含量(浓度)时产生的噪声,称为基线噪声,它使检出限变差。噪声大小用标准偏差表示。

漂移是指分析信号朝某个一定的方向缓慢变化的现象。基线朝一个方向变化称基线漂移。漂移表示了系统误差的影响。

噪声和漂移产生的原因,主要是外界条件发生了变化,如电源电压、频率的波动,外界电磁场干扰,

周围环境的温度、湿度发生变化等。仪器元件损坏，仪器灵敏度过高也会引起噪声或漂移的出现。

所以，电源电压波动影响、环境温度变化影响、抗电磁干扰性能等也属于仪器的稳定性指标。

1-12 什么是电磁兼容性？

答：电磁兼容性（electromagnetism compatibility）是工业过程测量和控制仪表的一项技术性能。由于工业仪表总是和各类产生电磁干扰的设备在一起工作，因此不可避免地受电磁环境的影响。如何使不同的电气、电子设备能在规定的电磁环境中正常工作，又不对该环境或其他设备造成不允许的扰动，这就是电磁兼容性标准规定的内容。它包括抗扰性和发射限值两类要求。

工业仪表受电磁环境干扰的干扰源主要来自各类开关装置、继电器、电焊机、广播电台、电视台、无线通信工具以及工业设备产生的电磁辐射，带静电荷的操作人员也可能成为干扰源。

干扰源通过工业仪表的电源线、信号输入输出线或外壳，以电容耦合、电感耦合、电磁辐射的形式导入，也可通过公共阻抗直接导入。

绝大部分工业仪表是由电子线路组成的，工作电流很小，并带有微处理器，对电磁干扰十分敏感，故在设计制造中，必须经受再现和模拟其工作现场可能遇到的电磁干扰环境的各种试验，以使它们的技术特性符合电磁兼容性标准的要求。

1-13 什么是线性范围？什么是线性度？

答：线性范围（linearrange）是指校正曲线（标准曲线）所跨越的最大线性区间，用来表示对被测组分含量或浓度的适用性。仪器的线性范围越宽越好。

可以用仪器响应值或被测量值的高端值与低端值之差来表征仪器的线性动态范围，也可用两者之比来表征仪器的线性动态范围。

用高端值与低端值之差表征线性动态范围的优点是直观和方便应用，物理含义明确，不受校正曲线截距和斜率的影响。

杂散光对校正曲线线性动态范围的上限、噪声对校正曲线线性动态范围的下限有显著的影响，用高端值与低端值之比来表征仪器线性范围，对杂散光和噪声的反应灵敏，适合用来考察杂散光和噪声对线性范围的影响。

线性度（linearity）又称线性度误差或非线形误差，一般是指仪表的输出曲线与相应直线之间的最大偏差，用该偏差与仪器量程的百分数表示。

1-14 什么是响应时间？

答：响应时间（response time）是仪器的动态性能指标，它表征仪器测量速度快慢。响应时间一般定义为：从样品进入仪器到显示器显示出被测组分含量

值的时间。

分析仪器通常可看成惯性环节，从理论上讲显示值与测量值完全一致的时间为无限长。但一般认为，显示值达到与最终值之差与仪表量程之比等于仪表精度时就认为达到了最终值。这样，响应时间可定义为：从测量开始到显示值与最终值相差为相对误差时的时间。例如：相对误差为 $\pm 5\%$ ，这样，响应时间就是显示值达到最终值的95%时所需的时间。也有时把响应时间定义为达到最终值90%所需的时间。为了明确起见，表示响应时间应注明距最终值的差值，比如： $T_{90}=5s$ 表示显示值达到最终值的90%时所需的时间为5s。

另一种表示方法是仪器响应到达指示值的63%时需要的时间，也叫时间常数，通常用 T 或 T_{63} 表示。

1-15 什么是分析滞后时间？

答：分析滞后时间（lag time of analysis）等于“样品传输滞后时间”和“分析仪表响应时间”之和，即样品从工艺设备取出到得到分析结果这段时间。

样品传输滞后时间包括取样、传输和预处理环节所需时间。

1-16 什么是可靠性？

答：可靠性（reliability）是指仪器的所有性能（准确度、稳定性等）随时间保持不变的能力，也可以解释为仪器长期稳定运行的能力，平均无故障运行时间MTBF是衡量仪器可靠性的一项重要指标。

1-17 什么是检定？什么是校准？

答：分析仪器新产品出厂前要刻度，批量生产时要进行定型鉴定，在日常使用中要进行校准，长期使用，特别在修理或调试后需要进行检定或校准。检定和校准都是“传递量值”或“量值溯源”的一种方式，为仪器的正确使用建立准确、一致的基础。检定是定期的，是对仪器计量性能较全面的评价。校准是日常进行的，是对仪器主要性能的检查以保证示值的准确。检定与校准两者互为补充，不能相互替代。

检定（verification）是指为评价仪器的计量性能，以确定其是否合格所进行的工作。检定方法主要是利用标准物质评价仪器的性能，检定内容主要是检验仪器的准确度、重复性和线性度。检定的依据是国家或行业发布的检定规程，其内容包括规程的适用范围、仪器的计量性能、检定项目、条件和方法、检定结果和周期等。

校准（calibration）是指在规定的条件下，检验仪器的指示值和被测量值之间的关系的一组操作。可以利用校准的结果评价仪器的“示值误差”和给仪器标尺赋值。可以单点校准，也可选两个点（在待测范围的上端与下端）校准，还可进行多点校准。用校准

曲线或校正因子表示校准结果。校准通常以标准物质作为已知量值的“待测物”，利用标准物质的准确定值来进行。我们通常所说的“标定”、“校正”和“校准”是同一含义。

1-18 什么是标准物质？

答：国际标准化组织标准物质委员会（ISO/REMCO）1992年颁布的国际标准化指南 30（Guide 30）第二版对标准物质的定义如下：

标准物质（Reference Material, RM）是“具有一种或多种足够均匀和很好确定了特性值，用以校准设备、评价测量方法或给材料赋值的材料或物质”。

有证标准物质（Certified Reference Material, CRM）是“附有证书的标准物质，其一种或多种特性值用建立了溯源性的程序确定，使之可溯源到复现准确的、用于表示该特性值的计量单位，而且每个标准值都附有给定置信水平的不确定度。”

“RM”和“CRM”两者的区别在于“RM”没有经过“定值”，没有定值数据发布。

我国的标准物质由国家质量监督检验检疫总局确认和颁布，均为“有证标准物质”，基本上分为两级，即一级标准物质和二级标准物质，其编号分别为 GBW××××× 和 GBW（E）×××××。“GBW”是“国家标准物质”的汉语拼音缩写，其后的“×”代表数字（一级标准物质有 5 位数字，二级有 6 位数字），分别表示标准物质的分类号和序号。

1-19 什么是有效数字？有效数字保留的位数是根据什么决定的？

答：所谓有效数字，就是实际能测得的数字。

有效数字保留的位数，是根据分析方法与仪器的准确度决定的，一般使测得的数值中只有最后一位是可疑的。例如在某台仪器测量值读为 0.5000，这不仅表明测量值为 0.5000，还表示测量的误差在 ±0.0001 以内。如将测量值记录成 0.50，则表示其测量误差为 ±0.01。因此记录数据的位数不能任意增加或减少。

无论仪器如何精密，其最后一位数总是估计出来的。因此所谓有效数字就是保留末一位不准确数字，其余数字均为准确数字。同时从上面的例子也可以看出，有效数字和仪器的准确程度有关，即有效数字不仅表明数量的大小，而且也反映仪器的准确度。测量结果所记录的数字，应与所用仪器的准确度相适应。

1-20 “0”在有效数字中有两种意义，一种是作为数字定位，另一种是有效数字。在以下数据中，“0”所起的作用是什么？它们各有几位有效数字？

① 10.1430；② 2.1045；③ 0.2104；④ 0.0120；

⑤ 4500

答：① 在 10.1430 中两个“0”都是有效数字，所以它有 6 位有效数字。

② 在 2.1045 中，“0”也是有效数字，所以它有 5 位有效数字。

③ 在 0.2104 中，小数点前面的“0”是定位用的，不是有效数字，而在数字中间的“0”是有效数字，所以它有 4 位有效数字。

④ 在 0.0120 中，“1”前面的 2 个“0”都是定位用的，而在末尾的“0”是有效数字，所以它有 3 位有效数字。

由以上分析可知，数字之间的“0”和末尾的“0”都是有效数字，而数字前面所有的“0”只起定位作用。但以“0”结尾的正整数，有效数字的位数不确定。

⑤ 4500 是以“0”结尾的正整数，不好确定是几位有效数字，可能为 2 位或 3 位，也可能是 4 位。遇到这种情况，应根据实际有效数字位数书写成：

4.5×10^3 ——2 位有效数字

4.50×10^3 ——3 位有效数字

4.500×10^3 ——4 位有效数字

因此很大或很小的数，常用 10 的乘方表示。当有效数字确定后，在书写时，一般只保留 1 位可疑数字，多余的数字按数字修约规则处理。

1-21 什么是数字修约规则？

答：为了适应生产和科技工作的需要，我国已经正式颁布了 GB 8170—87《数值修约规则》，通常称为“四舍六入五成双”法则。

四舍六入五考虑，即当尾数 ≤ 4 时舍去，尾数 ≥ 6 时进位。当尾数恰为 5 时，则应视保留的末位数是奇数还是偶数，5 前为偶数应将 5 舍去，5 前为奇数则进位。

这一法则的具体运用如下。

（1）若被舍弃的第一位数字大于 5，则其前一位数字加 1。如 28.2645 只取 3 位有效数字时，其被舍弃的第一位数字为 6，大于 5，则有效数字应为 28.3。

（2）若被舍弃的第一位数字等于 5，而其后面数字全部为零，则视被保留的末位数字为奇数或偶数（零视为偶数），而定进或舍，末位是奇数时进 1、末位为偶数不加 1。如 28.350，28.250，28.050 只取 3 位有效数字时，分别应为 28.4，28.2 及 28.0。

（3）若被舍弃的第一位数字为 5，而其后面的数字并非全部为零，则进 1。如 28.2501，只取 3 位有效数字时，则进 1，成为 28.3。

（4）若被舍弃的数字包括几位数字时，不得对该数字进行连续修约，而应根据以上各条件作一次处理。如 2.154546，只取 3 位有效数字时，应为 2.15，而

不得按下法连续修约为 2.16。

2.154546→2.15455→2.1546→2.155→2.16

1-22 判断 (对打√, 不对打×)

- (1) 测量值小数点后的位数愈多, 测量愈精确。
- (2) 选定的单位相同时, 测量值小数点后位数愈多, 测量愈精确。
- (3) 计算结果中保留的小数点后位数愈多, 精确度愈高。
- (4) 测量数据中出现的一切非零数字都是有效数字。
- (5) 在非零数字中间的零是有效数字。
- (6) 在非零数字右边的零是有效数字。
- (7) 在整数部分不为零的小数点右边的零是有效数字。

答: (1) ×; (2) √; (3) ×; (4) √; (5) √; (6) √; (7) √。

在表示测量结果时, 必须采用正确的有效数字, 不能多取, 也不能少取。少取会损害测量的精度, 多取则又夸大了测量精度。所以①、③是错误的。

零也是一个数字, 但在整数部分为零的左边的零不是有效数字, 而上述⑤、⑥、⑦的零都不在左边。

1-23 试指出下列量值的有效数字位数。

①4.8mA; ②4.80mA; ③2705kΩ; ④2.705×10³Ω; ⑤1.36×10⁻³V; ⑥1.0mg/L; ⑦0.2W; ⑧2500mmH₂O; ⑨1.0332W; ⑩10.000mmH₂O。

答: ⑦一位; ①、⑥两位; ②、⑤三位; ③、④、⑧四位; ⑨、⑩五位。

“0”这个数字, 可以是有效数字, 也可以不是有效数字。例如在 0.2W 中的 0 不是有效数字, 因为它和 0.2W 的精度无关; 但在 10.000mmH₂O 中, 后面的四个 0 均为有效数字, 因为它们和 10.000 的精确度有关。假如这两个数均是采用“四舍五入”法截取所得的近似数, 对 0.2W 来说, 其误差的绝对值为 0.05W, 若去掉前面的 0, 写成 2×10⁻¹W, 其误差的绝对值为 0.5×10⁻¹W, 即仍为 0.05W, 与精确度无关。而对于 10.000mmH₂O 来说, 其误差的绝对值为 0.0005mmH₂O, 若去掉近似数后面的四个 0, 写成 1.0×10mmH₂O, 其误差的绝对值 0.5×10mmH₂O, 成了 5mmH₂O, 不再是 0.0005mmH₂O, 即与精确度有关。因此对待近似数时, 不可像对待准确数那样随便去掉小数点部分右边的 0, 或在小数点右边加上 0。

1.2 在线分析常用浓度单位

1-24 在线分析中气体浓度的表示方法有哪些?

答: 气体含量的表示方法有摩尔分数、体积分数、质量浓度、质量分数、物质的量浓度等。

在线分析中气体浓度的表示方法主要有以下四种。

(1) 气体的摩尔分数 x_B 组分 B 的物质的量与混合气体中各组分物质的量的总和之比。

$$x_B = \frac{n_B}{\sum_{i=1}^n n_i}$$

式中 n_B ——混合气体中组分 B 的物质的量, mol;

n_i ——混合气体中各组分物质的量, mol。

常用的单位是%、10⁻⁶、10⁻⁹, 即我们以前常用的% mol (摩尔百分比)、ppm mol、ppb mol。

(2) 气体的体积分数 φ_B 组分 B 的体积 V_B 与混合气体中各组分体积 V_i 的总和之比。

$$\varphi_B = \frac{V_B}{\sum_{i=1}^n V_i}$$

常用的单位是%、10⁻⁶、10⁻⁹, 即我们以前常用的% vol (体积百分比)、ppm vol、ppb vol。

对于理想气体来说, 摩尔分数 = 体积分数, $x_B = \varphi_B$ 。

(3) 气体的质量浓度 ρ_B 组分气体 B 的质量 m 与混合气体的体积 V 之比。

$$\rho_B = \frac{m}{V}$$

常用的单位是 kg/m³、g/m³、mg/m³。

(4) 气体的质量分数 w_B 组分气体 B 的质量 m_B 与气体中各组分的质量 m_i 总和之比。

$$w_B = \frac{m_B}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

常用的单位是%、10⁻⁶、10⁻⁹。质量分数就是以前使用的% wt (质量分数)、ppm wt、ppb wt。

气体分析中, 一般不单独使用质量分数表示方法, 仅用于气体和液体混合物浓度之间的相互换算。

1-25 气体的摩尔分数 x_B 和气体的体积分数 φ_B 之间有何关系?

答: 对于理想气体来说, 摩尔分数 = 体积分数, $x_B = \varphi_B$ 。

应当指出, 理想气体状态方程仅适用于常温常压下的干一般气体。对于一些较易液化的气体, 如 CO₂、SO₂、NH₃、C₃、C₄ 等在一般温度和压力下, 与理想气体状态方程的偏差就较明显。另外一些气体在高压、低温及接近液态时, 应用理想气体状态方程也会带来较大偏差。因此, 对于这些气体在应用理想气体状态方程时, 应增加一个气体压缩系数 Z 来加以修正。

在线气体成分分析仪设计时, 一般是把各种气体作为理想气体处理, 按理想气体定律进行计算, 测量

值可以认为是体积分数，也可以认为是摩尔分数，因为对理想气体而言，两者是完全相等的。当然对于真实气体而言，两者并不完全相等，由于两者的差别很小，所以往往忽略不计。

因此，在一般的气体成分分析中，可以认为摩尔分数=体积分数，但应注意两者之间的实质差别。在与计量有关的气体成分分析中，例如天然气能量计量中，则应对这两种浓度严格加以区分，并用气体压缩系数 Z 对分析结果进行修正。（详见本书“天然气色

谱仪”部分）

1-26 在线气体成分含量分析中，常用到以下几种浓度单位：

绝对含量—— mg/m^3

体积百万分含量—— ppm vol

质量百万分含量—— ppm wt

这几种浓度单位之间如何进行换算？

答： mg/m^3 、 ppm vol 与 ppm wt 之间的换算关系见表 1-1 和表 1-2。

表 1-1 气体浓度单位换算表（1）（ 20°C 、 101.325kPa 下，空气中）

浓度单位	换算后单位	需乘的换算系数	说 明
mg/m^3	$\mu\text{g}/\text{L}$	1	M ——气体组分的摩尔质量, g 24.04 —— 20°C 、 101.325kPa 下, 1mol 气体分子的体积, L ; $24.04=22.4\times[(273.15+20)\div273.15]$ $0.8301=24.04\div28.96$ 28.96 ——干空气的摩尔质量, g
	ppm vol	$24.04/M$	
	ppm wt	0.8301	
ppm vol	mg/m^3	$M/24.04$	
	$\mu\text{g}/\text{L}$	$M/24.04$	
	ppm wt	$M/28.96$	
ppm wt	mg/m^3	1.2047	$1.2047=1\div0.8301$
	$\mu\text{g}/\text{L}$	1.2047	
	ppm vol	$28.96/M$	
lb/ft^3	mg/m^3	16.0169×10^6	$1\text{lb}=453.6\text{g}=453600\text{mg}$ $1\text{ft}^3=28.32\text{L}=0.02832\text{m}^3$ $1\text{lb}/\text{ft}^3=453600\div0.02832=16.0169\times10^6\text{mg}/\text{m}^3$ $385.0463\times10^6/M=16.0169\times10^6\times24.04/M$ $13.2956\times10^6=16.0169\times10^6\times0.8301$
	$\mu\text{g}/\text{L}$	16.0169×10^6	
	ppm vol	$385.0463\times10^6/M$	
	ppm wt	13.2956×10^6	

注：如 ppm wt （ 20°C ，空气中）为 ppm wt （ 20°C ，混合气体中）时，用 M_{mix} 代替 28.96 即可， M_{mix} 为混合气体的平均摩尔质量， g 。

表 1-2 气体浓度单位换算表（2）（ 20°C 、 101.325kPa 下，混合气体中）

浓度单位	换算后单位	需乘的换算系数	说 明
mg/m^3	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1000	M ——气体组分的摩尔质量, g 24.04 —— 20°C 、 101.325kPa 下, 1mol 气体分子的体积, L ; $24.04=22.4\times[(273.15+20)\div273.15]$ M_{mix} ——混合气体的平均摩尔质量, g
	$\mu\text{g}/\text{L}$	1	
	ppm vol	$24.04/M$	
	ppm wt	$24.04/M_{\text{mix}}$	
ppm vol	mg/m^3	$M/24.04$	
	ppm wt	M/M_{mix}	
ppm wt	mg/m^3	$M_{\text{mix}}/24.04$	
	ppm vol	M_{mix}/M	
lb/ft^3	mg/m^3	16.0169×10^6	$1\text{lb}=453.6\text{g}=453600\text{mg}$ $1\text{ft}^3=28.32\text{L}=0.02832\text{m}^3$ $1\text{lb}/\text{ft}^3=453600\div0.02832=16.0169\times10^6\text{mg}/\text{m}^3$ $385.0463\times10^6/M=16.0169\times10^6\times24.04/M$
	ppm vol	$385.0463\times10^6/M$	
	ppm wt	$385.0463\times10^6/M_{\text{mix}}$	

注：表中 ppm wt 的条件为 20°C 、 101.325kPa 下，混合气体中。如果 ppm wt 的条件改为 20°C 、 101.325kPa 下，空气中时，用 28.96 代替 M_{mix} 进行计算即可，28.96——干空气的摩尔质量， g 。

1-27 采用在线气相色谱仪对裂解气的组成进行实时分析, 分析组分为 H_2 、 CH_4 、 CO 、 C_2H_4 、 C_2H_6 、 C_3H_6 和 C_3H_8 , 共 6 种。乙烯裂解炉急冷器出口物料组成如下所示, 试将物料的质量分数换算成摩尔分数, 并确定上述 6 种被测组分的测量范围(量程)。

乙烯裂解炉急冷器出口物料组成(裂解原料为 HVGO 重质加氢尾油)如下。

组分名称	质量分数/%
H_2	0.05
CH_4	0.85
CO	0.01
C_2H_2	0.03
C_2H_4	2.55
C_2H_6	0.29
C_3H_4	0.05
C_3H_6	1.43
C_3H_8	0.04
C_4H_6	0.6
C_4H_8 和 C_4H_{10}	0.39
($\text{C}_5 \sim \text{C}_9$ 等)	……
Quench Oil	85.7
H_2O	6.13
合计	100%

答: 乙烯裂解炉急冷器出口物料经裂解气取样装置 Py-Gas 过滤、冷却后, 急冷油、水、 C_5 以上重组分基本除去, 取样装置出口气体中仅含 C_4 以下轻组分(根据设计要求, 裂解气取样装置应将 C_4 也除去, 出口气体中仅含 C_3 以下轻组分, 但实际使用中往往难以做到, 所以本计算将 C_4 也考虑进去)。

取样装置出口气体即气相色谱仪的分析对象。因此, 计算中应将急冷器出口物料中 C_4 以下轻组分含量的总和作为 100% 处理。计算步骤如下。

(1) 按下式计算 C_4 以下轻组分的摩尔数

$$n_i = \frac{m_i}{M_i}$$

式中 n_i ——混合气体中 i 组分的物质的量, 即其摩尔数, mol;

m_i —— i 组分的质量, g (将 i 组分的质量分数理解为每 100g 物料中含有 i 组分的克数);

M_i —— i 组分的摩尔质量, g。

(2) 按下式计算 C_4 以下轻组分的摩尔分数

$$i \text{ 组分的摩尔分数} = \frac{n_i}{\sum_{i=1}^n n_i}$$

计算结果和测量范围(量程)见表 1-3。

表 1-3 乙烯裂解气色谱分析计算结果和测量范围

组分	质量分数	摩尔质量	摩尔数	摩尔分数	测量范围
H_2	0.05	2	0.025	10.31%	0~20%
CH_4	0.85	16	0.053	21.85%	0~30%
CO	0.01	28	0.00036	0.15%	
C_2H_2	0.03	26	0.00115	0.47%	
C_2H_4	2.55	28	0.091	37.52%	0~50%
C_2H_6	0.29	30	0.0097	4.00%	0~10%
C_3H_4	0.05	40	0.00125	0.52%	
C_3H_6	1.43	42	0.034	14.02%	0~20%
C_3H_8	0.04	44	0.009	3.71%	0~5%
C_4H_6	0.6	54	0.0111	4.58%	
C_4H_8 和 C_4H_{10}	0.39	56	0.00696	2.87%	
合计	6.29		0.24252	100.00%	

1-28 在线分析中液体浓度的表示方法有哪些?

答: 液体含量的表示方法有物质的量浓度、质量浓度、质量分数、体积分数、比例浓度等。

在线分析中液体浓度的表示方法主要有以下三种。

(1) 液体的物质的量浓度 c_B 是指 1L 溶液中所含溶质 B 的量数(摩尔数)。

常用的单位是 mol/L 和 mmol/L。以前使用的当量浓度已经废除, 不应再使用。

(2) 液体的质量浓度 ρ_B 是指 1L 溶液中所含溶质 B 的质量数。

常用的单位是 g/L、mg/L 和 $\mu\text{g/L}$, 不得再使用 ppm、ppb 等表示方法。

(3) 液体的质量分数 w_B 溶质 B 的质量 m_B 与溶液 A 的质量 m_A 之比。

$$w_B = \frac{m_B}{m_A}$$

常用的单位是 %、 10^{-6} 、 10^{-9} 。质量分数就是以前使用的 %W (质量百分浓度)、ppm W、ppb W, 现在已经废止, 应按法定计量单位的规定, 使用质量分数的概念和单位。

说明: 在国际标准和国家标准中, 溶剂用 A 代表, 溶质用 B 代表, 所以 m_A 和 m_B 的下脚分别注以 A 和 B。

1-29 什么是物质的量? 什么是物质的量浓度?

答: 历史上, 溶液的浓度习惯使用“当量浓度(N)”或“摩尔浓度(M)”表示。国际计量大会(CGPM)建立的 SI 单位制废除了当量、当量定律等量和单位后, 我国国务院颁发了《中华人民共和国法定计量单位》, 规定“物质的量”和“物质的量浓度”是法定计量单位, 非法定计量单位不再允许使用。

物质的量是量的名称, 它的符号是 n_B 。它是以

阿伏加德罗常数为计数单位,用来表示物质 B 指定的基本单元是多少的一个物理量。它的单位是摩尔 (mol)。1mol 的物质的量所含的该物质的基本单元数与 0.012kg 碳-12 的原子数目 (6.022×10^{23}) 相等。1mol H_2SO_4 的物质的量含有 6.022×10^{23} 个 H_2SO_4 , 1mol $\frac{1}{2} \text{H}_2\text{SO}_4$ 的物质的量含有 6.022×10^{23} 个 $\frac{1}{2} \text{H}_2\text{SO}_4$, 等等。所以在使用“物质的量”时必须指明基本单元。

物质的量浓度,其符号为 c_B , 定义为物质的量 n_B 除以溶液的体积 V , 即

$$c_B = \frac{n_B}{V}$$

它的单位是 mol/L。在使用物质的量浓度时也必须指明基本单元。例如 $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.1000 \text{ mol/L}$; $c(\frac{1}{2} \text{H}_2\text{SO}_4) = 0.2000 \text{ mol/L}$, 等等。

1-30 什么是物质的摩尔质量?

答: 根据国家标准规定, 质量 m 除以物质的量 n_B , 称为摩尔质量 M_B , 即

$$M_B = \frac{m}{n_B}$$

其单位为“g/mol”。使用摩尔质量时也必须指明基本单元。以物质的原子为基本单元时, 其摩尔质量的数值等于相对原子质量; 以物质的分子为基本单元时, 其摩尔质量的数值等于相对分子质量, 依此类推。例如:

$$M(\text{H}) = 1.008 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{HCl}) = 36.46 \text{ g/mol}$$

$$M(\frac{1}{2} \text{H}_2\text{SO}_4) = 49.04 \text{ g/mol}$$

因此相同质量的物质, 取不同基本单元时, 其物质的量是不等的。例如 98.08g 硫酸的物质的量:

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{98.08}{98.08} = 1.000 (\text{mol})$$

$$n(\frac{1}{2} \text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{98.08}{49.04} = 2.000 (\text{mol})$$

1-31 什么是化学分析中的“基本单元”?

答: 在法定计量单位中, 用到物质的量浓度或摩尔质量时, 必须指明基本单元, 否则所说的摩尔就没有明确的意义了。

基本单元可以是粒子, 也可以是这些粒子的组合, 还可以是想像的或根据需要假设的粒子, 或将其任意组合与分割。有了明确的基本单元的概念, 才会有正确的摩尔概念。因为基本单元是组成摩尔的基本单位。

例如, 用 H_2 作基本单元时, 1mol H_2 的质量为 2.016g; 用 $\frac{1}{2} \text{H}_2$ 作基本单元时, 1mol 的 $\frac{1}{2} \text{H}_2$ 的质

量为 1.008g; 而用 H 作基本单元时, 1mol H 的质量为 1.008g。

再如, 用 MnO_4^- 作基本单元时, 1mol MnO_4^- 的质量是 118.93g。如果将 MnO_4^- 分割成 5 份, 以 $\frac{1}{5} \text{MnO}_4^-$ 作基本单元时, 那么 1mol $\frac{1}{5} \text{MnO}_4^-$ 的摩尔质量就是 23.79g。

所以基本单元是可根据需要和想像来任意组合或分割的, 它可更灵活、更广泛地适应化学分析的需要。

1.3 防爆和仪表的防爆等级

1-32 填空

(1) 产生爆炸必须同时存在 3 个条件: a. (); b. () c. ()。

(2) 防止产生爆炸的基本措施是: 使产生爆炸的 3 个条件 ()。

(3) 引燃温度是指按照标准试验方法, 引燃爆炸性混合物的 () 温度。

(4) LEL 是 () 的英文缩写; UEL 是 () 的英文缩写。

(5) 可燃性气体、蒸气与空气的混合物浓度高于其 () 时, 或低于其 () 时, 都不会发生爆炸。

答: (1) 存在可燃性气体、蒸气, 与空气混合且其浓度在爆炸极限以内, 有足以点燃爆炸性混合物的火花、电弧或高温; (2) 同时出现的可能性减到最小程度; (3) 最低; (4) 爆炸下限, 爆炸上限; (5) 爆炸上限, 爆炸下限。

1-33 我国对爆炸性危险场所是如何划分的?

答: 我国对爆炸性危险场所的划分采用与 IEC 等效的方法。国家标准 GB 50058—92 中规定, 爆炸性气体危险场所按其危险程度大小, 划分为 0 区、1 区、2 区三个级别, 爆炸性粉尘危险场所划分为 10 区、11 区两个级别, 详见表 1-4。

表 1-4 中国对危险场所划分

爆炸性物质	区域划分	区域定义
气体	0 区	连续出现或长期出现爆炸性气体混合物的环境
	1 区	在正常运行时可能出现爆炸性气体混合物的环境
	2 区	在正常运行时不可能出现爆炸性气体混合物的环境, 或即使出现也仅是短时存在的爆炸性气体混合物的环境
粉尘	10 区	连续出现或长期出现爆炸性粉尘的环境
	11 区	有时会将积留下的粉尘扬起而偶然出现爆炸性粉尘混合物的环境

1-34 国际上对爆炸性危险场所是如何划分的?

答:国际上各主要工业国家对爆炸性危险场所的划分,基本上可分为两种意见。

一种以 IEC (国际电工委员会) 为代表,包括德国、英国、意大利、日本、澳大利亚等国,对气体划分为 0 区、1 区、2 区,对粉尘划分为 10 区、11 区。其定义与 IEC 基本相同(可参见我国对各区域的定义,我国等效采用 IEC 标准)。

另一种为美国、加拿大等北美国家的划分,以 NEC (美国国家电气规程) 的定义为代表,对气体划分为 1 区、2 区(没有 0 区),对粉尘也划分为 1 区、2 区。

两者之间的对应关系大致如下:

气体 IEC 0 区、1 区——NEC 1 区

IEC 2 区——NEC 2 区

粉尘 IEC 10 区——NEC 1 区

IEC 11 区——NEC 2 区

IEC “区”的英文为 Zone; NEC “区”的英文为 Division。

1-35 我国的防爆电气设备,其防爆结构型式有几种? 列出其名称和标志。

答:根据国家标准 GB 3836—2000,我国的防爆电气设备其防爆结构型式有以下几种:

结构型式	标志	结构型式	标志
隔爆型	d	充油型	o
增安型	e	充砂型	q
本质安全型	ia, ib	无火花型	n
正压型	p	浇封型	m
特殊型	s		

1-36 什么是隔爆型仪表? 它有什么特点?

答:隔爆又称耐压防爆,它把能点燃爆炸性混合物的仪表部件封闭在一个外壳内,该外壳特别牢固,能承受内部爆炸性混合物的爆炸压力,并阻止向壳外的爆炸性混合物传爆。这就是说,隔爆型仪表的壳体内部是可能发生爆炸的,但不会传到壳体外面来,因此这种仪表的各部件的接合面,如仪表盖的螺纹圈数,螺纹精度,零点、量程调整螺钉和表壳之间,变送器的检测部件和转换部件之间的间隙,以及导线口等,都有严格的防爆要求。

隔爆型仪表除了较笨重外,其他比较简单,不需要如安全栅之类的关联设备。但是在打开表盖前,必须先把电源关掉,否则万一产生火花,便会暴露在大气之中,从而出现危险。

1-37 什么是本质安全型仪表? 它有什么特点?

答:本质安全型仪表又叫安全火花型仪表。它的特点是仪表在正常状态下和故障状态下,电路、系统产生的火花和达到的温度都不会引燃爆炸性混合物。

它的防爆主要由以下措施来实现:

(1) 采用新型集成电路元件等组成仪表电路,在较低的工作电压和较小的工作电流下工作;

(2) 用安全栅把危险场所和非危险场所的电路分隔开,限制由非危险场所传递到危险场所去的能量;

(3) 仪表的连接导线不得形成过大的分布电感和分布电容,以减少电路中的储能。

本质安全型仪表的防爆性能,不是采用通风、充气、充油、隔爆等外部措施实现的,而是由电路本身实现的,因而是本质安全的。它能适用于一切危险场所和一切爆炸性气体、蒸气混合物,并可以在通电的情况下进行维修和调整。但是,它不能单独使用,必须和本安关联设备(安全栅)、外部配线一起组成本安电路,才能发挥防爆功能。

1-38 本安型仪表有 ia、ib 两种,请说明它们之间的区别。

答:(1) ia 等级 在正常工作状态下,以及电路中存在一个故障或两个故障时,均不能点燃爆炸性气体混合物。在 ia 型电路中,工作电流被限制在 100mA 以下。

(2) ib 等级 在正常工作状态下,以及电路中存在一个故障时,不能点燃爆炸性气体混合物。在 ib 电路中,工作电流被限制在 150mA 以下。

ia 型仪表适用于 0 区和 1 区,ib 型仪表仅适用于 1 区。或者说,从本质安全角度讲,ib 型仪表适用于煤矿井下,ia 型仪表适用于工厂。

1-39 什么是正压型(p 型)仪表?

答:向仪表外壳内充入正压的洁净空气、惰性气体,或连续通入洁净空气、不燃性气体,保持外壳内部保护气体的压力高于周围危险性环境的压力,阻止外部爆炸性气体混合物进入壳内,而使电气部件的危险源与之隔离的仪表设备。

1-40 什么是正压吹扫? 什么是 X 型、Y 型、Z 型吹扫系统?

答:所谓正压吹扫是指向电气设备外壳内连续通入洁净的压缩空气或惰性气体,并保持壳体内的气体压力高于 $0.1 \text{ inH}_2\text{O}$ ($0.1 \text{ inH}_2\text{O} = 2.5 \text{ mmH}_2\text{O} \approx 25 \text{ Pa}$)。正压吹扫不仅用于正压型防爆电气设备中,也用于现场分析小屋等处于危险性环境中的设施里。

X 型、Y 型、Z 型吹扫系统是美国等国家电气设备中配备的几种吹扫系统。

X 型吹扫系统配有自动定时器和压力开关,当吹扫时间达到 4 次换气量时,自动接通被保护设备的电源。此后,吹扫气体流量可以减少,但壳内气体压力必须维持在 $0.1 \text{ inH}_2\text{O}$ 以上,压力开关随时监视气体压力,当压力低于 $0.1 \text{ inH}_2\text{O}$ 时,压力开关动作,切断设备电源并发出报警信号。

Y型、Z型吹扫系统配有手动或自动定时器和压力指示仪，但无压力开关，失压报警为可选项。当吹扫时间达到4次换气量时，手动或自动接通设备电源。此后，不再需要吹扫气体，当壳内气体压力降到微压时，手动或自动重复以上过程。

X型吹扫系统适用于 Class 1, Diveision 1 区场所。Y型、Z型吹扫系统适用于 Class 1, Diveision 2 区场所，Y型、Z型的区别仅在于系统的配置和功能上。

1-41 什么是增安型(e型)仪表?

答：正常运行条件下不会产生点燃爆炸性混合物的火花或危险温度，并在结构上采取措施（如密封等），提高其安全程度，以避免在正常和规定的过载条件下出现点燃现象的仪表设备。

1-42 什么是特殊型(s型)仪表?

答：是除 d、e、i、p、o、q、n、m 之外的特殊型式，或者是上述几种型式的组合，采用这种结构型式的防爆仪表称为特殊型仪表。

1-43 防爆电气设备分为几大类?

答：分为两大类：I 类为煤矿井下用电设备；II 类为工厂用电设备。

1-44 II 类防爆电气设备划分为几级？标志是什么？

答：按照国家标准 GB 3836—2000，II 类防爆电气设备划分为三级，标志分别为 A、B、C。分级标准见表 1-5。

表 1-5 II 类防爆电气设备分级标准

级别	MESG/mm (适用于隔爆型)	MICR (适用于本安型)
II A	>0.9	>0.8
II B	0.5~0.9	0.45~0.8
II C	<0.5	<0.45

注：MESG——可燃性气体混合物最大试验安全间隙，mm。

MICR——可燃性气体混合物最小点燃电流与甲烷最小点燃电流的比值。

II A、II B、II C 也是可燃性气体混合物的传爆等级。

1-45 什么是闪点？什么是燃点？

答：易燃、可燃液体表面挥发的蒸气与空气形成混合气体，当接触火焰时会产生瞬间燃烧，这种现象称为闪燃，引起闪燃的最低温度称为闪点。

若上述混合气体能被接近的火焰点着，并在移去火焰之后仍能继续燃烧（燃烧时间不少于 5s）的最低温度称为该液体的燃点或着火点。易燃、可燃液体的燃点，约高于其闪点 1~5℃。

闪点和燃点随大气压力的升高而升高，因此在不同大气压力条件下测得的闪点和燃点，皆应换算成在

101.325kPa 大气压力条件下的温度，才可作为正确的测量结果。

1-46 什么是自燃点和引燃温度？

答：自燃点系指可燃物质（包括气体、液体和固体）在没有火焰、电火花等火源直接作用下，在空气或氧气中被加热而引起燃烧的最低温度。

自燃点和引燃温度属于同一概念，防爆标准中的引燃温度组别就是按其自燃点划分的。

一般，液体相对密度越小，其闪点和燃点越低，而自燃点越高；液体相对密度越大，其闪点和燃点越高，而自燃点越低。换句话说，液体的闪点和燃点随其相对密度增大而逐渐升高，自燃点逐渐降低。

1-47 解释下列名词：最大试验安全间隙 MESG；最小点燃电流 MIC；最小点燃电流比 MICR。

答：最大试验安全间隙（MESG）指在规定的试验条件下，一个壳体内充有一定浓度的被试验气体与空气的混合物，点燃后，通过 25mm 长的接合面均不能引燃壳外爆炸性气体混合物的外壳接合面之间的最大间隙。

最小点燃电流（MIC）在规定的试验装置上，用直流 24V、95mH 电感的火花进行 3000 次点燃试验时，能够点燃可燃性气体混合物的最小电流。此电流降低 5% 即不能点燃。

最小点燃电流比（MICR）各种可燃性气体（或蒸气）与空气的混合物的最小点燃电流对甲烷与空气混合物的最小点燃电流的比值。

1-48 II 类防爆电气设备划分为几个温度组别？标志是什么？

答：按国家标准 GB 3836—2000，II 类防爆电气设备根据其最高表面温度划分为 6 组，标志为 T1~T6。分组标准如下：

温度组别	允许最高表面温度/℃	温度组别	允许最高表面温度/℃
T1	450	T4	135
T2	300	T5	100
T3	200	T6	85

T1~T6 对应于爆炸性气体混合物的引燃温度分组。

1-49 如何选用防爆型仪表？

答：一般说来，可根据以下两点来选用。

(1) 根据仪表安装、使用场所的危险区域来选择仪表的防爆型式：

0 区——只能选 ia 型、s 型（指专为 0 区设计的 s 型）；

1 区——可选除 n 型以外的其他型式；

2 区——所有防爆型式均可选。