



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
轻化工类专业教材系列

精细化学品检验技术

龚盛昭 主编



科学出版社

www.sciencep.com



教育部职业教育与成人教育司推荐教材

轻化工类专业教材系列

精细化学品检验技术

主 编 龚盛昭

副主编 姬学亮 汤国龙

主 审 林 峰

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书主要介绍了精细化工产品的通常项目(密度、熔点、凝固点、沸点、折射率、旋光度、水分、黏度、pH等)的检验、日用化工产品(表面活性剂、洗涤用品、化妆品、香料香精、涂料染料和颜料)的检验、油墨的检验、胶黏剂的检验以及其他精细化学品(食品添加剂、化学试剂、农药)的检验。

每个检验项目的内容包括检验原理、所需试剂和仪器、检验步骤、结果处理、注意事项等方面。

本书适合高等职业教育轻化工专业、精细化工专业的学生作为教材选用,也可作为各企事业单位作为培训教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

精细化学品检验技术/龚盛昭主编. —北京:科学出版社,2006
(教育部职业教育与成人教育司推荐教材·轻化工类专业教材系列)
ISBN 7-03-017507-7

I. 精… II. 龚… III. 精细化工-化工产品-质量检验-专业学校-教材
IV. TQ075

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 069874 号

责任编辑:沈力匀 / 责任校对:都 岚
责任印制:吕春珉 / 封面设计:北新华文

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006年8月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2006年8月第一次印刷 印张:21 3/4

印数:1—4 000 字数:500 000

定价:35.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

《轻化工类专业教材系列》编写委员会

主 编 李奠础

副主编(按姓氏笔画排序)

王方林 林 峰 龚盛昭 熊秀芳

编 委(按姓氏笔画排序)

丁文婕 师兆忠 汤国龙 苏 岩 杨 军

杨 树 李文典 李忠军 汪 健 张想竹

张 镭 陆 霞 陈 丽 洪 亮 高安全

姬学亮 蒋清明 薄新党 赵风英

出版说明

进入 21 世纪,国际竞争日趋激烈,竞争的焦点是人才的竞争,是全民素质的竞争。人力资源在国家综合国力的增强方面,发挥着越来越重要的作用,而人力资源的状况归根结底取决于教育发展的整体水平。

教育部在《2003~2007 年教育振兴行动计划》中明确了今后 5 年将进行六大重点工程建设:一是“新世纪素质教育工程”,进一步全面推进素质教育;二是“就业为导向的职业教育与培训工程”,增强学生的就业、创业能力;三是“高等学校教学质量与教学改革工程”,进一步深化高等学校的教学改革;四是“教育信息化建设工程”,加快教育信息化基础设施、教育信息资源建设和人才培养;五是“高校毕业生就业工程”,建立更加完善的高校毕业生就业信息网络和指导、服务体系;六是“高素质教师和管理队伍建设工程”,完善教师教育和终身学习体系,进一步深化人事制度改革。

职业教育事业的各项改革也在加速发展,其为经济建设和社会发展的服务能力显著增强。各地和各级职业院校坚持以服务为宗旨,以就业为导向,大力实施“制造业与现代服务业技能型紧缺人才培养培训计划”和“农村劳动力转移培训计划”,密切与企业、人才、劳务市场的合作,进一步优化资源配置和布局结构,同时深化管理体制和办学体制改革。

为配合教育部职业教育与成人教育司 2004~2007 年推荐教材的出版计划,科学出版社本着“高水平、高质量、高层次”的“三高”精神和“严肃、严密、严格”的“三严”作风,集中相关行业专家、各职业院校双优型教师,编写了高职高专层次的基础课、公共课教材;各类紧缺专业、热门专业教材;实训教材、引进教材等特色教材。其中包括:

(一) 高职高专基础课、公共课教材

(1) 基础课教材系列

(2) 公共课教材系列

(二) 高职高专专业课教材

(1) 紧缺专业教材系列

——软件类专业系列教材

——数控技术类专业系列教材

——护理类专业系列教材

(2) 热门专业教材系列

——电子信息类专业系列教材

——交通运输类专业系列教材

——财经类专业系列教材

——旅游类专业系列教材

- 生物技术类专业系列教材
- 食品类专业系列教材
- 精细化工类专业系列教材
- 艺术设计类专业系列教材
- 土建类系列教材
- 水利类系列教材
- 制造类系列教材
- 材料与能源类系列教材

(三) 高职高专特色教材

- (1) 高职高专实训教材系列教材
- (2) 国外职业教育优秀系列教材

本套教材建设的宗旨是以学校的选择为依据,以方便教师授课为标准,以理论知识为主体,以应用型职业岗位需求为中心,以素质教育、创新教育为基础,以学生能力培养为本位,力求突出以下特色:

(1) 理念创新:秉承“教学改革与学科创新引路,科技进步与教材创新同步”的理念,根据新时代对高等职业教育人才的需求,出版一系列体现教学改革最新理念,内容领先、思路创新、突出实训、成系配套的高职高专教材。

(2) 方法创新:摒弃“借用教材、压缩内容”的滞后方法,专门开发符合高职特点的“对口教材”。在对职业岗位所需求的专业知识和专项能力进行科学分析的基础上,引进国外先进的课程开发方法,以确保符合职业教育的特色。

(3) 特色创新:加大实训教材的开发力度,填补空白,突出热点,积极开发紧缺专业、热门专业的教材。对于部分教材,提供“课件”、“教学资源支持库”等立体化的教学支持,方便教师教学与学生学习。对于部分专业,组织编写“双证教材”,注意将教材内容与职业资格、技能证书进行衔接。

(4) 内容创新:在教材的编写过程中,力求反映知识更新和科技发展的最新动态。将新知识、新技术、新内容、新工艺、新案例及时反映到教材中来,更能体现高职教育专业设置紧密联系生产、建设、服务、管理一线的实际要求。

欢迎广大教师、学生在教材的使用中提出宝贵意见,以便我们进一步做好教材的修订工作,出版更多的精品教材。

科学出版社

前 言

精细化工作为化学工业的一个重要领域,正以前所未有的速度发展着,并成为当前世界化学工业激烈竞争的焦点,引起了世界各国的高度重视和大力发展。现在,人们往往把精细化率的高低看作某个国家、某个地区化学工业发展水平的重要标志之一。近代精细化工归属于高科技范畴,其产品可分为精细化学品、专用化学品和定制化学品,涉及范围广、品种多、专用性强,几乎渗透到国民经济和人民生活的一切领域。因此,它已成为国民经济不可缺少的工业部门,是实现四个现代化的重要组成部分。改革开放以来,我国的精细化工已取得了巨大的进步,形成了科研、生产和应用基本配套的工业体系。2003年我国化学工业的精细化率已经超过40%,精细化工销售收入约3800亿元。精细化学品品种有25个门类,近3万个品种。随着精细化工行业的快速发展,对精细化工专业人才的需求也日益增多。为了满足企业对精细化学品质量检验技术人才的需求,培养企业所需的专门人才,2003年全国精细化工专业教学指导委员会年会提出编写《精细化学品检验技术》这本教材,为此,我们查阅了近年来国内外大量的科技文献资料,在广东轻工职业技术学院和深圳职业技术学院精细化工专业用的讲义的基础上,结合作者多年在教学、科研种的实践经验,编成了这本书。

本书注重理论联系实际,经持“够用”为度的原则,主要介绍精细化学品检验基本知识、通常项目的检验和油脂、香料香精、表面活性剂、洗涤剂、肥皂、化妆品、涂料、油墨、染料、颜料、农药、试剂、溶剂、食品添加剂等精细化学品等的检验,非常适合职业技术教育精细化工专业学生使用,也可作为企业技术人员的参考书。

本书共分为十二章,第1、2、3、11、12章由广东轻工职业技术学院龚盛昭副教授编写;第4、7、8章由武汉第一轻工业学校汤国龙高级讲师编写;第5、6章由山西综合职业技术学院轻工分院杨军讲师编写;第9、10章由深圳职业技术学院丁文婕讲师编写;开封大学姬学亮副教授、河南工业大学化学工业职业学院蒋清明讲师和深圳职业技术学院副教授林峰、广州轻工职业学院副教授李忠军、广东化工制药职业技术学院副主任药师高瑞英也参与了以上章节的编写工作。全书由龚盛昭担任主编,姬学亮、汤国龙担任副主编。华南理工大学化工与能源学院的博士生导师程江教授和深圳职业技术学院精细化工系主任林峰副教授对本书进行了审阅,提出了许多宝贵意见。

本书得到了广东轻工职业技术学院教材基金项目立项资助,编写的过程中得到了全国精细化工专业教学指导委员会、广东轻工职业技术学院和参编院校领导的大力支持和帮助。在此一并表示感谢。

限于编者水平有限,错误和不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

目 录

前言

绪论	1
第1章 精细化学品检验基本知识	4
1.1 量和单位	4
1.2 溶液配制的基本知识	12
1.3 数据处理基础	23
1.4 精细化工产品的采样	28
第2章 通常项目的检验	33
2.1 密度的测定	33
2.2 熔点和凝固点的测定	38
2.3 沸点和沸程的测定	41
2.4 折射率的测定	46
2.5 旋光本领的测定	49
2.6 水分的测定	54
2.7 色度的测定	59
2.8 pH的测定	64
2.9 电导率的测定	67
2.10 黏度的测定	69
2.11 闪点和燃点的测定	73
第3章 油脂的检验	78
3.1 油脂物理性能的测定	78
3.2 水分和挥发分的测定	79
3.3 酸值的测定	80
3.4 皂化值的测定	82
3.5 碘值的测定	83
3.6 不皂化物的测定	86
3.7 总脂肪物的测定	88

3.8 氧化脂肪酸的测定	89
第4章 香料和香精的检验	91
4.1 香料试样的制备和取样	91
4.2 香料的感官检验	93
4.3 香料的理化性质测定	95
4.4 日用香精的检验	101
第5章 表面活性剂的检测	104
5.1 表面活性剂的基本性能试验	104
5.2 表面活性剂的定性分析	116
5.3 表面活性剂定量分析	124
第6章 合成洗涤剂的检验	132
6.1 粉状洗涤剂的检验	132
6.2 液体洗涤剂的检验	152
第7章 肥皂的检验	164
7.1 肥皂的质量指标及检验规则	164
7.2 肥皂的理化指标分析	167
第8章 化妆品的检验	180
8.1 化妆品检验规则及稳定性试验	180
8.2 化妆品通用检验方法	183
8.3 化妆品产品质量检验	186
8.4 化妆品中有害元素含量分析	197
8.5 化妆品微生物检验方法	204
第9章 涂料、染料和颜料的检验	216
9.1 涂料的检验	216
9.2 颜料的检验	252
9.3 染料的检验	262
第10章 油墨的检验	268
10.1 油墨颜色检验	268
10.2 油墨着色力检验	269
10.3 油墨细度检验	270
10.4 油墨流动度检验	270
10.5 油墨干性检验	271

10.6 油墨黏性及增值检验.....	272
10.7 油墨飞墨检验.....	273
10.8 油墨稳定性检验.....	273
10.9 油墨耐乙醇、耐碱、耐酸和耐水性检验.....	274
10.10 油墨渗色性检验	276
10.11 油墨黏度检验	276
10.12 油墨光泽检验	276
第 11 章 胶黏剂的检验	278
11.1 胶黏剂的理化性能测试.....	278
11.2 黏结强度的检验.....	292
11.3 无损检测方法.....	310
第 12 章 其他精细化学品的检验	313
12.1 农药的检验.....	313
12.2 试剂和溶剂的检验.....	323
12.3 食品添加剂的检验.....	329
参考文献.....	335

绪 论

精细化学品是指经深度加工的、技术密集度高和附加值大的化学品，包括医药、农药、染料、颜料、涂料、胶黏剂、香料、化妆品、洗涤剂、表面活性剂、肥皂、油墨、助剂、食品和饲料添加剂等几十类，每一类中又有几十种，精细化学品的品种很多。

1. 精细化学品生产的特点

精细化学品的含义决定了精细化学品生产具有如下特点：

(1) 多品种、小批量。精细化学品用量一般不是很大，一般是几百千克到几吨，上千吨的也有。但对产品质量要求较高。不断地开发新产品和提高产品质量是精细化工行业发展的总趋势。

(2) 综合生产装置和多功能生产装置。由于精细化学品多品种、小批量的特点，精细化工企业往往是利用一套装置生产多种产品，随市场的需要不断更换生产的品种。

(3) 高度技术密集。由于在实际应用中精细化学品是以商品综合功能出现的，这就要求在化学合成中筛选不同化学结构，在剂型上充分发挥其自身功能与其他配合物的协同作用，这就形成精细化学品生产高度技术密集特点的主要原因。

(4) 商品性强。由于精细化学品品种多，用户对产品可选择面广，市场竞争激烈，因而应用技术开发和技术的应用服务是组织生产的两个重要环节，应在技术开发的同时，做好服务工作，提高信誉。

2. 精细化学品检验的任务

精细化学品检验是分析化学应用在精细化学品的检验时而形成的一门实验课程。它的检验对象是精细化学品的原料、半成品和成品，其主要任务是：

(1) 通过检验，可以随时了解产品生产各环节的运行情况，保证生产正常进行。

(2) 通过检验，可以依据相关标准评定产品质量等级，促进企业生产的优质、高效。

3. 精细化学品检验的方法

精细化学品的组成往往比较复杂，在检验中我们主要是依据一定的方法，对其主要成分及重要的杂质成分做检验。其检验方法主要有：

(1) 按测定原理不同，可分为化学分析法和仪器分析法。

化学分析法是以化学反应为基础的分析方法，主要有质量法、容量法等，常用于产品的常量及半微量分析检验。

仪器分析是借助分析仪器测量产品的光学性质（如吸光度）、电化学性质（如电位、电导）、密度、熔点等物理或物理化学性质，以求出或了解产品中待测组分的含量或物理性能。仪器分析具有快速、准确的优点，但需要分析仪器。

与化学分析法相比,仪器分析的优势是明显的,但化学分析法不需要昂贵的仪器,故目前仍大量采用,特别是在企业的产品分析中仍以化学分析法为主。

(2) 按生产及要求不同,可分为快速分析法和标准分析法。

快速分析是适应生产要求,通过简化操作步骤、提高反应速度而出现的一类新型分析方法。具有快、准、简、廉的特点。但检验结果精确度较低,误差较大。企业内部的生产过程监测和半成品检验多采用此法。

标准分析方法是依据相关标准,对产品进行鉴定分析、仲裁分析和校验分析的一种方法。具有准确度高,完成分析时间所花时间长的特点。通常用于企业成品检验、国家质量监督检验和质量仲裁等方面。

4. 技术标准介绍

(1) 技术标准的分级。按照标准的适用范围,我国的技术标准分为以下几个等级:

① 国家标准,由国家技术监督局审查批准和颁发,代号为 GB,在全国范围内执行。凡是带有 GB/T 代号的为国家推荐性执行标准,而只有 GB 代号的为国家强制性执行标准。

国家标准的编号由国家标准的代号,国家标准发布的顺序号和国家标准发布的年号构成。如推荐性国家标准编号 GB/T 2441.1—2001 中,GB/T 为国家标准的代号,2441.1 为国家标准发布的顺序号,2001 为国家标准发布的年号。

② 行业标准,由国家各主管部门审查批准和颁发。如化工行业标准为 HG;轻工行业标准为 QB。行业标准在各行业部门内执行。

行业标准的编号由各行业标准的代号,标准顺序号和标准年号组成。与国家标准的区别就在代号上。如轻工业标准编号 QB/T 2470—2000 中,QB/T 为轻工业标准代号,2470 为标准顺序号,2000 为标准年号。

③ 地方标准,由地方各级人民政府审查批准,在该地区内执行。强制性地方标准的代号由“DB”加上省、自治区、直辖市行政区划代码前两位数再加斜线组成,再加“T”则组成推荐性地方标准的代号。例如,吉林省的代号 22000,所以吉林省强制性地方标准代号为 DB22/、推荐性地方标准代号为 DB22/T。

地方标准的编号由地方标准的代号,地方标准的顺序号和年号三部分组成。

④ 企业标准,由生产企业负责人审查批准,在企业内部执行。企业标准代号为“Q”,某企业的企业标准代号由企业标准代号 Q 加斜线再加企业代号组成,即 Q/×××。

企业标准的编号由该企业的企业标准的代号,顺序号和年号组成。

(2) 技术标准的分类。我国技术标准分为以下几类:

① 基础标准,是指在一定范围内作为其他标准的基础并具有广泛指导意义的标准。包括:标准化工作导则、通用技术语言标准、量和单位标准、数值与数据标准等。

② 产品标准,是指对产品的结构、规格、质量和检验方法所做的技术规定。

③ 方法标准,是指以产品性能、质量方面的检测、试验方法为对象而制定的标准。其内容包括检测或试验的类别、检测规则、抽样、取样测定操作、精度要求等方面的规定,还包括所用仪器、设备、检测和试验条件、方法、步骤、数据分析、结果计算、评

定、合格标准、复验规则等。

④ 安全、卫生与环境保护标准，是以保护人和动物的安全、保护人类健康、保护环境为目的而制定的标准。

5. 检验工作的基本程序

精细化学品成品、半成品和原材料的检验一般应按下列基本程序进行操作。

(1) 试样的采集。一个待测样品所代表的产品数量往往很大，而采集的样品只是其中极少的部分。因此，所采集的样品，必须能代表物料的平均组成，否则检验过程和结果就失去任何意义。正确采样是保证检验结果准确的重要前提，应遵循随机采样的原则，采取足够的样品量，确保样品具有代表性，并保证各项检测任务的完成。

(2) 方法的选择。对于原材料、半成品和成品的检验，方法的选择比较简单，一般直接采用国家标准、行业标准或企业标准进行测定。如无合适的检验方法，则可参照其他国家的标准方法或参考文献提供的分析方法。

(3) 样品的测定。在选定了检验方法后，应严格按照有关的操作规程进行测定。

(4) 检验结果的审查。审查检验结果的目的在于进一步发现问题，保证质量，是整个检验工作的重要一环。

第 1 章 精细化学品检验基本知识

1.1 量和单位

统一实行法定计量单位，使量和单位的应用进一步规范化、标准化，是关系到各学科领域及工业、农业、商业、交通运输和日常生活各个方面的大事。

对分析化验工作者而言，不论是测量、计算，还是数据处理，直到写出报告，更是一步都离不开量和单位。为了使读者在以后的工作和学习中能准确地按照有关规定应用量和单位，有必要介绍这方面的有关知识。

为了进一步统一我国的计量制度，1984 年 2 月 27 日国务院发布了《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》，同时颁布了《中华人民共和国法定计量单位》。1993 年 12 月 27 日，原国家技术监督局批准、发布了由全国量和单位标准化技术委员会制定的量和单位 15 项系列国家标准，并规定从 1994 年 7 月 1 日起实施。这套标准涉及自然科学各个领域，是各行各业必须遵照执行的强制性标准，是法定计量单位的具体应用形式。

1985 年 9 月 6 日由国家主席第 28 号令公布的《中华人民共和国计量法》中，规定“国家采用国际单位制”。因此，国际单位制（international system units，符号为 SI）中的全部单位，包括今后新规定的单位，都属于我国的法定计量单位。

但是，时至今日，在许多科技书刊、各级教材中，甚至不少国家标准中，还在错误地使用计量单位。可以这样说，在使用法定计量单位、执行量和单位国家标准的情况方面，虽然取得的成绩很大，但还存在不少的问题。

1.1.1 关于量和单位的基本术语

1. 物理量

1) 量的定义

物理量，简称为量（quantity）。定义为：现象、物体或物质的可以定性区别和定量确定的一种属性。量一般可分为基本量和导出量。

基本量（base quantity）定义为：在量制中约定地认为彼此独立的量。国际单位制（SI）所采用的量制，选定 7 个量作为基本量，即长度、质量、时间、电流、热力学温度、发光强度和物质的量。

导出量（derived quantity）定义为：在量制中，为该量制基本量的函数所定义的量。除了基本量之外的物理量一般为导出量。

2) 量制

量制（system of quantities）定义为：在科学技术领域中，约定选取的基本量和与

之存在确定关系的导出量的特定组合。

量制是一组量的集合，它们之间存在着确定的关系，如力学量制中以长度、质量和时间为基本量；在电学量制中以长度、电流、质量和时间为基本量。

3) 量纲

量纲 (dimension of quantity) 定义为：以量制中基本量的幂的乘积表示该量制中一个量的表达式。

量纲只用于定性地描述物理量，特别是定性地给出导出量和基本量之间的关系，即只表示量的属性，而不是指它的大小。

基本量的量纲就是其本身，用正体大写字母表示。SI 量制中的 7 个基本量 l 、 m 、 t 、 I 、 T 、 n 、 Iv ，其量纲依次为 L 、 M 、 T 、 I 、 Θ 、 N 和 J 。

导出量 Q 的量纲用符号 $\dim Q$ 表示，称为量纲积。在 SI 中，导出量 Q 的量纲表达式为

$$\dim Q = L^\alpha M^\beta T^\gamma I^\delta \Theta^\epsilon N^\zeta J^\eta \quad (1-1)$$

式中： L 、 M 、 T ……——为基本量纲；

α 、 β 、 γ ……——为相应基本量的量纲指数，可以是正数、负数、分数或零。

量纲表达式可通过量的定义方程式而得到。即以基本量为量纲代替方程中的量，并令因数为 1 即可。遇到相加减情况给出的定义方程，只取其中一项即可。例如浓度 $c_B = n_B/V$ 的量纲表达式为

$$\dim c_B = \dim n_B / \dim V = \dim n_B / \dim l^3 = N L^{-3} \quad (1-2)$$

量纲表达式可按代数运算法则进行计算、简化。例如，相对密度 $d = \rho_1 / \rho_2$ 的量纲为

$$\dim d = M L^{-3} / (M L^{-3}) = M^{(1-1)} \cdot L^{[-3-(-3)]} = M^0 L^0 = 1 \quad (1-3)$$

在量纲表达式中，其基本量量纲指数均为零的量，称为量纲一的量（以前称为无量纲量）。

对于量纲一的量，第一，应肯定的是它们属于物理量，具有一切物理量的特性；第二，它们是可测量的；第三，可以给出特定的参考量作为其单位；第四，同类量之间可以进行加减运算。

4) 量方程

量方程 (quantity equation) 定义为：表示物理量之间定量关系的数学式。量方程多采用量符号表示量值（即数值 $\times$ 单位）。

由于量与所用单位无关，所以量方程也与所用单位无关，即无论用何种单位表达量方程中的量，都不影响量之间的关系。所以，和量的定义一样，在一切量方程中，都不必要，也不应该指定特定的单位。

2. 单位

单位，是计量单位 (unit of measurement) 的简称。定义为：在同类量中，约定定义和采用的某一特定量，用以比较并表示该类量中其他量相对于它的大小。单位也可以分为基本单位和导出单位。

1) 基本单位

基本单位 (base unit) 定义为: 在给定的量制中, 基本量的计量单位。在 SI 中, 选定了 7 个基本量, 定义了 7 个基本单位, 见表 1-1 所示。

表 1-1 SI 基本单位

基 本 量		SI 基本单位		基 本 量		SI 基本单位	
名称	符号	名称	符号	名称	符号	名称	符号
长度	l, L	米	m	热力学温度	$T, (^\circ)$	开 [尔文]	K
质量	m	千克	kg	物质的量	n	摩 [尔]	mol
时间	t	秒	s	发光强度	$I, (I_v)$	坎 [德拉]	cd
电流	I	安 [培]	A				

2) 导出单位

导出单位 (derived unit) 定义为: 在给定的量制中, 导出量的计量单位。

导出单位既可以表示为基本单位的组合形式, 如面积单位平方米 (m^2)、速度单位米每秒 (m/s); 也可以表达为专门名称, 如能量单位焦耳 (J)、力的单位牛顿 (N)。

3) 单位一

国家标准明确规定: 任何量纲一的量, 其 SI 单位的名称都是汉字数词“一”, 单位符号是阿拉伯数字“1”。在表示量值时, 一般不必明确地写出单位符号。例如:

折射率 $n=1.53 \times 1=1.53$

相对原子质量 $A_r(\text{O})=15.999\ 4$

然而, 对某些量而言, 单位一还具有专门名称, 用或不用专门名称表示其量值, 取决于具体情况。例如:

平面角 $\alpha=0.5\text{rad}=0.5$

关于单位一, 使用中要注意以下 4 点。

(1) 单位一不能与 SI 词头构成十进倍数或分数单位, 但有时可用 10 的乘方替代, 有时也用百分符号 (%) 代替数字 0.01。

(2) 由于百分符号是纯数字, 所以, 像以前习惯用法那样, 称为质量 (重量) 百分或体积百分是没有意义的; 也不可以在百分符号上加注其他信息, 如 % (质量分数)、% (体积分数)。因为此处的 % 是作为单位符号使用的, 按照国家标准规定, 不允许在单位符号上附加任何信息, 对单位进行修饰, 这是量和单位国际化的一个重要原则。

正确的表示方法应是质量分数、体积分数。例如

质量分数 $\omega=0.67=67\%$

体积分数 $\varphi=0.021=2.1\%$

质量分数、体积分数也可以这样给出, 如 $5\mu\text{g/g}$ 、 $5\mu\text{L/L}$ 。同类量相比的这种组合单位, 分子分母可以相约化简, 得 5×10^{-6} , 但相比的方式更为直观。

(3) 不能用 % 代替数字 0.001, 因为国际上还未对 % 进行标准化。对于一些含量小的量, 例如储蓄利息、人口增长率等, 有时用 ‰ 表示, 是不符合国标规定的。

(4) 以前常把某些英文缩写如 ppm、ppt、ppb 等当作计量单位使用, 是不对的。它们既非单位符号, 也非量纲一的量的单位的专门名称, 仅只是一些英文缩写而已。更

何况这些缩写词所代表的比例因数，在不同的国家和地区还不相同。例如，ppb、ppt在英、美、法等国（我国也是）分别表示 10^{-9} 和 10^{-12} ；而在英、德等国却分别表示 10^{-12} 和 10^{-18} 。因此 GB 3101—1993 规定不准再用这些符号表示量纲一的量。

1.1.2 法定计量单位使用规则

1. 量及其符号的使用规则

ISO 国际标准及量和单位国家标准，对各学科领域涉及的主要物理量的名称、符号，都做了标准化的规定，对其使用方法也做了明确、具体的规定，见表 1-2。

表 1-2 量及其符号的使用规则

规 则	应用举例	说 明
1. 量的符号通常用拉丁字母或希腊字母表示，不论大写或小写，必须用斜体	质量 m 电流 I 密度 ρ 波长 λ	pH 为唯一的例外，用正体
2. 必要时，量的符号可加下标或上标，以便说明： (1) 同一符号表示不同的量 (2) 同一量有不同的应用 (3) 表示不同的量值 (4) 表示量的特性或测量过程	(1) 相对分子质量 M_r 摩尔质量 M_B (2) 标准大气压 p 环境压力 p_{amb} (3) B 的浓度 $c(\text{NaOH})$ $c(\text{HCl})$	此处，NaOH、HCl 作为基本单元符号，本是 c 的下标，因符号复杂，标准规定，将其写成齐线括号的方式
3. 下标的书写规则 (1) 一般的下标用正体 (2) 下标本身是量的符号，用斜体 (3) 同时有两个下标时，用逗号隔开	(1) c_B 、 ρ_1 、 V_m (2) c_p 、 Q_m 、 Q_v (3) $C_{p,m}$ 、 $d(20^\circ\text{C}, \text{H}_2\text{O})$	数字、单位符号、元素符号用正体
4. 一个量有两个符号时： (1) 两个符号只用逗号隔开，可任意使用 (2) 若有的符号放在括号内，它作为备用符号	(1) B 的质量摩尔浓度 b_B 、 m_B (2) B 的摩尔分数 x_B 、 (y_B)	b_B 、 m_B 任意选用 优先选用不带括号的 x_B

2. 单位符号的使用规则

单位符号的使用规则见表 1-3 所示。

表 1-3 单位符号的使用规则

规 则	用法举例	说 明
1. 单位符号一律用正体字母表示 (1) 一般都用小写字母 (2) 单位符号来源于人名时，第一个字母要大写	(1) m 、 mol 、 g/dm^3 (米) (摩) (克/分米 ³) (2) A 、 V 、 Pa 、 J/mol (安) (伏) (帕) (焦/摩)	升的符号例外：升规定有两个符号 L 和 (l) ，我国规定，优先使用 L
2. 单位符号的读法，应按名称读，不得按字母读	mol/L 读作摩尔每升 μL 读作微升 ng 读作纳克	不得读成“毫升” 不得读成“恩基”
3. 单位符号的写法： (1) 符号无复数形式 (2) 符号后不附省略点或其他标点（句子需要者例外） (3) 单位符号要写在全部数值之后，并与数值间留适当空隙	15g 15s 1.80m 15m	不得写成 15gs 不得写成 15s 不得写成 $1\text{m } 80\text{cm}$ 不要写成 15m