

力学计量测试丛书

容量计量

RONGLIANG JILIANG

刘子勇 主编



中国计量出版社

CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

力学计量测试丛书

容量计量

刘子勇 主编

中国计量出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

容量计量/刘子勇主编. —北京: 中国计量出版社, 2009. 10
(力学计量测试丛书)

ISBN 978-7-5026-3188-8

I. 容… II. 刘… III. 容量-计量 IV. TB938.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 181619 号

内 容 提 要

本书主要讲述了容量计量基础知识、容量计量器具检定系统表、玻璃量器、移液器液体物料定量灌装机和容重器、标准金属量器、燃油加油机、液化石油气加气机、汽车油罐车、立式金属罐、卧式金属罐、球形金属罐、船舶液货计量舱、铁路罐车、液化气汽车槽车、油罐自动计量装置等内容。

本书适合从事容量计量、流量计量的人员使用, 并可作为相关计量人员的培训教材。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话 (010) 64275360

http: // www. zgjl. com. cn

三河市灵山红旗印刷厂

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

850 mm × 1168 mm 32 开本 印张 14.25 字数 364 千字

2009 年 11 月第 1 版 2009 年 11 月第 1 次印刷

*

印数 1—2 000 定价: 39.00 元

丛 书 编 委 会

主	编	张 跃	刘国普	
编	委	张 跃	刘国普	王 虹
		李宗英	王均国	刘子勇
		张 琬	何 力	柳建明
		李占宏	徐 殷	沈效宏
		于旭光	周 彪	
选 题 策 划		王 虹		
版 式 设 计		李宗英		

本 书 编 委 会

主	编	刘子勇		
编	委	刘子勇	张 琬	郭立功
		林石芹	梁乐才	傅青喜

总

序

计量是实现单位统一、量值准确可靠的活动。计量在经济建设和科技发展中起到举足轻重的作用。计量已渗透到各行各业，成为经济社会有序活动和可持续发展的必要条件。

20 世纪 80 年代，中国计量出版社曾出版了一套《力学计量测试丛书》，该丛书因其实用性强而受到广大读者一致好评。随着新技术的发展，原书很多内容已陈旧。为了满足广大从事力学计量工作技术人员的需求，由中国计量出版社和中国计量科学研究院力学所组织力学计量领域的专家重新编写了《力学计量测试丛书》，并将陆续出版。

本套丛书内容包括衡器、密度计量、硬度计量、天平砝码、流量计量、容量计量、振动计量、力值计量等。

本套丛书专业理论体系完整，且可操作性强，介绍有关力学计量基本原理、定义、公式，对测量方法和典型仪器做了重点介绍。除此以外，还对技术的发展趋势、国内外的现状做了简要介绍。希望它能对提高广大力学计量工作人员的理论和技术水平有所帮助。

丛书编委会

2009.6

前

言

容量系指容器内所容纳物质（液体、气体和固体微粒）数量（体积或质量）的多少。容量计量是研究物质体积或质量的计量专业学科。容量计量工作也是一项基础性的法制计量工作，它关系到石油化工、医疗卫生、交通、商业、贸易等系统中许多企业的经营管理、产品质量、成本核算以及经济与社会效益问题。

容量计量方法主要有：“衡量法”、“容量比较法”和“几何测量法”。容量是导出量，容量计量技术涉及质量、密度、长度、温度等计量技术，是一门综合性的计量专业。

本书主要内容包括容量计量的基本概念、容量计量基标准装置和各种容量计量器具测量原理和检测方法，可作为容量计量检测人员的培训教材和技术参考资料。

本书由刘子勇主编。全书共分十六章，其中第一章和第二章由刘子勇编写；第三章和第四章由张珑编写；第五章、第六章、第七章和第八章由刘子勇编写；第九章和第十章由郭立功编写；第十一章由刘子勇编写；第十二章由林石芹和梁乐才编写；第十三章由傅青喜编写；第十四章由张珑编写；第十五章和第十六章由刘子勇编写。刘子勇对全书进行了统稿修改和编排。

本书的编写工作得到了中国计量科学研究院力学与声学计量科学研究所容量研究室王金涛、佟林和暴雪松的大力支持，谨表谢意。

由于编者水平所限，书中难免有不妥之处，请读者多提宝贵意见。

主编 刘子勇

2009年6月10日

目

录

CONTENTS

第一章 容量计量基础知识 /1

第一节 容量计量术语及定义 /1

一、通用术语 /1

二、容量计量器具定义 /3

第二节 容量计量方法 /7

一、衡量法 /7

二、容量比较法 /9

三、几何测量法 /10

第三节 容量计量单位 /12

一、容量法定计量单位 /12

二、容量非法定计量单位换算 /13

第四节 容量分类 /13

一、大容量 /13

二、中容量 /14

三、小容量 /14

第五节 容量与温度的关系 /14

第二章 容量计量器具检定系统表 /16

第一节 容量计量基准 /16

一、名称、测量范围 /16

二、容量国家基准装置的组成 /16

三、容量国家基准装置的主要计量标准器具名称与
准确度等级 /17

四、容量国家基准装置复现量值时的最佳测量能力 /17

五、容量国家基准装置测量方法 /17

六、容量国家基准装置量值溯源途径 /18

第二节 容量计量标准 /18

一、玻璃量器标准装置 /18

二、衡量法容量标准装置 /18

三、金属量器标准装置 /19

四、计量罐容积检定装置 /19

第三节 工作计量器具 /19

一、一等玻璃量器标准装置采用“容量比较法”
检定的工作计量器具 /20

二、二等玻璃量器标准装置采用“容量比较法”
检定的工作计量器具 /20

三、衡量法容量标准装置采用“衡量法”检定
的工作计量器具 /21

四、二等金属量器标准装置采用“容量比较法”
检定的工作计量器具 /22

五、计量罐容积检定装置采用“几何测量法”
检定的工作计量器具 /22

第四节 附加说明 /23

一、新型容量工作计量器具说明 /23

二、检定方法说明 /23

三、检定系统框图的说明 /23

四、选用 SI 的倍数或分数单位说明 /24

第五节 容量计量器具检定系统表框图 /24

第三章 玻璃量器 /25

第一节 概述 /25

- 一、玻璃量器的特性 /25
- 二、玻璃量器的清洗 /27
- 三、弯月（液）面的调定和读数方法 /27

第二节 玻璃量器分类及型式规格 /30

- 一、玻璃量器的分类 /30
- 二、玻璃量器的型式规格 /31

第三节 玻璃量器的技术要求 /42

- 一、玻璃量器的基本技术参数 /42
- 二、玻璃量器的通用技术要求 /68
- 三、玻璃量器的理化性能 /73

第四节 玻璃量器的检定条件 /75

- 一、实验室环境条件及其他要求 /75
- 二、检定设备 /75

第五节 玻璃量器的检定项目及方法 /78

- 一、外观检查 /78
- 二、玻璃量器的应力检验 /78
- 三、密合性的检验 /79
- 四、流出时间的确定 /81
- 五、其他项目的检验 /81
- 六、容量检定 /83

第六节 玻璃量器的数据处理及判定原则 /97

- 一、玻璃量器的容量计算 /97
- 二、判断原则 /100
- 三、玻璃量器的检定周期 /100

第七节 玻璃量器的不确定度评定 /100

- 一、衡量法测量标准玻璃量器的容量不确定度评定 /101
- 二、容量比较法测量标准玻璃量器的容量的不确定度评定 /104

第四章 移液器、液体物料定量灌装机和容重器 /108

第一节 移液器 /108

- 一、概述 /108
- 二、计量性能要求 /108
- 三、通用技术 /113
- 四、检定条件 /113
- 五、检定项目及方法 /114
- 六、数据处理 /116
- 七、移液器的不确定度评定 /119

第二节 液态物料定量灌装机 /122

- 一、概述 /122
- 二、计量性能 /122
- 三、通用技术 /123
- 四、检定条件 /123
- 五、检定项目及方法 /123
- 六、数据处理 /126
- 七、液态物料定量灌装机的不确定度评定 /128

第三节 容重器 /134

- 一、概述 /134
- 二、计量性能 /134
- 三、通用技术要求 /136
- 四、检定条件 /137
- 五、检定项目及方法 /137

第五章 标准金属量器 /143

第一节 概述 /143

- 一、标准金属量器的定义 /143
- 二、标准金属量器的结构 /143
- 三、标准金属量器的分类 /143

第二节 金属量器计量性能 /147

- 一、金属量器的准确度等级与最大允许误差 /147
- 二、金属量器计量颈的分度容积 /147

第三节 金属量器制造 /149

一、主体制造 /149

二、计量颈 /151

三、车载金属量器附加结构 /152

第四节 金属量器检定条件 /152

一、检定温度 /152

二、检定介质 /153

三、检定场所要求 /153

四、检定设备 /154

第五节 金属量器检定方法 /155

一、外观检查 /155

二、密封性检验 /155

三、排气与排液能力的检验 /155

四、金属量器材质与壁厚检验 /156

五、金属量器的机械性能检验 /156

六、容积检定 /156

七、计量颈分度容积检定 /162

第六节 标准金属量器不确定度评定 /162

一、一等标准金属量器测量不确定度评定 (衡量法) /162

二、二等标准金属量器测量不确定度评定 (容量比较法) /168

第六章 燃油加油机 /172

第一节 概述 /172

一、构造 /172

二、工作原理 /172

第二节 计量性能 /173

一、加油机的最大允许误差 /173

二、加油机的流量比 /173

三、加油机的最小被测量 /173

四、加油机的最小体积变量 /174

五、加油机的付费金额误差 /174

第三节 现场检查 /174

一、外观检查 /174

二、封印机构检查 /175

三、欺骗性检查 /175

第四节 示值检定条件 /175

一、环境要求 /175

二、试验介质 /176

三、检定设备 /176

第五节 示值检定 /176

一、流量点与测量次数 /176

二、检定方法与步骤 /177

三、计算 /178

四、示值误差评定方法 /179

五、检定结果说明 /179

六、检定周期说明 /179

第六节 加油机作弊与反作弊 /180

一、加油机原理 /180

二、不法分子在加油机上作弊的手段和方法 /180

三、加油机反作弊的方法与措施 /182

第七节 燃油加油机检定结果不确定度评定 /184

一、检测方法 /184

二、数学模型 /184

三、方差和灵敏系数 /184

四、标准不确定度一览表 /185

五、分量标准不确定度 /185

六、合成标准不确定度 /187

七、扩展不确定度 /187

八、结论 /187

第七章 液化石油气加气机 /188

第一节 概述 /188

一、加气机结构 /188

二、加气机工作原理 /188

三、加气机工作环境 /189

四、计量性能 /189

第二节 检定条件 /190

一、检定条件 /190

二、检定流量点 /190

第三节 检测设备和检测方法 /190

一、标准量器法 /190

二、称重法 /194

三、标准流量计法 /196

第四节 检定结果计算 /198

第五节 液化石油气加气机测量不确定度评定 /199

一、数学模型 /199

二、方差和灵敏系数 /199

三、标准不确定度一览表 /200

四、计算分量标准不确定度 /200

五、合成标准不确定度 /203

六、结论 /204

第八章 汽车油罐车 /205

第一节 概述 /205

一、汽车油罐车结构 /205

目

录

7

二、计量性能 /205

三、制造要求 /205

第二节 检定条件 /206

一、环境条件 /206

二、检定用仪器设备 /206

第三节 检定方法 /207

一、检尺点确定 /207

二、进油口外高值与进油口至罐底总高的测量 /207

三、容量值的检定 /207

四、数据处理 /209

五、容量表的编制 /210

第四节 汽车油罐车容量测量结果不确定度评定 /210

一、测量方法 /210

二、数学模型 /211

三、方差和灵敏系数 /211

四、标准不确定度分量 /212

五、合成标准不确定度 /214

六、扩展不确定度 /214

第九章 立式金属罐 /215

第一节 概述 /215

一、构造 /215

二、分类 /215

三、检定原理 /217

四、计量性能 /218

五、技术要求 /218

第二节 检定条件 /219

一、检定环境 /219

二、检定设备 /220

第三节 容量测量方法 /224

- 一、圈板直径（圆周）测量 /224
- 二、各圈板高度、总高及板厚测量 /233
- 三、罐底量测量 /233
- 四、罐体倾斜测量 /236
- 五、椭圆度测量 /237
- 六、参照高度和液面高度测量 /237
- 七、罐内附件测量 /238
- 八、浮顶测量 /238

第四节 数据处理 /242

- 一、空罐时各圈板内直径的计算 /242
- 二、带液测量各圈板内直径的计算 /246
- 三、各圈板内高计算 /247
- 四、底量计算 /248
- 五、罐体倾斜容量修正的计算 /249
- 六、静压力容量修正计算 /250
- 七、罐内附件的体积计算 /251
- 八、浮顶计算 /251

第五节 容量表的编制 /256

第六节 立式金属罐容量测量不确定度评定 /256

- 一、围尺法测量油罐容积 /257
- 二、光学垂准线法测量 /262

第十章 卧式金属罐 /269

第一节 概述 /269

- 一、构造与分类 /269
- 二、检测原理 /271
- 三、计量性能 /271
- 四、技术要求 /271

第二节 检定条件 /272

- 一、检定环境 /272

- 二、检定设备 /272
- 第三节 容量测量方法 /273
 - 一、外测法 /273
 - 二、内测法 /279
- 第四节 数据处理 /281
 - 一、基本数据 /281
 - 二、容积的计算——处于水平状态时 /288
 - 三、容积的计算——处于倾斜状态时 /298
 - 四、椭圆度计算 /301
- 第五节 容量表的编制 /301
- 第六节 卧式金属罐容积测量不确定度评定 /302
 - 一、数学模型 /302
 - 二、标准不确定度一览表 /302
 - 三、各输入量的标准不确定度 /303
 - 四、总容积测量的合成不确定度 /312

第十一章 球形金属罐 /313

- 第一节 概述 /313
 - 一、构造 /313
 - 二、检测原理 /313
 - 三、计量性能 /313
 - 四、技术要求 /314
- 第二节 检定条件 /315
 - 一、检定环境 /315
 - 二、测量设备 /315
- 第三节 测量方法 /317
 - 一、球罐直径测量 /317
 - 二、罐壁厚度的测量 /327
 - 三、罐内压力确定 /328
 - 四、罐内附件测量 /328

五、液位计标尺零点至罐底零点高差测量 /328

第四节 数据处理 /329

一、经纬仪测量赤道直径的计算 /329

二、经纬仪测量竖向直径的计算 /330

三、承压状态下球罐内直径的修正 /330

四、球罐容积的计算 /331

五、球罐内附件的体积 ΔV_A 计算 /332

六、容量表的编制 /333

第五节 球形金属罐容量不确定度评定 /333

一、测量方法 /333

二、数学模型 /333

三、方差和灵敏系数 /334

四、标准不确定度一览表 /335

五、计算分量标准不确定度 /335

六、合成标准不确定度 /338

七、扩展不确定度 /338

八、结论 /338

第十二章 船舶液货计量舱 /339

第一节 概述 /339

一、船舶液货计量舱的组成和分类 /339

二、容量检定原理 /339

三、计量性能 /340

四、建造要求 /340

第二节 检定条件 /340

一、环境条件 /340

二、检定用仪器设备 /341

第三节 检定方法 /341

一、容量比较法 /342

二、几何测量法 /345

目

录

11