

计 量 培 训 教 材

力学计量

(下册)

国防科工委科技与质量司组织编写



A1031565

原 子 能 出 版 社

目 录

第一篇 质量计量

第一章 质量计量的基础知识	3
第一节 质量计量概述	3
第二节 质量的物理概念	4
第三节 重力和重量	7
第四节 质量单位和质量计量	8
第五节 衡量	10
第六节 衡量中的空气浮力修正	15
第七节 空气密度	17
第八节 质量计量的发展动态	19
思考题	20
第二章 砝码	21
第一节 砝码的分等及质量允差	21
第二节 砝码结构形状和材料	25
第三节 砝码的组合方式	27
第四节 砝码的使用与保养	27
第五节 砝码的折算质量	29
第六节 砝码的检定	31
第七节 砝码的组合检定	40
第八节 砝码检定中的不确定度评估	44
思考题	50
第三章 天平	50
第一节 天平的基本概念及工作原理	50
第二节 天平的计量性能	55
第三节 天平的安装和一般调修	60
第四节 天平的检定	71
第五节 天平检定校准中的不确定度分析	78
思考题	81
第四章 衡器	82

II 录

第一节	衡器的基本概念	82
第二节	杠杆秤	83
第三节	电子秤	91
第四节	衡器的使用与维修	96
第五节	衡器的检定	105
思考题		115
参考文献		116

第二篇 力值计量

第一章	力值计量基础知识	119
第一节	力的产生和力的种类	119
第二节	力的单位和力值的测量原理	120
第三节	力值传递系统	121
思考题		124
第二章	力标准机	124
第一节	静重式力标准机	124
第二节	杠杆式力标准机	128
第三节	液压式力标准机	133
第四节	叠加式力标准机	141
第五节	测量不确定度分析	145
第六节	力标准机检定及传递注意事项	152
思考题		155
第三章	标准测力仪	155
第一节	标准测力仪准确度级别划分及其技术要求	155
第二节	光学式标准测力仪	156
第三节	百分表式标准测力仪	158
第四节	应变传感器式标准测力仪	161
第五节	标准测力仪不确定度评定	162
思考题		163
第四章	电阻应变负荷传感器	163
第一节	电阻应变片及电桥变换原理	163
第二节	电阻应变传感器弹性体	167
第三节	传感器补偿技术	169

11 录

第四节	负荷传感器的等级划分与检定	171
第五节	传感器检定中应注意的问题	174
思考题	.....	175
第五章	称重传感器	175
第一节	称重传感器的技术要求	176
第二节	称重传感器的检定方法	177
思考题	.....	181
第六章	材料试验机	184
第一节	材料力学的几个基本参数	184
第二节	材料试验机的测力原理	185
第三节	材料试验机的结构和工作原理	189
第四节	材料试验机的检定	211
第五节	材料试验机的不确定度分析	219
第六节	材料试验机的发展展望	224
思考题	.....	225
第七章	冲击试验机	226
第一节	冲击试验的特点	226
第二节	冲击试验机的结构和工作原理	227
第三节	冲击试验机的检定	232
第四节	冲击试验机检定结果的测量不确定度分析	235
第五节	冲击试验机的发展与展望	239
思考题	.....	239
第八章	力值计量的最新发展	240
第一节	力传感器的动态特性校准	240
第二节	多分量传感器及校准装置	242
参考文献	.....	244

第三篇 扭矩计量

第一章	扭矩计量基础知识	247
第一节	扭矩测量的基本概念	247
第二节	扭矩法定计量单位	253
第三节	扭矩检定系统表及量值传递	254
第四节	扭矩计量器具检定参数	257

思考题	258
第二章 扭矩计量标准	259
第一节 扭矩计量标准的建立	259
第二节 扭矩计量标准的类型	262
第三节 扭矩计量标准的测量不确定度	263
第四节 扭矩标准装置的国际比对	265
思考题	268
第三章 扭矩测量仪的检定	269
第一节 扭矩测量仪	269
第二节 扭矩测量仪的基本特性	273
第三节 扭矩传感器及测量仪的检定方法	282
第四节 转速测量仪的检定方法	284
第五节 扭矩传感器及测量仪的现场校准	285
第六节 扭矩传感器的动态性能测试	289
思考题	291
第四章 扭力扳手检定	291
第一节 扭力扳手的工作原理	292
第二节 扭力扳手校准装置	296
第三节 扭力扳手检定	300
思考题	302
第五章 国外扭矩校准方法和标准装置	302
第一节 国外扭矩检定方法和校准规范	303
第二节 国外扭矩标准装置	309
第三节 扭矩计量技术的发展趋势	315
思考题	317
参考文献	317

第四篇 硬度计量

第一章 硬度计量概述	321
第一节 硬度试验方法	321
第二节 硬度计的结构原理	322
第三节 硬度计量发展方向	324
第四节 硬度工作基准装置	325

目录

思考题	336
第二章 布氏硬度	336
第一节 布氏硬度试验原理及特点	337
第二节 布氏硬度试验的条件及要求	338
第三节 布氏硬度计的检定	341
第四节 影响布氏硬度示值的主要因素	344
思考题	348
第三章 维氏硬度	348
第一节 维氏硬度试验原理及特点	349
第二节 维氏硬度试验的条件及要求	350
第三节 维氏硬度计的检定	353
第四节 影响维氏硬度示值的主要因素	354
思考题	359
第四章 显微硬度	359
第一节 显微（努氏）硬度试验原理及特点	359
第二节 显微硬度试验的条件及要求	361
第三节 显微硬度计的检定	362
第四节 影响显微硬度示值的主要因素	364
思考题	366
第五章 洛氏硬度	367
第一节 洛氏硬度试验原理及特点	367
第二节 洛氏硬度试验的条件及要求	369
第三节 洛氏硬度计的检定	373
第四节 影响洛氏硬度示值的主要因素	375
思考题	378
第六章 表面洛氏硬度	378
第一节 表面洛氏硬度试验原理及特点	378
第二节 表面洛氏硬度试验的条件及要求	380
第三节 表面洛氏硬度计的检定	384
第四节 影响表面洛氏硬度示值的主要因素	386
思考题	389
第七章 肖氏硬度	389
第一节 肖氏硬度试验原理及特点	389
第二节 肖氏硬度计应符合的条件	391

目 录

第三节	肖氏硬度计的检定	392
第四节	影响肖氏硬度示值的主要因素	394
思考题	.....	395
第八章	里氏硬度	396
第一节	里氏硬度试验原理及特点	396
第二节	里氏硬度计应符合的条件	396
第三节	试样应符合的条件	397
第四节	里氏硬度计的检定	399
第五节	标准里氏硬度块的技术要求、检定及示值表示方法	399
思考题	.....	401
参考文献	.....	401

第五篇 压力计量

第一章	压力计量基础知识	405
第一节	压力计量基本概念和原理	405
第二节	常用的压力名词术语	408
第三节	法定压力计量单位	409
思考题	.....	412
第二章	压力计量检定系统	412
第一节	— 0.1~250 MPa 压力计量器具检定系统	412
第二节	— 2.5~2.5 kPa 压力计量器具检定系统	415
第三节	200~2 500 MPa 压力计量器具检定系统	417
第四节	关于使用压力计量检定系统表的几点说明	419
思考题	.....	419
第三章	常用的压力测量仪器仪表	420
第一节	压力仪器仪表的分类	420
第二节	弹簧管式压力表	422
第三节	液体式压力计	426
第四节	压力传感器	434
第五节	压力变送器	442
第六节	数字式压力计	444
思考题	.....	446
第四章	压力计量标准器	447
第一节	活塞式压力计	447

目 录

思考题	454
第五章 压力计量检定	454
第一节 压力计量检定中计量标准器的选择	455
第二节 压力仪器仪表的检定	455
第三节 测量不确定度的评定与表示	460
思考题	464
第六章 动态压力校准	465
第一节 动态压力校准理论基础	465
第二节 动态压力校准装置	471
第三节 动态压力校准方法	479
第四节 动态压力测量误差基本修正方法	487
思考题	489
参考文献	489

第六篇 真空计量

第一章 真空计量基础知识	493
第一节 绪论	493
第二节 真空计量的物理基础——气体分子运动论	497
第三节 真空获得	507
第四节 真空系统的检漏	516
思考题	520
第二章 真空测量与校准	520
第一节 引言	521
第二节 弹性变形真空规	521
第三节 热传导真空规	524
第四节 电离真空规	526
第五节 磁悬浮转子规	532
第六节 真空测量技术	535
第七节 真空度校准	538
思考题	546
第三章 气体微流量测量与校准	547
第一节 气体流量的计量单位	547
第二节 参考漏孔	549
第三节 气体微流量计	552

目录

第四节	气体微流量的校准方法	555
思考题	.....	557
第四章	分压力测量与校准	557
第一节	概述	558
第二节	分压力的测量基础	559
第三节	分压力质谱计的主要性能	565
第四节	分压力质谱计测量技术	567
第五节	分压力质谱计测量数据分析	570
第六节	分压力质谱计校准技术	574
思考题	.....	581
第五章	抽速测量	581
第一节	抽速测量原理	581
第二节	真空泵抽速的测量	585
思考题	.....	587
第六章	测量不确定度的表示与评定示例	587
第一节	动态流量法校准装置的测量不确定度分析	588
第二节	恒压式气体微流量计的测量不确定度分析	589
第三节	膨胀法真空计量装置的测量不确定度分析	592
思考题	.....	595
参考文献	.....	595

第七篇 振动计量

第一章	振动计量基础知识	599
第一节	振动的描述	600
第二节	振动计量器具检定系统	603
思考题	.....	607
第二章	振动传感器	608
第一节	振动传感器的分类	608
第二节	振动传感器的构造	610
第三节	振动传感器的力学原理	616
第四节	振动传感器的特性参数	620
思考题	.....	624
第三章	振动传感器灵敏度校准方法	625

第一节	激光干涉条纹计数法校准	625
第二节	条纹计数法校准不确定度评定	629
第三节	激光干涉贝塞尔函数法校准	636
第四节	激光干涉正弦逼近法校准	640
第五节	比较法校准	644
思考题	.....	652
第四章	振动计量标准	652
第一节	标准振动台	652
第二节	振动校准装置	657
思考题	.....	665
第五章	振动传感器特性参数的校准	665
第一节	基本特性参数的校准	666
第二节	环境特性参数的校准	679
第三节	物理特性参数的说明	687
思考题	.....	687
第六章	动态信号分析仪及其检定方法	688
第一节	数字式 FFT 动态信号分析基础知识	688
第二节	动态信号分析仪的检定方法	698
思考题	.....	706
第七章	振动试验台及其检定方法	706
第一节	振动试验台	706
第二节	振动试验	710
第三节	振动试验系统的检定方法	714
第四节	检定结果的不确定度分析举例	728
思考题	.....	731
参考文献	.....	731

第八篇 冲击计量

第一章	冲击计量的基础知识	735
第一节	冲击过程的描述	735
第二节	测量系统动态特性的描述	743
第三节	测量系统的冲击响应	748
思考题	.....	753

目 录

第二章	冲击测量系统	753
第一节	冲击测量系统的组成和基本功能	754
第二节	冲击测量对测量系统动态特性的基本要求	755
第三节	冲击测量信号适调器的高低频限制	759
第四节	冲击加速度计量器具检定系统	766
思考题	.....	770
第三章	冲击加速度时域绝对校准方法	771
第一节	冲击加速度绝对校准装置的通用要求	771
第二节	速度改变法	773
第三节	激光干涉法	782
思考题	.....	791
第四章	冲击加速度时域相对校准和比较校准方法	791
第一节	冲击力法	791
第二节	应力波冲击加速度校准方法	793
第三节	冲击加速度校准的 Hopkinson 压缩波方法	796
第四节	冲击加速度时域比较校准方法	801
思考题	.....	803
第五章	冲击加速度频域校准方法	803
第一节	频域校准原理	804
第二节	频域校准设备	805
第三节	校准操作	808
第四节	数据处理	810
思考题	.....	811
参考文献	.....	811

第九篇 转速计量

第一章	转速计量基础知识	815
第一节	转速计量单位	815
第二节	转速计量基本概念	817
思考题	.....	819
第二章	转速量值的测量与传递	819
第一节	转速量值的溯源	819
第二节	转速测量仪器的分类和分级	821
思考题	.....	822

第三章 常用转速表	823
第一节 离心式转速表	823
第二节 定时式转速表和振动式转速表	826
第三节 磁电式转速表	826
第四节 频闪式转速表	827
第五节 电子计数式转速表	829
第六节 激光技术在转速测量中的应用	830
第七节 微机械角速度传感器	832
思考题	833
第四章 转速测量仪器的检定	834
第一节 标准转速装置	834
第二节 标准转速装置的检定	836
第三节 转速表的检定	839
第四节 车速里程表的检定	843
第五节 转台的校准	845
思考题	850
参考文献	850

第十篇 恒加速度计量

第一章 恒加速度计量的基础知识	855
第一节 加速度的量值传递	855
第二节 线加速度计的力学模型和静态数学模型	857
第三节 典型加速度计的工作原理	858
思考题	862
第二章 恒加速度校准	862
第一节 校准仪器和设备的要求	862
第二节 加速度计的静态数学模型	863
第三节 加速度计的静态校准	864
第四节 利用精密离心机校准线加速度计的高次项系数	875
第五节 利用温度系数校准线加速度计的温度系数	876
思考题	881
第三章 角加速度计校准	881
第一节 角加速度计	881
第二节 利用加速度再现装置校准角加速度计 K_1 , K_0 和分辨力	883

目录

第三节	利用角振动台校准角加速度计动态特性	885
第四节	角振动台的校准方法	887
思考题	.....	893
第四章	线加速度计校准装置的校准方法	893
第一节	重力场校准系统的校准方法	893
第二节	校准装置的工作原理	899
第三节	精密离心校准装置的校准方法	902
第四节	温度系数校准装置的校准方法	918
第五节	加速度计特殊参数计量简介	922
思考题	.....	926
参考文献	.....	927

第十一篇 流量计量

第一章	流量计量的基础知识	931
第一节	流量计量的基本概念	931
第二节	流量测量的基本方程	935
第三节	流量计量的有关参数	936
第四节	流量测量准确度的影响因素及修正	939
第五节	流量计量的特点	940
第六节	流量计量技术的发展	941
思考题	.....	944
第二章	流量标准装置	945
第一节	概述	945
第二节	静态质量法水流量标准装置	946
第三节	活塞位移型液体流量标准装置	947
第四节	钟罩式气体流量标准装置	947
第五节	质量法气体流量标准装置	948
第六节	PVTt 法气体流量标准装置	949
第七节	标准表法流量标准装置	950
第八节	动态流量标准装置	951
思考题	.....	952
第三章	流量测量仪表	953
第一节	用流量计测量流量的原理	953
第二节	速度式流量计	955

目 录

第三节	容积式流量计	961
第四节	差压式流量计	965
第五节	质量流量计	970
思考题	.....	982
第四章	流量测量方法	983
第一节	大流量测量方法	983
第二节	微小流量测量方法	989
第三节	高温流体的流量测量方法	993
第四节	极低温流体的流量测量方法	994
第五节	脉动流的流量测量方法	997
思考题	.....	1005
第五章	流量计量器具的检定	1006
第一节	流量计量器具检定系统	1006
第二节	流量计的检定	1009
第三节	流量标准装置的检定	1012
思考题	.....	1013
参考文献	.....	1014

第十二篇

流速计量

第一章	流速测量仪器	1017
第一节	流速测量中的基本概念	1017
第二节	热线（或热膜）风速仪	1018
第三节	激光多普勒流速仪	1022
第四节	毕托管	1025
思考题	.....	1027
第二章	测量仪器的校准	1027
第一节	热线（或热膜）风速仪校准	1027
第二节	激光多普勒流速仪校准	1029
第三节	毕托管校准	1032
思考题	.....	1033
第三章	流速校准系统	1033
第一节	校准盘系统	1033
第二节	动态校准台系统	1035
第三节	校准喷嘴系统	1036

目 录

思考题	1039
参考文献	1039

第十三篇 容量计量

第一章 容量计量的基础知识	1043
第一节 容量计量的范畴	1043
第二节 容量的单位	1044
第三节 容量计量的量值传递	1045
思考题	1045
第二章 容量测量的基本方法	1046
第一节 衡量法（称重法）	1046
第二节 直接比较法（灌水法）	1049
第三节 几何测量法	1050
思考题	1053
第三章 容量计量的标准器具	1053
第一节 容量计量基准	1053
第二节 标准玻璃量器	1054
第三节 标准金属量器	1058
第四节 油罐（容量）检定标准装置	1061
思考题	1062
第四章 大容量计量	1062
第一节 概述	1062
第二节 立式罐	1063
第三节 卧式罐	1080
第四节 球形罐	1096
第五节 汽车油罐	1103
第六节 铁路罐车	1104
思考题	1109
第五章 液货船舶舱计量	1110
第一节 概述	1110
第二节 船舶液货舱的结构	1111
第三节 技术要求和检定条件	1111
第四节 检定项目与检定方法	1113
第五节 检定结果不确定度分析	1119
思考题	1124
参考文献	1124

第 7 篇



振 动 计 量

