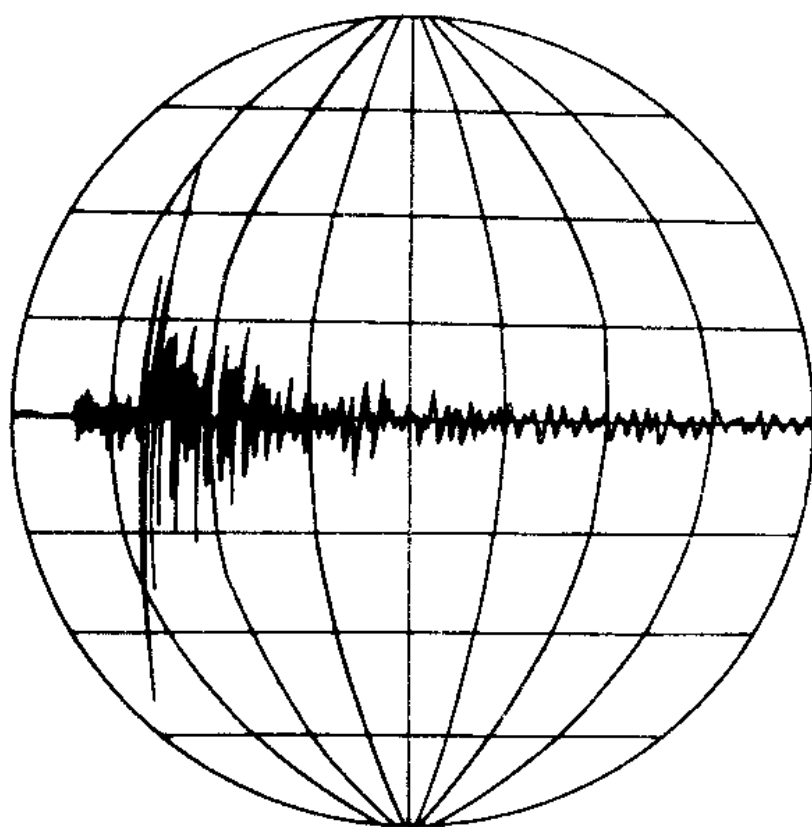


地震观测技术工人培训教材

地震观测技术

(试用)



国家地震局

前言

地震观测是地震预报的基础，也是一门综合性的技术。为了培训地震观测技术工人，国家地震局编写了地震观测技术工人培训教材《地震观测技术》一书，供初、中、高三级观测技术工人学习之用，同时为初、中、高三级观测技术工人拟订了考核复习大纲，并配合大纲要求在每章之后列出思考题，以便加深理解和认识，掌握地震观测技术。该书分为测震观测技术（第一部分测震分析、第二部分测震仪器）、地震电磁观测技术（第一部分地震地电学、第二部分地磁学）、地震形变观测技术和地震地下流体观测技术四部分。许健生编写测震分析，岳自仁编写测震仪器；陈有发编写地震地电学，方晓祥编写地磁学；唐九安编写地震形变第一、二、三、五章，高大林编写第四章，刘长义编写第六章；王长岭编写地震地下流体第一、二、三、六章、第四章第一、三节，陈永章编写地震地下流体第五、七章和第四章其它几节。许健生、陈有发、唐九安、王长岭分别对四部分进行了内容和文字的加工、修改和统一，陈有发负责全书的总体安排，并付印成书。王秀文、孙其政、姜照顾、李友博、赵和平、潘怀文、阴朝民和刘宗坚具体指导和积极组织有关科技人员编写《地震观测技术》，并审查了该书的初稿。在编书过程中自始至终得到国家地震局兰州地震研究所的大力支持。董奇珍、肖军、李正蒙、梁子彬、阮爱国、张幼敏、周菊芳、冯爱敏、郭永霞、马兰花、彭维荣、齐玉芳、闵祥仪、常千军、白亚平、瞿里君等作了大量的具体工作。由于编者水平有限，加之时间仓促，书中错误和不妥之处一定难免，希望读者指正。

国家地震局《地震观测技术》编写组
一九九四年一月于兰州

国家地震局《地震观测技术》编写组成员

陈有发 王长岭 唐九安 许健生 姜照顺

李友博 潘怀文 方晓祥 岳自仁 高大林

陈永章 孙土宏 刘长义 鲍振刚

目录

第一篇 测震观测技术

第一部分 测震分析

第一章 弹性形变、振动和波基础知识简介	(1)
1.1 弹性形变	(1)
1.1.1 虎克定律	(1)
1.1.2 切应变	(2)
1.1.3 体积应变	(3)
1.1.4 泊松比	(3)
1.1.5 弹性系数之间的关系	(4)
1.2 振动	(4)
1.2.1 振动的概念	(4)
1.2.2 振动的衰减	(5)
1.2.3 振动的叠加	(7)
1.2.4 简谐振动	(9)
1.3 波动	(14)
1.3.1 波的概念	(14)
1.3.2 波的形成及类型	(14)
1.3.3 波动方程式与波速	(17)
1.3.4 惠更斯原理	(18)
1.3.5 波的反射、折射和绕射	(19)
1.3.6 波动的能量	(20)
1.3.7 介质对波动能量的吸收	(24)
第二章 地震波基础	(26)
2.1 地震波	(26)
2.1.1 地震波简介	(26)
2.1.2 体波	(26)
2.1.3 面波	(27)
2.1.4 导波	(29)
2.1.5 面波的群速度	(35)

2.2	界面对地震波的影响	(37)
2.2.1	地震波在固定界面上的反射和折射	(37)
2.2.2	地震波在地表的反射	(40)
第三章	地震波的运动学特性	(45)
3.1	近地震波的种类及时距方程	(45)
3.1.1	单层地壳近地震波时距方程	(45)
3.1.2	单层模型近地震波时距曲线	(50)
3.2	远地震波的运动学特性	(51)
3.2.1	地震射线方程	(51)
3.2.2	时距曲线参数方程	(55)
3.2.3	地球内部内部的速度间断层对地震波射线和时距曲线的影响	(55)
第四章	识别震相的方法和震相特征	(57)
4.1	波的共同特征	(57)
4.2	各类地震波图简介	(58)
4.2.1	地方震波	(59)
4.2.2	近地震波	(61)
4.2.3	远地震波	(69)
4.2.4	深地震波	(79)
4.3	爆炸波和机械振动波	(82)
4.3.1	脉动	(82)
4.3.2	车辆振动	(82)
4.3.3	大风干扰或雷电效应	(83)
4.3.4	爆炸波	(83)
4.4	识别震相的方法	(89)
4.4.1	单台判别震相的方法	(89)
4.4.2	判别震相举例	(90)
4.5	测量震相特征数据和汇编地震观测报告	(93)
4.5.1	测定震相的运动学和动力学数据	(93)
4.5.2	汇编地震观测报告	(94)
第五章	测定近震基本参数的方法	(95)
5.1	测定近震的发展时刻	(95)
5.2	测定近震的震源位置	(96)
5.2.1	用波的位移测定震中位置	(97)
5.2.2	单台测定近震的震源深度	(97)
5.3	测定近震的震级	(102)
第六章	测定远震基本参数的方法	(105)
6.1	测定远震的震源位置	(105)
6.1.1	用波的位移测定震中位置	(105)
6.1.2	单台测定远震的震源深度	(107)

6.2	测定远震的震级	(108)
6.2.1	用面波测定震级 M_s	(109)
6.2.2	用体波测定震级 m	(111)
6.2.3	烈度、震级、能量之间的关系	(112)

第二部分 测震仪器

第一章	地震仪器的基本概念	(118)
1.1	基本概念	(118)
1.2	地震仪的一般概念	(121)
1.3	地震仪器中涉及的几个基本参数	(122)
第二章	地震台上常用的几种地震仪的结构、安装和使用	(126)
2.1	地震仪的发展过程	(126)
2.2	DD-1 地震仪	(129)
2.3	基式地震仪	(134)
2.4	其它几种地震仪简介	(137)
2.5	地震仪器安装、架设和使用的几个问题	(138)
第三章	地震仪器常数测定方法	(142)
3.1	DD-1、DD-2 短周期笔绘墨水记录微震仪的标定方法	(142)
3.2	短周期笔绘烟记录微震仪的标定方法	(147)
3.3	短周期电流计光记录微震仪的标定方法	(150)
3.4	基式中长周期电流计光记录地震仪的标定方法	(158)
3.5	DK-1 中长周期笔绘墨水记录地震仪的标定方法	(166)
3.6	常数测定的一些要求与规定	(170)
第四章	台站日常管理	(173)
4.1	时间服务	(173)
4.2	脉冲监视	(175)
4.3	记录图纸的更换与冲洗	(176)
4.4	记录图纸的印章加盖和标注	(178)
附录:	测震观测技术复习大纲	(181)

第二篇 地震电磁观测技术

第一部分 地震地电学观测技术

前 言	(182)
第一章 岩石电学性质的基本知识	(183)
1.1 岩石的导电性	(183)
1.1.1 岩石和矿物的导电性概念	(183)
1.1.2 岩石电阻率 ρ 与岩石成份的关系	(183)
1.1.3 岩石 ρ 与岩石结构的关系	(184)
1.1.4 岩石 ρ 与岩石湿度的关系	(185)
1.1.5 岩石 ρ 与岩石温度的关系	(187)
1.1.6 岩石 ρ 与压力的关系	(188)
1.2 岩石的介电性	(192)
1.3 岩石的人工激化	(194)
1.4 岩石的其他电性	(194)
1.4.1 岩石的压电效应	(194)
1.4.2 岩石的震电效应	(194)
第二章 地电阻率法的观测技术	(196)
2.1 地中稳定电流场的性质	(196)
2.1.1 地中稳定电流场的性质	(196)
2.1.2 一个点电源的地中电流场	(196)
2.1.3 地表两个异性电流源的地中电流场	(198)
2.1.4 偶极电流源的地中电流场	(198)
2.1.5 均匀大地电阻率的测定	(198)
2.1.6 视电阻率的概念	(200)
2.2 地电率法的测量原理	(200)
2.2.1 四极法	(201)
2.2.2 偶极法	(201)
2.2.3 电测深法	(201)
2.3 四极法探测深度和探测范围	(203)
2.3.1 探测深度	(203)
2.3.2 探测范围	(204)
2.4 地电阻率法台址条件与台址选择	(204)
2.4.1 台网条件	(204)

2.4.2	台址条件	(205)
2.4.3	台址选择步骤	(207)
2.5	地电阻率观测系统的设置及观测室的建立	(208)
2.5.1	观测系统	(208)
2.5.2	测线方向的确定	(208)
2.5.3	极距的选择	(209)
2.5.4	电极的处理	(209)
2.5.5	线路的敷设	(211)
2.5.6	观测室的建设	(211)
2.6	地电阻率法测量中的干扰及误差来源	(211)
2.6.1	极化干扰	(211)
2.6.2	风扰与磁扰	(212)
2.6.3	其他干扰	(212)
2.6.4	观测系统漏电的干扰	(213)
2.6.5	观测环境变化的干扰	(215)
2.6.6	测量仪器性能变化引起的误差	(215)
2.6.7	人工读数引起的观测误差	(216)
2.6.8	供电电流强度变化引起的误差	(216)
第三章	地震地电学其它方法的观测技术	(217)
3.1	自然电场法的观测技术	(217)
3.1.1	过滤电场	(217)
3.1.2	扩散—吸附电场	(218)
3.1.3	电化学电位	(219)
3.1.4	奈斯特电位	(219)
3.1.5	岩石自然电场与压力的关系	(219)
3.2	大地电场法的观测技术	(221)
3.2.1	大地电场的分类	(221)
3.2.2	大地电场日变化	(221)
3.2.3	大地电场的台网和台址条件	(222)
3.2.4	大地电场的测量方法和技术	(222)
3.3	大地电磁测深法的观测技术	(223)
3.3.1	大地电磁场的特点	(223)
3.3.2	大地电磁测深法的原理和技术	(224)
3.4	电磁辐射(电磁波)的观测技术	(225)
3.4.1	电磁辐射的实验结果	(225)
3.4.2	电磁辐射的测量方法和技术	(226)
3.5	大气电场法的观测技术	(227)
3.5.1	大气电场法的台址条件	(228)
3.5.2	大气电场法的观测仪器	(228)

第四章 地电阻率法测量仪器简介及安装	(229)
4.1 ρ_s 法对测量仪器的基本要求	(229)
4.2 DDC-2B 型电子自动补偿仪	(230)
4.2.1 主要技术特性	(230)
4.2.2 工作原理	(230)
4.2.3 仪器标定	(232)
4.3 ZD8 地电仪	(233)
4.3.1 主要技术性能	(233)
4.3.2 电原理简介	(233)
4.3.3 仪器的安装	(236)
4.3.4 仪器的精度检查和标定	(236)
4.3.5 仪器的维护	(237)
4.4 C-ATS 自动测量系统	(237)
4.4.1 主要技术特性	(237)
4.4.2 系统的构成	(237)
4.4.3 系统的安装	(239)
4.4.4 系统的操作	(240)
第五章 地电台日常工作及资料处理	(241)
5.1 观测工作	(241)
5.1.1 指针式仪器	(241)
5.1.2 自动化测量仪器	(241)
5.2 外线路绝缘程度检查	(241)
5.3 地电资料处理	(241)
5.3.1 地电资料的基本质	(242)
5.3.2 准确度、精确度和误差	(242)
5.3.3 地电阻率数据的处理方法	(244)
5.3.4 数据的图形处理方法	(245)
5.3.5 数据的回归和相关分析	(246)
5.4 地电资料的报送、交换与归档	(247)
附录: 地震地电学观测技术复习纲要	(249)

第二部分 地磁学观测技术

第一章 地磁基本知识	(251)
1.1 地球基本磁场	(251)
1.1.1 地磁场的概念	(251)
1.1.2 地球基本磁场	(252)
1.1.3 地磁三要素	(254)

1.2 地球的变化磁场	(255)
1.2.1 变化地磁场的分类	(255)
1.2.2 平静变化	(256)
1.2.3 干扰变化	(256)
1.2.4 磁静日磁扰日磁情指数 K	(258)
第二章 地磁台的日常工作	(260)
2.1 日常工作内容	(260)
2.1.1 日常工作概述	(260)
2.1.2 地磁要素的测量	(260)
2.2 磁照图	(261)
2.2.1 磁照图的认识	(261)
2.2.2 基线值	(262)
2.3 磁变化的标度值及测定	(262)
2.3.1 H 磁变化标度值	(262)
2.3.2 Z 磁变仪标度值	(263)
2.3.3 D 磁变仪标度值	(263)
2.3.4 标度值线圈常数	(264)
2.3.5 标度值的测定	(264)
第三章 地磁台常用仪器和设备	(266)
3.1 绝对磁测仪器	(266)
3.1.1 偏角磁力仪	(266)
3.1.2 水平强度扭力磁力仪	(268)
3.1.3 质子旋进磁力仪	(269)
3.1.4 质子旋进式分量磁力仪	(272)
3.2 相对磁测仪器	(275)
3.2.1 偏角磁变仪与水平强度	(275)
3.2.2 垂直磁变仪与垂直磁秤	(276)
3.2.3 磁变仪的温度补偿	(277)
3.3 磁变仪的安装与调整	(279)
3.3.1 磁变仪的布置	(279)
3.3.2 磁系定向	(280)
3.3.3 仪器安装步骤	(281)
3.4 常见故障及排除方法	(284)
附录: 地磁学观测技术复习大纲	(287)

第三篇 地震形变观测技术

前言	(289)
第一章 地球重力场	(290)
1.1 引力、离心力和重力	(290)
1.2 引力位、离心力位及重力位	(292)
1.3 重力位水准面	(293)
1.4 地球正常重力公式	(294)
1.5 正常重力的垂直梯度和水平梯度	(295)
1.6 重力异常与重力校正	(296)
1.7 重力测量方法	(297)
第二章 固体潮汐	(302)
2.1 固体潮汐现象	(302)
2.2 固体潮原理	(302)
2.3 起潮力位及其展开式	(305)
2.4 固体潮理论值及其计算	(310)
2.5 弹性地球潮汐和固体潮观测结果的几何法检验	(313)
第三章 台站重力观测	(315)
3.1 概况	(315)
3.2 GS 型重力仪测量原理	(315)
3.3 台站	(317)
3.4 重力台站附属设备	(318)
3.5 重力仪的检验与调整	(319)
3.6 重力仪记录设备的常数测定	(321)
3.7 重力仪记录与辅助观测	(324)
3.8 重力观测成果的计算与整理	(326)
3.9 重力观测成果的检查验收与技术总结	(326)
第四章 地倾斜观测	(328)
4.1 概述	(328)
4.2 地倾斜观测台站	(329)
4.2.1 地倾斜观测台站应满足的条件	(329)
4.2.2 倾斜仪观测室条件	(329)
4.3 水平摆倾斜仪	(329)
4.3.1 水平摆倾斜仪基本原理	(329)
4.3.2 水平摆的几种结构	(330)
4.3.3 水平摆的静平衡方程	(331)

4.3.4	水平摆的运动方程	(332)
4.3.5	水平摆的灵敏度	(332)
4.3.6	水平摆的格值	(332)
4.3.7	水平摆倾斜仪的标定	(333)
4.3.8	影响水平摆仪器性能的因数	(335)
4.3.9	水平摆倾斜仪的主要配件	(336)
4.3.10	水平摆倾斜仪的安装准备	(336)
4.3.11	水平摆倾斜仪的摆杆方位角测定	(336)
4.3.12	水平摆倾斜仪的安装与调试	(337)
4.3.13	水平摆倾斜仪的日常观测	(339)
4.3.14	水平摆倾斜仪的格值标定	(340)
4.3.15	观测资料的整理与报送	(341)
4.4	目视水管倾斜仪	(342)
4.4.1	工作原理及基本公式	(342)
4.4.2	仪器主要部件	(343)
4.4.3	仪器安装	(343)
4.4.4	日常观测和仪器维护	(344)
4.4.5	资料整理与报送	(345)
4.5	FSQ 型自记水管倾斜仪	(345)
4.5.1	工作原理及基本公式	(345)
4.5.2	仪器及配件	(345)
4.5.3	仪器安装及注意事项	(345)
4.5.4	电子灵敏度的调试	(346)
4.5.5	格值标定	(347)
4.5.6	日常观测	(347)
4.5.7	记录图纸及数据处理	(348)
第五章	洞体应变观测	(350)
5.1	概述	(350)
5.1.1	地应变连续观测的任务	(350)
5.1.2	地应变连续观测台站的要求	(350)
5.1.3	地应变连续观测与记录	(350)
5.2	地应变连续观测台站的选择	(351)
5.2.1	地应变台站的选址要求	(351)
5.2.2	地应变台站的建台要求	(351)
5.2.3	地应变仪器工作室条件	(352)
5.3	地应变日常观测与维护	(352)
5.3.1	日常观测	(352)
5.3.2	仪器的维护管理	(353)
5.3.3	仪器的标定	(353)

5.4 台站观测数据处理	(354)
5.4.1 台站数据处理的规定	(354)
5.4.2 台站观测数据的计算和整理	(354)
5.4.3 磁带资料的调用和整理	(354)
5.5 石英水平伸缩仪	(354)
5.5.1 工作原理和基本公式	(354)
5.5.2 仪器及配件	(355)
5.5.3 仪器主体的安装及注意事项	(355)
5.5.4 电子部分的工作原理与检查调试	(356)
5.5.5 仪器的整机调试与标定	(358)
第六章 钻孔应变台站观测	(361)
6.1 概述	(361)
6.2 钻孔应变观测的意义	(361)
6.2.1 钻孔应变观测对地震预测预报的意义	(361)
6.2.2 钻孔应变观测在工程上的应用意义	(361)
6.3 钻孔应变测量的原理	(361)
6.3.1 钻孔应变测量的力学原理	(361)
6.3.2 钻孔应变测量的电学原理	(363)
6.4 钻孔应变测量仪器	(364)
6.4.1 压磁应力仪	(366)
6.4.2 体积式应变仪	(366)
6.4.3 RZB 型压容钻孔应变仪	(369)
6.5 钻孔应变测量仪器的使用与操作	(369)
6.5.1 压磁应力仪的使用与操作	(370)
6.5.2 TJ 型体积式应变仪的操作与使用	(372)
6.5.3 RZB 型多道压容应变仪的操作使用	(373)
6.6 钻孔应变仪的标定与日常观测	(374)
6.6.1 标定	(374)
6.6.2 钻孔应变观测中的具体问题	(375)
6.7 基础知识	(375)
6.7.1 力学基础知识	(375)
6.7.2 电学基础知识	(377)
附录: 地震形变观测技术复习大纲	(380)

第四篇 地下流体观测技术

第一章 地震流体观测预报及研究概述	(385)
1.1 地下流体研究的简史和现状	(385)
1.2 地震地下流体研究的内容和方法	(388)
1.2.1 地震地下流体研究的内容	(388)
1.2.2 地震地下流体研究的方法	(389)
第二章 地下水和地下水的物理化学性质及化学成份	(391)
2.1 岩石中地下水的存在形式	(391)
2.1.1 岩石空隙	(391)
2.1.2 水的存在形式	(392)
2.1.3 岩石的水理性质	(393)
2.2 岩石中不同类型的地下水	(394)
2.2.1 不同埋藏条件下的地下水	(394)
2.2.2 不同成因空隙内的水	(396)
2.2.3 泉水的类型	(399)
2.3 地下水的化学成份	(400)
2.3.1 常量离子组分	(400)
2.3.2 微量离子组分	(404)
2.3.3 主要气体组分	(405)
2.3.4 放射性元素氡	(407)
2.4 地下水的物理化学性质	(408)
2.4.1 总矿化度	(408)
2.4.2 导电性	(408)
2.4.3 PH 值	(408)
2.4.4 Eh 值	(409)
2.4.5 化学成分表示式	(409)
第三章 水动态观测	(411)
3.1 地下水动态观测网的建设概况	(411)
3.1.1 井网建设过程	(411)
3.1.2 井孔的特征	(411)
3.1.3 井孔的分布和井网的基本特征	(412)
3.2 地震地下水动态观测的内容和观测仪器	(412)
3.2.1 观测内容	(412)
3.2.2 地下水观测仪器的类型	(413)
3.2.3 SW ₄₀ 、SW ₄₀₋₁ 、SW ₂₀ 型水位仪介绍	(413)

3.3 地下水动态的观测	(415)
3.3.1 观测	(415)
3.3.2 记录要求	(416)
3.3.3 资料报告	(416)
第四章 水氧观测	(417)
4.1 放射性基础知识	(417)
4.1.1 原子、原子核	(417)
4.1.2 放射性衰变	(417)
4.1.3 放射性衰变的一般规律	(418)
4.1.4 放射性防护常识	(419)
4.2 水氧观测的原理及水氧观测仪器	(421)
4.2.1 水氧观测原理	(421)
4.2.2 FD-105 和 FD-105K 静电计	(421)
4.2.3 FD-125 型室内氧钍分析器	(422)
4.2.4 连续自动测氧仪简介	(423)
4.3 水氧观测条件的实验结果	(423)
4.4 水氧观测方法与步骤	(427)
4.4.1 水样采取	(428)
4.4.2 观测室条件	(428)
4.4.3 仪器安装与调试	(429)
4.4.4 观测	(438)
4.4.5 观测结果的整理与报送	(439)
4.5 测氧仪器的标定	(440)
4.5.1 Rn-150 固体氧气管标定装置	(440)
4.5.2 标定操作程序	(442)
4.5.3 标定结果及 K 值确定	(443)
4.5.4 在标定工作中检查仪器参数	(444)
第五章 地下水中离子的观测	(446)
5.1 钠和钾离子的测定	(446)
5.2 钙和镁离子的测定	(447)
5.3 碳酸根和重碳酸根离子的测定	(448)
5.4 氯离子的测定	(449)
5.5 氟离子的测定	(451)
5.6 硫酸根离子的测定	(452)
5.7 亚硝酸根离子的测定	(454)
5.8 可溶性硅酸的测定	(454)
5.9 硫化物总量的测定	(455)
5.10 PH、Eh 电导率的测定	(457)
第六章 水中溶解气的观测	(459)

6.1 气相色谱仪的原理	(459)
6.1.1 水中溶解气的观测组分	(459)
6.1.2 气相色谱仪的原理	(459)
6.2 气水分离方法	(461)
6.2.1 气水分离装置	(461)
6.2.2 气水分离方法	(461)
6.3 气体的测定	(462)
6.3.1 气体的测定	(462)
6.3.2 数据处理	(462)
第七章 地下水中汞的观测	(464)
7.1 汞测量方法的原理	(464)
7.2 仪器的安装与调试	(465)
7.2.1 仪器的安装	(465)
7.2.2 仪器的调试	(466)
7.3 水样的采集	(468)
7.4 水汞的测定程序	(469)
7.5 仪器标定	(470)
7.5.1 标定要求	(470)
7.5.2 仪器标定的步骤	(471)
7.5.3 饱和汞蒸气标准源（汞瓶）的制作与使用	(471)

第一章 弹性形变、振动和波基础知识简介

1.1 弹性形变

1.1.1. 虎克定律

1、弹性

物体受力作用时，即会发生大小的变化或者是形状的变化，更普遍的是二者同时变化，当外力除去时，物体可以恢复到原来的大小和形状，物体的这种复原本领即叫做弹性。

如果物体在外力除去后，完全恢复到原来的形状和大小，我们则叫该物体为完全弹性体。

反之，如果外力除去后，它一点也不还原，始终保持在外力作用下的状态者，我们叫它为完全非弹性体，也叫塑性体。

以上两种情形都是理想状态，实际的物体是介乎二者之间的。

许多物质的受力范围有一定的限度，在此限度以内，物体受外力作用发生形变，这种变化是很接近于完全弹性的即外力除去后可以几乎完全还原的，但如外力很大，超过这一限度时，即不能完全还原了，这个限度通常称为弹性限度（或者弹性极限）。

2、应力与应变

设有一长棒（图 1.1）上端固定，下端加一拉力 F ，则棒即伸长，设棒原来长度为 L ，加力后伸长了 ΔL ，原长度 L 与伸长量 ΔL 之比我们把它称之为应变，以 c 表示

$$c = \frac{\Delta L}{L}$$

也就是说在力 F 的作用下单位长度的伸长量。

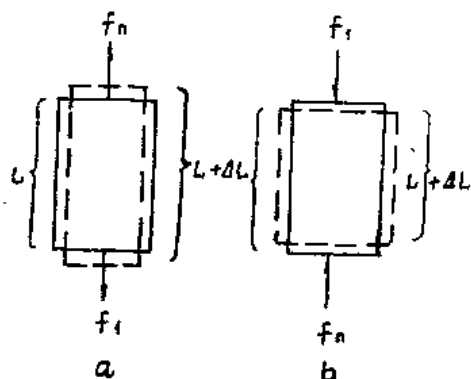


图 1.1

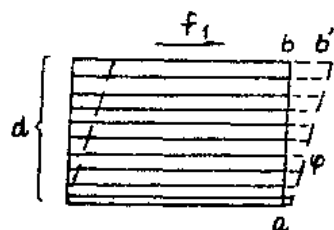


图 1.2