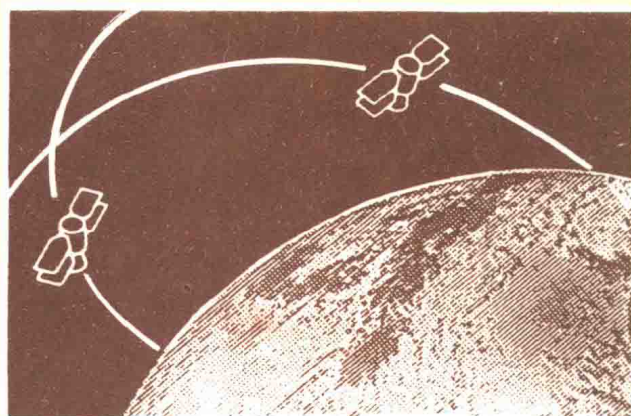


地震监测技术系统系列教材

地震地形变观测技术

国家地震局科技监测司



地震出版社

地震科学联合基金资助

地震监测技术系统系列教材

地震地形变观测技术

国家地震局科技监测司

地震出版社

1995

内 容 提 要

本书是《地震监测技术系统系列教材》之一,汇集了当前用于地震地形变观测的各种技术,主要有空间大地测量(GPS),区域地壳形变测量,断层形变观测及地球潮汐的观测。另外,还介绍了流动重力和定点重力观测。书中既有丰富的观测技术成果又有相应的理论介绍,是广大科研人员几十年经验的科学总结。本书内容适用于各大专院校相应专业的师生,对于指导科研及工程技术人员进行工程设计有一定的帮助与参考作用。

地震监测技术系统系列教材
地震地形变观测技术
国家地震局科技监测司

责任编辑:李 俊

*
地 震 出 版 社 出 版

北京民族学院南路9号

北京丰华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

*

787×1092 1/16 28印张 716千字

1995年11月第一版 1995年11月第一次印刷

印数 0001—1800

ISBN 7-5028-1206-7/P·742

(1599) 定价:30.00元

《地震监测技术系统系列教材》编委会

主 编	孙其政			
副主编	苗良田	张奕麟	李宣瑚	吴宁远
编 委	赵仲和	钱家栋	车用太	陈建民
	周锦屏	赖锡安	耿世昌	陈德福
	傅子忠	夏恩山	林榕光	崔德海
	修济刚	李友博	赵和平	沈建华
	阴朝民	潘怀文	吴书贵	高荣胜
	李 健	(兼秘书)		

《地震地形变观测技术》编写组

负责人	陈德福	苏恺之	耿士昌	
成 员	丁 平	石亚雄	李正媛	李铁雄
	刘广余	杜慧君	游新兆	魏望生

序

地震监测预报是防震减灾的一个重要环节，也是整个防震减灾工作的基础。破坏性地震给人类造成的灾难，使地震预报成为人们长期以来追求的目标，成为当代地球科学中最富有魅力的一项前沿性课题。近代科学技术的进步逐渐为实现这种目标提供了可能。特别是经过近 30 年来艰辛的探索，人们在认识地震发生过程，掌握和应用地震预报理论、技术、方法等方面已经取得了长足的进步。在地震预报的实际应用中所获的某些成功，对减轻地震灾害的经济损失和鼓舞人们实现预报地震的信心起了积极的作用。

地震预报作为一个难度很大的科学问题，期望在短时间内从根本上过关是不切合实际的，它需要几代人做坚持不懈的努力。因此，提高地震预报工作者的业务水平与技术素质是当务之急的大事。为便于现在从事这一领域工作的科技人员学习国内外已取得的成果，也便于未来将要从事这一领域工作的科技人员继承、检验、发展地震预报的理论、技术、方法，国家地震局科技监测司组织有关专家编写了《地震监测技术系统系列教材》和《地震预报系列教材》丛书。

这两套丛书包括了目前地震监测预报实践中各种常用的学科方法，它是广大地震科技工作者长期以来辛勤劳动的结晶，反映了近 30 年来，特别是近十多年来地震监测预报“清理攻关”、“实用化攻关”、“深入攻关”的成果。这两套丛书既适用于地震监测预报工作人员的培训，也对广大科技人员从事地震科学研究，特别是地震监测预报研究有重要的参考价值。笔者期望并相信这两套丛书的编写、出版，将对提高地震监测预报工作者的业务水平，促进地震监测预报研究的深入开展和进一步减轻地震灾害损失，发挥积极的作用。

陈 章 立

1994. 12. 20

编写说明

《地震监测技术系统系列教材 地震地形变观测技术》(下称“教材”)一书的编写过程可分成三个阶段。

第一阶段(1993.4—6)。遵照国家地震局震科[1993]031号文提供的编写提纲,考虑到“教材”主要对象是待培训的台站人员,仅分别对断层形变定点台网与地倾斜、定点重力、洞体待培训的台站人员应变、钻孔应变固体潮汐台网即五个地壳形变连续观测台网撰写了各自的编写提纲。

第二阶段(1993.7—10)。1993年7月3—6日在河北昌黎黄金海岸召开的“教材”编委会工作会议提出:《地震地形变观测技术》应将上述五个台网的硬件即观测技术(包括仪器设备、原理结构、安装调试等)和软件即观测工作(包括操作管理、数据处理、检查验收等)两部分按序分开,以地壳形变学科作为一个整体监测系统来考虑,提纲统一为一个编写提纲,不能再按手段分开出现。与会的陈德福、耿士昌在会议期间遵照上述指示精神及时草拟了一个地壳形变观测技术整体编写提纲,得到了主编们的批准。同时,编委会还要求考虑是否把流动重力测量作为一章(含硬、软件即观测技术及观测工作)作为讲解。1993年7月13日学科技术协调组将审定了的《地壳形变监测技术系统培训提纲(初稿)》以及编写原则、指导思想与步骤,编写组组成、分工与进度等打印散发给全体协调组专家广泛征求意见。其具体要求是,“教材”要力求突出我国30多年来地震地形变观测的实践经验,编写过程中要求编写人员遵循如下四条原则:

1. 培训对象:从事地震地形变观测和地震监测管理工作,中专以上水平;
2. 教材内容:三分之二篇幅侧重实用化,三分之一篇幅阐述学科发展与提高;
3. 编写要求:(1)不同于一般成人学历教育教材,也不同于一般从事地壳形变监测人员的上岗手册;(2)既有必要的基础知识,又有体现技术设计、设备安装、技术操作、维护与维修等经验总结以及对观测工作有基本要求的系统教材;(3)要有鲜明的针对性、实用性和实践性,编写叙述力求精简、准确、注重实用;(4)基本知识、原理公式,原则上只写结果,不写中间过程。
4. 整体性与独立性相结合,全书既具整体性,各项目手段又有相对独立性。

专家们普遍认为:地壳形变学科原有九大项目(手段),除上述五个定点台网作“教材”全面重点叙述外,应对流动测量部分也相应作简要讲述,以使教材能整体反映地壳形变学科观测技术的全貌,能使本学科科技人员全面掌握大学科的有关理论知识与科学技术,有利于地震地形变观测技术与国际整体大地测量,四维大地测量、动力大地测量、地球潮汐观测技术同步发展。

综合专家们的意见将全书分成四大部分。第一部分为公共部分,包括:第一章概述、第二章基础知识、第三章台网场地的选建、第十章分析预报、第十七章观测技术发展及优化、附录;第二部分为空间与物理大地测量简要培训知识部分,包括:第四章全球定位系统(GPS)观测技术及观测工作,第五章流动重力观测技术及观测工作;第三部分为常规大地测量与地

球潮汐观测技术（硬件）部分，计有：第六章区域地壳形变与断层形变观测技术，第七章地倾斜观测技术，第八章重力潮汐观测技术，第九章洞体应变观测技术，第十章钻孔应变观测技术；第四大部分为常规大地测量与地球潮汐观测工作（软件）部分，计有：第十一章区域地壳形变与断层形变观测工作，第十二章地倾斜观测工作，第十三章重力潮汐观测工作，第十四章洞体应变观测工作，第十五章钻孔应变观测工作。

修改后的“教材”编写提纲在1993年10月召开的地壳形变学科技术协调组第一次工作会议上审定通过，局科技监测司以震科[1993]086号文正式批准。

第三阶段（1993.10—1994.4）。本教材由下列富有实践经验的人员：陈德福（一、三、七、十二、十七章，附录与二章第二节等），苏恺之（十、十五章，二章1.1节与十七章部分内容等），李铁雄、丁平、耿士昌、刘广余（六、十一章），魏望生（八、十三章，二章1.2、1.3节），游新兆（四章，二章第三节），石亚雄、刘冬至（五章），杜慧君（九、十四章），李正媛（十六章）等在克服工作繁忙与无经费的困难情况下认真负责、一丝不苟地完成编写任务。又经陈德福研究员、苏恺之研究员、耿士昌高级工程师等三易全稿，部分章节四易统稿修改完成。整个工作得到技术协调组顾问陈鑫连教授的指导，前任组长赖锡安研究员、组长高锡铭研究员的直接领导，副组长黄立人研究员的直接参与修改（如四章等）和审定。在定稿过程中又得到地震出版社诸多同志以及局科技司孙其政、李宣璐、李友博、陈建民、潘怀文、高荣胜等的许多帮助，在此向他们致以最衷心的感谢。

本教材既是系统培训地壳形变大学科科技人才的整体教材，又是各监测系统（项目）独立完整的教材。例如，将一、二、三章有关章节，七、十二章全部，十六、十七章有关部分以及附录的有关内容串起来，即可构成地倾斜监测系统的专项教材。

鉴于编写人员多，表达方式与经验积累的差异，加上统稿时间匆促等原因，错误难免，敬请指正。

编写组

1995.4.10

前 言

用地壳形变观测结果描述地壳的形变及其演化过程,对研究现今的地壳运动规律和提取与地震有关的前兆信息是很有效的,它提供了具有明确物理意义的地壳运动的直接证据和定量特征,因此在防震减灾工作中是一项不可缺少的重要手段。

我国的防震减灾工作从一开始就得到周恩来总理的亲切关怀。20多年来,在我国已形成具有中国特色的以观测为基础的地震科学,以监测预报为基础的综合减灾道路。它不仅区别于发达国家采取的以工程抗震为主的减灾道路,也不完全等同于我国前期的地震工作方针。

众所周知,自然灾害有突发性(如地震、滑坡、洪水等)和长期缓变(如城市地面沉降、水土流失、土地沙漠化等)两类。对于人类生存和发展来说,减轻突发性灾害造成的损失尤为重要。国内外无数地震事件所积累的丰富资料表明,地形变是地震发生过程中最直接的伴随现象。加强地壳形变的监测与研究,不仅对突发性地震的预测有着至关重要的作用,而且对监测滑坡、城市地面沉降乃至某些长期缓变灾害目标具有重要的意义。有鉴于此,80年代以来,美、苏、日、中等国纷纷提出了现代地壳运动的研究方案,尤其是一些地震活动带的地壳运动研究的长期规划,如美国的《构造形变测量》研究、中国的《地壳形变监测整体规划》等,重点研究一些板块、构造形变以及与之有关的固体潮汐、地球动力学问题,是地震活动监测和研究工作的战略要求,也是防御和减轻地震灾害的重要手段。

中国的地壳形变研究工作,始于1962年3月19日广东新丰江水库6.1级地震,当时中国科学院测量与地球物理研究所(国家地震局地震研究所前身)304组遵照李四光教授的指示,在新丰江坝区建立了地壳形变监测网作地震预报实验研究,为我国以后发生的一系列强震的监测研究积累了经验,起到了先导与奠基作用。我国的地壳形变监测与研究的长足进展,已为世人瞩目,其代表性的台网、震例、成果分别为:(1)中国地倾斜基本台网,“规模在世界上当属第一,从调和和分析的结果看,中国地倾斜台网的观测资料在精确度、连续性和可用率三个方面都已达到且相当一部分台站已领先于国际先进水平”(中科院院士许厚泽);(2)震例,除新丰江水库地震显示的震前震中区隆起,水平形变显示构造活动图象外,还有海城大地震前,金州短水准、营口地倾斜等资料以及鲜水河断裂活动的形态与机制等;(3)《中国大地形变测量成果表》(共11册17本)、《中国部分地倾斜台站观测资料汇编》系列(1969—1987,47个地倾斜台站,共3大册5本,3210页,163万个数据)等浩大工程的编辑出版,为地震预报与地球动力学的研究提供了重要的潜在的物质基础,尤其在监测预报方法、清理攻关与实用化攻关研究中,上述成果、资料发挥了重要作用。

国家地震局一贯极力支持地壳形变学科监测系统的发展,尤其是联合国教科文组织1979年召开的巴黎地震预报国际讨论会,世界科学家们一致把测震、地形变与地下水作为最有希望攻破地震预报难关的三大手段。同时,随着我国高新技术的飞速发展,规模宏大的、具有中国特色的地震地壳形变大监测体系已在80年代建成。其观测技术亦已迈入了新的发展阶段,计算机技术的普及、新型传感器与通讯技术的应用以及LCR重力仪、空间技术(如SLR型人卫激光测距仪的研制成功与GPS全球定位系统的应用)的引进与发展,使我国的地球

潮汐形变监测系统（即地倾斜、重力、洞体应变与钻孔应变四个台网，分布在除台湾省外的30个省、市、自治区共254个台站11个观测项目）、断层形变监测系统（即定点台网与场地观测，共39个台站，336个场点，6种观测项目）、区域地壳形变监测系统（23个测区，64799km精密水准，1361个重力测点与两条火车测线等）和大陆地壳形变监测系统（上海、武汉 SLR 人卫激光站，185个GPS点与442条GPS边等）的现代化程度有了较大的提高，尤其是固体潮汐与断层形变连续监测技术在自动化、数字化或智能化方面有了迅速的发展。国产仪器设备不仅装备着我国的台网，而且FSQ型浮子水管倾斜仪等首次作为中国研制的地球动力学仪器出口安装在比利时、西班牙等西欧地球动力学实验室，还即将在朝鲜投入观测，在国际上享有较高声誉。

目前，我国从事地震地壳形变的专业技术人员约上千人，加上科技管理、分析预报与有关科研人员2000多人。他们拥有四大监测系统，肩负着运营上百种型号几何的、物理的、复杂多样的观测仪器，担负着观测几十项地壳形变动态变化的艰巨任务。在大专院校未设地壳形变学科专业，多数在岗人员又无机会接受系统的专业教育的情况下，加上现代化科技的发展需要更新知识，为适应形势，加快提高我国地壳形变观测人员的技术水平和继续推进其监测系统的现代化建设，有计划地对在岗人员（特别是一部分即将到观测岗位工作的青年科技人员）进行较为系统的专业培训很有必要。我国地壳形变观测学科的有关专家、教授虽曾先后撰写与出版过有关专著和规范，对某些主要地壳形变的观测技术作了不同程度的介绍，但均欠系统完整，还不能作地壳形变大学科监测技术系统的培训教材使用。因此，在国家地震局科技监测司的统一安排下，在有关专著、规范与各杂志的有关论文、报告以及内部讲义等的基础上，组织富有实践经验的科技人员，对观测技术方面的内容经过进一步提炼、充实与大量的补充，编写了这本教材。

本教材是将各独立的监测系统汇集在一起的系统培养地壳形变大学科科技人才的整体教材。愿本教材的编写与出版，既能促进我国地壳形变学科观测技术的发展，又能使监测系统的观测质量与在地震中期预报的效能方面能上新台阶，为地震短临预报的探索、减轻地震灾害作出新贡献。

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 地壳形变观测在地震预报及其他领域的地位与作用	(1)
1.1 利用地壳形变预报地震概况	(1)
1.2 地壳形变在地震学中的地位	(2)
1.3 地壳形变观测在其他领域的应用	(2)
第二节 地壳形变观测的技术思路	(3)
2.1 地震地形变前兆的物理基础	(3)
2.2 地壳形变观测的目的任务	(4)
第三节 地壳形变观测技术系统的项目构成、监测内容、技术作用与精度特征 ..	(5)
3.1 中国大陆地壳形变监测系统	(5)
3.2 区域地壳形变监测系统	(6)
3.3 断层形变监测系统	(6)
3.4 固体潮汐形变监测系统	(7)
第四节 地壳形变监测系统观测仪器技术指标及仪器选型	(7)
4.1 地壳形变观测仪器匹配和选型原则	(7)
4.2 地壳形变观测仪器主要技术指标及仪器选型	(9)
第五节 地壳形变监测系统的现状与分布	(11)
5.1 中国大陆地壳形变监测系统	(11)
5.2 区域地壳形变监测系统	(11)
5.3 断层形变监测系统	(11)
5.4 固体潮汐形变监测系统	(15)
第二章 基础知识	(16)
第一节 形变与重力	(16)
1.1 应力、应变的基本概念	(16)
1.2 弹性系统	(22)
1.3 重力场与重力加速度	(23)
第二节 固体潮	(24)
2.1 潮汐现象	(24)
2.2 地球固体潮汐	(25)
2.3 引潮位	(27)
第三节 空间大地测量技术	(31)
3.1 卫星激光测距技术 (SLR)	(32)
3.2 甚长基线干涉测量 (VLBI)	(33)
3.3 地球椭球	(34)

3.4 岁差、章动与极移·····	(36)
第三章 台网场地的选建·····	(38)
第一节 台址条件概述·····	(38)
1.1 测点的环境·····	(39)
1.2 覆盖厚度·····	(39)
1.3 仪器墩材·····	(40)
1.4 保温设施·····	(40)
1.5 防雷保护·····	(41)
第二节 台网场地改造与选址·····	(43)
2.1 GPS、水准网、测距网与流动重力网点的选址·····	(43)
2.2 断层形变场地与定点台站的选址·····	(45)
2.3 地倾斜监测台网的选址·····	(46)
2.4 重力监测台网的选址·····	(47)
2.5 洞体应变监测台网的选址·····	(47)
2.6 钻孔应变监测台网的选址·····	(47)
第三节 观测室(或点、井)的建设·····	(47)
3.1 GPS、水准网、测距网、流动重力网点的建设·····	(47)
3.2 断层形变场地与定点台站测点的埋设·····	(50)
3.3 地倾斜监测台网观测室建设·····	(53)
3.4 重力监测台站仪器室建设·····	(54)
3.5 洞体应变台站观测室建设·····	(56)
3.6 钻孔应变台站观测室建设·····	(56)
第四节 技术总结与上交资料内容·····	(57)
4.1 GPS 水准网、测距网与流动重力网点·····	(57)
4.2 断层形变与固体潮汐形变台网·····	(57)
第四章 全球定位系统(GPS)的观测技术及观测工作·····	(59)
第一节 全球定位系统(GPS)定位的基本概念·····	(59)
第二节 GPS系统的构成·····	(60)
2.1 空间部分·····	(60)
2.2 地面控制部分·····	(60)
2.3 用户部分(GPS接收机)·····	(61)
2.4 后处理软件POPS·····	(62)
2.5 GPS信号结构·····	(64)
第三节 GPS定位的基本方法与观测模型·····	(65)
3.1 伪距定位方法·····	(65)
3.2 载波相位测量·····	(66)
第四节 GPS野外观测工作·····	(69)
4.1 GPS测量规范与测量的基本准则·····	(69)
4.2 技术设计·····	(70)

4.3 外业观测工作.....	(72)
第五节 GPS 数据处理方法	(75)
5.1 GPS 卫星轨道标准化	(75)
5.2 传播媒介延迟改正.....	(77)
5.3 相对论效应.....	(78)
5.4 多路径效应.....	(79)
5.5 模糊度解算.....	(79)
5.6 利用载波相位观测值解算基线与坐标.....	(80)
第六节 GPS 技术在地壳形变研究中的应用现状及发展前景	(83)
第五章 流动重力观测技术及观测工作	(85)
第一节 拉科斯特重力仪	(85)
1.1 概述.....	(85)
1.2 基本原理与结构.....	(85)
1.3 仪器参数的基线标定.....	(89)
1.4 测后仪器参数的区域适应.....	(91)
第二节 拉科斯特重力仪的检验与调整	(92)
2.1 测区作业前的仪器检验与调整.....	(93)
2.2 每天作业前的仪器检验与调整.....	(99)
2.3 LCR 重力仪的日常维护	(100)
第三节 区域重力测量.....	(103)
3.1 测网布设与测点环境选择	(103)
3.2 观测前的准备	(104)
3.3 一个测点上的观测程序	(104)
3.4 野外测量注意事项	(105)
第四节 微重力测量.....	(106)
4.1 小重力差测量	(106)
4.2 垂直梯度测量	(106)
第五节 野外记录.....	(108)
5.1 手簿记录	(108)
5.2 计算机记录	(108)
5.3 野外记录注意事项	(109)
第六节 野外计算.....	(110)
6.1 计算纲要	(110)
6.2 计算方法	(111)
6.3 成果取舍和异常复核	(112)
6.4 精度评定	(113)
第六章 区域地壳形变与断层形变观测仪器	(115)
第一节 水准仪.....	(115)
1.1 水准测量原理	(115)

1.2	精密水准仪	(116)
1.3	精密水准标尺	(119)
1.4	水准仪及水准标尺的检验	(119)
第二节	测距仪	(130)
2.1	光电测距仪简介	(130)
2.2	相位式测距仪测距原理	(130)
2.3	距离解算的“多值性”问题	(131)
2.4	相位式激光测距仪组成框图	(132)
2.5	ME-3000 短程精密测距仪	(133)
2.6	测距仪的检验	(133)
第三节	基线尺	(141)
3.1	基线尺的结构	(142)
3.2	基线尺的检验与保养	(143)
第四节	伸缩仪	(143)
4.1	DSJ 型断层活动测量仪	(143)
4.2	SY-Ⅱ型石英伸缩仪	(144)
第五节	经纬仪	(145)
第七章	地倾斜观测技术	(147)
第一节	仪器原理及选型	(147)
1.1	水平摆倾斜仪的基本原理	(147)
1.2	水管倾斜仪的基本原理	(152)
1.3	地倾斜观测仪器的选型入网规定	(156)
第二节	水平摆倾斜仪	(157)
2.1	光记录系统的构成	(157)
2.2	技术指标与参数	(157)
2.3	金属水平摆倾斜仪	(157)
2.4	石英水平摆倾斜仪	(165)
2.5	SSQ-1 型数字磁带记录水平摆式倾斜仪	(169)
第三节	水管倾斜仪	(170)
3.1	MSQ 目视水管倾斜仪	(170)
3.2	FSQ 自记水管倾斜仪	(173)
第四节	钻孔倾斜仪	(184)
4.1	CZB-I 型竖直摆倾斜仪	(184)
4.2	SSQ-I 型双轴与 ZQY-2 型钻孔式气泡倾斜仪	(186)
第五节	遥测系统简介	(187)
5.1	系统结构	(187)
5.2	工作原理	(187)
5.3	技术指标	(188)
5.4	数采软件	(188)

第八章 重力潮汐观测技术	(191)
第一节 重力仪的一般原理与弹性重力仪基本问题	(191)
1.1 重力仪的一般原理	(191)
1.2 弹性重力仪的基本问题	(192)
第二节 几种重力仪	(198)
2.1 GS 型重力仪	(198)
2.2 拉科斯特重力仪	(207)
2.3 DZW 型重力仪	(209)
2.4 辅助设备	(215)
第九章 洞体应变观测技术	(216)
第一节 SSY- I 型水平石英伸缩仪	(217)
1.1 原理	(217)
1.2 结构	(218)
1.3 基本公式	(222)
1.4 仪器安装	(223)
1.5 调试	(225)
第二节 辅助设备	(225)
2.1 SDY- I 型数显电感测微仪	(225)
第三节 仪器各部件的测试与检验	(226)
3.1 直流稳压电源	(226)
3.2 前置级	(226)
3.3 衰减器	(227)
3.4 补偿电压	(227)
3.5 时号电路	(227)
第十章 钻孔应变观测技术	(229)
第一节 观测系统的构成与技术指标	(229)
1.1 观测系统的构成	(229)
1.2 钻孔应变仪的技术指标	(229)
第二节 分量式钻孔应变仪	(233)
2.1 RZB-1 型电容式钻孔应变仪	(233)
2.2 YRY-2 型压容式钻孔应变仪	(237)
第三节 用分量式钻孔应变仪的观测曲线求算附加应变场	(239)
3.1 观测资料可靠性的检验式	(239)
3.2 用分量元件的测值求算附加应变状态	(240)
第四节 体积式钻孔应变仪 (体应变仪)	(242)
4.1 体积式应变仪的工作原理和结构	(242)
4.2 地面电子线路	(244)
第五节 观测仪器的安装	(246)
5.1 钻孔施工	(246)

5.2	探头安装	(247)
5.3	仪器调试	(249)
5.4	观测仪器的使用与保养知识	(250)
第十一章	区域地壳形变与断层形变观测工作	(251)
第一节	区域网精密水准观测	(251)
1.1	精密水准观测	(251)
1.2	观测中存在的几项误差	(253)
1.3	资料处理	(256)
1.4	平差处理与分析研究	(259)
1.5	垂直形变的分析研究	(261)
第二节	精密测边网的观测工作	(261)
2.1	精密测距仪的作业方法	(262)
2.2	精密测距误差	(263)
2.3	观测成果的几项改正	(264)
第三节	断层形变测量的观测工作	(269)
3.1	断层垂直形变监测	(269)
3.2	断层水平形变监测	(271)
第十二章	地倾斜观测工作	(273)
第一节	日常观测	(273)
1.1	水平摆倾斜仪的日常观测	(273)
1.2	MSQ 目视水管倾斜仪的日常观测	(276)
1.3	FSQ 自记水管倾斜仪的日常观测	(277)
第二节	辅助观测	(282)
2.1	洞室温度观测	(282)
2.2	气压观测	(282)
2.3	降雨观测	(284)
第三节	标定技术	(286)
3.1	周期测定法	(286)
3.2	胀盒阶跃法	(287)
3.3	标定棒法	(289)
第四节	观测记录及其数据的一般处理	(292)
4.1	数据的产出	(292)
4.2	数据的处理	(292)
第五节	数据磁带通讯系统	(294)
5.1	系统的建立	(294)
5.2	系统的改进	(295)
第六节	观测资料质量的评定	(297)
6.1	观测资料质量的一般评定指标	(297)
6.2	评定资料内在质量的两项定量指标	(298)

第七节	观测报告的编制	(307)
第八节	台站常用资料分析方法简介	(309)
8.1	形态法	(309)
8.2	图解拟合法	(310)
8.3	矩平法	(311)
8.4	差分法	(311)
8.5	数学模型法	(311)
8.6	最大相关系数法	(312)
第十三章	重力潮汐观测工作	(315)
第一节	台站日常观测	(315)
第二节	重力仪的标定	(316)
2.1	重力仪常数检定	(316)
2.2	重力仪记录格值的标定	(320)
第三节	资料的日常处理	(323)
3.1	重力潮汐资料的初步处理	(323)
3.2	重力潮汐资料的基本分析方法	(324)
3.3	重力潮汐资料的报送和管理	(326)
第四节	影响观测质量的主要问题与解决方法	(327)
4.1	重力台站的观测条件对观测质量的影响	(327)
4.2	重力台站的技术状况对观测质量的影响	(328)
第五节	检查、验收和评比	(328)
5.1	检查验收的意义	(328)
5.2	建立健全的检查验收制度	(329)
5.3	观测工作的评比和资料质量的评定	(329)
第六节	观测报告拟写	(330)
第十四章	洞体应变观测工作	(331)
第一节	日常观测	(331)
1.1	日常观测工作	(331)
1.2	月报与五日均值表	(333)
1.3	仪器维护管理	(333)
1.4	故障分析	(335)
1.5	震例总结	(335)
第二节	辅助观测	(335)
第三节	格值标定	(336)
3.1	格值标定所需设备	(337)
3.2	胀盒现场标定	(337)
3.3	格值计算公式及实例	(339)
3.4	标定时注意事项	(339)
第四节	数据计算和图件制作	(339)

4.1	数据计算	(339)
4.2	图件制作	(341)
第五节	数据的储存	(341)
第六节	资料内精度计算与资料质量检查验收评比	(342)
6.1	资料内精度计算	(342)
6.2	资料质量的检查、验收、评比	(342)
第七节	观测报告编制	(343)
第十五章	钻孔应变观测工作	(345)
第一节	观测	(345)
1.1	影响观测质量的因素和观测要点	(345)
1.2	RDJ 型电容测量仪的操作	(345)
1.3	TJ 型体积式应变测量仪的操作	(346)
第二节	辅助观测	(347)
2.1	室温观测	(347)
2.2	井温观测	(347)
2.3	井水水位观测	(347)
2.4	气压观测	(347)
2.5	降雨记录	(348)
第三节	标定	(349)
3.1	标定的含义——格值稳定性的测定	(349)
3.2	标定的输入方法	(350)
3.3	影响格值稳定性的因素	(350)
3.4	格值的标定	(351)
第四节	观测数据的处理	(352)
4.1	数据处理的基本内容（物理含义）	(352)
4.2	数据处理中的基本算式（数学含义）	(355)
4.3	BSSS 系统简介	(356)
第五节	观测报告的编制	(357)
第十六章	分析与预报	(359)
第一节	数据的日常预处理	(359)
1.1	整时值、日均值、五日均值缺失补值预处理法	(359)
1.2	观测序列精度评估及预检验	(361)
第二节	固体潮观测数据的调和分析	(364)
2.1	维尼狄可夫调和分析法	(365)
2.2	调和分析结果及潮汐因子和相位滞后的应用	(371)
第三节	流动重力测量、水准测量数据处理的基本理论及方法	(371)
3.1	经典间接平差	(371)
3.2	秩亏自由网的平差	(373)
3.3	拟稳参考系和重力变化的显著性检验	(375)