

● 全国地震台站观测岗位资格培训系列教材

地形变测量

(试用本)

中国地震局监测预报司 编

地震出版社

全国地震台站观测岗位资格培训系列教材

地 形 变 测 量

(试用本)

中国地震局监测预报司 编

地 震 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

地形变测量: 试用本/中国地震局监测预报司编. —北京: 地震出版社, 2008. 12
(全国地震台站观测岗位资格培训系列教材)

ISBN 978 - 7 - 5028 - 3487 - 6

I. 地… II. 中… III. 地壳形变测量—技术培训—教材 IV. P227

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 181420 号

地震版 XT200500209

地形变测量 (试用本)

中国地震局监测预报司 编

责任编辑: 江 楚

责任校对: 郭京平

出版发行: 地震出版社

北京民族学院南路 9 号

邮编: 100081

发行部: 68423031 68467993

传真: 88421706

门市部: 68467991

传真: 68467991

总编室: 68462709 68423029

传真: 68467972

E-mail: seis@ht.rol.cn.net

经销: 全国各地新华书店

印刷: 北京鑫丰华彩印有限公司

版 (印) 次: 2008 年 12 月第一版 2008 年 12 月第一次印刷

开本: 787 × 1092 1/16

字数: 640 千字

印张: 25

印数: 0001 ~ 2000

书号: ISBN 978 - 7 - 5028 - 3487 - 6/P (4100)

定价: 60.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

《全国地震台站观测岗位资格培训系列教材》编委会

主 编：李 克

副主编：赵仲和 宋彦云 李 明

编 委：钱家栋 吴忠良 刘耀炜 吴 云 滕云田
余书明 杨心平 孙为民 王 峰 熊道慧

《地形变测量》（试用本）编写组

主 编：吴 云

成 员：陈志遥 刘文义 吕宠吾 周硕愚 张祖胜
李正媛 王晓权 张 燕 李 辉 苏恺之
蒋幼华 温兴卫 吕品姬 池顺良 马鸿钧
冯海英 楼关寿

序

20 世纪 90 年代以来,中国地震局先后在“九五”、“十五”期间实施了数字化、网络化的改造和建设项目,地震监测基本实现由模拟观测向数字化、网络化的重大转变。面对大量数字化设备和新技术的综合应用,如何保障观测网络正常、可靠、稳定、连续地运行,从而提供可靠观测资料,这是广大地震台站工作人员面临的现实挑战。毋庸置疑,只有通过继续教育,领会和接受新技术、新装备,才能熟练应用并使之充分发挥作用。

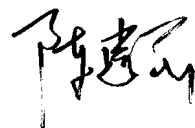
众所周知,防震减灾事业和地震科学的发展,有赖于观测的创新与拓展、监测技术的革命与进步,地震监测的基础地位与作用是十分重要的,地震台站的首要任务是监测,以便及时获得可靠的观测信息。当然,仅仅如此还不够,应当促进台站监测同科研、预测的有效结合。为此,许多关注和从事地震台站观测工作的同志逐渐达成一种共识,地震台站观测人员需要具备相当的有关学科知识,不断增强自身的业务素质,提高工作的综合水平。另外,许多年轻人员进入地震观测岗位后,要求接受继续教育来学习和掌握相关地学知识的愿望也十分迫切。

同样重要的是进入新世纪以来,国家行政和科技体制改革要求,事业单位今后须实行岗位考核竞争上岗以促进事业的良性发展。中国地震局认真贯彻国家要求,决定逐步推行“观测岗位资格考核制度”,以实现地震监测规范化管理,达到规范观测队伍、提高人员素质、保障监测质量的目的。观测岗位资格考核是一项系统性的工作,在岗位资格考核前,对被考核人员进行必要培训,是保障考核工作顺利开展的重要环节。作为地震观测岗位资格考核与考前培训的基本保障,需要有一套适于培训工作的教材。

基于以上诸多目的,中国地震局监测预报司组织编写了地震监测岗位培训系列教材,包括:《地球物理学概论》、《地震地质学》、《防震减灾法律法规》、《地震台站公用技术》、《计算机基础与网络》、《数字信号处理的 MATLAB 实现》、《地震学与地震观测》、《地震地下流体理论基础与观测技术》、《地震电磁学》、《地形变测量》。此套系列教材力求内容与地震监测实际工作紧密结合,符合台站技术的需求,理论深入浅出,内容较新、较详尽,既适合作为岗位资质考核的考试用书,也可以作为广大地震

监测一线工作人员的自学教材。

我相信，该教材的出版，将为台站观测岗位考核制度的逐步推行，为提高地震台站人员的业务素质，为奠定地震台站可持续发展的人才基础起到积极的保障和促进作用。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '陈建斌' (Chen Jianbin).

2007年8月

前 言

根据中国地震局监测预报司监测管理处的要求，地形变学科技术协调组组织专家编写了《地形变测量》（试用）教材。

本教材是为配合中国地震局对地震台站观测人员岗位技术的系统培训而编写的，并作为培训人员上岗资质考试的试用教材。本教材也可作为地震台站观测人员自学的参考书。

由于本教材的使用者主要为地震台站观测人员，所以，教材内容的选取并不追求全面与系统，而是要求实用，以地形变台站观测人员在日常运行管理、仪器使用与维护、数据处理与应用、观测质量监控、台站建设等方面必备的知识、技术和技能为主。

本教材大体可分为五个部分：第一部分包括概论、第一章和第二章，简要介绍了地形变测量的任务、部分基础知识、观测方法；第二部分包括第三章、第四章、第五章和第六章，主要介绍地形变观测所使用的仪器原理及其使用和维护、地形变台站的运行管理；第三部分为第七章和第八章，主要介绍形变数据误差分析与处理以及日常观测数据的具体处理与质量监控；第四部分为第九章，简要介绍地形变资料应用于地震预测的思路和方法；第五部分即第十章，讲述了地形变台站的建设规范。

本教材的概论由周硕愚编写，第一章由张燕、吴云编写，第二章由张祖胜、李正媛、李辉编写，第三章由张祖胜编写，第四章由王晓权、李辉、刘冬至编写，第五章由吕宠吾、苏恺之、蒋幼华、温兴卫、池顺良、马鸿钧、冯海英编写，第六章由陈志遥、张祖胜、王晓权、楼关寿编写，第七章由周硕愚编写，第八章由李正媛、王晓权、刘文义、吕品姬编写，第九章由周硕愚编写，第十章由陈志遥编写；刘文义、吴云、陈志遥对教材的文字进行审阅、修改。在此对他们付出的辛勤劳动表示衷心感谢。

由于教材编写的时间紧、涉及的内容较多，难免存在疏漏之处，欢迎读者批评指正。

地形变学科技术协调组组长 吴云

2008年2月

目 录

概论	(1)
0.1 现代大地测量学的革命性进展	(1)
0.2 地形变大地测量学科的形成及其科学定位	(1)
0.2.1 地形变大地测量学的形成	(1)
0.2.2 地形变大地测量学学科的初步定义	(2)
0.2.3 地形变大地测量学的科学特色	(2)
0.3 地形变监测台网的构成与特色	(2)
0.3.1 中国地形变监测台网的构成	(2)
0.3.2 地形变监测台网的特色	(3)
0.4 地形变测量的任务与作用	(4)
0.4.1 地形变测量的任务	(4)
0.4.2 地形变测量能测定什么	(4)
0.4.3 地形变测量对地球科学的推动	(4)
0.4.4 地形变测量有助于击破地震预报“瓶颈”	(5)
0.4.5 地形变大地测量学能为防震减灾和地震预报做些什么	(5)
第一章 地形变测量基础	(6)
1.1 太阳、地球、月亮的相互关系	(6)
1.1.1 日、地、月的相互运动关系	(6)
1.1.2 日、地、月的基本常数	(9)
1.2 时间与时间变换	(9)
1.2.1 世界时系统	(10)
1.2.2 原子时系统	(12)
1.2.3 历书时和力学时	(13)
1.3 坐标系统与坐标变换	(14)
1.3.1 地形变测量常用坐标系	(14)
1.3.2 坐标变换	(16)
1.3.3 参考基准	(18)
1.4 地球固体潮	(20)
1.4.1 引潮力和引潮力位	(20)
1.4.2 地球重力固体潮	(24)
1.4.3 地球倾斜固体潮	(26)
1.4.4 地球应变固体潮	(27)

1.5 现今地壳运动简介	(29)
1.5.1 全球地壳运动	(30)
1.5.2 中国大陆现今地壳运动	(36)
习题	(45)
第二章 地形变测量方法	(49)
2.1 大地形变测量	(49)
2.1.1 水平形变测量	(49)
2.1.2 垂直形变测量	(64)
2.1.3 断层形变测量	(68)
2.2 重力测量	(69)
2.2.1 台站重力测量	(70)
2.2.2 流动重力测量	(71)
2.2.3 绝对重力测量	(72)
2.3 台站形变测量	(73)
2.3.1 洞体地倾斜测量	(73)
2.3.2 钻孔地倾斜测量	(74)
2.3.3 洞体应变测量	(74)
2.3.4 钻孔应变测量	(74)
2.3.5 GPS 连续测量	(75)
2.3.6 跨断层定点测量	(76)
习题	(77)
第三章 大地形变测量仪器	(79)
3.1 GPS 接收机	(79)
3.1.1 工作原理与结构	(79)
3.1.2 技术要求与参数设定	(80)
3.1.3 使用操作	(81)
3.1.4 检验与维护	(92)
3.1.5 设备安装与调试	(94)
3.2 数字水准仪	(99)
3.2.1 数字水准仪的工作原理与结构	(99)
3.2.2 DIN111 仪器的主要技术指标	(102)
3.2.3 数字水准仪的操作和使用	(103)
3.2.4 仪器的检验和维护	(109)
习题	(110)
第四章 重力测量仪器	(113)
4.1 流动重力仪	(113)
4.1.1 LCR 重力仪	(114)

4.1.2	CG-5 重力仪	(118)
4.1.3	重力测量电子记簿系统	(121)
4.2	台站重力仪	(149)
4.2.1	LCR-PET 重力仪	(149)
4.2.2	DZW 重力仪	(150)
4.2.3	GS 重力仪	(152)
4.2.4	超导重力仪	(156)
4.3	绝对重力仪	(158)
4.3.1	工作原理与结构	(158)
4.3.2	性能与技术指标	(159)
4.3.3	绝对重力仪的标定	(159)
4.3.4	安装与调试	(159)
	习题	(160)
第五章	台站形变测量仪器	(162)
5.1	台站观测仪器的传感器	(162)
5.1.1	电容传感器	(162)
5.1.2	差动变压器	(167)
5.1.3	电涡流传感器	(169)
5.1.4	温度传感器	(172)
5.1.5	CCD 传感器	(173)
5.2	洞体倾斜仪	(174)
5.2.1	水管倾斜仪	(174)
5.2.2	垂直摆倾斜仪	(183)
5.2.3	水平摆倾斜仪	(192)
5.3	钻孔倾斜仪	(203)
5.3.1	工作原理与结构	(203)
5.3.2	主要技术指标	(206)
5.3.3	安装调试与维护	(206)
5.3.4	校准与格值计算	(211)
5.4	洞体应变仪	(212)
5.4.1	工作原理与结构	(212)
5.4.2	主要技术指标	(217)
5.4.3	安装与维护	(217)
5.4.4	格值计算	(224)
5.5	钻孔应变仪	(226)
5.5.1	体应变仪	(226)
5.5.2	分量式应变仪	(238)

5.6	断层形变测量仪器	(246)
5.6.1	仪器的构成与原理	(246)
5.6.2	性能指标	(248)
5.6.3	仪器的安装与调试	(249)
5.6.4	仪器校准与稳定性检测	(249)
5.6.5	常见故障处理	(251)
	习题	(252)
第六章	地形变台站监测与运行管理	(257)
6.1	地形变台站工作规程	(257)
6.1.1	基本规程	(257)
6.1.2	台站运行管理规定	(257)
6.2	GPS 连续观测	(259)
6.2.1	GPS 日常观测	(259)
6.2.2	GPS 应急观测	(260)
6.2.3	值班人员守则和观测日志	(260)
6.2.4	数据转换与检查	(261)
6.2.5	数据流程	(262)
6.2.6	观测环境的保护	(262)
6.3	倾斜、应变台站日常观测与数据处理软件	(262)
6.3.1	日常观测	(262)
6.3.2	数字台站(网)数据处理软件	(265)
6.4	重力台站日常观测与数据处理	(269)
6.4.1	数据采集与存储	(269)
6.4.2	数据分析与异常落实	(269)
6.4.3	工作日志	(269)
6.4.4	资料报送	(270)
6.4.5	仪器标定	(270)
6.4.6	日常维护	(271)
6.5	断层形变台站观测	(271)
6.5.1	数据采集与存储	(271)
6.5.2	成果记录整理	(271)
6.5.3	数据分析与异常落实	(272)
6.5.4	资料报送	(272)
6.5.5	仪器检验	(272)
6.5.6	日常维护	(273)
	习题	(274)
第七章	地形变测量误差分析与处理	(277)
7.1	地形变测量值序列的特征	(277)

7.1.1	地形变测量值的特点	(277)
7.1.2	地形变测量值序列的综合性、可分性及其数学物理内涵	(278)
7.1.3	对观测序列的理论模拟	(281)
7.2	地形变测量误差来源与分类	(281)
7.2.1	地形变测量误差来源	(281)
7.2.2	地形变测量误差分类	(282)
7.3	对系统误差和粗差的认识及其对策	(283)
7.3.1	对系统误差和粗差的新认识	(283)
7.3.2	对系统误差的对策	(283)
7.3.3	应对粗差的对策	(285)
7.4	偶然误差统计特性、概率分布与置信区间	(285)
7.4.1	偶然误差的统计特性	(285)
7.4.2	衡量观测(测量)精度的偶然误差统计指标	(286)
7.4.3	概率分布的初步概念	(287)
7.4.4	正态分布(高斯(Gauss)分布)	(287)
7.4.5	置信区间与异常判别	(290)
7.5	误差传播定律及实例	(291)
7.5.1	误差传播定律	(291)
7.5.2	误差传播定律应用实例	(293)
	习题	(294)

第八章 地形变观测数据处理方法与资料质量监控 (296)

8.1	数据处理方法	(296)
8.1.1	Nakai 拟合检验	(296)
8.1.2	维尼狄可夫(Venedikov)调和分析	(299)
8.1.3	潮汐变化分析	(304)
8.1.4	非潮汐变化分析	(304)
8.1.5	加卸载响应比	(305)
8.2	地倾斜观测资料质量监控	(306)
8.2.1	地倾斜观测资料质量的评定指标	(306)
8.2.2	倾斜验收评分标准	(310)
8.3	地应变观测资料质量监控	(311)
8.3.1	地应变观测资料质量的评定指标	(311)
8.3.2	应变验收评分标准	(312)
8.4	重力观测资料质量监控	(313)
8.4.1	重力观测资料质量的评定指标	(313)
8.4.2	验收评分标准	(314)
8.5	断层形变观测资料质量监控	(315)
8.5.1	断层形变观测资料质量的评定指标	(315)

8.5.2	辅助观测·····	(316)
8.5.3	验收评分标准·····	(317)
	习题·····	(318)
第九章	地形变地震预测方法简介·····	(320)
9.1	地震预测的基本思路·····	(320)
9.1.1	地震预测的思路与三种科学途径·····	(320)
9.1.2	地震地形变演化过程与可能提供的地震前兆·····	(321)
9.2	干扰排除与异常识别·····	(324)
9.2.1	台站干扰排除与异常识别步骤·····	(324)
9.2.2	建立观测时序理论模型的某些方法简介·····	(326)
9.3	台站常用预测方法与震例·····	(331)
9.3.1	地形变趋势性变化预测方法与震例·····	(331)
9.3.2	地球固体潮汐因子预测方法与震例·····	(335)
9.3.3	周期性地形变异常预测方法与震例·····	(340)
9.3.4	与地震有关的地形变暂态现象·····	(343)
	习题·····	(347)
第十章	地形变监测台站的建设·····	(350)
10.1	洞室倾斜、应变监测站的建设·····	(350)
10.1.1	洞室观测场地勘选和环境技术要求·····	(350)
10.1.2	洞室观测装置系统技术要求·····	(351)
10.1.3	洞室施工程序与要求·····	(353)
10.1.4	洞室观测站建设技术文档·····	(354)
10.2	钻孔倾斜、应变监测站的建设·····	(355)
10.2.1	钻孔观测场地勘选和环境技术要求·····	(355)
10.2.2	钻孔观测装置技术要求·····	(355)
10.2.3	钻孔施工程序与要求·····	(357)
10.2.4	钻孔观测站建设技术文档·····	(359)
10.3	GPS 连续监测站的建设·····	(360)
10.3.1	GPS 连续观测站环境要求与选址·····	(360)
10.3.2	GPS 连续观测站的设计和勘选·····	(360)
10.3.3	GPS 连续观测站建设的施工程序与要求·····	(363)
10.3.4	GPS 连续观测站建设技术文档·····	(365)
10.4	重力监测站的建设·····	(365)
10.4.1	场地勘选与观测环境技术要求·····	(365)
10.4.2	观测装置系统技术要求·····	(367)
10.4.3	施工程序与要求·····	(370)
10.4.4	观测站建设技术文档·····	(371)

10.5	断层形变监测站的建设.....	(372)
10.5.1	跨断层形变观测场地勘选与环境技术要求	(372)
10.5.2	观测装置系统技术要求	(373)
10.5.3	施工程序与要求	(375)
10.5.4	观测站建设技术文档	(376)
	习题.....	(376)
	练习题参考答案.....	(380)

概 论

0.1 现代大地测量学的革命性进展

地形变大地测量学简称“形变大地测量学”或“地形变测量”。它是大地测量学应用于防震减灾实践过程中逐步形成的一门前沿性的新兴子学科。为从根本上认识地形变测量，有必要先概述“大地测量学”在当代的革命性进展。

大地测量学是一门历史悠久的地球科学的基础学科。从 20 世纪下半叶开始，由于空间、传感、数字等高新技术的快速发展，大地测量学适时集成应用了当代最先进的科技成果，特别是人造卫星成果，如全球定位系统（GPS、GLONASS、CNSS）、合成孔径雷达干涉测量（InSAR）、甚长基线干涉测量（VLBI）、人卫激光测距（SLR）、卫星测高（SRA）和卫星重力测量（CHAMP、GRACE、GOCE）等。同时，在地面测量方面也取得了突出的进步，如采样间隔达到分钟的高精度数字化定点形变仪器与台网（应变、倾斜）、高精度数字化重力仪器与台网、多色激光测距仪、数字化水准仪、断层形变自记仪、绝对重力仪、超导重力仪的应用等。在测量数据处理和模型理论方面，也获得同步的快速发展，如由参数模型和非参数模型发展到半参数模型，由线性模型发展到非线性模型，由几何模型发展到对地球内部的物理反演模型等。这些进展使学科产生了革命性的变革，获得了空前强大的能力，使经典大地测量学迈入了现代大地测量学的新阶段。不仅原有的几何大地测量学、物理大地测量学（重力）的面貌焕然一新，还诞生了空间大地测量学、动力大地测量学、形变大地测量学（地震大地测量学）等新学科。国际科学界公认：现代大地测量学是当今最具革命性、最有活力和发展最快的学科之一，已成为解决地球科学基本问题必不可少的学科；并认为地震科学和地震预报的三大支柱学科是地质学、地球物理学和大地测量学，前者侧重地学背景，中者侧重破裂与物理机理，后者侧重运动与变形的全时空过程；它们均具有不可取代性。近年中国地震局也同意这种看法，提出了地震科学和地震预报的支柱学科结构，即所谓的“3+X”或“4+X”（考虑抗震再加入一门工程力学）。

0.2 地形变大地测量学科的形成及其科学定位

0.2.1 地形变大地测量学的形成

地球表层是人类的生活之乡，但它总是在变化着。地震、火山、滑坡、岩崩、沉降、海浸等自然灾害使我们居住的行星成为不安宁之家。经济越发达，现代化、城市化程度越高，灾害后果往往越严重。鉴于大地测量学是揭示地球表层（岩石圈—地壳）现今运动、变形过程及其动力学最直接、最精确和最有效的科学技术途径，20 世纪中期，世界一些国家如美国、苏联、日本和我国等人致同时起步，不约而同地将现代大地测量学应用于地震监测、预测和

减轻灾害研究。经过 40 多年的努力，初步实现了大地测量学与地球物理学和地质学的相互渗透，从而形成了一门服务于防灾减灾的前沿交叉新兴子学科。1962 年，根据李四光和方俊院士的倡议，在周恩来总理的支持下，首次将大地测量学应用于新丰江水库蓄水变形和诱发地震预测研究。1966 年邢台地震后，更是大规模地应用于地壳运动与地震预报，在海城、唐山、松潘、龙陵、炉霍、通海、丽江、昆仑山西口等一系列大震及强震的监测预报中经受严峻考验，理论结合实际地探索研究，使这门前沿交叉新学科在中国逐渐形成，在我国被称为“地形变大地测量学”，或简称为“形变大地测量学”或“地形变测量”。国际上不同国家、不同学者对其也有类似的不同称呼，如称为“构造形变大地测量学”（美）或“地震大地测量学”（美）或“地球物理大地测量学”（澳）等。地形变大地测量学或地形变测量已成为推进现今地壳运动和地球动力学的重要动力，是地震科学和地震预报必不可少的基石与支柱。

0.2.2 地形变大地测量学学科的初步定义

地形变大地测量学是现代大地测量学与地球物理学、地质学、力学及信息系统科学相结合的当代前沿交叉学科；它集成当代先进的空间大地测量、地面测量及探测技术，精确测定时间尺度由分钟至数十年，空间尺度由定点至全球的现今地壳运动与深部介质物性以及它们的时空动态场（过程）；严谨处理数据，建立运动学和动力学模型并预测未来；直接服务于地震等灾害预测并为地球科学及工程提供地球运动、变形、内部介质物性及其随时间变化的定量基础信息。

0.2.3 地形变大地测量学的科学特色

观测研究位移、速度，加速度、应变、滑动、位错、重力、固体潮汐和介质物性（密度、勒夫数）等地球动力学物理量的空间分布及其随时间变化；立足岩石圈表层实施多种空间、地面和深部相结合的精密观测，探测对流层、电离层并反演地球内部各圈层的物性及其变化；研究的空间域由定点至全球，时间域由分钟至数十年，频率域由 0.008333Hz 至零频；提供动力学作用下的多种运动变形及介质物性的基础数据，直接建立多种运动学模型并为动力学模型提供不可或缺的定量约束条件，使动力学理论与实际观测数据有机结合，从而能够较为科学地预测未来。

0.3 地形变监测台网的构成与特色

0.3.1 中国地形变监测台网的构成

0.3.1.1 大地形变观测网

将全国现今地壳运动的整体监测与地震重点区适度加密监视相结合，并考虑各种观测手段之间的综合配套，实施定期或不定期的流动复测，构成大范围、高精度、高时空分辨率的观测网络，监测形变的空间分布及其随时间的变化。主要包括：

(1) GPS 区域观测网。包括中国地壳运动观测网络中之区域网以及为强化地震监测和科学研究目的而专门布设的精密 GPS 观测网。用于高精度地获取统一于 ITRF 参考系中的地形变三维空间分布（纬向、经向、垂直向）及其随时间的变化。

(2) 精密水准观测网。高精度地获取相对于平均海平面的垂直形变场空间分布及其随时间的变化。

(3) 断层形变观测网。侧重于地震重点监视区,在各种层次的块体边界带—断层带上,实施跨越断裂两侧(剖面)的动态复测。包括短水准、短基线、短边激光测距、短边 GPS 和重力测量等手段。

0.3.1.2 台站形变观测网

在固定台站上对水平位移、垂直位移、地倾斜、地应变及断层形变随时间的变化,实施连续的监测,提供多个时间序列的集合。它主要包括:

(1) GPS 基准网。设置在多个台站上的 GPS 连续观测,采样间隔为 30s。数据处理后产出统一于 ITRF 参考框架中的纬向、经向和垂直向位移随时间的变化序列(目前为每日值时序)。

(2) 地倾斜台网。包括洞体和钻孔两种基本观测方式的多种地倾斜连续观测。全国部分台站已实现了数字化、网络化和多测项,整体上跨入了第三代台网。使用多种有自主知识产权的国产仪器,能精确可靠地记录地倾斜及其地球固体潮汐随时间的细微变化,其时序取样间隔已能精细至分钟,有效地扩大了监测信息的频率域。

(3) 地应变台网。包括洞体和钻孔两种基本观测方式的多种地应变连续观测。其他情况与地倾斜台网相同。

(4) 断层形变台站观测网。设置在多个台站上的断层形变时间序列观测,采样间隔从季、月、日(大地测量方式)至连续记录(断层形变连续自记仪)。

0.3.1.3 重力观测网即物理大地测量网

包括:

(1) 流动重力观测网。以相对重力仪、绝对重力仪实施定期或不定期的流动复测,监测重力场的空间分布及其随时间变化。

(2) 台站重力观测网。用设置在多个台站上的重力仪,实施不间断地连续观测。当前全国部分重力台站的观测已实现了数字化、网络化,能精确可靠地监测重力及其地球固体潮汐随时间的细微变化。其时序取样间隔已能精细至分钟,有效地扩大了监测信息的频率域。重力台网的观测技术和监测能力都有空前的提高。

0.3.2 地形变监测台网的特色

地形变监测台网具有如下特色:

(1) “空(间)”、“地(面)”、“深(部)”相结合的立体监测台网。实现了空间卫星(全球定位系统卫星、重力卫星等)和多种地面形变观测与深钻孔观测以及深部探测(重力、固体潮汐因子)相结合。

(2) “点”、“线”、“面”相结合的监测台网。空间分布监测的尺度从全球、中国大陆及邻区,块体、块体内部、边界带、断裂带直至定点,实现了多种空间尺度相互叠合的形变监测。

(3) “长”、“中”、“短”相结合的监测台网。形变时间序列的采样间隔由数十年、数年、年、月、日、小时直至分钟(相应的频率域由近似零频直至 0.008333Hz),可望为长、中、短(临)地震预报提供信息。