

# 岩土工程 变形监测

YANTU GONGCHENG BIANXING JIANCE

中国建设教育协会 组织编写  
中国建筑科学研究院

唐建中 于春生 刘 杰 主编



中国建筑工业出版社

# 岩土工程变形监测

中国建设教育协会 中国建筑科学研究院 组织编写  
唐建中 于春生 刘 杰 主编

中国建筑工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

岩土工程变形监测/唐建中等主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2015. 10

ISBN 978-7-112-18385-2

I. ①岩… II. ①唐… III. ①岩土工程-变形观测  
IV. ①TU411.99

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 200257 号

本书由中国建设教育协会和中国建筑科学研究院组织编写, 由岩土专业的资深工程师执笔撰写。全书结合工程实例, 依据《建筑变形测量规范》、《建筑基坑监测技术规范》、《城市轨道交通工程监测技术规范》以及相关的建筑地基基础规范编写而成。全书理论与实际紧密结合, 全面阐述了变形监测概述、建筑地基基础(基坑、边坡)变形控制设计原则、变形监测技术、变形监测方案的编制和内容、常见工程的变形监测方法和内容、工程风险管理与变形监测、变形监测资料归档及管理等内容, 是一本非常好的岩土专业从业人员的参考用书。

责任编辑: 张伯熙 万 李

责任设计: 李志立

责任校对: 李美娜 赵 颖

## 岩土工程变形监测

中国建设教育协会 中国建筑科学研究院 组织编写  
唐建中 于春生 刘 杰 主编

\*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

环球东方(北京)印务有限公司印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 9½ 字数: 231 千字

2016年3月第一版 2016年3月第一次印刷

定价: 30.00 元

ISBN 978-7-112-18385-2

(27647)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

## 本书编委会

主 编：唐建中 于春生 刘 杰

副主编：朱 光 黄秋宁

编 委：李 奇 蔚峰炯 黄树情

仇海洋 周小英

## 中国建设教育协会简介

中国建设教育协会成立于 1992 年，是经民政部注册具有法人资格的一级社会团体。协会隶属住房和城乡建设部，是由建设教育有关部门、单位、团体、机构自愿参加的非营利性的专业社会团体。在业务主管部门的领导下，为全国建设教育工作者服务，是政府联系企业、院校和培训机构的桥梁，是建设教育主管部门的参谋和助手。英文译名为 CHINA ASSOCIATION OF CONSTRUCTION EDUCATION，缩写为 CACE。

本协会坚持“百花齐放，百家争鸣”方针和教育要面向现代化、面向世界、面向未来的指导思想，发扬实事求是、理论联系实际的作风，团结组织全国建设教育工作者开展学术研究、协作交流、专业培训、工作咨询和社会服务，积极推进教育教学改革，为提高建设职工队伍的素质，培养高质量的建设人才，发展社会主义建设教育事业服务。

# 前 言

随着我国城市化进程加快和经济快速发展,城市土地资源日渐紧缺,空间容量供需矛盾日益突出,为有效突破城市土地资源紧缺瓶颈,需要更多地开发利用城市地下空间。地下空间的合理利用与开发力度越来越大,地下室由一层发展到多层。建筑、地铁、雨污水管道、地下公交枢纽、地下商业区等建设工程中的基坑工程占了相当的比例。由于基坑开挖和降水所造成的基坑安全问题,以及对周边环境的影响问题也越来越引起参建方以及政府、社会的普遍关注。高层建筑结构形式也趋于多样化,在成为城市风景的同时如何保证建设和使用安全也成为高层建筑设计的一个重要任务。为了更好地监视建筑物在运营管理和使用中的安全,需要不定期地对其进行变形监测,其中一方面是对高层建筑物的运营状态进行安全监控、评价和预测,另一方面,还为在本区域内建设的其他建(构)筑物累积一些经验数据。

本书根据变形设计原则,结合实际工程实例,根据工程类别和结构形式、地质条件,解析变形特点、监测原理,应用《建筑变形测量规范》JGJ 8—2007、《建筑基坑监测技术规范》GB 50497—2009、《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911—2013 和有关地基基础规范,阐明变形监测控制要点、变形监测的类型、监测基本方法和操作技巧,帮助变形监测人员正确判断,减少失误。

本书第二章由唐建中执笔,其他章节由于春生执笔。由于时间仓促,加上作者水平有限,错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

# 目 录

第一章 变形监测概述	1
第一节 变形监测的必要性及变形监测的发展	1
第二节 变形监测目的	1
第三节 变形监测的常用方法	2
参考文献	7
第二章 建筑地基基础（基坑、边坡）变形控制设计原则	8
第一节 建筑结构、基础形式	8
第二节 建筑地基基础设计等级	9
第三节 地基土类别及物理力学特性	10
第四节 竖向荷载下地基应力分布	12
第五节 建筑地基基础变形控制设计原则	14
第六节 建筑地基变形形态与基础刚度和上部结构刚度的关系	17
第七节 建筑地基变形监测原则	18
第八节 裂缝的分类、初步判别及沉降裂缝的鉴别	18
第九节 建筑基坑支护安全等级	24
第十节 建筑基坑变形设计原则	25
第十一节 建筑基坑变形监测原则	25
第十二节 建筑边坡变形控制原则	27
第十三节 建筑边坡变形监测原则	28
第十四节 工程实例	29
参考文献	30
第三章 变形监测技术	31
第一节 仪器设备选择	31
第二节 变形监测相关规范及技术要求	53
参考文献	64
第四章 变形监测方案的编制和内容	65
第一节 根据工程特点编制变形监测方案	65
第二节 编制方案的基本要求	65
第三节 方案编制的内容	66
第四节 特殊工程监测方案的要求	68
第五章 常见工程的变形监测方法和内容	69
第一节 基坑、边坡变形监测	69
第二节 地下工程施工变形监测（暗挖、盾构）	89
第三节 高层建（构）筑物的变形监测	93

第四节 大坝、桥梁的施工监测 (GPS) .....	99
参考文献 .....	101
<b>第六章 工程风险管理与变形监测</b> .....	<b>102</b>
第一节 施工监测与风险管理的关系 .....	102
第二节 安全风险监控组织机构 .....	102
第三节 风险识别与管理 .....	103
第四节 现场安全巡视内容 .....	106
第五节 监测预警级别分类 .....	106
第六节 监测及巡视资料的报送要求 .....	109
第七节 信息化监测 .....	109
参考文献 .....	112
<b>第七章 变形监测资料归档及管理</b> .....	<b>113</b>
第一节 变形监测资料填写要求 .....	113
第二节 变形监测资料归档 .....	114
<b>附录 A 工程监测常用日报表格</b> .....	<b>115</b>
<b>附录 B 工程监测常用测点编号规则</b> .....	<b>127</b>
<b>附录 C 中华人民共和国住房和城乡建设部、北京市住房和城乡建设委员会、 东莞市住房和城乡建设局，关于加强变形监测的相关文件</b> .....	<b>129</b>



# 第一章 变形监测概述

## 第一节 变形监测的必要性及变形监测的发展

所谓变形监测就是利用专用的仪器和方法对变形体的变形现象进行持续观测、对变形体的变形性态进行分析和变形体变形的发展态势进行预测等的各项工作。其任务是确定在各种荷载和外力作用下,变形体的形状、大小及位置变化的空间状态和时间特征。变形监测工作既是完善工程设计方法的关键性环节,又是进行施工、运行技术决策的重要依据。正因为如此,我国进入 20 世纪 70 年代以来,变形监测工作在水利水电、工民建、轨道交通、市政桥梁等行业工程中均得到了迅速发展和广泛应用,并日益受到工程技术人员和各级工程决策机构的重视。工程监测技术是综合性新兴的工程应用技术,涉及地质、设计、施工、仪器、监测技术和理论分析等比较广泛的知识领域。

变形监测又称为变形测量或变形观测,变形监测可分为全球性变形、区域性变形、工程和局部变形监测。全球性变形是指地球全球板块运动和地壳运动、地球自转速率变化、地潮等;区域性变形是指对区域性地壳变形和城市地面沉降等;工程和局部变形是对于工程建(构)筑物以及其他与工程建设有关的环境、建筑物的三维变形、地下开采引起的地表移动和下沉等。例如,大坝、桥梁、矿区、高耸建筑物、隧道、地铁等。

大地测量方法是变形监测的传统方法,它主要包括三角测量、水准测量、交会测量等方法,该类方法的主要特征是可以利用传统的大地测量仪器,理论和方法成熟,测量数据可靠,观测费用较低。但该类方法也有其很大的缺陷:观测所需要的时间长,劳动强度大,观测精度受观测条件的影响较多,不能实现自动化观测等。目前,随着监测技术的不断发展进步,基本利用高精度测距来代替精密测角,以提高工作效率。采用电子水准仪代替光学水准仪,有效地提高了观测成果的可靠性。利用测量机器人代替原来的经纬仪观测,实现观测和数据处理自动化。传感器类:位置、长度、角度传感器,物理量传感器等将成为变形监测的发展主流。对于 GPS 监测技术的发展应用更为广泛,从一机一天线发展到一机多天线,从流动到持续自动化监测等。特别在大坝结构和桥梁结构监测中得到广泛的应用。监测发展趋势可概括为自动、智能、信息、分析一体化等。

## 第二节 变形监测目的

监测目的必须根据工程条件明确地确定。监测的主要目的是确定工程是否处于预计的状态,监测的目的也可能是施工控制、诊断不利事件的特性、检验设计的合理程度、证明施工技术的适应程度、检验长期运行性能、检验承包商依据技术规范施工的情况、促进技术发展和确定其合法的依据。

一般情况下,监测的目的包括如下方面:

1) 工程建筑监测基本的和最重要的目的是提供用于为控制和显示各种不利情况下工程性能评价和在施工期、运行初期和正常运行期对工程安全进行连续评估所需要的资料。

2) 基坑监测中是为了了解围护结构、主体结构 and 周围地层的变形情况,为施工日常管理提供信息,保证施工安全。围护结构、主体结构和周围土体的变形及应力状态和周围土体各种破坏形式产生之前通常有较大的位移、变形、受力异常等,监测数据和成果是现场施工管理和技术人员判断工程是否安全的重要依据。因此,在施工过程中,通常依据观测结果来验证施工方案的正确性,调整施工参数,必要时采取辅助工程措施,以此达到信息化施工目的。

3) 修改工程设计,将现场量测的数据、信息及时反馈以修改和完善设计,使设计达到优质安全、经济合理。

4) 根据监测数据,分析施工引起的地表隆陷,以及地层应力分布、地层变位对紧邻建(构)筑物和市政基础设施的影响;以采取相应的加固、防范措施,确保紧邻建(构)筑物和市政基础设施的安全。例如,地铁在修建施工中,监控量测的工作内容总体上有地表的垂直沉降监测、建筑物或桥梁的变形监测(沉降监测、水平位移、倾斜监测、裂缝监测)、地下管线的垂直监测、隧道两侧的水位以及深层土体位移监测、基坑支护结构的变形监测(包括基坑支护体系的垂直沉降、水平位移和挠度变形)、基坑支护结构的内力监测(包括支撑杆件的轴力监测和围护结构内部钢筋的应力监测、土压力监测和孔隙水压力监测)、基坑底部的回弹监测、既有铁路或地铁等的监测。

5) 验证支护结构设计,为支护结构设计和施工方案的修订提供反馈信息。我国当前地下工程支护结构设计基本处于半经验半理论状态,土压力多采用经典的理论公式,与现场情况有一定差异;地下结构周围土层软弱,复杂多变,结构设计的荷载常不确定,而且,荷载与支护结构变形、施工工艺有直接关系。例如,目前城市集中地区场地狭小需要深基坑开挖的地下结构施工中,对周围土体压力等变化的影响观测等。因此,在施工中迫切需要知道现场实际的应力和变形情况,与设计值进行比较,必要时对设计方案和施工过程进行修改。施工监测是支护结构设计的重要组成部分。

6) 根据监测确立的现行边坡稳定分析数据,使基坑设计更加安全可靠。对可能危害工程安全早期或发展中的险情作出预先警报,从而保证及时采取补救措施。

7) 有了上述明确的监测目的,可以有的放矢地进行监测变量选择和监测系统的建立。

### 第三节 变形监测的常用方法

#### 1. 地面测量方法<sup>[1]</sup>

包括几何水准测量、三角高程测量、方向和角度测量、距离测量等。

观测时建立高精度平面控制网(图 1-1),采用光学经纬仪、光学水准仪、电磁波测距仪、电子经纬仪、电子水准仪、电子全站仪等进行观测。

这种方法具有以下优点:①能够提供变形体整体的变形状态;②观测量通过组成网的形式可以进行测量结果的校核和精度的评定;③灵活性大,能够适应于不同的精度要求、不同形式的变形和不同的外界条件等。

##### (1) 几何水准测量

几何水准测量是变形测量最常用的方法，原理是用水准仪和水准尺测定地面上两点间的高差。在地面两点间安置水准仪，观测竖立在两点上的水准标尺，按尺上读数推算两点间的高差。通常由水准原点或任一已知高程点出发，沿选定的水准路线逐站测定各点的高程（图 1-2）。我国国家水准测量依精度不同分为一、二、三、四等。一、二等水准测量称为“精密水准测量”，是国家高程控制的全面基础，可为研究地壳形变等提供数据。三、四等水准测量直接为地形测图和各种工程建设提供所必需的高程控制。

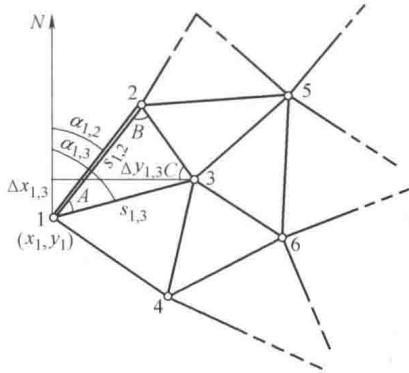


图 1-1 平面控制网

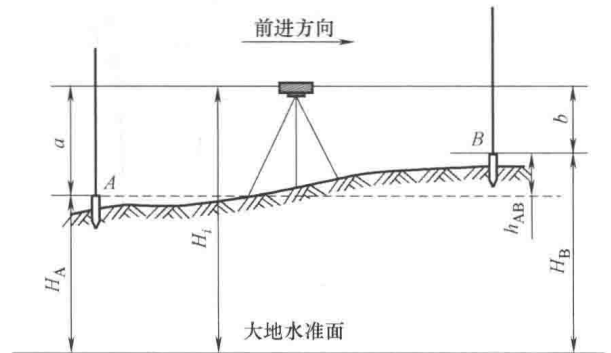


图 1-2 水准测量示意图

## (2) 角度和方向测量

角度、方向测量分为水平测量和高度测量，利用光学经纬仪、电子经纬仪、全站仪等。测定水平角或竖直角时，水平角是一点到两个目标的方向线垂直投影在水平面上所成的夹角。竖直角是一点到目标的方向线和一特定方向之间在同一竖直面内的夹角。通常以水平方向或天顶方向作为特定方向（图 1-3）。

方向观测法中观测两个方向之间的水平夹角时采用测回法，对三个以上的方向则采取方向观测法或全组合测角法。测回法即用盘左（竖直度盘位于望远镜左侧）、盘右（竖直度盘位于望远镜右侧）两个位置进行观测。用盘左观测时，分别照准左、右目标得到两个读数，两数之差为上半测回角值。为了消除部分仪器误差，倒转望远镜再用盘右观测，得到下半测回角值。取上、下两个半测回角值的平均值为一测回的角值。按精度要求可观测若干测回，取其平均值为最终的观测角值。方向观测法是当有三个以上方向时，在上、下各半测回中依次对各方向进行观测，以求得各方向值，上、下两个半测回合为一测回，这种方法称为全圆测回法。按精度需要测若干测回，可得各方向观测值的平均值，所需角度值由相应方向值相减即得（图 1-4）。

## (3) 三角高程测量

三角高程测量是通过观测两点间的水平距离和天顶距（或高度角）求定两点间高差的方法。它观测方法简单，不受地形条件限制，是测定大地控制点高程的基本方法。主要用于测定较高建（构）筑物，例如，高层建筑物、烟囱、电视塔、大坝等观测。之前采用传统的光学经纬仪进行测量，必须知道测站到测点之间的精确距离及高精度垂直角值才能获取准确的高程，因此很难达到沉降观测的精度要求。目前，随着电子全站仪不断发展和进步，在测绘和监测业得到广泛应用，利用全站仪进行三角高程测量的方法因不受地形影响、施测速度快等优点而被越来越多的工程测量人员所应用。应用中以中间观测法最为普

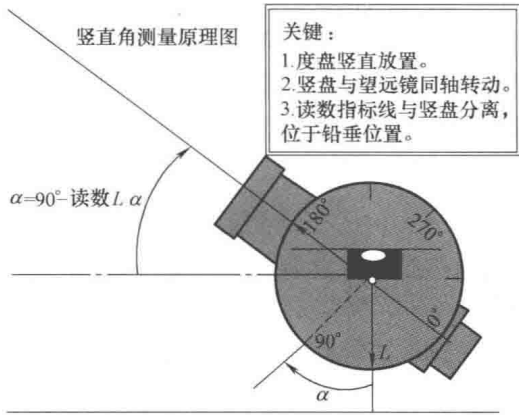


图 1-3 竖直角测量原理图

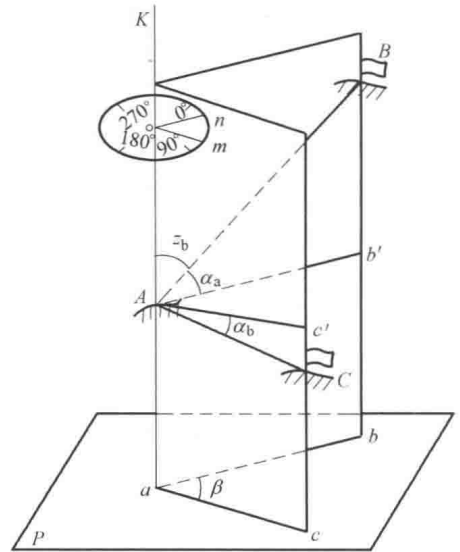


图 1-4 角度、方向测量示意图

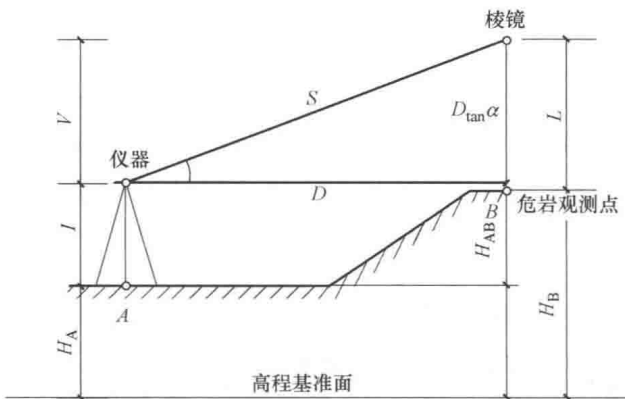


图 1-5 三角高测量示意图

遍，中间观测法不必量取仪器高和棱镜高，而是通过减少误差来源提高精度。另外，测站点选在中间可以有效地减少或消除地球曲率和大气折光对高差测量的影响，又进一步提高了精度。在长距离三角高程测量中，其精度可达三、四等水准测量精度，在高观测条件下，更可达到二等水准测量精度（图 1-5）。

## 2. 空间测量技术<sup>[1]</sup>

如甚长基线干涉法测量（VLBI）、卫星激光测距（SLR）、全球定位系统（GPS）、合成孔径雷达干涉（InSAR）。

合成孔径雷达干涉测量技术（SAR intefferometry, InSAR）是近年来发展起来的一种微波遥感技术的一个新热点。InSAR 以合成孔径雷达数据提取的相位信息为信息源，获取地表的三维信息；运用合成孔径雷达干涉及其差分技术（InSAR 及 D InSAR）进行地面微位移监测，在对不同地区地面形变的最新研究表明，合成孔径雷达干涉及其差分技术在地震形变、冰川运移、活动构造、地面沉降及滑坡等研究与监测中有广阔的应用前景，具有不可替代的优势。与其他方法（如 GPS 监测等）相比，用 InSAR 及 D InSAR 进行地面形变监测的主要优点在于：①覆盖范围大，方便迅速；②成本低，不需要建立监测网；③空间分辨率高，可以获得某一地区连续的地表形变信息；④可以监测或识别出潜在或未知的地面形变信息；⑤全天候，不受云层及昼夜影响。

随着 GPS 技术的发展，全球定位系统作为一种全新的现代空间定位技术，逐渐取代了常规的光学和电子测量仪器。GPS 技术在变形监测方面主要应用于滑坡、大坝、桥梁等大型建筑物，它以全天候、全球性、高精度、高速度、实时三维定位、误差不随定位时

间而积累等优点博得了人们的青睐。与常规测量相比, GPS 技术不仅可以满足变形监测工作的精度要求, 而且有助于监测工作的自动化与实时化。尤其 GPS 一机多天线技术的应用, 使得一台 GPS 接收机能连接多个天线。这样每个测点上只需要安装 GPS 天线, 不需要安装接收机, 从而大大降低了变形监测系统的造价。

### 3. 摄影测量方法

在现代化的测绘技术中, 摄影测量系统成为一种吸引众多领域日益关注和采用的几何信息分析提取和模型制作的有力工具。随着数字地球概念的提出, 城市三维建模, 也依赖于数字摄影测量为其提供数据和支持。摄影测量学是测绘学的分支学科, 它的主要任务是用于测绘各种比例尺的地形图、建立数字地面模型, 为各种地理信息系统和土地信息系统提供基础数据。摄影测量学要解决的两大问题是几何定位和影像解译。几何定位就是确定被摄物体的大小、形状和空间位置。几何定位的基本原理源于测量学的前方交会方法, 它是根据两个已知的摄影站点和两条已知的摄影方向线, 交会出构成这两条摄影光线的待定地面点的三维坐标。影像解译就是确定影像对应地物的性质。

与其他方法相比, 摄影测量有如下特点:

- 1) 在影像上进行量测和解译, 外业工作量少, 主要工作在室内进行, 无须接触物体本身, 很少受气候、地理等条件的限制;
- 2) 所摄影像是客观物体或目标的真实反映, 信息丰富、形象直观, 人们可以从中获得所研究物体的大量几何信息和物理信息;
- 3) 可以拍摄动态物体的瞬间影像, 完成常规方法难以实现的测量工作;
- 4) 适用于大范围地形测绘, 成图快、效率高; 产品形式多样, 可以生产纸质地形图、数字线划图、数字高程模型、数字正摄影像等。

### 4. 专门测量手段<sup>[1]</sup>

这里主要是指各种准直测量、测斜仪监测、应变计测量等。

#### (1) 激光准直测量

按测量原理可分为直接测量和衍射法准直测量两种; 按照其测量方法可分为准直法和铅直法(图 1-6)。激光准直仪是利用激光具有能量高、方向性好等特点, 提供一条线性极好的可见激光束, 作为测量基准。激光准直仪有测量距离大、测量精度高等优点。

#### (2) 测斜仪监测

测斜仪在基坑监测中应用广泛, 监测基坑边坡水平位移, 土体深层水平位移。其原理是: 测斜管通常安装在穿过不稳定土层至下部稳定地层的垂直钻孔内。使用数字垂直活动测斜仪探头, 控制电缆、滑轮装置和读数仪来观测测斜管的变形。第一次观测可以建立起测斜管位移的初始断面。其后的观测会显示当地面发生运动时断面位移的变化。观测时, 探头从测斜管底部向顶部移动, 在半米间距处(一般在测试电缆上有标尺)暂

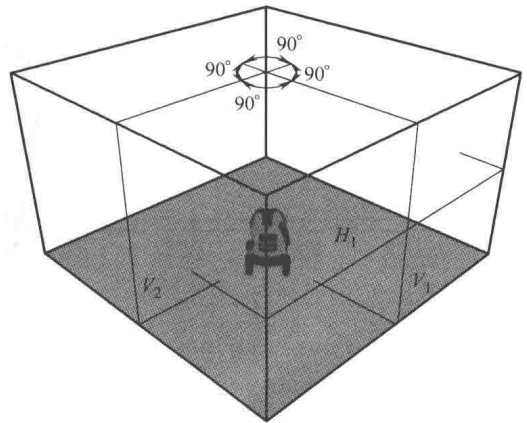


图 1-6 铅直法示意图

停并进行测量倾斜工作。探头的倾斜度由两支受力平衡的伺服加速度计测量所得。一支加速度计测量测斜管凹槽纵向位置，即测斜仪探头上测轮所在平面的倾斜度。另一支加速度计测量垂直于测轮平面的倾斜度。倾斜度可以转换成侧向位移。对比当前与初始的观测数据，可以确定侧向偏移的变化量，显示出地层所发生的运动位移。绘制偏移的变化量可以得到一个高分辨率的位移断面图，此断面图有助于确定地面运动位移的大小、深度、方向和速率（图 1-7）。

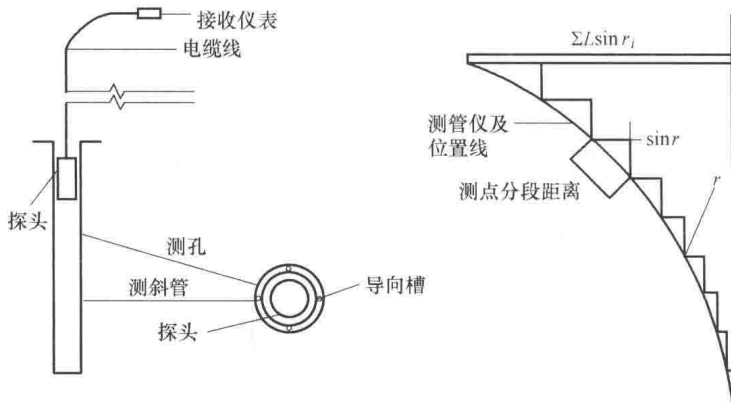


图 1-7 测斜仪工作原理

### 5. 自动化监测系统

由无人值守型自动变形监测系统瑞士 Leica 自动型 TCA 系列全站仪、索佳 NET05 全站仪等高端自动测量机器人、目标反射棱镜、静力水准、测缝计、系统软件、计算机及专用通信电缆等构成。该系统将自动完成测量周期、实时评价测量成果、实时显示变形趋势

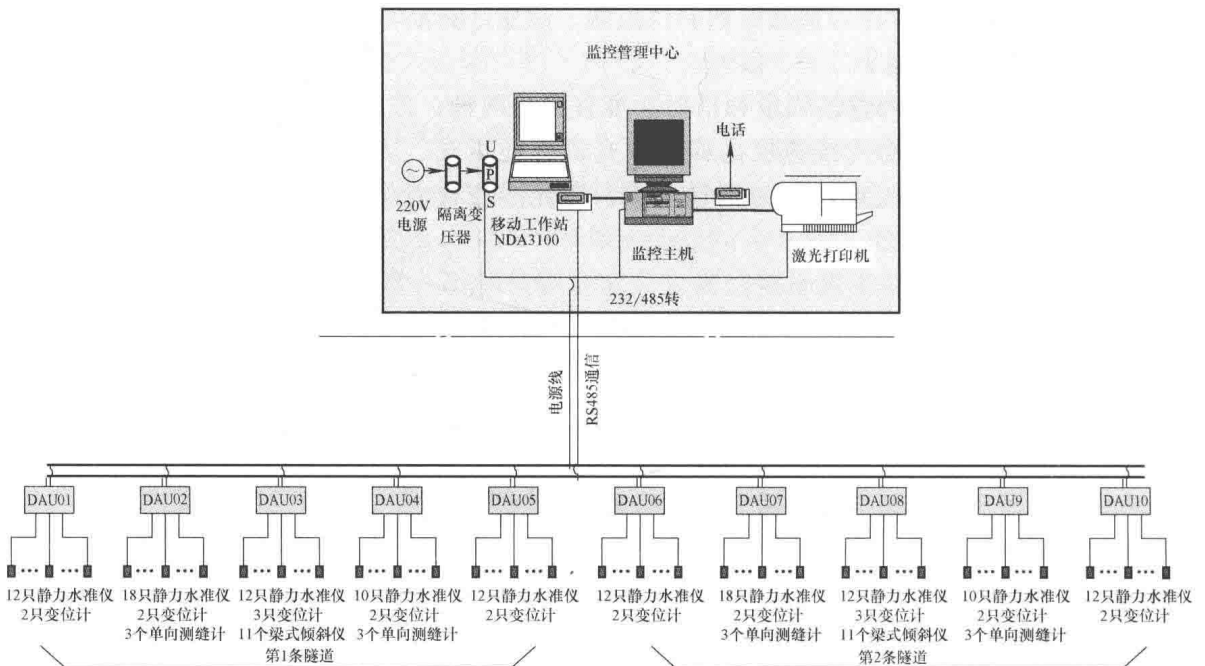


图 1-8 自动化监测系统

等智能化的功能合为一体，应用于各类大型水库大坝变形监测、基坑监测、铁路沿线滑坡监测、露天矿开采及地铁结构监测等。是进行各类建筑物自动变形监测、滑坡监测、露天矿开采及指导隧道机械掘进的理想系统（图 1-8）。

### 参 考 文 献

- [1] 何秀凤. 变形监测新方法及其应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2007.

## 第二章 建筑地基基础（基坑、边坡）变形控制设计原则

岩土工程变形监测的主要任务之一就是建筑物的沉降观测及基坑变形监测。建筑地基基础的设计原则是在满足地基承载力的要求下的变形控制设计；基坑支护应满足的首要功能是保证基坑周边建（构）筑物、地下管线、道路的安全和正常使用；上述均和“变形”密切相关。故监测工程师不仅需要具备精湛的监测技术，还需要具备一定的结构和岩土工程知识。笔者建议变形监测工程师应着重注意以下几点：

- 1) 理解变形设计概念的实质，掌握变形特征值概念，抓住变形监测的重点；
- 2) 了解结构、基础形式与刚度的关系，了解建筑物的大致沉降规律；
- 3) 具备一定的力学基础，理解土的物理力学指标与变形的联系；
- 4) 通过沉降裂缝形态校核变形监测结果；
- 5) 监测记录一定和环境、天气及施工工况相对应；
- 6) 报警值等应由设计确定，或经设计和业主等确认；
- 7) 基坑监测工作的初始值应包含建筑物的倾斜值等；
- 8) 基坑监测应从支护（降水）或桩基施工开始；
- 9) 基坑监测记录应确认正确后交给有关方；
- 10) 注意提交监测记录的及时性。

### 第一节 建筑结构、基础形式

由于建筑物地基变形形态与上部结构及基础形式、刚度关系很大，故应对其有一个基本了解。

建筑结构形式主要有砖混砌体结构、框架结构、剪力墙结构、框筒结构和筒中筒结构；基础形式主要有独立基础、条形基础、箱形基础、筏形基础和桩基础，其中桩基础常常和其他基础联合使用，如桩筏基础等。

砌体结构即荷载通过楼板传给砌体墙，砌体墙再将荷载传给基础，一般墙下为条形基础；砌体结构一般为7层以下，住宅居多。

框架结构实为梁柱传力体系，即荷载通过楼板传给梁，梁将荷载传给柱，柱将荷载再传给基础。一般框架结构采用柱下独立基础或柱下条形基础；框架结构一般为15层以下，多用于（轻）工业厂房、中小型饭店、宾馆。

剪力墙结构主要用于高层建筑，荷载通过楼板传给剪力墙，剪力墙再将荷载传给基础，高层建筑的基础形式一般采用（桩）箱、筏基础，此类结构多用于住宅类建筑。

框筒结构和筒中筒结构主要用于高层或超高层建筑，一般外围为普通框架和密柱框架形成的筒，中间位置设核心筒（一般为电梯井或剪力墙），荷载通过楼板一部分传给外围的框架体系，框架体系再传至基础，另一部分传给剪力墙（核心筒），由剪力墙（核心筒）



将荷载传给基础;核心筒一般承担总荷载的50%以上。

## 第二节 建筑地基基础设计等级

建筑物是否要进行沉降监测和许多因素有关,其中因素之一就是和地基基础设计等级有关。地基基础设计根据地基复杂程度、建筑物规模和功能特征以及由于地基问题可能造成建筑物破坏或影响正常使用的程度分为三个设计等级<sup>[1]</sup>,见表2-1。

地基基础设计等级

表 2-1

设计等级	建筑和地基类型
甲级	重要的工业与民用建筑物 30层以上的高层建筑 体形复杂、层数相差超过10层的高低层联成一体的建筑物 大面积的多层地下建筑物(如地下车库、商场、运动场等) 对地基变形有特殊要求的建筑物 复杂地质条件下的坡上建筑物(包括高边坡) 对原有工程影响较大的新建建筑物 场地和地基条件复杂的一般建筑物 位于复杂地质条件及软土地区的2层及2层以上地下室的基坑工程 开挖深度大于15m的基坑工程 周边环境条件复杂、环境保护要求高的基坑工程
乙级	除甲级、丙级以外的工业与民用建筑物 除甲级、丙级以外的基坑工程
丙级	场地和地基条件简单、荷载分布均匀的7层及7层以下民用建筑及一般工业建筑;次要的轻型建筑物 非软土地区且场地地质条件简单、基坑周边环境条件简单、环境保护要求不高且开挖深度小于5m的基坑工程

《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2011明确规定(强条):地基基础设计等级为甲级建筑物及软弱地基上的地基基础设计等级为乙级的建筑物应在施工期间及使用期间进行沉降变形观测。故变形监测人员应了解地基基础设计等级的区分。

在地基基础设计等级为甲级的建筑物中,30层以上的高层建筑,不论其体形复杂与否均列入甲级,这是考虑到其高度和重量对地基承载力和变形均有较高要求,采用天然地基往往不能满足设计需要,而须考虑桩基或进行地基处理。

体形复杂、层数相差超过10层的高低层联成一体的建筑物是指在平面上和立面上高度变化较大、体形变化复杂,且建于同一整体基础上高层宾馆、办公楼、商业建筑等建筑物。由于上部荷载大小相差悬殊、结构刚度和构造变化复杂,很容易出现地基不均匀变形,为使地基变形不超过建筑物的允许值,地基基础设计的复杂程度和技术难度均较大,有时需要采用多种地基和基础类型或考虑采用地基与基础和上部结构共同作用的变形分析计算来解决不均匀沉降对基础和上部结构的影响问题。

大面积的多层地下建筑物存在深基坑开挖的降水、支护和对邻近建筑物可能造成严重影响等问题,增加了地基基础设计的复杂性,有些地面以上没有荷载或荷载很小的大面积多层地下建筑物,如地下停车场、商场、运动场等还存在抗地下水浮力的设计问题。

复杂地质条件下的坡上建筑物是指坡体岩土的种类、性质、产状和地下水条件变化复