



少年地震测报活动

少年儿童出版社



少年科技活动丛书

SHAONIAN DIZHEN CEBAO HUODONG

统一书号: R13024·34

定 价: 0.25 元

少年科技活动丛书

少年地震测报活动

《少年地震测报活动》编写组

少年儿童出版社

少年地震测报活动

《少年地震测报活动》编写组

少年儿童出版社出版

(上海延安西路1538号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷六厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 4.125 字数 83,000

1978年11月第1版 1978年11月第1次印刷

印数 1—80,000

统一书号: R13024·34 定价: 0.25元

内 容 提 要

本书介绍的是一些学校通过观察动物和利用土仪器、土设备因地制宜地开展地震预报活动的经验。同时,对地电、地磁仪、地倾斜仪等土设备、土仪器的制作和安装也作了介绍。这些内容可供中、小学开展有关地震预测预报活动时参考。

前 言

我国是一个多地震的国家。近几年来，我国发生了多次强烈的地震。自1976年5月29日云南龙陵、潞西发生地震以来，相继又发生了4~5次七级以上的大地震，其中以1976年7月28日唐山、丰南一带发生的地震最为强烈，影响也最大。

地震是一种自然现象。地震的发生是由于地球内部发生了强烈的变化后所引起的。我们的伟大领袖和导师毛主席指出：“按照唯物辩证法的观点，自然界的变化，主要地是由于自然界内部矛盾的发展。”地震的发生也正是这样。

我国不但是一个多地震的国家，而且也是地震学发展最早的国家之一。早在公元前1831年就有了关于地震的记载，研究地震的史料可谓源远流长，丰富多彩。在地震仪器的研制方面，我国也有着悠久的历史。在公元132年，东汉著名科学家张衡就制造出地动仪，地动仪的诞生要比世界上其他国家所发明的第一台地震仪早1500—1700年。但是，地震学这门科学得不到历代反动统治阶级的重视，到了半封建半殖民地的旧中国时，竟连我国东汉著名科学家张衡发明的世界上第一台探测地震主冲方向的地动仪都失传了。历代反动统治阶级不但不重视地震科学的研究，而且还编造出胡言来愚弄人民，胡说什么地震是“上天的意志”，“上帝的旨意”，“龙王在发怒”等等。反动统治阶级编造的这种胡言，都是为了趁地震

之机好更多地搜括民脂民膏，要劳动者俯首听命，来维持他们摇摇欲坠的反动统治。

解放以后，在中国共产党和伟大领袖毛主席的领导下，地震工作得到了充分的重视，并制定了“在党的一元化领导下，以预防为主，专群结合，土洋结合，依靠广大群众，做好预测预防工作”的地震工作方针，使我国的地震科研工作得到飞速发展，在预报地震的工作中取得了可喜的成绩。例如，1975年2月4日辽宁营口一带发生的地震，由于事先较成功地作了预报，所以伤亡和损失都大大地减少了。又如，1976年7月28日唐山、丰南一带地震发生后，毛主席、党中央立刻派出了以华国锋同志为总团长的慰问团前去灾区慰问，视察。并从全国各地抽调大批医生、救灾物资支援灾区的抗震救灾工作。今日灾区人民的遭遇与旧社会受灾时的遭遇形成了鲜明的对照，真是新旧社会两重天，一个苦来一个甜。

多年来，我国劳动人民和地震工作者在与地震的斗争实践中，已积累了一些可贵的经验，特别是大搞群测群防运动以来，研制了许多土仪器，摸索出许多种简单易行的土方法来预测地震前兆。如观测地下水、地电流、动物异常、地磁、地应力、地温等变化，进而综合分析，做出地震预报。

本书是在上海市地震办公室的指导下，由上海市向明中学、崇明中学、洋泾中学、莘庄中学、松江二中以及地震办公室等单位的有关同志参加编写的。在这本书中，把一些经过实践证明行之有效的测报地震的方法，以及群众创造的几种土仪器土设备的制作方法等逐一作了介绍，以便高小、初中的少年同学在开展地震预测预报的科技活动时，能有所借鉴，开阔一些思路，以推动群众性的测报工作进一步的提高和发展。

在编写的过程中，我们得到了不少兄弟学校和有关科研单位的热情帮助和支持，对此，我们表示衷心的感谢。由于我们的水平有限，开展地震测报活动的经验还不多，在书中难免会存在某些错误和缺点，欢迎大家批评指正。

编 者

1978年10月

目 录

第一章	地震是怎么回事	1
第二章	地震的宏观前兆	14
一、	动物在震前的前兆	14
二、	植物的异常	24
三、	地下水的异常	25
四、	地面形变	31
五、	海平面和潮汐的变化	33
六、	气候与天气的异常	35
七、	地声	37
八、	地光	40
第三章	土地电	43
一、	什么是土地电	43
二、	土地电为什么能测报地震	44
三、	土地电测量仪的安装	49
四、	土地电资料的整理	55
第四章	植物电	60
第五章	地磁	63
一、	地磁场及其地磁要素	63
二、	地震与地磁的关系	64
三、	介绍几种土地磁仪	65
四、	数据的记录和处理方法	74

五、排除干扰	81
第六章 地形变测量和土倾斜仪	83
一、测量地形变的几种常用方法	83
二、土地倾斜仪	85
三、如何用地倾斜资料预报地震	95
第七章 地应力	104
一、土水压应力仪	104
二、碳粉应力仪	105
三、观测数据的处理	114
第八章 其他	116
一、水化学分析	116
二、水氡观测	121
三、地温测量	121

第一章 地震是怎么回事

在一千八百多年前(公元138年),设在东汉京城洛阳的一件青铜器,突然发出了“眶”的一声,这个声音惊动了当时执管天文的太史令张衡。张衡赶前一看,原来在青铜器的一条龙嘴里所含的铜球掉在下面对准龙嘴张着的蛤蟆嘴里去了。张衡根据落球的方向断定,在洛阳的西面发生了地震(见图1-1)。但是,京师的官僚和学者们听到这个消息后,都认为张衡所说的地震之事是无稽之谈,是根本不可信的。因为,洛阳的人们丝毫没有感觉到地震的波动。直到几天之后,在接到了驿者带来的



图 1-1



离洛阳一千多里的陇西（今甘肃东南部，北纬 35.4° ，东经 103.9° ）发生了地震的消息后，才相信确有其事。我国东汉时期所测得的这次地震，也就是人类历史上第一次用仪器成功地测到地震首次主冲方向的科学记录。我国东汉时期的天文学家张衡于公元132年发明的地动仪，要比意大利人卡契托利制成的类似原理的水银验震器，要早得多。近代的地震仪，是在1880年才制成的。可见，

我国地震仪器的研制成功，远比国外要早一千五百至一千七百多年。我国不但是世界上制造地震仪最早的国家，而且也是世界上记载地震最早的国家。在古书《竹书纪年》（图1-2）上曾有过记载，说夏朝有一个名叫“发”的帝王，在他登位的第七年（公元前1831年）到达山东泰山时，正好泰山发生了地震；在书中的另一处还提到，有一个名叫“桀”[jié]的帝王，在他登位后第十年（公元前1809年）的某一天夜晚，天上的流星象下雨一般降落下来，这年在河南西部发生了地震，震后伊河和洛河的水都干了。这两次的地震记载距今已是三千八百多年了。这两次地震的记载不仅是我国最早的地震记载，而且也是世界上最早的地震记载。我国有文字可考的地震记载已有近四千年的历史了。从公元前十二世纪至今，据不完全统计，记载大小有感地震约8000余次，其中破坏性地震达900多次。勤劳勇敢智慧的中国人民，不仅最早记载了地震

现象，而且很早就开始探索地震的成因和前兆现象了。例如春秋时期，有人提出了海潮是地震的成因。这种讲法从现在的观点来看并不正确，但把海水变动与地震联系起来观察是颇有道理的，因为海潮发生的时间和地震发生的时间有某些关系。可见，这种观点其结论虽然是错误的，但可以证明早在春秋时期，我们祖先已开始用科学的眼光来探索地震的成因了。又如汉朝时，有人提出了地震是一种矛盾过程的想法，具有一定的科学价值。再如我国古代流传着一个故事：齐国的太卜在齐景公面前吹嘘自己能够叫地动（震）。晏〔yān〕婴听到后就找太卜，问他：“我看见钩星（即水星）在房、心（均为恒星）两星之间，是不是地就要动了？”太卜说：“是的。”晏婴紧接着又问，“那你刚才所说的你能叫地动的的话岂不是成了空话了吗？”太卜听了晏婴的话后目瞪口呆，无言可答。太卜见自己骗齐景公的谎言被晏婴揭穿了，只好再到齐景公那里去承认错误，说是地自己要动，并非他能动地。这个故事不一定有其事，但说明我国古代很早就注意到其他天体与地震的关系，知道从自然现象本身去探讨地震的成因。最有意思的是，我国古人认为地球的结构系

由八大柱子撑着，另外还有三千六百个轴互相钩连着，这种结构很坚固，如果这个结构中的柱子突然断了或是一些轴突然撼动了，就会发生地震。这种观点虽然没



图 1-2

有科学根据,但却包含了一个合理的内核——“断”,而近代关于地震成因的“断层学说”,正是以“岩层断裂”作为核心的。

此外,在记载地震和观测地震的过程中,我国的劳动人民总结了丰富的临震迹象,注意到地震发生前的井水变浑,池沼河水翻泡,与平常不同的海浪,地光、气象反常,动物反常等现象,这些经验直到现在仍有相当参考价值,被作为目前地震临震预报中的重要参考因素。可见,我国劳动人民几千年来通过丰富的实践,曾对地震科学作出过重要的贡献。

不但如此,我国劳动人民在建筑物的抗震防震方面,也曾是世界上首屈一指的。

隋炀帝大业年间(公元605—617年),我国有个有名的石匠李春,他在河北省赵县城南五里的洺河上造了一座别具一格的桥。这就是距今已有一千三百多年历史的、举世闻名的赵州桥(图1-3)。它采取了一种独特的结构,造得特别结实,在横跨河上的大拱洞两边各有两个小拱洞,这样既可以减轻大拱洞及桥基的负荷,又可以增加河水的流量,减少水流对桥身的冲击力。具有这种结构的桥称为“空撞券桥”。我国的赵州桥是世界上第一座“空撞券桥”。赵州桥的整个桥身



图1-3

宽度是用二十八道纵向拱圈一道一道并列砌成的，每道拱圈都是从桥的这头砌到桥的那头，基础落于两岸的桥台上面，所以桥身很坚固。据测量，桥建成后，一千三百多年来，两边的桥基虽略有下沉，但幅度极为接近，只差5厘米左右，保持着完好的平衡。一千三百多年以来，在风雨、洪水和地震前面巍然不动。1966年3月8日邢台地区发生强烈地震，3月22日的一次地震达到7.2级。这次地震破坏严重，损失较大，土地开裂，平地出喷泉，冒水不止，地裂缝纵横交错，宽几十厘米到一米左右，绵延几十米到几公里，沿河岸有宽大裂缝带，河堤坍塌，公路破坏，井水普遍外溢，低畦田地和干池塘填满了地下水和细砂。但是，离震中不到40公里的著名的赵州桥却稳如泰山，安然无恙，经受住了考验。可见，我国劳动人民在很早以前就积累了丰富的防震抗震知识，在场地选择和建筑物结构方面有很高的造诣，而国外，赵州桥出现后过了七百多年，直到十四世纪才在欧洲首次出现“空撞券桥”。

那么，地震到底是怎么回事呢？

我们先想从地球的内部构造谈起(图1-4)。

地球是一个巨大的扁球体，两极略呈扁平，赤道稍向外鼓。从地面到地心有6370公里左右。现代科学已经发现，地球好象是一个煮熟了的鸡蛋：地球外面相当于鸡蛋的一层外壳，叫地壳；中间相当于蛋黄的那一部分，叫地核；地壳与地核之间相当于蛋白的那一部分，叫地幔。地壳大约平均有35公里左右厚，从地面到地核有2900公里，地震大多数是发生在地壳里面的，离地面5—20公里左右的地点发生地震最多。地壳里面为什么会发生地震呢？原来地壳一向就不是完全平静的。在过去的若干万万当中，它曾经有过多次的巨大变动，

里,可看到水而就在石头落下的地方凹下去,过了一会,凹下去的地方又凸起来了,同时还可以看到围绕石头落下的地方逐渐形成一个凹凸相间的圆圈,向四面八方传播出去。如果这时水面上有浮着的叶片或其他东西时,就可以看到它随着水波上下起伏。

地震波可以分为纵波、横波与面波三种(图1-5)。

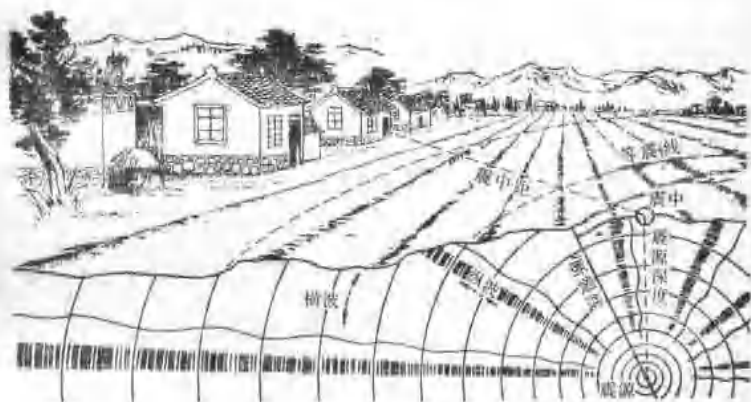


图1-5

纵波有点象蚯蚓的蠕动动作,有紧有松,这种动作就类似于纵振动。再如,把一根弹簧一头固定起来,另一头用手来拉,拉一下,松一下,这时,可以看到弹簧上有疏密相间的状态发生,并且按照一定的速度传播。这种纵振动的传播叫纵波。

那么横波呢?我们也可以举例说明。固定绳子一头,用手拿着另一头,把它拉平后上下摆动,这时就可看到一系列凹凸相间的波沿绳子传播,这种横振动的传播叫横波。

面波是体波到达地表后,在一定条件下激发的次生波,沿

地表传播,它的速度要比横波还慢,所以它在体波之后到达。

纵波、横波、面波三种地震波要数纵波走的速度最快,面波走得最慢。在地面以下一二十公里以内,纵波每秒钟走5—6公里,横波每秒钟走3—4公里,而面波每秒钟只走3公里左右。在震中附近地区,横波振动强烈,能产生强烈的破坏作用。在离开震中比较远的地方,面波的振动比横波更强,也有不同程度的破坏作用。

对于同一个地震,离震中越近,地面震动就越厉害,反之,震动就越轻。为了说明地震对地面各处造成破坏和影响的程度,人们就用地震烈度来作量度。烈度的大小是根据地震发生时人的感觉、家具和室内摆设摇动的状况,以及建筑物和地面破坏程度等来确定的。

震级和烈度的区别,犹如炸弹和它爆炸后造成的破坏。如图1-6所示,一颗炸弹,炸药多一些的爆炸威力就会大一些,反之,就会小些。炸弹爆炸以后,离爆炸点远的地方所受到的破坏就小,离爆炸点近些的地方,所受的破坏就大。炸弹的炸药量就好比是震级,炸弹对不同地点的破坏程度就好比是烈度。显然,一次地震只能用一个震级来表示,但同一地震对不同地区,烈度的大小却是不一样的。对同样大小的地震,



图1-6

一般说来震源越浅，离震中区越近，遭到破坏的程度就越重，却烈度越高。人们把由于地震所产生的各种不同现象排列成一定的次序作为确定地震烈度的标准，叫做烈度表。世界各国使用的烈度表是各不相同的，据不完全统计，自十六世纪以来，建立的地震烈度表有40多种，而现在仍被采用的只有几种。日本使用的是七度烈度表，苏联使用的是十二度烈度表。我国地震工作者根据我国的具体情况制定了自己的烈度表。这种烈度表分为十二度，烈度一度，人没有感觉；二至五度，人有不同程度感觉；六至八度，房屋和其他建筑物有不同程度的破坏；九至十二度将会引起严重破坏(见图1-7)。

地球上的地震活动非常频繁。据统计，地球上每年发生地震约五百万次，其中人能直接感觉得到的只有五万次左右。实际情况表明，地震越大，发生的次数越少。象1966年河北邢台那样的地震，全球平均每年只有十八次左右。而象1976年唐山那样大的地震，全球平均每年只有1—2次。不少大地



图1-7

震发生在人烟稀少的山区或远离陆地的海洋，不为人们所注意。另外，世界上发生的地震，特别是强烈的破坏性地震，并不是在地球各地平均分布，而有一定的规律，比较密集地分布在地球的某些地带。这种地带称为地震带。在世界范围内，地震主要集中分布在下述两个地带：1. 环太平洋地震带，其东岸自北美洲的阿拉斯加起，往东南沿加拿大和美国的西海岸，经墨西哥至巴拿马，再往南到南美洲大陆西海岸的哥伦比亚、秘鲁和智利。其西岸北自阿拉斯加向西南，沿阿留申群岛，经千岛群岛、日本群岛，到我国的台湾，再往南经菲律宾、印度尼西亚至新西兰。2. 中亚——地中海地震带。东南自印度尼西亚，马来西亚；往北经缅甸，到我国的西南、西北，再往西经苏联的南部及阿富汗、伊朗、土耳其至地中海沿岸地区。在这两个地震带中，环太平洋地震带的地震活动性最大，全球约80%左右的大地震是发生在这个地带的。

地震区在我国大致划分为六个地区，分别是：天山地震带、西南地震带、西北地震带、华北地震带、东南地震带和台湾地震带。地震活动性最强的是台湾地震带，其次是西南地震带(包括西藏、四川、云南)。

强烈地震发生时，常常伴随着一些其他的自然现象。例如在山区发生强烈地震时，会造成山崩。如果山峰峻拔或者构成山峰的岩石结合得不坚固，那就更容易崩塌。例如，1911年2月18日夜間，强烈的地震在帕米尔高原发生了，靠近木尔加布河的山崩塌了，沙石滚滚，呼啸而下，顷刻间聚成了高达600—700米，宽约8公里的堤坝，估计筑成此堤坝需60多亿吨的土石。地震在山区发生时，除了会引起山崩外，还会引起滑坡和泥石流。崩塌的山峰塌入湖中还会引起湖水的震动，

这种湖水的震动称为湖震。而当地震在海底发生时，在一定的条件下会激起巨大的海浪，形成海啸，引起“浊流”。



图1-8

我们在前面所介绍的地震只是属天然地震中的一种——构造地震，除这以外，还有火山地震和陷落地震，图1-8所示的就是陷落地震。



图1-9

火山和地震都是地壳运动的结果。地震有时会引起火山喷发（图1-9）。例1960年5月21日的智利大地震，就曾使沉睡了55年的普惠火山复活，地震发生后约48小时，普惠火山重新喷发，火山云直冲上6000米的高空。火山两旁的三、四百米宽的裂缝也喷发起来，连续达数星期之久。但在我国保存的数千年地震资料文献中，还没有发现地震引起火山喷发的记录。反过来，火山喷发有时也会激发地震。火山地震就是指由火山喷发“带动”起来的。这类地震，只有在活

火山地区会发生，破坏很小。另外，在地底下存在着的水称为地下水，地下水在漫长的岁月里冲刷着水流过的地方，遇有可溶性的岩石（例如石灰岩）就会将其溶蚀。天长月久，使这种岩石中出现空洞，空洞无休止地增大，有朝一日便会塌陷，发生震动，称为陷落地震。我国大西南，地下分布着很厚的石灰岩，地下溶洞很多，曾有这类地震发生过。

关于陷落地震，有很多人由于不了解内情，往往对它诚惶诚恐，阶级敌人则利用人们的这种恐惧心理，乘机大造谣言，胡说什么“某某地方发生地震，整个城镇陷到地下”，“人畜变成了化石”……如此等等，不一而足，企图扰乱人心，破坏生产。其实，这完全是无耻的谎言！陷落地震是极其罕见的，即使偶有发生，对人类也不会构成什么威胁，因为地块陷落，往往限于局部地区，而且地块陷落的幅度也很小，因此，对陷落地震提心吊胆，完全是多余的。

在和自然的斗争中，人们总是寻找自然的规律，熟悉自然的规律，掌握自然的规律，从而战胜它，使之有利于人类，为人类服务。目前，人们正在探索，试图将一次有害的灾难性的大地震，能通过许多次对人类无害的小地震来逐步释放能量，以避免大地震发生后所造成的灾难。这种分次释放能量的方式，就象我们为避免密闭盛水器在加热到有爆炸危险程度时，而在密闭盛水器的壁上开一些小孔，让压缩蒸气跑出来以免发生爆炸的道理一样。另外，人们在考虑如何利用地震的巨大能量为人类服务。不过，目前这仅是设想，离目标还很遥远，还做不到有效地控制地震和利用地震，但对于地震大约会在什么地方、什么地区发生，震级多少等，已在抗震的实际斗争中摸索了一些经验，这就是建立了专群结合的地震预测预

报网。随着我国社会主义革命和社会主义建设的大干快上步伐，我国地震科研工作与其他各项科研工作一样，必将更迅速地得到发展，定将为人类战胜和利用地震而作出更大的贡献。

第二章 地震的宏观前兆

一次震级较强的地震发生之前，总有一些征兆出现。人们把这些征兆，称为地震前兆，简称前兆现象。在许多前兆中，有些是人们看不见的，而必须借助于仪器仪表，才能观测到它们的变化。这些需用仪器、仪表来观察它们变化的称为微观前兆。如：地电场、地磁场、重力场、水化学成份等。但也有些前兆现象是人们能看到、听到和直接感觉到的。如动物、植物、地下水、地声、地光、气象、海平面或潮汐等，这些震前的异常变化称为宏观前兆。我国地震区的广大人民群众，在长期同地震灾害作斗争的过程中，认真观察总结了各种宏观前兆，并利用这些前兆现象进行临震预报，已收到了很好的实效。

一、动物在震前的前兆

历史上记载的大量地震事例证明，动物在地震前都有前兆。据不完整的统计，在一次震级较强的地震发生之前，近百种动物会有不同程度的异常反应，其中较明显的有蛇、鼠、鸡、鹅、鸭、猫、狗、猪、牛、马、骡、羊、鸽、鸟、鱼类等近四十余种。它们在地震前出现的异常反应特点是，活动反常，惊慌不安，乱叫乱跑，不进圈厩，不吃食或发呆，神态萎靡不振，条件反射消失等等。我国地震区的人民总结了动物震前异常现象，流传

着这样的谚语

震前动物有前兆，人民战争要打好。

牛羊骡马不进圈，老鼠搬家往外逃。

鸡飞上树猪拱圈，鸭不下水狗狂叫。

蜜蜂群鸟搬家忙，大猫叼着小猫跑。

冬眠蛇蛙早出洞，鸽子惊飞不回巢。

兔子竖耳蹦又撞，鱼儿惊慌水面跳。

家家户户都观察，综合异常作预报。

1920年宁夏海原发生8.5级强烈地震。据调查，在震前动物异常反应有：牛惊慌外逃，不进圈，狗狂叫嚎哭。地震发生的当天晚上，西吉县一村庄上的狗叫得非常厉害，有一老人出去察看，地震即发生了。老人幸免遇难。

近十年来，我国邢台、通海、甘孜、海城、思茅、普洱、唐山、川北等地相继发生强烈地震。据调查和现场观测，震前动物都有明显的异常反应。

1966年3月27日，河北邢台发生了7.2级的强烈地震。震区的隆尧县某生产大队，全村的狗在大震中都幸免遇难。当地流传的谚语说：“猪在圈里闹，鸡飞狗也叫；牲口不进棚，老鼠机灵先逃掉。”又说：“鸡在窝里闹，猪在圈里跳；羊跑狗也叫，地震快来到。”

1967年8月30日，四川甘孜——炉霍发生6.8级的强烈地震。地震发生的前一天(8月29日)晚上，发现狗狂叫似狼嚎，乌鸦叫得很凶，猪狗不回窝；8月30日早晨发现牛突然受惊乱跑，母鸡学公鸡啼叫，狗乱叫乱跳，麻雀成群地乱飞等异常现象。

1969年7月18日13时24分，在我国渤海发生7.4级

的强烈地震。震前天津市人民公园发现多种动物(东北虎、大熊猫、牦牛、鹿、天鹅、火鸡、白玉鸟、四川鸚鵡、泥鰍、鳖、蚂蝗等)有异常反应,就在7月18日11时(震前2小时),天津市防震办公室听取了各方汇报,认为可能有地震发生。这是一次成功的预报。

1971年4月28日,云南思茅、普洱发生6.7级地震。震前动物异常反应有:骡、马突然惊跑,猪不进圈,鸡鸭不归窝,狗狂叫,老鼠增多,一公斤多重的鱼跳跃落岸等现象。同年12月30日,上海市长江口地区发生了4.7级地震,震前猪突然不安,跳出围墙到处乱跑,鸡不肯进窝,公鸡在晚上啼叫(不到后半夜),狗狂叫。上海市西郊公园12月28日下午2时发现白鱼在水中上下翻腾,并跳出水面,地震前数天发现大熊猫不肯进窝,食肉动物普遍有呕吐现象;在海里,中层水中捕到大量螃蟹;就在同一年发现近海鱼群不集中,以致出现了鱼汛提前等现象。

1974年5月11日,云南昭通地区发生7.1级强烈地震。震前,鱼和蜜蜂等动物均有异常反应。

1976年,我国云南省龙陵、潞西,河北省唐山、丰南,四川省松潘、平武地区先后发生强烈地震。地震前,动物都有异常反应。如唐山地震前,唐山地区和天津各郊县,都发现昼伏夜出的黄鼠狼在白天成群结队地“搬家”。老鼠活动频繁,到处乱窜。蓟县某工地库房里,在7月26日早晨,发现有200多只老鼠聚集发呆。山东掖县某个村庄,在唐山地震发生前10小时,社员家里养的鹅、鸭都惊叫着不肯进圈,地震发生前2小时,村庄里的狗一起狂吠不止。四川松潘、平武地震前,出现了三次动物异常反应的高峰,最后一次高峰出现时就发生了

7.2级强烈地震。

动物出现异常反应，在震前1—3天为最多，还有些动物在震前几分钟、几十分钟才有反应。但也有震前十几天至一个多月前就有异常反应了。我们列了一个表，把动物离震前异常反应的时间作了记录，详细情况可见下表：

1975年2月4日海城地震前的动物异常反应

动物名称	蛇	鼠	鹅	鸡	猪	狗	牛、马、鹿、鸽、金鱼、鱼群
异常开始时间	12月10日	12月20日	1月10日	1月20日	1月20日	2月1日	2月3日—4日
距震前的人数	56	46	25	15	15	3	发震的当天特别集中

就上表所述的，这次地震前，共有四十多种动物有明显的异常反应，现在这里将表中所列的十余种常见动物的异常反应的具体情况介绍如下：

1. 蛇 从74年12月10日起，陆续发现冬眠的蛇出洞在冰天雪地里爬行，有的蛇出洞后就冻死了。据不完全统计，这次地震前提前出洞的蛇达几百条。

2. 鼠 震前老鼠成群出洞，四处窜逃，不怕人也不怕猫，大鼠叼着小鼠搬家。

3. 鹅 震前异常惊慌狂叫，不肯进窝，有的象“天鹅”一样高飞，高度达五米之多，距离有一里多远，并持续惊叫了几分钟。

4. 鸡 震前不进窝，惊慌大叫，有的飞上房。如海城某地一社员家喂养的几只鸡，平时都按时进窝；但在震前半个小时左右，鸡反常不肯进窝，而且有的还飞到树上，过了半小时

后,地震果然发生了。

5. 猪 震前二、三天就开始不太爱吃食了,临震前拱圈,爬墙,蹿圈,有的还叫着小猪仔往外逃。

6. 狗 震前不吃食,哀叫甚悲。扒地上房又跳墙,叫着小狗来回搬家。警犬不听指令。如驻营口的解放军某部有一只不满周岁的警犬,平时很听话,一般食物都要吃。但在临震前两天,吠声不停,不肯吃食,直到地震发生后,才恢复原来的状况(图2-1)。

7. 猫 震前表现出惊慌不安,叫声凄惨,见了老鼠也不去捉。有的搬动住所,有的往外逃跑。如新生农场有一只十二岁的猫平时很懒,大震前惊慌地逃跑了,以后,每次余震都先逃跑,震后又回来了。

8. 牛 震前一,二天不爱吃草,震前几小时不进圈,尾巴翘得很高并



图2-1

惨叫狂跑。在厩里的牛打架角斗，刨地。

9. 马 震前不爱吃食，不饮水，有的前蹄不停地刨地并高声嘶叫。有的挣断缰绳奔出马厩。就是被饲养员硬拖了进去的，屁股也仍朝外，最后，连食槽一起拖出马棚后狂奔外逃。

10. 羊 震前不进圈，惨叫。悲哀的惨叫声，好似有人要杀它一样。

11. 鸽子 震前惊飞逃去，震后飞回。如大连动物园的鸽子在震前半个小时和其他鸟类一百多只一轰而起，乱飞惊叫。

12. 鱼类 大多数鱼类震前有异常反应，其特点是鱼跃，不断地上下翻腾，活动频繁。养鱼塘里的鱼成群迁移，有的出现昏迷状态而浮于水面。养在鱼缸里的鱼和泥鳅在震前也异常地翻腾，并发出尖叫声，有的甚至跳出鱼



图2-2

缸,掉在地上(图 2-2)。

除了上述动物在海城、营口发生地震前有异常反应外,还发现有鹿、老虎、猴子、貂、种类较多的鱼和多种鸟类,也有异常反应。此外在寒冬季节发现有蚂蚁搬家、蚯蚓外出,蜜蜂、蝴蝶、蜈蚣等活动异常现象。

动物出现的异常反应和地震的震级、时间、地点有着密切的关系。

(1) 震级 一般震级在 5 级以上的较大地震,动物异常反应就比较明显,5 级以下的地震,动物异常反应就不太明显了。震级愈大,有异常现象的动物种类就愈多。

(2) 地点 动物异常反应明显的地域分布,据统计,以未来地震的震中区周围,动物异常反应较明显。并且异常反应明显的区域受地质构造控制,往往动物异常反应的区域与未来的主震断裂带的走向相一致,也与未来的余震分布区相一致。

(3) 时间 动物异常反应的现象,绝大部分出现在震前 1—3 天,尤其是地震的当天几小时或几分钟前最多,也有少数动物震前十几天或一个月就出现异常了。

根据这些现象,可提供我们估计地震震级、震中位置和发震时间方面作预报参考。

地震前引起动物出现异常的原因是什么?目前还有待于探索:这可能是和地震孕育、发展、发生过程,地壳岩层,受力(地应力)不断地积累加强,引起岩层物理化学方面因素的变化有关。如岩层局部微破裂产生微震和声音,刺激动物的机械感受器引起异常反应;地下温度升高,使蛇等冬眠动物提前复苏出洞;地下电流变化或溢出某些化学元素,刺激动物感受

器官,引起动物的异常反应。

动物在亿万年的进化过程中,为了在自然界中生存与对付“敌害”侵袭,它已逐步的形成和发展、完善了具有高度敏锐的感觉器官和神经系统,它能觉察周围环境微小的变化,它们能够利用感觉器官和神经系统所具有的特殊功能来感受环境因素的种种变化并作出相应的反应。因此,地震前,地下岩层的物理、化学变化就会使动物出现种种异常现象,这有利于我们开展地震的测防工作。

但是,引起动物发生异常行为的原因很多,地震因素引起的动物异常称为真异常,非地震因素引起的动物异常称为假异常。因此,当动物出现异常时必须认真分析,搞清引起动物行为异常的原因是什么,做到去伪存真,排除非地震因素的干扰,正确利用动物异常为预报地震提供依据。下面举两个曾在发出地震预报后,群众所反映的动物有异常现象的事例证明,有些动物的异常现象并非是地震因素所引起的,而是动物本身的一种正常反应。

比如,在1970年4月初,某某地区的有关单位曾发出预报说,该地区在4月10—11日、18—20日之间将发生5级以上的地震,希望作好抗震救灾工作。其实,这次预报是错误的,在这段时间内该地区根本不会发生地震。当地群众由于受了这次错误地震预报的影响,对一些动物的异常反应不加分析地一齐作为地震因素所引起的异常上报了。后来,经过有关动物预报人员对这些上报材料作了中肯分析和进一步深入调查研究后,才证实了这些动物的所谓异常反应实是一种生理变化所引起的,根本不是地震因素所引起的异常反应。如,该地有人反映“某家桌子下面有两只老鼠趴地不动”。据进一

步的询问，原来是吃了老鼠药了。有人说，“某奶牛场有9头奶牛不吃草对天嚎叫”。调查的结果是：只有一头公牛不吃草，其余奶牛却很正常，主要原因是公牛和母牛原来是在一起饲养的，后来分开喂养了，因而公牛不吃草而对天嚎叫。又反映，“某河内的鱼活动反常”，据调查，此段时间正是鱼的产卵期，鱼有这些行为是正常的。而且，动物有异常现象的反应，主要的集中在上述某某地区范围内，其他县内反映较少。一般来说，动物异常反应是在震前1—2天，甚至震前几小时，但这次月初发出的预报直到17日也未发生地震，所以认为12日、13日动物所发生的异常反应，基本上是“假异常”。从动物的种类和数量上来看，也是不多的，尤其某些震前本来反应较明显的动物，如鸽、猫、猪、狐狸等，这次几乎无异常。有些动物确属异常，但也不是地震的前兆，而是有其他原因引起的。如公鸡天黑打鸣，野鸭在市内飞等，也有些属于人为的影响。如各级动员之后，晚上人们走来走去，不入睡，有的站岗放哨，甚至灯火辉煌，也会造成公鸡提前打鸣、狗咬等现象。

又比如1976年7月28日唐山——丰南发生强烈地震后，不少的地区先后也作了临震预报，某地区曾预报在1976年8月21日前后三天，在某某——某某一带将会发生5级以上的破坏性地震。并考虑到将波及某某市，因而某某市也作了紧急动员，号召群众投入防震抗震工作。就在这段时间内群众也反映了一些包括动物在内的宏观异常现象。如有人反映老鼠搬家不怕人，有人反映过去家里蚂蚁多，这几天看不见蚂蚁。某某县有人反映一条河里鱼很活跃，“鱼翻江”、“螃蟹成群”。某某县有人反映黄鼠狼活动频繁等。经过调查、分析，有些异常是假异常，如“鱼翻江”一事，据群众反映每年8月底

或9月初都有一次翻江现象。动物有反应的种类不很多，反应的数量甚少，反应的地区零散不集中。从时间上看，这些反应都是在某某市动员之后群众报上来的，到8月27日未发生地震，因此认为不大可能发生5级以上地震，结果真的没有发生地震，这证明某地区作的临震预报也是一次不准确的预报。

为了识别是真异常还是假异常，现将非地震因素引起的动物行为异常原因略作一些介绍，供大家在分析震情时作为参考。

(1) 天气变化 不少动物对天气变化十分敏感，所表现的异常反应和地震前异常反应很相似。如天将下雨时，气压急剧下降，空气中湿度增加使天气闷热，泥鳅会不停地在水中上下翻腾，甚至跃出水面。鸡在雨前迟进窝，天将放晴时，公鸡都站在高处放声鸣叫。

(2) 季节变化 随着季节的变化，候鸟长途飞行迁移到别处生活，季节变暖时冬眠动物会复苏出洞。

(3) 饲养环境变化 有些动物当变化了饲养环境时，会出现食量减少，不进圈厩，不听指挥等现象；饥饿时会烦躁不安，乱跑乱叫；饲料不当时动物会少进食或不进食。

(4) 外界干扰 多数动物遇敌害时，常表现出惊慌、恐惧、惊叫、惊逃等异常现象。

(5) 环境被污染 如水和空气中含有微量有害物时，也会对鱼类、鸟类、家禽、家畜等动物的正常生活产生较大影响。

(6) 噪声或剧烈的机械振动也会使一些动物出现假异常。

有些是动物生理状态的反应属正常现象，如动物发情时常出现焦急不安，食欲减退；鱼类则有跃出水面或长途迁移、

回游等现象；母畜在怀孕或哺乳期也会出现性情暴躁不安，贪食拱墙等现象。动物发病时会出现呻吟、悲鸣等情形，如马病了就有特别明显的粗暴动作，摔倒地上，四蹄朝天，或冲向墙壁损伤自己。

以上列举的种种假异常现象，在预报中会经常碰到，所以，我们必须去伪存真，排除干扰，正确地利用动物异常反应进行可靠的地震预报。

二、植物的异常

植物在震前也有异常反应。其特点是：没到季节提前发芽、出苗、开花。季节过了重新开花，平时不开花的植物也开花等等。如1971年12月30日，在长江口地区发生4.7级地震之前，发现大白菜在顶上冲破包叶抽心开花。青菜在叶子上开花(图2-3)，荠菜本应在春天开花，但却在离震前十几天



图2-3

的冬季就开花了。还发现山芋(红薯)藤开花和竹笋也提前发芽等现象。在海城、营口发生了7.3级强烈地震前一年的11月下旬,营口某地就发现杏树开花的怪事。

植物在震前异常出苗、开花看来是与地震前的地下温度升高和气象异常有关;除此以外也可能与地震孕育过程中地电、地磁变化引起的生物生态效应的结果有关。

植物在地震前是会出现一些异常开花现象,但植物异常开花的出现不一定是地震的前兆。在植物生长季节出现旱、涝、低温、病虫害及人畜的破坏,整枝的不适当,新移栽,水土流失,肥力不足,管理不善或因树木衰老等原因也会使其生长期提前或推迟,所以在出现花期异常现象时我们必须对其异常现象进行认真的分析,去伪存真,排除非地震因素的干扰。

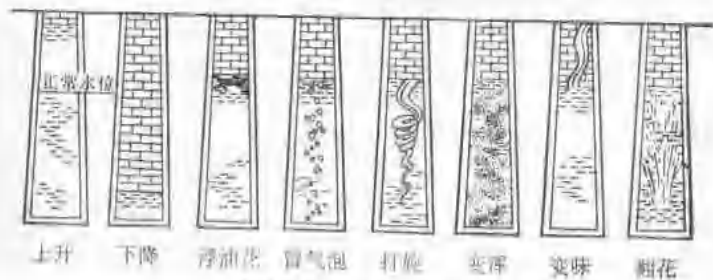
三、地下水的异常

在较强地震发生前,地下水(即井水和泉水)也会出现明显的异常现象。一般在较大范围区域内,有井的地方发现,有的井水水位迅速上升,溢出地面,有的井水则急剧下降,甚至井水干涸。在无井的地方有的会出现冒水,有泉水的地方泉水有的会断流。有的水面上飘浮油花、冒气泡、水打转儿、变浑、发臭、翻泥沙等,有的井水味由甜变苦或由苦变甜,有时水温升高(见图2-4)。地下水起变化的范围可达300—500公里。地震区的群众说得好:

井水泉水是个宝,地震前兆来得早。

无雨泉水浑,天旱井水往上冒。

水位大升降,翻花打旋冒气泡。



井水是个宝，前兆来得早

图2-4

有的变颜色，甜水变成苦味道。

天变要下雨，水变地震要来到。

建立观察网，发现异常快报告。

这简短的几句话，生动形象地反映了地震区人民群众对地下水变化规律的认识。

江苏省溧阳县曾在发生5.5级的一次地震前，发现该地区的井有明显的井水上升、下降，井水变色发浑等现象出现。如溧阳县某公社农具厂的一口水井，在离地震前4—5天时，水位突然上升，水的颜色变黄，到离震前1—2天时，水色变得更加厉害了，并且满井翻水泡；在震前2—3小时，井内的水象开锅那样的翻腾冒泡，水中还有草药味。水位又比原先升高了1.5米，地震后才又恢复了正常。

又如，在溧阳县附近的武进县某公社的水泵厂内有一口井也发现井内的水发浑、发黑、有泥沙，这种现象在过去是从未有过的。

群众反映，在地震前半个月左右，震中区附近地下水普遍有变化，临近地震发生时，这种变化更为显著。

再如，云南通海曾在1970年1月5日发生过7.7级的强烈地震。当时，有一个公社的旱情十分严重，井内缺水，离震前约8天时，还是久旱无雨，但在震前6—7天时却突然发现好几口井的水位迅猛上升，溢出井口。在离震前2天时，处于震中区的—个生产队某社员家的墙脚下，突然涌出一股清水，地震后才停止涌流。与此相反，另外一些泉水和井水的流量却显著减少，水位急剧下降。

地下水是指地表以下含水层中的水。地下的含水层象吸足了水的海绵一样，地震前由于地应力的积累加强，含水层受

到挤压，地下水就会发生各种变化。当两含水层间的不透水层受挤压发生破裂时，下层含水层中的水就会涌到上层来，引起水位突然上升；如果上面含水层中的水向下层渗漏，水位就会突然下降，井、泉甚至干涸。

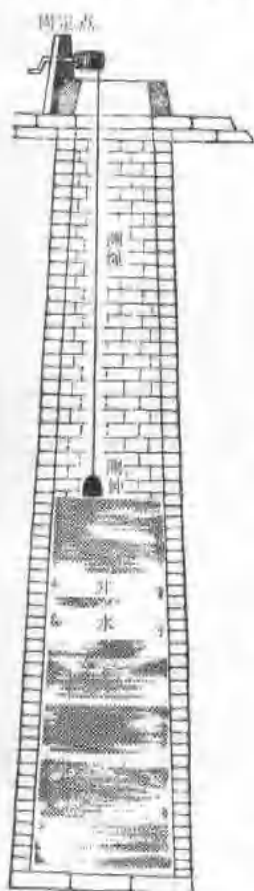


图2-5

但是造成地下水升降的变化原因还很多。如人为用水，河流渠道中水位变化，潮汐变化，干旱，降雨，气压的高低，季节性变化等都影响到地下水位水质的变化。所以，在观测水位水质变化时，必须认真分析，排除非地震因素所引起的异常现象。

为了减少干扰，观测井必须选择在距河水、渠道、河塘、浅井和用水多的机井较远一些的地方为好。观测井最好选在位于活动断裂带的两侧，这样，地震前它的变化就会更明显些，观察效果更好些。

我国广大地震区的群众，在预报地震过程中，创造了许多种测量地下水变化的方法。这里向大家介绍几种主要的测水位的方法：

1、直接测水位 在井台找一个固定的点作为观测的标点，在测绳下端系一浮在水面的重物，测量时将重物放在水面，量出水面到固定点的距离，即为水位的高度(深度)。为了保

证观测数据的准确性，每次连续测三回，取其平均值作为该次观测结果的数据。这种方法简单方便，经济实用，目前被广泛采用(见图2-5)。

另一种是在水面放上一个带有厘米刻度的测杆(见图2-6)。井台上固定一圆环套住测杆，不使测杆歪斜，观测时只记下圆环一端在测杆上的尺度，即为水位的高度(深度)。

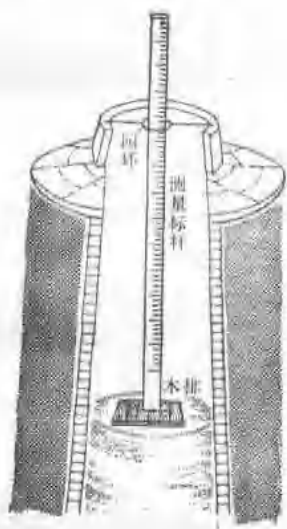


图2-6

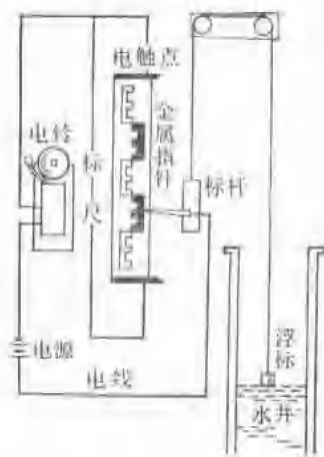


图2-7

2. 浮标式自动测水报警器 它的原理是利用水对浮标的浮力，带动装有金属指针的标杆上下移动，从标尺读数可观测出水位的变化。同时，在标尺上下端适当位置装有电触点，当地下水位超过平时水位警戒线时，金属指针与上(下)电触点接触后，电路便接通，电铃就自动发出警报(见图2-7)。

3. 简易水位自动记录计 它的原理是用闹钟带动记录

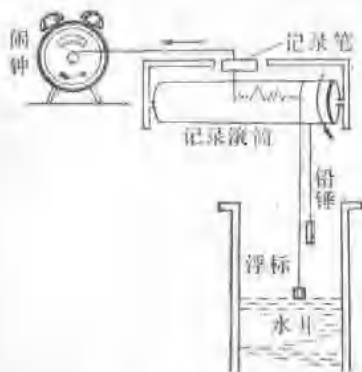


图 2-8

笔,用浮标带动记录滚筒,当地下水位发生升降变化时,浮标上下移动,带动记录滚筒,笔尖就自动记录出水位变化情况的曲线(见图 2-8)。

4. 电测水位(图 2-9a)

为最简单的电桥法测水位装置。它主要是由浮标带动转盘和一只 WXD-10 型多圈电位器,转盘和电位器转轴是同步旋转的。当水位变化时,浮筒带动转盘和电位器同时旋转,于是将水位的变化转换成电阻的变化。只要从电位器三个端(二个)引三根(二根)导线至观测室,便可以用各种方法测出与水位成正比或反比关系的电阻或电位的变化。如图 2-9a 所示电桥电路,微安表用中间

电位器,转盘和电位器转轴是同步旋转的。当水位变化时,浮筒带动转盘和电位器同时旋转,于是将水位的变化转换成电阻的变化。只要从电位器三个端(二个)引三根(二根)导线至观测室,便可以用各种方法测出与水位成正比或反比关系的电阻或电位的变化。如图 2-9a 所示电桥电路,微安表用中间

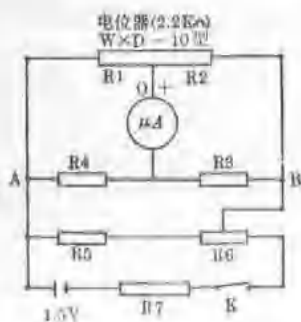


图 2-9a

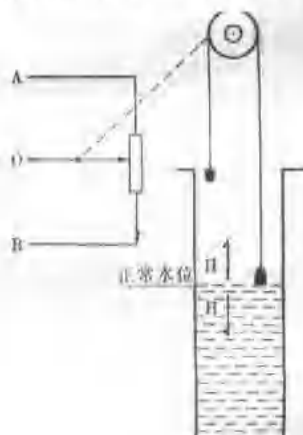
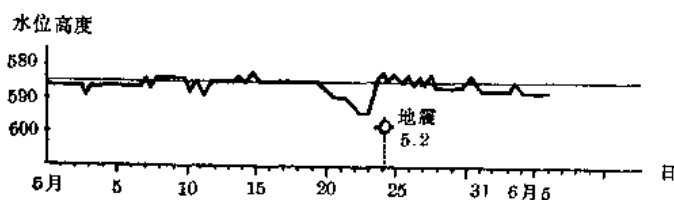


图 2-9b

指零的比较直观。当水位升高时, R_1 减小(O 点的电位高, 通过表头的电流增大; 相反当水位下降时 R_2 减小, 通过表头的电流, 向相反方向(负值)增大, 正负电流增加的幅值反应了水位升降的幅度(见图 2-9a)。

每天观测记录的地下水位变化数据, 要进行处理分析。最常用的日均值, 即每天各次记录的数据相加再除以次数, 就得出该天的日均值。并将每天的平均值, 描点在直角坐标系平面上, 纵坐标代表地下水的水位高低(深、浅), 横坐标代表时间(日期), 把相邻两天水位点连接起来, 这就是水位变化的曲线图(见图 2-10)。



1970年5月25日一次5.2级地震前某一井水位变化曲线

图 2-10

四、地面形变

在地震的孕育发展过程中, 地球内部能量不断的积累加强, 直到发生地震将能量释放出来。由于地壳内在应变力(地应力)的作用下, 地面会出现弯曲变形。一些地区逐渐上升, 另一些地区则逐渐下降, 有些地区则出现水平方向的错动(移位)。这些现象统称为“地面形变”(图 2-11)。一个地区的“地面形变”是在地球构造运动的作用下产生的, 不过这种形变

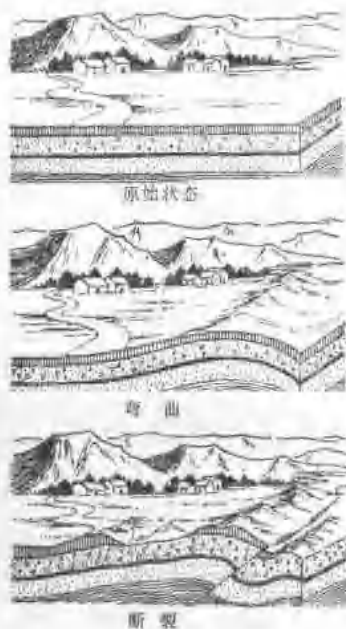


图 2-11

十分缓慢，它的变化人们不易察觉。人们常说：“稳如泰山”，实际上泰山也在不断地升高，近一百万年来，泰山升高了五百多米，只是这种每年微量的变化在人的一生中是不易察觉出来罢了。但在地震前，由于地应力的积累加强，当地应力加剧到使岩石层达到破坏引起地震的时候，这些变化就明显起来，越是接近发震的时刻，地面形变越是明显。人们利用各种方法对地面形变进行观测，了解地面形变的性质、特征，探索地震预报规律。

地面形变与地震的关系，我国历史上早有记载：在1668年，山东某县发生8.5级强烈地震前，震中区东侧海滨地区长期来不断地上升，原来在海中的一个小岛后与陆地连成一片。地震发生时，该地区更加猛烈上升，迫使东边海水向后退了30里。又如1967年在华北发生的一次6.3级地震前，在距震中50公里的范围内，下沉了140毫米，临近震前每年以30毫米的速度下沉。1969年7月渤海7.4级地震前两年内，在震中以西200公里的地方下沉了41毫米，但在震前几个月又突然上升56毫米。

在内陆地区没有海平面作为地面高程的衡量标志，选择

一定的对比标志，也可发现临震前的地面形变现象。例如，1971年3月24日，青海红水川地区发生6.8级地震，在距震中以西30公里的托索湖水文观测站发现，震前从3月1日至15日半个月水位显著的下降，但在临震前一天急剧上升了25厘米，震后还继续上升。其他震例中也有类似的地面形变现象。

地面形变猛烈时，有时用肉眼就能看到它的变化，特别是沿海更为明显。但大多数地面形变，用肉眼是无法看到它的变化的。只有借助于一些仪器设备进行精密的测量，才能观测到地面的变化。这方面的知识将在第三章微观前兆中再详细地介绍。

五、海平面和潮汐的变化

在海边生活的人们，常常可以看到，海水隔一定的时间上涨，隔一定的时间又退下去，这就是日常人们所说的涨潮和退潮(图2-12)。这种现象就叫做潮汐。当然，在不同的时刻海



图2-12

水的高度是不一样的。我们把一定时间间隔(如一天、一月、一年)内,各不同时刻的水位高度取平均,得到这期间内的平均水位,叫平均海平面。由于天体(如太阳、月亮)的吸引力,地球围绕太阳转动,海平面的变化有一定的规律。但是由于地球表面物理因素的突变——如气象(气温、气压、风向、风速等)的变化,海况(海流强弱、冰川生成和消融等)的变化以及地壳本身的变动等等,使海平面升降变化也会打破常规,不同于平常的变化。比如平时海水到达不了的地方突然被海水淹没了,或者一直被海水淹没的礁石浅滩突然露出了水面等。而其中由于地壳变动所引起海平面升降打破常规的变化,即反映了我们前面所说的“地面形变”。

如1969年7月18日渤海7.4级大震,震中距龙口验潮站约100公里,距烟台、塘沽约170公里。从年平均海平面变化来看,1964~1968年为一个缓慢的长趋势的下降过程,一般下降幅度为10厘米左右。1968年低于多年平均值3~4厘米。其中龙口1966~1967年上升了3厘米,1967~1968年下降了7厘米,比该站多年(13年)平均值还低7厘米。1969年转回升,同年7月发生了7.4级强震。

另外,如1975年2月4日营口7.3级地震前后,潮汐也有异常变化。在震前退潮时,潮水水位缓慢下降而后突然加快。同时震前低潮位出现时间与正常情况相比,延迟了半个多小时左右。在旅大地区,还发现海潮涨落时,有异常响声。

目前,据记载的有关资料来看,沿海地区在大震前,震中附近的海平面都有不同程度的异常显示,表现为高出或低于其多年平均状态,而时间一般为3~5年左右。由于沿海大震较少,目前还没有摸索出海平面异常变化和地震之间的规律。

但是海平面的异常变化，将为我们提供研究探索在沿海地区发生破坏性地震的有用资料。

六、气候与天气的异常

我国劳动人民在同地震灾害长期的斗争中，很早就发现地震与气候、天气的变化之间有一定关系。强烈地震会出现久雨忽晴、大雪大风暴和酷热等异常现象(图 2-13)。



图 2-13

在 1966 年河北邢台地震的前三年时间，邢台地区发生了百年不遇的特大洪水，1964 年又连续遭受四十多天的涝灾，到 1965 年又出现了几十年没有见过的大旱，紧接着 1966 年就发生了强烈地震。云南通海地震也是发生在大涝大旱之后。海城营口地震是发生在前一年秋季雨水特别多之后。从历史记载来看，在 1830 年河北磁县发生地震前，1822 年和 1823 年连续发生了 20 年未遇的洪水。1825 年、1826 年又是 20 年未遇的严重干旱，1830 年就发生了地震。这种“大涝——大旱——大震”类型的震例也是不少的。

地震的发生与旱涝看来有一定的影响，但是究竟怎样影

响,目前还有待于进一步的研究。一般认为,几十年或百年不遇的特大旱、涝引起地表的压力变化是很大的。洪水时增大了地面的压力,加大了水向岩层破碎带的渗透量,降低了岩层抗压抗剪切的强度,同时水在岩层断裂带中起到了“润滑剂”的作用。接着的严重干旱不仅消除了原来的水压力,甚至使地面的压力比平常减小了很多,这种压力的巨大变化,对将要发生的地震起了“触发”作用。震区气候的异常,也可能是强烈地震的前兆。如邢台地震前的1965年冬到1966年春,气候特别冷,发震前几天风沙雨雪大作,接着就发生了地震。1973年2月6日四川炉霍大地震,震前几天气温很高,临震前几小时风尘大作,大风七级以上,风向紊乱、气压持续稳定下降达九毫巴;而当临震时气压又突然回升。1975年2月4日海城营口大震前一个月左右,震中区出现热异常,天气特别暖和,震前半个月左右,以海城为中心出现了晚间突然增温(5.5°C左右)的怪现象。2月4日发震的当天8~9时又出现了暴发性增温,同时气压下降到历史上最低气压值,构成了震中区高温低压闷热异常的天气。当天,天空大雪飘扬,地面冰雪消融,太阳呈深红色,日落时出现“火烧天”等异常现象,震前1小时还发现空气中有刺鼻的气味,接近地表2米左右有白中带黑、疏密不均的“地气雾”,当时无风,但雾浪滚滚,天空中时而电光闪耀,时而漆黑如墨,直到大震后2小时这种现象才消失掉。群众总结气候与地震关系时说:“上看天,下看地,天地变化有联系”。对于异常的降水(雨、雪、雹),或久旱后阴雨连绵,或临震前2—3天或当天的高气温低气压,尤其是久雨后突然晴朗、天气闷热、狂风大作等异常的气象,有很多是可以作为临震预报参考的。

临震前的气象异常,可能是地壳中局部地区温度的变化、压力的变化与电离、放电等现象同大气低空电磁变异相互影响的结果。但是造成气象异常变化的原因很多,并不是每次特异的气象变化都能激发地震的发生,也不是每次强震前都有气象异常现象出现,我们必须根据当时当地的具体实际情况,认真分析,区别对待,才能收到较好的效果。

七、地 声

由地震造成的声音叫做地声(图2-14)。我国劳动人民很早就注意到地震前出现的地声现象,并利用地声作临震预报。“每震之前,地内声响,似地之鼓荡”;“将震之际,平地有巨大风声怒吼”。这是我国历史上对地震前会发出地声的记载。

在我国历史上最早利用震声预报的一次破坏性地震是在1855年12月11日,当时辽宁金县发生了5~6级地震,房屋倒塌567间,震中区的居民由于利用地声进行了预防,因此未曾死一人,只伤了7人。此事故档案中曾记载如下:“且未震之时,先闻有声如雷,故该处旗民

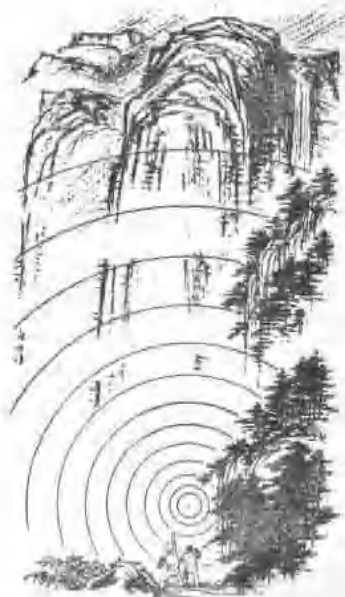


图2-14

早已预防,俱各走避出屋,是以未曾压毙多人,只伤男妇子女共7名。”这是我国劳动人民利用地声预报大地震的一个实例。

我们还可以在下表中看出,我国的劳动人民是怎样利用地声来进行预报的。

发震日期	震中位置	震级	地声在震前出现的时间	地声情况
1594.10.24	辽宁辽海卫 三万卫	4~5	一至数分	已时有声自西北起,殷殷如雷,其声渐近,直达窗棂,倾之屋宇摇动,满屋欹侧,有颠仆之势。
1668.7.25	山东郯城、莒县	8.5	1天	未震之前一日,耳中闻河水滔滔之声,且未震之时,先闻有声如雷
1855.12.11	辽宁金县	5~6	数分至数小时	沟内空响声,地下撕布声
1920.12.16	宁夏海原	8.5	几天	震中区如远雷声,北部如打炮声
1935.4.21	台湾新竹、台中	7.1	5分钟和1天	久久雷声,直至发震
1937.8.1	山东菏泽	7.0	几分钟以上	几秒,山东省听到地声
1969.7.18	渤海	7.4	几秒	潜水员听到水中有声
1969.7.26	广东阳江	6.4	2天	前二十分钟狂风声(当时无风)和白鸟飞过声
1970.1.5	云南通海	7.7	4~5小时,1~2天	前几分钟(一、二天)至临震闻雷声
1970.12.3	宁夏西吉	6.4	几天	地下撕布声
1973.2.6	四川炉霍	7.9	几小时	在林中听到怕人响声,当时无风
1975.2.4	辽宁海城	7.3	几分	海城-营口-盘锦一带有似闷雷声,极震区有人听到类似岩石破裂的“咔嚓”声。

地震前为什么会发出声音呢？这是因为在临震前，地应力的积累已达到了岩石破裂的极限强度，使岩石层发生大量的断裂、破碎或彼此错动，这种断裂和错动都会发出高频振动，这种振动波传到地面，其中的声频振动就会被人耳所察觉。

那么在什么情况下易于听到地声呢？一般说浅源大地震容易听闻。因为浅源地震的震源离地面近，声波在传播过程中衰减小，易于传到地面。而大地震释放的能量大，岩石破碎得厉害，即使震源深度深一些，也可在地表听到地声。地声还和地层的结构有关，在山区或基岩露头的地区地声比较明显，这是由于基岩对高频波的吸收较小，而在覆盖层较厚的冲积平原中高频波的衰减很大，地声也就不易通过冲积土层传到地面了。另外，在地下水极为丰富的地区和湖边、海岸亦容易听到地声，这是因为声音是纵波，而水是传播纵波较好的介质，它对声波的吸收很小，所以也就容易听到地声了。

地声往往发生在地震前的几秒、几分或几小时、几天内的。在震中区或近震中的范围内能普遍听到地声。随着距震中的远近不同，所听到的地声也不一样。比如有的类似闷雷声；有的类似远雷声，岩石破裂时的“咔嚓”声，有的则是隐隐有声。在靠近震中的地方，大震前可以听到象狂风、雷声、坦克开过来的声音，象开山炸石的沉闷爆炸声等。

下面向大家介绍几种鉴听地声的方法：

1. 将一大缸倒扣于地面，缸内放一块木板，板上放一只送话器（可用电话上用的碳精话筒），利用大缸的共鸣作用，能将地声放大，把放大的地声再经过缸内送话器传到观察室内（要与耳机连接上），这样就可很清楚地听到地声了。

2. 将灵敏度较高的、频带较宽的话筒或压电陶瓷式压电晶体作的探头固定于基岩内,也可以放入深井中(探头须用金属筒、橡胶或塑料筒密封),井的深度最好能达到基岩或地下水层。用电缆线(金属隔离线,用此种线衰减损耗小)将探头和放大器连接(放大器可用放大倍数较高的、频率、音响较好的扩音机),地声经放大器放大后,可用喇叭直接监听,或用示波器观察其波形。由于地声的频率范围是多少,目前还不清楚,所以有条件的话可以在井内放置两个探头,一个用于话筒,另一个用压电陶瓷式压电晶体,前者是其低频的频率、音响较好,后者是对高频频率响应较好,这样就可以弥补地声频带还不确切的缺陷了。另外,最好在探头内安装一级前置放大器,其线路可参照晶体管扩音机的前置级,注意要选用噪声较小的晶体管式场效应管。加了前置放大器后能够提高信噪比,所以在地下岩层细微破裂时,发出的地声虽极小和要经过各连接部位的衰减,但由于加了前置放大器后,能把传到放大器中的地声信号放大,这样就提高了接受的灵敏度。

地声是一种临震前兆,它对于作出临震预报有很大的意义。

八、地 光

伴随地震而出现的发光现象叫做地光。地光往往在震前几秒钟至几分钟内出现,因此,一旦发现地光应立即撤离危险建筑,到安全的地方去。地光除在震前出现外,在地震时和地震后也可能看到地光。地光的颜色以蓝色、红色较多,白色、黄色、橙色、绿色较少些。从地光的外表形状来看有五种,第

一种球状光。它是呈圆球形，红色象火团，又象信号弹，主要是从喷沙冒水口和地裂缝中喷出的，升到空中后立即消失。第二种片状光。它是成片闪光，主要从地裂缝发出，随地裂缝的张合而闪动，并伴有“咔咔”的声音，远看有如火光冲天。第三种条状闪光。看到时银白色或红黄色（也有浅黄色和紫色的），好象雷电或电弧的闪光，它是随着地声和地面的振动一闪一闪，地面振动一结束，条状闪光也随之消失了。第四种是带状光。它在天空出现时象一条细长的光，闪动时是一条光带一起闪动的，与其他几种不同。第五种柱状光。它的颜色是白色的，形状象火炬一般，自地面向上升腾。

有关地光现象的资料古今中外都有记载。如在1920年，甘肃海源发生8.5级强烈地震时，震前的傍晚就见到山上有红光闪烁的现象。又如1975年，海城、营口地震时，在震中区90%以上的人都看到了各种颜色和各种形状的地光（见图2-15）。



图2-15

地光是在陆地上发生地震时所出现的光。在海中发生地震时，也会出现光的，这种光称为海发光。一般认为地震前后出现的海发光，可能与当时当地海水浮游生物集中、海水温度的持续增高、海水表层泡沫的增多、气压的大幅度下降等因素有直接或间接的联系。

海水发光现象表现如渔船驶过的水路明亮异常，象灯光照耀那样的光亮可见，同时能发现水中有如珍珠般的颗粒，闪闪发亮。在我国华东地区熟悉海洋生活的渔民说，每年夏秋，海水都发亮，俗称“火星水”。但是，一般地震前的海水发光与“火星水”大不相同，表现要强烈得多。关于海发光与地光等的关系，有待于进一步去观察研究。现在随着海洋地震研究的深入，海水发光将象人们所熟悉的其他地震前兆一样，被越来越多的人所重视。

第三章 土地电

我们脚下的大地有电流流动，这是众所周知的。这种电是自然发生的，可称它为自然电流，或者叫做地电流，人们通常把它称为地电。

一、什么是土地电

在地壳中，存在着自然条件下形成的“地电场”（地电场包括大地电场和自然电场，统称为地电场）。由于地电场的存在，使地下任意两点之间存在“电位差”和“地电流”。这个地电流很微弱，观测它的存在一般需要一整套精密的仪器。在群众性测报地震的方法中，人们开始摸索地电变化和地震发生的内在关系，多震地区的群众创造了用简易的方法观测地电，我们习惯上称为“土”地电。通常在地下一定距离埋设两个电

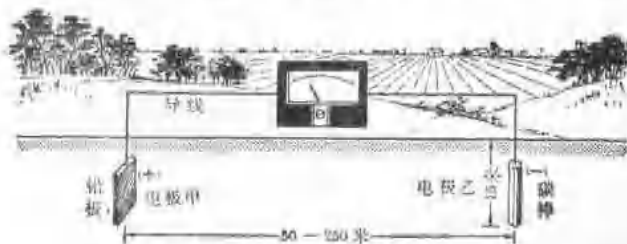


图 3-1

极,两极相距 50—250 米如图 3-1 所示,用电线和表头把它们连接起来,组成一个闭合回路,这时就有电流流过导线,通过电表就能把电流强度(或电位差)测量出来。

二、土地电为什么能测报地震

地震是一种自然现象。比如,地壳岩层受力的作用,在某些部位会发生应力的积累,当应力超过岩石的强度时,岩层会突然破裂或强烈错动,并放出大量能量,这就是地震(称为构造地震)。在地壳岩层的应力积聚过程中,必然会引起各种物理、化学和生物等变化。这些跟地震有关的物理和化学变化,可能会引起地电的变化,并通过测土地电装置的电表反映出来。这样就使地震前兆转变成我们能用眼睛观察到的“电现象”。

上面讲到了与地震有关的物理化学变化,引起地电的变化。现在,我们再来看看地电是怎样产生的?

1. 过滤电场

地下水存在于地下岩层和土壤的孔隙中,在地层压力或地下水本身重力作用下,由压力高的地方向压力低的地方流动(或渗透),地下水不断地溶蚀了大量的盐类物质,并不断地离解为大量的带电离子,使地下水成为离子溶液,水溶液在移动过程中,负离子易被岩石颗粒和粘土吸附,而正离子随地下水一起移动,使水溶液显示了带有正电的性质,形成“过滤电位差”,这就是所谓“过滤电场”。在震前,因震源应力场的改变,引起周围岩层或土层的孔隙度、电阻率、过滤电场系数等因素的改变,从而地电场也跟着变化。我们在“土地电”装置

所观测到的数据中，过滤电场的变化，可能是产生电表中的电流变化的原因之一，在地震预报中对它应予以足够的认识与重视。

当然另外有一种称为“山地电场”(如图3-2)。从原理上讲也是属于过滤电场。它受到地下水、倾斜度、岩层(或浮土层)透水情况、气候变化、降雨等因素的影响很大。这对于利用“土地电”预报地震来说是一种干扰因素(即容易产生一种假象)，故在选择安装土地电电极的地点和分析预报地震时，要注意排除这种假象。



图3-2

2. 电极极化电场

极化电场的产生和干电池的原理差不多。我们把碳棒和铅或锌板(也可以用其他金属导体)埋入土壤中，由于电极与土壤中的溶液(主要是地下水溶液)起电化学作用，在两极(指碳棒或锌板)间就会产生电动势——即极化电位差。在土地电装置中，有时碳极和锌板的电位差可达几百毫伏，电流也很大，而且它随温度、湿度等因素而变化，它往往要比地震前地电的变化大得多。因此目前大多采用铅、铅做成两个电极，因为铅是比较稳定的金属，极化现象很微弱，而且极化电位差随时间的变化较小，在测量“土地电”中被普遍推广采用(铅、铅装成的“土地电”仪器，有时震前变化不太明显)。

同时也应该看到，由于震前引起的物理化学变化，如地下水溶液离子浓度的改变，电阻率的改变，都可能导致“土地电”的极化电场的改变，从而在一定程度上也能比较明显地反映

出震前预兆。这也是采用铅碳作两极的可取之处。

3. 氧化还原电场

在化学变化中,有一种叫做“氧化还原作用”,被氧化物将失去电子而带正电,在还原时,将获得电子而带负电。在自然界中,地表水和地表附近的水不断向下渗入,并携带了大量氧气,因而具有很强的氧化能力,但随着渗入深度的增加,水溶液中所含氧的浓度逐渐减小,氧化能力也随之减弱,当达到一

定深度(地下水的潜水面以下)时,它将完全失去氧化能力而显示还原性质。倘若把一个电极埋在潜水面以上(见图 3-3a),那末它以氧化作用为主,电极表面积累正电荷,而在潜水面以下,

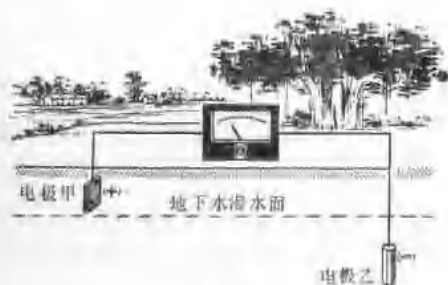


图 3-3a

将以还原作用为主而带负电。于是在电极附近形成氧化还原电场,也会形成土地电。由于地下水位受到干旱和降雨、沿海潮汐等因素的影响,会使潜水面有时升高,有时降低,从而使氧化还原作用时强时弱,导致这种自然电场的改变,在“土地电”测量中,它的变化不能反映出地震前

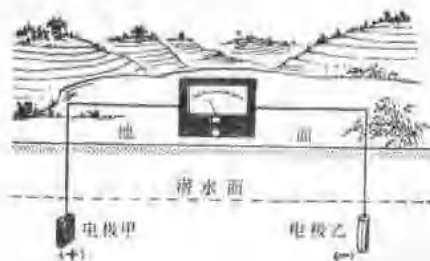


图 3-3b

兆,而是土地电中预报地震的一种干扰因素。因此,在埋设电极时,必须把甲、乙两个电极埋在潜水面以下适当深一些的地方,而且应在潜水面以下同样深度,以排除氧化还原作用的干扰(见图 3-3b)。

4. 扩散电场

地下水往往是含有各种不同离子的电解质。两种浓度不同的电解质相互接触时,浓度较高的溶液中的离子会扩散到浓度较低的溶液中去,形成扩散电位。这也是地电的成份之一,但一般地说,这种电位都较弱。对测报地震的关系不大。

5. 大地电场

地球本身是个大磁体,近代科学实验证明,在它的周围空间存在着一种看不见、摸不着、嗅不出的特殊物质——地磁场。地磁场受季节、太阳黑子活动强弱、地壳变动等影响而变化。特别是“磁暴”对地磁场影响最大。地磁场的变化,会引起地壳中感应电流场的变化。另外,地磁场在震前的突变,也会引起地电场的突变(反过来也如此)。它也是土地电所观察到的自然电流成份之一。

6. 杂散电场

工业游散电流和交变电磁场。如电厂、变电站、发射台、广播站、载波电话、大型电机设备、大型电力变压器和高压线等,它们在工作时,都可能通过地线向地下泄放电流或漏电电流。如果发生故障时,故障电流倘通向地下时,会强烈干扰地磁场,造成地壳中感应电流的变化。这在土地电观测中,是常常见到的一种变化剧烈、幅度较大、没有规律的干扰电流(有时叫它“突跳”)。它有时掩盖地震前兆异常或形成假异常。因此在埋设“土地电”电极、架设导线时,都应注意离这些设施远

些,以避免这些影响。

从以上六个方面分析可以看出土地电成份复杂,同外界因素联系密切。因此,我们必须遵照毛主席的教导,善于“对于具体的事物作具体的分析”。善于排除干扰因素,去伪存真,不断总结经验,找出与地震前兆有联系的土地电变化规律来,更好地为人民服务。

综上所述,地电变化同地震活动的内在联系(规律性)目前还没有统一的认识。根据地电与自然电场在地震前出现的异常反应,分析其可能的原因,尤其是在破坏性地震前,由于地下应力不断积累和加强,必然导致岩石、土层物理化学性质及与此有关的地球物理场的变化。比如,在地应力的作用下,岩层压缩或张裂,产生断裂变形,使岩层(或土层)的结构、孔隙率发生变化,引起地下水溶液压力条件、渗流条件的改变,从而引起过滤电场的变化。另外,地震前,震源外电极附近地下水溶液化学性质和浓度的改变,地温、水温的改变,电阻率的改变,致使极化电场也发生变化;震源孕育过程中产生裂缝的磨擦以及地下深处高温高压的岩浆气、液或某种带电粒子流或离子流,从中快速冲出来,导致地电的异常变化甚至突变。总之,土地电的变化与地震有着密切联系,因此,掌握土地电的变化规律,就成了预测地震的有效手段。

通过以上初步介绍和分析,我们就可以大致知道了“土地电”与地震的关系。主要是地震与过滤电场和极化电场的变化关系密切,又知道了土地电成份的复杂性。因此在测报地震时,必须掌握各方面的材料,去粗取精、去伪存真、山表及里的作分析研究,排除各种干扰因素和假象(即假异常),从中找出规律性的东西来,才能正确及时地向有关部门提供可靠资

料,正确及时的预报地震。

地震与土地电的关系和它们的内在联系(即规律性),还没有完全为人们所掌握,还有待大家在实践中不断加以研究解决。

三、土地电测量仪的安装

1. 材料 根据图 3-1 可知,安装土地电只需要电表、导线和电极等。有时还需要加转换开关。现分述如下:

电表 直流微安表头(或毫伏表头)两只(用万用电表也可以,不过代价太大了)。量程在 $100\mu\text{A}$ 左右。安装后,合上开关,连续通电几天后的读数才看做正常值。倘若正常值在 $50\mu\text{A}$ 左右,则选用量程为 $100\mu\text{A}$ 的表头。倘若正常值超过 $100\mu\text{A}$,则应选用量程为 $500\mu\text{A}$ 的表头。倘若正常值超过 $500\mu\text{A}$,那么可以用电阻与表头串联或并联电阻的方法进行衰减(分压法或分流法)。表头有两种,一种是“0”(零)值在表面正中,那么加装开关时就很简单,甚至可以不要装开关。另一种是“0”(零)值在表面左侧,那么就必须装有双刀双掷转换开关,这样每遇到地电出现负值时,利用转换开关,把负值的绝对值测量出来。

导线 用一般照明线即可。长约 200~300 米。尽可能选用较粗的塑料单股铜芯线(如英制 14 号线,公制直径在 2 毫米左右),以减小电阻(导线电阻)和增加强度(尤其是架空线的拉伸强度)。

电极 目前在上海地区推广采用的是圆筒形铅管(直径 10 厘米,高 20 厘米,厚 0.5 厘米,重约 3 公斤)作电极。东西

向、南北向一律采用铅管。共需四个。这样纯用铅做电极可以减少极化电场的影响。

也有的用甲电池中的碳棒（电话机用的干电池）和铅板（长20厘米，宽25~30厘米，厚约0.5厘米）各两片作电极，碳棒也可以用2~4个扎成一束作为一个电极。铅板大小可以大些，也可以小些。这样做虽加入了极化电场，但地震时对极化电场的改变也有着较密切的联系，故采用这种方法的群测点也较多。

转换开关 用双刀双掷开关。或用汽车拖拉机上的车灯转换开关（两只）。

2. 电极的布设及极距

电极地点最好布置在地势平坦、开阔而且避开容易产生杂散电场的地方，不宜架在电厂、高压线等容易产生杂散电场的地方。还要求远离河流、水库、水渠及酸碱物质污染的地方。尽可能不在山坡上布极，以减少山地电场的干扰。

埋设方位 要根据当地地震台站提供的地质构造线走向（比如断裂带走向），来确定电极埋设的方位。一般以平行或垂直构造线走向为宜。也可以布成东西、南北两组（有的单位还布成东北、北西两组成了四面八方都有电极的做法）。根据在实践中的体会，我们认为布成东西、南北时，最好用了午线的方位定向，这样与地球的经纬方向可一致起来，便于在地图上查找震地点与土地电变化规律。倘采用铅、碳电极时，尽可能做到北边和东边埋碳棒，这样极电流方向在直角坐标系内横轴和纵轴的方向与地图上的上北、下南、右东、左西的方向一致起来，便于绘图分析。

电极距离 一般采用100米左右就可以了（通常在50~

250 米之间)。

12月
12

电极埋设深度 由于各地地下水潜水面离地面的距离很不一致，而且多雨季节与旱季地下水位高低也有变动。为了减少氧化还原电场对土地电的干扰，和地面温度、湿度变化在表土层中引起不稳定电场的干扰，在地下水位较浅的地区，电极必须埋在潜水面以下一米左右的地方（甚至可以埋在再略深一些的地方），这样可以保证两个电极一直浸泡在地下水溶液内，以减少干扰因素。千万不要一个电极埋在地下水中，另一个电极埋在潜水面以上的泥里，形成氧化还原电场。在地下水位离地面很远的地区，电极埋在离地面 1.5~2 米深的地方就行了（尽可能做到埋在潜水面以下）。

接线 在导线与电极连接的地方，一定要用焊锡焊牢，以防产生接触电阻，或接触不良。如用铅筒做电极，则在浇铸铅筒时，事先把较粗的裸铜线浇铸融合在一起。倘用铅板，则可用氯化锌焊药点在铅板上，然后用喷灯或大烙铁把焊锡焊上去。碳棒则可焊在它的铜罗丝头上。电线与电线的接头处，也要求焊牢。若埋在地下话，接头处一定要用沥青或石蜡封固以防漏电。

⑧

导线可以架空也可以埋在地下。埋在地下优点是夏天雷雨时不受干扰，也不影响交通过路，但一定要埋得适当深些，约 50 厘米以下，否则农田深耕，开沟排水容易把导线切断。架空线就没有这个弊病，但有时夏天雷击，易烧毁表头，所以需装上避雷器或用开关把线路断开。另外架空线要注意不妨碍交通，不被人们碰断。土地电总成线路图见图 3-4。

二沉

在这里必须说明，测报活动室不一定要在四个极的中央。关键在于埋设电极时必须做到东西向电极与南北向电极互相

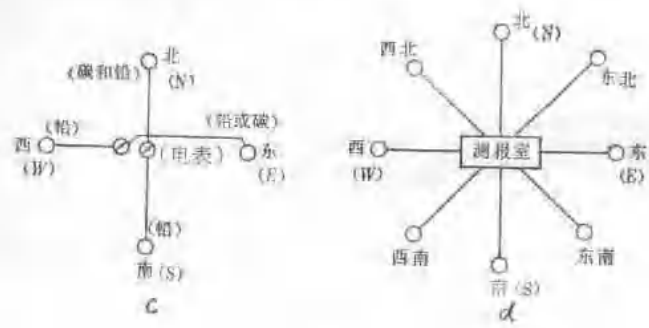
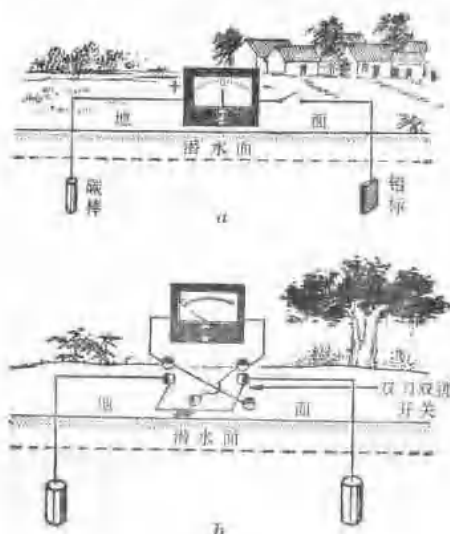


图 3-4

垂直。也有的单位利用东西向电极的连线与南北向电极的连线成互相垂直平分而且离交点的距离都相等，使南东（或北西）、北东（或南西）向与原来的东西、南北向成 45° 角的另一套土地电（图 3-5）。这也是一个很好的办法。问题是在定点

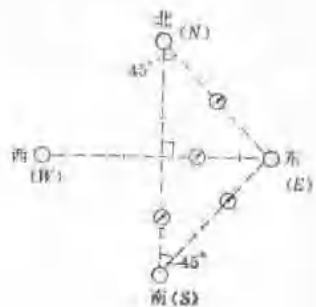
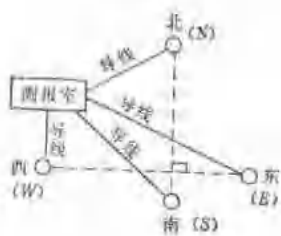


图 3-6

测量时一定要测正东西向、南北向的极距相等,且互相垂直平分这个条件(即 $EO = WO = NO = SO$, 且 $EW \perp NS$)。

为了便于观测和把表头固定好,还必须作一个“表架”或“表板”。具体尺寸如图 3-6 所示。

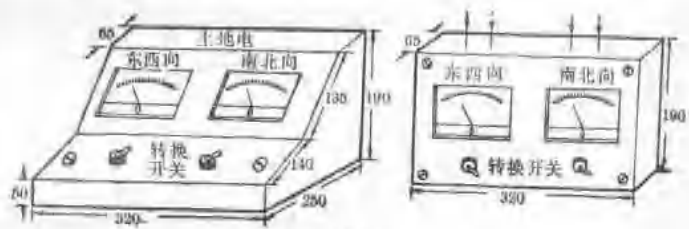


图 3-6

“土地电”测量仪安装后,常常会出现观测值超出表头量程的现象,我们可以用两种方法予以解决。

(1) 临时换用量程较大的表头或万用电表,待连续通电几天后再定。根据实践经验,一开始,极化电流很大,连续通电几天后(开关不可时开时关,而是常开着),极化现象开始趋于稳定,这时的量程大约只有开始的一半左右,从这时起,换

上固定表头,就可以正式观测了。

(2) 一开始就用固定的表头,那么可以用分压电阻或分流电阻接在电路里。如图 3-7 所示,待土地电极化现象趋于稳定后,把电阻从电路中拿掉。倘几天后,电流还是很大,那么这个电阻也可以不必拿掉。在读数时,可以直接表面上的数据,作为观测数据处理。也可以选用电阻数值与表头内阻数值相等的电阻。这样只要把电表上的读数扩大一倍,这扩大的数据也就是土地电的实际数字。

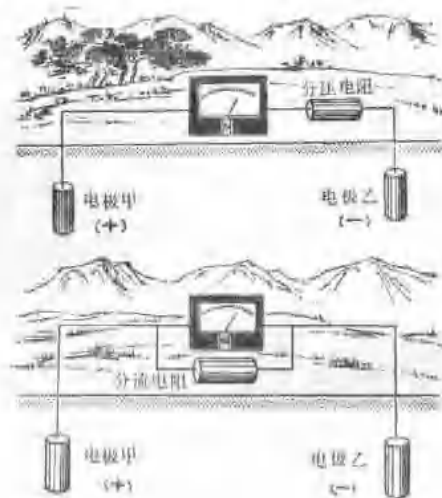


图 3-7

“土地电”安装后,有时出现的电流很微弱,只有几个微安或近于零,在这种情况下可采用临时换用量程较小的表头或万用表的办法,或调整电极距离、深度的方法加以解决。待连续通电一段时期后(例如几星期或几个月),观测地电流是否有变化?可能有时由于震源外应力场的变化,使地电流处于

“0”值左右。待地电流增大后换上固定用的电表。倘观察一段时期后，地电值仍旧过小，那么就要加大电极面积或改变电极距离，或变更电极埋置深度。必要时另选埋极场所。

由于流经土地电表头中的电流大小和电表本身的阻抗有很大关系，因此，往往在同一个电路内，用不同的电表去测量会有不同的结果。例如用甲表去测得电路中电流是 $100\mu\text{A}$ ，但另一电表去测却不是 $100\mu\text{A}$ ，有时甚至相差很大，用毫伏表也是如此。如果这个问题不注意，任意调换表头，容易造成电流数值的突跳。在测量过程中，表头一旦选定了就应固定下来，不应轻易调换。

开关要常开，也就是说电路要接通。如电路不是始终接通而等到观测时才接通的话，那么表头上的读数就会先大、逐渐变小，这种现象是极化电流产生的，要等几分钟后才能稳定，这样，给观察记录带来了一定的影响，容易造成错误的判断。所以开关要保持常开，使读数处于稳定状态。但在遇到大雷雨时，为了防止雷击，烧毁电表，这时需要把开关断开，切断电路，雷雨过后再接通电路。

四、土地电资料的整理

1. 土地电的观测

要定时准时进行观测，读数要力求精确。平时每天观测时间应不少于2~4次（8、20或2、8、14、20时）。发现有异常和震情严重时，应增加观测次数，加强日夜值班。观测后的数据要及时做好记录。同时应把观测时的气候、降雨、人为干扰等情况记录在表内。

2. 数据资料的整理

主要是将观测的数据按需要做成各种曲线，把数据的变化直接反映到图象上去，以便更好地找出它与地震的关系，从而作出预报。做曲线要选择适当的比例尺，选比例尺应以无震时的曲线平滑，有异常时能有突出反应为原则，目前一般有下面几种曲线：

(1) 瞬时值曲线：每天固定时间的值，早、晚最好（8时、20时）。

(2) 日均值曲线：几次观测值的平均值（也有3日、5日、10日和月平均值）。它可以消除部分日变影响，这是最简单易行的方法。

(3) 滑动平均值曲线：以某天的前后几天的平均值之和除以天数作为这天的值。它有利于突出大震，小震可能被平掉。

(4) 梯度曲线（或称为速率）：有两种做法，即：当天的日平均值减前一天的日平均值，和当天的日平均值减前一天的日平均值后再用24小时除。用这两种方法可以探索变化速度与应方向的关系。

(5) 极大值曲线：用每天几次观测中数值最大的一次观测值做曲线。

(6) 最大变幅差曲线：每天极大值减绝小值的最大变幅值做曲线。

(7) 平行电位差曲线：两组平行电极的观测值相减的值做曲线（它可消除日变气温、湿度等影响和其他干扰影响）。

(8) 合幅曲线，有两种做法：一种是每次观测值和基线值相减得变幅值之后，求它的和做曲线；另一种是把相邻两次观

测值以大减小,不分正负,求它的和做曲线,用以探索地震和地应力大小的对应情况。

(9) 矢量法曲线:把地电观测值作为矢量,逐日在直角坐标上作东西向与南北向地电的矢量和(日平均值或五日滑动平均值),每天以前一天矢量末端为原点作图。在曲线出现打结或急剧转向时,往往可能有地震发生。

3. 土地电和地震预报

关于如何根据“土地电”异常曲线进行地震三要素的预报,目前还没有从理论上根本解决,所以也没有统一的理论公式之类的预报方法。下面介绍一些经验,主要是各地测报点通过实践,不断摸索总结出本测报点“土地电”装置出现的异常现象,与远近大小不同地震的对应规律,寻找异常持续时间、异常幅度(异常最大值与异常期基值之差)、相对变化幅度(异常幅度值与基值之比的百分数)、异常面积(异常曲线与基值间的面积)、异常曲线形状等异常量与地震三要素之间的对应关系,并用自己的经验公式、经验曲线、经验表格等形式表达,作为预报地震时的依据。现在根据各地土地电预报地震的部分经验转载于下,供参考。

(1) 无震时,土地电日平均值曲线在基值附近缓缓变化(不论有震无震,曲线图形总会有波状起伏的);当曲线突然上升或下降至正负峰值,并发生明显转折后数小时至数天内,将可能发生地震(见图3-8)。

(2) 垂直和平行于断裂带的土地电,或东西向与南北向土地电,一旦出现形态相反,一个突然上升,一个突然下降,时间相同的同步异常后,几天至十几天内将有地震发生(见图3-9和图3-10)。

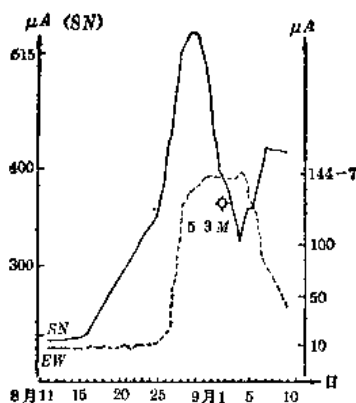


图 3-8 某市郊县某中学测报点关于 75 年 9 月 2 日江苏
黄海浪家沙 5.3 级地震的日平均值曲线图

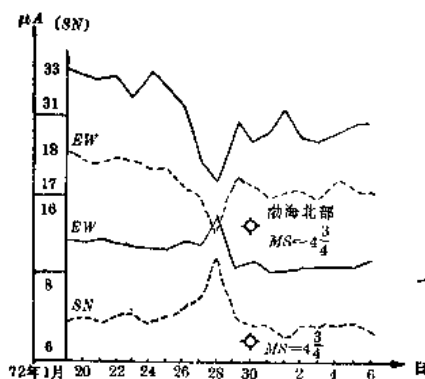


图 3-9 河北省滦南县地办测道方
向日平均值与 72 年 1 月 30 日渤海
4.7 级地震对应图

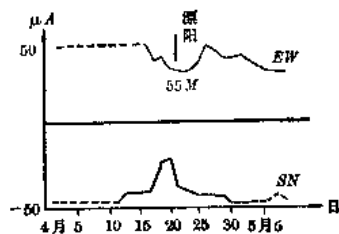


图 3-10 芜湖气象站土地
电日平均值曲线图

(3) 海城大震表明,当土地电出现强烈的脉冲式突跳后,几小时至十几小时内将有大地震发生。震后的强余震也有土地电的临震突跳异常。

(4) 土地电矢量曲线出现打结、转圈或“8”字形后，或瞬时值曲线在一段时期内每天在相近的时刻内出现形状基本相同的异常，几天或十几天内可能发生地震。

(5) 土地电预报震中效果较好。震中容易发生在土地电变异交叉点(条件是土地电必须统一规定极距、深度和布极方向以及观测的时间与次数、汇报会商制度等)。另外，根据一些测报点的矢量方向的变化发现，震中方位往往在地电矢量所指方向或其相反方向上。

(6) 土地电哪个方向异常大，地震就发生在那个方向上，各组土地电均有明显异常，地震就在附近。

(7) 土地电在大震后反应灵敏，同样的异常幅度，同样的曲线反映的余震震级要小些。

(8) 震级的大小，一般与异常区范围、异常幅度和异常持续时间等各异常量成正比关系。

第四章 植 物 电

在有生命物质内部,不同的部位上存在着电位差,所以也会产生相应的电流,这种电流的出现就称它为生物电。生物电伴随于动植物的整个生命之中。例如,人脑中存在脑电流,心脏里有心动电流,含羞草有叶动电流等,这些统称为生物电。

植物电就是属于生物电。那么,地震与植物电之间到底有什么关系呢?据有关单位的探索和研究,并曾多次摸索地震前植物电变化的规律后,发现植物电的变化与地震之间有着一定的对应关系。这样,为我们普遍地利用植物电来预报地震提供了可取的资料。

植物电的观测方法比较简单,从图 4-1 中可看出,只要在一棵树干上下方位上布上两个连着导线的金属电极并串上电表,就行了。观察植物电变化的设备也比较简单,如图 4-1 所示,先找两块长约 10 厘米、宽约 3 厘米、厚为 1 毫米左右的不锈钢片作为植物电两极的电极片(如没有不锈钢片,可用铜片或铅片代替),在电极片的一端,用焊锡把导线焊接上去。电极片顺着树木纤维组织方向(也就是顺着木纹)插在树干的上下方位上(应选择一种树内无胶汁、导电性能较好、生长旺盛的中年树,切不可选用松柏胶树之类的)。两个电极片的距离最好为 1 米左右,极片插入树干的深度只要在 5 厘米以上就



图 4-1

行了。极片安好后即可连接导线，只要把导线用焊锡焊牢就行了。导线的另一头连接电表。为了防止雷击时击坏电表，在平时不测时要断开线路，不与电表接通，因此在导线引入电表的前处安上一个开关，以利起到保护电表和断开线路的作用。这样，一个既安全又简单的植物电观察设备安装好了。由于植物电电流很小，所以表头最好选用 $\pm 25 \mu\text{A} \sim \pm 50 \mu\text{A}$ 的微安表，这样可保证测量的精度。平时不要合闸，在测定前的10分钟左右合闸，等表头指针稳定后记录其读数即可。

1975年9月2日，黄海浪家沙发发生5.3级地震。据某某市一个中学地震测报小组报告，在那次地震发生的前几天，植物电是有异常反应的，数值比原先要增高好多，详见图4-2。

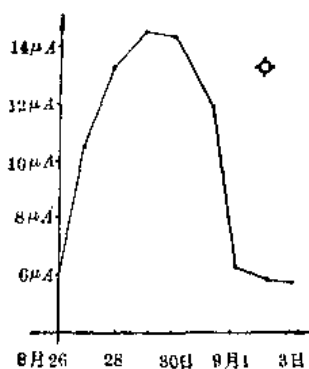


图 4.2

从该校 1975 年 8 月 27 日记录的植物电数值来看, 这天的数值要比前一天高出一倍, 为 $10.3 \mu A$, 28 日继续升高到 $13.3 \mu A$, 到 29 日升高到了 $14.3 \mu A$ 。震后, 植物电的数值又恢复到 27 日以前的范围内了。由此可见, 植物电异常变化与这次地震是有关系的。

利用植物电进行预报地震, 目前尚在探索中, 还没有积累起规律性的经验, 有待于继续地探索其变化的规律性。

观测植物电变化时, 应注意季节气候的变化、布极的方位等因素。因气候的变化和布极方位的不同, 都能引起植物电的变化, 所以在处理植物电变化数值时, 应把这些易受干扰的因素考虑进去, 以做到去伪存真, 尽量使预报达到准确可靠的程度。

第五章 地 磁

大地震发生前，往往发现无线电广播有受干扰的现象，如有的收音机音量减小，杂声增大，甚至突然中断。这种现象可能与地震前电磁场的异常变化和电磁波的干扰有关。此外，我们还可发现，有很多地震的时间与地点似乎与地磁的异常存在着某种一致性；如有些大地震与大陆上地磁异常最厉害的中心区域有某种相关；有些地震发生前局部地磁场则会出现短时间内的异常变化等等。这些现象都说明地震与地磁之间存在着一定关系。因此，观测地磁场的异常变化，就成了我们预测预报地震的重要手段之一。

那么什么是地磁场？地震前地磁场为什么会发生异常变化？我们又怎样来观测地磁场的异常变化，并用于预测预报地震呢？我们就这些问题一一做个简单的介绍。

一、地磁场及其地磁要素

什么是地磁场？大家知道指南针可以用来定向，这是因为地球本身是一个大磁体，这个大磁体就在其周围形成了一个天然磁场，这个天然磁场我们就把它叫做地磁场。

地磁场的大小和方向是随地点和时间而变化的。我们通常用磁场强度、磁偏角和磁倾角这三个要素来确定地球上某

一地点地磁场的大小和方向。

那么什么是磁场强度、磁偏角、磁倾角呢？

一个能自由转动的磁针，在地磁场作用下就会稳定在某一个位置上，这时它受到的单位磁矩的最大力矩就是磁场强度。磁场强度在铅垂方向的投影称为垂直分量(或垂直强度)，在水平方向的投影称水平分量(或水平强度)。

在用指南针定向时我们应注意到，指南针的磁针方向不是指向正北方向，它与地理正北方向之间有一个夹角。这个夹角叫磁偏角。

磁针与水平面之间也有一个夹角，这个夹角叫磁倾角。

我们通常把磁场强度、磁偏角、磁倾角称为地磁三要素。

二、地震与地磁的关系

这个问题还在研究当中，目前有这么三种说法。

1. 地应力变化引起的压磁效应。我们在彩色科教片《地震》这部影片中，看到这样一个实验，当把一块岩石放在水压机上加压，磁性岩石受力形变时，岩石的磁性就发生了变化。这种现象就叫压磁效应。地球本身就是一个大磁体，具有磁场，地震前由于应力在断层某些部位的积累，也必然会引起地磁场的局部异常。我们通常把这种现象又叫作震磁效应。

2. 温度引起的地磁变化。实验证明，磁性物质会随温度的变化而改变其磁性，如铁在 780°C 的温度时，就会自行退磁(即失去磁性)。可见，震前随地温的变化，地磁场也会发生变化。

3. 电导率变化引起的感磁效应。当地壳内部应力或温

度发生变化时,地壳内部的电导率也随之发生变化,电导率的变化又引起感应地磁场的变化,所以震前往往会出现地磁异常。

上面关于地震与地磁关系的三种说法,仅仅是在实验室条件下得到的规律。要搞清这个问题,还有待进一步研究和探讨。

三、介绍几种土地磁仪

以磁报震,目前可分为两大类,一种是利用高空磁场(如磁暴等)对地震的触发作用,这种影响反映范围较广。另一种就是观测地磁场的局部和小区域的变化。目前使用的土地磁仪,就是观测这种局部地磁场的变化并用以预报地震的。

几年来,广大业余地震战士就地取材、因地制宜地创造出不少观测地磁的仪器,取得了很好的效果,其中有些上仪器虽精度不高,但制作简单,易于更广泛的推广。所以,我们除了重点介绍目前专业地震台和群众测报点广泛使用的陶瓷偏角磁变仪外,对铁针土地磁仪、双磁针式无定向磁力仪、三针无定向磁力仪以及简易土地磁仪的原理和制作过程作一简单说明。

1. 铁针土地磁仪

铁针土地磁仪的装置如图5-1所示。其原理就是用砂钢片剪成的小铁针,在外加磁铁的作用下,磁铁和铁针保持相对的稳

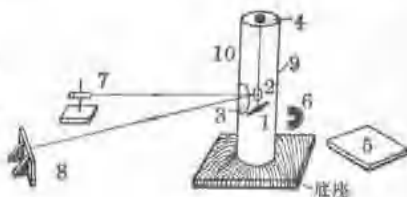


图5-1

定状态,指向某一方向。一旦地磁场发生变化时,通过外加铁板作用磁铁,使铁针方向发生偏转,然后通过记录系统读出磁场的相对变化量。

铁针土地磁仪是由小针、平面反光镜、聚光镜、调节螺丝、铁板、磁铁、读数板(或滚筒)、平行光源、塑料筒、悬丝、底座等部分组成。各部零件材料的选取和要求如下:

(1) 外壳、读数板(或滚筒)、光源等部件要选择诸如塑料、铜、有机玻璃、木制品等非磁性材料制成,以免干扰。

(2) 悬吊的小针应选取导磁系数大、剩磁和矫顽力小的矽钢片制成,小针长 2.5 厘米、宽 0.3 厘米、厚 0.15 厘米,或者依塑料筒的直径大小而定。

(3) 聚光镜主要的目的在于聚焦,使落在读数板或滚筒上的光点清晰,可用 $100\sim 150^\circ$ 的老光眼镜代替,焦距约 1.5~2 米,镶嵌在塑料筒上。

(4) 平面反光镜起反射作用,也称为反射镜。可选用一般的镜子,但要清晰逼真,质地轻巧,截成所需的大小后,用万能胶粘在吊丝上,并用蜡封好,以免镜片受湿、水银脱落致使资料中断。

(5) 铁板是借以接收磁感应的元件,它的大小与质量直接关系到仪器的灵敏度。实践证明大一些好,可使仪器更加稳定,免受干扰。为提高仪器的灵敏度,一般将铁板和磁铁分别置于仪器两侧。铁板要与磁铁放在同一水平面上。

(6) 外加磁铁可用报废的微安表头磁铁、蹄形磁铁或喇叭磁铁,安装时以磁铁的磁极与地磁场的磁极反向为好,但与矽钢片剪成的小针的距离要调整适当。如磁铁离小针的距离太近,会把小针吸引得很牢,外界感应磁场对它的影响就不大

了，如离得太远了，则不受其控制。因此，一般以5~10厘米为宜。

(7) 光源灯用硬纸卷成圆筒，里面装上6~8V灯泡即可。

(8) 吊丝最好选用扭力小的单股蚕丝（的确良丝亦可），严禁选用多股复合丝做吊丝。

具体作法：用吊丝将用砂钢片剪成的小针自由悬挂在塑料筒上端的调节螺丝上，再在吊丝上粘上平面反光镜，然后再在与平面反光镜同一高度的塑料筒上开一小窗，并装上凸透镜。把磁铁和铁板按需要的距离分别放在塑料筒两侧。这样用平行光源对准小窗，使光线通过透镜射在平面反射镜上，反射镜再把光反射在读数板或装有自记钟的滚筒上。根据光点左右移动的距离就可算出地磁场变化的大小。

2. 双磁针式无定向磁力仪

无定向磁力仪和上述铁针土地磁仪相似（结构见图5-2），不同之处是磁系部分。无定向磁力仪的磁系是用两个平行反向的双磁针代替砂钢片小针，并取消

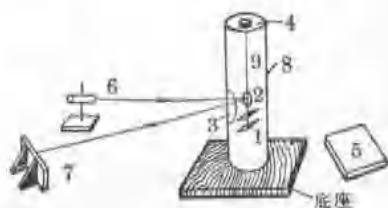


图5-2

外加磁铁就成了。双磁针式无定向磁力仪的反向平行的双磁针，在均匀磁场中，磁系是不会偏转的。地震前，由于地磁场的变化，致使磁针发生偏转，从磁针偏转的角度大小，可测出磁场的相对变化。

无定向磁力仪在制作上材料选取、安装、台址的选定及其他注意事项，均与铁针土地磁仪相同，但磁系部分，在固定两

反向平行的磁针时，需十分注意，切不可用高温的烙铁去焊接，以免高温引起磁针发生退磁现象。可依据选取磁针的大小，用薄铜片做成两个套管，然后再将两个套管焊在一个铜杆上呈“U”型，安装时以不同磁性分别将两磁针插入其中即可。两针距离大约 5 厘米左右。

3. 三针无定向磁力仪

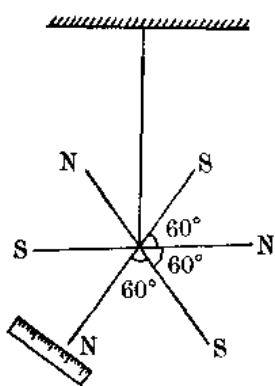


图 5-3

三针无定向磁力仪的特点是结构简单，灵敏度高，对近震有着较好的对应关系。制作也比较容易（见图 5-3）。用三根自行车钢丝，截为同一长度，在每根中间打扁穿孔，然后充磁（要求每根磁性大致相同）。将三根磁针 S、N 极以 60° 夹角相间排好固定，再用悬丝吊起即可使用。

三针无定向磁力仪的原理即：三根呈 60° 夹角的 S、N 磁极相间排列的磁针，它的磁力线呈梅花状，平时无磁极。一旦震前地磁场发生变化，地磁场必然与三针磁场相互作用，产生一个扭力，使其偏转。这样在任一磁针下装一刻度尺，即可量出其相对变化量。

4. 两种土磁偏角仪

磁偏角就是地磁子午面与地理子午面的夹角，通常用 D 来表示，在群众性用地磁法预报地震中，以土磁偏角仪测量磁偏角的变化较为广泛，现介绍两种土磁偏角仪。

(1) 简易土地磁仪

简易土地磁仪是测定磁偏角相对变化的简易土地磁仪，

其结构如图 5-4。

用一根无扭力的吊丝(单股蚕丝或的确良丝)悬挂一根磁针, 固定安装在支架或木盒内, 为防风, 吊丝用玻璃管保护, 仅将磁针出露在盒内, 同时, 在磁针的同一高度上, 装一刻度盘, 用以读数。当地磁偏角发生变化时, 磁针就会偏转, 从刻度盘上可读出磁偏角的相对变化量。



图 5-4

(2) 陶瓷偏角磁变仪

在无产阶级文化大革命中, 云南省下关中学的革命师生, 在毛主席革命路线指引下, 他们敢想、敢说、敢干, 坚持独立自主, 自力更生的方针, 研制了第一台“土地磁仪”。在这个基础上, 国家地震局武汉地震大队的同志们, 和宜兴建筑陶瓷厂协作, 经过一年多反复实验和改进, 克服重重困难, 试制成功陶瓷偏角磁变仪。实践证明, 这种仪器成本低, 防潮性能高, 稳定性好, 现已成批生产, 并在群测点和专业地震台站广泛使用(见图 5-5)。

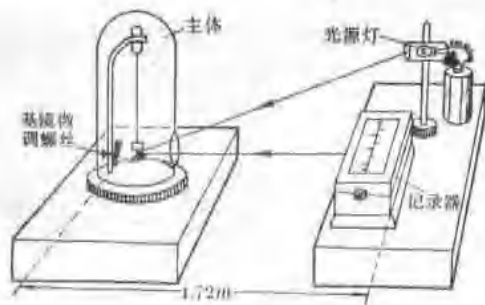


图 5-5

稳定性好, 现已成批生产, 并在群测点和专业地震台站广泛使用(见图 5-5)。

陶瓷偏角磁变仪的原理与上面所说的简易“土地磁仪”相

同。都是用来测量磁偏角变化量的。即用一根吊丝(无扭力)把磁针水平悬吊起来,使磁针只能绕着垂直轴(吊丝)在水平方向上随着地磁场的变化而自由转动,其转动数值就反映出磁偏角的变化大小。其实质就是一个大罗盘,不过就是用吊丝代替顶针,消除了顶点的摩擦,另外,再用光杠杆放大,提高读数精度就是了。

陶瓷偏角磁变仪主要是由主体、光源和记录器三部分组成。

如图 5-6a 所示,主体部分包括主体座、罩子、吊丝、磁系

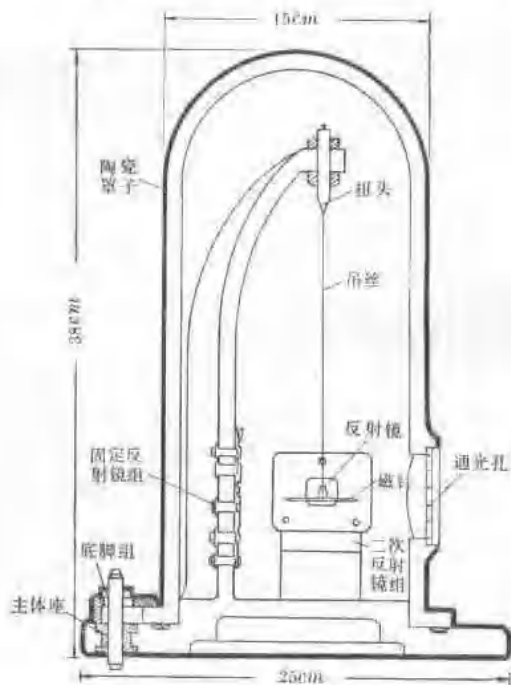


图 5-6a

和扭头等零件组成。扭头的的作用一是悬挂吊丝，二是调节磁系高低。磁系主要由磁针、柳头、活动反射镜和活动反射镜座等零件组成，吊丝与柳头用胶连结在一起。

固定反射镜座固定在陶瓷的主体座上，它是用弹性较好的磷铜片做的，球面反射镜用胶粘在反射镜座上，可通过后面的螺丝将其反射出来的光线与动镜反射出来的光线调到同一平面上。两次反射镜可通过后面三只呈等腰三角形排列的螺丝进行调节，使光线能在与其成 45° 角的动镜上反射两次。

吊丝、磁系和反射镜都封闭在罩子内，以免受气流等因素的干扰。

光源灯：光源灯由小灯泡（6V）、灯管、灯杆和

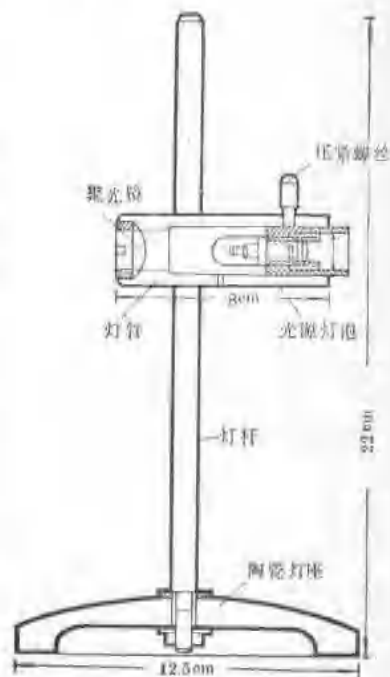


图 5-6b

灯座组成。灯泡打开压紧螺丝可在灯管内前后移动，灯管可打开固定螺丝在灯杆上移动和左右旋转（见图 5-6b）。

记录部分：记录有目测和自记两种，这两种记录器的陶瓷壳体都可互换通用，有条件的地方以自记为好（见图 5-6c）。

陶瓷偏角磁变仪主要是用来观测微弱的地磁场变化的，为此，必须避免各种人工磁场的干扰。地磁房必须避开高压

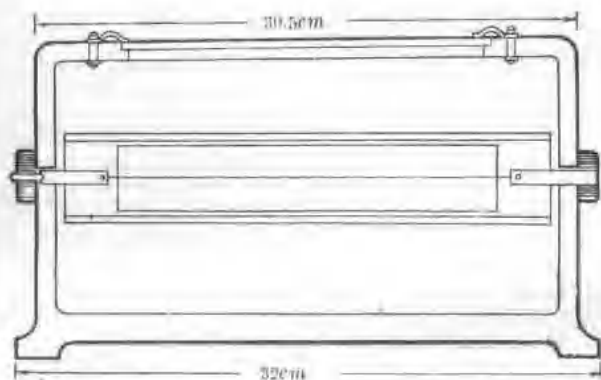
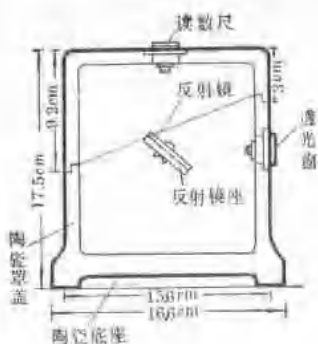


图 5-6c

线、电动机、变压器以及运动的铁器，如火车、汽车等，以免干扰。此外，因烧结过的砖瓦也有铁磁性，所以，地磁房最好用青石房、土坯房或土窝棚等。一般地说，地磁房应远离各干扰源三十多米，离开小铁器 3~5 米。如地磁房内不可避免地要用少量铁器（如灯头等），也应尽量让其固定。

仪器的安装和调整

仪器需放置在基础稳定、结实、无钢筋等非铁磁性物质的墩子或桌子上。主体(从磁系算起)与目测记录器内的反射镜或自动记录滚筒的前沿的距离应是 1.72 米,为使记录器上显示出清晰的光点,可微微移动光源来调节,使物象清晰。

采用一次反射调整光点时,可用升降光源灯,调整动镜与磁针的相对位置以及移动记录器,先使动镜光点落在记录器上,然后再调整基镜后面的微动螺丝或微微转动主体的办法,使基镜光点也落在记录器上,两光点应比较靠近,并在同一个水平面上。

采用两次反射时,首先要使光源射出的光线通过动镜和两次反射镜后,反射的光线在同一个水平面内。光源灯必须放在记录器的右侧。然后再微微调节动镜的角度,使经过两次反射的光线第二次反射到动镜上,最后光线经过动镜的反射,使光点落到记录器(读数尺或自记滚筒)上。仪器调好后,罩上陶瓷罩子,固紧螺丝。要求密封,必要时可用石蜡封闭。采用照相自动记录时,地磁房还必须是微透风的暗室。

观测要求

因地磁场受太阳影响有日变存在,人工读数时最好在 8、12、19 点三个整点时间里各读数一次,也可按各地区地磁场日变化最大拐点(即高峰值的转折点)的时间或每隔 2~3 小时进行一次读数,但每次读数时间不得超过 5 分钟,照相记录可在每天 8 点钟以后更换相纸。

为排除人为的干扰,观测时切勿将小刀、钥匙、手表等铁磁性物件带入地磁房间,如地磁房附近有固定的铁磁性物体移动,必须在移动前后各观测一次,求其差值,以便换算保持资料连续。发现干扰,要及时排除。为提高观测精度,目测的

可固定每天在光点的某一侧进行观测。为避免误差，可连续观测两次，要求能估读到0.1~0.2毫米。我们的责任是向人民负责。要保证资料的连续可靠，最重要的是要求观测人员有完全、彻底为人民服务的好思想。

四、数据的记录和处理方法

土地磁每天要定时观测，如8、12、19点，或每隔2~3小时观测一次，或每天早晨6点、晚上6点。夜间12点观测值也很重要，因为白天高空干扰较大，而夜晚高空干扰较小，有条件的地方也应夜间观测。自记仅需在8点钟以后换一次相纸即可。

土地磁的作图方法较多，有瞬时值，日平均值，三日、五日、旬和月平均值法，日平均差、正点差和差值法，夜均值、零点值、八点值法和磁偏角两倍法等。

1. 瞬时值法：以每天定时观测的数据来画曲线，以磁偏角的相对变化为纵坐标，时间为横坐标。在正常的情况下，地磁场由于高空电离层受太阳辐射的影响，每天有一个最大值（14点前后）和一个最小值（8点前后），且两者幅度相同。白天地磁场变化较激烈，夜间较平静。此外，日变曲线的形态还随季节改变。

震前由于地磁场的局部异常，日变形态曲线有以下几种异常情况。

(1) 最大值和最小值的幅度发生变化，或不明显，甚至日变规则消失，出现锯齿状跳动等。

(2) 最大值或最小值的时间提前或推后。

(3) 整个日变曲线上升或下降。

2. 日平均值法：用每天定时观测的数值相加，与其观测的次数相除，得出日平均值，并画出曲线。在正常情况下，日平均值较稳定，做成的日均值曲线较平滑，往往在某一基线上下波动，因此，易于突出异常。大震前几天或几十天，观测值有加强或减小的趋势，而且多半是在异常恢复后发震。这种曲线容易看出趋势性的变化，但不能消除偶然的非周期性的干扰因素。

3. 三日、五日、旬和月平均值法：即用三日、五日、十日或一个月平均值作图，这样可滤去一些非周期性的干扰因素，使曲线更平滑，突出长趋势的变化。

4. 日均差、正点差和差值法：日均差、正点差就是利用当天日平均值或当天正点值与前一天的日平均值或同一时间的正点值差作图。差值法就是利用两个相隔一定距离的台的日平均值差来作图。这三种作法可消除一些外空磁场的干扰，突出异常。

5. 夜均值、零点值、八点值法：这几种方法就是利用夜间地磁场较稳定的特点，避开外空磁场的干扰，突出异常。

6. 磁偏角两倍法：目前正在探索用磁偏角的异常来预报地震。

大家知道在地球表面观测到的地磁场，是由内磁场和外磁场两部分组成，我们仪器记录到的数据，实际上是这两种磁场的迭加，很难分开，而且外磁场要比地震引起的地磁变化（称震磁效应）强得多，只有消除外磁场，求出震磁效应，才能预报地震。为此，我们假设经度相近的两个台（或点）的外磁

场是一样的，然后采用经度相近的两个台的同一天中的变幅（即一天中磁偏角最大值与最小值的差数）相减的方法，达到基本消除外磁场的目的。相减后的差数称幅差值，用 ΔRD 表示。 ΔRD 超过某一个范围就算异常。

选择异常的原则：

由于我们常用两个纬度相差很大，经度相近的两个台站资料作比较，而磁偏角的变幅又随纬度而有变化。如在北半球随纬度的升高而增大。所以各幅差值异常标准不尽相同。如北京台与红山台的 $\Delta RD \geq 1.5'$ 就算异常，然而北京台与余山台的 $\Delta RD \geq 3.5'$ 才算异常。

因磁偏角二倍法必须先后出现两个异常才能两倍，我们把第一个异常日期叫起倍日期，第二个异常日期叫被倍日期。

(1) 利用北京台与红山台的变幅差预报华北地区地震选择的异常原则：

① $\Delta RD \geq 2'$ 的日子作为起倍日期， $\Delta RD \geq 1.5'$ 的日子作为被倍日期进行两倍。如

1970年7月25日北京台—红山台

$\Delta RD = 2.1'$ 作为起倍日期

被倍日期	$\Delta RD(')$	相隔天数	计算发震日期	实际发生地震情况
1970.8.17	1.8'	23天	1970.9.9	1970.9.8邢台4.0级
10.18	2.1'	85天	1971.1.11	1971.1.12内蒙4.8级
11.7	2.1'	105天	2.20	2.22黎城4.4级
1971.1.3	2.1'	162天	1971.6.14	6.15和预4.2级
1.29	2.1'	188天	8.5	8.5行唐4.8级
2.26	2.0'	216天	9.30	9.30河津4.0级

② 出现 $\Delta RD \geq 1.5'$ 的日子作为起倍日期与 $\Delta RD > 1.5'$ 的日子作为被倍日期依次进行两倍。

起倍日期 ΔRD	被倍日期 ΔRD	计算发震日期	实际发震情况
1970.3.9 4.6'	1970.4.22 1.5'	1970.6.5	1970.6.5 邢台 4.3 级
4.22 1.5'	7.5 1.5'	9.17	9.16 内蒙 4.1 级
7.5 1.5'	7.9 1.6'	7.13	7.15 内蒙 1.4 级
7.9 1.6'	7.25 2.1'	8.10	8.10 曲阜 5.0 级
7.25 2.1'	8.17 1.8'	9.9	9.8 邢台 4.0 级
8.17 1.8'	10.18 2.1'	12.19	12.21 新乡 4.1 级
10.18 2.1'	11.7 2.1'	11.27	11.26 临汾 4.3 级
11.7 2.4'	1971.1.3 2.1'	1971.3.1	1971.3.1 临城 1.3 级

(2) 利用北京台与余山台的变幅差, 预报环太平洋地震带 8 级左右地震选择异常的原则:

$\Delta RD \geq 10.0'$ 的日子作为起倍日期, 与 $\Delta RD \geq 3.5'$ 的日子作为被倍日期进行两倍。但两个异常时间要符合 296 天的周期。详见 78 页的表格。

(3) 利用不同地区的异常, 预报各个地区的地震。

可通过比较, 判断异常是在我国东部或西部, 华北或是华东, 从而确定发震地区。

东部常用北京、余山、广州三个台的数据; 西部常用河西堡和玉门两个台的数据。

若北京台与余山台的 $\Delta RD < 4.5'$, 北京台与广州台的 $\Delta RD < 5.5'$, 而西部的河西堡台与玉门台的 $\Delta RD \geq 4.0'$, 这视为异常在我国西部, 在进行两倍时, 有两个原则:

① 起倍日期 $\Delta RD > 10.0'$ 与被倍日期 $\Delta RD \geq 4.0'$ 进行两倍。

起倍日期 1972.8.5 北京台—佘山台

$$\Delta RD \sim 10.0'$$

被倍日期	JRD ($'$)	相隔 天数	$T=296$ 天	计算发震 日期	实际发生地震 情况
1972. 9.14	4'	40天	× ×	1972.10.24	× ×
11.1	1'	88天	(3) 88.8	1973. 1.28	1973.1.31 墨西哥7.9级
12.16	4'	133天	× ×	1.28	× ×
1973. 7.26	3.6'	355天	(12)355.2	1974. 7.16	1974.7.13 巴拿马7.8级
1973. 9.23	7'	414天	(14)411.4	11.11	1974.11.9 秘鲁7.5级
1973.10.18	3.5'	439天	× ×	12.31	× ×
10.29	5.9'	450天	× ×	1975. 1.22	× ×
11.22	3.6'	474天	(16)473.6	3.11	1975.3.13 智利中部7.0级
12.21	3.9'	503天	(17)503.2	5.8	1975.5.10 智利南部7.8级
1974. 1.27	3.5'	540天	× ×	7.21	× ×
2.12	4.2'	556天	× ×	8.22	× ×
3.21	3.8'	593天	(20)592.0	11.4	1975.10.31 菲律宾7.6级
4.19	3.5'	622天	(21)621.6	1976. 1.1	1976.1.1 克马德克7.1级
7.6	4.5'	700	× ×	6.5	× ×
8.29	4.5'	754	× ×	9.21	× ×
9.16	4.1'	772	(26)769.6	10.27	1976.10.29 伊里安7.2级
9.20	4.3'	776	× ×	11.14	× ×
10.13	3.5'	799	(27)799.2	12.20	1976.12.21 加拿大7.0级

注: $T=296$ 栏下前面括号中的数字表示周期数, 如(3) 88.8即 $3 \times 29.6 = 88.8$ 天

起倍日期 1972.8.5 河西堡台与玉门台的 $\Delta RD > 10.0'$

被倍日期	京-余 <4.5'	京-广 <5.5'	河-玉 $\geq 4.0'$	相隔 天数	计算发震 时间	实际发生 地震情况
1974.7.1	1.1'	3.0'	1.8'	698天	1976.6.1	5.29 云南龙陵 7.6级
1974.8.11	1.0'	2.2'	4.9'	739天	1976.8.22	8.23 四川松潘 7.2级

② 相邻两个 $\Delta RD \geq 4.0'$ 的日期依次进行两倍

异常日期	京-余 <4.5'	京-广 <5.5'	河-玉 $\geq 4.0'$	相隔 天数	计算发震 日期	实际发生 地震情况
1974.7.4	1.1'	3'	1.8'	41天	1974.9.24	9.23若尔 盖6.0级
8.14	1'	2.2'	4.9'			
10.29	2.9'	4.1'	4'	76天	1975.1.13	1.15 四川九龙 6.2级
1975.2.1	3.1'	5'	4.3'	96天	5.9	5.5 唐古拉山 6.8级
2.2	2.8'	4.2'	5.8'	281天	1976.8.17	8.16 松潘 7.2级
11.10	3.5'	5.1'	4.9'			
12.26	2.4'	3.1'	5.1'	47天	2.12	2.16 云南澜沧 5.6级
12.27	3.8'	4.5'	4.2'	72天	5.19	5.17 乌兹别克 7.5级
1976.3.8	3.2'	4.9'	4'	66天	7.18	7.21 云南龙陵 6.6级
5.13	0.9'	1.7'	4'			

若河西堡台与玉门台的 $\Delta RD < 4.0'$ 而北京台与余山台的 $\Delta RD \geq 4.5'$ ，北京台与广州台 $\Delta RD \geq 5.5'$ 这视为异常在中国东部，可报中国东部地区(包括环太平洋地震带)的地震。

东部地区又有两种情况

如上所述，北京台—余山台的 $\Delta RD \geq 3.5'$ 算作异常，北京台—红山台 $\Delta RD \geq 1.5'$ 算作异常。但实践中发现有时京—红 $\Delta RD \geq 1.5'$ 有异常，而京—余 $\Delta RD < 3.5'$ 没有异常。有时情况相反。

我们又认为第一种情况，异常地区在华北，华北可能是未来发震地点。如1970年8月17日北京台—红山台 $\Delta RD = 1.8' > 1.5'$ ，有异常，而北京台—余山台 $\Delta RD < 3.5'$ 没有异常。如下表所示

被倍日期 1970.8.17 京—红 $\Delta RD = 1.8'$

起倍日期	ΔRD (')	相隔 天数	计算发震 日期	实际发生地震情况
1970.7.25	2.1'	23天	1970.9.9	1970.9.8 邢台4.0级
7.5	1.5'	43天	9.29	9.29 磁县4.0级
4.22	1.5'	117天	12.12	12.12 临清4.3级
3.9	4.6'	161天	1971.1.25	1971.1.26 长山岛4.7级

第二种情况相反，异常地区在华东地区，对应的地震在中国的东部，多半是环太平洋带的两侧。如1971.2.16北京台—余山台的 $\Delta RD = 4.4' > 3.5'$ ，有异常，而北京台—红山台的 $\Delta RD = 1.0' < 1.5'$ ，没有异常。如下表所示。

被倍日期 1971.2.16 北京台—余山台 $\Delta RD = 4.4'$

起倍日期	ΔRD (')	相隔 天数	计算发震 日期	实际发生地震情况
1970.11.7	4.9'	101	1971.5.28	1971.5.29 日本 5.9 级
7.25	4.7'	206	9.10	9.9 库页岛 6.6 级
3.9	13.8'	314	1972.1.26	1972.1.25 台湾 8 级

用磁偏角两倍法,曾较好的预报了几次七、八级大震,取得了可喜的成绩。但由于磁偏角两倍法的应用时间较短,它的特性还没有完全掌握,虚报、错报、漏报的现象还是存在的,而且预报的范围比较广,对震级的估算还是凭经验,所以磁偏角两倍法今后还有待进一步研究提高。

五、排除干扰

如前所述,土地磁是用来测量微弱的地磁场变化的仪器,灵敏度较高,分析时一定要注意排除干扰。对地磁场的干扰因素较多,简述如下:

1. 磁暴 这种现象在地磁观测中经常出现,在日平均值曲线图上往往呈幅度较大的锐利的峰谷,它与太阳黑子耀斑的活动有关。

2. 铁磁性物质的干扰 一是观测人员要注意,不能忽视小铁器件,如手表、小刀、钥匙等的干扰,观测时不要带入地磁房内;二是要注意排除周围运动的铁器,如自行车、汽车、火车以及锄、镰等,一般要求在地磁房 30 米范围内不要有运动的铁器。

3. 工业游散电流和交变电磁场的影响 电厂、变电站、

发射台、电动机、广播器等都有地线，工作时常会向地下漏电，如发生故障更是直接的、大量的向下通电，会强烈的干扰地磁场。此外，这类电器设备工作时还会产生交变电磁场，对附近各种地磁仪将有不同程度的干扰，所以台址的选择要注意远离工业区。

4. 气候的干扰 气候中除雷电外，温、湿度的变化对磁场也有干扰。

5. 其他干扰 还要注意仪器本身，如反射镜的水银变质、脱落、基墩不平整都会带来干扰，分析时也需注意排除。

第六章 地形变测量和土倾斜仪

在地震前,地面往往出现大面积升降、水平距离和倾斜的变化。越是接近发震时刻,地形变化越是显著。人们根据地震前会引起地壳形变的这一特点,采用了各种方法来观测其变化,以作震前预报。本章只介绍几种常用的地形变测报仪器,以供开展预测预报时参考。

一、测量地形变的几种常用方法

1. 大地水准测量

大地水准测量,就是测量大面积地形的升降变化。在地面布置许多线路,沿线每隔几公里埋上一个固定的标志,每隔一定的时间(如一、二年),沿着这些线路用精密水准仪测量每个固定点的高程,与前一次测量结果相比较,就可以知道该地区的升降变化。这种大地水准测量,主要用于探索中长期地震预报。

2. 断层位移测量

断层位移测量的方法,是在断裂带两旁建立几个固定标志,用水准仪定时观测各点间相对高度的变化,或用一种精确度较高的标准尺(一般用铟钢尺),定时丈量各固定点间距离的变化。前一种方法叫做短水准测量,可以了解断层两侧的升



图 6-1 断层位移测量
布置示意图

断层两侧表现比较显著，利用测量和分析断层两侧的升降变化的方法进行地震预报，收到了一定的效果。一般来说，在正常情况下，断层两侧的升降变化和水平位移是很小的，一旦有明显的变化，往往有地震发生。图 6-2 表示断裂带两侧的高差变化曲线特征与地震的对应关系。

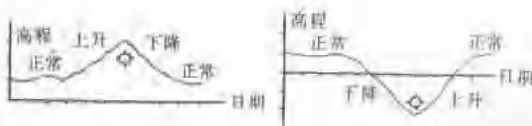


图 6-2 断层位移变化曲线图

3. 地面倾斜测量

1966 年 2 月 22 日在河北省邢台地区有一个测量队，正在测量。忽然发现水准仪中的气泡来回摇动不定。同时，在离该地二百多里的某市中心计量所也发现天平莫名其妙地自动摇摆起来。过后不久，发生了大地震。1970 年 10 月 3 日广东某地在发生 3.9 级地震前的数小时，水准仪气泡也出现摆动幅度小、速度快的现象。显然，这是地震前地面发生倾斜造成的。据某些地区观测，地面倾斜可能在震前 3—5 天，甚

至十余天就会出现剧烈的变化,这是临震预兆。因此,人们也就利用地震前的地倾斜这种前兆现象,来预测和预报地震。

二、土地倾斜仪

1. 重锤式简易倾斜仪和光放大原理

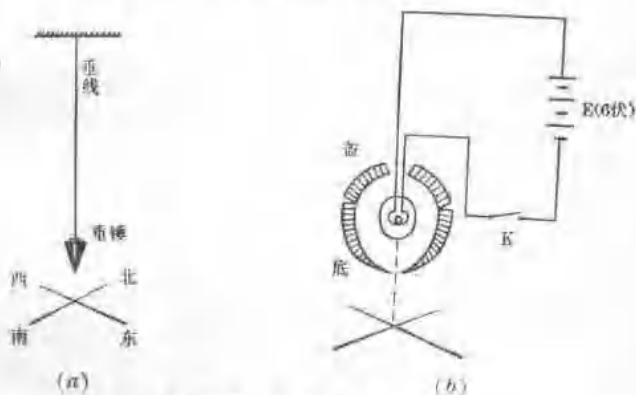


图 6-3 重锤式简易倾斜仪

图 6-3 是重锤式简易倾斜仪。当地面发生倾斜时,就会引起重锤和垂线的偏移(见图 6-4)。

根据重锤偏移的距离和垂线的长度,可算出地面倾斜的角度来。比如,设重锤的偏移距离为 d ,垂线的长度为



图 6-4

L 、偏转角度为 α ，则 $\operatorname{tg}\alpha = \frac{d}{L}$ ；当 α 角很小时 $\alpha \approx \frac{d}{L}$ (弧度) 将弧度换算成角秒

$$\alpha = \frac{d}{L} \times \frac{180}{\pi} \times 60 \times 60 = \frac{d}{L} \times 206265''$$

假如当 $L = 10$ 米 = 10000 毫米, $d = 1$ 毫米时,

$$\text{则 } \alpha = \frac{1}{10000} \times 206265 \approx 21''$$

在一般情况下, 尽管垂线很长, 但由于地面倾斜度很小 (不超过 $1''$), 仍然难以用肉眼直接观察得出重锤的偏移。为此, 还必须借助于光学系统对重锤的偏移距离进行放大观察。光放大读数的方法很简单, (如图 6-5 所示), 作一个正方形的木架 (木架的长、宽都是 25 厘米, 高约 6 厘米), 使其边沿东西、南北方向。在木架的两边各钉一毫米刻度的尺子, 另外两边装上点光源 (小灯泡)。垂线在木架中的位置视选取放大倍数的大小而定。如选放大 5 倍, 就要使灯泡到刻度尺的距离是到垂线距离的 5 倍。如图 (6-7), 设 d 为重锤偏移的距离, D 为 d 在屏上放大的读数, 则

$$\text{放大倍数 } K = \frac{D}{d} = \frac{1+4}{1} = 5(\text{倍})$$

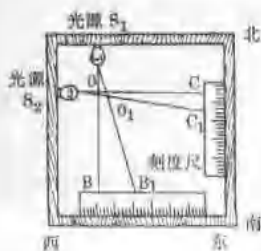


图 6-5

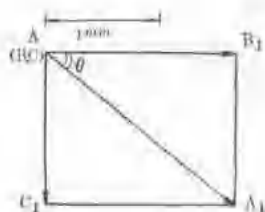


图 6-6

为了避免风吹、虫碰等其他因素的干扰，可用长筒将垂线封闭在筒内。

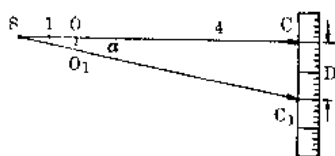


图 6-7

两个点光源照在垂线上可分别在两个刻度尺上各呈一个线影，根据线影在尺子上读数的变化就可计算出大地的倾斜角。

如图 6-5 所示，当地面倾斜时，垂线由原来的 O 点移到了 O_1 点，则线影将分别由 B 移到 B_1 ；由 C 移到 C_1 ，读出 BB_1 ， CC_1 。先做矢量图（见图 6-6），再求出倾斜方向和大小。

倾斜方向：

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{CC_1}{BB_1}$$

θ 角也可以用量角器在矢量图上量取。再求垂线倾斜的距离：

$$OO_1 = \frac{\sqrt{BB_1^2 + CC_1^2}}{\text{放大倍数}}$$

算出倾斜角（如图 6-4）

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{OO_1}{L} \quad L \text{ 为垂线的长度}$$

为了计算方便，可把地倾斜角 α 和其对应的 OO_1 的平方值列成一个数表，只要将每次读数 BB_1 、 CC_1 平方相加，就可在表中查出地倾斜数值来。

在上述直接光放大的方法中，由于点光源不可能作得大小，并且屏上的光影有衍射现象，所以放大倍数也不大。要达到更好的效果，必须采用透镜光放大的方法，在这里就不作介绍了。

仪器的安装方法也比较简单，把一个约 1 公斤的重锤用钢丝(或胡琴弦线)悬挂在 3 米以上的铁架(或屋梁)上，越高越好。在重锤正对的地面上划个“+”字(或用坐标纸)，“+”字的中心正对着锤尖，当地面发生倾斜时，重锤就会偏离“+”字的中心，可看出偏离的方向和大小(见图 6-3a)。也有的在直径约 8 厘米的空心重锤中放一个小灯泡观测光点与“+”字中心偏离的位置，就可以估计地面倾斜的大小(见图 6-3b)。

2. 光放大重锤式倾斜仪

如图 6-8 所示。由悬挂在牢固支架上的重锤和由重锤带动而旋转的小反光镜(凹面镜)，光源、刻度尺等部件构成。当地面发生倾斜时，悬挂重锤的支架因与地面牢固结合也发生倾斜，从而使重锤偏离原来的位置，重锤移动会使悬线带动拨叉使小反光镜旋转，通过光杠杆把这个微小变化放大，显示在刻度尺上。

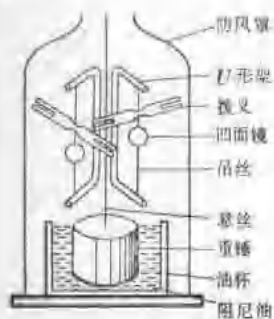


图 6-8

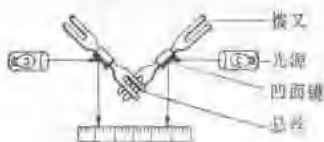


图 6-9

重锤应悬挂在牢固的建筑物上或特别的钢架上。悬线越长，重心越低，它的效能就越好。为了防止气流的影响，在重锤和悬线的外面都应加上防风罩。

重锤最好浸泡在润滑油中，用以起阻尼作用。拨叉的叉口宽度应尽量与悬挂钢丝的直径吻合，安装时两个叉子要调成 90° ，调整光源的位置，使刻度尺上出现清晰的光点（图 6-9）。光源的电压为 6.3V ，是经变压器而得的。仪器支架是选用玻璃棒制成的，因此，受温度影响较小，由于采用悬丝带动拨叉机械放大和光杠杆两种放大措施，故放大倍数较大。

3. 吊锤式倾斜仪警报器

吊锤式倾斜仪警报器是由铜片、重锤、电铃、电源、灯泡等部件组成的（图 6-10）。把重锤的金属吊丝穿过铜片上的小孔，在吊丝和铜片间接上电铃和电池以组成警报器。将此警报器安装在坚固的墙上。当地面倾斜或摇晃时，金属吊丝接触铜片，电路接通，电铃作响发出警报（见图 6-10a）。

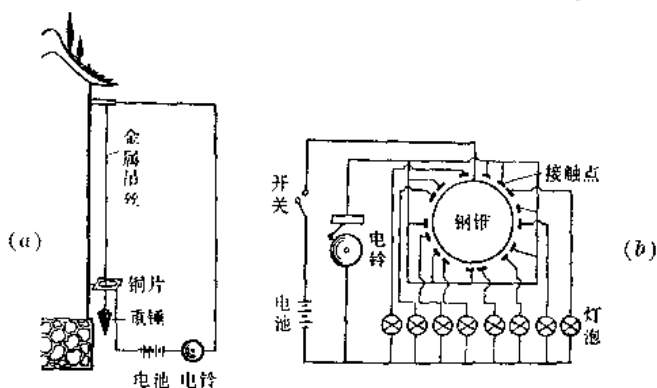


图 6-10 吊锤式倾斜仪警报器

4. 八方向地倾斜警报器。

它是由不同方向的八个触点与吊锤构成电回路，每一触点与一个灯泡及电铃接通。当地面倾斜时，吊丝与触点接触，电铃、灯泡立即发出信号，并指出地倾斜的方向（图 6-10b）。

例如云南省通海县的测报者利用这种警报器，能够反应一百公里内3级以上的有感地震。在震前若干小时或半个月内，就向人们发出信号(见附表6-1)。

表 6-1

发现信号时间	发生地震时	震级	震中	距震中(公里)	信号和发震相隔(时间)
1972年1月5日 8点30分	1月5日 16点24分	4	峨边地区	70	9小时
1月10日 20点	1月23日 10点05分	5.5	石 屏	80	13天
2月23日 16点	2月27日 2点55分	4.8	峨边地区	70	5天
6月22日 22点	7月1日 16点01分	2.8	峨边长溪 之	30	10天
7月4日 16点	7月17日 6点11分	1.8	江川澄江 之	60	14天

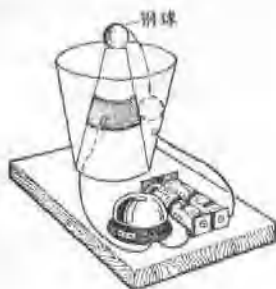
也可以将吊锤警报器加以改装，把它装在一个盒子里。这样，可不受外界风的影响。

5. 落球式倾斜仪警报器

当地面发生倾斜或大地震前地面微微震动和摇摆时，钢球滚落，使电路接通，电铃发响报警。具体制作可参考图6-11。

6. 长水管式倾斜仪

这里介绍的长水管倾斜仪(如图6-12所示)是用塑料管、玻璃管和玻璃瓶所组成的一个连通器。当地面倾斜时(见图6-13)，A端相对于B端升高了 Δh (A中液面降低 $\frac{1}{2}\Delta h$ ，B中



图(6-11)

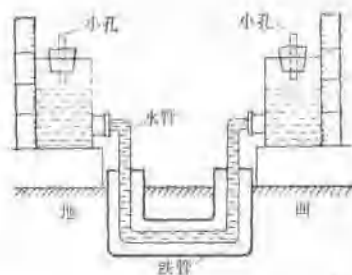


图 6-12 长水管式倾斜仪

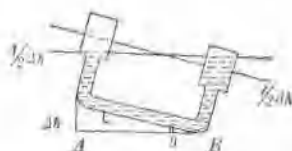
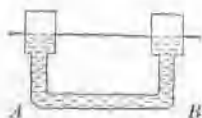


图 6-13

液面升高 $\frac{1}{2} \Delta h$ 。倾斜角为 $\operatorname{tg} \theta = \frac{\Delta h}{L}$ 式中 Δh 为 AB 两端高差变化量； L 为 AB 之间的距离。当 θ 很小时， $\theta \approx \frac{\Delta h}{L}$ (弧度)。把弧度换算成角秒，那么， $\theta = 206265 \frac{\Delta h}{L}$ (秒)。若 θ 以角秒为单位， Δh 以毫米为单位， L 以米为单位。则 $\theta = 206 \frac{\Delta h}{L}$ (秒)

水管长度选择得适当，可大大简化计算的手续。例如，

当 $L = 41$ 米 (或 82 米)，取 $\Delta h = 1$ 毫米时，

则 $\theta \approx 5''$ (或 $2.5''$)

由于地面倾斜变化很小，玻璃瓶内水面的变化也很微小，所以很难用肉眼直接从毫米刻度尺上读出精确的数字。为了提高观测精度，可以加用固定在游标卡尺上的望远镜 (或显微



图 6-14

镜)来进行观测。装置方法如图(6-14)。观测时,调节游标卡尺的微调螺丝,使望远镜中的水平叉丝正好与玻璃瓶内液体的平面相切,即可在游标卡尺上读出液面的所在位置。如果用五十分之一的游标卡尺,就可以读到0.02毫米的精度。

以上介绍了长水管式倾斜仪的一些原理,接下来就可以进行仪器的安装了。先在地面下挖两条1米左右深的沟,一条南北向,一条东西向。然后把水管串进铁管内埋在沟底。铁管的作用是防止塑料管被泥土压扁、阻塞、或虫咬引起漏水。

塑料管的内径约为6毫米,玻璃瓶的内径约为10厘米(玻璃瓶的内径越大越好),自来水管的内径要视塑料管的粗细而定,以不使塑料管被挤扁为宜。

为了防止冬天冰冻,可选用浓度为15%(凝固点是摄氏零下11度)的盐水。往管中注水时,严防气泡流入,以避免干扰。

仪器装好后,所有的连接口都要用石蜡封闭,使管内防止漏气。

水管两端的观测台,必须安装在室内或棚内,要求两端同时观测,以减少由于气候变化所引起的温差干扰。

7. 水管水泡倾斜仪

水管水泡倾斜仪的毛细管内有一个小气泡,当地面倾斜时,两端液面高度的微小变化,可以推动毛细管内小气泡的移

动。当液面重新达到平衡时， A 比 B 升高了 Δh （ A 端液面降低 $\frac{1}{2}\Delta h$ ， B 端液面升高 $\frac{1}{2}\Delta h$ ）， AB 之间的距离为 L 。

$$\text{倾斜角} \quad \operatorname{tg}\alpha = \frac{\Delta h}{L}$$

$$\alpha \approx \frac{\Delta h}{L} \text{ (弧度)}$$

$$\alpha \approx 206265 \frac{\Delta h}{L} \text{ (秒)}$$

设瓶的半径为 R ，毛细管的半径为 r ，气泡移动的距离为 d 。因为这时由 A 瓶流入毛细管的液体为

$$\pi R^2 \cdot \frac{1}{2} \Delta h$$

由毛细管流入 B 瓶中的液体为 $\pi r^2 \cdot d$

$$\text{两者相等} \quad \pi R^2 \cdot \frac{1}{2} \Delta h = \pi r^2 \cdot d$$

$$\text{令} \quad \Delta h = 2 \cdot \frac{r^2}{R^2} \cdot d$$

$$\text{得倾斜角} \quad \alpha \approx 413 \frac{1}{L} \left(\frac{r}{R} \right)^2 d \text{ (秒)}$$

式中： R, r, d 均以毫米为单位， L 以米为单位
仪器的放大倍数

$$K = \frac{d}{\frac{1}{2} \Delta h}$$

$$\therefore \Delta h = 2 \frac{r^2}{R^2} d$$

$$\therefore K = \frac{R^2}{r^2}$$

当：① $L = 1.03$ 米， $R = 100$ 毫米， $r = 2$ 毫米， $d = 1$ 毫米时，
 $\alpha = 0.16''$

② $L = 2.06$ 米， $R = 200$ 毫米， $r = 2$ 毫米， $d = 1$ 毫米时，
 $\alpha = 0.02''$

由此可见，适当地选取材料，可以得到需要的放大倍数，由于放大倍数较高，所以能够计算出微小的地面倾斜变化来。

水管水泡倾斜仪安装方法可参见图 6-15。这个倾斜仪的两端各用一个同样大小的玻璃瓶，中间用很小的毛细管连通，上端用一根气管组成一个连通器。毛细管不宜过细，内壁要光滑。液体要选流动性好、凝固点低的酒精、乙醚、水银等，以减小液体对器壁的附着力。所有的接口都要用石蜡封闭，使之不与外界大气相通。



图 6-15

水管水泡倾斜仪的制作尺寸可根据自己开展活动而定，在此不作介绍了。

这种仪器结构简单，造价便宜，读数精确。但受温度影响较大，灵敏度低。如果液体选用不当，当地面倾斜很小时，气泡可能粘滞不动或自动向高端漂移。为此可把仪器安装在室内以减小温度变化的影响。

三、如何用地倾斜资料预报地震

1. 资料的处理

(1) 以重锤式光放大倾斜仪为例,用表 6-2 来说明。

瞬 时 值

表 6-2

日期		方 向	记录次序(mm)			日 均 值 (mm)	室 温	湿 度	天 气	备 注	观 测 员
月	日		8 时	13 时	18 时						
5	1	东	0	1.9	2.1	2					
		西	0								
		南	0	2.8	3.2	3					
		北	0								
	2	东	2.9	1.4	1.7	4					
		西									
		南									
		北	1.2	2.4	2.4	2					
	3	东	4.8	4.9	5.3	5					
		西									
		南	1.3	2.5	2.5	2.1					
		北									

日 平 均 值

日 均 值		日 期	5						
		均 值	1	2	3	4	5	6	7
东 西 向	东	2	4	5					
	西				1, 2	5	7	6.1	
南 北 向	南	3		2.1	5				
	北		2			2.3	6	7	

① 资料的记录和整理见表 6-2。

② 倾斜方向 例如 5 月 1 日东西和南北方向的日平均值变化量分别为

$$AB_1 = 2 \text{ mm}; \quad AC_1 = 3 \text{ mm}$$

在坐标轴上以东、北为正方向,以西、南为负方向,作矢量图(见图 6-6)。

由
$$\operatorname{tg} \theta = \frac{AC_1}{AB_1} = \frac{3}{2}$$

则
$$\theta = 56^\circ 19'$$

由此可见,地面向东南方向倾斜,而且倾斜的方向与东西方向的夹角为 $56^\circ 19'$ 。 θ 角也可直接从图上量取。

③ 倾斜大小由重锤移动的距离(见图 6-5)

$$OO_1 = \frac{\sqrt{BB_1^2 + CC_1^2}}{\text{放大倍数}}$$

设放大倍数
$$K = \frac{BB_1}{S_1 O} = \frac{CC_1}{S_2 O} = 5 \text{ 倍 (如图 6-7)}$$

垂线的长度 $L = 5$ 米

$$\text{则 } OO_1 = \frac{\sqrt{2^2 + 3^2}}{5} \approx 0.7412 \text{ mm}$$

由地面倾斜角

$$\text{tg } \alpha = \frac{OO_1}{L}$$

$$\alpha \approx 206 \frac{OO_1}{L} = 206 \times \frac{0.7412}{5} \approx 30''$$

由计算可知，5月1日地面向东南方向的倾角是30秒。

④ 作图：

分量图：即以时间为横轴，以某一方向的倾斜量为纵轴，把每个点连接起来所成的曲线，即为某一方向的地倾斜变化曲线。如图(6-16)。

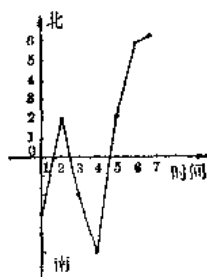


图 6-16 分量图

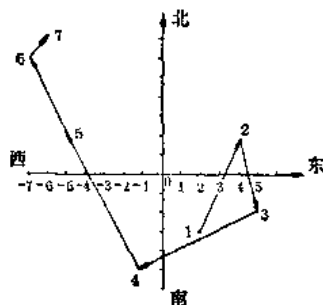


图 6-17 矢量图

矢量图：即以南北向为纵轴，东西向为横轴，把每天的日平均值点在方格图纸上，随后将每天的点连起来所成的曲线，即为地倾斜的日均值矢量图(6-17)。

若以倾斜变化角 $\Delta\alpha$ 与对应时间 t 作图，可得同样结果，这里不再举例。

(2) 以长水管式倾斜仪为例

① 资料的记录和整理(如表 6-3)。

瞬 时 值

(表 6-3)

日期		方 向	记录次序(mm)			日 均 值	东 西 和 南 北 差	室 温	湿 度	天 气	备 注
			8 时	13时	18时						
5	1	东	50	51	52	51	2				
		西	50	49	48	49					
		南	40	41	42	41	2				
		北	40	39	38	39					
	2	东	54	53	55	54	8				
		西	46	47	45	46					
		南	43	45	47	45	10				
		北	37	33	35	35					
	3	东	50.5	45	41	45.5					
		西	49.5	55	56	51.5	6				
		南	41	39	37	39					
		北	39	41	43	41	2				

日 平 均 值 (Δh)

日 均 值		日 期		5	1	2	3	4	5	6	7
		5	1								
东 西 向	东	2	8							3	5
	西				6	5	6				
南 北 向	南	2	10						2		4
	北				2	5				2	

② 倾斜方向 如表 6-3 所示。设水管长度为 82 米，已知从 5 月 1 日至 2 日，东西方向的高差变化量 $\Delta h_{EW} = 8 - 2 = 6 \text{ mm}$ ，南北方向的高差变化量 $\Delta h_{NS} = 10 - 2 = 8 \text{ mm}$ 。

用高差变化量作矢量图(6-18)

算出(或量取)倾斜方向角：

$$\alpha = \frac{\Delta h_{NS}}{\Delta h_{EW}} = \frac{8}{6} \approx 53^{\circ}8'$$

由此可见，从 5 月 1 日至 2 日地面向东偏南 $53^{\circ}8'$ 的方向发生倾斜。

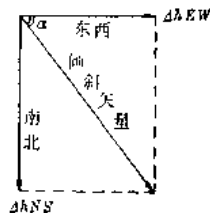


图 6-18

③ 倾斜大小：

$$\text{由 } \Delta h = \sqrt{\Delta h_{EW}^2 + \Delta h_{NS}^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10 \text{ mm.}$$

算出倾斜变化角：

$$\theta \approx 206 \frac{\Delta h}{L} = 206 \times \frac{10}{82} = 25''$$

由此可见，从 5 月 1 日至 2 日，地面向东南方向倾斜了 $25''$ 。

④ 作图：方法与图(6-16、17)相同。

2. 排除干扰因素

在地倾斜观测中，干扰的因素很多。要排除这些干扰，则必须了解这些干扰的来源，影响的机制，变化的形态，针对不同情况采取不同方法予以排除。见表(6-4)。

3. 分析、预报地震

在排除干扰之后，进一步的工作，是研究地震前的倾斜变化规律。在这里，我们介绍几种用地倾斜探索前兆的方法。

一般来说，地震前的倾斜变化形态在分量图上呈“陡变”，在矢量图上呈“打结”、“拐弯”、“S”形等形态。

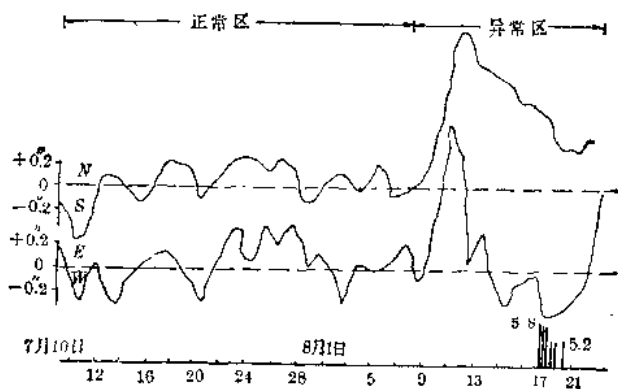
(表 6-4)

编号	干扰源	机制	变化形态			排除方法
			周期	相关量	非周期成份	
1	日照	地层受热不均匀,发生弯曲变形	月变化 年变化	温度	与气候有关	1. 改善观测条件,建造地下室等。 2. 改变观测方法 3. 数据处理中,用相关分析、分阶分析法扣除
2	气压	地层在大气压力梯度作用下弯曲变形	不定	压力	同上	
3	海潮	地层在海潮潮水压力下弯曲变形	半日潮 全日潮 混合潮	潮位	同上	
4	固体潮	太阳、月亮对地球的吸引力	同上	日月相对位置		
5	负荷	地层在重物持久负荷下发生局部弯曲		非周期性变化		
6	爆破	爆破点破坏后引起周围介质的应力调整,导致地表变形				
7	恶劣天气	由台风、寒流、大雪、暴雨引起的地表变形				
8	室内环境	室内温度、压力、湿度对台基或仪器的影响				
9	零漂点移	与吊丝底盘、台基的不稳定性有关	一般认为是线性变化			

注: 除上述各点(排除方法)外,主要是改进仪器。

震例 1: 图 6-19 是云南昭通台在四川马边地震前后的单分量速度图(即 $\Delta\theta \sim t$ 曲线),在正常情况下,倾斜变化速度小于 0.3 角秒/日,但是,在震前 9 天突然上升至 102 角秒/日,

震前 6 天达到顶峰,然后下降,在下降过程中发震。震后 5 天才恢复正常。



图(6-10) 昭通台对马迪地震的反应(1971年8月16日
 $M = 5.8$ $\Delta = 160$ 公里)

震例 2: 云南省建水一中地震测报组在专业台站同志的帮助下,把地倾斜的观测数据(如日平均、旬平均值)作出矢量图,分析它和地震的对应关系,经过总结,大约会出现地震前速度增大的情况:

地震前平稳打结,速度增大(即一天内的倾斜变化量很大),即为在 1~3 天或当天就发生地震。1971 年 6 月 14 日云南曲江发生 3.5 级地震(图 6-20)和 1972 年 1 月 5 日石屏——峨山发生 4.8 级地震(图 6-21),就是 1~3 天和当天就发生地震的两个例子。

震例 3: 图 6-22 是上海松江二中对长水管式地倾斜仪观测数据所做的矢量分析图。可以看出,从 1978 年 5 月 25 日至 6 月 14 日这段时间内,共发生 4 次地震,每次发震都有较

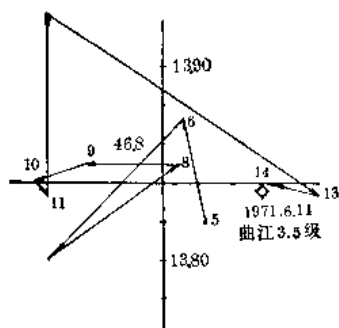


图 6-20

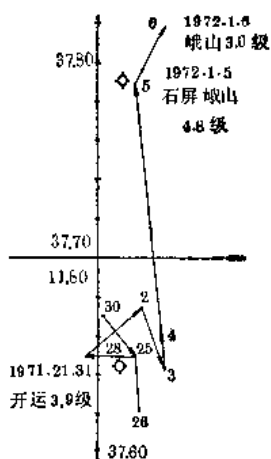


图 6-21

好的对应关系。

比如：5月25日地面向北倾斜，经过三天于28日在肥东发生一次2.3级地震；5月29日向西南倾斜，经过4天于6月2日在嘉兴发生一次0.8级地震；6月10日向北倾斜，经过1—2天，于11日和12日分别在黄海发生一次2.3级地震，在日本发生一次7.3级地震。

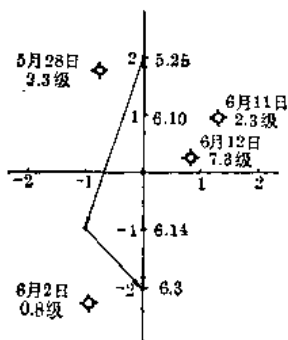


图 6-22

4. 地倾斜与地震三要素的关系

通过几年来大量分析预报工作实践表明：震前地倾斜是有前兆的。但是由于各地的观测条件、地质条件的差别，震前的倾斜变化与地震三要素的定量关系，还

无确切结论，提出以下几点供参考：

(1) 时间：一般认为震级越大，出现异常的时间越早。如五、六级地震，异常多出现于震前1~5天；六、七级地震，异常多出现于震前十几天或1~2个月。也有人认为，异常出现于震前几个月~一年，由长期变化来判断。

(2) 震级：一般认为，震级越大，地倾斜异常幅度也越大。例如对于一、二百公里范围内的四、五级地震，异常幅度常在百分之几至十分之几角秒。

(3) 地点：一般认为，一定的台站对一定地区的地震，其倾斜方向与震中方位有一定的角度关系。有的指向震中，有的背向震中，有的则是垂直于震中。也有人认为倾斜方向与震中方位，两者毫无关系，持不同看法的现象在震例中都有。

前面所讲的变化关系，远非定论，有待进一步总结与分析。

我们相信，在毛主席革命路线指引下，依靠群众，反复实践，大打人民战争，定能用好地倾斜仪来为地震预报服务。

第七章 地 应 力

任何物体在外力作用下，其内部会产生一个与外力相对抗以保持平衡的内力，单位面积上的内力称为应力。

我们居住的地球在日夜不停地运转着。由于地球自转速度的不均匀，和太阳、月亮及其他行星对地球的引力，因此地壳各部分的岩石便受到巨大的作用力，岩石受力后同样也会产生一种与作用力相抗衡的内力，地壳岩石中单位面积上的这种内力叫做地应力。

随着地应力长期积累和增长，岩石会发生弯曲、倾斜、变形，当应力大到超过岩石的强度极限时（如，粗粒花岗岩超过1200公斤/厘米²，或玄武岩超过5000公斤/厘米²），岩石就会发生破碎、断裂和错动，并急剧地释放出巨大的能量；这种能量也就是我们通常所说的地震。一般来说，地震的孕育和发生的过程，就是地壳岩石中地应力积累和释放的过程。在这个过程中，地应力值必然会从相对平衡、变化不大的正常状态，转化为强烈变化的异常状态。由此可见，地应力值的异常变化是地震的一种前兆现象。下面向大家介绍几种测量地应力变化的土仪器。

一、土水压应力仪

1. 原理。土层是一种弹塑性体，当地应力发生变化时，

土层受到挤压,土层中的水受挤压后会顺着一定的通道活动,因此可利用通道中水的活动情况来观测地应力的变化。

2. 制作与安装。将一段长一米左右的自行车内胎两端严加封闭,胎内灌注蒸馏水,在内胎上开一小孔(能利用原胎上的打气孔更好),在孔上安上玻璃管(玻璃管的内径越细越灵敏),埋入地下两米左右深处,在露出地面的玻璃管上端附上标尺,这样一个土水压应力仪做成了,即可用它来进行观测(见图7-1)。

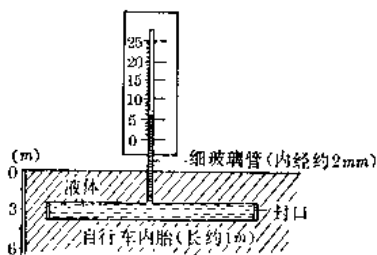


图7-1 土水压应力仪

二、碳粉应力仪

此仪器是通过测出电阻变化的大小来反映应力变化的大小的。它由探头和测量仪表两部分组成。

1. 探头(见图7-2) 此探头由4个碳粉元件I、II、III、IV按 45° 交角用金属胶水粘合于一个铜环内。铜环是用弹性较好的铜管经车床车制而成,环的内径约52毫米,高50毫米,环壁的厚约0.4毫米(如果没有条件用车床加工制成上述所要求那样的铜环的话,可用0.4毫米厚的薄铜片弯成圆筒形,尺寸同上,然后在接口处用焊锡焊牢,并将焊缝锉平。用焊锡焊接而成的铜环,要比车制而成的铜环的精确度差些)。环外套上塑料圆筒(装炮弹用的塑料筒和普通软塑料筒都行,但其内径须以铜环紧紧嵌入塑料筒内为准),然后将塑料筒的

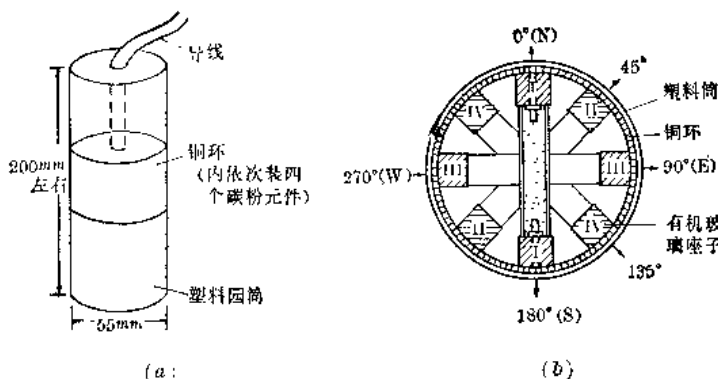


图7-2 探头剖面图

盖和导线出口处用环氧树脂胶把它封闭着(见图7-2a),以防
水渗入筒内。塑料筒壁内不放铜环的话,也可将碳粉元件直
接粘接在塑料筒内壁。碳粉元件(图7-3)系用医用听诊器上
的乳胶管套在有机玻璃棒车制的绝缘座子上(如无有机玻璃,
用塑料棒等其他绝缘材料都行),管内充填碳粉,为了增加碳
粉的弹性,在碳粉中掺上适量的橡皮粉(可用普通的橡皮在锉
刀上锉成粉),两者的重量比是4:3(4份碳粉,3份橡皮粉),
每个元件通过焊在其两个电极(可用装半导体收音机用的空
芯小铆钉)上的导线引出,接至测量仪器上。元件内碳粉充填
量的松紧在元件制好后,可用万用表(放在电阻档)测量检验,
每个元件的阻值要求在 $100\sim 500\Omega$ 之间为最佳。探头埋入



图7-3 碳粉元件

地下后，乳胶管内的混合物（碳粉和橡皮粉）就成了一个可变电阻（受压应力作用下阻值减小，反之在张应力作用下阻值则增大）。当地震前，地应力发生变化时，作用在探头上的水平应力也随之变化，于是元件产生压阻效应，即元件的电阻值发生变化，通过测量电阻或流过电阻的电流的变化，便可了解地应力的变化，从而达到预测地震的目的。

探头的埋设有一定的条件，探头应安装在岩石层中或硬土层中，引出线越短越好，以减少温度变化的影响。

探头如安装在岩石层内时，先打一个深约 3 米的孔，孔的口径稍大于探头直径即可。然后在孔内填入 1 米左右的砂土后再放入探头，并在探头与孔隙中灌注膨胀水泥（水泥内不要掺砂子），如无膨胀水泥时可在普通水泥内加上石膏作代用品。

探头安装在硬土层时，孔的深度应大于 2 米，最好是埋于粘土层，探头埋入后，应在探头与孔隙之间用粘土填结实。

无论探头埋入岩石层与土层中，其 0° 标线都要对准地球磁北极，以利分析时判明方向。

2. 测量仪器（见图 7-4） 它是由 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 四个电阻

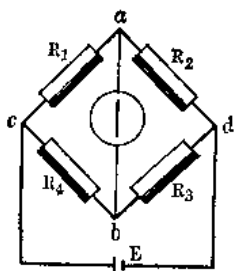


图 7-4 电桥原理图

构成的一个简易直流电桥。在电桥的 c 、 d 两端接上一个电源 E ，电流就通过两个分路（ R_1 、 R_2 和 R_3 、 R_4 各一路），从电源的正极流向负极。如果四个电阻的阻值能满足 $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$ 的条件，那么， a 、 b 两端的电位相等。在 a 、 b 端接入一电流表，当表内无电流流过时，表针指值为 0。

这是表明电桥处于平衡状态，电桥中 a 、 b 两端的电位相等。当电表上的指值不为零时，这说明 a 、 b 两端的电位不相等。电桥上已有输出（这是由于四个电阻中某一个电阻值已起变化），电表上的指示值越大，说明电阻值的变化也就越大；反之，电阻值的变化也就越小。如果将电桥中的 R_1 电阻用探头来代替，并调整电桥中的其他电阻，使之平衡无输出。当地应力发生变化时，探头中元件的阻值也会随之起变化，电桥平衡破坏，电表上就有指示值出现，电表上的指示越大，这说明探头内的阻值变化也大，探头内的阻值变化大小也是反映地应力变化的大小，因而通过电表的指示可直接观测出地应力变化的情况。以上介绍的是用电桥来观测地应力的一般原理，下面介绍一下两种实用的实际线路。

3. 简易型电桥测量线路（见图 7-5 其简化图见图 7-6）。它的原理同图 7-4 中介绍的原理相同。在图 7-5 中，电阻 R_1 、 R_2 用一对互相垂直的碳粉元件（ 0° 与 90° ，或 45° 与 135° ）代替的（两个元件同时接入电桥叫做半桥测量。这样可提高灵敏度和减小温度变化引起的干扰影响）。电阻 R_3 、 R_4 用一只电位器 W_2 代替。探头埋入地下后，利用 W_2 调节电表，使其指值为“零”。如果以后指针偏移了，则说明碳粉元件在起变

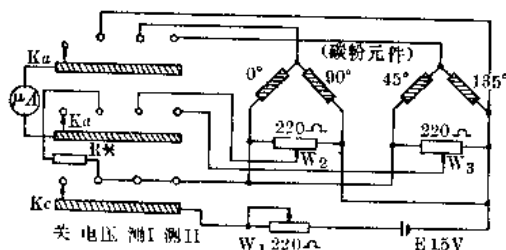


图 7-5 简易型电桥测量线路

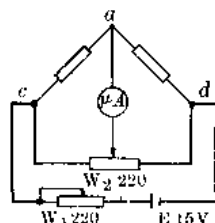


图 7-6 化简图

化,即是地应力的变化。电流表应选用双向的,这样可确定地应力方向(可在探头埋入前作一试验:在 0° 方向加一压力指针右摆, 90° 方向加一压力指针左摆)。另外,指针偏移角度还与电源电压有关,因此每次测量前应调节 W_1 ,使 c 、 d 两端的电压为 $1.2V$ 。

4. 关于元件的选用问题 电流表可用 $\pm 25\mu A$ 、 $\pm 50\mu A$ 或是 $\pm 100\mu A$ 的双向微安表,用灵敏度高的微安表来测量灵敏度较高。 W_2 、 W_3 可用 $220\sim 470\Omega$ 的带锁紧螺帽的电位器(此种电位器上多一个锁紧螺帽,当电位器调整完毕后,旋紧此螺帽,电位器的转轴就不能再转动), W_1 可用 $150\sim 220\Omega$ 的任何种类的电位器, K 用一只 3×4 的波段开关, R_* 须根据电流表的灵敏度和内阻进行调整,当 K 拨至“电压”档时,电表即用来测量 c 、 d 两端的电压是否为 $1.2V$,此时表头须串联一分压电阻 R ,防止流过电表的

电流过大而烧毁电表。 R_* 的确定方法可参看图7-7。在 a 、 b 两端并上一万用表(万用表拨至直流 $5V$ 或 $10V$ 档),先将 W_2 旋至阻值最大处,调节 W_1 使万用表上的读数为 $2V$,然后调节 W_2 ,使电流表指示满

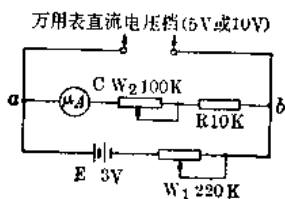


图7-7 R 的确定方法

度,如此时万用表指示偏离 $2V$,亦要重调 W_1 和 W_2 ,使万用表指示的读数为 $2V$,且电流表指示满刻度,然后不动 W_2 ,调大 W_1 ,使万用表指示 $1.2V$,记住此时电流表指示针所指位置(可用红漆在电流表刻度牌上作一记号),最后焊开 W_2 与电流表连接这一头的线,用万用表测量 c 、 b 两端电阻值,此阻值即为 R_* 的阻值。

仪器安装完毕后,待探头在地下稳定一个时期(稳定时间为半个月以上)即可进行调整使用。

5. 调整 将波段开关置“电压”档,调节图7-5中的 W_1 ,使表头指示1.2V(已作的记号处),然后将波极开关放至“测一”、“测二”处,并分别调节仪器内部相应的带锁紧螺帽的电位器 W_2 和 W_3 ,使表头指针处于正中位,然后锁紧电位器(如电位器上无锁紧螺帽的,只要在调节后用漆将转轴封住即可),这样,可不必每次测量时重复调整了。

6. 使用

(1) 波段开关放于“电压”档,调节 W_1 ,使表头指示1.2V,如电压不够,须更换电池。

(2) 波段开关分别放在“测一”、“测二”的位置,记下表头上的读数。

(3) 测量完毕后,将开关置于“关”处,以防耗电。

(4) 当某组读数超出表头读数范围时,则该组读数须按调整中介绍的方法重新进行调整。

提高型电桥测量线路(图7-8)。利用平衡电桥测量,并

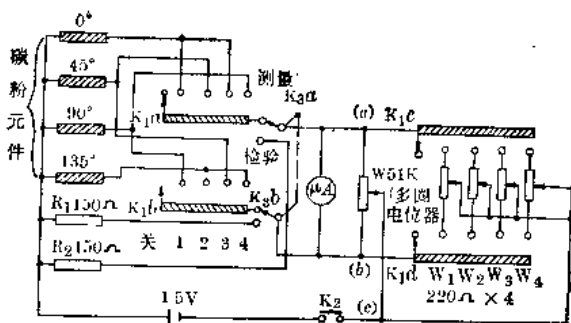


图7-8 提高型电桥测量线路

由精密线绕多圈电位器读数。其简化图见图 7-9。在图 7-9 中所示的是一直流电桥, R_1 、 R_2 为两个碳粉元件, 作为电桥的两个臂, 另外两个臂为电位器 W_1 , 在 W_1 旁又并联了一个多圈电位器 W_2 。探头埋入地下后, 接通电源, 将 W_2 滑臂置于中点, 调节 W_1 , 使电表指示为零(即电桥平衡)。当地应力变化

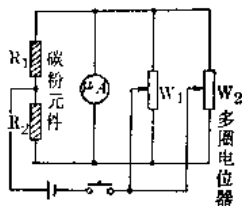


图 7-9 简化图

时, R_1 、 R_2 阻值会随之而变化, 电桥平衡破坏, 表针移动, 我们可以调节多圈电位器的滑臂, 使电桥重新处于平衡状态(表针为零点), 此时多圈电位器的精密读数可间接反映出地应力的。为了便于对地应力进行分析比较, 图 7-8 中的电桥线路中加接了一个波段开关, 可分别进行四组测量。第一组电桥中接入 0° (N 向) 和 90° 两个碳粉元件(即图 7-2 中元件 I、III); 第二组为 45° 和 135° (元件 II、IV); 第三组为 0° 和 45° (元件 I、II); 第四组为 90° 和 135° (元件 III、IV)。

元件选择 表头同简易型, W_1 — W_2 为 220—470 Ω 带锁电位器, W_0 为线绕多圈电位器(带刻度), 多圈电位器的转轴能旋转十周, 因而多圈电位器的读数能精确到千分之一, 刻度的读数方法为: 电位器的转轴(c)与(a)端接触时, 读数为“0”, 转轴旋转一周时, 百位数的读数为“1”以后每旋转一周百位数的读数进“1”, 另外在转轴旋转的每一周内作一百等分的刻度, 作为十位数和个位数的读数。例如读数为 763, 说明转轴旋转了七又百分之六十三周, 即(c)与(a)端间的阻值为总阻

值的 $\frac{763}{1000}$ 。多圈电位器的阻值 1~2K。 K_1 为 4×5 波段开

关, K_2 为按钮开关(普通小开关亦可), K_1 为 2×2 拨动开关。

7. 仪器调整及使用

在使用前, 先要把各项参数调整好, 调整仪器的步骤大概可分两步。

第一种: 待埋入地下的探头参数稳定后, 便可将探头按图 7-8 接入仪表并将开关 K_1 放于“测量”位置, 调多圈电位器使指示 500 处(此时, 多圈电位器轴置于中点, 即图 7-8 中(c)到(a)(b)两端的阻值相等), 再将波段开关分别掷于“1”、“2”、“3”、“4”位置, 接通 K_2 , 分别调节 $W_1 - W_4$, 使表头指零, 然后锁紧电位器, 这样, 不必每次测量时再重新调节了。

第二种步骤: 将开关 K_1 放至“检验”处, 波段开关分别置“1”、“2”、“3”、“4”, 接通 K_2 , 调节多圈电位器 W_0 , 使表针指零, 记下每组的多圈电位器读数, 供以后检验时参考。仪器的参数基本已调整好了, 接下来就可以作正常的预测使用。先将开关 K_1 至“测量”处, K_1 分别放于“1”、“2”、“3”、“4”处, 接通 K_2 , 调多圈电位器使表头指零, 记下每次多圈电位器读数。每组在测量前可先将 W_0 调至上次测量时该组数值, 可提高测量精度和节省电池。

如某组读数变化较大时, 可将开关放于“检验”处, 调节多圈电位器 W_0 , 使表头指示零。如电位器读数与调整(2)记录的数值相差不大, 说明仪器测量部分工作正常。

当某组多圈电位器读数小于 100 或大于 900 时(即图 7-8 中转轴(c)与(a)端的阻值小于总阻值的 $\frac{1}{10}$ 或大于 $\frac{9}{10}$ 时), 该组就须按调整(1)的步骤重新调整, 以保证测量灵敏度。

测量完毕后, 断开 K_2 , 将 K_1 拨至“关”处。

电池的电压不能太低,否则,仪器的灵敏度就会降低,应注意及时更换新电池。

上述两种测量线路中前一种制作较容易,后一种较灵敏精确,因其利用平衡电桥作测量,读数受电源波动的影响小,且用多圈电位器读数能精确到千分之一(多圈电位器每旋转一周阻值就改变十分之一,而每一圈又可用刻度将读数分成一百等分)。但多圈电位器不易买到,下面介绍两种多圈电位器的替代方法。

图7-10中所示的是用一只 2×10 的波段开关(如没有可用 2×11 的代替,空去一掷焊片)、一只 100Ω 的X型线性电位器和十八只 100Ω 的电阻所组成的。利用波段开关作粗调,开关每换一档,电位器滑臂阻值的变化是总阻值的十分之一,而用电位器 W_0' 作细调,在 W_0' 上装一旋纽,在面板上根据 W_0' 的旋转角度划上一百等分的刻度,这样也就能读出千分之一的电阻值变化了。接线方法为 K_0 的“0”焊片接图7-8的“a”点, K_0 的“9”焊片接“b”点, W_0' 的滑臂和原来 W_0 一样接“c”点,读数方法为电桥平衡时, K 置图7-10的哪一焊片百位读数即是 m , W_0' 旋纽指面板上刻度为 n ,后二位读数即为 n 。如 K 置4, W_0' 指63,读数即为463。安装时注意十八只

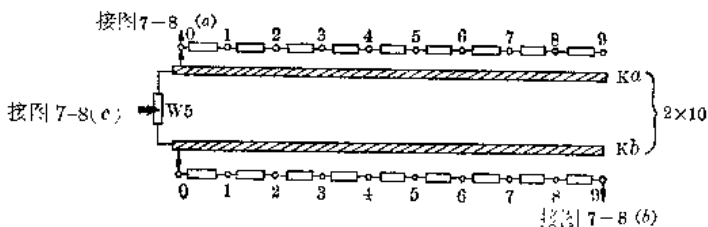


图7-10 多圈电位器代换法
(图中 K 与 W_0' 均为 100Ω)

电阻阻值和电位器阻值尽可能相等(不一定要 100Ω ，但阻值要相等)，否则，会影响测量精度。

另一种多圈电位器的代替法见图 7-11。在图 7-11 中所示的是用一只 4×100 波段开关，9 只电阻 (100Ω 、 200Ω …… 900Ω) 及一只电位器组成的线路。接线方法只要参看图 7-11 即可，读数同上。

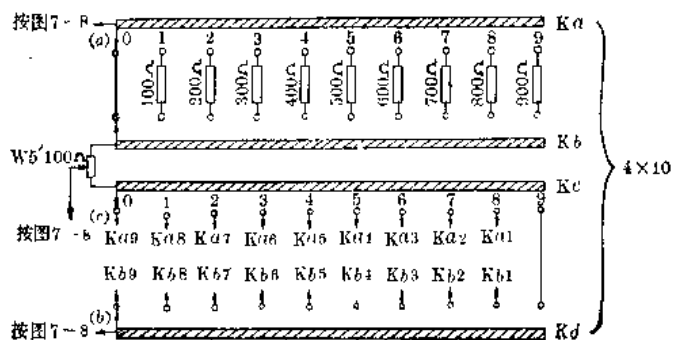


图 7-11 代替法二

三、观测数据的处理

由于地应力变化缓慢，每天观测 1~2 次即可(如曲线变化较大时，可适当增加次数)，但每天的观测须定时，并将观测结果填入表内(见表 7-1)。

表 7-1

观测时间	观测数据				备注
	1	2	3	4	

其中干扰情况应在备注中加以说明，因为应力仪是用碳粉作探头的，存在着温度和湿度的影响。每天不同时间及季节气候的转变，都会引起探头和导线伸缩变化，使电阻值和电流发生变化，另外探头在土层内埋得过浅的话，还会受降雨等影响，但这些变化还是有一定规律的。

观测的数据每天求一个日平均值，然后以时间为横坐标，以观测值为纵坐标，在方格线上作曲线图。根据变化的规律，排除干扰因素，结合其他地震前兆，找出其变化与地震发生的对应关系。

第八章 其 他

一、水 化 学 分 析

(一) 水硬度的测定

地震前，由于地层变化，地下水的化学成份会发生改变。因此，对地下水进行化学分析，观察其异常变化，可以作为测报地震的一种手段。用作地震测报的地下水化学分析的项目有好几种，这里主要介绍其中的一种——水的硬度的测定方法。

水的硬度主要是由于水中溶有钙盐和镁盐而形成。水的硬度可分为暂时硬度和永久硬度两种。暂时硬度主要是由水中钙与镁的重碳酸盐〔即酸式碳酸盐 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 、 $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ 〕所形成。当水煮沸时它们可以形成不溶于水的碳酸钙(CaCO_3)、碳酸镁(MgCO_3)沉淀而除去。因此，称为暂时硬度。永久硬度主要是由钙与镁的其他盐类(硫酸盐、硝酸盐及氯化物)所形成。这些盐类，一般在加热后不会分解。因此，它不能用一般的煮沸法除去，故称永久硬度。暂时硬度与永久硬度的总和，称之为总硬度。

$$H_{\text{总}} = H_{\text{暂}} + H_{\text{永}}$$

$H_{\text{总}}$ ——总硬度

$H_{\text{暂}}$ ——暂时硬度

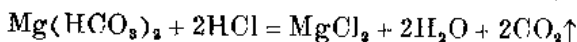
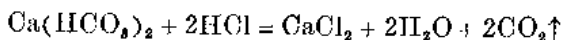
II_永——永久硬度

硬度单位,我国目前常用的是“度”,和毫克当量/升。1度相当于每升水中含有10毫克的氧化钙(CaO),1毫克当量/升硬度相当于含有CaO 28.04毫克/升。所以,它们之间的换算关系是1毫克当量/升=2.804度,这里采用的单位是毫克当量/升。

(二) 暂时硬度的测定

1. 测定原理

溶在水中的钙与镁的重碳酸盐,可以定量地与酸作用,因此可根据中和滴定的原理,选用合适的指示剂用盐酸标准溶液滴定水样。根据滴定过程中消耗的盐酸的体积,可算出水的暂时硬度的数值。滴定时发生的化学反应为



2. 仪器和试剂

移液管(100毫升,也可用100毫升量筒代替)

滴定管(酸式)

滴定管夹

铁台

锥形瓶(250毫升)

0.1N 盐酸溶液。(准确量取9毫升比重为1.19的分析纯盐酸,注入1升容量瓶中,用蒸馏水稀释至刻度,比盐酸溶液的当量浓度接近0.1N。)如果配制的盐酸不是1升时可按上述比例计算。

按上述方法配制出来的盐酸溶液的当量浓度,只能说接近0.1N。如果要知道它的准确浓度,需加以标定。由于在地

震测报中,我们一般只需掌握其变化状况,故在使用同次配制出来的酸时,即使不加标定,问题也不大。

甲基红——溴甲酚绿混合指示剂。称取 0.03 克甲基红及 0.1 克溴甲酚绿,溶于 100 毫升酒精中。

指示剂也可用 0.1% 甲基橙代替,其配制方法是称取 0.1 克甲基橙,溶于 100 毫升蒸馏水中。

3. 测定步骤

用移液管或量筒量取 100 毫升水样放入锥形瓶中,加入混合指示剂 6 滴左右,用盐酸标准溶液滴定至溶液由绿色变为红色为止。记下盐酸的消耗量(V_{HCl})。

如果用甲基橙作指示剂,滴定时加 2 滴甲基橙,用盐酸滴定至溶液由黄色变为橙红色为止。

4. 计算

$$H_{\text{暂}}(\text{毫克当量/升}) = \frac{N_{\text{HCl}} \times V_{\text{HCl}}}{V_{\text{水}}} \times 1000$$

N_{HCl} ——盐酸标准溶液的当量浓度

V_{HCl} ——滴定中消耗盐酸标准溶液的体积(毫升)

$V_{\text{水}}$ ——水样体积(毫升)

例:在一次测定中,锥形瓶中加入 100 毫升水样及指示剂后,用 0.1N 盐酸进行滴定,滴定中消耗了 5.1 毫升盐酸,则

$$\begin{aligned} H_{\text{暂}} &= \frac{N_{\text{HCl}} \times V_{\text{HCl}}}{V_{\text{水}}} \times 1000 = \frac{0.1 \times 5.1}{100} \times 1000 \\ &= 5.1(\text{毫克当量/升}) \end{aligned}$$

可以看出,如果在分析中水样的体积为 100 毫升,盐酸的当量浓度正好为 0.1N,则滴定中消耗的盐酸标准溶液的体积即为水的暂时硬度的数值(毫克当量/升)。

(三) 总硬度的测定

1. 原理

水中的钙、镁离子能与乙二胺四乙酸二钠 (E. D. T. A.) 化合成稳定的无色络合物。某些特殊的指示剂,如铬黑 T、铬蓝 K 等也能与钙、镁离子结合成有色的络合物,但不如 E. D. T. A. 与钙、镁离子生成的络合物稳定。当用 E. D. T. A. 标准溶液滴定时,溶液中指示剂与钙、镁离子的络合物转化为 E. D. T. A. 与钙、镁离子的络合物而将指示剂本身游离出来,这样根据指示剂颜色的变化,确定滴定终点。根据滴定中 E. D. T. A. 的消耗量计算水中钙、镁离子的总含量即总硬度。

2. 仪器与试剂

移液管(50 毫升,也可用量筒代替)

滴定管(25 毫升)

量杯(10 毫升)

圆锥烧瓶

0.05N E. D. T. A. 标准溶液(称取 9.3 克 E. D. T. A. 溶于蒸馏水中,然后再加蒸馏水稀释至 1 升。此溶液的浓度接近 0.05N)。

氯化铵——氨水缓冲液(称取 67.5 克氯化铵,加蒸馏水使溶解,加入 570 毫升浓氨水,再加蒸馏水稀释至 1 升。此缓冲液的 $\text{pH} \approx 10$)。

铬黑 T 指示剂(称取 0.5 克铬黑 T 及 4.5 克盐酸羟胺溶于 100 毫升无水酒精中。)

3. 测定步骤

用移液管或量筒量取 50 毫升水样于锥形瓶中,加 5 毫升氯化铵——氨水缓冲液及 6 滴铬黑 T 指示剂,用 E. D. T. A.

标准溶液滴定至溶液由红色变为纯蓝色时,即为终点。根据 E. D. T. A. 的消耗量,可算出水样总硬度的数值

4. 计算

$$H_{\text{总}} = \frac{N_{\text{E. D. T. A.}} \times V_{\text{E. D. T. A.}}}{V_{\text{水样}}} \times 1000$$

例:在一次测定中,锥形瓶中加入 50 毫升水样及铬黑 T 指示剂后,用 0.05 N E. D. T. A 标准溶液进行滴定。滴定中耗去 E. D. T. A 6 毫升,则

$$\begin{aligned} H_{\text{总}} &= \frac{N_{\text{E. D. T. A.}} \times V_{\text{E. D. T. A.}}}{V_{\text{水样}}} \times 1000 \\ &= \frac{0.05 \times 6}{50} \times 1000 = 6 \text{ (毫克当量/升)} \end{aligned}$$

可以看出,如果 E. D. T. A. 的浓度正好是 0.05 N 水样体积取 50 毫升,则滴定中消耗的 E. D. T. A. 标准溶液的体积(毫升)即为水样的总硬度的数值(毫克当量/升)。

(四) 永久硬度

永久硬度的数值可根据 $H_{\text{永}} = H_{\text{总}} - H_{\text{暂}}$ 算出

例:水样的总硬度为 6,暂时硬度为 5.1,则永久硬度是

$$H_{\text{永}} = H_{\text{总}} - H_{\text{暂}} = 6 - 5.1 = 0.9 \text{ (毫克当量/升)}$$

采集水样的井应该是经常使用的深水井,每天要固定时间,固定一口井采集水样。采取的水样应离水面 1 米深的水。盛水样的瓶子应先用采集来的井水样冲洗 2—3 次,然后再把井水装入水样瓶中,作待测水样用。

采取抽水机设备的井水(机井水)时,应先开机抽水数分钟,把积留在水管中的杂质冲洗出去,然后采样分析。水样采集后,应尽速分析。

二、水 氡 观 测

我国广大地震工作者遵照伟大领袖毛主席关于“备战、备荒、为人民”的教导，及敬爱的周恩来总理对地震工作的一系列重要指示，近年来在各地广泛开展了测定地下水氡含量预报地震的科学实验。在毛主席革命路线指引下，经过近几年地震预报观察，实践表明有些井的地下水氡含量在地震前有明显的变化，而且已多次用地下水氡含量预报取得了显著的成绩。

氡是一种放射性元素，它是铀、镭蜕变过程中的中间产物。铀、镭这两种元素虽然很少，但在岩石里面还是有的，它们蜕变后放出来的氡就存在于岩石的孔隙、裂缝或地下水中。由于地应力的变化就改变了地壳中的物理、化学状态，影响到射气系数，或由于应力的变化使基础发生破裂（那怕是很微小的破裂），增加了地下水和岩石的接触面。从而使地下水中的含氡量发生变化，可见观测地下水中含氡量的变化可以间接地了解地壳中应力变化的情况。

目前测量地下水氡含量的仪器有 FD-105、FD-118 等，其中 FD-105 使用得较为普遍。

三、地 温 测 量

地震前，在地壳应力发生变化时，往往有可能在地壳应力的变化中，会有一部分机械能转化为热能的，从而导致地震前，震源附近的地温增高。根据这种地震前在震源附近地温

会升高的现象，人们用来为预测地震服务。利用地温变化进行测报活动的方法很多，本书只介绍两种观测地温的土仪器及方法，以利学校开展地震测报活动。

1. 土地温观测器

土地温观测器的原理是，利用埋在地下铁桶内玻璃管中水银柱的变化，来得知地温变化的，如图 8-1 所示。

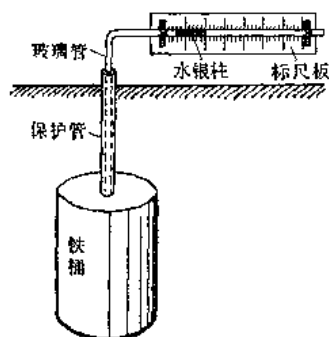


图 8-1 土地温观测器

先取一只高约 35 厘米、直径约 50 厘米的铁桶（平时家里汲水用的铁皮桶），和一根长约 200 厘米，粗约 1~1.5 厘米的保护管（玻璃管或塑料管都行）。然后把保护管插入桶的中央（保护管不要插到桶底），与

桶一起埋入土中（见图 8-1）。埋设的深度可根据当地地温变化而定。再在埋入土中的保护管中插入一根呈“Γ”型的细玻璃管。这样“Γ”型玻璃管如没有现成的可以自己制作，方法很简单，只要把一根直玻璃管放在酒精灯上面加热弯曲制成所需要的“Γ”型就行了。在露出地面的一段横玻璃管内装上一小点象绿豆那样大小的水银，在玻璃管的后面装上标尺板，以供观测记录时用。这样“Γ”型玻璃管的两头可以把它封起来，也可以不封它，但均要把“Γ”型玻璃管放水平，以免在不封住玻璃管的情况下水银自行滑出。就这样，一个简单的土地温观测器就安装好了。土地温观测器的原理很简单，在地温升高时，热量就会通过铁桶而传给桶中气体，使气体膨胀后推动玻璃管中的水银柱向右运动，这时，在标尺板上就可清晰地看

到地温所变化的读数。若地温下降时，铁桶中的气体就会收缩，内部的压力小于外部的压力，大气推动水银柱向左移动，在标尺板上边就出现地温下降的数值。值班人员只要每天根据标尺板上的读数进行记录就行了。

在埋设铁桶前，先在铁桶外壁涂上防锈漆，在保护管插入桶中以后，在插口处要用沥青密封好，以防水分渗入。铁桶埋得深些比较好（至少在 1.5 米以下），浅了易受外界气温变化的干扰。

2. 半导体点温计 利用市售半导体点温计，将探头（热敏电阻）放置于预先打埋好的密封铁管中，引出导线至观测室中进行观测。埋管深度一般超过 30 米，钻井埋管可请专业的高压水泵打沼气的工程队帮助解决。（图 8-2）

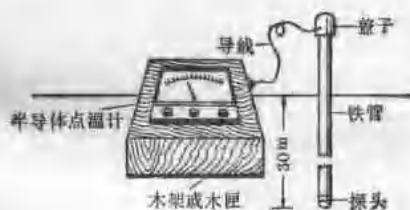


图 8-2 半导体点温计安装图

封面
书名
版权
前言
目录

- 第一章 地震是怎么回事
- 第二章 地震的宏观前兆
 - 一、动物在震前的前兆
 - 二、植物的异常
 - 三、地下水的异常
 - 四、地面形变
 - 五、海平面和潮汐的变化
 - 六、气候与天气的异常
 - 七、地声
 - 八、地光
- 第三章 土地电
 - 一、什么是土地电
 - 二、土地电为什么能测报地震
 - 三、土地电测量仪的安装
 - 四、土地电资料的整理
- 第四章 植物电
- 第五章 地磁
 - 一、地磁场及其地磁要素
 - 二、地震与地磁的关系
 - 三、介绍几种土地磁仪
 - 四、数据的记录和处理方法
 - 五、排除干扰
- 第六章 地形变测量和土倾斜仪
 - 一、测量地形变的几种常用方法
 - 二、土地倾斜仪
 - 三、如何用地倾斜资料预报地震
- 第七章 地应力
 - 一、土水压应力仪
 - 二、碳粉应力仪
 - 三、观测数据的处理
- 第八章 其他
 - 一、水化学分析
 - 二、水氡观测
 - 三、地温测量