

一种新型电磁波观测装置—深井垂直 天线及初步观测结果

陈立德 任志洪 和宏伟

(云南省地震局)

徐渝生 郑文兴 李克兴

(云南大学无线电系)

李 敏 王岭云

(云南大学地球物理系)

摘 要

本文介绍了深井垂直天线与地表天线同步接收的多频道电磁波接收装置的原理和结构,以及1985年以来观测的初步结果及震前电磁波异常特征。

前 言

为探索震前电磁波辐射与地震的关系,云南省地震局与云南大学合作,最初在昆明市圆通山人防山洞内开展了震前电磁波观测,发现干扰较大,信号难于识别。1984年分别在昆明市云南大学体育场和五里多粮库建成了两口深井垂直天线与地表天线同步接收的多频道观测点,并于年底投入试验观测。五里多粮库观测点于1985年1月1日开始正试记录。

一年来的观测资料表明,深井垂直天线观测系统基本上达到了压低干扰、增强信号的目的。因此可以初步认为,该方法是提高信噪比的有效途径之一。

本文介绍了这一装置的原理、结构及一年多的初步观测结果,并对观测结果进行了初步分析。

一、噪声背景的实测结果

采用深井垂直天线观测方法之前,为了寻找干扰小、信号强的观测场地,我们曾分别对某些地表场地及井下不同深度的噪声背景进行过实测,现将结果分析如下。

1. 地表场地噪声背景的实测结果

我们用低频干扰场强仪,在电力,电话线正下方,距上述环境一定距离以及坑道内外等不同场地,分别用拉杆天线和磁性天线对10KHZ、20KHZ、40KHZ、80KHZ、160KHZ等五个频段的噪声水平作了实测,结果如表1所示。

表1

序号	干扰场强 dB _{μv} 场地环境	10		20		40		80		160		说明
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
1	高压电力线正下方	54	135 20	41	31 26	40	33 33	24	29 26	39	32 32	A— 拉杆天线
2	电话线正下方	30	18	32	27	14	51	8	<8	8	<8	B—
3	距高压线1公里,距电话线五十三米	22	<8	16	<11	<9	<6	<1	<8	4	<8	磁性天线
4	距电话线100米	15	17	11	<11	<9	<6	<1	<8	<1	<8	上—
5	富民县政府院内	15	23	18	16	13	<6	<1	8	<1	<8	垂直电力线方向
6	附近有雷雨	23	24	17	21	11	6	8	7	<1	<8	上—
7	小型坑道外(有雷雨)	40	28	23	19	9	15	2	6	2	<8	平行电力线方向
8	小型坑道内	<15	23	<11	16	<9	<6	<1	<8	<1	<8	坑道深20米,覆盖10米
9	昆明市圆通山坑道内	44	27	34	23	31	11	16	10	9	4	内有多种电器设备及通风管道
10	昆明市圆通山坑道外	<15	<13	<10	15	<9	<6	<1	<8	<1	<8	

从表1可以看出:

(1) 电力,电话线正下方的噪声水平高于较远的地方(对比表1中测点1、2与3、4的值)。前者高于后者约1—10倍,且干扰频带较宽,低频较强。

(2) 一般情况下,坑道内的噪声水平比坑道外低,例如表中测点8低于测点7。而测点8、9的结果说明,有电力、电话线、通风管道和其它电器设备的坑道与无上述设备的坑道相比,前者噪声水平比后者大1—3倍。测点9、10的结果还进一步表明,有上述设备的坑道内的噪声水平比坑道外大。

2. 钻井内不同深度噪声背景的实测结果

表2为我们用视频毫伏表对云南大学体育场和五里多粮库两口深井不同深度的噪声水平的实测结果。

表1

干扰电压 mv 测点位置	深度 (米)		100		150		180		200		250		280	
	0	50												
昆明五里多粮库	247	27	27	5.3					8.8	8.8				<1.8
云南大学体育场	21	1.6	0.9	0.4	<0.4									

由表2不难看出,不同地点的深井的同一深度上,其噪声水平的绝对值不同,其共同规律是,随深度增加噪声水平逐渐减小。由此可以认为,将电磁波接收天线置于深井内,可以

达到既提高信号增益又减小噪声的目的。

二、深井天线与地表天线多频道同步接收装置

1. 深井垂直天线与地表天线的设置

根据上述实测资料，1984年我们分别在五里多粮库和云南大学体育场两口深井内安装了深井垂直天线与地表天线观测系统。

五里多粮库的井孔和天线结构如图1所示。

我们将一根同轴电缆放入井底，并将井底以上30米长的电缆外层胶皮屏蔽层剥离，再用水固环氧树脂密封，置入塑料套管内，以使与周围介质绝缘。然后引出井孔，进入观测室与多频接收机连接进行放大记录。为与地面电磁波对比，在观测室屋顶又安装了一根长四米，方向近东西的地面天线，与地下天线进行同步记录。

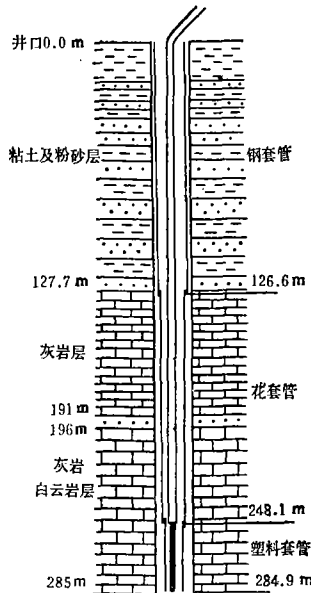


图1 五里多观测点天线及井孔结构图
Fig.1 The structural drawing of the antenna and the wellhole at Wuliduo site, Kunming

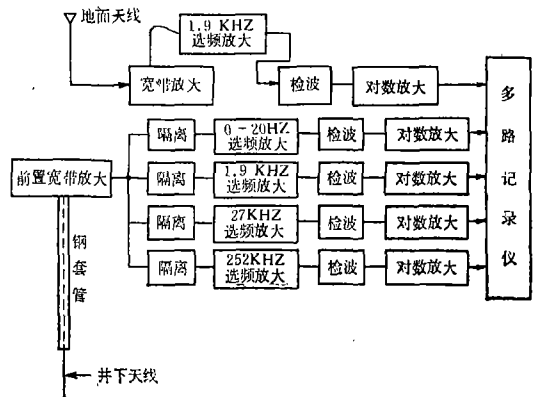


图2 深井天线接收记录系统工作原理图
Fig.2 The sketch map of working principle of deep-well antenna recording system

2. 接收和记录系统

图2为我们接收记录系统工作原理图。目前，因记录器笔头仅有三只，因此仅记录了地0—20HZ、地1.9KHZ和天1.9KHZ三个频道的信号。地面天线阻抗75欧，接收端、接收机输入阻抗75欧，中心频率1.9KHZ，6 dB带宽28HZ，总灵敏度0.07mm/μv。深井天线阻抗为75欧，接收机输入阻抗75欧，地下信道1.9KHZ，6 dB带宽28HZ。总灵敏度4.5mm/μv；地0—20HZ信道，6 dB带宽28HZ，总灵敏度2.4mm/μv。所用记录器为kj-1地震记录器，放大倍数3000倍，走纸速度30mm/分钟。

三、震前电磁波异常特征

1985年五里多粮库观测点投入了正式观测。在该点观测期间，距测点95、150和280公里左右的云南普洱、禄劝、建水和贵州水城等地，先后发生了四次地震，震级分别为5.2 (M_L)、6.1 (M_s)、5.3 (M_s)和5.0 (M_s)。

现将该点有关情况及其震前电磁波异常特征等分述如下。

1. 正常记录形态

图3为昆明五里多粮库观测点地0—20HZ，地1.9KHZ和天1.9KHZ的正常记录形态。

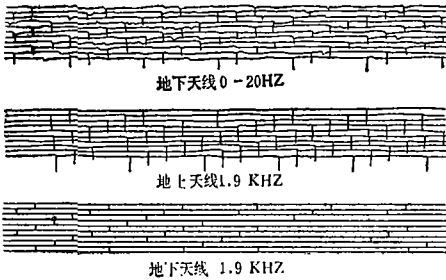


图3 昆明五里多深井电磁波各频道正常记录形态

Fig. 3 Normal recording traces of deep-well electromagnetic waves from various channels at Wuliduo site, Kunming

由图可见，在没有电磁波信号的正常情况下，三个频道的记录均为平滑直线。当有电磁波信号时，记录图上有关频道则出现瞬时、短时、连续脉冲和方波等畸变形态。

(1) 地0—20HZ异常形态

图4为地0—20HZ频道异常形态。由图可见，该频道异常形态的共同特点是：出现不同振幅、不同持续时间的脉冲。我们按脉冲信号持续时间的长短将其分为三类。

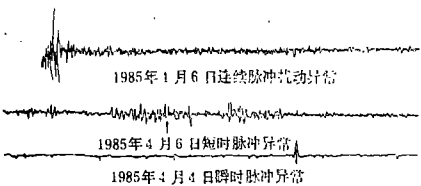


图4 地0—20HZ频道异常形态

Fig. 4 Anomalous traces of the 0—20HZ band beneath the surface

连续脉冲扰动型：主要特征是脉冲信号时间长，一般在五分钟以上，最长达一个多小时。其次是摆动幅度大，一般为2毫米左右，最大可达40多毫米。经过全年资料的清理，发现此类异常形态为这一频道震前电磁波信号的主要形态。例如，1985年4月6日地0—20HZ出现一组连续脉冲，持续时间长达1小时2分（其间不时伴随几分钟的平静断）。

结果12天后，在观测点北面距震中95公里的禄劝发生一次6.1级地震。

短时脉冲异常：主要特征是：持续时间较短，一般为几分钟。最大振幅一般为2—10毫米左右。

瞬时脉冲型：主要特征是持续时间更短，一般仅几分钟。但振动幅度变化大，小则几毫米，大可达几十毫米。两个瞬时脉冲的间隔时间变化亦较大，多在一分钟至十分钟之间。

震前电磁波信号多为上述三种形态的复合，即除主信号—连续脉冲扰动型外，同时还伴随短时或瞬时脉冲型异常，尤以后两种形态的复合型持续时间较长。

(2) 地1.9KHZ异常形态

图5为地1.9KHZ的两种基本异常形态，我们分别将其称为瞬时脉冲型和方波型。若方波异常持续时间较长，则将其称为连续方波型异常。

方波型：记录图上呈现方波形态。振幅一般为1毫米，持续时间在1分钟左右。某些地震前可见到一天内持续时间超过2小时的连续方波异常。例如1985年9月2日建水5.3级和12月2日贵州水城5.0级地震之前，这一频道分别于7月26日和11月7日出现持续时间长达4小时和2小时48分钟之久的连续方波异常。此外，在方波异常中一般都同时伴随如图5所示的瞬时脉冲异常。经检查，方波型异常可能受记录部分机械回差所致。

瞬时脉冲异常：其特征与地0—20HZ的瞬时脉冲异常相似，即持续时间短，一般为1—2秒，振幅变化大，从几毫米到几十毫米。

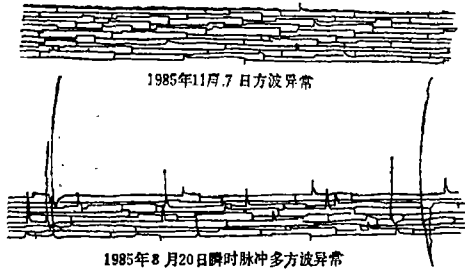


图5 地1.9KHZ频道异常形态
Fig.5 Anomalous traces of the 1.9KHZ band beneath the surface

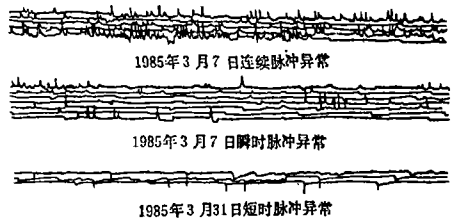


图6 天1.9KHZ频道异常形态
Fig.6 Anomalous traces of the 1.9KHZ band on the surface

(3) 天1.9KHZ异常形态

图6为天1.9KHZ的异常形态。由图可见，其异常形态同样属连续脉冲扰动型、短时扰动型和瞬时脉冲三种基本异常形态，且以复合型为主，即连续脉冲扰动型经常伴随瞬时脉冲型，短时脉冲扰动亦常伴随瞬时脉冲。

2. 震前电磁波异常特征

我们对昆明五里多粮库观测点地0—20HZ和地1.9KHZ两个频段的电磁波信号的持续时间以小时为单位进行了逐日统计。最后按日累计取对数作图，其结果如图7所示。

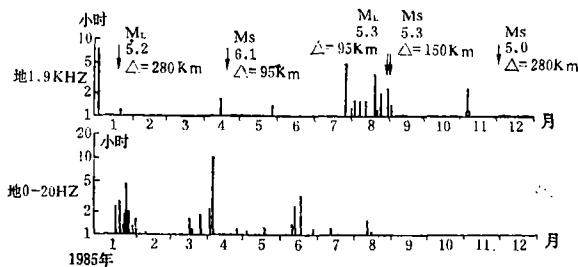


图7 昆明五里多粮库观测点地0—20HZ和地1.9KHZ电磁信号每日持续时间累计值时间序列图

Fig.7 Time sequence of the accumulative values for daily signal durations of both 0—20Hz and 1.9KHz bands beneath the surface at Wuliduo site, Kunming

由图可见,震前电磁波信号具有下述特征:

(1)震前电磁波辐射信号多成群出现,其持续时间为4—37天不等。1985年观测点地0—20HZ和地1.9KHZ分别于1月1日至25日、3月16日至4月6日、6月10日至17日、7月26日至8月31日、11月5日至8日,先后出现五次电磁波信号密集群。除6月10日至17日的信号群外,其余四次电磁波信号群发生后,在距观测点300公里范围内均有5.0级以上地震发生。其中禄劝6.1级地震为距观测点最近(震中距仅95公里)、震级最大的一次地震。

禄劝6.1级地震发生于1985年4月18日,在3月16日地0—20HZ频段就开始接收电磁波辐射信号,断断续续一直持续到4月6日,历时21天。其中以震前12天(4月6日)的信号最强,延续时间长达10时之久,且振动幅度大,最大全振幅达20毫米,强度达8.3微伏左右。就1985年观测资料而言,信号密集群对应300公里范围以内的5级以上地震的概率达0.8。因此我们初步认为,该方法为目前较为理想的预报手段之一。

(2)震前电磁波辐射具有较宽的频带,而且不同地区的地震,其主频率范围也不相同。如对于1985年1月18日普洱5.2级地震(波中距280公里)和4月18日禄劝6.1级地震(震中距95公里),地0—20HZ频段接收的信号最强。而对于9月2日建水5.3级地震(震中距150公里)和12月2日贵州水城5.0级(波中距280公里)地震,则地1.9KHZ频段接收的信号最强(见图7)。文献〔1〕、〔2〕也报道了类似的结果。

(3)临震前,电磁波信号群呈现两种状态,一种为临震前20天左右出现平静现象,另一种则表现为持续不断,一直到主震发生均保持较高水平。从图7可以看出,禄劝6.1级地震和贵州水城5.0级地震属于前者,即上述两次地震之前12—23天,五里多粮库观测点没有接收到持续时间较长的电磁信号。而普洱5.2级和建水5.3级地震之前则相反,即电磁信号从开始出现一直到主震发生均保持在较高水平上,且震后几天还有信号出现。

上述观测事实与徐为民等人的实验结果〔3〕一致。我们认为,图7所示的临震之前电磁信号的两种差异,可能与它们的波源介质成分不同有关。

(4)已有的结果表明,对于 $M \geq 5.0$ 级的地震,其震前电磁信号多开始于震前三、四十天,且具有不连续性和阵发性特征。电磁信号多数仅持续几秒钟,少数长达2—4小时左右。需要强调的是4次5.0级地震之前,均有持续时间长达2小时以上的主信号出现。其中0—20HZ的主信号具有持续时间长、振动幅度大的特点,最大幅度可达10—40多毫米,甚至更大。这一结果与文献〔2〕的观测结果一致。文献〔3〕的实验还指出,当应力水平达到破裂强度50%以上时,无论其介质成分如何不同,其电磁脉冲幅度都呈增加趋势,且有的样本(如花岗岩)当应力水平达到60%以后就出现电磁信号的峰值。因此我们认为,震前一个月左右观测到的电磁信号是可信的。

四、结 论

综上所述,可以得出如下结论:

1.如果设置地面天线观测点,观测场地必须避开电力线、电话线和其它电器设备。如果选用坑道作为观测场地,也应选择无电力线、通风管道和其它电器设备的坑道。为了避开干扰,我们认为深井垂直天线与地表天线多频道同步接收装置是一种较好的观测方式。

2.震前电磁波信号的频带很宽，且不同地区的地震其电磁波的频率范围亦不相同。五里多粮库1年多的观测资料表明：有的地震以0—20HZ频段的信号为主，有的以1.9KHZ频段的信号为主。

3.震前电磁信号具有不连续性和阵发性特征。在距观测点300公里以内的5.0级地震前，电磁信号中均有持续时间长达2小时以上的主信号出现，主信号具有延续时间长、振动幅度大等特征。

4.电磁信号密集群多开始于震前一个月左右（±10天），其持续时间为三、四十天不等。临震前电磁信号群呈现两种状态：一为平静，一为一直保持较高水平，直至地震发生。因此我们认为，震前电磁波观测是目前临震预报的较好手段之一，有进一步研究的必要。

我们的深井天线震前电磁波观测仅有一年多的正式记录。由于资料积累有限，上述结论的可靠性还有待于今后观测资料的进一步验证。

本项工作是在冯竞教授、杨朝梁付教授支持和指导下进行的，在此表示衷心的感谢。

（本文1986年6月26日收到）

参 考 文 献

- [1]山西省地震局，地震前的电磁信息探讨，地震，No.1，1982.
- [2]郭勇等，震前电磁波信息探讨，地震研究，Vol.7，No.3，1984.
- [8]徐为民等，岩石破裂过程中电磁辐射的实验研究，地球物理学报，Vol.28，No.2，1985.

中国地震学会历史地震专业委员会在昆明成立

经中国地震学会批准，由云南省地震局（历史地震专业委员会挂靠单位）积极筹备，中国地震学会历史地震专业委员会于1987年11月3日至5日在昆明召开成立大会。来自全国各地的专业委员会委员和中国社会科学院、复旦大学及地震系统的代表共50人出席了会议。专业委员会主任委员闵子群宣读了中国地震学会“关于成立地震专业委员会的通知”，并就我国历史地震研究概况和今后研究任务作重点发言。

中国地震学会理事长陈运泰为历史地震专业委员会成立发了贺电，云南省人民政府参事室、云南省天文学会、云南省地震学会、云南省地球物理学会、中国地理学会历史地理专业委员会、中国地震历史资料编委会总编室、复旦大学历史地理研究所、中国社会科学院世界史研究所、近代史研究所、云南省地震局等单位 and 学术组织的代表到会致词，热烈祝贺历史地震专业委员会成立。

会议研究了历史地震专业委员的今后活动安排和计划，并决定于1988年召开一次历史地震学术交流会议，集中研究两方面的问题：一是有关历史地震学研究的范畴、内容和方法；二是有关确定历史地震基本参数的方法研究。

（国家地震局兰州地震研究所 杨天锡）

**VERTICAL DEEP-WELL ANTENNA—A NEWTYPE DEVICE FOR
ELECTROMAGNETIC WAVE
OBSERVATIONS AND THE PRELIMINARY RESULTS**

Chen Lide*, Ren Zhihong, He Hongwei
(*Seismological Bureau of Yunnan Province*)
Xu Yusheng, Zheng Wenxing, Li Kexing
(*Department of Radio, Yunnan University*)
Li Min and Wang Lingyun
(*Department of Geophysics, Yunnan University*)

Abstract

We have manufactured a multichannel reception device—the vertical deep-well antenna, which can be used synchronously with the antenna on the surface. In this paper, the principle and the structure of the device are introduced. At the same time, the preliminary results from observations since 1985 and the anomalous characteristics of electromagnetic waves before the four moderate earthquakes (magnitude larger than 5) occurred within 300 km range around the observational site at Wuliduo, Kunming, during the period of observation are presented as well.