

李 敬, 刘少文, 李志军, 等. 水库地震监测与预测技术研究项目实施情况[J]. 华南地震, 2014, 34 (3): 109-114. [LI Jing, LIU Shaowen, LI Zhijun, et al. Introduction to the Implementation of Reservoir Earthquake Monitoring and Prediction Technology Research Project [J]. South china journal of seismology, 2014, 34(3): 109-114.]

水库地震监测与预测技术研究项目实施情况

李 敬, 刘少文, 李志军, 赖细华, 朱科平
(新丰江中心地震台, 广东 河源 517000)

摘要: 介绍了“水库地震监测与预测技术研究”项目在广东河源新丰江水库库区详细的实施情况, 包括观测场址的勘选、台基测试、台站建设、仪器安装、数据处理等工作, 总结了项目成功实施的经验。

关键词: 新丰江水库; 加密观测; 可控震源观测; 项目实施

中图分类号: P315.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-8662 (2014) 03-0109-06

DOI: 10.13512/j.hndz.2014.03.18

Introduction to the Implementation of Reservoir Earthquake Monitoring and Prediction Technology Research Project

LI Jing, LIU Shaowen, LI Zhijun, LAI Xihua, ZHU Keping
(Xinfengjiang Center Seismic Station, Heyuan 517000, China)

Abstract: The paper introduces the detailed implementation of reservoir earthquake monitoring and prediction technology research project in Guangdong Heyuan Xinfengjiang reservoir area, including the operation of observation site reconnaissance, site test, station construction, equipment installation, data processing, etc. The paper also proposes the experience summary of the project implementation at last.

Key words: Xinfengjiang reservoir; Intensive observation; Vibroseis observation; Project implementation

0 前言

2008年12月至2010年5月期间,“十一五”国家科技支撑项目《水库地震监测与预测技术研究》在广东省河源市新丰江水库库区实施,项目研究的目的是:使用精密可控源三维透射台阵走时数据及天然地震数据联合反演新丰江水库库区

三维速度结构。整个项目包括“新丰江水库测震台网加密观测”和“新丰江水库精密可控源观测”两大部份工作内容。广东省地震局成立了项目组,负责整个项目在河源新丰江水库库区的实施工作,主作内容包括场址勘选、台基测试、台站建设、仪器安装和数据处理等方面。本文分2部份介绍整个项目的实施情况。

投稿日期: 2013-12-25

作者简介: 李 敬 (1975-), 男, 工程师, 主要从事地震监测管理和地震仪器维修工作。

E-mail: LJ6558@163.com.

1 新丰江水库测震台网加密观测项目

1.1 项目实施情况

按照《新丰江水库测震台网加密观测具体实施方案》(以下简称“加密方案”)的要求,此项工作从2008年12月开始在河源新丰江水库实施,各项主要工作由新丰江中心地震台负责组织完成。

1.1.1 测点遴选、台基测试

按照加密方案的要求,需要在新丰江水库库

区新建20个测震台。勘址原则:基岩出露、有市电供应、有人看管、布局合理、无干扰源、施工和维护方便。

勘址完成后,用专业仪器(BKD短周期地震仪、EDAS-24IP数采)对每一个测点进行2h的台基测试,同时计算每个测点在1~20 Hz频段的静态地脉动噪声有效值,要求垂直向达到Ⅲ级环境地噪声水平(Environmental noise level, Enl),即 $1.0\times10^{-7}\text{ m/s}\leq\text{Enl}_{\text{UD}}\leq3.16\times10^{-7}\text{ m/s}$ ^[1]。20个加密测震台分布如图1所示。

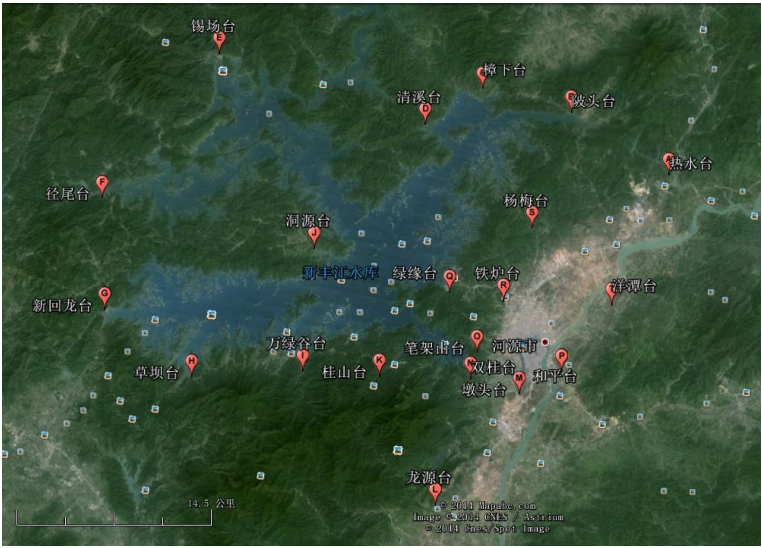


图1 加密观测项目测点分布图
Fig.1 The distribution map of the intensive observation points in project

1.1.2 台站建设、仪器安装

20个加密台中,有4个(锡场台、老回龙台、和平台、和洋潭台)为原新丰江遥测地震台网废弃的老

摆房,经过简单修缮之后即可安装仪器;其它16个均按图2所示图纸新建摆房,在仪器安装时,摆房的水泥板盖下面垫上4 cm厚的泡沫板,以起

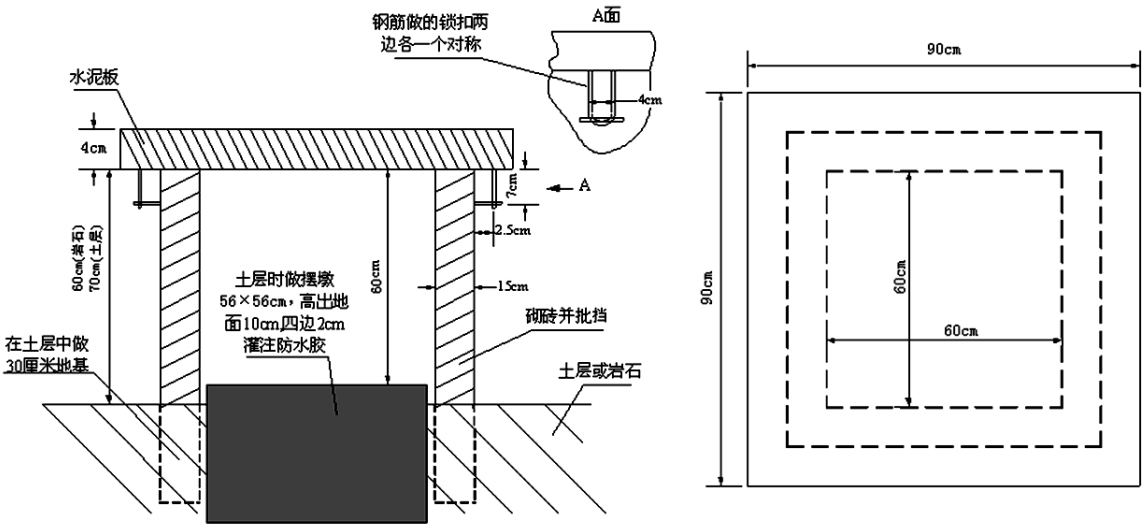


图2 摆房建设施工图纸
Fig.2 The drawings of observation station construction

到密封、隔热和防潮作用。

2009 年 4 月, 20 个加密台仪器安装完毕。主要设备: 地震计有 15 套为 CMG-40T 型, 5 套为 L-22E/3D 型, 全部选用 REF TEK 130B 数据采集器。供电方式: 有 10 个台采用市电供电, 另外 10 个台采用太阳能供电。所有的 GPS 天线、市电线、太阳能板引线等均采用 PVC 管套接敷设, 确保外线路的安全。设备安装完成后在摆墩房外面张贴警示牌, 尽量保证仪器安全。详细的仪器安装情况如表 1 所示。

表 1 仪器安装情况表

Table 1 The information form of instruments installation

序号	测点名称	代码	经度/(°)	纬度/(°)	高程/m	岩性	En1(×10 ⁻⁷ m/s)			仪器型号		采样率/ Hz	供电 方式
							UD 向	EW 向	NS 向	数据采集器	地震计		
1	热水台	RSH	114.787	23.8587	146.99	花岗岩	2.257	4.015	4.342	REF TEK 130B	CMG-40T	200	市电
2	陂头台	POT	114.714	23.8988	155.88	花岗岩	1.730	2.183	2.787	REF TEK 130B	CMG-40T	200	太阳能
3	樟下台	ZHX	114.648	23.9130	141.03	熔岩	0.493	0.744	0.812	REF TEK 130B	CMG-40T	200	太阳能
4	锡场台	XCH	114.452	23.9309	213.82	花岗岩	0.607	1.581	1.828	REF TEK 130B	CMG-40T	200	太阳能
5	径尾台	JIW	114.371	23.8294	135.88	花岗岩	0.205	0.224	0.271	REF TEK 130B	CMG-40T	200	市电
6	河源台	DOY	114.529	23.8007	149.80	花岗岩	0.492	0.289	0.340	REF TEK 130B	CMG-40T	200	太阳能
7	新回龙台	XHL	114.378	23.7542	128.86	花岗岩	3.111	3.989	3.575	REF TEK 130B	CMG-40T	200	太阳能
8	草坝台	CAB	114.444	23.7115	149.28	花岗岩	0.951	1.143	0.655	REF TEK 130B	L-22E/3D	200	太阳能
9	万绿谷台	WLG	114.525	23.7183	125.94	花岗岩	0.232	1.410	1.646	REF TEK 130B	L-22E/3D	200	太阳能
10	桂山台	GSH	114.581	23.7169	121.15	花岗岩	0.527	0.161	0.181	REF TEK 130B	L-22E/3D	200	市电
11	龙源台	LOY	114.625	23.6328	70.16	花岗岩	0.706	1.269	1.201	REF TEK 130B	CMG-40T	200	市电
12	清溪台	QIX	114.6067	23.8872	129.00	坚硬土层	2.218	3.326	3.426	REF TEK 130B	L-22E/3D	200	市电
13	墩头台	DUT	114.647	23.7172	121.23	花岗岩	1.271	1.541	1.379	REF TEK 130B	CMG-40T	200	市电
14	双桂台	SGU	114.6828	23.7083	70.16	红砂岩	1.890	2.155	2.424	REF TEK 130B	CMG-40T	200	市电
15	和平台	HEP	114.713	23.7242	40.58	红砂岩	0.622	0.649	0.772	REF TEK 130B	CMG-40T	200	市电
16	笔架山台	BJS	114.650	23.7330	251.91	花岗岩	2.999	6.139	2.009	REF TEK 130B	L-22E/3D	200	太阳能
17	绿缘台	LVY	114.6295	23.7745	146.62	花岗岩	0.194	0.264	0.543	REF TEK 130B	CMG-40T	200	市电
18	铁炉台	TIL	114.669	23.7699	84.30	花岗岩	3.114	3.838	3.848	REF TEK 130B	CMG-40T	200	市电
19	洋潭台	YAT	114.748	23.699	66.370	红砂岩	0.456	0.632	0.626	REF TEK 130B	CMG-40T	200	太阳能
20	杨梅台	YAM	114.688	23.8195	154.99	粉砂岩	1.822	3.922	3.319	REF TEK 130B	CMG-40T	200	太阳能

1.1.3 仪器巡查、数据回收

20 个加密台安装完成后, 在开始正常记录之前进行了一次全面的检查。正常运行过程中每月巡查一次, 发现问题及时处理, 并做好巡查、维修记录, 对经常出现故障的子台还进行加密巡查, 最大限度提高仪器的运行率。为了节约成本和减少电能消耗, 没有安装数据传输设备, 所有地震数据均为本地保存, 项目组巡查仪器时每月定期取一次数据, 同时在台网中心做好数据的备份工作。

1.1.4 数据报送、事件分析

数据报送周期为每两个月一次, 采用邮寄移动硬盘的方式进行, 内容包括 20 个加密台和新丰江地震台网 4 个固定台的连续波形数据。地震事件分析统计工作由新丰江地震台网完成, 经统计: 2009 年 4 月至 2010 年 5 月期间, 共记录可分析地震事件 1363 次, 最大地震为 2009 年 4 月 24 日新丰江大坝附近的 $M_L=2.8$ 级地震, 平均数据连续率为 95%左右, 优于加密方案要求的 90%。

2 新丰江水库精密可控源观测项目

2.1 观测系统构成

按照《新丰江水库精密可控源观测工作实施方案》(以下简称“可控源方案”)的要求, 本次试验系统由一个震源系统及一个观测系统组成, 共需建设 4 个精密可控源点、2 个人工爆破点和 61 个观测点。4 个精密可控源点(英德大镇: cs1, 河源临江: cs2, 河源龙川: cs3, 广州增城: cs4)组成震源系统。以水库为中心的观测台阵及沿主动震源 CS1-CS2 测线和 CS3-CS4 测线分布的观测点构成观测系统。为了能够实现数据的定量分析处理, 分别在英德大镇(SP1)和汕尾陆河(SP2)布设两人工爆破点。台阵在原有 20 个加密台的基础上增加 30 个加密观测点, 并沿 CS1-CS2 的连线布设 23 个观测点, 沿 CS3-CS4 测线布设 8 个观测点, 总计共 81 个观测台点。观测系统测点分布图

如图 3 所示。图中，绿色为可控源方案点位，红色为实际勘选点位，粉色为 20 个加密台，黄色为 4 个固定台。

2.2 项目实施情况

广东省地震局成立了现场指挥部，并对项目组的人员进行详细分组和明确分工，共分 7 个仪器安装组和 3 个仪器巡查组，分别负责测点勘选、台站建设、仪器安装、仪器查看、数据回收和最后的仪器回收工作。同时，向广州市、河源市、

韶关市、清远市、汕尾市和惠州市下发了《关于协助开展新丰江水库地震构造观测工作的通知》，保证了各项协调工作的顺利开展。

2.2.1 观测场址的勘选

按照可控源方案的要求，项目组完成了 61 个观测点、4 个主动震源点和 2 个人工爆破点的勘选工作。勘选原则：台阵测点要分布均匀，测线测点要等距且在同一直线上，尽量选择基岩测点。勘选结果：基岩测点 42 个(占总测点的 69%)，坚硬土层测点 19 个(占总测点的 31%)。

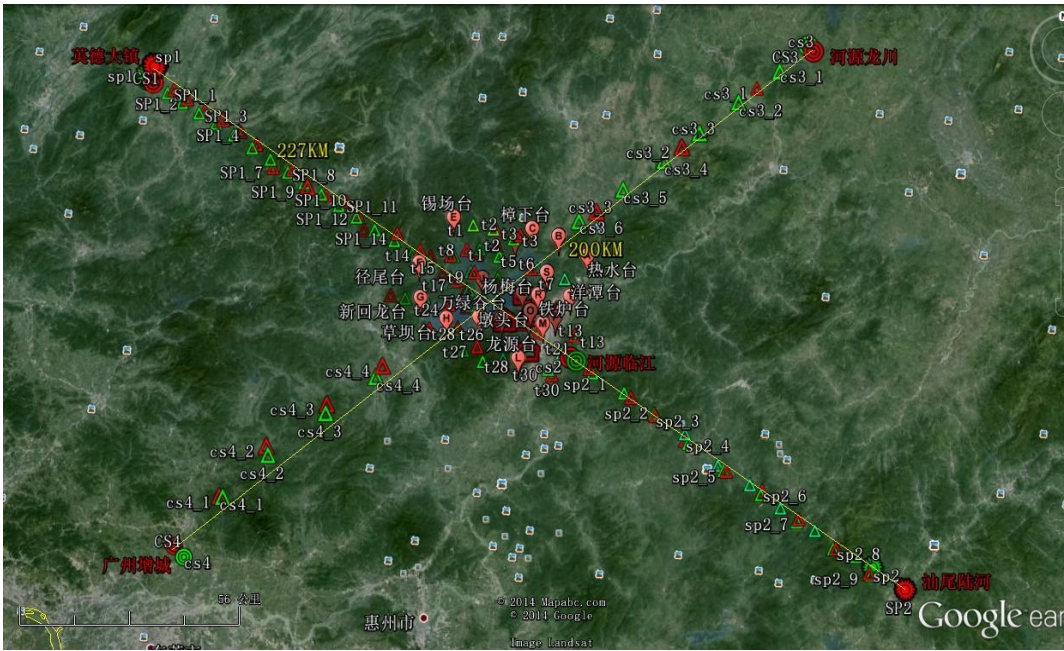


图 3 观测系统测点分布图

Fig.3 The distribution map of measuring points of observation system

2.2.2 台站建设、仪器安装

考虑到本次试验有 13 个测点在水库里面，需要坐船才能到达，测线上的测点需要转场，并且在试验期间需要多次回收数据和检查仪器，为了提高工作效率，项目组采用浇混凝土摆墩、做双

层防护罩和安装警示牌的做法进行测点建设和仪器安装工作，仪器安装前对全体人员进行技术培训，并对全部仪器进行逐一检查和测试。

基岩测点尽量将仪器安装在基岩上，安装不了的再浇混凝土摆墩，如图 4、5 所示。



图 4 基岩测点仪器安装图

Fig.4 The installation diagram of instrument of bedrock observation points



图 5 不平整基岩测点浇混凝土摆墩图

Fig.5 The diagram of concrete pier pendulum about uneven bedrock observation points

坚硬土层测点则按图 6 和图 7 建设摆墩，确保振动信号的良好接收

由于所有的测点都地处野外，为达到防风、防潮的效果，项目组采用双层防护措施，同时张贴警示标语。如图 8、9 所示。

2.2.3 仪器巡查、数据回收

在完成仪器安装工作之后，为了保证仪器和数据安全，项目组成立了 3 个仪器巡查小组，分

别驻守在河源新丰江、韶关新丰和河源紫金，主要任务是按照现场指挥部的要求对所有测点进行仪器巡查和数据回收工作，并对出现问题的仪器进行及时处理。同时要求，在每次精密可控源工作期间，要做到每天进行仪器巡查和数据回收，同时在一个震源点完成振动之后和人工爆破开始之前，利用转场的时间对所有测点进行全面查看和回收数据，确保关键数据不丢失。

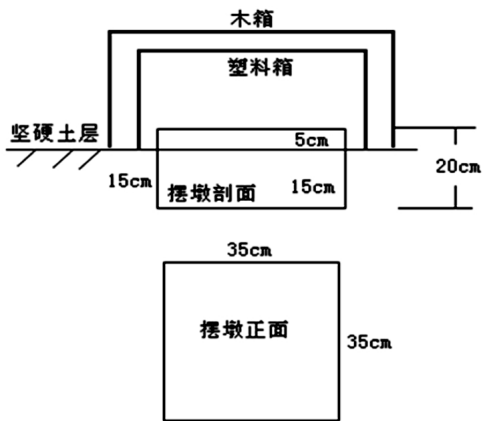


图 6 土层测点摆墩施工示意图
Fig.6 The diagram of pendulum pier construction of pedosphere observation points



图 7 土层测点摆墩现场施工图
Fig.7 The field picture of pendulum pier construction of pedosphere observation points



图 8 测点仪器第一层防护罩图
Fig.8 The picture of the first protective cover for the observation instruments



图 9 测点仪器第二层防护罩和警示标语图
Fig.9 The picture of the second protective cover and warning signs for the observation instruments

2.3 项目完成总体情况

本次主动震源试验测线长：北西向(韶关大镇-汕尾陆河)测线直线距离 227 km，北东向(广州增城-河源龙川)测线直线距离 200 km；测点多：总的观测场址达到 91 个，包括 20 个加密台、61 个新建测点、4 个主动震源点、2 个人工爆破点和 4 个固定台。经统计，本次主动震源试验总行车距离超过 20 000 km，取回的有用观测数据容量为

230 Gb 左右，总的数据连续率为 95%，震源振动时段的数据连续率更达到了 98%，均优级于可控源方案要求的 90%。

3 结语

此次在新丰江水库库区实施的“水库地震监测与预测技术研究”项目总历时 18 个月，完成了既定的各项试验任务，达到了研究目标。总结起

来主要有以下三方面的经验可供借鉴:

(1) 在观测点和爆破点的勘选方面: 考虑到本次试验观测点的复杂性和特殊要求, 项目组在勘址工作中使用了“Google Earth”软件, 大大提高了工作效率。在测点勘选上, 首先, 将方案点位从传统地图移植到 Google Earth 软件的卫星地图上, 从卫星地图可以直观地看出该点位是否满足勘选要求; 其次, 在点位需要进行调整时, 利用该软件的测距功能, 能够做到定向和定量分析。此次爆破试验每个点使用的 TNT 炸药为 1.2 t, 分别放在 3 个 50 m 深的钻孔里面, 属于复杂环境深孔爆破 D 类工程, 爆破点离一般民房的距离要大于 300 m^[2]。实际工作中, 先在卫星地图进行初步定点, 随后进行现场勘察, 确定满足钻孔条件后, 再用 Google Earth 软件测量出爆破点到周围民房的最小距离是否符合国家标准。

(2) 在可控震源场址的勘选方面: 由于可控震源试验在国内开展得较少, 在场址的勘选方面没有可借鉴的成功经验, 项目组刚开始总是参照地震台站的选址标准寻找基岩场址(主要是寻找采石场)。2009 年 11 月, 俄罗斯科学院西伯利亚分院的专家莅临新丰江, 给项目组介绍了可控震源场址的选定条件和建设要求。根据专家的指导意

见, 项目组按照“上面有一定覆盖层厚度(5~6 m 为佳), 下面为基岩”的选址标准重新勘选了 4 个可控震源点。从最后的试验结果看, 效果很好, 项目组也从中积累了宝贵的经验。

(3) 在项目管理方面: 制定了详细的工作计划和时间任务表, 对项目组的人员进行分组、分工, 任务落实到人, 同时对参加项目的所有人员进行集中业务培训, 使项目组的每个人既明白自己什么时候该干什么事, 又有能力完成方案要求的工作任务、解决项目实施过程中碰到的问题。

参考文献:

- [1] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 19531.1-2004 地震台站观测环境技术要求 第 1 部分: 测震[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB 6722-2003 爆破安全规程[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [3] 广东省地震局. 广东省地震监测志 [M]. 北京: 地震出版社, 2004.
- [4] 刘少文, 李敬, 等. 新丰江水库地震监测系统介绍 [J]. 华南地震, 2012, 32 (增刊): 103-109
- [5] 杨晓源. 我国近年水库地震监测综述 [J]. 地震地磁观测与研究, 1999, 20 (2): 3-15.