

中国水工结构 重要强震数据及分析

陈厚群 主编

shuigong
jiegou

地震出版社



中国水工结构重要强震数据及分析

The Important Data on Strong Motion and Analysis
in China Hydraulic Structures

陈厚群 主编

地震出版社

内 容 提 要

我国水工结构强震观测工作始于1962年广东新丰江水库,迄今已建立30个台站,具有38年历史,先后获取700多条强震记录,本书从中选取299条有价值的、具有影响的重要强震记录数据,包括新丰江、黄壁庄、密云、官厅、陡河、龙羊峡、刘家峡7个台站。

本书还收集了利用这些记录所必须的地震参数、工程技术指标及地质条件的基础资料;对强震记录进行了统一的处理分析;对典型记录进行了多方面的分析研究;同时创建了我国水工结构强震数据库(备有数据光盘,需用者可与编著单位联系);提出了对我国水工强震观测的结语和展望。以供从事水工抗震设计、科研、地震安全监测等科技人员及大专院校有关师生们使用参考。

Abstract

China hydraulic engineering strong motion observation began in the Xinfengjiang reservoir in 1962. Heretofore, 30 observations stations have been upbuilt in the last 38 years 700 strong motion records have been obtained, from which 299 in records was selected in this publication. Those selected records is valuable, influential and very important datum, including Xinfengjiang Huangbizhuang Miyun Guanting Douhe Longyangxia Liujiaxia stations.

The basic datum, such as seismic parameter, engineering technical guideline and geological condition, have also been collected in this publication, which is required in use of those records. Strong motion records were analyzed, the typical records were investigated in detail. China hydraulic engineering strong motion database was set up (provided with compact disc, need. Contact with writer). The concluding remarks and prospect for China hydraulic engineering strong observation were also given. The publication will be a valuable reference book for scientists, engineers, college teachers and students in the field of hydraulic engineering aseismic design, scientific research and earthquake safety monitor.

中国水工结构重要强震数据及分析

陈厚群 主编

责任编辑: 王伟

*

地震出版社 出版发行

北京民族学院南路9号

北京地大彩印厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 1/16 16.625印张 426千字

2000年4月第一版 2000年4月第一次印刷

印数 0001—1200

ISBN 7-5028-1750-6/TU·144

(2248) 定价: 40.00元

《编 委 会》

主 编: 陈厚群

副 主 编: 苏克忠 彭克中 张力飞

编 委: 邢国良 常庭改 谢建清 高光伊

李俊义 任增云 于海英 李北海

王晓东 夏根宏 傅朝阳 曹京增

主编单位: 中国水利水电科学研究院

Principal: Chen Houqun

Editor: Su Kezhong Pen Kezhong Zhang Lifei

Major: Xing Guoliang Chang Tinggai Xie Jianqing Gao Guangyi

Li Junyi Ren Zengyun Yu Haiying Li Beihai

Wang Xiaodong Xia Genhong Fu Zhaoyang Cao Jingzeng

Sponsor: China Institute of Water Resources and Hydropower Research

前 言

我国水利水电资源和已建大坝数量居世界之首，已开发的水力资源仅约占总资源的10%，具有广阔的开发前景。加快水利水电建设，不仅是今天我国能源可持续发展的重要环节，也是缓解我国人均水资源短缺的关键措施之一。我国水力资源的70%以上集中在西南、西北地区，这些地区又是地震频发的高烈度区，因此，水工结构的抗震安全成为当前我国水利水电建设中急需解决的重要技术问题之一。

水工建筑物的场址和结构都十分复杂，涉及到坝址河谷地震动输入及坝体、库水、地基综合体系的动力相互作用和不同介质动态耦合等前沿课题。近年来，水工结构的抗震分析虽然取得了很大的进展，但在数学模型的建立、有关参数的取值以及求解方法等方面不得不引入一定的假定和简化。而强震观测结果是对分析计算成果最有力的检验，也可为采取有效措施提供依据，且可进一步成为水工建筑物抗震安全监测的重要环节。因此，对工程抗震设计及结构安全具有十分重要的实际价值，是水工抗震学科中的重要组成部分，对水工抗震学科的发展有极为重要的意义。

我国强震观测工作是从1962年广东新丰江水库发生6.1级水库地震后，建立第一个强震台站开始的。38年来，先后建立了30座水工结构反应的强震观测台阵，而在水利水电工程领域长期坚持开展强震观测工作，其中7座强震观测台站取得了一批很有价值的记录。这些都是相当难能可贵的。

编纂本书的目的是：广泛收集我国曾获取的、与水工结构有关的重要强震记录以及利用这些数据资料所必须的地震参数、工程技术指标及地质条件的基础资料，从水工抗震学科的研究角度对数据进行统一的处理分析。同时初创了我国水工结构的强震数据库，以便这些结果能在工程抗震实践中更好的得到应用，也为今后进一步加强和完善我国的水工强震观测工作创造条件。以期为保证水利水电工程抗震安全，推动我国水工抗震学科的发展做出贡献。

今后，在结合水工建筑物的特点，完成水工强震台网的建设，加强观测仪器的研制和改进，完善强震记录的分析研究和开展水利水电工程自动监测预警速报等工作，以及争取尽早建立坝址河谷密集型强震观测台阵等方面还有许多工作要做，任重而道远。期望继续本着再接再厉、贵在坚持不懈的精神，努力夺取更大观测成果，为抗震科学和水利水电建设作出贡献。

Preface

China has the most water and hydropower resources and the most constructed large dams in the world. The exploited hydraulic resource is only about 10% of the total. It has wide foreground to exploit the resources. Quickening the water conservancy and hydropower building is not only the important task of China energy continuous development, but also is one of the key measures by which the water resource's absence on population average will be suspended. More than 70% of total water resources are concentratively distributed in the southwest and northwest areas with high seismic intensity, in which the earthquakes often happen. Hence, the aseismic safety of hydraulic engineering structure is one of the great techniques which will be used in China's hydropower building.

Both site and structure of hydraulic engineering building are very complicated. The important topics, such as dam site canyon earthquake input, dam-water-foundation dynamic interaction and the dynamic coupling of different mediums, will be involved.

In recent years, the aseismic analysis of hydraulic engineering structure have gotten large progress, but the assumption and simplification are unavoidably introduced into the mathematical model, calculational methods and preferences. The strong earthquake observation is the most powerful proof-test on analysis result, and it supplies the basis of effective measures and may become the important part of hydraulic engineering safety supervision. Hence, the strong earthquake observation has very important meaning in the engineering aseismic design and structure safety, and it is the important part of hydraulic engineering subject and has very important meaning in the development of hydraulic engineering aseismic subject.

Xinfengjiang reservoir earthquake registered 6.1 on the Richter scale occurred in 1962 in Guangdong province afterward the first strong motion observation array was established therein. For 38 years 30 strong motion observation arrays have successfully been established, the strong motion observation has been carried out. Some valuable datums have been acquired from 7 strong motion observation arrays. Those works are very worshipful.

The object of editing this corpus is: widely collecting and analysing the important strong earthquake datum related to hydraulic engineering structure, earthquake technique guideline, and the foundation information of geological conditions, according to research need of hydraulic engineering aseismic subject. Hence, the strong motion database of hydraulic engineering structure will be initially established in order to apply more efficiently those datums in research of the hydraulic engineering aseismic subject. It will create the condition for improving and enhancing the strong motion observation in China. It will serve in aseismic safety of hydraulic engineering and drive the development of the subject.

The follow further works will be done: completing the hydraulic strong motion arraies, improving observation instruments, and analysis on strong motion datum, developing the automatic report system in advance in hydraulic engineering, as well as establishing the dam site canyon arraies as early as possible. We will work remorselessly to get more observation datum, and make more contribution for the water conservancy and hydropower building and aseismic subject.

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 中国水工强震观测的发展沿革	(1)
第二节 水工强震观测的目的、意义及内容	(7)
第二章 观测仪器	(9)
第一节 RDZ1-12-66 型多道电流计式强震加速度仪	(9)
第二节 SG-4-12 型强震加速度仪	(9)
第三节 GQ-III 型工程强震仪	(10)
第四节 EDS 型工程强震仪	(11)
第三章 水工结构反应台站	(13)
第一节 新丰江水电厂台站	(13)
第二节 黄壁庄水库台站	(15)
第三节 密云水库台站	(18)
第四节 官厅水库台站	(19)
第五节 陡河水库台站	(21)
第六节 龙羊峡水电厂台站	(22)
第七节 刘家峡水电厂台站	(25)
第四章 重要强震记录目录	(28)
第一节 地震参数	(28)
第二节 加速度记录处理分析主要结果目录	(28)
第五章 记录的常规处理分析	(44)
第一节 原始加速度记录数字化	(44)
第二节 校正加速度记录	(44)
第三节 强震加速度记录处理分析程序	(46)
第六章 典型记录分析研究	(50)
第一节 强震地面运动特征	(50)
第二节 水库诱发地震与构造地震	(54)
第三节 水工结构的地震反应特征	(56)
第七章 水工结构强震数据库目录	(60)
第一节 数据目录库和系统构成	(60)
第二节 系统的实现	(61)
第三节 系统的运行环境及特点	(61)
第八章 结语与展望	(63)
第一节 结语	(63)
第二节 展望	(63)

参考文献	(65)
附图 1 校正后的地震时程曲线	(67)
附图 2 地震反应谱曲线	(149)
附图 3 地震加速度傅里叶振幅谱	(173)

Contents

Chapter 1 Introduction	(1)
1.1 Development of Strong Motion Observation on Hydraulic Engineering in China	(1)
1.2 Objective, Significance and Contents of Hydraulic Engineering Strong Motion Observation	(7)
Chapter 2 Observation Instrument	(9)
2.1 RDZ1-12-16 Accelerograph	(9)
2.2 SG-4-12 Accelerograph	(9)
2.3 GQ-III Engineering Accelerograph	(10)
2.4 EDS Engineering Accelerograph	(11)
Chapter 3 Hydraulic Engineering Structure Response Station	(13)
3.1 Station of Xinfengjiang Hydropower Plant	(13)
3.2 Station of Huangbizhuang Reservoir	(15)
3.3 Station of Miyun Reservoir	(18)
3.4 Station of Guanting Reservoir	(19)
3.5 Station of Douhe Reservoir	(21)
3.6 Station of Longyangxia Hydropower Plant	(22)
3.7 Station of Liujiaxia Hydropower Plant	(25)
Chapter 4 Contents of Important Strong Motion Recordings	(28)
4.1 Earthquake Parameters	(28)
4.2 Contents of Important Datas of Strong Motion Recordings	(28)
Chapter 5 Routine Analysis of Recordings	(44)
5.1 Digital of Unrevised Acceleration Recordings	(44)
5.1.1 Reading Meter Method	(44)
5.1.2 Scanner Method	(44)
5.1.3 Playback Method	(44)
5.2 Corrected Accelerograph Recording	(44)
5.2.1 Instrument Revision	(45)
5.2.2 Zero-line Revision	(46)
5.3 Program of Strong Motion Analysis	(46)
5.3.1 Velocity and Displacement Times Histories	(47)
5.3.2 Acceleration Response Spectrum	(47)
5.3.3 Acceleration Fourier Amplitude Spectrum	(49)
Chapter 6 Typical Recording Analysis	(50)

6.1 Strong Earthquake Ground Motion Character	(50)
6.1.1 Maximum Acceleration of Ground Motion.....	(50)
6.1.2 Relation Among Acceleration Components.....	(51)
6.1.3 Durative Time of Seismic Motion	(51)
6.1.4 Frequency Character of Ground Motion	(52)
6.1.5 Input Mechanism of Ground Motion	(53)
6.2 Reservoir Inducement Earthquake and Tectonic Earthquake	(54)
6.2.1 Epicenter Distribution	(54)
6.2.2 Earthquake Sequence	(54)
6.2.3 Cause of Earthquake Formation	(55)
6.2.4 Character of Ground Motion	(55)
6.3 Seismic Response Character of Hydraulic Engineering Structure.....	(56)
6.3.1 Seismic Response of Earth Dam	(56)
6.3.2 Seismic Response of Concrete Dam	(57)
6.3.3 Concrete Dam Crack Seismic Response	(58)
6.3.4 Seismic Response of Spillway Abutment and Bridge	(59)
Chapter 7 Contents of Hydraulic Engineering Structure Strong	
Earthquake Database	(60)
7.1 Database Catalog and System Constitue	(60)
7.2 System Implement	(61)
7.3 System Operation Condition and Character	(61)
7.3.1 System Operation Condition	(61)
7.3.2 System Character.....	(62)
Chapter 8 Epilogue and Prospect	(63)
8.1 Epilogue	(63)
8.2 Prospect	(63)
8.2.1 Enhance Building of Hydraulic Structure Strong Seismic Array	(63)
8.2.2 Enhance Automatization Research of Inspecting Apparatus.....	(64)
8.2.3 Establish Saturation Site Testing Field	(64)
8.2.4 Enhance Strong Earthquake Security Alarming and Meeting	
Emergency Measure Research	(64)
8.2.5 Enhance the Running Observation of Hydraulic Building	(64)
Reference	(65)
Figure 1 Corrected Acceleration, Velocity and Displacement Time Histories	(67)
Figure 2 Acceleration Response Spectrum.....	(149)
Figure 3 Acceleration Fourier Amplitude Spectrum	(173)

第一章 概 述

第一节 中国水工强震观测的发展沿革

地震工程发展史上一个重大突破是 1932 年美国研制成功并布设了第一台强震仪。次年在长滩 (Long Beach) 地震时首次获得破坏性地震记录, 至今已有 68 年的历史。

我国强震观测工作起步较晚。1962 年 3 月 19 日广东新丰江水库诱发了 6.1 级强地震, 致使新丰江混凝土大头坝头部发生水平裂缝, 迫切需要研究水平裂缝产生的原因, 提出抗震修复加固方案。为此组织了科研会战, 原中国科学院工程力学研究所研制了 7 线的电流计式强震加速度仪, 中国水利水电科学研究院研制了 10 线的电流计式强震加速度仪, 促使我国建立了第一个试验性强震观测台站并取得了许多余震的加速度记录, 为震害分析和工程抗震加固提供了科学依据。38 年来, 水工结构反应台阵已发展到 30 个, 折合成三分向强震仪近 200 台。在华北地震区有: 官厅、密云、三门峡、陡河、册田、黄壁庄、西峪、潘家口、岳城、岸堤、佛子岭等大坝以及蓟运河防潮闸、宁车沽水闸等。华南地震区有: 新丰江、乌溪江、丹江口、东江和江都排灌站等。东北地震区有: 丰满、白山、大伙房、观音阁、碧流河等大坝。青藏地震区有: 刘家峡、龙羊峡、李家峡大坝。新疆地震区有黑孜大坝等 (表 1.1、图 1.1)。

中国水工结构强震观测经历了两个发展阶段。第一阶段是 1962~1980 年, 特点是由科研单位直接设台, 委托工程单位代管, 观测仪器为多通道电流计式强震仪。1979 年原水利电力部颁布了《水工建筑物抗震设计规范(SDJ10-78)》, 其中第三条规定:“对 1、2 级水工建筑物, 宜根据需要……提出设置强震加速度仪等进行观测的要求”, 使水工强震观测纳入法制轨道。第二阶段是 1980 年原国家建委和原国家地震局在哈尔滨召开“全国强震观测工作会议”至现在。会上交流协调了我国的强震观测发展规划。根据协调意见, 原国家地震局主要负责地面运动的强震观测工作, 不同工程结构地震反应由所属部门自行布设强震观测工作。会后原水利电力部为适应改革开放的新形势, 制订相应发展规划, 改变强震观测的管理体制, 使水工强震观测进入了一个新的发展时期。即: 水工强震观测台站的建设由设计部门按照规范要求在大坝安全监测设计中进行设计; 由工程建设单位按照设计要求进行施工建设, 最后移交工程管理机构 (水库管理处或水电厂) 负责运行管理, 列入大坝安全监测日常工作。中国水利水电科学研究院由以往直接负责建设和管理台阵转入到强震观测技术咨询服务和对强震记录的进一步处理分析工作。观测仪器多采用数字磁带记录式工程强震仪, 配备有强震数据现场采集分析系统, 可及时进行强震记录数据处理分析, 使强震观测进入大坝强震安全监测阶段。大坝强震安全监测和以往强震观测的不同点在于: 把强震观测与现场及时采集分析紧密结合, 并作为大坝安全报警的主要依据。根据报警的等级采取相应的应急措施, 对减轻震害和防止次生水灾的发生具有重大意义。

表 1.1 全国水工强震观测台阵一览表

台站 编号	台站 名称	地理 位置	观测仪器		观测对象	场地地质	设计 烈度	建台年代	管理单位
			型号	台数					
2001	新丰江	广东省 河源县	RDZ1 型电 流计式	3 台 36 线	支墩重力坝， 坝高 105m， 库容 139 亿 m ³ ， 装机 29 万 kW	坝基为花岗岩	9 度	1962 年建	中国地震局工程力学研 究所建， 广东省地震局管， 新丰江电厂代管
1002	黄壁庄	河北省 获鹿县	RDZ1 型电 流计式	2 台 24 线	溢洪道， 副坝， 非常溢洪道	非常溢洪道为震旦系石 英片岩和云母片岩，副 坝为第四纪冲积层	8 度	1966 年建	中国地震局工程力学研 究所建， 黄壁庄水库管理处管理
1003	密云白 河主坝	北京市 密云县	RDZ1 型电 流计式	3 台 36 线	壤土斜墙砂砾料坝， 坝高 66m， 库容 40 亿 m ³	第四纪砂砾石层	8 度	1968 年建	中国地震局工程力学研 究所建， 密云水库管理处代管
1004	官厅	河北省 怀来县	EDS-A 型 数字磁带式	4 台 12 线	均质土坝， 坝高 52m， 库容 41 亿 m ³	覆盖层为砂砾石夹砂， 基岩为震旦系石灰岩	9 度	1968 年建 1991 年改建	官厅水库管理处
2005	丰满	吉林省 吉林市	SG-4-12 型 和 RDZ-12 型电流计式	2 台 22 线	混凝土重力坝， 坝高 91m， 库容 107 亿 m ³ ， 装机 55 万 kW	坝基为粉岩， 34—35 坝段有断层通 过	8 度	1968 年建	丰满电厂
1006	江都	江苏省 扬州市	RDZ1 型电 流计式	1 台 12 线	扬水站	深厚覆盖层	7 度	1968 年建	江苏省地震局建， 江都扬水站代管
1007	丹江口	湖北省 均县	RDZ1 型电 流计式	1 台 12 线	混凝土重力坝， 坝高 97m， 库容 208 亿 m ³ ， 装机 90 万 kW	坝基为元古代火成岩， 主要为辉岩及闪长岩	8 度	1968 年建	武汉地震研究所建， 水库管理处代管
2008	刘家峡	甘肃省 永靖县	RDZ-12 型 电流计式	2 台 24 线	混凝土重力坝， 坝高 147m， 库容 61 亿 m ³ ， 装机 122 万 kW	坝基为石英片岩夹角闪 片岩	9 度	1968 年建	兰州地震研究所建， 刘家峡电厂代管

续表 1.1

台站 编号	台站 名称	地理 位置	观测仪器		观测对象	场地地质	设计 烈度	建台年代	管理单位
			型号	台数					
1009	陡河	河北省 唐山市	SG-4-12 型 电流计式	1 台 10 线	均质土坝, 坝高 22m, 库容 3.4 亿 m ³	坝基为深厚覆盖层	8 度	1978~ 1982 年	陡河水库管理处
2010	参窝	辽宁省 辽阳市	RDZ-12 型 电流计式	1 台 12 线	混凝土重力坝, 坝高 50m, 库容 7.9 亿 m ³ , 装机 3.7 万 kW	坝基为前震旦系变质岩	7 度	1976 年建	中国地震局工程力学研 究所建, 参窝电厂代管
1011	碧流河	辽宁省 大连市	RDZ1 型电 流计式	1 台 12 线	主坝	第四纪砂砾石层	8 度	1980 年建	中国地震局工程力学研 究所建, 水库管理处代管
1012	大伙房	辽宁省	RDZ1 型电 流计式	1 台 12 线	粘土心墙坝, 坝高 49m, 库容 21 亿 m ³	坝基为第四纪砂砾石层	7 度	1980 年建	中国地震局工程力学研 究所建, 水库管理处代管
2013	白山	吉林省 华甸县	GQ-II 型电 流计式	1 台 9 线	混凝土重力坝, 坝高 149m, 库容 68 亿 m ³ , 装机 90 万 kW	坝基为震旦系混合岩	7 度	1982 年建	白山电厂
2014	三门峡	河南省 三门峡 市	EDS-A 型 数字磁带式	4 台 12 线	混凝土重力坝, 坝高 106m, 库容 35.4 亿 m ³ , 装机 25 万 kW	坝基为闪长玢岩	9 度	1982 年建 1992 年改建	三门峡水利枢纽管理局
2015	湖南镇	浙江省 衢州市	GQ-II 型电 流计式	1 台 9 线	梯形重力坝, 坝高 129m, 库容 20 亿 m ³ , 装机 17 万 kW	坝基为侏罗系流纹板岩	8 度	1982 年建	乌溪江电厂

续表 1.1

台站 编号	台站 名称	地理 位置	观测仪器		观测对象	场地地质	设计 烈度	建台年代	管理单位
			型号	台数					
1016	岸堤	山东省 临沂县	GQ-II 型电 流计式	1 台 9 线	粘土心墙坝, 坝高 29.8m, 库容 7.82 亿 m ³	石灰岩、页岩	7 度	1982 年建	岸堤水库管理处
1017	西峪	北京市 平谷县	SMA-I 型 光放大式	3 台 9 线	混凝土重力坝, 坝高 33m, 库容 29 亿 m ³	花岗岩	8 度	1982 年建	中国建筑科学研究院 建, 水库管理处代管
1018	潘家口	河北省 迁西县	GQ-II 型电 流计式	3 台 30 线	宽缝重力坝, 坝高 107m, 库容 29 亿 m ³ , 装机 4.5 万 kW	前震旦系片麻岩	8 度	1983 年建	潘家口水利枢纽管理局
1019	蓟运河 防潮闸	天津市	GQ-II 型电 流计式	1 台 10 线	水闸	深厚土层	8 度	1983 年建	天津市水利局水闸管理处
1020	宁车沽 防潮闸	天津市	GQ-II 型电 流计式	1 台 10 线	水闸	深厚土层	8 度	1983 年建	天津市水利局水闸管理处
1021	黑孜	新疆 黑孜	GQ-III 型光 放大式	3 台 9 线	粘土心墙坝, 坝高 45m, 库容 6.4 亿 m ³	第四纪砂砾石及土层	9 度	1983 年建 临时台	黑孜水库管理处
2022	龙羊峡	青海省 共和县	EDS 型数字 磁带式	A 型 7 台 B 型 1 台 共 27 线	重力拱坝, 坝高 178m, 库容 268 亿 m ³ , 装机 128 万 kW	基岩为花岗闪长岩	9 度	1984 年建 临时台, 1989 年建	龙羊峡电厂
1023	故县	河南省 故县	GQ-III 型光 放大式	1 台 3 线	混凝土重力坝, 坝高 121m, 库容 12 亿 m ³	坝基为下震旦系石英 岩	8 度	1990 年建	故县水库管理处

续表 1.1

台站 编号	台站 名称	地理 位置	观测仪器		观测对象	场地地质	设计 烈度	建台年代	管理单位
			型号	台数					
1024	岳城	河北省 磁县	EDS-A 型 数字磁带式	4 台 12 线	均质土坝, 坝高 51m, 库容 11 亿 m ³	坝基为第四纪砂砾石黄 土层	9 度	1992 年建	岳城水库管理处
2025	东江	湖南省 资兴市	EDS-A 型 数字磁带式	3 台 9 线	双曲拱坝, 坝高 157m, 库容 91.5 亿 m ³ , 装机 50 万 kW	坝基为花岗岩	8 度	1993 年建	东江电厂
2026	隔河岩	湖北省 长阳县	GQ-III 型光 放大式	3 台 9 线	重力拱坝, 坝高 151m, 库容 37 亿 m ³	坝基为寒武系石灰岩	7 度	1995 年建	隔河岩水库管理处
2027	水口	福建省 闽清县	EDS 型数字 磁带式	A 型 1 台 B 型 4 台 共 27 线	重力拱坝和升船机 塔柱结构, 坝高 100m, 库容 29.7 亿 m ³ , 装机 128 万 kW	坝基为黑云母花岗岩	7 度	1995 年始建 1998 年完成	水口电厂
2028	李家峡	青海省 尖扎县	EDS 型数字 磁带式	A 型 1 台 B 型 5 台 共 33 线	重力拱坝, 坝高 165m, 库容 17.2 亿 m ³ , 装机 200 万 kW	坝基为前震旦系混合岩 和片岩组成	8 度	1996 年建	水电四局试验室
2029	二滩	四川省 攀枝花	SCQ-1 型数 字磁带式	2 台 SCQ-1 型 6 台 共 24 线	双曲拱坝, 坝高 260m, 库容 58 亿 m ³ , 装机 330 万 kW	坝基为玄武岩和正长岩	8 度	1993 年建	二滩开发公司
2030	小湾	云南省 凤庆县	GQ-III 型光 放大式	6 台 18 线	高坝峡谷场地, 设计坝高 300m	坝基为花岗岩	9 度	1997 年建	昆明勘测设计研究院

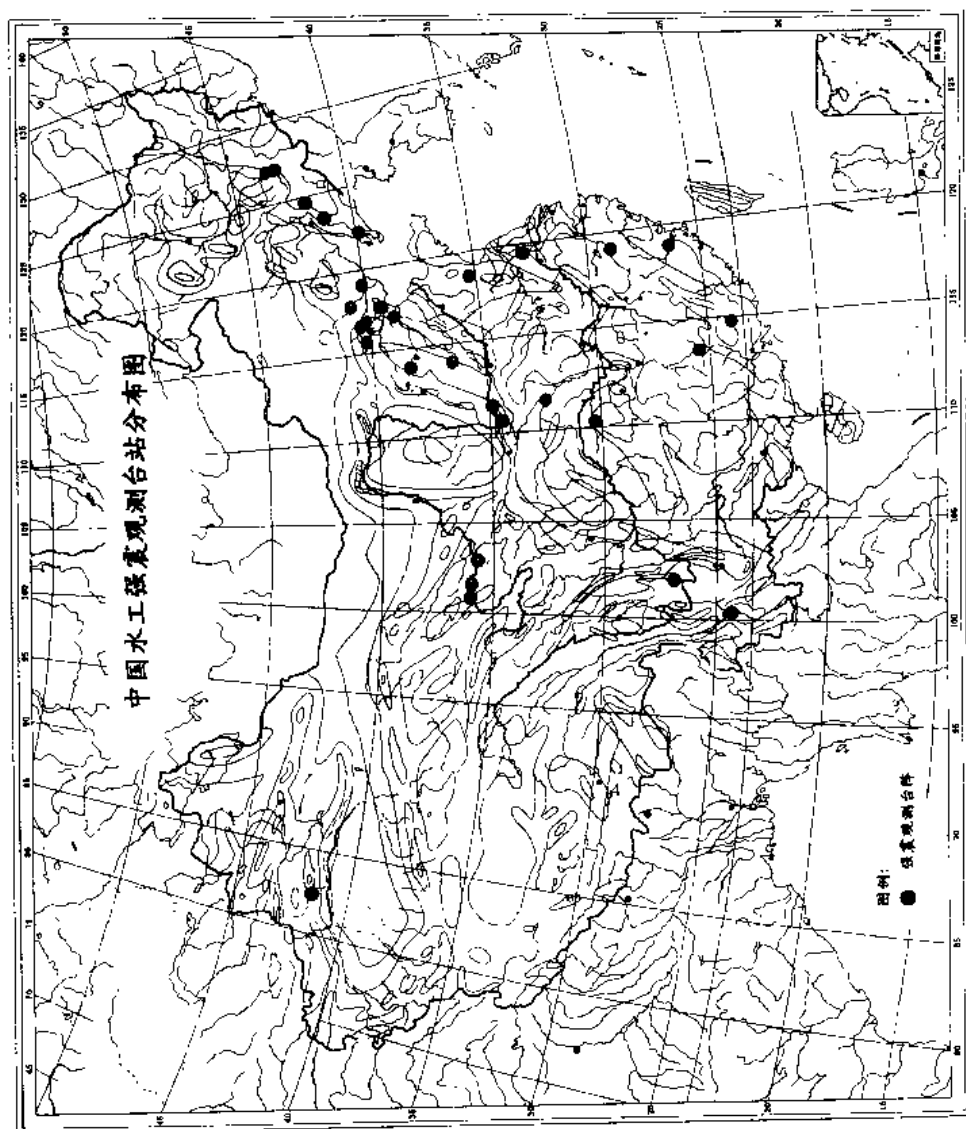


图 1.1 中国水上强震观测台阵位置分布图

台站 编号	强震观测 台站名称	记录 (条)
01	新丰江水库	231
02	黄壁庄水库	296
03	密云水库	7
04	官厅水库	46
05	丰满水库	
06	江都扬水站	
07	丹江口水库	
08	刘家峡水库	19
09	陡河水库	54
10	参窝水库	
11	碧流河水库	
12	大伙房水库	
13	白山水库	
14	三门峡水库	
15	湖南镇水库	
16	岸堤水库	
17	西峪水库	
18	潘家口水库	
19	鲍运河防湖闸	
20	宁车沽闸	
21	黑孜水库	
22	龙羊峡水库	109
23	故县水库	
24	岳城水库	
25	东汀水库	
26	隔河岩水库	
27	水口水库	
28	李家峡水库	
29	二滩水库	
30	小湾场	