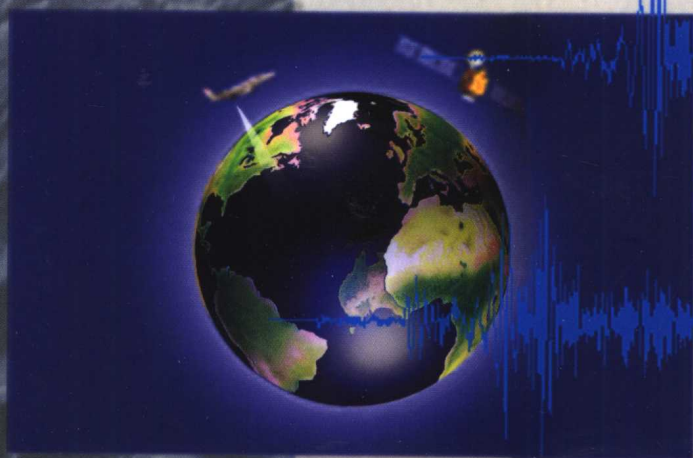


数字地震监测技术系统系列教材

地下流体数字观测技术

中国地震局监测预报司 编



5.61
8

地震出版社

数字地震监测技术系统系列教材

地下流体数字观测技术

中国地震局监测预报司 编

地 震 出 版 社

2002

图书在版编目(CIP)数据

地下流体数字观测技术/中国地震局监测预报司编. 北京: 地震出版社, 2002.6

数字地震监测技术系统系列教材

ISBN 7-5028-2038-8

I. 地... II. 中... III. 地下水—地震观测—数字技术—中国—教材 IV. P315.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 016732 号

数字地震监测技术系统系列教材

地下流体数字观测技术

责任编辑: 马 兰

责任校对: 张晓梅

出版发行: 地震出版社

北京民族学院南路 9 号

邮编: 100081

发行部: 68423031 68467993

传真: 68423031

门市部: 68467991

传真: 68467972

总编室: 68462709 68423029

传真: 68467972

E-mail: seis@ht.rol.cn.net

经销: 全国各地新华书店

印刷: 北京地大彩印厂

版(印)次: 2002 年 6 月第一版 2002 年 6 月第一次印刷

开本: 787×1092 1/16

字数: 234 千字

印张: 9.125

印数: 0001~2000

书号: ISBN 7-5028-2038-8/P·1117 (2591)

定价: 20.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

《数字地震监测技术系统系列教材》编委会

主 编：阴朝民

副主编：孙其政 钱家栋 张 金 高荣胜

吴书贵 牛之俊

编 委：庄灿涛 付子忠 张少泉 吴忠良

吴 云 高玉芬 车用太 陈会忠

宋彦云 孙建中 宁为民 余书明

孙为民 熊道慧

《地下流体数字观测技术》编写组

组 长：车用太

秘 书：王桂清

成 员：孔令昌 陈华静 鱼金子 孙天林

邢玉安 张 平 王广才 申春生

宁立然 戚克军 王建国 刘升礼

孙为民 刘成龙

序

我国地震监测工作主要服务于地震预测预报研究与实践。地震监测技术系统大体分为测震观测、前兆观测、强震观测、流动台阵观测和活动断裂系统观测等,以及为地震信息传输的网络技术支撑系统。地震前兆观测技术系统按学科又分为地震电磁(包括地磁、地电、地震电磁扰动)、地形变(包括水平与垂直形变、应变、重力)和地下流体(包括物理动态、化学动态)三种观测技术系统。我国地震监测技术系统经历了自1966年邢台地震后30多年的不断演进和完善,形成了现今的格局,为地震预测预报、地震科学研究、国防建设和国际科技合作做出了重要贡献。

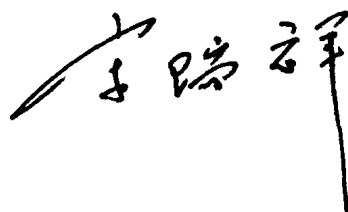
“九五”期间在国家及有关部门的大力支持下,中国地震局全面实施了我国地震监测技术系统的数字化技术改造和建设,其中包括“中国数字化地震观测系统的建设”,“地震前兆台网综合化数字化技术改造”和“全国地震通信网络系统的建设”,实现了地震监测技术系统从模拟技术向数字技术的跨越。

中国数字化地震观测系统最基本的功能是获得宽频带、大动态范围的地震记录,并运用这些记录测定出不同震源模型下的各种运动学与动力学参数,为数字地震学研究和地震预测预报研究提供基础数据。该系统包括国家数字地震台网、区域数字地震台网、流动数字地震台网等。地震前兆台网综合化数字化技术改造,通过对全国地震前兆基本台网和重点监视防御区台网进行技术及环境条件改造,实现台站观测对象综合化、台站观测技术数字化、数据处理计算机化、数据传输遥测化和台网中心网络化,使之提供稳定、可靠、便于计算机快速分析处理的各类地震前兆数据。

全国地震通信网络系统是以中国地震局计算机网络中心为龙头,通过X2.5、DDN或卫星等通信链路与各单位的计算机网络中心互联,同时,利用移动卫星设备与地震现场网络中心进行联接。各网络中心由网络管理运行中心、网络信息中心、数据管理系统和公用软件平台组成,并以多种不同的方式对地震系统和社会公众提供信息服务。

经过五年的努力,我国地震监测技术系统的数字化技术改造与建设的第一目标初步完成,并通过验收投入了运行。为使已建成的技术系统连续、稳定、可靠地运行,提供准确、精度高的观测数据,在加强管理的同时,必须尽快提高地震监测技术人员的业务水平。为此,监

测预报司组织了有关方面的专家编写了“中国数字地震监测技术系统系列教材”共六册，这套教材突出实用性，紧密结合台站实践，适应于数字地震监测技术的专业技术培训，也对从事地震科学研究，特别是地震监测预报研究有重要的参考价值。这套教材对“十五”期间即将实施的“中国数字地震观测网络”项目也会有所帮助。我相信，该教材的出版，将为提高监测技术人员的技术水平和业务素质，起到积极地推动作用。

A handwritten signature in black ink, reading '李瑞军' (Li Ruijun). The signature is stylized, with a long horizontal stroke on the left and a vertical stroke on the right.

2002 年 7 月 15 日

前 言

地下流体,主要是指地壳中可流动的物质,如水、气、油等。它们是地壳物质的重要组成部分,广泛分布于地壳的不同深度与不同部位,不仅积极参与地壳中发生的一切动力作用,包括地震的孕育与发生过程,多种地球物理场与地球化学场的生成与演化等,而且对地壳的动力过程尤其是地震的孕育与发生过程可有十分灵敏的前兆响应。因此,地下流体动态观测一直作为地震预测科学探索的重要组成部分,不断得到重视与发展。

国内外地震地下流体动态观测,始于上世纪 60 年代。我国的地震地下流体动态观测,自 1966 年 3 月河北省邢台 $M_s7.2$ 破坏性地震后的震区井水宏观动态观测开始,已经发展到拥有近千口观测井,开展以水位、水温(地热)、氡、汞观测为主体的规模宏大的地震地下流体动态观测网。30 多年来积累了大量的资料,观测到了极为丰富而有科学价值的地壳动力活动的信息,特别是一系列地震前的前兆异常信息,在推进现代地球科学的发展与破坏性地震的监测预报中发挥了积极的作用。

据不完全统计,我国已积累地下流体震前异常的资料上千个,在近百个中强以上地震前观测到地下流体异常,异常数量约占我国各类前兆异常总数的 50%以上;在几十个破坏性地震前提出过较好的预测意见,特别是在 1975 年 2 月 4 日辽宁省海城 $M_s7.3$ 、1976 年 5 月 29 日云南省龙陵 $M_s7.4$ 、1976 年 8 月 23 日四川省松潘 $M_s7.2$ 、1994 年 2 月青海省共和 3 个 $M_s5.0\sim5.9$ (余震)、1995 年 7 月 2 日云南省孟连 $M_s7.3$ 、1996 年 12 月 21 日四川省白玉 $M_s5.5$ 、1998 年 11 月 19 日云南省宁蒗 $M_s6.2$ 、1999 年 11 月 29 日辽宁省岫岩 $M_s5.4$ 等破坏性地震的成功预测中起到了重要的作用,对有些地震的短临预报起了决定性作用。地震地下流体动态观测,在地震监测预报中的作用,特别是对防震减灾具有决定性意义的短临决策中具有特别重要的意义。

然而地震预测科学仍处在探索阶段,预测的能力与社会的需求还有相当大的距离。据最新的统计(车用太, 2000), 1975 年 1 月 1 日至 1999 年 6 月 30 日间在我国大陆东经 100° 以东的地区(以西地区地震前兆监测能力很低)共发生 $M_s5.0\sim5.9$ 地震 130 次; $M_s6.0\sim6.9$ 地震 37 次; $M_s7.0\sim7.9$ 地震 7 次;然而,震前作出短临预测的 7.0~7.9 级地震占 57%; 6.0~6.9 地震有 13.5%; 5.0~5.9 地震只有 3%。由此可见,一方面我国的地震预测取得了重要进展,这些进展无疑与观测技术的进步有关;另一方面,预测的能力与水平仍然很低,改变这种状况,仍需长

期不懈的努力,这种努力之中,发展观测技术无疑也是最为基础的。

我国地震地下流体前兆观测技术一直较为落后,长期处于人工定时观测、模拟记录、信函报数的阶段。这样的观测,一方面使观测到的动态数据代表性差,如水氡与水汞等化学动态观测以每日采样时的瞬态测值代表当日 24 小时的变化,对于环境与动力变化较为灵敏的测项而言,这种观测方式显得极为不合理;另一方面,观测中人工操作的环节较多,如取样、运样、样品处理、人工测试等,不可避免地带来操作环境与条件、操作技术水平差异等干扰,影响观测数据的准确性,特别是相当多的观测数据,不能及时送到地震分析预报人员手中,多次发生很好的异常数据震后才送到地震分析预报人员手中的事例,严重影响地震监测的预报实效等。因此,尽快改变我国地震地下流体观测技术的落后局面,势在必行。

在这样的形势下,我国地震地下流体数字观测技术于上世纪 80 年代开始实施,首先是水温(地热)观测于 80 年代中期成功实现数字观测,接着水位观测于 80 年代末期实现数字观测,到 90 年代氡与汞实现数字观测,同时又开拓出氡、氡与二氧化碳的数字观测技术。这些数字观测技术,于“九五”期间在山东省地震前兆台网中得到全面的检验与进一步完善之后,开始在全国推广应用。这是我国地震地下流体观测技术的一次革命和飞跃,标志着我国地震地下流体观测技术迈入现代化的新阶段。

为了顺利地推广与应用地震地下流体数字观测技术,在中国地震局监测预报司的组织下,由中国地震局地下流体学科技术协调组负责组织编写了《地震地下流体数字观测技术》(培训教材)。本教材内容分为四章。第一章主要介绍数字观测技术对观测井、井口、井房、供电设施、通讯设施等的基本要求;第二章重点介绍目前正在大力推广应用的、水位、氡、汞三个测项的数字观测技术;第三章简要介绍对未来地震地下流体监测预报有可能产生重大影响的氡、氡与二氧化碳的数字观测技术。考虑到水温前兆的数字观测技术早已广泛推广应用,而且在《地震地下流体观测技术》(1995 年,地震出版社)中已作过系统介绍,在本书中则不再重复论述;第四章简要介绍了台站产出的数字观测资料的处理与管理技术。

为了编好本教材,成立了编写组,承担教材的编写工作。编写组经过近半年的努力,于 2001 年 1 月完成本教材的编写任务。然而,由于地震地下流体数字化观测技术,及其推广与应用刚刚开始,积累的经验不多,还会有不少的问题有待检验、改进与完善。因此,本教材编写组与有关专家尽管作了很多努力,但书中肯定会存在不少问题,我们恳切希望读者们与编者一起努力,边用边改,不断完善与提高,使本教材逐渐得到完善与实用,为我国地震地下流体数字观测技术的应用与发展起到应有的作用,为我国防震减灾事业的发展做出新贡献。

编写说明

地下流体前兆的数字观测技术，目前正在全国推广应用，我们相信不久的将来数字观测遍布全国，我国的地震地下流体前兆观测即将迈入现代化的新时代。

中国地震局监测预报司，为了对数字前兆观测人员进行技术培训，决定组织编写《地下流体数字观测技术》(培训教材)并于2000年8月下发“关于印发数字观测技术培训教材编写大纲和编写工作要求的通知”，提出了编写工作的各项要求，审定了编写大纲，组建了编写组。

地下流体学科编写组根据上述精神于2000年9月开始编写《地下流体数字观测技术》文稿，尽管编写组人员工作任务繁重，时间紧迫，但仍克服种种困难，于2001年1月完成并提交了初稿。初稿的编写分工是，第一章为车用太、孔令昌、陈华静；第二章第一节为孙天林、宁立然；第二节为邢玉安、张平；第三节为申春生、陈华静；第三章第一节为孔令昌、王桂清；第二节为戚克军、陈华静；第四章第一节为车用太；第二节为陈华静、王建国；第三节为车用太、孔令昌、王广才；第四节为车用太、鱼金子。初稿完成后，2001年1月中、下旬由车用太、鱼金子进行统稿，对各章节的内容、编排与风格等进行调整规范，增强了书稿的系统性、完整性与科学性，补充编写了前言、参考文献。并由鱼金子与刘成龙负责重新录入与编排。在此基础上，2001年2月上旬召开了定稿工作会议，本着“文责自负”的原则，请各章节的主要编写人车用太、孔令昌、鱼金子、孙天林、邢玉安、陈华静、刘升礼等同志对书稿进一步检查，对存在的问题进行修改，最后于2001年3月由鱼金子、车用太负责定稿。

本教材编写与统稿过程中参考了《九五国家地震局重点项目计划总体技术设计(95-01-02)》(国家地震局，1996)、《山东省地震前兆台网验收材料》(山东省地震局，1999)、《实用化水位传感器及其标定装置的研制子专题资料汇编》(中国地震局分析预报中心，2000年)、《连续测氦传感器研制及其标定技术研究子专题资料汇编》(中国地震局分析预报中心，2000年)、《连续测汞传感器研制及其标定技术研究子专题资料汇编》(中国地震局分析预报中心，2000年)、《中国地震信息网络 CSBnet 信息管理约定》(中国地震局，1999)、《三峡井网工程建设报告》(中国地震局地质研究所，2000)等内部材料。这些材料为本教材的编写提供了丰富的资料。

本书编写、统稿与定稿过程中，始终得到中国地震局监测预报司阴朝民司长、高荣胜、吴书贵副司长、宋彦云副处长、余书明副处长与刘升礼调研员的关心与

指导；中国地震局分析预报中心钱家栋研究员对全书审阅并提出很多指导性的意见；还得到山东省地震局薛革、王华、耿杰；安徽省地震局的张朝明；地质研究所的刘春国、王立云等同志们的协助。

尽管本教材的编写，得到众多领导与同志们的关心与支持，编写组成员也付出了应有的努力，但一方面由于数字观测技术是新的技术，刚刚开始推广应用，技术本身尚待进一步完善，技术的应用尚待积累经验与知识，另一方面由于编写组成员时间较紧与水平有限，书中仍有不足之处，甚至可能还有不当与错误之处，对于本教材中存在的这些问题，恳请读者们提出批评指正。

目 录

第一章 地下流体的数字观测台站	(1)
第一节 地下流体前兆观测及其现状	(1)
1.1 地下流体前兆观测	(1)
1.2 地下流体前兆观测技术现状及其发展动向	(1)
1.3 地下流体数字台站技术系统的总构成	(3)
第二节 地下流体数字观测信息检测系统	(4)
2.1 信息检测系统中的仪器设备	(4)
2.2 信息检测系统中的“软”技术	(5)
第三节 数字观测的井与井口装置系统	(6)
3.1 数字观测井的要求	(6)
3.2 井口装置	(7)
3.2.1 井口装置概述	(7)
3.2.2 脱气-集气装置	(7)
3.2.3 热水井的冷却装置	(10)
3.2.4 井口装置的组合	(11)
第四节 地下流体数字观测的技术保障系统	(13)
4.1 供电设施	(13)
4.2 防雷设施	(13)
4.3 通信设施	(14)
4.4 观测井房的要求	(14)
第二章 地下流体主要测项的数字观测	(15)
第一节 水位的数字观测技术	(15)
1.1 概述	(15)
1.2 仪器的构成与原理	(15)
1.2.1 水位传感器的构成与工作原理	(15)
1.2.2 水位仪主机的构成与功能	(18)
1.3 仪器的性能与指标	(20)
1.3.1 仪器的性能	(20)
1.3.2 仪器的技术指标	(20)
1.3.3 仪器的其它性能及其技术指标	(21)
1.4 仪器的安装与调试	(21)
1.5 仪器的使用	(24)
1.6 水位观测值的换算	(26)

1.7	应用软件的安装与使用	(27)
1.7.1	应用软件的安装	(27)
1.7.2	水位仪与计算机的联机	(27)
1.7.3	应用软件的使用方法	(28)
1.8	仪器的标定与水位测量值的订正	(29)
1.8.1	仪器的标定与检查	(29)
1.8.2	水位测量值的订正	(29)
1.9	仪器故障及其检查与维修	(31)
第二节	氮的数字观测	(32)
2.1	氮观测概述	(32)
2.2	仪器构成与工作原理	(32)
2.2.1	仪器的构成	(32)
2.2.2	测氮装置及其工作原理	(33)
2.2.3	主机及其功能	(36)
2.2.4	仪器的面板	(40)
2.3	仪器的性能与技术指标	(43)
2.3.1	仪器的性能	(43)
2.3.2	仪器的技术指标	(43)
2.4	仪器的安装与调试	(43)
2.4.1	仪器的安装	(43)
2.4.2	仪器的调试	(45)
2.5	仪器的使用	(47)
2.5.1	键盘命令的使用	(47)
2.5.2	主机的使用	(49)
2.5.3	打印机的使用	(50)
2.6	仪器的标定与检查	(52)
2.6.1	仪器标定的设备与方法	(52)
2.6.2	仪器标定的操作规程(以加拿大 RN-105 氮气源为例)	(52)
2.6.3	仪器的检查	(53)
2.7	仪器故障的识别与排除	(54)
2.7.1	主机的故障及其排除	(54)
2.7.2	测氮装置的故障及其识别与排除	(54)
2.7.3	仪器标定与检查中的故障及其识别与排除	(54)
第三节	汞的数字观测	(55)
3.1	汞观测概述	(55)
3.2	仪器的构成与工作原理	(56)
3.2.1	仪器的工作原理及总体组成	(56)
3.2.2	主机的构成与工作原理	(56)
3.2.3	采样控制器的构成与工作原理	(61)

3.3	仪器的性能与技术指标	(63)
3.3.1	仪器的主要性能	(63)
3.3.2	仪器的主要技术指标	(63)
3.4	仪器的安装与调试	(63)
3.4.1	安装前的准备	(63)
3.4.2	仪器的安装	(63)
3.4.3	仪器的调试	(64)
3.5	仪器的使用与维护	(68)
3.5.1	仪器的使用	(68)
3.5.2	仪器的维护	(69)
3.6	仪器的标定	(70)
3.6.1	标定前的准备工作	(70)
3.6.2	标定步骤与方法	(70)
3.6.3	标定结果的处理	(71)
3.7	仪器的故障识别与排除	(71)
第三章	其它气体测项的数字观测技术	(73)
第一节	氮与氢的数字观测技术	(73)
1.1	氮与氢的观测概述	(73)
1.1.1	氮及其观测	(73)
1.1.2	氢及其观测	(74)
1.2	观测系统的构成与工作原理	(74)
1.2.1	氮与氢气的观测系统	(74)
1.2.2	观测系统的工作原理	(75)
1.3	WGK-1型自动测氮仪	(75)
1.3.1	仪器结构	(75)
1.3.2	工作原理	(75)
1.4	WGK-A型自动测氢仪	(76)
1.5	仪器的关键技术	(76)
1.5.1	关键技术概述	(76)
1.5.2	关键技术说明	(77)
1.6	仪器的性能与指标	(78)
1.6.1	测氮仪的性能与指标	(78)
1.6.2	测氢仪的性能与指标	(79)
1.7	仪器的安装与使用	(79)
1.7.1	观测系统安装	(79)
1.7.2	仪器的调试与使用	(79)
1.7.3	仪器的维护	(81)
1.8	仪器标定	(81)
1.8.1	标定方法与标准物质	(81)

1.8.2	标定步骤	(81)
1.9	仪器故障的识别与排除	(82)
第二节	二氧化碳的数字观测技术	(82)
2.1	二氧化碳及其观测概述	(82)
2.2	仪器的构成与原理	(83)
2.2.1	二氧化碳的观测系统	(83)
2.2.2	二氧化碳测量仪的工作原理	(86)
2.2.3	关键技术	(89)
2.3	仪器的性能与指标	(89)
2.3.1	仪器的性能	(89)
2.3.2	仪器的技术指标	(89)
2.4	仪器的安装与调试	(89)
2.4.1	观测系统的安装	(89)
2.4.2	仪器的调试与使用	(90)
2.4.3	仪器的手动操作	(92)
2.4.4	仪器的联机操作	(92)
2.4.5	仪器通过前兆台网总线操作	(92)
2.5	仪器的标定	(92)
2.5.1	出厂标定	(92)
2.5.2	用户标定	(93)
2.6	仪器的故障识别与排除	(93)
第四章	地下流体数字观测的数据处理与管理	(94)
第一节	观测数据的处理	(94)
1.1	观测数据的换算与格式	(94)
1.1.1	水位观测数据的换算与格式	(94)
1.1.2	氧观测数据的换算与格式	(95)
1.1.3	汞观测数据的格式	(97)
1.1.4	氮与氢观测数据的换算与格式	(97)
1.2	观测数据的传输与报送	(99)
1.2.1	观测数据的传输	(99)
1.2.2	观测数据的报送	(100)
1.3	观测数据的存储与处理	(100)
1.3.1	数字观测数据的存储	(100)
1.3.2	数字观测数据的处理	(100)
1.4	观测数据的动态曲线	(100)
第二节	数字观测台站的应用软件	(103)
2.1	软件概述	(103)
2.2	软件的使用	(104)
2.2.1	台站基础资料库的使用	(104)

2.2.2	观测仪器技术档案库的使用	(107)
2.2.3	观测数据库的使用	(111)
2.2.4	资料质量监控	(116)
2.2.5	资料处理方法	(117)
第三节	地下流体学科前兆台网中心	(120)
3.1	前兆台网中心的任务	(120)
3.1.1	前兆台网中心的类型	(120)
3.1.2	地下流体学科前兆台网中心	(120)
3.2	学科中心的技术构成与功能	(122)
3.2.1	学科中心的构成	(122)
3.2.2	学科中心的功能	(122)
3.2.3	学科中心与分中心的关系	(123)
3.3	学科中心的硬件设施与配置	(123)
3.4	学科中心软件及其应用	(123)
3.5	学科中心的数据库	(124)
3.5.1	观测数据库	(124)
3.5.2	基础数据库	(124)
3.5.3	学科管理文件库	(124)
第四节	地下流体学科数字观测数据的质量管理	(125)
4.1	观测数据质量的日常管理	(125)
4.1.1	数据流	(125)
4.1.2	观测数据的日常管理	(125)
4.2	观测质量监控	(125)
4.2.1	质量监控概述	(125)
4.2.2	观测数据完整率	(125)
4.2.3	观测数据的内在质量	(126)
4.3	观测资料质量评比	(126)
主要参考文献		(128)

第一章 地下流体的数字观测台站

第一节 地下流体前兆观测及其现状

1.1 地下流体前兆观测

地震地下流体观测,指以捕捉地震前兆为主要目的的地下流体动态观测。自上世纪 60 年代开始,已成为地震监测预报的主要技术之一。经过 30 多年的努力,我国已建成了规模宏大的地震地下流体观测网,积累了大量的观测资料,在地震监测预报中发挥积极的作用。

我国地震地下流体观测井(泉),展布在除了西藏自治区之外的各省、市、自治区,台湾省也已有观测井。观测井(泉)总数达近千口,被分为国家级基本井、省级区域井与县、市级地方井三个层次的观测井。据粗略的统计,基本井的总数约 60 口,区域井的总数约 100 口,地方井及企、事业单位的观测井加起来有 800 多口。

在这些观测井(泉)上,进行着多种多样的地下流体动态观测。目前,我国地震地下流体动态观测的基本测项有水位、水温(地热)、水氦与水汞四大项。除此之外,还有很多其它的探索性的观测项目,其它测项中有井(泉)水流量、常量离子(K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-)、微量元素(F, Br, I, B, Li, Sr)、溶解气(N_2 、 O_2 、Ar、 CO_2 、 CH_4)、电导率及油气井的井口压力与产液量等约有 20 多项,探索性的测项主要是逸出气与土壤气观测,其中有 Rn、Hg、 H_2 、He、 CO_2 等 10 多项。地震地下流体观测项目的总数达 40 多个。我国地震地下流体观测项目,如表 1.1.1 所列。

1.2 地下流体前兆观测技术现状及其发展动向

地下流体前兆观测技术,可分为两个发展阶段。大体上,以 1990 年前后为界,之前为机械式观测与人工测试为主的阶段,之后为转向机电式、数字观测的阶段。目前正处在新、旧技术的交替阶段,大量的机械观测与人工测试的旧技术仍广泛存在,同时新的数字观测技术脱颖而出,蓬勃发展。

水位动态观测,指观测井中地下水面位置随时间的变化。这种动态观测,曾有过多种类型的机械式水位仪同时使用的局面,70 年代常用的机械式水位仪有 SZ-1 型、HCJ-1 型、红旗-1 型、SW-20 型、SW-40 型等,到 80 年代后期逐渐统一成以 SW-40 型水位仪或 SW40-1 型水位仪为主。80 年代还使用过一批机电式水位仪,如 SWG-1 型水位跟踪仪、SSJ-1 型数字水位仪、GSQ-II 型水位仪、JZS-1 型水位仪等,但这些仪器多已被淘汰。目前,LN-3 型数字水位仪占据我国地震水位动态观测新技术的主导地位。

水温观测,又称地热观测或地温观测,指观测井水面以下一定深度处的地下水温度随时间的变化。这种观测,70 年代之前以水银温度计、半导体温度计等人工观测为主,到了 80 年

表 1.1.1 地震地下流体前兆观测项目一览表

测项大类	测项亚类	测 项	说 明
物理动态观测	观测井的物理动态	水位观测	分为静水位与动水位观测
		水温观测	又称地热、地温等观测
		流量观测	自流井(泉)水流量、出油量、产液量等观测
		井压观测	井口压力、井口水压、井口油压等观测
	地下水的物理动态	物理特性观测	电导率、pH 值、Eh 值等观测
化学动态观测	离子与元素动态	常量离子观测	K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- 观测
		其它离子观测	Fe^{2+} , Fe^{3+} , NO_2^- , SiO_2 等观测
		微量元素观测	F, Br, I, B, Li 等观测
	气体动态	氧(Rn)观测	分为水氧、逸出氧(气氧)与土壤氧(土氧)观测
		汞(Hg)观测	分为水汞、逸出汞(气汞)与土壤汞(土汞)观测
		氢气(H_2)观测	分为溶解氢、逸出氢与土壤氢观测
		氦气(He)观测	分为溶解氦、逸出氦与土壤氦观测
		二氧化碳(CO_2)观测	分为溶解 CO_2 、逸出 CO_2 与土壤 CO_2 观测
		硫化氢气(H_2S)观测	溶解气 H_2S 观测
		甲烷气(CH_4)观测	溶解气 CH_4 观测
		气体总量	溶解气总量、逸出气总量观测

代开始使用数字温度计,当时常用的仪器有 SZW-1 型数字式温度计、CZ-2001 型温度计等。水温观测是流体前兆观测中,首先实现数字观测的测项。目前, SZW-1A 型石英温度计占据我国地震水温动态观测的主导地位。

氧观测,以往主要是水氧观测,指观测地下水中氧浓度随时间的变化。这种观测,常用的仪器是 FD-105 型或 FD-105K 型静电计与 FD-125 型氧钍分析器,观测方法是人工取样,脱气后用上述仪器进行测试,一般是一天定时测试一次。到了 80 年代研制过多种连续自动测氧仪,如 JDZ-1 型交、直流两用测氧仪等。目前开始推广应用的是 SD-3 型自动测氧仪,这种仪器主要适用于逸出气与土壤气中氧动态观测,因此随着数字观测技术的推广,我国的氧观测将由水氧观测转向气氧观测。

汞观测,又称汞量测量,指观测地下水中汞浓度随时间的变化。这种观测,以往主要是水汞观测,使用的仪器有 XG-3 型、XG-4 型、XG-5 型测汞仪与 XG-5Z 型塞曼测汞仪等,但使用得最多的是 XG-4 型测汞仪。观测方法是人工取样,经化学处理后,用上述仪器进行测试,一般一天定时测试一次。目前开始推广应用 DFG-B 型连续测汞仪,这种仪器主要适用于逸出气与土壤气中汞动态观测,因此随着数字观测技术的推广,我国的汞观测将由水汞观测转向气汞观测。

气体观测,以往观测主要是井(泉)水中溶解气的各组分(H_2 、He、 CO_2 、 CH_4 等)浓度随时间的变化,一般是利用气相色谱仪进行的,常用的色谱仪有 SP-2304A 型、SP-2305 型等。观测方法,也是人工定时取样,脱气后用仪器测试,一般也是一天定时测试一次。近几年研制成功自动测氦仪、自动测氢仪、二氧化碳测量仪等新型数字观测仪器,目前正在深入试验观测。

由上可见,我国地震地下流体前兆动态观测,在“九五”之前,除了水温观测已基本实