



国家地震局科技监测司

地震地下水手册

地震出版社

地震地下水手册

国家地震局科技监测司

地震出版社

1995

(京)新登字 095 号

内 容 提 要

本书汇集了有关地下水的基础知识,详细介绍了利用地下水物理、化学动态进行地震监测、预报研究的科学思路、方法、理论及实践,反映了我国地震研究的最新成果。该书以我国地震工作者几十年工作实践经验和资料为主,择优选入了部分国外的先进理论和最新资料。

本书资料翔实、数据准确、图文并茂,便于广大地震科技人员开展监测预报工作时,快捷准确地进行查阅与处理资料,提高工作效率,是一部全面、系统、简明实用的工具书。

本书可供地震预报、地下水动力学、地球化学等科技人员以及大专院校有关专业师生参考。

地震地下水手册

国家地震局科技监测司

责任编辑:马 兰

责任校对:王花芝

地震出版社出版

北京民族学院南路9号

北京丰华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

850×1168 1/32 插页1 21.5 印张 580千字

1995年6月第一版 1995年6月第一次印刷

印数 0001—1700

ISBN 7-5028-1116-8/P·678

(1509) 定价:25.00元

顾 问 李宣瑚

主 编 贾化周 张 炜 董守玉
王吉易

编写人员 (以姓氏笔划为序)

万迪堃	王长岭	王永林
王吉易	王宝银	田竹君
许学礼	刘耀伟	张 炜
何跟巧	宋贯一	吴景云
李正蒙	董守玉	高清武
贾化周		

编辑组成员

贾化周	张 炜	董守玉
王吉易	马 兰	许学礼

序

地震预报,尤其是中期、短期和临震预报是建立在这样一种认识基础之上的,即认为地震的发生有一定的孕育过程,在这过程中,震源区及周围一定区域里地壳介质和应力状态必然发生相应的变化,在地表所进行的多种观测可能观测到这种变化。至今所开展的多种观测中,被统称为地震地下水观测的地下水动态与水文地球化学组分的观测是一个重要的方法。自本世纪 60 年代中期,世界上一些多震国家先后制定并逐步实施地震预报研究计划以来,国内外都有很多有关地震前地下水异常实例的报道。尤其在我国,20 多年来一些在震前作出一定程度预报的范例中,作为预报的主要依据,几乎都有地下水异常。因此,在地震分析预报部门,地下水被认为是可用于预报地震的一个重要的,相对来说,较有成效的方法之一。其因何在,这是值得我们认真思考的。这也许是因为在孕震过程中,流体对地壳应力应变状态的变化反映较灵敏和井孔对这种变化可起到放大作用。

在地表所进行的各种地震前兆观测,其观测数据的变化,实际上是多种因素共同作用于地壳和观测系统的综合反映。然而,这些因素各自在观测数据的变化中所起的作用及相互关系,则是相当复杂的。因此,怎样有效地从观测数据的变化中提取可能的地震前兆信息就成为地震预报研究中一个极其重要的课题。对地下水动态和水文地球化学组分的变化来说,这种复杂性,同样是相当突出的,它不仅涉及观测系统、观测环境(地理、气象、人的有关活动等),还涉及到地下水的循环和地壳介质及水的化学成分等。这就决定了要提高地下水预报地震的水平必须掌握有关的多方面的基础知识。多年来,不少研究成果和专著在科学讨论中涉及部分基础知识,但鉴于论文、专著的性质,在这方面不可能是系统的,也不便

查寻。为此,在国家地震局科技监测司的组织下,从 1991 年开始,由长期从事地下水研究和预报实践的专家共同编写这本《地震地下水手册》,以供从事预报、研究、观测人员参考。该手册内容丰富,资料翔实,条理清楚,查阅方便。相信该手册的出版将有助于地震地下水研究的深入和预报水平的提高。

陈章立

1994 年 6 月

前 言

自 1966 年邢台地震至今近 20 年来,我国在地下水地震前兆观测和预报研究方面,取得了明显的进展,积累了丰富的观测资料,获取了一批有价值的观测和研究成果,出版了一系列专著。在上述成果的基础上,为了满足科技人员和台站观测人员查找资料的需要,国家地震局科技监测司组织编写了《地震地下水手册》一书。

本手册汇集了水文地质、水文地球化学的基础知识及地震地下水位、水化学动态、地震地下水井网及观测点、观测项目选择、观测方法和观测仪器、地震地下水观测资料的处理方法、地下水异常动态与地震预报、地下水地震前兆机理等有关地下水动力学、水文地球化学、气体地球化学和油井动态等多方面内容的知识。

本手册力求资料翔实、数据准确、条理清晰、层次分明,并尽可能采用图表形式,作到图文并茂,便于读者查询检索,为地震地下水科技工作者提供一部理论与实践相结合的,能够全面反映地震地下水研究和地震监测预报工作成果的简明实用的工具书。

为了方便查阅,本书以章、节、目三级列出题目。全书共分 13 章。前两章为地下水基础知识部分;第三章至第六章是地震地下水动力学部分;第七章至第十章是地震水文地球化学部分;第十一章是地震油井动态部分;第十二章为气体地球化学部分;第十三章为地震地下水异常机理与前兆模式。各章的执笔人为:第一章王永林、许学礼;第二章宋贯一、李正蒙、王吉易;第三章田竹君、董守玉;第四章董守玉、王永林;第五章王宝银、田竹君;第六章万迪堃、董守玉;第七章王吉易;第八章张炜;第九章李正蒙;第十章刘耀伟、王长岭、张炜、王吉易;第十一章吴景云;第十二章高清武、何跟巧;第十三章贾化周、王吉易。

全书由李宣璐任顾问,贾化周、张炜、董守玉、王吉易策划和主编,贾化周、张炜、董守玉、王吉易、马兰、许学礼组成编辑组,负责全书各章节的编纂和定稿。

本书编写过程中,始终得到科技监测司的大力支持和具体指导,得到商宏宽、汪成民、王铁城、车用太、陈健民、范树全、邢玉安、毕文铭等同志的热情关怀和帮助,在此致以衷心地感谢。

由于地震地下水学还是一门发展中的新学科,目前尚处于探索阶段,加之作者水平有限,书中错误和不足之处,敬请读者批评指正。

目 录

第一章 水文地质基础	(1)
第一节 自然界中的水.....	(1)
一、自然界中水的分布.....	(1)
二、水在岩石中存在的形式及其特征.....	(1)
三、水的物理特性.....	(3)
四、水的物理力学性质.....	(6)
第二节 岩石孔隙性和水理性质	(10)
一、岩石的孔隙性	(10)
二、岩石的水理性质	(14)
第三节 地下水的循环、分类及其特征	(17)
一、地下水的循环	(17)
二、水文地质构造	(25)
三、地下水主要类型及其特征	(25)
第四节 水文地质要素及参数	(40)
一、水文地质要素	(40)
二、水文地质参数	(41)
第五节 地下水储量	(55)
一、国外地下水资源分类	(55)
二、我国地下水资源分类	(56)
第六节 井孔要素	(57)
一、井孔类型与结构	(57)
二、管材与过滤器	(59)
第二章 水文地球化学基础	(65)
第一节 地壳中化学元素的平均含量	(65)
第二节 岩石的化学成分	(69)

一、地球的化学成分	(69)
二、岩浆岩的化学成分	(71)
三、沉积岩的化学成分	(77)
四、变质岩的化学成分	(78)
五、地壳中主要的岩石类型和主要矿物的分布量 ...	(80)
第三节 天然水的化学成分	(85)
一、雨水和地表水的化学成分	(85)
二、地下水的物理化学性质和化学成分	(90)
第四节 地下水化学成分的形成作用及其影响因素.....	(113)
一、地下水化学成分的形成作用.....	(113)
二、地下水化学成分形成的影响因素.....	(118)
三、几种地下水化学成分的形成过程.....	(128)
第五节 地下水化学成分分类.....	(131)
一、舒卡列夫分类.....	(131)
二、阿廖金分类.....	(132)
第三章 地下水动态	(134)
第一节 地下水宏观动态.....	(134)
一、地下水位宏观动态类型及其特征.....	(134)
二、地下水温度动态类型及其特征.....	(138)
第二节 地下水微动态.....	(139)
一、地下水位微动态的类型与特征.....	(139)
二、地下水位固体潮效应.....	(141)
三、地下水位气压效应.....	(181)
四、地下水位地表荷载效应.....	(201)
五、地下水位的复合潮效应.....	(211)
六、地下水位的地震波效应.....	(215)
七、其他形式的地下水力学效应.....	(229)
第四章 地震地下水动态观测系统	(234)
第一节 观测网的建设与选井要求.....	(234)

一、观测网建设的目的、任务与要求·····	(234)
二、布网原则·····	(234)
三、观测井建设程序·····	(235)
四、观测井的止水方法·····	(242)
五、观测井的管路装置·····	(245)
第二节 观测方法及仪器设备·····	(250)
一、地下水位的观测方法及仪器设备·····	(250)
二、井(孔)泉涌水量观测方法和仪器设备·····	(259)
三、压力水头的观测方法和仪器设备·····	(272)
四、地下水温度的观测方法和仪器设备·····	(272)
五、辅助观测项目及仪器设备·····	(280)
第五章 地震地下水动态常用计算方法·····	(288)
第一节 观测资料的预处理及各类均值计算·····	(288)
一、观测资料的预处理·····	(288)
二、各类均值的计算·····	(291)
第二节 重要参量及其计算·····	(294)
一、重力固体潮理论值的计算·····	(294)
二、固体潮日波、半日波理论值的计算·····	(295)
三、体应变固体潮理论值的计算·····	(296)
四、固体潮汐应力的计算·····	(297)
五、井水位固体潮系数 B_0 和相位差 $\Delta\varphi$ 求法 ·····	(298)
六、井水位气压系数 b_p 的求法 ·····	(302)
七、井水位较气压滞后时间的求法·····	(305)
第三节 数据处理常用计算方法·····	(307)
一、回归分析·····	(307)
二、数字滤波·····	(314)
三、傅里叶谱分析·····	(320)
四、维涅第科夫调和分析·····	(322)
五、动态灰箱分析·····	(324)

第六章 地下水位（流量）异常动态与地震预报	(327)
第一节 地下水位（流量）异常动态特征与分类	(327)
一、异常的空间分布及其成因分类	(327)
二、异常的时间分布与异常时段的划分	(332)
三、异常形态及其分类	(335)
四、异常的时空转移	(336)
第二节 地下水位主要干扰因素及排除方法	(339)
一、地下水位主要干扰因素	(339)
二、地下水位主要干扰因素排除方法	(339)
三、干扰因素排除效果检验	(341)
第三节 地下水位异常的判定	(343)
一、异常的判别标志	(343)
二、异常的判别指标	(348)
三、异常判别的方法	(349)
第四节 地震三要素的预报	(354)
一、地震三要素的判定	(354)
二、预报方法	(357)
第五节 地下水宏观异常与调查	(363)
一、地下水宏观异常的种类	(363)
二、地下水宏观异常的调查	(363)
三、地下水假宏观异常	(367)
第七章 地下水化学动态	(371)
第一节 水化正常动态类型	(371)
一、地下水化学动态的含义	(371)
二、水化动态的分类	(371)
第二节 水化动态的影响因素	(372)
一、影响因素的分类	(372)
二、气象因素	(372)
三、水文因素	(381)

四、人为因素·····	(383)
五、应力-应变因素·····	(394)
第三节 不同类型水点的动态特征·····	(397)
一、水点的动态类型·····	(397)
二、泉点的动态特征·····	(397)
三、井孔的动态特征·····	(403)
四、水温动态特征·····	(410)
第八章 水文地球化学地震前兆观测·····	(416)
第一节 观测点的选择·····	(416)
一、水文地球化学地震观测点的选择条件·····	(416)
二、不同类型观测点对地震的监测能力·····	(419)
第二节 观测项目的选择·····	(420)
一、观测项目选择的理论基础·····	(420)
二、观测项目的选择方法·····	(421)
三、灵敏观测项目的选择条件·····	(422)
第三节 地震水文地球化学观测项目·····	(423)
一、我国水化地震观测项目·····	(423)
二、主要观测项目的地球化学特征·····	(424)
第四节 观测点的引水-采水装置·····	(449)
一、引水-采水装置的涵义·····	(449)
二、引水-采水装置在地震观测中的作用·····	(449)
三、引水-采水装置设计的基本要求·····	(450)
第五节 观测网的布设·····	(455)
一、台网布设应注意的问题·····	(455)
二、水化地震观测台网的布设原则·····	(458)
三、观测网中观测点的密度·····	(461)
四、现有水化地震监测台网的规模 与监控地震的能力·····	(463)
第九章 地震水文地球化学测试技术与观测仪器·····	(464)

第一节	氦的测试技术与观测仪器	(464)
一、	氦的测试方法	(464)
二、	观测氦的各种仪器设备	(464)
三、	地震水化台网使用的常规测氦仪器	(465)
四、	测氦仪器的标定	(485)
第二节	水质测试技术与观测仪器	(502)
一、	水质测试技术与方法	(502)
二、	观测水质的各种仪器设备	(504)
第三节	气体测试技术与观测仪器	(519)
一、	气体测试技术与方法	(519)
二、	观测气体的各种仪器设备	(521)
第十章	水化观测资料处理与地震预报	(527)
第一节	原始资料的整理与评价	(527)
一、	水化观测台网的基本情况收集	(527)
二、	主观测数据和辅助观测数据处理	(529)
三、	水化资料可靠性判别	(530)
第二节	水化异常判定方法	(534)
一、	原始日测值曲线法	(534)
二、	差分法	(535)
三、	剩余曲线法	(537)
四、	自适应阈值法	(538)
五、	线性趋势分析法	(540)
六、	月均值、年均值分析方法	(541)
七、	平滑滤波法	(542)
第三节	水化异常现场调查与核实	(546)
一、	观测数据的核实	(546)
二、	变化原因的初步判断	(546)
三、	现场调查工作	(547)
四、	野外试验	(548)

五、水化异常调查核实报告的编写·····	(551)
第四节 干扰因素的定量排除·····	(552)
一、一元线性回归分析·····	(553)
二、多元逐步回归分析·····	(557)
三、曲线回归分析·····	(559)
四、多项式回归分析·····	(562)
五、谐波分析法·····	(563)
第五节 水文地球化学地震前兆与预报·····	(567)
一、地震前兆的判别方法·····	(567)
二、地震前兆特征·····	(568)
三、水化异常与地震的对应关系·····	(569)
四、地震三要素预报·····	(570)
第十一章 油井动态与地震预报·····	(577)
第一节 油井动态的观测·····	(577)
一、产油量观测·····	(577)
二、产气量观测·····	(578)
三、含水量观测·····	(572)
四、含砂量测定·····	(582)
五、压力观测·····	(582)
第二节 油井动态分析·····	(585)
一、油井动态分析的基本公式·····	(585)
二、自喷井的动态分析·····	(586)
第三节 油井动态与地震前兆异常·····	(590)
一、油井动态异常典型实例·····	(591)
二、油井动态特征·····	(596)
三、油井动态异常的分析步骤·····	(596)
第十二章 地下岩土气体的动态与地震预报·····	(600)
第一节 地下岩土气体及其物理化学性质·····	(600)
一、地下岩土气体·····	(600)

二、地下浅层自由气的物理化学性质·····	(601)
三、气体基本定律·····	(604)
四、地下气体的运移·····	(605)
第二节 断层气观测方法·····	(606)
一、观测点的选择·····	(606)
二、观测点的建立·····	(607)
三、采样和气样封存方法·····	(610)
第三节 岩土气体异常与地震预报·····	(612)
一、岩土游离气体的动态变化特征·····	(612)
二、地下岩土游离气体的影响因素·····	(614)
三、岩土气体背景值与背景值的确定·····	(615)
四、地震前兆异常及异常特征·····	(615)
五、典型震例·····	(616)
第四节 气体化学方法在断层勘测及断层活动	
研究中的应用·····	(619)
一、气体化学成分变化及与断层活动的关系·····	(619)
二、气体化学测量方法·····	(619)
三、断裂带断层气异常特征及影响因素·····	(621)
四、气体化学方法在断层勘测中的应用·····	(623)
第十三章 地震地下流体异常机理与前兆模式 ·····	(628)
第一节 地下流体在孕震中的作用·····	(628)
一、地壳深部地下流体的分布及其作用·····	(628)
二、地下流体在断层活动过程中的作用·····	(628)
三、地下流体的汽化、弱化和劈进作用·····	(629)
第二节 异常机理与前兆模式·····	(630)
一、异常机理·····	(630)
二、前兆模式·····	(630)
第三节 地下流体与其他前兆手段的相互关系·····	(644)
一、“动水位”与自流量之间的关系·····	(644)

二、流速与水氡之间的关系·····	(644)
三、水温与流量之间的关系·····	(645)
四、混合热水的水位与水温之间的关系·····	(645)
五、地下水与地形变之间的关系·····	(646)
六、地下水与视电阻率之间的关系·····	(648)
七、地下水与非潮汐重力之间的关系·····	(650)
八、地下水与地磁之间的关系·····	(652)
九、地下水与电感地应力之间的关系·····	(653)
附录 I 放射性测量各种单位及其换算·····	(655)
附录 II 水化学观测中常用的一些量和单位·····	(655)
附录 III 水化学观测中溶液浓度的一般表示法·····	(657)
附录 IV 水质分析中毫克/升与毫克当量/升互换表·····	(659)
附录 V 岩石力学性质指标的经验数据·····	(660)
参考文献 ·····	(664)